PN4.2 Responses to Recommendations and Comments - Volume 1

WINDFALL MINING PROJECT











ADDENDUM 1
RESPONSES TO MELCCFP RECOMMENDATIONS AND COMMENTS

Volume 1

DECEMBER 2023
CA0004658.7070

WINDFALL MINING GROUP

WINDFALL MINING PROJECT – ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT

EEYOU ISTCHEE JAMES BAY TERRITORY

ADDENDUM 1 – RESPONSES TO RECOMMENDATIONS AND COMMENTS FROM MELCCFP

DECEMBER 2023
WSP REFERENCE: CA0004658.7070



WINDFALL MINING GROUP

WINDFALL MINING PROJECT – ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT

ADDENDUM 1 – RESPONSES TO RECOMMENDATIONS AND COMMENTS FROM MELCCFP

WSP REFERENCE: CA0004658.7070

DECEMBER 2023

WSP CANADA INC.
1135 BOULEVARD LEBOURGNEUF
QUÉBEC, QUEBEC G2K 0M5
CANADA

T: +1-418-623-2254

WSP.COM

SIGNATURES

PREPARED BY



Marie-Hélène Brisson, Biologist
Project Director
WSP Canada Inc.

20 December 2023
Date

REVISED BY



Andréanne Boisvert, Geographer, M.A.
Vice-President, Environment and
Community Relations
Osisko Mining inc.

20 December 2023
Date

LIMITATIONS

WSP Canada Inc. (“WSP”) has prepared this report solely for its recipient Windfall Mining Group, in accordance with the consultant agreement between the parties. In the event that a consultant agreement has not been executed, the parties agree that the General Terms and Conditions as a consultant of WSP will govern their business relationship, which was provided to you prior to the preparation of this report.

This report is intended to be used in its entirety. No extract can be considered representative of the results of the assessment.

The conclusions presented in this report are based on the work performed by technical, trained, and professional personnel, in accordance with their reasonable interpretation of current and accepted engineering and technical practices at the time the work was performed.

The content and opinions expressed in this report are based on the observations and/or information available to WSP at the time of its preparation, applying investigation techniques and engineering analysis methods consistent with those typically used by WSP and other engineers/technicians working under similar conditions, and subject to the same time, financial and physical constraints applicable to this type of project.

WSP denies and disclaims any obligation to update the report if, after the date of this report, the conditions appear to differ materially from those set out in this report; however, WSP reserves the right to modify or supplement this report on the basis of additional information, documents or evidence.

WSP makes no representation as to the legal significance of its findings.

Disclosure of any information contained in this report is the sole responsibility of the recipient. If a third party uses, relies upon, or makes decisions or takes actions based upon this report, such third party is solely responsible. WSP accepts no liability for any damages that a third party may suffer as a result of the use of this report or for any damages that may result from any decision or action taken based on this report.

WSP performed its services to the recipient of this report in accordance with the consultant agreement agreed between the parties while exercising the degree of prudence, the competence, and diligence of members of the same profession in providing the same or comparable services with respect to Projects of a similar nature in similar circumstances. It is understood and agreed by WSP and the recipient of this report that WSP provides no warranty, express or implied, of any kind. Without limiting the generality of the foregoing, it is agreed and understood by WSP and the recipient of this report that WSP makes no representation or warranty whatsoever as to the sufficiency of its scope of work for the purpose sought by the recipient of this report.

In preparing this report, WSP has relied in good faith on information provided by third parties, as noted in the report. WSP has reasonably assumed that the information provided is correct and WSP is not responsible for the accuracy or completeness of such information.

The survey boundary marks and benchmarks used in this report are intended primarily to establish differences in relative elevation between sampling locations and are not to be used for any other purpose. In particular, they must not be used for grading, excavation, construction, planning, development, etc.

WSP denies any financial responsibility for the effects of the report on a subsequent transaction or on the impairment of the value of the property that it may cause, or that may result from the resulting measures, actions, and costs.

The general conditions of a site cannot be extrapolated beyond the defined areas and collection and sampling locations. Site conditions of collection and sampling locations may differ from actual conditions. The precision and accuracy of any extrapolation and speculation beyond collection and sampling locations depend on natural conditions, the development history of the site, and changes caused by construction and other activities on the site. In addition, the analysis was performed for the determined chemical and physical parameters only, and it cannot be assumed that other chemical substances or physical conditions are not present. WSP makes no warranty or representation against undetected environmental risks or adverse effects caused outside the defined area.

These limitations are considered an integral part of this report.

CLIENT

WINDFALL MINING GROUP

Vice-President, Environment and Community Relations	Andréanne Boisvert, Geographer, M.A.
Project Director	Kim-Quyên Nguyên, Eng. MBA
Coordinator, Environmental Authorizations	Isabelle Vallois, Biologist, M.Sc.
Project Manager	Rose Anne Bouchard, Eng., M.Sc.A

IMPLEMENTATION TEAM

WSP CANADA INC. (WSP)

Project Director	Marie-Hélène Brisson, Biologist
Project Manager	Émilie Deschênes Dénommé, M. Env.
Principal Contributor	Ghyslain Pothier, Biologist, M.Env. Steve St-Cyr, Eng. Elsa Sormain, Eng. M. Sc. Andréanne Hamel, Eng. M.Sc.
Cartography and Geomatics	Jonathan Côté, Cartography and Geomatics Technician Christine Thériault, Cartographer, B. Sc.
Editing	Linette Poulin

SUBCONTRACTOR

Environmental Consultant	Bernard Massicotte, Biologist, M.Sc.

REFERENCE TO BE CITED:

WSP. 2023. Windfall mining project – environmental impact assessment. Addendum 1 - Responses to Recommendations and Comments from MELCCFP. Report produced for Windfall Mining Group. WSP Reference: CA0004658.7070.

NOTICE TO THE READER

The purpose of this document is to respond to questions and comments received by Windfall Mining Group Windfall Mining Group from the Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) concerning the Windfall Mining Project's environmental impact assessment. WSP Canada Inc. (WSP) has been mandated by Windfall Mining GroupWindfall Mining Group to answer these questions.

The MELCCFP's recommendations and comments are presented in full **in boxes and in bold type** to distinguish them easily from the answers provided in the text. A code and a number are associated with each question or comment (Q-1-1, Q-2-1, etc.) as well as with each answer provided (Reply 1-1, Reply 1-2, etc.) to facilitate follow-up.

The French version of this document constitutes the official version. In case of conflict of interpretation between the English and French versions, the French version prevails.

TABLE OF CONTENTS

1 Update since March 2023 1-1
1.1 Windfall Mining Group 1-1
1.2 Forest Fires 2023 1-1
1.3 Project Design Optimization 1-5
2 Atmospheric Modelling 2-1
3 Tailings and Ore Characterization 3-1
4 Analysis of Alternatives 4-1
5 Residual Materials Management 5-1
6 Water Treatment 6-1
7 Hydrology 7-1
8 Characterization of the Receiving Environment 8-1
9 Wetlands and Water Environments 9-1
10 Soil 10-1
11 Wildlife 11-1
12 Monitoring and Follow-up Program 12-1

TABLE OF CONTENTS (*cont.*)

Tables

Table 1-1 Proponent Information 1-1
Table 1-2 Updated Project Schedule 1-9
Table 1-3 Updated Mine Plan (November 2023) 1-11
Table 1-4 Updated Pond Characteristics and Properties 1-13
Table 1-5 Hydrological and Hydraulic Design Criteria for Ponds 1-23
Table 1-6 Updated Climate Statistics 1-24
Table 1-7 Average and Maximum Flows at Effluent for the Last Full Calendar Year based on 60 Climate Scenarios 1-25
Table 1-8 Expected Maximum Influent Concentrations for the Different WTPs and Treatment Targets 1-31
Table 1-9 Planned Additives and Quantities Used 1-31
Table 1-10 Updated Characteristics of Overburden, Ore, and Waste Rock Stockpiles () 1-33
Table 1-11 Emission Source Characteristics of the Process Plant, Tailings Filtration Plant and Related Buildings 1-41
Table 1-12 Updated Estimates of Annual Volumes of Residual Materials 1-44
Table 1-13 Updated Access Roads Characteristics 1-45
Table 1-14 Updated Mobile Surface Equipment 1-45
Table 1-15 Updated Mobile Underground Equipment 1-47
Table 1-16 Updated Workforce Requirements for the Operations Phase 1-49
Table 1-17 Ventilation Raise Equipment 1-53
Table 1-18 Update of Petroleum Products at the Site 1-55
Table 1-19 Update of the Proportion of Terrestrial, Wetland, and Water Environments Affected by the Project 1-57
Table 1-20 Summary of Project-Related GHG Emissions 1-65
Tableau 4-1 Temporary Facilities, Location, and Duration of Use 4-7
Table 8-1 Statistics on Metal Concentrations in Sediments for Exposed and Non-Exposed Areas and for MRNF Stations (non-exposed) 8-5
Table 8-2 Frequency of Exceedances of Sediment Quality Assessment Criteria in the Non-Exposed Area, Exposed Area, and at MRNF Stations (non-exposed) 8-5

TABLE OF CONTENTS (*cont.*)

Figures

Figure 1-1 Water Management - Annual Water Balance (Phase 1: 0-4 years) 1-15

Figure 1-2 Water Management - Annual Water Balance (Phase 2: 5-10 years) 1-17

Figure 1-3 Simplified Water Treatment Plan Flow Diagram 1-29

Figure 1-4 Proposed Cells for the Development of Zone 1 of the Filtered Tailings Stack 1-35

Figure 1-5 Simplified Ore Treatment and Paste Backfill Plant Flow Diagram 1-39

Figure 1-6 Labor Evolution for Construction and Exploration Phases 1-50

Maps

Map 1-1 2023 Fire Severity Index 1-3

Map 1-2 Planned Infrastructure 1-7

Map 1-3 Catch Ponds and Ditches 1-19

Map 1-4 Projected Pipelines for Mining Water and Domestic Usage 1-21

Map 1-5 Social Environment Local Study Area – Land Use 1-61

Map 4-1 Analyzed Alternative of Mine Effluent, Waste Rock Stockpile, Overburden Stockpile, and Mining Camp Location 4-3

Map 10-1 Study Area Location 10-3

Map 10-2 Analytical Results (Aluminum) for Unit of Till (Layer 1) 10-5

TABLE OF CONTENTS (*cont.*)

Appendices

1-1	Annual Water Balance Site-Wide
1-2	Water Quality Model Site-Wide – Windfall Project
1-3	Site and Soil Characterization Study for the Installation of a Sewage Water Treatment System for the Workers' Camp
1-4	Service Agreement Between Lebel-sur-Quévillon and Groupe Minier Windfall for the Use of the TLS
1-5	Project GHG Emission Estimates (Revision 1)
1-6	Sound Environment and Vibration (Revision 1)
1-7	Consequence Modelling Study (Revision 1) and Updated Map 12-1 of the EIA
1-8	Alternative Tailings Storage Solutions Study
1-9	Safety Data Sheets
3-1	Supplementary Hydrogeological Study
3-2	Hydrogeological Study for Tailings Storage Facility Design (Feasibility Level)
3-3	Hydrogeological Study for Waste Rock Stockpile
3-4	Update - Assessment of Background Levels in Groundwater
7-1	Hydraulic Study – Assessment of Effluent Impact on the Downstream Receiving Environment
7-2	Assessment of Indirect Impacts on Fish Habitat
7-3	Dilution Study of Mining Effluent in the Downstream Receiving Environment
8-1	Surface Water and Sediments (Revision 1)
9-1	Biodiversity Program
10-1	Environmental Site Assessment Phase I – Projected Infrastructure Sector
10-2	Soil Natural Background Level Study Signature Page and Certification Letter
11-1	Woodland Caribou in a Context of Ecological Connectivity
12-1	Chapter 13 - Environmental Programs (update)

1 Update since March 2023

1.1 Windfall Mining Group

On May 1, 2023, Osisko Mining Inc. (Osisko) entered into a 50/50 joint venture agreement with a subsidiary of Gold Fields Limited to jointly own and develop the Windfall gold project[1]. The new joint venture was named the "Windfall Mining Group" (WMG), and all Windfall site assets were transferred to this new entity. This includes the cession of mining titles, environmental authorizations, leases, and COMEV attestations of exemption obtained in advance for the project. The MELCCFP[2] was notified at the time of the transaction and the background declaration was provided. The following table provides details of the project's new proponent.

Table 1-1 Proponent Information

Name of the proponent	Windfall Mining Group
Civic address	1100 avenue des Canadiens-de-Montréal, suite 300 Montréal, QC, H3B 2S2
Person in charge of the Project	Andréanne Boisvert, M. A. Vice-President, Environment and Community Relations aboisvert@osiskomining.com
Phone	438-340-4957
Phone	438-870-6237
Fax	416-363-7579
Website	https://www.windfallmininggroup.com/
Quebec Enterprise Number (NEQ) from the Registraire des entreprises du Québec	3378677390

1.2 Forest Fires 2023

The intensity of the forest fires during the summer of 2023 (May to July) will be remembered for many years to come. Around the Windfall site, the fire season began on May 27, 2023, when a forest fire broke out approximately twenty kilometres west of the site. It was brought under control in the following days by firefighters from the Société de protection des forêts contre le feu (SOPFEU). Then, on May 31, 2023, extreme weather events led to numerous lightning strikes, causing several fire outbreaks in the southern part of the Nord-du-Québec region. The situation quickly spiralled out of control and the fires spread.

[1] https://www.miniereosisko.com/miniere-osisko-et-gold-fields-annoncent-une-coentreprise-a-50-50-sur-le-projet-aurifere-windfall/

[2] In the past, this department has been referred to by the following names:
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).

On June 2, 2023, the Ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF) imposed a state-owned forest closure, and the Windfall site was evacuated. The small team that was to remain on site to maintain minimum safety activities also had to leave the same day at the request of the Sûreté du Québec.

The drought periods that followed allowed the fires to grow to an unprecedented scale in the area. June was the driest month in Quebec in the last 100 years, with 49 mm of rain[3]. The Windfall site was even drier, with less than 30 mm of rain at the site's weather station, including 20 mm on the last three days of the month. Residents of Lebel-sur-Quévillon were particularly hard hit, evacuated twice as they were directly threatened by the flames. The Cree First Nation community of Waswanipi also had to evacuate as they were part of the population at risk. They were affected by the thick smoke, which moved towards the community with the wind.

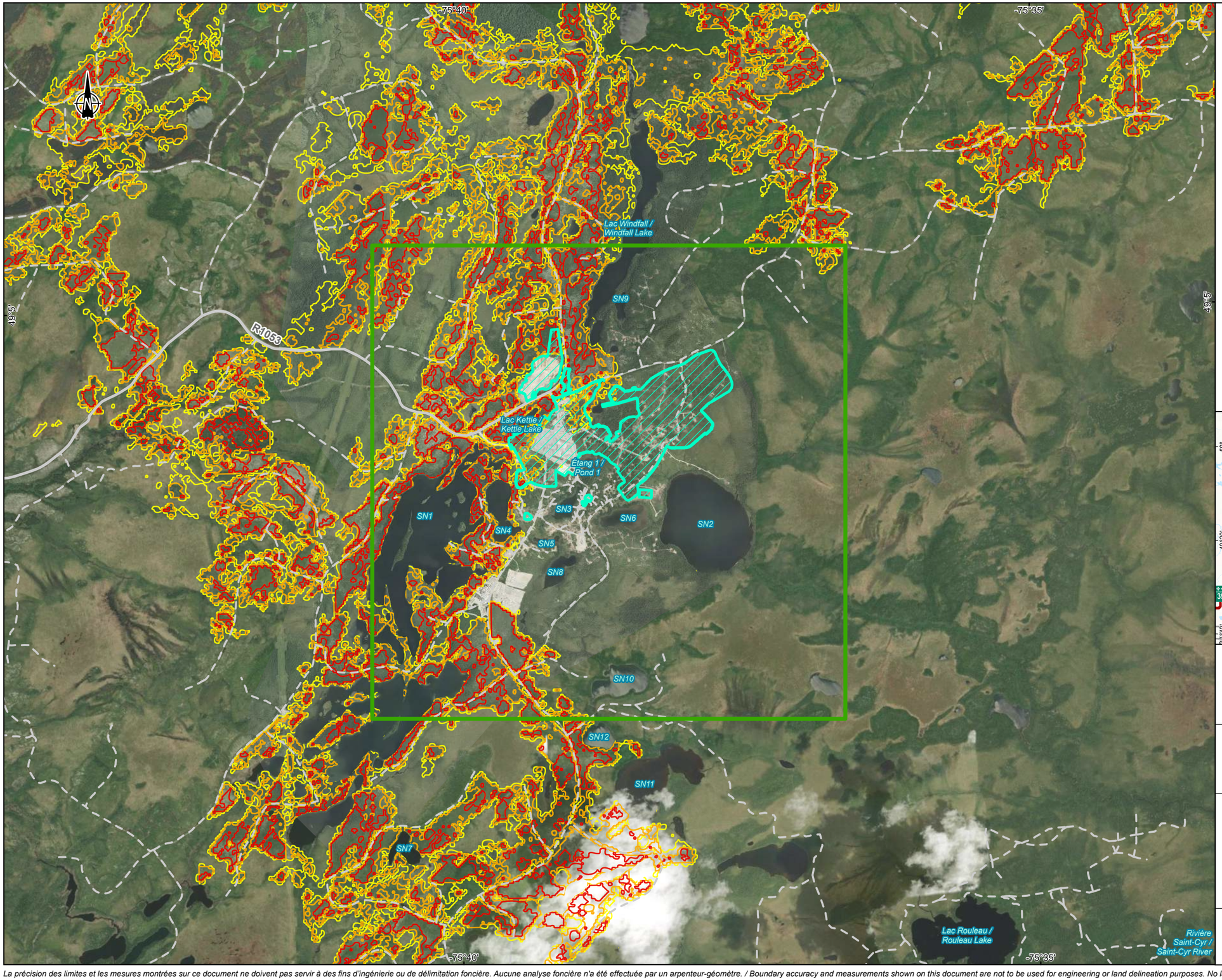
At the Windfall site, the fire moved in from the north on June 6, 2023. It moved from north to south, generally remaining to the west of the facilities. Then, on June 13, 2023, the fire returned from the south, stopping at the edge of the exploration camp. Map 1-1 shows the forest fire severity index mapped using recent aerial photographs taken in the area of the facilities. For WMG, the damage was fortunately minimal.

In addition to the environmental losses caused by the fires, several camps leased for vacationing purposes near the Windfall site fell victim to the flames. The camps located in the northern part of the study area, in the sector considered to have been burned, have mostly disappeared.

The exploration camp reopened on July 9, 2023, at the request of SOPFEU. It was used to house firefighters battling active outbreaks in the area. Gradually, WMG workers were able to return to the camp and activities resumed at the site.

Within a 100 km radius of the project site, two major forest fires, 344 and 274, came very close to the site. These burned an area of 481,991 and 112,607 hectares (ha), respectively4. Map 1-1 shows the areas burned in 2023 within the regional Environmental Impact Assessment (EIA) study area. Overall, in the regional study area, 20% of the forest is thought to have burned.

[3] https://www.environnement.gouv.qc.ca/climat/Faits-saillants/2023/juin.htm#:~:text=Le%20total%20de%20pluie%20mensuel,au%20total%20de%20juin%201995.
[4] SOPFEU map of the fires: https://sopfeu.qc.ca/



Limite administrative / *Administrative boundary*

Zone d'étude du milieu biophysique / *Biophysical study area*

Zone d'étude régionale / *Regional study area*

Zone d'empiètement des infrastructures projetées / *Footprint of planned infrastructures*

Limite approximative des feux de 2023 / Approximate limit of the 2023 fires (SOPFEU, 2023)

Indice de sévérité des feux 2023 / *2023 Fires Severity Index*

Faible / *Low*

Moyenne-faible / *Moderate-low*

Modéré-élevé / *Moderate-high*

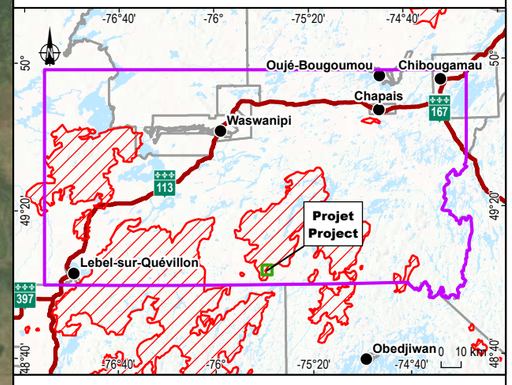
Élevé / *High*

Réseau routier / *Road Network*

Route principale / *Main road*

Chemin forestier principal / *Main forestry road*

Chemin forestier secondaire / *Secondary forestry path*



Projet minier Windfall - Addenda 1 - Réponses aux recommandations et commentaires du MELCCFP /
Windfall Mining Project - Addendum 1 - Responses to MELCCFP Recommendations and comments

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) / *Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)*

Carte 1-1 / *Map 1-1*
Indice de sévérité des feux de forêts 2023 / *2023 Fires Severity Index*

Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
BNDT, 1/250 000, RNCan, 2007
AQréseau+, Réseau routier, MERN Québec, 2020-03
SDA, 1/20 000, MERN Québec, 2019-01
SOPFEU, Carte interactive, Feux éteints, 2023
Osisko, Orthophotographie du site, résolution de 20 cm, 2022
ESRI, World Imagery, Résolution de 0,5 m, 2012-06

0 0,43 0,86 km
MTM, Fuseau 9 / *Zone 9*, NAD83

2023-11-21

Préparation / Preparation : M.-H. Brisson
Dessin / Drawing : J. Roy
Vérifié par / Verification : M.-H. Brisson
CA0004658_7070_MAJ_C1-1_254_SeveriteFeu_231121.aprx
CA0004658_7070_MAJ_C1-1_254_SeveriteFeu_231121

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. / Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.

1.3 Project Design Optimization

As with any project, the engineering team is constantly optimizing the project. As a result, ideas have been put forward for further engineering work, with the aim of:

- reusing existing infrastructure and equipment wherever possible;
- reducing the project's environmental impact;
- improving parameters for future operations;
- providing additional details on support equipment;
- optimizing the project's constructability.

These changes have resulted in somewhat different layouts for the projected infrastructure map presented in the EIA (Map 3-1). Map 1-2 shows the updated infrastructure plans. In summary, here are the project-related infrastructure and facilities for which information has been updated. Details of each change are given in the following sections.

Water management infrastructure

- Ponds: Number, capacity, and dimensions.
- Water treatment: Addition of treatment infrastructure.
- Update of the water treatment process diagram.
- Update on the use of water treatment chemicals.
- Update on sewage water management.

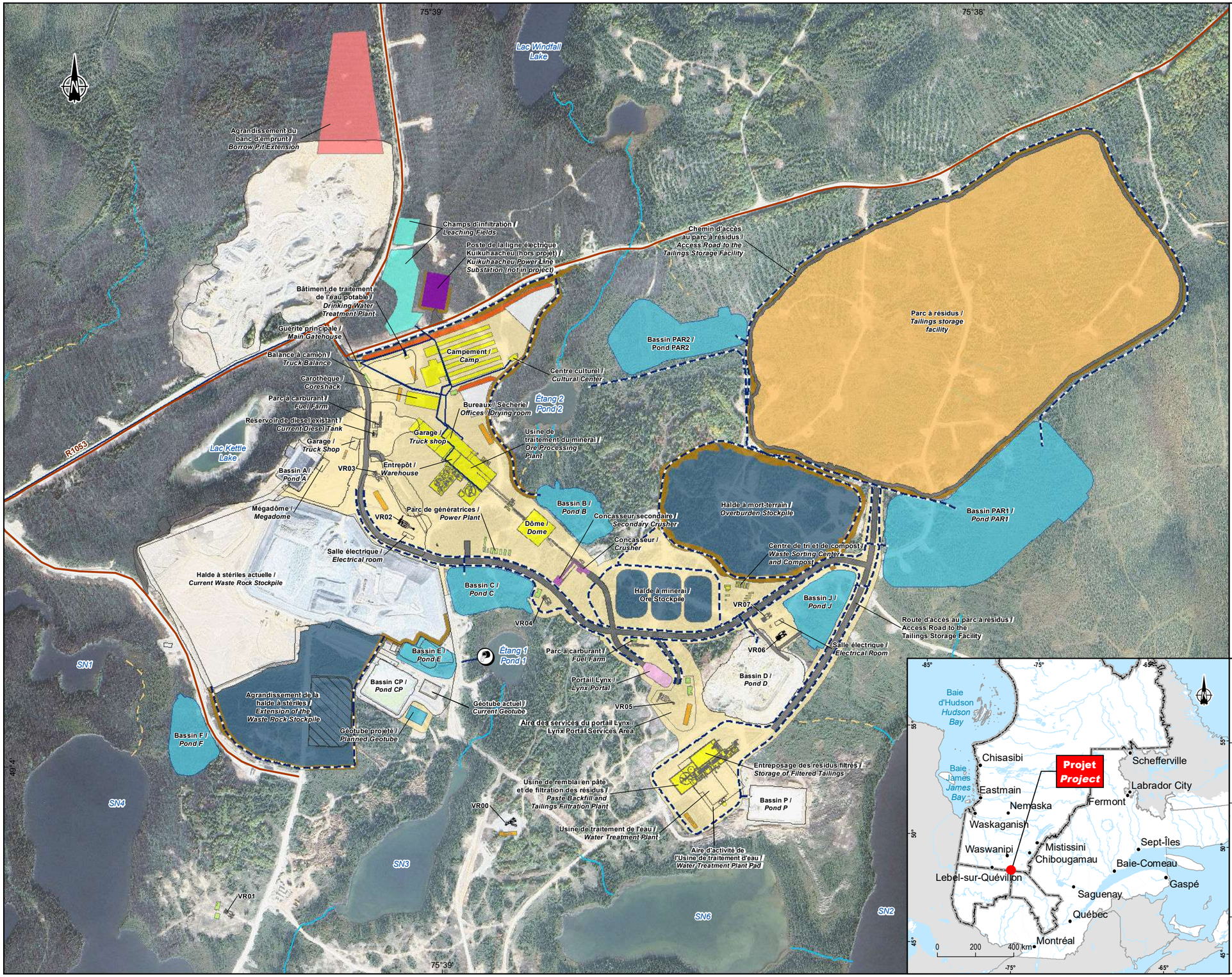
Infrastructure related to accumulation area management

- Overburden stockpile: Increase in storage capacity.
- Ore stockpile: Division into three piles rather than one.
- Tailings storage facility: Deposition of tailings at the facility in phases and sub-phases.
- Ore processing: Updating of crushed ore storage (replacement of silo by dome), addition of secondary crusher and modification of filtration and paste backfill plant.

Related developments and projects

Additional information and details are provided in Section 1.3.5.

In addition to a few project optimizations, the schedule was updated, as was the mine plan. More details can be found in the following sections.



Infrastructures connexes / *Related*

- Chemin d'accès principal / *Main road*

Composantes du projet / *Project*

Infrastructures actuelles / *Current Infrastructures*

- Actuelle / *Current*
- Qui sera retirée / *To be removed*

Infrastructures projetées / *Planned Infrastructures*

- Effluent minier / *Mine effluent*
- Conduite de traitement de l'eau potable / *Drinking water treatment pipe*
- Fossé / *Ditch*
- Aire d'activité / *Activity area*
- Banc d'emprunt / *Borrow pit*
- Bassin / *Pond*
- Bâtiment / *Building*
- Champ d'infiltration / *Infiltration field*
- Concasseur / *Crusher*
- Équipement / *Equipment*
- Limite des fossés / *Ditch limit*
- Halde / *Stockpile*
- Parc à résidus miniers / *Tailings storage facility*
- Portail Lynx / *Lynx portal*
- Poste électrique / *Power line substation*
- Réservoir / *Reservoir*
- Route / *Road*
- Berme / *Berm*
- Zone de dépôt de neige / *Snow deposit zone*

Hydrographie / *Hydrography*

- Cours d'eau permanent / *Permanent*
- Cours d'eau intermittent / *Intermittent*
- Cours d'eau souterrain / *Underground*
- Canal / *Canal*

Projet minier Windfall - Addenda 1 - Réponses aux recommandations et commentaires du MELCCFP /
Windfall Mining Project - Addendum 1 - Responses to MELCCFP Recommendations and comments

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) / *Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)*

Carte 1-2 / *Map 1-2*
Infrastructures projetées / *Planned Infrastructures*

Sources :
BDAT, 1/250 000, MRN Québec, 2002
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
CanVec, 1/1 000 000, RNCan, 2020
CanVec Plus, 1/50 000, RNCan, 2015
SDA, 1/20 000, MERN Québec, 2020
Google Earth, Satellite Airbus, 2023

0 85 170 m
MTM, fuseau 9, NAD83

2023-11-30

Préparée par : M.-H. Brisson
Dessinée par : J. Roy
Vérifiée par : M.-H. Brisson
CA0004658_7070_MAJ_C1-2_255_Infras_proj_231130.mxd

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. /Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.

1.3.1 Project Schedule and Mine Plan Changes

The schedule has been adjusted following the addition of the COMEX notification step received in August 2023 (Table 1-2). The key milestones do not change, only the periods. Please note that periods may be extended during the process, as some stages are not under WMG's control. In all cases, for project planning purposes, the following periods were selected.

Table 1-2 Updated Project Schedule

Phase	Period
Inventories of the receiving environment	2018-2022
Submission of the feasibility study	Q1-2023
Submission of the environmental impact assessment	Q1-2023
Detailed engineering	Q1-2023 – Q4-2024
Environmental assessment process	Q2-2023 – Q4-2024
Issuance of COMEX authorization	Expected in Q4-2024
Obtaining permits/authorizations	Expected in Q4-2024
Start of construction	Q1-2025
Opening of the camp	Q2-2025
Commissioning of the concentrator	Q3-2026
End of construction	Q4-2026
Start of commercial production	Q1-2027
End of commercial production	Q2-2036
Mine reclamation	2036-2037
Post-closure follow-ups	2036-2047*

* Once all water analysis tests are compliant and there are no more exceedances of criteria.

Table 1-3 shows the updated mine plan for the life of the mine. The update takes into account the fact that the mining period has been changed and that, based on currently available information, certain areas of the mine that were scheduled for mining had to be abandoned to meet the criteria for ensuring the long-term stability of the surface pillars. Additional analyses may be carried out at a later date to obtain further details on geotechnical studies and the stability of surface pillars that would allow these areas of the mine to be mined.

1.3.2 Water Management

As part of the proposed changes detailed in the following sections, WMG has paid particular attention to reducing the footprint of its infrastructure. The site's water balance remains similar, as all areas subject to runoff collection are virtually unchanged (Appendix 1-1). If improvements have been made, this means a reduction in the project's footprint and therefore a reduction in the area of direct encroachment.

Table 1-3 Updated Mine Plan (November 2023)

Zone/Year	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	Total
Development - waste rock (tonnes)													
27	-	-	113	88	151	149	49	10	8	-	-	-	**568**
Bobcat	-	-	-	-	-	-	1	24	26	3	-	-	**53**
Caribou	7	-	143	183	254	133	90	87	142	81	-	-	**1120**
F-Zones	-	2	-	-	-	-	-	35	234	187	<0.5	-	**459**
Lynx 4	255	269	278	133	264	282	166	143	23	-	-	-	**1,812**
Lynx Main	107	252	77	3	65	171	104	88	93	-	-	-	**960**
Triple Lynx	407	248	304	309	147	85	275	154	66	7	-	-	**2,002**
Underdog	-	-	-	-	-	30	207	319	259	440	242	-	**1,498**
Total	**776**	**770**	**914**	**716**	**882**	**850**	**892**	**861**	**851**	**717**	**243**	**-**	**8,473**
Development - ore (tonnes)													
27	-	-	5	63	57	99	20	7	2	<0.3	-	-	**252**
Bobcat	-	-	-	-	-	-	-	6	6	3	-	-	**15**
Caribou	-	-	-	15	19	2	12	42	93	42	-	-	**227**
F-Zones	-	-	-	-	-	-	-	-	22	25	-	-	**47**
Lynx 4	11	93	73	112	57	81	56	48	11	-	-	-	**542**
Lynx Main	19	108	62	10	8	51	81	35	42	-	-	-	**416**
Triple Lynx	136	132	79	117	95	33	56	57	35	8	-	-	**749**
Underdog	-	-	-	-	-	-	4	30	45	85	45	-	**209**
Total	**166**	**332**	**220**	**317**	**236**	**266**	**230**	**225**	**256**	**163**	**45**	**-**	**2,457**
Ore in stopes (tonnes)													
27	-	-	-	66	147	262	206	110	31	-	19	-	**841**
Bobcat	-	-	-	-	-	-	-	5	1	32	-	-	**38**
Caribou	-	-	-	8	32	65	-	53	82	147	270	118	**776**
F-Zones	-	-	-	-	-	-	-	-	20	67	69	-	**156**
Lynx 4	-	69	188	201	268	265	283	250	253	213	83	49	**2,122**
Lynx Main	-	67	204	211	-	37	171	270	247	171	112	62	**1553**
Triple Lynx	-	337	459	508	320	447	315	292	448	286	89	-	**3,500**
Underdog	-	-	-	-	-	-	-	1	12	141	441	113	**709**
Total	**-**	**472**	**851**	**996**	**766**	**1,076**	**975**	**981**	**1,094**	**1,058**	**1,084**	**342**	**9,695**
												Grand total (tonnes)	**20,625**

1.3.2.1 Water Management Infrastructure

Since the submission of the EIA, the water management infrastructure has been adjusted, mainly the sizing of the water collection ponds. These changes were necessary because of:

- the normal evolution of the site's segregation and water treatment strategy;
- a review of pond design criteria to keep them in line with best practices that evolve over time;
- the use of more advanced statistical analysis of climatic data for design purposes;
- changes to the general site plan and, consequently, to the water management schemes and water balance model.

These changes are detailed in the following sections.

Table 1-4 summarizes the main changes in pond characteristics and properties. Elements in red indicate changes made. WMG's main changes involve the number of ponds, their surface areas, and their total volumes. Ponds C2, U, and D2 have been removed. Pond C2 has been merged with C. Pond J's capacity has been increased and it replaces Pond D2. The polishing pond was changed from P to CP, enabling the removal of the Pond U. Lastly, a new pond, Pond E, was added at the right of the existing SP1 and polishing ponds.

Note that each pond includes an emergency spillway, which is now located on Map 1-3. In addition, the overall water balance for the site is available in Appendix 1-1. These changes result in only a 2% increase in total on-site retention capacity over the 2023 EIA figures, and a 2% reduction in the total footprint of the ponds.

The update of the site plan, including changes to the configuration of certain mining roads and infrastructure, results in adjustments to the water management strategy, as illustrated in the general water management diagrams (Phases 1 and 2) in Figures 1-1 and 1-2. These adjustments explain the changes in volume and pumping rate for some ponds, shown in Table 1-4.

Table 1-4 Updated Pond Characteristics and Properties

Pond	Type	Total capacity (m^3)	Surface area (m^2)	Depth (m)	Operational water outflow Max. pumping capacity (m^3/h)
A	Collection	10,825	5,839	5	180
B	Collection	14,375	13,200	2.8	275
C	Collection and transition	26,543	16,110	3.25	200
CP	Polishing	21,330	12,982	3	Gravity
D	Accumulation	78,500	29,985	6	580/360[1]
E	Collection and transition	10,700	7,334	3.5	300
F	Collection	21,600	14,066	4	40
J	Collection and transition	32,800	15,705	4	250
P	Collection	11,900	9,722	2.8	80
PAR1	Collection and transition	257,210	97,905	5	230/205[1]
PAR2	Collection	37,900	30,587	4	30

1. Phase 1/Phase 2

It is important to emphasize that the switch in the roles of Pond P (former polishing pond, which becomes a collection pond for the WTP area and some roads) and Pond CP (former collection pond for the waste rock stockpile, which becomes the polishing pond) was implemented for two reasons:

1. The effluent discharge point is in Pond 1, so choosing CP as the polishing pond brings us closer to this location, and could allow for gravity rather than pumped effluent.
2. The portion of the waste rock stockpile that is currently directed by ditches to Pond SP1 cannot be connected by gravity to Pond CP due to the latter's shallowness. It will therefore be more appropriate to drain this area into the new Pond E, which is designed to allow ditches to be connected.

Furthermore, the updated site layout compared to that presented in the EIA has had an impact on the watershed boundaries for each of the contact water collection ponds. The new watershed (and sub-watershed) boundary was based on LiDAR information provided by WMG, orthophotos of the site, and the topography of the planned infrastructure (waste rock stockpile, ore stockpile, tailings storage facility, etc.). Variations in surface area can be explained as follows:

A boundary optimization exercise for Ponds A, F, and PAR2, which ultimately resulted in minimal differences in watershed area. These ponds are essentially unchanged from what was presented in the EIA.

The changes made to the site's infrastructure layout, as well as to the ore and overburden stockpiles, have resulted in:

- A revision of the layout of areas previously drained into Ponds B and C, resulting in a considerable reduction in the tributary area associated with Pond C and an increase in those of Ponds B and D, whose pumping rates were adjusted accordingly.
- An increase in the watershed area of collection pond J and the low point that is pumped towards Pond PAR1.
- Redirection of most of the watershed from the former Pond U to Pond P, which now serves as a collection pond rather than a polishing pond.
- Redirection of the watershed from Pond CP in the EIA towards new collection Pond E, replacing Pond CP, which will now be used as a polishing pond.
- The increase in retention capacity and/or pumping rate of Ponds C, J, E (in relation to the former CP) and PAR1 (whose footprint has been changed to be closer to the project site and thus limit the impact on the natural environment) in relation to the 2023 EIA. This increase is justified by the fact that these ponds now play a transitional role (they receive water pumped from other ponds) in addition to collecting water from their own watershed. This modification to the flow diagram reduces the number of pumping lines that go directly to the WTP, and reduces the length of certain other lines by transiting water from one pond to another before pumping it to the treatment unit. This modification, combined with the addition of pump management rules, enables more optimal management of storage availability for each of the ponds on site, and a reduction in the number of ponds required (C2, D2, and U removed from the design). However, it requires ponds with greater storage volume and/or pumps with greater capacity.

Map 1-4 provides the layout of the pumping lines that will be needed to bring water to the site. It shows the water flow diagram against the background of the planned infrastructure.

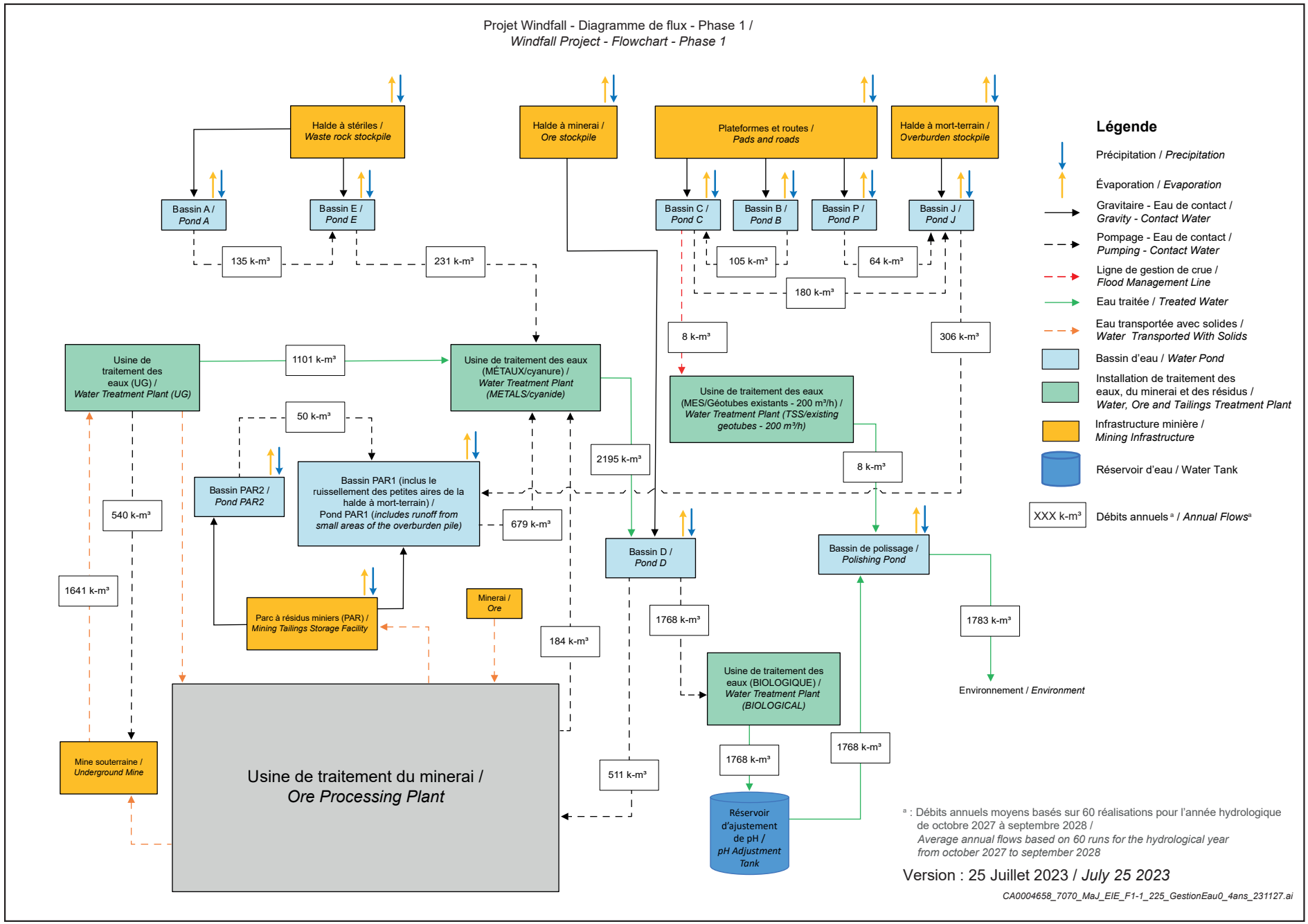


Figure 1-1 **Gestion des eaux - Bilan d'eau annuel (Phase 1 : 0-4 ans) /**
Water Management - Annual Water Balance (Phase 1: 0-4 years)

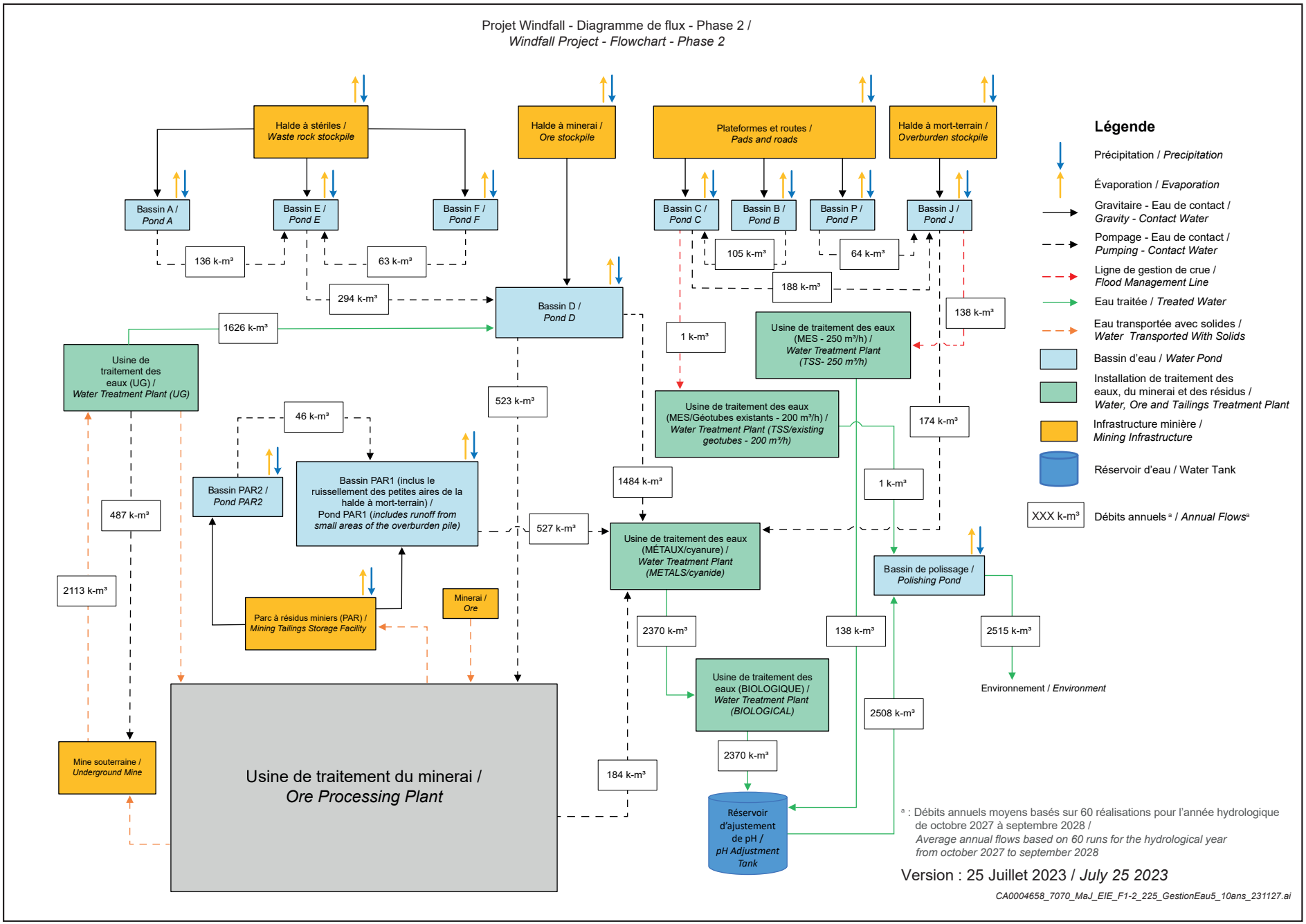
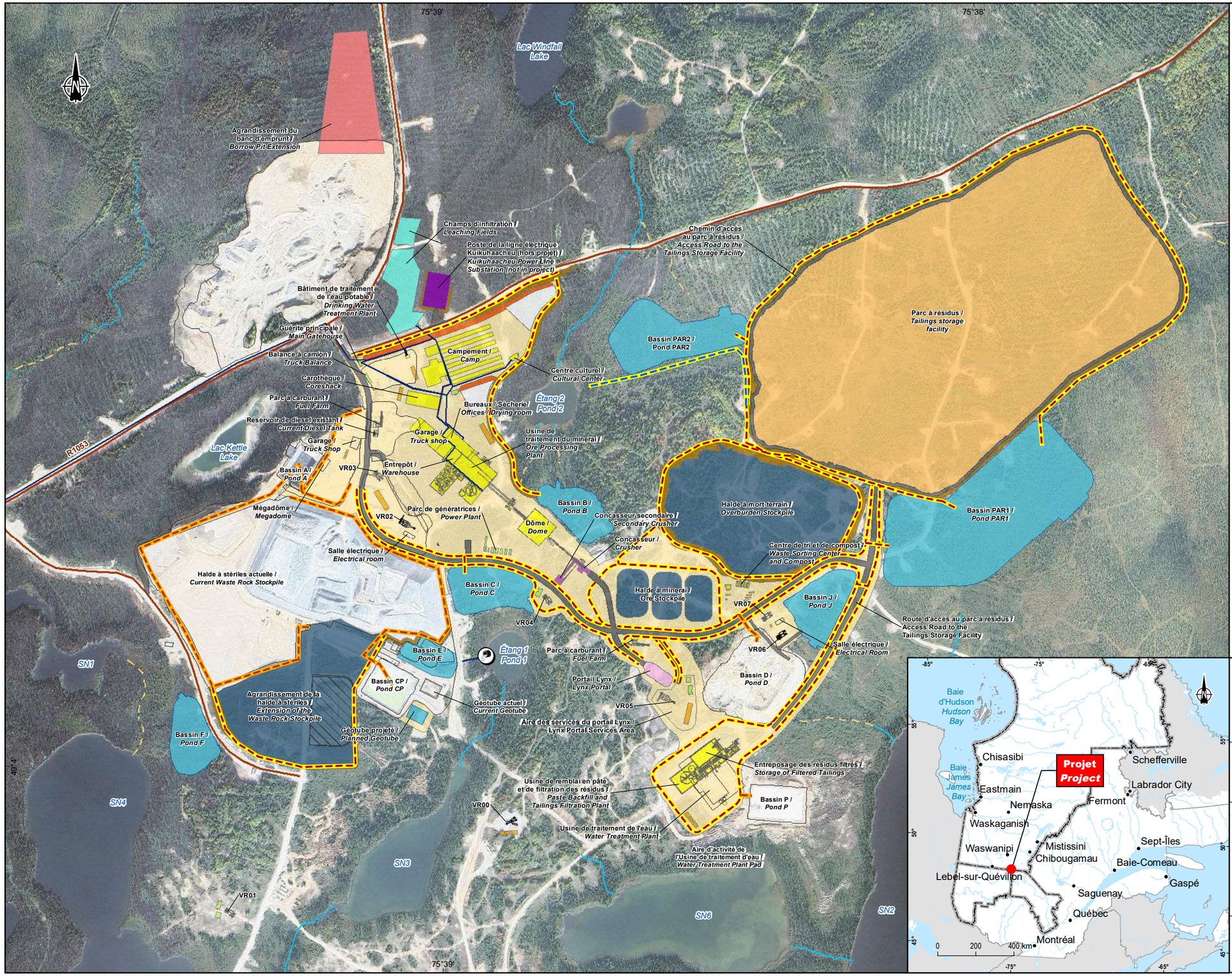


Figure 1-2 **Gestion des eaux - Bilan d'eau annuel (Phase 2 : 5-10 ans) /**
Water Management - Annual Water Balance (Phase 2: 5-10 years)



Infrastructures connexes / *Related*

- Chemin d'accès principal / *Main road*

Fossés et ponceaux / *Ditches and Culverts*

- Actuel / *Current*
- Projeté / *Planned*
- Fossé de collecte / *Collecting ditch*
- Fossé de dérivation / *Diversion ditch*

Composantes du projet / *Project Components*

Infrastructures actuelles / *Current Infrastructures*

- Actuelle / *Current**
- Qui sera retirée / *To be removed*

Infrastructures projetées / *Planned Infrastructures*

- Effluent minier / *Mine effluent*
- Aire d'activité / *Activity area*
- Banc d'emprunt / *Borrow pit*
- Bassin / *Pond*
- Bâtiment / *Building*
- Champ d'infiltration / *Infiltration field*
- Concasseur / *Crusher*
- Équipement / *Equipment*
- Limite des fossés / *Ditch limit*
- Halde / *Stockpile*
- Parc à résidus miniers / *Tailings storage facility*
- Portail Lynx / *Lynx portal*
- Poste électrique / *Power line substation*
- Réservoir / *Reservoir*
- Route / *Road*
- Berme / *Berm*
- Zone de dépôt de neige / *Snow deposit zone*

*À noter que certaines infrastructures ont été construites en 2023. Elles n'apparaissent donc pas sur l'image de fond qui date de 2022. / *Note that certain infrastructures were built in 2023. They therefore do not appear in the basemap which was taken in 2022.*

Projet minier Windfall - Addenda 1 - Réponses aux recommandations et commentaires du MELCCFP /
Windfall Mining Project - Addendum 1 - Responses to MELCCFP Recommendations and comments

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) / *Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)*

Carte 1-3 / *Map 1-3*
Bassins et fossés collecteurs / *Catch Ponds and Ditches*

Sources :
BDAT, 1/250 000, MRN Québec, 2002
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
CanVec, 1/1 000 000, RNCan, 2020
CanVec Plus, 1/50 000, RNCan, 2015
SDA, 1/20 000, MERN Québec, 2020
Osisko, Orthophotographie du site, résolution de 20 cm, 2022
MELCCFP, Photographie aérienne de l'inventaire écoforestier, 2011

0 85 170 m
MTM, fuseau 9, NAD83

2023-12-04

Préparée par : M.-H. Brisson
Dessinée par : J. Roy
Vérifiée par : M.-H. Brisson
CA0004658_7070_MAJ_C1-3_269_bassins_fosses_231204.mxd

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. /Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.

Infrastructures connexes / *Related Infrastructures*

Chemin d'accès principal / *Main access road*

Localisation approximative des conduites / *Approximate Location of Piping*

Existante et projetée (Autorisées pour l'échantillonnage en vrac 2023-2024) / *Current and planned (Authorized for bulk sampling 2023-2024)*

Type de conduite / *Conduct*

- Conduite entrant / *Input pipe*
- Conduite sortante / *Output pipe*
- Conduite reliant deux bassins / *Pond to Pond*
- Conduite de protection incendie / *Fire protection*
- Conduite de l'usine de traitement du minerai à l'UTE / *Ore process plant to WTP conduct*

Composantes du projet / *Project*

Infrastructures actuelles / *Current Infrastructures*

- Actuelle / *Current**
- Qui sera retirée / *To be removed*

Catégories d'infrastructures projetées / *Categories of Planned Infrastructures*

- Aire d'activité / *Activity area*
- Banc d'emprunt / *Borrow pit*
- Bassin / *Pond*
- Bâtiment / *Building*
- Champ d'infiltration / *Infiltration field*
- Concasseur / *Crusher*
- Équipement / *Equipment*
- Limite des fossés / *Ditch limit*
- Halde / *Stockpile*
- Parc à résidus miniers / *Tailings storage facility*
- Portail Lynx / *Lynx portal*
- Poste électrique / *Power line substation*
- Réservoir / *Reservoir*
- Route / *Road*
- Berme / *Berm*
- Zone de dépôt de neige / *Snow deposit zone*

Hypsométrie / *Hypsometry*

Courbe de niveau (10 m) / *Contour (10 m)*

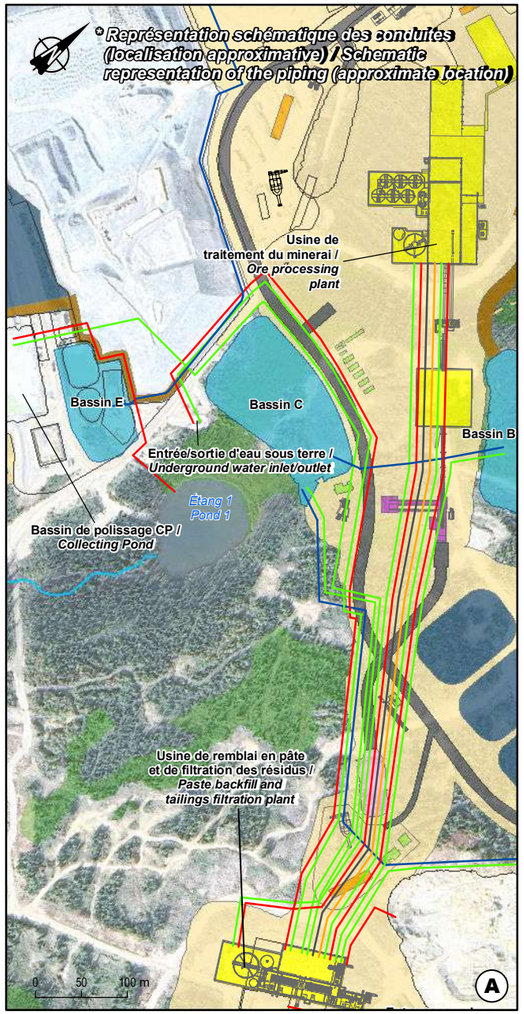
Hydrographie / *Hydrography*

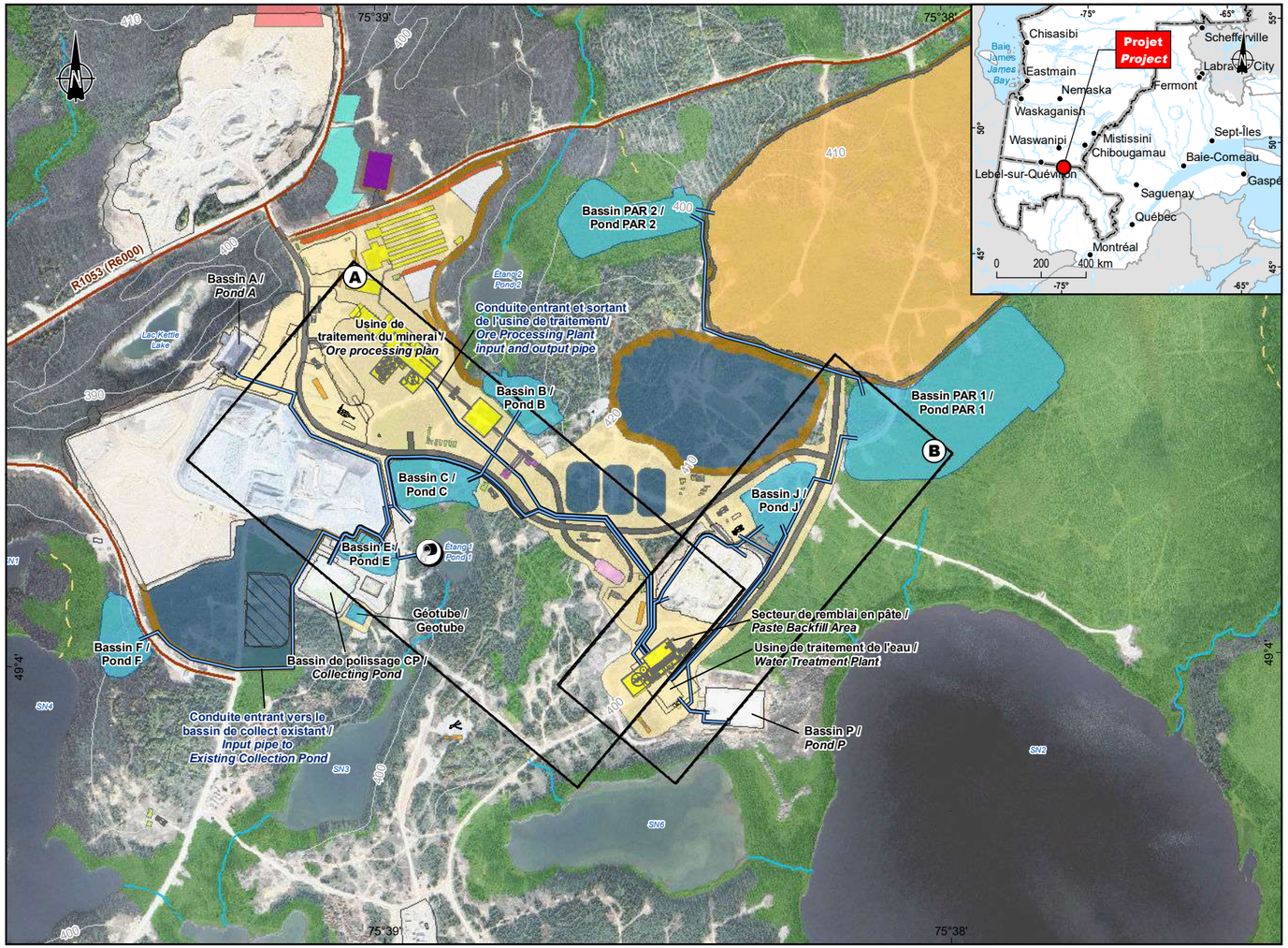
- Cours d'eau permanent / *Permanent watercourse*
- Cours d'eau intermittent / *Intermittent watercourse*
- Cours d'eau souterrain / *Underground watercourse*

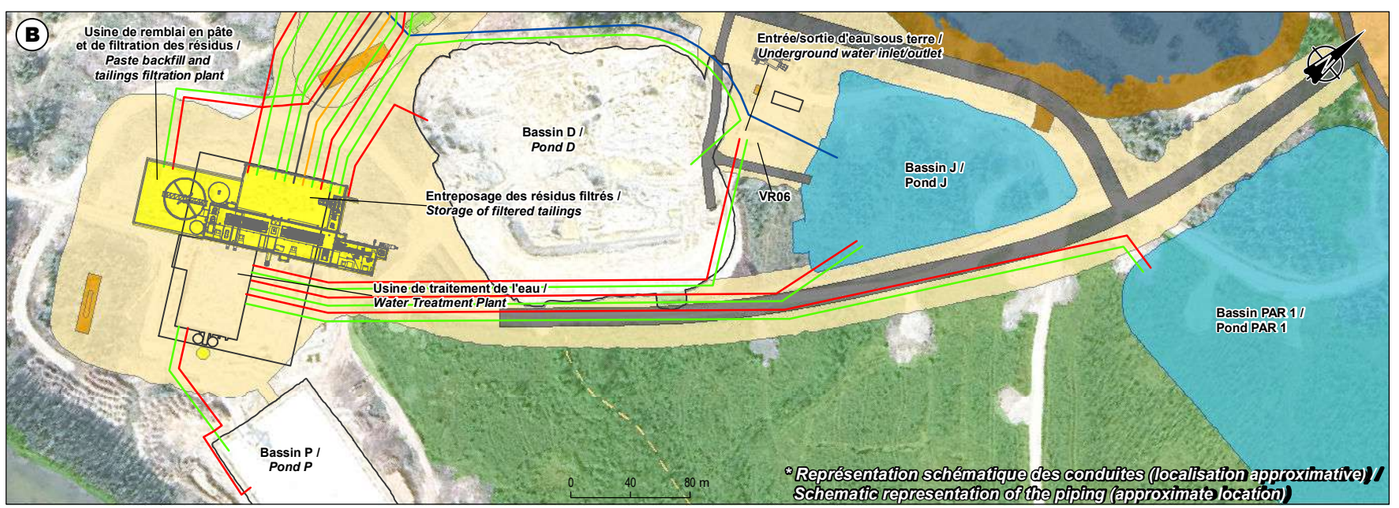
Végétation /

- Milieu humide / *Wetland*

*À noter que certaines infrastructures ont été construites en 2023. Elles n'apparaissent donc pas sur l'image de fond qui date de 2022. / *Note that certain infrastructures were built in 2023. They therefore do not appear in the basemap which was taken in 2022.*







Projet minier Windfall - Addenda 1 - Réponses aux recommandations et commentaires du MELCCFP /
Windfall Mining Project - Addendum 1 - Responses to MELCCFP Recommendations and comments

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) / *Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)*

Carte 1-4 / *Map 1-4*
Canalisations projetées pour les eaux minières et domestiques (phase finale) / *Projected Pipelines for Mining Water and Domestic Usage (Final Phase)*

Sources :
BDAT, 1/250 000, MRN Québec, 2002
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
CanVec, 1/1 000 000, RNCan, 2020
CanVec Plus, 1/50 000, RNCan, 2015
SDA, 1/20 000, MERN Québec, 2020
Osisko, Orthophotographie du site, résolution de 20 cm, 2022

0 120 240 m
MTM, fuseau 9, NAD83

2023-12-19

Préparée par : M.-H. Brisson
Dessinée par : J. Roy
Vérifiée par : M.-H. Brisson
CA0004658_7070_MAJ_C1-4_259_CanalProj_231219.mxd

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. / Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.

Water Storage and Treatment

In terms of water management, the primary intention is to manage water separately based on its quality. However, technical and economic opportunities led to certain changes in direction that benefited the project. In the previous version of the EIA, runoff water in contact with the infrastructure was managed in an independent treatment system for suspended solids (TSS). Updating the management plan and water balance identified an opportunity, namely the availability of equipment for other treatment processes and the reuse of existing equipment (WTP-Geotube). Infrastructure contact water will be directed to the WTP-CN/Metals when equipment is available, i.e., most of the time during normal operations. In a project flood, during Phase 1, Pond PAR1 can be used to store some of this runoff, since this pond collects only the contact water from the operations portion of the tailings storage facility (TSF), but is designed to handle the contact water from the fully developed TSF, i.e., according to its final footprint. It is therefore proposed that, during the project flood in Phase 1, the water from Pond J will be directed towards Pond PAR1, and the surplus water will be treated at WTP-Geotube. In Phase 2, when the TSF reaches its final extent, a clarification unit (WTP-TSS) will be added to the water treatment system (WTP-Geotube) to treat runoff water collected in Pond J (containing only TSS). Figures 1-1 and 1-2 show on-site water flow diagrams with annual water volumes for Phases 1 and 2.

Pond Design Criteria

Table 1-5 presents the design criteria for the Windfall project's contact water collection ponds. Most of the criteria presented are unchanged from those presented for pond design in the EIA. Elements in red indicate changes made. Note that since the 2023 EIA, the design of emergency spillways has included a freeboard criterion.

Table 1-5 Hydrological and Hydraulic Design Criteria for Ponds

Parameter	Pond	Criteria
Design flood, to be managed below the watertight level of the pond.	PAR 1 and PAR 2	U.S. Soil Conservation Service (SCS) 24-hour, 2000-year rainfall event including climate change (CC) + 30-day, 100-year snowmelt event [1]
	Other ponds	Most critical among: - SCS 24 h, 100-year rainfall event (+ CC) - 100-year rainfall + snowmelt event (+ CC) [1]
Operational flow rate	All ponds	Flow rate limited by WTP processing capacity and optimized to limit storage requirements
Design flood freeboard (distance between the maximum water level during the design flood and the non-erodible top of the embankment)	PAR 1 and PAR 2	1.5 m min. [1]
	Pond D	1.5 m min.
	Other ponds	0.5 m min. [2]
Dead volume	All ponds	Minimum 15% of total volume stored in the pond during the design flood
Emergency spillway dimensions	All ponds	Probable maximum flood (PMF) [1] (minimum 3 m wide and 0.5 m deep)
Freeboard *(distance between the maximum water level when the PMF passes through the emergency spillway and the non-erodible top of the embankment)*	All ponds	Maximum between 0.3 m and the height of wave run-up on the dike for a 2-year wind event [3]

[1] Source: D019 - (MDDEP, 2012).
[2] A design flood freeboard of 0.5 m is considered a minimum to be respected from the point of view of embankment safety (where available) and appropriate overflow management, so as to take account of construction approximations, potential settling, waves and the uncertainties inherent in hydrological and hydraulic calculations. In practice, a minimum design flood freeboard of 0.5 m is guaranteed from the outset, since the minimum depth of emergency spillways considered for design purposes is 0.5 m.
[3] Source: Canadian Dam Association (CDA, 2014)

Note that D019 specifies a freeboard criterion for tailings accumulation areas with water impoundment (section 2.9.3 of Directive 019, 2015 version). According to the definition of "tailings" in D019, process water, and by extension tailings bleed water, could be considered as tailings. For this reason, it was decided to design Ponds PAR1, PAR2, and D with a 1.5 m freeboard criterion, combined with the definitions included in D019 for a sensitive downstream environment. The other ponds on the site only collect runoff from various areas of the mine site, and therefore do not have to comply with any official freeboard criteria under D019.

Climate Statistics

Since the 2022 feasibility study on which the March 2023 EIA is based, the climate statistics used to quantify the various design events have been revised. The main change lies in the choice of precipitation statistics over a 24-hour period rather than a daily period. This has the effect of increasing the rainfall quantities of design events (100-year, 2000-year events, and probable maximum precipitation [PMP]). In addition, the spring melt event was also increased slightly by the climate change (CC) effect, from 2.5% to 5%. All the climate statistics used come from the WSP (2022) report[5]. Chapter 9 of the EIA and the appendix on resilience to climate change are based on the complete climate statistics in the WSP (2022) report.

Table 1-6 shows the changes in water management infrastructure design associated with the updated climate statistics.

Table 1-6 Updated Climate Statistics

EVENT	EVENT BREAKDOWN	QUANTITY OF RAIN (MM) EQUIVALENT	INCREASES TO BE APPLIED FOR CC	TOTAL RAINFALL (MM) INCLUDING CC	VARIATION (MM [%])
100-year annual flood	SCS type II, 24h, 100-year event	98.0	22%	119.6	+13.9 (13.2%)
100-year spring flood	Combined 100-year rainfall and melt event over 30 days	474.9	5%	498.6	+12.5 (2.6%)
D019 project flood associated with tailings containment area	SCS type II, 24h, 2000-year event	135.5	24%	168.0	+19.4 (13.1%)
	Uniform melting of 100-year snow cover over 30 days	397.0	3.6 %	411.3	0 (0 %)
Probable maximum flood	SCS type II, 24h, PMP	327.8	28 %	419.6	+47.1 (12.6 %)
	Uniform melting of 100-year snow cover over 30 days	397.0	3.6 %	411.3	0 (0%)

Water Balance

The water balance model has been updated in line with the changes to the water management plan mentioned above (Appendix 1-1), i.e.,

- timeline update;
- climate analysis update;

[5] WSP, 2022. Detailed Climate Change Dataset. Windfall Project. Ref : GAL128 2148985706-R-RevB-05. Préparé par Golder (WSP) pour Minière Osisko. 50 pages et annexes. Novembre 2022.

- infrastructure and watershed plan updates;
- water management scheme update.

In addition, a change was made to the climate scenarios assessed in the model. As part of the EIA, six climate scenarios were used in the water balance modelling to represent the variability of effluent discharges to the environment. More recently, during the detail design phase, the water balance model was improved by incorporating a greater number of climate scenarios. A total of 60 climate time series were used in the model, based on 30 available global climate models (GCMs) and two shared socio-economic pathway (SSP) scenarios, SSP2-4.5, and SSP5-8.5 (WSP, 2022).[6] The variability of monthly and annual effluent volumes and flows generated by all 60 climate scenarios is relatively similar to what was previously reported (in the EIA) for the six climate scenarios considered. The maximum volume of treated water discharged to the environment will be approximately 2.1 Mm^3 and 2.9 Mm^3 during the last year of operation of the phases, respectively. The following table shows average and maximum water flows for each month according to project phase.

Table 1-7 Average and Maximum Flows at Effluent for the Last Full Calendar Year based on 60 Climate Scenarios

Month	Unit	Water volume at effluent			
		Phase 1		Phase 2	
		Mean	Maximum	Mean	Maximum
Jan.	m^3/h	84.2	87.7	142.9	166.6
Feb.	m^3/h	85.6	107.9	141.0	160.2
March	m^3/h	126.8	357.5	189.4	346.1
April	m^3/h	271.1	478.7	440.9	694.8
May	m^3/h	404.9	529.1	523.2	725.5
June	m^3/h	213.3	438.2	275.8	783.0
July	m^3/h	229.9	370.1	313.3	509.7
August	m^3/h	243.2	391.6	332.2	523.4
Sept.	m^3/h	305.3	476.9	374.4	545.8
October	m^3/h	253.3	416.9	338.8	519.2
November	m^3/h	167.4	335.2	237.5	394.2
December	m^3/h	90.8	117.7	149.9	263.9
Annual	Mm^3/year	1.80	2.14	2.42	2.90

Source: WSP (2023), see Appendix 1-1.

Mine Effluent

At the Project site, there will be only one mine effluent, and its point of discharge into the natural environment will always be at the same location, in Pond 1 (Map 1-2). However, the effluent will be positioned on the other side of the road, in the existing ditch. Treated water will flow from the polishing pond to the final effluent by gravity. Photo 1-1 shows the current effluent channel and its inflow into Pond 1.

[6] WSP, 2022. Detailed Climate Change Dataset. Windfall Project. Ref : GAL128 2148985706-R-RevB-05. Préparé par Golder (WSP) pour Minière Osisko. 50 pages et annexes. Novembre 2022.



Photo 1-1 Current effluent channel layout

1.3.2.2 Mine Water Treatment

Description of Water Treatment

As mentioned in *Section 1.3.2.1 - Water storage and treatment*, the water treatment planned for Windfall mine operations will be divided into four treatment lines based on the main problem contaminants present in each water source. These four treatment lines were described in the first issue of the EIA. However, cyanide treatment has been added to the WTP-Metals treatment line, as well as a geotube system for the WTP-TSS treatment line. The first three treatment lines will treat water containing nitrogen compounds such as cyanates, thiocyanates, and ammoniacal nitrogen. The fourth treatment line will be set up to treat runoff water, which will contain no nitrogen compounds.

The four types of treatment under consideration are as follows:

1. WTP-UG (Underground): pretreatment of mine water to remove the solid fraction;
2. WTP-CN/Metals: treatment of cyanides (CN), metals, and TSS;
3. WTP-Biological: treatment of cyanates, thiocyanates, and ammoniacal nitrogen;
4. WTP-TSS and WTP-Geotube: TSS treatment of runoff water from civilian infrastructure and the overburden stockpile.

The flow diagram in Figure 1-3 has been updated to illustrate the four main treatment steps mentioned above. Moreover, Appendix 1-2 outlines the expected water quality at the mining effluent during the operational years of the mine.

The potable water system will involve a treatment process. Sodium hypochlorite (12 %) will be used for both potable water treatment and pipeline disinfection. Depending on requirements, containers of either 20 L or 45 L will be used and stored on-site. A quantity of 154 L, equivalent to approximately one month of consumption, will be stored at the site. Annual consumption is estimated at 1.8 t. The safety data sheet for sodium hypochlorite (12 %) is provided in Appendix 1-9.

Quality of the Water sent to the Various Proposed Treatment Lines

The Windfall site will be subject to applicable provincial and federal regulations for the metal mining sector. Effluent quality must comply with the Metal and Diamond Mining Effluent Regulations (MDMER) (GC, 2022a) and Mining Industry Directive 019 (D019) (MDDEP, 2012a). Note that the expected pH at the influent will be between 6 and 9.5, as required in D019. The mean and flood temperatures at the outflow of the WTP-Biological will be 8°C and 15 °C respectively.

Table 1-8 shows updated maximum expected influent concentrations for the various proposed WTPs, together with treatment targets. These correspond to 80% of the most restrictive monthly regulatory criteria value between D019 and MDMER for metals.

Planned Additives and Quantities Used

No changes have been made to reagent types since the EIA was issued. Only one reagent has been removed. Metal precipitators are no longer required. Concerning flocculation, the types have been reviewed, and aluminum sulfate has been removed from the list of safety data sheets.

To be consistent with the changes in the water balance, an update on estimated consumption for each of the products used is presented in Table 1-9. There are two phases of operation based on the required water treatment flow rate: Phase 1 and Phase 2. Consumption figures are based on average flow rates for each phase. The water treatment plant includes a closed-loop glycol system for heat transfer. The data sheet is provided in Appendix 1-9.

UTE - BIOLOGIQUE / *WTP BIOLOGICAL*

UTE - MES et GÉOTUBES / *WTP - TSS and GEOTUBES*

UTE - MÉTAUX/Cyanure / *WTP - METALS/Cyanide*

UTE - EAU D'EXHAURE / *WPT - UG*

Légende / *Legend*
- Eau / *Water*
- Boues / *Sludge*
- Glycol / *Glycol*

Bassin D / *Pond D*
EAU TRAITÉE MÉTAUX/CYANURE / *TREATED WATER METALS/CYANIDE*

Phase 1 / *Phase 1*

Phase 2 / *Phase 2*

UTE MÉTAUX/Cyanure / *WTP METALS/Cyanide*
EAU TRAITÉE MÉTAUX/CYANURE / *TREATED WATER METALS/CYANIDE*

RÉSERVOIR D'ALIMENTATION / *FEED TANK*

ÉCHANGEURS AFFLUENT/EFFLUENT / *AFFLUENT/EFFLUENT EXCHANGERS*

CHAUFFE-EAU ALIMENTATION UTE / *WATER HEATER WTP FEED*

ÉCHANGEURS AFFLUENT/CHAUFFE-EAU / *AFFLUENT/WATER HEATER EXCHANGERS*

RÉACTEURS MBBR #1/#2 / *MBBR REACTORS #1/#2* (SCN)

RÉACTEUR MBBR #3 / *MBBR REACTOR #3* (NH_4)

MÉLANGEURS STATIQUES DE COAGULATION / *STATIC COAGULATION MIXERS*

RÉSERVOIRS DE FLOCULATION / *FLOCCULATION TANKS*

BOUES / *SLUDGE*
Usine de filtration / *Filtration Plant*

BOUES / *SLUDGE*
Bassin PAR1 / *Pond PAR1*

RÉSERVOIR D'EAU TRAITÉE UTE BIOLOGIQUE / *BIOLOGICAL TREATED WATER WTP HOLDING TANK*

UNITÉ DE FLOTTATION DES BOUES BIOLOGIQUES (DAF) / *BIOLOGICAL SLUDGE FLOTATION UNIT (DAF)*

RÉSERVOIR DES BOUES BIOLOGIQUES / *BIOLOGICAL SLUDGE HOLDING TANK*

PRESSE À VIS / *SCREW PRESS*

EAU TRAITÉE / *TREATED WATER*
Station de lavage / *Wash Station*

Bassin C / *Pond C*
RUISSELLEMENT DE LA ROUTE DE HALAGE ET DES BÂTIMENTS / *RUN-OFF FROM THE HAUL ROAD AND BUILDINGS*

Gestion de crue / *Flood Management*

UNITÉ DE NaOH / *NaOH UNIT*

UNITÉ DE COAGULATION / *COAGULATION UNIT*

UNITÉ DE FLOCULATION / *FLOCCULATION UNIT*

GÉOTUBE / *GEOTUBE*

EAU TRAITÉE MES / *TSS TREATED WATER*
Bassin de polissage / *Polishing Pond*

Bassin J / *Pond J*
RUISSELLEMENT HALDE À MORT-TERRAIN / *RUN-OFF OVERBURDEN STOCKPILE*

Gestion de crue Phase 2 / *Flood Management Phase 2*

RÉSERVOIR D'ALIMENTATION DU CLARIFICATEUR MES / *TSS CLARIFIER FEED TANK*

CLARIFICATEURS MES / *TSS CLARIFIERS*

BOÎTE DE POMPAGE D'EAU TRAITÉE MES / *TSS TREATED WATER PUMP BOX*

RÉSERVOIR AJUSTEMENT pH FINAL / *FINAL pH AJUSTMENT TANK*

EAU TRAITÉE MES / *TSS TREATED WATER*
Bassin de polissage / *Polishing Pond*

Usine de filtration / *Filtration Plant*
PURGE D'EAU DE PROCÉDÉ / *RUN-OFF OVERBURDEN STOCKPILE*

Bassin PAR1 / *Pond PAR1*
RUISSELLEMENT PAR / *TSF RUN-OFF*

Bassin E / *Pond E*
RUISSELLEMENT HALDE À STÉRILES / *WASTE ROCK STOCKPILE FACILITY RUN-OFF*

Bassin D / *Pond D*

Phase 2 / *Phase 2*

Phase 1 / *Phase 1*

Phase 2 / *Phase 2*

RÉSERVOIR D'ALIMENTATION CLARIFICATEUR MÉTAUX/CYANURE / *METALS/CYANIDE CLARIFIER FEED TANK*

RÉACTEUR DE PRÉCIPITATIONS MÉTAUX/CYANURE / *METAL/CYANIDE PRECIPITATION REACTOR*

CLARIFICATEURS MÉTAUX/CYANURE / *METALS/CYANIDE CLARIFIERS*

BOÎTE DE POMPAGE D'EAU TRAITÉE MÉTAUX/CYANURE / *TREATED WATER METALS/CYANIDE PUMP BOX*

Phase 1 / *Phase 1*
EAU TRAITÉE MÉTAUX/CYANURE / *TREATED WATER METALS/CYANIDE*
Bassin D / *Pond D*

Phase 2 / *Phase 2*
EAU TRAITÉE MÉTAUX/CYANURE / *TREATED WATER METALS/CYANIDE*
UTE BIOLOGIQUE / *BIOLOGICAL WTP*

Phase 2 / *Phase 2*
EAU NON TRAITÉE MÉTAUX / *UNTREATED WATER METALS*
Bassin D / *Pond D*

Phase 1 / *Phase 1*
EAU NON TRAITÉE MÉTAUX / *UNTREATED WATER METALS*
Bassin PAR1 / *Pond PAR1*

Station pompage / *Pump Station*
EAU D'INFILTRATION ES / *SEEPAGE WATER UG*

TAMIS ES / *UG SIEVE*

ÉPAISSISSEUR D'EAU D'EXHAURE / *UG THICKENER*

BOÎTE DE POMPAGE D'ALIMENTATION ÉPAISSISSEUR ES / *UG THICKENER FEED PUMP BOX*

BOÎTE DE POMPAGE D'EAU CLARIFIÉE ES / *UG CLARIFIED WATER PUMP BOX*

DÉCHETS GROSSIERS / *COARSE WASTE*
Site d'enfouissement / *Landfill Site*

Phase 2 / *Phase 2*
EAU ES CLARIFIÉE / *UG CLARIFIED WATER*
Bassin D / *Pond D*

EAU ES CLARIFIÉE / *UG CLARIFIED WATER*
Bassin 2 ES / *Pond 2 UG*

EAU D'APPOINT ÉQUIPEMENT ES / *UG EQUIPMENT MAKE UP WATER*

BOUES ES / *UG SLUDGE*
Usine de filtration / *Filtration Plant*

ES : Eau souterraine
UG : Underground

CA0004658_7070_MAJ_F1-3_265_Schema_procede_traitement_eau_231127.ai

Figure 1-3 **Schéma simplifié du procédé de traitement de l'eau industrielle / *Simplified Water Treatment Plan Flow Diagram*** (référence : GCM Consultants, 2023)

Table 1-8 Expected Maximum Influent Concentrations for the Different WTPs and Treatment Targets

Parameter	Unit	WTP-UG	Influent			Effluent
			WTP CN/Metals	WTP Biological	WTP-TSS/Geotube	Treatment targets
Chloride	mg/L	45	54	49	5.2	-
Fluoride	mg/L	0.13	0.53	0.21	0.11	-
Ammoniacal nitrogen	mg-N/L	30	112	82	0.069	5 (flood 12)
Nitrate	mg-N/L	46	146	97	1.4	-
Nitrite	mg-N/L	0.21	0.58	0.32	0.71	-
Cyanates	mg/L	30	471	178	-	-
Total cyanides	mg/L	0.63	8.9	0.52	0.005	0.4
Cyanide-WAD	mg/L	0.16	2.3	0.14	0.0013	-
SCN	mg/L	5.4	95	18	-	4.2
TSS	mg/L	6% (m/m)	2,000	-	2000	15
Aluminum	mg/L	0.06	0.44	0.24	1.2	-
Antimony	mg/L	0.03	0.25	0.15	0.0034	-
Silver	mg/L	0.00044	0.0062	0.0004	0.0014	-
Arsenic	mg/L	0.03	0.061	0.061	0.0021	0.08
Barium	mg/L	0.23	0.43	0.34	0.015	-
Cadmium	mg/L	0.00024	0.0029	0.0014	0.00025	-
Chromium	mg/L	0.0045	0.01	0.0062	0.0044	-
Cobalt	mg/L	0.01	0.17	0.025	0.0014	-
Copper	mg/L	0.036	0.73	0.08	0.02	0.005
Iron	mg/L	3.18	3.3	2.4	1.5	2.4
Manganese	mg/L	0.5	0.52	0.5	0.15	-
Nickel	mg/L	0.072	0.57	0.2	0.0027	0.2
Lead	mg/L	0.0014	0.16	0.064	0.00068	0.001
Selenium	mg/L	0.0071	0.05	0.037	0.0095	-
Tungsten	mg/L	0.0028	0.031	0.016	0.047	-
Zinc	mg/L	0.046	0.25	0.13	0.0097	0.32

Source: WSP, (2023b)

Table 1-9 Planned Additives and Quantities Used

Chemical products				Storage			Quantity consumed (mt/year)	
N°	Name	State	Delivery	Tank			Phase 1	Phase 2
				Number	Capacity	Maximum		
1	Phosphoric acid	Liquid (75% H_3PO_4)	Tote – 1 m^3	n/a	n/a	13 totes/ 20 mt	25.3	30.4
2	Sulphuric acid	Liquid (93% H_2SO_4)	Tank	1	30 m^3/55 mt	26 m^3/48 mt	146.8	284.8
3	Anti-foaming agent	Liquid	Tote – 1 m^3	n/a	n/a	20 totes/ 20 mt	6.3	7.6
4	Antiscaling agent	Liquid (<25%)	Tote – 1 m^3	N/A	N/A	Included with that of the process plant	6.3	7.6
5	Ferric sulphate	Liquid	Tank	2	50 m^3/78 mt	43 m^3/67 mt	187.5	225.0
					33 m^3/51 mt	29 m^3/45 mt		

Chemical products				Storage			Quantity consumed (mt/year)		
N°	Name	State	Delivery	Tank			Phase 1	Phase 2	
				Number	Capacity	Maximum			
6	Flocculant (AN 905 VHM)	Solid	Bag – 750 kg	n/a	n/a	Included with that of the process plant	4.41	5.02	
7	Flocculant (for DAF)	Solid	Bag – 750 kg	n/a	n/a	27 bags/ 20 mt	5.27	7.07	
8	Flocculant (emulsion)	Liquid	Drum – 250 kg	n/a	n/a	40 drums/ 20 mt	1.6	1.9	
9	Microsand (silica)	Solid	Bag - 25 kg		N/A	N/A	400 bags/ 20 mt	9.23	9.38
10	Caustic soda	Liquid (50% NaOH)	Tank		2	100 m^3/152 mt	90 m^3/137 mt	1,788	2,124
						35 m^3/53 mt	31 m^3/47 mt		
11	Sodium sulphide	Solid	Bag - 750 kg		n/a	n/a	27 bags/ 20 mt	18.45	17.87

1.3.2.3 Sewage Water

Treatment of domestic wastewater from the planned workers' camp will be carried out by an advanced secondary-level wastewater treatment system, including a polishing field. Water from the kitchen will first be directed to a grease trap, which ensures effective separation of oils and grease by flotation, and a sufficiently low temperature to promote solidification of the grease and prevent it from returning to solution.

Thereafter, all wastewater generated by the camp, including kitchen wastewater, will be directed to a septic tank-type primary treatment system. The septic tank is used to clarify raw water for biological treatment by removing floating matter and the settleable portion of suspended solids. This water will then be directed to an advanced secondary wastewater treatment facility, the exact nature of which has yet to be defined. However, it should include aerobic biological treatment.

Lastly, the final treatment and disposal of this water will be carried out by means of a polishing field. This is a structure for the infiltration of water into the ground using advanced secondary technology. The total surface area required for infiltration will be around 3,000 m^2, made up of several sections, with each section itself made up of several cells to ensure even distribution of the water to be treated over the entire surface area.

The target area for the polishing field is located north of the future workers' camp and close to the power substation. The area is bounded by a road to the west, north and south, and by the electrical substation to the east. The land includes an imposing plateau with an average slope of less than 2.0% and a total surface area of just over 13,000 m^2. It is located more than 300 m from the surrounding lakes and more than 300 m from the tributaries of these lakes.

A site and soil characterization study was carried out in the area in accordance with section 3.2 of the Guide pour l'étude des technologies conventionnelles de traitement des eaux usées d'origine domestique [Guide for the study of conventional domestic wastewater treatment technologies], and is provided in Appendix 1-3. This study contains all the information needed to assess the quality of the soil present: a qualitative description of the site, a description of the methodology used for the field investigation work, the nature of the soils present their hydraulic permeability, and groundwater conditions. The study concludes that final water treatment and disposal can be achieved using a 3,000 m^2 polishing field at the identified site (which is larger on Map 1-2). Advanced design will identify the exact location of the polishing field in the characterized area.

1.3.3 Accumulation Areas

1.3.3.1 Overburden and Ore Stockpiles

Following various changes to the infrastructure plan and project schedule, a re-estimation of the material balance was carried out to ensure that the design of the stockpiles still allowed for the storage and handling of the required material. Table 1-10 shows the update. The red characters show where the changes have been made.

Table 1-10 Updated Characteristics of Overburden, Ore, and Waste Rock Stockpiles ()

	Overburden stockpile	Ore stockpile
Height	24 m (el.406-430)	10 m
Bench slopes	4H:1V for the first two benches and 3H:1V for the third bench	3H:1V
Bench height	7 m	Three piles according to content to be mixed at the plant
Final slope	4.6 H:1V	3H:1V
Landing width between benches	10 m	One bench only
Total area	87,575 m²	20,274 m²
Volume capacity	756,965 m³	72,685 m³/157,000 t

With a view to minimizing variations in gold grade at the process plant entrance, the ore stockpile has been expanded to accommodate three piles totalling 157,000 t. This will enable blending and segregation of material according to gold grade.

To optimize capacity and utilization of the various stockpiles, a portion of the ore will be stockpiled on the waste rock stockpile at the beginning of the mine's life until the process plant is able to handle all this material. Once the permits have been obtained, mining development will begin, but by then the ore stockpile and the process plant will be under construction. This is why the waste rock stockpile will be used to store the ore that will be generated at the start of operations.

Based on the material balance, the capacity of the overburden stockpile has been increased to 757,000 m^3 of material.

1.3.3.2 Tailings Storage Facility

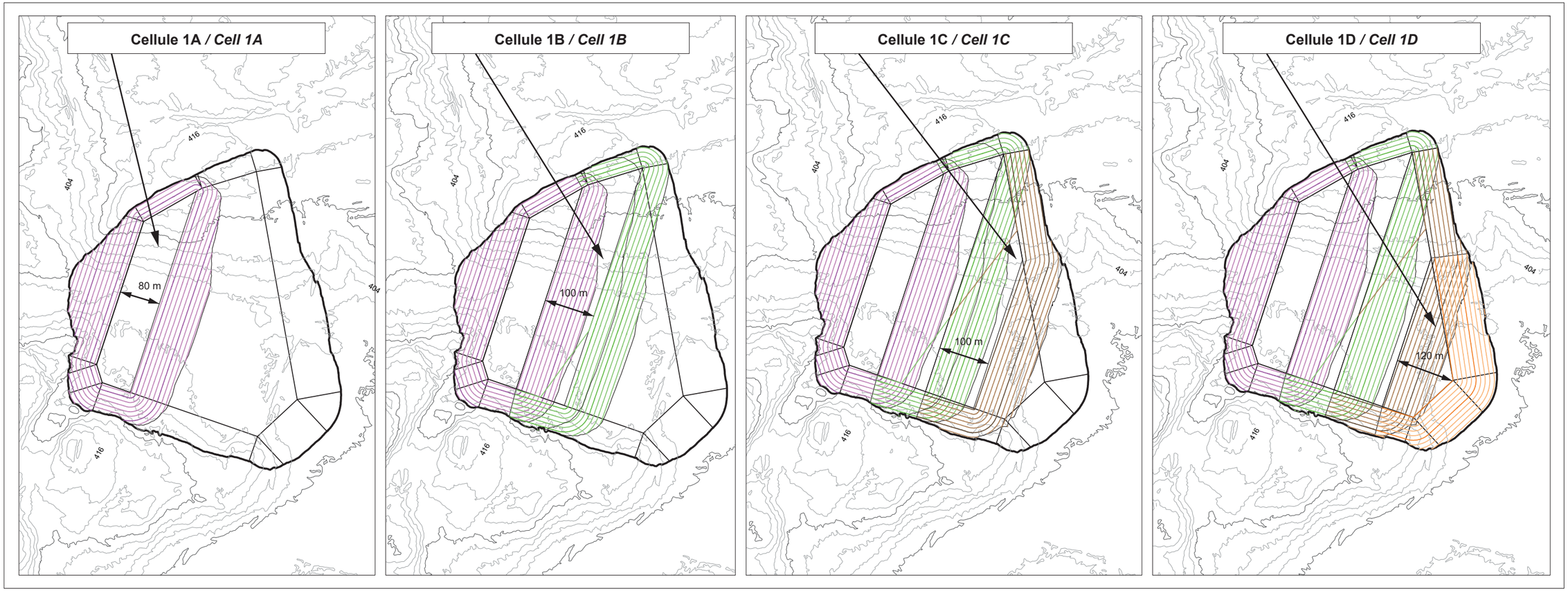
To reduce dust emissions, particularly crystalline silica generated by wind erosion of the filtered tailings stack (tailings storage facility), it was proposed to divide Zone 1 deposition into cells. By operating with cells, the operating footprint is reduced, as is the potential for dust generation.

After their operation, each of the cells can be totally or partially restored (total or partial installation of the closure covering) to limit atmospheric emissions. It will also be possible to close all or part of the slopes and final (outer) surfaces before the end of the cell's operation, depending on the sequencing.

Figure 1-4 shows the four cells proposed for the development of Zone 1 of the stack. A similar strategy will be implemented for Zone 2 and 3. The final design parameters of the tailings storage facility are still being adjusted in conjunction with geotechnical investigations in winter 2023, but it is not anticipated that the footprint will change. Final elevations could be revised to maximize stack stability.

In addition to the division into cells, further mitigation measures could be applied depending on site conditions and operational requirements to limit dust emissions. Mitigation measures include:

- covering non-active surfaces with snow during the winter;
- watering of non-active surfaces using a water truck;
- installing dust covers on slopes and final (outdoor) surfaces.



CA0004658_7070_MAJ_F1-4_306_SousDiv_empilement_résidus_filtrés_231128.ai

Figure 1-4 **Cellules proposées pour le développement de la zone 1 de l'empilement de résidus filtrés /**
Proposed Cells for the Development of Zone 1 of the Filtered Taillings Stack

1.3.4 Ore Processing

To optimize constructability and operational management of crushed ore storage, a dome was designed instead of a silo. This type of building makes ore management much easier, for example:

- if the ore freezes, it can be pushed aside with mobile equipment and thawed locally. In a silo, this measure would not be possible.
- a device can be added to the conveyor chute in the dome to allow a fluid flow of material, thereby ensuring a constant particle size distribution to the process plant feed. When particle size distribution changes too frequently, from too fine to too coarse or vice versa, this creates operational instabilities in the grinding circuit.

A secondary crusher was added to compensate for the variation in hardness that could occur due to the inherent change possible in the different zones of the underground deposit. Initially, this equipment is not required at the start of operations; it will be added as deposit conditions and operational difficulties dictate.

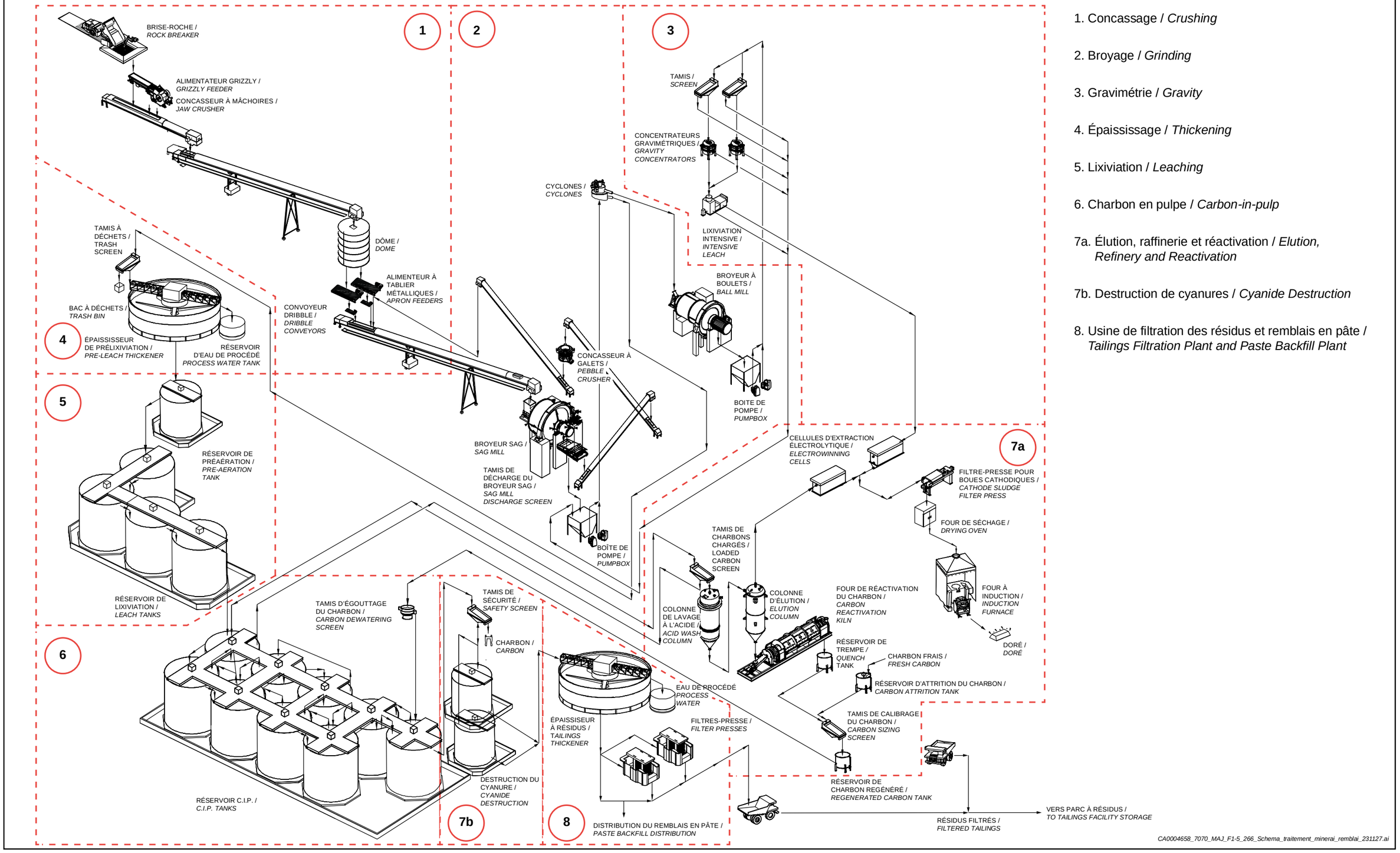
The tailings filtration and paste backfill plant was redesigned to reduce capital costs and optimize operations and equipment maintenance. The process design has optimized filtration capacity. Instead of filtering 100% of the material at all times during paste backfill production, part of the thickener flow will be fed directly into paste backfill production, and filtered material will be added to obtain a solid percentage of around 70% for paste backfill. These optimizations have enabled the volume of the tailings filtration and paste backfill plant (including the storage area) to be reduced from 160,000 m^3 to 105,000 m^3. The simplified ore treatment and paste backfill plant flow diagram is presented in Figure 1-5.

Further analyses were carried out to assess the risk associated with dust generation for workers, including crystalline silica in the areas considered most problematic, i.e., crushing buildings, process plants, and tailings filtration and paste backfill plants. Three areas were identified and dust collection and drawdown measures were added:

- addition of curtains when unloading ore trucks into the primary crusher hopper;
- optimization of dust removal capacity in the primary crusher area;
- optimization of dust removal capacity in the grinding area;
- addition of a dust collector in the warehouse area of the tailings filtration plant.

Table 1-11 shows a complete update of air emission sources. Characters in red indicate changes made since the EIA was submitted.

WMG aims to adhere to the Cyanide Code. Therefore, in the next engineering phase, the elements that need to be considered to meet the requirements of this code will be included. A strategy will be developed to enable the project to adhere to the Cyanide Code shortly after the start of operations.



1. Concassage / *Crushing*

2. Broyage / *Grinding*

3. Gravimétrie / *Gravity*

4. Épaississage / *Thickening*

5. Lixiviation / *Leaching*

6. Charbon en pulpe / *Carbon-in-pulp*

7a. Élution, raffinerie et réactivation / *Elution, Refinery and Reactivation*

7b. Destruction de cyanures / *Cyanide Destruction*

8. Usine de filtration des résidus et remblais en pâte / *Tailings Filtration Plant and Paste Backfill Plant*

Figure 1-5 **Schéma simplifié de l'usine de traitement du minerai et de remblais en pâte /** ***Simplified Ore Treatment and Paste Backfill Plant Flow Diagram*** (réf. Modifiée de BBA et al., 2023)

Table 1-11 Emission Source Characteristics of the Process Plant, Tailings Filtration Plant and Related Buildings

Description	Number	Velocity (m/s)	Emitted substance
Process Plant			
Crusher system dust collector	3	55.4	Ore dust
Buffer stockpile dust collector	1	18.1	Ore dust
Grinding sector dust collector	1	24.3	Ore dust
Refining sector dust collector	1	10.8	Dust
Reagent dispenser dust collector	1	13.4	Lime
Process plant ventilation	9	80.0	Tailings dust
Acid fume extraction ventilation	1	5.3	Hydrogen chloride
Elution sector ventilation	1	5.3	Caustic soda
Coal reactivation furnace	1	3.7	Coal
Electrolysis sector ventilation	1	12.3	Caustic soda
Wet scrubber at reagent dispenser	1	16.7	Copper sulphate
Wet scrubber at reagent dispenser	1	16.7	Lead nitrate
Silo vent at reagent dispenser	1	3.1	Lime
Filtration and Paste Backfill Plant			
Filtration plant ventilation	11	83.4	Tailings dust
Ventilation of dewatered tailings storage	2	31.5	Tailings dust
Dust collector for the binder sector (cement)	1	14.0	Tailings and binder dust
Binder silo vent (ciment)	1	13.4	Tailings and binder dust
Filter press exhaust ventilation	3	8.6	Tailings dust
Related Buildings			
Analysis laboratory dust collector	1	11.9	Dust
Analysis laboratory ventilation	3	53.3	Water, dust, hydrogen chloride, nitric acid
Core Shack dust collector	1	15.0	Ore dust
Water treatment plant outflow	2	29.7	Sulphuric acid, sodium sulphide dust

1.3.5 Related Developments and Projects

To further optimize the project, a number of changes have been made to the layout and equipment. These optimizations all take place within the limits of the initial footprint. Details are given in the sections below. Note that this may also involve providing additional information to that presented in Chapter 3 of the EIA.

1.3.5.1 Waste Management

WMG will have a sorting centre and a composter on its site to manage residual materials in line with the 3RV-E hierarchy, which consists of prioritizing residual materials processing activities in an optimal way to reduce final waste. Every effort will be made to minimize the amount of residual materials (RM) that must be disposed of at an authorized site. The sorting centre and composter will help reduce the final disposal of certain materials that can be reused, recycled, or reclaimed. This equipment will be located in a temporary storage area on the site. For the time being, the sorting area is planned to be located between the overburden and ore stockpiles, in the available space of the working area near the sorting and composting centre (Map 1-2).

The sorting centre will include large containers for sorting residual materials by category (household waste, ferrous metal, copper metal, construction and demolition waste, wood, etc.). Each container will be clearly identified to facilitate the deposit of materials, and will be easily accessible to the carriers who will pick up the containers. Filled containers will be replaced by empty ones, and the carrier, depending on the type of material, will take them to the authorized disposal sites. The equipment used to manage residual materials will be accessible during the construction, operations, and closure phases to ensure that the various materials are managed until the end of the project's useful life. In the case of domestic waste, a waste compactor will be used as mentioned in Section 3.6 of the EIA. This compactor will significantly reduce the volume of waste.

A thermophilic composter (Brome 616) will also be present and in use. This equipment will only process food waste from the cafeteria. This composter will be able to handle a total volume of 13.8 m^3 with a useful volume of 60%, i.e., 9.2 m^3. In the cafeteria, rolling bins with a capacity of around 120 litres are currently used to collect food waste. These bins are emptied into a dump body, which is transported to the composter by a Skytrack tractor. The composter is programmed to perform a minimum of 24 rotations per day, providing the aeration required for optimal aerobic degradation. This also limits leachate generation. To avoid noxious odours, the stirring rate is adjusted. Once the composting cycle is complete, the compost is transferred to the overburden pile in windrows so that it can complete its maturation phase before being used for reclamation. Note that the accumulated material will be used on areas that are no longer required for exploration and need to be restored. This equipment will be installed at the new sorting centre.

To support the proper management of food waste, posters will be displayed in the cafeteria for reference, to clearly explain what does and doesn't go into the compost. Note that employees will be regularly reminded to ensure that the food waste in the bins is appropriate and of the right quality for composting. To avoid attracting local wildlife by the odours that may be released by the compost (depending on its degree of maturation), it is possible, as mentioned above, to adjust the rate of stirring, but it is also possible to house or fence this equipment. The site will also be kept clean at all times. A team will take care of maintenance around the facilities. Lastly, garbage cans outside the buildings will also be emptied regularly.

Ultimate waste, which cannot be reused, recycled, reclaimed, or composted, will be transported in special containers to the Lebel-sur-Quévillon trench landfill site (TLS) once capacity has been reached. Ultimate waste will be transported to the TLS in closed containers. WMG currently sends its waste to the TLS in Lebel-sur-Quévillon, and will continue to do so throughout the life of the mine, as agreed with the municipality of Lebel-sur-Quévillon. A copy of the agreement for the use of the Lebel-sur-Quévillon TLS is available in Appendix 1-4.

An update to Table 3-23 of the EIA is presented in Table 1-12 to reflect the fact that at any given time, the camp will have 600 people in operations.

WMG will collect used batteries and send them to a specialized facility. However, the search continues for a partner willing to accept this type of waste material. As far as plastics are concerned, discussions are currently underway with the municipality of Lebel-sur-Quévillon to see what possibilities are open to us. The project's aim is to recycle them as much as possible. However, efforts are currently being made at the exploration camp to reduce the use of single-use bottles. Employees have all been given a water bottle they can reuse, and plastic water bottles are no longer a free option in the cafeteria. There are, however, vending machines where visitors can buy plastic water bottles, but the volume will be considerably reduced.

The aluminum cans are already collected at various collection points, mainly in administrative offices and at the cafeteria. Note that cans are also only available from vending machines, as the cafeteria has a soft drink machine. This limits the use of cans. The same principles will apply to the project.

WMG will not allow treated wood pallets on its site. This information will be included in the contractual clauses sent to suppliers. The goal would be to place the segregated wood on the overburden pile and shredded on a yearly basis. The shredded wood could then be finally disposed of on the overburden pile and used as organic material during site restoration. The procedures associated with this activity are still under development. Discussions are also ongoing with the municipality of Lebel-sur-Quévillon to find options for reducing the amount of wood at TLS.

Waste-related odours are controlled by placing covers over containers that may contain organic matter, thus limiting the spread of odours and the attraction of wildlife. Container or bin lids will be locked. WMG will make sure to regularly inspect the site to collect waste. Fencing off the sorting centre is being considered.

On-site sanitary systems will generate septic sludge, which will be recovered and disposed of by an external firm at an authorized site. Sewage water will be treated on site according to a pre-established system. The mechanical workshops will be equipped with a washroom to properly clean vehicles prior to mechanical inspections and repairs. Wash water will be recirculated to minimize water consumption, and may be disposed of off-site at an authorized site.

Table 1-12 Updated Estimates of Annual Volumes of Residual Materials

Category	Description (non-exhaustive)	Estimated annual volume for operations	Disposal location or collection company
Reusable materials	New residual materials, uncontaminated packaging	Variable	Reused on site
Recyclable materials	Paper, glass, plastic, cans, uncontaminated metal, tires	Scrap metal: 384 t – 32 trips of 12 t Copper: 408 t – 34 trips of 12 t	Metal recovery site (currently AIM-Amos)
Compostable materials	Cafeteria food waste, expired food	60,600 kg	Overburden stockpile
	Brown cardboard (cardboard from recycling that is mixed with compostable materials)	24,012 kg	Overburden stockpile
RHMs – Liquids	From mechanical shops or spill cleanups.	32,000 litres – 2 trips of 16,000 L each	Specialized collection company (currently AmNor Industries)
	Used oil, grease, wash bay sludge and oily water, contaminated snow	4 trips × 6,000 L	
RHMs - Industrial and household solids	Antifreeze, solvents, aerosols, paints, fluorescent bulbs, lamps, batteries, smoke detectors, oil filters, rags, packaging, contaminated containers, halocarbons, used absorbents, computer scrap, laboratory products	500,000 kg – 20 trips of 25,000 kg	Specialized collection company (currently AmNor Industries)
Contaminated soils	Spill cleanup; managed with RHMs	960 t - 48 trips of 20 t	Specialized collection company (currently AmNor Industries)
Construction, renovation, and demolition debris	Wood, aggregate, drywall, uncontaminated dry materials.	Wood: 2,520 m^3 – 84 trips of 30 m^3	Lebel-sur-Quévillon trench landfill site (TLS)
Residual materials for disposal	Bulky waste, litter bags, polystyrene foam, packaging, sanitary pads, composite objects, contaminated objects, non-recyclable plastic, rubber, ashes, plastic bags, plastic bottles, process waste, various empty containers.	1,980 m^3 - 66 trips of 30 m^3	Lebel-sur-Quévillon trench landfill site (TLS)
Sanitary sludge	Bioreactor sludge	50,000 USG – 20 trips of 2,500 USG	Specialized collection company (currently AmNor Industries)
Biomedical waste	From the infirmary; handled in accordance with CQLR, Q-2, r.12	6 × 5.1 L containers	Specialized collection company (currently Steri-Cycle)
Tires	Used tires	450 tires/year	Specialized collection company/ Recyc-Québec
Batteries	Used batteries of all kinds (AA batteries, etc.)	250 – 300 kg	Specialized collection company (currently AmNor Industries)
Cans	Aluminum cans	25 – 50 kg	Community organizations, social club
Electronic products	Computer screens, computers, small electrical appliances, etc.	1,500 – 3,000 kg	Specialized collection company (currently AmNor Industries)

1.3.5.2 Traffic and Mobile Equipment

The access roads inside the mine site have been slightly modified to account for changes made to other facilities and to improve travel between the various installations. Map 1-2 shows the updated roads. Three types of roads are still present on the site: haul roads, access roads, and service roads. Table 1-13 shows the updated road characteristics. The width of service roads varies between 5 m and 11 m for stability reasons or to allow access during building construction. The total length and surface area have changed compared to the data provided in the EIA (Table 3-26).

Table 1-13 Updated Access Roads Characteristics

Type of road	Use	Total length (m)	Width (m)	Surface area (m^2)
Haul	Heavy equipment Truck	2,268	12	27,216
Access	Truck	150	8	1,200
Service	Truck	9,920	5 to 11	82,807

The fleet of mobile surface equipment to be used has been updated. Table 1-14 shows the planned fleet, and the reasons for the changes are listed below.

Table 1-14 Updated Mobile Surface Equipment

Nº	Description	Qty	Model (or equivalent)	Function	Fuel type
1	Pickup truck	26	RAM/GM 2500	Site construction and follow-up	Gasoline
2	Grader	1	JD 772G	Site maintenance	Diesel
3	Loader	1	WA 320	Site maintenance	Diesel
4	Water truck	1	Terex TA-400	Site maintenance	Diesel
5	Excavator	1	CAT 308	Site maintenance	Diesel
6	Refuelling tank truck	1	Not available	General site	Diesel
7	Tractor with snowblower	2	Kubota L6060	Snow removal	Diesel
8	Utility vehicle with sander	3	Kubota RTV X-1100C	Snow removal	Diesel
9	Loader	1	CAT IT14	Snow removal	Diesel
10	10-wheel trucks	2	Western Star	Abrasive spreading and transporting snow	Diesel
11	Loader	1	WA 600	Power supply for the concentrator	Diesel
12	Service loader	1	WA 380	Site support and heavy parts transport	Diesel
13	Bulldozer	1	CAT D8T	Deposition of waste rock	Diesel
14	Excavator	1	CAT 345	Deposition of waste rock	Diesel
15	Articulated truck	1	CAT 745	Ore rehandling	Diesel
16	Loader	1	CAT 988	Ore rehandling	Diesel
17	Loader	1	CAT 988	Loading of filtered tailings	Diesel
18	Compactor	1	Bomag DH-5	Compaction of filtered tailings	Diesel
19	Articulated truck	2	CAT 745	Transport of filtered tailings	Diesel
20	Bulldozer	1	CAT D7	Deposition of filtered tailings	Diesel
21	Excavator	1	Komatsu, PC-490	Deposition of filtered tailings	Diesel
22	Forklift	1	CAT P-6000	Handling in the plant and storage area	Diesel
23	Compact loader	1	CAT 242D3	Plant cleaning and handling	Diesel
24	Forklift	2	Genie S85-XC	General site	Diesel
25	Scissor-lift truck	1	Not available	General site	Electric
26	Stand-up forklift truck	1	Raymond 7300	Storage handling	Electric

Nº	Description	Qty	Model (or equivalent)	Function	Fuel type
27	Ambulance	1	Chevrolet	Emergency	Gasoline
28	Fire truck	1	Volvo WCN	Fire control	Diesel
29	Fire truck	1	International 40S	Fire control	Diesel
30	Water truck	1	Terex TA-400	Fire control	Diesel
31	All-terrain vehicle (ATV)	4	Can-Am Outlander	Site supervision/emergencies	Gasoline
32	Snowmobile	4	Ski-doo Skandic	Site supervision/emergencies	Gasoline
33	Bus (per contractor)	7	Not available	Transportation of employees	Diesel

For the tailings storage facility, the initial assessment of mobile equipment requirements was carried out by a well-known contractor during the feasibility study. Since then, a more refined assessment of cycle times has been carried out. The number of trucks was estimated on the basis of cycle time and storage capacity in the filtration plant's storage area. The assessment of the truck-loading vehicle was based on the storage space available in the building and the expected production rate. The models of this mobile equipment have been re-evaluated to allow for the placement of the equipment and to meet the required production rate.

The equipment needed to clear snow from the site has also been added to the list. This equipment will operate only during the winter.

Mobile equipment for rehandling ore has been considered in this update, with the addition of an articulated truck and a loader. During the construction period, a temporary storage area on the waste rock stockpile will be set aside for ore. This ore will then have to be moved to the crusher in a sequence that optimizes ore processing, or when underground production is lower.

To optimize operations, maintenance, and site monitoring in general, a number of equipment additions have been made, including pickup truck, a tank truck for refuelling, and forklift trucks, as required for operational activities. The number of all-terrain vehicles and snowmobiles has been increased to ensure optimum health and safety on site. The increase in workforce requirements discussed in Section 1.3.5.3 (Worker camp) has also led to a reassessment of the number of buses needed to transport employees to and from the site during periods of staff rotation.

Lastly, a water truck for fire control has been added to the update to ensure a faster, more efficient emergency response. In the following table, characters in red are additions that have been made as part of this information update. Sometimes, this means changes to the number of vehicles, the model and, consequently, the specific function.

In the case of underground mobile equipment, a reassessment of requirements due to changes in the mine plan and operating strategies has led to the breakdown shown in Table 1-15. The main changes are an increase in the number of mobile equipment items previously listed, the addition of mobile equipment for certain additional underground activities, or a change in the type of energy supply. Characters in red are additions that have been made as part of this information update.

The increase in some of the mobile equipment already in the list is explained, such as the following:

- The face drill rigs were assessed at 85% availability. However, an availability of around 70% seems more in line with actual operations.
- An electric bolting machine has been added for stope wall support in production and for development needs.

- The number of underground loaders was calculated on the basis of the total tonnes of the mine plan, without taking into account the zones and locations of work sites and/or work crews.
- A scissor lift was added for piping operations associated with paste backfill.

Another change was made to the ore haulage trucks. Following the changes in the mine plan, it was decided to consider the maximum monthly peak of tonnes extracted during the life of the mine, rather than the overall average of tonnes extracted. Thus, by using 65 t trucks instead of 54 t, the workforce will be reduced by two trucks. However, the use of 54 t is still an option; refining the mine plan will determine the needs and sequence of change between 54 t and 65 t.

As discussed in Section 1.3.5.3, the workforce required for operations has been revised upwards. One of the consequences of this change is an increase in the number of vehicles used to transport personnel underground.

Mobile equipment used by the diamond drilling and underground construction teams has been added to the list of underground mobile equipment. A mine rescue vehicle has also been added.

The change in the type of power supply for certain mobile equipment is the result of a number of considerations related to the optimization of operations and worker safety.

- For reasons of safety and proven performance, it was decided to use diesel-powered equipment for electric emulsion transporters.
- Electric boom trucks only have a range of 4 hours on a flat surface or 4 km when used on a slope, which would require frequent battery changes. Electric graders also have limited autonomy. Diesel-powered options were therefore selected.
- The type of vehicle used to transport personnel has been modified to improve the efficiency of underground operations. The vehicle's capacity was reduced and the number needed was increased to better distribute the teams in the different sectors of the mine. To meet optimization needs, the chosen model required diesel power.

Table 1-15 Updated Mobile Underground Equipment

Mining equipment	Model (or equivalent)	Power supply	Quantity 2025-2036
Production and development equipment			
Front face drilling rig (Jumbo)	EPIROC M20-EV	Battery	5
Bolter	MacLean 975 Omnia	Diesel	9
Bolter	EPIROC Boltec E10-EV	Battery	2
Hydraulic long hole production drill	EPIROC ME7C-EV	Battery	4
Long hole drill	Sandvik DL 432i	Diesel	2
Underground loader - 14t	EPIROC ST14	Diesel	6
Underground loader - 18t	EPIROC ST18	Diesel	4
Truck – 65 t	EPIROC MT65	Diesel	13
Scissor lift	MacLean SL3-EV	Battery	7
Emulsion transporter (dev.)	MacLean EC3	Diesel	3
Emulsion transporter (prod.)	MacLean CS3	Diesel	2
Service equipment			
RS53 mobile scaler	MacLean RS3-EV	Battery	1
Boom truck	MacLean BT3	Diesel	3

Mining equipment	Model (or equivalent)	Power supply	Quantity 2025-2036
Fork loader	EPIROC ST-1030	Diesel	2
Grader	MacLean GR5	Diesel	2
Concrete sprayer	MacLean SS5	Diesel	1
CRF mobile unit	Contractor	Diesel	1
Personnel carrier	Toyota Land Cruiser	Diesel	7
Light vehicle (Supervision & Ops MC)	Toyota Land Cruiser	Diesel	11
Mine rescue vehicle	Toyota Land Cruiser	Diesel	1
Personnel carrier - mech./elec.	Toyota Land Cruiser	Diesel	5
Personnel carrier - drilling	Toyota Land Cruiser	Diesel	4
Personnel carrier with basket	Kovaterra KM200	Diesel	3
Service truck - Technical services	Kovaterra KM200	Diesel	7
Service truck - Surveying	Kovaterra KM200	Diesel	2
Service truck - Mechanic	Kovaterra KM200	Diesel	1
Service truck with crane	Kovaterra KM200	Diesel	2
Service truck - compressor	Kovaterra KM200	Diesel	3
Other service equipment - Diamond drilling			
Service truck - drilling	Kovaterra KM200	Diesel	2
Service truck - cementing	Kovaterra KM200	Diesel	1
– Other service equipment - Construction			
Backhoe-type service truck	Kovaterra KM200	Diesel	2
Telehandler - construction	Genie GTH-1056	Diesel	2
Excavator	Kubota KX-040	Diesel	1
Welding machine	Miller Big Blue 600 air pak	Diesel	2

The other information in Section 3.8.7 of the EIA is still valid.

1.3.5.3 Worker's Camp

The size of the worker's camp was reviewed, as needs were identified following a general rethinking of all the elements involved in the project. During the construction phase, a 600-worker camp was planned, including two temporary wings of 100 rooms each to accommodate the various infrastructure elements required for the mine project. For reasons of efficiency and process optimization, certain modifications have been proposed and infrastructure added. The two wings that were considered temporary for the construction period will in fact be permanent for the life of the mine, precisely to meet the needs arising from the changes to the project design.

The addition of 200 permanent places at the camp is the result of several considerations and decisions that have led to an increase in the number of employees on site:

- The mobile equipment fleet has been revised to better meet the needs of surface operations and maintenance, which will necessarily require an increase in the number of operators.
- The garage workers had only been scheduled for the day shift. A night shift is necessary to optimize operations and reduce maintenance wait times.

- The desire to increase the rate of geological conversion and the need to identify gabbro for beneficiation require additional manpower in the geology department.
- The addition of an analytical laboratory to the site, including sample preparation and fire assay.
- A reassessment of the workload at the water treatment plant, as well as for waste management, has required a review of workforce requirements.

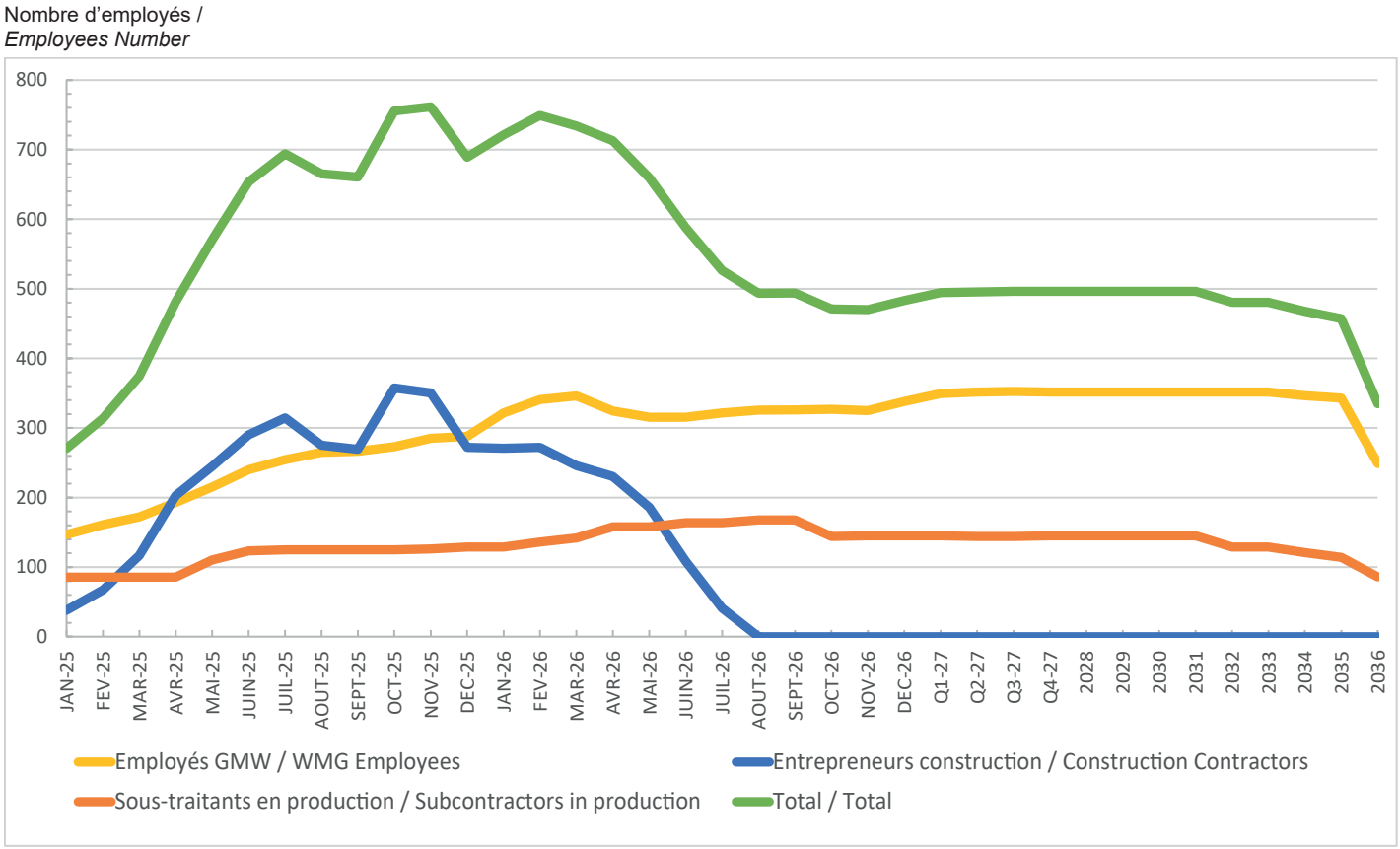
The impact of these changes is direct on the workforce required, but also indirect, as it means more site management, more maintenance, more need for food and so on. A reassessment of the workforce requirements of the various departments was carried out to take account of the various modifications and optimizations to the project. Based on the needs identified by the departments, a workforce of 600 people is required in the operations phase to fill tasks and functions arising from the changes and ensure optimal operation of the Windfall site. It should be noted that workers will be present on a rotating basis according to three schedule variants: 4 days on site and 3 days off site, 7 days on site and 7 days off site, or 14 days on site and 14 days off site. Table 1-16 shows the total workforce required during the operations phase.

Table 1-16 Updated Workforce Requirements for the Operations Phase

Department	Role	Total
Administration and services	Management	8
	Administration, communications, and IT	14
	Human resources and community relations	10
	Health and safety	12
	Surface services at the site	12
	Camp administration	5
	Sub-total	**61**
Underground mine operations	Maintenance	126
	Operations	270
	Supervision and other workforce	61
	Technical services (engineering and geology)	102
	Sub-total	**559**
Process plant and tailings filtration plant	Supervision and other workforce (lab)	11
	Operations	31
	Maintenance	19
	Sub-total	**61**
Environment and water management	Superintendents and supervisors	6
	Technicians, operators, and labourers	12
	Sub-total	**18**
Windfall Mining Group	**Total**	**699**
Contractor	**Total**	**346**
Windfall Mine Project	**Total**	**1,045**[1]

1 Total workforce includes people on leave and on site according to their rotation.

Figure 1-6 shows the on-site workforce over the mine's lifetime. In the construction phase, the maximum number of workers present at any one time at the camp will be close to 775 (green line), including construction contractors (blue line), WMG employees (yellow line), and subcontractors (orange line). Over time, the population will vary according to the stages involved in project construction. From January 2027, only the workforce required for production operations will be present on site.



CA0004658_7070_MAJ_F1-6_305_EvolutionNbEmployes_231127.ai

Figure 1-6 **Évolution de la main-d'oeuvre en phases de construction et d'exploration /**
Labor Evolution for Construction and Exploration Phases (réf. Document interne Groupe Minier Windfall)

1.3.5.4 Industrial Zone

Surface infrastructure was redeveloped in the industrial zone. The size of the area remains unchanged. The main elements that have been adjusted include:

- An analysis laboratory has been added to reduce processing time for analysis of production and metallurgical samples. This laboratory will be built in conjunction with the core shack building, which will also include storage space for emergency vehicles. It has been relocated and separated from the multi-service building to allow greater accessibility to the garage doors of this building, to improve traffic flow around it, and to avoid vibrations related to vehicle maintenance activities.
- The multi-service building will consist of a garage for the maintenance of mobile surface equipment on the west side, a warehouse, offices, and the drying area, and will be bounded by the process plant on the far east side. The precise location of the warehouse and garage has been slightly changed.
- A truck scale has been added near the main gatehouse to weigh trucks transporting materials from outside the site and to facilitate the material reconciliation process between the mine and the process plant.

1.3.5.5 Energy Supply

Since 2017, the Windfall mining project site has been powered by diesel generators. Several 13.8 kV overhead distribution lines supply power to the various areas of the complex (underground mine, water treatment system, exploration camp, etc.). The overhead lines are expected to be retained for future phases of the project, and the generators are expected to be reused for emergency power supply and load-shedding periods imposed by Hydro-Québec, in accordance with the contribution agreement. In this respect, additional generator power may be required.

By early 2024, Miyuukaa Corporation plans to complete construction of the 69 kV line between Waswanipi and the Windfall site, enabling the generators currently on site to be shut down completely. Following the agreement signed between WMG and Hydro-Québec in October 2023, this connection will initially deliver a maximum of 7 MW to the Windfall site, and a total of 28.5 MW s of the end of 2024. This agreement will enable WMG to ensure a supply of green electricity from the Hydro-Québec grid throughout the construction and operations of the mine complex.

Under the agreement between WMG and Hydro-Québec, the latter was asked to help reduce electricity demand during periods of load shedding. During discussions, WMG agreed to reduce electricity consumption by a minimum of 30% (8.5 MW for the operations phase) during these peak periods, to support Hydro-Québec. Historically, these peak periods occur around 30 hours a year between December and March, during the coldest winter periods. During this period, WMG will reduce its consumption by at least 30% of its normal consumption by minimizing electrical heating of buildings, reducing or stopping production in certain sectors, or maximizing maintenance periods during these periods. Despite all these initiatives, it is possible that the 30% reduction will not be achieved given that load shedding periods normally occur during very cold weather. WMG therefore plans to start up some generators on site during peak periods to support Hydro-Québec. Thus, given the high cost of running generators and the impact on greenhouse gas (GHG) emissions (albeit marginal for a period totalling around 30 hours per year), this alternative for reducing consumption will be kept to a strict minimum.

In addition to the load-shedding requirements, an emergency power supply is required in the event of a power failure. For this purpose, on-site emergency generators would secure the minimum needs of the ore processing, tailings filtration, paste backfill, and water treatment plants, as well as the camps. This will ensure the safety of personnel and facilities. The final location of the emergency generators has yet to be confirmed during detail engineering, but it is anticipated that the following areas will be equipped with generators:

- platform with four to five generators centrally located in relation to the multi-service building, including the process plant;
- close to the permanent camp.

During the initial phase of the project, it was planned to place emergency generators at several locations that would require emergency power in the event of loss of the Hydro-Québec connection. However, with several buildings, underground power supply, and water pumping stations planned for the Windfall site, the number of generators and diesel tanks was becoming too high, and posed a certain environmental risk. For this reason, it was decided that the generators would be grouped together on a platform including the fuel tanks.

To optimize energy requirements and environmental impact, dual energy (propane and electricity) will be used for heating needs. When electrical capacity permits, electricity will be used instead of propane to reduce GHG emissions. During periods of load shedding imposed by Hydro-Québec, propane will be used to reduce electricity consumption. The possibility of replacing propane with LNG is still being assessed. Should this be possible, it will still be necessary to operate with propane during the first years of operation, given the lead times for delivery of LNG equipment.

1.3.5.6 Snow Dump and Management

Two snow dumps have been added to the map to manage snow on the site, allowing safe winter travel on the camp platform and the platform around the multi-complex building housing the process plant. These snow dumps had always been considered, but had not yet been indicated on a plan. A height of up to 10 m was considered for the snow pile. The first dump will receive most of the snow around the camp and will be located to the east, while the second dump will be located to the south of the camp berm, on the east side, and will contain the snow adjacent to the industrial zone. The proposed snow dumps are shown on Map 1-2.

For other sectors and platforms, snow will be pushed or blown to the edges within the planned infrastructure right-of-way.

1.3.5.7 Ventilation Raises

Ventilation raises (VR) will be required for air management during underground mining operations. The Windfall deposit is made up of two different zones (Main and Lynx), whose distance from each other and depth require the addition of separate raises to comply with current standards for worker safety. Currently, there are two ventilation raises on site (VR00 and VR06), as well as one that will be added in 2025 (VR02) and five others that will be required as mining operations progress (VR01, VR03, VR04, VR05 and VR07). The progression of underground mining activities and the need to ensure good ventilation underground will determine when these facilities will be required. Table 1-17 shows the ventilation raises and their main characteristics. The ventilation raises are also shown on Map 1-2.

Table 1-17 Ventilation Raise Equipment

Year of start of operation	Name	Ventilator type	Max. flow (m^3/s)	Max. flow (kcfm)	Operations	Fan orientation	Heating	Underground zone
Present on the site	VR00	Underground - Entrance	118.0	250	All year	E	Yes	Main
Present on the site	VR06	On surface - Exit	424.8	900	All year	NE	No	Lynx
2025	VR02	On surface - Entrance	212.4	450	In the cold season	NW	Yes	Main - Portal
2026	VR05	On surface - Entrance	212.4	450	In the cold season	NW	Yes	Lynx - Portal
2027	VR01	On surface - Entrance	424.8	900	All year	SE	No	Main
2028	VR07	On surface - Exit	424.8	900	All year	NE	No	Lynx
2033	VR03	On surface - Exit	165.2	350	All year	SE	No	Main
2032	VR04	On surface - Exit	165.2	350	All year	SE	No	Main

For existing ventilation raises, VR00 provides fresh air to the underground drifts. Its fans are strategically located underground to reduce surface noise. The burners are located on the surface and heat the mine air in winter. Although already in operation, there are plans to add a chimney stack to optimize the network, which dates back to 2018, and reduce energy requirements. VR06 is currently used as an air exhaust for the Lynx zone. The design of the air exhaust capacity has been upgraded to meet the mine's short- and long-term requirements. New fans will be installed shortly.

VR02 will be put into operation in 2025, depending on how long it takes to receive the required equipment. The fans will be installed on the surface and will ensure the intake of fresh air for the underground mine in the area of the Main portal.

When required by the underground mine, additional ventilation raises will be added. VR01, VR05, and VR07 will serve as air exhausts, while VR03 and VR04 will provide air intakes for the air exchange required for mining operations.

These ventilation raises will be connected to the electrical grid and, in the event of a power failure, will also be supplied with electricity via generators.

Ventilation raises have been included in the noise modelling to ensure that noise levels are representative of all surface equipment. The technical note including the raises and incorporating optimizations carried out on other equipment is presented in Appendix 1-6.

1.3.5.8 Fuel and Propane Tanks

Again in line with the aim of optimizing the project, energy requirements were revised to take account of modifications to the buildings, the heating needs of the underground mine, and the needs of mobile equipment. Optimization opportunities have also been identified for the reuse of existing tanks.

The consumption associated with these tanks is presented in the technical notes associated with the GHG calculation (Appendix 1-5), as well as the modelling of the consequences (Appendix 1-7). Table 1-18 summarizes the changes made. Map 1-2 shows their location.

Diesel and gasoline fuel tank number and capacity remain unchanged. It is also possible that some tanks will not be in full-time use; some will only be used when needed (e.g., power failures). As for propane, it is possible that one tank will be located elsewhere, depending on how the project progresses.

The implementation of each tank will also depend on the progress of the project, which is why the years 2025 and 2026 have been indicated.

Propane tanks will be used for:

- supplying the camp kitchen;
- heating of air extracted from the surface to the underground mine;
- the various heating needs of the buildings on the site;
- certain segments of ore processing;
- the water treatment plant.

Propane tanks are positioned on site so as to be close to the facilities or equipment that require them.

There will be two fuel stations. It was decided to have a fuel station near each of the underground mine portals, to facilitate transport logistics.

The first station will be located near the Main portal and will include two diesel tanks, one 45,000 L and the other 50,000 L (reuse of existing tanks), as well as a 10,000 L gasoline tank. After maintenance, mobile equipment generally needs to be refuelled. Having a station at this location will make refuelling easier.

The second station will be located near the Lynx portal, and will include three diesel tanks: two 45,000 L and one 1,000 L. The latter will serve as a backup tank for refuelling the underground mine.

In an emergency or load-shedding situation, three 50,000 L diesel tanks (two existing and one new) will be used to supply energy to the generator park located north of Pond C. The same will apply to the 15,000 L diesel tank that will supply the generator at the permanent camp.

Table 1-18 Update of Petroleum Products at the Site

Fuel type	Tank/station	Location	Capacity	Phase when required
Propane	Tanks	Storage area	4,800 USG	Existing
		WTP/Filtration plant	30,000 USG	Operations
		VR02 (Main portal)	45,000 USG	Existing
		VR00	30,000 USG	Existing
		Main camp	20,000 USG	Operations
		Multi-service building	20,000 USG	Operations
		Process plant	45,000 USG	Operations
		VR05 (Lynx portal)	45,000 USG	Operations
Diesel	Station 1	Garage area	45,000 L	Operations
	Station 1	Garage area	50,000 L	Operations
Gasoline	Station 1	Garage area	10,000 L	Operations
Diesel	Station 2	Lynx portal	45,000 L	Operations
	Station 2	Lynx portal	45,000 L	Operations
	Station 2	Lynx portal	1,000 L	Operations
	Station G	Generator area	50,000 L	Operations
	Station G	Generator area	50,000 L	Operations
	Station G	Generator area	50,000 L	Operations
	Station C	Camp area	15,000 L	Operations

1.3.6 Status of Impact Assessment following Project Optimization

Mitigation Measures and Commitments

As mentioned in section 1.3.3, the Tailings Storage Facility will be developed on a cell-by-cell basis in each zone to minimize airborne dust emissions. This will enable progressive reclamation to be initiated on a continuous basis, while minimizing active surfaces.

It is important to note that transportation of employees and goods to the Windfall mine site will take place exclusively via the forest roads linking the site to Lebel-sur-Quévillon. This will limit impacts on woodland caribou (section 11).

Summary of the Effect of Project Optimization on Impact Balance

The optimizations made to the project's various infrastructure do not result in any significant difference in encroachment on the natural environment within the local biophysical study area. The updated proportions of terrestrial, wetlands, and water environments affected by the project are presented in Table 1-19. Following the relocation of certain infrastructure, total encroachment (permanent and temporary) on natural environments in the local biophysical study area is reduced by 0.6% (0.67 ha). Permanent encroachment on wetlands and water environments decreased by 2.33 ha, while a slight increase (1.66 ha) was noted for total encroachment (permanent and temporary) on terrestrial environments.

Given that the surface areas of the Gravtest-3 and Gravtest-4 borrow pits, which are located outside the local biophysical study area, had not initially been considered in the EIA encroachments, they have been added to the updated proportions of natural environments affected. In total, the addition of borrow pits results in a 17% (19.12 ha) increase in the area of natural environments encroached, compared with the areas presented in Table 7-4 in Chapter 7 of the EIA. However, this increase is not expected to have a significant impact on wildlife that would alter the significance of the residual impacts assessed in the EIA.

Table 1-19 Update of the Proportion of Terrestrial, Wetland, and Water Environments Affected by the Project

Natural environment class	Surface area of the natural environment in the study area (ha)	Area of permanent encroachment (ha)	Area of temporary encroachment (ha)	Proportion of permanent encroachment (%)	Proportion of temporary encroachment (%)
Terrestrial environments					
Hardwood					
Birch stand	42.66	2.07	N/A	4.85%	N/A
Mixedwoods					
Non-commercial hardwoods and unspecified hardwoods with unspecified softwoods	1.91	1.76	N/A	92%	N/A
Balsam fir-white birch stands	37.08	9.36	0.02	25.24%	0.05%
Unspecified mixedwoods	25.63	8.93	0.1	34.84%	0.39%
Regeneration and plantation					
Mixed shrubland regeneration	8.16	0.97	N/A	11.89%	N/A
Coniferous shrubland regeneration	348.39	24.39	0.41	7.00%	0.12%
Softwoods					
Black spruce-moss stands	247.19	16.81	0.12	6.80%	0.05%
Subtotal for the terrestrial environments		64.29	0.65		
Wetlands					
Tree swamp	26.89	1.62	N/A	6.02%	N/A
Wooded ombrotrophic bog	237.71	2.16	0.04	0.91%	0.02%
Shrub swamp	73.64	3.01	N/A	4.09%	N/A
Wooded fens	13	3.59	0.02	27.62%	0.15%
Open fens	118.45	12.09	0.34	10.21%	0.29%
Open ombrotrophic bog	652.27	24.73	0.56	3.79%	0.09%
Wetlands subtotal		**47.2**	**0.96**	-	-
Natural environment total		**111.49**	**1.61**	**-**	**-**
Anthropogenic environments					
Anthropogenic environments	141.67	64.56	0.08	45.57%	0.06%

Natural environment class	Surface area of the natural environment in the study area (ha)	Area of permanent encroachment (ha)	Area of temporary encroachment (ha)	Proportion of permanent encroachment (%)	Proportion of temporary encroachment (%)
Grand total		**176.05**	**1.69**	**-**	**-**
Terrestrial environments (areas of encroachment outside the study area)					
Hardwood					
Birch stand	-	4.95	N/A	-	
Mixedwoods					
Unspecified mixedwoods	-	6.53	N/A	-	
Indistinct softwood plantation	-	0.44	N/A	-	
Coniferous shrubland regeneration	-	2.92	N/A	-	
Unspecified regeneration	-	3.23	N/A	-	
Softwoods					
Black spruce and jack pine	-	0.89	N/A	-	
Black spruce-moss stands	-	0.07	N/A	-	
Unspecified black spruce stands	-	0.52	N/A	-	
Jack pine stand	-	0.41	N/A	-	
Total	-	**19.96**	N/A	-	

Following the optimization of project infrastructure, several studies have been updated or added to reflect these changes.

According to the revised ambient sound and vibration study (Appendix 1-6), simulated noise levels during construction and operations remain below provincial guideline limits despite infrastructure optimization, including the addition of ventilation raises.

A revision of the GHG estimate (Appendix 1-5) was also carried out to account for the changes made to the project. The sum of the direct and indirect emissions during the construction and operations phases would total about **594 kT CO_2eq**. Table 1-20 summarizes total emissions for the entire duration of the project.

Table 1-20 Summary of Project-Related GHG Emissions

Phase	Period	GHG emissions (t CO2eq)		
		Direct	Indirect	Total
Construction/Pre-production	2025-2026	113,863	13,353	127,216
Operations	2027-2036	408,034	59,117	467,151
Total				**594,367**

All the studies and sections modified or added to optimize the project are presented in Appendices 1-1 to 12-1 and cover the following points:

- annual water balance (Appendix 1-1);
- water quality model site wide (Appendix 1-2);
- site and soil characterization for the installation of a sewage water treatment system for the workers' camp (Appendix 1-3);
- service agreement between Lebel-sur-Quévillon and WMG for the use of the TLS (Appendix 1-4);
- project GHG emission estimates (Revision 1) (Appendix 1-5);
- sound environment and vibration (Revision 1) (Appendix 1-6);
- consequence modelling study (Revision 1) and updated map 12-1 of the EIA (Appendix 1-7);
- alternative tailings storage solutions study (Appendix 1-8)
- safety data sheets (Appendix 1-9)
- air emissions modelling (Revision 1) (Appendix 2-1);
- dust management plan (Appendix 2-2);
- supplementary hydrogeological study (Appendix 3-1);
- hydrogeological study for tailings storage facility design (feasibility level) (Appendix 3-2);
- hydrogeological study for waste rock stockpile (Appendix 3-3);
- update - assessment of background levels in groundwater (Appendix 3-4);
- hydraulic study – assessment of effluent impact on the downstream receiving environment (Appendix 7-1);
- assessment of indirect impacts on fish habitat (Appendix 7-2);
- dilution study downstream of mining effluent in the downstream receiving environment (Appendix 7-3);

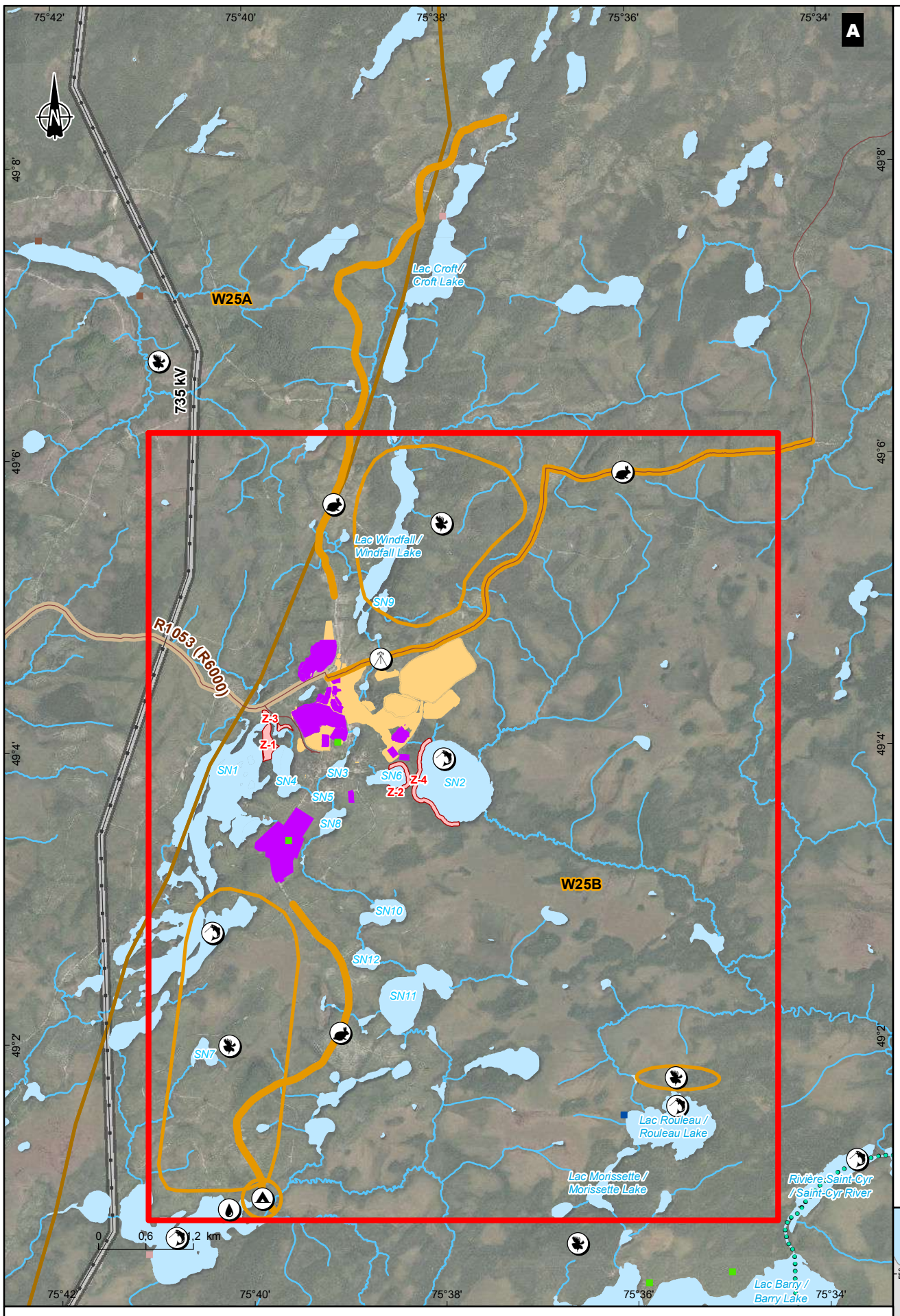
- surface water and sediments (Revision1) (Appendix 8-1);
- biodiversity program (Appendix 9-1);
- Environmental Site Assessment (ESA) Phase I – projected infrastructure sector (Appendix 10-1);
- soil natural background level study signature page and certification letter (Appendix 10-2);
- woodland caribou in a context of ecological connectivity (Appendix 11-1);
- Chapter 13 Environmental programs (update) (Appendix 12-1)

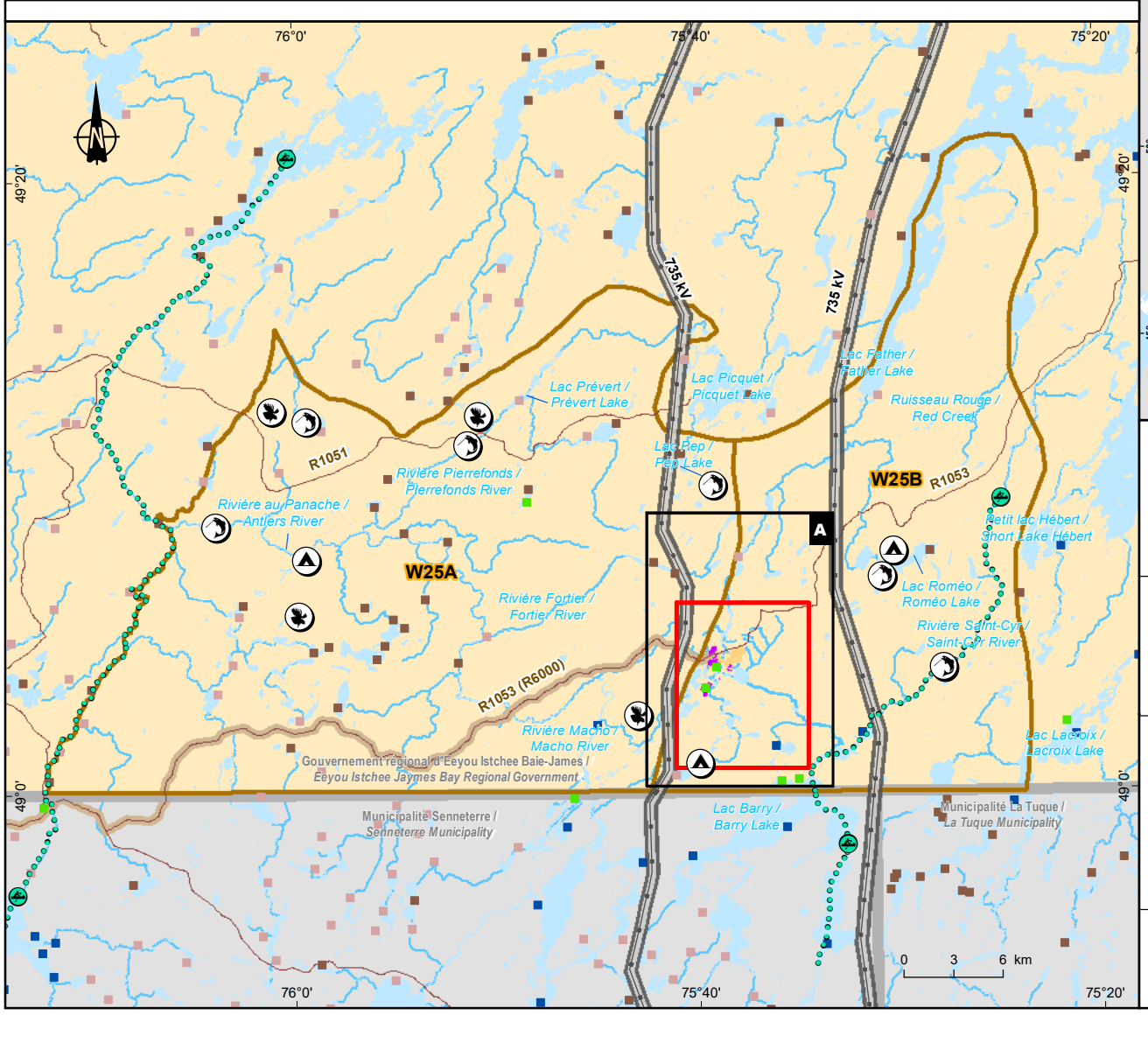
Overall, the changes made to the studies mentioned above do not alter the impact assessment carried out in the previously submitted EIA. The significance of residual impacts therefore remains unchanged for all these components.

Furthermore, Map 1-5 presents an update on the land use in the social environment local study area. The number of users in the study area has decreased since two recreational leases are no longer present, namely those of lakes SN1 and Windfall. These leases now belong to WMG. The locations associated with the recreational fishing activities of these land users have been removed from the map.

Références :

- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS DU QUÉBEC (MDDEP). 2012. Directive 019 sur l'industrie minière. ISBN : 978-2-550-64507-8 (PDF). 66 pages + appendices.
- Association canadienne des barrages (ACB, 2014) – Bulletin Technique : Application des Recommandations de Sécurité des Barrages aux Barrages Miniers. 2014





Limite administrative / *Administration Boundary*

Municipalité ou territoire équivalent (TE) / *Municipality or Equivalent Territory (ET)*

Terres de catégorie (CJBNQ) / *Category Lands (JBNQA)*

Terre de catégorie III / *Category III lands*

Projet / Project

Zone d'étude locale du milieu humain / *Social environment local study area*

Infrastructure actuelle / *Current infrastructure*

Infrastructure projetée / *Planned infrastructure*

Infrastructures connexes / *Related Infrastructures*

Ligne de transport d'énergie électrique / *Electric power transmission line*

Accès et déplacement des utilisateurs / *Access and travel paths for users*

Route régionale / *Regional road*

Route forestière / *Logging road*

Route d'accès / *Access road*

Hydrographie / *Hydrography*

Cours d'eau / *Watercourse*

Étendue d'eau / *Waterbody*

Utilisation traditionnelle du territoire par les Cris / *Cree land use*

Campement cri / *Cree Camp*

Caméra de suivi de la faune (initiative crie) / *Wildlife tracking camera (Cree Initiative)*

Zone d'habitat de l'orignal / *Moose habitat area*

Zone de pêche / *Fishing area*

Zone d'habitat du lièvre / *Hare habitat area*

Source d'eau pour usage domestique / *Water source for domestic use*

Zone valorisée pour la faune (la délimitation de ces zones est approximative pour fins de confidentialité) / *Wildlife valued area (the delimitation of these areas is approximate for confidentiality purposes)*

Terrain de trappage cri / *Cree trapline*

Archéologie / *Archeology*

Zone de potentiel archéologique identifiée en 2022 / Area of archaeological potential identified in 2022

Baux de villégiature / *Leisure leases*

Fins d'abri sommaire en forêt / *Temporary forest shelter*

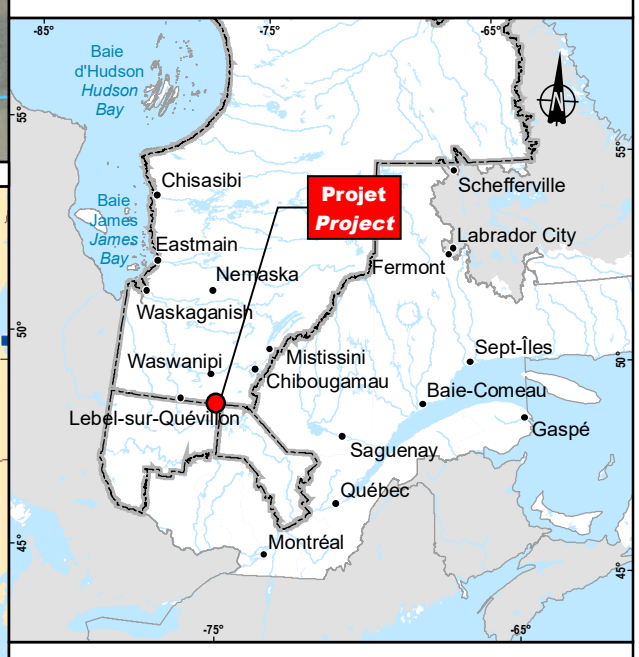
Fins d'hébergement dans une pourvoirie sans droits exclusifs / *For lodging at an outfitter without exclusive rights*

Fins de villégiature / *For leisure purposes*

Autres fins / *Other purposes*

Sentiers / *Trails*

Canotable / *Canoe*



Projet minier Windfall - Addenda 1 - Réponses aux recommandations et commentaires du MELCCFP /
Windfall Mining Project - Addendum 1 - Responses to MELCCFP Recommendations and comments

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) / *Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)*

Carte 1-5 / *Map1-5*
Zone d'étude locale du milieu humain - Utilisation du territoire / *Social Environment Local Study Area - Land Use*

Sources / Sources:
CanVec+, 1/50 000, RN Can, 2014
SDA, 1/20 000, MERN Québec, 2020
BDTA, 1/250 000, MRN Québec, 2002
BDGA, 1/5 000 000, MRN Québec, 2012
Contraintes et restrictions (GESTIM), MERN Québec, 2022-12-05
GRHQ, Réseau hydrique, 2019-05
AQRéseau+, Réseau routier, 2022-09
MELCCFP, Inventaire écoforestier, 2011

0 0,6 1,2 km

MTM, Fuseau 9 / *Zone 9*, NAD83

2023-12-01

Préparée par / Preparation : É. Deschênes Dénommé
Dessinée par / Drawing : J. Roy
Vérifiée par / Verification : M.-H. Brisson
_201_11330_19_eiemh_c2_157_MHLocal_221213.mxd

2 Atmospheric Modelling

Q 1-1

a) The various emission sources considered in the modelling are not described, listed, or shown on a map, so it is not possible to validate the methodology or the representativeness of the modelling.

b) The proponent must take into account the maximum capacity of the process plant (4080 tpd) in its modelling.

Reply 1-1:

a) and b) Atmospheric emissions modelling (revision 1) has been updated (supplied under separate cover).

Q 1-2

Details to be provided:

a) The complete list of all substances included in the modelling, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), and dioxins and furans (PCDD/Fs).
b) Information on the vehicles used;
c) All contaminants;
d) The file containing detailed calculations of all emission rates used in the modelling study;
e) Equipment data sheets (e.g., crushing and grinding systems, water treatment equipment, furnace to be used to reactivate the coal after the cyanidation treatment circuit);
f) Emissions from fossil fuel tanks;
g) Surface characteristics to validate the representativeness of the meteorological data set used;
h) The emission control factors used according to the type of activity and a justification for their choice;
i) A table summarizing all emission sources, and a detailed map to scale showing their location.

Reply 1-2:

a) to i) Atmospheric emissions modelling (Revision 1) has been updated and a dust management plan for the Windfall project has been developed (provided under separate cover). This plan was part of the commitments list of the company included in the EIA's project mitigation measures.

3 Tailings and Ore Characterization

Q 2-1

a) A comprehensive analysis and summary of the results describing the nature and concentration of contaminants that may seep and run off from the tailings storage facility.
b) The concentration of contaminants released into the environment must be quantified.
c) Modelling of contaminant transport from the tailings storage facility and the waste rock stockpile, as required by Directive 019.

Details to be provided:

d) Although a membrane is used under the accumulation areas, modelling of contaminant transport from the tailings storage facility and the waste rock stockpile is required, as requested in Directive 019.

Reply 2-1:

a) to d) To model contaminant transport, the site's hydrogeological model was updated. Details of this update are given in the technical note included in Appendix 3-1 of this document. As the bedrock properties remain unchanged, predictions of dewatering rates during operation of the proposed mine are unaffected. Changes have been made to the model to update the new information available on unconsolidated deposits. This supplementary hydrogeological study also made it possible to assess the indirect impacts of the drawdown on wetlands in the local study area.

The objectives of the supplementary hydrogeological study are as follows:

- update the hydrogeological model for surface deposits;
- assess the extent of groundwater drawdown caused by dewatering of the underground mine;
- assess the impact of groundwater drawdown on surrounding receptors, i.e., the influence of drawdown on wetlands and base flows.

An analysis describing the nature and concentration of contaminants that could seep and run off from the tailings storage facility and waste rock stockpile, as well as the concentration of contaminants emitted to the environment, were then quantified in the tailings storage facility and waste rock stockpile contaminant transport modelling, respectively presented in Appendices 3-2 and 3-3 of this document. The following paragraphs summarize the study findings.

The numerical hydrogeological modelling study for the tailings storage facility (Appendix 3-2) has been updated to include contaminant transport modelling. However, no changes were made to hydraulic parameters or boundary conditions. The results for percolation flow and groundwater modelling in the tailings storage facility remained unchanged. The results of this update indicate that there are no anticipated potential impacts to groundwater downstream of the proposed tailings storage facility.

The hydrogeological study of the waste rock stockpile presents the results of the assessment of percolation flows under the stockpile after its ultimate expansion (2030), as well as the results of contaminant transport modelling to assess its impact on the environment (Appendix 3-3). The hydrogeological model, created as part of the complementary hydrogeological study (Appendix 3-1), was used as the base model for integrating the planned infrastructure.

This model is an update of the model developed as part of the hydrogeological study of the mine. During the hydrogeological modelling, various scenarios were simulated to verify that the use of geomembranes ensures adequate protection of the environment and that the percolation criteria obtained are below the thresholds defined in D019. The results of this update indicate that there are no potential impacts to groundwater downstream of the proposed waste rock stockpile.

The groundwater background-level assessment study has also been updated, relative to the previous version, to incorporate new analytical results from the 2023 sample collection (Appendix 3-4). The addition of these new data has resulted in some changes to previously published background levels. This led to obtaining the minimum number of 30 data sets for all parameters for which a background level was estimated.

Despite this update of the estimated background levels, the parameters with background levels above the groundwater quality criteria and alert thresholds are the same as those identified in the previous version of the study.

4 Analysis of Alternatives

Q 3-1

Alternative site analysis for the mining camp, mine water treatment plant, and the waste rock stockpile.

Details to be provided:

a) The reasons why building a new camp at a new site is a preferred option, and why the current camp location was not considered as an alternative;
b) A complete impact assessment, including alternative locations for the mine water treatment plant and the waste rock stockpile. The proponent has stated that the location of some of the infrastructure has been authorized in the attestations of exemption and ministerial authorizations obtained as part of the mine's exploration activities. These authorizations do not release the proponent from the obligation to carry out an impact assessment for all this infrastructure;
c) A complete list of the facilities it deems temporary, specifying the duration of their use and showing their location on a map.

Reply 3-1:

To complement this submission and at the request of the MELCCFP, the 2022 study by Golder Associates Ltd. entitled "Tailings Disposal Alternatives Study, Windfall Project" has been translated into French. It is attached in Appendix 1-8 of this document. This study details site selection for the tailings storage facility.

a) As explained in Section 2.1.5 of the EIA filed in March 2023, there were two main reasons why the existing exploration camp site could not be selected as a potential location for the worker camp needed for the construction and operation of the Windfall mining project:

- Exploration of WMG's claims in the Windfall project area will continue during the project's construction and operations phases. As a result, this camp will already be heavily used by separate work teams when construction work begins.
- This camp does not meet one of the main criteria for selecting the location of the Windfall construction and operation workers' camp, which is to be located close to the main facilities to minimize the use of vehicles for employee travel between the camp and their work sites.

Besides the above two reasons, the construction of a new camp located closer to the main facilities is justified by:

- reduced GHG emissions generated by vehicle traffic associated with employee travel;
- a concentrated footprint associated with the development of the Windfall project in the same area;
- reduced risk of accidents associated with increased vehicular traffic;
- reduced risk of collisions with wildlife associated with increased vehicular traffic;
- reduced nuisance generation (dust and noise from vehicular traffic), both for employees and for Cree and non-Indigenous users of the area, thanks to the centralization of activities;
- proximity of the camp to various utilities (electricity, drinking water, wastewater management), reducing the length of infrastructure required to connect to the camp.

- more efficient management and maintenance of all facilities (fewer roads to maintain, reduced need for snow removal).

Water Treatment Plant

The increase in the volumes of materials to be managed on site during the various phases of project development, for example between the preliminary economic study (2021) and the feasibility study (2023), has led to a reorganization of the infrastructure plan, which explains why the position of various project components, including the water treatment plant, has been reassessed. In fact, the infrastructure requiring the most surface area (such as accumulation areas) was placed first, since it was deemed the most challenging to place. It is also important to be close to surface runoff, which comes from the areas most likely to be contaminated. In terms of on-site risk management, it is preferable to minimize the distances between the ponds storing this water and the WTP.

Once the placement of infrastructure requiring large areas had been determined, the remaining spaces within a 500 m radius of the mine portals (Main and Lynx) were assessed for the placement of the water treatment plant. As such, three locations have been selected (Map 4-1):

- Alternative 1 - the current location immediately to the north of Lake SN6;
- Alternative 2 - near the tailings storage facility, northwest of Lake SN2;
- Alternative 3 - on the east side of Pond 1.

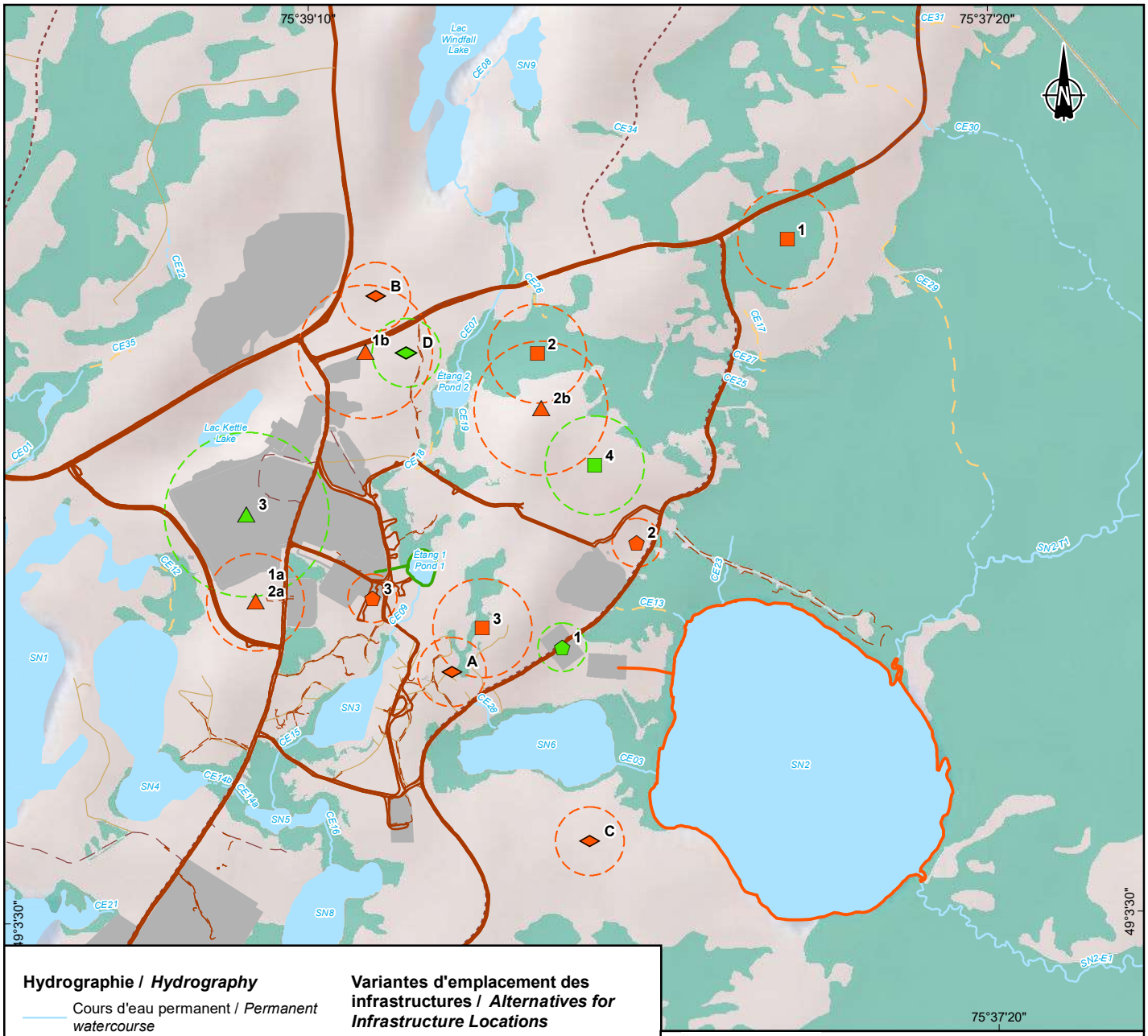
These locations were initially selected due to environmental constraints, i.e., their proximity to the two points considered for the final effluent, Lake SN2 and Pond 1. However, following the preliminary economic assessment, it was agreed that, for reasons of constructability and operational efficiency, the water treatment plant should be located adjacent to the tailings filtration and paste backfill plants. This would make it possible to:

- share common utilities such as electricity, propane, and water;
- create workload-related synergy between plants;
- reduce the free surface area required for snow removal and building maintenance (footprint).

While the location of the water treatment plant is essentially linked to the availability of space and relative proximity to the final effluent point, the tailings filtration and paste backfill plants should ideally be located on surface rock and as close as possible to the paste backfill borehole, so as to reduce the transit distance of the paste to the backfill drifts and the energy required to pump it.

The decision to direct the final effluent to Pond 1 (see next section below), the presence of surface rock, and the location of the paste backfill borehole at the height of the existing water treatment plant site led to the selection of this site as the preferred location for the three plants.

Maintaining the water treatment plant at its current location also minimizes the length of the contact water pipe (reducing the risk of a contact water spill) and avoids the additional impacts on the natural environment that would be required to open a new site (clearing vegetation, grading work, loss of terrestrial habitat, etc.).



Hydrographie / *Hydrography*

- Cours d'eau permanent / *Permanent watercourse*
- Cours d'eau intermittent / *Intermittent watercourse*
- Cours d'eau souterrain / *Underground watercourse*
- Plan d'eau / *Waterbody*

Végétation / *Vegetation*

- Milieux humide / *Wetlands*

Infrastructures connexes / *Related Infrastructures*

- Chemin d'accès principal / *Main access*
- Route forestière tertiaire / *Tertiary forest road*
- Sentier / *Trail*
- Chemin d'hiver / *Winter road*

Infrastructures du projet / *Project Infrastructure*

- Infrastructure existante / *Existing infrastructure*

Variantes d'emplacement des infrastructures / *Alternatives for Infrastructure Locations*

Halde à mort-terrain / *Overburden stockpile*

- Variante rejetée / *Rejected alternative*
- Variante retenue / *Chosen alternative*

Halde à stériles / *Waste Rock Stockpile*

- Variante rejetée / *Rejected alternative*
- Variante retenue / *Chosen alternative*

Campement minier / *Mining Camp*

- Variante rejetée / *Rejected alternative*
- Variante retenue / *Chosen alternative*

Usine de traitement de l'eau / *Water Treatment Plant*

- Variante rejetée / *Rejected alternative*
- Variante retenue / *Chosen alternative*

Aire approximative de l'infrastructure étudiée / Approximate area of the studied infrastructure

- Rejetée / *Rejected*
- Retenue / *Chosen*

WINDFALL GROUPE MINIER

Projet minier Windfall - Étude d'impact sur l'environnement / *Windfall Mining Project - Environmental Impact Assessment*

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) / *Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)*

Carte 4-1 / *Map 4-1*
Variantes d'emplacement analysées de l'effluent minier, de la halde à mort-terrain et du campement minier / *Analyzed Alternatives of Mine Effluent, Overburden Stockpile and Mining Camp Location*

Sources :
CanVec+, 1/50 000, RNCan, 2014
MERN, AQréseau+, réseau routier, 2020
GRHQ, Hydrologie, 2022

0 200 400 m

MTM, Fuseau 9 / *Zone 9*, NAD83

2023-12-01

Préparée par / Preparation : M.-H. Brisson
Dessinée par / Drawing : J. Roy
Vérifiée par / Verification : M.-H. Brisson

CA0004658_7070_MAJ_C4-1_293_VariantesSite_231201.mxd

wsp

Mine Effluent

Two distinct final mine effluents were considered for the discharge of treated water: SN2 Lake and Pond 1. Inventories of aquatic habitat composition were used to distinguish between these two potential final effluent receptors, since SN2 Lake offers better fish habitat than Pond 1, both in terms of the diversity and quantity of fish species recorded. In addition, Pond 1 received treated water for the entire exploration period of the mining project. By opting for this pond as the mine's final effluent, disturbance of another watershed (the separate SN2 watershed) was avoided.

Waste Rock Stockpile

As part of the design work for mine site development, WMG maintained its objective of minimizing its footprint and grouping the various project components as close as possible to the mine portals (Main and Lynx). The various engineering studies for the project resulted in an increase in the volumes of waste rock to be managed, requiring consideration of various sites to ensure sufficient storage capacity and the keeping of components close to the mine. Thus, three distinct layout alternatives were analyzed for the accumulation of the total volume of waste rock that will be generated during the operation of the Windfall mine site, namely:

- Alternative 1 (1a and 1b) involved extending the surface area of the existing waste rock stockpile and creating a second site located to the north of the proposed process plant site, bounded to the north by Route R1053, to the west by the access road, and to the east by Pond 2 and its outflow watercourse (Map 4-1).
- Alternative 2 involved extending the surface area of the existing waste rock stockpile and creating a second site, also located north of the process plant, but between Pond 2 and the tailings storage facility (Map 4-1).
- Alternative 3 involved a streamlining of the mine site layout to accommodate the total volume generated on the site of the existing waste rock stockpile (Map 4-1).

The various sites considered offered a load-bearing capacity that met the needs of the volumes to be stored, and met a distance criterion of 500 m from the Main and Lynx portals to minimize the distances to be covered to transport the waste rock. This reduced both management costs and the generation of additional environmental impacts (loss of vegetated area, GHG and dust emissions, possible increased interaction with terrestrial wildlife, etc.).

The progressive analysis of the organizational needs of the mine site led to the abandonment of the first two layouts considered for the following reasons:

- For Alternative 1, it was the analysis of options for the location of the workers' camp, carried out in parallel with that of the waste rock stockpiles, that led to its abandonment. In fact, the second site of Alternative 1 conflicted with the most favourable location for the camp, and priority was given to the camp to reduce the distance employees had to travel between the camp and the mine or plant.
- For Alternative 2, it was once again the second site that conflicted with the need to locate the tailings storage facility's PAR2 pond as close to it as possible.

In the end, Alternative 3 was selected, as the design team re-evaluated the capacity of the existing waste rock storage area and succeeded in maximizing the space required to store the total volume of waste rock to be produced by the project, as illustrated on Map 4-1. Once it was determined that the existing site could meet the waste rock storage objectives, no other site was considered, as:

- other areas of the mine site within a 500 m radius of the Main and Lynx portals were already heavily used by other project components, limiting the space available for a waste rock stockpile;
- the existing stockpile was close enough to the mine portals to limit travel distances, thereby reducing operating costs and facilitating the flow of operations;
- the optimization of the existing stockpile was a response to the need to limit its footprint;
- the optimization of the existing stockpile was a response to the goal of concentrating infrastructure to limit the project's overall footprint on the environment and on the traplines used by Cree families.

b) Temporary facilities are essentially those used during the construction phase. These facilities will be used to support construction activities, whether for traffic on roads or temporary access, or to allow construction workers to work.

During the construction phase, the exploration camp will be used to house workers building the permanent camp. All workers will be relocated to the permanent camp once it has been built. The exploration camp, as mentioned above, will continue to play its role as a camp for exploration teams.

Temporary installations include site trailers. As soon as construction begins, they will probably be placed in the area of the future permanent camp. These trailers will be used by the construction team. Once the permanent offices have been built in the multi-service building, part of the construction team will be able to use the new offices; otherwise, the trailers will be moved in part, as needed, to other areas where construction activities will be required. The exact location will be provided at the time of the authorization application.

As for access roads, although future routes will be laid out as work progresses, for logistical reasons it may be possible to lay out temporary roads or access routes to facilitate the construction of permanent roads. These temporary access routes will also be used to install future infrastructure. Once the planned infrastructure has been built, any roads or access routes no longer required will be dismantled and the site restored to a more natural state. Temporary areas will be revegetated where appropriate. Where possible, the exact location will be provided at the time of the authorization application.

A temporary concrete plant will also be needed to complete the work. The location of this plant is not yet known, but the plan is to place it within the boundaries of the borrow pit, closer to the granular materials required for concrete preparation. The location will be provided at the time of the authorization application.

Table 4-1 presents a list of facilities deemed temporary, including their duration of use. As the locations have yet to be finalized, a map could not be produced to position them.

Tableau 4-1 Temporary Facilities, Location, and Duration of Use

Type of facility	Location	Duration of use
Exploration workers' camp	See Map 3-2 of the EIA	Construction phase
Site trailers	These facilities will move according to the construction sequence.	Construction phase
Access road	At access road locations to prepare haul roads	Construction phase
Concrete plant	Not known to date	Construction phase

Various temporary ditches will also be required to ensure the flow of surface water to the ponds. Their number, position, and length will vary depending on the development of the site layout and will certainly require modifications throughout the construction process. These ditches will gradually be replaced by permanent layouts and the abandoned sections will be backfilled and their right-of-way restored.

5 Residual Materials Management

Q 4-1

This section is very brief, incomplete, and does not always respect the 3RV hierarchy.

Details to be provided:

a) A complete description of the application of the 3RV principle to the management of residual materials generated during all phases of the project;
b) A list of all residual materials generated (metals, plastics, fibres, glass, wood, tires, electronics, etc.), including solids recovered by the domestic water treatment unit, such as septic sludge.

Reply 4-1:

a) and b) A complete description of the application of the 3RV principle in the management of residual materials generated for all phases of the project, as well as a list of all residual materials generated (metals, plastics, fibres, glass, wood, tires, electronics, etc.), including solids recovered by the domestic water treatment unit (notably septic sludge), are presented in Section 1.3.5.1 of this document.

6 Water Treatment

Q 5-1

Physicochemical characteristics of industrial wastewater at the inflow and outflow of the four water treatment systems.

Anticipated effectiveness in terms of contaminant or toxicity level reduction at the treatment outflow, as required in section 3.6.1 of Directive 019.

Details to be provided:

a) The physicochemical characteristics of current mine water prior to treatment (WTP-UG), water runoff from the waste rock stockpile and ore stockpile combined with the results of humidity cell tests (WTP-TSS, metals), and ditches in the industrial zone (WTP-TSS).

Reply 5-1:

a) The physicochemical characteristics of current mine water prior to treatment (WTP-UG), water runoff from the waste rock stockpile and ore stockpile, combined with the results of humidity cell tests (WTP-TSS, metals), and ditches in the industrial zone (WTP-TSS) are presented in Section 1.3.2.2 of this document.

Table 1-8 in Section 1.3.2.2 also presents the water quality, modelled at the inflow of the different water treatment units (WTP-UG, WTP-CN/Metals, WTP-TSS and WTP-Geotube, and WTP-Biological). Appendix 1-2 presents details of the modelling carried out to arrive at the expected values for mine effluent. This study uses the geochemical characteristics of the materials.

7 Hydrology

Q 6-1

Calculations leading to recharge values.

Details to be provided:

The proponent has stated that the details of the calculations that led to the recharge values were assigned based on the water balance calculation, including the following values: 200 mm for till, 300 mm for glaciofluvial deposits, 180 mm/year for the waste rock stockpile, 60 mm/year for tailings, 114 mm for glacial deposits, and 18 mm for peat. The proponent must provide details of the calculations that led to these recharge values, including a copy of the report: WSP, 2023c, Site Wide Water Balance. Windfall Project. Document n°GAL138-2148985706-R.

Reply 6-1:

The updated results of the annual water balance (Appendix 1-1) were used to carry out the calculations leading to the recharge values of the stratigraphic units and materials (tailings and waste rock). This document replaces the report listed in the request for details.

Calculations for stratigraphic units such as till, glaciofluvial deposits, glacial deposits, and peat are presented in the supplementary hydrogeological study (Appendix 3-1), while calculations for tailings and waste rock are presented respectively in Appendices 3-2 and 3-3.

Q 6-2

Assessment of effects on the hydrography of the receiving water body (Pond 1).

Details to be provided:

Demonstrate that Pond 1 is capable of receiving the planned effluent without causing flooding and overflows compared to current conditions.

Reply 6-2:

A hydraulic study entitled “Assessment of effluent impacts on the downstream receiving environment” is presented in Appendix 7-1. Its purpose is to assess the impact of the mine project on the risk of erosion and flooding in the water system downstream of the planned effluent.

An “Indirect impacts on fish” study to assess the project’s indirect impacts on the surrounding water system and, more specifically, to estimate indirect losses of fish habitat, is presented in Appendix 7-2. According to this study, 0.19 ha of indirect loss of fish habitat could be caused by the project. To compensate for these indirect losses, the aquatic habitat knowledge acquisition and monitoring activities developed in the biodiversity program (Appendix 9-1) will be put forward.

A technical note providing a preliminary prediction of effluent dilution in the receiving environment to identify the potential impact of discharged effluent on the receiving environment and downstream lakes is also presented in Appendix 7-3.

8 Characterization of the Receiving Environment

Q 7-1

Surface water and sediment characterization.

Details to be provided:

The sectorial report on surface water and sediments does not comply with the recommendations of the Guide de caractérisation physicochimique de l'état initial du milieu aquatique avant l'implantation d'un projet industriel [Guide to physicochemical characterization of the initial state of the aquatic environment prior to the implementation of an industrial project]. The proponent should also refer to Section 1.4.2.1 of Directive 019 for further details on how to proceed.

Reply 7-1:

The surface water and sediment sectorial report has been updated to present additional characterizations carried out in 2023. Revision 1 of this report is presented in Appendix 8-1. As discussed in the EIA, following public consultations and the conclusions of the studies on fish communities, the position of the mining effluent was moved, which explains why the recommendations of the Guide could not be followed. In fact, the characterization of the watercourses had been carried out on the site of Lake SN2 and its outflow.

Thus, the results consistent with the expectations of the Guide in the series of downstream watercourses and lakes were collected during 2023.

Q 7-2

Assessment of anticipated physicochemical quality of final effluent.

Details to be provided:

To calculate environmental discharge objectives (EDOs), the proponent must provide the information below.

For surface water:

a) A characterization of the following water bodies: Pond 1, CE09, SN3, CE15, SN5, CE16, SN8, CE02, SN10, and SN2;
b) A clear distinction between areas that will be exposed to mine effluent (downstream of the discharge) and control/reference areas;
c) An overall picture including all available characterization data that has been produced (station data for the years 2010 and 2015 identified on Map 4);
d) Characterization results by water body and watershed, to make it easier to understand the results;
e) Present characterization results by water body and watershed to make them easier to understand.

For sediments:

f) Identification of two reference areas (one in a watercourse and one in a lake);
g) Initial sediment characterization in the following watercourses and water bodies: SN2, Pond 1, CE09, SN3, CE15, SN5, CE16, SN8, CE02, and SN10;

h) Sampling stations for both exposed and reference areas should be set up in areas of sediment accumulation (e.g., lake troughs). Five sediment samples at each station must be sampled. The first 2 cm of sediment must be collected.

i) It is possible to use the characterization data already obtained, but it will be necessary to continue the initial characterization of the environment for it to be considered complete. If the stations are set up in an area already exposed to mine waste, it would be possible to identify initial concentrations by taking a sediment core in the strata corresponding to deposits prior to mining activities.

Reply 7-2:

a) to g) The surface water and sediment sectorial report has been updated to present additional characterizations carried out in 2023 in water bodies and watercourses located downstream of the current mining effluent. Revision 1 of this report is presented in Appendix 8-1. The proposed list of watercourses and lakes was followed as far as possible, depending on logistical constraints on the ground.

The report has also been reorganized to meet the request to provide data from 2010 to 2023 by watershed and by watercourses and water bodies. Watercourse SN2-T1 and Lake SN2 have been identified as a reference lake and watercourse. These reference zones are also considered within the framework of the current environmental effects monitoring study.

h) and i) To complete the initial characterization of sediments in the project area, two new data sets were added to those presented as part of the EIA:

- a new sampling campaign was carried out in 2023 at five stations (WL-22, -23, -24, -25, and -27, Map 8-1). These stations are all located in the path of the mining effluent;
- samples collected in 2013 in the project region by the Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles[7] (MERN [now MRNF], Solgadi, 2017).

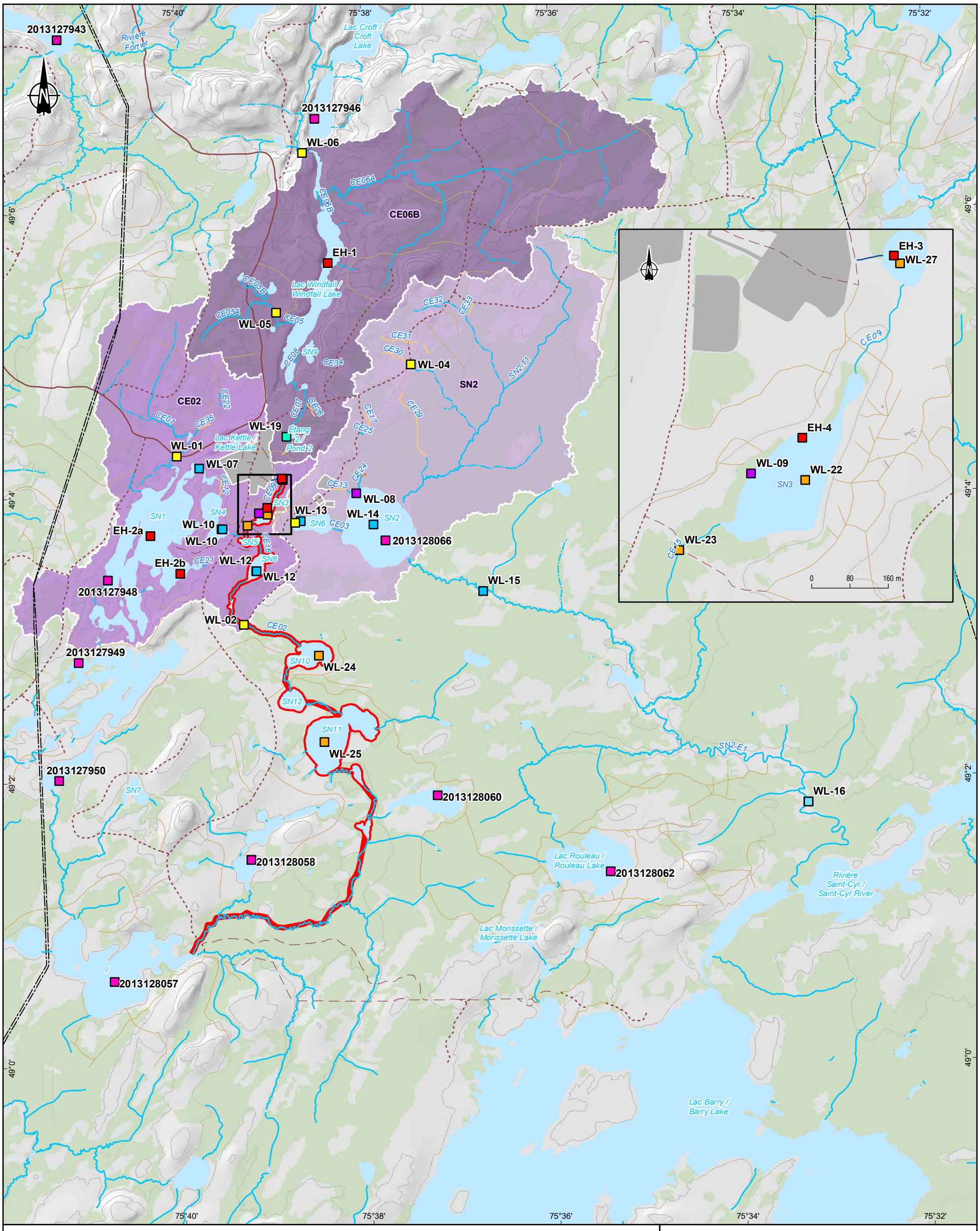
Ten of the stations sampled by the MRNF, located near the Windfall project, were selected for this characterization. Some of these stations are located in water bodies also sampled as part of the Windfall project. The data were extracted from the Système d'information géominière (Sigéom, https://sigeom.mines.gouv.qc.ca/signet/classes/I1102_indexAccueil?l=f).

The extraction and analysis methods used by the MRNF (Solgadi, 2017) are comparable to those used in WSP studies (aqua regia dissolution and analysis by inductively coupled plasma mass spectrometry, ICP-MS). The results are considered comparable to those produced under the Windfall project.

The initial status of sediment quality in areas exposed and not exposed to mining effluent is presented according to three groups of stations:

- stations sampled between 2015 and 2022 in the non-exposed areas of the Windfall project (13 stations/14 samples);
- stations sampled in 2015, 2017, 2021, and 2023 in areas exposed to mining effluent (8 stations/ 9 samples);
- MRNF stations (10 stations/10 samples). These stations were not exposed to the effluent.

[7] Following the appointment of the new Council of Ministers in October 2022, the Forestry sector now comes under the Ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF), while the Wildlife and Parks sectors come under the Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP).



Hydrographie / *Hydrography*

- Cours d'eau permanent / *Permanent watercourse*
- Cours d'eau intermittent / *Intermittent watercourse*
- Cours d'eau souterrain / *Underground watercourse*
- Fossé de drainage / *Drainage ditch*
- Canal / *Canal*
- Zone exposée par l'effluent minier / *Area exposed by mining effluent*

Infrastructures / *Infrastrutures*

- Ligne de transport d'énergie électrique / *Electric power transmission line*
- Infrastructure du projet existante / *Project existing infrastructure*

Route / *Road*

- Route forestière secondaire / *Secondary forest road*
- Route forestière tertiaire / *Tertiary forest*
- Sentier / *Trail*
- Chemin d'hiver / *Winter road*

Végétation / *Vegetation*

- Milieu humide / *Wetland*

Station d'échantillonnage / *Sampling station*

- 2010
- 2013 (station effectuée par le MRNF / *station made by the MRNF*)
- 2015
- 2017
- 2021
- 2022
- 2023

Bassins versants / *Watersheds*

- SN2
- CE02
- CE06B

Projet minier Windfall - Addenda 1 - Réponses aux recommandations et commentaires du MELCCFP /
Windfall Mining Project - Addendum 1 - Responses to MELCCFP Recommendations and comments

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 8-1 / *Map 8-1*
Localisation des stations d'échantillonnage des sédiments / *Location of Sediments Sampling Stations*

Sources
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
MERN, AQréseau+, réseau routier
GRHQ, Réseau hydrique linéaire, 2023
SIEF, MRNF Québec, 2012
Photo-interprétation de la végétation /
Photointerpretation of the vegetation, WSP, 2015 à 2021

0 500 1 000 m
MTM, Fuseau 9, NAD83

2023-12-20

Préparée par / Preparation : M.-H. Brisson
Dessinée par / Drawing : J. Roy
Vérifiée par / Verification : M.-H. Brisson

CA0004658_7070_MAJ_C8-1_279_Sediments_231220.mxd

The stations sampled in 2010 as part of the Windfall project were not retained due to the significantly higher detection limits, which could have introduced bias into the analysis of the results.

The results for each group are summarized using the following statistics: mean, standard deviation, maximum, median, and frequency of exceedance of sediment quality criteria (number of stations where the criterion is exceeded divided by the number of stations in the group). When multiple replicates were available for a station (e.g., five replicates at stations sampled in 2021 and 2023), the average of the replicates is used to represent the station. Analytical results below the detection limit were replaced by half the detection limit for calculation purposes.

Table 8-1 summarizes the statistics calculated for each group of stations. For the vast majority of metals, the values are lower in the non-exposed area than in the two other groups of stations (exposed area and MRNF stations). The values at the MRNF stations are, in several cases, higher than those in the exposed area.

Table 8-2 gives the frequency of exceedance of sediment quality criteria in each area. Highlighted cells indicate the station group where criteria exceedances are most frequent. The trends are similar to those in Table 8-1: criteria exceedances are less frequent in the non-exposed area. They are more frequent at MRNF stations than at stations in the exposed area.

These results suggest that the exposed area has higher metal concentrations than the non-exposed area; however, these concentrations are generally not higher and often lower than those of other stations in the region (MRNF stations).

If we consider the seven metals for which quality criteria are defined (arsenic, cadmium, chromium, copper, mercury, lead, and zinc), five of them show higher average concentrations (As, Cd, Cr, Cu, and Zn) at the MRNF stations and two at the exposed stations (Hg and Pb). For mercury, the average concentration is slightly higher in the exposed area (0.09 mg/kg) than in the non-exposed area (0.08 mg/kg) and at the MRNF stations (0.07 mg/kg).

These results illustrate the great spatial variability of metal concentrations in sediments. Several factors can contribute to this variability (e.g., the geology of the sites, the proportion of fine particles in the sediments, their organic matter content). The lower concentrations in the non-exposed area may be partly explained by the proportion of fine particles in the sediment. A higher proportion of fine particles (silt and clay) at a given station often results in higher concentrations of metals, since the surface area to which metals can adsorb is proportionately greater on these particles (ECCC, 2012).

For stations for which particle size data are available, the proportion of fine particles is on average higher at exposed stations (56%) than at unexposed stations (37%), which contributes to higher metal concentrations at exposed stations. However, particle size data are not available for the MRNF samples, so it is not possible to evaluate this factor in more detail.

Initial state of sediment quality

As suggested by the MELCCFP, it would have been interesting to take a sediment core to identify the initial contents in the sediment strata corresponding to deposits prior to activities on the Windfall site. This suggestion was made by the MELCCFP to ensure good representativeness of the data. Although this option is interesting, it was not used for logistical and technical reasons. In fact, it is difficult to implement at the Windfall site due to the lack of access to potential sampling sites and for logistical reasons.

Several bodies of water are only accessible on foot or with an all-terrain vehicle. To accommodate a boat capable of carrying out coring, road access to water bodies would need to be created to allow the transport of a corer and a barge, and installation of launching ramps.

The five additional samples[8] taken in 2023 in the exposed area as well as the use of data from ten samples from the MRNF considerably increase the quantity of information, making it possible to establish the initial state of sediment quality in the project area. We therefore have results for 24 samples not exposed to the effluent, and for 9 samples exposed to the effluent.

The MELCCFP Characterization Guide (MDDELCC, 2017) recommends sampling at least three stations in each receiving water body, as well as at least one control station in each reference area. In this case, there are eight stations (nine samples) exposed to the effluent, from the discharge point to a distance of several hundred metres downstream. In the control environment, we have 23 stations (24 samples) distributed among lakes and watercourses. The number of stations, including the 2023 additions, therefore goes beyond the requirements of the Guide and is considered sufficient to establish the initial state in a representative manner.

References:

- MDDELCC (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques). 2017. Guide de caractérisation physicochimique de l'état initial du milieu aquatique avant l'implantation d'un projet industriel, Québec, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-79556-8, 12 pages + 3 appendices.
- Solgadi, F., 2017. Nouveau levé géochimique de sédiments de fond de lac dans le secteur d'Abitibi sud-est, Province du Supérieur, Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, DP 2017-08, 13 pages.

[8] The five samples were taken in five replicates at each site, for a total of 25 analyses, which ensures good representativeness of the sampled sites, in accordance with the MELCCFP characterization guide (MDDELCC, 2017) and at the request of COMEX.

Table 8-1 Statistics on Metal Concentrations in Sediments for Exposed and Non-Exposed Areas and for MRNF Stations (non-exposed)

Metals and metalloids	Units	Non-exposed area					Exposed area					MRNF data				
		Number of samples	Mean	Maximum	Standard deviation	Median	Number of samples	Mean	Maximum	Standard deviation	Median	Number of samples	Mean	Maximum	Standard deviation	Median
Aluminum	mg/kg	9	3,359	5,440	1,241	3,520	8	7,128	12,800	4,536	5,541	10	8,640	13,100	3,273	9,150
Antimony	mg/kg	9	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	8	2.1	2.1	N.A.	2.1	10	0.1	0.2	0.0	0.1
Silver	mg/kg	9	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	8	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	10	0.09	0.25	0.06	0.07
Arsenic	mg/kg	14	2.2	10.9	2.6	1.4	9	4.9	13.4	4.1	2.8	10	5.4	15.1	4.6	4.0
Barium	mg/kg	9	23	51	14	21	8	46	91	29	37	10	69	167	39	62
Beryllium	mg/kg	9	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	8	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	10	0.2	0.7	0.2	0.2
Boron	mg/kg	9	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	8	10.0	35.0	10.6	5.8	10	5.0	9.0	1.9	5.0
Cadmium	mg/kg	14	0.26	0.70	0.19	0.17	9	0.63	1.52	0.60	0.21	10	0.64	1.03	0.28	0.60
Calcium	mg/kg	6	2279	3460	870	2360	1	1400	1400	N.A.	1400	10	6760	8700	1565	6950
Chromium	mg/kg	14	11.1	20.7	4.6	12.5	9	18.3	41.0	12.0	13.8	10	33.8	82.0	21.5	27.1
Cobalt	mg/kg	9	2.2	5.8	1.6	1.5	8	5.5	9.6	3.1	6.0	10	6.2	12.5	3.0	5.6
Copper	mg/kg	14	6.2	13.6	4.1	4.0	9	10.5	23.4	7.4	10.0	10	16.9	69.7	18.8	12.2
Tin	mg/kg	0	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	0	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	10	0.3	0.5	0.1	0.3
Iron	mg/kg	9	7,092	22,200	6,045	4,580	8	37,706	138,000	48,632	15,875	10	41,400	234,000	68,913	16,300
Lithium	mg/kg	0	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	0	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	10	3.1	5.7	1.8	3.1
Magnesium	mg/kg	0	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	0	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	10	1,670	2,900	775	1,650
Manganese	mg/kg	9	135	388	113	90	8	335	628	186	349	10	523	1,200	408	344
Mercury	mg/kg	14	0.08	0.70	0.18	0.03	9	0.09	0.22	0.08	0.05	10	0.07	0.11	0.03	0.08
Molybdenum	mg/kg	9	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	8	2.0	6.8	2.0	1.0	10	1.8	3.7	1.2	1.4
Nickel	mg/kg	14	8.7	15.0	5.3	7.0	9	10.0	16.4	4.5	11.2	10	10.4	20.8	4.5	8.4
Lead	mg/kg	14	7.6	16.0	3.6	9.0	9	20.7	52.4	16.8	15.0	10	4.3	10.1	3.0	3.2
Potassium	mg/kg	0	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	0	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	10	290	400	88	300
Selenium	mg/kg	9	0.8	1.8	0.5	0.5	8	1.2	2.1	0.6	1.0	10	1.4	5.2	1.4	0.9
Sodium	mg/kg	0	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	0	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	10	195	320	61	195
Strontium	mg/kg	8	10.2	21.0	5.1	8.6	8	65	278	91	27	10	27.9	33.5	4.6	28.2
Thallium	mg/kg	0	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	0	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	10	0.15	0.68	0.19	0.07
Titanium	mg/kg	0	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	0	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	10	318	780	221	320
Uranium	mg/kg	9	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	8	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	10	1.2	7.1	2.1	0.5
Vanadium	mg/kg	9	10	23	5	10	8	30	76	23	20	0	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.
Zinc	mg/kg	14	27	63	14	24	9	61	124	47	37	10	83	155	36	90

N.A.: not applicable - N.D.: not detected - N.M.: not measured
Mean values for each sector are shown in bold. The highest mean value of the three sectors is highlighted in blue.

Table 8-2 Frequency of Exceedances of Sediment Quality Assessment Criteria in the Non-Exposed Area, Exposed Area, and at MRNF Stations (non-exposed)

Metals and metalloids	Non-exposed area (14 samples)					Exposed area (9 samples)					MRNF stations (10 samples)				
	Frequency of criteria exceedance (%)					Frequency of criteria exceedance (%)					Frequency of criteria exceedance (%)				
	REC	TEC	OEC	PEC	FEC	REC	TEC	OEC	PEC	FEC	REC	TEC	OEC	PEC	FEC
Arsenic	7	7	7	0	0	44	44	11	0	0	50	40	30	0	0
Cadmium	21	14	0	0	0	44	44	0	0	0	80	50	0	0	0
Chromium	0	0	0	0	0	22	11	0	0	0	60	30	10	0	0
Copper	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	10	10	10	0	0
Mercury	7	7	7	7	0	44	11	0	0	0	20	0	0	0	0
Lead	0	0	0	0	0	33	22	11	0	0	0	0	0	0	0
Zinc	0	0	0	0	0	33	22	0	0	0	60	10	0	0	0

REC: Rare effect concentration PEC: Probable effects concentration
TEC: Threshold effect concentration FEC: Frequent effect concentration OEC: Occasional effect concentration
Highlighted values indicate the area where exceedances are most frequent.

9 Wetlands and Water Environments

Q 8-1

A preliminary wetland and water environment offset plan.

A demonstration of the "avoid-minimize-compensate" approach.

Details to be provided:

a) Describe in detail the main elements of the proposed offset plan. It must provide an overview of the restoration work, wetland creation projects, or other developments proposed to compensate for residual wetland losses.

b) Demonstrate the application of the "avoid-minimize-compensate" mitigation approach put forward by the MELCCFP for projects that affect wetlands and water environments, and whose impacts result in a loss of surface area, ecological functions, or biodiversity.

Reply 8-1:

a) et b) WMG has worked to integrate the "avoid-minimize-compensate" approach throughout the development of the project. The analysis of alternatives and the mitigation measures developed as part of the EIA initially focused on avoiding and minimizing impacts on wetlands and water environments. Table 1-19 in Section 1.3.6 shows updated encroachments, including encroachments in wetlands and water environments. Although the Project is not subject to the Regulation respecting compensation for adverse effects on wetlands and bodies of water (R.S.Q., C. Q-2, r. 9.1) because it lies north of the 49th parallel, WMG has developed the biodiversity program presented in Appendix 9-1. This is in line with this approach, acting as an "offset plan for wetlands and water environments," which could not be avoided by the project, with the aim of achieving the principle of no net loss of biodiversity.

10 Soil

Q 9-1

A summary of the Phase I Environmental Site Assessment (ESA Phase I) reports for the site under study.

Details to be provided:

a) A clear explanation of which areas have been subject to human activity and which have not;
b) The map location of the local and extended study areas defined according to the future activities to be conducted must be provided, together with the boundaries of each of these areas. The location of the boreholes from which the soil samples were taken must be shown;
c) How each of the Guides and Guidelines in the context of the project under study was applied to the assessment of natural background levels;
d) A map showing surface deposits to explain the choice of typical layers, both of which consist of till;
e) A justification of the location of the sampling carried out. For the local study area, contrary to what is recommended in the Guide de caractérisation physicochimique de l'état initial des sols avant l'implantation d'un projet industriel (Guide to physicochemical characterization of the initial state of soils prior to the implementation of an industrial project), no sampling seems to have been carried out along the transects;
f) All studies submitted to the MELCCFP for analysis must be signed by their authors and revisers. The proponent must provide a signed version of the sectorial report provided in Appendix 6-4 of Volume 3-4-5, which concerns the assessment of natural background levels in soils.

Reply 9-1:

a) It is important to note that the natural background level (NBL) study submitted as part of the EIA in March 2023, is not a Phase I Environmental Site Assessment (ESA) study, but rather a study to establish NBLs in soils. As a Phase I ESA was requested in addition to the requirements of the Project Directive (N/Ref: 3214-14-059), it has been prepared and is attached as Appendix 10-1. The ESA Phase I characterization study (Phase I) describes areas where anthropogenic activities have been carried out and areas where no activities have taken place. The Phase I provides essential information on areas that have been affected by anthropogenic activities.

Four main areas were identified: three located between the existing borrow pit and the existing waste rock stockpile (Sites CMAC 1, CMAC 2, and CMAC) and one south of the existing waste rock stockpile between Lakes SN3 and SN6. The information brought to WSP's attention during the Phase I ESA identified several potential sources of contamination.

b) and c) The limited and extended study areas are shown on Maps 10-1 and 10-2 of this document (updating Map 2 and Map 3-1 of the study of natural background levels in soils). Surface samples (extended study area) are shown on Map 10-2. All exploratory boreholes are shown on Maps 3 and 4 of the NBL study appended to the EIA, and on the new Map 10-2 (an update of Map 3-1 of the study).

d) To prepare the NBL report, the Guide de caractérisation physicochimique de l'état initial des sols avant l'implantation d'un projet industriel[9] was used to plan the work and draw up the study report. The Ministère's characterization guides[10] were also used for soil sampling and conservation, and the guidelines for assessing natural background levels in soils[11] were used for the statistical calculations leading to the establishment of background levels.

e) A map of unconsolidated deposits is presented in the EIA, on Map 6-5. Given that more than a hundred boreholes have been drilled on the property, it was considered that knowledge of the unconsolidated deposits was superior and that the map of the unconsolidated deposits was becoming obsolete for this study. For a project such as Windfall, where knowledge of the types of unconsolidated deposits in the study area is significant, the soil samples selected for background determination were based on site knowledge and not exclusively on an unconsolidated deposits map. As the map is a 2D representation of the soil (a flat layout), there is no indication of the stratigraphy of the materials encountered at depth. Therefore, samples are selected according to the stratigraphy encountered in each of the boreholes drilled on the site. Most of the boreholes were drilled in till (heterogeneous material with different particle size classes), which is a stratigraphic unit in its own right. This unit has been subdivided into two subunits based on minimum particle size differences, since it is necessary, according to MELCCFP requirements, to perform background content calculations on more than one unit. A single till unit could have been considered inadmissible. Sample selection is presented in the exploratory drilling reports, as are the analyses carried out on the samples (Appendices B and C of the soil NBL study).

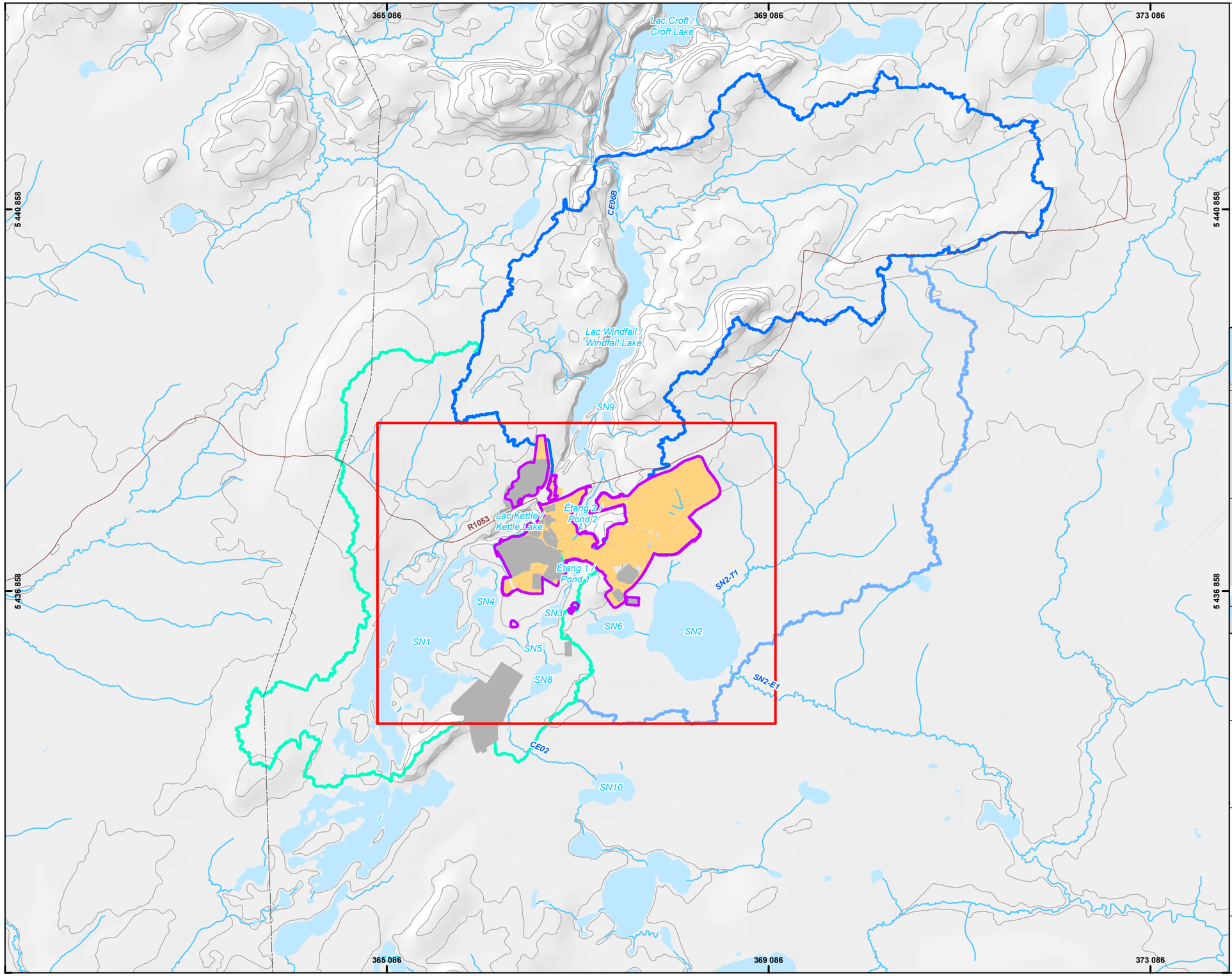
f) The boreholes were positioned to obtain the best spatial representativeness based on the access paths already in place for the geotechnical and hydrogeological work. Some areas were cleared for the background work to gain access to undisturbed areas for good spatial representativeness in areas where the number of samples was smaller. In view of the results obtained and the total number of samples analyzed, it was felt that drilling along transects would not have provided any additional precision.

g) Finally, an error in the editing of the final EIA PDF explains the presence of the unsigned final report. The signature page (front and back) of the final report signed by the authors and reviewers of the study, as well as a letter certifying that the new electronic version agrees with the paper versions of the EIA dated March 29, 2023, and that the page to be changed in the paper version is presented in Appendix 10-2 of this document.

[9] Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). Guide de caractérisation physicochimique de l'état initial des sols avant l'implantation d'un projet industriel, 2015, 26 p.

[10] Les publications du Québec, Guide de caractérisation des terrains, 2003, 130 p.

[11] OUELLETTE, Hugues, 2012. Lignes directrices sur l'évaluation des teneurs de fond naturelles dans les sols, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, ISBN 978-2-550-49918-3, 25 p.



Aires d'étude / *Study Areas*

- Restreinte / *Restricted*
- Élargie / *Expanded*

Infrastructures du projet / *Project Infrastructures*

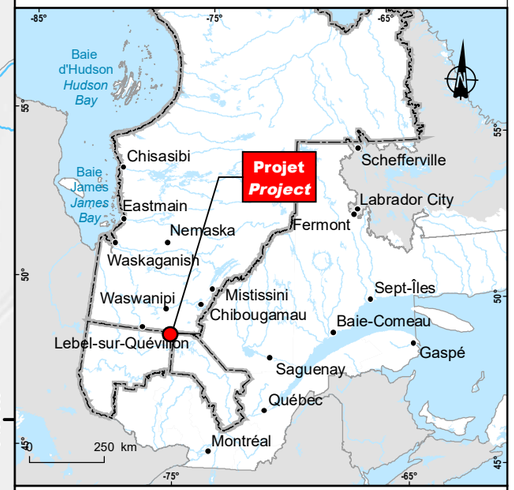
- Actuelles / *Current*
- Projetées / *Porposed*

Hydrographie / *Hydrography*

- Cours d'eau / *Watercourse*
- Étendue d'eau / *Body of water*

Bassins versants / *Watershed*

- CE02
- CE06B
- SN2



Rapport sectoriel - Évaluation de la teneur de fond naturelle dans les sols /
Sectoral Report - Assessment of Natural Background Content in Soils

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) / *Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)*

Carte 10-1 / *Map 10-1*
Localisation des aires d'études / *Study Area Location*

Sources :
AQréseau+, réseau routier, MERN, 2016
BDTA, 1/250 000, MRN Québec, 2002
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
CanVec+, 1/50 000, RNCan, 2014

0 400 800 m
MTM, Fuseau 9 / Zone 9, NAD83

2023-11-29

Préparée par / Preparation : S. St-Cyr
Dessinée par / Drawing : J. Roy
Vérifiée par / Verification : M.-H. Brisson
CA0004658_7070_MAJ_A10-2_C10-1_304_Loc_ZE_231129.mxd

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. /Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.

WINDFALL GROUPE MINIER

Rapport sectoriel - Évaluation de la teneur de fond naturelle dans les sols / *Sectoral Report - Assessment of Natural Background Content in Soils*

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) / *Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)*

Carte 10-2 / *Map 10-2*
Résultats analytiques (Aluminium) pour l'unité de till (couche 1) / *Analytical Results (Aluminum) for Unit of Till (Layer 1)*

Sources :
BDGA, 1/5 000 000, MRNF Québec, 2010
SDA, 1/20 000, MERN Québec, 2019-01
Ossiko, Orthophotographie du site, résolution de 20 cm, 2022
MELCCFP, Orthophotographie de l'inventaire écoforestier, 2014

0 55 110 m

MTM, fuseau 9 / Zone 9, NAD83

Préparée par / Preparation : S. Boussorra
Dessinée par / Drawing : J. Roy
Vérifiée par / Verification : S. St-Cyr
CA0004658_7070_MAJ_A10-2_C10-2_303_Res_sols_231129.mxd

wsp



Sondage / *Sounding*

Localisation de l'échantillon de surface / *Location of the surface sample*

Aires d'études / *Study Areas*

Restreinte / *Restricted*

Élargie / *Expanded*

Hydrographie / *Hydrography*

Cours d'eau permanent / *Permanent watercourse*

Cours d'eau permanent partiellement souterrain / *Partially undeground permanent watercourse*

Cours d'eau intermittent / *Intermittent watercourse*

Cours d'eau intermittent partiellement souterrain / *Partially undeground intermittent watercourse*

Cours d'eau souterrain / *Underground watercourse*

Fossé de drainage / *Drainage ditch*

Canal / *Canal*

Composantes du projet / *Project Components*

Infrastructures actuelles / *Current Infrastructures*

Actuelle / *Current**

Qui sera retirée / *To be removed*

Catégories d'infrastructures projetées / *Categories of Planned Infrastructures*

Aire d'activité / *Activity area*

Banc d'emprunt / *Borrow pit*

Bassin / *Pond*

Bâtiment / *Building*

Champ d'infiltration / *Infiltration field*

Concasseur / *Crusher*

Équipement / *Equipment*

Limite des fossés / *Ditch limit*

Halde / *Stockpile*

Parc à résidus miniers / *Tailings storage facility*

Portail Lynx / *Lynx portal*

Poste électrique / *Power line substation*

Réservoir / *Reservoir*

Route / *Road*

Berme / *Berm*

Zone de dépôt de neige / *Snow deposit zone*

IBH-22-25 — Identification du sondage / *Sounding identification*
IBH-22-25-CF1 — Identification de l'échantillon / *Sample identification*
1 — Niveau de contamination (en mg/kg) / *Level of contamination (in mg/kg)*

Niveau de contamination / *Contamination Level*

Paramètre non normé / *Non-standard parameter*
Concentration ≤ A
A < Concentration ≤ B
B < Concentration ≤ C

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. /Boundaries and measurements shown on this document must not be used for engineering or land survey delineation. A land register analysis conducted by a land surveyor was not undertaken.

11 Wildlife

Q 10-1

Project impacts on woodland caribou.

Details to be provided:

a) The Windfall mine site area is used by caribou, although habitat quality is relatively poor in a large proportion of the study area. According to information available to the MELCCFP, a group of 10 to 15 woodland caribou frequents an area some 15 km southeast of the mine site.

b) Assess the project's impact on woodland caribou in the area of the mine site and the mitigation measures it will implement to minimize the project's impact on this species. In particular, the "functional" loss of habitat must be considered. The potential project impacts on caribou, assessed on the basis of recent data, will have to be presented to users of the territory.

Reply 10-1:

a) A new request for information was made in 2023 to the MELCCFP to obtain updated data on woodland caribou. The data obtained made it possible to locate reports of woodland caribou in relation to the project. A sectorial report on "Woodland caribou in a context of ecological connectivity" is presented in Appendix 11-1 of this document. The analysis of habitat conditions has also been updated.

b) An assessment of the potential impact on caribou of the disturbance caused by the project was presented in the environmental impact study submitted in March 2023.The sectorial report in Appendix 11-1 presents a more detailed assessment of functional loss of woodland caribou habitat associated with the project.

It is important to note that transportation of employees and goods to the Windfall mine site will take place exclusively via the forest roads linking the site to Lebel-sur-Quévillon, i.e., outside the sub-population connectivity corridors located to the southeast of the site.

Several common and specific mitigation measures are already included in the EIA for the construction, operations, and closure phases:

- indicating and signposting areas at higher risk of collision with large wildlife;
- raise awareness among workers not to leave food lying around, so as not to attract wild animals close to work areas, and prohibit feeding them;
- limit light emission towards the sky by using fixtures that produce subdued, uniform lighting that meets actual lighting needs and whose luminous flux is directed towards the surface to be lit;
- pay particular attention to the orientation of portable lights and moving lights.

WMG also undertakes, during induction training, to make employees aware of the species with special status that may be observed on the Windfall site. As part of the forest road traffic procedure, large wildlife signage will be added.

An ongoing consultation process with members of the Cree First Nation of Waswanipi (CFNW) and the Quévillonnais is in place. The potential impacts of the project on caribou have been presented to all land users. A summary of consultations with local populations is presented in Appendix B of the biodiversity program (Appendix 9-1).

In addition, proper management of the sorting centre and composter that will be installed on site to manage residual materials will enable WMG to reduce the attraction of black bears to the project site, one of the predators of woodland caribou.

12 Monitoring and Follow-up Program

Q 11-1

A sufficiently detailed preliminary monitoring and follow-up program.

Details to be provided:

The environmental follow-up program is not sufficiently developed and does not meet the requirements of the Directive d'étude d'impact [Impact study directive]. The proponent must provide a complete annual follow-up program, including the location of the various follow-up stations, and integrate the elements requested in the Directive.

Reply 11-1:

Chapter 13, "Environmental programs" has been restructured to include Sections 13.1.1, "Environmental monitoring" and 13.1.2, "Environmental follow-up." The new version, based on the Windfall mining project EIA directive, on D019, and on examples of a preliminary program considered adequate by the MELCCFP, is attached as Appendix 12-1 to this document.

As mentioned in the preliminary program, the location of monitoring stations will be defined when the construction authorization application is drawn up, as by this stage all investigations will have been completed (detail engineering phase), enabling monitoring stations to be positioned appropriately in the local study area.

1-1

ANNUAL WATER BALANCE SITE-WIDE

CONFIDENTIEL

RAPPORT

Bilan hydrique à l'échelle du site

Projet Windfall

Soumettre à :

Kim-Quyên Nguyên, Directrice de projet
MINIÈRE OSISKO INC.
1100, avenue des Canadiens-de-Montréal, bureau 300
Montréal, QC, H3B 2S2

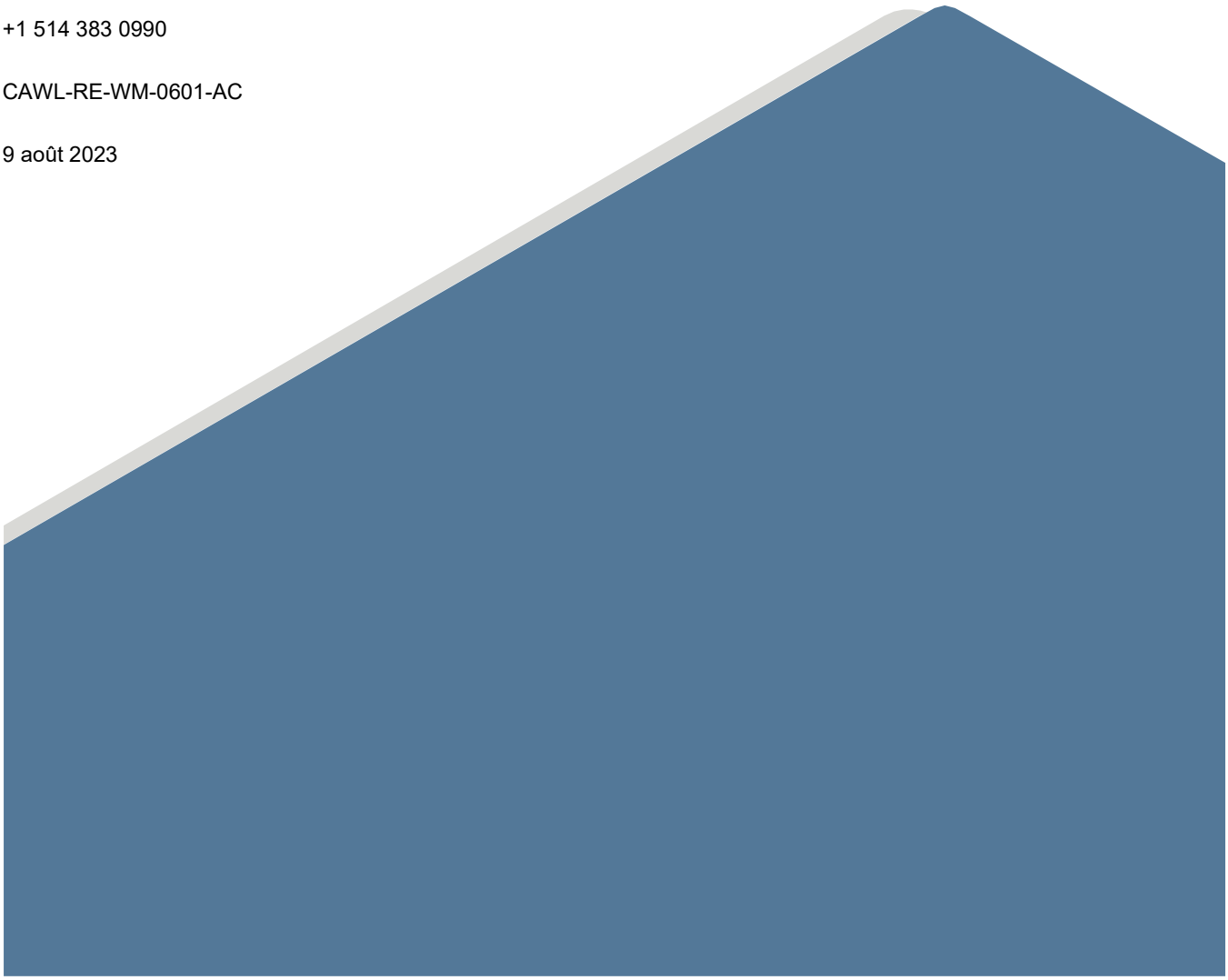
Proposé par :

WSP Canada Inc.
7250 rue du Mile-End, 3e étage Montréal, Québec, H2R 3A4 Canada

+1 514 383 0990

CAWL-RE-WM-0601-AC

9 août 2023



Liste de distribution

1 version électronique : Minière Osisko Inc.

1 version électronique : WSP Canada Inc.

Preuve d’émission

Compagnie	Contact-client	Version	Date d’émission	Mode de livraison	Notes
Minière Osisko inc.	Kim-Quyen Nguyen	RevA	16 juillet 2023	Courriel	Émis comme CAWL-SOW-WM-0601-RevA
Minière Osisko inc.	Kim-Quyen Nguyen	AA	21 juillet 2023	Courriel	Remplace le CAWL-SOW-WM-0601-RevA
Minière Osisko inc.	Kim-Quyen Nguyen	AB	31 juillet 2023	Courriel	Remplace le CAWL-SOW-WM-0601-AA
Minière Osisko inc.	Kim-Quyen Nguyen	AC	9 août 2023	Courriel	Remplace le CAWL-SOW-WM-0601-AB

Table des matières

1.0 INTRODUCTION 1

2.0 CLIMAT 3

2.1 Aperçu du climat actuel 3

2.2 Considérations relatives aux changements climatiques 5

3.0 MÉTHODOLOGIE DU BILAN HYDRIQUE 7

3.1 Concept et stratégie de gestion de l'eau à l'échelle du site 7

3.1.1 Phase d'exploitation 11

3.1.2 Phase de fermeture 13

3.2 Description du modèle de bilan hydrique 13

3.2.1 Module sur le climat 14

3.2.2 Module de neige 17

3.2.3 Module pluie-ruissellement 17

3.3 Diagramme de flux conceptuel 20

4.0 DONNÉES D'ENTRÉE ET HYPOTHÈSES DU MODÈLE 25

4.1 Eaux souterraines 25

4.2 Bassins et règles opérationnelles de pompage 25

4.3 Besoins en eau de l'usine de traitement du minerai 28

4.4 Incertitudes et limites du modèle 29

5.0 RÉSULTATS DU BILAN HYDRIQUE 30

5.1 Simulations d'ensembles de données climatiques futures 30

5.1.1 Simulations probabilistes 30

5.1.2 Demande et approvisionnement d'eau de l'usine de traitement du minerai 32

5.1.3 Afflux aux usines de traitement des eaux 32

5.1.4 Rejet d'effluents vers l'environnement 39

5.1.5 Résumé des résultats des bassins 41

5.2 Simulations déterministes 47

6.0 RÉSUMÉ ET RECOMMANDATION 49

7.0 CONCLUSION 49

RÉFÉRENCES 51

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: Planification et phasage des activités de la mine pour le bilan hydrique Windfall 8

Tableau 4: Zonage du PAR pour le bilan hydrique de Windfall 10

Tableau 5: Zone de restauration envisagée du PAR pour le bilan hydrique de Windfall 10

Tableau 6: Paramètres de la fonte des neiges 17

Tableau 7: Paramètres de ruissellement utilisés dans le modèle GoldSim 19

Tableau 8: Résumé des débits de dénoyage totaux estimés pour la durée des activités de la mine 25

Tableau 9 : Règles de pompage des bassins 27

Tableau 10: Descriptions des différentes conditions durant la phase d'exploitation de la mine. 28

Tableau 11: Paramètres d'exploitation minière 29

Tableau 12: Eau industrielle requise et excès d'eau 29

Tableau 13: Débits mensuels moyens et maximaux estimés vers les UTE - d'après 60 réalisations en conditions climatiques futures. 34

Tableau 14: Volume annuel d'eau pour les usines de traitement – en millions de mètres cubes (K-m^3) – D'après 60 réalisations. 38

Tableau 15: Taux mensuels moyens et maximaux estimatifs de rejet d'effluents dans l'environnement - Moyenne et max, d'après 60 réalisations, au cours de la phase d'exploitation de la mine. 40

Tableau 16: Volume annuel de rejets d'effluent vers l'environnement – en millions de mètres cubes (M-m3). Moyenne et max déterminés sur la base de 60 réalisations. 41

Tableau 17: Volume maximal dans les bassins (en m^3) 41

Tableau 18: Volume maximal dans les bassins (en m^3) pour les évènements de conception. 47

FIGURES

Figure 1: Arrangement général des infrastructures de surface de la mine 2
Figure 2 : Phases du PAR (WSP 2023) (Les phases présentées à la Figure 2 réfèrent aux zones énoncées dans le Tableau 3 et le Tableau 4.)....11
Figure 3: Événement de conception de récurrence 100 ans sur un scénario climatique moyen....16
Figure 4: Événement de conception de récurrence 2 000 ans sur un scénario climatique moyen....16
Figure 5 : Schéma du modèle pluie-ruissellement 18
Figure 6 : Bassins versants du site....20
Figure 7: Diagramme général de gestion de l'eau (phase 1) 21
Figure 8: Diagramme général de gestion de l'eau (phase 2) 22
Figure 9: Bilan hydrique de la phase 1 – Diagramme conceptuel....23
Figure 10: Bilan hydrique de la phase 2 – Diagramme conceptuel....24
Figure 11: Répartition probabiliste de la pluie et de la fonte quotidiennes des neiges d'après 60 années de données climatiques historiques 31
Figure 12: Répartition probabiliste de la pluie et de la fonte des neiges mensuelles d'après 60 années de données climatiques historiques 31
Figure 13: Demande et approvisionnement en eau de l'usine de traitement du minerai – basé sur 60 scénarios climatiques futurs....32
Figure 14: Apports mensuels moyens pour l'UTE Métaux/CN – 60 scénarios climatiques futurs projetés 35
Figure 15: Apports mensuels moyens pour l'UTE Biologique – 60 scénarios climatiques futurs projetés 35
Figure 16: Apports mensuels moyens pour l'UTE MES – 60 scénarios climatiques futurs projetés 36
Figure 17: Apports mensuels moyens pour l'UTE MES/Géotubes – 60 scénarios climatiques futurs prévus....36
Figure 18: Apports mensuels moyens à l'UTE MES UG - 60 scénarios climatiques futurs projetés 37
Figure 19: Volume d'eau de contact dans le bassin PAR1 - Basé sur 60 réalisations. 42
Figure 20 : Volume d'eau de contact dans le bassin PAR2 - Basé sur 60 réalisations. 43
Figure 21 : Volume d'eau de contact dans le bassin D - Basé sur 60 réalisations. 44
Figure 22: Débits moyens annuels - Phase 1....45
Figure 23: Débits moyens annuels - Phase 2....46
Figure 24: Volume quotidien du bassin D pendant les évènements de conception 48
Figure 25: Volume quotidien du bassin PAR1 pendant les évènements de conception....48

ANNEXES

ANNEXE A

Taux mensuels de ruissellement et d’exfiltration prédits par le modèle

1.0 INTRODUCTION

Minière Osisko Inc. (Osisko[1]) a mandaté WSP Canada Inc. (WSP) pour préparer un bilan hydrique à l'échelle du site pour le projet Windfall au niveau de la conception détaillée afin d'appuyer la demande de permis du projet. Le projet de mine d'or Windfall, propriété de Windfall Mining Group, se trouve dans la région du Nord-du-Québec, au Québec.

Le projet comprend une installation de gestion des résidus d'une capacité totale de 9,0 Mt (millions de tonnes) 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 taux nominal d'environ 3 400 tonnes par jour 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.

La Figure 1 montre la disposition générale du site pendant l'exploitation.

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 Windfall, en appui à l'étude de conception détaillée.

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.

[1] À partir de mai 2023, le projet Windfall est détenu par une nouvelle entité juridique appelée Windfall Mining Group.

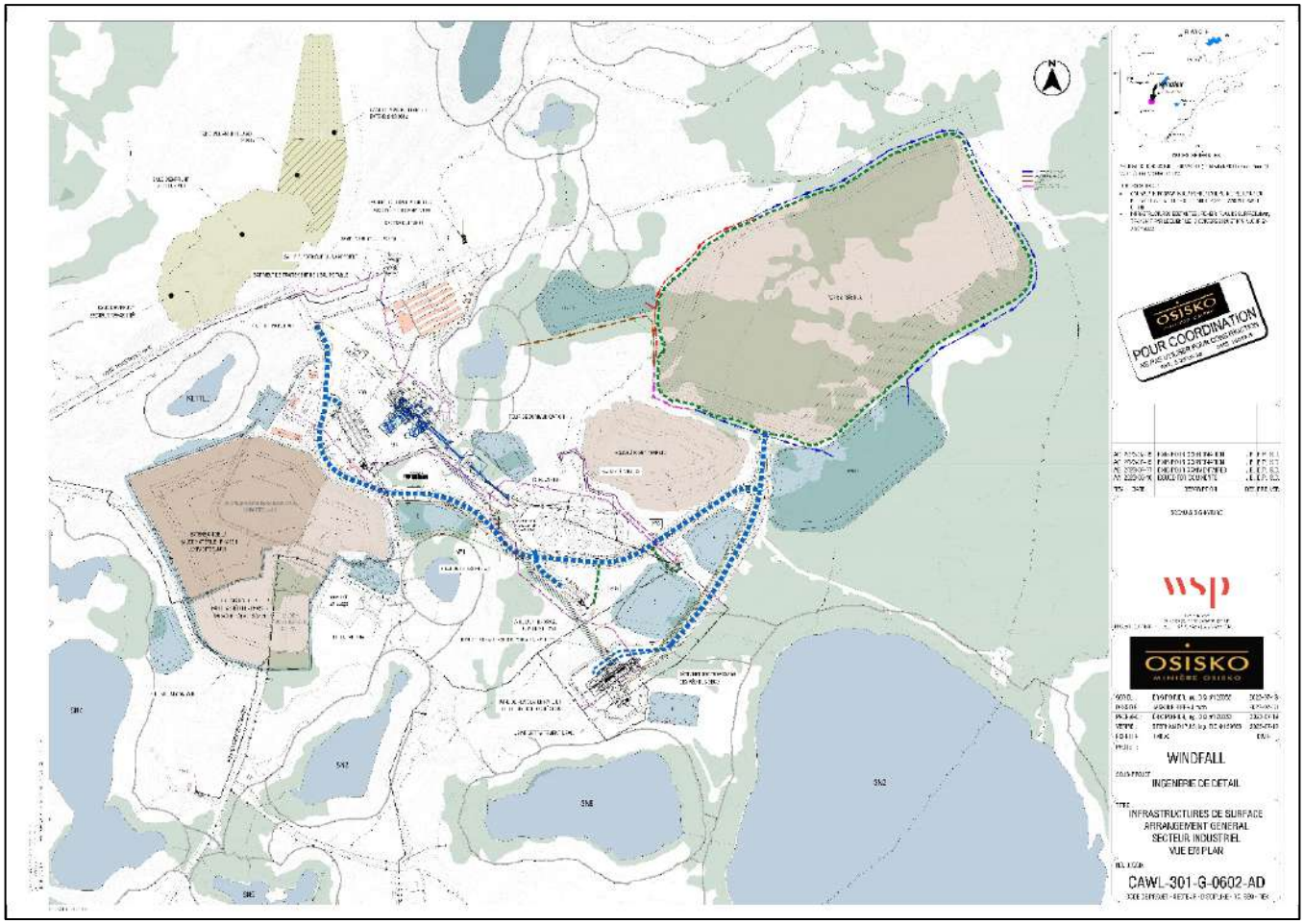


Figure 1: Arrangement général des infrastructures de surface de la mine

2.0 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). Les détails sur l'analyse climatique sont fournis dans WSP Golder (2022b).

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.

Selon les données historiques, janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de -18,4 °C et juillet est le mois le plus chaud avec une température moyenne de 16,5 °C. La température minimale extrême de l'air a été enregistrée à - 44 °C en janvier 2014, et la température maximale extrême de l'air a été enregistrée à 36,5 °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 (voir la 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 statistiques combinées sur les précipitations et la fonte des neiges sont utilisées pour la conception des infrastructures de gestion de l'eau (WSP, 2023b). Par rapport à la référence climatique actuelle, l'événement de 100 ans d'une durée de 1 jour correspond à une hauteur combinée de précipitations et de fonte des neiges de 65,5 mm (Tableau 1).

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

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
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), 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 sont générées, une pour chaque membre de l'ensemble multi-modèle fournit par la NASA (2021). Les 60 scénarios climatiques sont utilisés dans le modèle de bilan hydrique (voir la 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 la phase de fermeture passive commence dans les années 2040. Par conséquent, les infrastructures du projet 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 Windfall.

Les projections pour l'ensemble multi-modèle sont résumées en termes de centiles, où le 50e centile représente la valeur médiane, et les centiles élevés (c.-à-d. les 90e et 95e centiles) représentent les projections extrêmes pour le site. Aux fins de l'analyse des changements climatiques, le 50e 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. Dans les années 2050, les précipitations mensuelles totales augmentent pour tous les mois.
- 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 1 jour, de 2 jours et de 3 jours augmente de 28 %, 19 % et 23 %, respectivement.

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. Les changements prévus pour l'événement de 1 jour et de temps de retour 100 ans sont estimés à +14 % pour les années 2050.

3.0 MÉTHODOLOGIE DU BILAN HYDRIQUE

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

a) Estimer la quantité d'eau minière disponible sur le site minier.

b) Déterminer les exigences en matière de traitement de l'eau.

c) Soutenir l'évaluation des besoins en eau des activités minières.

d) Soutenir l'élaboration du modèle de prévision de la qualité de l'eau dans les bassins.

Le modèle détaillé du bilan hydrique à l'échelle du site est élaboré à l'aide du progiciel GoldSim (version 14.0). GoldSim est la première application logicielle de simulation Monte Carlo utilisée pour modéliser les performances futures tout en représentant quantitativement les incertitudes dans les systèmes d'ingénierie, de science et d'entreprise. Il est fréquemment utilisé dans l'industrie minière pour évaluer diverses options pour la gestion de l'eau, effectuer des analyses de sensibilité et effectuer des simulations de la qualité de l'eau (bilan massique).

La présente section 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

Cette section fournit un résumé du concept de gestion de l'eau à l'échelle du site pour la mine. Les détails du concept et de la conception de la gestion de l'eau sont fournis dans WSP (2023b, en préparation).

Le plan de gestion de l'eau du site tient compte de dix-neuf mois de construction (ou de pré-production) (année -2 à -1) de janvier 2025 à juillet 2026, et de la durée d'exploitation de la mine de 10 ans d'août 2026 à avril 2036. La conception des infrastructures de gestion de l'eau est réalisée pour deux phases d'exploitation (voir les phases 1 et 2 décrites au Tableau 3). Une évaluation préliminaire de la gestion de l'eau à la fermeture est également incluse dans ce bilan hydrique.

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 de collecte 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 souterraine à la mine souterraine (eau minière) 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 sans contact : 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. Cette eau peut nécessiter une gestion avant d'être envoyée vers l'environnement. Cela comprend le dénoyage souterrain pour les activités minières ainsi que tout le ruissellement sur les surfaces perturbées par le 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.

Des structures de gestion de l'eau seront construites pour gérer l'eau provenant des zones situées à l'intérieur du site minier. Le ruissellement et les exfiltrations provenant de différentes aires du site minier et les apports d'eau souterraine seront recueillis séparément en fonction de la qualité de l'eau, dans la mesure du possible. Des unités de traitement séparées seront construites sur le site minier pour tenir compte des exigences de traitement spécifiques pour les différents types d'eau minière avant le rejet dans l'environnement ou la réutilisation dans le processus minier.

Les différentes phases du projet, utilisées pour élaborer le plan de gestion de l'eau, sont présentées dans la sous-section suivante et résumées dans le Tableau 3.

Tableau 3: 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 (janvier 2025 - décembre 2026)	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 à partir d'août 2026
Exploitation - Phase 1	Années 1 à 3 (janvier 2027– juin 2029, date supposée du début des travaux d'extension de la halde à stériles)	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.

Tableau 3: Planification et phasage des activités de la mine pour le bilan hydrique Windfall

Phase ID	Années	Activité minière	Gestion des résidus
Exploitation - Phase 2	Années 4 à 10 (juillet 2029 - avril 2036)	Extraction souterraine et traitement du minerai à la capacité nominale de l'usine. Prolongement du PAR (zone 1C, 1D, 2 et 3 (voir Tableau 4 et Figure 2)). 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 5 et Figure 2).	Résidus filtrés au PAR et remblai en pâte souterrain.
Fermeture - Transition	Années 10 et 11 (avril 2036 - avril 2038) :	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 4: 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	Août 2026 à décembre 2028 (de l'année 1 à l'année 2)	101,600	101,600
Sous-zone 1B	Novembre 2028 à mars 2030 (de l'année 2 à l'année 4)	98,727	163,370
Sous-zone 1C	Avril 2030 à juillet 2031 (de l'année 4 à l'année 5)	88,529	210,780
Sous-Zone 1D	Août 2031 à avril 2032 (de l'année 5 à l'année 6)	59,567	240,060
Zone 2 (telle que présenté dans la faisabilité)	Mai 2032 à février 2035 (de l'année 6 à l'année 9)	122,511	362,570
Zone 3 (telle que présenté dans la faisabilité)	Mars 2035 à avril 2036 (de l'année 9 à l'année 10) + contingence	103,052	465,630

Tableau 5: Zone de restauration envisagée du PAR pour le bilan hydrique de Windfall

Zone de restauration envisagée (m^2)	Date de restauration envisagée
64 650	Mai 2029
122 250	Octobre 2030
175 550 (85 % of TMF Zone 1)	Mai 2031
240 060	Juin 2032
362 570	Septembre 2035
465 630	Novembre 2036

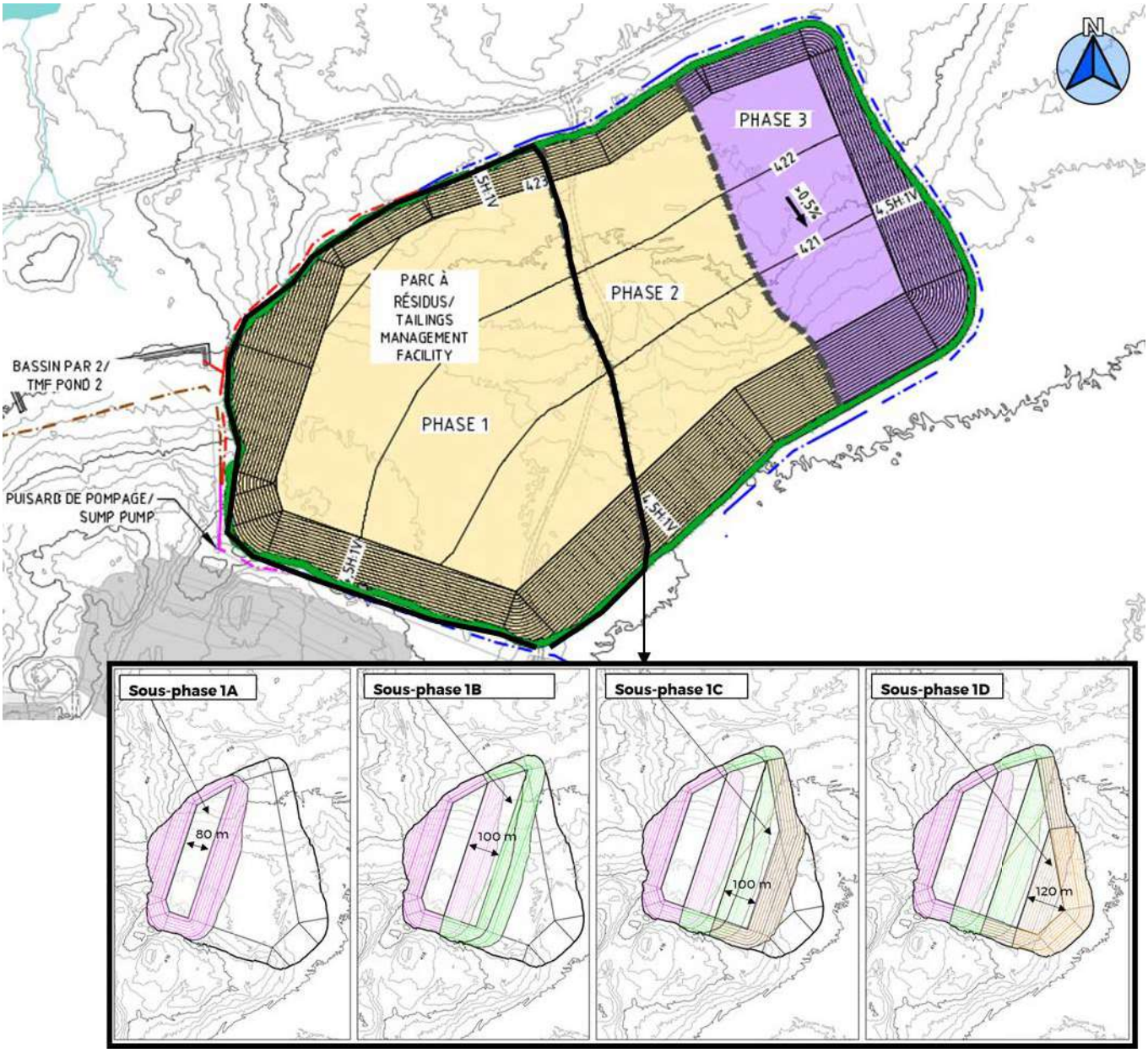


Figure 2 : Phases du PAR (WSP 2023) (Les phases présentées à la Figure 2 réfèrent aux zones énoncées dans le Tableau 3 et le Tableau 4.)

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 (voir la Figure 7 et la Figure 8 de la section 3.3) :

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 le bassin D via l'usine de traitement des eaux (UTE) métaux/CN dans la phase 1 ou directement au bassin D par un système de fossés périphériques, de bassins de transit et de pompes dans la phase 2. Le ruissellement de la halde à minerai sera recueilli directement dans le bassin D.

b) 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. 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 :

- Nouvelle UTE Métaux/CN (par l'intermédiaire du bassin PAR1 en phase 1)
- Nouvelle UTE MES (dans la phase 2 seulement)
- UTE MES (Géotubes) existante

c) Les bassins de collecte 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/CN) 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 rejeté à l'environnement.

d) Des canaux de dérivation de l'eau sans contact seront construits au besoin autour des installations minières pour intercepter et détourner le ruissellement des zones non perturbées sur l'ensemble du site minier.

e) Des systèmes de pompage seront installés pour pomper l'eau des bassins de collecte vers le bassin D (après le traitement des métaux/CN en phase 1 et directement dans la phase 2).

f) Le bassin D alimentera l'UTE Biologique dans la Phase 1 et l'UTE Métaux/CN dans la Phase 2 et fournira l'eau d'appoint à l'usine de traitement du minerai dans les phases 1 et 2.

g) 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.

h) Les UTE permettront de traiter les eaux de contact avant un rejet vers l'environnement. Un bassin de polissage 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.

i) Les apports d'eau souterraine 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.

j) Les structures de gestion de l'eau existantes (p. ex. fossés et bassins pour l'installation existante de la halde à stériles) seront intégrées au nouveau système de fossés et de bassins. Les structures de gestion de l'eau existantes comprennent :

- Le bassin de collecte et le bassin de sédimentation, qui recueillent le ruissellement existant de la halde à stériles.
- Les fossés périphériques autour de la halde à stériles existante.
- Toute l'infrastructure qui sera construite pour le programme d'échantillonnage en vrac (c.-à-d. le bassin A et les fossés autour de la halde à stériles dans la configuration d'échantillonnage en vrac, et les bassins D et P).

- UTE MES/Géotubes

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. Une disposition générale pour les structures de gestion de l'eau ainsi que l'aménagement de la mine pour la dernière étape de la phase d'exploitation ont été fournis à la Figure 1.

Une description des diverses stratégies et structures de gestion de l'eau est fournie dans le rapport sur la gestion de l'eau (WSP, 2023b).

3.1.2 Phase de fermeture

Au cours de cette phase, toutes les zones touchées par l'exploitation minière (par exemple, 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 structures de rétention d'eau, 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 infrastructures de rétention 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 va commencer durant la construction de la prochaine zone du PAR (voir le 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) :** La 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 de 12 heures, 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 de manteau neigeux

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 (voir les sections 2.0 et 3.2.1) et des précipitations et des coefficients de ruissellement présumés (voir la 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 dans les 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 (présentés à la 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 95e 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. Par exemple, les volumes maximaux dans les bassins présentés à la section 5.1.5 montrent le volume maximal des bassins sur 60 réalisations effectuées sur un pas de temps de 12h.

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 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[1], 2012). Ces évènements sont superposés à l'année climatique moyenne historique sélectionnée (voir la 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.

2) Une pluie de 24 heures et d'une récurrence de 2 000 ans pendant la fonte d'une couverture de neige d'une récurrence de 100 ans, fondant uniformément sur une période de 30 jours.

Ces évènements de conception sont choisis conformément à la D019 (section 2.9.3) pour les bassins de collecte associés au système de drainage général du site (halde à stériles, halde à minerai, halde à mort-terrain, plateformes et routes qui ne sont pas en contact avec les résidus) et les bassins de collecte associés à l'installation de gestion des résidus, respectivement.

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 (tirée du Rapport de gestion de l'eau (WSP 2023b) 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. La Figure 3 et la Figure 4 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.

[1] MELCCFP : ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (du Québec) depuis octobre 2022; anciennement connu sous les appellations ministère de l'Environnement et *de la Lutte contre les* changements climatiques (MELCC, 2018-2022), ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC, de 2014 à 2018), ministère du Développement durable, de l'Environnement de la Faune et des Parcs (MDDEFP, 2012 à 2014), ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP, 2005 à 2012), ministère de l'Environnement (MENV, 1998-2005) et ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec (MEF, 1994-1998).

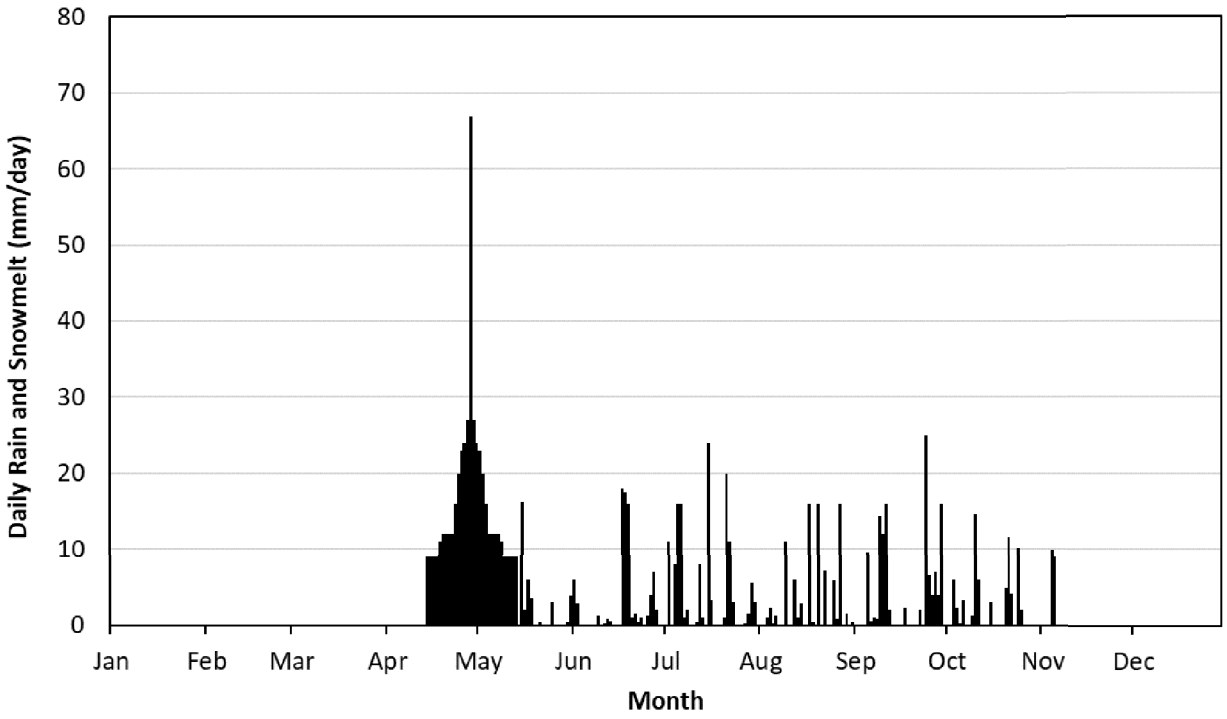


Figure 3: Événement de conception d'une récurrence de 100 ans sur un scénario climatique moyen

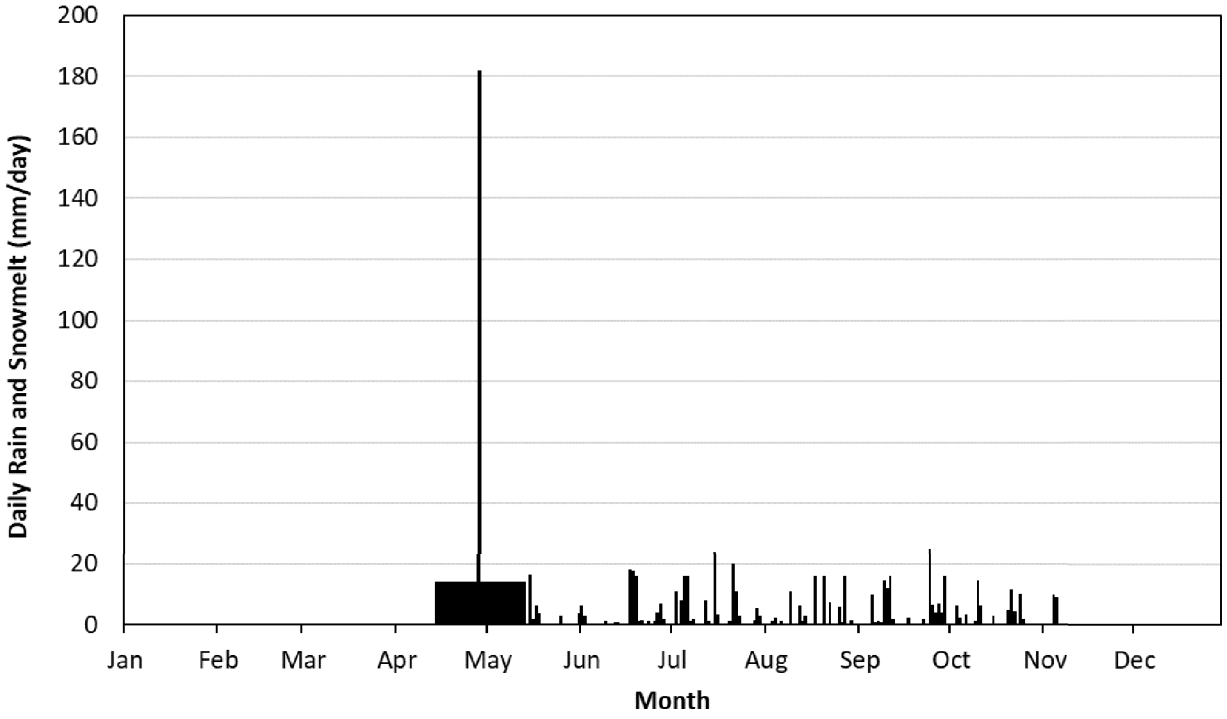


Figure 4: Événement de conception d'une récurrence de 2 000 ans sur un scénario climatique moyen

3.2.2 Module de neige

Le module du manteau neigeux utilise les séries chronologiques sur les précipitations et les 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 quotidienne est inférieure à zéro. 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.

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

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

Les paramètres de la fonte des neiges utilisés dans le modèle sont fournis dans le Tableau 6.

Tableau 6: Paramètres de la fonte des neiges

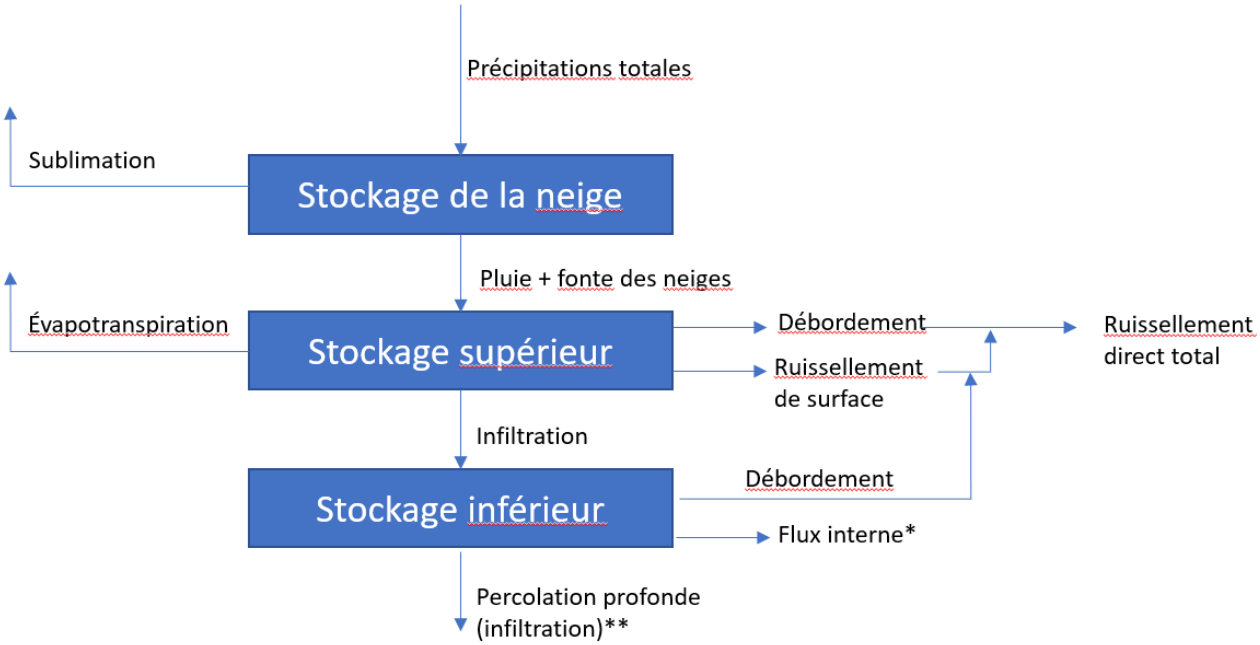
Paramètre	Identifiant GoldSim	Unité	Valeur	Hypothèse
Température moyenne	Température journalière	°C	Climat à la station Chapais 2 (Section 2.0)	Température quotidienne moyenne de l'air
Profondeur de la neige	Neige initiale	cm	0,0	Manteau neigeux initial au début de la simulation (hors hiver)
Coefficient de fonte des glaces	Coefficient de la fonte des glaces		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-ruissellement

Le module pluie-ruissellement 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/m^2) est calculé comme suit :

$$Pluie + Fonte\ de\ neige - \acute{E}vapotranspiration - \Delta Stockage\ dans\ le\ sol = Ruissellement$$

La Figure 5 fournit une représentation graphique du système du modèle GoldSim précipitations-ruissellement.



*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 5 : Schéma du modèle pluie-ruissellement

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

- Stockage de neige: fournis 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 utilisé dans le bilan sont fournies dans le Tableau 7. 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 7: Paramètres de ruissellement utilisés dans le modèle GoldSim

Paramètres	Unités	Zone développée	Couvert naturel et halde à mort-terrain	Halde à stériles et à minerai	PAR
Coefficient de stockage supérieur[a]	1/jour	0,85	0,3	0,3	0,8
Infiltration potentielle du stockage supérieur ou inférieur	mm/jour	5	30	100	21.6
Capacité de stockage supérieure	mm	60	65	100	10
Coefficient de stockage inférieur[b]	1/jour	0,25	0,25	0,5	0,25
Percolation profonde à partir d'un stockage inférieur	Mm/jour	0,1	0,55	0,0002	0,0002
Capacité de stockage réduite	mm	60	300	300	300
Potentiel d'évapotranspiration disponible	%	50 %	100 %	20 %	50 %

a) Le ruissellement du stockage supérieur est calculé en divisant le stockage réel de l'eau par le coefficient du stockage supérieur.

b) Le ruissellement du stockage inférieur (écoulement interne) est calculé en divisant le stockage réel de l'eau par le coefficient du stockage inférieur.

Les taux moyens mensuels de ruissellement et d'infiltration (basés sur 60 réalisations de climat futures projetées) qui découle de la paramétrisation présentée au Tableau 7 sont présentés à l'annexe A, à titre d'exemple, pour l'année hydrologique d'octobre 2034 à septembre 2035.

Les bassins versants inclus dans le modèle de bilan hydrique GoldSim ont été délimités dans WSP (2023b). Ces bassins versants sont présentés par type de surface à la Figure 6. 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.

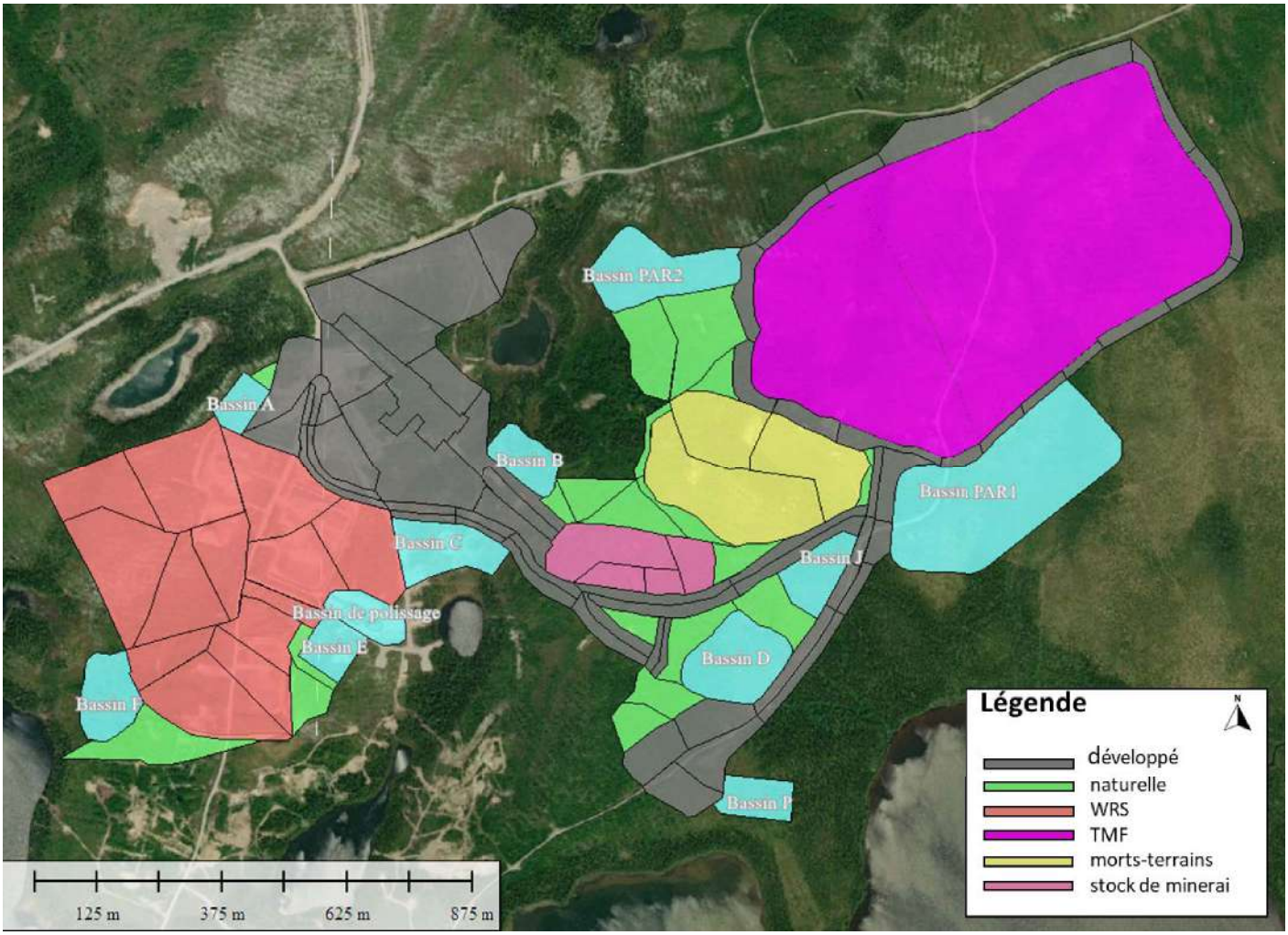


Figure 6 : Bassins versants du site

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.
- Apports d'eau souterraine à la mine souterraine.

L'emplacement général et les interconnexions entre les installations au cours de la phase 1 et de la phase 2 sont présentés à la Figure 7et la Figure 8 pour donner un contexte spatial et géographique aux diagrammes de flux généraux.

Les diagrammes de flux conceptuels présentés pour chaque phase d'exploitation minière sont présentés à la Figure 9 et la Figure 10. Les transferts d'eau comprennent les entrées, les sorties, les transferts internes entre l'infrastructure d'eau et les installations minières, ainsi que les débits d'eau excédentaires.

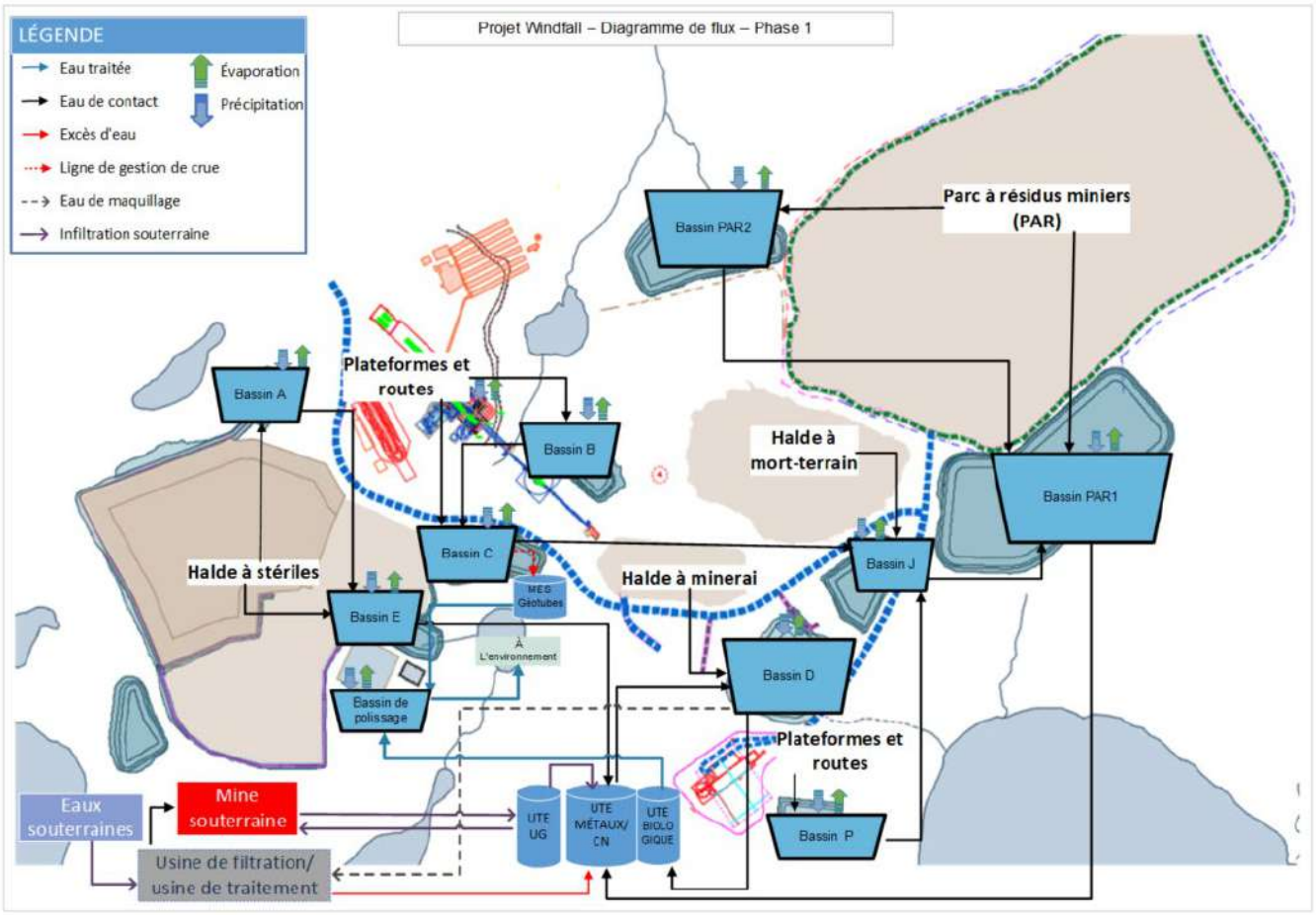


Figure 7: Diagramme général de gestion de l'eau (phase 1)

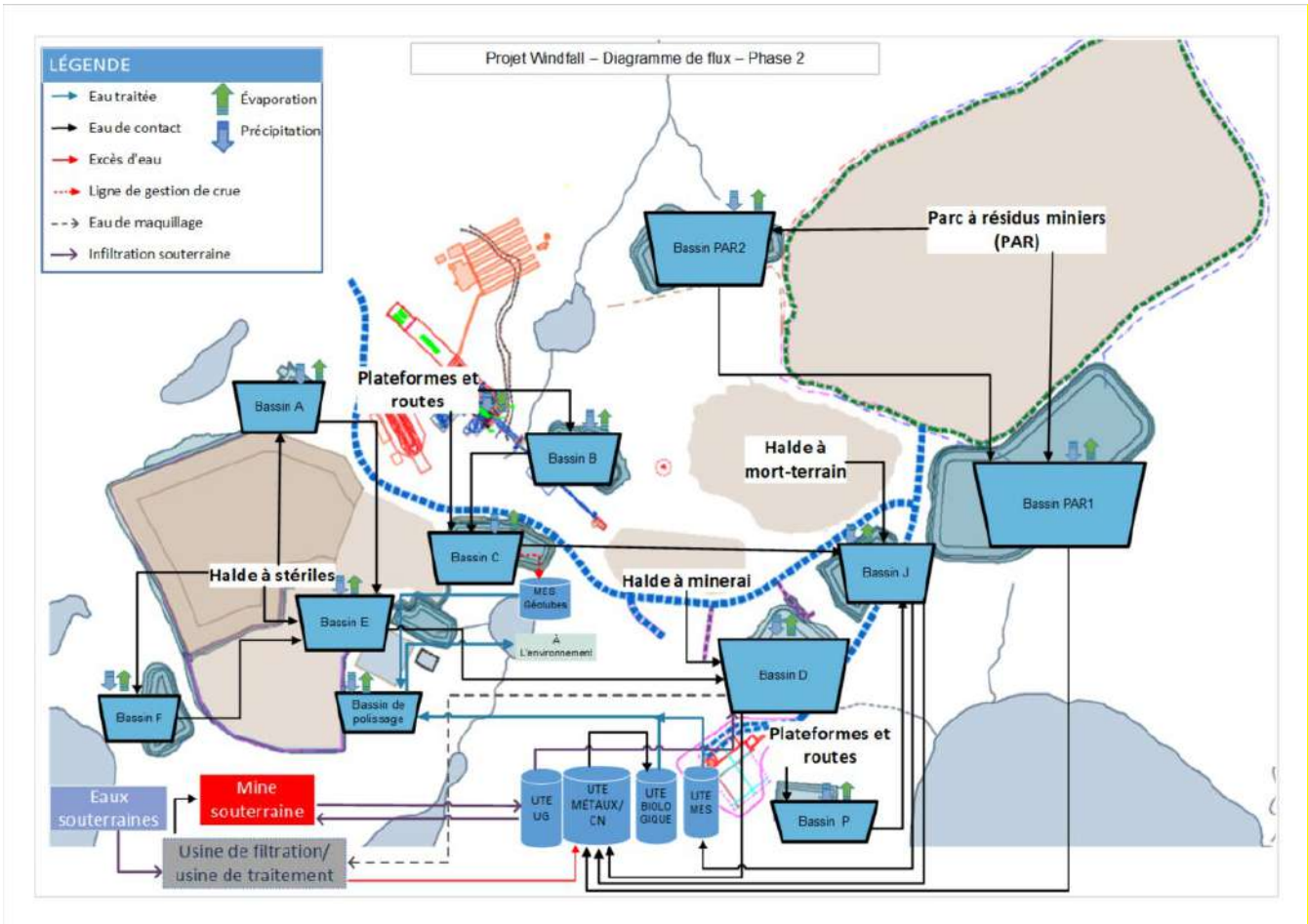


Figure 8: Diagramme général de gestion de l'eau (phase 2)

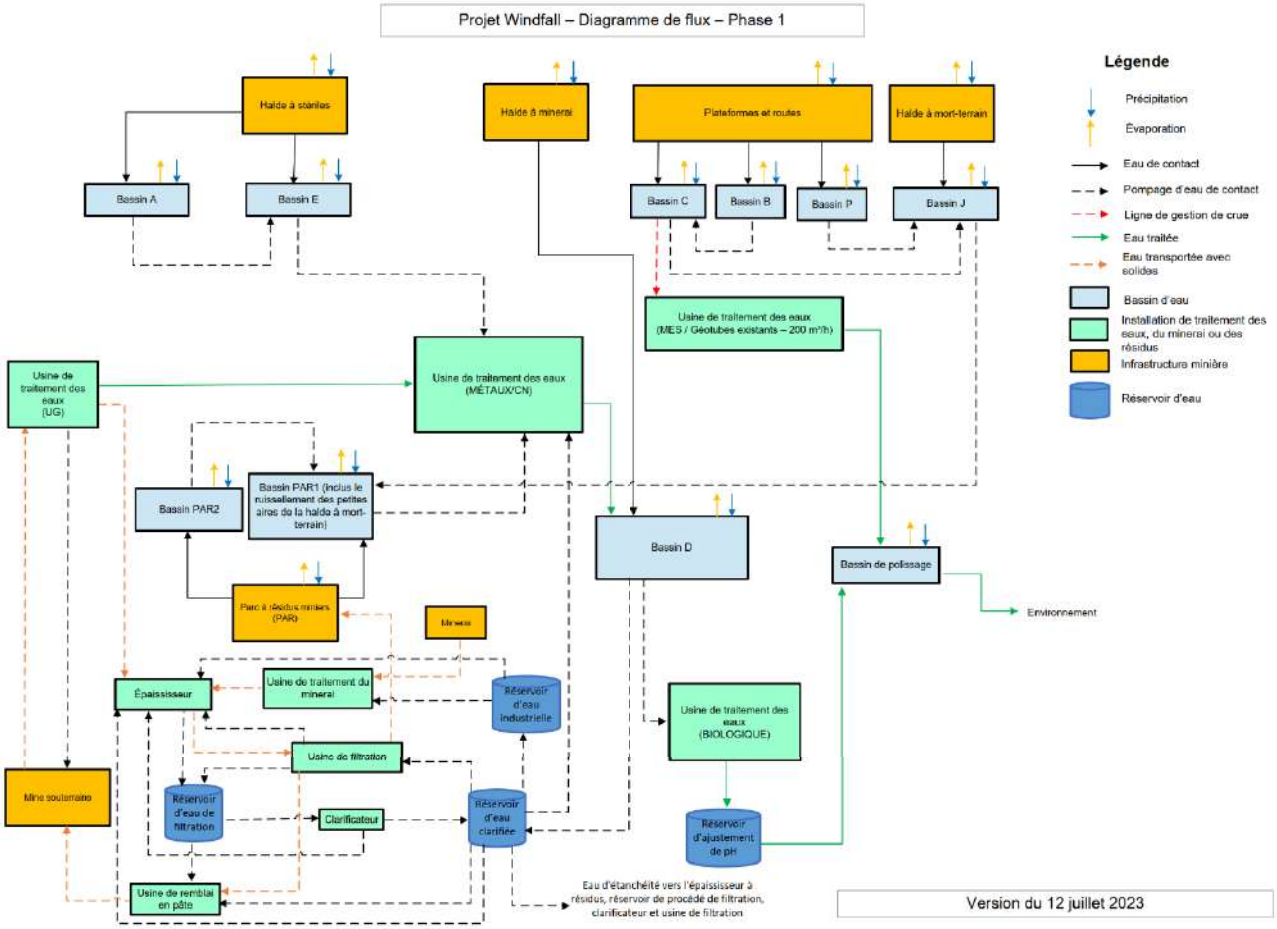


Figure 9: Bilan hydrique de la phase 1 – Diagramme conceptuel

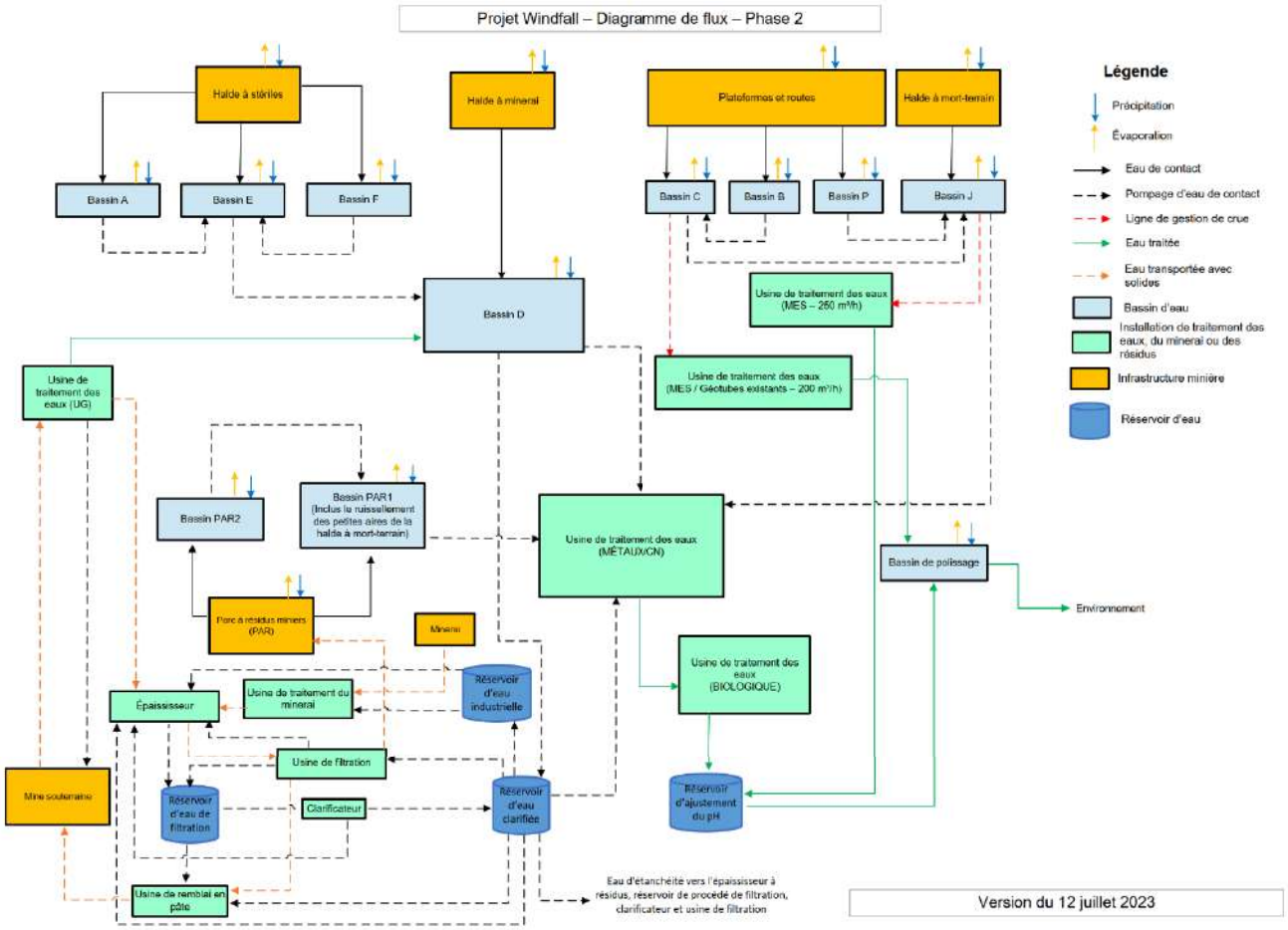


Figure 10: Bilan hydrique de la phase 2 – Diagramme conceptuel

4.0 DONNÉES D'ENTRÉE ET HYPOTHÈSES DU MODÈLE

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

4.1 Eaux souterraines

Les débits de dénoyage de la mine souterraine pendant la durée de vie de la mine sont présentés au Tableau 8. 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 souterraines nécessaires à l'équipement fourni par Osisko (2023).

Tableau 8: Résumé des débits de dénoyage totaux estimés pour la durée des activités de la mine

Année	Année du projet	Phase	Taux de dénoyage total (inclus l'eau souterraine pour l'équipement) (m^3/j)	Eaux souterraines pour l'équipement (m^3/j)
Janv. 2025 – Déc. 2025	-2	Construction	2 982	782
Janv. 2026 – Déc. 2026	-1	Construction	3 886	1 324
Janv. 2027 – Déc. 2027	1	Exploitation	4 474	1 549
Janv. 2028 – Déc. 2028	2	Exploitation	4 758	1 582
Janv. 2029 – Déc. 2029	3	Exploitation	5 040	1 585
Janv. 2030 – Déc. 2030	4	Exploitation	5 344	1 631
Janv. 2031 – Déc. 2031	5	Exploitation	5 572	1 652
Janv. 2032 – Déc. 2032	6	Exploitation	5 789	1 618
Janv. 2033 – Déc. 2033	7	Exploitation	6 005	1 645
Janv. 2034 – Déc. 2034	8	Exploitation	6 185	1 615
Janv. 2035 – Déc. 2035	9	Exploitation	6 069	1 359
Janv. 2036 - Mars 2036	10	Exploitation	6 069	1 359
Avril 2036 – Mars 2037	11	Fermeture-Transition	3 533	0
Avril 2037 – Mars 2038	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 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 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 sera pompée dans le bassin de polissage avant d'être rejetée dans l'environnement (effluent final, illustré à la Figure 1).

Des détails sur la conception et la capacité des bassins ont été fournis dans le rapport sur la gestion de l'eau (WSP, 2023b). Un résumé des capacités maximales des bassins et des principaux critères et seuils de pompage opérationnels présumés dans le modèle qui contrôlent le transfert d'eau autour du site est présenté dans le Tableau 9. Notez que la capacité des bassins présentée dans le tableau comprend le volume actif requis et le volume mort des bassins.

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 installations de stockage de l'eau 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 240 m^3/h. Cependant, le taux de pompage est régi par la capacité de traitement maximale de l'UTE Métaux/CN. Il est supposé que l'ordre de priorité pour le pompage vers l'UTE Métaux/CN, du plus élevé au plus bas, soit le dénoyage, la purge (purge d'eau de procédé) et le pompage du bassin E (dans la phase 1). 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 580 m^3/h dans la phase 1 et de 360 m^3/h dans la phase 2. Un volume minimum de 30 000 m^3 d'eau stockée est requis dans le bassin D en été (juin, juillet et août) pour assurer le bon fonctionnement du système d'eau de refroidissement de l'usine de traitement du minerai. Par conséquent, il est supposé que la capacité maximale de pompage soit inférieure de 60 m^3/h si le volume du bassin stocké est inférieur à 35 000 m^3 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.
- Unités de traitement - Le taux de pompage maximal vers l'UTE Métaux/CN est de 580 m^3/h et vers l'UTE Biologique est de 580 m^3/h. Il est supposé que l'ordre de priorité pour le pompage vers l'UTE Métaux/CN, du plus élevé au plus bas, soit le dénoyage de la mine, la purge (purge d'eau de procédé), le pompage du bassin E (en phase 1) et du bassin D (dans la phase 2), le bassin PAR1 et le bassin J (dans la phase 2). Le taux de pompage maximal vers les UTE MES et MES/Géotubes est de 250 m^3/h et 200 m^3/h, respectivement.

Tableau 9 : Règles de pompage des bassins

Bassins		Capacité maximale (m^3)	Profondeur de l'étang (m)	Profondeur de l'étang (m)	Point de décharge	Élévation arrêt de la pompe (m)	Élévation démarrage de la pompe (m)	Élévation taux pompage maximal (m)	Taux de pompage variable (m^3/hr)	Taux de pompage maximal (m^3/hr)
Bassin A		11 965	5	402	Bassin E	402,5	402,6	404,7	30-100	180
Bassin B		13 500	3	397	Bassin C	397,5	397,6	398	50-100	275
Bassin C		30 300	3,25	402,25	Bassin J	-	402,5	402,85	50-150	200 (1)
					UTE MES/Géotubes	-	-	Profondeur dans l'étang J> 2,5 m	-	200
Bassin E		10 700	1,5	404	UTE MÉTAUX/CN (Phase1) Bassin D (Phase 2)	404,1	-	404,2	-	300
Bassin D (2)	Phase 1	78 500	6	398	UTE BIOLOGIQUE	-	398,4 (3)	60 - 390-580 (Régression linéaire entre les altitudes 398,6-399,8-403 m) 60-300-580 ((Régression linéaire entre l'altitude 400,5-402-403 m) en été		
	Phase 2				UTE MÉTAUX/CN	-		398,8	250-360 60-300 en été	360
Bassin F		21 600	4	400	Bassin E	400,5	400,6	402	10-30	40
Bassin J		32 800	4	398	Bassin PAR1 (Phase 1)	398,25	398,3	-	-	170
					UTE MÉTAUX/CN or UTE MES (Phase 2)			-	-	250
Bassin P		11 900	2,5	396	Bassin J	396,5	-	396,6	-	80
Bassin PAR1		253 878	5	396,5	UTE MÉTAUX/CN	-	396,6	396,7	85-230 Phase 1 85-205 Phase 2	230 (4) Phase 1 205 Phase 2
Bassin PAR2		37 900	4	398	Bassin PAR1	398,5	398,6	399,4	10-20	30

Note :
(1) pas de pompage si la profondeur du bassin J > 2,5 m.
(2) 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 30000m3
(3) taux de pompage de 60 m3/h au-dessous de cette élévation
(4) pas de pompage du bassin PAR1 si élévation de l'eau du bassin D > 402,5 m dans le phase 1

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 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).

On a supposé qu'une moyenne de 25 m3/h de purge d'eau de procédé est envoyée à l'UTE Métaux/CN 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 10.

Tableau 10: 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	**Shut-down complet.** Usine de traitement du minerai, usine de filtration et usine de remblai en pâte à l'arrêt.	29,0
Scénario 4	**Shut-down 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 11 présente les caractéristiques des divers types de résidus produits et des apports d'eau souterraine pris en compte dans le bilan hydrique.

Tableau 11: Paramètres d'exploitation minière

Paramètre	Valeur	Référence
Durée des activités de la mine	Août 2026 et se termine en avril 2036	Fourni par Osisko le 2 juin 2023
Densité des solides	2,8 t/m³	WSP Golder. 2022a
Densité de l'eau	1 t/m³	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 fraichement extrait de la mine (BBA, 2022)
Boues souterraines épaissies : % solide (% en poids)	46 %	Reçu d'Osisko le 25 avril 2022 (Osisko, 2022b)

Tableau 12: Eau industrielle requise et excès d'eau

Paramètre	Scénarios 1	Scénarios 2	Scénarios 3	Scénarios 4
Eau industrielle pour l'alimentation de l'usine de traitement et pâte (m³/h)	151,9	151,9	0	24,9 (1)
Excès d'eau provenant des usines de filtration et de remblai en pâte (m³/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.
- Il est recommandé de continuer à recueillir des paramètres climatiques propres au site, comme les précipitations, l'évaporation, la température, le couvert neigeux et l'équivalent en eau de la neige. Ces

données permettront, lorsqu'elles seront disponibles, de mettre à jour les intrants climatiques du bilan hydrique. La version actuelle du modèle de bilan hydrique tient compte de l'évaporation mensuelle moyenne des lacs sur toutes les surfaces.

- La prise en compte et la modélisation de la gestion de l'eau pour la phase de fermeture et de post-fermeture incluses dans cette version du rapport sont préliminaires et sujettes à être raffinées lorsque le plan de fermeture du site sera lui-même raffiné.

5.0 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 évènements de conception 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 (présentés à la 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 à la Figure 11 et à la Figure 12, 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.

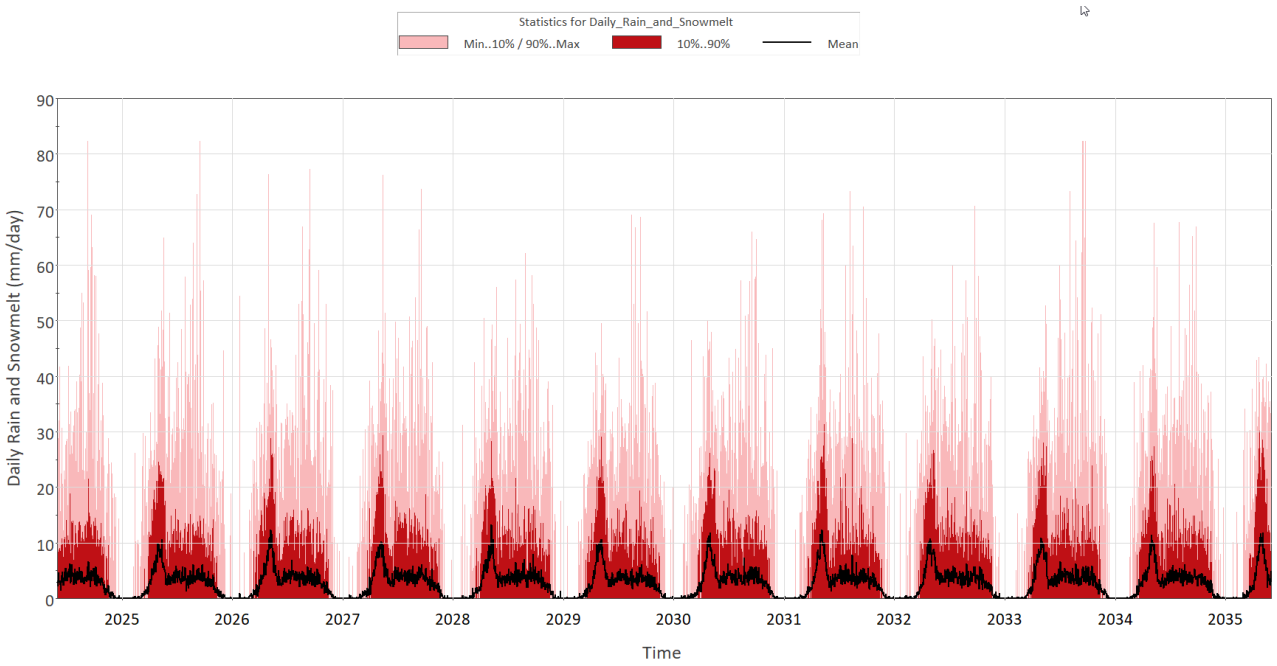


Figure 11: Répartition probabiliste de la pluie et de la fonte quotidiennes des neiges d'après 60 années de données climatiques historiques

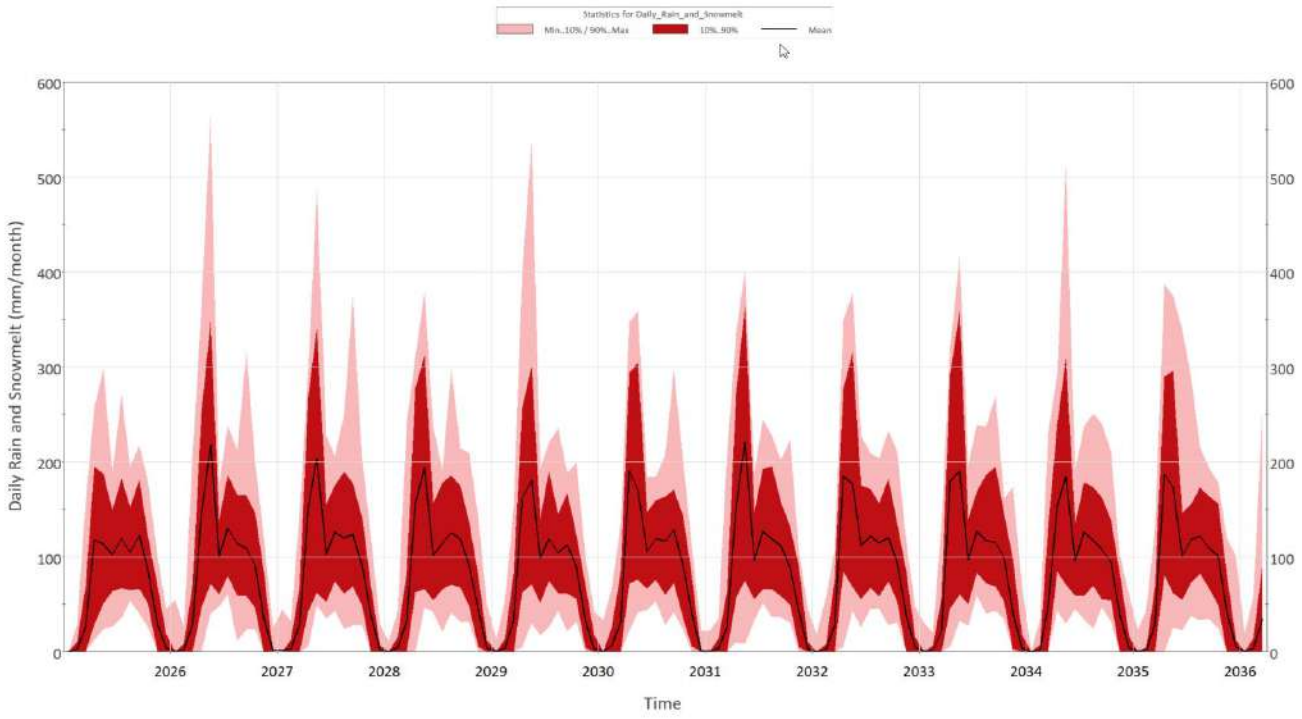


Figure 12: Répartition probabiliste de la pluie et de la fonte des neiges mensuelles d'après 60 années de données climatiques historiques

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 4.3 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 de l'usine est prélevé dans le bassin D, qui provient des eaux de surface des installations minières (PAR (phase 1 seulement), halde à stériles, halde à minerai et routes de plates-formes / transports) et du dénoyage souterrain de la mine. En hiver, la principale source d'eau dans l'UTE était les apports d'eau souterraine.

La demande et l'approvisionnement en eau de l'usine de traitement du minerai, correspondant à des pompages en m^3/h, sont présentés à la Figure 13.

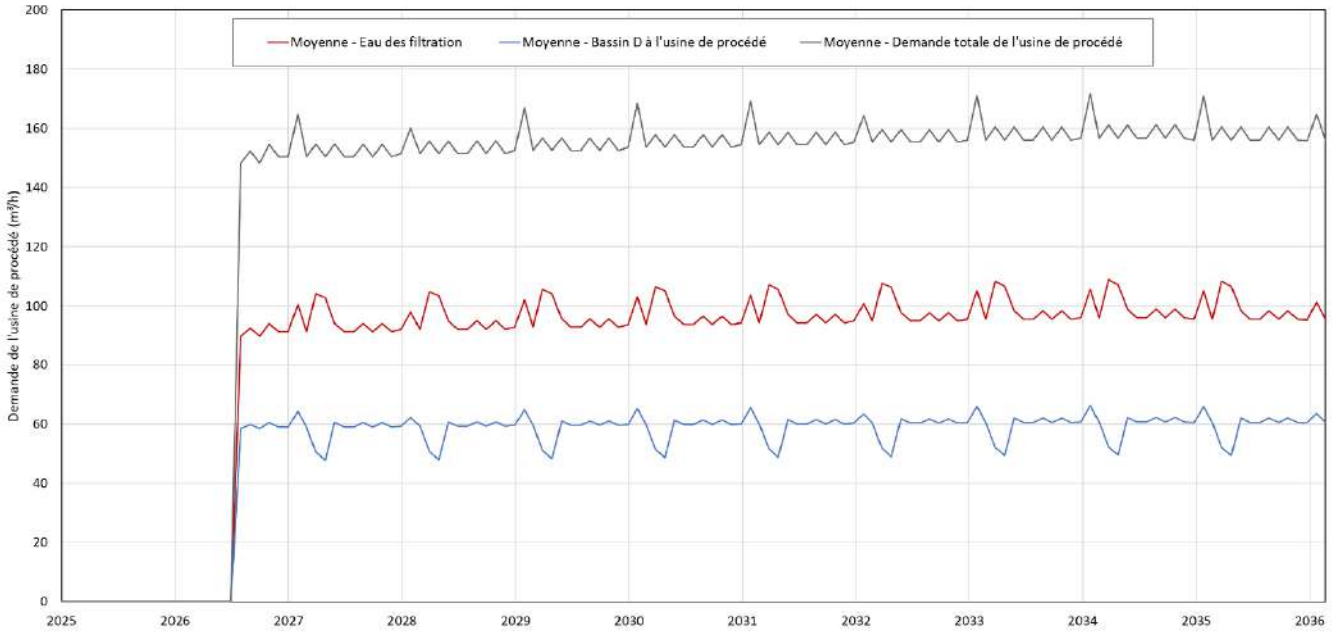


Figure 13: Demande et approvisionnement en eau de l'usine de traitement du minerai – basé sur 60 scénarios climatiques futurs

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 souterraine sont recueillis séparément en fonction de la qualité de l'eau, dans la mesure du possible. Comme il a été mentionné à la section 3.1, des unités de traitement distinctes seront développées sur le site minier : MES/Géotubes, MES, Métaux/CN, Biologique et enlèvement des MES pour les eaux souterraines (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 la section 4.2). Les résultats pour les débits moyens mensuels de chaque UTE sont présentés dans la Figure 14 à la Figure 18. Les débits mensuels

moyens maximaux et moyens des UTE pour l'année la plus critique de chaque phase d'exploitation sont fournis dans le Tableau 13.

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/CN est estimé à 405m^3/h dans la phase 1 et à 454 m^3/h dans la phase 2. L'intrant d'eau mensuel moyen maximal à l'UTE Biologique est de 401 m^3/h dans la phase 1 et de 454 m^3/h dans la phase 2. L'intrant d'eau mensuel moyen maximal dans les UTE MES et MES/Géotubes est de 79 m^3/h et de 10 m^3/h, respectivement.

Les volumes annuels totaux de traitement de l'eau au cours de chaque année d'exploitation minière sont présentés au Tableau 14.

Tableau 13: 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/CN		UTE Biologique		UTE MES		MES/Géotubes	
			moyenne	moyenne	max	moyenne	max	moyenne	max	moyenne	max
Dernière année civile - Phase 1 (année 2028)	Janv.	m^3/h	199,3	150,2	153,0	86,0	89,1	0,0	0,0	0,0	0,0
	Fév.	m^3/h	199,3	152,9	167,1	87,1	108,4	0,0	0,0	0,0	0,0
	Mars	m^3/h	199,3	188,5	409,1	126,7	349,8	0,0	0,0	0,0	0,0
	Avril	m^3/h	199,3	311,4	471,3	263,2	446,8	0,0	0,0	2,3	45,8
	Mai	m^3/h	199,3	400,1	495,5	393,6	487,0	0,0	0,0	7,5	41,6
	Juin	m^3/h	199,3	301,7	434,6	212,2	396,3	0,0	0,0	0,7	39,5
	Juil	m^3/h	199,3	278,1	416,5	229,4	369,3	0,0	0,0	0,0	0,0
	Août	m^3/h	199,3	291,6	419,0	242,1	389,7	0,0	0,0	0,1	4,5
	Sept.	m^3/h	199,3	301,9	448,3	303,7	475,2	0,0	0,0	0,4	21,3
	Octobre	m^3/h	199,3	291,7	434,7	252,0	399,2	0,0	0,0	0,2	15,0
	Novembre	m^3/h	199,3	218,0	367,7	167,4	333,3	0,0	0,0	0,0	0,0
	Décembre	m^3/h	199,3	151,7	167,1	92,2	118,6	0,0	0,0	0,0	0,0
	Annuel	m^3/h	199,3	253,2	365,3	204,6	330,2	0,0	0,0	0,9	14,0
Dernière année civile - Phase 2 (année 2035)	Janv.	m^3/h	251,7	144,6	167,0	144,6	167,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Fév.	m^3/h	251,7	142,6	161,0	142,6	161,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Mars	m^3/h	251,7	187,2	320,1	187,2	320,1	2,4	21,3	0,0	0,0
	Avril	m^3/h	251,7	384,7	562,4	384,7	562,4	51,4	128,2	0,3	12,3
	Mai	m^3/h	251,7	454,2	566,8	454,2	566,8	63,8	151,7	0,6	9,9
	Juin	m^3/h	251,7	262,5	576,6	262,5	576,6	12,0	180,1	0,4	13,3
	Juil	m^3/h	251,7	299,1	444,1	299,1	444,1	13,6	63,8	0,0	0,0
	Août	m^3/h	251,7	313,6	453,9	313,6	453,9	17,7	67,2	0,0	0,0
	Sept.	m^3/h	251,7	361,1	513,5	361,1	513,5	12,2	51,8	0,0	0,0
	Octobre	m^3/h	251,7	325,2	482,2	325,2	482,2	12,5	69,5	0,0	0,0
	Novembre	m^3/h	251,7	232,8	352,0	232,8	352,0	4,6	40,8	0,0	0,0
	Décembre	m^3/h	251,7	151,3	263,0	151,3	263,0	0,0	0,3	0,0	0,0
	Annuel	m^3/h	251,7	271,6	405,2	271,6	405,2	15,8	64,6	0,1	3,0

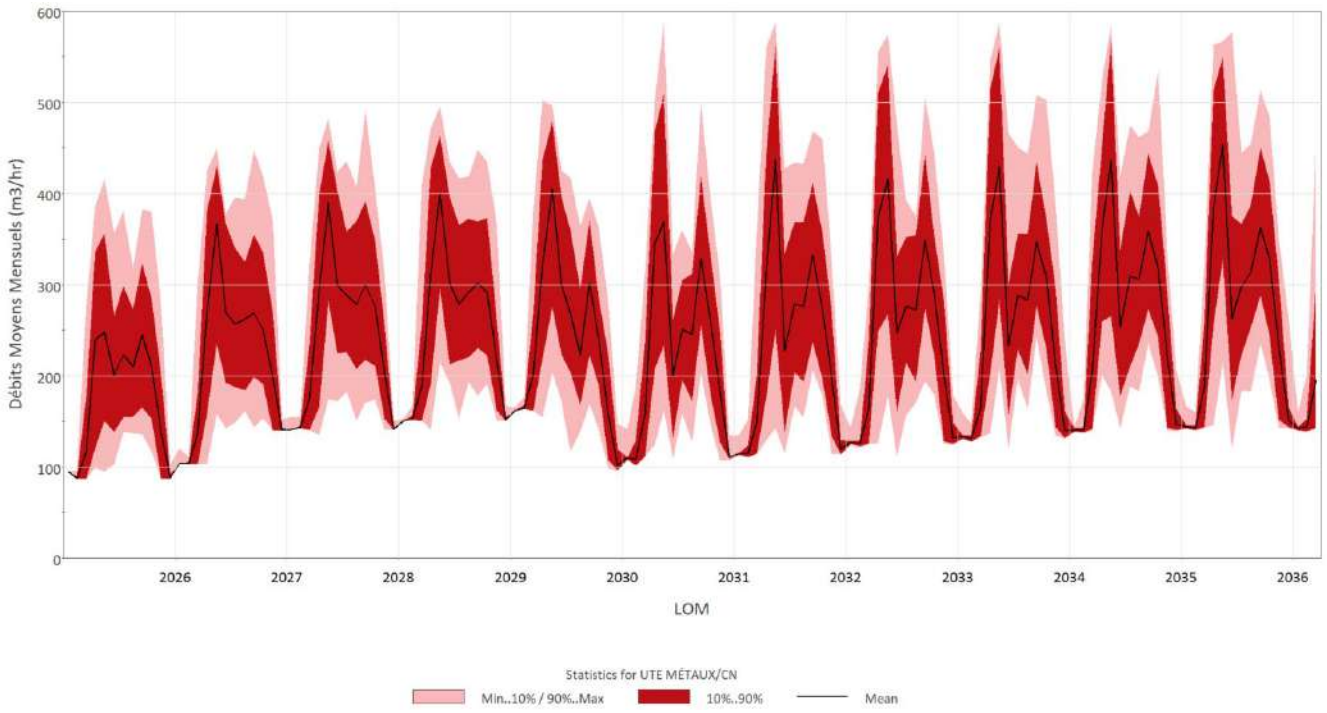


Figure 14: Apports mensuels moyens pour l'UTE Métaux/CN – 60 scénarios climatiques futurs projetés

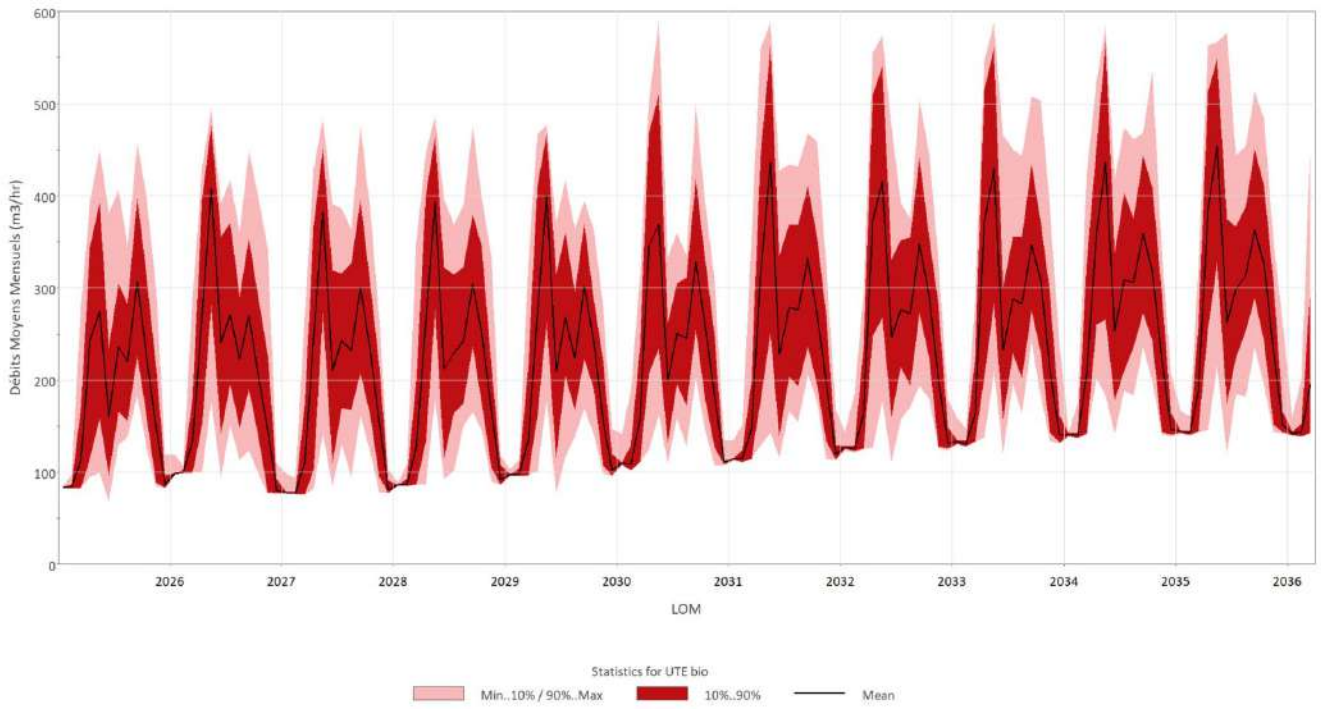


Figure 15: Apports mensuels moyens pour l'UTE Biologique – 60 scénarios climatiques futurs projetés

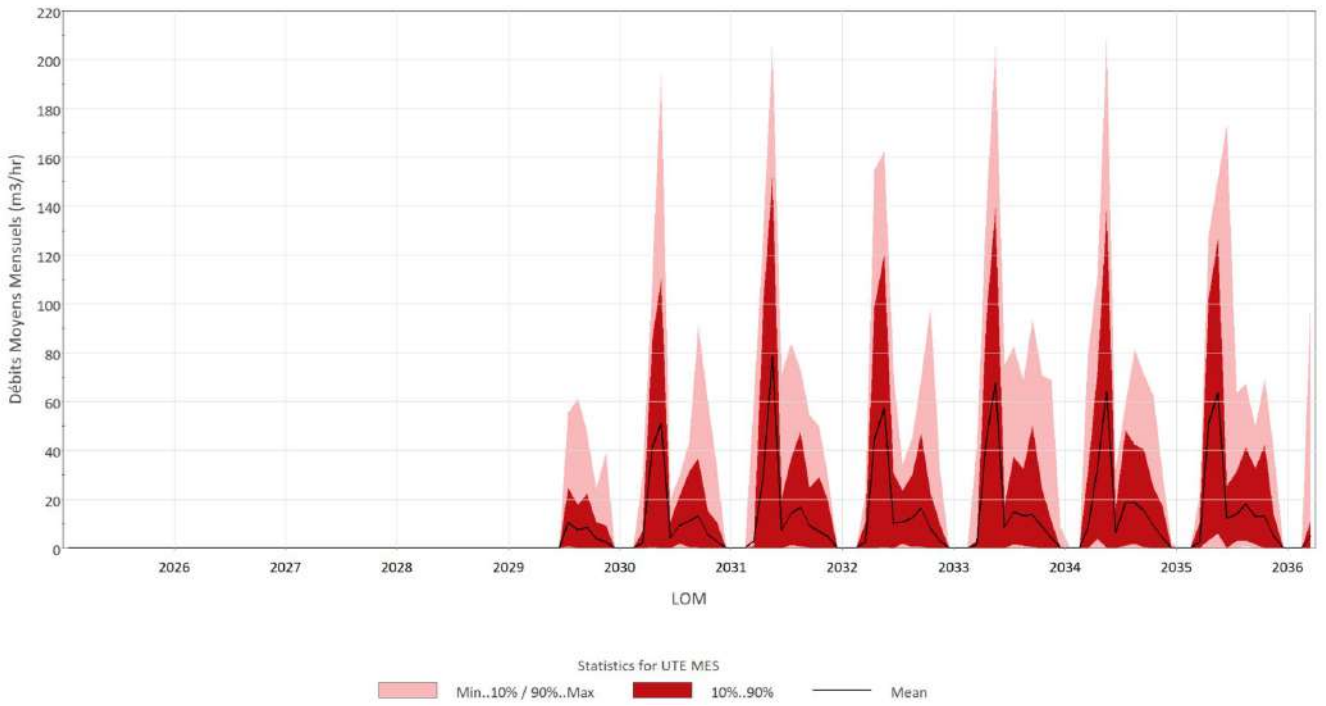


Figure 16: Apports mensuels moyens pour l'UTE MES – 60 scénarios climatiques futurs projetés

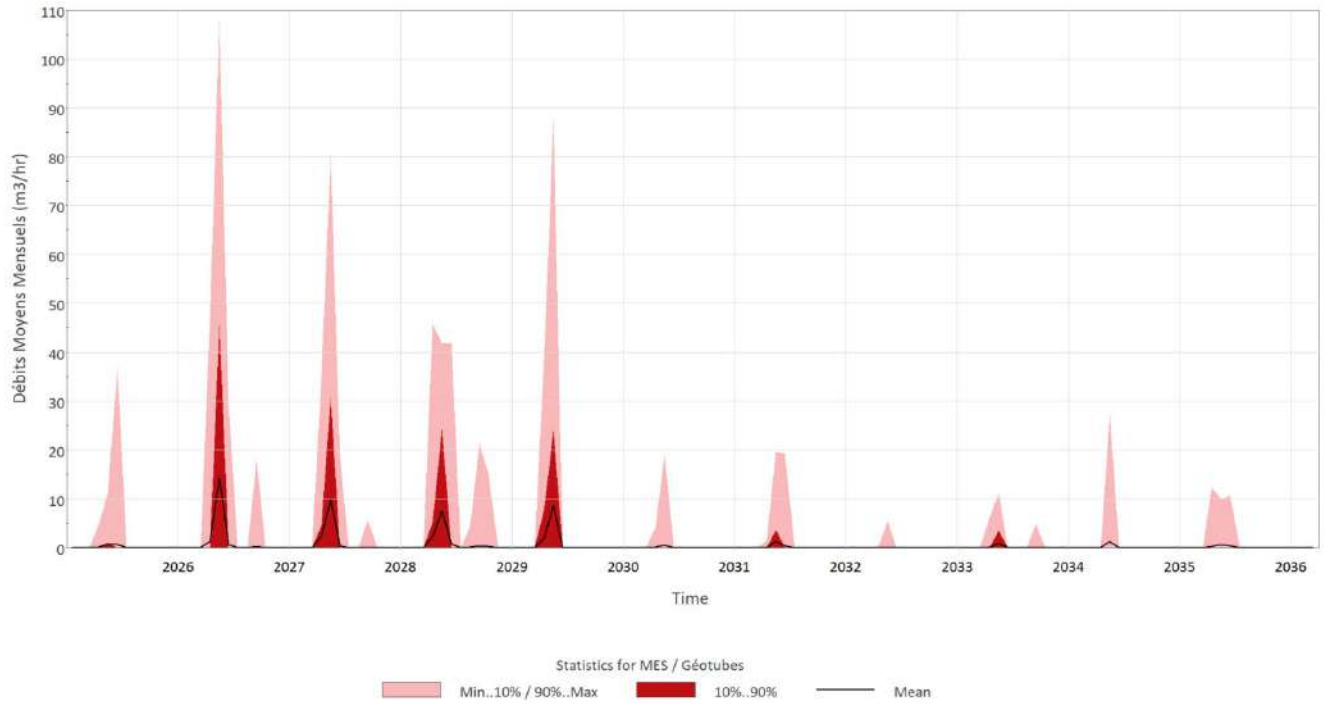


Figure 17: Apports mensuels moyens pour l'UTE MES/Géotubes – 60 scénarios climatiques futurs prévus

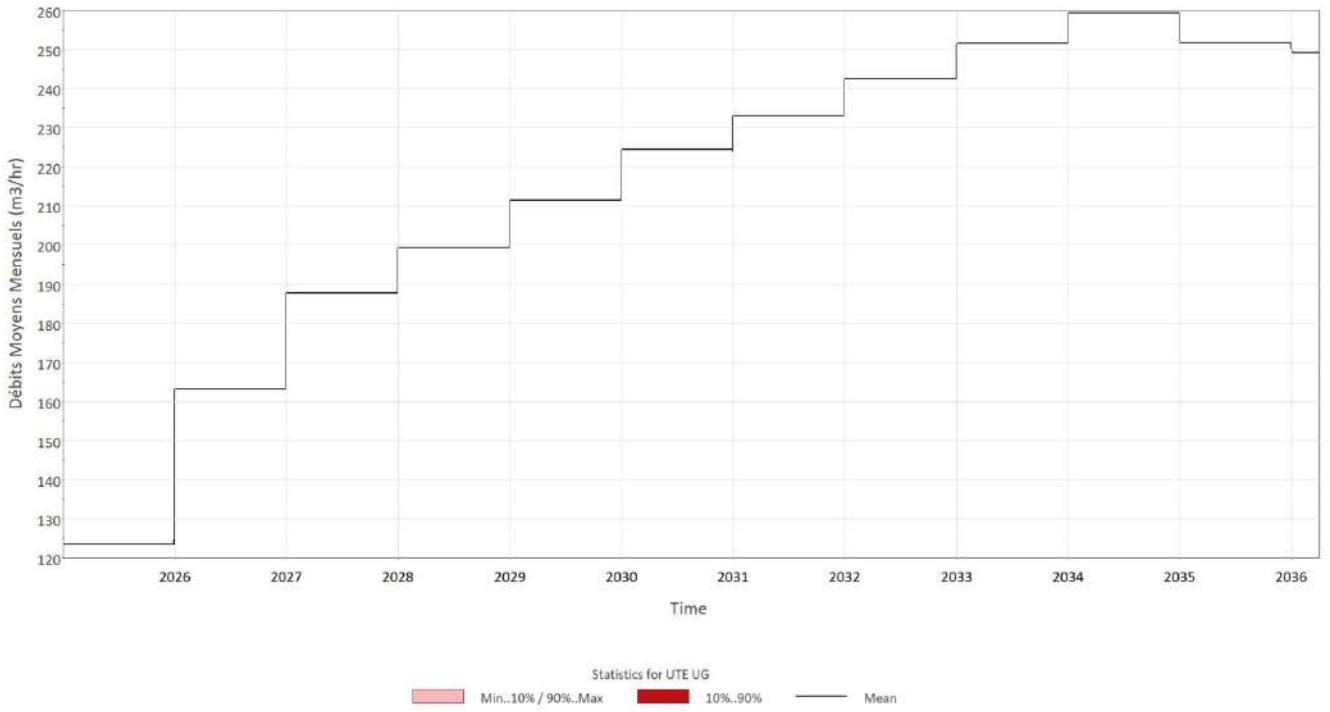


Figure 18: Apports mensuels moyens à l'UTE MES UG - 60 scénarios climatiques futurs projetés

Tableau 14: Volume annuel d'eau pour les usines de traitement – en millions de mètres cubes (K-m^3) – D'après 60 réalisations.

			UTE MES UG	UTE Métaux/CN		UTE Biologique		UTE MES		UTE MES/Géotubes	
Période	Année	Phase	Conception	Moyenne	Max	Moyenne	Max	Moyenne	Max	Moyenne	Max
Janv. 2025 – Déc. 2025	-2	Construction	1080	1470	1700	1530	1780	0	0	0	30
Janv. 2026 – Déc. 2026	-1	Construction	1430	1500	1850	1480	1870	0	0	10	80
Janv. 2027 – Déc. 2027	1	Exploitation	1650	2040	2290	1660	1950	0	0	10	70
Janv. 2028 – Déc. 2028	2	Exploitation	1750	2120	2400	1730	2050	0	0	10	50
Janv. 2029 – Déc. 2029	3	Exploitation	1850	2010	2320	1760	2090	20	70	10	70
Janv. 2030 – Déc. 2030	4	Exploitation	1970	1870	2280	1870	2280	100	250	0	20
Janv. 2031 – Déc. 2031	5	Exploitation	2040	1990	2280	1990	2280	130	220	0	10
Janv. 2032 – Déc. 2032	6	Exploitation	2130	2090	2410	2090	2410	120	240	0	0
Janv. 2033 – Déc. 2033	7	Exploitation	2200	2130	2400	2130	2400	130	210	0	20
Janv. 2034 – Déc. 2034	8	Exploitation	2270	2240	2640	2240	2640	130	270	0	20
Janv. 2035 – Déc. 2035	9	Exploitation	2200	2280	2670	2280	2670	140	250	0	10
Janv. 2036 - Mars 2036	10	Exploitation	540	210	260	210	260	0	0	0	0

5.1.4 Rejet d'effluents vers l'environnement

Les taux estimés de rejet d'effluents vers l'environnement (illustrés à la Figure 1) sont présentés dans les sous-sections suivantes pour les scénarios probabilistes et déterministes.

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 15. Le débit moyen maximal mensuel de rejet d'effluents vers l'environnement est de 413 m^3/h au cours de la phase 1 et de 523 m^3/h au cours de la phase 2, qui survient pendant la crue en mai. Le rejet moyen d'effluents dans l'environnement en mai (mois de crue) est de 384 m^3/h au cours de la phase 1 et de 481 m^3/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 16. Le volume annuel moyen d'effluents augmente progressivement, passant d'environ 2,16 millions de mètres cubes en année -1 (2026) à 2,90 millions de mètres cubes en année 9 (2035).

Le débit annuel maximal de l'effluent vers l'environnement présenté pour la dernière année de la phase 2 (Tableau 16) est nettement supérieur à celui présenté dans le document d'étude d'impact environnementale (EIE). Cet écart survient étant donné que les résultats de l'EIE sont basés sur 6 scénarios climatiques, alors que les résultats de la présente étude sont basés sur 60 scénarios climatiques. La sélection des 6 scénarios pour les années climatiques humides est fondée sur deux indicateurs climatiques pour toutes les années de l'ensemble de données (de l'année 1980 à l'année 2100). Les indicateurs sont : la précipitation nette moyenne et la précipitation combinée à la fonte des neiges, en période de crue printanière. Les rejets à l'effluent de ces 6 scénarios représentent une certaine variabilité. Dans le présent rapport, les 60 scénarios climatiques ont été utilisés afin de mieux saisir les incertitudes et les variabilités dans le rejet des effluents pendant la durée de vie de la mine.

Tableau 15: Taux mensuels moyens et maximaux estimatifs de rejet d'effluents dans l'environnement - Moyenne et max, d'après 60 réalisations, au cours de la phase d'exploitation de la mine.

Mois	Unité	Rejet total de l'effluent			
		Dernière année civile – Phase 1 (année 2028)		Dernière année civile – Phase 2 (année 2035)	
		Moyenne	Max	Moyenne	Max
Janv.	m^3/h	84,2	87,7	142,9	166,6
Fév.	m^3/h	85,6	107,9	141,0	160,2
Mars	m^3/h	126,8	357,5	189,4	346,1
Avril	m^3/h	271,1	478,7	440,9	694,8
Mai	m^3/h	404,9	529,1	523,2	725,5
Juin	m^3/h	213,3	438,2	275,8	783,0
Juil	m^3/h	229,9	370,1	313,3	509,7
Août	m^3/h	243,2	391,6	332,2	523,4
Sept	m^3/h	305,3	476,9	374,4	545,8
Octobre	m^3/h	253,3	416,9	338,8	519,2
Novembre	m^3/h	167,4	335,2	237,5	394,2
Décembre	m^3/h	90,8	117,7	149,9	263,9
Annuel	m^3/h	206,3	342,3	288,3	469,4

Tableau 16: Volume annuel de rejets d'effluent vers l'environnement – en millions de mètres cubes (M-m3). Moyenne et max déterminés sur la base de 60 réalisations.

Année	LOM	Phase	Unité	Moyenne	Max
Janv. 2025 – Déc. 2025	-2	Construction	M-m^3	1,54	1,79
Janv. 2026 – Déc. 2026	-1	Construction	M-m^3	1,75	2,16
Janv. 2027 – Déc. 2027	1	Exploitation	M-m^3	1,68	2,03
Janv. 2028 – Déc. 2028	2	Exploitation	M-m^3	1,75	2,07
Janv. 2029 – Déc. 2029	3	Exploitation	M-m^3	1,80	2,14
Janv. 2030 – Déc. 2030	4	Exploitation	M-m^3	1,98	2,48
Janv. 2031 – Déc. 2031	5	Exploitation	M-m^3	2,12	2,49
Janv. 2032 – Déc. 2032	6	Exploitation	M-m^3	2,21	2,61
Janv. 2033 – Déc. 2033	7	Exploitation	M-m^3	2,26	2,62
Janv. 2034 – Déc. 2034	8	Exploitation	M-m^3	2,37	2,92
Janv. 2035 – Déc. 2035	9	Exploitation	M-m^3	2,42	2,90
Janv. 2036 - Mars 2036	10	Exploitation	M-m^3	0,21	0,26

5.1.5 Résumé des résultats des bassins

Les volumes d'eau maximaux estimés dans les bassins de collecte tout au long de la durée de vie de la mine sont fournis dans le Tableau 17.

L'entreposage quotidien maximal, minimal et moyen dans le bassin PAR1, le bassin PAR2 et le bassin D sont présentés à Figure 19, Figure 20 et Figure 21, respectivement.

Les débits annuels moyens des bassins et des principaux débits pour une année hydrologique au cours de la phase 1 et de la phase 2 sont présentés à la Figure 22 et à la Figure 23, respectivement.

Tableau 17: Volume maximal dans les bassins (en m^3).

BASSIN	CAPACITÉ MAXIMALE SOUS LE DÉVERSOIR/ FRANC-BORD	PHASE 1	PHASE 2
Bassin A	11 965	10 400	11 300
Bassin B	13 500	8 500	9 500
Bassin C	30 300	28 200	28 100
Bassin E	10 700	5 100	8 100
Bassin D	78 500	76 000	77 500
Bassin F	21 600	-	19 800
Bassin J	32 800	29 700	23 400
Bassin P	11 900	9 100	10 400
Bassin PAR1	253 880	251 700	179 200
Bassin PAR2	37 900	31 900	25 500

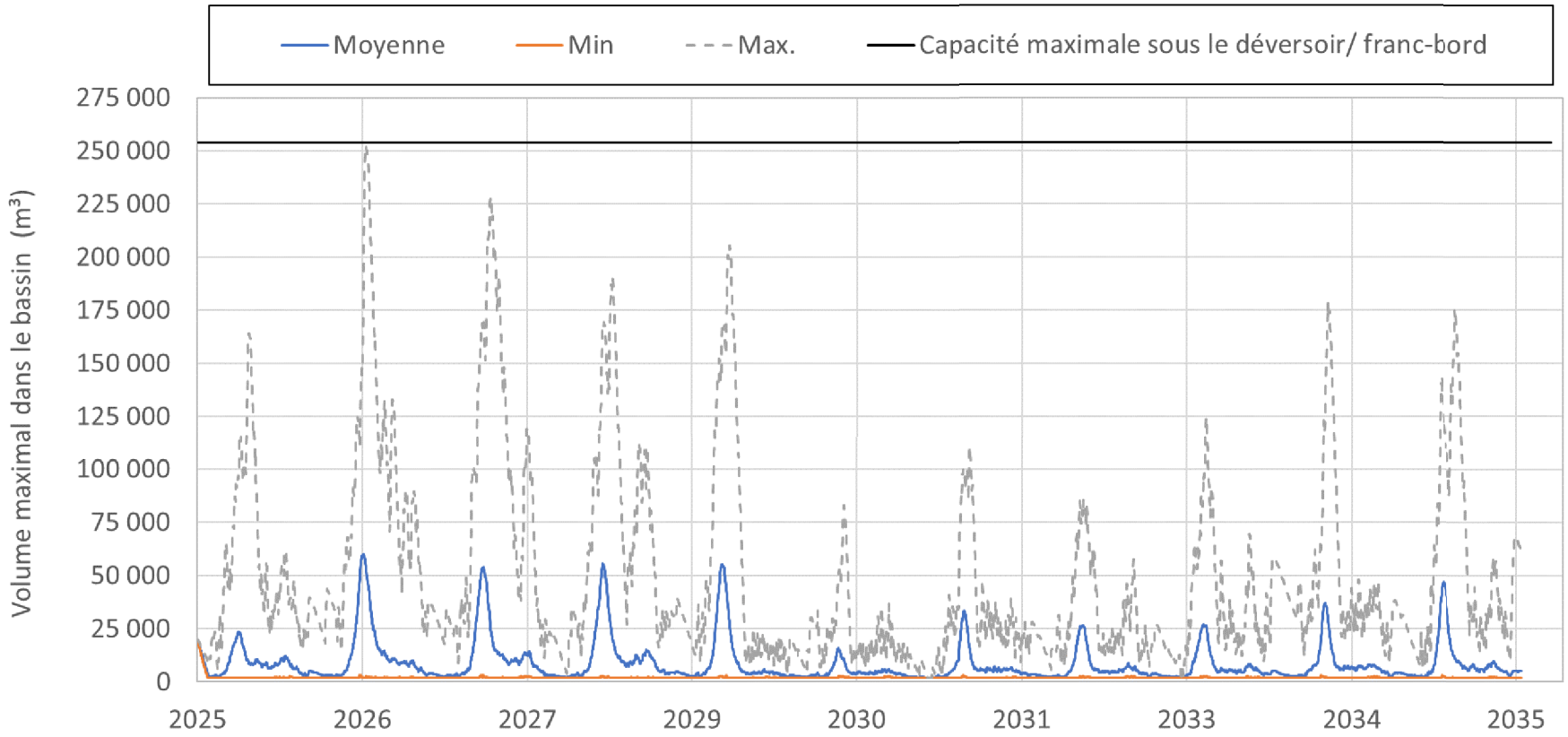


Figure 19: Volume d'eau de contact dans le bassin PAR1 - Basé sur 60 réalisations.

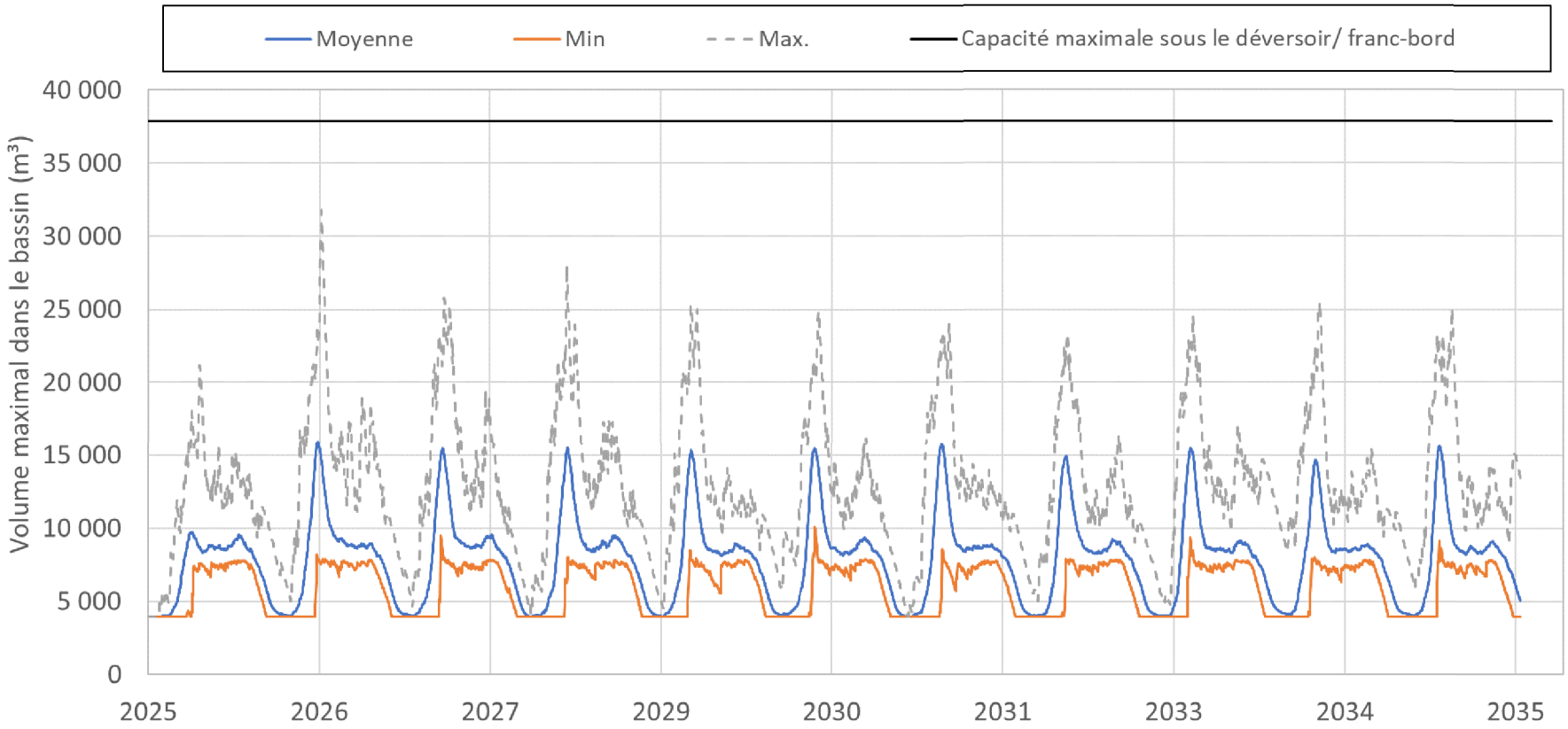


Figure 20 : Volume d'eau de contact dans le bassin PAR2 - Basé sur 60 réalisations.

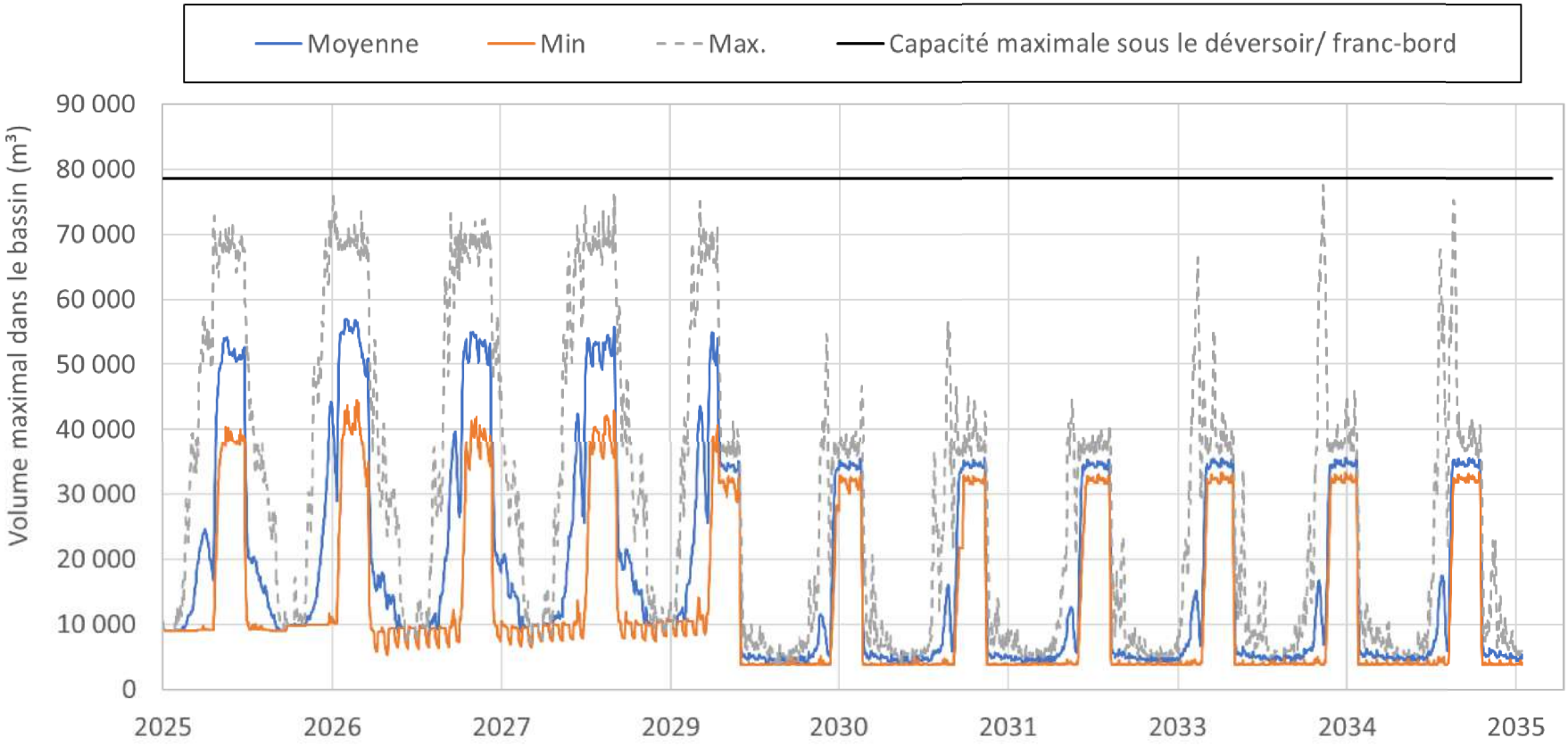


Figure 21 : Volume d'eau de contact dans le bassin D - Basé sur 60 réalisations.

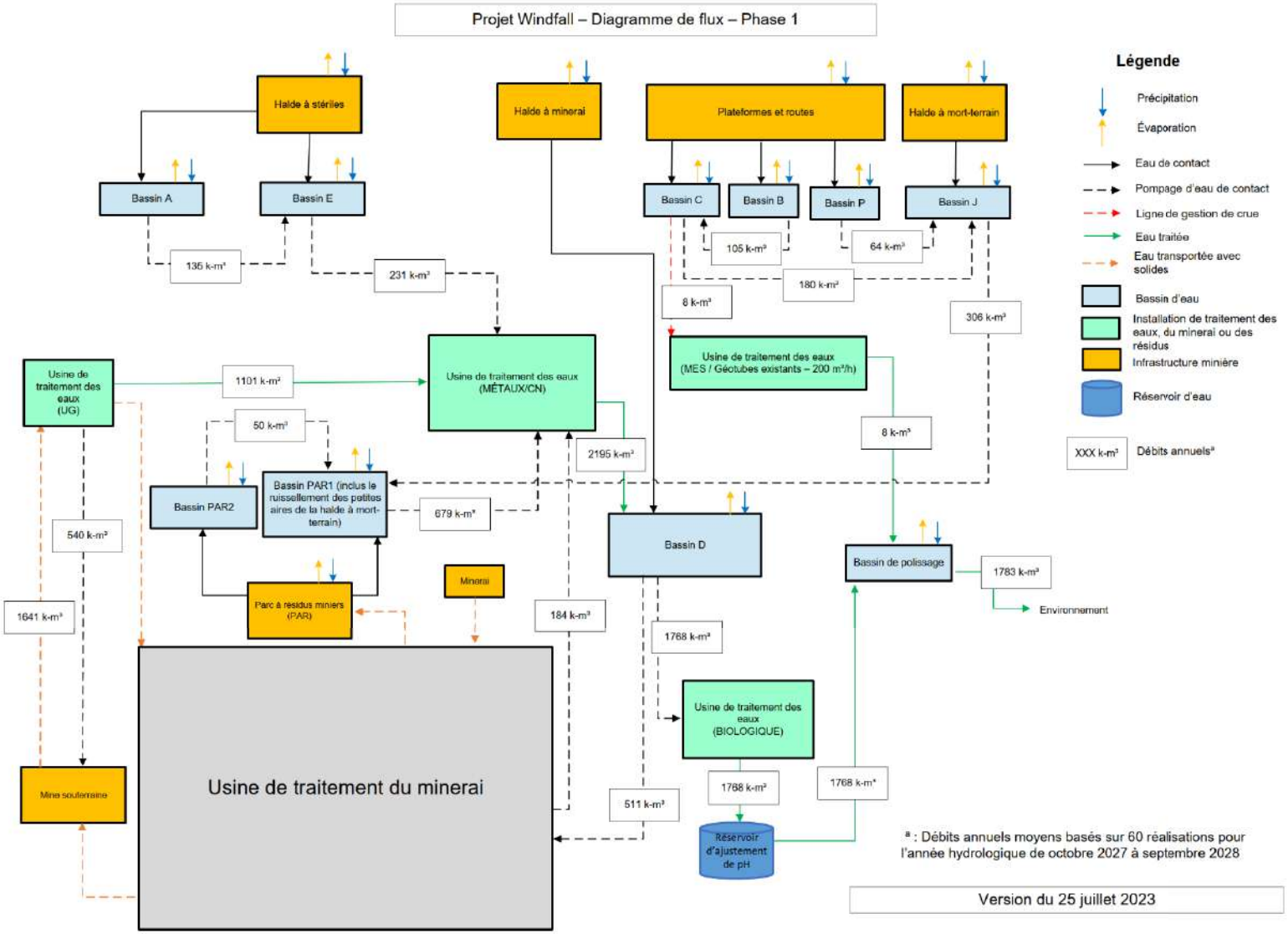


Figure 22: Débits moyens annuels - Phase 1

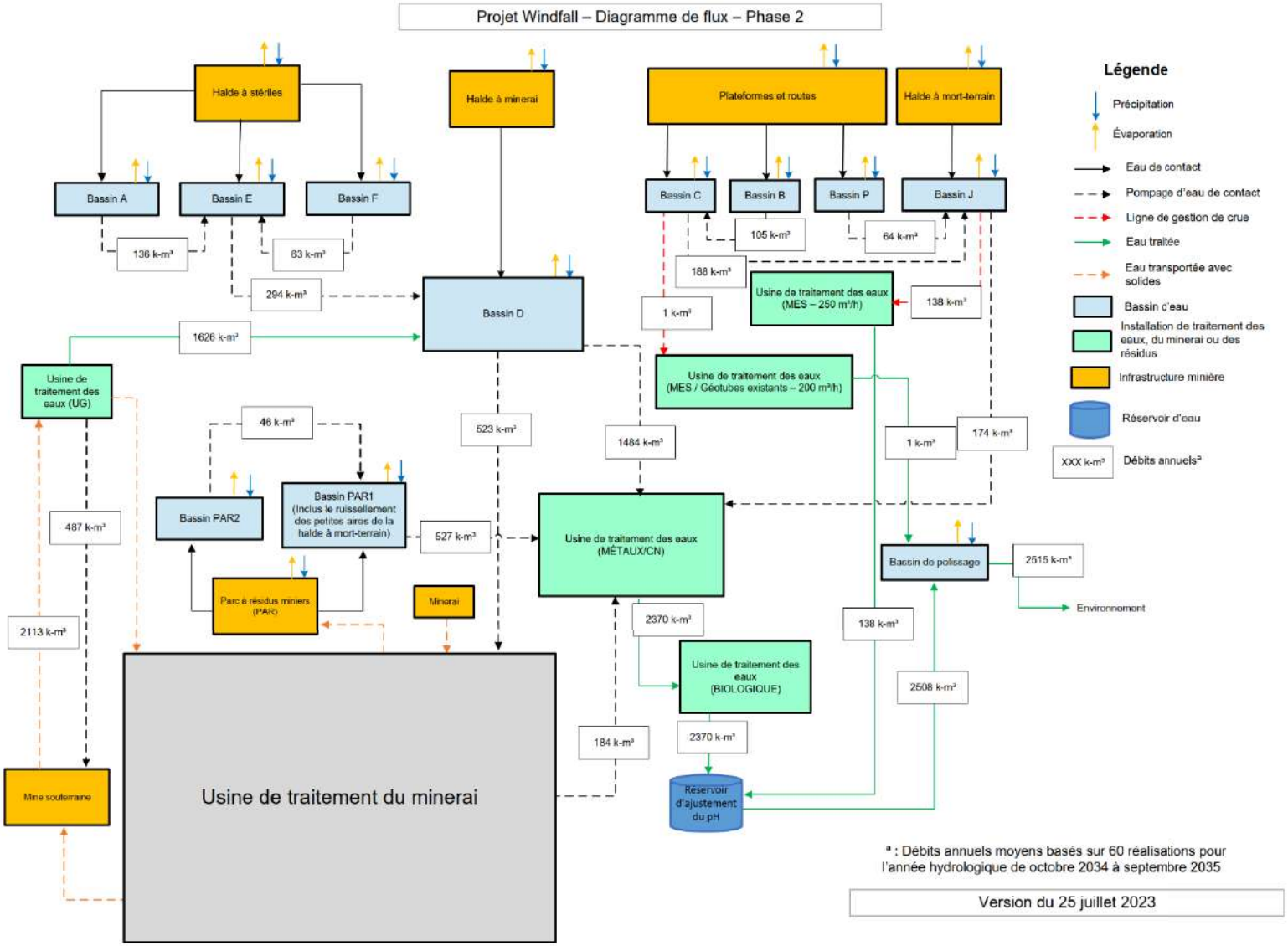


Figure 23: Débits moyens annuels - Phase 2

5.2 Simulations déterministes

Pour vérifier les capacités des bassins, les évènements de conception sont appliqués de manière déterministe dans le modèle. Les volumes d'eau maximaux stockés dans les bassins pour la durée des activités de la mine sont fournis dans le Tableau 18. Les résultats sont présentés pour deux évènements de conception (1:100 ans et 1:2000 ans) où les pointes se produisent au milieu de la période de conception de 30 jours (voir la section 2.1). Les capacités maximales présentées dans ce tableau représentent le stockage maximal de l'eau dans les bassins sous l'élévation du seuil du déversoir d'urgence.

Les volumes d'eau stockés dans les bassins D et PAR1 pendant les évènements de conception au-dessus de la durée des activités de la mine sont présentés à la Figure 24 et à la Figure 25, respectivement.

Les résultats montrent qu'il y aura une capacité de stockage suffisante dans les bassins, tels qu'ils sont actuellement conçus, pour stocker l'eau de contact pendant toute la durée de vie de la mine pour les évènements de conception de la D019.

Tableau 18: Volume maximal dans les bassins (en m^3) pour les évènements de conception.

Bassin	Max Capacité	Phase 1 - évènement de conception de 100 ans	Phase 2 - évènement de conception de 100 ans	Phase 1 - évènement de conception de 2000 ans	Phase 2 - évènement de conception de 2000 ans
Bassin A	11 965	9 700	9 700	-	-
Bassin B	13 500	6 200	6 200	-	-
Bassin C	30 300	24 400	22 900	-	-
Bassin E	10 700	4 200	8 900	-	-
Bassin D	78 500	72 900	69 900	72 300	-
Bassin F	21 600	-	17 500	-	-
Bassin J	32 800	27 600	23 100	-	-
Bassin P	11 900	7 700	7 000	-	-
Bassin PAR1	253 880	195 200	161 500	252 900	196 600
Bassin PAR2	37 900	23 700	23 500	28 500	28 300

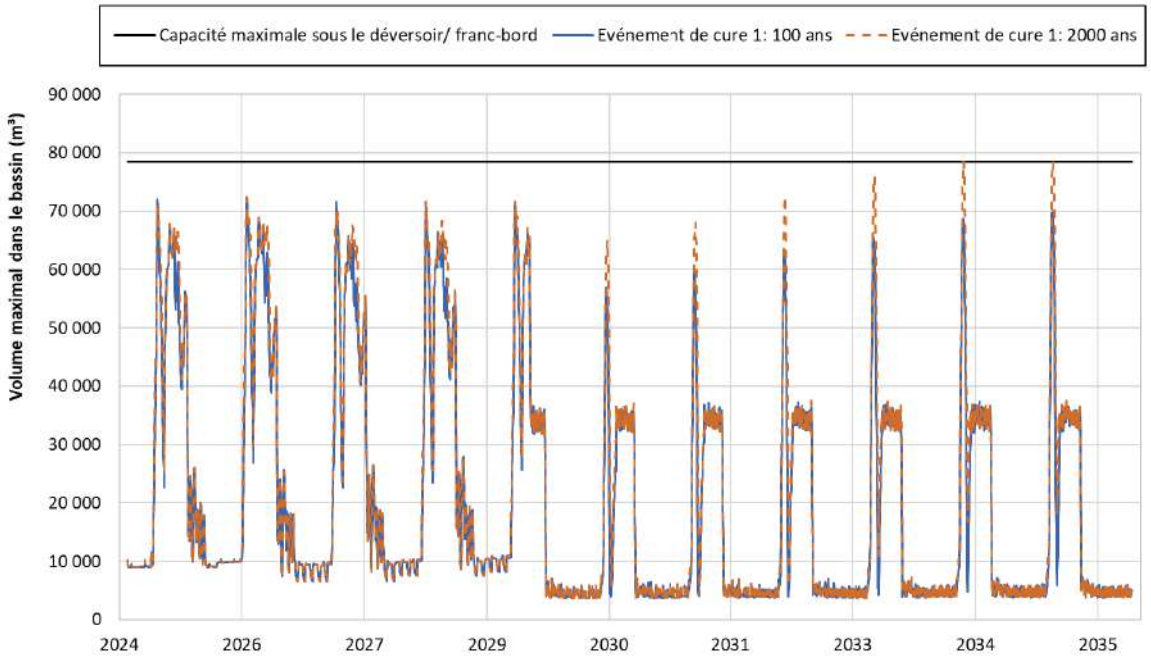


Figure 24: Volume quotidien du bassin D pendant les évènements de conception

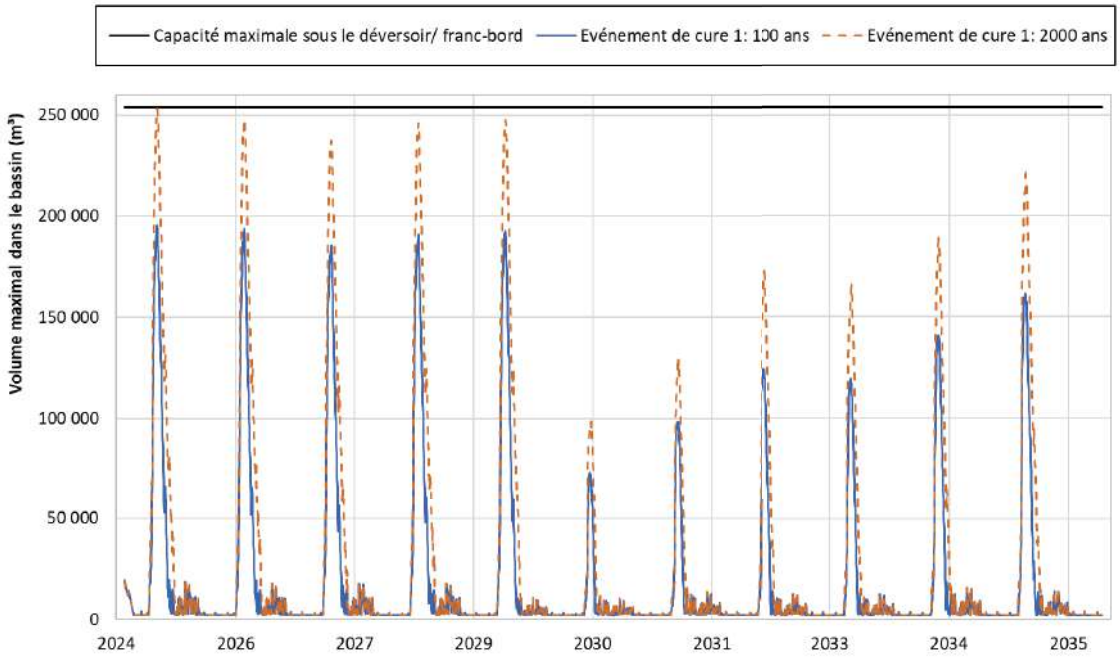


Figure 25: Volume quotidien du bassin PAR1 pendant les évènements de conception

6.0 RÉSUMÉ ET RECOMMANDATION

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 12 heures.

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 dans la phase 1, halde à stériles, halde à minerai et routes de plates-formes / transport) et du dénoyage souterrain de la mine. En hiver, la principale source d'eau à l'usine est l'afflux d'eau souterraine.

Les résultats du modèle de bilan hydrique montrent que les eaux collectées du site et la demande eau de l'usine de traitement du minerai arrivent à toutes les étapes et à différentes saisons pendant la durée de vie de la mine. Le taux de traitement requis montre des variations saisonnières, avec des taux de traitement plus faibles en hiver et des taux de traitement plus élevés en été.

Le taux annuel moyen de traitement de l'eau à l'UTE Biologique est estimé à environ 223 m^3/h dans l'ensemble de la durée des activités minières. Le rejet annuel moyen d'effluents vers l'environnement est estimé à environ 233 m^3/h. Le volume annuel moyen d'effluents augmente progressivement, passant d'environ 1,84 M-m^3 en année 1 à 2,43 M-m^3 en année 9.

Les résultats démontrent qu'il y aura une capacité de stockage suffisante dans les bassins pour stocker l'eau de contact pendant toute la durée de vie de la conception de la mine dans le cadre des événements de conception D019 et les 60 scénarios climatiques futurs.

7.0 CONCLUSION

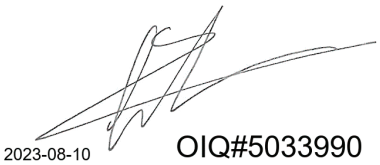
Nous espérons que ce qui précède répond à vos exigences actuelles. Si vous avez des questions ou des commentaires, veuillez communiquer avec les soussignés.

Page Signature

WSP Canada Inc.



Nasim Hosseini, P.Eng., M.Sc.
Ingénieure Ressource en eau



2023-08-10 OIQ#5033990

Aytaç Göksu, ing.
Ingénieur Ressource en eau

MR/NH/AG/cd/anr/vd

https://wsponlinecan.sharepoint.com/sites/ca-ca00024495772/shared documents/05. technique/5000 - bilan et gestion de l'eau/5200 - bilan d'eau/report/final version of the report/révision ac/cawl-re-wm-0601-ac waterbalancereport-forpermit.docx

WSP a préparé le présent rapport uniquement à l'intention du bénéficiaire visé, conformément à l'entente de services professionnels. Le destinataire prévu est seul responsable de la divulgation de toute information contenue dans ce rapport. Le contenu et les opinions contenus dans le présent rapport sont fondés sur les observations et/ou les informations dont il disposait au moment de l'établissement du présent rapport. Si un tiers utilise, s'appuie sur ou prend des décisions conformément à ce rapport, ledit tiers est seul responsable de cette utilisation, de cette confiance ou de ces décisions. WSP n'accepte aucune responsabilité pour les dommages, le cas échéant, subis par un tiers à la suite de décisions prises ou de mesures prises par ledit tiers sur la base de ce rapport. Cet énoncé des limites est considéré comme faisant partie intégrante du présent rapport.

L'original de ce fichier numérique sera conservé pour une période d'au moins 10 ans. Comme le fichier numérique transmis au destinataire prévu n'est plus sous le contrôle de WSP, son intégrité ne peut être assurée. En tant que tel, ne garantit aucune modification apportée à ce fichier numérique après sa transmission au destinataire prévu.

RÉFÉRENCES

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 Canadas, 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, 2012. Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs. *Directive 019 sur l'industrie minière*. Mars 2012.

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. Chablis - Bilan hydrique: excès d'eau. 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.

PSSF, 2023b. Plan de gestion de l'eau - Conception détaillée. En préparation.

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. Chablis - Déshydratation de l'eau de table. Courriel reçu de Kim-Quyên Nguyên 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.

ANNEXE A

Taux mensuels de ruissellement et d'exfiltration prédits par le modèle

Tableau A-1. Taux mensuels de ruissellement et d'exfiltration prédits par le modèle pour différents types de couvert (aires du projet) - Moyenne de 60 réalisations en climats futurs

Année	Mois	Zone développée	Terrain naturel	Halde à mort-terrain		Halde à stériles et à minerai		Parc à résidus (résidus exposés)	
		Ruissellement	Ruissellement	Ruissellement	Exfiltration	Ruissellement	Exfiltration	Ruissellement	Exfiltration
2034	Octobre	90 %	65 %	49 %	16 %	45 %	52 %	82 %	10 %
2034	Novembre	80 %	64 %	46 %	18 %	40 %	55 %	71 %	14 %
2034	Décembre	14 %	12 %	8 %	4 %	7 %	9 %	13 %	3 %
2035	Janvier	2 %	1 %	1 %	0 %	1 %	1 %	1 %	0 %
2035	Février	11 %	6 %	5 %	1 %	5 %	3 %	10 %	1 %
2035	Mars	74 %	48 %	39 %	9 %	36 %	34 %	68 %	6 %
2035	Avril	89 %	64 %	47 %	17 %	44 %	43 %	82 %	7 %
2035	Mai	83 %	67 %	44 %	24 %	44 %	55 %	77 %	9 %
2035	Juin	73 %	41 %	34 %	6 %	42 %	42 %	70 %	4 %
2035	Juillet	72 %	40 %	34 %	6 %	42 %	42 %	69 %	4 %
2035	Août	77 %	46 %	37 %	9 %	43 %	45 %	73 %	5 %
2035	Septembre	84 %	56 %	44 %	12 %	44 %	49 %	78 %	7 %
2035	Annuel	62 %	43 %	32 %	10 %	33 %	36 %	58 %	6 %



wsp.com

1-2

WATER QUALITY MODEL SITE-WIDE – WINDFALL PROJECT

CONFIDENTIEL

MEMORANDUM TECHNIQUE

DATE 18 décembre 2023 **Reference No.** CAWL-TM-WM-0600-01

À Kim-Quyên Nguyên, Directrice de projet - Groupe Minier Windfall (GMW)
Andréanne Boisvert, Vice-Présidente, Environnement et Relations Communautaires (GMW)

C.C

DE Nathan Logan, Kristina Skeries, Ken De Vos **ADRESSE COURRIEL nathan.logan@wsp.com, kristina.skeries@wsp.com, ken.devos@wsp.com**

MODÈLE DE QUALITÉ DE L'EAU À L'ÉCHELLE DU SITE – PROJET WINDFALL

1.0 INTRODUCTION

Groupe Minier Windfall (GMW) a mandaté WSP Canada Inc. (WSP) afin de préparer un modèle de qualité de l'eau à l'échelle du site pour le projet Windfall au niveau de la conception détaillée dans le but d'appuyer la demande de permis du projet. Le projet de la mine d'or Windfall[1], propriété de Groupe Minier Windfall, est situé dans la région du Nord-du-Québec, au Québec.

Le projet comprendra une installation de gestion des résidus d'une capacité totale de 9,0 Mt (millions de tonnes) de résidus miniers, une mine souterraine, une halde à stériles à base imperméabilisée (géomembrane) d'une capacité de 9,1 Mt, une halde à minerai à base imperméabilisée et une halde à mort-terrain.

Environ 60 % des résidus générés par le traitement du minerai seront filtrés et dirigés vers une installation de gestion des résidus en surface sous la forme d'un empilement situé au nord-est de l'usine de filtration, tandis que le reste sera retourné sous terre sous forme de matériau de remblai en pâte.

Le présent rapport fournit un résumé des hypothèses générales, du cadre du modèle et des principaux résultats découlant du modèle de qualité de l'eau (WQM) à l'échelle du site développé pour le site du projet Windfall, à l'appui de l'étude de conception détaillée.

Ce document doit être lu avec l'énoncé des limitations de l'étude, qui suit le texte et fait partie intégrante du présent document. Ce mémorandum est une traduction du mémorandum émis en anglais annexé à ce rapport (voir Annexe A).

[1] Depuis mai 2023, le projet Windfall est la propriété d'une nouvelle entité juridique appelée Groupe Minier Windfall.

2.0 HISTORIQUE

Le modèle de qualité de l'eau dont il est question dans le présent document a été développé à l'aide du logiciel GoldSim™ version 14.0 (GoldSim 2021). GoldSim est un logiciel de simulation Monte Carlo utilisé pour modéliser les performances futures tout en représentant quantitativement les incertitudes dans l'ingénierie, la science et les systèmes d'entreprise. Il est fréquemment utilisé dans l'industrie minière pour évaluer les solutions de rechange à la gestion de l'eau, effectuer des analyses de sensibilité et réaliser des simulations de bilan massique de la qualité de l'eau. Le WQM est l'un des deux principaux éléments qui composent le modèle du projet Windfall à l'échelle du site. L'autre composante principale est le modèle de bilan hydrique (WBM) à l'échelle du site, qui est détaillé dans WSP (2023a) et résumé à la section 2.1.

Dans GoldSim, les principaux flux susceptibles d'influencer la qualité de l'eau collectée sur le site et ultimement rejetée dans le milieu récepteur ont été détaillés et un profil chimique leur a été attribué. Les profils chimiques attribués étaient basés sur des essais géochimiques du stérile, du minerai et du mort-terrain, ou sur des données de surveillance de base des eaux de surface et des eaux souterraines (c.-à-d. « intrant hydrogéochimique »). Les bassins versants et les installations minières prévus (p. ex. les bassins de collecte) qui accumulent de l'eau ont été traités comme des réservoirs distincts dans le modèle. Les volumes d'afflux et les charges ou concentrations massiques associées ont été inclus comme intrants pour chaque réservoir modélisé afin de tenir compte des charges chimiques provenant des zones naturelles, des zones aménagées, des stériles, du minerai, du mort-terrain, des résidus sous forme de remblai en pâte, des résidus empilés secs, des eaux de procédé et des eaux souterraines. Des qualités d'eau mixtes ont ensuite été simulées pour chacun des réservoirs modélisés qui recueillent l'eau du site, y compris le bassin de polissage, qui est le dernier point de contrôle avant le déversement dans le milieu récepteur.

Le WQM a été conçu pour prédire les concentrations d'eau sur un pas de temps de 12 heures au bassin de polissage tout au long de la durée de vie de la mine (LOM) de janvier 2025 à avril 2036.

2.1 Bilan hydrique

Le modèle de bilan hydrique (WBM) est décrit en détail dans WSP (2023a). En général, la gestion de l'eau sur le site est axée sur le détournement de l'eau propre, ou l'eau de non-contact, hors du site et sur la collecte de l'eau de contact en vue de son traitement si nécessaire. Les bassins de collecte sur place retiennent l'eau de contact provenant de la halde à stériles (WRS), de la halde à minerai, des zones aménagées (routes et plateformes), de l'installation de gestion des résidus (PAR) et de la halde à mort-terrain. Les installations souterraines seront continuellement asséchées; cette eau de contact sera également gérée par le système de gestion de l'eau de contact en surface.

L'eau qui interagit avec la terre végétale, la halde à mort-terrain et le ruissellement du camp, des plates-formes de l'usine de traitement du minerai et des routes de camionnage est supposée ne nécessiter qu'une sédimentation avant d'être rejetée dans l'environnement; cependant, le reste de l'eau de contact sera traitée par une série d'usines de traitement des métaux, du cyanure et des composés azotés. Une partie de l'eau traitée du site sera réutilisée pour le traitement du minerai; toutefois, le bassin de polissage recueillera l'eau traitée pour la rejeter dans l'environnement.

Le WBM intègre un ensemble de 60 scénarios projetés de changement climatique futur, générés par une analyse du changement climatique basée sur 30 modèles climatiques globaux (GCMs) disponibles et deux scénarios SSP (*Share Socioeconomic Pathways*), SSP2-4.5 et SSP5-8.5 (WSP Golder 2022). Le WQM est exécuté de manière stochastique (sous la forme d'une simulation de Monte Carlo) à l'aide de ces 60 scénarios climatiques (c.-à-d. pour 60 itérations). Aucune autre entrée du modèle n'a été développée en tant que fonctions de densité de probabilité; par conséquent, les résultats de probabilité présentés dans le présent document sont uniquement basés sur les différences dans les simulations climatiques.

3.0 MODÈLE DE LA QUALITÉ DE L'EAU

Les sections suivantes décrivent le détail des intrants hydrogéochimiques et des hypothèses appliquées dans le WQM.

3.1 Hypothèses

Les hypothèses générales suivantes ont été formulées dans le modèle de la qualité de l'eau :

- Les profils chimiques des intrants hydrogéochimiques de la qualité de l'eau et les intrants de charge chimique utilisés dans la modélisation sont représentatifs de leurs sources d'entrée respectives. Les hypothèses inhérentes au modèle selon lesquelles les données de géochimie obtenues par des essais en laboratoire et les données sur la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines obtenues dans le cadre des programmes de référence représentent de manière adéquate et de façon prudente les sources d'entrée et continueront de le faire à l'avenir.
- Le WQM est conservateur en terme de masse; c'est-à-dire qu'il a une capacité limitée de simuler les transformations des constituants en raison de réactions géochimiques, du cycle des nutriments, de la dégradation ou de la destruction, ou des changements du pH et du potentiel d'oxydoréduction.
- Les constituants non conservateurs de la qualité de l'eau, tels que le pH, le potentiel d'oxydoréduction et la température de l'eau, ne sont pas modélisés.
- Les installations qui contribuent à la masse du système ne connaissent pas d'épuisement au fil du temps, c'est-à-dire que leur capacité à libérer de la masse est infinie.
- Les constituants modélisés sont sous la forme dissoute.
- La fraction particulaire de la masse dans le système n'est pas prise en compte. Le total des solides en suspension (TSS) n'est pas modélisé.
- Tous les bassins sont instantanément et entièrement mélangés.
- Les concentrations mesurées, que ce soit sur le terrain ou dans le cadre d'essais en laboratoire, qui sont inférieures à la limite de détection analytique, ont été entrées comme limite de détection à des fins de modélisation.
- La qualité de l'eau des précipitations et de la fonte des glaces sur les surfaces d'eau est considérée comme étant de 0 mg/L pour tous les constituants.

- Les concentrations projetées présentées dans le présent document sont fondées de façon prudente sur les données de quartile supérieur de la géochimie et de la qualité de l'eau. Des détails sont fournis pour des intrants spécifiques à la section 3.2.

3.2 Intrants

Les sources de masse du modèle de qualité de l'eau sur la durée des opérations sont décrites dans les sections suivantes. Les constituants qui font l'objet d'un suivi dans le modèle sont les suivants :

- Ions majeurs : calcium, magnésium, sodium, potassium, chlorure, fluorure, sulfate.
- Nutriments : nitrate, azote ammoniacal, phosphore total dissous.
- Liés au procédé : cyanure total, thiocyanate, cyanate, cyanure facilement libérable par des acides faibles (WAD).
- Métaux dissous : aluminium, antimoine, arsenic, baryum, béryllium, bismuth, bore, bromure, cadmium, chrome, cobalt, cuivre, fer, lithium, plomb, manganèse, molybdène, nickel, sélénium, argent, strontium, étain, tellure, thorium, thallium, titane, uranium, vanadium, tungstène, zinc.

3.2.1 Résidus de dynamitage

La principale source d'azote ammoniacal et de nitrate sur le site est anticipée d'être les résidus de dynamitage sur les stériles frais et le minerai. Il est prévu d'utiliser une émulsion ammoniac-nitrate comme explosif dans les chantiers souterrains. Un taux de déchets de 5 % est supposé; la quantité totale de résidus est une fonction de ce taux de déchets et du tonnage de matériaux ramenés à la surface (c.-à-d. des matériaux frais uniquement) à un moment donné.

En général, il est supposé que les résidus de dynamitage ne sont libérés du matériau en surface que lorsque de l'eau s'écoule sur ou à travers le matériau (ruissellement ou infiltration). Par conséquent, aucun rejet de résidus de dynamitage dans l'infrastructure de stockage de l'eau n'est pris en compte pendant les mois d'hiver (de novembre à mars inclusivement), ni lorsque le module climatique entraîne une période de débit nul. Les résidus de dynamitage accumulés tout au long de la période hivernale sont supposés être libérés sur une période de 30 jours d'écoulement, à partir du moment où il y a un débit en avril chaque année. Les résidus de dynamitage accumulés en période de débit nul en été sont libérés sur une journée lorsque l'écoulement reprend.

Il est supposé que les stériles nouvellement dynamités libèrent de l'azote ammoniacal et du nitrate associés aux résidus de dynamitage lorsqu'ils sont entreposés dans la halde, peu importe si leur utilisation finale prévue est comme matériau de construction ou non. Par conséquent, dans le modèle, les infrastructures telles que les routes et les plateformes aménagées ne libèrent pas d'azote ammoniacal ou de nitrate associé aux résidus de dynamitage; cependant, cette masse associée d'azote ammoniacal et de nitrate est prise en compte dans le ruissellement et l'infiltration provenant de la halde à stériles.

De même, les stériles ramenés à la surface qui sont ensuite déplacés pour être utilisés sous terre sont supposés libérer des résidus de dynamitage à la surface et non sous terre. Le nitrate provenant des résidus de dynamitage associé au tonnage de stériles qui restent sous terre (pour être utilisés dans le remblai en pâte et les enrochements cimentés) est supposé être produit au fur et à mesure et, en raison de l'absence de saisonnalité sous terre, ne subit aucune sorte d'accumulation en raison d'un flux nul. D'après les données de surveillance historiques, la concentration d'azote ammoniacal dans le puisard souterrain a été fixée à 30 mg-N/L, ce qui représente une partie de la perte de produits de dynamitage sous terre.

On suppose que le matériau minéralisé nouvellement dynamité (minerai) libère 50 % de la charge de résidus de dynamitage lorsqu'il est empilé et 50 % au moment où il est traité à l'usine.

3.2.2 Stériles

Le WQM suit la composition lithologique des stériles sur le site tout au long du LOM. Le 95^{e} percentile de toutes les semaines de données provenant de douze essais en cellules humides (HCT) est utilisé pour calculer les intrants hydrogéochimiques de la charge chimique de dix lithologies. Un résumé des lithologies et des données sources est présenté au Tableau 1. Les stériles sont présents dans trois zones au site : la halde à stériles, les chantiers souterrains comme remblai et certaines infrastructures, comme matériau de construction . Tous les déchets sont supposés être entreposés à la surface pendant un certain temps au WRS avant d'être concassés et déposés à leur emplacement final. Les résidus de dynamitage sont supposés être entièrement libérés au cours de cet entreposage provisoire et sont supposés s'introduire dans les bassins recueillant le ruissellement et les infiltrations du WRS.

Tableau 1: Description des lithologies des stériles du site et des essais en cellules humides (HCT) de stériles correspondants utilisés pour l'élaboration des intrants hydrogéochimiques.

Code de la lithologie au site	Description simplifiée de la lithologie	Lithologie assignée au HCT	Numéro d'échantillon HCT
I13	Granodiorite à l'hématite	I2F/I13	OBM-15-564_79 (44)
I2J	Dyke intermédiaire		
I1P	Granodiorite felsique intrusive	I1P	OBM-16-630_61 (44), EAG-13-485_3 (30), OSK-W-16-743_93 (30)
I1PYB	Granodiorite felsique intrusive		
I2P	Granodiorite felsique intrusive	I2P	OSK-W-17-812_102 (44)
I1 Frg	Granodiorite à brèches magmatiques fragmentaires	I1 Frg	OBM-16-671_23 (30)
I3A	Mafique, Gabbro/ Diorite intrusive	I3A	EAG-14-538_58 (186)
V1	Felsique volcanique, rhyolite/ dacite	V1	OSK-W-16-760_67 (44), OSK-W-17-773_41 (30)
V2	Mafique volcanique intermédiaire, basalte/ andésite	V2	OSK-W-16-760_31 (30), OBM-16-580_17 (44), OSK-W-17-774_44 (30)

() Indique le nombre de semaines de données utilisées

3.2.2.1 Halde à stériles

La halde à stériles en surface (WRS) permet l'entreposage des stériles générés sur le site. La composition de la halde à stériles est saisie sur un pas de temps annuel (Osisko 2022b; Osisko 2023a) qui est ensuite interpolé linéairement à chaque pas de temps du modèle; la série temporelle de la distribution lithologique est présentée à la Figure 1 (où chaque ligne est représentative d'une lithologie différente). À chaque lithologie est attribuée un intrant hydrogéochimique basé sur la charge dérivée des données HCT. Les charges de masse sont libérées en fonction du tonnage total de la halde à stériles chaque fois que l'infiltration et le ruissellement sont supérieurs à 0 m^3/jour. Les charges ne sont pas supposées es'accumuler pendant les périodes de débit nul. Tous les matériaux en surface sont supposés, de manière conservatrice, d'avoir une masse infinie (c.-à-d. que la libération des charges chimiques ne s'épuise pas avec le temps).

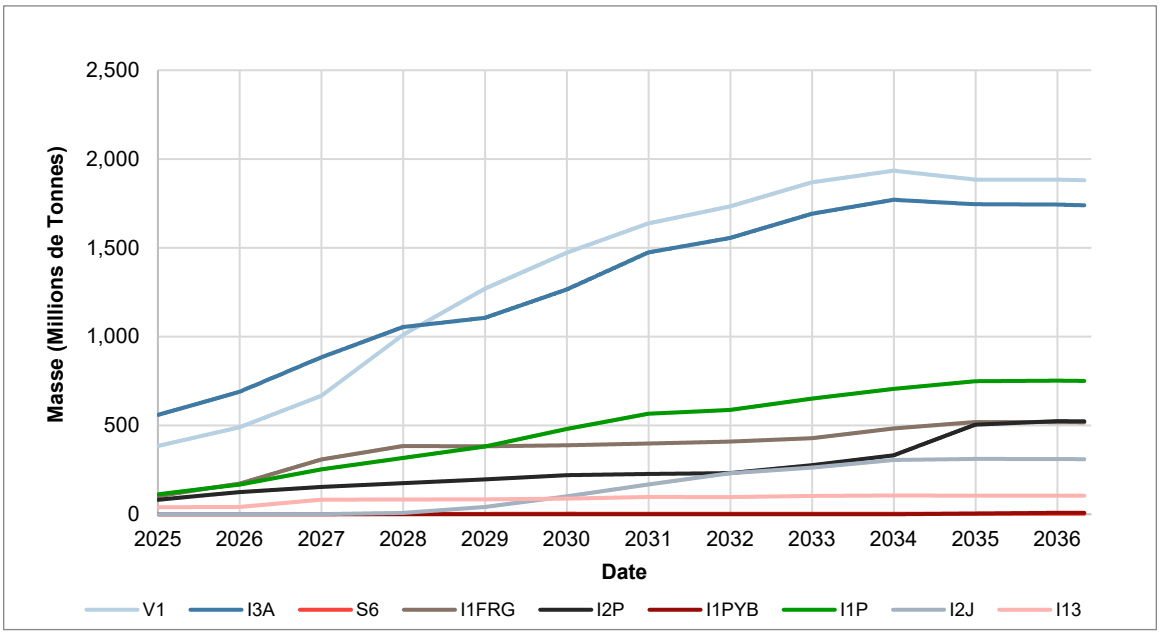


Figure 1: Masse des lithologies entreposées sur le WRS au fil du temps.

3.2.3 Minerai

Tout comme pour les stériles, le minerai est supposé être entreposé en surface et libère des charges massiques qui s'introduiront dans l'infrastructure de gestion de l'eau. Le minerai sera entreposé à deux endroits sur le site : sur la halde à minerai (MMSP) et sur la halde à stériles (WRS). Les intrants hydrogéochimiques du minerai sont répartis en six zones minéralisées : Zone 27 (Z27), Caribou (CA1), Lynx Main (LXM), Triple Lynx (TLX), Lynx 4 (LX4) et Underdog (UDD). Les intrants hydrogéochimiques sont dérivés à l'aide des 95^{e} percentiles de toutes les semaines de données disponibles au moment de la dérivation des intrants hydrogéochimiques des HCTs applicables. Un résumé est fourni au Tableau 2.

Tableau 2: Description des zones minéralisées et des HCT(s) utilisé(s) pour développer les intrants hydrogéochimiques.

Code de la zone minéralisée du site	Description simplifiée des zones minéralisées	Numéro d'échantillon HCT
Zone 27 (Z27)	Main	E-27-U-H (44)
Caribou (CA1)		E-CA-U-H (30)
Lynx (LXM)	Lynx	PK-3 (44)
Triple Lynx (TLX)		
Lynx 4 (LX4)		
Underdog (UDD)	Underdog	Underdog A (30)

() Indique le nombre de semaines de données utilisées

La composition du minerai prévu d'être entreposé sur place est introduite sur une base annuelle (Osisko, 2023a), qui est ensuite interpolée linéairement à chaque pas de temps du modèle. À chaque zone minéralisée sont attribuées des valeurs d'intrants hydrogéochimiques basées sur la charge chimique résultant des données HCT. Les charges sont libérées en fonction du tonnage de l'empilement lorsque l'infiltration et le ruissellement sont supérieurs à 0 m^3/jour. Les charges ne sont pas supposées s'accumuler pendant les périodes de débit nul. La surface de la halde à minerai est supposée, de manière conservatrice, avoir une charge infinie (c.-à-d. que la libération des charges chimiques ne s'épuise pas avec le temps).

3.2.3.1 Minerai entreposé sur la halde à minerai

La halde à minerai est supposée être utilisée pour l'entreposage à long et à court terme des matériaux et il présente un flux quotidien net de matériaux plus important que celui représenté dans la composition annuelle. Pour tenir compte de l'ajout de nouveaux matériaux sur la halde (nécessaire pour le calcul de la libération des résidus de dynamitage), il est présumé qu'un minimum de 25 % du tonnage maximal annuel de matériaux est retiré et remplacé chaque année (Osisko, 2023a). Dans les années où l'agrandissement de la halde dépasse ces 25 %, ce nouveau taux de tonnage plus élevé est utilisé. Conformément à la section 3.2.1, on suppose que 50 % des résidus de dynamitage sont libérés de la halde, et les 50 % restants sont libérés dans l'usine de traitement.

La composition (répartition des zones minéralisées décrite au Tableau 2) du minerai dans le MMSP est présentée à la Figure 2.

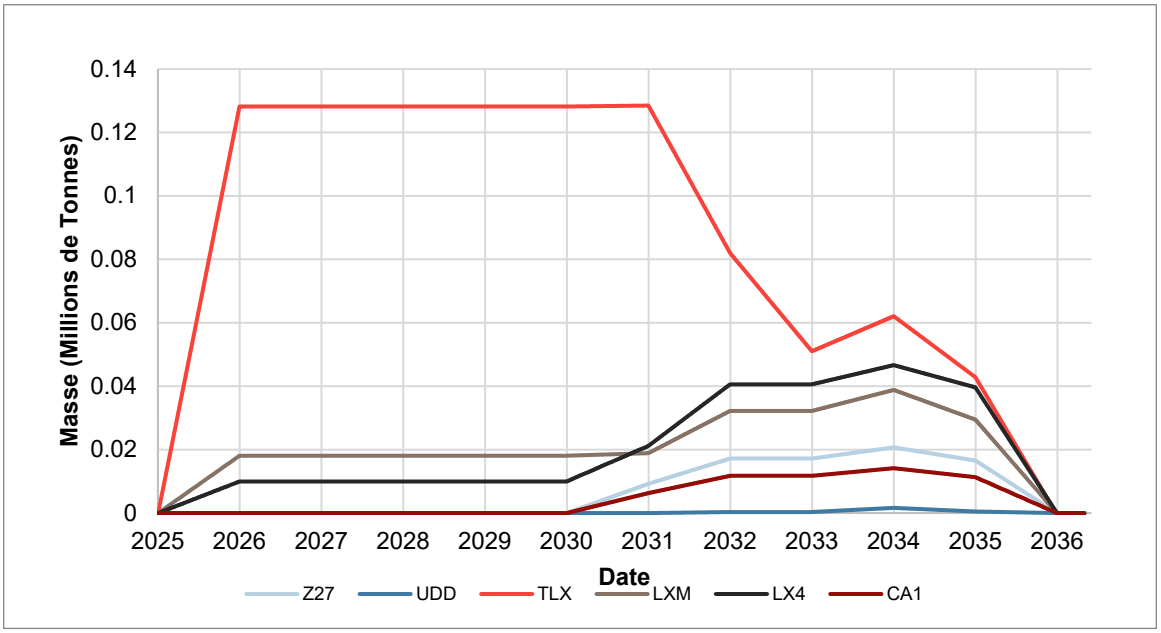


Figure 2: Masse modélisée de minerai provenant de différentes zones minéralisées dans la halde à minerai.

3.2.3.2 Minerai entreposé surla halde à stériles

Une partie de la halde à stériles sera également utilisée comme aire de stockage de minerai secondaire. Cette halde est supposée avoir un flux quotidien inférieur à celui du MMSP; le flux annuel de nouveaux matériaux, répartis également tous les jours, est utilisé pour calculer la masse de matériaux frais dans le but de calculer la libération de résidus de dynamitage. Conformément à la section 3.2.1, on suppose que 50 % des résidus de dynamitage sont libérés de la pile, et les 50 % restants sont présumés être libérés dans l'usine de traitement.

La composition (répartition des zones minéralisées) du minerai dans le WRS est présentée à la Figure 3.

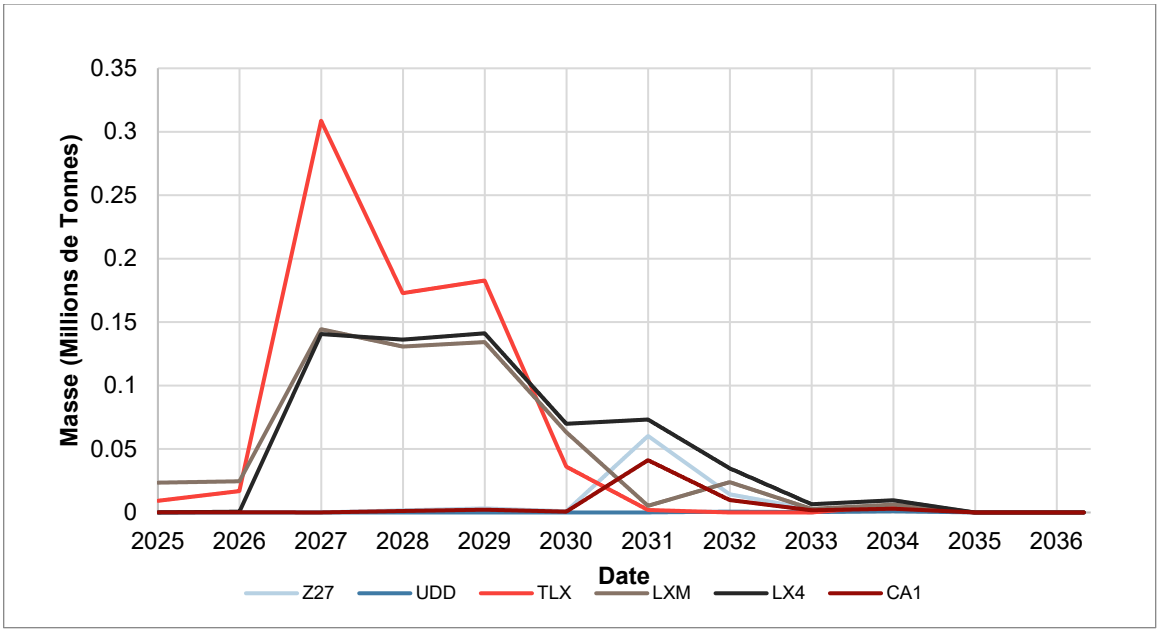


Figure 3: Masse modélisée du minerai de chaque zone minéralisée entreposée dans le WRS.

3.2.4 Résidus et raffinage

Le traitement du minerai se fait sur le site et résultera en la création d'eau de procédé, de résidus secs empilés et de remblai en pâte. Ces trois produits interagiront avec la gestion de l'eau sur le site, et leurs contributions aux charges de masse au système sont prises en compte dans le modèle de qualité de l'eau.

La qualité de l'eau de procédé consiste en une combinaison d'eau de procédé recirculée et d'eau d'appoint du bassin D. Les intrants hydrogéochimiques pour les conditions initiales de l'eau de procédé, qui représentent également la quantité de masse supposée être ajoutée par le processus de recirculation, ont été dérivés d'essais pilotes. Des analyses représentatives de la qualité de l'eau sur l'eau de procédé ont été choisies pour être appliquées à différents moments de la durée de vie de la mine en fonction de la zone minéralisée exploitée. Tout au long de la durée de vie de la mine, les concentrations prévues dans l'usine de traitement du minerai ont été autorisées à s'accumuler jusqu'à un maximum de trois fois la qualité initiale de l'eau de procédé (Osisko, 2023b).

Comme le modèle de qualité de l'eau est conservateur en masse, certains constituants qui ne pouvaient pas être modélisés de manière appropriée dans l'eau de procédé ont été ajustés ou remplacés pour la qualité finale prévue de l'eau de procédé. Les points suivants décrivent les ajustements qui ont été effectués pour assurer une qualité plus représentative de l'eau de procédé :

- Dans le cadre des intrants hydrogéochimiques pour l'eau de procédé, l'azote ammoniacal a été fixé à une concentration constante de 75 mg-N/L (Osisko 2023c) et a ensuite été autorisé à s'accumuler jusqu'à un maximum de trois fois cette concentration, en cohérence avec le restant des constituants.
- Cyanure facilement libérable par des acides faibles (WAD) et cyanure total : ces composés sont associés au processus de lixiviation et de destruction ultérieure du cyanure, et subissent des transformations tout au long du processus qui ne peuvent pas être représentées avec précision dans le modèle de qualité de l'eau. Le cyanure WAD a été fixé à une concentration constante de 5 mg/L (BBA 2023), le cyanure total a été fixé à une concentration constante de 20 mg/L (BBA 2023).
- Limites de solubilité : Pour tenir compte des effets potentiels de la solubilité des minéraux sur les concentrations projetées dans les eaux de procédé, des aperçus représentatifs de l'eau de procédé projetée à la suite d'un changement de cycle (sans limites de trois fois) ont été ajustés à l'aide du code de spéciation géochimique et de transfert de masse PHREEQC. La base de données MinteqV4 a été utilisée pour fournir les concentrations équilibrées finales de constituants considérées comme étant à leur point de saturation. Ces concentrations ont ensuite été appliquées comme limites de solubilité pour la qualité prévue de l'eau de procédé. Les limites de solubilité appliquées sont indiquées au Tableau 3.

Tableau 3: Résumé des limites de solubilité modélisées appliquées dans le processus de raffinement.

Constituant	Unité	Phase 1	Phase 2
Sulfate (SO_4)	mg/L	4 533	12 742
Aluminium (Al)	mg/L	0,0043	0,0024
Baryum (Ba)	mg/L	0,0027	0,0011
Calcium (Ca)	mg/L	489	322
Fer (Fe)	mg/L	0,099	-

3.2.4.1 Parc à Résidus

Une installation de gestion des résidus empilés à sec (Parc à Résidus) est prévue sur le site. Deux voies permettent de libérer les charges du parc à résidus (PAR) : le ruissellement et l'exfiltration. Ces deux voies sont caractérisées par des intrants hydrogéochimiques sous forme de concentrations.

Il est supposé que toute exfiltration produite sera de la qualité de l'eau de procédé, modélisée conformément à la section 3.2.4. Comme la base du PAR sera imperméabilisée, toute exfiltration sera collectée et finalement dirigée vers l'un des deux bassins du PAR.

Le PAR sera construit par phases, appelées zones. Puisque les résidus sont déposés par zones, restaurées progressivement, les eaux de ruissellement interagissent avec soit des aires imperméabilisées, soit des résidus secs empilés exposés ou soitdes aires déjà restaurées. Il est supposé que les eaux de ruissellement sur la membrane de couverture n'acquièrent aucune charge chimique (c.-à-d. qu'il a une masse nulle), et que les eaux de ruissellement au-dessus des zones restaurées ont la même qualité d'eau que les eaux de ruissellement naturelles. Comme approche conservatrice, les composés cyanurés sont supposés ne subir aucune transformation ou volatilisation dans les eaux de surface.

Il est supposé que le ruissellement sur la surface des résidus n'interagisse qu'avec une couche supérieure très mince et qu'il acquiert une concentration qui vise à représenter un mélange de divers degrés de stades potentiels de génération d'acide, puisque les résidus ont été identifiés comme ayant un potentiel de génération d'acide (WSP, 2023b). Les intrants hydrogéochimiques suivants ont été inclus dans les concentrations de ruissellement des résidus :

- Vieux matériau: matériau présent dans le PAR depuis suffisamment longtemps pour que les conditions de production d'acide commencent à se manifester. Ce matériau est représenté par les résultats des essais NAG effectués sur les résidus, dont les résultats ont indiqué que le matériau était potentiellement générateur d'acide et fournissent une indication de la teneur potentielle en métal du lixiviat après l'oxydation de tous les matériaux sulfurés.

Matériau modérément exposé: matériau présent dans le PAR depuis un certain temps et qui peut ou non être en train de générer de l'acidité. Ce matériau est représenté par les concentrations du 95^{e} percentile observé au cours de toutes les semaines disponibles des essais en cellules humides des résidus concernés. Un résumé des essais en cellules humides utilisés et le nombre de semaines de données disponibles sont présentés au

- Tableau 4. Il convient de noter que les essais en cellules humides produisaient des conditions acides au moment où les intrants hydrogéochimiques ont été calculés et tiennent donc compte de la possibilité que des conditions acides soient présentes.
- Matériau frais : matériau qui a été placé dans le PAR récemment et n'a pas encore eu la chance de générer de l'acidité. Ce matériau est représenté par les concentrations du 95^{e} percentile observé au cours des six premières semaines des essais en cellules humides des résidus concernés.

Au fur et à mesure que chaque zone est construite avec des résidus, il est anticipé que les nouveaux résidus soient systématiquement placés sur les matériaux plus anciens dans une courte période de temps, ce qui pourrait limiter les réactions d'oxydation susceptibles de se produire dans le matériau plus ancien. De plus, chaque zone sera recouverte d'un revêtement géosynthétique et restaurée dans l'année qui suit l'achèvement des travaux. Comme les études de géochimie indiquent que le début de la génération d'acide peut se produire dans un délai de trois à quatorze ans, il est possible qu'il y ait peu ou pas de génération de conditions acides qui se produise pendant le remplissage du PAR ou avant le recouvrement de chaque zone, lorsque les matériaux de résidus sont exposés. Par conséquent, les hypothèses suivantes ont été formulées en ce qui concerne la quantité de résidus exposés attribuée à chaque âge de matériau et à chaque intrant hydrogéochimique :

- Vieux matériau : Bien qu'il soit prévu, selon le plan de minage, que les résidus soient recouverts avant le début de la génération d'acide, 10 % de la surface exposée des résidus du PAR est retenu à titre de mesure conservatrice.
- Matériau modérément exposé : environ 17 % de la surface exposée des résidus du PAR.
- Matériau frais : environ 73 % de la surface exposée des résidus du PAR.

La qualité finale des eaux de ruissellement du PAR est une moyenne pondérée basée sur les intrants hydrogéochimiques et les proportions décrits ci-dessus.

Tableau 4: Résumé des subdivisions des résidus miniers utilisées dans le modèle et des résidus correspondants HCT(s) utilisé(s) pour l'élaboration de l'intrant hydrogéochimique.

Code de la zone minéralisée du site	Numéro d'échantillon HCT
Lynx 4	CIL 13 CND (66)
Lynx Main	CND 5 (44)
Triple Lynx	CIL 11 CND (25)
Underdog	CND 6 (190)
Zone 27 + Caribou	CND 1 (31), CND 4 (31)

() Indique le nombre de semaines de données utilisées

Un abat-poussière sera appliqué selon un calendrier régulier sur la surface du PAR. On suppose que l'abat-poussière sera à base de chlorure de calcium (Occidental Chemical Corporation 2023 ou produit équivalent). Un calendrier biannuel (le 15 mai et le 15 juillet) est appliqué à la surface totale des résidus du PAR à ce moment-là. Il est supposé que le produit est lavé de la surface à un taux de 50 % du produit restant par jour lorsqu'il y a un ruissellement.

3.2.5 Mort-terrain

Une halde à mort-terrain sera présente sur le site. Le 95^{e} percentile de tous les essais de lixiviation à court terme applicables disponibles (CTEU-9 et SPLP) sur les échantillons de mort-terrain disponibles est appliqué pour représenter la qualité de l'eau du ruissellement et d'infiltration provenant de cette pile.

3.2.6 Mine souterraine

Les chantiers et galeries souterrains de la mine seront asséchés tout au long de la durée de vie de la mine. Cette eau aura un impact sur la qualité de l'eau du site lorsqu'elle se mélangera aux eaux en surface. L'espace créé dans le chantier sera utilisé pour le stockage à long terme des résidus sous forme de remblai en pâte cimentée, et les stériles seront utilisés comme remblai rocheux. De plus, les eaux souterraines régionales entrant dans les chantiers souterrains seront recueillies dans les puisards. Cette eau est représentée par le 95^{e} percentile des données de surveillance des eaux souterraines obtenues à partir des puits du site installés dans le socle rocheux. Des puits spécifiques ont été sélectionnés en fonction de leur proximité avec la zone de rabattement et les données de surveillance datent de novembre 2017 (WSP 2023c).

Les résidus, sous forme de pâte cimentée, seront utilisés comme remblai. Il est supposé qu'au fur et à mesure que le ciment durcit, l'eau s'écoulera du remblai en pâte et contribuera à la charge massique du puisard souterrain. Il est également supposé, de manière prudente, que les eaux souterraines infiltrées interagiront avec l'eau interstitielle et la remplaceront dans les 10 cm les plus extérieurs du remblai en pâte exposé. Au fur et à mesure que ce remplacement se produit, l'eau interstitielle existante est également mélangée dans le puisard souterrain. Il est supposé que les deux sources d'eau interstitielle expulsée du remblai en pâte auront une qualité de l'eau de procédé, telle que prévu dans le modèle de qualité de l'eau.

Une fois que les stériles ont été concassés en surface, une partie du matériau sera renvoyée sous-terre pour le remblayage et la construction. Il est supposé que les proportions lithologiques de ce matériau supplémentaire soient identiques à la composition du matériau ajouté au WRS. Les mêmes intrants hydrogéochimiques que ceux utilisés dans le WRS sont utilisés pour calculer les charges massiques rejetées sous terre. Il est supposé que cette masse est transportée par le débit total calculé des eaux souterraines dans la mine souterraine.

Il est généralement supposé que les résidus de dynamitage sont libérés en surface pour tous les stériles placés sous terre après concassage en surface, et il est supposé qu'ils seront libérés immédiatement sous terre pour les stériles qui resteront sous terre pour être utilisés dans le remblai en pâte et les enrochements cimentés (section 3.2.1). Il convient également de noter que, selon les données de surveillance existantes des puisards souterrains, une concentration constante de 30 mg-N/L d'azote ammoniacal est appliquée à l'eau produite sous terre.

3.2.7 Infrastructures

Les eaux de ruissellement provenant des infrastructures du camp et des routes ont été modélisées. Bien qu'une grande partie des matériaux de construction proviennent des stériles, il est supposé que les résidus de dynamitage ont été lessivés dans la halde à stériles et qu'aucun résidu de dynamitage n'est présent sur le matériau au moment de la construction (voir la section 3.2.1 pour plus de détails). L'intrant hydrogéochimique pour ces surfaces construites est basé sur la concentration représentée par le 95^{e} percentile de toutes les semaines disponibles pour les lithologies de stériles non génératrices d'acide.

Les routes recevront également un abat-poussière plusieurs fois au cours de chaque été. Il est supposé que l'abat-poussière sera à base de chlorure de calcium (*Occidental Chemical Corporation* ou produit équivalent). Ce produit sera appliqué à intervalles réguliers et selon les hypothèses suivantes :

- En 2025 et 2026, l'abat-poussière sera appliqué deux fois par année (15 mai et 15 juillet) sur toutes les routes et infrastructures à un taux de 0,492 L/m^2.
- Une fois que la production commencera en 2027, le calendrier passera à quatre fois par année (le 15 de chaque mois, de mai à août) au même taux d'application (0,492 L/m^2).
- Il est supposé que le produit est lavé de la surface à un taux de 50 % du produit restant par jour lorsqu'il y a un ruissellement.

3.2.8 Zones naturelles

Bien que le site s'efforce de détourner autant que possible l'eau de non-contact (provenant des bassins versants naturels) pendant toute la durée de vie de la mine, il est inévitable qu'une partie des bassins versants naturels soient reliés à l'infrastructure de gestion de l'eau. L'eau de non-contact provenant des bassins versants naturels environnants est représentée par les données de surveillance du site recueillies à l'extérieur de la zone active du site actuel (WSP, 2023d). Les données incorporées dans cet intrant hydrogéochimique remontent à juin 2017; cependant, la plupart des données utilisées ont été collectées en 2021. Il convient de noter que la surveillance n'a lieu que pendant la saison des eaux libres, de mai à octobre. Le 95^{e} percentile de toutes les mesures incluses a été utilisé pour cet intrant hydrogéochimique.

3.3 Facteurs d'échelle

Dans le WQM, plusieurs facteurs d'échelle sont appliqués aux intrants hydrogéochimiques des charges afin d'ajuster les différences entre les conditions de terrain et de laboratoire. Une brève description de chacun est fournie ci-dessous.

- Un facteur de canalisation de 0,1 représente la réduction du potentiel d'interaction lorsque l'eau forme des voies préférentielles à travers le matériau.
- Un facteur d'échelle granulométrie de 0,067 est appliqué au rapport entre la taille du matériau lors d'un essai en laboratoire (1 cm de diamètre) et la taille moyenne supposée du matériau sur le site (15 cm de diamètre).
- Un facteur d'échelle saisonnier est appliqué lorsque la moyenne mobile de la température de l'air calculée sur six jours est inférieure à 0 °C. Cela suppose que l'altération géochimique est négligeable à des températures inférieures à zéro.
- Un facteur d'échelle de température est appliqué pour tenir compte des différences dans les taux de réaction entre la température modélisée sur le site et la température statique du laboratoire. Il est basé sur l'équation d'Arrhenius et sur la moyenne mobile de la température de l'air calculée sur six jours.

3.4 Traitement

Une usine de traitement sur le site contiendra plusieurs filières de traitement, dont une filière pour les métaux et le cyanure (métaux/CN) et une filière pour le traitement biologique, qui affectera les concentrations dissoutes prévues sur le site par le WQM. Les objectifs de traitement pour ces deux usines de traitement sont établis en utilisant le minimum du Règlement sur les effluents des mines de métaux et de diamants (REMMMD) pour les nouvelles mines (MOJ 2023) et la Directive 019 (MDDEP 2012), à l'exception du thiocyanate qui utilise les critères provisoires de la valeur aiguë finale à l'effluent (VAFe) (MELCCFP 2023), et de l'azote ammoniacal qui utilise les critères qui ont été utilisés pour la conception de l'installation de traitement biologique (GCM 2023). Un objectif de traitement atteignable de 80 % des critères minimaux pour les métaux est utilisé pour l'ensemble des métaux, à l'exception du cuivre et du plomb, pour lesquels des objectifs de traitement atteignables différents sont définis sur la base de Véolia (2023). Un résumé des objectifs de traitement est présenté au Tableau 5. Aux fins de la modélisation, il est supposé que les concentrations des flux entrants qui dépassent les objectifs de traitement atteignables seront réduites à cet objectif, et que les concentrations déjà inférieures aux objectifs atteignables maintiendront leurs valeurs projetées.

Tableau 5: Résumé des objectifs de traitement et des sources de ces objectifs

Constituant	Unité	Métaux/CN		Biologique		Source des critères
		Objectif	Objectif réalisable	Objectif	Objectif réalisable	
Azote ammoniacal total (NH_4)	mg-N/L	-	-	5	5	GCM 2023
Cyanure total (CNT)	mg/L	0,5	0,4	-	-	REMMMD/ Directive 019
Thiocyanate (SCN)	mg/L	-	-	4,2[1]	4,2	VAFe (MELCCFP)
Arsenic (As)	mg/L	0,1	0,08	-	-	REMMMD
Cuivre (Cu)	mg/L	0,1	0,005	-	-	Veolia 2023
Fer (Fe)	mg/L	3	2,4	-	-	Directive 019

Tableau 5: Résumé des objectifs de traitement et des sources de ces objectifs

Constituant	Unité	Métaux/CN		Biologique		Source des critères
		Objectif	Objectif réalisable	Objectif	Objectif réalisable	
Plomb (Pb)	mg/L	0,08	0,001	-	-	Veolia 2023
Nickel (Ni)	mg/L	0,25	0,2	-	-	REMMMD
Zinc (Zn)	mg/L	0,4	0,32	-	-	REMMMD

(1) critère provisoire.

4.0 RÉSULTATS

Pour évaluer la qualité de l'eau au dernier point de contrôle sur le site, les résultats de la qualité de l'eau du bassin de polissage sont présentés (Tableau 6 et Tableau 7). Quatre statistiques sont présentées : le minimum, la moyenne, le maximum et le maximum du 92^{e} percentile des valeurs quotidiennes. Le 92^{e} percentile est présenté, car il s'agit de la valeur maximale dans le niveau de confiance possible en effectuant 60 itérations du modèle. Il ne doit pas être interprété comme la valeur maximale absolue possible. Les données sont comparées aux lignes directrices du REMMMD pour les nouvelles mines (MOJ 2023) et à la Directive 019 (MDDEP 2012). La VAFe (MELCCFP 2023) est présentée comme critère provisoire à titre informatif pour le thiocyanate mais n'est pas utilisée dans l'analyse comparative. Les graphiques des séries temporelles de tous les constituants avec des critères sont présentés aux Figure 4 à Figure 12.

Tous les constituants présents dans l'effluent final du bassin de polissage demeurent en deçà des critères de rejet applicables. Les concentrations maximale journalières en cyanure total projetées sont parfois au-dessus de 0,5 mg/L pour de courtes durées, mais aucun dépassement du critère REMMMD pour les valeurs moyennes mensuelles permises (0,5 mg/L) ou pour les valeurs maximales permises (1 mg/L) n'est observé. De plus, la majorité des résultats maximum journaliers montrant des concentrations élevées surviennent entre mai et juillet, lorsqu'une certaine dégradation naturelle des cyanures dans le bassin de polissage est attendue; processus qui n'a pas été modélisé. C'est pourquoi les valeurs de concentrations maximales en cyanure projetées sont probablement surestimées.

Le critère pour l'Azote Ammoniacal Total a une valeur variable en fonction du pH et de la température, et n'a donc pas été utilisé comme critère de comparaison. Toutefois, l'objectif de traitement pour l'usine de traitement biologique qui a été développé pour le projet par GCM (2023) est, selon les résultats du modèle, légèrement dépassé dans l'effluent final. Le cyanure total au point d'effluent dépasse également légèrement l'objectif de traitement fixé sans toutefois dépasser les normes environnementales pour le rejet (Tableau 6). Les projections montrent que tous les constituants sont soumis aux effets de concentration de la formation de glace en hiver et de l'évaporation sur les surfaces des bassins en été. Il peut en résulter une légère augmentation des concentrations par rapport aux objectifs de traitement; toutefois, on prévoit que les unités de traitement seront efficaces pour abaisser les concentrations bien en deçà des critères de rejet pertinents, de sorte que les effets de la formation de glace et de l'évaporation n'entraîneront pas de dépassements dans le rejet de l'effluent.

Tableau 6: Résumé des résultats pour les ions majeurs et nutriments dans le bassin de polissage.

Constituant	Unité	Objectifs de traitement	VAFe	REMMMD	D019	Min	Moyenne	Max du 92e percentile	Max
Calcium (Ca)	mg/L					2,6	207	604	1037
Magnésium (Mg)	mg/L					0,06	17	28	35
Potassium (K)	mg/L					0,2	12	68	120
Sodium (Na)	mg/L					1,4	254	698	709
Chlorure (Cl)	mg/L					0,22	68	1001	1787
Fluorure (F)	mg/L					0,0034	0,16	0,33	0,46
Sulfate (SO4)	mg/L					4,6	898	2553	2671
Azote Ammoniacal total (NH4)	mg N/L	5				0,069	5,0	5,5	7,2
Cyanure total (CNT)	mg/L	0,4		0,5	1	0,0047	0,36	0,46	0,54
Cyanate (CNO)	mg/L					0,00092	95	265	273
Thiocyanate (SCN)	mg/L	4,2	4,2			0,0031	3,5	4,7	5,7
Nitrate-N (NO3)	mg N/L					0,05	27	64	106
Nitrite-N (NO2)	mg N/L					0,0032	0,26	0,41	0,74

Note : Les critères provisoires ne sont pas considérés comme critère de comparaison.

Tableau 7: Résumé des résultats pour les métaux dans le bassin de polissage.

Constituant	Unité	Objectifs de traitement	VAFe	REMMMD	D019	Min	Moyenne	Max du 92e percentile	Max
Aluminium (Al)	mg/L					0,00053	0,17	0,47	1,0
Antimoine (Sb)	mg/L					0,000055	0,066	0,22	0,23
Arsenic (As)	mg/L	0,08		0,1	0,2	0,00015	0,03	0,079	0,08
Baryum (Ba)	mg/L					0,0012	0,2	0,39	0,4
Béryllium (Be)	mg/L					9,5E-08	0,00037	0,0011	0,0016
Bismuth (Bi)	mg/L					0,00000034	0,0088	0,037	0,087
Bore (B)	mg/L					0,00063	0,07	0,11	0,21
Bromure	mg/L					0,028	1,4	2,9	6,4
Cadmium (Cd)	mg/L					0,0000037	0,00039	0,0013	0,0027
Chrome (Cr)	mg/L					0,00004	0,0043	0,0074	0,013
Cobalt (Co)	mg/L					0,00024	0,025	0,086	0,087
Cuivre (Cu)	mg/L	0,005		0,1	0,3	0,00032	0,0052	0,0089	0,011

Tableau 7: Résumé des résultats pour les métaux dans le bassin de polissage.

Constituant	Unité	Objectifs de traitement	VAFe	REMMMD	D019	Min	Moyenne	Max du 92e percentile	Max
Fer (Fe)	mg/L	2,4			3	0,0016	1,9	2,8	2,8
Lithium (Li)	mg/L					0,000029	0,011	0,017	0,026
Plomb (Pb)	mg/L	0,001		0,08	0,2	0,000021	0,00095	0,0012	0,0015
Manganèse (Mn)	mg/L					0,00073	0,33	0,55	0,73
Molybdène (Mo)	mg/L					0,00025	0,052	0,18	0,19
Nickel (Ni)	mg/L	0,2		0,25	0,5	0,00015	0,069	0,23	0,23
Sélénium (Se)	mg/L					0,00011	0,014	0,054	0,056
Argent (Ag)	mg/L					0,000024	0,00091	0,0032	0,0033
Strontium (Sr)	mg/L					0,0064	0,57	1,2	1,2
Étain (Sn)	mg/L					0,000002	0,0017	0,0054	0,012
Tellure (Te)	mg/L					0,0000027	0,001	0,003	0,0049
Thorium (Th)	mg/L					0,000002	0,0093	0,037	0,087
Thallium (Tl)	mg/L					0,00000014	0,018	0,075	0,17
Titane (Ti)	mg/L					0,000003	0,013	0,022	0,047
Uranium (U)	mg/L					0,000011	0,0017	0,003	0,0031
Vanadium (V)	mg/L					0,0000022	0,0015	0,0024	0,0036
Tungstène (W)	mg/L					4,1E-09	0,0094	0,026	0,046
Zinc (Zn)	mg/L	0,32		0,4	0,5	0,00011	0,043	0,11	0,23

Note : Les critères provisoires ne sont pas considérés comme critère de comparaison.

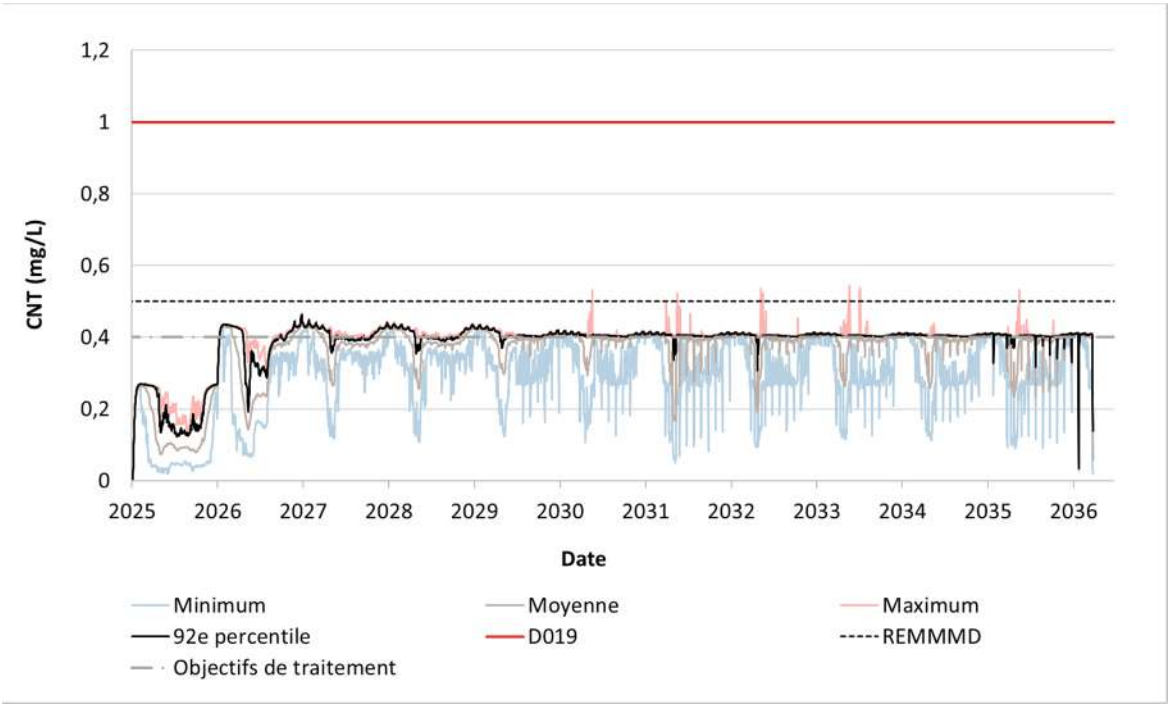


Figure 4: Résultats du modèle pour le cyanure total dans le bassin de polissage avec 60 itérations.

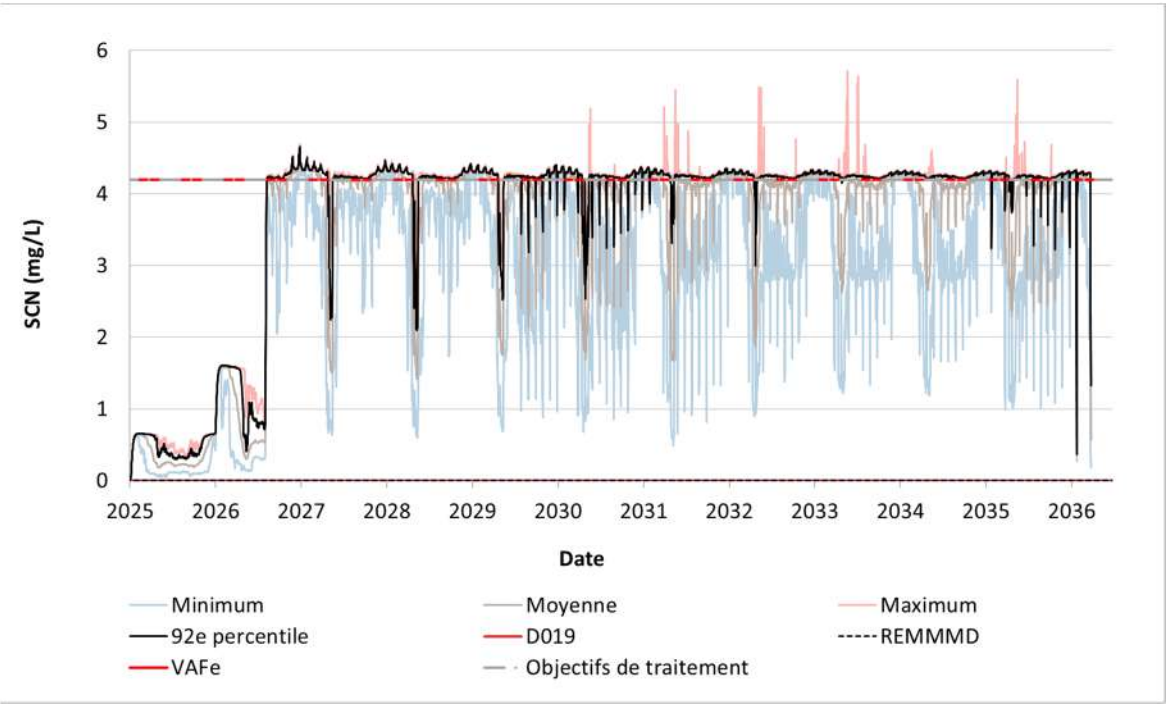


Figure 5: Résultats du modèle pour le thiocyanate dans le bassin de polissage avec 60 itérations.

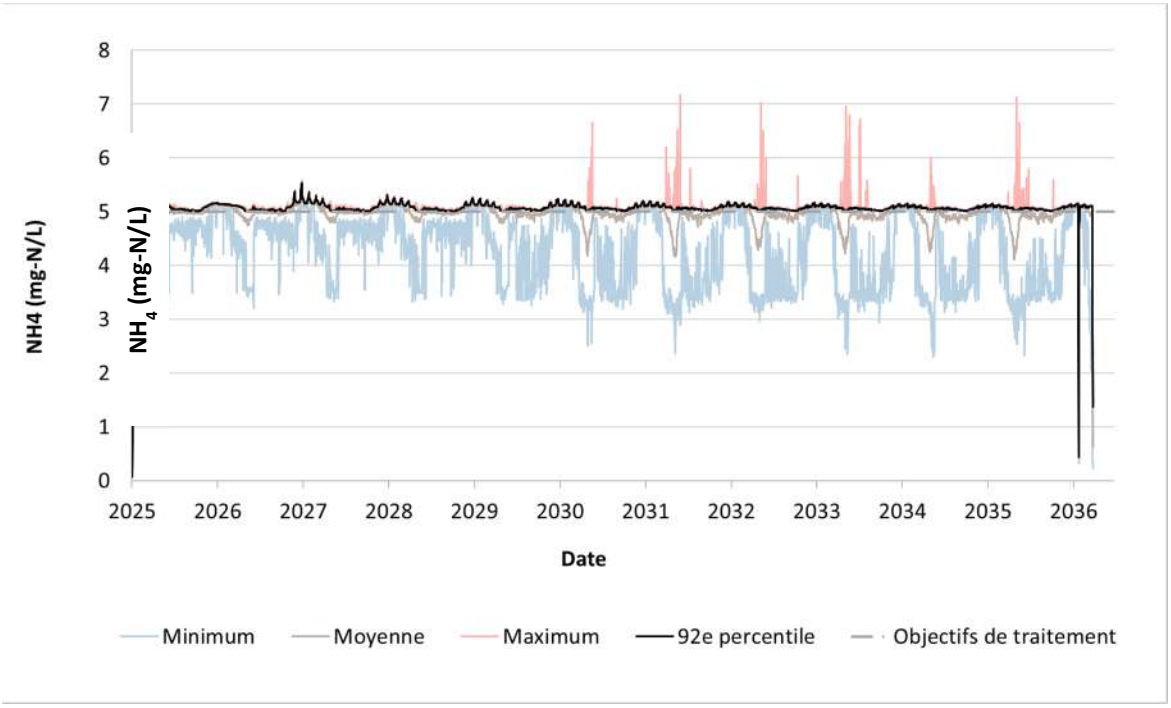


Figure 6: Résultats du modèle pour l'azote ammoniacal total dans le bassin de polissage avec 60 itérations.

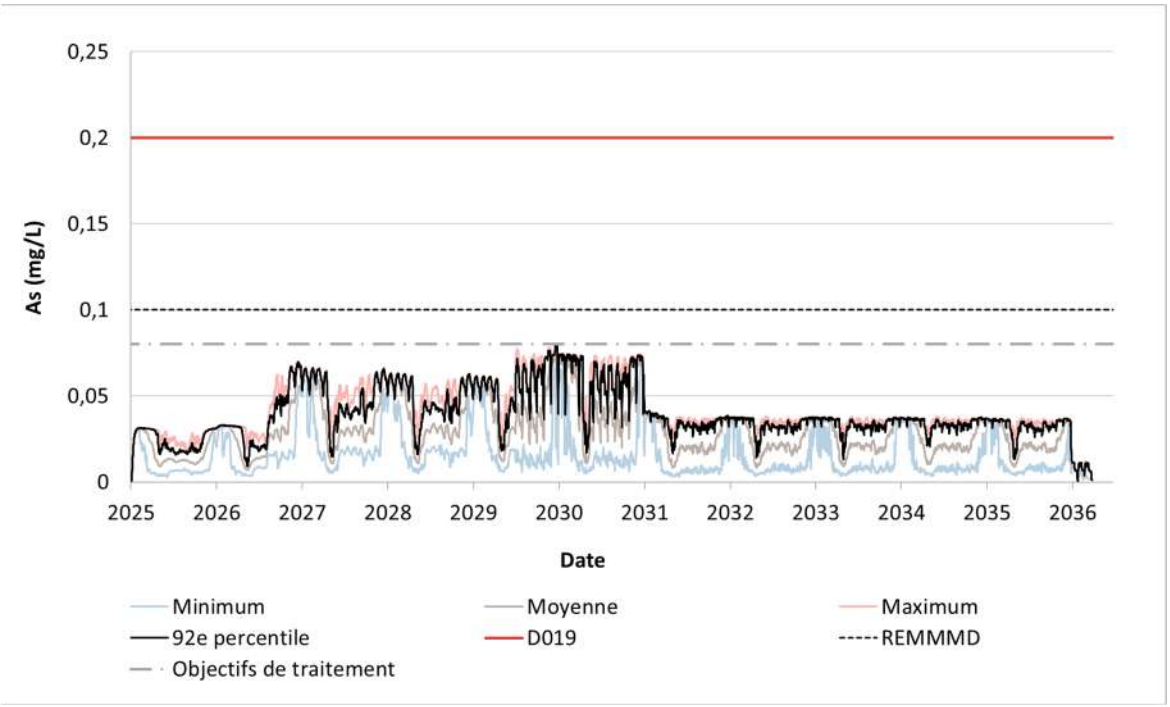


Figure 7: Résultats du modèle pour l'arsenic dans le bassin de polissage avec 60 itérations.

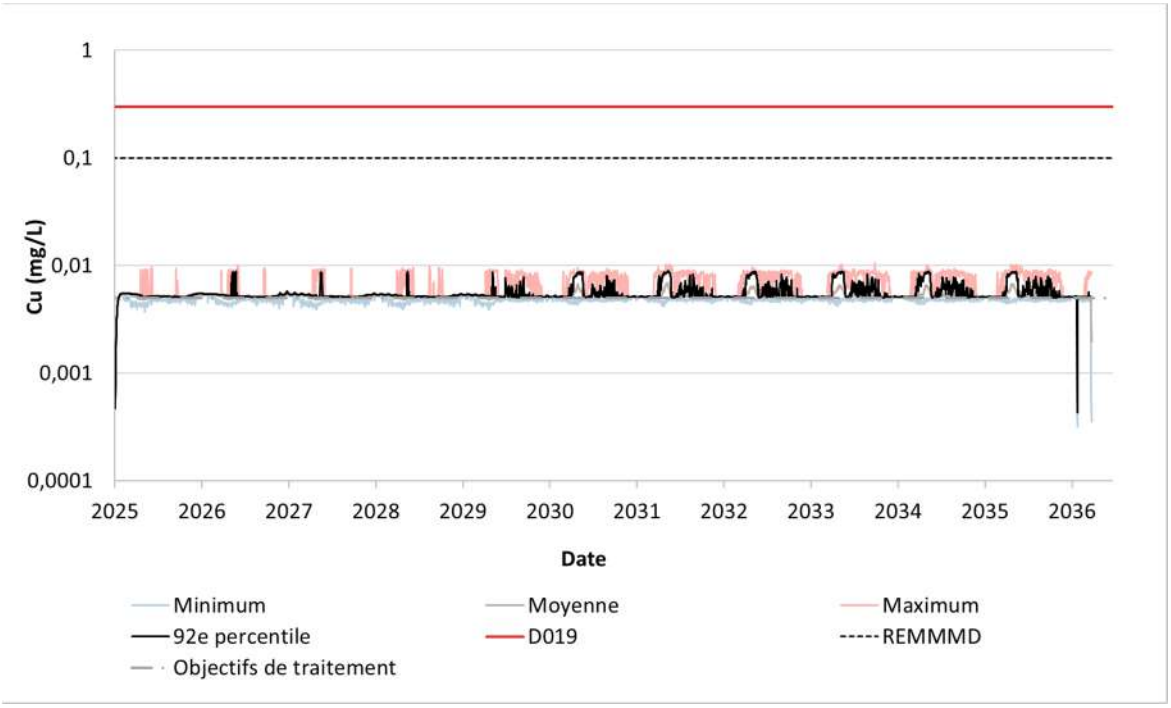


Figure 8: Résultats du modèle pour le cuivre dans le bassin de polissage avec 60 itérations. À noter que l'axe des ordonnées (concentrations) est représentée en échelle logarithmique.

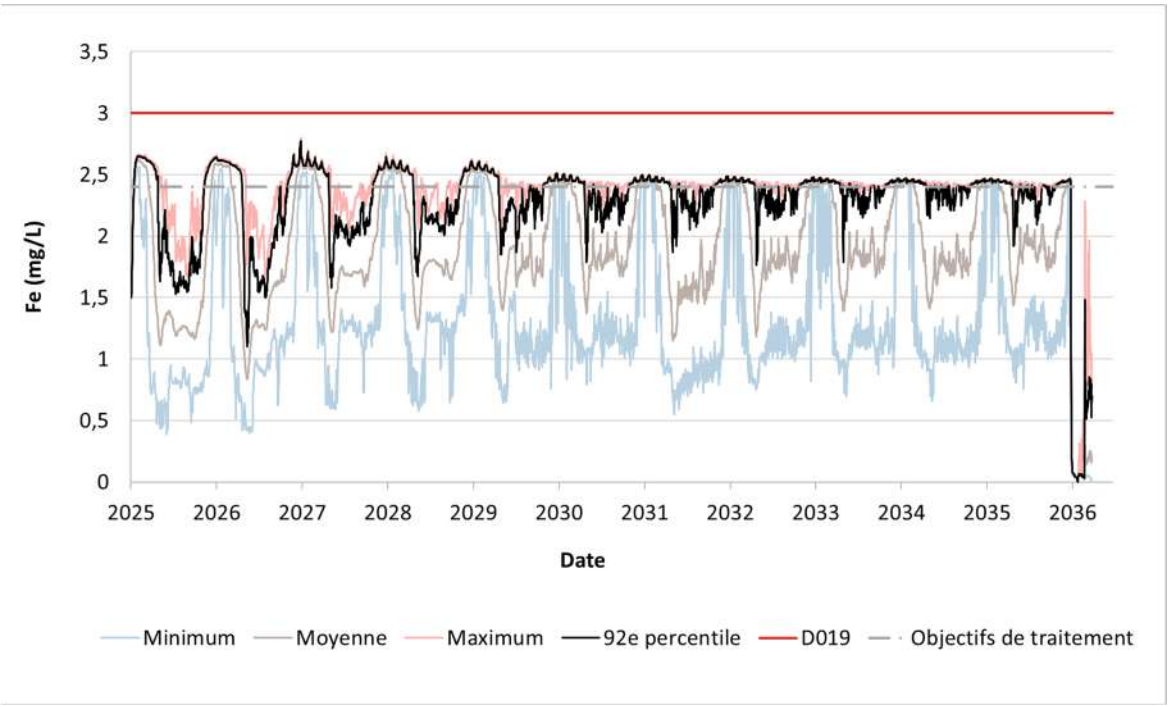


Figure 9: Résultats du modèle pour le fer dans le bassin de polissage avec 60 itérations.

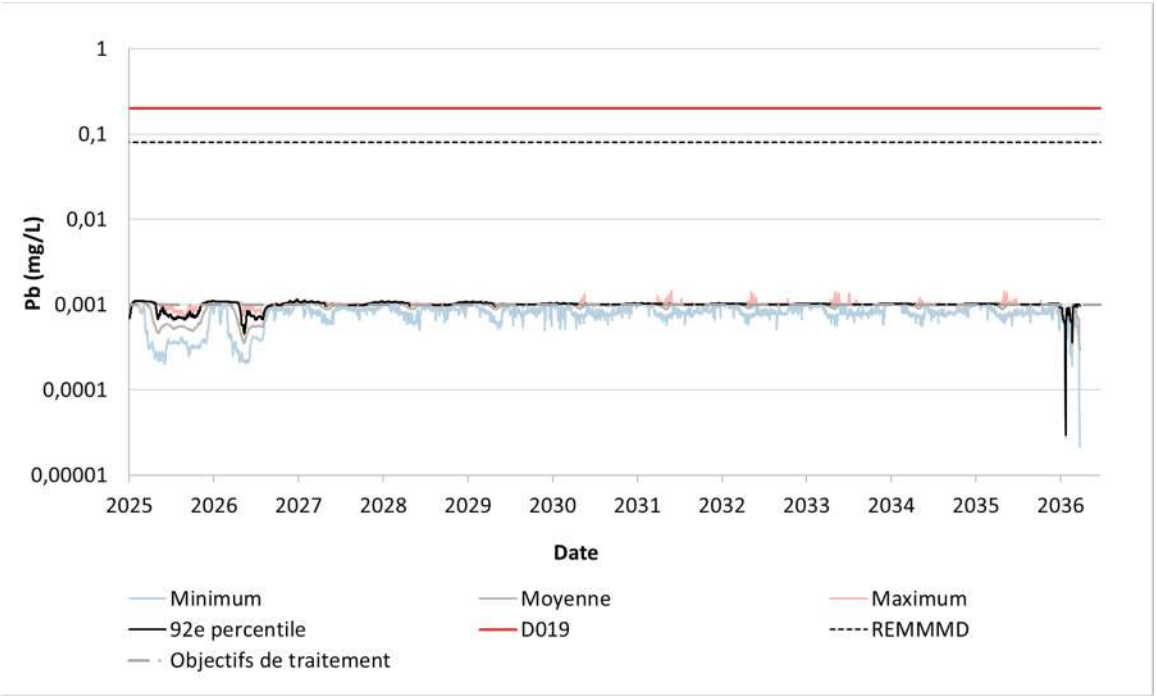


Figure 10: Résultats du modèle pour le plomb dans le bassin de polissage avec 60 itérations. À noter que l'axe des ordonnées (concentrations) est représentée en échelle logarithmique.

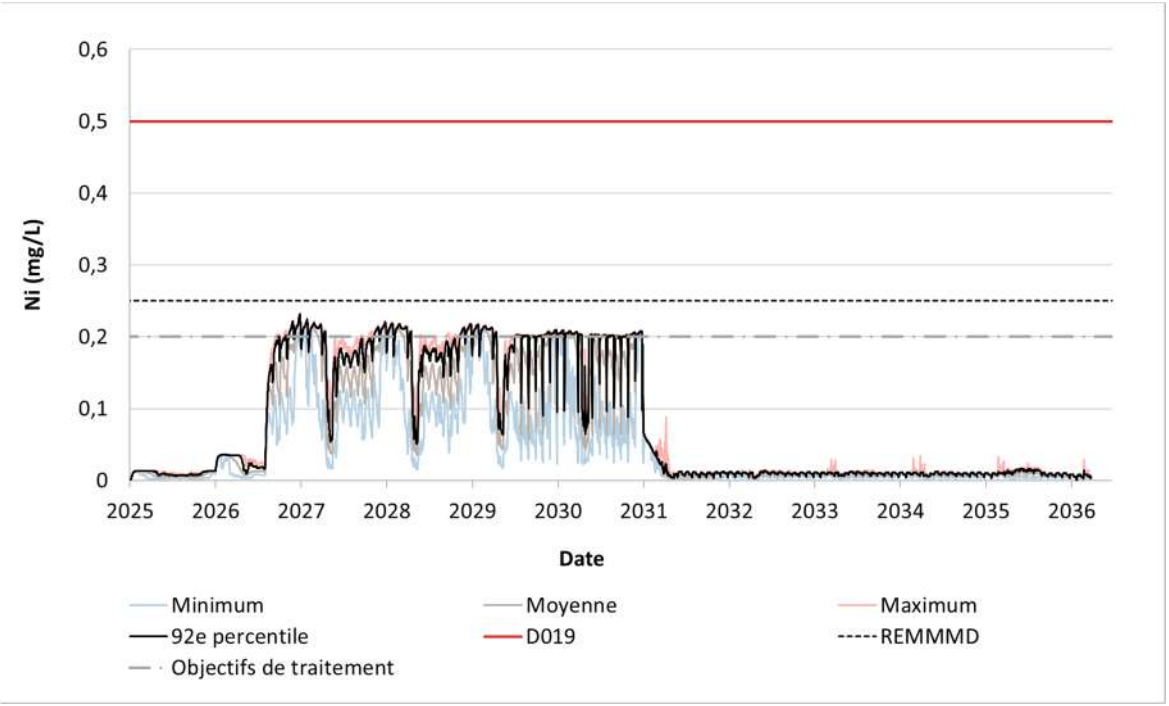


Figure 11: Résultats du modèle pour le nickel dans le bassin de polissage avec 60 itérations.

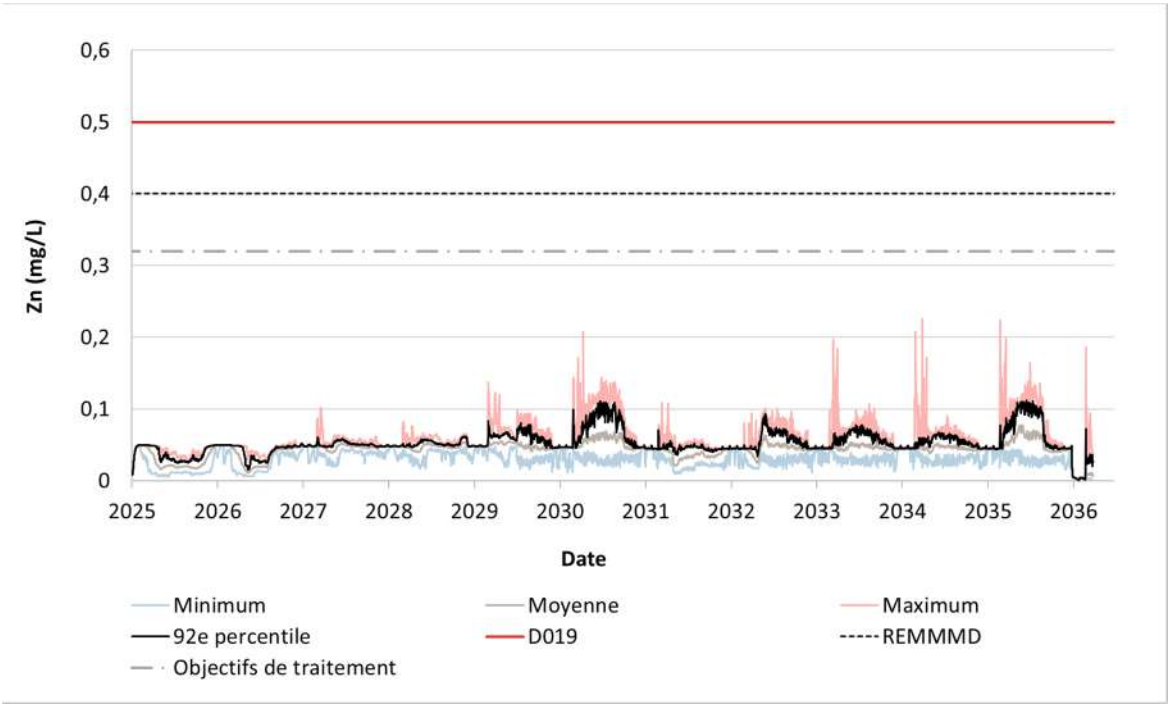


Figure 12: Résultats du modèle pour le zinc dans le bassin de polissage avec 60 itérations.

Comme indiqué auparavant, les résultats montrent que la formation de glace en hiver et l'évaporation en été sont des processus qui ont pour effet d'augmenter légèrement les concentrations d'effluents traités dans le bassin de polissage avant leur rejet. Par conséquent, les concentrations projetées en cyanate et fer pourraient s'approcher des lignes directrices des effluents dans le bassin de polissage. Le cyanure total pourrait dépasser occasionnellement le critère de moyenne mensuelle de rejet; toutefois, n'est pas anticipé que les valeurs journalières maximales dépassent le critère maximal pour un échantillon, ni, qu'une moyenne mensuelle dépasse le critère des valeurs mensuelles maximales. Ces projections de la qualité de l'eau du bassin de polissage reflètent les effets cumulatifs de l'incorporation de données d'entrée supérieures dans le modèle (souvent le 95^{e} percentile) pour la géochimie et la qualité de l'eau. Il est peu probable que toutes les sources de masse contribuant au système atteignent simultanément ces valeurs supérieures. De plus, il y a une incertitude inhérente de représenter des systèmes aussi dynamiques et les résultats du modèle ne doivent pas être considérés comme des valeurs absolues; en réalité, il y aura une gamme de concentrations qui dépendront des conditions propres au site, notamment le climat, les pratiques de gestion de l'eau sur le site et les efficacités de traitement effectivement atteintes.

5.0 CONCLUSION

Nous espérons que ce qui précède répond à vos besoins actuels. Si vous avez des questions ou des commentaires, veuillez contacter les soussignés.

WSP Canada Inc.

ORIGINAL ANGLAIS SIGNÉ

Nathan Logan, B.Sc.
Consultant en environnement minier junior

ORIGINAL ANGLAIS SIGNÉ

Kristina Skeries, M.Sc.
Consultant en environnement minier sénior

ORIGINAL ANGLAIS SIGNÉ-SCELLÉ

Ken De Vos, M.Sc., P.Geo (ON, QC) – Licence OGQ #02265
Hydrogéochimiste principal

NL/KS/KDV/vd

Distribution :

Pièces jointes : Conditions générales et limitations
Annexe A : Site wide water quality model technical memo (version anglaise originale du présent mémorandum)

https://wsponlinecan.sharepoint.com/sites/ca-ca00024495772/shared documents/05. technique/5000 - bilan et gestion de l'eau/5400 - water quality/memo in support of oer request/3.reporting/_rev 01 (dec 2023)/cawl-tm-wm-0600-rev01_french_wq memo pour oer.docx

6.0 RÉFÉRENCES

BBA 2023. Via courriel électronique de Mathieu Bélisle (BBA) à Simon Delay-Fortier (GS2), Kim-Quyên Nguyên (Osisko), Mélissa Tremblay (GCM) Sarra Besbes (GCM), Armia Amini (BBA). 14 février 2023.

GCM 2023. Description générale du traitement des eaux pour le site Windfall de la Minière Osisko. Note de projet concernant la demande d'OER. Reference No. CAWL-RE-EV-2502-ZD. Submitted October 2023.

GoldSim Technology Group. 2021. GoldSim User's Guide (Version 14.0). https://www.goldsim.com/Web/Customers/Education/Documentation/, Octobre 2021.

Ministère de la Justice (MJ). 2023. Règlement sur les effluents des mines de métaux et des mines de diamants (SOR/2002-222), Loi sur les Pêches, à jour le 14 novembre 2023.

Ministère de Développement durable, Environnement et Parcs (MDDEP). (2012). Directive D019 sur l'industrie minière, Québec, mars 2012, 105 p. [En ligne]

MELCCFP. 2023. Critères de qualité de l'eau de surface. Accédé via https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/details.asp?code=S0451 le 18 juillet 2023.

Occidental Chemical Corporation. LIQUIDOW ™ TECHNICAL GRADE CALCIUM CHLORIDE SOLUTION. Accédé via https://sds.oxy.com/private/document.aspx?prd=M48009~~PDF~~MTR~~ANSI~~EN~~01-01-0001~~~~ le 18 juillet 2023.

Osisko (Minière Osisko inc.). 2022a. *Stockpile Lithology Composition v3.xlsx*. Via courriel électronique de Charles Blais (Osisko) à Kristina Skeries (WSP) et Heather Townsend (WSP). 24 octobre 2022.

Osisko. 2022b. *20221021 – Schedule by Zone & Litho.xlsx*. Via courriel électronique de Charles Blais (Osisko) à Kristina Skeries (WSP) et Heather Townsend (WSP). 24 octobre 2022.

Osisko 2023a. *ExtractionMassBalance6Jun2023-V2.xlsx*. Via courriel électronique de Kim-Quyên Nguyên (Osisko) à Nathan Logan (WSP), Kristina Skeries (WSP), Simon Delay-Fortier (GS2), Aytaç Goksu (WSP), Yan Théberge (Osisko), Elsa Sormain (WSP). 3 juillet 2023.

Osisko 2023b. via courriel électronique de Simon Delay-Fortier (GS2) à Kim-Quyên Nguyên (Osisko), Yan Théberge (Osisko), John-Paul McGrath (Osisko), Mélissa Tremblay (GCM), Kristina Skeries (WSP), Aytaç Goksu (WSP), Ken De Vos (WSP), Andréanne Boisvert (Osisko). 21 avril 2023

Osisko 2023c. via courriel électronique de Simon Delay-Fortier (GS2) à Kristina Skeries (WSP), Mélissa Tremblay (GCM), et Kim-Quyên Nguyên (Osisko). 24 avril 2023.

Veolia 2023. Re: Windfall | Veolia x GCM x Groupe Minier Windfall | ODJ 2023.12.11. Via courriel électronique de Myriam Del Adurantaye (Veolia) to Melissa Tremblay (GCM), Simon Delay-Fortier (GS2), Kim-Quyên Nguyên (Osisko), and David Oliphant (Veolia). 12 décembre 2023.

WSP Golder. 2022b. Detailed Climate Change Dataset. Windfall Project. No. Référence GAL128-2148985706-R-RevB-05. 11 novembre 2022.

WSP 2023a. Site Wide Water Balance – Projet Windfall. No. Référence CAWL-RE-WM-0601-AA-WaterBalanceReport-ForPermitSubmitted 21 July 2023.

WSP 2023b. Projet minier Windfall. Rapport sectoriel – Caractérisation géochimique des matériaux miniers. Rapport produit pour Minière Osisko Inc. Mars 2023.

WSP 2023c. Projet minier Windfall. Rapport sectoriel – Évaluation des teneurs de fond dans l'eau souterraine. Rapport produit pour Minière Osisko Inc.

WSP 2023d. Projet minier Windfall. Rapport sectoriel – Eau de surface et sédiments. Rapport produit pour Minière Osisko Inc.

CONDITIONS GÉNÉRALES ET LIMITATIONS
DOCUMENT D'EXPERTISE TECHNIQUE

UTILISATION DU PRÉSENT DOCUMENT ET DE SON CONTENU

Ce document a été préparé pour l'usage exclusif du Client ou de ses agents. Les données factuelles, les interprétations, les commentaires ainsi que les recommandations qu'il contient sont spécifiques à l'étude qu'il couvre et ne s'appliquent à aucun autre projet ou autre site. Ce document doit être lu dans son ensemble, puisque des sections pourraient être faussement interprétées si elles sont prises individuellement ou hors contexte. Par ailleurs, la version finale de ce document prévaut sur tout autre texte, opinion ou version préliminaire émis par WSP.

À moins d'avis contraires, les interprétations, commentaires et/ou les recommandations présentés dans ce document ont été formulés conformément à la portée de l'expertise. Ces mêmes interprétations, commentaires et/ou recommandations ont été formulés en tenant compte des limitations générales décrites sur cette page de même qu'à la lumière de nos connaissances concernant l'utilisation courante et/ou prévue du site, l'emplacement du site, les règlements, normes et critères environnementaux en vigueur ainsi que selon les règles et pratiques professionnelles reconnues et acceptées au moment de l'étude.

WSP doit se fier en toute bonne foi à la véracité des renseignements fournis par les personnes contactées et interrogées au cours de l'exécution de ce mandat. À moins qu'il ne soit démontré qu'elle a été négligente, WSP ne pourra pas être tenue responsable des dommages, quels qu'ils soient, qui seraient la conséquence directe ou indirecte de déclarations fausses ou mensongères, de rétention ou de non-divulgation d'informations significatives par les personnes interrogées. Les références aux lois ou aux règlements contenues dans ce document sont fournies à titre indicatif, sur une base technique. Comme les lois et règlements sont sujets à interprétation, WSP recommande au Client de consulter ses conseillers juridiques afin d'obtenir leurs avis appropriés.

WSP ne pourra être tenue responsable de dommages résultant de conditions imprévisibles, de conditions qui lui seraient inconnues, de l'inexactitude de données provenant d'autres sources que WSP et de changements ultérieurs aux conditions du site à moins d'avoir été prévenue par le Client de tout événement, activité, information, découverte passée ou future susceptible de modifier les conditions décrites dans ce document et d'avoir eu la possibilité de réviser les interprétations, commentaires et recommandations formulés dans ce document. De plus, WSP ne pourra être tenue responsable de dommages résultant de toute modification future aux règlements, normes ou critères applicables, de toute utilisation faite du présent document par un tiers et/ou à des fins autres que celles pour lesquelles il a été rédigé, de perte de valeur réelle ou perçue du site ou de la propriété, ni de l'échec d'une quelconque transaction en raison des informations factuelles contenues dans ce document.

ÉVALUATION DES CONDITIONS DU SITE

L'expertise technique effectuée par WSP et décrite dans ce document a été réalisée conformément aux règles et pratiques professionnelles reconnues et acceptées au moment de sa réalisation. À moins d'avis contraires, les résultats de travaux, antérieurs ou simultanés, provenant d'autres sources que WSP et cités et/ou utilisés dans ce document sont considérés comme ayant été obtenus en respectant les règles et pratiques professionnelles reconnues et acceptées et, conséquemment, comme étant valides.

Dans le cadre de ce mandat, WSP n'a pas réalisé de sondages, de prise de mesures, d'échantillonnage ou d'inventaire détaillé de déchets, de produits, de sol, d'air, d'eau ou de toute autre matériau sur le site à l'étude ni dans ses environs.

ANNEXE A

Site Wide Water Quality Model Technical memo

CONFIDENTIAL

TECHNICAL MEMORANDUM

DATE December 18, 2023 **Reference No.** CAWL-TM-WM-0600-01

TO Kim-Quyên Nguyên, Project Director-Windfall Mining Group (WMG)
Andréanne Boisvert, Vice President, Environment and Community Relations (WMG)

FROM Nathan Logan, Kristina Skeries, Ken De Vos **EMAIL nathan.logan@wsp.com, kristina.skeries@wsp.com, ken.devos@wsp.com**

SITE WIDE WATER QUALITY MODEL – PROJET WINDFALL

1.0 INTRODUCTION

Windfall Mining Group (WMG) has commissioned WSP Canada Inc. (WSP) to prepare a site-wide water quality model for the Windfall Project at detailed design level to support the project's permitting application. The Windfall Gold Mine project[1], owned by Windfall Mining Group is in the Nord-du-Québec region of Quebec.

The Project will include a tailings management facility with a total capacity of 9.0 Mt of tailings, an underground mine, a lined waste rock stockpile with 9.1 Mt capacity, a lined ore stockpile and an overburden stockpile.

Around 60 % of the tailings generated from mineralized material processing will be filtered and directed to a surface TMF as a stack located northeast of the filtering plant while the remaining will be returned underground as paste backfill material.

This report provides a summary of the general assumptions, model framework and key results arising from the site-wide water quality model (WQM) developed for the Windfall Project site, in support of the detailed design study.

This document is to be read with the Study Limitations statement, which proceeds the text and forms an integral part of this document.

[1] As of May 2023, the Windfall project is owned by a new legal entity named Windfall Mining Group.

2.0 BACKGROUND

The water quality model discussed herein was developed using the software GoldSim™ version 14.0 (GoldSim 2021). GoldSim is a Monte Carlo simulation software application used to model future performance while quantitatively representing uncertainties in engineering, science, and business systems. It is frequently used in the mining industry to evaluate water management alternatives, perform sensitivity analyses, and conduct mass balance water quality simulations. The WQM is one of two main components that make up a site wide model for the Windfall Project. The other main component is the site-wide water balance model (WBM) that is detailed in WSP (2023a) and summarized further in Section 2.1.

In GoldSim, key flows that are expected to influence the quality of the water collected on site, and ultimately discharged to the receiving environment, were itemized and assigned a chemical profile. Chemical profiles assigned were based on geochemical testing of waste rock, ore, and overburden materials, or baseline surface and groundwater monitoring data (i.e., 'source term'). Expected catchment areas and mine facilities (e.g., collection ponds) that accumulate water were treated as distinct reservoirs within the model. Inflow volumes and associated mass loadings or concentrations were included as inputs to each modeled reservoir to account for chemical loadings from natural areas, developed areas, waste rock, ore, overburden, paste backfill tailings, dry stack tailings, process water, and groundwater. Mixed water qualities were then simulated for each of the modeled reservoirs that collect site water, including the Polishing Pond, which is the final point of control prior to discharging to the receiving environment.

The WQM was designed to predict water concentrations on a 12 hr time-step at the Polishing Pond throughout the Life of Mine (LOM) from January 2025 through April 2036.

2.1 Water Balance

The water balance model (WBM) is documented in detail in WSP (2023a). Generally, water management on site centers around diverting clean, or non-contact, water away from the site, and collecting contact water for treatment if necessary. Collection ponds on site retain contact water from the waste rock stockpile (WRS), the ore stockpile, developed areas (roads and pads), the Tailings Management Facility (TMF), and overburden stockpile. The underground facilities will be continually dewatered; this contact water will also be managed by the contact water management system at surface.

Water interacting with topsoil, the overburden stockpile, and runoff from the camp, process plant platforms, and hauling roads are assumed to require only sedimentation prior to discharge to the environment; however, the remaining contact water will be treated through a series of treatment plants for metals, cyanide, and nitrogen species. Some treated site water will be reused for processing; however, the Polishing Pond will collect treated water for discharge to the environment.

The WBM incorporates a set of 60 future projected climate change scenarios, generated through a climate change analysis that is based on 30 global climate model (GCMs) available and two Share Socioeconomic Pathways (SSPs), SSP2-4.5 and SSP5-8.5 scenarios (WSP Golder 2022). The WQM is run stochastically (as a Monte Carlo simulation) using these 60 climate scenarios (i.e., for 60 iterations). No other inputs to the model were developed as probability density functions; therefore, probability results presented herein are based solely on differences in the climate simulations.

3.0 WATER QUALITY MODEL

The following sections document the derivation of source terms and assumptions applied in the WQM.

3.1 Assumptions

The following general assumptions were made in the water quality model:

- The source term water quality chemistry profiles and loading inputs used in the modelling are representative of their respective input sources. The inherent assumptions in the model that geochemistry data obtained through laboratory testing, and surface and groundwater quality data obtained as part of the baseline programs adequately and conservatively represent the input sources and will continue to do so in the future.
- The WQM is mass conservative; that is, it has limited capability to simulate transformations of constituents due to geochemical reactions, nutrient cycling, degradation or destruction, or changes in pH and redox potential.
- Non-conservative water quality constituents, such as pH, redox potential, and water temperature, are not modelled.
- Facilities that contribute mass to the system are assumed to not experience depletion over time, i.e., their ability to release mass is infinite.
- Constituents modelled are in the dissolved form.
- The particulate fraction of mass within the system is not accounted for. Total suspended solids (TSS) is not modelled.
- All ponds are instantaneously and fully mixed.
- Measured concentrations, whether in the field or as part of laboratory testing, that are less than the analytical detection limit, have been input as the detection limit for modelling purposes.
- Water quality of precipitation and ice melt on water surfaces is considered as 0 mg/L for all constituents.
- Projected concentrations presented herein are conservatively based on upper case geochemistry and water quality inputs. Details are provided for specific inputs in Section 3.2.

3.2 Inputs

Sources of mass to the water quality model over the length of operations are described in the following sections. Constituents that are tracked in the model include:

- Major ions: calcium, magnesium, sodium, potassium, chloride, fluoride, sulphate.
- Nutrients: nitrate, ammonia, total dissolved phosphorus.
- Process related: total cyanide, thiocyanate, cyanate, Weak Acid Dissociable (WAD) cyanide.
- Dissolved metals: aluminum, antimony, arsenic, barium, beryllium, bismuth, boron, bromide, cadmium, chromium, cobalt, copper, iron, lithium, lead, manganese, molybdenum, nickel, selenium, silver, strontium, tin, tellurium, thorium, thallium, titanium, uranium, vanadium, tungsten, zinc.

3.2.1 Blasting Residues

A primary source of ammonia and nitrate on site is anticipated to be blasting residues on both fresh waste rock and ore. An ammonia-nitrate emulsion is planned to be used as an explosive in underground workings. A waste rate of 5 % is assumed; the total amount of residues is a function of this waste rate and the tonnage of material being brought to surface (i.e., fresh material only) at any given point in time.

In general, it is assumed that blasting residues are released from material at surface only when there is water flowing over or through the material (runoff or seepage). Therefore, no release of blasting residues to the water storage infrastructure is considered during the winter months (November through March, inclusive), nor when the climate module results in a period of zero flow. Blasting residues built up throughout the winter period are assumed to be released over 30 days of flow, beginning when there is flow in April of every year. Blasting residues built up in periods of zero flow in the summer period are released over one day when flow resumes.

Newly blasted waste rock material is assumed to release ammonia and nitrate associated with blasting residues as it is stored in the stockpile, regardless of whether or not it's intended end use is as construction material. Therefore, in the model, infrastructure such as roads and developed pads do not release any ammonia or nitrate associated with blasting residues; however, this associated mass of ammonia and nitrate is accounted for in runoff and seepage from the waste rock stockpile.

Similarly, waste rock brought to surface that is subsequently relocated for use underground is assumed to release blasting residues at surface, and not underground. Nitrate from blasting residues associated with waste rock tonnage that remains underground (for use in paste berms and cemented rockfill) is assumed to be as the tonnage is produced, and, due to the lack of seasonality in the underground, does not experience any sort of buildup due to zero flow. Based on historical monitoring data, the concentration of ammonia in the underground sump has been fixed at 30 mg-N/L.

Newly blasted mineralized material (ore) is assumed to release 50% of the blasting residue loading while stockpiled, and 50% at the time it is processed in the mill.

3.2.2 Waste Rock

The WQM tracks the lithological composition of the waste rock on site through the LOM. The 95th percentile of all weeks of data from twelve humidity cell tests is used to compute loading-based source terms that represent ten lithologies. A summary of lithologies and source data is presented in Table 1. Waste rock is present in three areas on site: the waste rock stockpile, the underground workings as backfill, and as construction material, used as material for roads and infrastructure. All waste is assumed to be stored at surface for some time at the WRS before being crushed and deposited in its final location. Blasting residues are assumed to be fully released in this interim storage and are assumed to enter the ponds collecting runoff and seepage from the WRS.

Table 1: Description of site waste rock lithologies and the corresponding waste rock HCT(s) used for source term development.

Site Lithology Code	Simplified Lithology Description	Assigned HCT Lithology	HCT Sample ID
I13	Granodiorite with Hematite	I2F/I13	OBM-15-564_79 (44)
I2J	Intermediate Dyke		
I1P	Intrusive Felsic Granodiorite	I1P	OBM-16-630_61 (44), EAG-13-485_3 (30), OSK-W-16-743_93 (30)
I1PYB	Intrusive Felsic Granodiorite		
I2P	Intrusive Felsic Granodiorite	I2P	OSK-W-17-812_102 (44)
I1 Frg	Granodiorite with Fragmental Magmatic Breccia	I1 Frg	OBM-16-671_23 (30)
I3A	Intrusive Mafic, Gabbro/ Diorite	I3A	EAG-14-538_58 (186)
V1	Volcanic Felsic, Rhyolite/ Dacite	V1	OSK-W-16-760_67 (44), OSK-W-17-773_41 (30)
V2	Volcanic Mafic-Intermediate, Basalt/ Andesite	V2	OSK-W-16-760_31 (30), OBM-16-580_17 (44), OSK-W-17-774_44 (30)

( ) Indicate the number of weeks of data used

3.2.2.1 Waste Rock Stockpile

The surface Waste Rock Stockpile (WRS) stores most of the waste rock generated on site. The composition of the stockpile is input on an annual time step (Osisko 2022b; Osisko 2023a) which is then linearly interpolated with each model time step; the time series of the lithological distribution is presented in Figure 1 (where each line represents a different lithology). Each lithology is assigned a loading-based source term derived from HCT data. Mass loadings are released as a function of the entire stockpile tonnage whenever the seepage and runoff are above 0 m^3/day. Mass loadings are not assumed to build up during periods of zero flow. All material on surface is conservatively assumed to have infinite mass (i.e., the release of loadings does not deplete over time).

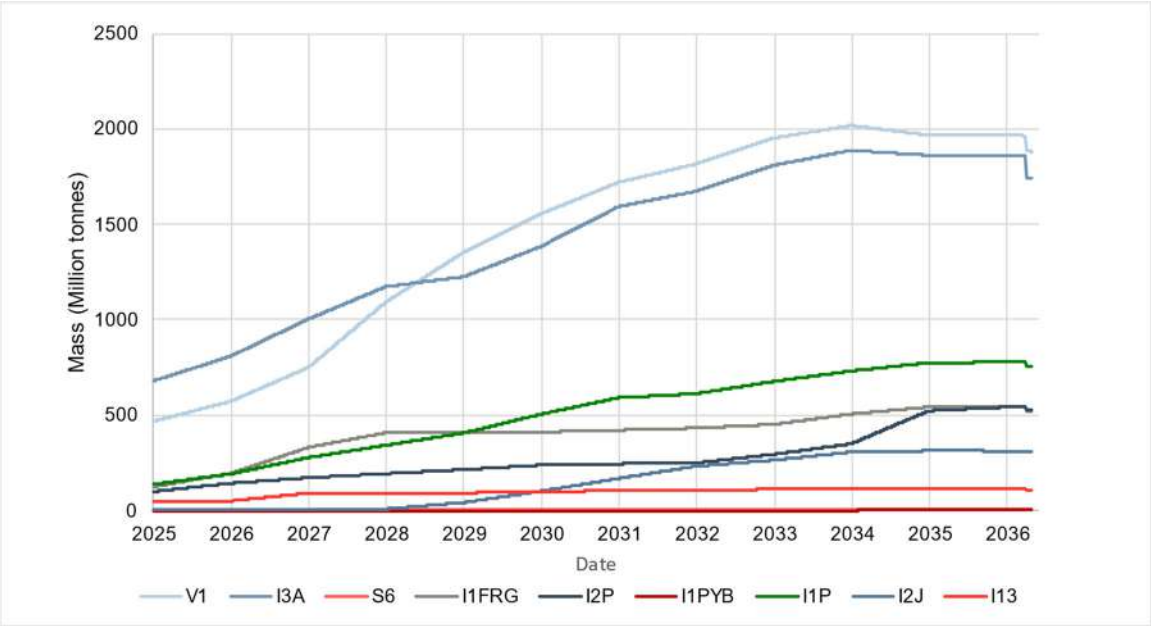


Figure 1: Mass of lithologies stored on the WRS over time.

3.2.3 Ore

Similar to waste rock, ore (or mineralized material), is assumed to be stored on surface and release mass loadings that will enter the water management infrastructure. Ore will be stored at two points on site: a mineralized material stockpile (MMSP), and the WRS. The source terms for ore are broken down into six mineral zones: Zone 27 (Z27), Caribou (CA1), Lynx Main (LXM), Triple Lynx (TLX), Lynx 4 (LX4), and Underdog (UDD). Source terms are derived using the 95th percentile of all weeks of data available at the time of source term derivation from applicable HCTs. A summary is provided in Table 2.

Table 2: Description of mineralized zones and HCT(s) used to develop source terms.

Site Mineralized Zone Code	Simplified Mineralized Zones Description	HCT Sample ID
Zone 27 (Z27)	Main	E-27-U-H (44)
Caribou (CA1)		E-CA-U-H (30)
Lynx (LXM)	Lynx	PK-3 (44)
Triple Lynx (TLX)		
Lynx 4 (LX4)		
Underdog (UDD)	Underdog	Underdog A (30)

( ) Indicate the number of weeks of data used

The composition of the expected ore stockpiled on site is input on an annual basis (Osisko 2023a) which is then linearly interpolated at each model timestep. Each mineral zone is assigned a loading-based source term derived from HCT data. Mass loadings are released as a function of the entire stockpile tonnages whenever the seepage and runoff are above 0 m^3/day. Mass loadings are not assumed to build up during periods of zero flow. All mineralized material on surface is conservatively assumed to have infinite mass (i.e., the release of loadings does not deplete over time).

3.2.3.1 Mineralized Material Stored in the Mineralized Material Stockpile

The Mineralized Material Stockpile (MMSP) is assumed to be used for both long-term and short-term storage of material and to have a greater net daily flux of material than is represented in the annual composition. To account for fresh material entering the stockpile (necessary for calculation of the release of blasting residues), it is assumed a minimum of 25 % of the annual maximum tonnage of material is removed and replaced every year (Osisko 2023a). In years where the growth of the stockpile exceeds this 25 %, this greater new tonnage rate is used. As per Section 3.2.1, 50 % of blasting residues are assumed to be released from the pile, and the remaining 50 % are assumed to be released in the mill through processing.

The composition (mineral zone breakdown, described in Table 2) for the ore material in the MMSP is presented in Figure 2.

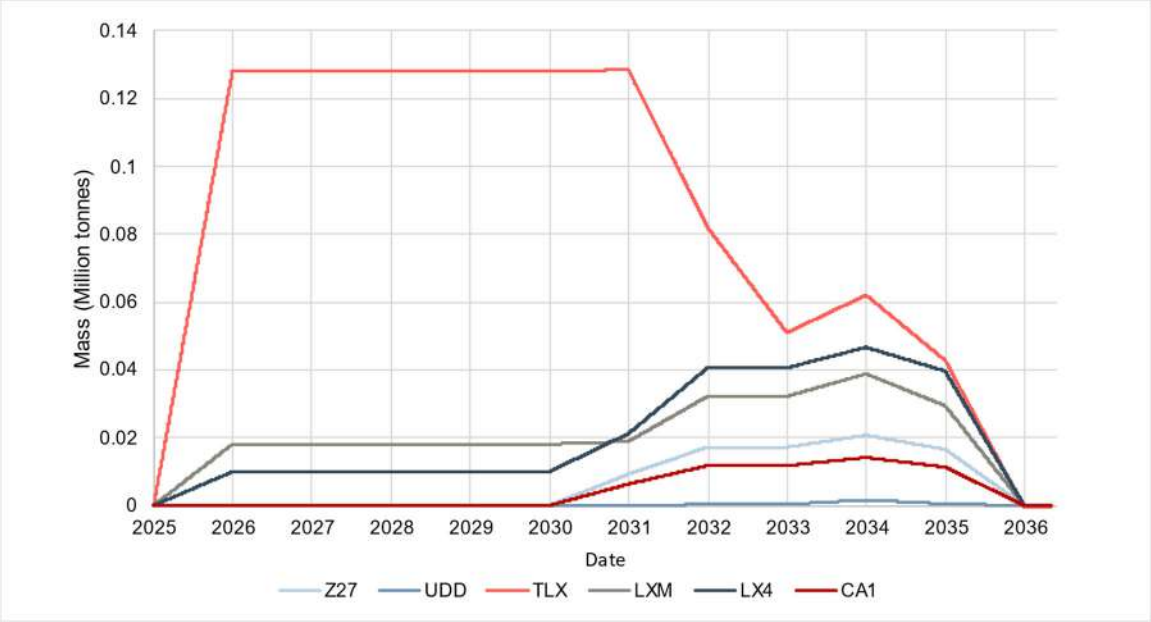


Figure 2: Modelled mass of ore from different mineralized zones on the ore stockpile.

3.2.3.2 Mineralized Material Stored in the Waste Rock Stockpile

A portion of the area of the waste rock stockpile will also be used as a secondary ore stockpile. This stockpile is assumed to have a lower daily flux than the MMSP and so only the annual flux in new material, distributed equally across all days, is used to calculate the mass of fresh material for the purposes of calculating the release of blasting residues. As per Section 3.2.1, 50 % of blasting residues are assumed to be released from the pile, and the remaining 50% are assumed to be released in the mill through processing.

The composition (mineral zone breakdown) for the ore material in the WRS is presented in Figure 3.

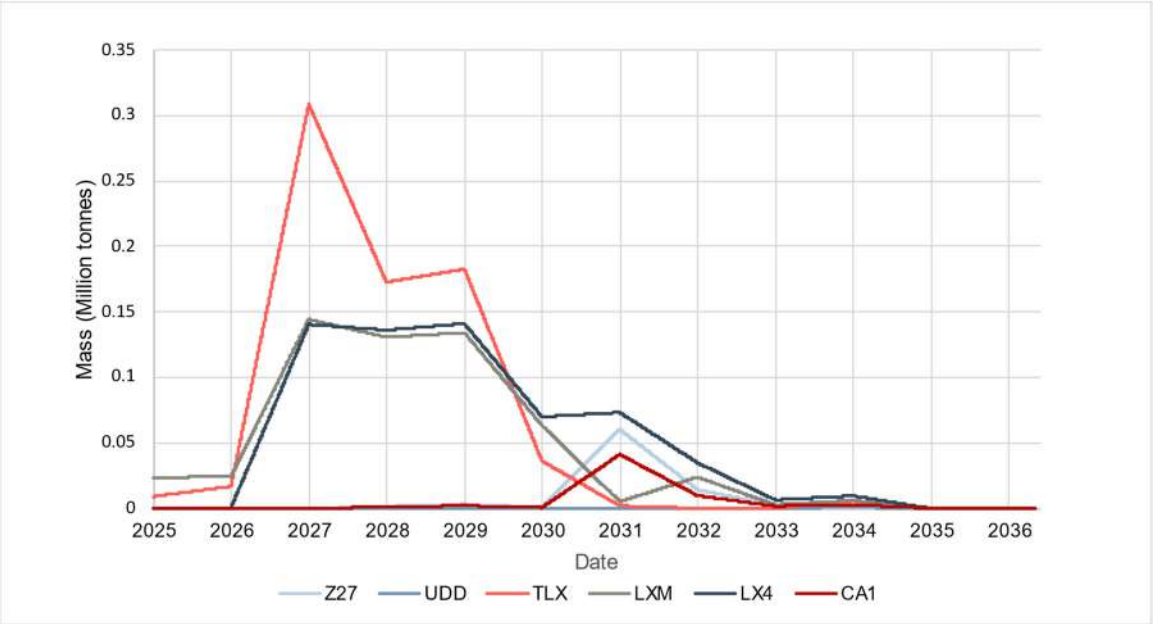


Figure 3: Modelled mass of ore from each mineralized zone stored on the WRS.

3.2.4 Tailings and Refinement

Ore processing is on site and will result in the creation of process water, dry stack tailings, and paste backfill. These three products will interact with the water management on site, and their contributions to mass loadings to the system are accounted for in the water quality model.

Process water quality consists of a combination of recycled process water and makeup water from Pond D. Source terms for the initial process water conditions, which also represent the amount of mass assumed to be added through the recycling process, were derived from pilot testing. Representative water quality analyses on process water were chosen to be applied at different times of the mine life based on the mineral zone being mined. Through the life of mine, projected concentrations in the process plant were allowed to build up through to a maximum of three times the initial process water quality (Osisko 2023b).

As the water quality model is mass conservative, some constituents that could not be appropriately modelled in the process water were adjusted or overridden for the final projected process water quality. The following describes adjustments that were made to ensure a more representative process water quality:

- As part of the source terms for process water, ammonia was overridden to a constant concentration of 75 mg-N/L (Osisko 2023c) and subsequently was allowed to build up through to a maximum of three times this concentration, consistent with the remaining constituents.
- Weak Acid Dissociable (WAD) and total cyanide: these species are associated with the leaching and subsequent cyanide destruction process, and undergo transformations throughout that cannot be accurately represented in the water quality model. WAD cyanide was overridden to a constant concentration of 5 mg/L (BBA 2023), total cyanide was overridden to a constant concentration of 20 mg/L (BBA 2023).

- Solubility limits: To account for the potential effects of mineral solubility on the projected process water concentrations, representative snap shots of the projected process water following cycling up (with no cap of three times) were adjusted using the geochemical speciation and mass transfer code PHREEQC. The MinteqV4 database was used to provide the final equilibrated concentrations of constituents that were deemed to be at their saturation point. These concentrations were then applied as solubility limits for the projected process water quality. Applied solubility limits are shown in Table 3.

Table 3: Summary of modelled solubility limits applied in the refinement process.

Constituent	Unit	Phase 1	Phase 2
Sulphate (SO_4)	mg/L	4,533	12,742
Aluminum (Al)	mg/L	0.0043	0.0024
Barium (Ba)	mg/L	0.0027	0.0011
Calcium (Ca)	mg/L	489	322
Iron (Fe)	mg/L	0.099	-

3.2.4.1 Tailings Management Facility

A dry stack tailings management facility (TMF) is planned for the site. There are two pathways assumed to release mass loadings from the TMF: runoff and seepage. Both of these sources are characterized by concentration-based source terms.

Any seepage produced is assumed to be the quality of the projected process water, modelled as per Section 3.2.4. As the TMF will be lined, any seepage will be collected and ultimately directed towards one of the two TMF Ponds.

The TMF will be constructed in sections, termed zones. As tailings are deposited in a zone and subsequently remediated, runoff will interact with areas that are only lined, areas that have exposed dry stack tailings, and areas that have been remediated. Runoff over the liner is assumed to not acquire any chemistry (i.e., has zero mass), and runoff over remediated areas are assumed to be the same water quality as natural runoff. As a conservative approach, cyanide species are assumed to neither transform nor volatilize in the surface water environment.

Runoff over the tailings surface is assumed to interact only with a very thin upper layer, and is assumed to acquire a concentration that is intended to represent a mix of varying degrees of potential acid generating stages, as the tailings were identified as having acid generating potential (WSP 2023b). The following source terms were included in the tailings runoff concentrations:

- Old material: material that has been present in the TMF for an amount of time sufficient for the onset of acid generating conditions. This material is represented by the results of the NAG testing performed on the tailings, the results of which indicated the material was potentially acid generating and provide an indication of potential metal content of leachate following oxidation of all sulphide material.
- Moderately exposed material: material that has been present in the TMF for a moderate amount of time and may or may not be in the process of generating acidity. This material is represented by the 95th percentile concentrations observed throughout all available weeks of the relevant tailings humidity cell tests. A summary of humidity cell tests used and the available number of weeks of data is presented in Table 4. It should be noted that the tests were producing acidic conditions at the time the source terms were derived, and therefore do take into account the chance that acidic conditions may be present.

- Fresh material: material that has been placed in the TMF recently and has not yet had a chance to generate acidity. This material is represented by the 95th percentile concentrations observed within the first six weeks of the relevant tailings humidity cell tests.

As each zone is built up with tailings, it is anticipated that new tailings material will consistently be placed over top older material within a short time frame, potentially limiting the oxidizing reactions that may occur in the older material. Further, each zone will be covered with a geosynthetic liner and remediated within a year following completion. As the geochemistry studies indicate that the onset of acid generation may occur within three to fourteen years, it is possible that little to no generation of acidic conditions will occur while the TMF is being filled or prior to the covering of each zone, while tailings materials are exposed. Therefore, the following assumptions were made with respect to the amount of exposed tailings area attributed to each material age and source term:

- Old material: Although it is anticipated, based on the mining plan, that tailings will be covered before the onset of acid generation, 10 % of the exposed tailings surface area of the TMF is retained as a conservative measure.
- Moderately exposed material: approximately 17 % of the exposed tailings surface area of the TMF.
- Fresh material: approximately 73 % of the exposed tailings surface area of the TMF.

The final TMF runoff water quality is a weighted average based on the source terms and proportions described above.

Table 4: Summary of tailings subdivisions used in the model and corresponding tailings HCT(s) used for source term development

Site Mineralized Zone Code	HCT Sample ID
Lynx 4	CIL 13 CND (66)
Lynx Main	CND 5 (44)
Triple Lynx	CIL 11 CND (25)
Underdog	CND 6 (190)
Zone 27 + Caribou	CND 1 (31), CND 4 (31)

( ) Indicate the number of weeks of data used

Dust suppressant will be applied on a regular schedule to the surface of the TMF. It is assumed that the dust suppressant will be calcium chloride based (Occidental Chemical Corporation 2023 or equivalent product). A twice annual (May 15th and July 15th) schedule is applied to the total surface of the tailings of the TMF at that time. The product is assumed to be washed off the surface at a rate of 50 % of the remaining product per day when there is runoff.

3.2.5 Overburden

An overburden stockpile will be present on site. The 95th percentile of all available applicable short-term leach tests (CTEU-9 and SPLP) on available overburden samples is applied to represent the water quality of runoff and seepage from this stockpile.

3.2.6 Underground Mine

The underground workings of the mine will be dewatered through the life of mine. This water will impact site water quality as it mixes with above ground sources. The cavern space created will be used for long term storage of tailings as cemented paste back fill, and waste rock will be used as rock fill. Additionally, regional groundwater entering the underground workings will be collected in the sumps. This water is represented by the 95th percentile of groundwater monitoring data obtained from site wells installed in bedrock. Specific wells were selected based on their proximity to the draw down zone and monitoring data dates to November 2017 (WSP 2023c).

Tailings, in the form of a cemented paste, will be used as a backfill. It is assumed that as the cement cures, water will bleed from the paste backfill and contribute mass loading to the underground sump. It is also conservatively assumed that infiltrating groundwater will interact with and replace pore water within the outer most 10 cm of exposed paste backfill. As this replacement occurs, the existing pore water, is also mixed in the underground sump. Both sources of expelled pore water from the paste backfill are assumed to be of process water quality as projected by the water quality model.

After waste rock has been crushed on surface, a portion of the material will be returned to the underground for backfill and construction. It is assumed the lithological proportions of this additional material is the same as the composition of material being added to the WRS. The same source terms as those used in the WRS are used to calculate the mass loadings released underground. This mass is assumed to be carried by the total calculated flow of ground water into the underground.

Blasting residues are generally assumed to be released at surface for any waste rock being placed underground following crushing on surface, and are assumed to released immediately underground for waste rock that remains there for use in paste berms and cemented rockfill (Section 3.2.1). It should also be noted that, based on existing underground sump monitoring data, a constant concentration of 30 mg-N/L of ammonia is applied to water generated underground.

3.2.7 Infrastructure

Runoff from camp infrastructure and roads were modelled. Although much of the construction material is sourced from waste rock, it is assumed that blasting residuals were leached in the waste rock pile and that no blasting residues remain present on the material at the time of construction (See Section 3.2.1 for more details). The source term for these constructed surfaces is a concentration-based source term represented by the 95th percentile of all weeks available for non-acid generating waste rock lithologies.

The roads will also receive dust suppressant several times over the course of each summer. It is assumed that the dust suppressant will be calcium chloride based (Occidental Chemical Corporation or equivalent product). This product will be applied on a regular schedule and under the following assumptions:

- In 2025 and 2026, the dust suppressant will be applied twice annually (May 15 and July 15) to all roads and infrastructure at a rate of 0.492 L/m^2.
- Once production begins in 2027, the schedule will be changed to four times annually (the 15th of every month, May through August) at the same application rate (0.492 L/m^2).
- The product is assumed to be washed off the surface at a rate of 50 % of the remaining product per day when there is runoff.

3.2.8 Natural Areas

Though the site will endeavour to divert as much non-contact water (from natural watersheds) as possible throughout the mine life, it is inevitable that some natural catchment will report to the water management infrastructure. Non-contact water from surrounding natural catchments is represented by site monitoring data collected from locations outside the current active site area (WSP 2023d). Data incorporated in this source term dates back to June 2017; however, most of the data used was collected in 2021. It should be noted that the monitoring only occurs during the open water season, from May to October. The 95th percentile of all included measurements was used as this source term.

3.3 Scaling Factors

Within the WQM, loading-based source terms have several scaling factors applied to adjust for the differences between field and laboratory conditions. A brief description of each is provided below.

- A channelization factor of 0.1 represents the reduction in interaction potential as water forms preferential pathways through the material.
- A grain size scaling factor of 0.067 is applied at a ratio of material size in a laboratory test (1 cm in diameter) to an assumed average size of material on site (15 cm in diameter).
- A seasonality scaling factor is applied where the calculated six-day rolling average air temperature is less than 0ºC. This assumes that geochemical weathering is negligible at sub-zero temperatures.
- A temperature scaling factor is applied to account for differences in reaction rates between the temperature modelled on site and the static laboratory temperature. It is based on the Arrhenius equation and the calculated six-day rolling average air temperature.

3.4 Treatment

A treatment plant on site will contain multiple streams of treatment, including a metals/cyanide (metals/CN) stream, and a biological treatment stream, which will affect the dissolved concentrations projected to occur on site by the WQM. Treatment targets for these two treatment plants are set using the minimum of the Metals and Diamond Mines Effluent Regulations (MDMER) for new mines (MOJ 2023) and Directive 019 (MDDEP 2012), with exception of thiocyanate which uses the interim Valeur aiguë finale à l'effluent (VAFe) criterion (MELCCFP 2023), and ammonia which uses criterion that has been used for the design of the biological treatment facility (GCM 2023). An achievable treatment target of 80 % of the minimum metals criteria is used for all metals with the exception of copper and lead, for which different achievable treatment targets have been defined based on Veolia (2023). A summary of treatment targets is presented in Table 5. For the purpose of modelling, it is assumed that inflow concentrations that exceed treatment targets will have the concentrations reduced to the achievable target, and that concentrations already below achievable targets will maintain their projected values.

Table 5: Summary of treatment targets and the sources for these targets

Constituent	Unit	Metals/CN		Biological		Criteria Source
		Target	Achievable Target	Target	Achievable Target	
Total Ammonia (NH_4)	mg-N/L	-	-	5	5	GCM 2023
Total Cyanide (TCN)	mg/L	0.5	0.4	-	-	MDMER/ Directive 019
Thiocyanate (CNS)	mg/L	-	-	4.2[1]	4.2	VAFe (MELCCFP)
Arsenic (As)	mg/L	0.1	0.08	-	-	MDMER
Copper (Cu)	mg/L	0.1	0.005	-	-	Veolia 2023
Iron (Fe)	mg/L	3	2.4	-	-	Directive 019
Lead (Pb)	mg/L	0.08	0.064	-	-	MDMER
Nickel (Ni)	mg/L	0.25	0.001	-	-	Veolia 2023
Zinc (Zn)	mg/L	0.4	0.32	-	-	MDMER

(1) Interim guideline.

4.0 RESULTS

To evaluate the water quality in the final point of control on site, water quality results from the Polishing Pond are presented (Table 6 and Table 7). Four statistics are presented, the minimum, mean, maximum, and the maximum of 92nd percentile of daily values. The 92nd percentile is presented as it is the maximum value within the level of confidence possible by running 60 iterations of the model. It is not meant to be interpreted as the absolute maximum possible value. Data is screened against both MDMER for new mines (MOJ 2023) and Directive 019 (MDDEP 2012) guidelines. The interim VAFe (MELCCFP 2023) guideline for thiocyanate is presented but not applied for comparative purposes. Time series plots of all constituents with criteria are presented in Figure 4 through Figure 12.

All constituents in the effluent discharge from the Polishing Pond remain below the relevant discharge criteria with the exception of total cyanide. The projected daily maximum total cyanide concentrations show some short-lived exceedances of the MDMER maximum monthly average guideline (i.e.: 0,5 mg/L), but no exceedance of the MDMER maximum grab sample guideline of 1.0 mg/L . It should be noted that projected monthly averages do not exceed the guideline. Further, the majority of the maximum daily results showing high concentrations occur between May and July, when natural cyanide degradation is expected in the Polishing Pond, a process that has not been modelled. As such, these projected daily maximum concentrations of total cyanide are likely overestimated.

The criteria for total ammonia will be variable as it is based on pH and temperature, and as such was not used as a comparative criteria; however, a target was developed by GCM (2023) for the biological treatment plant, which is marginally exceeded in the effluent. Total cyanide also marginally exceeds the treatment objective in the effluent; however concentrations remain below the discharge criteria (Table 6). The projections show that all constituents are subject to the concentrating effects of ice formation in the winter and evaporation on the pond surfaces in the summer. This may result in a slight increase in concentrations relative to treatment objectives; however, it is anticipated that treatment units will be effective at lowering concentrations below the relevant discharge criteria such that the effects of ice formation and evaporation will not result in sustained exceedances of monthly average guidelines in the effluent discharge.

Table 6: Summary of results for major ions and nutrients in the Polishing Pond.

Parameter	Unit	Treatment Criteria	VAFe	MDMER	D019	Min	Mean	Max of 92nd Percentile	Max
Calcium (Ca)	mg/L					2.6	207	604	1037
Magnesium (Mg)	mg/L					0.06	17	28	35
Potassium (K)	mg/L					0.2	12	68	120
Sodium (Na)	mg/L					1.4	254	698	709
Chloride (Cl)	mg/L					0.22	68	1001	1787
Fluoride (F)	mg/L					0.0034	0.16	0.33	0.46
Sulphate	mg/L					4.6	898	2553	2671
Total Ammonia	mg N/L	5				0.069	5.0	5.5	7.2
Total Cyanide	mg/L	0.4		0.5	1	0.0047	0.36	0.46	**0.54**
Cyanate (CNO)	mg/L					0.00092	95	265	273
Thiocyanate (SCN)	mg/L	4.2	4.2			0.0031	3.5	4.7	5.7
Nitrate-N	mg N/L					0.05	27	64	106
Nitrite-N	mg N/L					0.0032	0.26	0.41	0.74

Note: Interim guidelines are not considered as comparative criteria.

Table 7: Summary of results for metals in the Polishing Pond.

Parameter	Unit	Treatment Criteria	VAFe	MDMER	D019	Min	Mean	Max of 92nd Percentile	Max
Aluminum (Al)	mg/L					0.00053	0.17	0.47	1.0
Antimony (Sb)	mg/L					0.000055	0.066	0.22	0.23
Arsenic (As)	mg/L	0.08		0.1	0.2	0.00015	0.03	0.079	0.08
Barium (Ba)	mg/L					0.0012	0.2	0.39	0.4
Beryllium (Be)	mg/L					9.5E-08	0.00037	0.0011	0.0016
Bismuth (Bi)	mg/L					0.00000034	0.0088	0.037	0.087
Boron (B)	mg/L					0.00063	0.07	0.11	0.21
Bromide	mg/L					0.028	1.4	2.9	6.4
Cadmium (Cd)	mg/L					0.0000037	0.00039	0.0013	0.0027
Chromium (Cr)	mg/L					0.00004	0.0043	0.0074	0.013
Cobalt (Co)	mg/L					0.00024	0.025	0.086	0.087
Copper (Cu)	mg/L	0.005		0.1	0.3	0.00032	0.0052	0.0089	0.011
Iron (Fe)	mg/L	2.4			3	0.0016	1.9	2.8	2.8
Lithium (Li)	mg/L					0.000029	0.011	0.017	0.026

Table 7: Summary of results for metals in the Polishing Pond.

Parameter	Unit	Treatment Criteria	VAFe	MDMER	D019	Min	Mean	Max of 92nd Percentile	Max
Lead (Pb)	mg/L	0.001		0.08	0.2	0.000021	0.00095	0.0012	0.0015
Manganese (Mn)	mg/L					0.00073	0.33	0.55	0.73
Molybdenum (Mo)	mg/L					0.00025	0.052	0.18	0.19
Nickel (Ni)	mg/L	0.2		0.25	0.5	0.00015	0.069	0.23	0.23
Selenium (Se)	mg/L					0.00011	0.014	0.054	0.056
Silver (Ag)	mg/L					0.000024	0.00091	0.0032	0.0033
Strontium (Sr)	mg/L					0.0064	0.57	1.2	1.2
Tin (Sn)	mg/L					0.000002	0.0017	0.0054	0.012
Tellurium (Te)	mg/L					0.0000027	0.001	0.003	0.0049
Thorium (Th)	mg/L					0.000002	0.0093	0.037	0.087
Thallium (Tl)	mg/L					0.00000014	0.018	0.075	0.17
Titanium (Ti)	mg/L					0.000003	0.013	0.022	0.047
Uranium (U)	mg/L					0.000011	0.0017	0.003	0.0031
Vanadium (V)	mg/L					0.0000022	0.0015	0.0024	0.0036
Tungsten (W)	mg/L					4.1E-09	0.0094	0.026	0.046
Zinc (Zn)	mg/L	0.032		0.4	0.5	0.00011	0.043	0.11	0.23

Note: Interim guidelines are not considered as comparative criteria.

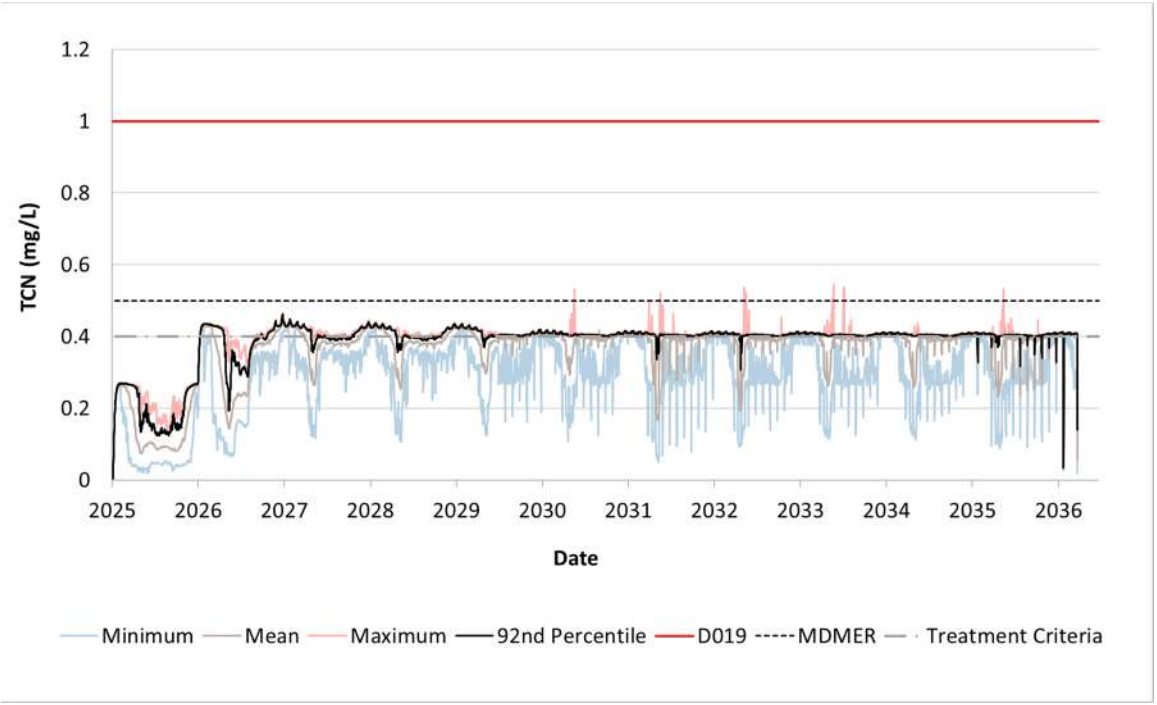


Figure 4: Model results for total cyanide in the Polishing Pond with 60 iterations.

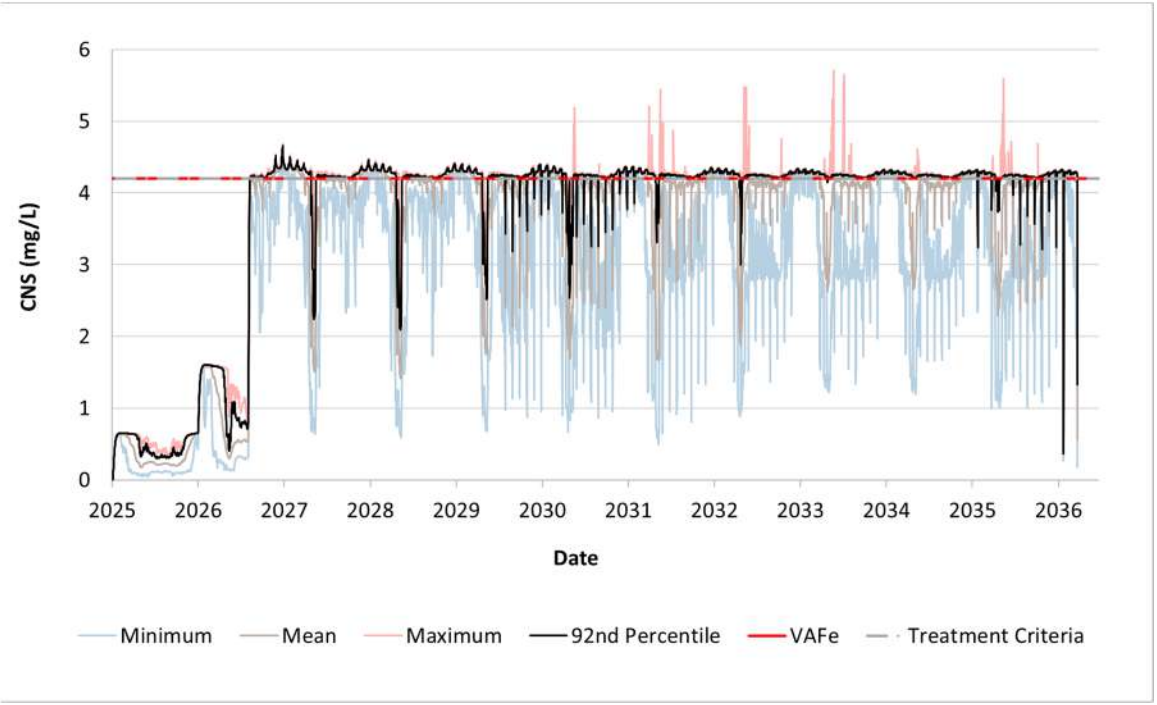


Figure 5: Model results for thiocyanate in the Polishing Pond with 60 iterations.

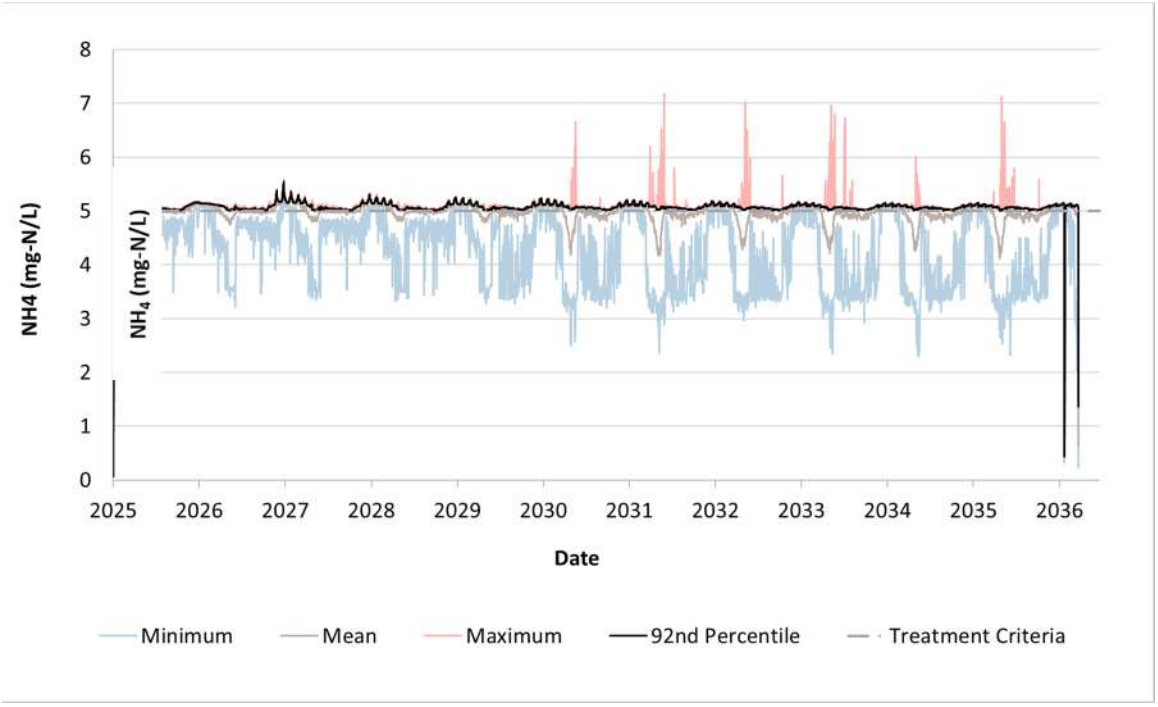


Figure 6: Model results for total ammonia in the Polishing Pond with 60 iterations.

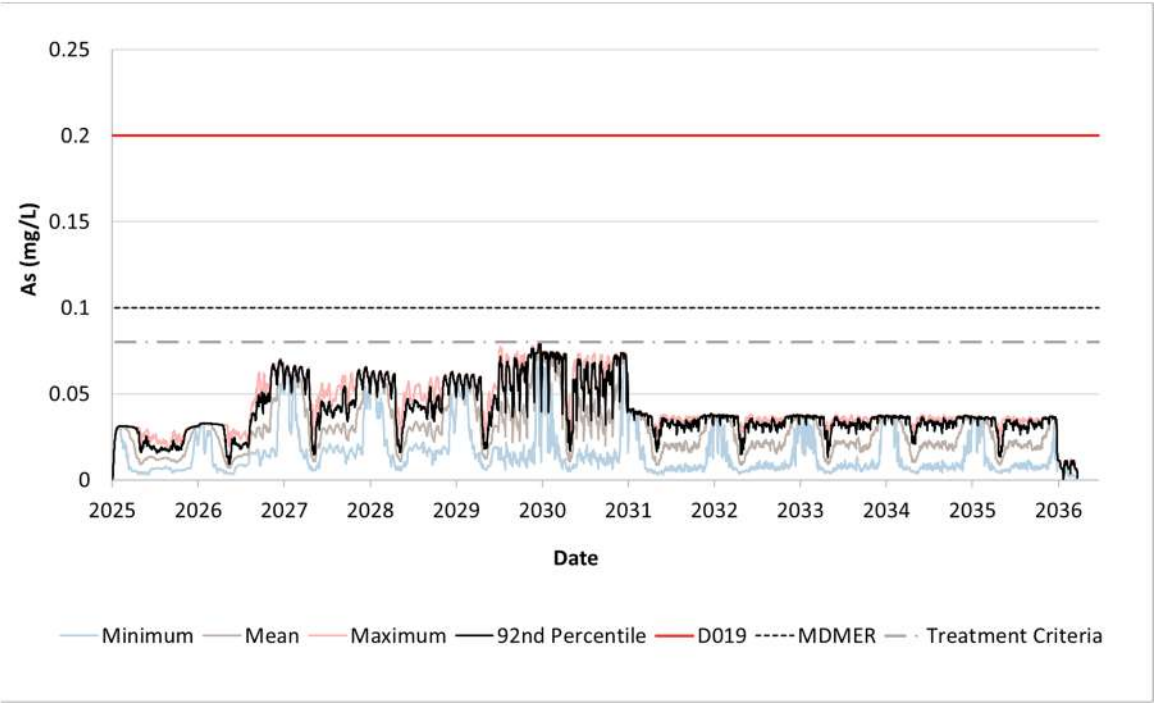


Figure 7: Model results for arsenic in the Polishing Pond with 60 iterations.

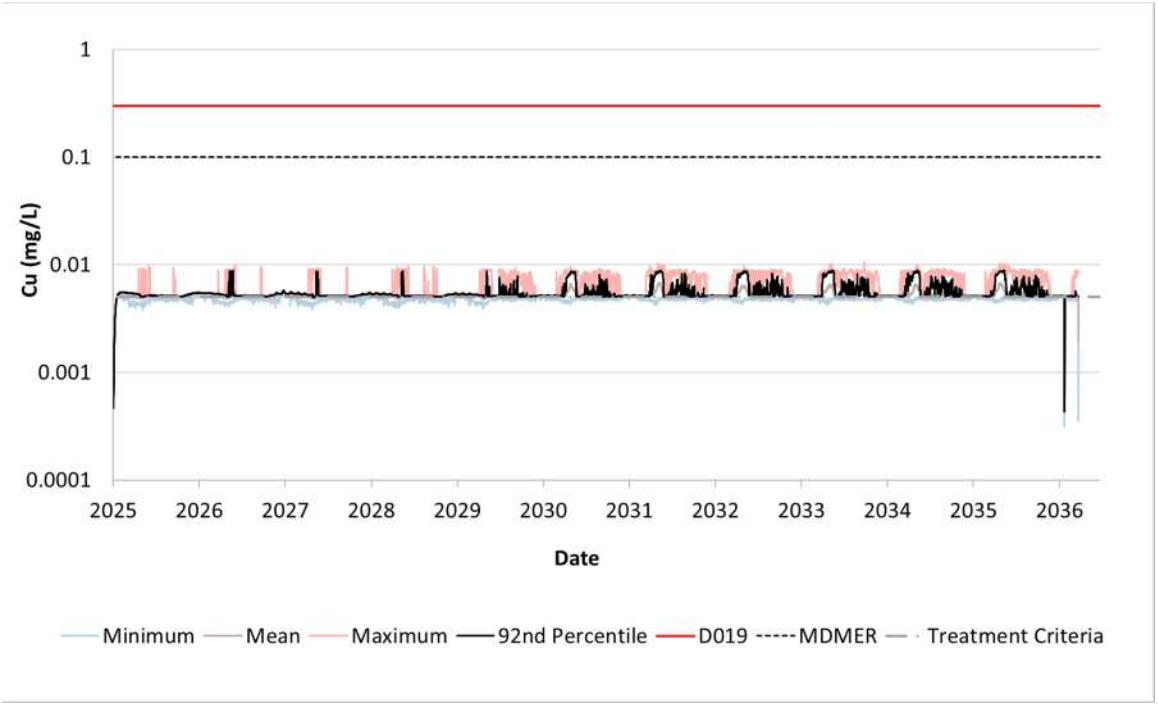


Figure 8: Model results for copper in the Polishing Pond with 60 iterations, note that concentration is a logarithmic scale.

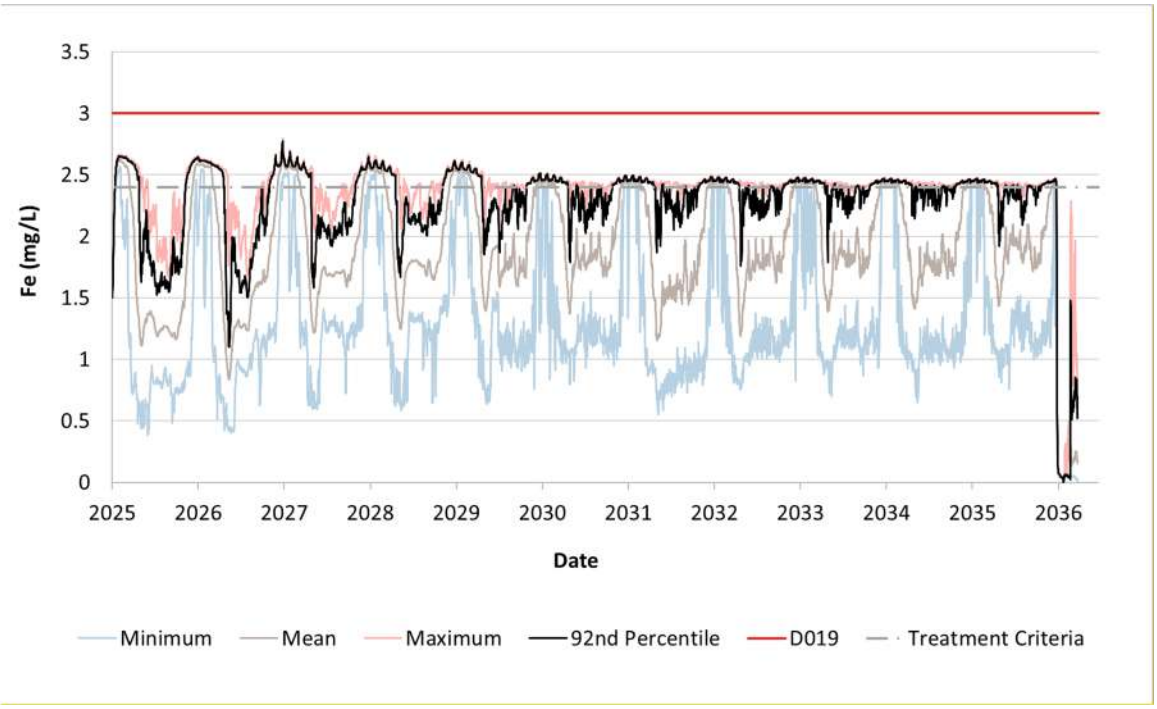


Figure 9: Model results for iron in the Polishing Pond with 60 iterations.

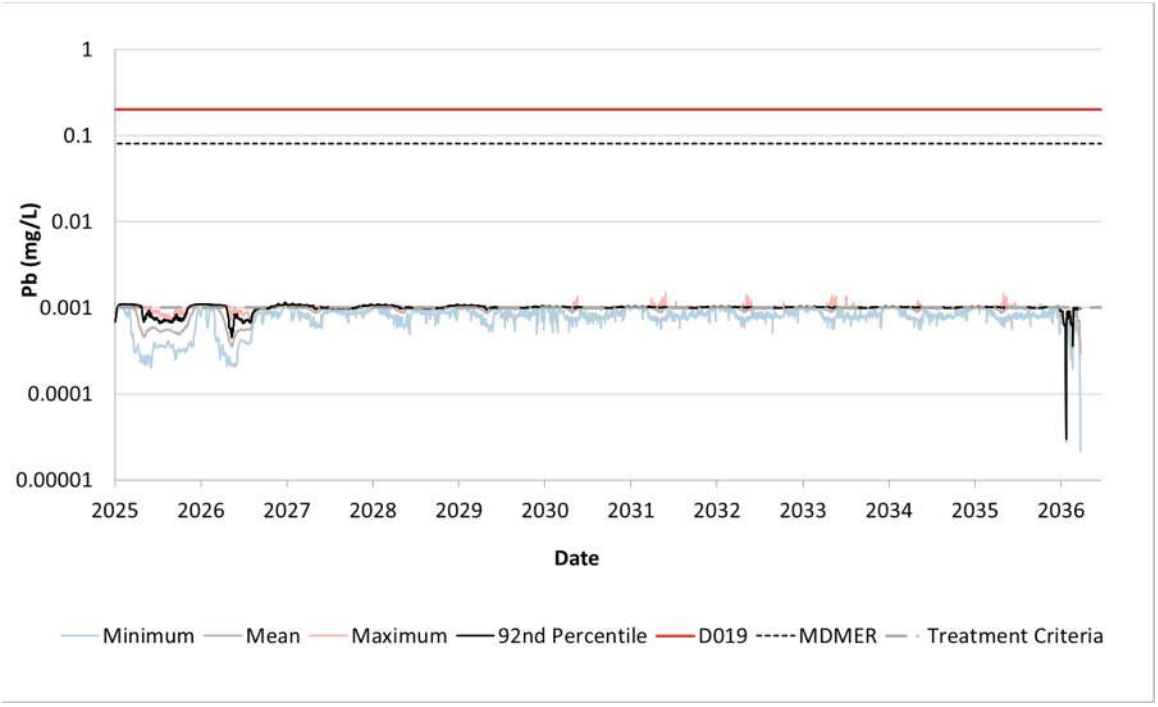


Figure 10: Model results for lead in the Polishing Pond with 60 iterations, note that concentration is a logarithmic scale.

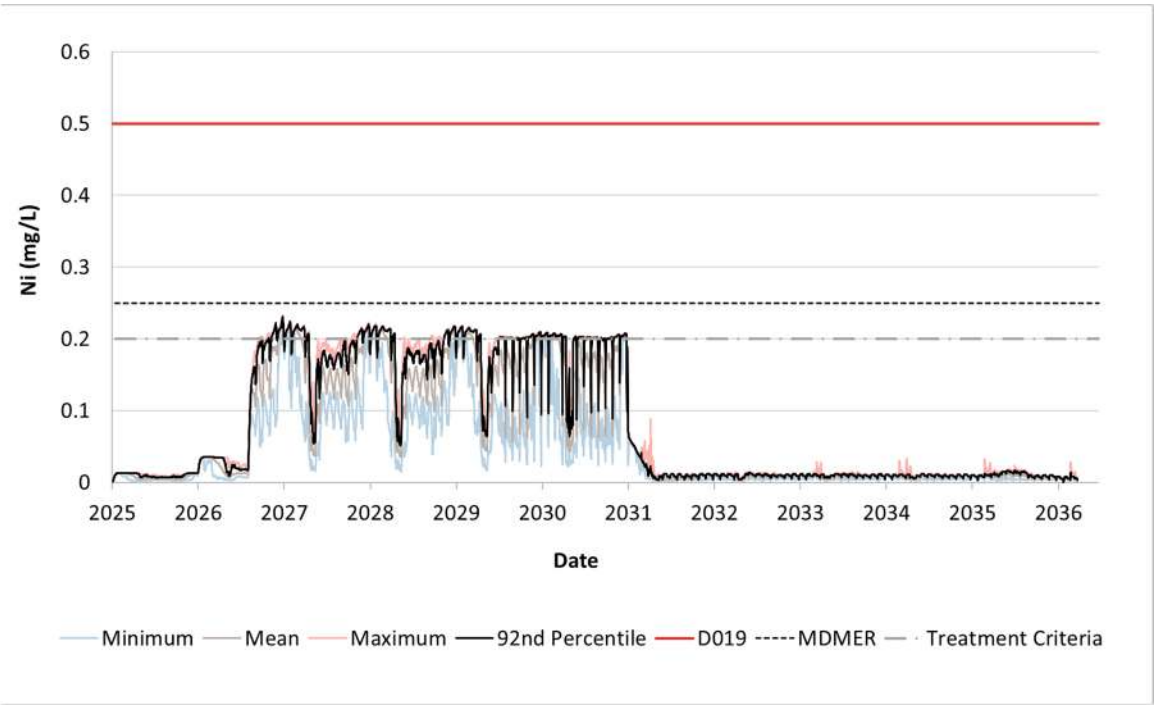


Figure 11: Model results for nickel in the Polishing Pond with 60 iterations.

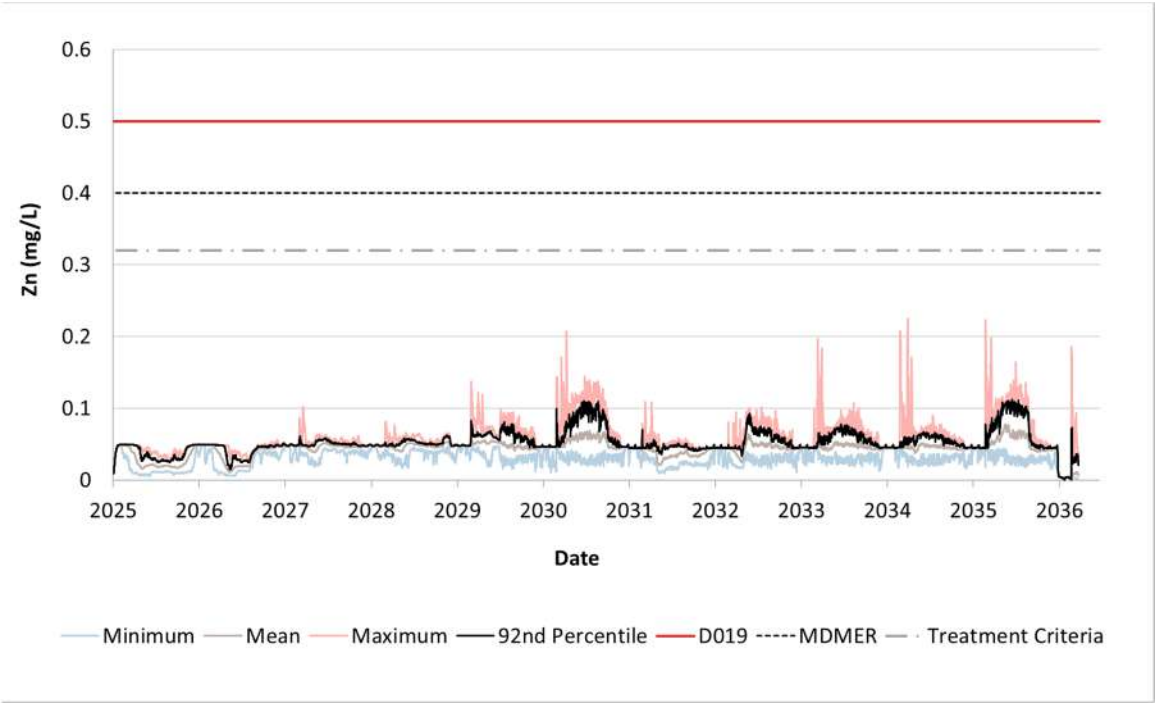


Figure 12: Model results for zinc in the Polishing Pond with 60 iterations.

As previously indicated, the results indicate that ice formation in the winter, and evaporation in the summer, are processes that have the effect of slightly increasing treated effluent concentrations in the Polishing Pond prior to discharge. As a result, projected cyanate and iron concentrations indicated that concentrations may approach effluent discharge guidelines in the Polishing Pond. Total cyanide may experience short-term exceedances of the monthly average discharge criteria; however, these do not exceed the maximum grab sample discharge criteria and they are not anticipated to result in monthly average concentrations that exceed the discharge criteria.

These projections of Polishing Pond water quality are a reflection of the cumulative effects of incorporating upper case inputs to the model (often the 95th percentile) for geochemistry and water quality. It is unlikely that all contributing sources of mass to the system would occur at these upper-case values simultaneously. Further, there is an inherent uncertainty in representing such dynamic systems, and the model results should not be considered as absolute values; in reality, there will be a range of concentrations that occur, which will depend on site-specific conditions, including climate, on-site material management practices, on-site water management practices, and actual achieved treatment efficiencies.

5.0 CLOSURE

We trust the above meets your present requirements. If you have any questions or comments, please contact the undersigned.

WSP Canada Inc.

Nathan Logan, B.Sc.
Junior Environmental Specialist

Kristina Skeries, M.Sc.
Senior Environmental Specialist

GÉOLOGUE / GEOLOGIST
2023-12-18
KENNETH DE VOS
2265
QUÉBEC

Ken De Vos, M.Sc., P.Geo (ON, QC)
Principle Hydrogeochemist

NL/KS/KDV

https://wsponlinecan.sharepoint.com/sites/ca-ca0024495772/shared documents/05. technique/5000 - bilan et gestion de l'eau/5400 - water quality/memo in support of oer request/3.reporting/_rev 01 (dec 2023)/annexure a/cawl-tm-wm-0600-rev01_eng_wq memo for oer.docx

WSP prepared this report solely for the use of the intended recipient, Minière Osisko Inc., in accordance with the professional services agreement. The intended recipient is solely responsible for the disclosure of any information contained in this report. The content and opinions contained in the present report are based on the observations and/or information available to WSP at the time of preparation. If a third party makes use of, relies on, or makes decisions in accordance with this report, said third party is solely responsible for such use, reliance or decisions. WSP does not accept responsibility for damages, if any, suffered by any third party as a result of decisions made or actions taken by said third party based on this report. This limitations statement is considered an integral part of this report.

The original of this digital file will be conserved by WSP for a period of not less than 10 years. As the digital file transmitted to the intended recipient is no longer under the control of WSP, its integrity cannot be assured. As such, WSP does not guarantee any modifications made to this digital file subsequent to its transmission to the intended recipient.

6.0 REFERENCES

BBA 2023. Via email from Mathieu Bélisle (BBA) to Simon Delay-Fortier (GS2), Kim-Quyên Nguyên (Osisko), Mélissa Tremblay (GCM) Sarra Besbes (GCM), Armia Amini (BBA). 14 February 2023.

GCM 2023. Description générale du traitement des eaux pour le site Windfall de la Minière Osisko. Note de projet concernant la demande d'OER. Reference No. CAWL-RE-EV-2502-ZD. Submitted October 2023.

GoldSim Technology Group. 2021. GoldSim User's Guide (Version 14.0). https://www.goldsim.com/Web/Customers/Education/Documentation/, October 2021.

Minister of Justice (MOJ). 2023. Metal and Diamond Mining Effluent Regulations (SOR/2002-222), Fisheries Act, Up-to-date version as of 14 November 2023.

Ministère de Développement durable, Environnement et Parcs (MDDEP). (2012). Directive D019 sur l'industrie minière, Québec, March 2012, 105 p. [Online]

MELCCFP. 2023. Critères de qualité de l'eau de surface. Accessed via https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/details.asp?code=S0451 on 18 July 2023.

Occidental Chemical Corporation. LIQUIDOW ™ TECHNICAL GRADE CALCIUM CHLORIDE SOLUTION. Accessed via https://sds.oxy.com/private/document.aspx?prd=M48009~~PDF~~MTR~~ANSI~~EN~~01-01-0001~~~~ on 18 July 2023.

Osisko (Osisko Mining Inc.). 2022a. *Stockpile Lithology Composition v3.xlsx*. Via email from Charles Blais (Osisko) to Kristina Skeries (WSP) and Heather Townsend (WSP). 24 October 2022.

Osisko. 2022b. *20221021 – Schedule by Zone & Litho.xlsx*. Via email from Charles Blais (Osisko) to Kristina Skeries (WSP) and Heather Townsend (WSP). 24 October 2022.

Osisko 2023a. *ExtractionMassBalance6Jun2023-V2.xlsx*. Via email from Kim-Quyên Nguyên (Osisko) to Nathan Logan (WSP), Kristina Skeries (WSP), Simon Delay-Fortier (GS2), Aytaç Goksu (WSP), Yan Théberge (Osisko), Elsa Sormain (WSP). 3 July 2023.

Osisko 2023b. via email from Simon Delay-Fortier (GS2) to Kim-Quyên Nguyên (Osisko), Yan Théberge (Osisko), John-Paul McGrath (Osisko), Mélissa Tremblay (GCM), Kristina Skeries (WSP), Aytaç Goksu (WSP), Ken De Vos (WSP), Andréanne Boisvert (Osisko). 21 April 2023

Osisko 2023c. via email from Simon Delay-Fortier (GS2) to Kristina Skeries (WSP), Mélissa Tremblay (GCM), and Kim-Quyên Nguyên (Osisko). 24 April 2023.

Veolia 2023. Re: Windfall | Veolia x GCM x Groupe Minier Windfall | ODJ 2023.12.11 Via email from Myriam Del Adurantaye (Veolia) to Melissa Tremblay (GCM), Simon Delay-Fortier (GS2), Kim-Quyên Nguyên (Osisko), and David Oliphant (Veolia). 12 December 2023.

WSP Golder. 2022b. Detailed Climate Change Dataset. Windfall Project. Reference No. GAL128-2148985706-R-RevB-05. 11 November 2022.

WSP 2023a. Site Wide Water Balance – Projet Windfall. Reference No. CAWL-RE-WM-0601-AA-WaterBalanceReport-ForPermitSubmitted 21 July 2023.

WSP 2023b. Project minier Windfall. Rapport sectoriel – Caractérisation géochimique des matériaux miniers. Rapport produit pour Minère Osisko Inc. Mars 2023.

WSP 2023c. Projet minier Windfall. Rapport sectoriel – Évaluation des teneurs de fond dans l'eau souterraine. Rapport produit pour Minière Osisko Inc.

WSP 2023d. Projet minier Windfall. Rapport sectoriel – Eau de surface et sédiments. Rapport produit pour Minière Osisko Inc.

1-3

SITE AND SOIL CHARACTERIZATION STUDY FOR THE INSTALLATION OF A SEWAGE WATER TREATMENT SYSTEM FOR THE WORKERS' CAMP

Groupe Minier Windfall

SITE WINDFALL – CAMP DE TRAVAILLEURS DE 600 PERSONNES

ÉTUDE DE CARACTÉRISATION DU SITE ET DES SOLS POUR L'INSTALLATION D'UN SYSTÈME DE TRAITEMENT DES EAUX SANITAIRES POUR LE CAMP DES TRAVAILLEURS

ENV0568-1501-00

No de référence GCM : 23-1938-0568
Requérant : Andréanne Boisvert, ing.

Présenté à

Andréanne Boisvert, ing.
Groupe Minier Windfall
Vice-présidente, Environnement et relations communautaires

Préparé par :

Jean-Sébastien Grenier, ing., MBA, No OIQ : 145747
GCM Consultants

Vérifié par :

Pascale Mazerolle, ing., No OIQ : 6010964
GCM Consultants

Révision	Émission	Date
00	**FINALE**	**2023.11.29**

ÉQUIPE DE RÉALISATION – GCM CONSULTANTS

Pascale Mazerolle	Révision
Jean-Sébastien Grenier	Coordination, analyse et rédaction
France Thibeault	Édition

ÉQUIPE DE RÉALISATION — GROUPE MINIER WINDFALL

Andréanne Boisvert	Vice-présidente, Environnement et relations communautaires

TABLE DES MATIÈRES

1.0 INTRODUCTION 4
2.0 IDENTIFICATION 5
3.0 NATURE DU MANDAT 6
4.0 DESCRIPTION DU SITE 7
5.0 MÉTHODOLOGIE 10
6.0 ÉVALUATION DES CARACTÉRISTIQUES DU SOL 12
7.0 CONCLUSIONS 25
8.0 LIMITATION DE L'ÉTUDE 26
9.0 RÉFÉRENCES 27

FIGURES

Figure 4-1 : Vue générale du site 7
Figure 4-2 : Vue générale du site 7
Figure 4-3 : Vue générale du site 7
Figure 4-4 : Vue générale du site 7
Figure 4-5 : Vue générale du site à l'étude (zone prévue des travaux en rose) 9
Figure 4-6 : Vue générale du site à l'étude (zone prévue des travaux) 9
Figure 4-7 : Vue générale du site à l'étude (zone prévue des travaux) 9
Figure 4-8 : Vue générale du site à l'étude (zone prévue des travaux) 9
Figure 5-1 : Perméamètre Guelph modèle 2800 11
Figure 6-1 : Stratigraphie des sols (TR-1) 13
Figure 6-2 : Stratigraphie des sols (TR-2) 13
Figure 6-3 : Stratigraphie des sols (TR-4) 14
Figure 6-4 : Stratigraphie des sols (TR-5) 14
Figure 6-5 : Stratigraphie des sols (TR-6) 14
Figure 6-6 : Stratigraphie des sols (TR-7) 14
Figure 6-7 : Stratigraphie des sols (TR-8) 15
Figure 6-8 : Stratigraphie des sols (TR-9) 15
Figure 6-9 : Stratigraphie des sols (TR-10) 15
Figure 6-10 : Stratigraphie des sols (TR-11) 15
Figure 6-11 : Stratigraphie des sols (TR-14) 16
Figure 6-12 : Stratigraphie des sols (TR-15) 16
Figure 6-13 : Stratigraphie des sols (TR-5) 16
Figure 6-14 : Stratigraphie des sols (TR-10) 16
Figure 6-15 : Relation entre la porosité et le débit spécifique, selon la grosseur moyenne des particules (Société québécoise d'assainissement des eaux, 1991) 22
Figure 6-16 : Représentation schématique de la remontée de la nappe 23

TABLEAUX

Tableau 6-1 : Résumé des tranchées d'exploration 12
Tableau 6-2 : Niveau d'eau dans les tranchées 17
Tableau 6-3 : Résultats des analyses granulométriques 18
Tableau 6-4 : Perméabilité hydraulique estimée 19
Tableau 6-5 : Perméabilité hydraulique mesurée en chantier 20
Tableau 6-6 : Paramètres pour la remontée de la nappe 23

ANNEXES

1. Plan – Relevé de l'existant et localisation des tranchées et des essais de perméabilité in situ
2. Rapport d'observation des tranchées
3. Certificats d'analyses granulométriques
4. Triangle de corrélation entre la texture du sol et sa perméabilité
5. Résultats des essais de conductivité hydraulique
6. Résultat du calcul de la remontée de la nappe d'eau souterraine

1.0 INTRODUCTION

Notre client, le Groupe Minier Windfall, représenté par madame Andréanne Boisvert, a mandaté GCM Consultants pour la réalisation d'une étude de caractérisation du site et des sols ayant pour but de déterminer si le sol retrouvé sur le terrain à l'adresse indiquée à la section 2.1 est en mesure de recevoir un système de traitement des eaux usées autonome avec traitement par le sol. L'étude a été effectuée dans cette optique et ne doit donc pas servir de document de référence pour des travaux autres que ceux qui sont liés au traitement des eaux usées.

Ce rapport d'expertise de sol a été rédigé en vue de présenter une demande d'autorisation pour l'implantation d'un système d'épuration des eaux usées d'origine domestique pour un camp de travailleurs de 600 personnes. Ce document se veut donc une partie du rapport technique devant être présenté au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP).

L'étude de caractérisation du site et des sols a été réalisée en conformité avec la section 3.2 du *Guide pour l'étude des technologies conventionnelles de traitement des eaux usées d'origine domestique*. Cette étude déterminera si le site d'implantation en question :

- Permettra de maintenir une épaisseur minimale de sol non saturé sous la surface d'application des eaux usées afin qu'il puisse y jouer efficacement son rôle épuratoire ;
- Permettra d'évacuer le débit appliqué sans résurgence ;
- Ne présentera pas de risques de contamination de l'environnement au sens du deuxième alinéa de l'article 20 de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (LQE).

Ce rapport contient les éléments nécessaires permettant de statuer sur la qualité du sol en place. Vous y trouverez une description qualitative du site, une description de la méthodologie utilisée pour les travaux de reconnaissance, la nature des sols en place, leur perméabilité hydraulique ainsi que les conditions de nappe d'eau souterraine.

2.0 IDENTIFICATION

2.1 Identification du Client et du Propriétaire

ADRESSE POSTALE DU CLIENT	ADRESSE POSTALE DU PROJET
GROUPE MINIER WINDFALL Vice-présidente, Environnement et relations communautaires 300-1100, avenue des Canadiens-de-Montréal Montréal (Québec) H3B 2S2 Téléphone : 438-340-4957 Courriel : ABoisvert@osiskomining.com	**GROUPE MINIER WINDFALL** Site Windfall Kilomètre 111, Route 6000 Eeyou Istchee Baie-James

2.2 Localisation du site (au besoin)

Numéros de lots	Sans objet
Cadastre	Sans objet
Coordonnées	49°04'30.1"N 75°39'06.9"O
Ville	Eeyou Istchee Baie-James (GR)
MRC	Hors MRC
Région administrative	Nord-du-Québec (10)

2.3 Identification du Consultant et de l'Ingénieur

CONSULTANT	INGÉNIEUR
GCM Consultants	**Jean-Sébastien Grenier, ing., MBA**
9496, boul. du Golf	Poste : 6730
Anjou (Québec) H1J 3A1	Téléphone : 514 358-7821
Téléphone : 514 351-4471	jsgrenier@gcmconsultants.com

3.0 NATURE DU MANDAT

Ce rapport présente les caractéristiques du terrain récepteur et répond aux recommandations décrites dans la section 3.2 du *Guide pour l'étude des technologies conventionnelles de traitement des eaux usées d'origine domestique*. Cette section concerne l'évaluation de site. Cette évaluation de site permettra de déterminer le type d'élément épurateur pouvant y être implanté ainsi que sa localisation.

Le mandat consiste donc à :

- Effectuer un relevé topographique des lieux ;
- Évaluer les caractéristiques du sol en place (texture, couleur, densité, etc.) ;
- Déterminer le niveau de la nappe d'eau phréatique et le gradient hydraulique ;
- Déterminer la conductivité hydraulique du sol ;
- Déterminer la remontée de la nappe (si applicable).

Afin de réaliser l'étude de caractérisation du site et des sols sur une superficie suffisamment grande, tout en évitant également de la faire sur une surface plus grande que nécessaire, il convient d'avoir une idée du débit moyen journalier évacué par le site. Dans le cadre de ce projet, le débit d'eau usée projeté des bâtiments desservis du site a été évalué à 162 m^3/d par la firme WSP Canada inc. Il s'agit du débit maximal de conception.

Il se peut que l'étude, et conséquemment le rapport, soit abrégée en fonction des informations recueillies sur le terrain.

4.0 DESCRIPTION DU SITE

4.1 Description générale du site

Le terrain à l'étude est situé au nord du futur camp de travailleurs, à proximité de la future sous-station électrique (Voir la carte à l'annexe 1). Le terrain est délimité par une route à l'ouest, au nord et au sud et par la future sous-station électrique à l'est. Dans ce vaste espace, il existe un plateau d'une superficie approximative de 13 000 m². Le site sera composé d'un camp de travailleurs au sud du secteur à l'étude pouvant accueillir 600 travailleurs. Le site à l'étude est en partie boisé, mais les feux de forêt du printemps ont brûlé la majorité de la forêt.

L'ensemble du site est vallonné, mais possède un imposant plateau ayant une pente moyenne inférieure à 2,0 % et une superficie totale d'un peu plus de 13 000 m². Ce plateau est situé à plus de 300 m des lacs environnants et également à plus de 300 m des tributaires de ces lacs. Il est projeté d'aménager un dispositif d'épuration des eaux usées par infiltration sur ce plateau. Le plateau a donc été privilégié pour l'étude de caractérisation du site et des sols.



Figure 4-1 : Vue générale du site



Figure 4-2 : Vue générale du site



Figure 4-3 : Vue générale du site



Figure 4-4 : Vue générale du site

4.2 Drainage du site et cours d'eau à proximité

Le secteur des travaux présente une pente générale se dirigeant vers le lac Windfall. Le sol étant sablonneux, les eaux de ruissellement s'infiltrent en bonne partie directement dans le sol.

Il y a plusieurs plans d'eau présents dans un rayon de 1 km du site à l'étude, mais ils sont tous situés à plus de 300 m du secteur visé dont le lac Windfall et le lac Kettle situés respectivement à environ 425 m et 375 m de la zone à l'étude. Aucun fossé n'a été répertorié sur le site à l'étude dans le secteur prévu des travaux.

4.3 Superficie du terrain récepteur potentiel

La topographie générale du terrain récepteur potentiel présente une pente faible (moins de 10 %). Le terrain récepteur potentiel est boisé et partiellement déboisé dû aux feux de forêt du printemps. En tenant compte des éléments pouvant influencer la localisation d'un dispositif de traitement, notamment les lacs, les chemins d'accès, les limites de propriétés, les talus, les infrastructures projetées ainsi que les fossés et/ou cours d'eau, une superficie de terrain d'au moins 13 000 m² est disponible pour l'implantation dudit dispositif.

Les figures suivantes présentent un aperçu de la superficie du terrain récepteur potentiel pour la mise en place du système de traitement des eaux usées. Cette superficie potentielle a été établie en fonction des contraintes de terrains et des points de référence réglementés.

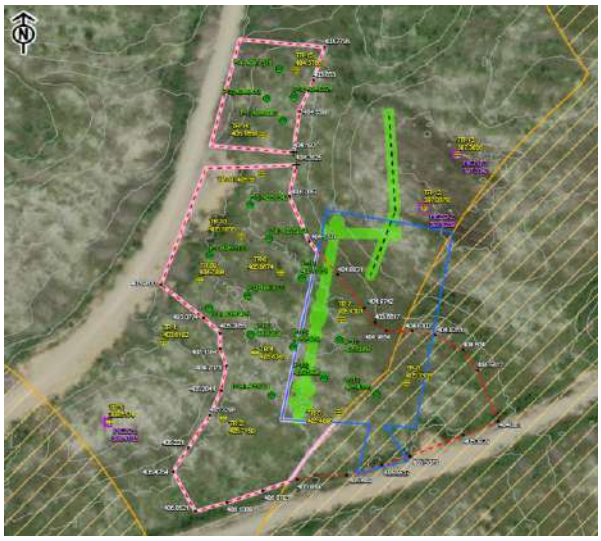


Figure 4-5 : Vue générale du site à l'étude – Voir la carte à l'annexe 1 pour plus de détails (zone prévue pour la réalisation de l'étude)



Figure 4-6 : Vue générale du site à l'étude (zone prévue pour la réalisation de l'étude)



Figure 4-7 : Vue générale du site à l'étude (zone prévue pour la réalisation de l'étude)



Figure 4-8 : Vue générale du site à l'étude (zone prévue pour la réalisation de l'étude)

5.0 MÉTHODOLOGIE

La campagne d'investigation sur le terrain s'est déroulée du 13 au 15 septembre 2023. Lors de ces visites, les travaux et prises de données suivantes ont été effectués :

- Tranchées d'exploration ;
- Relevé topographique ;
- Analyses d'échantillons de sols ;
- Essais de perméabilité hydraulique.

L'étendue de ces travaux s'est limitée à la zone identifiée à la section 4.3 correspondant à la surface de terrain disponible.

5.1 Tranchées d'exploration

Quinze (15) tranchées d'exploration ont été réalisées dont douze (12) à l'intérieur de la superficie de terrain disponible et trois (3) en périphérie de cette dernière. Ces tranchées d'exploration, identifiées TR-1 à TR-15, sont localisées sur le plan à l'annexe 1. Une excavatrice a été utilisée pour creuser les tranchées à des profondeurs variant entre 2,4 m et 3,1 m.

Douze (12) échantillons de sol représentatifs ont été prélevés aux profondeurs où le sol est le plus propice à l'infiltration. Ces échantillons ont par la suite été envoyés en laboratoire pour une analyse granulométrique. Un tableau résumé d'observation des tranchées exploratoires est joint à l'annexe 2 où une description détaillée des types de sols rencontrés y est élaborée. L'élévation de la nappe d'eau souterraine (et/ou le niveau maximal moyen des eaux souterraines [NMMES]) a également été observée dans les tranchées en bas du talus, mais la nappe dans les tranchées en haut du talus (plateau) n'a pas été observée.

5.2 Relevé topographique

Un relevé à l'aide d'une station GPS a été réalisé sur le terrain. Ceci a permis de localiser les tranchées d'exploration, les emplacements des essais de perméabilité hydraulique ainsi que tous les points de référence influençant le positionnement du futur site de traitement (voir sections 4.2 et 4.3). Le maillage entre les points de relevé est suffisamment précis pour permettre une bonne évaluation des pentes du terrain.

Le Groupe Minier Windfall a aussi mis à disposition une orthophoto du site illustrant les différentes élévations du site.

5.3 Analyses en laboratoire

Les analyses granulométriques des échantillons de sols prélevés ont été effectuées par la firme Laurentides Experts-conseils de Saint-Colomban.

5.4 Essais de perméabilité hydraulique

Seize (16) essais de perméabilité hydraulique in situ (ou conductivité hydraulique in situ) ont été réalisés à l'aide d'un perméamètre de Guelph modèle 2800 (voir Figure 5-1). Le perméamètre de Guelph est fondé sur le principe de la mesure de l'écoulement cylindrique depuis un trou cylindrique vers un milieu homogène, non saturé. Il est constitué d'un dispositif de Mariotte assurant un niveau d'eau constant dans le trou cylindrique. Cet appareil permet d'estimer la conductivité hydraulique à saturation. Il mesure la facilité avec laquelle un liquide traverse le sol et constitue la réciproque de la résistance d'un sol au passage de l'eau. La conductivité hydraulique s'exprime en centimètres par seconde ou en mètres par seconde.



Figure 5-1 : Perméamètre Guelph modèle 2800

La profondeur à laquelle les essais ont été réalisés a varié de 400 mm à 800 mm, soit la profondeur où un sol plus ou moins propice à l'infiltration a été observé et à l'élévation où la surface d'application des eaux usées pourrait se situer. Les forages des sondages permettant d'introduire le cylindre du perméamètre dans le sol ont été effectués à l'aide d'une tarière manuelle à un diamètre de 6 cm.

6.0 ÉVALUATION DES CARACTÉRISTIQUES DU SOL

6.1 Analyses stratigraphiques

6.1.1 Aperçu

Un aperçu des tranchées réalisées est présenté au Tableau 6-1. Ces tranchées sont localisées sur le plan joint à l'annexe 1. Un tableau résumé d'observation complet est présenté à l'annexe 2, et ce, pour chaque tranchée réalisée.

Le Tableau 6-1 fait état de l'élévation de la surface du sol à l'endroit de la tranchée, de l'épaisseur de sol végétal en place (qui est non propice à l'infiltration), de l'élévation du sol imperméable ou du roc ainsi que de la profondeur d'excavation des tranchées. À noter que le roc ou le sol imperméable n'a été atteint dans aucune des tranchées réalisées.

Les sols rencontrés entre la couche de sol végétal et la couche de sol imperméable, le cas échéant, sont majoritairement composés de sable et de gravier, avec la présence de cailloux et de traces de silt.

Tableau 6-1 : Résumé des tranchées d'exploration

Tranchées	Surface du sol Élévation (m)	Sol végétal Épaisseur (cm)	Sol imperméable ou roc Élévation (m)	Profondeur d'excavation Épaisseur (m)
TR-1	403,618	15	<401,218	2,4
TR-2	405,716	20	<402,616	3,1
TR-3	398,517	10	<395,517	3,0
TR-4	405,635	20	<402,535	3,1
TR-5	405,410	15	<402,410	3,0
TR-6	405,331	15	<402,331	3,0
TR-7	405,439	15	<402,439	3,0
TR-8	405,867	20	<402,867	3,0
TR-9	404,789	20	<401,789	3,0
TR-10	405,706	15	<402,706	3,0
TR-11	405,550	20	<402,550	3,0
TR-12	397,938	20	<395,238	2,7
TR-13	397,366	20	<394,366	3,0
TR-14	405,166	20	<402,166	3,0
TR-15	404,577	20	<401,577	3,0

6.1.2 Description des sols rencontrés

La majorité des sols rencontrés sont constitués de sable grossier et de gravier. La densité des horizons de sols est lâche sur toute la profondeur. Les couches de sol présentent des couleurs chaudes (brun, orangé et jaunâtre) qui tendent vers des couleurs froides (gris) pour les tranchées TR-3, TR-12 et TR-13 uniquement. La nappe d'eau souterraine (ou le NMMES) a été atteinte pour les tranchées TR-3, TR-12 et TR-13. Les Figure 6-1 à Figure 6-14 donnent un aperçu représentatif des couches stratigraphiques des sols trouvés en place lors de l'excavation des tranchées. Un tableau résumé comparant les zones d'infiltration possible entre les tranchées est présenté à l'annexe 2. L'épaisseur de sol perméable non saturé permettant l'infiltration varie d'au moins de 2 600 à 2 900 mm dans la zone à l'étude (haut de talus – plateau).



Figure 6-1 : Stratigraphie des sols (TR-1)



Figure 6-2 : Stratigraphie des sols (TR-2)



Figure 6-3 : Stratigraphie des sols (TR-4)



Figure 6-4 : Stratigraphie des sols (TR-5)



Figure 6-5 : Stratigraphie des sols (TR-6)



Figure 6-6 : Stratigraphie des sols (TR-7)



Figure 6-7 : Stratigraphie des sols (TR-8)



Figure 6-8 : Stratigraphie des sols (TR-9)



Figure 6-9 : Stratigraphie des sols (TR-10)



Figure 6-10 : Stratigraphie des sols (TR-11)



Figure 6-11 : Stratigraphie des sols (TR-14)



Figure 6-12 : Stratigraphie des sols (TR-15)



Figure 6-13 : Stratigraphie des sols (TR-5)



Figure 6-14 : Stratigraphie des sols (TR-10)

6.2 Conditions de nappe d'eau souterraine

La nappe d'eau souterraine a été observée dans certaines des tranchées exploratoires. Le niveau de la nappe d'eau souterraine observée peut varier avec les saisons et les conditions climatiques. Ces résultats représentent donc la présence à court terme de la nappe d'eau phréatique dans le sol puisqu'aucun suivi à moyen long terme n'a été effectué.

La nappe d'eau souterraine peut également être estimée. Dans ce cas, elle est établie par équivalence à partir de l'observation du niveau d'oxydoréduction, lequel fournit le « seasonally high water table ». Ce niveau saisonnier élevé de la nappe phréatique donne une bonne indication sur le niveau maximal moyen de saturation de la couche naturelle du sol au-dessus duquel l'oxygénation est suffisante pour permettre le traitement des eaux usées. Il s'agit du niveau maximal moyen des eaux souterraines (NMMES). Le NMMES a été observé dans les tranchées exploratoires.

Tableau 6-2 : Niveau d'eau dans les tranchées

Tranchées	Nappe d'eau souterraine observée	
	Profondeur (mm)	Élévation (m)
TR-1	s.o.	<401,218
TR-2	s.o.	<402,616
TR-3	< 3000 (NMMES à 300)	<395,517 NMMES à 398,217
TR-4	s.o.	<402,535
TR-5	s.o.	<402,410
TR-6	s.o.	<402,331
TR-7	s.o.	<402,439
TR-8	s.o.	<402,867
TR-9	s.o.	<401,789
TR-10	s.o.	<402,706
TR-11	s.o.	<402,550
TR-12	2 460 (NMMES à 400)	395,478 NMMES à 397,538
TR-13	< 3000 (NMMES à 850)	<394,366 NMMES à 396,516
TR-14	s.o.	<402,166
TR-15	s.o.	<401,577

La nappe (et/ou le NMMES) a été observée dans les tranchées TR-3, TR-12 et TR-13. Trois (3) piézomètres d'une longueur de 3,0 m ont également été installés dans les tranchées TR-3, TR-12 et TR-13 afin de confirmer la présence ou l'absence de la nappe d'eau souterraine une fois la nappe stabilisée.

6.2.1 Gradient hydraulique

Considérant les élévations observées de la nappe d'eau souterraine (et du NMMES) dans les différentes tranchées ainsi que la topographie du terrain, le gradient hydraulique a été estimé à 0,7 % en direction nord-est vers le lac Windfall.

6.3 Analyses granulométriques

Douze (12) analyses granulométriques ont été réalisées sur des échantillons de sol prélevés. Le Tableau 6-3 résume les résultats des analyses granulométriques de tous ces échantillons ainsi que la profondeur à laquelle ils ont été prélevés. Les résultats complets incluant les certificats d'analyse granulométrique sont présentés à l'annexe 3. Ces échantillons ont été prélevés dans les tranchées d'exploration décrites à la section 6.1.

Les sols analysés sont majoritairement composés de sable moyen à grossier et de gravier, ce qui est propice à l'infiltration.

Tableau 6-3 : Résultats des analyses granulométriques

Tranchées	Profondeur de l'échantillon (mm)	Élévation de l'échantillon (m)	Gravier (%)	Sable (%)	Silt (%)	Argile (%)
TR-1	750	402,868	11,1	88,6	0,15	0,15
TR-2	700	405,016	54,2	44,2	0,70	0,70
TR-4	1000	404,635	58,1	41,8	0,05	0,05
TR-5	600	404,810	0,0	99,1	0,45	0,45
TR-6	700	404,631	21,5	78,2	0,15	0,15
TR-7	850	404,589	2,4	97,0	0,30	0,30
TR-8	800	405,067	1,4	98,0	0,30	0,30
TR-9	800	403,989	0,0	98,2	0,90	0,90
TR-10	900	404,806	0,3	99,3	0,20	0,20
TR-11	600	404,950	3,9	95,6	0,25	0,25
TR-14	700	404,466	27,9	71,8	0,15	0,15
TR-15	800	403,777	15,0	84,8	0,10	0,10

6.4 Mesure de la perméabilité hydraulique

La perméabilité hydraulique a été déterminée de deux façons : d'abord par corrélation à l'aide du triangle de corrélation entre la texture du sol et sa valeur probable de conductivité hydraulique, puis à l'aide du perméamètre de Guelph permettant la mesure de la perméabilité hydraulique à niveau constant in situ.

6.4.1 Corrélation avec le triangle des sols

La valeur probable de conductivité hydraulique, telle que définie par la technique du triangle de corrélation, est très perméable. La perméabilité se situe à 1,0 x 10^{-2} cm/s indiquant un sol de nature très perméable. Le Tableau 6-4 présente les résultats de la perméabilité hydraulique estimée à l'aide du triangle de corrélation des sols avec la perméabilité. Ces résultats de perméabilité hydraulique estimée sont issus des résultats des analyses granulométriques obtenus à la section 6.3. Le processus graphique utilisé afin d'en arriver à ces résultats est présenté à l'annexe 4.

Tableau 6-4 : Perméabilité hydraulique estimée

Tranchées	Profondeur de l'échantillon (mm)	Élévation de l'échantillon (m)	Conductivité hydraulique estimée (cm/s)	Perméabilité
TR-1	750	402,868	1,0 x 10^{-2}	Très perméable
TR-2	700	405,016	9,0 x 10^{-3}	Très perméable
TR-4	1000	404,635	1,0 x 10^{-2}	Très perméable
TR-5	600	404,810	1,0 x 10^{-2}	Très perméable
TR-6	700	404,631	1,0 x 10^{-2}	Très perméable
TR-7	850	404,589	1,0 x 10^{-2}	Très perméable
TR-8	800	405,067	1,0 x 10^{-2}	Très perméable
TR-9	800	403,989	1,0 x 10^{-2}	Très perméable
TR-10	900	404,806	1,0 x 10^{-2}	Très perméable
TR-11	600	404,950	1,0 x 10^{-2}	Très perméable
TR-14	700	404,466	1,0 x 10^{-2}	Très perméable
TR-15	800	403,777	1,0 x 10^{-2}	Très perméable

6.4.2 Mesure de la conductivité hydraulique in situ

Seize (16) essais de conductivité hydraulique in situ ont été effectués. Les résultats sont présentés au Tableau 6-5, tandis que les calculs détaillés sont présentés à l'Annexe 5. Les résultats obtenus peuvent être comparés à ceux estimés à partir du triangle de corrélation et présentés au Tableau 6-4.

La valeur de conductivité hydraulique in situ moyenne est de 1,28 x 10^{-2} cm/s indiquant un sol de nature très perméable. La localisation sur le site de l'essai de conductivité hydraulique in situ est indiquée sur le plan de l'annexe 1.

Tableau 6-5 : Perméabilité hydraulique mesurée en chantier

Puits	Profondeur (mm)	Élévation de l'essai (m)	Conductivité hydraulique estimée (cm/s)	Perméabilité
P-1	700	404,209	$3,2 \times 10^{-3}$	Perméable
P-2	600	404,241	$4,0 \times 10^{-2}$	Très perméable
P-3	650	403,902	$2,2 \times 10^{-2}$	Très perméable
P-4	700	404,052	$1,8 \times 10^{-2}$	Très perméable
P-5	750	404,884	$1,3 \times 10^{-2}$	Très perméable
P-6	500	405,095	$8,7 \times 10^{-3}$	Très perméable
P-7	500	404,713	$1,7 \times 10^{-2}$	Très perméable
P-8	500	404,548	$7,9 \times 10^{-3}$	Très perméable
P-9	700	404,977	$2,5 \times 10^{-2}$	Très perméable
P-10	800	404,876	$4,9 \times 10^{-3}$	Très perméable
P-11	800	404,787	$1,1 \times 10^{-2}$	Très perméable
P-12	700	404,736	$1,4 \times 10^{-2}$	Très perméable
P-13	800	404,389	$4,2 \times 10^{-3}$	Très perméable
P-14	400	405,391	$1,8 \times 10^{-3}$	Perméable
P-15	600	404,917	$4,4 \times 10^{-3}$	Très perméable
P-16	500	405,049	$9,4 \times 10^{-3}$	Très perméable

6.4.3 Classification de la perméabilité du sol en place

La moyenne des résultats de perméabilité obtenue par corrélation avec le triangle des sols est de $1,0 \times 10^{-2}$ cm/s. La moyenne des résultats de perméabilité obtenue par mesure de la conductivité hydraulique in situ est de $1,28 \times 10^{-2}$ cm/s. La moyenne des résultats de perméabilité obtenue à l'aide des deux méthodes est de $1,14 \times 10^{-2}$ cm/s.

La moyenne des valeurs obtenues par corrélation à l'aide du triangle de corrélation entre la texture du sol et la perméabilité est plus faible que celle obtenue par mesure de la conductivité hydraulique in situ. Conséquemment, c'est cette dernière ($1,0 \times 10^{-2}$ cm/s) qui sera utilisée pour établir la perméabilité de conception du dispositif d'infiltration des eaux étant donné que cette valeur est la plus critique.

Selon le tableau 3.6 du *Guide pour l'étude des technologies conventionnelles de traitement des eaux usées d'origine domestique*, il est possible de traiter et d'infiltrer des eaux dans un lit d'infiltration (élément épurateur) à un taux de charge hydraulique de 30 L/m²•d pour une conductivité hydraulique comprise entre $4,0 \times 10^{-3}$ et $5,0 \times 10^{-2}$ cm/s. Ceci constitue la valeur de perméabilité la plus conservatrice obtenue, laquelle correspond à un sol très perméable. La superficie requise pour l'aménagement d'un élément épurateur serait de 8 100 m² pour un débit de 162 000 L/d, un taux de charge hydraulique de 30 L/m²•d et un facteur de majoration de 1,5. Cette superficie est théoriquement disponible pour le secteur potentiel identifié. Néanmoins, la superficie très importante pour un débit si grand rend l'élément épurateur moins intéressant techniquement et économiquement que l'infiltration par champ de polissage avec laquelle la superficie requise est beaucoup moins importante pour ces gammes de débits.

Selon le tableau 9.1 du *Guide pour l'étude des technologies conventionnelles de traitement des eaux usées d'origine domestique*, il est possible d'infiltrer des eaux provenant d'un système de traitement secondaire avancé à un taux de charge hydraulique de 100 L/m²•d pour une conductivité hydraulique comprise entre $4{,}0 \times 10^{-3}$ et $5{,}0 \times 10^{-2}$ cm/s, ce qui constitue la valeur de perméabilité la plus conservatrice obtenue et qui correspond à un sol très perméable. La superficie requise pour l'aménagement d'un champ de polissage serait de 1 620 m² pour un débit de 162 000 L/d et un taux de charge hydraulique de 100 L/m²•d. Par contre, en fonction des technologies envisagées par le Groupe Minier Windfall et des risques que représentent un taux de charge hydraulique élevé pour un débit si grand quant à la remontée de la nappe, il est recommandé de réduire le taux de charge hydraulique à au moins 55 L/m²•d. Ce taux représente le taux maximal pouvant être utilisé par les technologies envisagées par le Groupe Minier Windfall dans un sol très perméable.

La superficie requise pour l'aménagement d'un champ de polissage serait de 2 946 m² pour un débit de 162 000 L/d et un taux de charge hydraulique de 55 L/m²•d. Il est donc possible d'infiltrer les eaux provenant d'un système de traitement secondaire avancé dans un champ de polissage puisque la superficie de terrain récepteur est suffisante pour le secteur propice à l'infiltration.

Étant donné que le sol est très perméable, l'épaisseur de sol non saturé sous la surface d'application des eaux usées (base du lit de pierre) doit être d'au moins 600 mm après la remontée de la nappe.

6.5 Remontée de la nappe

La remontée de la nappe phréatique peut être évaluée à l'aide du programme « AQTESOLV v4.50.002 » de l'entreprise HydroSOLVE inc. Ce programme est applicable pour une infiltration d'eau sous un dispositif d'infiltration et il est basé sur le modèle de Hantush (1967). À noter que ce dernier n'est valide que pour des gradients hydrauliques de moins de 1 %.

Puisque la nappe a été atteinte dans certaines tranchées, la remontée de la nappe peut être un enjeu même si elle est très profonde par rapport à la surface d'application projetée des eaux. De plus, le sol est très perméable, l'épaisseur de sol disponible est importante, mais le débit d'eau usée est important. Par conséquent, un calcul a été fait pour démontrer l'importance de la remontée de la nappe.

Afin d'effectuer les calculs de la remontée de la nappe, certaines hypothèses doivent être formulées. Considérons un débit de conception de 162 000 L/d et un taux de charge hydraulique de 55 L/m²•d (pour un champ de polissage). La remontée de la nappe est peu sensible aux pointes de débit journalière, hebdomadaire ou même mensuelle. La charge hydraulique journalière moyenne pour une période variable de plusieurs mois peut être utilisée pour le calcul de remontée. L'utilisation d'un taux de charge hydraulique de 55 L/m²•d constitue donc un cas critique étant donné qu'il est basé sur le débit maximal quotidien, soit le débit de conception de la filière de traitement.

La superficie du champ de polissage est de 2 946 m², nous supposons une surface d'infiltration arbitrairement de forme carrée ayant des dimensions de 53,57 m x 55,00 m. Le choix de la forme carrée pour les fins du calcul est conservateur, et donc un cas critique, puisqu'une forme rectangulaire très longue et très étroite entraînera une réduction importante de la remontée.

Il faut ensuite établir l'épaisseur de la nappe phréatique, c'est-à-dire la hauteur d'eau calculée entre le niveau du sol imperméable, ou le roc, et le niveau d'eau mesuré dans les tranchées. Puisque le NMMES a été observé dans les tranchées dans les secteurs en bas de talus, il est conservateur de supposer que le niveau maximal moyen des eaux souterraines le moins profond mesuré (TR-3) constitue l'élévation maximale de la nappe d'eau souterraine avant remontée, soit à l'élévation 398,217 m. Nous formulons également l'hypothèse que l'épaisseur de la nappe d'eau est de 2,7 m puisque le roc n'a pas été atteint dans les tranchées et que le fond de la tranchée TR-3 est à l'élévation 395,517 m. Cette hypothèse est conservatrice puisqu'un roc plus profond entraîne une épaisseur de nappe plus grande et donc une remontée de nappe moins importante.

Le débit spécifique (porosité efficace) a été estimé à partir du diamètre moyen (grosseur moyenne) des particules de sol. Le sol rencontré est un sable ayant un diamètre moyen (D50) variant de 0,4 mm à 10,0 mm, mais souvent près de 1,0 mm. Le débit spécifique a donc été estimé à 30 %, soit 0,30 pour les calculs.

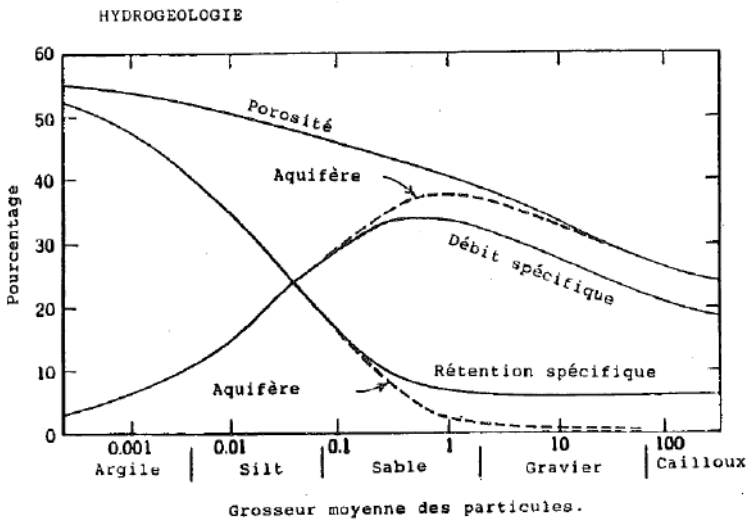


Figure 6-15 : Relation entre la porosité et le débit spécifique, selon la grosseur moyenne des particules (Société québécoise d'assainissement des eaux, 1991)

Quant à la durée, la vitesse de remontée diminue considérablement avec le temps. Après les trois premières années, le niveau de la nappe augmente d'environ 9 % chaque fois que le temps double. Pour ces raisons, le calcul peut être basé sur la demi-vie du système (Société québécoise d'assainissement des eaux, 1991). La durée de vie d'un système pouvant être estimée à 20-25 ans, la demi-vie peut donc être supposée à 10 ans (3 650 jours). Théoriquement, le calcul de la remontée de la nappe ne devrait être fait que sur 5 ou 6 ans (2 190 jours) puisque la durée de vie de la mine est de 10 à 12 ans. Cependant, le calcul a été fait sur 12 ans (4 380 jours) afin de tester le cas extrême et afin que le système puisse toujours être performant si la durée de vie de la mine était prolongée.

En utilisant ces valeurs, on obtient une remontée maximale de 2,92 m (~ 3,00 m) au centre du champ de polissage après 12 ans. **L'élévation de la nappe d'eau après remontée passerait donc de 398,217 m à 401,217 m**. Étant donné que le sol est très perméable, l'épaisseur de sol non saturé sous la surface d'application des eaux usées (base du lit de pierre) doit être d'au moins 600 mm après la remontée.

Tableau 6-6 : Paramètres pour la remontée de la nappe

Paramètres	Valeurs utilisées	Conversion des unités pour le logiciel
Largeur de la surface d'application	53,57 m	53,57 m
Longueur de la surface d'application	55,00 m	55,00 m
Épaisseur de la nappe phréatique	2,7 m	2,7 m
Débit spécifique (porosité efficace)	0,30	0,30
Conductivité hydraulique du sol	1,0 x 10^{-2} cm/s	8,64 m/d
Taux d'infiltration	55 L/m²*d	0,055 m/d
Unité de temps	jour	jour
Nombre d'intervalles de temps	4 380	4 380

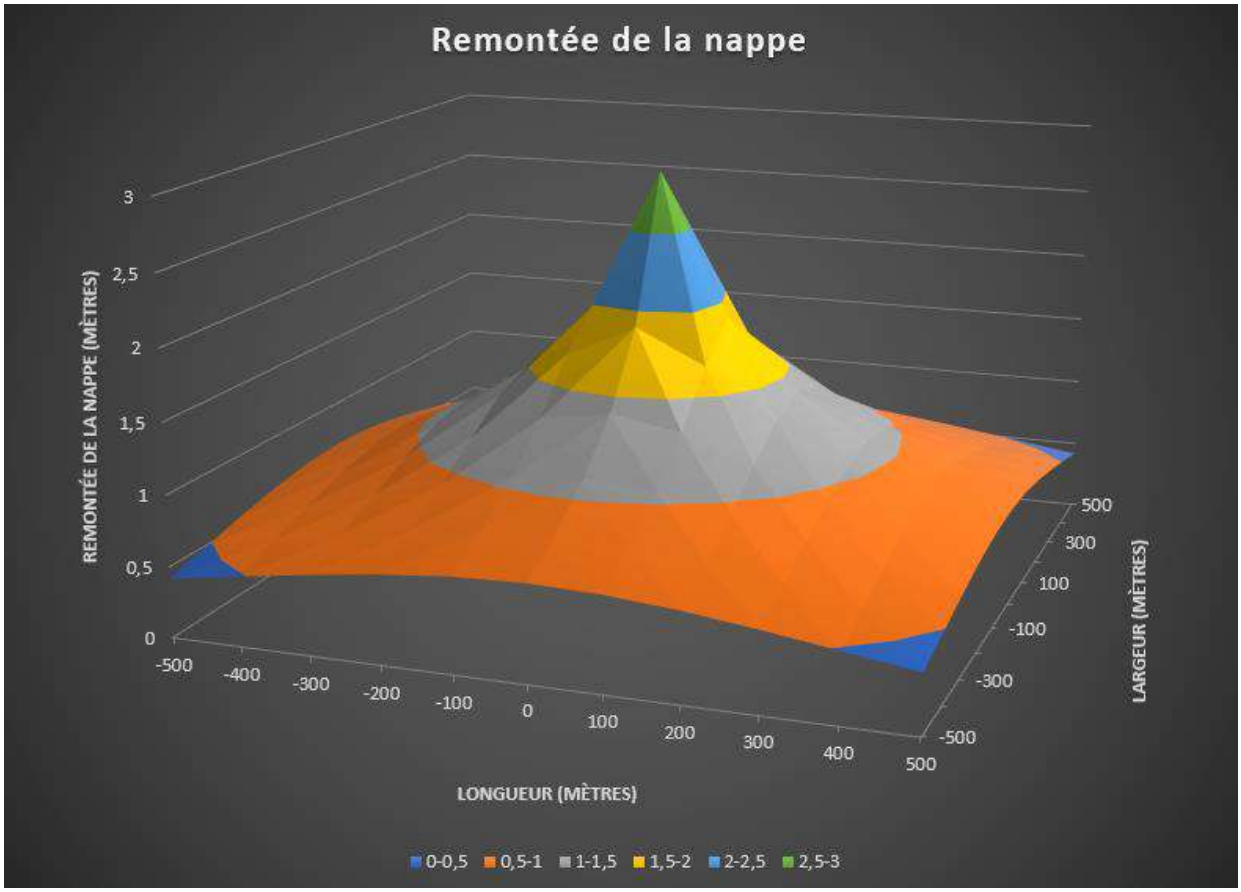


Figure 6-16 : Représentation schématique de la remontée de la nappe

6.6 Élévation, configuration et localisation du champ de polissage

Étant donné le sol très perméable non saturé d'au moins 2,9 m d'épaisseur et une remontée de nappe de 3,00 m à l'élévation 401,217 m, le champ de polissage pourra être aménagé sans contrainte.

Ainsi, l'élévation de la surface d'application des eaux du champ de polissage doit se situer, en théorie, au moins à l'élévation 401,817 m afin de respecter l'épaisseur de sol non saturé sous la surface d'application de 600 mm après la remontée. Puisque le terrain naturel varie de 404,500 m à 405,900 m dans le secteur à l'étude, le champ de polissage pourra être installé à la profondeur souhaitée. En supposant un champ de polissage d'une épaisseur de 300 mm et d'une épaisseur de remblai au-dessus du champ de polissage de 600 mm, pour une profondeur totale de 900 mm, la surface d'application des eaux pourrait se situer environ aux élévations 403,600 m à 405,000 m. Il s'agit bien entendu d'une approximation et il en revient à l'ingénieur-concepteur du champ de polissage d'en déterminer l'élévation exacte.

Quant à la configuration du champ de polissage, il est important de privilégier une forme rectangulaire très longue et très étroite, ce qui entraîne une réduction importante de la remontée de la nappe. Il est important de positionner le sens de la longueur du champ de polissage perpendiculaire à l'écoulement de la nappe afin d'augmenter l'efficacité de cette technique. Il est aussi pertinent de prévoir plusieurs secteurs au lieu d'un seul grand champ de polissage et de conserver une distance entre chaque secteur afin de réduire au maximum la remontée de la nappe. Une optimisation pourra être faite à cet égard par l'ingénieur-concepteur au besoin.

En ce qui a trait à la localisation, le champ de polissage doit être situé le plus possible au centre du plateau, donc éloigné des hauts de talus afin d'éviter des résurgences d'eau dans le talus du plateau, bien que cette eau aura été traitée dans une large mesure.

7.0 CONCLUSIONS

À la lumière de ces résultats, nous pouvons conclure, pour le secteur à l'étude en haut du talus (plateau), que :

- Les sols rencontrés sont majoritairement constitués de sable grossier graveleux de couleur brune ;
- Les essais de conductivité hydraulique in situ indiquent que le sol en place est très perméable ;
- Les analyses granulométriques indiquent que le sol en place est très perméable ;
- L'épaisseur de sol naturel non saturé disponible pour infiltration est d'au moins 2 900 mm pour l'aménagement d'un champ de polissage ;
- Il est possible d'infiltrer l'effluent de la fosse septique à un taux de charge hydraulique de 55 L/m²•d ;
- L'élévation maximale théorique de la nappe d'eau souterraine après remontée est de 401,217 m (3,0 m de remontée) ;
- Il est possible de maintenir une épaisseur de sol non saturé sous la surface d'application des eaux usées (base du lit de pierre) d'au moins 600 mm après la remontée ;
- La surface d'application des eaux pourra être déterminée sans contrainte étant donné que le sol naturel varie de 404,500 m à 405,900 m dans le secteur à l'étude.

Le site à l'étude est donc propice à la mise en place d'un champ de polissage.

8.0 LIMITATION DE L'ÉTUDE

Les conclusions de cette étude sont tirées à partir des conditions de sol existant au moment de l'expertise. Ce sont donc des résultats ponctuels ne pouvant être interpolés à la grandeur du site. En effet, certaines activités humaines, telles que le creusage de fossé, l'installation de drains, le remblai et le déblai du terrain, peuvent venir modifier les conclusions de l'étude. Dans le cas où des modifications étaient apportées aux conditions de terrains observées lors de notre expertise, une validation des conclusions de ce rapport devrait être produite. De plus, si, lors de la réalisation des travaux, les conditions de terrains différaient de ce qui est présenté dans ce rapport, GCM devrait en être avisée sans délai.

9.0 RÉFÉRENCES

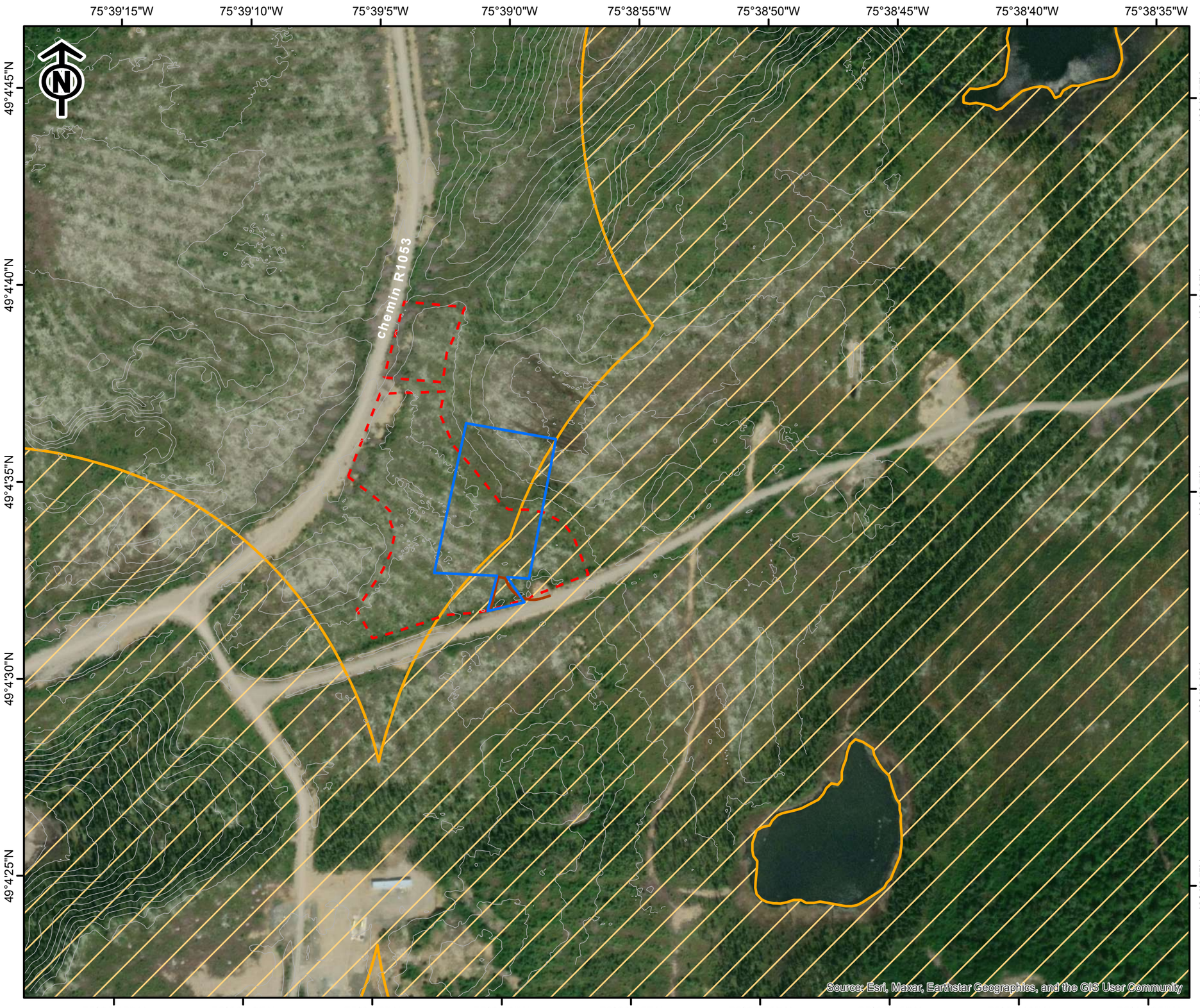
SOCIÉTÉ QUÉBÉCOISE D'ASSAINISSEMENT DES EAUX, *Guide technique sur la conception des installations septiques communautaires (petites agglomérations)*, 1991, 561 pages, p. 11-36.

Référence à citer :

GCM CONSULTANTS (2023). Rapport technique, *Étude de caractérisation du site et des sols pour l'installation d'un système de traitement des eaux sanitaires – Site Windfall – Camp de travailleurs de 600 personnes*, ENV0568-1501-00. 27 p. et annexes.

ANNEXE 1

PLAN – RELEVÉ DE L'EXISTANT ET LOCALISATION DES TRANCHÉES
ET DES ESSAIS DE PERMÉABILITÉ IN SITU



OSISKO

Windfall - Eaux sanitaires - Étude de sol

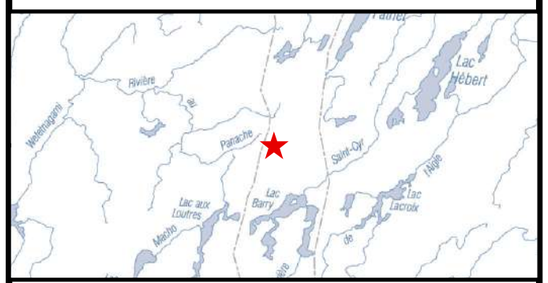
Carte 1 : Secteur sous-station

1 : 3 000
Système de coordonnées : UTM Zone 18 NAD83

0 25 50 100
Mètres

Légende

- Chemin d'accès
- Courbe de niveau (2 mètres)
- Plateau (pente moyenne inférieure à 2,0%)
- Sous-station électrique
- Zone tampon de 300 mètres de cours d'eau et des lacs



Réalisé par : Robert LeBrun
13 novembre 2023

23-1938-0568

GCM CONSULTANTS

Windfall - Eaux sanitaires - Étude de sol

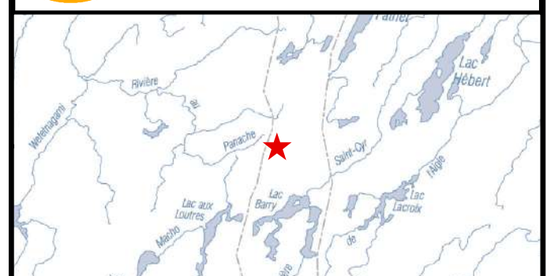
Carte 3 : Secteur sous-station électrique

1 : 1 200
Système de coordonnées : UTM Zone 18 NAD83

0 15 30 60 Mètres

Légende

- Tranchée
- Piezo
- Perméabilité
- Ligne de pilonne
- Courbe de niveau (2 mètres)
- Plateau (élévation)
- Plateau (pente moyenne inférieure à 2,0%)
- Empreinte de la sous-station électrique
- Zone tampon de 3 mètres
- Secteurs potentiels d'infiltration (2 754 m² et 10 962 m², total de 13 715 m²)
- Zone tampon de 300 mètres de cours d'eau et des lacs



Réalisé par : Robert LeBrun
13 novembre 2023

23-1938-0568

GCM CONSULTANTS

Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community

ANNEXE 2

RAPPORT D'OBSERVATION DES TRANCHÉES

Description exhaustive des sols

Tranchées	Profondeurs (mm)	Description
TR-1	0 - 150	Terre végétale
	150 - 400	Sable fin à moyen, brun jaunâtre, lâche, sec
	400 - 650	Sable moyen, beige, lâche, sec
	650 - 1100	Sable grossier, trace de gravier, brun, lâche, sec
	1100 - 2400	Sable grossier graveleux avec cailloux, lâche, sec
	2400	Fin de tranchée
TR-2	0 - 200	Terre végétale
	200 - 2800	Sable grossier graveleux avec cailloux, brun, lâche, sec
	2800 - 3100	Sable grossier, brun, lâche, sec
	3100	Fin de tranchée
TR-3	0 - 100	Terre végétale
	100 - 300	Sable fin, trace de silt, orangé, lâche, sec
	300 - 3000	Sable silteux, gris, moy. compact, sec à humide
	3000	Fin de tranchée
TR-4	0 - 200	Terre végétale
	200 - 1200	Sable grossier graveleux avec cailloux, brun, lâche, sec à humide
	1200 - 3100	Sable grossier, brun, lâche, humide
	3100	Fin de tranchée
TR-5	0 - 150	Terre végétale
	150 - 300	Sable fin, trace de silt, orangé, lâche, sec
	300 - 2700	Sable grossier, beige/brun, lâche, sec
	2700 - 3000	Sable grossier graveleux avec cailloux, brun, lâche, sec à humide
	3000	Fin de tranchée
TR-6	0 - 150	Terre végétale
	150 - 250	Sable fin, trace de silt, orangé, lâche, sec
	250 - 1700	Sable grossier, beige/brun, lâche, sec
	1700 - 2400	Sable grossier graveleux avec cailloux, brun, lâche, sec
	2400 - 3000	Sable grossier, beige/brun, lache, sec
	3000	Fin de tranchée
TR-7	0 - 150	Terre végétale
	150 - 300	Sable fin, trace de silt, orangé, lâche, sec
	300 - 2300	Sable grossier, beige/brun, lâche, sec
	2300 - 3000	Sable moyen, beige, lâche, sec
	3000	Fin de tranchée

Tranchées	Profondeurs (mm)	Description
TR-8	0 - 200	Terre végétale
	200 - 400	Sable fin, trace de silt, orangé, lâche, sec
	400 - 3000	Sable grossier, beige/brun, lâche, sec
	3000	Fin de tranchée
TR-9	0 - 200	Terre végétale
	200 - 300	Sable fin, trace de silt, orangé, lâche, sec
	300 - 3000	Sable grossier, beige/brun, lâche, sec
	3000	Fin de tranchée
TR-10	0 - 150	Terre végétale
	150 - 350	Sable moyen, trace de silt, orangé, compact, sec
	350 - 3000	Sable grossier, beige/brun, lâche, sec
	3000	Fin de tranchée
TR-11	0 - 200	Terre végétale
	200 - 400	Sable fin, trace de silt, brun/orangé, lâche, sec
	400 - 1000	Sable grossier, beige/brun, lâche, sec
	1000 - 3000	Sable grossier graveleux avec cailloux, brun, lâche, sec à humide
	3000	Fin de tranchée
TR-12	0 - 200	Terre végétale
	200 - 400	Sable fin silteux, orangé, lâche, sec
	400 - 1100	Sable fin silteux, gris pâle, moy. compact, sec à humide
	1100 - 1900	Sable fin silteux, gris avec trace d'oxydoréduction, très dense, saturé
	1900 - 2700	Sable grossier, gris, lâche, saturé
	2700	Fin de tranchée
TR-13	0 - 200	Terre végétale
	200 - 400	Sable fin silteux, orangé, lâche, sec
	400 - 850	Sable moyen à grossier, beige, lâche, humide
	850 - 2700	Sable fin silteux, gris, dense, saturé
	2700 - 3000	Sable grossier, gris, lâche, saturé
	3000	Fin de tranchée
TR-14	0 - 200	Terre végétale
	200 - 300	Sable fin, trace de silt, orangé, lâche, sec
	300 - 3000	Sable grossier, beige/brun, lâche, sec
	3000	Fin de tranchée
TR-15	0 - 200	Terre végétale
	200 - 400	Sable fin, trace de silt, orangé, lâche, sec
	400 - 3000	Sable grossier, beige/brun, lâche, sec
	3000	Fin de tranchée

ANNEXE 3

CERTIFICATS D'ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES

LAURENTIDES EXPERTS-CONSEILS INC.

Structure | Fondation | Environnement | Génie civil | Test de sol

395, Côte Saint-Paul, Saint-Colomban (Québec) J5K 1Z6 | **450-432-6801** | *info@laurexco.ca*

RÉSULTATS D'ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

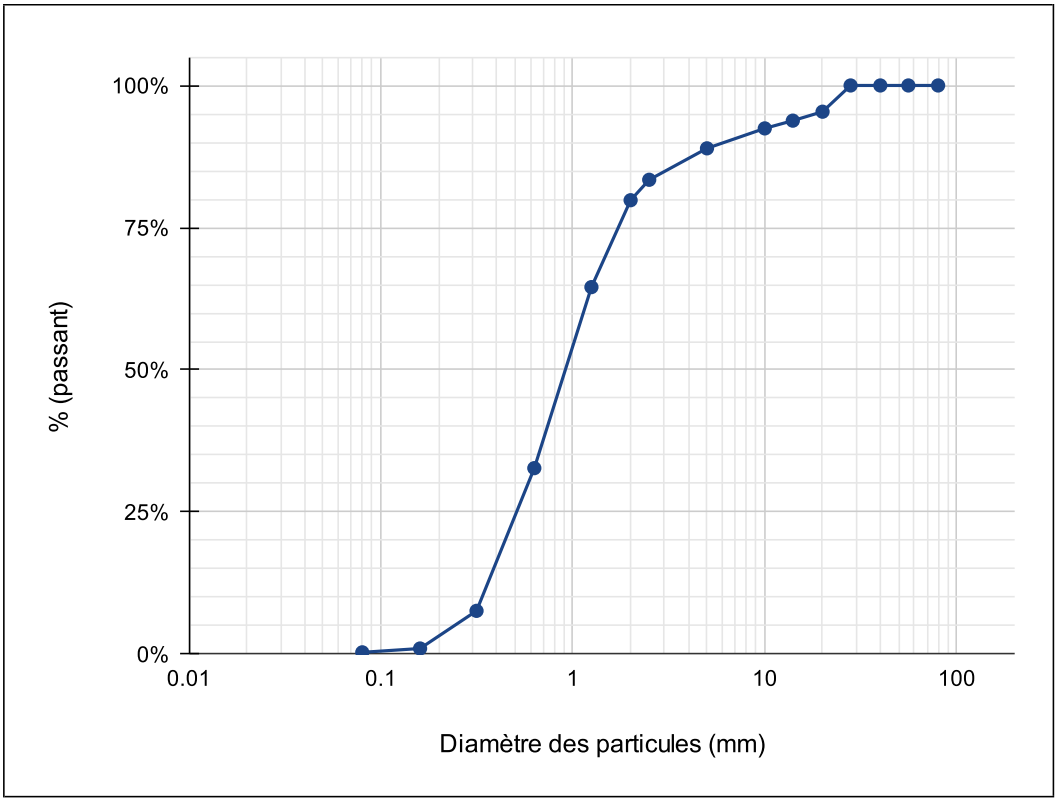
NQ 2560-040

Client :	GCM Consultants				
Projet :	Job 23-1938-0568				
# projet :	233006-005	Prélevé :	2023-09-13	par :	Client
Échantillon :	TR-1 @ 750mm	Analysé :	2023-09-19	par :	D.S.P.

Type de sol : Sable, un peu de gravier, traces de silt et traces d'argile.

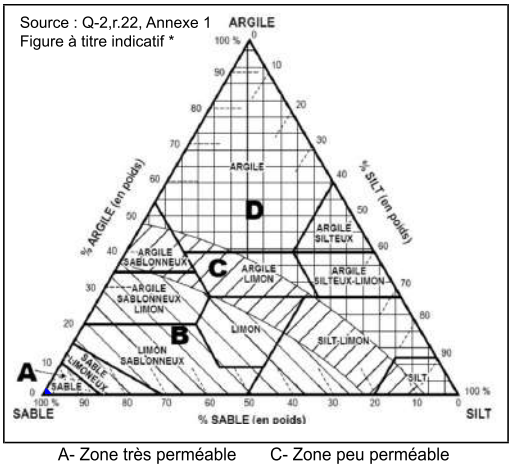
Dimensions des particules selon la classification unifiée (ASTM D 2487)

Diamètre des particules (mm)	% (passant)
80	100.0%
56	100.0%
40	100.0%
28	100.0%
20	95.4%
14	93.8%
10	92.5%
5	88.9%
2.5	83.4%
2.00	79.8%
1.25	64.5%
0.63	32.7%
0.315	7.6%
0.16	1.0%
0.08	0.3%
0	0.0%



Répartition	
Gravier	11.1%
Sable	88.6%
Silt & Argile	0.3%
Σ=	100.0%

Paramètre	Valeur
D10	0.34
D30	0.60
D60	1.16
Cu	3.37
Cc	0.89



A- Zone très perméable C- Zone peu perméable
B- Zone perméable D- Zone imperméable

Commentaires

Vérifié par : OIQ#5057432 2023-09-22

* Note : Figure à titre indicatif seulement. Corrélation entre la texture du sol et la perméabilité basée sur la norme USCS caractérisant le sable pour les particules comprises entre 0.08mm et 5.0mm de diamètre.

LAURENTIDES EXPERTS-CONSEILS INC.

Structure | Fondation | Environnement | Génie civil | Test de sol

395, Côte Saint-Paul, Saint-Colomban (Québec) J5K 1Z6 | **450-432-6801** | *info@laurexco.ca*

RÉSULTATS D'ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

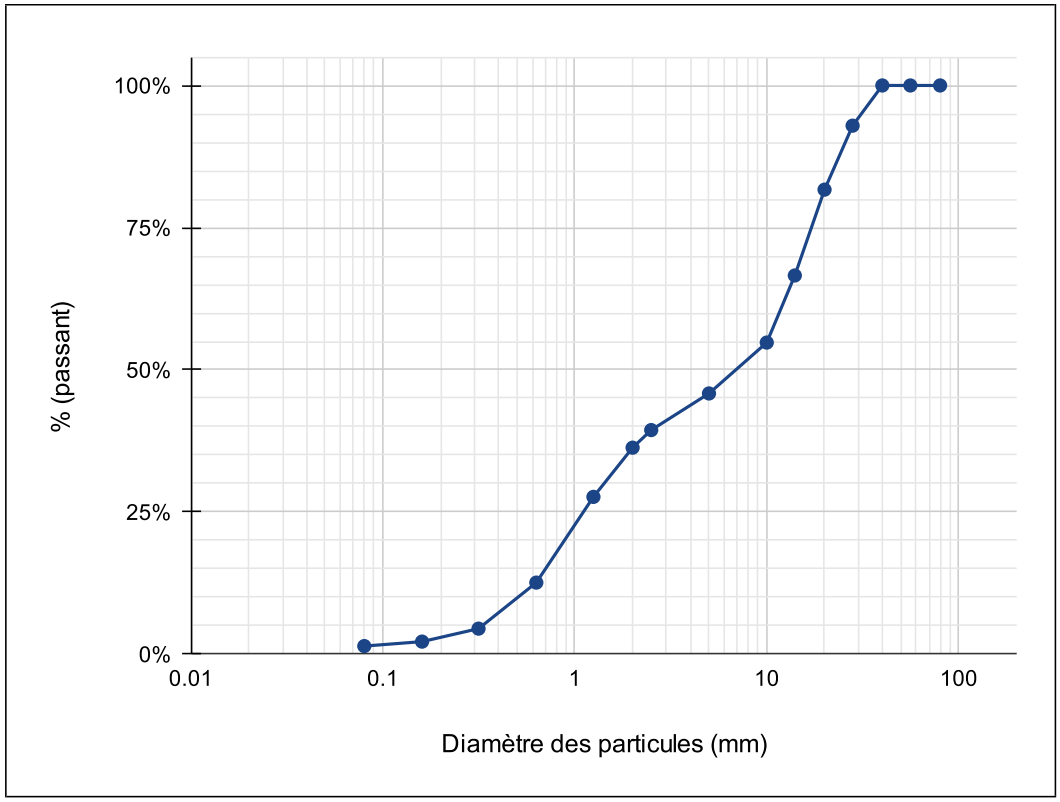
NQ 2560-040

Client :	GCM Consultants				
Projet :	Job 23-1938-0568				
# projet :	233006-005	Prélevé :	2023-09-13	par :	Client
Échantillon :	TR-2 @ 700mm	Analysé :	2023-09-21	par :	R.S.

Type de sol : Gravier et sable, traces de silt et traces d'argile.

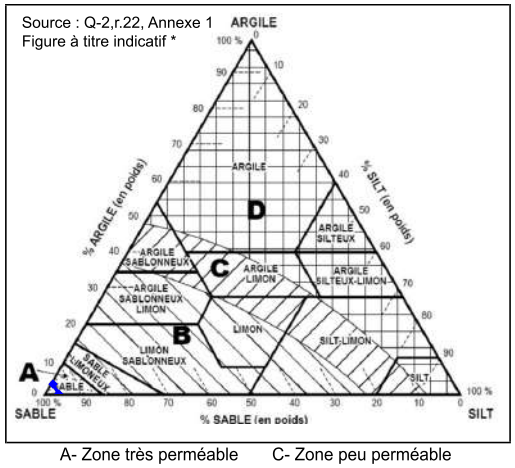
Dimensions des particules selon la classification unifiée (ASTM D 2487)

Diamètre des particules (mm)	% (passant)
80	100.0%
56	100.0%
40	100.0%
28	92.9%
20	81.7%
14	66.6%
10	54.8%
5	45.8%
2.5	39.4%
2.00	36.3%
1.25	27.7%
0.63	12.6%
0.315	4.5%
0.16	2.2%
0.08	1.4%
0	0.0%



Répartition	
Gravier	54.2%
Sable	44.4%
Silt & Argile	1.4%
Σ=	100.0%

Paramètre	Valeur
D10	0.53
D30	1.45
D60	11.77
Cu	22.23
Cc	0.34



A- Zone très perméable
B- Zone perméable
C- Zone peu perméable
D- Zone imperméable

Commentaires

Vérifié par : OIQ#5057432 2023-09-22

* Note : Figure à titre indicatif seulement. Corrélation entre la texture du sol et la perméabilité basée sur la norme USCS caractérisant le sable pour les particules comprises entre 0.08mm et 5.0mm de diamètre.

LAURENTIDES EXPERTS-CONSEILS INC.

Structure | Fondation | Environnement | Génie civil | Test de sol

395, Côte Saint-Paul, Saint-Colomban (Québec) J5K 1Z6 | **450-432-6801** | *info@laurexco.ca*

RÉSULTATS D'ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

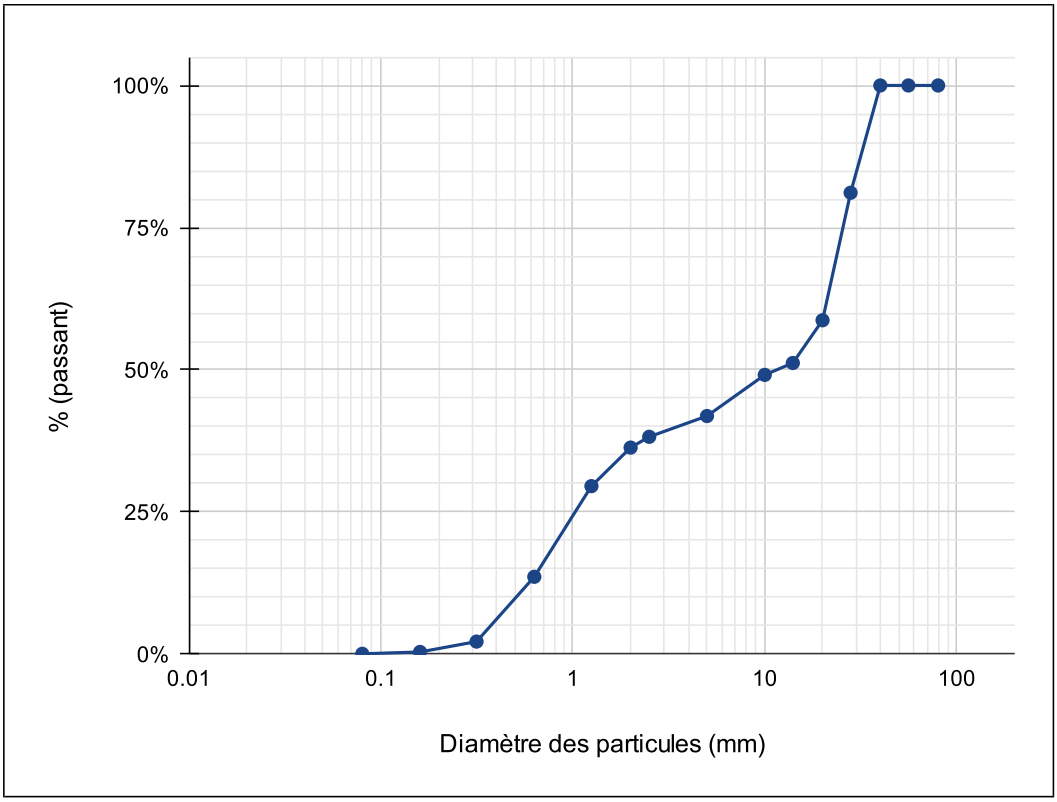
NQ 2560-040

Client :	GCM Consultants				
Projet :	Job 23-1938-0568				
# projet :	233006-005	Prélevé :	2023-09-13	par :	Client
Échantillon :	TR-4 @ 1000mm	Analysé :	2023-09-21	par :	R.S.

Type de sol : Gravier et sable, traces de silt et traces d'argile.

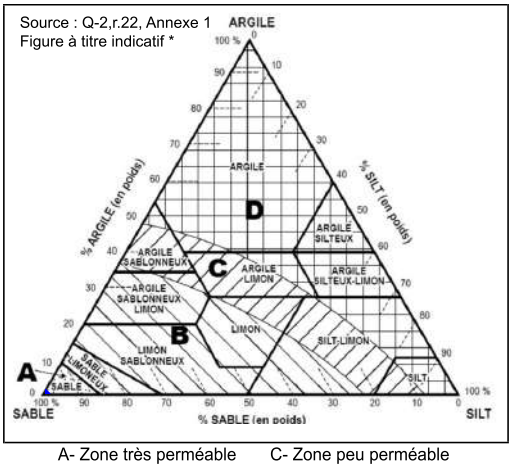
Dimensions des particules selon la classification unifiée (ASTM D 2487)

Diamètre des particules (mm)	% (passant)
80	100.0%
56	100.0%
40	100.0%
28	81.1%
20	58.7%
14	51.2%
10	49.1%
5	41.9%
2.5	38.2%
2.00	36.3%
1.25	29.6%
0.63	13.6%
0.315	2.2%
0.16	0.4%
0.08	0.1%
0	0.0%



Répartition	
Gravier	58.1%
Sable	41.8%
Silt & Argile	0.1%
Σ=	100.0%

Paramètre	Valeur
D10	0.53
D30	1.30
D60	20.46
Cu	38.59
Cc	0.16



A- Zone très perméable
B- Zone perméable
C- Zone peu perméable
D- Zone imperméable

Commentaires

Vérifié par : OIQ#5057432 2023-09-22

* Note : Figure à titre indicatif seulement. Corrélation entre la texture du sol et la perméabilité basée sur la norme USCS caractérisant le sable pour les particules comprises entre 0.08mm et 5.0mm de diamètre.

LAURENTIDES EXPERTS-CONSEILS INC.

Structure | Fondation | Environnement | Génie civil | Test de sol

395, Côte Saint-Paul, Saint-Colomban (Québec) J5K 1Z6 | **450-432-6801** | *info@laurexco.ca*

RÉSULTATS D'ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

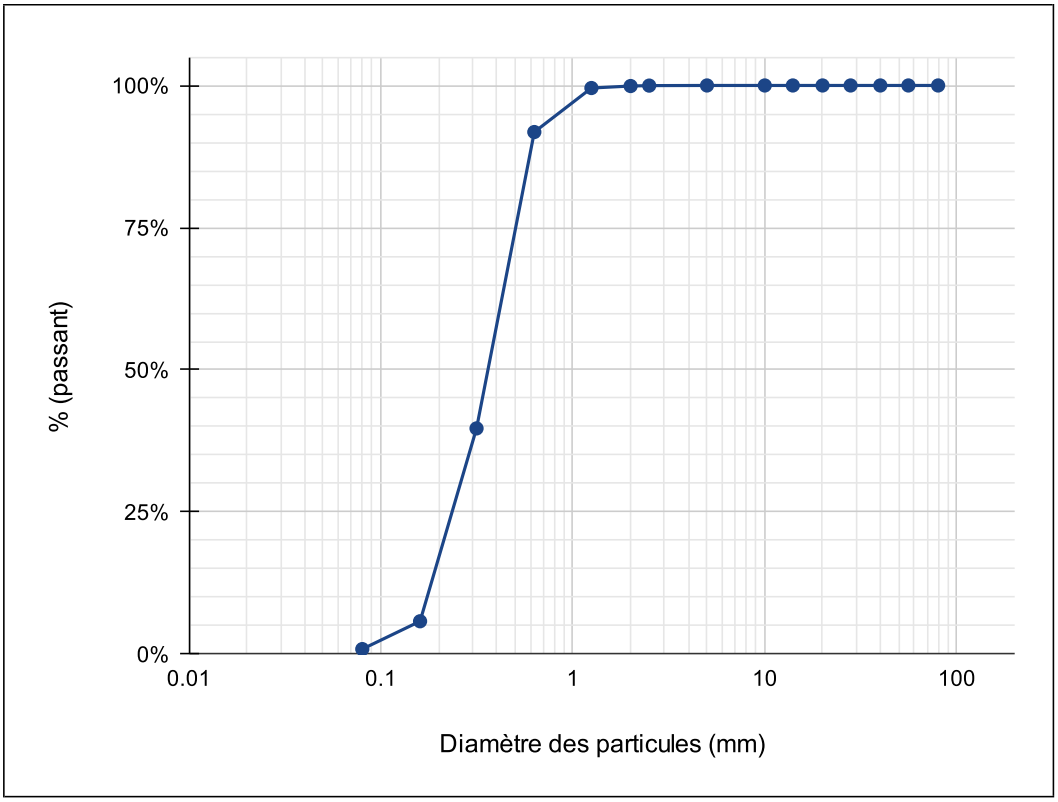
NQ 2560-040

Client :	GCM Consultants				
Projet :	Job 23-1938-0568				
# projet :	233006-005	Prélevé :	2023-09-13	par :	Client
Échantillon :	TR-5 @ 600mm	Analysé :	2023-09-19	par :	D.S.P.

Type de sol : Sable, traces de silt et traces d'argile.

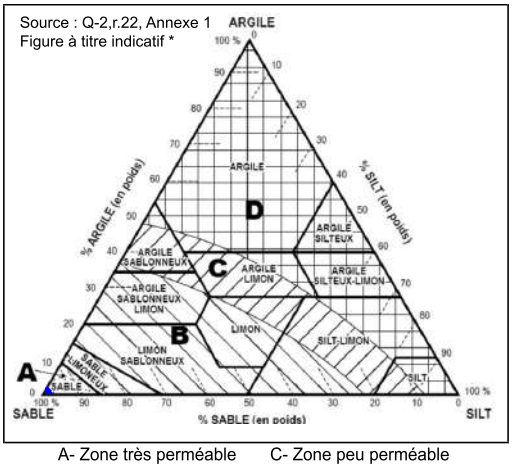
Dimensions des particules selon la classification unifiée (ASTM D 2487)

Diamètre des particules (mm)	% (passant)
80	100.0%
56	100.0%
40	100.0%
28	100.0%
20	100.0%
14	100.0%
10	100.0%
5	100.0%
2.5	100.0%
2.00	99.9%
1.25	99.6%
0.63	91.8%
0.315	39.7%
0.16	5.8%
0.08	0.9%
0	0.0%



Répartition	
Gravier	0.0%
Sable	99.1%
Silt & Argile	0.9%
Σ=	100.0%

Paramètre	Valeur
D10	0.18
D30	0.27
D60	0.44
Cu	2.44
Cc	0.93



A- Zone très perméable
B- Zone perméable
C- Zone peu perméable
D- Zone imperméable

Commentaires

Vérifié par : OIQ#5057432 2023-09-22

* Note : Figure à titre indicatif seulement. Corrélation entre la texture du sol et la perméabilité basée sur la norme USCS caractérisant le sable pour les particules comprises entre 0.08mm et 5.0mm de diamètre.

LAURENTIDES EXPERTS-CONSEILS INC.

Structure | Fondation | Environnement | Génie civil | Test de sol

395, Côte Saint-Paul, Saint-Colomban (Québec) J5K 1Z6 | **450-432-6801** | *info@laurexco.ca*

RÉSULTATS D'ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

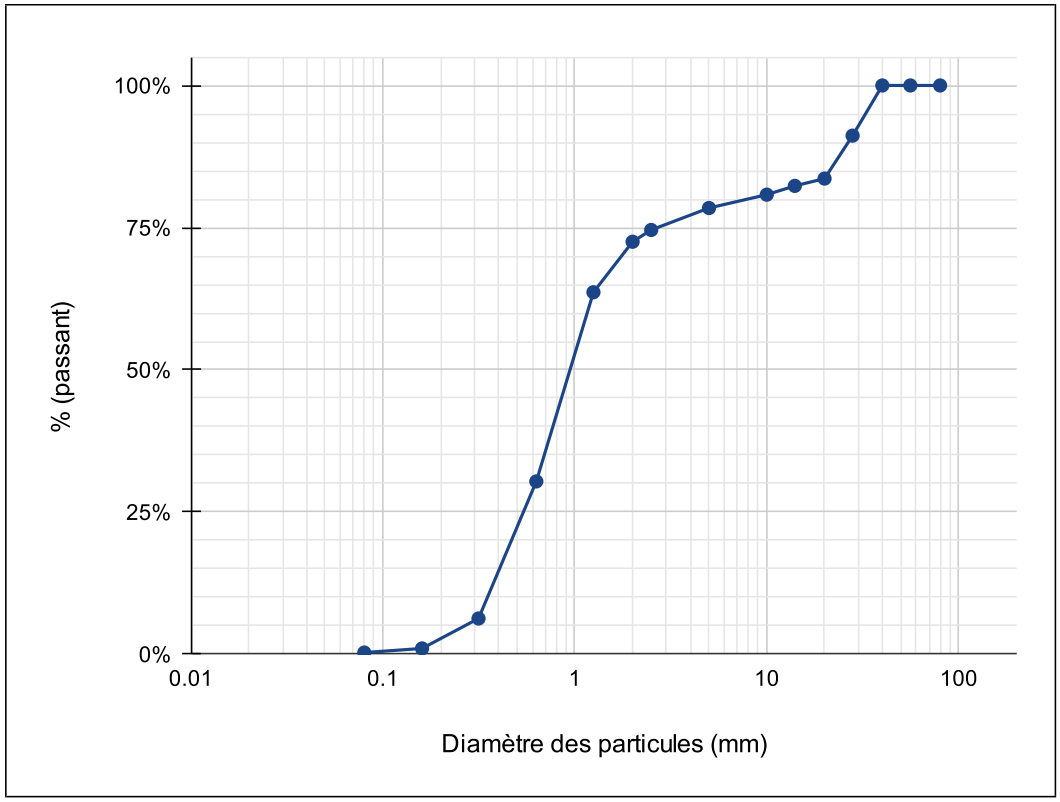
NQ 2560-040

Client :	GCM Consultants				
Projet :	Job 23-1938-0568				
# projet :	233006-005	Prélevé :	2023-09-13	par :	Client
Échantillon :	TR-6 @ 700mm	Analysé :	2023-09-21	par :	R.S.

Type de sol : Sable graveleux, traces de silt et traces d'argile.

Dimensions des particules selon la classification unifiée (ASTM D 2487)

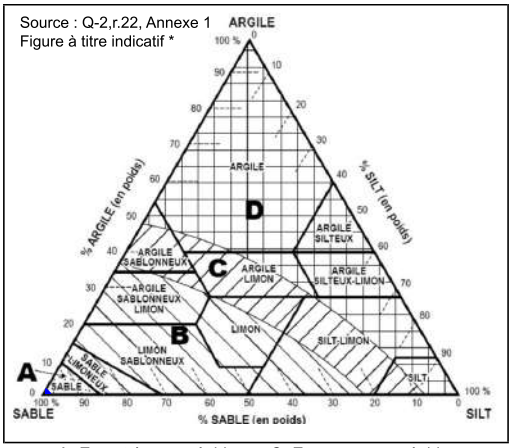
Diamètre des particules (mm)	% (passant)
80	100.0%
56	100.0%
40	100.0%
28	91.2%
20	83.6%
14	82.3%
10	80.8%
5	78.5%
2.5	74.6%
2.00	72.5%
1.25	63.6%
0.63	30.4%
0.315	6.3%
0.16	1.0%
0.08	0.3%
0	0.0%



Répartition	
Gravier	21.5%
Sable	78.2%
Silt & Argile	0.3%
Σ=	100.0%

Paramètre	Valeur
D10	0.36
D30	0.62
D60	1.18
Cu	3.25
Cc	0.91

Source : Q-2,r.22, Annexe 1
Figure à titre indicatif *



A- Zone très perméable
B- Zone perméable
C- Zone peu perméable
D- Zone imperméable

Commentaires

Vérifié par : OIQ#5057432 2023-09-22

* Note : Figure à titre indicatif seulement. Corrélation entre la texture du sol et la perméabilité basée sur la norme USCS caractérisant le sable pour les particules comprises entre 0.08mm et 5.0mm de diamètre.

LAURENTIDES EXPERTS-CONSEILS INC.

Structure | Fondation | Environnement | Génie civil | Test de sol

395, Côte Saint-Paul, Saint-Colomban (Québec) J5K 1Z6 | **450-432-6801** | *info@laurexco.ca*

RÉSULTATS D'ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

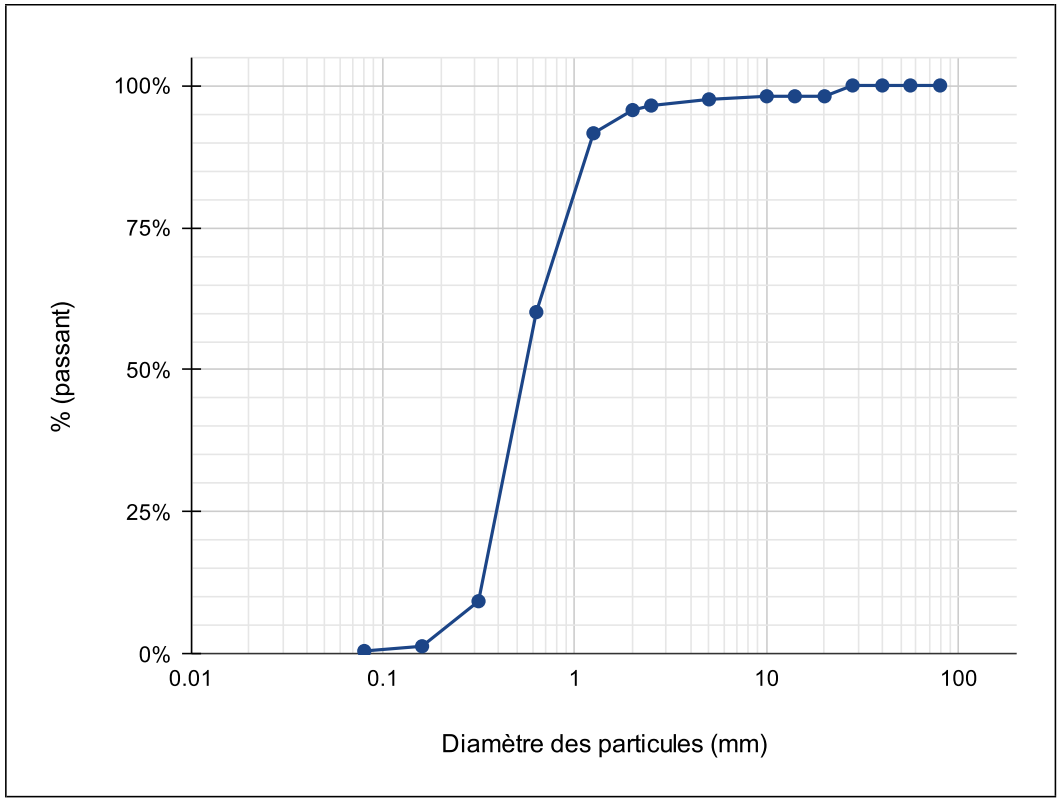
NQ 2560-040

Client :	GCM Consultants				
Projet :	Job 23-1938-0568				
# projet :	233006-005	Prélevé :	2023-09-13	par :	Client
Échantillon :	TR-7 @ 850mm	Analysé :	2023-09-21	par :	R.S.

Type de sol : Sable, traces de gravier, traces de silt et traces d'argile.

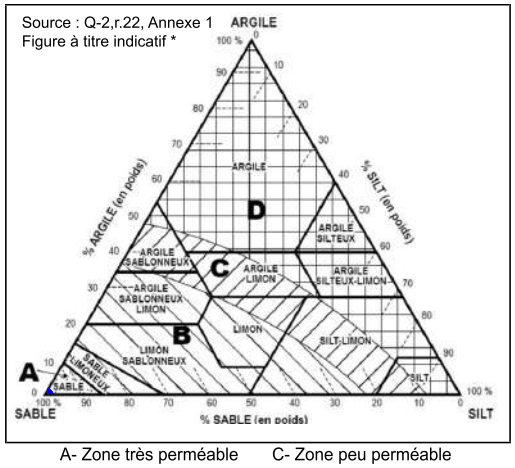
Dimensions des particules selon la classification unifiée (ASTM D 2487)

Diamètre des particules (mm)	% (passant)
80	100.0%
56	100.0%
40	100.0%
28	100.0%
20	98.1%
14	98.1%
10	98.1%
5	97.6%
2.5	96.5%
2.00	95.7%
1.25	91.6%
0.63	60.2%
0.315	9.3%
0.16	1.4%
0.08	0.6%
0	0.0%



Répartition	
Gravier	2.4%
Sable	97.0%
Silt & Argile	0.6%
Σ=	100.0%

Paramètre	Valeur
D10	0.32
D30	0.44
D60	0.63
Cu	1.97
Cc	0.98



A- Zone très perméable C- Zone peu perméable
B- Zone perméable D- Zone imperméable

Commentaires

Vérifié par : OIQ#5057432 2023-09-22

* Note : Figure à titre indicatif seulement. Corrélation entre la texture du sol et la perméabilité basée sur la norme USCS caractérisant le sable pour les particules comprises entre 0.08mm et 5.0mm de diamètre.

LAURENTIDES EXPERTS-CONSEILS INC.

Structure | Fondation | Environnement | Génie civil | Test de sol

395, Côte Saint-Paul, Saint-Colomban (Québec) J5K 1Z6 | **450-432-6801** | *info@laurexco.ca*

RÉSULTATS D'ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

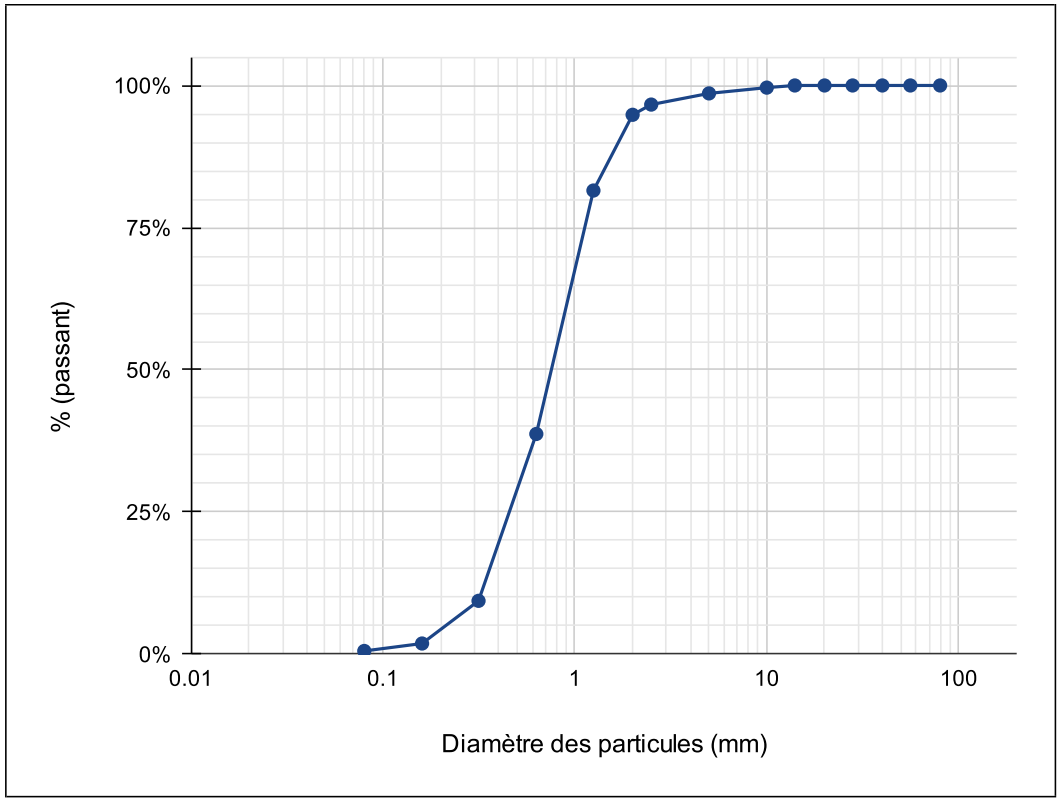
NQ 2560-040

Client :	GCM Consultants				
Projet :	Job 23-1938-0568				
# projet :	233006-005	Prélevé :	2023-09-13	par :	Client
Échantillon :	TR-8 @ 800mm	Analysé :	2023-09-19	par :	D.S.P.

Type de sol : Sable, traces de gravier, traces de silt et traces d'argile.

Dimensions des particules selon la classification unifiée (ASTM D 2487)

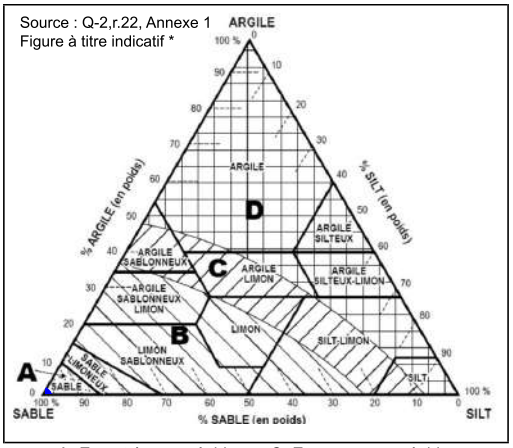
Diamètre des particules (mm)	% (passant)
80	100.0%
56	100.0%
40	100.0%
28	100.0%
20	100.0%
14	100.0%
10	99.6%
5	98.6%
2.5	96.6%
2.00	94.8%
1.25	81.5%
0.63	38.7%
0.315	9.4%
0.16	1.9%
0.08	0.6%
0	0.0%



Répartition	
Gravier	1.4%
Sable	98.0%
Silt & Argile	0.6%
Σ=	100.0%

Paramètre	Valeur
D10	0.32
D30	0.54
D60	0.94
Cu	2.92
Cc	0.95

Source : Q-2,r.22, Annexe 1
Figure à titre indicatif *



A- Zone très perméable
B- Zone perméable
C- Zone peu perméable
D- Zone imperméable

Commentaires

Vérifié par : OIQ#5057432 2023-09-22

* Note : Figure à titre indicatif seulement. Corrélation entre la texture du sol et la perméabilité basée sur la norme USCS caractérisant le sable pour les particules comprises entre 0.08mm et 5.0mm de diamètre.

LAURENTIDES EXPERTS-CONSEILS INC.

Structure | Fondation | Environnement | Génie civil | Test de sol

395, Côte Saint-Paul, Saint-Colomban (Québec) J5K 1Z6 | **450-432-6801** | *info@laurexco.ca*

RÉSULTATS D'ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

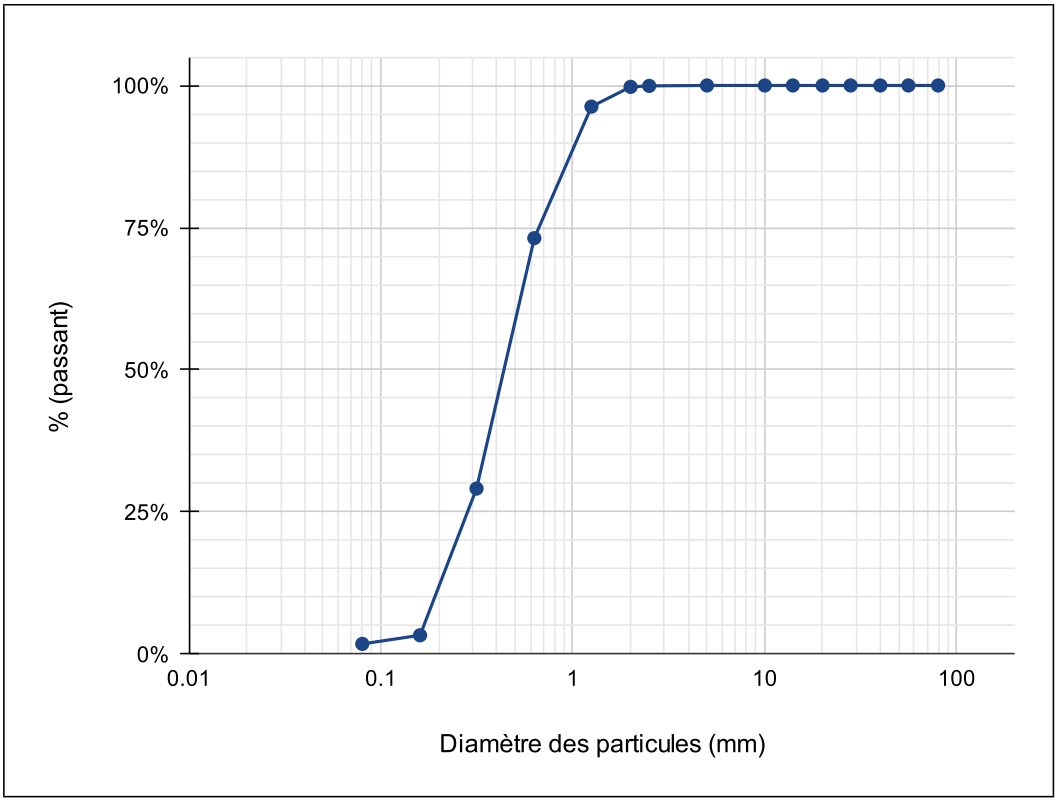
NQ 2560-040

Client :	GCM Consultants				
Projet :	Job 23-1938-0568				
# projet :	233006-005	Prélevé :	2023-09-13	par :	Client
Échantillon :	TR-9 @ 800mm	Analysé :	2023-09-19	par :	D.S.P.

Type de sol : Sable, traces de silt et traces d'argile.

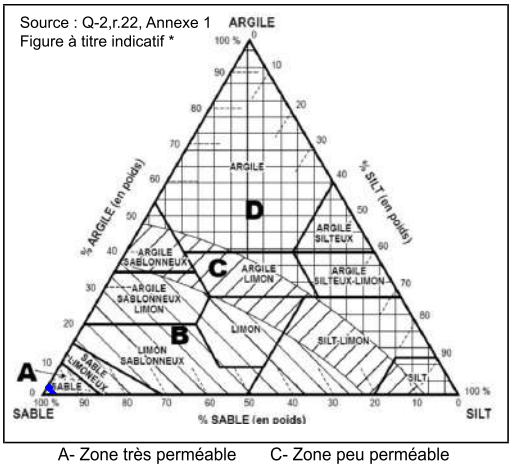
Dimensions des particules selon la classification unifiée (ASTM D 2487)

Diamètre des particules (mm)	% (passant)
80	100.0%
56	100.0%
40	100.0%
28	100.0%
20	100.0%
14	100.0%
10	100.0%
5	100.0%
2.5	99.9%
2.00	99.8%
1.25	96.3%
0.63	73.2%
0.315	29.1%
0.16	3.3%
0.08	1.8%
0	0.0%



Répartition	
Gravier	0.0%
Sable	98.2%
Silt & Argile	1.8%
Σ=	100.0%

Paramètre	Valeur
D10	0.20
D30	0.32
D60	0.54
Cu	2.68
Cc	0.96



A- Zone très perméable C- Zone peu perméable
B- Zone perméable D- Zone imperméable

Commentaires

Vérifié par : OIQ#5057432 2023-09-22

* Note : Figure à titre indicatif seulement. Corrélation entre la texture du sol et la perméabilité basée sur la norme USCS caractérisant le sable pour les particules comprises entre 0.08mm et 5.0mm de diamètre.

LAURENTIDES EXPERTS-CONSEILS INC.

Structure | Fondation | Environnement | Génie civil | Test de sol

395, Côte Saint-Paul, Saint-Colomban (Québec) J5K 1Z6 | **450-432-6801** | *info@laurexco.ca*

RÉSULTATS D'ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

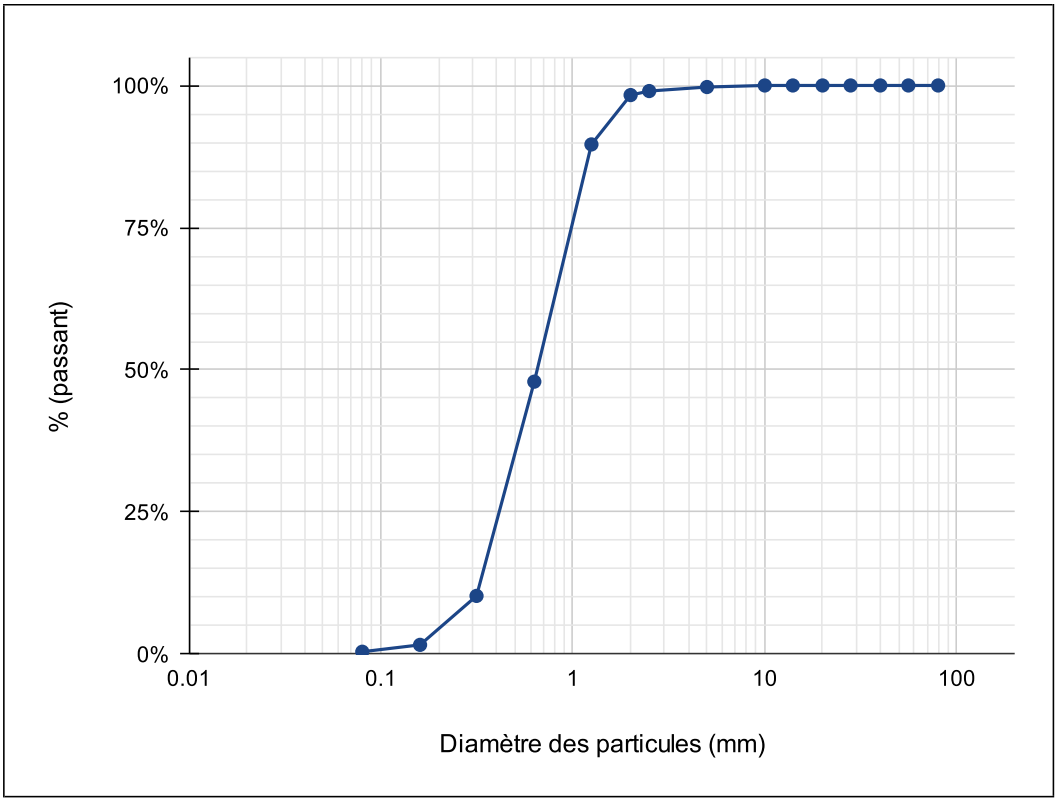
NQ 2560-040

Client :	GCM Consultants				
Projet :	Job 23-1938-0568				
# projet :	233006-005	Prélevé :	2023-09-13	par :	Client
Échantillon :	TR-10 @ 900mm	Analysé :	2023-09-19	par :	D.S.P.

Type de sol : Sable, traces de silt, traces d'argile et traces de gravier.

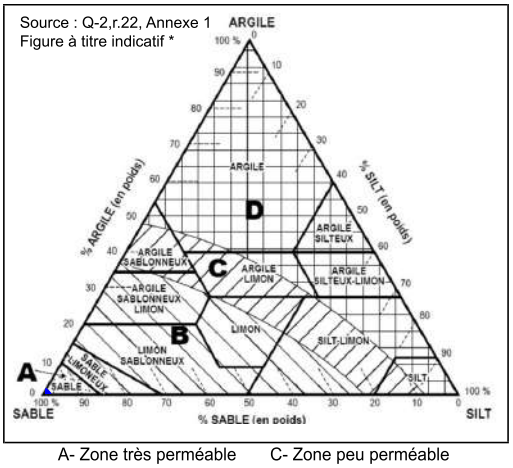
Dimensions des particules selon la classification unifiée (ASTM D 2487)

Diamètre des particules (mm)	% (passant)
80	100.0%
56	100.0%
40	100.0%
28	100.0%
20	100.0%
14	100.0%
10	100.0%
5	99.7%
2.5	99.0%
2.00	98.3%
1.25	89.6%
0.63	47.9%
0.315	10.3%
0.16	1.6%
0.08	0.4%
0	0.0%



Répartition	
Gravier	0.3%
Sable	99.3%
Silt & Argile	0.4%
Σ=	100.0%

Paramètre	Valeur
D10	0.31
D30	0.48
D60	0.81
Cu	2.61
Cc	0.92



A- Zone très perméable
B- Zone perméable
C- Zone peu perméable
D- Zone imperméable

Commentaires

Vérifié par : OIQ#5057432 2023-09-22

* Note : Figure à titre indicatif seulement. Corrélation entre la texture du sol et la perméabilité basée sur la norme USCS caractérisant le sable pour les particules comprises entre 0.08mm et 5.0mm de diamètre.

LAURENTIDES EXPERTS-CONSEILS INC.

Structure | Fondation | Environnement | Génie civil | Test de sol

395, Côte Saint-Paul, Saint-Colomban (Québec) J5K 1Z6 | **450-432-6801** | *info@laurexco.ca*

RÉSULTATS D'ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

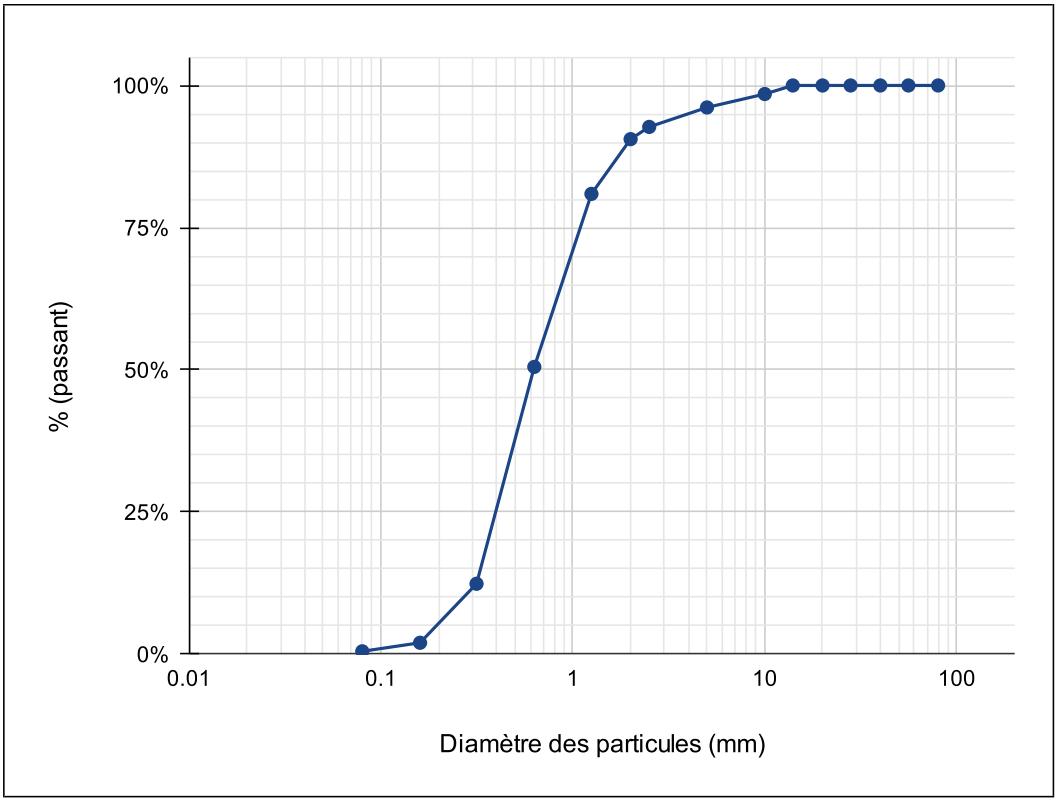
NQ 2560-040

Client :	GCM Consultants				
Projet :	Job 23-1938-0568				
# projet :	233006-005	Prélevé :	2023-09-13	par :	Client
Échantillon :	TR-11 @ 600mm	Analysé :	2023-09-19	par :	D.S.P.

Type de sol : Sable, traces de gravier, traces de silt et traces d'argile.

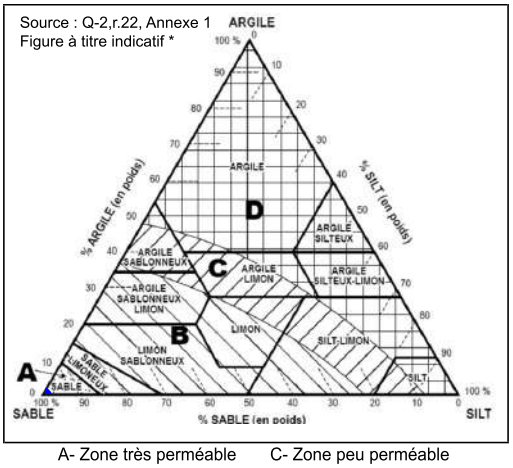
Dimensions des particules selon la classification unifiée (ASTM D 2487)

Diamètre des particules (mm)	% (passant)
80	100.0%
56	100.0%
40	100.0%
28	100.0%
20	100.0%
14	100.0%
10	98.5%
5	96.1%
2.5	92.7%
2.00	90.6%
1.25	80.9%
0.63	50.5%
0.315	12.4%
0.16	2.0%
0.08	0.5%
0	0.0%



Répartition	
Gravier	3.9%
Sable	95.6%
Silt & Argile	0.5%
Σ=	100.0%

Paramètre	Valeur
D10	0.28
D30	0.46
D60	0.82
Cu	2.95
Cc	0.92



A- Zone très perméable
B- Zone perméable
C- Zone peu perméable
D- Zone imperméable

Commentaires

Vérifié par : OIQ#5057432 2023-09-22

* Note : Figure à titre indicatif seulement. Corrélation entre la texture du sol et la perméabilité basée sur la norme USCS caractérisant le sable pour les particules comprises entre 0.08mm et 5.0mm de diamètre.

LAURENTIDES EXPERTS-CONSEILS INC.

Structure | Fondation | Environnement | Génie civil | Test de sol

395, Côte Saint-Paul, Saint-Colomban (Québec) J5K 1Z6 | **450-432-6801** | *info@laurexco.ca*

RÉSULTATS D'ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

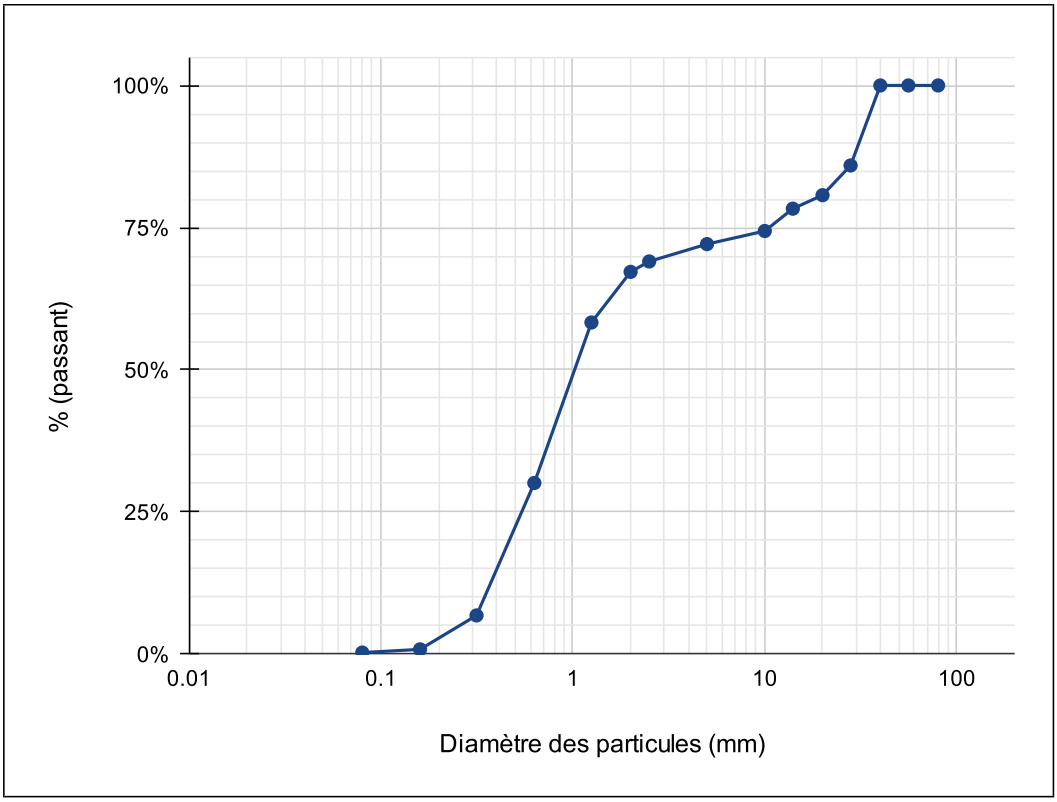
NQ 2560-040

Client :	GCM Consultants				
Projet :	Job 23-1938-0568				
# projet :	233006-005	Prélevé :	2023-09-13	par :	Client
Échantillon :	TR-14 @ 700mm	Analysé :	2023-09-21	par :	R.S.

Type de sol : Sable graveleux, traces de silt et traces d'argile.

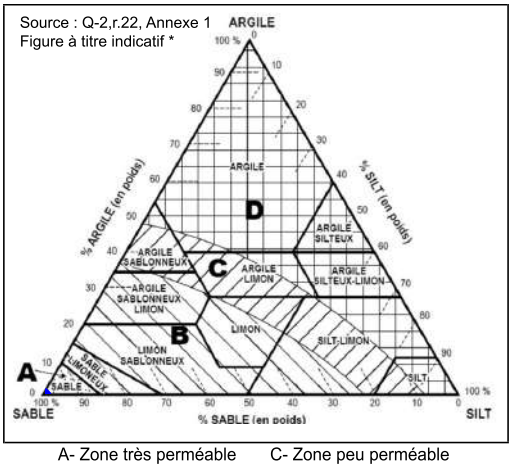
Dimensions des particules selon la classification unifiée (ASTM D 2487)

Diamètre des particules (mm)	% (passant)
80	100.0%
56	100.0%
40	100.0%
28	85.9%
20	80.7%
14	78.3%
10	74.4%
5	72.1%
2.5	69.1%
2.00	67.2%
1.25	58.3%
0.63	30.1%
0.315	6.8%
0.16	0.9%
0.08	0.3%
0	0.0%



Répartition	
Gravier	27.9%
Sable	71.8%
Silt & Argile	0.3%
Σ=	100.0%

Paramètre	Valeur
D10	0.36
D30	0.63
D60	1.39
Cu	3.88
Cc	0.79



A- Zone très perméable
B- Zone perméable
C- Zone peu perméable
D- Zone imperméable

Commentaires

Vérifié par : OIQ#5057432 2023-09-22

* Note : Figure à titre indicatif seulement. Corrélation entre la texture du sol et la perméabilité basée sur la norme USCS caractérisant le sable pour les particules comprises entre 0.08mm et 5.0mm de diamètre.

LAURENTIDES EXPERTS-CONSEILS INC.

Structure | Fondation | Environnement | Génie civil | Test de sol

395, Côte Saint-Paul, Saint-Colomban (Québec) J5K 1Z6 | **450-432-6801** | *info@laurexco.ca*

RÉSULTATS D'ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

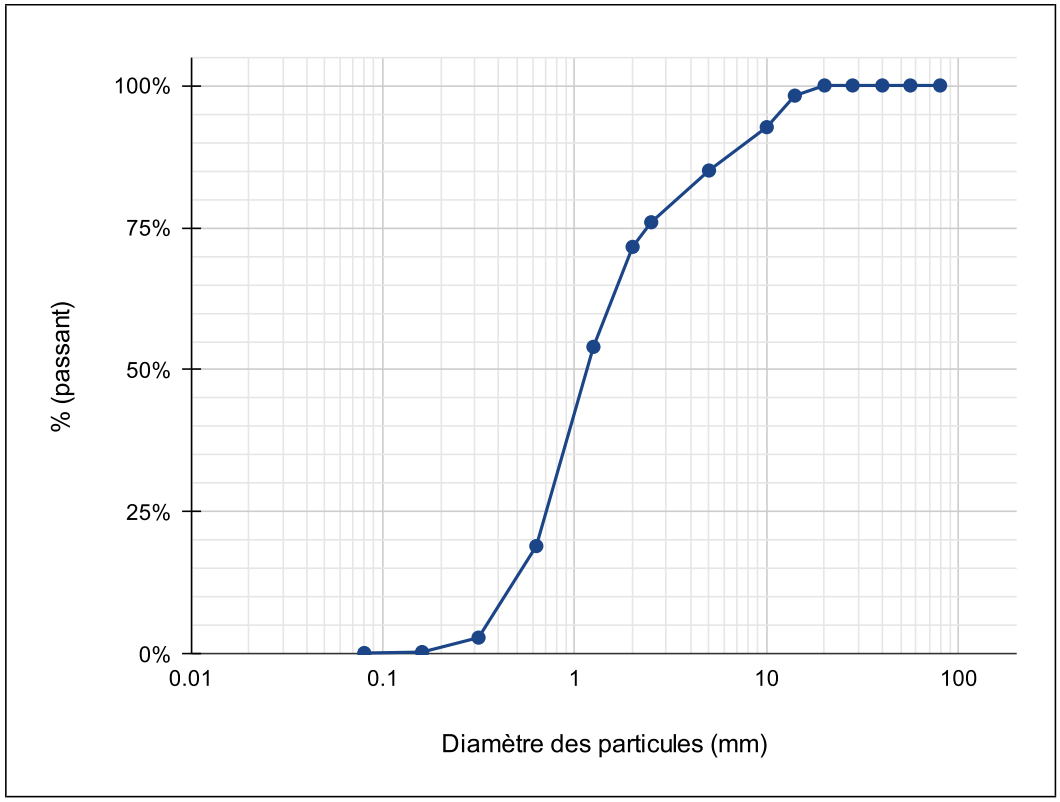
NQ 2560-040

Client :	GCM Consultants				
Projet :	Job 23-1938-0568				
# projet :	233006-005	Prélevé :	2023-09-13	par :	Client
Échantillon :	TR-15 @ 800mm	Analysé :	2023-09-19	par :	D.S.P.

Type de sol : Sable, un peu de gravier, traces de silt et traces d'argile.

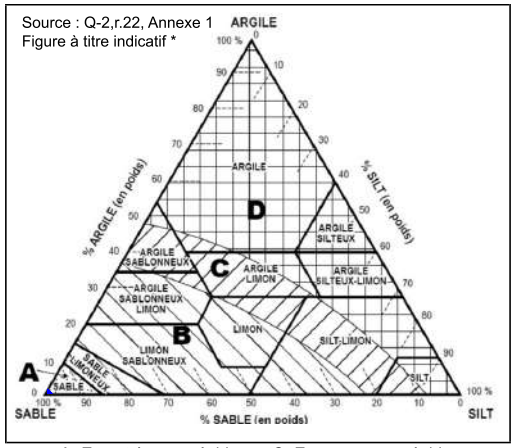
Dimensions des particules selon la classification unifiée (ASTM D 2487)

Diamètre des particules (mm)	% (passant)
80	100.0%
56	100.0%
40	100.0%
28	100.0%
20	100.0%
14	98.2%
10	92.7%
5	85.0%
2.5	75.9%
2.00	71.6%
1.25	54.0%
0.63	19.0%
0.315	2.9%
0.16	0.4%
0.08	0.2%
0	0.0%



Répartition	
Gravier	15.0%
Sable	84.8%
Silt & Argile	0.2%
Σ=	100.0%

Paramètre	Valeur
D10	0.45
D30	0.82
D60	1.50
Cu	3.32
Cc	1.00



A- Zone très perméable
B- Zone perméable
C- Zone peu perméable
D- Zone imperméable

Commentaires

Vérifié par : OIQ#5057432 2023-09-22

* Note : Figure à titre indicatif seulement. Corrélation entre la texture du sol et la perméabilité basée sur la norme USCS caractérisant le sable pour les particules comprises entre 0.08mm et 5.0mm de diamètre.

ANNEXE 4

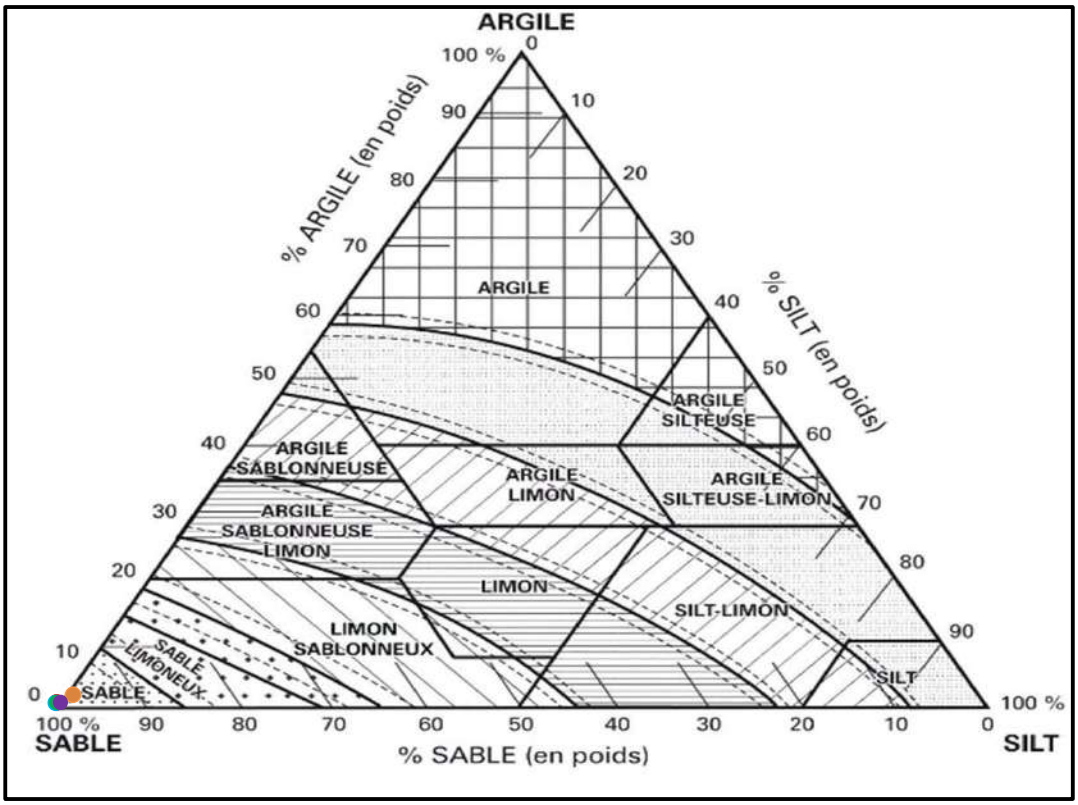
TRIANGLE DE CORRÉLATION ENTRE LA TEXTURE DU SOL ET SA PERMÉABILITÉ

DESTINATAIRE	EXPÉDITEUR
NOM DE LA COMPAGNIE	NOM
Groupe Minier Windfall	**Jean-Sébastien Grenier**
PROJET	NO PROJET GCM
Camp Windfall - Secteur sous-station Windfall	**23-1938-0568**
NO PROJET CLIENT	DATE
	2022.09.15
À L'ATTENTION DE	NO RÉVISION
	PA

Entrez votre valeur dans les cellules oranges

Tranchées	Sable		Argile		Silt		Texture selon USDA
TR-1 (750 mm)	% Sable 1	99,67%	%Argile 1	0,17%	% Silt 1	0,16%	SABLE
TR-2 (700 mm)	% Sable 2	97,27%	%Argile 2	1,37%	% Silt 2	1,36%	SABLE
TR-4 (1000 mm)	% Sable 3	99,79%	%Argile 3	0,10%	% Silt 3	0,11%	SABLE
TR-5 (600 mm)	% Sable 4	99,10%	%Argile 4	0,45%	% Silt 4	0,45%	SABLE
TR-6 (700 mm)	% Sable 5	99,63%	%Argile 5	0,19%	% Silt 5	0,18%	SABLE

Triangle d'estimation de la texture des sols

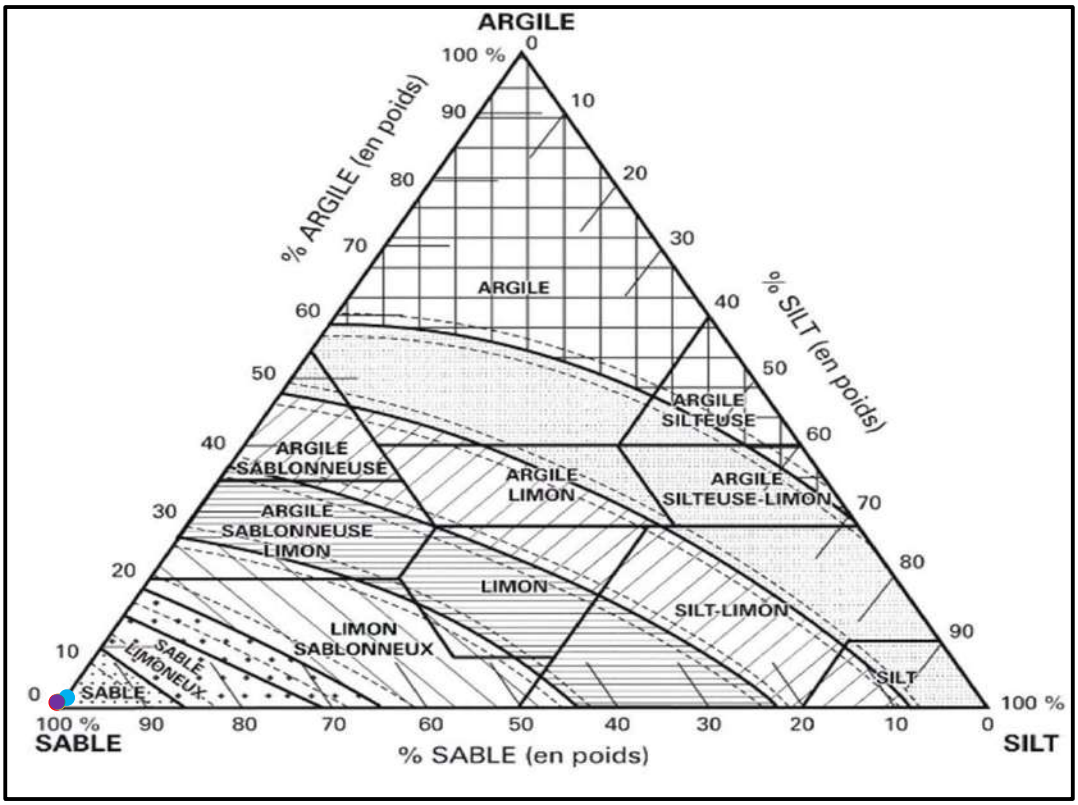


DESTINATAIRE	EXPÉDITEUR
NOM DE LA COMPAGNIE	NOM
Groupe Minier Windfall	**Jean-Sébastien Grenier**
PROJET	NO PROJET GCM
Camp Windfall - Secteur sous-station Windfall	**23-1938-0568**
NO PROJET CLIENT	DATE
	2023.09.15
À L'ATTENTION DE	NO RÉVISION
	PA

Entrez votre valeur dans les cellules oranges

Tranchées	Sable		Argile		Silt		Texture selon USDA
TR-7 (850 mm)	% Sable 1	99,67%	%Argile 1	0,17%	% Silt 1	0,16%	SABLE
TR-8 (800 mm)	% Sable 2	99,39%	%Argile 2	0,30%	% Silt 2	0,31%	SABLE
TR-9 (800 mm)	% Sable 3	98,20%	%Argile 3	0,90%	% Silt 3	0,90%	SABLE
TR-10 (900 mm)	% Sable 4	99,60%	%Argile 4	0,20%	% Silt 4	0,20%	SABLE
TR-11 (600 mm)	% Sable 5	99,48%	%Argile 5	0,26%	% Silt 5	0,26%	SABLE

Triangle d'estimation de la texture des sols

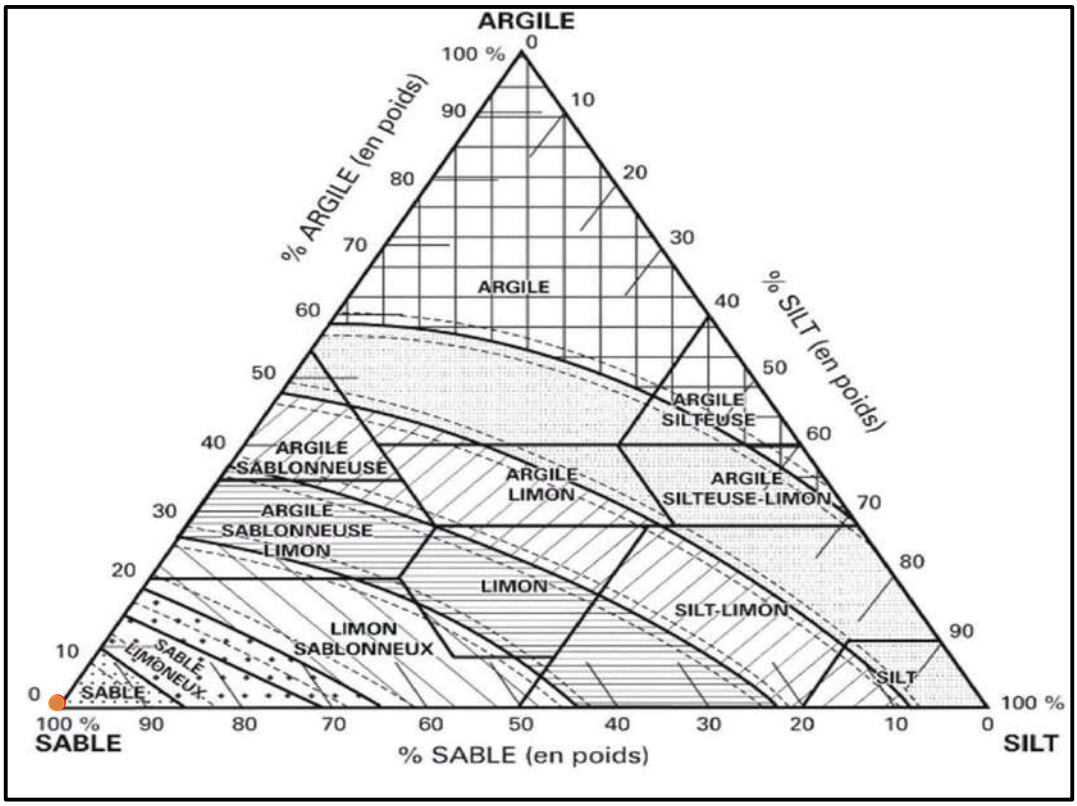


DESTINATAIRE	EXPÉDITEUR
NOM DE LA COMPAGNIE	NOM
Groupe Minier Windfall	**Jean-Sébastien Grenier**
PROJET	NO PROJET GCM
Camp Windfall - Secteur sous-station Windfall	**23-1938-0568**
NO PROJET CLIENT	DATE
	2023.09.15
À L'ATTENTION DE	NO RÉVISION
	PA

Entrez votre valeur dans les cellules oranges

Tranchées	Sable		Argile		Silt		Texture selon USDA
TR-14 (700 mm)	% Sable 1	99,60%	%Argile 1	0,20%	% Silt 1	0,20%	SABLE
TR-15 (800 mm)	% Sable 2	99,77%	%Argile 2	0,12%	% Silt 2	0,11%	SABLE
			%Argile 3		% Silt 3	100,00%	SILT
			%Argile 4		% Silt 4	100,00%	SILT
			%Argile 5		% Silt 5	100,00%	SILT

Triangle d'estimation de la texture des sols



ANNEXE 5

RÉSULTATS DES ESSAIS DE CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE

IDENTIFICATION

Client :	Groupe minier Windfall- Osisko	Date :	14 septembre 2023
Adresse :	Route 6000 km 112		
Municipalité :	Lebel-sur-Quévillon		

PUIT D'EXPLORATION

Puit no :	1	Profondeur :	700

SELECTION DU RESERVOIR

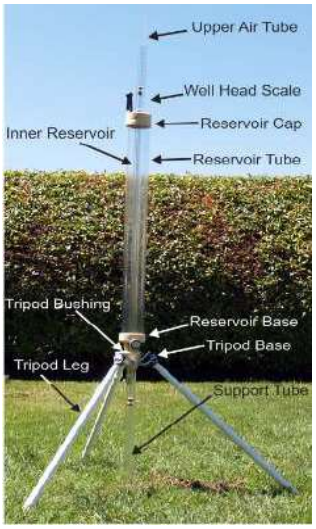
Réservoirs combinés :	35,40	cm^2
Réservoir interne :	2,17	cm^2

CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE - CALCULS

1ère série de lectures : *Colonne d'eau H_1* de 5 cm	R_1 =	41,14	/	60	=	**0,686**	**cm/sec**
2e série de lectures : *Colonne d'eau H_2* de 10 cm	R_2 =	55,50	/	60	=	**0,925**	**cm/sec**

K = ((0.0041) ($S_{réservoir}$) (R_2)) - ((0.0054) ($S_{réservoir}$) (R_1)) = **0,0031734** **cm/sec**

CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE :	**3,2E-03**	**cm/sec**
PERMEABILITE :	**ZONE "B" PERMÉABLE**	



ESSAI DE PERMÉABILITÉ RÉALISÉ À L'AIDE D'UN PERMÉAMÈTRE DE GUELPH MODÈLE 2800

PUIT D'EXPLORATION

Puit no : 1 Profondeur : 700

SÉLECTION DU RÉSERVOIR

Réservoirs combinés : 35,40 cm^2 ☑

Réservoir interne : 2,17 cm^2

1ÈRE SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_1

Colonne d'eau H_1 de 5 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_1 (cm/min)
0	0,00	---	24	---	---
1	0,17	0,17	31	7	42,00
2	0,33	0,17	37	6	36,00
3	0,50	0,17	44	7	42,00
4	0,67	0,17	51	7	42,00
5	0,83	0,17	58	7	42,00
6	1,00	0,17	64	6	36,00
7	1,17	0,17	72	8	48,00
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**41,14**

2E SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_2

Colonne d'eau H_2 de 10 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_2 (cm/min)
0	0,00	---	24	---	---
1	0,17	0,17	37	13	78,00
2	0,33	0,17	45	8	48,00
3	0,50	0,17	56	11	66,00
4	0,67	0,17	65	9	54,00
5	0,83	0,17	74	9	54,00
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**55,50**

IDENTIFICATION

Client :	Groupe minier Windfall- Osisko	Date :	14 septembre 2023
Adresse :	Route 6000 km 112		
Municipalité :	Lebel-sur-Quévillon		

PUIT D'EXPLORATION

Puit no :	2	Profondeur :	600

SELECTION DU RESERVOIR

Réservoirs combinés :	35,40	cm^2
Réservoir interne :	2,17	cm^2

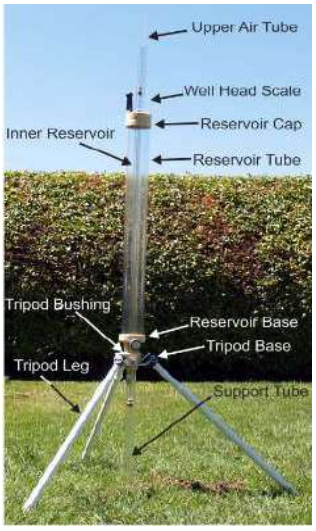
CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE - CALCULS

1ère série de lectures : *Colonne d'eau H_1* de 5 cm	R_1 =	61,20	/	60	=	**1,020**	**cm/sec**
2e série de lectures : *Colonne d'eau H_2* de 10 cm	R_2 =	64,00	/	60	=	**1,067**	**cm/sec**

K = ((0.0041) ($S_{réservoir}$) (R_2)) - ((0.0054) ($S_{réservoir}$) (R_1)) = **-0,040167** **cm/sec**

CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE : **4,0E-02** **cm/sec**

PERMEABILITE : **ZONE "A"**
TRÈS PERMÉABLE



ESSAI DE PERMÉABILITÉ RÉALISÉ À L'AIDE D'UN PERMÉAMÈTRE DE GUELPH MODÈLE 2800

PUIT D'EXPLORATION

Puit no : 2 Profondeur : 600

SÉLECTION DU RÉSERVOIR

Réservoirs combinés : 35,40 cm^2 ☑

Réservoir interne : 2,17 cm^2

1ÈRE SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_1

Colonne d'eau H_1 de 5 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_1 (cm/min)
0	0,00	---	27	---	---
1	0,17	0,17	39	12	72,00
2	0,33	0,17	49	10	60,00
3	0,50	0,17	58	9	54,00
4	0,67	0,17	68	10	60,00
5	0,80	0,13	76	8	60,00
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**61,20**

2E SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_2

Colonne d'eau H_2 de 10 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_2 (cm/min)
0	0,00	---	15	---	---
1	0,17	0,17	27	12	72,00
2	0,33	0,17	36	9	54,00
3	0,50	0,17	48	12	72,00
4	0,67	0,17	59	11	66,00
5	0,83	0,17	69	10	60,00
6	0,95	0,12	76	7	60,00
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**64,00**

IDENTIFICATION

Client :	Groupe minier Windfall- Osisko	Date :	14 septembre 2023
Adresse :	Route 6000 km 112		
Municipalité :	Lebel-sur-Quévillon		

PUIT D'EXPLORATION

Puit no :	3	Profondeur :	650

SELECTION DU RESERVOIR

Réservoirs combinés :	35,40	cm^2
Réservoir interne :	2,17	cm^2

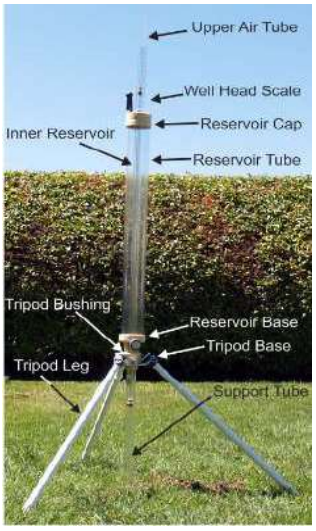
CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE - CALCULS

1ère série de lectures : *Colonne d'eau H_1* de 5 cm	R_1 =	36,00	/	60	=	**0,600**	**cm/sec**
2e série de lectures : *Colonne d'eau H_2* de 10 cm	R_2 =	56,40	/	60	=	**0,940**	**cm/sec**

K = ((0.0041) ($S_{réservoir}$) (R_2)) - ((0.0054) ($S_{réservoir}$) (R_1)) = **0,0217356** **cm/sec**

CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE : **2,2E-02** **cm/sec**

PERMEABILITE : **ZONE "A"**
TRÈS PERMÉABLE



ESSAI DE PERMÉABILITÉ RÉALISÉ À L'AIDE D'UN PERMÉAMÈTRE DE GUELPH MODÈLE 2800

PUIT D'EXPLORATION

Puit no : 3 Profondeur : 650

SÉLECTION DU RÉSERVOIR

Réservoirs combinés : 35,40 cm^2 ☑

Réservoir interne : 2,17 cm^2

1ÈRE SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_1

Colonne d'eau H_1 de 5 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_1 (cm/min)
0	0,00	---	20	---	---
1	0,17	0,17	26	6	36,00
2	0,33	0,17	33	7	42,00
3	0,50	0,17	39	6	36,00
4	0,67	0,17	45	6	36,00
5	0,83	0,17	51	6	36,00
6	1,00	0,17	57	6	36,00
7	1,17	0,17	63	6	36,00
8	1,33	0,17	70	7	42,00
9	1,50	0,17	75	5	30,00
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**36,00**

2E SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_2

Colonne d'eau H_2 de 10 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_2 (cm/min)
0	0,00	---	28	---	---
1	0,17	0,17	38	10	60,00
2	0,33	0,17	48	10	60,00
3	0,50	0,17	56	8	48,00
4	0,67	0,17	66	10	60,00
5	0,83	0,17	75	9	54,00
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**56,40**

IDENTIFICATION

Client :	Groupe minier Windfall- Osisko	Date :	14 septembre 2023
Adresse :	Route 6000 km 112		
Municipalité :	Lebel-sur-Quévillon		

PUIT D'EXPLORATION

Puit no :	4	Profondeur :	700

SELECTION DU RESERVOIR

Réservoirs combinés :	35,40	cm^2
Réservoir interne :	2,17	cm^2

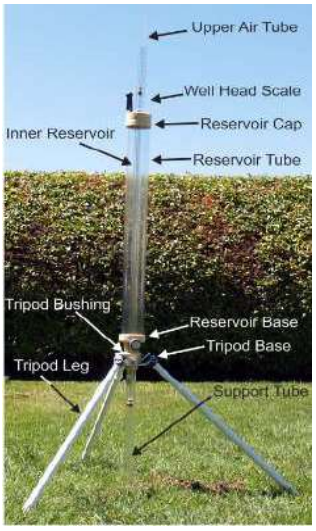
CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE - CALCULS

1ère série de lectures : *Colonne d'eau H_1* de 5 cm	R_1 =	58,13	/	60	=	**0,969**	**cm/sec**
2e série de lectures : *Colonne d'eau H_2* de 10 cm	R_2 =	69,00	/	60	=	**1,150**	**cm/sec**

K = ((0.0041) ($S_{réservoir}$) (R_2)) - ((0.0054) ($S_{réservoir}$) (R_1)) = **-0,018275** **cm/sec**

CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE : **1,8E-02** **cm/sec**

PERMEABILITE : **ZONE "A"**
TRÈS PERMÉABLE



ESSAI DE PERMÉABILITÉ RÉALISÉ À L'AIDE D'UN PERMÉAMÈTRE DE GUELPH MODÈLE 2800

PUIT D'EXPLORATION

Puit no : 4 Profondeur : 700

SÉLECTION DU RÉSERVOIR

Réservoirs combinés : 35,40 cm^2 ☑

Réservoir interne : 2,17 cm^2

1ÈRE SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_1

Colonne d'eau H_1 de 5 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_1 (cm/min)
0	0,00	---	20	---	---
1	0,17	0,17	29	9	54,00
2	0,33	0,17	38	9	54,00
3	0,50	0,17	48	10	60,00
4	0,67	0,17	58	10	60,00
5	0,83	0,17	67,5	9,5	57,00
6	0,97	0,13	76	8,5	63,75
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**58,13**

2E SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_2

Colonne d'eau H_2 de 10 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_2 (cm/min)
0	0,00	---	35	---	---
1	0,17	0,17	49	14	84,00
2	0,33	0,17	59	10	60,00
3	0,50	0,17	71	12	72,00
4	0,58	0,08	76	5	60,00
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**69,00**

IDENTIFICATION

Client :	Groupe minier Windfall- Osisko	Date :	14 septembre 2023
Adresse :	Route 6000 km 112		
Municipalité :	Lebel-sur-Quévillon		

PUIT D'EXPLORATION

Puit no :	5	Profondeur :	750

SELECTION DU RESERVOIR

Réservoirs combinés :	35,40	cm^2
Réservoir interne :	2,17	cm^2

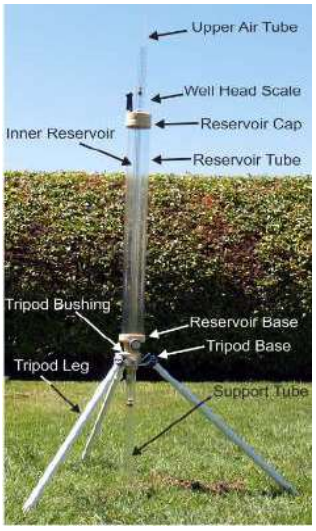
CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE - CALCULS

1ère série de lectures : *Colonne d'eau H_1* de 5 cm	R_1 =	18,67	/	60	=	**0,311**	**cm/sec**
2e série de lectures : *Colonne d'eau H_2* de 10 cm	R_2 =	30,00	/	60	=	**0,500**	**cm/sec**

K = ((0.0041) ($S_{réservoir}$) (R_2)) - ((0.0054) ($S_{réservoir}$) (R_1)) = **0,013098** **cm/sec**

CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE : **1,3E-02** **cm/sec**

PERMEABILITE : **ZONE "A"**
TRÈS PERMÉABLE



ESSAI DE PERMÉABILITÉ RÉALISÉ
À L'AIDE D'UN PERMÉAMÈTRE
DE GUELPH MODÈLE 2800

PUIT D'EXPLORATION

Puit no : 5 Profondeur : 750

SÉLECTION DU RÉSERVOIR

Réservoirs combinés : 35,40 cm^2 ☑

Réservoir interne : 2,17 cm^2

1ÈRE SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_1

Colonne d'eau H $_1$ de 5 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_1 (cm/min)
0	0,00	---	7	---	---
1	0,17	0,17	10	3	18,00
2	0,33	0,17	13	3	18,00
3	0,50	0,17	16	3	18,00
4	0,67	0,17	19,5	3,5	21,00
5	0,83	0,17	22,5	3	18,00
6	1,00	0,17	26	3,5	21,00
7	1,17	0,17	28,5	2,5	15,00
8	1,33	0,17	32	3,5	21,00
9	1,50	0,17	35	3	18,00
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**18,67**

2E SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_2

Colonne d'eau H $_2$ de 10 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_2 (cm/min)
0	0,00	---	19	---	---
1	0,17	0,17	28	9	54,00
2	0,33	0,17	33	5	30,00
3	0,50	0,17	38	5	30,00
4	0,67	0,17	43	5	30,00
5	0,83	0,17	49	6	36,00
6	1,00	0,17	53	4	24,00
7	1,17	0,17	58	5	30,00
8	1,33	0,17	63	5	30,00
9	1,50	0,17	68	5	30,00
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**30,00**

IDENTIFICATION

Client :	Groupe minier Windfall- Osisko	Date :	14 septembre 2023
Adresse :	Route 6000 km 112		
Municipalité :	Lebel-sur-Quévillon		

PUIT D'EXPLORATION

Puit no :	6	Profondeur :	500

SELECTION DU RESERVOIR

Réservoirs combinés :	35,40	cm^2
Réservoir interne :	2,17	cm^2

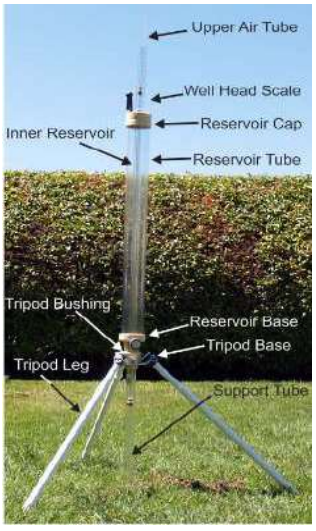
CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE - CALCULS

1ère série de lectures : *Colonne d'eau H_1* de 5 cm	R_1 =	8,67	/	60	=	**0,144**	**cm/sec**
2e série de lectures : *Colonne d'eau H_2* de 10 cm	R_2 =	15,00	/	60	=	**0,250**	**cm/sec**

K = ((0.0041) ($S_{réservoir}$) (R_2)) - ((0.0054) ($S_{réservoir}$) (R_1)) = **0,008673** **cm/sec**

CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE : **8,7E-03** **cm/sec**

PERMEABILITE : **ZONE "A"**
TRÈS PERMÉABLE



ESSAI DE PERMÉABILITÉ RÉALISÉ À L'AIDE D'UN PERMÉAMÈTRE DE GUELPH MODÈLE 2800

PUIT D'EXPLORATION

Puit no : 6 Profondeur : 500

SÉLECTION DU RÉSERVOIR

Réservoirs combinés : 35,40 cm^2 ☑

Réservoir interne : 2,17 cm^2

1ÈRE SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_1

Colonne d'eau H $_1$ de 5 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_1 (cm/min)
0	0,00	---	22	---	---
1	0,17	0,17	23,5	1,5	9,00
2	0,33	0,17	25	1,5	9,00
3	0,50	0,17	26,5	1,5	9,00
4	0,67	0,17	27,5	1	6,00
5	0,83	0,17	29	1,5	9,00
6	1,00	0,17	30,5	1,5	9,00
7	1,17	0,17	32	1,5	9,00
8	1,33	0,17	33,5	1,5	9,00
9	1,50	0,17	35	1,5	9,00
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**8,67**

2E SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_2

Colonne d'eau H $_2$ de 10 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_2 (cm/min)
0	0,00	---	20	---	---
1	0,17	0,17	24,5	4,5	27,00
2	0,33	0,17	27,5	3	18,00
3	0,50	0,17	30,5	3	18,00
4	0,67	0,17	32	1,5	9,00
5	0,83	0,17	34,5	2,5	15,00
6	1,00	0,17	37	2,5	15,00
7	1,17	0,17	39,5	2,5	15,00
8	1,33	0,17	42	2,5	15,00
9	1,50	0,17	44,5	2,5	15,00
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**15,00**

IDENTIFICATION

Client :	Groupe minier Windfall- Osisko	Date :	14 septembre 2023
Adresse :	Route 6000 km 112		
Municipalité :	Lebel-sur-Quévillon		

PUIT D'EXPLORATION

Puit no :	7	Profondeur :	500

SELECTION DU RESERVOIR

Réservoirs combinés :	35,40	cm^2
Réservoir interne :	2,17	cm^2

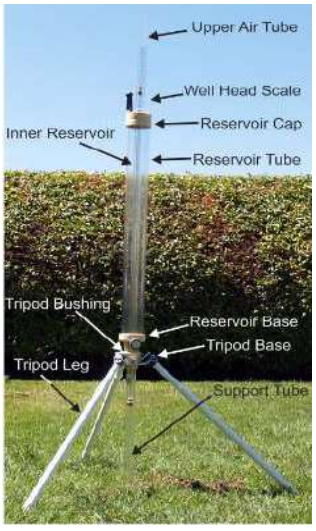
CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE - CALCULS

1ère série de lectures : *Colonne d'eau H_1* de 5 cm	R_1 =	16,50	/	60	=	**0,275**	**cm/sec**
2e série de lectures : *Colonne d'eau H_2* de 10 cm	R_2 =	14,63	/	60	=	**0,244**	**cm/sec**

K = ((0.0041) ($S_{réservoir}$) (R_2)) - ((0.0054) ($S_{réservoir}$) (R_1)) = **-0,017191** **cm/sec**

CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE : **1,7E-02** **cm/sec**

PERMEABILITE : **ZONE "A"**
TRÈS PERMÉABLE



ESSAI DE PERMÉABILITÉ RÉALISÉ À L'AIDE D'UN PERMÉAMÈTRE DE GUELPH MODÈLE 2800

PUIT D'EXPLORATION

Puit no : 7 Profondeur : 500

SÉLECTION DU RÉSERVOIR

Réservoirs combinés : 35,40 cm^2 ☑

Réservoir interne : 2,17 cm^2

1ÈRE SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_1

Colonne d'eau H_1 de 5 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_1 (cm/min)
0	0,00	---	18	---	---
1	0,17	0,17	22	4	24,00
2	0,33	0,17	25	3	18,00
3	0,50	0,17	28	3	18,00
4	0,67	0,17	30,5	2,5	15,00
5	0,83	0,17	33	2,5	15,00
6	1,00	0,17	36	3	18,00
7	1,17	0,17	39	3	18,00
8	1,33	0,17	41	2	12,00
9	1,50	0,17	44	3	18,00
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**16,50**

2E SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_2

Colonne d'eau H_2 de 10 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_2 (cm/min)
0	0,00	---	20	---	---
1	0,17	0,17	24,5	4,5	27,00
2	0,33	0,17	26,5	2	12,00
3	0,50	0,17	29	2,5	15,00
4	0,67	0,17	31,5	2,5	15,00
5	0,83	0,17	34,5	3	18,00
6	1,00	0,17	36,5	2	12,00
7	1,17	0,17	39,5	3	18,00
8	1,33	0,17	41,5	2	12,00
9	1,50	0,17	44	2,5	15,00
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**14,63**

IDENTIFICATION

Client :	Groupe minier Windfall- Osisko	Date :	14 septembre 2023
Adresse :	Route 6000 km 112		
Municipalité :	Lebel-sur-Quévillon		

PUIT D'EXPLORATION

Puit no :	8	Profondeur :	500

SELECTION DU RESERVOIR

Réservoirs combinés :	35,40	cm^2
Réservoir interne :	2,17	cm^2

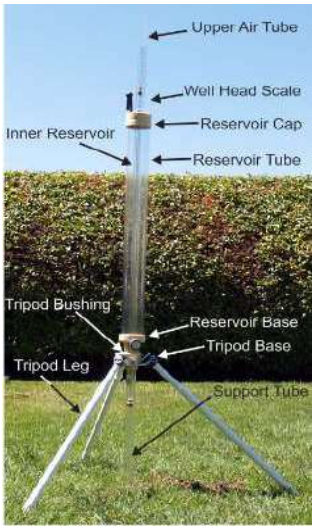
CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE - CALCULS

1ère série de lectures : *Colonne d'eau H_1* de 5 cm	R_1 =	32,67	/	60	=	**0,544**	**cm/sec**
2e série de lectures : *Colonne d'eau H_2* de 10 cm	R_2 =	39,75	/	60	=	**0,663**	**cm/sec**

K = ((0.0041) ($S_{réservoir}$) (R_2)) - ((0.0054) ($S_{réservoir}$) (R_1)) = **-0,007921** **cm/sec**

CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE : **7,9E-03** **cm/sec**

PERMEABILITE : **ZONE "A"**
TRÈS PERMÉABLE



ESSAI DE PERMÉABILITÉ RÉALISÉ À L'AIDE D'UN PERMÉAMÈTRE DE GUELPH MODÈLE 2800

PUIT D'EXPLORATION

Puit no : 8 Profondeur : 500

SÉLECTION DU RÉSERVOIR

Réservoirs combinés : 35,40 cm^2 ☑

Réservoir interne : 2,17 cm^2

1ÈRE SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_1

Colonne d'eau H $_1$ de 5 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_1 (cm/min)
0	0,00	---	21	---	---
1	0,17	0,17	27	6	36,00
2	0,33	0,17	33	6	36,00
3	0,50	0,17	38	5	30,00
4	0,67	0,17	44	6	36,00
5	0,83	0,17	49	5	30,00
6	1,00	0,17	54	5	30,00
7	1,17	0,17	59	5	30,00
8	1,33	0,17	65	6	36,00
9	1,50	0,17	70	5	30,00
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**32,67**

2E SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_2

Colonne d'eau H $_2$ de 10 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_2 (cm/min)
0	0,00	---	19	---	---
1	0,17	0,17	27	8	48,00
2	0,33	0,17	34	7	42,00
3	0,50	0,17	41	7	42,00
4	0,67	0,17	47	6	36,00
5	0,83	0,17	54	7	42,00
6	1,00	0,17	60	6	36,00
7	1,17	0,17	66	6	36,00
8	1,33	0,17	72	6	36,00
9	1,42	0,08	76	4	48,00
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**39,75**

IDENTIFICATION

Client :	Groupe minier Windfall- Osisko	Date :	14 septembre 2023
Adresse :	Route 6000 km 112		
Municipalité :	Lebel-sur-Quévillon		

PUIT D'EXPLORATION

Puit no :	9	Profondeur :	700

SELECTION DU RESERVOIR

Réservoirs combinés :	35,40	cm^2
Réservoir interne :	2,17	cm^2

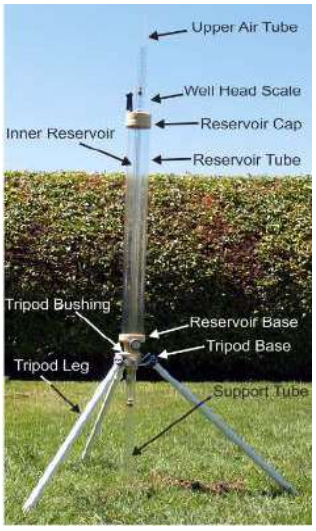
CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE - CALCULS

1ère série de lectures : *Colonne d'eau H_1* de 5 cm	R_1 =	38,67	/	60	=	**0,644**	**cm/sec**
2e série de lectures : *Colonne d'eau H_2* de 10 cm	R_2 =	40,50	/	60	=	**0,675**	**cm/sec**

K = ((0.0041) ($S_{réservoir}$) (R_2)) - ((0.0054) ($S_{réservoir}$) (R_1)) = **-0,025223** **cm/sec**

CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE : **2,5E-02** **cm/sec**

PERMEABILITE : **ZONE "A"**
TRÈS PERMÉABLE



ESSAI DE PERMÉABILITÉ RÉALISÉ À L'AIDE D'UN PERMÉAMÈTRE DE GUELPH MODÈLE 2800

PUIT D'EXPLORATION

Puit no : 9 Profondeur : 700

SÉLECTION DU RÉSERVOIR

Réservoirs combinés : 35,40 cm^2 ☑

Réservoir interne : 2,17 cm^2

1ÈRE SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_1

Colonne d'eau H $_1$ de 5 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_1 (cm/min)
0	0,00	---	16	---	---
1	0,17	0,17	24	8	48,00
2	0,33	0,17	30	6	36,00
3	0,50	0,17	36	6	36,00
4	0,67	0,17	42,5	6,5	39,00
5	0,83	0,17	48,5	6	36,00
6	1,00	0,17	54,5	6	36,00
7	1,17	0,17	61	6,5	39,00
8	1,33	0,17	67	6	36,00
9	1,50	0,17	74	7	42,00
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**38,67**

2E SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_2

Colonne d'eau H $_2$ de 10 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_2 (cm/min)
0	0,00	---	19	---	---
1	0,17	0,17	26	7	42,00
2	0,33	0,17	32,5	6,5	39,00
3	0,50	0,17	38,5	6	36,00
4	0,67	0,17	45,5	7	42,00
5	0,83	0,17	51	5,5	33,00
6	1,00	0,17	57	6	36,00
7	1,17	0,17	64	7	42,00
8	1,33	0,17	72	8	48,00
9	1,42	0,08	76	4	48,00
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**40,50**

IDENTIFICATION

Client :	Groupe minier Windfall- Osisko	Date :	14 septembre 2023
Adresse :	Route 6000 km 112		
Municipalité :	Lebel-sur-Quévillon		

PUIT D'EXPLORATION

Puit no :	10	Profondeur :	800

SELECTION DU RESERVOIR

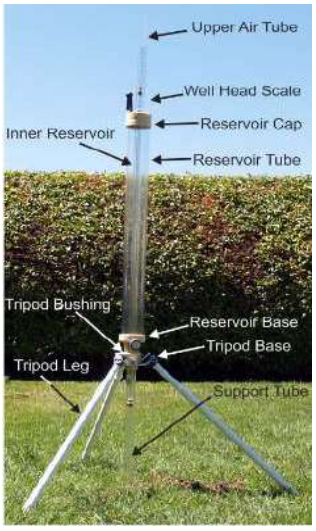
Réservoirs combinés :	35,40	cm^2
Réservoir interne :	2,17	cm^2

CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE - CALCULS

1ère série de lectures : *Colonne d'eau H_1* de 5 cm	R_1 =	27,75	/	60	=	**0,463**	**cm/sec**
2e série de lectures : *Colonne d'eau H_2* de 10 cm	R_2 =	38,57	/	60	=	**0,643**	**cm/sec**

K = ((0.0041) ($S_{réservoir}$) (R_2)) - ((0.0054) ($S_{réservoir}$) (R_1)) = **0,0048928** **cm/sec**

CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE :	**4,9E-03**	**cm/sec**
PERMEABILITE :	**ZONE "A" TRÈS PERMÉABLE**	



ESSAI DE PERMÉABILITÉ RÉALISÉ À L'AIDE D'UN PERMÉAMÈTRE DE GUELPH MODÈLE 2800

PUIT D'EXPLORATION

Puit no : 10 Profondeur : 800

SÉLECTION DU RÉSERVOIR

Réservoirs combinés : 35,40 cm^2 ☑

Réservoir interne : 2,17 cm^2

1ÈRE SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_1

Colonne d'eau H_1 de 5 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_1 (cm/min)
0	0,00	---	16	---	---
1	0,17	0,17	23,5	7,5	45,00
2	0,33	0,17	28,5	5	30,00
3	0,50	0,17	33,5	5	30,00
4	0,67	0,17	38	4,5	27,00
5	0,83	0,17	43	5	30,00
6	1,00	0,17	47,5	4,5	27,00
7	1,17	0,17	52	4,5	27,00
8	1,33	0,17	57	5	30,00
9	1,50	0,17	60,5	3,5	21,00
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**27,75**

2E SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_2

Colonne d'eau H_2 de 10 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_2 (cm/min)
0	0,00	---	18	---	---
1	0,17	0,17	29	11	66,00
2	0,33	0,17	36,5	7,5	45,00
3	0,50	0,17	43	6,5	39,00
4	0,67	0,17	49	6	36,00
5	0,83	0,17	55	6	36,00
6	1,00	0,17	62	7	42,00
7	1,17	0,17	68	6	36,00
8	1,33	0,17	74	6	36,00
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**38,57**

IDENTIFICATION

Client :	Groupe minier Windfall- Osisko	Date :	14 septembre 2023
Adresse :	Route 6000 km 112		
Municipalité :	Lebel-sur-Quévillon		

PUIT D'EXPLORATION

Puit no :	11	Profondeur :	800

SELECTION DU RESERVOIR

Réservoirs combinés :	35,40	cm^2
Réservoir interne :	2,17	cm^2

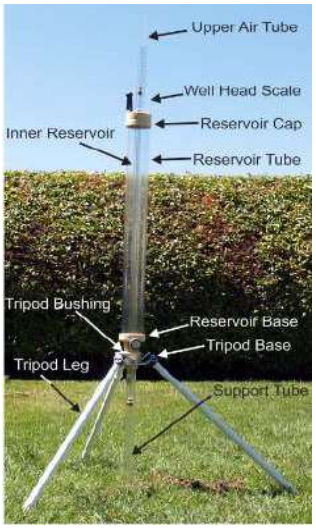
CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE - CALCULS

1ère série de lectures : *Colonne d'eau H_1* de 5 cm	R_1 =	31,50	/	60	=	**0,525**	**cm/sec**
2e série de lectures : *Colonne d'eau H_2* de 10 cm	R_2 =	37,13	/	60	=	**0,619**	**cm/sec**

K = ((0.0041) ($S_{réservoir}$) (R_2)) - ((0.0054) ($S_{réservoir}$) (R_1)) = **-0,010554** **cm/sec**

CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE : **1,1E-02** **cm/sec**

PERMEABILITE : **ZONE "A"**
TRÈS PERMÉABLE



ESSAI DE PERMÉABILITÉ RÉALISÉ À L'AIDE D'UN PERMÉAMÈTRE DE GUELPH MODÈLE 2800

PUIT D'EXPLORATION

Puit no : 11 Profondeur : 800

SÉLECTION DU RÉSERVOIR

Réservoirs combinés : 35,40 cm^2 ☑

Réservoir interne : 2,17 cm^2

1ÈRE SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_1

Colonne d'eau H_1 de 5 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_1 (cm/min)
0	0,00	---	16	---	---
1	0,17	0,17	25	9	54,00
2	0,33	0,17	30	5	30,00
3	0,50	0,17	35,5	5,5	33,00
4	0,67	0,17	41	5,5	33,00
5	0,83	0,17	46	5	30,00
6	1,00	0,17	51	5	30,00
7	1,17	0,17	56,5	5,5	33,00
8	1,33	0,17	61	4,5	27,00
9	1,50	0,17	67	6	36,00
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**31,50**

2E SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_2

Colonne d'eau H_2 de 10 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_2 (cm/min)
0	0,00	---	18	---	---
1	0,17	0,17	26,5	8,5	51,00
2	0,33	0,17	33,5	7	42,00
3	0,50	0,17	40	6,5	39,00
4	0,67	0,17	46	6	36,00
5	0,83	0,17	52	6	36,00
6	1,00	0,17	58	6	36,00
7	1,17	0,17	65	7	42,00
8	1,33	0,17	70,5	5,5	33,00
9	1,50	0,17	76	5,5	33,00
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**37,13**

IDENTIFICATION

Client :	Groupe minier Windfall- Osisko	Date :	14 septembre 2023
Adresse :	Route 6000 km 112		
Municipalité :	Lebel-sur-Quévillon		

PUIT D'EXPLORATION

Puit no :	12	Profondeur :	700

SELECTION DU RESERVOIR

Réservoirs combinés :	35,40	cm^2
Réservoir interne :	2,17	cm^2

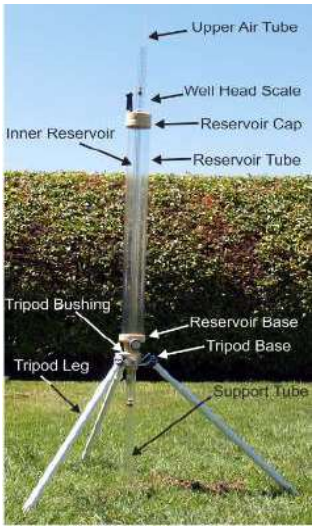
CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE - CALCULS

1ère série de lectures : *Colonne d'eau H_1* de 5 cm	R_1 =	1,52	/	60	=	**0,025**	**cm/sec**
2e série de lectures : *Colonne d'eau H_2* de 10 cm	R_2 =	7,73	/	60	=	**0,129**	**cm/sec**

K = ((0.0041) ($S_{réservoir}$) (R_2)) - ((0.0054) ($S_{réservoir}$) (R_1)) = **0,0138547** **cm/sec**

CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE : **1,4E-02** **cm/sec**

PERMEABILITE : **ZONE "A"**
TRÈS PERMÉABLE



ESSAI DE PERMÉABILITÉ RÉALISÉ
À L'AIDE D'UN PERMÉAMÈTRE
DE GUELPH MODÈLE 2800

PUIT D'EXPLORATION

Puit no : 12 Profondeur : 700

SÉLECTION DU RÉSERVOIR

Réservoirs combinés : 35,40 cm^2 ☑

Réservoir interne : 2,17 cm^2

1ÈRE SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_1

Colonne d'eau H_1 de 5 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_1 (cm/min)
0	0,00	---	18	---	---
1	0,17	0,17	18	0	0,00
2	0,33	0,17	18,5	0,5	3,00
3	0,50	0,17	18,7	0,2	1,20
4	0,67	0,17	19	0,3	1,80
5	0,83	0,17	19,2	0,2	1,20
6	1,00	0,17	19,5	0,3	1,80
7	1,50	0,50	19,9	0,4	0,80
8	2,00	0,50	20,5	0,6	1,20
9	2,50	0,50	21,3	0,8	1,60
10	3,00	0,50	22,3	1	2,00
11	3,50	0,50	23,1	0,8	1,60
12	4,00	0,50	24	0,9	1,80
13	4,50	0,50	24,8	0,8	1,60
14	5,00	0,50	25,6	0,8	1,60
15					
				Moyenne :	**1,52**

2E SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_2

Colonne d'eau H_2 de 10 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_2 (cm/min)
0	0,00	---	30	---	---
1	0,17	0,17	32	2	12,00
2	0,33	0,17	33,5	1,5	9,00
3	0,50	0,17	34,5	1	6,00
4	0,67	0,17	36	1,5	9,00
5	0,83	0,17	37	1	6,00
6	1,00	0,17	38,4	1,4	8,40
7	1,17	0,17	39,7	1,3	7,80
8	1,33	0,17	41	1,3	7,80
9	1,50	0,17	42,3	1,3	7,80
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**7,73**

IDENTIFICATION

Client :	Groupe minier Windfall- Osisko	Date :	14 septembre 2023
Adresse :	Route 6000 km 112		
Municipalité :	Lebel-sur-Quévillon		

PUIT D'EXPLORATION

Puit no :	13	Profondeur :	800

SELECTION DU RESERVOIR

Réservoirs combinés :	35,40	cm^2
Réservoir interne :	2,17	cm^2

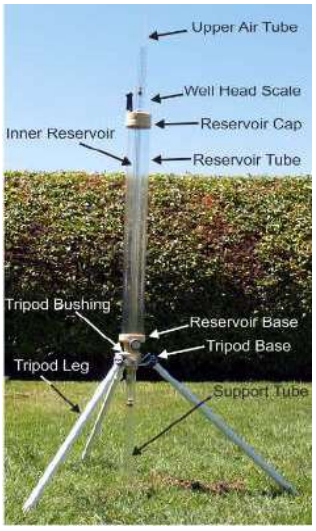
CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE - CALCULS

1ère série de lectures : *Colonne d'eau H_1* de 5 cm	R_1 =	31,33	/	60	=	**0,522**	**cm/sec**
2e série de lectures : *Colonne d'eau H_2* de 10 cm	R_2 =	43,00	/	60	=	**0,717**	**cm/sec**

K = ((0.0041) ($S_{réservoir}$) (R_2)) - ((0.0054) ($S_{réservoir}$) (R_1)) = **0,004189** **cm/sec**

CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE : **4,2E-03** **cm/sec**

PERMEABILITE : **ZONE "A"**
TRÈS PERMÉABLE



ESSAI DE PERMÉABILITÉ RÉALISÉ À L'AIDE D'UN PERMÉAMÈTRE DE GUELPH MODÈLE 2800

PUIT D'EXPLORATION

Puit no : 13 Profondeur : 800

SÉLECTION DU RÉSERVOIR

Réservoirs combinés : 35,40 cm^2 ☑

Réservoir interne : 2,17 cm^2

1ÈRE SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_1

Colonne d'eau H_1 de 5 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_1 (cm/min)
0	0,00	---	17	---	---
1	0,17	0,17	22	5	30,00
2	0,33	0,17	27	5	30,00
3	0,50	0,17	32	5	30,00
4	0,67	0,17	37	5	30,00
5	0,83	0,17	42	5	30,00
6	1,00	0,17	48	6	36,00
7	1,17	0,17	53	5	30,00
8	1,33	0,17	58	5	30,00
9	1,50	0,17	64	6	36,00
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**31,33**

2E SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_2

Colonne d'eau H_2 de 10 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_2 (cm/min)
0	0,00	---	16	---	---
1	0,17	0,17	25	9	54,00
2	0,33	0,17	31,5	6,5	39,00
3	0,50	0,17	38,5	7	42,00
4	0,67	0,17	46	7,5	45,00
5	0,83	0,17	52,5	6,5	39,00
6	1,00	0,17	59	6,5	39,00
7	1,17	0,17	67	8	48,00
8	1,33	0,17	73	6	36,00
9	1,40	0,07	76	3	45,00
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**43,00**

IDENTIFICATION

Client :	Groupe minier Windfall- Osisko	Date :	14 septembre 2023
Adresse :	Route 6000 km 112		
Municipalité :	Lebel-sur-Quévillon		

PUIT D'EXPLORATION

Puit no :	14	Profondeur :	400

SELECTION DU RESERVOIR

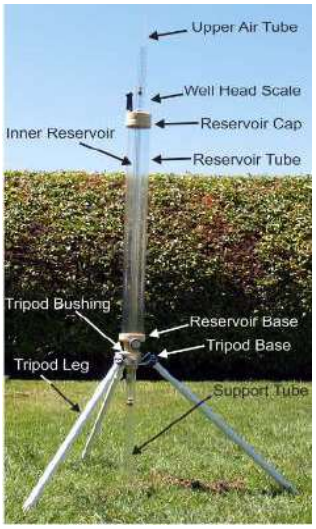
Réservoirs combinés :	35,40	cm^2
Réservoir interne :	2,17	cm^2

CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE - CALCULS

1ère série de lectures : *Colonne d'eau H_1* de 5 cm	R_1 =	7,28	/	60	=	**0,121**	**cm/sec**
2e série de lectures : *Colonne d'eau H_2* de 10 cm	R_2 =	8,85	/	60	=	**0,148**	**cm/sec**

K = ((0.0041) ($S_{réservoir}$) (R_2)) - ((0.0054) ($S_{réservoir}$) (R_1)) = **-0,00177** **cm/sec**

CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE :	**1,8E-03**	**cm/sec**
PERMEABILITE :	**ZONE "B" PERMÉABLE**	



ESSAI DE PERMÉABILITÉ RÉALISÉ À L'AIDE D'UN PERMÉAMÈTRE DE GUELPH MODÈLE 2800

PUIT D'EXPLORATION

Puit no : 14 Profondeur : 400

SÉLECTION DU RÉSERVOIR

Réservoirs combinés : 35,40 cm^2 ☑

Réservoir interne : 2,17 cm^2

1ÈRE SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_1

Colonne d'eau H $_1$ de 5 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_1 (cm/min)
0	0,00	---	18	---	---
1	0,17	0,17	21,5	3,5	21,00
2	0,33	0,17	23,2	1,7	10,20
3	0,50	0,17	24,5	1,3	7,80
4	0,67	0,17	25,5	1	6,00
5	0,83	0,17	26,7	1,2	7,20
6	1,00	0,17	28	1,3	7,80
7	1,17	0,17	29	1	6,00
8	1,33	0,17	30	1	6,00
9	1,50	0,17	31,2	1,2	7,20
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**7,28**

2E SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_2

Colonne d'eau H $_2$ de 10 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_2 (cm/min)
0	0,00	---	17	---	---
1	0,17	0,17	19,2	2,2	13,20
2	0,33	0,17	20,6	1,4	8,40
3	0,50	0,17	22	1,4	8,40
4	0,67	0,17	23,5	1,5	9,00
5	0,83	0,17	25	1,5	9,00
6	1,00	0,17	26,5	1,5	9,00
7	1,17	0,17	28	1,5	9,00
8	1,33	0,17	29,5	1,5	9,00
9	1,50	0,17	31	1,5	9,00
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**8,85**

IDENTIFICATION

Client :	Groupe minier Windfall- Osisko	Date :	14 septembre 2023
Adresse :	Route 6000 km 112		
Municipalité :	Lebel-sur-Quévillon		

PUIT D'EXPLORATION

Puit no :	15	Profondeur :	600

SELECTION DU RESERVOIR

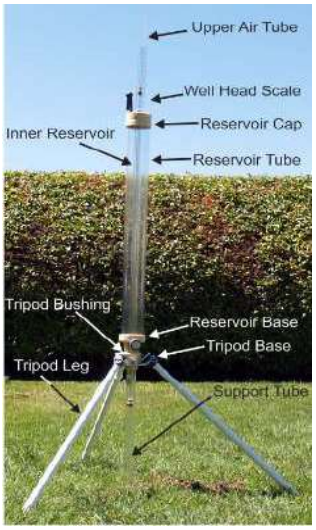
Réservoirs combinés :	35,40	cm^2
Réservoir interne :	2,17	cm^2

CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE - CALCULS

1ère série de lectures : *Colonne d'eau H_1* de 5 cm	R_1 =	27,75	/	60	=	**0,463**	**cm/sec**
2e série de lectures : *Colonne d'eau H_2* de 10 cm	R_2 =	34,71	/	60	=	**0,579**	**cm/sec**

K = ((0.0041) ($S_{réservoir}$) (R_2)) - ((0.0054) ($S_{réservoir}$) (R_1)) = **-0,004438** **cm/sec**

CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE :	**4,4E-03**	**cm/sec**
PERMEABILITE :	**ZONE "A" TRÈS PERMÉABLE**	



ESSAI DE PERMÉABILITÉ RÉALISÉ À L'AIDE D'UN PERMÉAMÈTRE DE GUELPH MODÈLE 2800

PUIT D'EXPLORATION

Puit no : 15 Profondeur : 600

SÉLECTION DU RÉSERVOIR

Réservoirs combinés : 35,40 cm^2 ☑

Réservoir interne : 2,17 cm^2

1ÈRE SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_1

Colonne d'eau H_1 de 5 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_1 (cm/min)
0	0,00	---	17	---	---
1	0,17	0,17	23	6	36,00
2	0,33	0,17	27,5	4,5	27,00
3	0,50	0,17	32	4,5	27,00
4	0,67	0,17	37	5	30,00
5	0,83	0,17	41	4	24,00
6	1,00	0,17	46	5	30,00
7	1,17	0,17	51	5	30,00
8	1,33	0,17	55,5	4,5	27,00
9	1,50	0,17	60	4,5	27,00
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**27,75**

2E SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_2

Colonne d'eau H_2 de 10 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_2 (cm/min)
0	0,00	---	20	---	---
1	0,17	0,17	29	9	54,00
2	0,33	0,17	35,5	6,5	39,00
3	0,50	0,17	41,5	6	36,00
4	0,67	0,17	47,5	6	36,00
5	0,83	0,17	53	5,5	33,00
6	1,00	0,17	59	6	36,00
7	1,17	0,17	65	6	36,00
8	1,33	0,17	71	6	36,00
9	1,50	0,17	76	5	30,00
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**34,71**

IDENTIFICATION

Client :	Groupe minier Windfall- Osisko	Date :	14 septembre 2023
Adresse :	Route 6000 km 112		
Municipalité :	Lebel-sur-Quévillon		

PUIT D'EXPLORATION

Puit no :	16	Profondeur :	500

SELECTION DU RESERVOIR

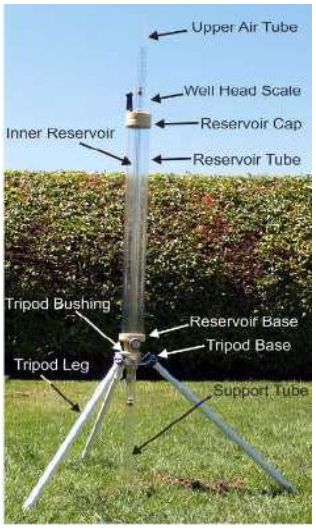
Réservoirs combinés :	35,40	cm^2
Réservoir interne :	2,17	cm^2

CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE - CALCULS

1ère série de lectures : *Colonne d'eau H_1* de 5 cm	R_1 =	32,25	/	60	=	**0,538**	**cm/sec**
2e série de lectures : *Colonne d'eau H_2* de 10 cm	R_2 =	38,57	/	60	=	**0,643**	**cm/sec**

K = ((0.0041) ($S_{réservoir}$) (R_2)) - ((0.0054) ($S_{réservoir}$) (R_1)) = **-0,009444** **cm/sec**

CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE :	**9,4E-03**	**cm/sec**
PERMEABILITE :	**ZONE "A" TRÈS PERMÉABLE**	



ESSAI DE PERMÉABILITÉ RÉALISÉ À L'AIDE D'UN PERMÉAMÈTRE DE GUELPH MODÈLE 2800

PUIT D'EXPLORATION

Puit no : 16 Profondeur : 500

SÉLECTION DU RÉSERVOIR

Réservoirs combinés : 35,40 cm^2 ☑

Réservoir interne : 2,17 cm^2

1ÈRE SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_1

Colonne d'eau H_1 de 5 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_1 (cm/min)
0	0,00	---	17	---	---
1	0,17	0,17	23,5	6,5	39,00
2	0,33	0,17	29	5,5	33,00
3	0,50	0,17	35	6	36,00
4	0,67	0,17	40	5	30,00
5	0,83	0,17	45,5	5,5	33,00
6	1,00	0,17	51	5,5	33,00
7	1,17	0,17	56,5	5,5	33,00
8	1,33	0,17	61	4,5	27,00
9	1,50	0,17	66,5	5,5	33,00
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**32,25**

2E SÉRIE DE LECTURES - CALCUL DE R_2

Colonne d'eau H_2 de 10 cm

Lecture	Temps (min)	Δ Temps (min)	Hauteur (cm)	Δ Hauteur (cm)	Vitesse R_2 (cm/min)
0	0,00	---	18	---	---
1	0,17	0,17	29	11	66,00
2	0,33	0,17	35,5	6,5	39,00
3	0,50	0,17	42	6,5	39,00
4	0,67	0,17	48	6	36,00
5	0,83	0,17	55	7	42,00
6	1,00	0,17	61,5	6,5	39,00
7	1,17	0,17	68	6,5	39,00
8	1,33	0,17	74	6	36,00
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
				Moyenne :	**38,57**

ANNEXE 6

RÉSULTATS DU CALCUL DE REMONTÉE DE LA NAPPE D'EAU SOUTERRAINE

Transient Water-Table Rise Beneath a Rectangular Recharge Area
Groundwater Mounding Solution by Hantush (1967)

Aquifer Properties:
Hydraulic conductivity, K = 8.64 m/day
Specific yield, Sy = 0.3
Initial saturated thickness, h(0) = 2.7 m

Recharge Area Properties:
Recharge rate, w = 0.055 m/day
Simulation time, t = 4380 day
Time when recharge stops, t(0) = 4380 day
X coordinate at center of recharge area, X = 0 m
Y coordinate at center of recharge area, Y = 0 m
Length in x direction, l = 55 m
Length in y direction, a = 53.57 m

Water-Table Rise at Center of Recharge Area:

t (day)	h (m)
438	2.2385
876	2.45131
1314	2.57167
1752	2.65535
2190	2.71933
2628	2.77102
3066	2.81433
3504	2.85156
3942	2.88418
4380	2.91319

Report generated by AQTESOLV v4.50.002 (www.aqtesolv.com) on 10/24/23 at 14:55:46.
AQTESOLV for Windows (c) 1996-2007 HydroSOLVE, Inc. All Rights Reserved.

1-4

SERVICE AGREEMENT BETWEEN LEBEL-SUR-QUÉVILLON AND GROUPE MINIER WINDFALL FOR THE USE OF THE TLS

ENTENTE DE SERVICE 20231103

UTILISATION DU LIEU D'ENFOUISSEMENT EN TRANCHÉE (LEET)

INTERVENUE ENTRE

LE GROUPE MINIER WINDFALL, société légalement constituée, ayant son siège social au 1100, avenue des Canadiens-de-Montréal, Montréal (Québec) H3B 2S2, ici représentée aux fins des présentes par M. Jean Bastien, directeur général et M. Mathieu Savard, administrateur, dûment autorisés.

Ci-après désigné « **Groupe minier Windfall** »

ET

LA VILLE DE LEBEL-SUR-QUÉVILLON, ville légalement constituée aux termes de la *Loi sur les cités et villes*, ayant son siège social au 500, place Quévillon Lebel-sur-Quévillon (Québec) J0Y 1X0, ici représentée aux fins des présentes par M. Guy Lafrenière, maire, et Mme Anik Racicot, directrice générale, dûment autorisés.

Ci-après désignée « **Ville** »

Ville de Lebel-sur-Quévillon
500, place Quévillon C.P. 430
Lebel-sur-Quévillon (Québec) J0Y 1X0
Téléphone : 819 755-4826
www.lsq.quebec

CONSIDÉRANT QUE le Groupe minier Windfall est une société d'exploration minière et de mise en valeur de propriétés de ressources de métaux précieux au Canada ;

CONSIDÉRANT QUE le Groupe minier Windfall souhaite mettre en exploitation le projet minier Windfall situé au nord du 49e parallèle à 115 km à l'est de la Ville de Lebel-sur-Quévillon ;

CONSIDÉRANT QUE la durée de vie de production du projet minier Windfall est estimée à 10 ans, sans compter la phase de construction et la phase de fermeture ;

CONSIDÉRANT QUE le projet minier Windfall, malgré les efforts de réutilisation, revalorisation, recyclage et compostage, doit pouvoir compter sur le lieu d'enfouissement en tranchée de la Ville de Lebel-sur-Quévillon pour enfouir les matières résiduelles ultimes ;

CONSIDÉRANT QUE la Ville de Lebel-sur-Quévillon opère un lieu d'enfouissement en tranchée qui peut accueillir les matières résiduelles pour la durée de vie estimée du projet minier Windfall ;

En conséquence, les parties conviennent de ce qui suit :

1. OBJET

Permettre au Groupe minier Windfall de disposer des matières résiduelles ultimes du projet minier Windfall au lieu d'enfouissement en tranchée de la Ville de Lebel-sur-Quévillon situé au 10388, Route 113 Nord, et ce, conformément au Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles en vigueur.

2. COÛTS

Tarif établi au règlement de tarification en vigueur selon le type et le volume de matières.

3. DURÉE

Cette entente est valide pour une durée de 10 ans à compter de la date de signature, jusqu'au 31 décembre 2033, à moins que l'une ou l'autre des parties manifeste l'intention d'y mettre terme par un avis écrit de 90 jours avant la date d'échéance.

Initiales : _____
Ville

_____
G.M. Windfall

4. COMMUNICATION

Le Groupe minier Windfall s'engage à contacter le directeur du Service des travaux publics avant chaque livraison pour assurer le bon déroulement des opérations.

5. ENTRÉE EN VIGUEUR

La présente entente entre en vigueur au moment de la signature.

6. SIGNATURES

GROUPE MINIER WINDFALL

Jean Bastien, directeur général — 28/11/2023 — Date

Mathieu Savard, administrateur — 28/11/2023 — Date

VILLE DE LEBEL-SUR-QUÉVILLON

Guy Lafrenière, maire — 29-11-23 — Date

Anik Racicot, directrice générale. — 29/11/2023 — Date

Initiales : Ville

G.M. Windfall

1-5

PROJECT GHG EMISSION ESTIMATES (REVISION 1)

NOTE TECHNIQUE

CLIENT :	Groupe Minier Windfall		
PROJET :	Projet minier Windfall	**Réf. WSP :**	CA0004658.7070
OBJET :	Estimation des émissions de GES du projet (révision 1)	**DATE :**	6 décembre 2023
DESTINATAIRE :	Andréanne Boisvert, Vice-présidente, Environnement et relations communautaires		

1 INTRODUCTION

1.1 MISE EN CONTEXTE

En tant que société d'exploration minière et de mise en valeur de propriétés de ressources de métaux précieux au Canada, Groupe Minier Windfall (GMW) 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 processus d'évaluation environnementale demande une quantification des émissions de gaz à effet de serre (GES) du projet.

Cette note technique vise donc à présenter la méthodologie et les résultats obtenus dans le cadre de la quantification des émissions de GES du projet minier Windfall. Les résultats seront également repris dans l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE).

1.2 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Les principaux objectifs de cette étude sont :

- de déterminer les sources d'émissions de GES du projet en fonction des définitions de limite de projet;
- d'estimer les émissions de GES des sources identifiées pour la partie construction et exploitation tout en incluant la logistique de transport;
- de caractériser l'importance de ces émissions en comparaison aux émissions nationales et provinciales.

2 MÉTHODOLOGIE

La méthodologie suivante a été suivie :

- analyse des éléments et activités du projet en fonction des documents de projet;
- détermination des limites du projet en fonction des activités incluses;
- identification des sources significatives de GES à l'intérieur des limites du projet;

WSP Canada Inc.
11e étage
1600, boulevard René-Lévesque Ouest
Montréal (Québec) H3H 1P9
Canada

T : +1-514-340-0046
F : +1-438-843-8111

wsp.com

- estimation des émissions en fonction des paramètres du projet et des méthodologies de quantification présents dans le Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants atmosphériques (RDOCECA) ou l'Inventaire national d'émissions d'Environnement Canada;
- comparaison des émissions estimées aux émissions de la province de Québec et du Canada.

2.1 ACTIVITÉS DU PROJET

Les infrastructures de surface suivantes sont prévues pour le projet minier Windfall. Ce sont des infrastructures conventionnelles pour un projet d'extraction souterraine, elles comprennent :

- une mine souterraine;
- une usine de traitement du minerai;
- un parc à résidus miniers d'une capacité de 9,0 Mt;
- une halde à stériles pouvant contenir 9,1 Mt de roches stériles;
- une halde à mort-terrain d'environ 756 965 m3;
- des aires d'entreposage du minerai de 157 500 t;
- des structures de gestion des eaux d'exhaure et de contact (conduites, fossés, bassins et pompes);
- une usine de traitement de l'eau et un effluent minier;
- une usine de filtration des résidus et de préparation du remblai souterrain;
- un entrepôt et un garage pour l'entretien mécanique;
- une carothèque et un laboratoire;
- un parc d'entreposage de produits pétroliers;
- un parc de génératrices;
- un dépôt d'explosif souterrain pour chacun des portails;
- un système de chauffage et de ventilation pour la mine souterraine;
- un campement de 600 places en opération pour les employés avec les systèmes d'eau potable et domestique;
- un bâtiment administratif incluant des bureaux, un vestiaire et des douches pour les travailleurs de la mine souterraine;
- un centre de tri pour la gestion des matières résiduelles;
- des bancs d'emprunt;
- un poste de contrôle et une aire de stationnement.

2.2 LIMITES OPÉRATIONNELLES ET ORGANISATIONNELLES

GMW sera le propriétaire exploitant du projet minier Windfall. Les limites opérationnelles du projet sont constituées de l'ensemble des activités liées à la préparation du terrain et à la construction, de même que celles liées à l'extraction et la transformation sur le site.

À la demande du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), les émissions indirectes de la phase de construction et celles liées à la logistique de ravitaillement et d'expédition des produits ont été évaluées.

2.3 GES CONSIDÉRÉS

Les GES et potentiels de réchauffement planétaire (PRP) considérés dans cette évaluation sont présentés au tableau 1. Les potentiels considérés sont les PRP actualisés selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), applicables aux projets qui sont en exploitation après 2020. Dans le cadre du projet, les émissions de GES proviennent majoritairement de la combustion de combustibles fossiles et le CO_2 représente typiquement plus de 95 % du total des GES en tonnes de CO_2eq.

Tableau 1 Potentiels de réchauffement planétaire des GES considérés

GES	Potentiel de réchauffement planétaire
CO_2	1
CH_4	25
N_2O	298

2.4 SOURCES D'ÉMISSIONS

Les émissions de GES ont été estimées sur toute la durée du projet, soit durant les phases de construction, d'exploitation et de fermeture du site ainsi que pour le transport logistique de ces phases. La section suivante donne le détail des émissions par source ainsi que par catégorie de GES.

2.5 DÉFINITION DES TYPES D'ÉMISSIONS

2.5.1 ÉMISSIONS DIRECTES DE GES

Les émissions directes proviennent de sources qui appartiennent ou qui sont contrôlées par GMW pendant toute la durée du projet. Ainsi, ces émissions incluent celles provenant d'activités sous-traitées sur le site de l'installation.

Ces émissions sont incluses dans la présente évaluation.

2.5.2 ÉMISSIONS INDIRECTES DE GES DUES À L'UTILISATION D'ÉNERGIE

Les émissions indirectes de GES dues à l'utilisation d'énergie sont des émissions pour lesquelles GMW a un contrôle indirect. En d'autres termes, il s'agit de l'électricité, de la vapeur ou de la chaleur produite par une tierce partie et achetée et consommée par GMW.

Même si ces émissions ne sont pas soumises aux critères de déclaration obligatoire des émissions de GES au fédéral (Programme de déclaration des émissions de gaz à effet de serre [PDGES])[1] et au provincial (RDOCECA)[2] puisque ces émissions ne sont pas générées par l'installation, ces émissions sont présentées dans cette étude à titre indicatif.

2.5.3 AUTRES ÉMISSIONS INDIRECTES

Les autres émissions indirectes de GES sont celles qui sont reliées aux activités de GMW, mais qui appartiennent ou qui sont contrôlées par un autre organisme. Ces émissions ont lieu à l'extérieur du site du projet et peuvent être rapportées de façon optionnelle afin de fournir une indication de l'impact des activités de GMW à l'extérieur des installations minières.

Les émissions de transport des intrants et extrants au projet, autant en phase de construction que d'exploitation, sont incluses à la présente évaluation.

Le projet de GMW implique du déboisement au site de la mine. Ce déboisement entraine des émissions de GES dues à la modification de l'utilisation des sols.

2.5.4 IDENTIFICATION DES SOURCES ET DES PUITS DE GES

La norme ISO 14064-1[3] définit :

- une source de GES comme une unité physique ou un processus rejetant un GES dans l'atmosphère;
- un puits de GES comme une unité physique ou un processus retirant un GES de l'atmosphère.

Le tableau 2 identifie les sources et les puits de GES par étape du projet et par activité. Les sources majoritaires du projet sont issues de la combustion de combustibles fossiles, générant du CO_2, du CH_4 et du N_2O.

Tableau 2 Sources et puits de GES par étape et activité du projet

Activité	Source	Puits	Type de GES						
			CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	NF_3
Étape 1 : Phase de construction									
Construction des chemins d'accès	Combustion de carburant fossile (diesel) par les équipements de construction	Pas de puits identifié	✓	✓	✓				
Déboisement et décapage du site, incluant extraction du mort-terrain	Combustion de carburant fossile (diesel) par les équipements de décapage Suppression d'un puits de carbone	Pas de puits identifié	✓	✓	✓				
Construction de l'usine de traitement du minerai et des infrastructures	Combustion de carburant fossile (diesel) par les équipements de construction Utilisation de génératrices pour l'alimentation en électricité	Pas de puits identifié	✓	✓	✓				

[1] Environnement Canada, http://www.ec.gc.ca/ges-ghg/default.asp?lang=Fr&n=0A6D96FB-1
[2] Ministère du Développement durable de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), http://www.mddep.gouv.qc.ca/air/declar_contaminants/index.htm
[3] ISO - ISO 14064-1:2018 - Gaz à effet de serre — Partie 1 : Spécifications et lignes directrices, au niveau des organismes, pour la quantification et la déclaration des émissions et des suppressions des gaz à effet de serre.

Activité	Source	Puits	Type de GES						
			CO_2	CH_4	N_2O	HFC	PFC	SF_6	NF_3
Transport des intrants et machinerie vers le site	Combustion de carburant fossile (diesel) par les camions de transport	Pas de puits identifié	✓	✓	✓				
Dynamitage	Utilisation d'explosifs	Pas de puits identifié	✓						
Étape 2 : Phase d'exploitation									
Extraction du mort-terrain, du minerai et des stériles	Combustion de carburant fossile par des équipements mobiles Utilisation d'explosifs	Pas de puits identifié	✓	✓	✓				
Transport du minerai, du stérile, du mort-terrain et des résidus miniers	Combustion de carburant fossile par des équipements mobiles	Pas de puits identifié	✓	✓	✓				
Dynamitage	Utilisation d'explosifs	Pas de puits identifié	✓						
Énergie électrique	Utilisation d'énergie électrique du réseau	Pas de puits identifié	✓	✓	✓			✓	
Chauffage	Combustion de carburant fossile	Pas de puits identifié	✓	✓	✓				
Transport des intrants vers le site	Combustion de carburant fossile (diesel) par les camions de transport	Pas de puits identifié	✓	✓	✓				
Étape 3 : Phase de fermeture									
Démantèlement de l'usine de traitement et bâtiments connexes	Combustion de carburant fossile par des équipements mobiles	Revégétalisation des lieux	✓	✓	✓				
Restauration des haldes et des parcs à résidus			✓	✓	✓				

Notes : CO_2 : Dioxyde de carbone
CH_4 : Méthane
N_2O : Protoxyde d'azote (Oxyde nitreux)
HFC : hexafluorure de soufre
PFC : Perfluorocarbure
SF_6 : Hexafluorure de soufre
NF_3 : Triflorure d'azote

2.6 EXCLUSIONS DES SOURCES D'ÉMISSIONS

Durant la **phase de construction** des installations minières, les activités suivantes sont exclues de l'évaluation des émissions de GES :

- La construction d'une ligne électrique raccordant le site de Windfall au réseau de distribution d'Hydro-Québec, puisque ces infrastructures vont appartenir à la corporation crie Miyuukaa et ne sont pas gérées par GMW.

Durant la **phase d'exploitation** de la mine, les activités suivantes sont exclues :

- La climatisation, le procédé et les installations de production n'utiliseront pas d'unité de climatisation. La climatisation du camp de travailleurs et des bâtiments administratifs en été est jugée une source négligeable de GES;
- Les activités associées à l'exploration réalisées aux autres sites d'exploration de GMW.

2.7 PHASE DE RESTAURATION ET FERMETURE

Il est supposé que des équipements mobiles seront utilisés lors de la **phase de restauration**, pour :

- le démantèlement de l'ensemble des infrastructures;
- la restauration des différentes haldes (stériles et mort-terrain);
- la revégétalisation de l'ensemble des espaces restaurés.

Les détails du plan de restauration ne comprennent pas, à cette étape du projet, de scénario détaillé d'utilisation de machinerie. Dans le cadre de cette étude, les émissions de GES de la phase de restauration n'ont pas été estimées, mais on peut émettre l'hypothèse qu'elles seraient du même ordre de grandeur que les émissions de la phase de construction (en excluant la préproduction). Cette phase ne fait pas partie de l'évaluation globale du projet.

La revégétalisation en tant que puits de carbone n'a pas été évaluée dans le bilan de GES en raison du faible potentiel de captage associé à la végétation projetée.

2.8 MÉTHODE DE QUANTIFICATION

2.8.1 CALCUL

Combustion de diesel (sources mobiles)

La consommation de diesel par la machinerie au site minier a été estimée en fonction de la quantité de diesel qui sera acheminée au site, selon les informations fournies par le promoteur du projet. Les facteurs d'émissions du rapport d'inventaire national 1990-2020 d'Environnement Canada pour les véhicules hors route ont été utilisés. Les véhicules considérés incluent les autobus, les avions et les camions de transport associés à la logistique.

Pour toute combustion, le calcul des émissions de GES est réalisé à partir de l'équation suivante :

Émissions GES = $\sum$ ($Carburant_j$ * FE_j)
(Source : Environnement Canada 1990-2020, Annexe 3, Équation A3.1-1)

Où :

- $Carburant_j$ = quantité de carburant j consommée (en L, kg ou m^3)
- FE_j = facteur d'émissions (g GES/L, kg ou m^3 de carburant)
- j = type de carburant
- Le carburant consommé a été estimé via les distances de transport logistique dans le cas de l'estimation des émissions indirectes du transport.

Utilisation d'explosifs

Les quantités d'explosifs de type émulsion qui seront utilisées pour l'extraction et qui ont été considérées sont celles prévues par GMW. Le facteur d'émissions de CO_2 de l'Association minière canadienne a été utilisé. Il n'existe pas de facteur d'émissions de CH_4 ou de N_2O pour ce type d'explosif.

Électricité

La consommation globale en électricité qui a été considérée est celle prévue par GMW. Les facteurs d'émissions du rapport d'inventaire national 1990-2020 pour l'utilisation d'énergie électrique au Québec ont été utilisés.

Déboisement, forêt

La méthodologie de calcul est présentée dans le volume 4 des lignes directrices 2006 du GIEC. Cette équation détermine un facteur d'émissions (FE) de CO_2 par hectare déboisé.

FE (déboisement) = t_{MSh} x (1 + T_x) x CC x 44/12

Avec :

- t_{MSh} : quantité en tonnes de matières sèches par hectare;
- T_x : taux de biomasse souterraine par rapport à la biomasse aérienne;
- CC : teneur en carbone dans la biomasse (tonne de carbone/tonne de matière sèche).

WSP a utilisé les paramètres proposés par le GIEC aux tableaux 4-4 et 4-7 des lignes directrices 2006 :

- CC : 0,47 (valeur par défaut);
- 44/12 : ratio masse moléculaire de CO_2 par rapport à la masse moléculaire de C.

Déboisement et tourbe

L'estimation du taux de stockage de carbone dans les zones de tourbières a été obtenue dans la référence Beaulne, 2021. À noter que l'étude de Beaulne sur les tourbières portait spécifiquement sur les tourbières boréales canadiennes, mais incluait aussi les tourbières forestières. Le taux de stockage de cette référence est utilisé de façon représentative de l'ordre de grandeur du taux de stockage à l'hectare des tourbières de la région de la présente étude.

Les marécages arborescents ont été considérés équivalents à des forêts jeunes, alors que le potentiel de puits de carbone des marécages arbustifs a été négligé.

Le tableau 3 donne les milieux naturels concernés par le déboisement avec les paramètres des GES pour ces milieux.

2.8.2 FACTEURS D'ÉMISSION

Le tableau 4 présente les facteurs d'émissions utilisés. Les taux d'émissions sont différenciés entre les véhicules routiers pouvant circuler sur les voies publiques et les véhicules hors route (incluant la machinerie) en raison des normes antipollution auxquelles sont soumis les véhicules routiers. Le facteur d'émissions pour l'électricité considérée inclut les émissions de SF6 du réseau de distribution fournissant l'énergie électrique au projet.

Tableau 3 Milieux naturels concernés par le déboisement avec les paramètres de calculs de GES

Classe du milieu naturel	Superficie du milieu naturel de la zone d'étude (ha)	Hypothèse de maturité	Biomasse sèche par hectare (T/ha) t_{MSh}	Taux de biomasse souterraine T_x	Teneur en carbone CC	Facteur d'émission (T CO_2eq/ha)
Milieux terrestres						
Feuillu						
Bétulaie	2,07	Jeune	46	0,477	0,47	117
Mixte						
Feuillus non commerciaux et feuillus indéterminés avec résineux indéterminés	1,76	Intermédiaire	128,9	0,481	0,47	329
Sapinière à bouleau blanc	9,36	Intermédiaire	128,9	0,481	0,47	329
Boisé mixte indéterminé	8,93	Intermédiaire	128,9	0,481	0,47	329
Régénération et plantation						
Régénération arbustaie mixte	0,97	Jeune	46	0,481	0,47	117
Régénération arbustaie conifère	24,39	Jeune	46	0,481	0,47	117
Résineux						
Pessière noire à mousses	16,81	Jeune	46	0,481	0,47	117
Milieux humides						
Marécage arborescent	1,62	Jeune	46	0,481	0,47	117
Tourbière ombrotrophe boisée	2,16	Jeune	-	-	-	110
Marécage arbustif	3,01	Jeune	0	0	0,47	0
Tourbière minérotrophe boisée	3,59	Jeune	-	-	-	110
Tourbière minérotrophe ouverte	12,09	Jeune	-	-	-	110
Tourbière ombrotrophe ouverte	24,73	Jeune	-	-	-	110

Tableau 4 Facteurs d'émissions de gaz à effet de serre

Source	CO_2	CH_4	N_2O	Source
Véhicule/ équipement hors route	2 680,5 g/L	0,073 g/L	0,227 g/L	Rapport d'inventaire national (Environnement Canada 1990-2020 Table A6.1-14, PT2)
Véhicule lourd au diesel routier	2 680,5 g/L	0,11 g/L	0,151 g/L	Rapport d'inventaire national (Environnement Canada 1990-2020 Table A6.1-14, PT2)
Propane (chauffage)	1 515 g/L	0,024 g/L	0,108 g/L	Rapport d'inventaire national (Environnement Canada 1990-2020 Table A6.1-4, PT2)
Explosifs	0,189 tonne CO_2/tonne d'explosif	n.d.	n.d.	Mining association of Canada, Energy and Greenhouse Gas Emissions Management Reference Guide, juin 2014
Électricité	1,9 g/kWh	0,0 g/ kWh	0,0 g/ kWh	Rapport d'inventaire national (Environnement Canada 1990-2020 Table A13-6-, PT3)

3 RÉSULTATS

3.1 PHASE DE CONSTRUCTION

Les émissions directes et indirectes de la phase de construction sont détaillées dans cette section. Les émissions directes et indirectes de la période de préproduction sont incluses dans la phase construction et présentées à la section 3.1.4 pour éviter un double comptage avec les émissions de la phase d'exploitation.

3.1.1 UTILISATION DE COMBUSTIBLE POUR LA CONSTRUCTION DES INFRASTRUCTURES

La quantité estimée par GMW de diesel consommé pour les activités de construction des infrastructures est de 8 516 951 litres. Cette quantité regroupe l'ensemble des équipements mobiles et fixes. La durée prévue est de 18 mois. En utilisant l'équation mentionnée à la section 2.8.1 et les facteurs d'émissions des véhicules hors route indiqués du tableau 4, les émissions de GES liées à la phase de construction sont indiquées au tableau 5.

Tableau 5 Quantité de GES émise lors des travaux d'aménagement de la phase de construction

Phase	Combustible	Émissions de GES (tonnes)			
		CO_2	CH_4	N_2O	CO_2eq
Construction, émissions directes	Diesel (hors route)	22 830	0,622	1,933	23 421

Les émissions directes de GES pour la partie combustion de la construction s'élèveraient à **23,4 kT CO_2eq**.

3.1.2 DÉBOISEMENT (SOURCES FUGITIVES)

Les émissions de GES liées au déboisement sont calculées en multipliant les différentes superficies et le facteur d'émissions indiqué au tableau 3. Les émissions de GES associées à cette activité sont présentées au tableau 6. Ces émissions sont associées à la construction.

Le déboisement pour le projet émettrait **16,7 kT CO_2eq**.

Tableau 6 Émissions de GES dues au déboisement

Classe du milieu naturel	Stockage de carbone CO_2eq (T)
Milieux terrestres	
Feuillu	
Bétulaie	242
Mixte	
Feuillus non commerciaux et feuillus indéterminés avec résineux indéterminés	579
Sapinière à bouleau blanc	3 079
Boisé mixte indéterminé	2 938
Régénération et plantation	
Régénération arbustaie mixte	114
Régénération arbustaie conifère	2 863
Résineux	
Pessière noire à mousses	1 974
Milieux humides	
Marécage arborescent	190
Tourbière ombrotrophe boisée	238
Marécage arbustif	0
Tourbière minérotrophe boisée	395
Tourbière minérotrophe ouverte	1 330
Tourbière ombrotrophe ouverte	2 720
Total des milieux naturels	**16 662**

3.1.3 TRANSPORT ASSOCIÉ À LA CONSTRUCTION DU PROJET

Les émissions indirectes de la construction du projet incluent la combustion de carburant fossile par les camions de transport. Le combustible utilisé est principalement le diesel.

Le transport en phase de construction inclut la réception des équipements miniers, les équipements pour l'usine, les matériaux et les consommables. Le trajet hypothétique considéré de ces intrants est situé entre le port de Montréal et le site du projet.

Les données sur la consommation moyenne de carburant diesel ainsi que les quantités de GES émises sont présentées aux tableaux 7 et 8.

Tableau 7 Consommation de carburant (diesel) – Transport en phase de construction

Phase	Type de transport	Distance aller (km)	Nombre de voyages	Consommation aller diesel (L)	Consommation aller-retour diesel (L)
Construction	Matériaux/ équipement	715	3 200	915 200	1 830 400
	Carburant	715	443	126 698	253 396

Tableau 8 Quantification des émissions de GES – Transport en phase de construction

Phase	Type de transport	Émissions de GES (tonnes)			
		CO_2	CH_4	N_2O	CO_2eq
Construction	Matériaux	4 906	0,201	0,276	4 994
	Carburant	679	0,028	0,038	691
Total		**5 586**	**0,23**	**0,31**	**5 685**

La quantité de GES émise par le transport terrestre durant la phase de construction serait de **5 685 T CO_2eq**. Ces émissions auraient lieu une fois pour la période de construction.

Le total des émissions directes de GES pour la construction s'élèverait à **40 kT CO_2eq**. Les émissions directes et indirectes sont d'environ **46 kT CO_2eq**.

3.1.4 PRÉPRODUCTION

3.1.4.1 UTILISATION DE COMBUSTIBLE SUR LE SITE

Pendant les années 2025-2026 au même moment que la phase construction, il est prévu de faire avancer la rampe sous terre en plus de continuer à opérer les infrastructures existantes du site. Les quantités consommées prévues sont présentées au tableau 9. L'utilisation de combustible regroupe les équipements mobiles et fixes utilisés sur le site. Les catégories « Surface » et « Mine » font la distinction entre les activités d'entretien à la surface et les activités sous terre. Puisqu'il s'agit de la période de préproduction conjointe à la phase de construction, les quantités présentées correspondent au chauffage des bâtiments et au démarrage des usines. Les génératrices utilisées en urgence ont été classées comme fixes, au sens du guide de quantification des GES du MELCCFP. À noter que la classification fédérale des génératrices est *hors route/autres équipements mobiles*.

3.1.4.2 UTILISATION D'EXPLOSIFS

Durant la phase de construction, les opérations de préproduction utiliseront des explosifs pour les activités souterraines.

Les données sur la consommation de combustibles et d'explosifs pour les deux années de préproduction sont indiquées au tableau 9.

À l'aide des facteurs d'émissions indiqués au tableau 3, les émissions de GES sont calculées et montrées au tableau 10.

Tableau 9 Consommation de combustibles pour la préproduction par année (sources mobiles, fixes et explosifs)

Zone	Combustible	Type de sources	Unités	2025	2026
Surface	Diesel (route)	Mobile	L	804 107	804 107
	Diesel (hors route)	Mobile	L	503 998	581 563
	Propane (chauffage)	Fixe	L	702 554	2 069 218
	Propane (équipement)	Fixe	L	66 763	99 463
UTE	Propane (chauffage)	Fixe	L	347 769	668 378
	Propane (équipement)	Fixe	L	230 506	657 287
Usine	Propane (chauffage)	Fixe	L	0	464 629
	Propane (équipement)	Fixe	L	0	566 709
Mine	Émulsion	Explosif	kg	957 726	1 518 898
	Propane (chauffage)	Fixe	L	4 247 744	4 279 942
	Diesel (hors route)	Mobile	L	7 494 110	7 494 110
Génératrice	Diesel (hors route)	Fixe	L	436 504	436 504

Le tableau 10 présente les quantités d'émissions de GES en tonnes calculées à partir des consommables pour les activités de préproduction.

Tableau 10 Émissions directes de GES par année de préproduction (sources mobiles, fixes et explosifs)

Zone	Source	Type de sources	Émissions de GES tonne de CO_2eq	
			2025	2026
Surface	Diesel (route)	Mobile	2 209	2 209
	Diesel (hors route)	Mobile	1 386	1 599
	Propane (chauffage)	Fixe	1 087	3 203
	Propane (équipement)	Fixe	103	154
UTE	Propane (chauffage)	Fixe	538	1 035
	Propane (équipement)	Fixe	357	1 017
Usine	Propane (chauffage)	Fixe	0	719
	Propane (équipement)	Fixe	0	877
Mine	Émulsion	Explosif	181	287
	Propane (chauffage)	Fixe	6 575	6 624
	Diesel (hors route)	Mobile	20 609	20 609
Génératrice	Diesel (hors route)	Fixe	1 200	1 200
Total fixe CO_2eq			**9 861**	**14 830**
Total mobile CO_2eq			**24 204**	**24 417**
Total Explosif CO_2eq			**181**	**287**
TOTAL CO_2eq			**34 246**	**39 534**

Ainsi, le total des émissions directes associées aux activités de préproduction est de **73,8 kT CO_2eq**.

3.1.4.3 TRANSPORT ASSOCIÉ À LA PRÉPRODUCTION

Les émissions indirectes du projet pour les activités de préproduction incluent la combustion de carburant fossile par les camions de transport. Le combustible utilisé est principalement le diesel.

Le transport en phase de préproduction comporte le ravitaillement régulier du site. Le trajet hypothétique considéré de ces intrants est situé entre la ville de Montréal et le site du projet, c'est-à-dire environ 715 km. Le nombre de voyages par année varie en fonction de l'activité minière projetée. La distance de transport du personnel a été approximée à une distance moyenne de transport entre les villes d'où les travailleurs sont projetés résider, soit Lebel-sur-Quévillon, Val-d'Or, Chibougamau, Waswanipi, Rouyn et Senneterre.

Les données sur la consommation moyenne de carburant diesel ainsi que les quantités de GES émises sont présentées aux tableaux 11 et 12.

Tableau 11 Consommation de carburant (diesel) – Transport en préproduction

Type de transport	Distance aller	Nombre de voyages	
	(km)	2025	2026
Carburant	715	385	389
Explosif	715	48	76
Propane	715	104	164
Intrant procédé d'usine	715	0	193
UTE	715	25	110
Ciment CRF	715	0	106
Ciment remblai en pâte	715	0	691
Service camp	715	104	104
Autobus travailleurs	220	365	365
Livraison générale	715	365	365
Livraison pièce	715	365	365
Matières résiduelles	715	365	365

Tableau 12 Quantification des émissions de GES – Transport en préproduction

Type de transport	Distance aller	Émissions de GES - tonnes CO_2eq	
	(km)	2025	2026
Carburant	715	601	607
Explosifs	715	75	119
Propane	715	162	256
Intrant procédé d'usine	715	0	301
UTE	715	39	172
Ciment CRF	715	0	165
Ciment remblai en pâte	715	0	1078
Service camp	715	162	162
Autobus travailleurs	220	175	175
Livraison générale	715	570	570
Livraison pièce	715	570	570
Matières résiduelles	715	570	570
	Total	**2 923**	**4 745**

Les émissions indirectes associées au transport logistique sont donc de 7,7 kt de CO_2eq sur la période de préproduction de 2025 à 2026.

3.2 PHASE D'EXPLOITATION

Les sources d'émissions directes de GES du projet en phase d'exploitation incluent la combustion de carburant fossile par la machinerie fixe et mobile de même que les explosifs. Les sections 3.2.1 et 3.2.2 se rapportent aux activités et émissions ayant lieu sur le site alors que la section 3.2.3 comprend les activités de transport hors site.

La quantité de GES émise pour la phase d'exploitation (excluant la préproduction) serait de **408 kT CO_2eq**. Une moyenne de **40,8 kT CO_2eq** serait émise par année d'exploitation et une moyenne d'environ **17,2 kT CO_2eq** par année d'exploitation pour la partie fixe des émissions. Il est à noter que cette partie ne dépasse pas 25 000 T CO_2eq.

3.2.1 UTILISATION DE COMBUSTIBLE SUR LE SITE

L'utilisation de combustible regroupe les équipements mobiles et fixes utilisés sur le site. Les catégories « Surface » et « Mine » font la distinction entre les activités de surface et les activités sous terre. La catégorie « Usine » regroupe les activités de l'usine de traitement du minerai, de l'entreposage, du concasseur et des processus. La catégorie « UTE » inclut l'usine de traitement de l'eau et l'usine de filtration des résidus. Les génératrices utilisées dans le cadre de l'exploitation ont été classées comme fixes, au sens du guide de quantification des GES du MELCCFP. À noter, la classification fédérale des génératrices est *hors route/autres équipements mobiles*.

3.2.2 UTILISATION D'EXPLOSIFS

La phase d'exploitation utilise des explosifs pour les activités souterraines sur toute la durée du projet.

Les données sur la consommation de combustibles et d'explosifs pour les différentes années d'exploitation sont indiquées au tableau 13.

À l'aide des facteurs d'émissions indiqués au tableau 3, les émissions de GES sont calculées et montrées au tableau 14.

Tableau 13 Consommation de combustibles par année (sources mobiles, fixes et explosifs)

Zone	Combustible	Type de sources	Unités	2027	2028	2029	2030	2031
Surface	Diesel (route)	Mobile	L	804 107	806 310	804 107	804 107	804 107
	Diesel (hors route)	Mobile	L	1 043 794	827 666	952 813	887 377	911 157
	Propane (chauffage)	Fixe	L	2 223 032	2 229 122	2 223 032	2 223 032	2 223 032
	Propane (équipement)	Fixe	L	99 463	99 736	99 463	99 463	99 463
UTE	Propane (chauffage)	Fixe	L	668 378	670 209	668 378	668 378	668 378
	Propane (équipement)	Fixe	L	681 406	683 273	681 406	681 406	681 406
Usine	Propane (chauffage)	Fixe	L	921 683	924 208	921 683	921 683	921 683
	Propane (équipement)	Fixe	L	1 124 178	1 127 258	1 124 178	1 124 178	1 124 178
Mine	Émulsion	Explosif	kg	1 882 010	1 919 175	1 791 734	2 048 997	1 975 067
	Propane (chauffage)	Fixe	L	5 510 876	5 663 876	5 548 494	5 721 566	5 721 566
	Diesel (hors route)	Mobile	L	7 425 855	7 446 200	7 425 855	7 425 855	7 425 855
Génératrice	Diesel (fixe)	Fixe	L	436 504	437 700	436 504	436 504	436 504
Zone	**Combustible**	**Type de sources**	**Unités**	**2032**	**2033**	**2034**	**2035**	**2036**
Surface	Diesel (route)	Mobile	L	806 310	804 107	804 107	804 107	220 303
	Diesel (hors route)	Mobile	L	851 527	911 211	845 545	923 297	219 943
	Propane (chauffage)	Fixe	L	2 229 122	2 223 032	2 223 032	2 223 032	609 050
	Propane (équipement)	Fixe	L	99 736	99 463	99 463	99 463	27 250
UTE	Propane (chauffage)	Fixe	L	670 209	668 378	668 378	668 378	183 117
	Propane (équipement)	Fixe	L	683 273	681 406	681 406	681 406	186 687
Usine	Propane (chauffage)	Fixe	L	924 208	921 683	921 683	921 683	252 516
	Propane (équipement)	Fixe	L	1 127 258	1 124 178	1 124 178	1 124 178	307 994
Mine	Émulsion	Explosif	kg	1 936 456	2 059 061	1 808 691	1 206 087	273 431
	Propane (chauffage)	Fixe	L	5 721 566	5 630 887	5 300 746	4 365 814	1 562 965
	Diesel (hors route)	Mobile	L	7 446 200	7 425 855	7 425 855	7 425 855	2 034 481
Génératrice	Diesel (fixe)	Fixe	L	437 700	436 504	436 504	436 504	119 590

Tableau 14 Émissions de GES pour les différentes années de la phase d'exploitation

Zone	Source	Type de sources	Émissions de GES tonne CO_2eq				
			2027	2028	2029	2030	2031
Surface	Diesel (route)	Mobile	2 209	2 216	2 209	2 209	2 209
	Diesel (hors route)	Mobile	2 870	2 276	2 620	2 440	2 506
	Propane (chauffage)	Fixe	3 441	3 450	3 441	3 441	3 441
	Propane (équipement)	Fixe	154	154	154	154	154
UTE	Propane (chauffage)	Fixe	1 035	1 037	1 035	1 035	1 035
	Propane (équipement)	Fixe	1 055	1 058	1 055	1 055	1 055
Usine	Propane (chauffage)	Fixe	1 427	1 430	1 427	1 427	1 427
	Propane (équipement)	Fixe	1 740	1 745	1 740	1 740	1 740
Mine	Émulsion	Explosif	356	363	339	387	373
	Propane (chauffage)	Fixe	8 530	8 766	8 588	8 856	8 856
	Diesel (hors route)	Mobile	20 421	20 477	20 421	20 421	20 421
Génératrice	Diesel (fixe)	Fixe	1 200	1 204	1 200	1 200	1 200
Total fixe			**18 580**	**18 845**	**18 639**	**18 907**	**18 907**
Total mobile			**25 501**	**24 968**	**25 251**	**25 071**	**25 136**
Total explosif			**356**	**363**	**339**	**387**	**373**
Total			**44 437**	**44 176**	**44 228**	**44 364**	**44 416**

Tableau 14 (suite) **Émissions de GES pour les différentes années de la phase d'exploitation**

Zone	Source	Type de sources	Émissions de GES tonne CO_2eq				
			2032	**2033**	**2034**	**2035**	**2036**
Surface	Diesel (route)	Mobile	2 216	2 209	2 209	2 209	605
	Diesel (hors route)	Mobile	2 342	2 506	2 325	2 539	605
	Propane (chauffage)	Fixe	3 450	3 441	3 441	3 441	943
	Propane (équipement)	Fixe	154	154	154	154	42
UTE	Propane (chauffage)	Fixe	1 037	1 035	1 035	1 035	283
	Propane (équipement)	Fixe	1 058	1 055	1 055	1 055	289
Usine	Propane (chauffage)	Fixe	1 430	1 427	1 427	1 427	391
	Propane (équipement)	Fixe	1 745	1 740	1 740	1 740	477
Mine	Émulsion	Explosif	366	389	342	228	52
	Propane (chauffage)	Fixe	8 856	8 715	8 204	6 757	2 419
	Diesel (hors route)	Mobile	20 477	20 421	20 421	20 421	5 595
Génératrice	Diesel (fixe)	Fixe	1 204	1 200	1 200	1 200	329
Total fixe			**18 934**	**18 766**	**18 255**	**16 808**	**5 173**
Total mobile			**25 034**	**25 136**	**24 956**	**25 169**	**6 805**
Total explosif			**366**	**389**	**342**	**228**	**52**
Total			**44 223**	**44 292**	**43 553**	**42 206**	**12 029**

3.2.3 TRANSPORT ASSOCIÉ AU PROJET

Les émissions indirectes du projet incluent la combustion de carburant fossile par les camions de transport. Le combustible utilisé est principalement le diesel.

Le transport en phase d'exploitation et en fermeture comporte le ravitaillement régulier du site. Le trajet hypothétique considéré de ces intrants est situé entre la ville de Montréal et le site du projet, c'est-à-dire environ 715 km. Le nombre de voyages par année varie en fonction de l'activité minière projetée. La distance de transport du personnel a été approximée à une distance moyenne de transport entre les villes d'où les travailleurs sont projetés résider, soit Lebel-sur-Quévillon, Val-d'Or, Chibougamau, Waswanipi, Rouyn, et Senneterre.

Les données sur la consommation moyenne de carburant diesel ainsi que les quantités de GES émises sont présentées aux tableaux suivants.

Tableau 15 Consommation de carburant (diesel) – Transport en exploitation

Type de transport	Distance aller	Nombre de voyages									
	(km)	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Carburant	715	405	397	401	399	400	398	400	397	400	109
Explosif	715	95	96	90	103	99	97	103	91	61	14
Propane	715	208	212	209	212	212	213	211	205	187	58
Intrant procédé d'usine	715	382	383	382	382	382	383	382	382	382	105
UTE	715	112	112	112	112	112	112	112	112	112	31
Ciment CRF	715	133	236	176	196	293	250	224	181	209	46
Ciment remblai en pâte	715	1 369	1 373	1 369	1 369	1 369	1 373	1 369	1 369	1 369	375
Service camp	715	104	104	104	104	104	104	104	104	104	28
Autobus travailleurs	220	365	366	365	365	365	366	365	365	365	100
Livraison générale	715	365	366	365	365	365	366	365	365	365	100
Livraison pièce	715	365	366	365	365	365	366	365	365	365	100
Matières résiduelles	715	365	365	365	365	365	365	365	365	365	100

Tableau 16 Quantification des émissions de GES – Transport en exploitation

Type de transport	Distance aller	Émissions de GES - tonnes CO_2eq									
	(km)	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Carburant	715	632	620	626	623	624	621	624	620	624	170
Explosifs	715	148	150	140	161	154	151	161	142	95	22
Propane	715	325	331	326	331	331	332	329	320	292	91
Intrant procédé d'usine	715	596	598	596	596	596	598	596	596	596	163
UTE	715	175	175	175	175	175	175	175	175	175	48
Ciment CRF	715	208	368	275	306	457	390	350	282	326	72
Ciment remblai en pâte	715	2136	2142	2136	2136	2136	2142	2136	2136	2136	585
Service camp	715	162	163	162	162	162	163	162	162	162	44
Autobus travailleurs	220	175	176	175	175	175	176	175	175	175	48
Livraison générale	715	570	571	570	570	570	571	570	570	570	156
Livraison pièce	715	570	571	570	570	570	571	570	570	570	156
Matières résiduelles	715	570	571	570	570	570	571	570	570	570	156
Total		**6 266**	**6 436**	**6 321**	**6 374**	**6 520**	**6 462**	**6 417**	**6 318**	**6 291**	**1 711**

Annuellement, les émissions de GES associées au transport pour les intrants de l'usine et le transport de carburant varient entre **1,7 kT CO_2eq** et **6,5 kT CO_2eq** et totalisent environ **59 kT CO_2eq** sur la période d'exploitation du projet.

3.2.4 CONSOMMATION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Selon les informations fournies par le promoteur, la puissance requise par les équipements du site en exploitation sera de 27,4 MW. L'énergie électrique consommée annuellement par les installations est estimée à 240 024 MWh. Comme cette énergie électrique est consommée, mais non produite sur le site du projet, il s'agit donc d'émissions indirectes. Les émissions reliées à la consommation de l'électricité n'ont pas été comptabilisées dans les émissions globales pour les raisons citées précédemment.

Néanmoins, à titre indicatif, les émissions de GES reliées à la consommation d'électricité s'élèveraient à **456 T CO_2eq** annuellement durant la phase d'exploitation du projet et sont présentées au tableau 17.

Tableau 17 Émissions annuelles de GES – Électricité

Source	CO_2eq (t/an)
Consommation d'électricité	456

Ces émissions liées à l'utilisation de l'électricité représenteraient 1,49 % des émissions annuelles moyennes en exploitation produites par l'ensemble des activités de la mine. Si des génératrices étaient utilisées pour générer la même quantité d'électricité, cela correspondrait à environ 64 806 480 litres de diesel[4] [5] par année et à une émission de GES de 174 kT de CO_2eq annuellement. Une ligne électrique permet donc de sauver jusqu'à environ 173 kT de CO_2eq.

3.3 SOMMAIRE DES ÉMISSIONS DE GES

Les émissions de GES liées au projet sont détaillées par année au tableau 18. Les émissions de la machinerie mobile et du transport associées à la construction ont été réparties également sur les années 2025 et 2026. Les émissions associées au déboisement ont lieu la première année de construction, soit 2025.

Tableau 18 Synthèse des émissions de GES liées au projet

Année	Exploitation				Transport	Total
	Émissions directes				Émissions indirectes	
	Fixe	Mobile	Explosifs	Déboisement	Mobile	
	Tonnes CO_2eq					
Construction/préproduction						
2025	9 861	35 915	181	16 662	5 766	68 384
2026	14 830	36 128	287	-	7 587	58 832
Exploitation						
2027	18 580	25 501	356	-	6 266	50 703
2028	18 845	24 968	363	-	6 436	50 612
2029	18 639	25 251	339	-	6 321	50 549

[4] 240 024 MWh avec une consommation moyenne de génératrice de 0,27 L/h/kW.

[5] Selon Ressources naturelles Canada (Moyenne mensuelle du prix moyen du diesel au détail en 2022 | Sources d'énergie | Ressources naturelles Canada (nrcan.gc.ca), le prix du diesel à Val-d'Or a dépassé les 2 $ le litre en 2022. Au-delà des tonnes de CO_2eq associées aux émissions de diesel, le coût estimé du diesel coloré à un prix unitaire au litre de 2 $ serait de 130 M$, ce qui n'inclut pas les frais associés à l'acquisition, l'entretien et l'opération des génératrices et les autres composantes en support avec ces infrastructures, ni la livraison de ce carburant.

Année	Exploitation				Transport	Total
	Émissions directes				Émissions indirectes	
	Fixe	Mobile	Explosifs	Déboisement	Mobile	
	Tonnes CO_2eq					
2030	18 907	25 071	387	-	6 374	50 738
2031	18 907	25 136	373	-	6 520	50 936
2032	18 934	25 034	366	-	6 462	50 796
2033	18 766	25 136	389	-	6 417	50 709
2034	18 255	24 956	342	-	6 318	49 870
2035	16 808	25 169	228	-	6 291	48 497
2036	5 173	6 805	52	-	1 711	13 741
Total	**196 504**	**305 069**	**3 662**	**16 662**	**72 470**	**594 367**
	521 897					

Les sources d'émissions directes de GES liées à l'exploitation du projet incluent la combustion de carburant fossile par la machinerie fixe et mobile de même que les explosifs.

Les émissions directes de la construction incluent le déboisement, la construction des infrastructures et la préproduction. La somme des émissions directes de la construction et des opérations préproduction totaliserait environ **114 kT CO_2eq**.

La somme des émissions directes de l'exploitation (2027-2036) totaliserait environ **408 kT de CO_2eq**. Ces émissions directes sur cette même période représentent une émission moyenne de **40,8 kT de CO_2eq** par année.

Les émissions indirectes du projet incluent la combustion de carburant fossile par les moyens de transport associés à la logistique du projet (transport des intrants, extrants et personnel). Les émissions indirectes liées à la construction et l'exploitation du projet seraient d'environ **72 kT CO_2eq**.

La somme des émissions directes et indirectes durant la phase d'exploitation totaliserait environ **467 kT CO_2eq**.

La somme des émissions directes et indirectes durant les phases de construction et d'exploitation est donc d'environ **594 kT CO_2eq**.

Le tableau 19 résume le total des émissions durant toute la durée du projet.

Tableau 19 Total des émissions de GES par phase de projet

Phase	Période	Émissions de GES (T CO_2eq)		
		Directes	Indirectes	Total
Construction/Préproduction	2025-2026	113 863	13 353	127 216
Exploitation	2027-2036	408 034	59 117	467 151
Total				**594 367**

4 IMPORTANCE DES ÉMISSIONS DU PROJET

Sur la durée de l'exploitation de la mine, les émissions directes moyennes générées au site sont de 40,8 kT de CO_2eq/année, en considérant la période d'exploitation de 2027 à 2036.

4.1 AU QUÉBEC

En 2020, les émissions totales de GES au Québec se chiffraient à 74 MT de CO_2eq, soit 8,6 T par habitant, représentant 11,0 % des émissions canadiennes, lesquelles atteignaient 672 MT de CO_2eq.

Le secteur ayant produit le plus d'émissions de GES au Québec, en 2020, était celui du transport (routier, aérien, maritime, ferroviaire, hors route). Le secteur de l'industrie arrivait en deuxième place, atteignant 22,7 MT de CO2eq, soit 30,6 % des émissions totales.

Ces émissions se répartissaient comme suit : 45,2 % provenaient de la consommation énergétique, 54,2 % des procédés industriels et 0,6 % des émissions fugitives et de l'utilisation de solvants ainsi que d'autres produits (MELCCFP, 2022).

Le projet étudié fait partie du secteur Industrie. Durant l'exploitation de la mine, les émissions directes de GES seraient en moyenne d'environ 40,8 kT CO_2eq/an. **Les émissions du projet représenteraient 0,18 % des émissions provenant du secteur Industrie et 0,06 % des émissions totales à l'échelle provinciale**. L'apport des émissions directes est donc faible.

4.2 AU CANADA

Selon le rapport national des émissions de GES 1990-2021 (Environnement et Changement climatique Canada, 2023), les émissions totales de GES en 2021 atteignaient pour le Canada 670 MT de CO_2eq.

Selon les secteurs d'activité définis dans le sommaire exécutif du rapport d'inventaire national 1990-2021, les activités minières autres que l'exploitation de pétrole et de gaz sont classées dans la catégorie des « Industries lourdes ». Ce secteur a émis pour 77 MT de CO_2eq en 2021. La contribution estimée du projet par ses émissions moyennes annualisées directes se chiffrerait à 0,05 % des émissions liées à ce secteur d'activité.

Les émissions annuelles provenant des activités du projet représenteraient 0,006 % des émissions totales à l'échelle fédérale. L'apport des émissions directes liées à l'exploitation du projet est donc faible.

5 MÉTHODES ET PRATIQUES MISES EN PLACE POUR MINIMISER LES ÉMISSIONS DE GES

Afin de réduire au maximum l'empreinte carbone des activités de GMW, les mesures suivantes ont déjà été mises en place par GMW, soit l'utilisation de l'électricité comme source d'énergie pour plusieurs activités de traitement du minerai. Au Québec, l'électricité est composée très majoritairement d'hydroélectricité. Sa consommation génère une part négligeable de GES comparée à l'utilisation d'énergie fossile. Aussi, GMW a pris en compte l'efficacité énergétique au moment de sélectionner l'équipement en étant à jour sur les meilleures technologies disponibles sur le marché en matière de consommation énergétique. De plus, les mesures suivantes seront appliquées :

- Limiter les accès aux secteurs désignés et la vitesse de circulation des véhicules sur les différents chantiers ainsi que pour les opérations de la mine. Des panneaux de signalisation seront installés aux endroits désignés.
- Plutôt que de brûler, procéder autant que possible au déchiquetage des résidus des coupes d'arbres et du débroussaillage sur le site des travaux puis épandre.
- Dans la mesure du possible, utiliser l'électricité provenant du réseau d'Hydro-Québec comme source principale d'énergie.

- Poursuivre l'évaluation des initiatives d'économie d'énergie en continu afin de réduire les émissions de GES et de polluants normés dans la sélection d'équipements, les méthodes de construction et les modes d'opération.
- Sensibiliser les travailleurs sur les facteurs influençant la consommation de carburant, entre autres la gestion efficace de l'accélération et la décélération ainsi que l'arrêt complet du véhicule, lorsque possible, lors des périodes d'attente (« idle »").
- Valider la faisabilité d'utiliser des biocarburants, comme le biodiesel, dans le respect des recommandations des fabricants de machinerie.
- Instaurer des mécanismes de suivi de la consommation de carburant et d'électricité dans la gestion des opérations et pour l'entretien de la flotte d'équipement.
- Produire et appliquer un plan de gestion des poussières qui inclut les différentes phases du projet.
- S'assurer que les systèmes d'échappement des véhicules et de la machinerie sont en bonne condition et fonctionnent de façon optimale afin de minimiser les émissions de contaminants dans l'air, et s'assurer qu'il en va de même avec les systèmes de dépoussiérage pour les équipements et machines qui en sont munis.

PRÉPARÉ PAR



Benjamin Parys, Ph. D.
Spécialiste air & GES

RÉVISÉ PAR



Sylvain Marcoux, ing. MBA (OIQ nº 116307)
Chargé de projet air & GES

6 RÉFÉRENCES

- ASSOCIATION MINIÈRE CANADIENNE, 2014. Energy and Greenhouse Gas Emissions Management Reference Guide.
- ENVIRONNEMENT CANADA, 2023. *Rapport d'inventaire national 1990-2021 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada.* Consulté en ligne : https://publications.gc.ca/collections/collection_2023/eccc/En81-4-2021-1-fra.pdf.
- GIEC, 2006. Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, préparé par le Programme pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. et Tanabe K. (eds). Publié : IGES, Japon.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MELCCFP), 2022. *Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2020 et leur évolution depuis 1990*, Québec. 54 p.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MELCCFP), 2022. *Guide de quantification des émissions de gaz à effet de serre*. 114 p.
- MINISTÈRE DES TRANSPORTS, DE LA MOBILITÉ DURABLE, ET ÉLECTRIFICATION DES TRANSPORTS, 2015. *Directives aux quantificateurs et aux vérificateurs*, programme PREGTI et PETMAF. 3 p.
- RESSOURCES NATURELLES CANADA. *Moyenne mensuelle du prix moyen du diesel au détail en 2022*. Consulté en ligne : Moyenne mensuelle du prix moyen du diesel au détail en 2022 | Sources d'énergie | Ressources naturelles Canada (nrcan.gc.ca).

1-6

SOUND ENVIRONMENT AND VIBRATION (REVISION 1)

GROUPE MINIER WINDFALL
PROJET N^{O} : CA0004658.7070

PROJET MINIER WINDFALL

RAPPORT SECTORIEL – AMBIANCE SONORE ET VIBRATIONS (RÉVISION 1)

Territoire d'Eeyou Istchee Baie-James

DÉCEMBRE 2023



PROJET MINIER WINDFALL

RAPPORT SECTORIEL – AMBIANCE SONORE ET VIBRATIONS (RÉVISION 1)

GROUPE MINIER WINDFALL

PROJET N^{O} : CA0004658.7070
DATE : DÉCEMBRE 2023

WSP CANADA INC.
1135, BOULEVARD LEBOURGNEUF
QUÉBEC (QUÉBEC) G2K 0M5
CANADA

TÉLÉPHONE : +1 418 623-2254

WSP.COM

SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR



Stéphane Pepin, technicien principal
Chargé de projets – Acoustique et vibrations

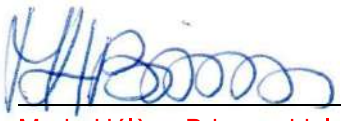
5 décembre 2023
Date

RÉVISÉ PAR



Marc Deshaies, ing., M. Ing.
Gestionnaire –
Acoustique, vibrations et qualité de l'air

5 décembre 2023
Date



Marie-Hélène Brisson, biologiste
Directrice de projet

5 décembre 2023
Date

WSP Canada Inc. (WSP) a préparé ce rapport uniquement pour son destinataire GROUPE MINIER WINDFALL, 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 fié 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 tenu responsable de l'exactitude ou de l'exhaustivité de ces informations.

WSP nie toute responsabilité financière quant aux effets du rapport sur une transaction subséquente ou sur la dépréciation de la valeur des biens qu'il peut entraîner, ou encore qui peuvent découler des mesures, des actions et des coûts qui en résultent.

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 informé et y participe. Advenant une telle situation, la responsabilité de WSP sera déterminée et convenue à ce moment.

Les conditions générales d'un site ne peuvent être extrapolées au-delà des zones définies et des emplacements de prélèvement et d'échantillonnage. Les conditions d'un site entre les emplacements de prélèvement et d'échantillonnage peuvent différer des conditions réelles. La précision et l'exactitude de toute extrapolation et spéculation au-delà des emplacements des prélèvements et d'échantillonnage dépendent des conditions naturelles, de l'historique de développement du site et des changements entraînés par la construction et des autres activités sur le site. De plus, l'analyse a été effectuée pour les paramètres chimiques et physiques déterminés seulement, et il ne peut pas être présumé que d'autres substances chimiques ou conditions physiques ne sont pas présentes. WSP ne fournit aucune garantie et ne fait aucune représentation contre les risques environnementaux non décelés ou contre des effets négatifs causés à l'extérieur de la zone définie.

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

GROUPE MINIER WINDFALL

Vice-présidente, Environnement et Relations communautaires	Andréanne Boisvert, géographe, M.A.
Directrice Environnement	Vanessa Millette, géographe, M. Sc. Env.

ÉQUIPE DE RÉALISATION

WSP CANADA INC. (WSP)

Directrice de projet	Marie-Hélène Brisson, biologiste
Chargé de discipline	Marc Deshaies, ing., M. Ing.
Technicien en instrumentation	Norbert Payne
Technicien en acoustique	Stéphane Pepin
Traitement de texte et édition	Linette Poulin

Référence à citer :

WSP. 2023. *PROJET MINIER WINDFALL. RAPPORT SECTORIEL – AMBIANCE SONORE ET VIBRATIONS (RÉVISION 1).* RAPPORT PRODUIT POUR GROUPE MINIER WINDFALL 35 PAGES ET ANNEXES.

TABLE DES MATIÈRES

1 INTRODUCTION 1

1.1 MISE EN CONTEXTE 1

1.2 PRÉAMBULE 1

1.3 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE 3

1.4 ÉTUDE RÉALISÉE EN 2017 3

1.5 ZONE D'INVENTAIRE 3

2 STATUT RÉGLEMENTAIRE 5

2.1 CONTEXTE FÉDÉRAL 5

2.2 CONTEXTE PROVINCIAL 6

2.3 CONTEXTE CRI 9

3 AMBIANCE SONORE EXISTANTE 11

3.1 MÉTHODOLOGIE 11

3.2 ANALYSES DES RELEVÉS SONORES 15

4 AMBIANCE SONORE PROJETÉE 17

4.1 MÉTHODOLOGIE 17

4.2 MODÉLISATION SONORE 17

4.3 TERMES CORRECTIFS 18

4.4 PHASE DE CONSTRUCTION 20

4.5 PHASE D'EXPLOITATION 24

5 ANALYSE DES ONDES VIBRATOIRES 29

5.1 STRUCTURE DES BÂTIMENTS 29

5.2 HABITAT DU POISSON 30

5.3 SURPRESSION D'AIR 32

6 CONCLUSION 33

RÉFÉRENCES 35

TABLE DES MATIÈRES (*suite*)

TABLEAUX

TABLEAU 1 CRITÈRES SONORES SELON LA NI 98-01 DU MELCCFP 7

TABLEAU 2 IDENTIFICATION ET COORDONNÉES DES POINTS RÉCEPTEURS 11

TABLEAU 3 NIVEAUX SONORES MESURÉS AUX POINTS RÉCEPTEURS 15

TABLEAU 4 NIVEAUX SONORES MESURÉS ET CRITÈRES DE BRUIT À RESPECTER DURANT LA PHASE DE CONSTRUCTION 16

TABLEAU 5 NIVEAUX SONORES MESURÉS ET CRITÈRES DE BRUIT À RESPECTER DURANT POUR LA PHASE D'EXPLOITATION (MINE ET USINE) 16

TABLEAU 6 RÉSULTATS DES MESURES DE BRUIT QUOTIDIENNES DE JOUR (LD) ET DE NUIT (LN) 16

TABLEAU 7 CALCUL DU TERME CORRECTIF KI POUR LES BRUITS D'IMPACT EN PHASE EXPLOITATIONAU POINT RÉCEPTEUR P1 (MELCCFP) 18

TABLEAU 8 CRITÈRE POUR L'APPLICATION D'UNE CORRECTION AU BRUIT À CARACTÈRE TONAL (MELCCFP) 19

TABLEAU 9 RÉSULTATS DE LA DIFFÉRENCE ENTRE LA PONDÉRATION C ET A AU POINT RÉCEPTEUR P1 - PHASE DE CONSTRUCTION PÉRIODE DE JOUR 20

TABLEAU 10 RÉSULTATS DE LA DIFFÉRENCE ENTRE LA PONDÉRATION C ET A AU POINT RÉCEPTEUR P1 - PHASE D'EXPLOITATION PÉRIODE DE JOUR 20

TABLEAU 11 PUISSANCE ACOUSTIQUE ET NOMBRE D'ÉQUIPEMENTS MODÉLISÉS – SCÉNARIOS DE CONSTRUCTION 22

TABLEAU 12 RÉSULTATS DES SCÉNARIOS DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION POUR LE POINT RÉCEPTEUR P1, EN PÉRIODE DE JOUR – VALEURS GUIDES PROVINCIALES 23

TABLEAU 13 RÉSULTATS DES SCÉNARIOS DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION POUR LE POINT RÉCEPTEUR P1, VALEURS GUIDES FÉDÉRALES....24
TABLEAU 14 PUISSANCE ACOUSTIQUE ET NOMBRE D'ÉQUIPEMENTS DANS LE SCÉNARIO D'EXPLOITATION....25
TABLEAU 15 RÉSULTATS DES SIMULATIONS DU SCÉNARIO DE LA PHASE D'EXPLOITATION POUR LE POINT RÉCEPTEUR P1 – VALEURS GUIDES PROVINCIALES....27
TABLEAU 16 RÉSULTATS DES SIMULATIONS DU SCÉNARIO DE LA PHASE D'EXPLOITATION POUR LE POINT RÉCEPTEUR P1 – VALEURS GUIDES FÉDÉRALES....27
TABLEAU 17 VITESSES MAXIMALES PERMISES EN FONCTION DES FRÉQUENCES DE VIBRATIONS AU SOL DANS LE CAS OÙ LES HABITATIONS SONT SITUÉES À MOINS DE 1 KM DE LA MINE SOUTERRAINE....29
TABLEAU 18 VITESSES MAXIMALES PERMISES EN FONCTION DES FRÉQUENCES DE VIBRATIONS AU SOL DANS LE CAS OÙ LES HABITATIONS SONT SITUÉES À PLUS DE 1 KM DE LA MINE SOUTERRAINE....29
TABLEAU 19 VITESSES DE VIBRATIONS CALCULÉES....30
TABLEAU 20 CHANGEMENT DE PRESSION INSTANTANÉ CALCULÉ POUR L'HABITAT DU POISSON....30
TABLEAU 21 CHARGE MAXIMUM PAR DÉLAI EN FONCTION DE LA DISTANCE POUR LA PROTECTION DE L'HABITAT DU POISSON....31
TABLEAU 22 VITESSES DE CRÊTE DES PARTICULES CALCULÉES AUX FRAYÈRES POTENTIELLES LES PLUS RAPPROCHÉES....31
TABLEAU 23 CHARGE MAXIMUM PAR DÉLAI EN FONCTION DE LA DISTANCE POUR LA PROTECTION D'UNE FRAYÈRE PENDANT LA PÉRIODE D'INCUBATION DES ŒUFS....32

TABLE DES MATIÈRES (*suite*)

CARTES

CARTE 1	LOCALISATION DE LA ZONE D'INVENTAIRE	2
CARTE 2	LOCALISATION DES POINTS RÉCEPTEURS	13

ANNEXES

A	PHOTOGRAPHIES DES STATIONS DE MESURE
B	CONDITIONS MÉTÉOROLIQUES
C	GRAPHIQUES DES MESURES SONORES
D	CALCULS DES TERMES CORRECTIFS
E	PROPAGATION SONORE, SCÉNARIOS DE CONSTRUCTION ET D'EXPLOITATION
F	ZONE À SURVEILLER

1 INTRODUCTION

1.1 MISE EN CONTEXTE

En tant que société d'exploration minière et de mise en valeur de propriétés de ressources de métaux précieux au Canada, Groupe Minier Windfall (GMW) 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 projet minier Windfall (le Projet) est situé au nord du 49^{e} parallèle dans la région administrative du Nord-du-Québec, sur des terres de la catégorie III du territoire d'Eeyou Istchee Baie-James. Le site minier se trouve à environ 270 km de la ville de Val-d'Or et à 115 km à l'est de la ville de Lebel-sur-Quévillon (carte 1), une région reconnue pour ses gisements d'or, de cuivre et de zinc.

Le Projet est soumis à la procédure provinciale d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement en vertu de l'article 153 du chapitre II de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE; L.R.Q., c. Q 2), qui documente les dispositions applicables à la région de la Baie-James et du Nord québécois, en lien avec la convention du même nom. Conformément à cette procédure, l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) a été déposée au ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) en mars 2023. Le Projet n'est pas assujetti à une évaluation environnementale fédérale sous la Loi sur l'évaluation d'impact (L.C., 2019, ch. 28, art. 1) en application du Règlement sur les activités concrètes (art. 18, alinéa c), puisque la production prévue de cette nouvelle mine d'or est de moins de 5 000 tonnes par jour (t/jour).

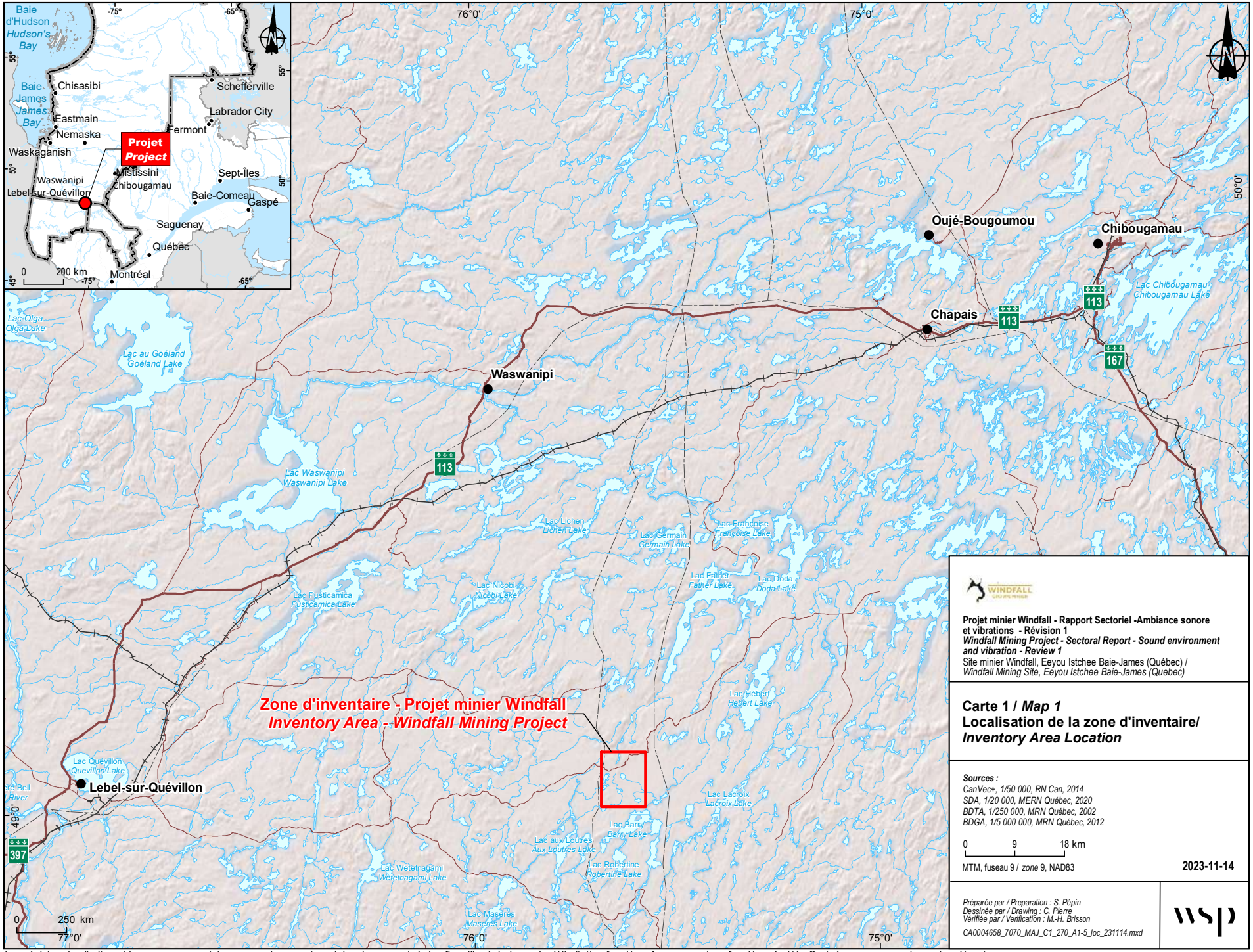
Dans le cadre de l'ÉIE du Projet, le climat sonore fait partie des composantes pour lesquelles les impacts du Projet doivent être analysés. Cette composante se retrouve dans la Directive émise par le MELCCFP, pour le Projet (MELCC, 2022).

1.2 PRÉAMBULE

Cette étude a été mise à jour en comparaison avec sa version précédente, afin de considérer les changements apportés au cours de 2023. Les modifications au rapport concernent ces sections :

Sections mises à jour :

- Section 1.1 : Ajout du dépôt de l'ÉIE en mars 2023.
- Section 3.2 : Retrait du point P2 dans les calculs de seuils spécifiques.
- Section 4.1 à 4.5 : Modifications des résultats pour l'ambiance sonore.
- Section 5.1 à 5.2 : Modifications des résultats pour les ondes vibrations.



Projet minier Windfall - Rapport Sectoriel -Ambiance sonore et vibrations - Révision 1
Windfall Mining Project - Sectoral Report - Sound environment and vibration - Review 1
Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 1 / *Map 1*
Localisation de la zone d'inventaire/ *Inventory Area Location*

Sources :
CanVec+, 1/50 000, RN Can, 2014
SDA, 1/20 000, MERN Québec, 2020
BDTA, 1/250 000, MRN Québec, 2002
BDGA, 1/5 000 000, MRN Québec, 2012

0 9 18 km

MTM, fuseau 9 / *zone* 9, NAD83

2023-11-14

Préparée par / Preparation : S. Pépin
Dessinée par / Drawing : C. Pierre
Vérifiée par / Verification : M.-H. Brisson

CA0004658_7070_MAJ_C1_270_A1-5_loc_231114.mxd

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. /
Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.

1.3 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

L'objectif principal du présent rapport sectoriel est de documenter l'état de référence du climat sonore actuel. Les objectifs spécifiques de l'étude sont :

- de déterminer les récepteurs sensibles qui pourraient être affectés par le Projet;
- de mesurer le climat sonore existant aux zones sensibles et aux alentours du site;
- d'évaluer les critères sonores applicables à chaque récepteur[1].

1.4 ÉTUDE RÉALISÉE EN 2017

Une campagne d'inventaire du climat sonore existant a été réalisée en 2017 alors que la portée du Projet était différente. Le projet prévu en 2017 nécessitait le transport de minerai du site minier Windfall à une usine de traitement dans la municipalité de Lebel-sur-Quévillon. Une évaluation des niveaux sonores dans les zones sensibles au bruit, le long de la route de transport et à proximité du site du Projet, avait donc été réalisée. Une étude sectorielle précisant les résultats de cette campagne d'inventaire a été produite (WSP, 2018).

En raison des changements survenus sur le site depuis la réalisation de cette étude, des niveaux sonores de base plus élevés sont attendus, résultant de la hausse du niveau d'activité dans ce secteur. Par conséquent, il est nécessaire de redéfinir le climat sonore de base aux récepteurs sensibles situés à proximité du site minier. Ainsi, ces niveaux sonores de base ont été réévalués en 2021 en suivant la même méthodologie qu'en 2017 (section 2).

Dans sa portée actuelle, le Projet ne nécessite plus le transport de minerai vers une usine de traitement à l'extérieur du site, cette dernière étant maintenant intégrée aux infrastructures prévues au site. L'évaluation des niveaux sonores le long de la route n'est donc plus nécessaire.

1.5 ZONE D'INVENTAIRE

La zone d'inventaire pour documenter l'état de référence du climat sonore est présentée à la carte 1 et couvre une superficie d'environ 8 000 ha (80 km^2). Cette zone d'inventaire prend naissance dans le secteur des infrastructures projetées du Projet et s'étend vers l'ouest et le sud jusqu'à atteindre les secteurs où sont trouvés les deux récepteurs sensibles identifiés dans le milieu d'insertion du Projet (voir la section 3 pour plus de détails sur ces récepteurs sensibles). La zone d'inventaire se situe essentiellement dans un secteur naturel forestier où l'exploitation des ressources est permise. Seuls quelques chalets sont présents dans la zone d'inventaire.

1 Ce qui permettra de vérifier le respect de ces critères à une étape ultérieure du projet lorsque la modélisation du climat sonore projeté sera réalisée.

2 STATUT RÉGLEMENTAIRE

2.1 CONTEXTE FÉDÉRAL

Il n'y a pas de réglementation fédérale régissant les niveaux de bruit générés par les activités minières. Toutefois, Environnement Canada et Santé Canada ont publié des recommandations sur les niveaux de bruit ou la manière de les évaluer selon différentes sources de bruit. La présente section résume les recommandations des publications des deux ministères pour des projets miniers en général.

Environnement Canada a publié en 2009 un document spécifique aux mines intitulé *Code de pratiques écologiques pour les mines de métaux* (EC, 2009). Ce code émet des recommandations de gestion environnementale sur les sites miniers. À l'égard de l'intensité du bruit, le code stipule, à la section 4.4.7 (« Gestion du bruit et des vibrations »), que :

> *« Dans les aires résidentielles qui jouxtent les sites miniers, le niveau acoustique équivalent résultant des activités minières ne devrait pas dépasser 55 décibels A (dBA) pendant le jour et 45 dBA la nuit. Le bruit ambiant peut aussi avoir une incidence sur les animaux sauvages, donc le personnel qui travaille sur les sites dans les régions éloignées devrait déployer des efforts pour atteindre ces objectifs concernant les niveaux du bruit ambiant hors site. »*

Dans le cas du Projet, aucune aire résidentielle n'est présente autour du site minier.

Santé Canada a produit, en janvier 2017, un document intitulé « Conseils pour l'évaluation des impacts sur la santé humaine dans le cadre des évaluations environnementales : Le bruit » (Santé Canada, 2017).

Le but de ce document est de guider les acteurs dans leur évaluation des effets sur la santé humaine liés au bruit dans une évaluation environnementale et de faciliter la compréhension des observations faites par Santé Canada dans le processus d'évaluation environnementale.

Pour maintenir une bonne compréhension de la parole à l'extérieur, il est recommandé d'avoir un niveau de bruit environnant continu n'excédant pas 55 dBA. Tandis que pour éviter la perturbation du sommeil, il est recommandé d'avoir un niveau de bruit continu intérieur à 30 dBA, ce qui peut correspondre à un niveau de bruit de 45 dBA à l'extérieur en considérant des fenêtres entrouvertes.

Pour les pointes de bruit, il est recommandé de ne pas dépasser 45 dBA (L_{Amax}) à l'intérieur plus de 10 à 15 fois par nuit.

Il est possible de calculer le pourcentage du niveau de gêne d'une communauté typique qui indiquerait être « fortement gênée » sous la forme de % HA (*Highly Annoyed*[2]) à l'aide de la relation dose-réaction entre les niveaux de bruit et la gêne, selon la norme ISO 1996-1 : 2003 (ISO, 2003). Le % HA augmente de façon exponentielle lorsque les niveaux sonores augmentent. En raison de la nature non linéaire de la relation entre le bruit et le % HA, il peut y avoir une augmentation considérable du % HA dans des situations où le niveau sonore de référence est élevé, même si les changements au bruit sont relativement mineurs. En d'autres mots, plus le niveau initial de bruit est élevé, plus la gêne s'accroit lorsqu'il y a une augmentation du niveau de bruit de fond.

[2] Très perturbé en français.

En général, cette relation dose-réaction peut être un outil utile pour caractériser et quantifier la réaction d'une communauté typique par rapport aux niveaux de bruit et aux changements dans les niveaux de bruit. Santé Canada préfère que la relation dose-réaction soit utilisée dans l'évaluation environnementale uniquement pour l'évaluation de l'exposition au bruit à long terme, et estime que le % HA doit être calculé uniquement pour les récepteurs exposés à long terme (plus d'un an) au bruit d'un projet. Il est important de souligner que ces réactions de gêne ne s'appliquent pas à un individu ou un groupe particulier, mais représentent plutôt une communauté typique.

Santé Canada suggère que des mesures d'atténuation soient proposées si l'on prévoit que le % HA prévu, pour un récepteur donné, varie de plus de 6,5 % entre le bruit dû au projet et le bruit avant-projet, ou lorsque le bruit dû au projet excède 75 dBA.

De plus, il recommande d'évaluer en fonction des changements dans le pourcentage de personnes fortement gênées (% HA). Le % HA calculé fournit des informations sur la façon dont une communauté moyenne répond à un niveau de bruit. Cet indice est calculé à partir de l'indicateur L_{dn} à laquelle des pondérations du bruit sont applicables selon le type de bruit (à caractère tonal, bruit d'impact, etc.). Bien que la réaction individuelle varie grandement, le changement signalé en % HA parmi une communauté moyenne en réaction à certains niveaux sonores a montré qu'il était uniforme (Michaud et coll., 2008).

Enfin, il suggère de traiter le bruit de construction comme s'il s'agissait d'un bruit d'opération lorsque sa durée est d'une année ou plus.

À noter qu'il s'agit des recommandations qui sont utilisées comme guide afin de quantifier l'impact du bruit du Projet, les répercussions et d'établir les mesures d'atténuation.

2.2 CONTEXTE PROVINCIAL

Au provincial, la LQE (L.R.Q. c. Q-2) à l'article 20 stipule, au premier alinéa, que :

> « *nul ne doit émettre, déposer, dégager ou rejeter ni permettre l'émission, le dépôt, le dégagement ou le rejet dans l'environnement d'un contaminant au-delà de la quantité ou de la concentration prévue par règlement du gouvernement.* »

Suivant cette disposition, il n'y a que les activités reliées à l'exploitation des carrières et sablières et à l'exploitation d'usines de béton bitumineux qui font l'objet de réglementations provinciales spécifiques.

En l'absence de règlement spécifique ou dans le cas de droit acquis, le MELCCFP utilise le deuxième alinéa de l'article 20 pour porter un jugement sur un impact sonore environnemental.

Cet article stipule que :

> « *La même prohibition s'applique à l'émission, au dépôt, au dégagement ou au rejet de tout contaminant, dont la présence dans l'environnement est prohibée par le règlement du gouvernement ou est susceptible de porter atteinte à la vie, à la santé, à la sécurité, au bien-être ou au confort de l'être humain, de causer du dommage ou de porter autrement préjudice à la qualité du sol, à la végétation, à la faune ou aux biens* ».

2.2.1 DIRECTIVE 019 SUR L'INDUSTRIE MINIÈRE

Afin d'évaluer dans quelle mesure un bruit peut nuire au bien-être d'une population, des critères sonores ont été établis à l'intérieur de la Directive 019 (D019) sur l'industrie minière (MDDEP, 2012). Cette directive est l'outil utilisé par le MELCCFP pour l'analyse des projets miniers exigeant la délivrance d'une autorisation ministérielle en vertu de l'article 22 de la LQE pour les projets menés sur le territoire de la Convention de la Baie-James et du Nord québécois (CBJNQ). Par le fait même, elle sert de référence à l'examen des projets assujettis à une étude d'impact sonore comme c'est le cas avec celui à l'étude.

Bien qu'elle ne constitue pas un texte réglementaire en soit, la D019 a été rédigée de manière à soutenir l'application de la LQE. Plus précisément, l'article 2.4.1 de la D019 portant sur le bruit stipule que :

> *« Le niveau acoustique d'une source fixe associée à une activité minière doit être évalué selon les prescriptions de la Note d'instructions 98-01 (*Traitement des plaintes sur le bruit et exigences aux entreprises qui le génèrent*), disponible sur le site Internet du Ministère. Les niveaux sonores mesurés doivent respecter les niveaux sonores établis dans cette note d'instructions. »*

2.2.2 NOTE D'INSTRUCTIONS 98-01

La D019 indique des niveaux sonores moyens horaires pour les périodes diurne et nocturne qui ne doivent pas être excédés selon les prescriptions de la Note d'instructions 98-01 (NI 98-01) du MELCCFP (MDDEP, 2006) en fonction des usages permis par le règlement de zonage municipal. Ces niveaux sonores maximaux sont présentés au tableau 1. Les zones de référence pour l'application de ces niveaux sonores maximaux sont présentées ci-dessous.

Tableau 1 Critères sonores selon la NI 98-01 du MELCCFP

Zone	Limites de bruit (dBA)[a, b]	
	Nuit (19 h à 7 h)	Jour (7 h à 19 h)
I	40	45
II	45	50
III	50	55
IV	70	70

a Valeurs en dBA et référencées à 20 x 10^{-6} Pa.
b Moyenne horaire $L_{Aeq,\ 1h}$ du bruit émis par l'activité industrielle visée excluant le bruit résiduel.

ZONES SENSIBLES

Zone I	Territoire destiné à des habitations unifamiliales isolées ou jumelées, à des écoles, hôpitaux ou autres établissements de services d'enseignement, de santé ou de convalescence. Terrain d'une habitation existante en zone agricole.
Zone II	Territoire destiné à des habitations en unités de logements multiples, des parcs de maisons mobiles, des institutions ou des campings.
Zone III	Territoire destiné à des usages commerciaux ou à des parcs récréatifs. Toutefois, le niveau de bruit prévu pour la nuit ne s'applique que dans les limites de propriété des établissements utilisés aux fins résidentielles. Dans les autres cas, le niveau maximal de bruit prévu le jour s'applique également la nuit.

ZONES NON SENSIBLES

Zone IV	Territoire zoné aux fins industrielles ou agricoles. Toutefois, sur le terrain d'une habitation existante en zone industrielle et établie conformément aux règlements municipaux en vigueur au moment de sa construction, les critères sont de 50 dBA la nuit et 55 dBA le jour.

Le jour s'étend de 7 h à 19 h, tandis que la nuit s'étend de 19 h à 7 h. Par ailleurs, lorsque la moyenne horaire du bruit résiduel (c'est-à-dire bruit ambiant sans les activités de la source) dans un secteur est plus élevée que les valeurs limites du tableau 1, cette moyenne de bruit résiduel devient alors la norme à respecter.

Les catégories des zones décrites ci-dessus sont établies en vertu des usages permis par le règlement de zonage municipal. Lorsqu'un territoire ou une partie de territoire n'a pas été zoné par une municipalité, ce sont les usages réels qui déterminent la catégorie applicable. Dans le cas du site Windfall, le gouvernement régional d'Eeyou Istchee Baie-James (GREIBJ) a adopté la réglementation d'urbanisme qui était appliquée par la précédente municipalité de Baie-James. La réglementation indique les vocations privilégiées pour les différentes parties du territoire. L'usage permis dans cette zone prévoit l'exploitation des ressources. Les activités minières y sont donc permises.

Les critères sonores de la zone IV sont donc applicables, soit des niveaux maximaux de 50 dBA la nuit et de 55 dBA le jour aux habitations, ou le bruit résiduel, si plus élevé.

2.2.3 LIGNES DIRECTRICES RELATIVEMENT AUX NIVEAUX SONORES PROVENANT D'UN CHANTIER DE CONSTRUCTION INDUSTRIEL

Le MELCCFP a publié les *Lignes directrices relativement aux niveaux sonores provenant d'un chantier de construction industrielle* (MDDELCC, 2015) pour limiter le bruit provenant d'un chantier de construction. Ce document recommande l'utilisation de la méthodologie décrite dans la NI 98-01 du MELCCFP. Ces lignes directrices stipulent que :

> *« Pour la période du jour, comprise entre 7 h et 19 h, le MELCC a pour politique que toutes les mesures raisonnables et faisables doivent être prises par le maître d'œuvre pour que le niveau acoustique d'évaluation ($L_{Ar,\ 12\ h}$)[3] provenant du chantier de construction soit égal ou inférieur au plus élevé des niveaux sonores suivants, soit 55 dBA ou le niveau de bruit initial s'il est supérieur à 55 dBA. Cette limite s'applique en tout point de réception dont l'occupation est résidentielle ou l'équivalent (hôpital, institution, école).*
>
> *Il peut être possible de déroger à ce critère s'il est démontré que toutes les mesures raisonnables et réalisables ont été prises, comme mentionné ci-dessus.*
> *Les facteurs permettant cette dérogation sont énoncés ci-après :*
>
> *a) prévoir le plus en avance possible ces situations, les identifier et les circonscrire;*
>
> *b) préciser la nature des travaux et les sources de bruit mises en cause;*
>
> *c) justifier les méthodes de construction utilisées par rapport aux alternatives possibles;*
>
> *d) démontrer que toutes les mesures raisonnables et faisables sont prises pour réduire au minimum l'ampleur et la durée des dépassements;*

[3] Le niveau acoustique d'évaluation $L_{Ar,T}$ (où T est la durée de l'intervalle de référence) est un indice de l'exposition au bruit qui contient le niveau de pression acoustique continu équivalent $L_{Aeq,T}$, auquel on ajoute le cas échéant un ou plusieurs termes correctifs pour des appréciations subjectives du type de bruit. Pour plus de détail concernant l'application des termes correctifs, consulter la Note d'instructions 98-01.

e) estimer l'ampleur et la durée des dépassements prévus;

f) planifier des mesures de suivi afin d'évaluer l'impact réel de ces situations et de prendre les mesures correctives nécessaires.

Pour la période de soirée (19 h à 22 h) et de nuit (22 h à 7 h), tout niveau acoustique d'évaluation sur une heure ($L_{Ar,\ 1h}$) provenant d'un chantier de construction doit être égal ou inférieur au plus élevé des niveaux sonores suivant, soit 45 dBA ou le niveau de bruit initial s'il est supérieur à 45 dBA. Cette limite s'applique en tout point de réception dont l'occupation est résidentielle ou l'équivalent (hôpital, institution, école).

La nuit (22 h à 7 h), afin de protéger le sommeil, aucune dérogation à ces limites ne peut être jugée acceptable (sauf en cas d'urgence ou de nécessité absolue). Pour les trois heures en soirée toutefois (19 h à 22 h), lorsque la situation le justifie, le niveau acoustique d'évaluation $L_{Ar,\ 3h}$ peut atteindre 55 dBA peu importe le niveau initial à la condition de justifier ces dépassements conformément aux exigences « a » à « f » telles qu'elles sont décrites à la section 1. »

2.2.4 BRUIT ROUTIER

Les activités de transport de minerai sur le site seront réalisées principalement sur des chemins publics qui sont, pour la majeure partie, des chemins forestiers. La Politique sur le bruit routier (la Politique) du ministère des Transports du Québec et de la Mobilité durable (MTQ, 1998) considère qu'un niveau de bruit moyen journalier égal ou inférieur à 55 dBA est reconnu comme un niveau acceptable pour les zones sensibles, soit les aires résidentielles, institutionnelles et récréatives.

2.3 CONTEXTE CRI

Le territoire d'Eeyou Istchee Baie-James possède un Règlement sur les nuisances (nº 149). Celui-ci stipule :

« *Article 7 : Nuisances relatives au bruit :*

Il est interdit de faire, de provoquer ou d'inciter à faire, de quelque façon que ce soit, du bruit susceptible de troubler la paix, la tranquillité, le confort, le repos et le bien-être du voisinage.

…

Article 9 : Appareil à moteur bruyant

Il est interdit d'utiliser sans motif raisonnable, entre 23 h et 6 h, des appareils à moteur bruyant tels que tondeuse à gazon, scie à chaine, soudeuse, compresseur, ou tous autres appareils à moteur semblable à ceux précédemment énumérés.

Il est également interdit d'utiliser ou de permettre d'utiliser entre 24 h et 6 h des appareils à moteurs destinés à assurer un service à un bâtiment ou à son contenu, lorsque le moteur de tels appareils cause un bruit susceptible de troubler la paix et le bien-être du voisinage.

En l'absence de limites quantitatives dans le Règlement sur les nuisances (nº 149), seules les recommandations provinciale et fédérale seront retenues pour déterminer les critères applicables au projet (sections 2.1 et 2.2).

3 AMBIANCE SONORE EXISTANTE

3.1 MÉTHODOLOGIE

3.1.1 LOCALISATION DES RELEVÉS SONORES

Deux points récepteurs ont été sélectionnés pour les mesures sonores (carte 2). Ces points récepteurs sont situés aux zones sensibles à proximité des infrastructures de surface projetées au site du Projet. Ces récepteurs sont principalement des camps de chasse et de villégiature. Le tableau 2 présente les coordonnées géographiques des deux emplacements et une brève description, en justifiant l'identification à titre de points récepteurs.

Tableau 2 Identification et coordonnées des points récepteurs

Point récepteur	Identification lors de l'étude de 2017	Description	Coordonnées géographiques (dd,ddddd)[a]
P1	-[b]	**« Camp cri » :** Trois habitations à approximativement 4,5 km au sud de la limite sud du site du Projet. Le camp est régulièrement utilisé par le maître de trappe et sa famille.	N 49,01590 °; E -75,66520 °
P2	P8	**« Camp allochtone » :** Chalet à 925 m au sud de la route 6000 et à l'ouest du site minier. Le camp est utilisé à raison de quelques semaines par année.	N 49,06580 °; E -75,67530 °

a DATUM : WGS84 modifié;
b Les habitations au point récepteur P1 n'étaient pas prises en compte lors de l'étude de 2017.

Au point P1, le sonomètre a été installé à la limite du terrain bordant la route, afin d'éloigner l'instrument d'une source de bruit local (une génératrice) installée au milieu du terrain des habitations. La présence de cette source locale de bruit est toutefois conservatrice, puisqu'il est raisonnable de croire que les utilisateurs de ce site utilisent régulièrement une génératrice pour combler leurs besoins en électricité lorsqu'ils s'y trouvent.

Les photos présentées à l'annexe A présentent les installations des stations de mesure à chacun des points récepteurs.

3.1.2 DURÉE ET DATE DES MESURES

Les mesures sonores ont été effectuées en continu pendant une période de 48 h à chacun des deux points de mesure, de 16 h le 7 juillet 2021 jusqu'à 16 h le 9 juillet 2021.

3.1.3 INSTRUMENTATION

Les instruments suivants ont été utilisés pour effectuer les mesures sonores :

- sonomètres Larson Davis, modèle LxT (NS. : 4823 et 4824);
- source sonore étalon Larson Davis, modèle CAL200 (NS : 4943);

— écran anti-vent sur le microphone en tout temps;

– deux enregistreuses numériques, soit Sony et Olympique.

Les instruments de mesure étaient composés d'un sonomètre avec écran anti-vent sur le microphone, installé sur un trépied à 1,5 m au-dessus du sol.

Les instruments utilisés dans cette étude sont conformes aux normes IEC60804 (2000-10) type 1, ANSI S1.43-1997 (R2007) type 1 et ANSI S1.11-2004 (R2009) classe 1. Chacun des sonomètres a été étalonné avant et après chaque série de mesures, et aucune déviation supérieure à 0,5 dBA n'a été observée lors de l'étalonnage. De plus, les instruments sont vérifiés annuellement par un laboratoire indépendant.

3.1.4 CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Les conditions météorologiques propices aux relevés sonores sont les suivantes :

— température supérieure à –10º C;

— vitesse du vent inférieure à 20 km/h;

— taux d'humidité relative inférieur à 90 %;

— aucune précipitation;

— chaussée sèche.

Une station météorologique *WeatherLink* a été installée sur le terrain du Projet pour obtenir des données météorologiques durant la totalité de la période de mesure sonore. Les données obtenues sont résumées à l'annexe B.

Les conditions météorologiques étaient propices lors des mesures, en dépit du niveau d'humidité relative parfois légèrement élevé dans la nuit du 7 au 8 juillet. Cette situation se produit fréquemment durant la période nocturne en saison estivale. Le niveau d'humidité relative a atteint jusqu'à 91 % entre 5 h et 6 h le 8 juillet.

L'étalonnage avant et après les mesures n'a démontré aucune déviation supérieure à 0,5 dBA.

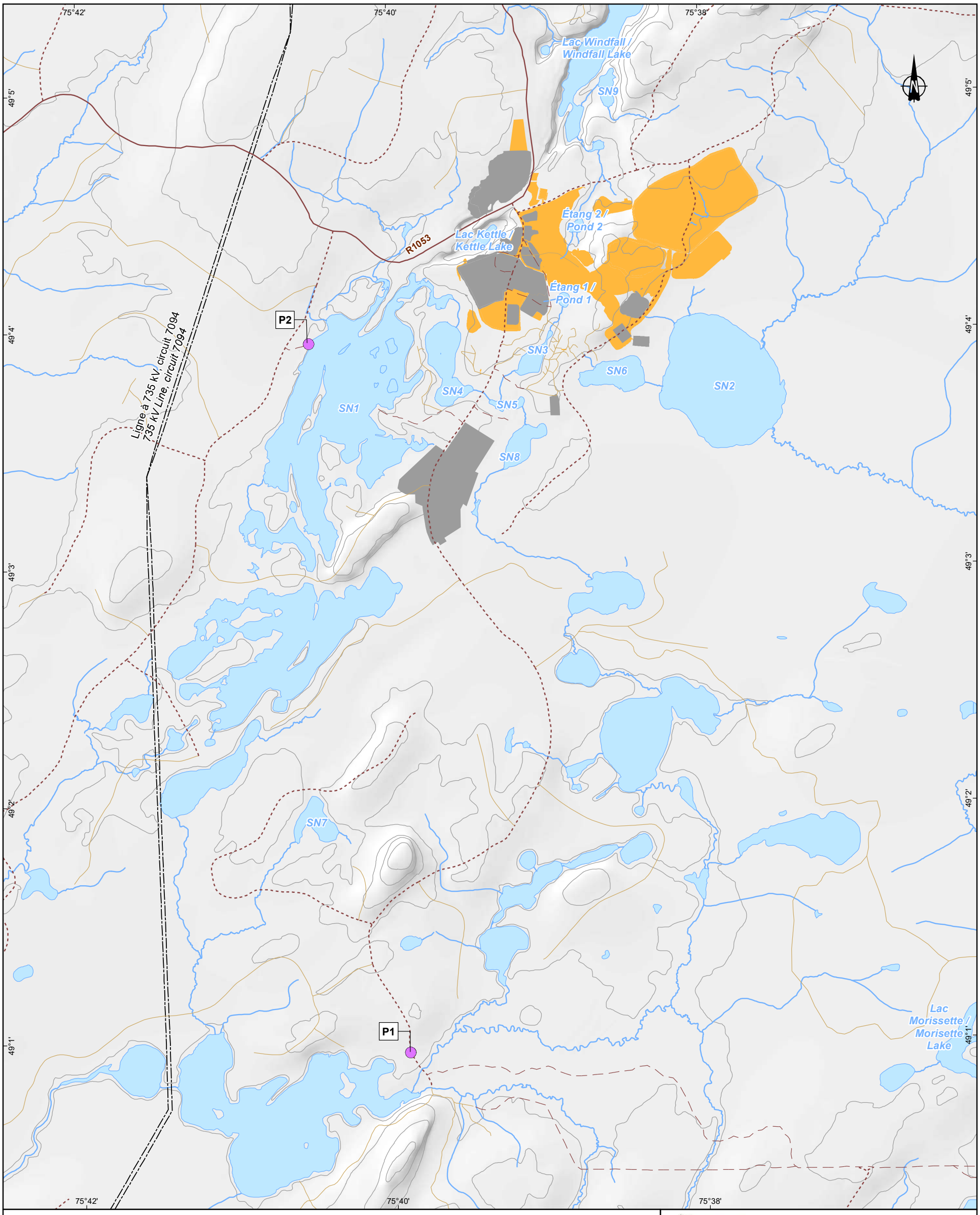
Dans le cas où de l'eau à l'état liquide se serait formée par condensation sur la membrane du microphone, ceci aurait eu comme effet d'abaisser la sensibilité du microphone. Aucune modification brusque du niveau sonore n'est remarquée dans les résultats lorsque l'humidité a dépassé 90 %.

Les autres conditions météorologiques ont été respectées.

3.1.5 DONNÉES RETENUES

Une période de 24 h de mesures a été retenue de chaque emplacement pour établir les niveaux sonores de référence, soit de 16 h le 8 juillet à 16 h le 9 juillet 2021 au point récepteur P1, et de 00 h le 8 juillet à 0 h le 9 juillet 2021 au P2.

Les périodes de 24 h retenues sont celles qui comprennent à la fois les niveaux sonores horaires $Leq_{1h\ jour}$ et $Leq_{\ 1h\ nuit}$ les plus bas, expliquant la différence de période entre les deux points récepteurs. Les graphiques représentant les mesures sonores sont présentés en annexe C.



Inventaire du climat sonore / *Soundscape Inventory*

- Point récepteur bruit et vibration / *Receptor Point for Noise and Vibration*

Infrastructures / *Infrastrutures*

- Ligne de transport d'énergie électrique / *Electric Power Transmission Line*
- Infrastructure minière projetée / *Proposed Mining Infrastructure*
- Infrastructure minière existante / *Existing Mining Infrastructure*

Hydrographie / *Hydrography*

- Cours d'eau / *Watercourse*
- Lac / *Waterbody*

Routes /*Roads*

- Route forestière secondaire / *Secondary Forest Road*
- Route forestière tertiaire / *Tertiary Forest*
- Sentier /
- Chemin d'hiver / *Winter Road*

WINDFALL GROUPE MINIER

Projet minier Windfall - Rapport Sectoriel - Ambiance sonore et vibrations - Révision 1/
Windfall Mining Project - Sectoral Report - Sound environment and vibration - Review 1

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 2 / *Map 2*
Localisation des points récepteurs / *Location of Receptor Points*

Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
SDA, 1/20 000, MERN Québec, 2020
CanVec+, 1/50 000, RN Can, 2014
BDGA, 1/5 000 000, MRN Québec, 2012
MERN, AQréseau+, réseau routier, 2020

0 300 600 m

MTM, Fuseau 9 / *Zone 9, NAD83*

2023-12-04

Préparée par / Preparation : S. Pépin
Dessinée par / Drawing : C. Pierre
Vérifiée par / Verification : M.-H. Brisson

CA0004658_7070_MAJ_C2_271_A1-5_recepteurs_231204.mxd

wsp

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. /
Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.

3.2 ANALYSES DES RELEVÉS SONORES

3.2.1 EN FONCTION DE LA NI 98-01

Les niveaux sonores $L_{Aeq,\ 1h}$ minimums mesurés aux points récepteurs durant la période de jour (7 h à 19 h) et de nuit (19 h à 7 h) sont présentés au tableau 3. Dans ce même tableau, les niveaux globaux (jour, soirée et journée entière) sont aussi présentés.

Tableau 3 Niveaux sonores mesurés aux points récepteurs

Point récepteur	Niveaux sonores minimums		Niveaux sonores par période de journée		
	Jour (7 h-19 h) $L_{Aeq,\ 1\ h}$ (dBA)	Nuit (19 h-7 h) $L_{Aeq,\ 1\ h}$ (dBA)	Jour (7 h-19 h) $L_{Aeq,\ 12\ h}$ (dBA)	Soirée (19 h-22 h) $L_{Aeq,\ 3\ h}$ (dBA)	Journée entière $L_{Aeq,\ 24\ h}$ (dBA)
P1	26,9	41,7 [a]	40,1[a]	51,0[a]	44,4[a]
P2	34,1	36,8	37,3	40,6	40,4

a Inclut le bruit émis par la génératrice.

La source principale de bruit au point récepteur P1 était une petite génératrice dans la cour entre les maisons, qui a été en fonction pendant toute la période de mesure (à l'exception d'une période où la génératrice n'a pas été en fonction, de 8 h à 16 h le 9 juillet). Comme mentionné précédemment, la présence de cette source locale de bruit est toutefois conservatrice puisqu'il est raisonnable de croire que les utilisateurs de ce site utilisent régulièrement une génératrice pour combler leurs besoins en électricité, lorsqu'ils s'y trouvent.

Les sources de bruit identifiées au point récepteur P2 étaient plutôt le bruissement de la végétation par le vent, les clapotis de l'eau sur le rivage, le chant des oiseaux et le bruit des insectes.

À partir des niveaux sonores mesurés, les critères de bruit applicables pour les différentes activités et phases du Projet ont été établis. De plus, puisque le point récepteur P2 n'existe plus, les niveaux sonores seuil spécifiques n'ont pas été calculés.

PHASE DE CONSTRUCTION

Durant la phase de construction, le point récepteur P1 sera potentiellement affecté par le bruit qui pourrait être généré par les activités de construction sur le site du Projet.

Les critères de bruit sont applicables seulement pour les zones où il y a des habitations. Les niveaux de bruit moyen mesuré par période ont été calculés afin de déterminer si le bruit initial est supérieur au seuil sonore par période définie dans les Lignes directrices du MELCCFP (section 3.1.2.3). Dans la situation où le bruit initial est supérieur au bruit du seuil sonore, l'intensité du bruit initial devient la limite sonore à respecter.

Le tableau 4 présente ainsi les résultats du bruit moyen mesurés par période de la journée ainsi que les critères sonores applicables à ce point récepteur lors de la phase de construction du Projet.

Les niveaux sonores minimums mesurés sont inférieurs à 55 dBA en période de jour $L_{Aeq,\ 12\ h}$ (7 h - 19 h) et de soir $L_{Aeq,\ 3\ h}$ (19 h - 22 h) et inférieurs à 45 dBA la nuit $L_{Aeq,\ 1\ h}$ (22 h - 7 h). Les critères applicables à ce point récepteur durant la phase de construction seront donc ceux énoncés à la section 3.1.2.3 des *Lignes directrices relativement aux niveaux sonores provenant d'un chantier de construction industriel* (MDDELCC, 2015).

Tableau 4 Niveaux sonores mesurés et critères de bruit à respecter durant la phase de construction

Point récepteur	Niveaux sonores mesurés			Critères applicables		
	Jour (7 h-19 h) $L_{Aeq, 12\ h}$	Soir (19 h-22 h) $L_{Aeq, 3\ h}$	Nuit (22 h-7 h) $L_{Aeq,min\ 1\ h}$	Jour (7 h-19 h) $L_{Aeq, 12\ h}$	Soir (19 h-22 h) $L_{Aeq, 3\ h}$	Nuit (22 h-7 h) $L_{Aeq, 1\ h}$
P1	26,9	45,1	41,7	55	55	45

PHASE D'EXPLOITATION

Durant la phase d'exploitation, le point récepteur P1 sera potentiellement affecté par le bruit qui pourrait être généré par les activités réalisées au niveau du site minier.

Les niveaux de bruit horaire minimum mesuré par période ont été calculés afin de déterminer si le bruit initial est supérieur au seuil sonore par période définie dans la NI 98-01 du MELCCFP (section 3.1.2.2). Dans la situation où le bruit initial est supérieur au bruit du seuil sonore, l'intensité du bruit initial devient la limite sonore à respecter.

Le tableau 5 présente les résultats de bruit horaire minimum mesurés par période de la journée ainsi que les critères sonores applicables aux deux points récepteurs lors de la phase d'exploitation du Projet.

Tableau 5 Niveaux sonores mesurés et critères de bruit à respecter durant pour la phase d'exploitation (mine et usine)

Point récepteur	Catégorie de zonage	Niveaux sonores minimums mesurés		Critères applicables	
		Jour (7 h-19 h) $L_{Aeq, 1\ h}$	Nuit (19 h-7 h) $L_{Aeq, 1\ h}$	Jour (7 h-19 h) $L_{Aeq, 1\ h}$	Nuit (19 h-7 h) $L_{Aeq, 1\ h}$
P1	IV	26,9	41,7	55	50

Les niveaux sonores minimums mesurés au point récepteur est inférieur à 55 dBA ($L_{Aeq, 1h}$) en période de jour et inférieur à 50 dBA ($L_{Aeq, 1h}$) en période de nuit. Les critères applicables à ce point récepteur durant la phase d'exploitation seront donc ceux énoncés à la section 3.1.2.2 de la NI 98-01 du MELCCFP.

3.2.2 EN FONCTION DES RECOMMANDATIONS FÉDÉRALES

Le tableau 6 présente les résultats des mesures de bruit de jour (L_d), de nuit (L_n), jour-nuit (L_{dn}) et le pourcentage de personnes fortement gênées (% HA). Ces indicateurs sont utilisés en comparaison avec les valeurs recommandées dans le document « Conseils pour l'évaluation des impacts sur la santé humaine dans le cadre des évaluations environnementales : Le bruit » de Santé Canada. Les périodes qui délimitent le jour et la nuit sont respectives de 7 h à 22 h et de 22 h à 7 h.

Tableau 6 Résultats des mesures de bruit quotidiennes de jour (L_d) et de nuit (L_n)

Point de mesure	Niveau de bruit de jour L_d (dBA)	Niveau de bruit de nuit L_n (dBA)	L_{dn} (dBA)	% HA
P1	45,2	42,4	49,3	2,0

4 AMBIANCE SONORE PROJETÉE

4.1 MÉTHODOLOGIE

La présente section présente l'évaluation des climats sonores projetés en phase de construction et d'exploitation du site. Les objectifs spécifiques à cette évaluation sont :

- de déterminer les phases de construction et d'exploitation les plus critiques;
- de modéliser les niveaux sonores projetés des phases de construction et d'exploitation;
- d'évaluer la conformité des niveaux sonores aux critères sonores applicables à chaque récepteur.

4.2 MODÉLISATION SONORE

Un modèle de propagation sonore a été développé à l'aide du logiciel CadnaA 2021 MR2 en tenant compte des puissances acoustiques et de la topographie du site d'étude. Ce logiciel trace des rayons sonores entre les sources de bruit et les récepteurs, calcule l'atténuation procurée par la distance ainsi que l'absorption de l'air, et tient compte des effets de sol et des effets de réduction sonore des écrans de longueurs finies (bâtiments, écrans, topographie). De plus, il considère l'effet des réflexions sur les surfaces entourant les sources sonores. Ces calculs sont réalisés selon la norme ISO 9613, parties 1 et 2 intitulées « *Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre* ». La figure 1 présente une vue de modèle informatique utilisé pour les calculs.

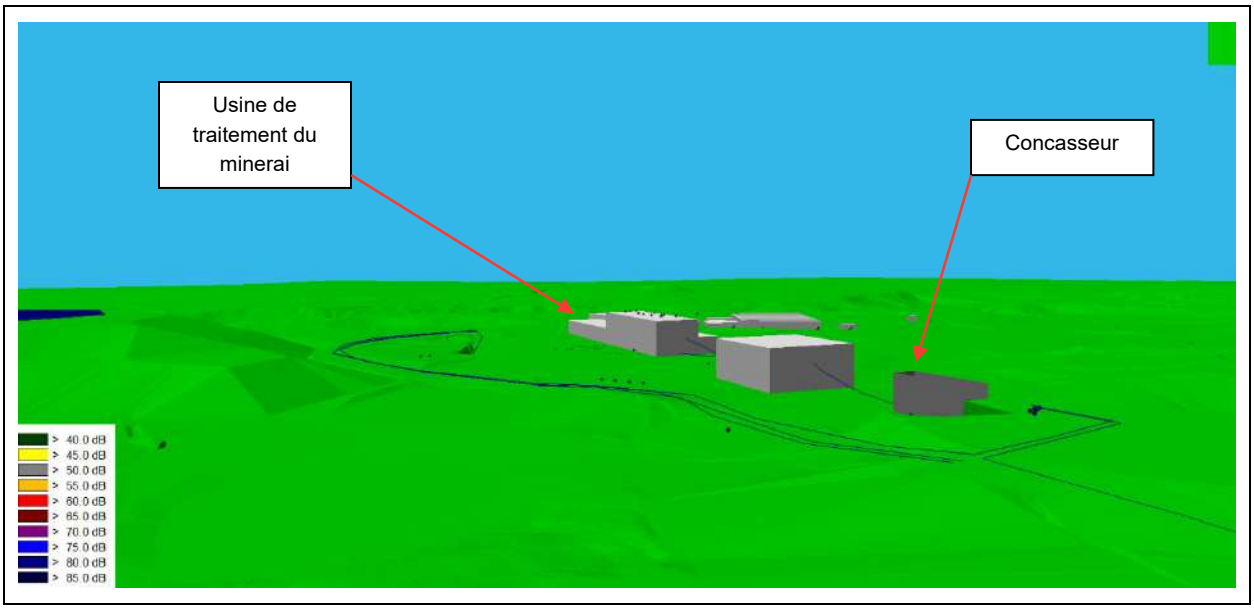


Figure 1 Vue du site minier pour le modèle informatique de simulation

Les puissances acoustiques des sources de bruit identifiées sont des paramètres d'entrée au logiciel de propagation sonore (CadnaA®). Ainsi, pour chacune des sources de bruit, la puissance acoustique associée a été calculée. Le logiciel de calcul de propagation sonore CadnaA® permet de considérer l'ensemble des sources de bruit et des obstacles (bâtiments, murs, topographie).

Pour chaque simulation, une température de 10 °C et une humidité relative de 70 % ont été simulées. Ces conditions sont celles où l'atténuation du son dans l'air libre est faible, donc propice à sa propagation. Également, un facteur de sol de 0,8[4] a été établi pour l'ensemble de la zone. Par ailleurs, pour l'analyse des niveaux sonores au milieu, seul le point récepteur P1 (camp cri) a été retenu puisque le camp allochtone (P2) n'existe plus.

4.3 TERMES CORRECTIFS

Des termes correctifs peuvent être ajoutés au niveau de bruit calculé s'il y a présence de certains types de bruit. Or, le calcul du pourcentage de personnes fortement gênées (% HA) du fédéral (Santé Canada) et du niveau acoustique d'évaluation de la NI 98-01 sur le bruit du MELCCFP prévoit des termes correctifs à apporter aux résultats obtenus. Les termes correctifs sont explicités ci-dessous :

- bruit impulsionnel (Santé Canada) ou bruit d'impact (MELCCFP);
- bruit à caractère tonal (Santé Canada et MELCCFP);
- bruit de basse fréquence (Santé Canada et MELCCFP) ou pour certaines situations spéciales (MELCCFP).

L'analyse de chaque terme est présentée ci-dessous.

4.3.1 TERME CORRECTIF POUR LES BRUITS D'IMPACT OU IMPULSIONNEL

Le terme correctif pour le bruit d'impact a été évalué à la suite des simulations sonores. Pour la phase de construction, aucun bruit d'impact sonore n'a été considéré. Durant la phase d'exploitation, des bruits d'impact pourraient se produire lors du déchargement du minerai sur le tablier de concassage. Le terme correctif Ki de la NI 98-01 a été calculé afin de s'assurer s'il est ou non applicable dans notre cas. Le tableau 7 présente les résultats du terme correctif pour le bruit d'impact au point récepteur.

Tableau 7 Calcul du terme correctif Ki pour les bruits d'impact en phase exploitationau point récepteur P1 (MELCCFP)

Calcul du terme correctif K_i pour les bruits d'impact		
Bruit sans impact (L_{Aeq})	**Bruit d'impact (L_{Ai})**	**K_i**
24	24	0

Lorsque le Ki est égal ou inférieur à 2, aucune correction n'est ajoutée. Dans le cas qui nous concerne, le terme correctif est inférieur à 2 aux deux points récepteurs; aucun terme correctif ne sera donc ajouté aux résultats de ces points récepteurs.

4 0 = réfléchissant (pavage, eau), 1 = absorbant (forêt, champs)

4.3.2 TERME CORRECTIF POUR LES BRUITS À CARACTÈRE TONAL

La NI 98-01 du MELCCFP stipule que :

> *« Un terme correctif K_T de 5 dB est applicable lorsqu'un bruit à caractère tonal est clairement audible et que la bande de tiers d'octave qui le comprend dépasse les bandes adjacentes d'une valeur égale ou supérieure à celles inscrites au tableau 8. Si plus d'une composante tonale répond à ces critères, un seul terme correctif demeure applicable, les bandes de tiers d'octaves mesurées et analysées vont de 16 à 20 000 Hz.*

Tableau 8 Critère pour l'application d'une correction au bruit à caractère tonal (MELCCFP)

Fréquence émergente (Hz)	141 Hz et moins	141 à 440 Hz	440 Hz et plus
Bande passante en tiers d'octave	125 Hz et moins	160 à 400 Hz	500 Hz et plus
Dépassement des bandes adjacentes (dB linéaire)	15 dB et plus	8 dB et plus	5 dB et plus

> *Si une fréquence émergente (en Hz) du bruit à caractère tonal s'approche de la limite de deux bandes de tiers d'octave adjacentes, les critères du tableau 7 deviennent techniquement nuls. Aussi, avant de conclure qu'un terme correctif n'est pas applicable, il conviendra lors de l'analyse d'un bruit à caractère tonal, d'identifier la valeur de la fréquence émergente. Si cette fréquence s'approche de la limite de deux bandes de tiers d'octaves, l'analyse en bandes plus fines (1/12 d'octaves, 1/24 d'octave, FFT avec la fenêtre Hanning) peut alors s'avérer utile, voire nécessaire[5], pour évaluer la pertinence d'appliquer un terme correctif. L'analyse en bandes fines peut aussi s'avérer utile pour une meilleure compréhension de certaines problématiques singulières.*
>
> *Malgré ce qui précède, aucun correctif n'est appliqué si le niveau sonore pondéré A de la bande de tiers d'octave qui contient une fréquence proéminente est inférieur de 15 dB ou plus au niveau sonore en dBA de tout le spectre. »*

À la suite de l'analyse des résultats obtenus, aucune bande de fréquences émergentes n'est présente. Au fédéral, aucun bruit à caractère tonal n'a été identifié (ISO 1996-2). Ainsi, aucun terme correctif n'est appliqué. Le détail des calculs des bruits à caractère tonal est présenté à l'annexe D.

4.3.3 TERME CORRECTIF POUR BRUIT À BASSE FRÉQUENCE ET CERTAINES SITUATIONS SPÉCIALES

Pour certaines situations, un terme correctif peut être appliqué. La NI 98-01 stipule que :

> *« ... 5 dBA pour tout bruit de basse fréquence, c'est-à-dire un bruit dont les caractéristiques fréquentielles font que le $L_{Ceq,T} - L_{Aeq,T} \geq 20$ dB : toutefois, cette correction est applicable exceptionnellement si la mesure est accompagnée d'une démonstration que le bruit de basse fréquence est la cause de nuisance accrue à l'intérieur de bâtiment à vocation résidentielle ou l'équivalent... »*

[5] Cette analyse peut être évitée si l'existence d'une fréquence importune n'est pas aucunement mise en doute.

Afin de déterminer la présence de bruit basse fréquence dans les calculs effectués, la différence $L_{Ceq, T} - L_{Aeq, T}$ a été effectuée à chaque point de mesures. Également, la présence de bruit à basse fréquence a été effectuée selon les recommandations fédérales. Cette dernière propose qu'une analyse des bruits à basse fréquence soit réalisée si la différence est supérieure à 10 dB. Les résultats sont présentés aux tableaux 9 et 10.

Le terme correctif pour la présence de bruit basse fréquence ne s'applique pas au sens de la NI 98-01 du MELCCFP pour tous les scénarios modélisés (tableaux 9 et 10). Également, la présence de bruit à basse fréquence a été effectuée selon la réglementation fédérale. Cette dernière propose qu'une analyse des bruits à basse fréquence soit réalisée si la différence est supérieure à 10 dB. Les résultats sont présentés aux tableaux 9 et 10.

Étant donné le dépassement de la limite fédérale concernant les bruits à basse fréquence, une analyse a été effectuée selon l'annexe D de la norme ANSI S12.9-2005/part 4. Ainsi, comme la somme (l'énergie) des niveaux sonores des bandes d'octave de 31.5 et 63 Hz est inférieure à 70 dBZ au point récepteur, aucun terme correctif ne s'applique. Le détail de ces calculs est présenté à l'annexe D.

Tableau 9 Résultats de la différence entre la pondération C et A au point récepteur P1 - Phase de construction période de jour

Différence (dBC-dBA)				Critère à respecter	
Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Provincial	Fédéral
(36,8-24,9) 11,9	(33,5-22,0) 11,5	(33,5-21,6) 11,9	(33,1-21,5) 11,6	**20**	**10**

Tableau 10 Résultats de la différence entre la pondération C et A au point récepteur P1 - Phase d'exploitation période de jour

Différence (dBC-dBA)		Critère à respecter	
Scénario 1	Scénario 2	Provincial	Fédéral
(36,4-24,3) 12,1	(36,2-24,3) 11,9	**20**	**10**

4.4 PHASE DE CONSTRUCTION

À cette étape du projet, les scénarios ont été établis en fonction des méthodes de construction sur des projets de type industriels similaires. Des hypothèses ont été nécessaires afin de pouvoir établir les scénarios les plus susceptibles d'avoir lieu au cours de la phase de construction. Deux phases distinctes en période de construction ont été déterminées, soit l'aménagement du terrain du site et la construction des bâtiments. De ces deux phases, quatre scénarios de travaux susceptibles d'être bruyants ont été considérés.

Il a été supposé que l'énergie acoustique de tous les équipements sera répartie également sur toute l'empreinte du terrain aux alentours de la future usine de traitement du minerai (superposition de sources surfaciques dans le modèle numérique, avec la hauteur de ces sources variant selon le type d'équipement).

Les travaux de construction quotidienne s'établissent sur 9 heures sur la période de 12 heures établie par la politique sectorielle du MELCCFP, soit entre 7 h et 19 h. Le temps d'utilisation indiqué dans les scénarios suivants est établi sur le quart de travail de 9 h. Le tableau 11 indique le nombre d'équipements par scénario et leurs puissances acoustiques respectives.

Par ailleurs, les modélisations des différents scénarios de la phase construction ont été simulées sur une période de 12 heures, afin de se comparer à la politique sectorielle pour les chantiers de construction qui évalue les niveaux sonores sur 12 heures en période de jour.

4.4.1 ÉTAPES DES TRAVAUX PRÉVUS

Les différentes étapes du chantier de construction de la nouvelle usine, susceptibles d'être bruyantes, sont répertoriées ci-après :

- préparation et aménagement du terrain du site;
- excavation et fondation;
- montage de la structure d'acier;
- enveloppe du bâtiment et toiture.

4.4.2 IDENTIFICATION DES SOURCES DE BRUIT

Les équipements bruyants prévus lors de la réalisation des travaux sont présentés ci-dessous.

SCÉNARIO 1 - PRÉPARATION ET AMÉNAGEMENT DU SITE

- Quatre pelles mécaniques PC360 CAT345 avec temps d'utilisation de 80 %.
- Trois bouteurs Caterpillar D6 avec temps d'utilisation de 75 %.
- Quatre camions hors route CAT 740 avec un temps d'utilisation de 60 %.
- Trois chargeurs sur roues CAT 938, CAT 966 et CAT 988 avec un temps d'utilisation de 75 %.
- Une niveleuse CAT140 avec un temps d'utilisation de 75 %.
- Deux rouleaux compacteurs avec un temps d'utilisation de 75 %.
- Deux ventilateurs d'évacuation ZVN 1-23-644/6 avec un temps d'utilisation de 100 %.
- Deux ventilateurs d'entrée ZVN 1-25-322/8 avec un temps d'utilisation de 100 %.

SCÉNARIO 2 - EXCAVATION ET FONDATIONS

- Deux pelles mécaniques CAT345 avec temps d'utilisation de 80 %.
- Un bouteur Caterpillar D6 avec temps d'utilisation de 75 %.
- Deux camions hors route CAT 740 avec un temps d'utilisation de 60 %.
- Un chargeur sur roues CAT 966 avec un temps d'utilisation de 75 %.
- Quatre bétonnières avec un temps d'utilisation de 60 %.
- Deux pompes à béton avec un temps d'utilisation de 50 %.
- Un camion-grue avec un temps d'utilisation de 50 %.

— Deux ventilateurs d'évacuation ZVN 1-23-644/6 avec un temps d'utilisation de 100 %.

— Deux ventilateurs d'entrée ZVN 1-25-322/8 avec un temps d'utilisation de 100 %.

SCÉNARIO 3 - MONTAGE DE LA STRUCTURE D'ACIER

— Trois nacelles télescopiques Genie avec un temps d'utilisation de 40 %.

— Deux plateformes élévatrices Skyjack avec un temps d'utilisation de 40 %.

— Deux grues 45T avec un temps d'utilisation de 50 %.

— Deux génératrices avec un temps d'utilisation de 100 %.

— Une soudeuse avec un temps d'utilisation de 10 %.

— Six manœuvres avec visseuse à percussion, avec un temps d'utilisation de 25 %.

— Deux ventilateurs d'évacuation ZVN 1-23-644/6 avec un temps d'utilisation de 100 %.

— Deux ventilateurs d'entrée ZVN 1-25-322/8 avec un temps d'utilisation de 100 %.

SCÉNARIO 4 - ENVELOPPE DU BÂTIMENT ET TOITURE

— Trois nacelles télescopiques Genie avec un temps d'utilisation de 40 %.

— Deux plateformes élévatrices Skyjack avec un temps d'utilisation de 40 %.

— Deux camions-grues avec un temps d'utilisation de 50 %.

— Deux génératrices avec un temps d'utilisation de 100 %.

— Six manœuvres avec visseuse à percussion, avec un temps d'utilisation de 25 %.

— Deux ventilateurs d'évacuation ZVN 1-23-644/6 avec un temps d'utilisation de 100 %.

— Deux ventilateurs d'entrée ZVN 1-25-322/8 avec un temps d'utilisation de 100 %.

4.4.3 PUISSANCE ACOUSTIQUE DES ÉQUIPEMENTS

Le tableau 11 présente le nombre d'équipements et leurs puissances acoustiques modélisés pour les différents scénarios de construction.

Tableau 11 Puissance acoustique et nombre d'équipements modélisés – Scénarios de construction

Équipement	Puissance acoustique (dBA)[a]	Scénarios – Nombre d'équipements			
		Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4
Pelle mécanique PC 360	105	2	-	-	-
Pelle mécanique CAT 345	111	2	2	-	-
Bouteur Cat D6	109, 108	3	1	-	-
Chargeuse CAT 938	103	1	-	-	-
Chargeuse CAT 966	107	1	1	-	-
Chargeuse CAT 988	108	1	-	-	-
Camions hors route CAT 740	119	4	2	-	-

Tableau 11 (suite) Puissance acoustique et nombre d'équipements modélisés – Scénarios de construction

Équipement	Puissance acoustique (dBA)[a]	Scénarios – Nombre d'équipement			
		Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4
Rouleau compacteur 10T	105	2	1	-	-
Niveleuse CAT 140	113	1	-	-	-
Grue 45T	109	-	-	2	-
Camion-grue	104	-	1	-	2
Bétonnière	104	-	4	-	-
Pompes à béton	103	-	2	-	-
Nacelle télescopique	102	-	-	3	3
Plateforme élévatrice	102	-	-	2	2
Visseuse à percussion	110	-	-	6	6
Génératrice mobile 40 kW	87	-	-	2	2
Soudeuse mobile	102	-	-	1	-
Ventilateur d'évacuation ZVN 1-23-644/6	124	2	2	2	2
Ventilateur d'entrée ZVN 1-25-322/8	121	2	2	2	2

[a] Puissance acoustique arrondie à 1 dBA, réf, $1x10^{-12W}$.

4.4.4 RÉSULTATS DES SIMULATIONS DES SCÉNARIOS DE CONSTRUCTION

Cette section présente les résultats des simulations de propagation sonore durant différents scénarios de construction du projet.

Les scénarios qui ont été élaborés des quatre étapes de travaux susceptibles d'être bruyants (section 5.2) sont définis comme suit :

- Scénario 1 : Préparation et aménagement du terrain du site.
- Scénario 2 : Excavation et fondation.
- Scénario 3 : Montage de la structure d'acier.
- Scénario 4 : Enveloppe du bâtiment et toiture.

Les tableaux suivants présentent les résultats sonores aux points récepteurs ainsi que la conformité en fonction du critère à respecter. Les niveaux de bruit résultant des différentes modélisations sont inférieurs aux valeurs guides.

Tableau 12 Résultats des scénarios des travaux de construction pour le point récepteur P1, en période de jour – Valeurs guides provinciales

Scénario	L_{eq} Travaux calculés dBA[a]	Terme correctif	L_{ar} Travaux (dBA)[a]	Limite sonore (dBA)	Conformité
1	25	0	25	**55**	**Oui**
2	22	0	22	**55**	**Oui**
3	22	0	22	**55**	**Oui**
4	22	0	22	**55**	**Oui**

a : Niveau sonore arrondi à 1 dBA, réf, $2x10^{-5}$ Pa.

Les niveaux de bruit simulé du scénario de construction sont inférieurs aux limites guides provinciales pour tous les emplacements.

À titre de référence, les résultats de la modélisation sont comparés aux valeurs guides fédérales. Le tableau 13 présente les résultats des simulations pour le scénario d'exploitation en fonction des recommandations fédérales.

Tableau 13 Résultats des scénarios des travaux de construction pour le point récepteur P1, valeurs guides fédérales

Scénario	Mesuré - ambiant				Activité mine			Activité mine + ambiant			
	L_d (dBA)	L_n (dBA)	L_{dn} (dBA)	%HA[a]	L_d (dBA)	L_n (dBA)	L_{dn} (dBA)	L_{dn} (dBA)	%HA[a]	Écart	Conformité 6,5 %
1	45,2	42,4	49,3	2,0	24,9	0	36,8	49,5	2,0	0	**Oui**
2	45,2	42,4	49,3	2,0	22,0	0	33,5	49,4	2,0	0	**Oui**
3	45,2	42,4	49,3	2,0	21,6	0	33,5	49,4	2,0	0	**Oui**
4	45,2	42,4	49,3	2,0	21,5	0	33,1	49,4	2,0	0	**Oui**

a : HA= 100 / (1+EXP (10,4-0,132*Ldn)).

Les cartes 3 à 16 présentent à l'annexe E, sous forme de courbes isophones, la propagation du bruit pour les scénarios de construction, soit des courbes unissant des points de même intensité sonore. Les courbes correspondent à des niveaux sonores compris entre 40 dBA et 80 dBA avec un intervalle de 5 dBA entre chaque courbe isophone.

4.5 PHASE D'EXPLOITATION

Durant la phase d'exploitation, les scénarios considérés tiennent compte des opérations de transport et de transformation du minerai ainsi que du traitement et de la disposition des résidus. Les niveaux sonores sont évalués sur une période de 24 heures, et ce, pour l'année 2033 d'exploitation. Les différentes activités d'exploitation se dérouleront à l'intérieur de quatre zones, soit la zone concassage du minerai, la zone de procédé du minerai, la zone de filtration des résidus et la zone d'entreposage des résidus. Il est important de spécifier que les simulations ont été modélisées selon les deux scénarios théoriques suivants :

- scénario 1 : scénario conservateur d'exploitation, celui générant un niveau sonore maximal et dans lequel tous les équipements sont en fonction à 100 % du temps;
- scénario 2 : scénario d'exploitation en fonction des hypothèses des pourcentages d'utilisation des différents équipements (voir tableau 14).

Il est à noter que l'aménagement du site, l'emplacement des différents équipements fixes et les déplacements des équipements mobiles ont été déterminés à partir du plan « *CAWL-301-G-0602-AI.DWG* » ainsi que des différents documents de localisation des sources « CAWL-LST-M-0107-09 », « EIE – Ventilation » et « 20231005 - Fan Summary-RAB » fournis par GMW. Selon les informations actuelles, aucun transport de résidus ne sera fait vers le parc à résidus durant la nuit.

4.5.1 IDENTIFICATION DES SOURCES DE BRUIT ET PUISSANCES ACOUSTIQUES

Les puissances acoustiques et le nombre des équipements modélisés dans le scénario d'exploitation sont présentés au tableau 14. La modélisation de la phase d'exploitation prend en compte les étapes suivantes :

- transport du minerai en provenance du portail Principal (huit mouvements/heure) et du portail Lynx (huit mouvements/heure);
- déchargement du minerai dans le système de concassage;
- transport du minerai vers l'usine de procédé (convoyeur);
- transport des stériles;
- transport des résidus asséchés (six mouvements/heure);
- disposition des résidus asséchés.

Le tableau suivant indique la liste des équipements fixes et mobiles identifiée pour la phase d'exploitation. Certains équipements sont localisés à l'intérieur du bâtiment principal. Le tableau présente également le pourcentage du temps d'opération des équipements sur une période de 24 heures, utilisé pour le scénario 2.

Tableau 14 Puissance acoustique et nombre d'équipements dans le scénario d'exploitation

Équipement (ou équivalent)	Puissance acoustique (dBA)[a]	Nombre d'équipements	% d'utilisation ou nombre de déplacements/heure
Camion articulé Caterpillar 740 (jour et nuit)	119	4	8 déplacements/heure
Chargeur sur roues Komatsu WA600 (alimentation concasseur, jour et nuit)	109	1	80 %
Pelle avec marteau hydraulique [b] (jour et nuit)	121	1	30 %
Concasseur FLSmith FJ110[b] (jour et nuit)	113	1	65 %
Alimenteur du concasseur Grizzly 90/405 HE80[b] (jour et nuit)	107	1	65 %
Convoyeur fermé (jour et nuit)	82	3	100 %
Camion articulé Caterpillar 740 (transport résidus, jour)	119	3	6 déplacements/heure
Pelle hydraulique Komatsu PC360 (résidus, jour)	104	1	30 %
Bouteur Caterpillar D6 (résidus, jour)	109	1	60 %
Compacteur Boomag DH-5 (résidus, jour)	103	1	25 %
Camion articulé Caterpillar 740 (transport résidus, jour)	119	2	4 déplacements/heure
Bouteur Caterpillar D8 (halde stérile, jour)	111	1	50 %
Camion à eau (jour)	108	1	18 %
Niveleuse John Deere 772G (jour)	115	1	40 %
Alarme de recul [c]	111	9	5 %
Impact déchargement [d]	107	7	2 %
Dépoussiéreur concasseur primaire	103	1	100 %
Dépoussiéreur de la pile tampon	105	1	100 %
Dépoussiéreur n° 1 concasseur secondaire	105	1	100 %
Dépoussiéreur n° 1 concasseur secondaire	104	1	100 %
Dépoussiéreur salle de traitement de l'or	99	1	25 %
Dépoussiéreur du silo de calcaire	62	1	4 %

Tableau 14 (suite) Puissance acoustique et nombre d'équipements dans le scénario d'exploitation

Équipement	Puissance acoustique (dBA)[a]	Nombre d'équipements	% d'utilisation ou nombre de déplacements/heure
Ventilateur extincteur de chaux (lime slaker)	74	1	100 %
Évacuation electrowinning	75	1	100 %
Évacuation CUSO4 épurateur humide	73	1	25 %
Évacuation nitrate de plomb épurateur humide	63	1	100 %
Ventilateur évacuation de l'usine de procédé	78	9	100 %
Ventilateur évacuation de l'usine de filtration	76	10	100 %
Évent d'évacuation de l'usine de filtration	74	1	100 %
Évacuation dépoussiéreur secteur liant	73	1	100 %
Évent silo (bin vent) secteur liant	62	1	4 %
Évacuation du filtre presse	66	2	100 %
Évacuation dépoussiéreur de la cartothèque	71	1	50 %
Évacuation dépoussiéreur - Préparation d'échantillon	76	1	100 %
Évacuation four de séchage - Préparation d'échantillon	65	1	100 %
Évacuation du collecteur de plomb	76	1	100 %
Évacuation épurateur - Chimie/analyse humide	74	1	100 %
Évacuation dépoussiéreur secteur broyage (épurateur humide)	81	1	100 %
Dépoussiéreur cyclone	109	2	100 %
Évacuation chaleur salle électrique	65	1	100 %
Évacuation chaleur salle des souffleuses	74	1	100 %
Évacuation générale	65	1	100 %
Évacuation boues	60	1	100 %
Évacuation réservoir produit chimique	65	4	100 %
Évacuation salle du système préparation Na_2S	65	1	100 %
Évacuation salle d'entreposage	76	1	100 %
Ventilateur d'extraction ZVN 1-23-408/6	123	2	100 %
Ventilateur d'extraction ZVN 1-23-280/6	117	2	100 %
Ventilateur d'extraction ZVN 1-20-322/8	122	4	100 %
Ventilateur d'extraction ZVN 1-23-644/6	125	2	100 %

a : Puissance acoustique arrondie à 1 dBA, réf, $1x10^{-12}W$.
b : Source de bruit à l'intérieur d'un bâtiment.
c : Un terme correctif de 5 dB pour bruit tonal a été appliqué à cette source dans le modèle.
d Un terme correctif de 5 dBA pour bruit impulsionnel ordinaire a été ajouté lors des calculs de pourcentage de la population fortement gênée (%HA).
e : Source de bruit en opération pour alimentation d'urgence ou pour délestage d'Hydro-Québec en période de pointe.

4.5.2 RÉSULTATS DES SIMULATIONS DE LA PHASE D'EXPLOITATION

Cette section présente les résultats des simulations de propagation sonore durant la phase d'exploitation du complexe minier du point de vue provincial. Le tableau 15 présente les résultats sonores aux points récepteurs ainsi que la conformité en fonction des valeurs guides du MELCCFP.

Les niveaux de bruit simulés du scénario d'exploitation sont inférieurs aux limites guides provinciales pour tous les emplacements. À titre de référence, les résultats de la modélisation sont comparés aux valeurs guides fédérales. Le tableau 16 présente les résultats des simulations pour le scénario d'exploitation en fonction des recommandations fédérales.

Tableau 15 Résultats des simulations du scénario de la phase d'exploitation pour le point récepteur P1 – valeurs guides provinciales

Scénario	Niveau sonore calculé dBA[a]		Terme correctif	Niveau sonore normalisé dBA[a]		Limite sonore provinciale (dBA)		Conformité	
	Jour	Nuit		Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
1	24	24	0	24	24	**55**	**50**	**Oui**	**Oui**
2	24	24	0	24	24	**55**	**50**	**Oui**	**Oui**

a : Niveau sonore arrondi à 1 dBA, réf, $2x10^{-5}$ Pa.

Tableau 16 Résultats des simulations du scénario de la phase d'exploitation pour le point récepteur P1 – valeurs guides fédérales

Scénario	Mesuré - ambiant				Activité mine			Activité mine + ambiant			
	L_d (dBA)	L_n (dBA)	L_{dn} (dBA)	%HA[a]	L_d (dBA)	L_n (dBA)	L_{dn} (dBA)	L_{dn} (dBA)	%HA[a]	Écart	Conformité 6,5 %
1	45,2	42,4	49,3	2,0	24,3	24,1	30,7	49,4	2,0	0	**Oui**
2	45,2	42,4	49,3	2,0	24,3	24,1	30,8	49,3	2,0	0	**Oui**

a : HA= 100 / (1+EXP (10,4-0,132*Ldn)).

Ainsi, les niveaux de bruit simulés pour le scénario d'exploitation démontrent que l'impact sonore sur la santé en période d'exploitation sera nul. Il n'y a pas d'écart significatif entre le % HA de référence (bruit ambiant) et celui en présence des futures activités d'exploitation du site minier.

Les cartes de l'annexe E présentent, sous forme de courbes isophones, la propagation du bruit du scénario en phase d'exploitation, soit des courbes unissant des points de même intensité sonore. Les courbes correspondent à des niveaux sonores compris entre 45 dBA et 80 dBA, avec un intervalle de 5 dBA entre chaque courbe isophone.

5 ANALYSE DES ONDES VIBRATOIRES

Les opérations de dynamitage sont à prévoir pour la construction des bassins, des routes ainsi que lors de la phase d'exploitation. Le dynamitage lors de la phase d'exploitation s'effectue profondément dans le massif rocheux (mine souterraine), tandis que pour la phase de construction, celle-ci est réalisée en surface.

La charge d'explosifs prévue pour le dynamitage en surface varie de 7 à 26 kg par trou de 88 mm de diamètre et d'une profondeur de 2,7 à 6 m. La densité d'explosifs est de 1,25 g/cm^3. La hauteur du collet de bourre est de 1,5 m.

La charge d'explosifs prévue pour le dynamitage de développement (préproduction) est de 8 kg par trou de 50 mm de diamètre et d'une profondeur de 4,9 m. La densité d'explosifs est de 1,25 g/cm^3. La hauteur du collet de bourre est de 0,7 m.

La charge d'explosifs prévue pour le dynamitage de production est de 79 kg par trou de 80 mm de diamètre et d'une profondeur de 18,0 m. La densité d'explosifs est de 1,25 g/cm^3. La hauteur du collet de bourre est de 2,0 m.

Les calculs théoriques sont réalisés à partir des équations *du Blasters' Handbook 18^e édition de l'International Society of Explosives Engineers* pour l'habitation ainsi que le document *Guideline for the use Explosives In or Near Canadian Fisheries Waters* de Pêches et Océans Canada (MPO) pour l'habitat du poisson et les frayères.

5.1 STRUCTURE DES BÂTIMENTS

Pour les structures des bâtiments, le critère de la D019 sur l'industrie minière est de 12,7 mm/s lorsque le dynamitage atteint une profondeur de 100 m et que le point d'impact (structure, habitation) se situe à moins de 1 km de distance. Un dynamitage de 0 à 100 m de profondeur d'exploitation doit respecter les vitesses maximales des vibrations au sol du tableau 17.

Tableau 17 Vitesses maximales permises en fonction des fréquences de vibrations au sol dans le cas où les habitations sont situées à moins de 1 km de la mine souterraine

Fréquence des vibrations au sol (Hertz)	Vitesse maximale permise (mm/s)
Fréquence ≤ 15	12,7
15 < fréquence ≤ 20	19,0
20 < fréquence ≤ 25	23,0
Fréquence > 25	25,0

Pour un point d'impact à plus de 1 km du site minier, les vitesses maximales des vibrations au sol doivent respecter les valeurs du tableau 18.

Tableau 18 Vitesses maximales permises en fonction des fréquences de vibrations au sol dans le cas où les habitations sont situées à plus de 1 km de la mine souterraine

Fréquence des vibrations au sol (Hertz)	Vitesse maximale permise (mm/s)
Fréquence ≤ 15	12,7
15 < fréquence ≤ 20	19,0
20 < fréquence ≤ 25	23,0
25 < fréquence ≤ 30	30,5
30 < fréquence ≤ 35	33,0
35 < fréquence ≤ 40	38,0
Fréquence > 40	50,0

Dans le cas présent, le camp cri comprenant trois habitations (P1) est situé à 4,5 km au sud du site minier (carte 2).

À cette étape du projet, les plans de sautage ne sont pas finalisés. Toutefois, en considérant un maximum quatre trous explosant en 8 millisecondes (ms), la vitesse de crête des particules calculée (*Peak Particle Velocity* – PPV) respecte le critère de la D019 aux structures les plus proches. Le tableau 19 présente les résultats.

Tableau 19 Vitesses de vibrations calculées

Emplacement	Vitesse de crête des particules calculée - PPV (mm/s)		
	Sautage en surface - Construction	Sautage souterrain - Développement	Sautage souterrain - Production
Camp cri (P1)	0,1	< 0,1	0,1

5.2 HABITAT DU POISSON

Pour l'habitat du poisson, le document « *Guideline for the use Explosives In or Near Canadian Fisheries Waters* » du MPO interdit de faire détoner, à proximité d'un habitat du poisson, des explosifs qui produisent ou peuvent produire un changement de pression instantané (c.-à-d. surpression) supérieur à 100 kPa dans la vessie natatoire d'un poisson. Il est également interdit de faire détoner des explosifs qui produisent ou risquent de produire une vitesse de crête des particules (PPV) supérieure à 13 mm/s dans une frayère pendant la période d'incubation des œufs.

Une multitude de cours d'eau et de lacs sont localisés autour du site. À l'exception du lac Kettle, chacun d'eux comporte un habitat du poisson. La distance la plus courte a été utilisée pour calculer le changement de pression instantané ainsi que la vitesse de crête des particules. Le calcul est effectué en considérant un maximum de quatre trous explosant en 8 ms avec les charges initialement prévues indiquées au début de la section 6. Le tableau 20 présente les résultats calculés du changement de pression instantané pour l'habitat du poisson.

Tableau 20 Changement de pression instantané calculé pour l'habitat du poisson

Type de sautage	Plan d'eau	Distance (m)	Changement de pression instantané (kPa) (seuil 100 kPa)
Surface - Construction	Étang 2	71	60
Souterrain - Développement	SN4	50	41
Souterrain - Production	SN4	50	253

Il y a un dépassement pour l'habitat du poisson lors de sautage de production effectué à proximité d'un cours d'eau si des ajustements ne sont pas effectués au patron de sautage standard. Ces dépassements sont calculés pour le dynamitage de production situé à moins de 100 m d'un habitat du poisson (zone 27), avec quatre trous explosant en 8 ms. L'annexe F présente la zone à surveiller. La réduction du nombre de trou explosant dans le même délai ou la réduction de la charge dans cette zone de surveillance permet de réduire le changement de pression instantané. Le tableau 21 présente les charges maximales par délai recommandé en fonction de la distance des plans d'eau pour atteindre un changement de pression instantané calculé de 85 kPa. La charge maximale correspond à la charge par trou multiplier par le nombre de trous explosant dans un même délai de 8 ms.

Tableau 21 Charge maximum par délai en fonction de la distance pour la protection de l'habitat du poisson

Distance du dynamitage avec le plan d'eau (m)	Charge maximale d'explosif par délai (kg)
40	51
50	80
60	115
80	205
100	320
120	460
140	630
160	820

Afin de s'assurer du contrôle de la charge par délai, il est recommandé d'utiliser des détonateurs électroniques.

Dans le cas de frayère pendant la période d'incubation des œufs, le critère du MPO est de 13 mm/s. Des frayères potentielles sont présentes dans certains lacs de la zone d'étude locale. En considérant toujours un maximum de quatre trous explosant en 8 ms avec les charges initialement prévues indiquées en introduction de la section 5, la vitesse de crête des particulaires (PPV) a été calculée à la plus courte distance des différents types de sautage. Le tableau 22 présente les résultats.

Tableau 22 Vitesses de crête des particules calculées aux frayères potentielles les plus rapprochées

Type de sautage	Plan d'eau	Distance (m)	Vitesse de crête des particules (mm/s) (seuil 13 mm/s)
Surface - construction	SN6	99	26,2
Souterrain - développement	SN6	175	4,1
Souterrain - production	SN6	175	25,8

Les calculs montrent un dépassement potentiel pour le sautage en construction et de production si des ajustements ne sont pas effectués au patron de sautage standard.

Les dépassements en construction sont calculés pour le dynamitage situé à moins de 155 m d'une frayère, avec quatre trous explosant en 8 ms. GMW s'engage à ne pas effectuer de dynamitage entre le 15 avril et le 15 juillet dans le secteur de construction de l'usine de traitement de l'eau. S'il s'avère nécessaire de dynamiter, les quantités d'explosifs seront adaptées afin de respecter les critères du guide du MPO.

Les dépassements en production sont calculés pour le dynamitage de production situé à moins de 270 m d'une frayère avec, quatre trous explosant en 8 ms. L'annexe F présente la zone à surveiller. La réduction du nombre de trous explosant dans le même délai ou la réduction de la charge dans cette zone de surveillance permet de réduire la vitesse de crête des particules. Le tableau 23 présente les charges maximales par délai recommandé en fonction de la distance des cours d'eau pour atteindre une vitesse de crête des particules calculée de 10 mm/s. La charge maximale correspond à la charge par trou multipliée par le nombre de trous explosant dans un même délai de 8 ms.

Tableau 23 Charge maximum par délai en fonction de la distance pour la protection d'une frayère pendant la période d'incubation des œufs

Distance du dynamitage avec le plan d'eau (m)	Charge maximale d'explosif par délai (kg)
40	5
60	11
80	20
100	31
120	45
140	62
160	81
180	102
200	126
250	197
300	284
350	387

5.3 SURPRESSION D'AIR

Pour les zones sensibles habitées, le critère de la D019 limite la surpression d'air à 128 dB. En considérant un maximum de quatre trous explosant en 8 ms avec les charges initialement prévues indiquées en introduction de la section 5, une surpression d'air de 68 dB au camp cri (P1) a été calculée. Ces calculs sont réalisés sans la présence d'inversion thermique ni de vent porteur. Ces derniers paramètres peuvent, dans certains cas, faire augmenter le niveau de l'ordre de 10 dB. L'intensité de la surpression d'air aux habitations calculée est inférieure au critère de la D019 du MELCCFP.

6 CONCLUSION

GMW souhaite mettre en exploitation un complexe minier situé au nord du 49e parallèle dans la région administrative du Nord-du-Québec. WSP a donc été mandatée afin de déterminer si l'exploitation de ces installations sera conforme aux valeurs guides de bruit établies par les recommandations provinciale et fédérale.

Dans un premier temps, les niveaux sonores moyens et minimums ont été mesurés dans deux zones sensibles au bruit qui pourrait être exposées au bruit généré par les futures activités du Projet (construction et exploitation), lesquelles correspondent à deux secteurs où sont implantées des habitations (villégiature et campement du maître de trappe). Ces niveaux sonores ont été comparés aux critères des normes en vigueur, soit la D019 et les Lignes directrices relativement aux niveaux sonores provenant d'un chantier de construction industriel du MELCCFP, ainsi que les recommandations de publications d'Environnement Canada et de Santé Canada. À la suite de cette analyse, les critères de bruit applicables ont été identifiés pour une zone sensible.

Par la suite, des simulations acoustiques ont permis de démontrer que les activités d'exploitation prévues devraient respecter les valeurs guides de la NI 98-01 de MELCCFP. Également, les niveaux de bruit simulés pour les différents scénarios d'exploitation démontrent que l'impact sonore sur la santé sera nul pour les différents scénarios d'exploitation simulés. L'écart entre le % HA de référence (bruit ambiant) et celui en présence des futures activités d'exploitation est négligeable, donc inférieur à la limite de +6,5.

Les niveaux de vibrations anticipés sont sous les seuils permis, à l'exception de certains sautages de construction et de production à proximité des plans d'eau pour l'habitat du poisson et les frayères pendant la période d'incubation des œufs ou une zone de surveillance a été identifiée. Afin d'éviter des dépassements, les charges d'explosif maximum par délai ont été calculées et recommandées en fonction de la distance séparant le dynamitage souterrain et le plan d'eau.

Il est également recommandé d'utiliser des détonateurs électroniques afin de s'assurer que le nombre de trous explosant dans un même délai de 8 ms ne soit pas supérieur à quatre pour les charges initialement prévues ou que la charge explosive par délai ne soit pas supérieure à celle recommandée pour les sautages de production.

Les surpressions d'air calculées lors des sautages de surface (construction) sont inférieures au seuil permis par la D019 du MELCCFP.

RÉFÉRENCES

- ENVIRONNEMENT CANADA (EC). 2009. *Code de pratiques écologiques pour les mines de métaux*. En ligne: https://www.canada.ca/content/dam/eccc/migration/main/lcpe-cepa/documents/codes/mm/mm-fra.pdf. Consulté le 22 juin 2022.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). 2003. ISO 1996-1:2003 Acoustique – Description, mesurage et évaluation du bruit de l'environnement – Partie 1 : Grandeurs fondamentales et méthodes d'évaluation. En ligne: www.iso.org/iso/fr/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=28633.
- MICHAUD, D.S., S.H.P. BLY ET S.E. KEITH. 2008. « Using a change in percentage highly annoyed with noise as a potential health effect measure for projects under the Canadian Environmental Assessment Act ». *Canadian Acoustics*, nº 36. p. 13-30.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). 2022. Directive pour le projet minier Lac Windfall par minière Osisko Inc. Direction générale de l'évaluation environnementale et stratégique. 30 p. Révision janvier 2022 de la directive émise en juillet 2017.
- MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC (MTQ). 1998. *Politique sur le bruit routier*. En ligne: https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/ministere/role_ministere/Documents/politique_bruit.pdf. Consulté le 22 juin 2022.
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2015. *Lignes directrices relativement aux niveaux sonores provenant d'un chantier de construction industriel*. En ligne: https://www.environnement.gouv.qc.ca/publications/note-instructions/98-01/lignes-directrices-construction.pdf. Consulté le 22 juin 2022.
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP). 2012. *Directive 019 sur l'industrie minière*. En ligne: https://environnement.gouv.qc.ca/milieu_ind/directive019/directive019.pdf. Consulté le 22 juin 2022.
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP). 2006. *Note d'instructions - Traitement des plaintes sur le bruit et exigences aux entreprises qui le génèrent*. En ligne: https://www.environnement.gouv.qc.ca/publications/note-instructions/98-01/note-bruit.pdf. Consulté le 22 juin 2022.
- SANTÉ CANADA. 2017. Conseils pour l'évaluation des impacts sur la santé humaine dans le cadre des évaluations environnementales : Le bruit. ISBN 978-1-100-97929-8.
- WSP. 2018. Projet Lac Windfall. Rapport sectoriel. Climat sonore résiduel, Territoire d'Eeyou Istchee Baie-James. Rapport produit pour Minière Osisko inc. 25 p. et annexes.

ANNEXE

A

PHOTOGRAPHIES DES STATIONS DE MESURE



Photo A-1 : Station de mesure installée au point récepteur P1 (camp cri)



Photo A-2 : Station de mesure installée au point récepteur P2 (camp allochtone)

ANNEXE

B

CONDITIONS MÉTÉOROLIQUES

Tableau B-1 Sommaire des données enregistrées à la station météorologique WeatherLink installée sur le site Windfall 7-9 juillet 2021

Date	Heure	Température °C	Humidité relatif %	Précipitation	Point de rosée °C	Vitesse de vent km/h	Direction Dégrés/10
2021-07-07	16:00:00	-	-	-	-	-	-
	17:00:00	14,2	52,6	-	4,7	10,6	32
	18:00:00	14,3	52,1	-	4,6	8,3	31
	19:00:00	13,8	53,9	-	4,6	6,3	32
	20:00:00	12,7	58,5	-	4,8	2,1	33
	21:00:00	10,1	69,0	-	4,7	0,6	33
	22:00:00	8,4	74,5	-	4,1	0,1	31
	23:00:00	8,3	74,6	-	4,0	2,3	3
2021-07-08	0:00:00	7,2	78,1	-	3,6	4,5	8
	1:00:00	6,1	81,6	-	3,2	3,7	7
	2:00:00	5,4	84,7	-	3,1	2,6	8
	3:00:00	4,6	86,2	-	2,5	0,3	9
	4:00:00	3,7	89,7	-	2,1	0,0	9
	5:00:00	3,5	90,9	-	2,2	0,0	9
	6:00:00	5,9	86,1	-	3,7	1,7	9
	7:00:00	8,4	76,7	-	4,5	7,3	10
	8:00:00	11,0	65,1	-	4,7	8,3	9
	9:00:00	12,9	56,6	-	4,4	8,8	9
	10:00:00	14,3	51,0	-	4,3	8,0	10
	11:00:00	15,2	48,2	-	4,3	9,0	10
	12:00:00	16,5	44,7	-	4,4	9,2	5
	13:00:00	17,6	43,1	-	4,9	12,1	0
	14:00:00	18,2	38,8	-	3,9	10,5	10
	15:00:00	18,4	38,7	-	4,1	8,7	35
	16:00:00	18,3	39,0	-	4,1	11,8	10
	17:00:00	17,7	37,9	-	3,1	11,4	9
	18:00:00	17,3	41,6	-	4,0	9,4	7
	19:00:00	16,8	46,7	-	5,3	3,3	6
	20:00:00	15,6	53,9	-	6,2	1,3	0
	21:00:00	14,6	61,5	-	7,3	0,6	33
	22:00:00	14,3	66,0	-	8,0	9,3	11
	23:00:00	13,0	74,6	-	8,6	8,9	12
2021-07-09	0:00:00	12,0	76,8	-	8,1	5,9	11
	1:00:00	11,4	80,9	-	8,2	2,3	11
	2:00:00	11,3	82,2	-	8,4	4,0	9
	3:00:00	10,9	82,6	-	8,1	3,7	27
	4:00:00	9,6	84,2	-	7,0	2,6	28
	5:00:00	9,0	85,2	-	6,6	3,8	28
	6:00:00	10,2	83,6	-	7,6	6,1	27
	7:00:00	12,7	75,9	-	8,6	5,1	26
	8:00:00	15,3	65,0	-	8,8	5,9	28
	9:00:00	16,8	57,7	-	8,4	3,8	22
	10:00:00	18,3	50,6	-	7,9	5,7	23
	11:00:00	19,2	48,1	-	7,9	7,6	1
	12:00:00	21,0	41,0	-	7,2	6,4	18
	13:00:00	21,4	38,7	-	6,8	6,2	18
	14:00:00	22,1	36,6	-	6,6	7,5	19
	15:00:00	23,1	32,7	-	5,8	8,9	24

ANNEXE

C

GRAPHIQUES DES MESURES SONORES

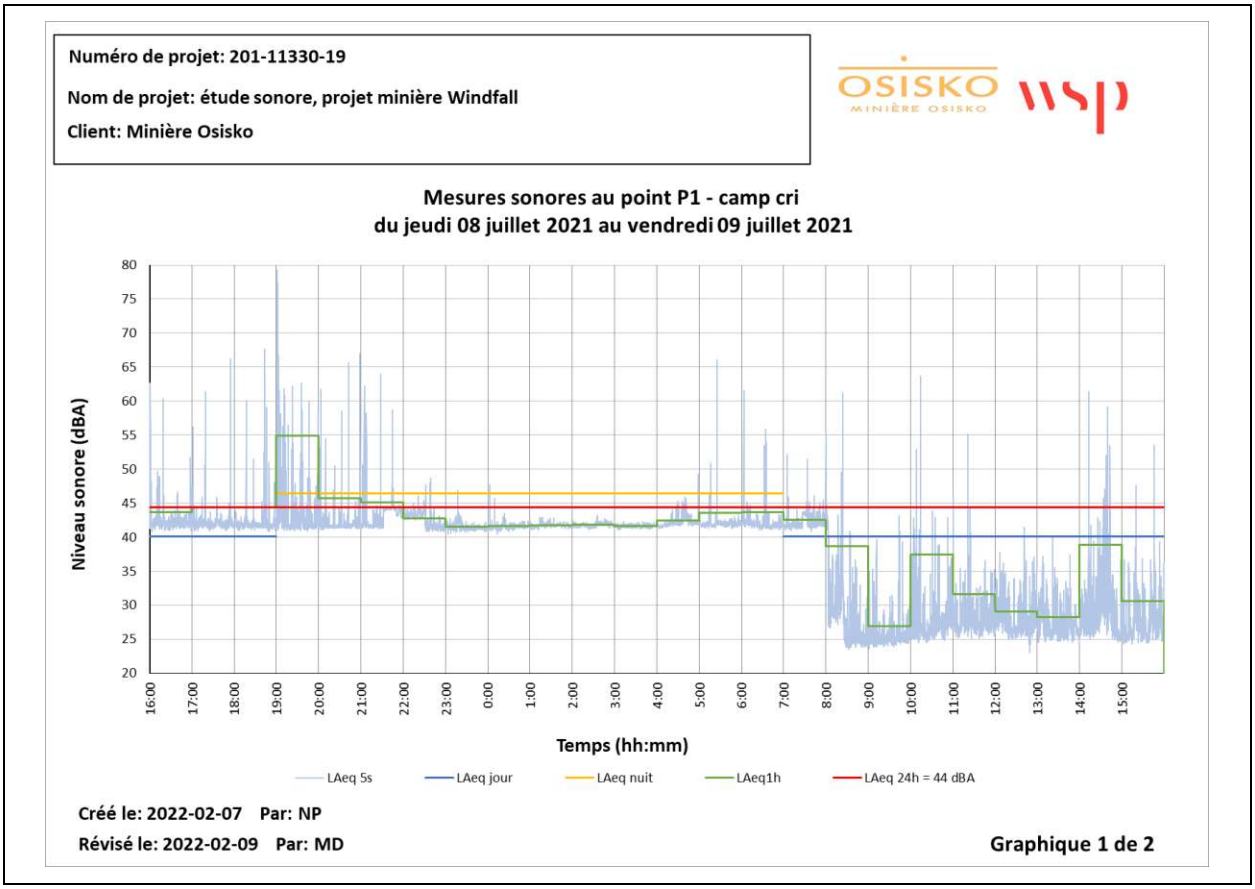


Figure C-1 : Niveaux sonores enregistrés au point récepteur P1

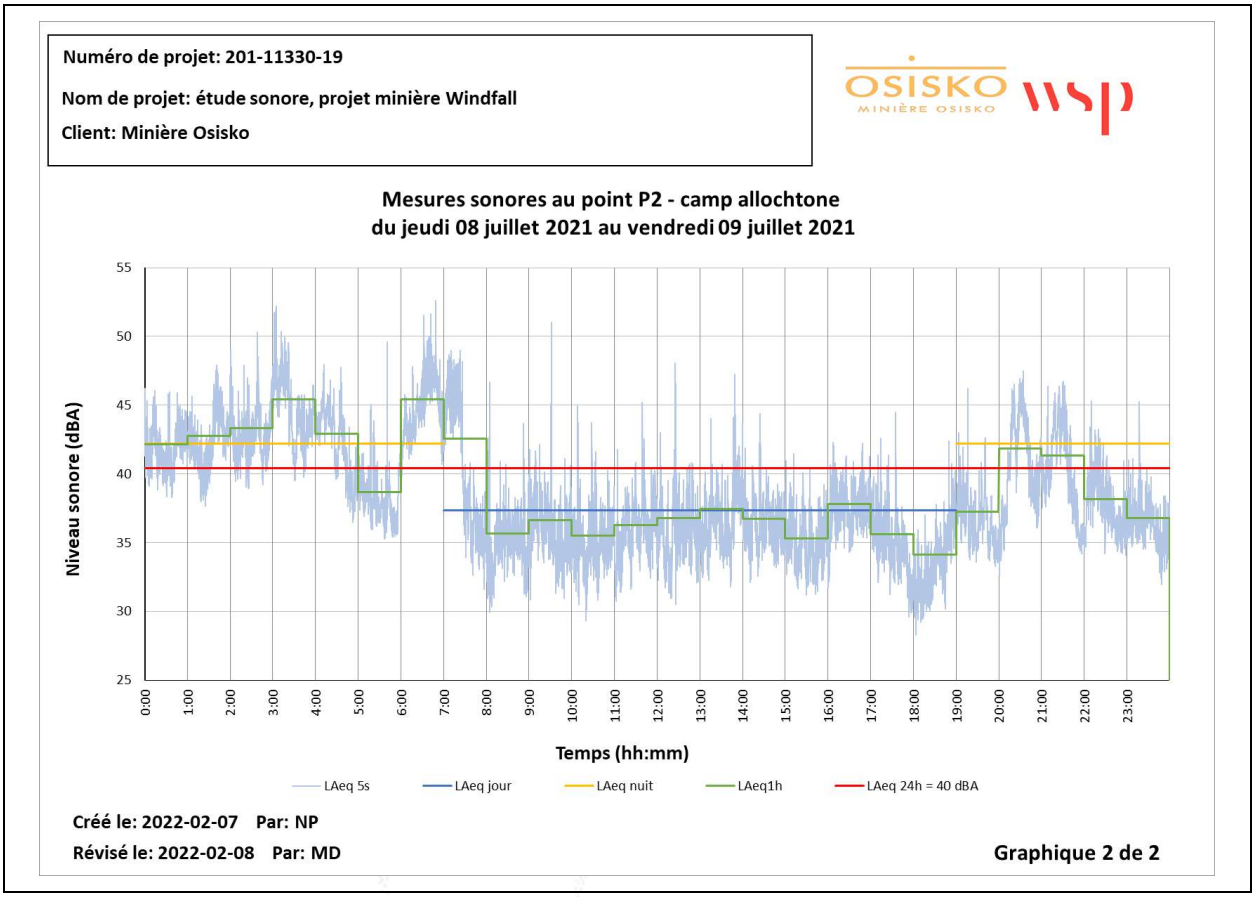


Figure C-2 : Niveaux sonores enregistrés au point récepteur P2

ANNEXE

D

CALCULS DES TERMES CORRECTIFS

Calcul terme correctif Kt (tonalité)

Construction jour																							
Scénario 1	**Fréquence (Hz)**	**50**	**63**	**80**	**100**	**125**	**160**	**200**	**250**	**315**	**400**	**500**	**630**	**800**	**1k**	**1.25k**	**1.6k**	**2k**	**2.5k**	**3.15k**	**4k**	**5k**	**dBA**
P1 (camp cri)		28.4	27.9	27.7	29.4	27	25.3	27	24	21.3	22.6	19.9	17	12.1	7	-0.7	-15.3	-33	-60	-80.2	-80.2	-80.2	24.9
		-30.2	-26.2	-22.5	-19.1	-16.1	-13.4	-10.9	-8.6	-6.6	-4.8	-3.2	-1.9	-0.8	0	0.6	1	1.2	1.3	1.2	1	0.5	
	Tonalité	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	

Scénario 2	**Fréquence (Hz)**	**50**	**63**	**80**	**100**	**125**	**160**	**200**	**250**	**315**	**400**	**500**	**630**	**800**	**1k**	**1.25k**	**1.6k**	**2k**	**2.5k**	**3.15k**	**4k**	**5k**	**dBA**
P1 (camp cri)		25.7	25.3	24.9	25.4	24.4	23.2	22.3	20.3	18.4	19.6	17.5	14.9	9.9	5	-2.6	-18.1	-36.5	-65.1	-80.2	-80.2	-80.2	21.9
		-30.2	-26.2	-22.5	-19.1	-16.1	-13.4	-10.9	-8.6	-6.6	-4.8	-3.2	-1.9	-0.8	0	0.6	1	1.2	1.3	1.2	1	0.5	
	Tonalité	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	

Scénario 3	**Fréquence (Hz)**	**50**	**63**	**80**	**100**	**125**	**160**	**200**	**250**	**315**	**400**	**500**	**630**	**800**	**1k**	**1.25k**	**1.6k**	**2k**	**2.5k**	**3.15k**	**4k**	**5k**	**dBA**
P1 (camp cri)		26.4	26.1	25.7	25	24.2	23.1	21.2	19.7	18	19.3	17.2	14.7	9.8	4.8	-2.7	-18.2	-36.6	-65.3	-80.2	-80.2	-80.2	21.6
		-30.2	-26.2	-22.5	-19.1	-16.1	-13.4	-10.9	-8.6	-6.6	-4.8	-3.2	-1.9	-0.8	0	0.6	1	1.2	1.3	1.2	1	0.5	
	Tonalité	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	

Scénario 4	**Fréquence (Hz)**	**50**	**63**	**80**	**100**	**125**	**160**	**200**	**250**	**315**	**400**	**500**	**630**	**800**	**1k**	**1.25k**	**1.6k**	**2k**	**2.5k**	**3.15k**	**4k**	**5k**	**dBA**
P1 (camp cri)		25.5	25.2	24.8	25	24.1	23.1	21.2	19.6	17.9	19.2	17.1	14.6	9.6	4.6	-3	-18.6	-37	-65.8	-80.2	-80.2	-80.2	21.5
		-30.2	-26.2	-22.5	-19.1	-16.1	-13.4	-10.9	-8.6	-6.6	-4.8	-3.2	-1.9	-0.8	0	0.6	1	1.2	1.3	1.2	1	0.5	
	Tonalité	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	

Exploitation jour																							
Scénario 1	**Fréquence (Hz)**	**50**	**63**	**80**	**100**	**125**	**160**	**200**	**250**	**315**	**400**	**500**	**630**	**800**	**1k**	**1.25k**	**1.6k**	**2k**	**2.5k**	**3.15k**	**4k**	**5k**	**dBA**
P1 (camp cri)		30.8	30.1	30.4	24.4	22.5	21.5	22.5	20.8	19.1	22.1	20.1	17.7	16.5	11.7	4.6	-10.5	-27.3	-53.1	-80.1	-80.2	-80.2	24.3
		-30.2	-26.2	-22.5	-19.1	-16.1	-13.4	-10.9	-8.6	-6.6	-4.8	-3.2	-1.9	-0.8	0	0.6	1	1.2	1.3	1.2	1	0.5	
	Tonalité	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	

Scénario 2	**Fréquence (Hz)**	**50**	**63**	**80**	**100**	**125**	**160**	**200**	**250**	**315**	**400**	**500**	**630**	**800**	**1k**	**1.25k**	**1.6k**	**2k**	**2.5k**	**3.15k**	**4k**	**5k**	**dBA**
P1 (camp cri)		30.7	29.9	30.2	24.3	22.4	21.4	22.5	20.8	19.1	22.1	20.1	17.6	16.4	11.7	4.6	-10.5	-27.3	-53.1	-80.1	-80.2	-80.2	24.3
		-30.2	-26.2	-22.5	-19.1	-16.1	-13.4	-10.9	-8.6	-6.6	-4.8	-3.2	-1.9	-0.8	0	0.6	1	1.2	1.3	1.2	1	0.5	
	Tonalité	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	**Non**	

Calcul terme correctif Ks (basse fréquence)
selon ANSI S12.9

Construction scénario 1	Ld 15h/dB (Z)	31Hz	dB(Z)	63Hz	dB(Z)	125Hz	dB(Z)	250Hz	dB(Z)	500Hz	dB(Z)	1kHz	dB(Z)	2kHz	dB(Z)	4kHz	dB(Z)	8kHz	dB(Z)	16kHz	dB(Z)
P1 (camp cri)	25.5		-10.6		6.6		16.2		20.9		22		13.4		-14		-79.2		-81.3		

Scénario 1	L_{lf}	L_{NE}	N
P1 (camp cri)	6.7	-58.1	0.00

Construction scénario 2	Ld 15h/dB (Z)	31Hz	dB(Z)	63Hz	dB(Z)	125Hz	dB(Z)	250Hz	dB(Z)	500Hz	dB(Z)	1kHz	dB(Z)	2kHz	dB(Z)	4kHz	dB(Z)	8kHz	dB(Z)	16kHz	dB(Z)
P1 (camp cri)	22.3		-20.3		3.9		13.1		16.8		19.3		11.3		-16.9		-79.2		-81.3		

Scénario 2	L_{lf}	L_{NE}	N
P1 (camp cri)	3.9	-63.6	0.00

Construction scénario 3	Ld 15h/dB (Z)	31Hz	dB(Z)	63Hz	dB(Z)	125Hz	dB(Z)	250Hz	dB(Z)	500Hz	dB(Z)	1kHz	dB(Z)	2kHz	dB(Z)	4kHz	dB(Z)	8kHz	dB(Z)	16kHz	dB(Z)
P1 (camp cri)	22.0		-24.5		4.6		12.9		16		19		11.2		-17		-79.2		-81.3		

Scénario 3	L_{lf}	L_{NE}	N
P1 (camp cri)	4.6	-62.2	0.00

Construction scénario 4	Ld 15h/dB (Z)	31Hz	dB(Z)	63Hz	dB(Z)	125Hz	dB(Z)	250Hz	dB(Z)	500Hz	dB(Z)	1kHz	dB(Z)	2kHz	dB(Z)	4kHz	dB(Z)	8kHz	dB(Z)	16kHz	dB(Z)
P1 (camp cri)	21.8		-24.9		3.8		12.8		15.9		18.9		11		-17.3		-79.2		-81.3		

Scénario 4	L_{lf}	L_{NE}	N
P1 (camp cri)	3.8	-63.8	0.00

$L_{lf} = 10*LOG(10^{\wedge(L31hz/10)}+10^{\wedge(L63hz/10)})$

$L_{NE} = 2*(L_{lf}-65) + 55 + 10log\ (Temps\ sec/1)$

$N = T\ (10^{\ 0.1(2*Llf\ -\ 169)})$

Calcul terme correctif Ks (basse fréquence)
selon ANSI S12.9

Exploitation scénario 1	Ld 15h/dB (Z)	31Hz dB(Z)	63Hz dB(Z)	125Hz dB(Z)	250Hz dB(Z)	500Hz dB(Z)	1kHz dB(Z)	2kHz dB(Z)	4kHz dB(Z)	8kHz dB(Z)	16kHz dB(Z)
P1 (camp cri)	10.4										

Scénario 1	L_{lf}	L_{NE}	N
P1 (camp cri)	3.0	-65.4	0.00

Exploitation scénario 2	Ld 15h/dB (Z)	31Hz dB(Z)	63Hz dB(Z)	125Hz dB(Z)	250Hz dB(Z)	500Hz dB(Z)	1kHz dB(Z)	2kHz dB(Z)	4kHz dB(Z)	8kHz dB(Z)	16kHz dB(Z)
P1 (camp cri)	10.4										

Scénario 2	L_{lf}	L_{NE}	N
P1 (camp cri)	3.0	-65.4	0.00

$L_{lf} = 10*LOG(10^{\wedge(L31hz/10)}+10^{\wedge(L63hz/10)})$

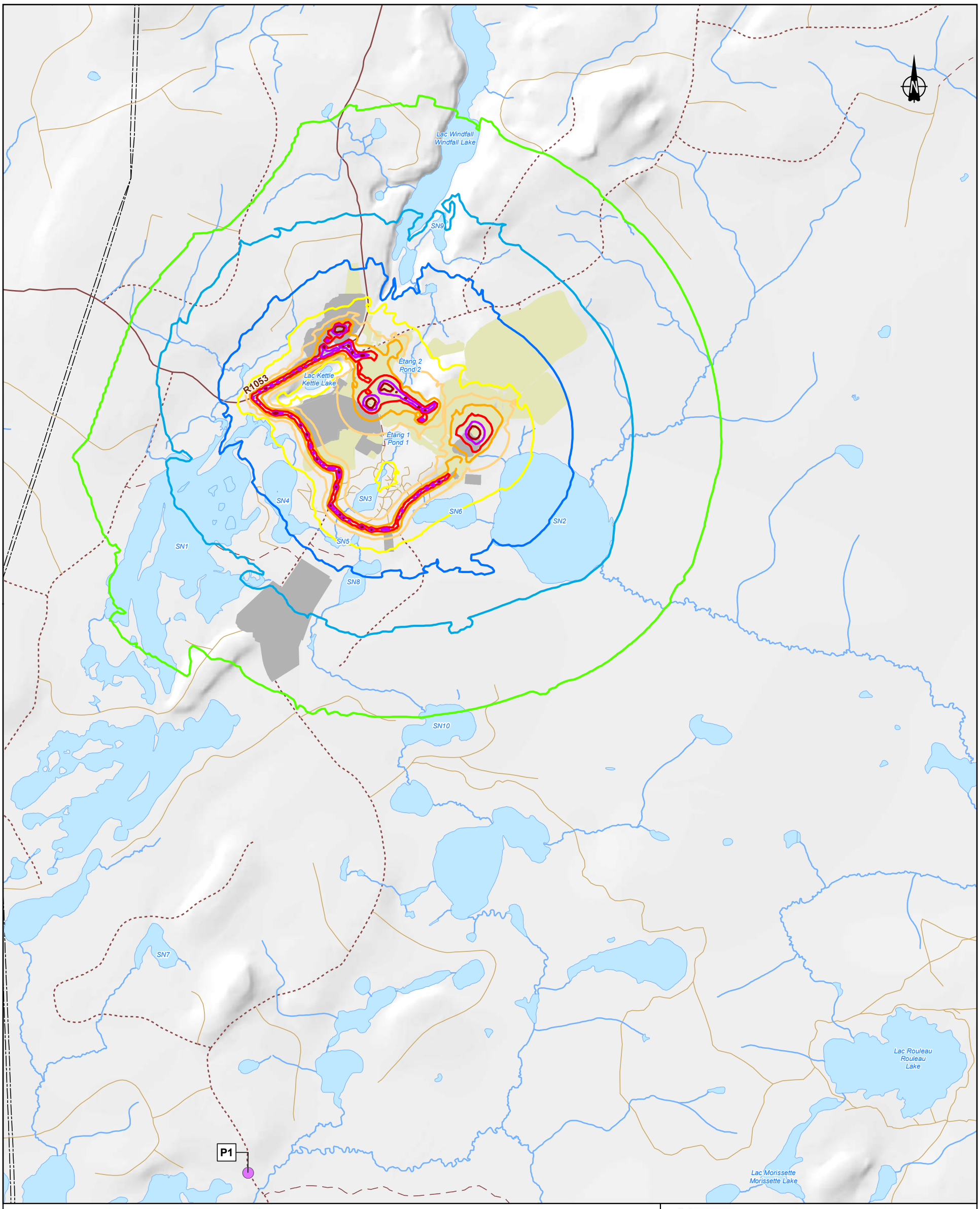
$L_{NE} = 2*(L_{lf}-65) + 55 + 10log\ (Temps\ sec/1)$

$N = T\ (10^{\ 0.1(2*Llf\ -\ 169)})$

ANNEXE

E

PROPAGATION SONORE, SCÉNARIOS DE CONSTRUCTION ET D'EXPLOITATION



Niveau sonore simulé à 1,5m avec le logiciel CadnaA 2023 /
Simulated noise level at 1.5m with CadnaA 2023 software

- Leq(1h) 40 dB(A)
- Leq(1h) 45 dB(A)
- Leq(1h) 50 dB(A)
- Leq(1h) 55 dB(A)
- Leq(1h) 60 dB(A)
- Leq(1h) 65 dB(A)
- Leq(1h) 70 dB(A)
- Leq(1h) 75 dB(A)
- Leq(1h) 80 dB(A)

Critères de bruit :
Jour : 55 dBA $L_{eq,\ 12h}$
Soir : 55 dBA $L_{eq,\ 3h}$
Nuit : 45 dBA $L_{eq,\ 1h}$

Inventaire du climat sonore / *Soundscape Inventory*

- Point récepteur bruit et vibration / *Receptor Point for Noise and Vibration*

Infrastructures / *Infrastrutures*

- Ligne de transport d'énergie électrique / *Electric Power Transmission Line*
- Infrastructure minière projeté / *Projected Mining Infrastructure*
- Infrastructure minière existante / *Existing Mining Infrastructure*

Routes /*Roads*

- Route forestière secondaire / *Secondary Forest Road*
- Route forestière tertiaire / *Tertiary Forest*
- Sentier / *Trail*
- Chemin d'hiver / *Winter Road*

WINDFALL GROUPE MINES

Projet minier Windfall - Rapport Sectoriel - Ambiance sonore et vibrations - Révision 1/
Windfall mining Project - Sectoral Report - Sound environment and vibration - Review 1

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 3 / *Map 3*
Propagation sonore phase de construction - Scénario 1 – Jour
Sound Propagation Construction Phase - Scenario 1 – Day

Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
MERN, AQréseau+, réseau routier, 2020

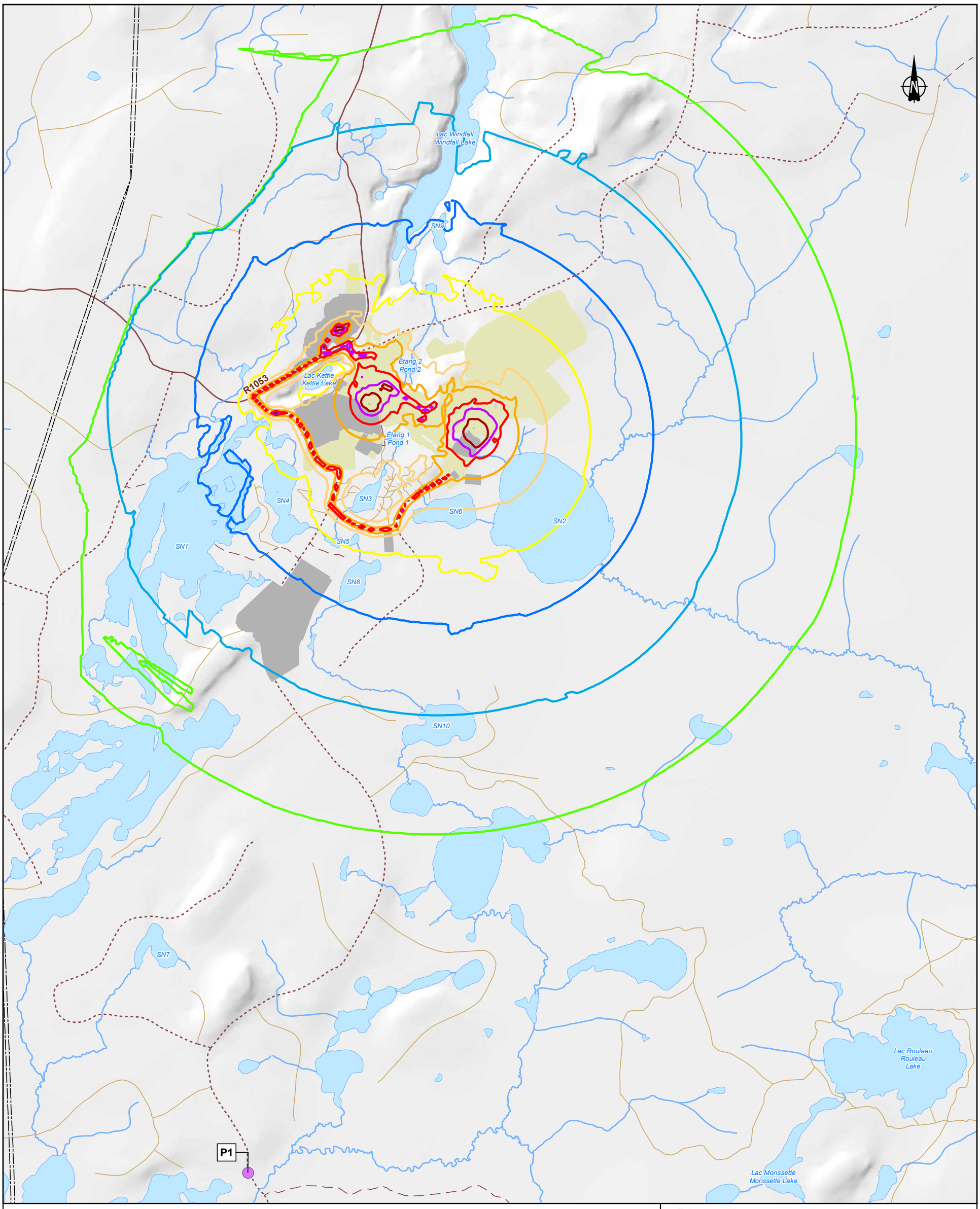
0 300 600 m
MTM, Fuseau 9 / *Zone 9*, NAD83

2023-12-04

Préparée par / Preparation : S. Pepin
Dessinée par / Drawing : C. Pierre
Vérifiée par / Verification : M-H. Brisson
CA0004658_7070_MAJ_C3_19_272_A1-5_propa_231204.mxd

wsp

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. /
Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.



Niveau sonore simulé à 1,5m avec le logiciel CadnaA 2023 /
Simulated noise level at 1.5m with CadnaA 2023 software

- Leq(1h) 40 dB(A)
- Leq(1h) 45 dB(A)
- Leq(1h) 50 dB(A)
- Leq(1h) 55 dB(A)
- Leq(1h) 60 dB(A)
- Leq(1h) 65 dB(A)
- Leq(1h) 70 dB(A)
- Leq(1h) 75 dB(A)
- Leq(1h) 80 dB(A)

Inventaire du climat sonore / ***Soundscape Inventory***

- Point récepteur bruit et vibration / *Receptor Point for Noise and Vibration*

Infrastructures / ***Infrastrutures***

- Ligne de transport d'énergie électrique / *Electric Power Transmission Line*
- Infrastructure minière projeté / *Projected Mining Infrastructure*
- Infrastructure minière existante / *Existing Mining Infrastructure*

Routes /*Roads*

- Route forestière secondaire / *Secondary Forest Road*
- Route forestière tertiaire / *Tertiary Forest*
- Sentier / *Trail*
- Chemin d'hiver / *Winter Road*

Projet minier Windfall - Rapport Sectoriel - Ambiance sonore et vibrations - Révision 1/
Windfall mining Project - Sectoral Report - Sound environment and vibration - Review 1

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 4 / ***Map 4***
Propagation sonore phase de construction - Scénario 1 - L_{dn}
Sound Propagation Construction Phase - Scenario 1 - L_{dn}

Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
MERN, AQréseau+, réseau routier, 2020

0 300 600 m

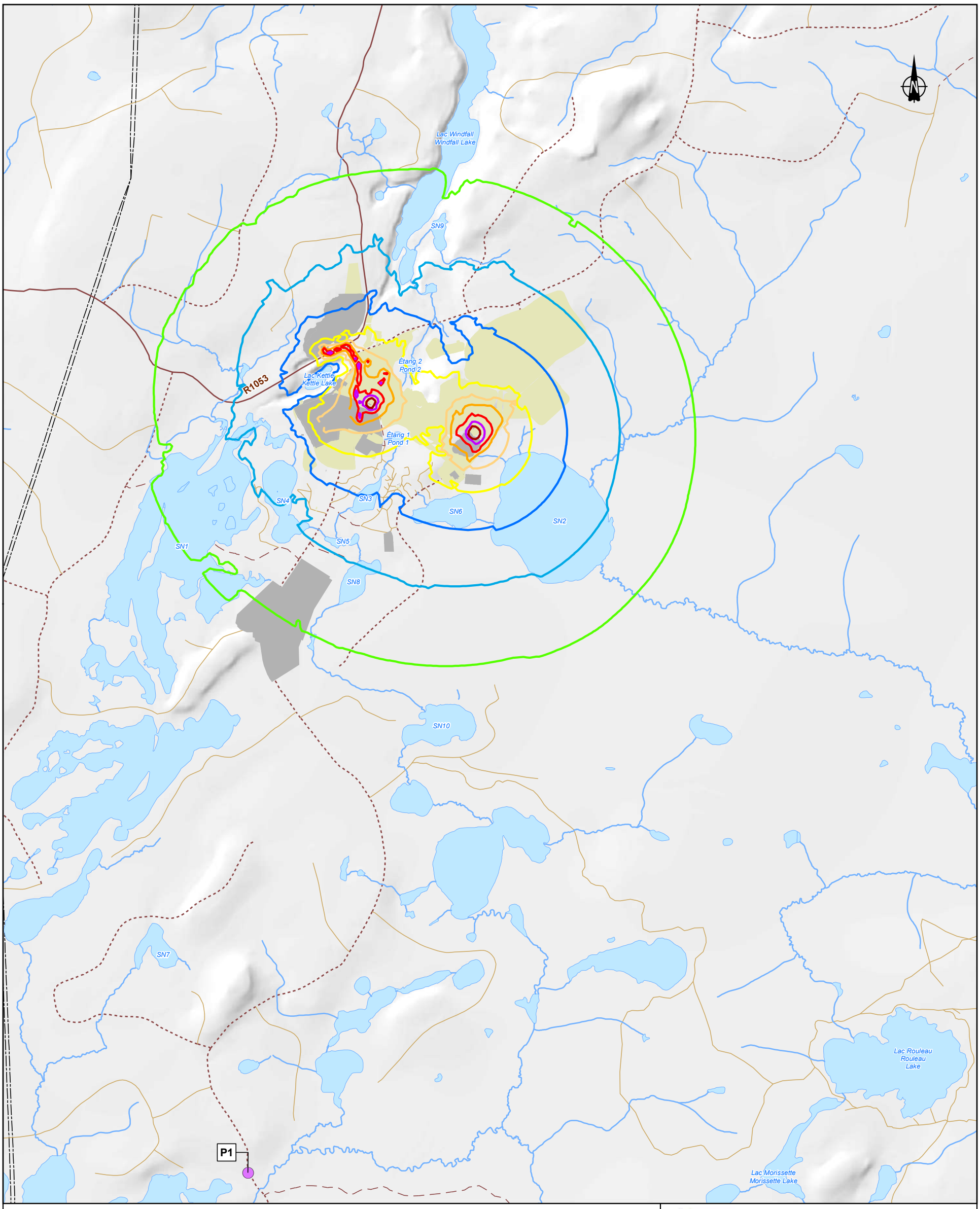
MTM, Fuseau 9 / *Zone 9*, NAD83

2023-12-04

Préparée par / Preparation : S. Pepin
Dessinée par / Drawing : C. Pierre
Vérifiée par / Verification : M-H. Brisson

CA0004658_7070_MAJ_C3_19_272_A1-5_propa_231204.mxd

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. /
Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.



Niveau sonore simulé à 1,5m avec le logiciel CadnaA 2023 /
Simulated noise level at 1.5m with CadnaA 2023 software

- Leq(1h) 40 dB(A)
- Leq(1h) 45 dB(A)
- Leq(1h) 50 dB(A)
- Leq(1h) 55 dB(A)
- Leq(1h) 60 dB(A)
- Leq(1h) 65 dB(A)
- Leq(1h) 70 dB(A)
- Leq(1h) 75 dB(A)
- Leq(1h) 80 dB(A)

Critères de bruit :
Jour : 55 dBA $L_{eq,\ 12h}$
Soir : 55 dBA $L_{eq,\ 3h}$
Nuit : 45 dBA $L_{eq,\ 1h}$

Inventaire du climat sonore / *Soundscape Inventory*

- Point récepteur bruit et vibration / *Receptor Point for Noise and Vibration*

Infrastructures / *Infrastrutures*

- Ligne de transport d'énergie électrique / *Electric Power Transmission Line*
- Infrastructure minière projeté / *Projected Mining Infrastructure*
- Infrastructure minière existante / *Existing Mining Infrastructure*

Routes /*Roads*

- Route forestière secondaire / *Secondary Forest Road*
- Route forestière tertiaire / *Tertiary Forest*
- Sentier / *Trail*
- Chemin d'hiver / *Winter Road*

Projet minier Windfall - Rapport Sectoriel - Ambiance sonore et vibrations - Révision 1/
Windfall mining Project - Sectoral Report - Sound environment and vibration - Review 1

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 5 / *Map 5*
Propagation sonore phase de construction - Scénario 2 - Jour
Sound Propagation Construction Phase - Scenario 2 - Day

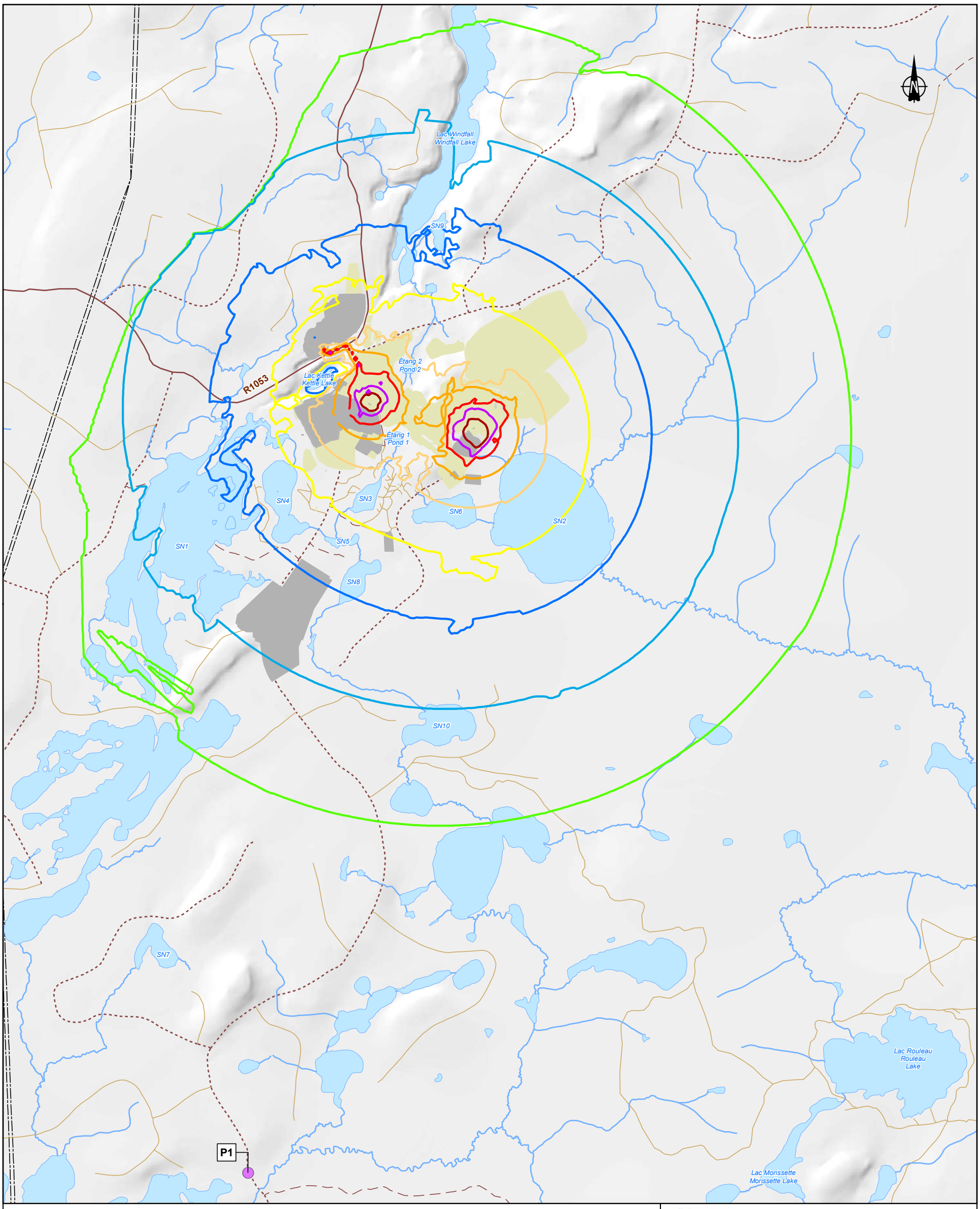
Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
MERN, AQréseau+, réseau routier, 2020

0 300 600 m
MTM, Fuseau 9 / *Zone 9*, NAD83

2023-12-04

Préparée par / Preparation : S. Pepin
Dessinée par / Drawing : C. Pierre
Vérifiée par / Verification : M-H. Brisson
CA0004658_7070_MAJ_C3_19_272_A1-5_propa_231204.mxd

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. /
Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.



Niveau sonore simulé à 1,5m avec le logiciel CadnaA 2023 /
Simulated noise level at 1.5m with CadnaA 2023 software

- Leq(1h) 40 dB(A)
- Leq(1h) 45 dB(A)
- Leq(1h) 50 dB(A)
- Leq(1h) 55 dB(A)
- Leq(1h) 60 dB(A)
- Leq(1h) 65 dB(A)
- Leq(1h) 70 dB(A)
- Leq(1h) 75 dB(A)
- Leq(1h) 80 dB(A)

Inventaire du climat sonore / *Soundscape Inventory*

- Point récepteur bruit et vibration / *Receptor Point for Noise and Vibration*

Infrastructures / *Infrastrutures*

- Ligne de transport d'énergie électrique / *Electric Power Transmission Line*
- Infrastructure minière projeté / *Projected Mining Infrastructure*
- Infrastructure minière existante / *Existing Mining Infrastructure*

Routes /*Roads*

- Route forestière secondaire / *Secondary Forest Road*
- Route forestière tertiaire / *Tertiary Forest*
- Sentier / *Trail*
- Chemin d'hiver / *Winter Road*

Projet minier Windfall - Rapport Sectoriel - Ambiance sonore et vibrations - Révision 1/
Windfall mining Project - Sectoral Report - Sound environment and vibration - Review 1

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 6 / *Map 6*
Propagation sonore phase de construction - Scénario 2 - L_{dn}
Sound Propagation Construction Phase - Scenario 2 - L_{dn}

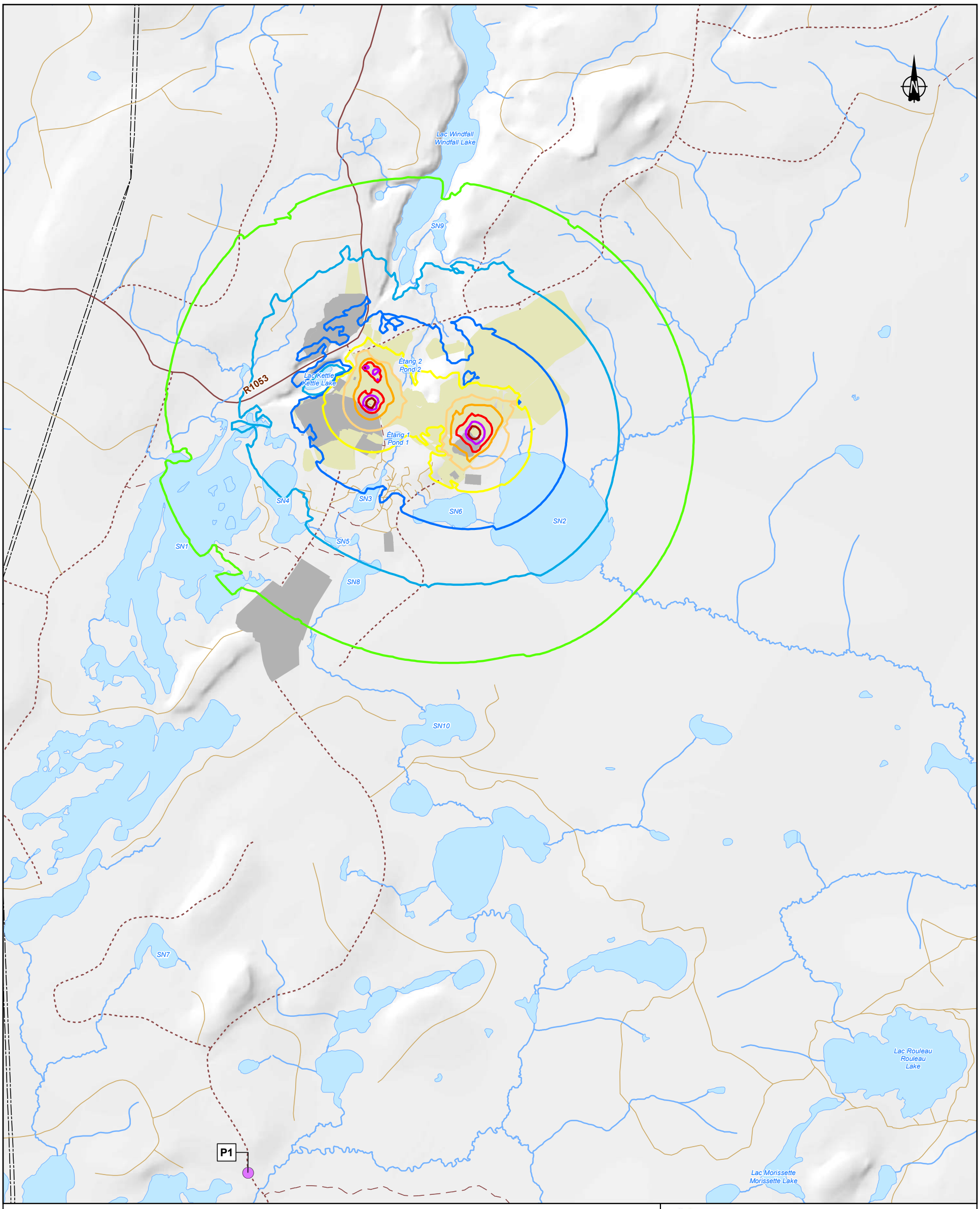
Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
MERN, AQréseau+, réseau routier, 2020

0 300 600 m
MTM, Fuseau 9 / *Zone 9*, NAD83

2023-12-04

Préparée par / Preparation : S. Pepin
Dessinée par / Drawing : C. Pierre
Vérifiée par / Verification : M-H. Brisson
CA0004658_7070_MAJ_C3_19_272_A1-5_propa_231204.mxd

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. / Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.



Niveau sonore simulé à 1,5m avec le logiciel CadnaA 2023 /
Simulated noise level at 1.5m with CadnaA 2023 software

- Leq(1h) 40 dB(A)
- Leq(1h) 45 dB(A)
- Leq(1h) 50 dB(A)
- Leq(1h) 55 dB(A)
- Leq(1h) 60 dB(A)
- Leq(1h) 65 dB(A)
- Leq(1h) 70 dB(A)
- Leq(1h) 75 dB(A)
- Leq(1h) 80 dB(A)

Critères de bruit :
Jour : 55 dBA $L_{eq,\ 12h}$
Soir : 55 dBA $L_{eq,\ 3h}$
Nuit : 45 dBA $L_{eq,\ 1h}$

Inventaire du climat sonore / *Soundscape Inventory*

- Point récepteur bruit et vibration / *Receptor Point for Noise and Vibration*

Infrastructures / *Infrastrutures*

- Ligne de transport d'énergie électrique / *Electric Power Transmission Line*
- Infrastructure minière projeté / *Projected Mining Infrastructure*
- Infrastructure minière existante / *Existing Mining Infrastructure*

Routes /*Roads*

- Route forestière secondaire / *Secondary Forest Road*
- Route forestière tertiaire / *Tertiary Forest*
- Sentier / *Trail*
- Chemin d'hiver / *Winter Road*

Projet minier Windfall - Rapport Sectoriel - Ambiance sonore et vibrations - Révision 1/
Windfall mining Project - Sectoral Report - Sound environment and vibration - Review 1

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 7 / *Map 7*
Propagation sonore phase de construction - Scénario 3 - Jour
Sound Propagation Construction Phase - Scenario 3 - Day

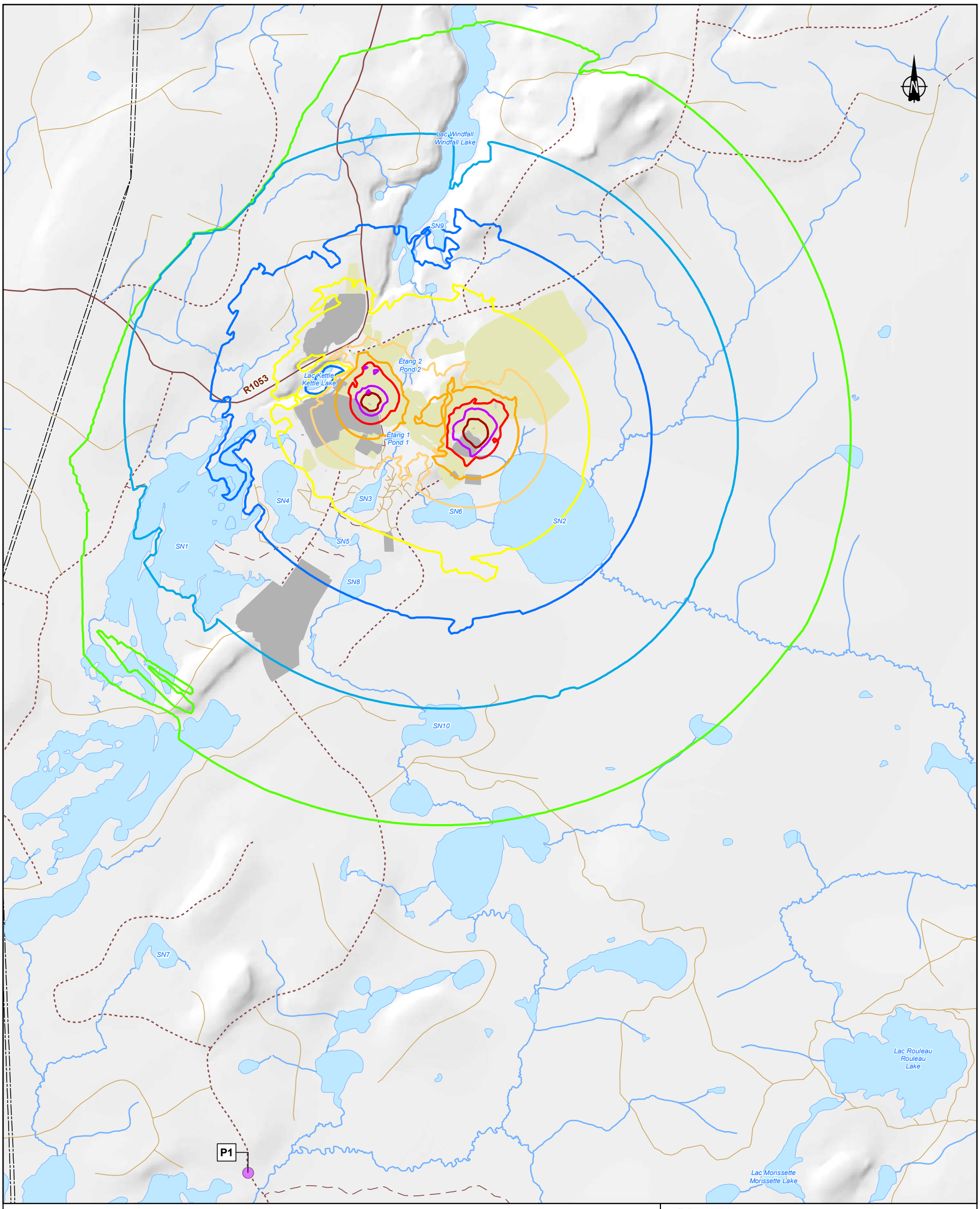
Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
MERN, AQréseau+, réseau routier, 2020

0 300 600 m
MTM, Fuseau 9 / *Zone 9*, NAD83

2023-12-04

Préparée par / Preparation : S. Pepin
Dessinée par / Drawing : C. Pierre
Vérifiée par / Verification : M-H. Brisson
CA0004658_7070_MAJ_C3_19_272_A1-5_propa_231204.mxd

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. /
Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.



Niveau sonore simulé à 1,5m avec le logiciel CadnaA 2023 /
Simulated noise level at 1.5m with CadnaA 2023 software

- Leq(1h) 40 dB(A)
- Leq(1h) 45 dB(A)
- Leq(1h) 50 dB(A)
- Leq(1h) 55 dB(A)
- Leq(1h) 60 dB(A)
- Leq(1h) 65 dB(A)
- Leq(1h) 70 dB(A)
- Leq(1h) 75 dB(A)
- Leq(1h) 80 dB(A)

Inventaire du climat sonore / ***Soundscape Inventory***

- Point récepteur bruit et vibration / *Receptor Point for Noise and Vibration*

Infrastructures / ***Infrastrutures***

- Ligne de transport d'énergie électrique / *Electric Power Transmission Line*
- Infrastructure minière projeté / *Projected Mining Infrastructure*
- Infrastructure minière existante / *Existing Mining Infrastructure*

Routes /*Roads*

- Route forestière secondaire / *Secondary Forest Road*
- Route forestière tertiaire / *Tertiary Forest*
- Sentier / *Trail*
- Chemin d'hiver / *Winter Road*

Projet minier Windfall - Rapport Sectoriel - Ambiance sonore et vibrations - Révision 1/
Windfall mining Project - Sectoral Report - Sound environment and vibration - Review 1

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 8 / ***Map 8***
Propagation sonore phase de construction - Scénario 3 - L_{dn}
Sound Propagation Construction Phase - Scenario 3 - L_{dn}

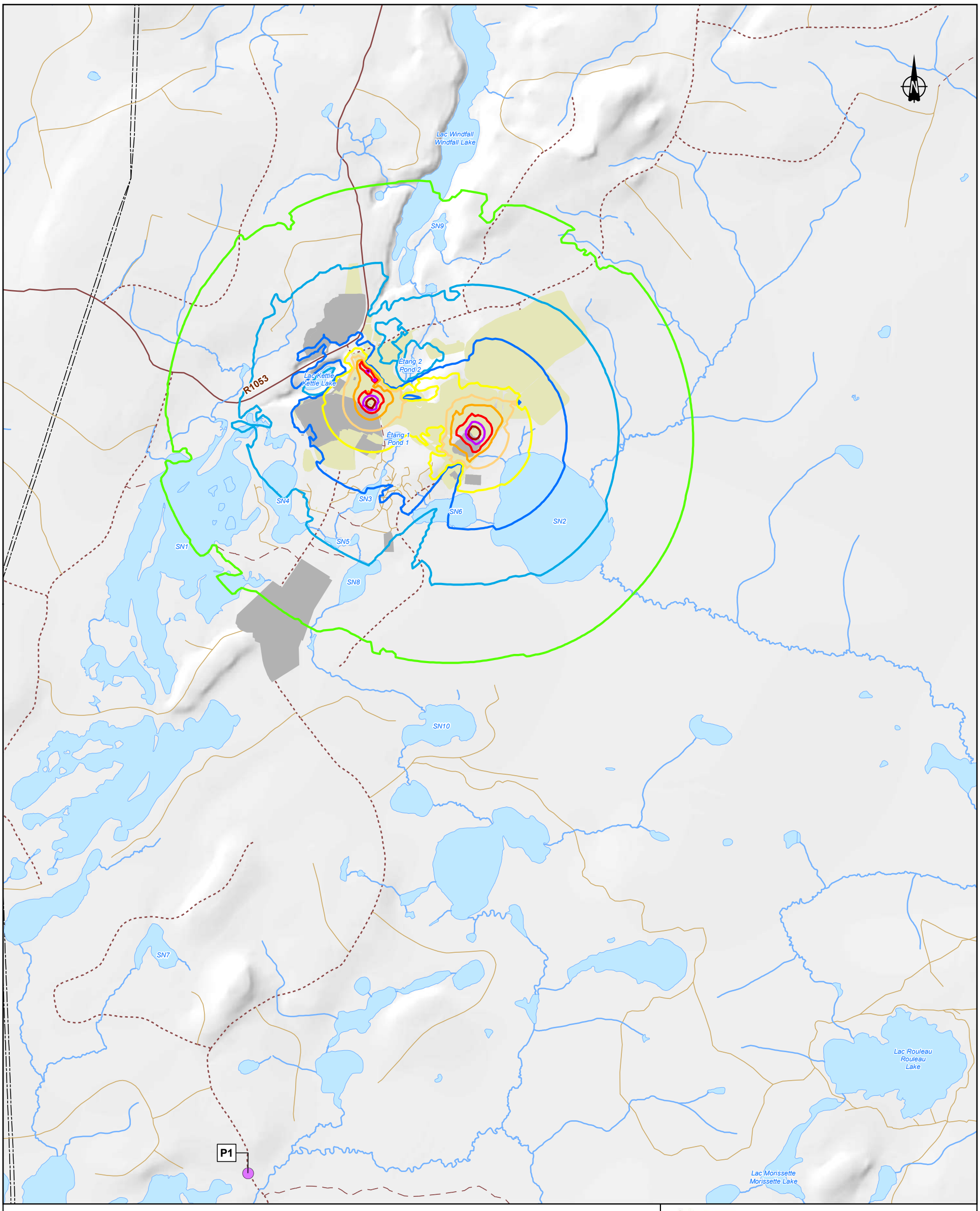
Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
MERN, AQréseau+, réseau routier, 2020

0 300 600 m
MTM, Fuseau 9 / *Zone 9*, NAD83

2023-12-04

Préparée par / Preparation : S. Pepin
Dessinée par / Drawing : C. Pierre
Vérifiée par / Verification : M-H. Brisson
CA0004658_7070_MAJ_C3_19_272_A1-5_propa_231204.mxd

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. /
Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.



Niveau sonore simulé à 1,5m avec le logiciel CadnaA 2023 /
Simulated noise level at 1.5m with CadnaA 2023 software

- Leq(1h) 40 dB(A)
- Leq(1h) 45 dB(A)
- Leq(1h) 50 dB(A)
- Leq(1h) 55 dB(A)
- Leq(1h) 60 dB(A)
- Leq(1h) 65 dB(A)
- Leq(1h) 70 dB(A)
- Leq(1h) 75 dB(A)
- Leq(1h) 80 dB(A)

Critères de bruit :
Jour : 55 dBA $L_{eq,\ 12h}$
Soir : 55 dBA $L_{eq,\ 3h}$
Nuit : 45 dBA $L_{eq,\ 1h}$

Inventaire du climat sonore / *Soundscape Inventory*

- Point récepteur bruit et vibration / *Receptor Point for Noise and Vibration*

Infrastructures / *Infrastrutures*

- Ligne de transport d'énergie électrique / *Electric Power Transmission Line*
- Infrastructure minière projeté / *Projected Mining Infrastructure*
- Infrastructure minière existante / *Existing Mining Infrastructure*

Routes /*Roads*

- Route forestière secondaire / *Secondary Forest Road*
- Route forestière tertiaire / *Tertiary Forest*
- Sentier / *Trail*
- Chemin d'hiver / *Winter Road*

Projet minier Windfall - Rapport Sectoriel - Ambiance sonore et vibrations - Révision 1/
Windfall mining Project - Sectoral Report - Sound environment and vibration - Review 1

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 9 / *Map 9*
Propagation sonore phase de construction - Scénario 4 - Jour
Sound Propagation Construction Phase - Scenario 4 - Day

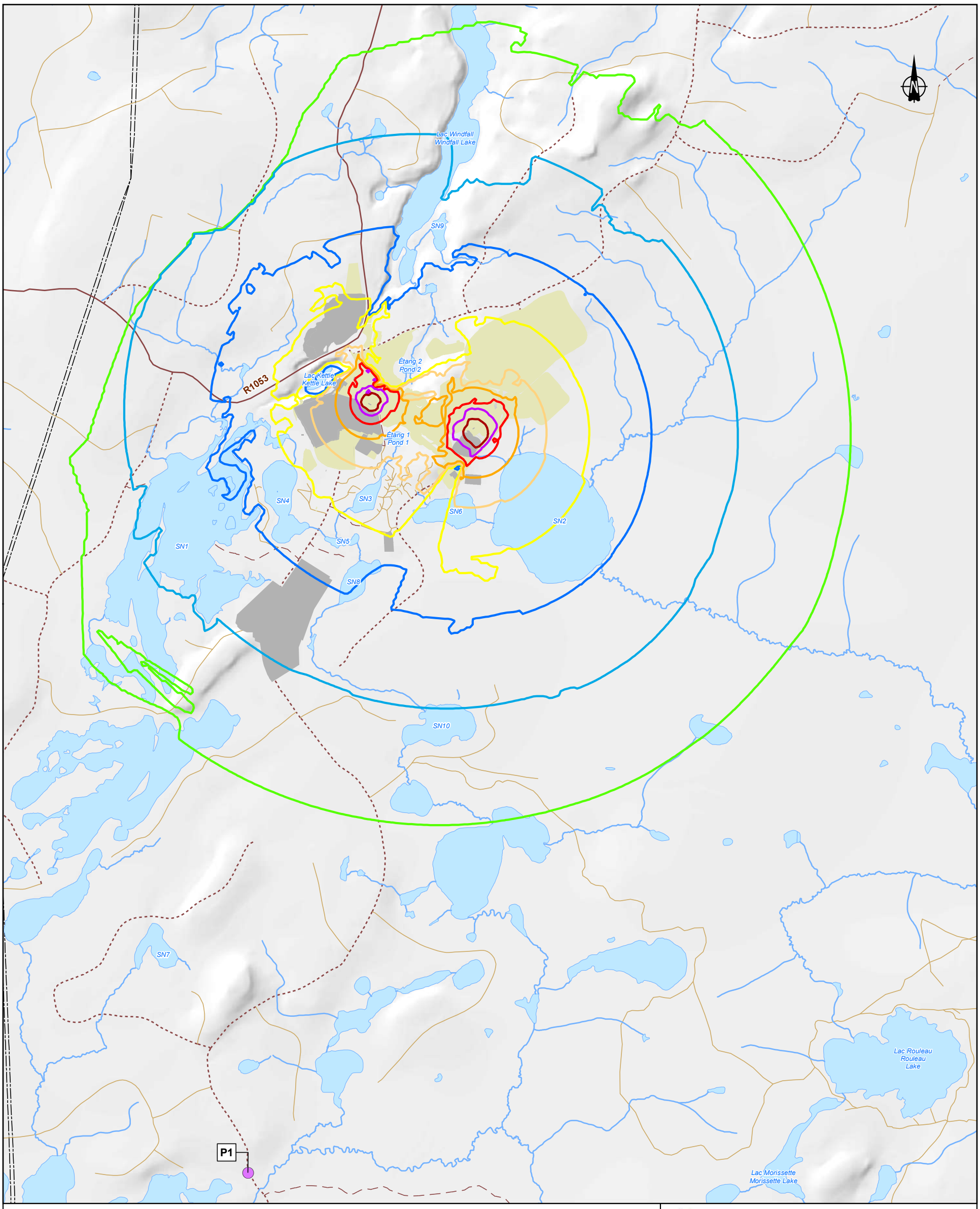
Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
MERN, AQréseau+, réseau routier, 2020

0 300 600 m
MTM, Fuseau 9 / *Zone 9*, NAD83

2023-12-04

Préparée par / Preparation : S. Pepin
Dessinée par / Drawing : C. Pierre
Vérifiée par / Verification : M-H. Brisson
CA0004658_7070_MAJ_C3_19_272_A1-5_propa_231204.mxd

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. /
Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.



Niveau sonore simulé à 1,5m avec le logiciel CadnaA 2023 /
Simulated noise level at 1.5m with CadnaA 2023 software

- Leq(1h) 40 dB(A)
- Leq(1h) 45 dB(A)
- Leq(1h) 50 dB(A)
- Leq(1h) 55 dB(A)
- Leq(1h) 60 dB(A)
- Leq(1h) 65 dB(A)
- Leq(1h) 70 dB(A)
- Leq(1h) 75 dB(A)
- Leq(1h) 80 dB(A)

Inventaire du climat sonore / *Soundscape Inventory*

- Point récepteur bruit et vibration / *Receptor Point for Noise and Vibration*

Infrastructures / *Infrastrutures*

- Ligne de transport d'énergie électrique / *Electric Power Transmission Line*
- Infrastructure minière projeté / *Projected Mining Infrastructure*
- Infrastructure minière existante / *Existing Mining Infrastructure*

Routes /*Roads*

- Route forestière secondaire / *Secondary Forest Road*
- Route forestière tertiaire / *Tertiary Forest*
- Sentier / *Trail*
- Chemin d'hiver / *Winter Road*

Projet minier Windfall - Rapport Sectoriel - Ambiance sonore et vibrations - Révision 1/
Windfall mining Project - Sectoral Report - Sound environment and vibration - Review 1

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 10 / *Map 10*
Propagation sonore phase de construction - Scénario 4 - L_{dn}
Sound Propagation Construction Phase - Scenario 4 - L_{dn}

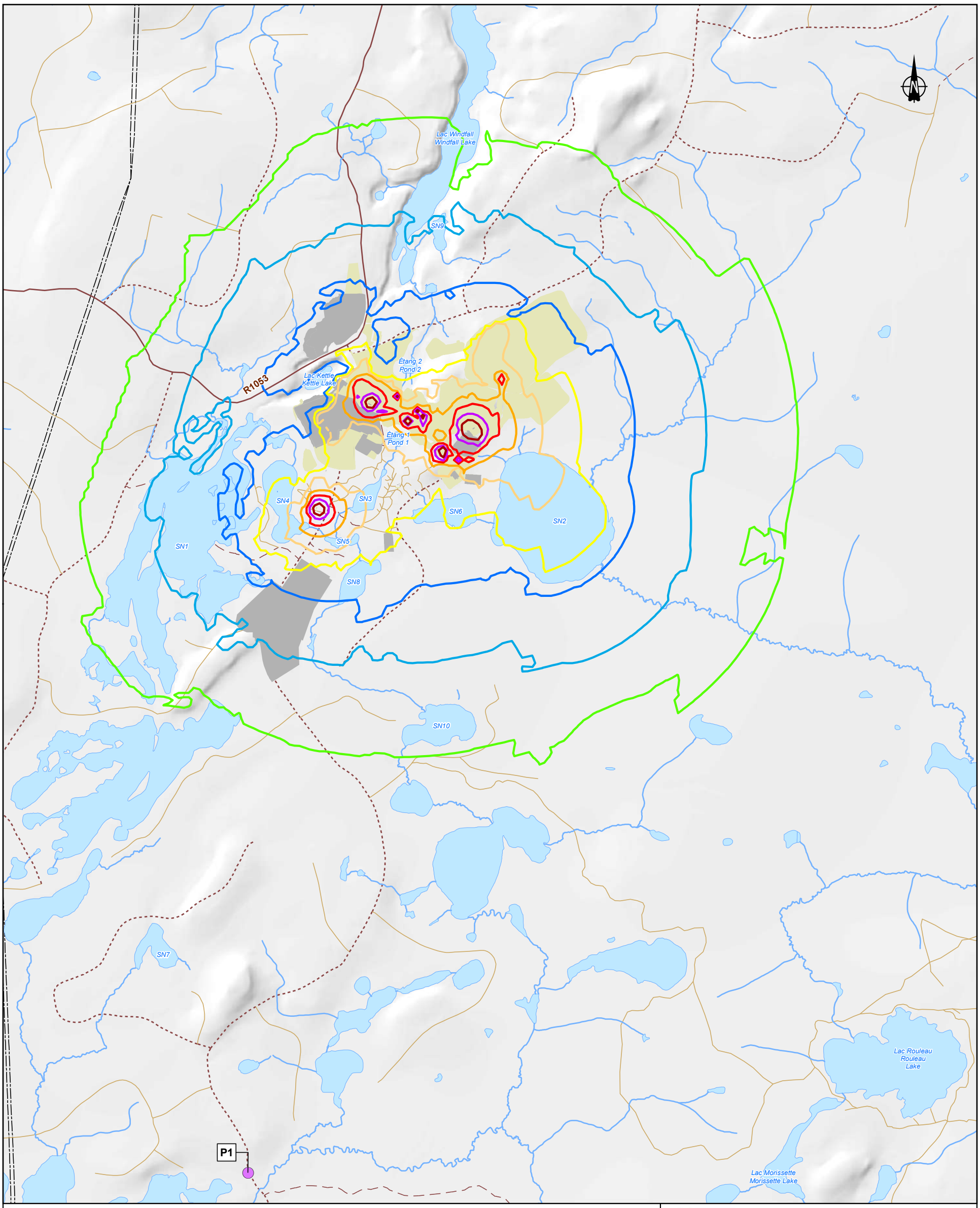
Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
MERN, AQréseau+, réseau routier, 2020

0 300 600 m
MTM, Fuseau 9 / *Zone 9*, NAD83

2023-12-04

Préparée par / Preparation : S. Pepin
Dessinée par / Drawing : C. Pierre
Vérifiée par / Verification : M-H. Brisson
CA0004658_7070_MAJ_C3_19_272_A1-5_propa_231204.mxd

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. /
Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.



Niveau sonore simulé à 1,5m avec le logiciel CadnaA 2023 /
Simulated noise level at 1.5m with CadnaA 2023 software

- Leq(1h) 40 dB(A)
- Leq(1h) 45 dB(A)
- Leq(1h) 50 dB(A)
- Leq(1h) 55 dB(A)
- Leq(1h) 60 dB(A)
- Leq(1h) 65 dB(A)
- Leq(1h) 70 dB(A)
- Leq(1h) 75 dB(A)
- Leq(1h) 80 dB(A)

Critères de bruit :
Jour : 55 dBA $L_{eq,\ 1h}$
Nuit : 50 dBA $L_{eq,\ 1h}$

Inventaire du climat sonore / *Soundscape Inventory*

- Point récepteur bruit et vibration / *Receptor Point for Noise and Vibration*

Infrastructures / *Infrastrutures*

- Ligne de transport d'énergie électrique / *Electric Power Transmission Line*
- Infrastructure minière projeté / *Projected Mining Infrastructure*
- Infrastructure minière existante / *Existing Mining Infrastructure*

Routes /*Roads*

- Route forestière secondaire / *Secondary Forest Road*
- Route forestière tertiaire / *Tertiary Forest*
- Sentier / *Trail*
- Chemin d'hiver / *Winter Road*

Projet minier Windfall - Rapport Sectoriel - Ambiance sonore et vibrations - Révision 1/
Windfall mining Project - Sectoral Report - Sound environment and vibration - Review 1

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 11 / *Map 11*
Propagation sonore phase d'exploitation
Scénario 1 - Jour
Sound Propagation Operation Phase - Scenario 1 - Day

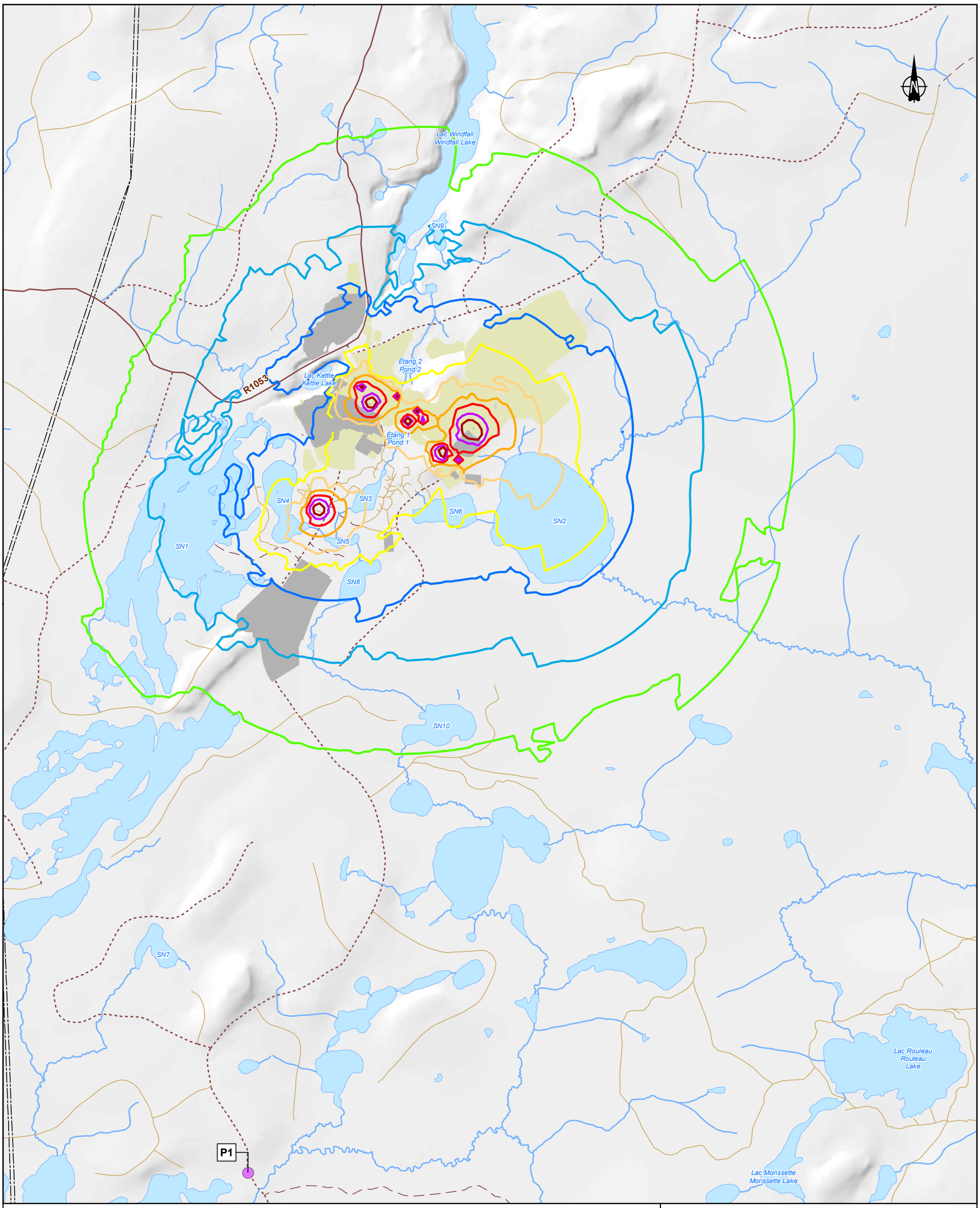
Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
MERN, AQréseau+, réseau routier, 2020

0 300 600 m
MTM, Fuseau 9 / *Zone 9*, NAD83

2023-12-04

Préparée par / Preparation : S. Pepin
Dessinée par / Drawing : C. Pierre
Vérifiée par / Verification : M-H. Brisson
CA0004658_7070_MAJ_C3_19_272_A1-5_propa_231204.mxd

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. / Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.



Niveau sonore simulé à 1,5m avec le logiciel CadnaA 2023 /
Simulated noise level at 1.5m with CadnaA 2023 software

- Leq(1h) 40 dB(A)
- Leq(1h) 45 dB(A)
- Leq(1h) 50 dB(A)
- Leq(1h) 55 dB(A)
- Leq(1h) 60 dB(A)
- Leq(1h) 65 dB(A)
- Leq(1h) 70 dB(A)
- Leq(1h) 75 dB(A)
- Leq(1h) 80 dB(A)

Critères de bruit :
Jour : 55 dBA $L_{eq,\ 1h}$
Nuit : 50 dBA $L_{eq,\ 1h}$

Inventaire du climat sonore / *Soundscape Inventory*

- Point récepteur bruit et vibration / *Receptor Point for Noise and Vibration*

Infrastructures / *Infrastrutures*

- Ligne de transport d'énergie électrique / *Electric Power Transmission Line*
- Infrastructure minière projeté / *Projected Mining Infrastructure*
- Infrastructure minière existante / *Existing Mining Infrastructure*

Routes /*Roads*

- Route forestière secondaire / *Secondary Forest Road*
- Route forestière tertiaire / *Tertiary Forest*
- Sentier / *Trail*
- Chemin d'hiver / *Winter Road*

Projet minier Windfall - Rapport Sectoriel - Ambiance sonore et vibrations - Révision 1/
Windfall mining Project - Sectoral Report - Sound environment and vibration - Review 1

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 12 / *Map 12*
Propagation sonore phase d'exploitation
Scénario 1 - Nuit
Sound Propagation Operation Phase - Scenario 1 - Night

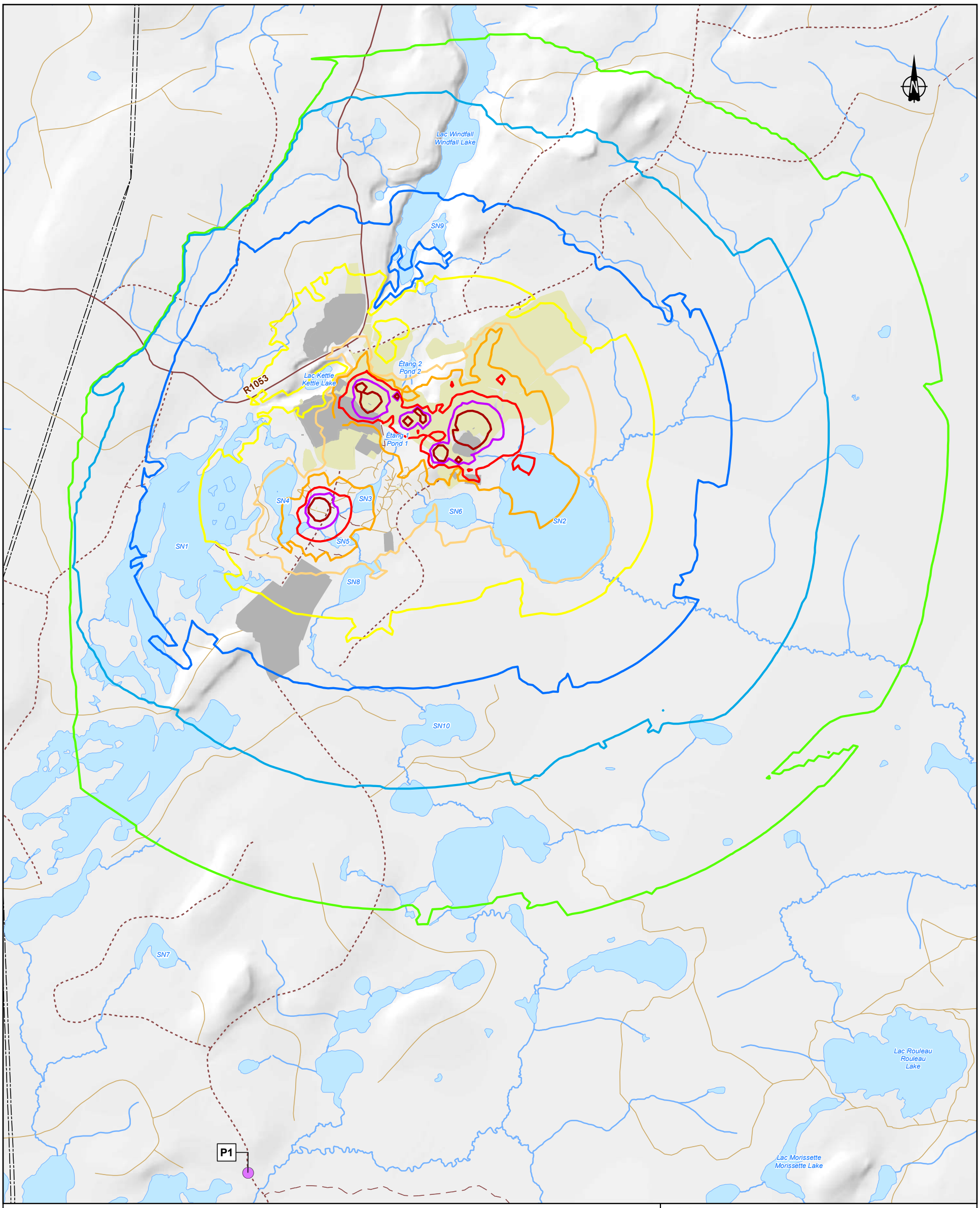
Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
MERN, AQréseau+, réseau routier, 2020

0 300 600 m
MTM, Fuseau 9 / *Zone 9*, NAD83

2023-12-04

Préparée par / Preparation : S. Pepin
Dessinée par / Drawing : C. Pierre
Vérifiée par / Verification : M-H. Brisson
CA0004658_7070_MAJ_C3_19_272_A1-5_propa_231204.mxd

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. /
Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.



Niveau sonore simulé à 1,5m avec le logiciel CadnaA 2023 /
Simulated noise level at 1.5m with CadnaA 2023 software

- Leq(1h) 40 dB(A)
- Leq(1h) 45 dB(A)
- Leq(1h) 50 dB(A)
- Leq(1h) 55 dB(A)
- Leq(1h) 60 dB(A)
- Leq(1h) 65 dB(A)
- Leq(1h) 70 dB(A)
- Leq(1h) 75 dB(A)
- Leq(1h) 80 dB(A)

Inventaire du climat sonore / *Soundscape Inventory*

- Point récepteur bruit et vibration / *Receptor Point for Noise and Vibration*

Infrastructures / *Infrastrutures*

- Ligne de transport d'énergie électrique / *Electric Power Transmission Line*
- Infrastructure minière projeté / *Projected Mining Infrastructure*
- Infrastructure minière existante / *Existing Mining Infrastructure*

Routes /*Roads*

- Route forestière secondaire / *Secondary Forest Road*
- Route forestière tertiaire / *Tertiary Forest*
- Sentier / *Trail*
- Chemin d'hiver / *Winter Road*

Projet minier Windfall - Rapport Sectoriel - Ambiance sonore et vibrations - Révision 1/
Windfall mining Project - Sectoral Report - Sound environment and vibration - Review 1

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 13 / *Map 13*
Propagation sonore phase d'exploitation
Scénario 1 - L_{dn}
Sound Propagation Operation Phase - scenario 1 - L_{dn}

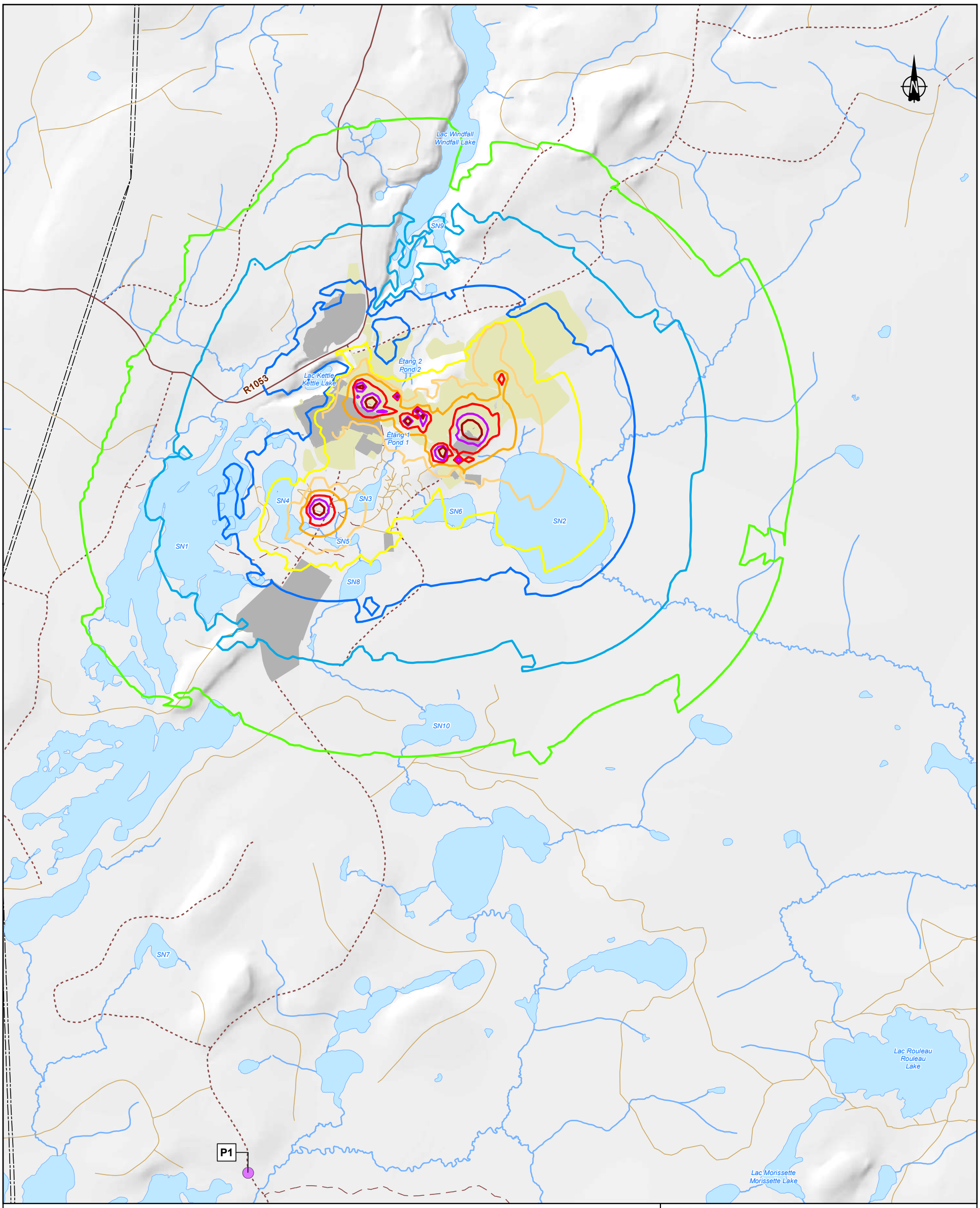
Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
MERN, AQréseau+, réseau routier, 2020

0 300 600 m
MTM, Fuseau 9 / *Zone 9*, NAD83

2023-12-04

Préparée par / Preparation : S. Pepin
Dessinée par / Drawing : C. Pierre
Vérifiée par / Verification : M-H. Brisson
CA0004658_7070_MAJ_C3_19_272_A1-5_propa_231204.mxd

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. / Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.



Niveau sonore simulé à 1,5m avec le logiciel CadnaA 2023 /
Simulated noise level at 1.5m with CadnaA 2023 software

- Leq(1h) 40 dB(A)
- Leq(1h) 45 dB(A)
- Leq(1h) 50 dB(A)
- Leq(1h) 55 dB(A)
- Leq(1h) 60 dB(A)
- Leq(1h) 65 dB(A)
- Leq(1h) 70 dB(A)
- Leq(1h) 75 dB(A)
- Leq(1h) 80 dB(A)

Critères de bruit :
Jour : 55 dBA $L_{eq,\ 1h}$
Nuit : 50 dBA $L_{eq,\ 1h}$

Inventaire du climat sonore / *Soundscape Inventory*

- Point récepteur bruit et vibration / *Receptor Point for Noise and Vibration*

Infrastructures / *Infrastrutures*

- Ligne de transport d'énergie électrique / *Electric Power Transmission Line*
- Infrastructure minière projeté / *Projected Mining Infrastructure*
- Infrastructure minière existante / *Existing Mining Infrastructure*

Routes /*Roads*

- Route forestière secondaire / *Secondary Forest Road*
- Route forestière tertiaire / *Tertiary Forest*
- Sentier / *Trail*
- Chemin d'hiver / *Winter Road*

WINDFALL GROUPE MINES

Projet minier Windfall - Rapport Sectoriel - Ambiance sonore et vibrations - Révision 1/
Windfall mining Project - Sectoral Report - Sound environment and vibration - Review 1

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 14 / *Map 14*
Propagation sonore phase d'exploitation
Scénario 2 - Jour
Sound Propagation Operation Phase - Scenario 2 - Day

Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
MERN, AQréseau+, réseau routier, 2020

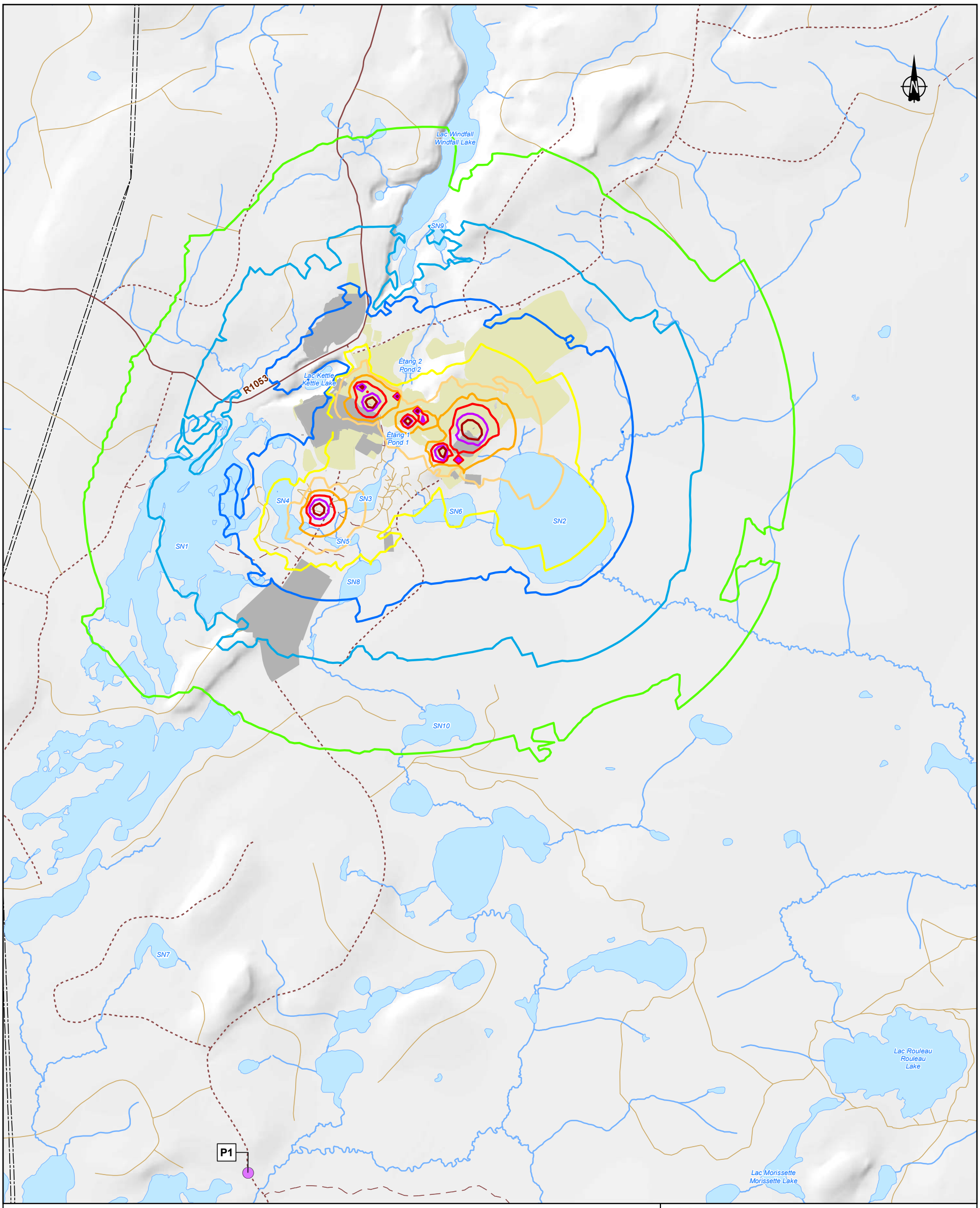
0 300 600 m
MTM, Fuseau 9 / *Zone 9*, NAD83

2023-12-04

Préparée par / Preparation : S. Pepin
Dessinée par / Drawing : C. Pierre
Vérifiée par / Verification : M-H. Brisson
CA0004658_7070_MAJ_C3_19_272_A1-5_propa_231204.mxd

wsp

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. / Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.



Niveau sonore simulé à 1,5m avec le logiciel CadnaA 2023 /
Simulated noise level at 1.5m with CadnaA 2023 software

- Leq(1h) 40 dB(A)
- Leq(1h) 45 dB(A)
- Leq(1h) 50 dB(A)
- Leq(1h) 55 dB(A)
- Leq(1h) 60 dB(A)
- Leq(1h) 65 dB(A)
- Leq(1h) 70 dB(A)
- Leq(1h) 75 dB(A)
- Leq(1h) 80 dB(A)

Critères de bruit :
Jour : 55 dBA $L_{eq,\ 1h}$
Nuit : 50 dBA $L_{eq,\ 1h}$

Inventaire du climat sonore / *Soundscape Inventory*

- Point récepteur bruit et vibration / *Receptor Point for Noise and Vibration*

Infrastructures / *Infrastrutures*

- Ligne de transport d'énergie électrique / *Electric Power Transmission Line*
- Infrastructure minière projeté / *Projected Mining Infrastructure*
- Infrastructure minière existante / *Existing Mining Infrastructure*

Routes /*Roads*

- Route forestière secondaire / *Secondary Forest Road*
- Route forestière tertiaire / *Tertiary Forest*
- Sentier / *Trail*
- Chemin d'hiver / *Winter Road*

Projet minier Windfall - Rapport Sectoriel - Ambiance sonore et vibrations - Révision 1/
Windfall mining Project - Sectoral Report - Sound environment and vibration - Review 1

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 15 / *Map 15*
Propagation sonore phase d'exploitation
Scénario 2 - Nuit
Sound Propagation Operation Phase - Scenario 2 - Night

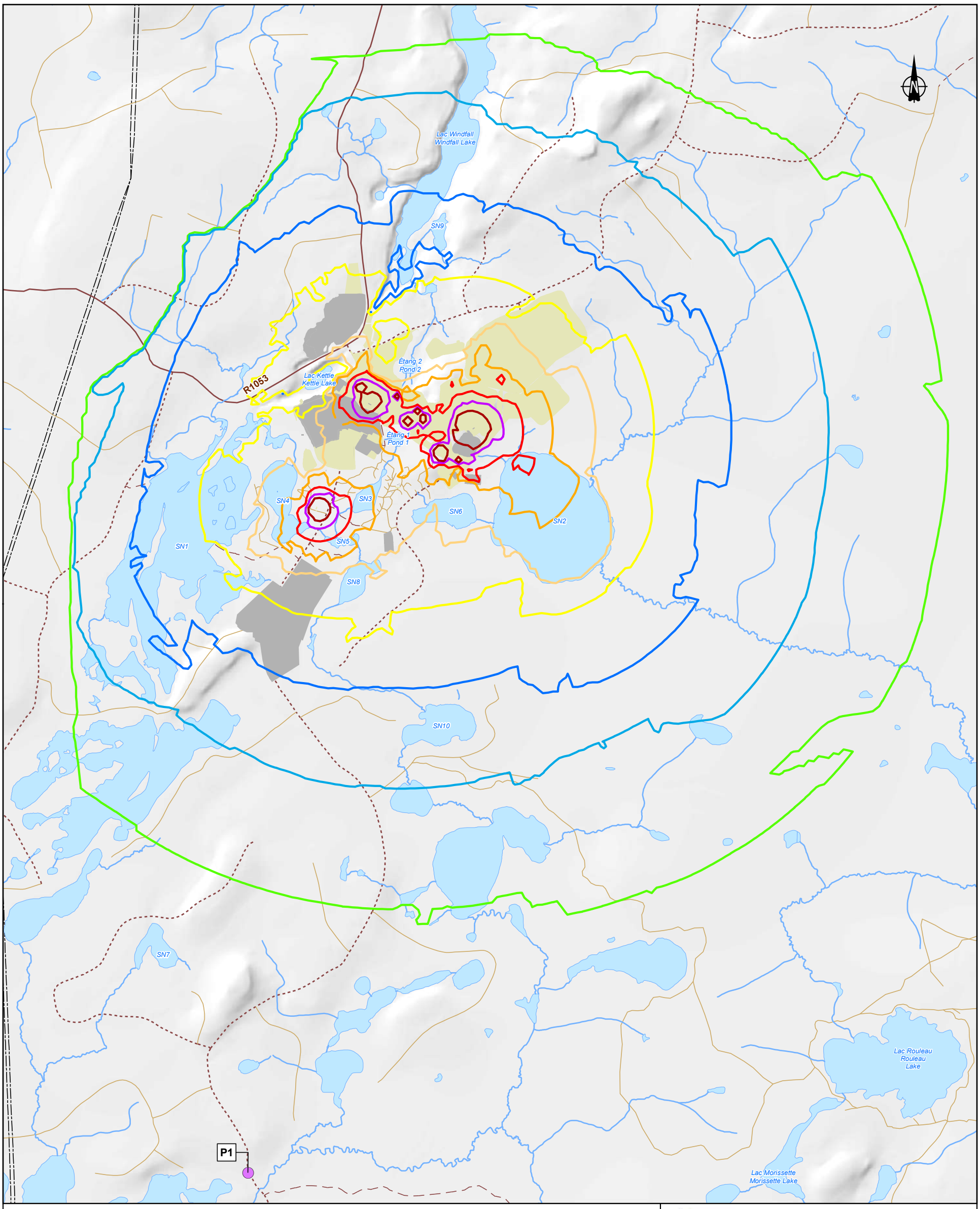
Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
MERN, AQréseau+, réseau routier, 2020

0 300 600 m
MTM, Fuseau 9 / *Zone 9*, NAD83

2023-12-04

Préparée par / Preparation : S. Pepin
Dessinée par / Drawing : C. Pierre
Vérifiée par / Verification : M-H. Brisson
CA0004658_7070_MAJ_C3_19_272_A1-5_propa_231204.mxd

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. / Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.



Niveau sonore simulé à 1,5m avec le logiciel CadnaA 2023 /
Simulated noise level at 1.5m with CadnaA 2023 software

- Leq(1h) 40 dB(A)
- Leq(1h) 45 dB(A)
- Leq(1h) 50 dB(A)
- Leq(1h) 55 dB(A)
- Leq(1h) 60 dB(A)
- Leq(1h) 65 dB(A)
- Leq(1h) 70 dB(A)
- Leq(1h) 75 dB(A)
- Leq(1h) 80 dB(A)

Inventaire du climat sonore / *Soundscape Inventory*

- Point récepteur bruit et vibration / *Receptor Point for Noise and Vibration*

Infrastructures / *Infrastrutures*

- Ligne de transport d'énergie électrique / *Electric Power Transmission Line*
- Infrastructure minière projeté / *Projected Mining Infrastructure*
- Infrastructure minière existante / *Existing Mining Infrastructure*

Routes /*Roads*

- Route forestière secondaire / *Secondary Forest Road*
- Route forestière tertiaire / *Tertiary Forest*
- Sentier / *Trail*
- Chemin d'hiver / *Winter Road*

Projet minier Windfall - Rapport Sectoriel - Ambiance sonore et vibrations - Révision 1/
Windfall mining Project - Sectoral Report - Sound environment and vibration - Review 1

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 16 / *Map 16*
Propagation sonore phase d'exploitation
Scénario 2 - L_{dn}
Sound Propagation Operation Phase - Scenario 2 - L_{dn}

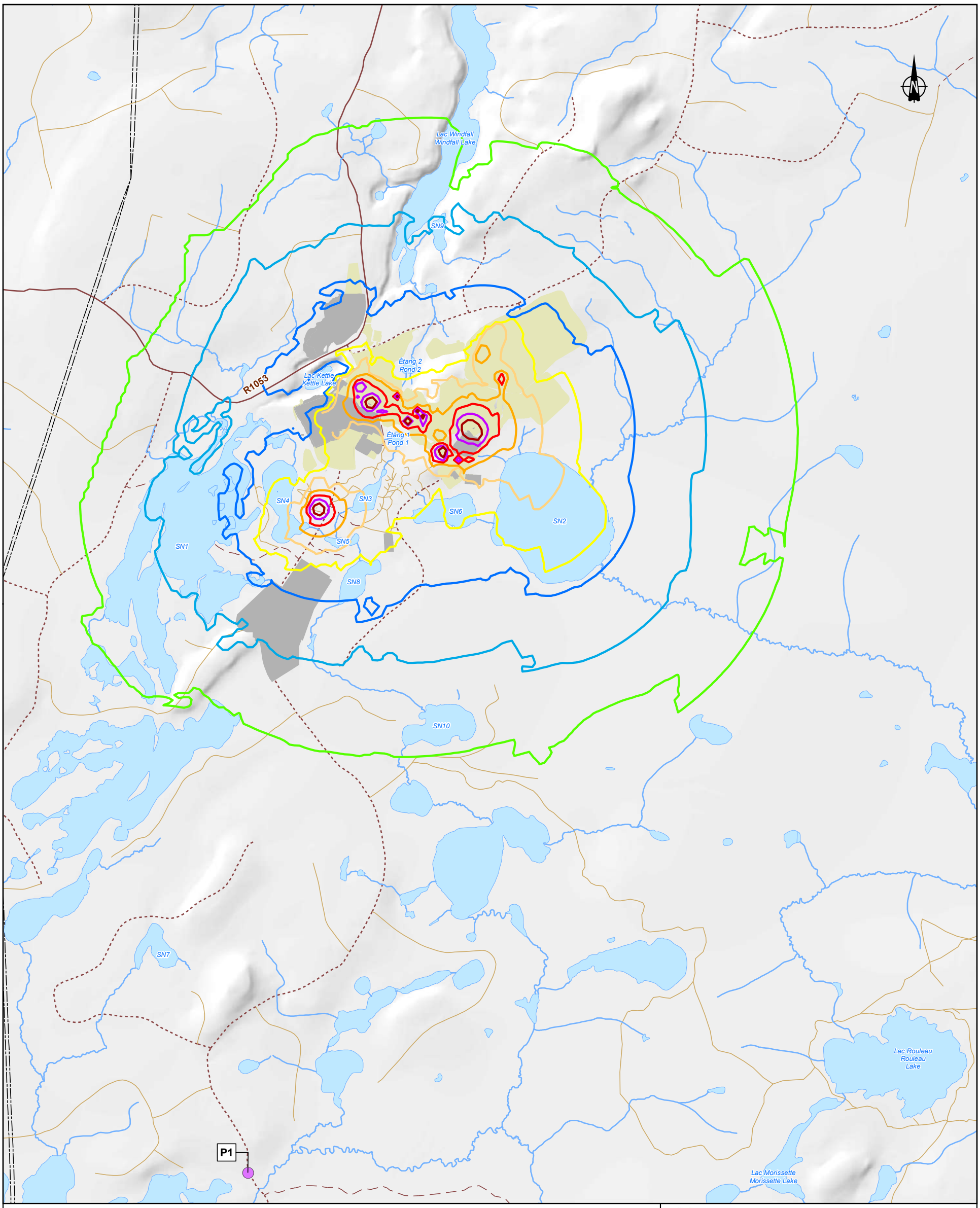
Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
MERN, AQréseau+, réseau routier, 2020

0 300 600 m
MTM, Fuseau 9 / *Zone 9*, NAD83

2023-12-04

Préparée par / Preparation : S. Pepin
Dessinée par / Drawing : C. Pierre
Vérifiée par / Verification : M-H. Brisson
CA0004658_7070_MAJ_C3_19_272_A1-5_propa_231204.mxd

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. / Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.



Niveau sonore simulé à 1,5m avec le logiciel CadnaA 2023 /
Simulated noise level at 1.5m with CadnaA 2023 software

- Leq(1h) 40 dB(A)
- Leq(1h) 45 dB(A)
- Leq(1h) 50 dB(A)
- Leq(1h) 55 dB(A)
- Leq(1h) 60 dB(A)
- Leq(1h) 65 dB(A)
- Leq(1h) 70 dB(A)
- Leq(1h) 75 dB(A)
- Leq(1h) 80 dB(A)

Critères de bruit :
Jour : 55 dBA $L_{eq,\ 1h}$
Nuit : 50 dBA $L_{eq,\ 1h}$

Inventaire du climat sonore / *Soundscape Inventory*

- Point récepteur bruit et vibration / *Receptor Point for Noise and Vibration*

Infrastructures / *Infrastrutures*

- Ligne de transport d'énergie électrique / *Electric Power Transmission Line*
- Infrastructure minière projeté / *Projected Mining Infrastructure*
- Infrastructure minière existante / *Existing Mining Infrastructure*

Routes /*Roads*

- Route forestière secondaire / *Secondary Forest Road*
- Route forestière tertiaire / *Tertiary Forest*
- Sentier / *Trail*
- Chemin d'hiver / *Winter Road*

WINDFALL GROUPE MINES

Projet minier Windfall - Rapport Sectoriel - Ambiance sonore et vibrations - Révision 1/
Windfall mining Project - Sectoral Report - Sound environment and vibration - Review 1

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 17 / *Map 17*
Propagation sonore phase d'exploitation
Scénario 3 - Jour
Sound Propagation Operation Phase - Scenario 3 - Day

Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
MERN, AQréseau+, réseau routier, 2020

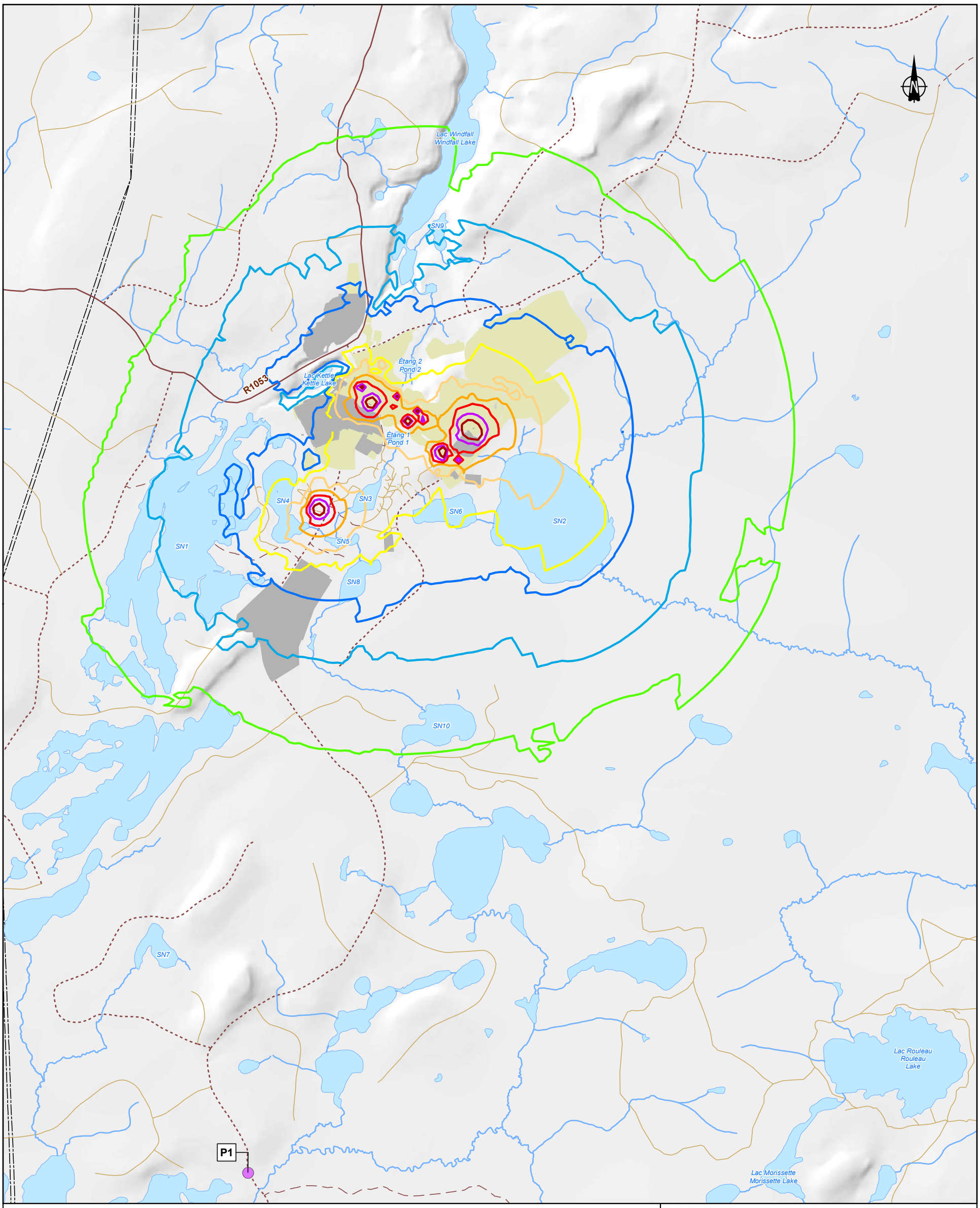
0 300 600 m
MTM, Fuseau 9 / *Zone 9*, NAD83

2023-12-04

Préparée par / Preparation : S. Pepin
Dessinée par / Drawing : C. Pierre
Vérifiée par / Verification : M-H. Brisson
CA0004658_7070_MAJ_C3_19_272_A1-5_propa_231204.mxd

wsp

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. /
Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.



Niveau sonore simulé à 1,5m avec le logiciel CadnaA 2023 /
Simulated noise level at 1.5m with CadnaA 2023 software

- Leq(1h) 40 dB(A)
- Leq(1h) 45 dB(A)
- Leq(1h) 50 dB(A)
- Leq(1h) 55 dB(A)
- Leq(1h) 60 dB(A)
- Leq(1h) 65 dB(A)
- Leq(1h) 70 dB(A)
- Leq(1h) 75 dB(A)
- Leq(1h) 80 dB(A)

Critères de bruit :
Jour : 55 dBA $L_{eq,\ 1h}$
Nuit : 50 dBA $L_{eq,\ 1h}$

Inventaire du climat sonore / *Soundscape Inventory*

- Point récepteur bruit et vibration / *Receptor Point for Noise and Vibration*

Infrastructures / *Infrastrutures*

- Ligne de transport d'énergie électrique / *Electric Power Transmission Line*
- Infrastructure minière projeté / *Projected Mining Infrastructure*
- Infrastructure minière existante / *Existing Mining Infrastructure*

Routes /*Roads*

- Route forestière secondaire / *Secondary Forest Road*
- Route forestière tertiaire / *Tertiary Forest*
- Sentier / *Trail*
- Chemin d'hiver / *Winter Road*

WINDFALL GROUPE MINES

Projet minier Windfall - Rapport Sectoriel - Ambiance sonore et vibrations - Révision 1/
Windfall mining Project - Sectoral Report - Sound environment and vibration - Review 1

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 18 / *Map 18*
Propagation sonore phase d'exploitation
Scénario 3 - Nuit
Sound Propagation Operation Phase - Scenario 3 - Night

Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
MERN, AQréseau+, réseau routier, 2020

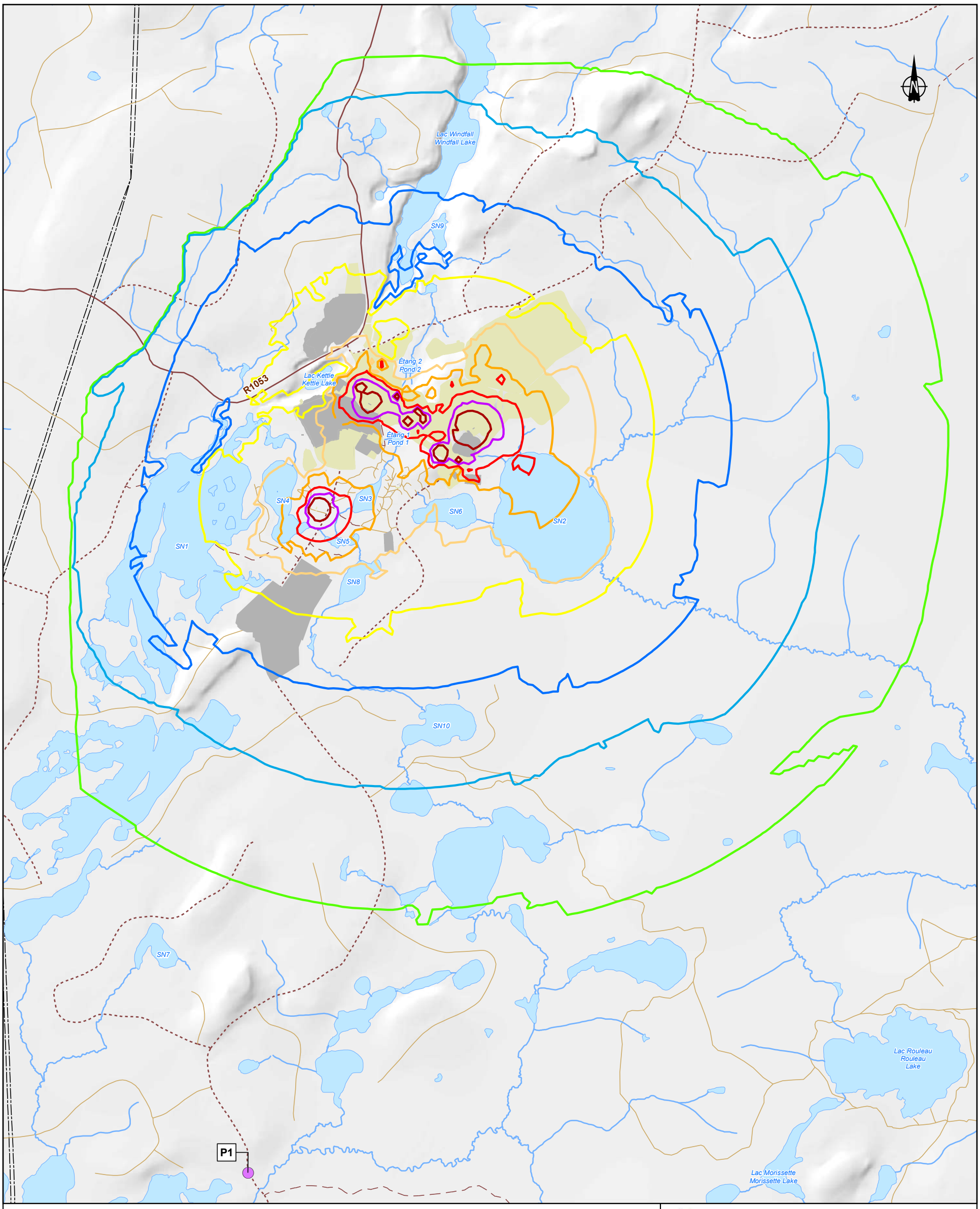
0 300 600 m
MTM, Fuseau 9 / *Zone 9*, NAD83

2023-12-04

Préparée par / Preparation : S. Pepin
Dessinée par / Drawing : C. Pierre
Vérifiée par / Verification : M-H. Brisson
CA0004658_7070_MAJ_C3_19_272_A1-5_propa_231204.mxd

wsp

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. / Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.



Niveau sonore simulé à 1,5m avec le logiciel CadnaA 2023 /
Simulated noise level at 1.5m with CadnaA 2023 software

- Leq(1h) 40 dB(A)
- Leq(1h) 45 dB(A)
- Leq(1h) 50 dB(A)
- Leq(1h) 55 dB(A)
- Leq(1h) 60 dB(A)
- Leq(1h) 65 dB(A)
- Leq(1h) 70 dB(A)
- Leq(1h) 75 dB(A)
- Leq(1h) 80 dB(A)

Inventaire du climat sonore / *Soundscape Inventory*

- Point récepteur bruit et vibration / *Receptor Point for Noise and Vibration*

Infrastructures / *Infrastrutures*

- Ligne de transport d'énergie électrique / *Electric Power Transmission Line*
- Infrastructure minière projeté / *Projected Mining Infrastructure*
- Infrastructure minière existante / *Existing Mining Infrastructure*

Routes /*Roads*

- Route forestière secondaire / *Secondary Forest Road*
- Route forestière tertiaire / *Tertiary Forest*
- Sentier / *Trail*
- Chemin d'hiver / *Winter Road*

Projet minier Windfall - Rapport Sectoriel - Ambiance sonore et vibrations - Révision 1/
Windfall mining Project - Sectoral Report - Sound environment and vibration - Review 1

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 19 / *Map 19*
Propagation sonore phase d'exploitation
Scénario 3 - L_{dn}
Sound Propagation Operation Phase - Scenario 2 - L_{dn}

Sources :
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
MERN, AQréseau+, réseau routier, 2020

0 300 600 m
MTM, Fuseau 9 / *Zone 9*, NAD83

2023-12-04

Préparée par / Preparation : S. Pepin
Dessinée par / Drawing : C. Pierre
Vérifiée par / Verification : M-H. Brisson
CA0004658_7070_MAJ_C3_19_272_A1-5_propa_231204.mxd

La précision des limites et les mesures montrées sur ce document ne doivent pas servir à des fins d'ingénierie ou de délimitation foncière. Aucune analyse foncière n'a été effectuée par un arpenteur-géomètre. / Boundary accuracy and measurements shown on this document are not to be used for engineering or land delineation purposes. No land analysis was carried out by a land surveyor.

ANNEXE

F

ZONE À SURVEILLER

Annexe F Secteur à surveiller lors des sautages

Zone minéralisée	Secteur en chantier	Élevations problématique (Z) (m)	Type d'élément sensible	Élément sensible	Volume nécessitant une restriction de sautage (m^3)	Période de restriction[1]
Main	Bobcat	302 à 322	Frayère potentielle	SN3 frayère	1 978	15 avril au 15 juillet
Main	Bobcat	262 à 322	Frayère potentielle	SN6 frayères	10 107	15 avril au 15 juillet
Main	Caribou 1	190 à 202	Frayère potentielle	SN3 frayère	275	15 avril au 15 juillet
Main	Caribou 1	222 à 342	Frayère potentielle	SN5 frayères	10 241	15 avril au 15 juillet
Main	Caribou 1	322 à 342	Habitat du poisson (Lac)	SN3	841	À l'année
Main	Caribou 1	322 à 342	Habitat du poisson (Lac)	SN5	565	À l'année
Main	Caribou 1	322 à 342	Habitat du poisson (Cours d'eau)	CE14	559	À l'année
Main	Caribou 1	322 à 342	Habitat du poisson (Cours d'eau)	CE15	2 800	À l'année
Lynx	Lynx Main	242 à 342	Frayère potentielle	SN6 frayère	12 490	15 avril au 15 juillet
Main	Mallard	322 à 342	Habitat du poisson (Lac)	SN3	1 229	À l'année
Main	Mallard	303 à 362	Habitat du poisson (Lac)	SN4	4 941	À l'année
Main	Mallard	302 à 362	Frayère potentielle	SN4 frayère	9 595	15 avril au 15 juillet
Main	Zone 27	184 à 362	Frayère potentielle	SN5 frayères	55 902	15 avril au 15 juillet
Main	Zone 27	297 à 362	Habitat du poisson (Lac)	SN4	26 371	À l'année
Main	Zone 27	302 à 362	Habitat du poisson (Cours d'eau)	CE14	18 415	À l'année
Main	Zone 27	299 à 362	Habitat du poisson (Cours d'eau)	CE15	4 118	À l'année

1 Période de restriction est établie pour assurer la protection de la ponte, de l'incubation des œufs (fraie) et de la mobilité des larves de poissons.

1-7

CONSEQUENCE MODELLING STUDY (REVISION 1) AND UPDATED MAP 12-1 OF THE EIA

NOTE TECHNIQUE – RÉVISION 1

CLIENT :	Groupe Minier Windfall		
PROJET :	Projet minier Windfall	**Réf. WSP :**	CA0004658.7070
OBJET :	Modélisation des conséquences - Dioxyde de soufre et propane	**DATE :**	5 décembre 2023
DESTINATAIRE :	Andréanne Boisvert, Vice-présidente, Environnement et relations communautaires		

1 INTRODUCTION

WSP Canada Inc. (WSP) a été mandatée par Groupe Minier Windfall (GMW) pour effectuer une modélisation des conséquences pour des scénarios impliquant le propane et le dioxyde de soufre (SO_2) dans le cadre de l'étude d'impact pour la phase d'exploitation du site du projet minier Windfall. Le propane et le dioxyde de soufre seront présents aux installations du site dans des quantités qui nécessitent une évaluation des conséquences. Le projet est situé approximativement aux coordonnées 49°04'20.0 "N 75°38'57.8 "W sur le territoire d'Eeyou Istchee Baie-James.

Cette note technique présente les résultats des scénarios normalisés et alternatifs modélisés pour le propane et le SO_2. **Il est à noter que les résultats de la modélisation pour le SO_2 demeurent inchangés dans cette révision du rapport. Cependant, les figures démontrant les rayons d'impacts concernés (figures 1 et 2 de l'annexe A) ont été mises à jour, afin de représenter l'actualité des infrastructures projetées sur le site. Les scénarios pour le propane ont été mis à jour à la suite des changements dans les capacités des réservoirs prévues dans le cadre du projet.**

Les scénarios présentés dans ce rapport représentent les pires cas et ne prennent pas en considération les mesures préventives mises de l'avant dans le cadre du projet. Ils représentent la conséquence si l'événement modélisé se produisait, qu'importe la probabilité qu'il arrive.

1.1 DIOXYDE DE SOUFRE

En collaboration avec GMW et l'équipe de projet de WSP, les scénarios suivants ont été retenus pour l'évaluation des conséquences pour le réservoir de dioxyde de soufre de 36 m^3. Le scénario de rupture catastrophique correspond au déversement de la quantité totale du réservoir et est un scénario requis.

- Scénario normalisé : Rupture catastrophique du réservoir de 36 m^3.
- Scénario normalisé alternatif : Une fuite de 0,2 pouce dans la région supérieure du réservoir (valve de sécurité).
- Scénario alternatif : Une fuite de 0,1 pouce d'une durée de 2 minutes lors du remplissage du réservoir de SO_2.

WSP Canada Inc.
1135, boulevard Lebourgneuf
Québec (Québec) G2K 0M5
Canada

T : +1-418-780-9444
F : +1-418-780-9434

wsp.com

1.2 PROPANE

Huit réservoirs, présentés au tableau 1, sont prévus être installés : un réservoir de 4 800 USG, deux réservoirs de 20 000 USG, deux réservoirs de 30 000 USG et trois réservoirs de 45 000 USG.

Tableau 1 Réservoirs de propane sur le site du projet minier Windfall

Réservoir	Localisation (système de coordonnées UTM Nad83 [zone 18])		Capacité (USG)
	UTM X	UTM Y	
1	452477,4475	5435944,8518	20 000
2	452442,2962	5435897,6516	20 000
3	452317,8746	5435766,1291	4 800
4	452636,2338	5435805,4535	45 000
5	452396,9203	5435661,5544	45 000
6	453076,7559	5435167,7673	45 000
7	453079,1896	5434929,0700	30 000
8	452624,0000	5434868,0000	30 000

Afin de calculer les rayons d'impact, les capacités suivantes ont été retenues : 4 800 USG, 20 000 USG, 30 000 USG et 45 000 USG. Les résultats pour les réservoirs de même dimension seraient les mêmes; il n'était donc pas nécessaire de modéliser chacun d'eux.

- Scénario normalisé : Rupture catastrophique du réservoir de propane (un pour chaque volume).
- Scénario normalisé alternatif : Fuite de 0,2 pouce lors du raccordement à un camion-citerne (un pour chaque volume).
- Scénario des effets dominos : Étant donné la proximité entre deux des réservoirs, un effet domino a été considéré (modélisation comprenant le volume total des deux réservoirs).

2 MÉTHODOLOGIE

Le modèle PHAST (*Process Hazard Analysis Software Tool*) version 7.2 a été utilisé pour effectuer la modélisation des conséquences du dioxyde de soufre et du propane. Le modèle PHAST a été développé par DNV GL à partir d'une publication du Comité néerlandais pour la prévention des catastrophes. Les modèles analytiques inclus dans PHAST pour l'émission, la dispersion et les explosions de matières dangereuses gazeuses et liquides comprennent l'émission par écoulement et pulvérisation, l'évaporation de la nappe, la dispersion de nuage de vapeur, l'explosion de nuage de vapeur, le flux thermique des incendies (feux en chalumeau, feux de nappe et explosion de vapeur en expansion de liquide en ébullition) et la rupture de vaisseaux.

La modélisation a été réalisée en tenant compte de la météorologie la plus défavorable absolue et de la météorologie la plus défavorable recommandée. Une atmosphère stable (classe de stabilité F) et un vent léger (1,5 m/s) ont été considérés pour le scénario le plus défavorable absolu; une atmosphère neutre (classe de stabilité D) avec des vents modérés (4 m/s) a été considérée pour le scénario le plus défavorable recommandé. Pour la classe de stabilité D, « D » correspond au vent de la classe de stabilité, qui représente une atmosphère neutre. Dans ces conditions, tout mouvement vertical existant n'est ni amélioré ni réduit (moins de « mélange » se produisant).

Dans les scénarios, le modèle PHAST a été exécuté pour des conditions atmosphériques à 25 ºC et avec 50 % d'humidité, conformément aux directives de gestion des risques (CRAIM, 2017). La pression atmosphérique modélisée était de 100,4 kPa.

Les types de scénario PHAST utilisés pour l'analyse étaient « Rupture catastrophique », qui modélisent une rupture complète du système de réservoir et « Fuite », qui modélise une fuite d'un tuyau connecté à un récipient sous pression de taille définie.
Le type d'émission « Fuite » a été sélectionné comme un scénario d'émission plus crédible (scénario normalisé alternatif) qu'une rupture complète du système tuyau/réservoir (scénario normalisé). Les conditions au début de l'émission sont présumées s'appliquer pendant toute la durée de l'émission, et sont détaillées dans les scénarios d'émission fournis dans la section suivante.

2.1 MÉTÉOROLOGIE

WSP a évalué les conditions météorologiques du site à partir de la station météorologique la plus représentative. Les données horaires ont été extraites de la station de surveillance continue de Matagami, au Québec (latitude : 49,76; longitude : -77,79) pour les cinq dernières années disponibles, soit les données du 1er janvier 2017 au 31 décembre 2021.

La figure 1 illustre une rose des vents basée sur les cinq années d'observations météorologiques de la station météorologique de Matagami. La rose des vents est utilisée pour illustrer la fréquence de la direction du vent et la force de la vitesse du vent (tableau 2). La rose des vents est composée de barres dont la longueur indique la fréquence des vents soufflant dans cette direction. Les barres sont également divisées en sections, qui définissent une gamme de vitesses. Une section plus longue indique que les vents soufflent plus fréquemment à une vitesse donnée dans cette direction.

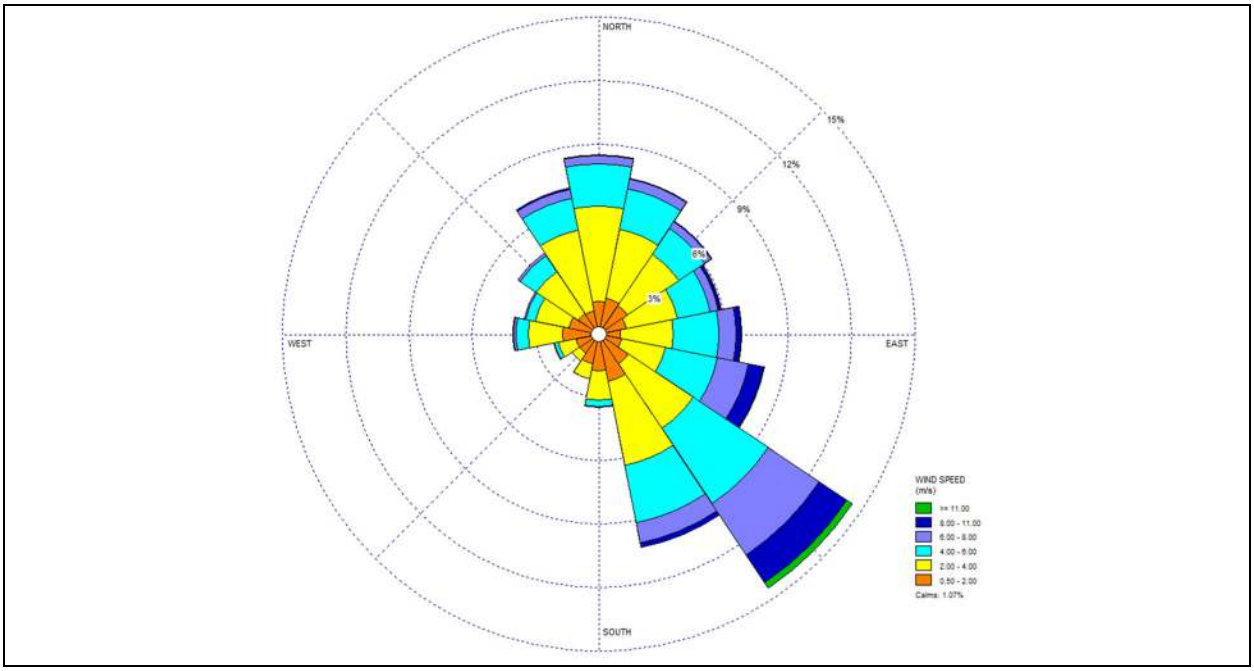


Figure 1 Rose des vents de Matagami pour la période du 1er janvier 2017 au 31 décembre 2021

Tableau 2 Fréquences des vents

Angles du vent (°)	Fréquence (%)					
	0,5-2 m/s	2-4 m/s	4-6 m/s	6-8 m/s	8-11 m/s	≥11 m/s
348,75 – 11,25	1,6	4,5	2,0	0,4	0,0	0,0
11,25 – 33,75	1,7	3,3	1,9	0,5	0,0	0,0
33,75 – 56,25	1,6	2,9	1,5	0,4	0,1	0,0
56,25 – 78,75	1,3	2,5	1,6	0,4	0,1	0,0
78,75 – 101,25	1,0	2,5	2,2	0,8	0,2	0,0
101,25 – 123,75	1,1	2,1	2,5	1,5	0,7	0,0
123,75 – 146,25	1,7	3,7	4,3	2,9	1,6	0,3
146,25 – 168,75	2,3	4,0	2,7	1,0	0,2	0,0
168,75 – 191,25	1,8	1,4	0,3	0,0	0,0	0,0
191,25 – 213,75	1,4	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
213,75 – 236,25	1,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
236,25 – 258,75	1,1	0,9	0,2	0,0	0,0	0,0
258,75 – 281,25	1,7	1,6	0,6	0,1	0,0	0,0
281,25 – 303,75	1,5	1,6	0,4	0,1	0,0	0,0
303,75 – 326,25	1,2	2,4	0,9	0,1	0,0	0,0
326,25 – 348,75	1,2	3,8	1,5	0,4	0,1	0,0
Total	23,4	38,4	22,6	8,6	3,1	0,4

2.2 SCÉNARIOS

2.2.1 DIOXYDE DE SOUFRE

Les paramètres utilisés pour la modélisation des scénarios impliquant le dioxyde de soufre sont résumés au tableau 3. Pour les trois scénarios modélisés, des émissions à une température de 298,15 K (25 °C) et à une pression atmosphérique de 101,3 kPa (1 atm.) ont été utilisées. Les hauteurs d'émission, les pressions, les températures et le volume de matière de dioxyde de soufre ont été fournis par GMW.

Tableau 3 Paramètres d'entrée de la modélisation – Dioxyde de soufre

Paramètres de modélisation		Scénario normalisé	Scénario normalisé alternatif	Scénario alternatif
Matière	Matière évacuée	Dioxyde de soufre	Dioxyde de soufre	Dioxyde de soufre
	Volume de matière évacuée (m^3) [1]	32,4	1,65	0,014
	Masse de matière évacuée (kg) [1]	44 272	2 248	19
	Pression (psig)	125	125	125
	Température d'entreposage (°C)	25	25	25
Scénario	Type de scénario	Rupture catastrophique	Fuite de réservoir	Fuite d'un boyau
	Taille de la fuite (po)	—	0,2	—
	Direction de l'émission	—	Horizontale	Horizontale
	Taux de rejet (kg/s)	—	0,62	0,16 [2]
	Hauteur d'émission (m)	1,4	2,8	1
	Hauteur du récipient (m)	2,8	2,8	2,8
	Température ambiante (°C)	25		
	Humidité relative	50 %		
	Hauteur du bassin de rétention (m)	1		—
	Superficie interne du bassin de rétention (m^2)	48		—

Notes :
[1] La conversion entre la masse et le volume est basée sur la densité du SO_2 calculée par le modèle PHAST.
[2] Représente une fuite dans un boyau de transfert durant le remplissage

2.2.2 PROPANE

Les paramètres utilisés pour modéliser les scénarios impliquant le propane sont résumés au tableau 4. Pour les deux scénarios modélisés, des émissions à une température de 298,15 K (25ºC) et à une pression atmosphérique de 101,3 kPa (1 atm.) ont été utilisées. Les hauteurs d'émission, les pressions, les températures et le volume de la matière ont été fournis par GMW.

2.3 LIMITES UTILISÉES

2.3.1 DIOXYDE DE SOUFRE

L'émission de dioxyde de soufre peut entraîner la formation d'un nuage toxique qui se disperse sur de grandes distances. Les critères utilisés dans la modélisation PHAST pour déterminer les distances sécuritaires à partir du point d'émission sont les niveaux guides d'exposition aiguë (AEGL) et les niveaux en dessous desquels les effets néfastes sur la santé ne sont pas susceptibles de se produire. Conformément à la réglementation E2 (ECCC, 2019) et aux orientations du CRAIM, la valeur AEGL-2 de 0,75 ppm a été sélectionnée pour le SO_2, car il s'agit de la concentration à laquelle la population pourrait ressentir des effets irréversibles ou graves et durables, ainsi qu'une altération de la capacité à s'échapper (CRAIM, 2017).

2.3.2 PROPANE

Les résultats de la modélisation PHAST sont comparés à diverses limites et directives afin de déterminer les distances sécuritaires du point d'émission.

2.3.2.1 SEUIL D'EFFET DE L'EXPOSITION À LA CONCENTRATION DE VAPEUR INFLAMMABLE

L'émission de propane représente un risque de brûlure ou d'explosion si les conditions suivantes sont remplies :

- présence d'une substance inflammable (propane);
- présence d'un oxydant (oxygène/air);
- présence d'une source d'inflammation (étincelle/chaleur élevée).

La plage d'inflammabilité ou d'explosivité est définie par la limite inférieure d'inflammabilité (LII) et la limite supérieure d'inflammabilité (LSI). Les concentrations de vapeur inflammable pour le propane sont indiquées ci-dessous. À des concentrations inférieures à la LII du propane (2,1 %), le mélange est trop faible pour brûler et à des concentrations supérieures à la LSI du propane (9,5 %), le mélange est trop riche pour brûler.

2.3.2.2 SEUIL D'EFFET DE L'EXPOSITION À LA SURPRESSION

WSP a évalué les distances parcourues pour une explosion en surpression de 1 psi. Ces résultats pourront servir à des fins de planification des mesures d'urgence.

Cet événement entraînerait la démolition partielle des maisons (rendant celles-ci inhabitables avec 90 % des fenêtres brisées) et est considéré comme le seuil de dommages légers aux structures. Ce seuil est également le niveau auquel des effets irréversibles peuvent se produire et est considéré comme la zone de danger significatif pour la vie humaine.

Tableau 4 Paramètres d'entrée de la modélisation - Propane

Paramètres de modélisation		Réservoir de 4 800 USG		Réservoir de 20 000 USG		Réservoir de 30 000 USG		Réservoir de 45 000 USG		Effet domino – Réservoirs combinés	
		Normalisé	Alternatif	Normalisé	Alternatif	Normalisé	Alternatif	Normalisé	Alternatif	4 800 et 45 000 USG	20 000 et 20 000 USG
Matière	Matière évacuée	Propane 100%									
	Pourcentage de remplissage maximum	85%									
	Volume de matière évacuée (m^3)	15,4		64,4		96,5		144,8		160,2	128,7
	Pression (psig)	100	180	100	180	100	180	100	180	100	
	Température d'entreposage (°C)	25		25		25		25		25	
Scénario	Type de scénario	Rupture catastrophique	Fuite	Rupture catastrophique	Fuite	Rupture catastrophique	Fuite	Rupture catastrophique	Fuite	Rupture catastrophique	
	Taille de la fuite (po)	—	0,2	—	0,2	—	0,2	—	0,2	—	
	Direction de l'émission	—	Horizontale	—	Horizontale	—	Horizontale	—	Horizontale	—	
	Hauteur d'émission (m)	1,2		1,8		1,9		2,4		1,2	1,8
	Hauteur du réservoir (m)	2,3		3,6		3,8		4,7		2,3	3,6
	Limite inférieure d'inflammabilité (ppm)	21 000									
	Limite supérieure d'inflammabilité (ppm)	95 000									
	Température ambiante (°C)	25									
	Humidité relative	50 %									

WSP a aussi évalué le potentiel pour effet domino en utilisant les distances parcourues pour une explosion en surpression de 3 psi pour les réservoirs combinés (effet domino). Ce seuil engendrait des dommages aux structures d'acier des bâtiments qui seraient déformées et arrachées de leurs fondations. Ce seuil correspond aussi à des effets létaux délimitant la zone de danger grave pour la vie humaine.

2.3.2.3 SEUIL D'EFFET DE L'EXPOSITION AU RAYONNEMENT THERMIQUE

Les effets thermiques varient selon les individus, mais ils sont quantifiés par le flux de rayonnement thermique en kW/m^2. WSP a évalué les distances à 5 kW/m^2 puisqu'à ce niveau, il y a une destruction significative du verre et que c'est le seuil des effets létaux délimitant la zone de danger pour la vie humaine (brûlures au second degré après 40 secondes). Ces résultats pourront servir à des fins de planification des mesures d'urgence.

WSP a aussi évalué le potentiel pour effet domino en utilisant les distances à un seuil de 8 kW/m^2 pour les réservoirs combinés (effet domino) puisqu'à ce seuil, il y aurait des dommages graves aux structures et c'est aussi le seuil des effets létaux délimitant la zone de danger grave pour la vie humaine.

3 RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION

3.1 DIOXYDE DE SOUFRE

Comme déjà mentionné, les résultats de la modélisation pour le SO_2 demeurent inchangés dans cette révision du rapport. Cependant, les figures démontrant les rayons d'impacts concernés (figures 1 et 2 de l'annexe A) ont été mises à jour, uniquement afin de représenter l'actualité des infrastructures projetées sur le site.

La modélisation PHAST des émissions accidentelles de SO_2 a été exécutée avec les paramètres sources identifiés au tableau 3, ainsi que d'autres paramètres de configuration détaillés à la section 2.

PHAST a été utilisé pour déterminer la distance jusqu'à une concentration égale à AEGL-2 (0,75 ppm) pour le SO_2 dans le cas d'une rupture catastrophique, d'une fuite du réservoir et d'une fuite d'un boyau de transfert lors du remplissage du réservoir. Les résultats anticipés de chaque scénario modélisé sont détaillés au tableau 5. Les distances d'impact sont présentées aux figures 1 et 2 de l'annexe A.

Il convient de noter que les résultats présentés sont ceux des conditions météorologiques les plus défavorables (classe de stabilité F, avec un vent de 1,5 m/s), qui ont produit des distances plus grandes par rapport aux points d'extrémité du rayonnement thermique pour tous les scénarios d'émission, et des conditions météorologiques réalistes plus défavorables (classe de stabilité D, avec un vent de 4 m/s).

Tableau 5 Distance par rapport à l'AEGL-2 (0,75 ppm)

Scénario	Catégorie météorologique	Distance à AEGL-2 (m)
Normalisé	1,5/F	28 458 [1]
	4/D	25 763 [1]
Normalisé alternatif	1,5/F	9 842 [1]
	4/D	2 601 [1]
Alternatif	1,5/F	5 910 [1] (7 492 [2])
	4/D	1 041 [1] (1 274 [2])

Notes :
[1] Les résultats sont présentés sur une période de calcul de la moyenne de 60 minutes.
[2] Les résultats sont présentés sur une période de calcul de la moyenne de 10 minutes puisque la durée du rejet est de 2 minutes.

3.2 PROPANE

WSP a exécuté la modélisation PHAST avec les paramètres sources identifiés au tableau 4, ainsi que d'autres paramètres de configuration détaillés à la section 2. PHAST a été utilisé pour déterminer les concentrations de propane à différentes distances d'une rupture catastrophique ou d'une fuite du réservoir. Les résultats anticipés de chaque scénario modélisé sont détaillés aux tableaux 6, 8, 10, 12 et 14, qui montrent les distances limites inférieures d'inflammabilité (LII). Les tableaux 7, 9, 11, 13 et 15 montrent quant à eux les résultats de l'explosion pour un scénario de surpression de 1 psi et les distances à un niveau de rayonnement de 5 kW/m^2. Notez que les résultats présentés sont pour les conditions météorologiques les plus défavorables (classe de stabilité F, avec un vent de 1,5 m/s) et les conditions météorologiques réalistes les plus défavorables (classe de stabilité D, avec un vent de 4 m/s).

3.3 RÉSERVOIRS DE PROPANE DE 4 800 USG

Les résultats pour le scénario normalisé montrent des rayons d'impact de 10 m et de 13 m pour les catégories de vent 1,5/F et 4/D respectivement, pour atteindre la limite inférieure d'inflammabilité de 21 000 ppm. Les résultats pour le scénario normalisé alternatif montrent des impacts jusqu'à 7 m et 6 m pour les catégories de vent 1,5/F et 4/D, respectivement. En conséquence, il existe un potentiel d'inflammation sur ces distances en cas de rupture ou de fuite.

Tableau 6 Distance par rapport au seuil de concentration des vapeurs inflammables de 21 000 ppm

Scénario	Type de scénario	Pression (psig)	Catégorie de vent	Limite inférieure d'inflammabilité dans l'air (LII)	Distance à la limite d'inflammabilité dans l'air (m)
Scénario normalisé	Rupture catastrophique	100	1,5/F	21 000 ppm	10
			4/D	21 000 ppm	**13** [1]
Scénario normalisé alternatif	Fuite	180	1,5/F	21 000 ppm	**7** [2]
			4/D	21 000 ppm	6

Notes :
[1] Les résultats en gras pour le scénario normalisé sont présentés à la figure 3 de l'annexe A.
[2] Les résultats en gras pour le scénario normalisé alternatif sont présentés à la figure 4 de l'annexe A.
Pour produire les figures, la distance maximale pour l'une ou l'autre des catégories de temps a été cartographiée afin de minimiser la confusion. Ainsi, la figure 3 illustre les résultats du scénario normalisé, et la figure 4 illustre les résultats du scénario normalisé alternatif.

Tableau 7 Distances au rayonnement thermique (5 kW/m^2) et à l'explosion en surpression (de 1 psi)

Scénario	Type de scénario	Pression (psig)	Type d'émission	Distance (m)			
				Rayonnement thermique (5 kW/m^2)		Explosion par surpression (1 psi)	
				1,5/F	4/D	1,5/F	4/D
Normalisé	Rupture catastrophique	100	Boule de feu	87	**87** [1]	s.o.	s.o.
			Explosion (prématurée)	s.o.	s.o.	94	**94** [1]
			Explosion (tardive)	s.o.	s.o.	84	81
Normalisé alternatif	Fuite	180	Feu en chalumeau	**17** [2]	15	s.o.	s.o.
			Explosion (tardive)	s.o.	s.o.	**16** [2]	s.o.

Notes :
[1] Les résultats en gras pour le scénario normalisé sont présentés à la figure 3 de l'annexe A.
[2] Les résultats en gras pour le scénario normalisé alternatif sont présentés à la figure 4 de l'annexe A.
s.o. : sans objet.
Pour produire les figures, la distance maximale pour l'une ou l'autre des catégories de temps a été cartographiée afin de minimiser la confusion. Ainsi, la figure 3 illustre les résultats du scénario normalisé, et la figure 4 illustre les résultats du scénario normalisé alternatif.

Pour une explosion prématurée, on suppose que le réservoir explose instantanément (comme indiqué au tableau 7). Dans le cas d'une explosion en surpression de 1 psi du réservoir de propane, le rayon d'impact est de 94 m pour les deux catégories de vent. Dans le cas d'une explosion tardive (également indiquée au tableau 7), on suppose qu'après que l'émission ait déjà commencé et que le nuage ait commencé à se disperser (soit pour une rupture catastrophique, soit pour une petite fuite), le réservoir explose alors. En cas de rupture catastrophique (normalisé) et d'explosion tardive, le rayon d'impact maximal est de 84 m pour la catégorie de vent 1,5/F. S'il y a une explosion après le début de la fuite du réservoir (normalisé alternatif), le rayon d'impact maximal est de 16 m (1,5/F). WSP a également évalué les distances à 5 kW/m^2 (présentées au tableau 7) car à ce niveau, il y a une destruction importante du verre et c'est le seuil des effets létaux qui délimite la zone de danger pour la vie humaine. Dans le cas d'une rupture catastrophique, une boule de feu pourrait survenir et la distance à ce niveau de rayonnement thermique pour les catégories de vent 1,5/F et 4/D est de 87 m dans les deux scénarios. En cas de fuite du réservoir de propane, un feu en chalumeau pourrait survenir et le rayon d'impact maximal serait alors de 16 m (1,5/F).

3.4 RÉSERVOIRS DE PROPANE DE 20 000 USG

Les résultats pour le scénario normalisé montrent des rayons d'impact de 17 m et de 23 m pour les catégories de vent 1,5/F et 4/D respectivement, pour atteindre la limite inférieure d'inflammabilité de 21 000 ppm. Les résultats pour le scénario normalisé alternatif montrent des impacts jusqu'à 7 m et 6 m pour les catégories de vent 1,5/F et 4/D, respectivement. En conséquence, il existe un potentiel d'inflammation sur ces distances en cas de rupture ou de fuite.

Tableau 8 Distance par rapport au seuil de concentration des vapeurs inflammables de 21 000 ppm

Scénario	Type de scénario	Pression (psig)	Catégorie de vent	Limite inférieure d'inflammabilité dans l'air (LII)	Distance à la limite d'inflammabilité dans l'air (m)
Scénario normalisé	Rupture catastrophique	100	1,5/F	21 000 ppm	17
			4/D	21 000 ppm	**23** [1]
Scénario normalisé alternatif	Fuite	180	1,5/F	21 000 ppm	**7** [2]
			4/D	21 000 ppm	6

Notes :
[1] Les résultats en gras pour le scénario normalisé sont présentés aux figures 5-1 et 5-2 de l'annexe A.
[2] Les résultats en gras pour le scénario normalisé alternatif sont présentés aux figures 6-1 et 6-2 de l'annexe A.
Pour produire les figures, la distance maximale pour l'une ou l'autre des catégories de temps a été cartographiée afin de minimiser la confusion. Ainsi, les figures 5-1 et 5-2 illustrent les résultats du scénario normalisé, et les figures 6-1 et 6-2 illustrent les résultats du scénario normalisé alternatif.

Tableau 9 Distances au rayonnement thermique (5 kW/m^2) et à l'explosion en surpression (de 1 psi)

Scénario	Type de scénario	Pression (psig)	Type d'émission	Distance (m)			
				Rayonnement thermique (5 kW/m^2)		Explosion par surpression (1 psi)	
				1,5/F	4/D	1,5/F	4/D
Normalisé	Rupture catastrophique	100	Boule de feu	144	**144** [1]	s.o.	s.o.
			Explosion (prématurée)	s.o.	s.o.	151	**151** [1]
			Explosion (tardive)	s.o.	s.o.	145	149
Normalisé alternatif	Fuite	180	Feu en chalumeau	**16** [2]	15	s.o.	s.o.
			Explosion (tardive)	s.o.	s.o.	**16** [2]	s.o.

Notes :
[1] Les résultats en gras pour le scénario normalisé sont présentés aux figures 5-1 et 5-2 de l'annexe A.
[2] Les résultats en gras pour le scénario normalisé alternatif sont présentés aux figures 6-1 et 6-2 de l'annexe A.
s.o. : sans objet.
Pour produire les figures, la distance maximale pour l'une ou l'autre des catégories de temps a été cartographiée afin de minimiser la confusion. Ainsi, les figures 5-1 et 5-2 illustrent les résultats du scénario normalisé, et les figures 6-1 et 6-2 illustrent les résultats du scénario normalisé alternatif.

Pour une explosion prématurée, on suppose que le réservoir explose instantanément (comme indiqué au tableau 9). Dans le cas d'une explosion en surpression de 1 psi du réservoir de propane, le rayon d'impact est de 151 m pour les deux catégories de vent. Dans le cas d'une explosion tardive (également indiquée au tableau 9), on suppose que le réservoir explose après que l'émission ait déjà commencé et que le nuage ait commencé à se disperser (soit pour une rupture catastrophique, soit pour une petite fuite). En cas de rupture catastrophique (normalisé) et d'explosion tardive, le rayon d'impact maximal est de 149 m pour la catégorie de vent 4/D. S'il y a une explosion après le début de la fuite du réservoir (normalisé alternatif), le rayon d'impact maximal est de 16 m (1,5/F). WSP a également évalué les distances à 5 kW/m^2 (présentées au tableau 9), car à ce niveau, il y a une destruction importante du verre et c'est le seuil des effets létaux qui délimite la zone de danger pour la vie humaine. Dans le cas d'une rupture catastrophique, une boule de feu pourrait survenir et la distance à ce niveau de rayonnement thermique pour les catégories de vent 1,5/F et 4/D est de 144 m dans les deux scénarios. En cas de fuite du réservoir de propane, un feu en chalumeau pourrait survenir et le rayon d'impact maximal serait alors de 16 m (1,5/F).

3.5 RÉSERVOIRS DE PROPANE DE 30 000 USG

Les résultats pour le scénario normalisé montrent des rayons d'impact de 19 m et de 26 m pour les catégories de vent 1,5/F et 4/D respectivement, pour atteindre la limite inférieure d'inflammabilité de 21 000 ppm. Les résultats pour le scénario normalisé alternatif montrent des impacts jusqu'à 7 m et 6 m pour les catégories de vent 1,5/F et 4/D, respectivement. En conséquence, il existe un potentiel d'inflammation sur ces distances en cas de rupture ou de fuite.

Tableau 10 Distance par rapport au seuil de concentration des vapeurs inflammables de 21 000 ppm

Scénario	Type de scénario	Pression (psig)	Catégorie de vent	Limite inférieure d'inflammabilité dans l'air (LII)	Distance à la limite d'inflammabilité dans l'air (m)
Scénario normalisé	Rupture catastrophique	100	1,5/F	21 000 ppm	19
			4/D	21 000 ppm	**26** [1]
Scénario normalisé alternatif	Fuite	180	1,5/F	21 000 ppm	**7** [2]
			4/D	21 000 ppm	6

Notes :
[1] Les résultats en gras pour le scénario normalisé sont présentés aux figures 7-1 et 7-2 de l'annexe A.
[2] Les résultats en gras pour le scénario normalisé alternatif sont présentés aux figures 8-1 et 8-2 de l'annexe A.
Pour produire les figures, la distance maximale pour l'une ou l'autre des catégories de temps a été cartographiée afin de minimiser la confusion. Ainsi, les figures 7-1 et 7-2 illustrent les résultats du scénario normalisé, et les figures 8-1 et 8-2 illustrent les résultats du scénario normalisé alternatif.

Tableau 11 Distances au rayonnement thermique (5 kW/m^2) et à l'explosion en surpression (de 1 psi)

Scénario	Type de scénario	Pression (psig)	Type d'émission	Distance (m)			
				Rayonnement thermique (5 kW/m^2)		Explosion par surpression (1 psi)	
				1,5/F	4/D	1,5/F	4/D
Normalisé	Rupture catastrophique	100	Boule de feu	167	**167** [1]	s.o.	s.o.
			Explosion (prématurée)	s.o.	s.o.	173	**173** [1]
			Explosion (tardive)	s.o.	s.o.	163	157
Normalisé alternatif	Fuite	180	Feu en chalumeau	**16** [2]	14	s.o.	s.o.
			Explosion (tardive)	s.o.	s.o.	**16** [2]	s.o.

Notes :
[1] Les résultats en gras pour le scénario normalisé sont présentés aux figures 7-1 et 7-2 de l'annexe A.
[2] Les résultats en gras pour le scénario normalisé alternatif sont présentés aux figures 8-1 et 8-2 de l'annexe A.
s.o. : sans objet.
Pour produire les figures, la distance maximale pour l'une ou l'autre des catégories de temps a été cartographiée afin de minimiser la confusion. Ainsi, les figures 7-1 e 7-2 illustrent les résultats du scénario normalisé, et les figures 8-1 et 8-2 illustrent les résultats du scénario normalisé alternatif.

Pour une explosion prématurée, on suppose que le réservoir explose instantanément (comme indiqué au tableau 11). Dans le cas d'une explosion en surpression de 1 psi du réservoir de propane, le rayon d'impact est de 173 m pour les deux catégories de vent. Dans le cas d'une explosion tardive (également indiquée au tableau 11), on suppose que le réservoir explose après que l'émission ait déjà commencé et que le nuage ait commencé à se disperser (soit pour une rupture catastrophique, soit pour une petite fuite). En cas de rupture catastrophique (normalisé) et d'explosion tardive, le rayon d'impact maximal est de 163 m pour la catégorie de vent 1,5/F. S'il y a une explosion après le début de la fuite du réservoir (normalisé alternatif), le rayon d'impact maximal est de 16 m (1,5/F). WSP a également évalué les distances à 5 kW/m^2 (présentées au tableau 11), car à ce niveau, il y a une destruction importante du verre et c'est le seuil des effets létaux qui délimite la zone de danger pour la vie humaine. Dans le cas d'une rupture catastrophique, une boule de feu pourrait survenir et la distance à ce niveau de rayonnement thermique pour les catégories de vent 1,5/F et 4/D est de 167 m dans les deux scénarios. En cas de fuite du réservoir de propane, un feu en chalumeau pourrait survenir et le rayon d'impact maximal serait alors de 16 m (1,5/F).

3.6 RÉSERVOIRS DE PROPANE DE 45 000 USG

Les résultats pour le scénario normalisé montrent des rayons d'impact de 22 m et de 31 m pour les catégories de vent 1,5/F et 4/D respectivement, pour atteindre la limite inférieure d'inflammabilité de 21 000 ppm. Les résultats pour le scénario normalisé alternatif montrent des impacts jusqu'à 7 m et 6 m pour les catégories de vent 1,5/F et 4/D, respectivement. En conséquence, il existe un potentiel d'inflammation sur ces distances en cas de rupture ou de fuite.

Tableau 12 Distance par rapport au seuil d'inflammabilité inférieur de 21 000 ppm

Scénario	Type de scénario	Pression (psig)	Catégorie de vent	Limite inférieure d'inflammabilité dans l'air	Distance à la limite d'inflammabilité dans l'air (m)
Normalisé	Rupture catastrophique	100	1,5/F	21 000 ppm	22
			4/D	21 000 ppm	**31** [1]
Normalisé alternatif	Fuite	180	1,5/F	21 000 ppm	**7** [2]
			4/D	21 000 ppm	6

Notes:
[1] Les résultats en gras pour le scénario normalisé sont présentés aux figures 9-1, 9-2 et 9-3 de l'annexe A.
[2] Les résultats en gras pour le scénario normalisé alternatif sont présentés aux figures 10-1, 10-2 et 10-3 de l'annexe A.
Pour produire les figures, la distance maximale pour l'une ou l'autre des catégories de temps a été cartographiée afin de minimiser la confusion. Ainsi, les figures 9-1, 9-2 et 9-3 illustrent les résultats du scénario normalisé, et les figures 10-1, 10-2 et 10-3 illustrent les résultats du scénario normalisé alternatif.

Tableau 13 Distances au rayonnement thermique (5 kW/m^2) et à l'explosion en surpression (de 1 psi)

Scénario	Type de scénario	Pression (psig)	Type d'émission	Distance (m)			
				Rayonnement thermique (5 kW/m^2)		Explosion par surpression (1 psi)	
				1,5/F	4/D	1,5/F	4/D
Normalisé	Rupture catastrophique	100	Boule de feu	192	**192** [1]	s.o.	s.o.
			Explosion (prématurée)	s.o.	s.o.	198	**198** [1]
			Explosion (tardive)	s.o.	s.o.	167	193
Normalisé alternatif	Fuite	180	Feu en chalumeau	**16** [2]	14	s.o.	s.o.
			Explosion (tardive)	s.o.	s.o.	**16** [2]	s.o.

Notes :
[1] Les résultats en gras pour le scénario normalisé sont présentés aux figures 9-1, 9-2 et 9-3 de l'annexe A.
[2] Les résultats en gras pour le scénario normalisé alternatif sont présentés aux figures 10-1, 10-2 et 10-3 de l'annexe A.
s.o. : sans objet.
Pour produire les figures, la distance maximale pour l'une ou l'autre des catégories de temps a été cartographiée afin de minimiser la confusion. Ainsi, les figures 9-1,9-2 et 9-3 illustrent les résultats du scénario normalisé, et les figures 10-1, 10-2 et 10-3 illustrent les résultats du scénario normalisé alternatif.

Pour une explosion prématurée, on suppose que le réservoir explose instantanément (comme indiqué au tableau 13). Dans le cas d'une explosion en surpression de 1 psi du réservoir de propane, le rayon d'impact est de 198 m pour les deux catégories de vent. Dans le cas d'une explosion tardive (également indiquée au tableau 13), on suppose que le réservoir explose après que l'émission ait déjà commencé et que le nuage ait commencé à se disperser (soit pour une rupture catastrophique, soit pour une petite fuite). En cas de rupture catastrophique (normalisé) et d'explosion tardive, le rayon d'impact maximal est de 193 m pour la catégorie de vent 4/D. S'il y a une explosion après le début de la fuite du réservoir (normalisé alternatif), le rayon d'impact maximal est de 16 m (1,5/F). WSP a également évalué les distances à 5 kW/m^2 (présentées au tableau 13), car à ce niveau, il y a une destruction importante du verre et c'est le seuil des effets létaux qui délimite la zone de danger pour la vie humaine. Dans le cas d'une rupture catastrophique, une boule de feu pourrait survenir et la distance à ce niveau de rayonnement thermique pour les catégories de vent 1,5/F et 4/D est de 192 m dans les deux scénarios. En cas de fuite du réservoir de propane, un feu en chalumeau pourrait survenir et le rayon d'impact maximal serait alors de 16 m (1,5/F).

3.7 RÉSERVOIRS ET EFFET DOMINO

WSP a évalué la possibilité d'effets domino pour chacun des réservoirs de propane sur le site du projet (tableau 1). Des effets domino sont susceptibles de survenir en cas d'exposition à un rayonnement thermique de 8 kW/m^2 et/ou à une surpression de 3 psi selon les lignes directrices de la réglementation E2. Il est à noter que seuls les scénarios dans lesquels des réservoirs de propane étaient situés à une proximité suffisante pour permettre d'envisager un effet domino dans les conditions susmentionnées ont été représentés sur les figures du rapport.

Ainsi, trois scénarios possibles d'effet domino ont été identifiés (voir rayons des figures 5-1, 5-2 et 9-2).

WSP a modélisé l'impact des effets domino identifiés, et les rayons d'impact ont été calculés basées sur des conditions de rayonnement thermique et de surpression de 5 kW/m^2 et de 1 psi, respectivement.

3.7.1 EFFET DOMINO : UN RÉSERVOIR DE 45 000 USG (RÉSERVOIR 5) QUI COMPROMETTRAIT L'INTÉGRITÉ D'UN RÉSERVOIR DE 4 800 USG (RÉSERVOIR 3)

Dans le cas d'une rupture catastrophique du réservoir 5 (45 000 USG) (figure 9-2), l'effet de l'exposition au rayonnement thermique (8 kW/m^2) pourrait compromettre l'intégrité du réservoir 3 (4 800 USG) et engendrer un des scenarios décrits à la section 1.2. Aucune modélisation additionnelle n'a été requise pour ce scénario d'effet domino puisqu'une rupture du réservoir 5 engendrerait des conséquences pour le réservoir 3 qui ont déjà été modélisées.

Puisque seul le plus gros réservoir peut engendrer un effet domino, les résultats de l'effet domino sont ceux présentés aux tableaux 7 et ainsi qu'aux tableaux 13 des sections 3.3 et 3.6, respectivement.

3.7.2 EFFET DOMINO : DEUX RÉSERVOIRS DE 20 000 USG (RÉSERVOIRS 1 ET 2)

Chacun des deux réservoirs de 20 000 USG (réservoirs 1 et 2) pourra avoir un effet domino sur l'autre réservoir étant donné leur distance en cas de rupture catastrophique. Pour les deux réservoirs de 20 000 USG, un volume combiné, soit de 40 000 USG, a été utilisé pour modéliser les scénarios en question, puisque l'impact serait combiné pour ces réservoirs.

Tableau 14 Distance par rapport à la limite inférieure d'inflammabilité de 21 000 ppm

Scénario	Type de scénario	Pression (psig)	Catégorie de vent	Limite inférieure d'inflammabilité dans l'air	Distance à la limite d'inflammabilité dans l'air (m)
Effets domino	Rupture catastrophique	100	1,5/F	21 000 ppm	22
			4/D	21 000 ppm	29

Les résultats pour le scénario normalisé montrent un rayon d'impact de 22 m et 29 m pour les catégories de vent 1,5/F et 4/D respectivement, pour atteindre la limite inférieure d'inflammabilité de 21 000 ppm. Il existe donc un potentiel d'inflammation entre les réservoirs de propane et ces points en cas de rupture ou de fuite.

Tableau 15 Distances au rayonnement thermique (5 kW/m^2) et à l'explosion en surpression (de 1 psi)

Scénario	Type de scénario	Pression (psig)	Type d'émission	Distance (m)			
				Rayonnement thermique (5 kW/m^2)		Explosion par surpression (1 psi)	
				1,5/F	4/D	1,5/F	4/D
Effets domino[1]	Rupture catastrophique	100	Boule de feu	184	**184**	s.o.	s.o.
			Explosion (prématurée)	s.o.	s.o.	190	190
			Explosion (tardive)	s.o.	s.o.	165	**183**

Notes:
[1] Les résultats en gras pour le scénario normalisé sont présentés à la figure 11-2 de l'annexe A.
s.o. : sans objet.
Pour produire les figures, la distance maximale pour l'une ou l'autre des catégories de temps a été cartographiée afin de minimiser la confusion; ainsi, la figure 11-2 illustre les résultats du scénario normalisé pour la catégorie de vent 4/D.

Dans le cas d'une explosion prématurée en surpression de 1 psi des réservoirs de propane combinés, le rayon d'impact est de 190 m pour les deux catégories de vent. En cas d'explosion tardive, le rayon d'impact maximal est de 183 m pour la catégorie de vent 4/D. En cas de boule de feu, la distance au niveau de rayonnement thermique de 5 kW/m^2 pour les catégories de vent 1,5/F et 4/D est de 184 m dans les deux scénarios.

4 CONCLUSION

Les distances modélisées présentées dans cette note technique sont basées sur la modélisation des scénarios pour les réservoirs de dioxyde de soufre et de propane du site. Ces scénarios représentent les pires cas et ne prennent pas en considération les mesures préventives mises de l'avant dans le cadre du projet. Ils représentent la conséquence si l'événement modélisé se produisait qu'importe la probabilité qu'il arrive. La modélisation a été préparée en suivant les conseils présentés dans le Guide du Conseil pour la réduction des accidents industriels majeurs et les Directives techniques pour le Règlement sur les urgences environnementales (E2).

5 LIMITATIONS

Le présent rapport a été préparé par WSP Canada Inc. pour le destinataire, Groupe Minier Windfall, conformément à l'entente de services professionnels. La divulgation de tout renseignement faisant partie du présent rapport relève uniquement de la responsabilité du destinataire visé.

Le contenu et les opinions se trouvant dans le présent rapport sont basés sur les observations et informations disponibles pour Groupe Minier Windfall au moment de sa préparation. 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 Canada Inc. n'accepte aucune responsabilité quant aux dommages que pourrait subir un tiers en conséquence de l'utilisation de ce rapport ou à la suite d'une décision ou mesure prise basée sur le présent rapport. Ces limitations sont considérées comme faisant partie intégrante du présent rapport.

6 BIBLIOGRAPHIE

- Conseil pour la réduction des accidents industriels majeurs (CRAIM), 2017. Guide de gestion des risques d'accidents industriels majeurs, Tableau 2.2
- Environnement et Changement Climatique Canada (ECCC) Directives techniques pour le Règlement sur les urgences environnementales (E2), 2019 < https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/programme-urgences-environnementales/reglementation/directives-techniques.html >
- Environnement et changement climatique Canada (ECCC) Lignes directrices pour la mise en application du Règlement sur les urgences environnementales < https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-environnemental-loi-canadienne-protection/publications/lignes-directrices-application-reglement-urgences.html >

Préparé par :

Angèle Généreux
Consultante en environnement - Qualité de l'air

Révisé par :

Camille Taylor
Directrice, Qualité de l'air, bruit et vibration - Science de la Terre et environnement en Ontario

p.j. : Annexe A

ANNEXE A

Figures

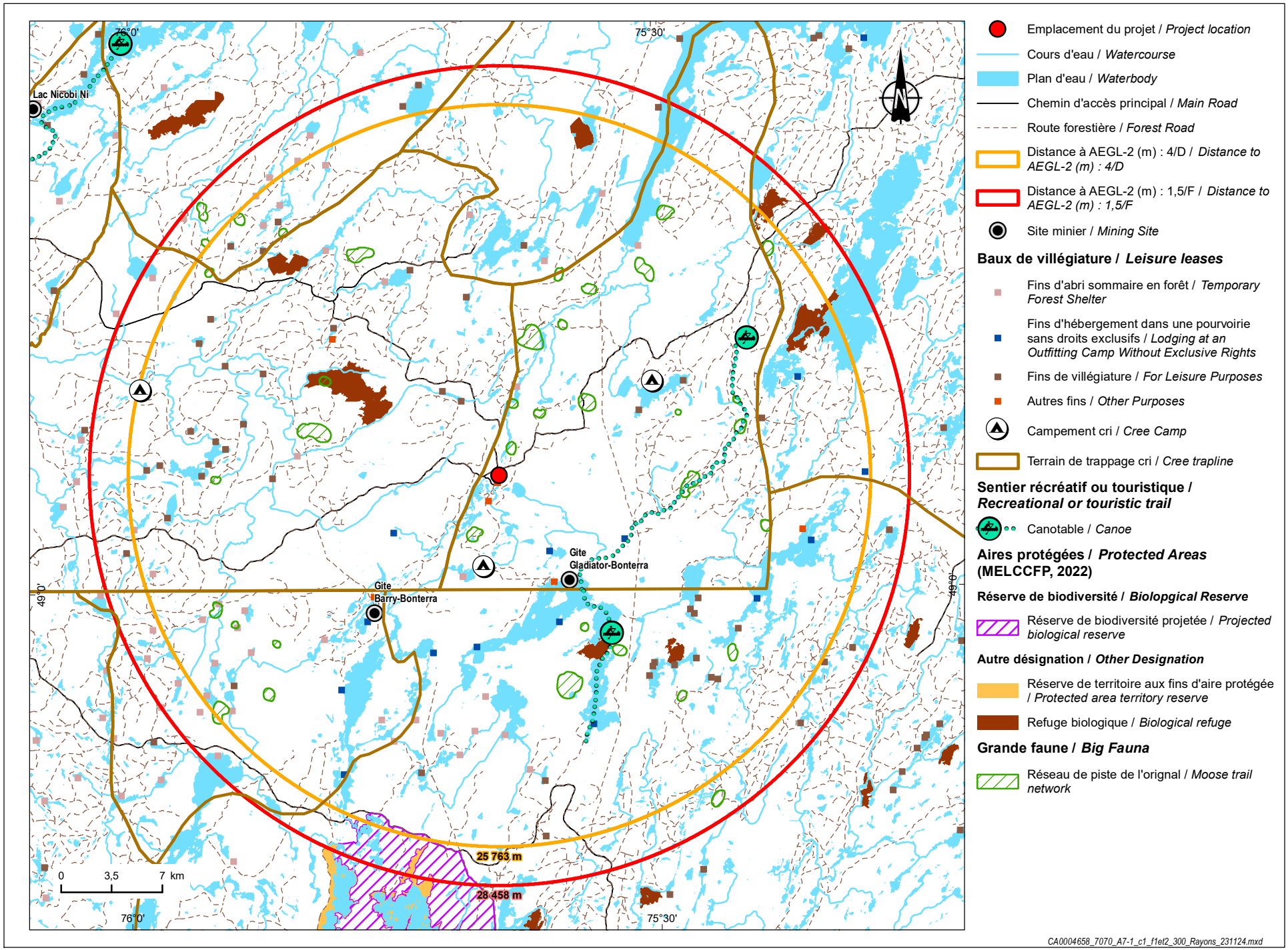


Figure 1 **Rayons d'impact de la modélisation du scénario normalisé pour le réservoir de SO_2 de 36 m^3 / *Normalized Scenario Modeling Impact Radius for the 36 m^3 SO_2 Reservoir*** (réf. WSP, 2023)

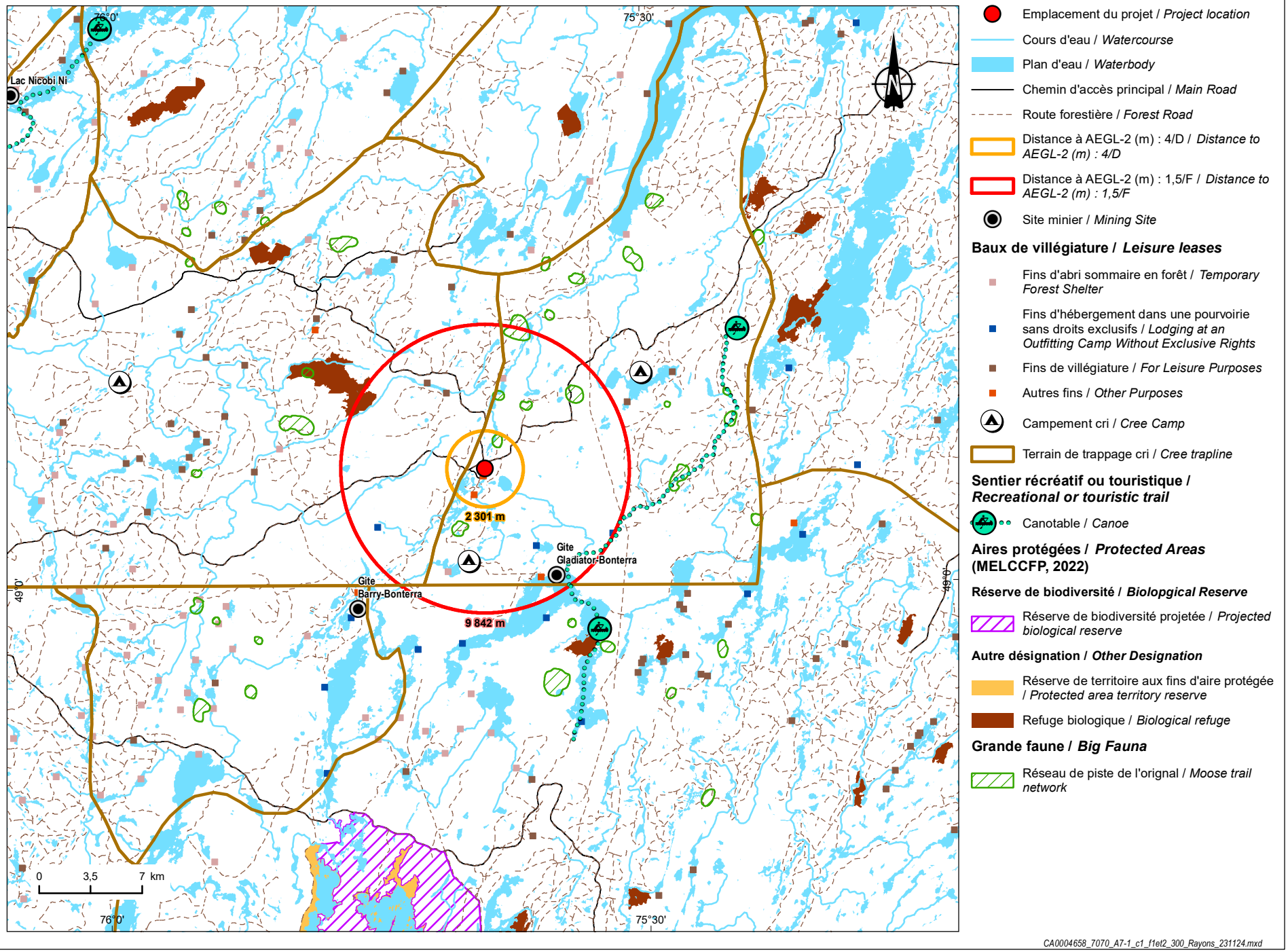


Figure 2 **Rayons d'impact de la modélisation du scénario normalisé alternatif pour le réservoir de SO_2 de 36 m^3 /** ***Alternative Normalized Scenario Modeling Impact Radius for the 36 m ^{3} SO_2 Reservoir*** (réf. WSP, 2023)

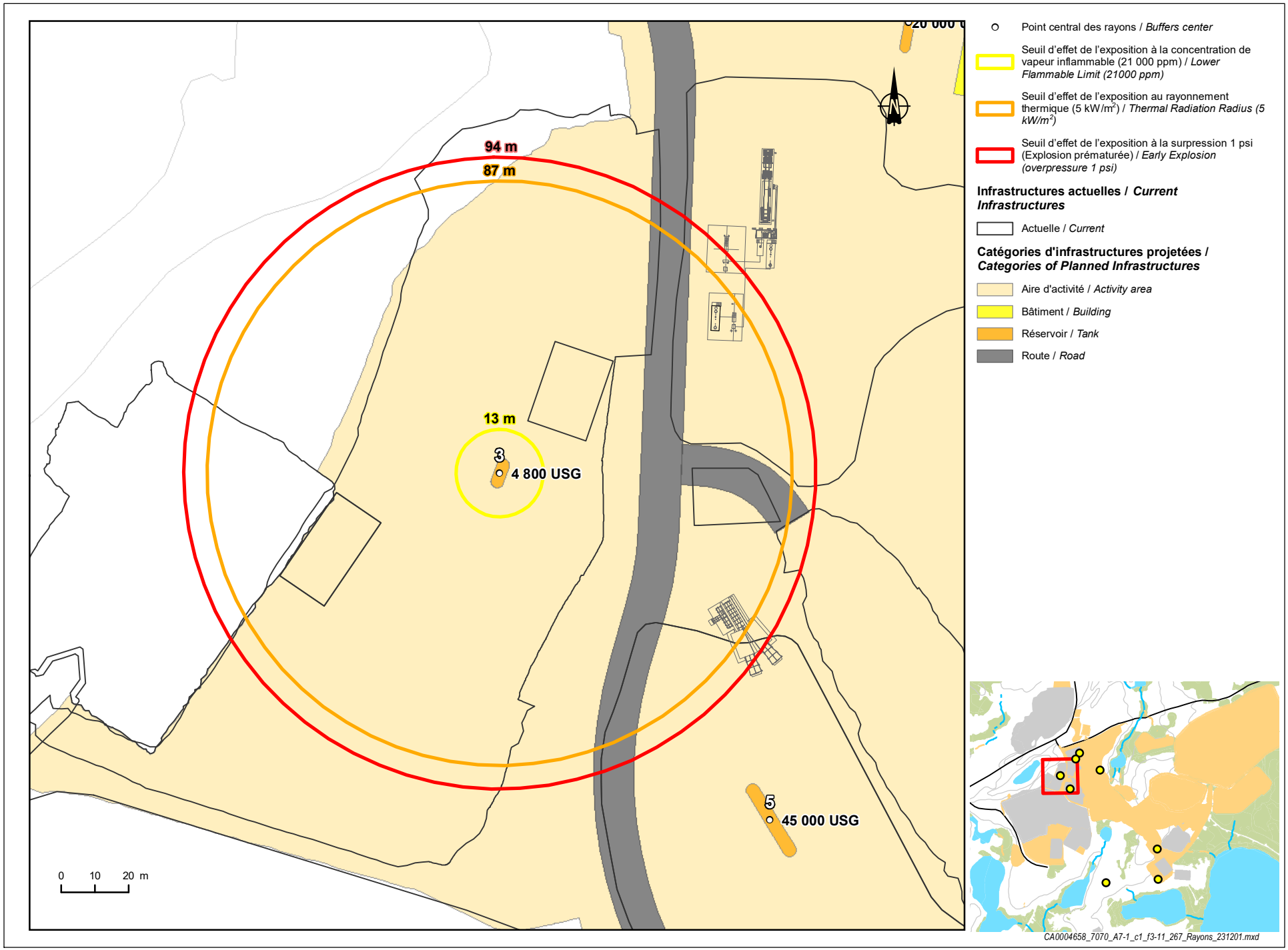


Figure 3 **Rayons d'impact de la modélisation du scénario normalisé pour un réservoir de 4 800 USG / *Normalized Scenario Modeling Impact Radius for a 4 800 USG Reservoir* : 4/D** (réf. WSP, 2023)

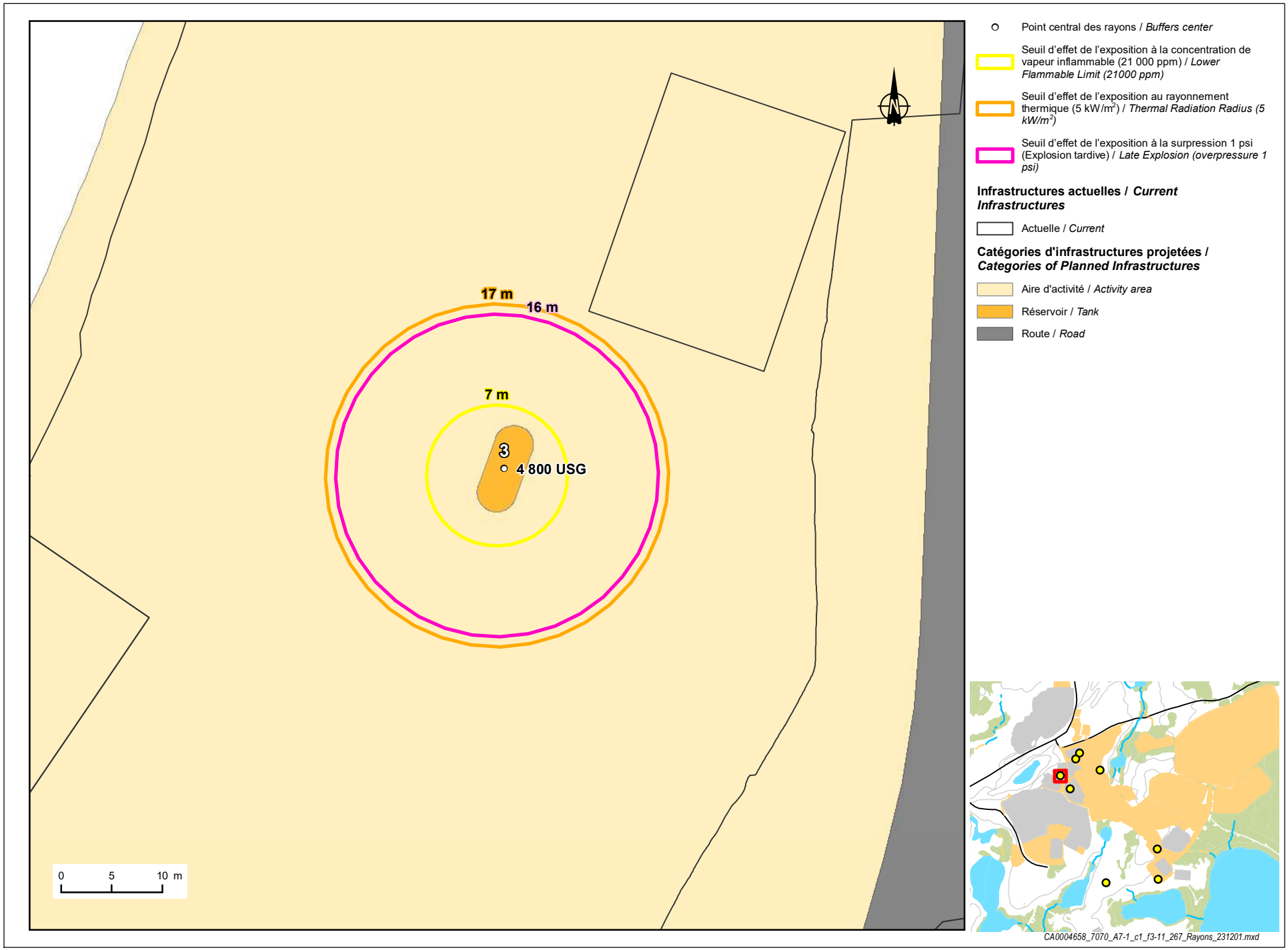


Figure 4 **Rayons d'impact de la modélisation du scénario normalisé alternatif pour un réservoir de 4 800 USG / *Alternative Normalized Scenario Modeling Impact Radius for a 4 800 USG Reservoir* : 1,5/F** (réf. WSP, 2023)

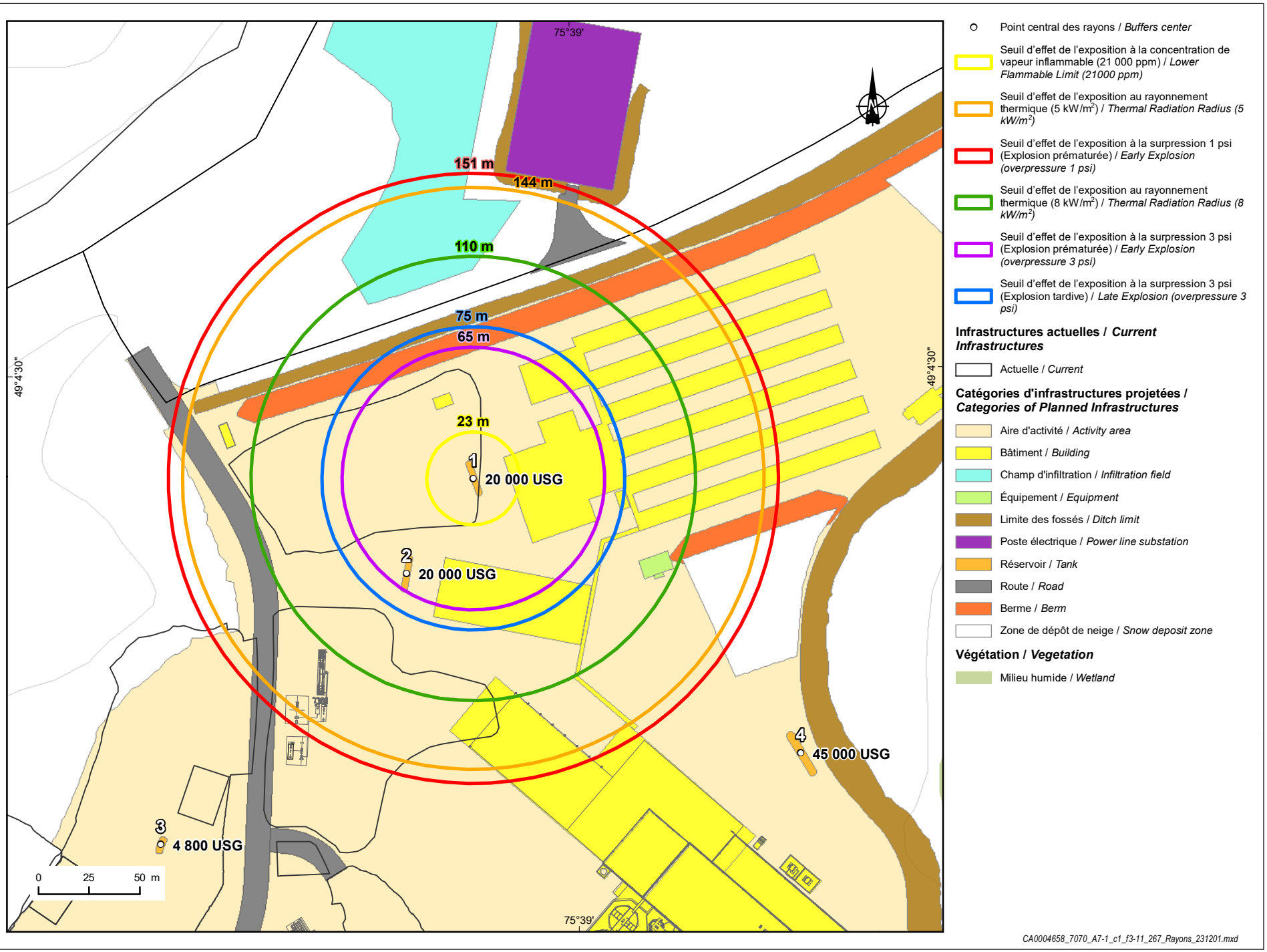


Figure 5-1 **Rayons d'impact de la modélisation du scénario normalisé pour un réservoir de 20 000 USG / *Normalized Scenario Modeling Impact Radius for a 20 000 USG Reservoir* : 4/D** (réf. WSP, 2023)

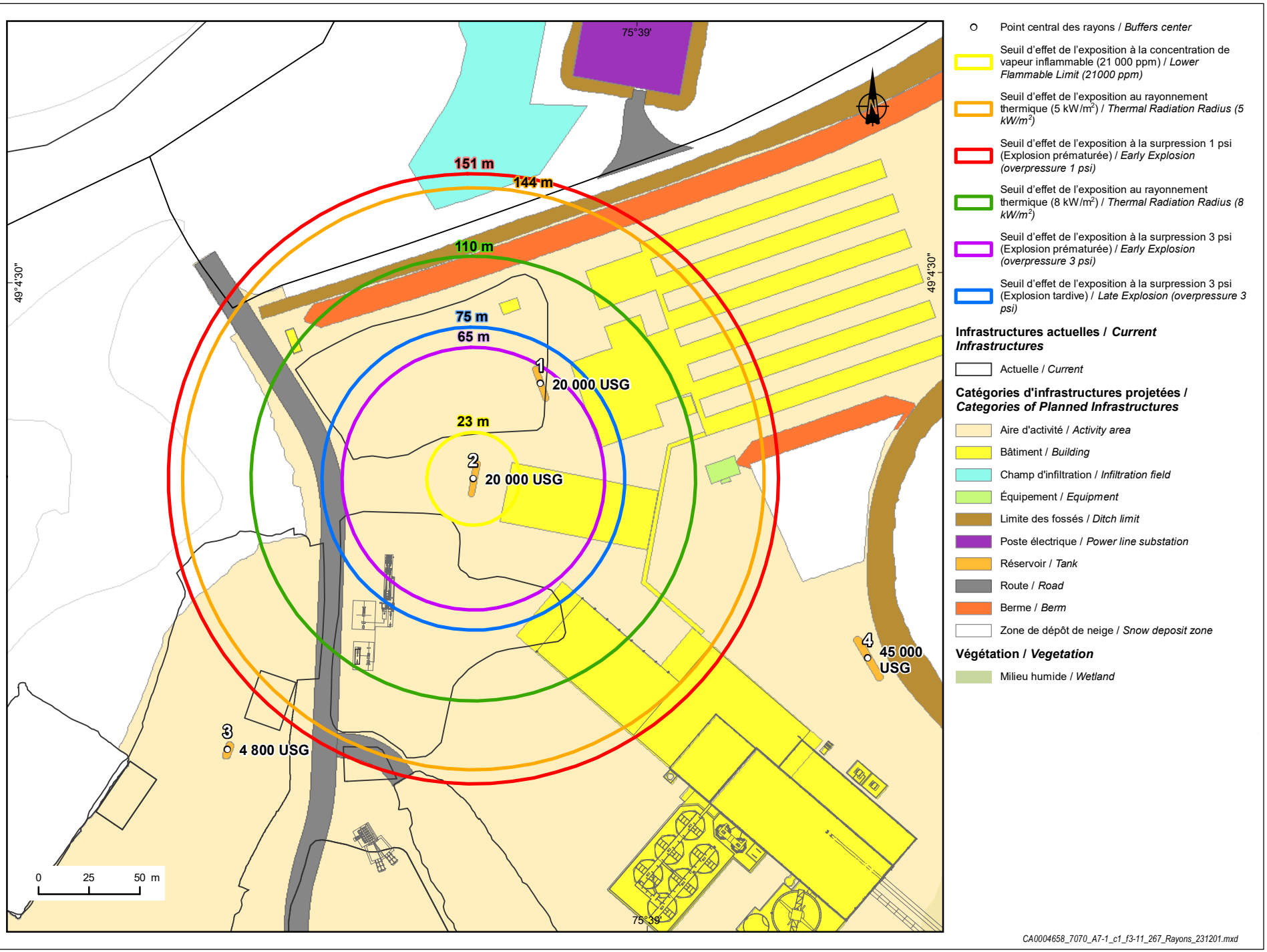


Figure 5-2 **Rayons d'impact de la modélisation du scénario normalisé pour un réservoir de 20 000 USG / *Normalized Scenario Modeling Impact Radius for a 20 000 USG Reservoir* : 4/D** (réf. WSP, 2023)

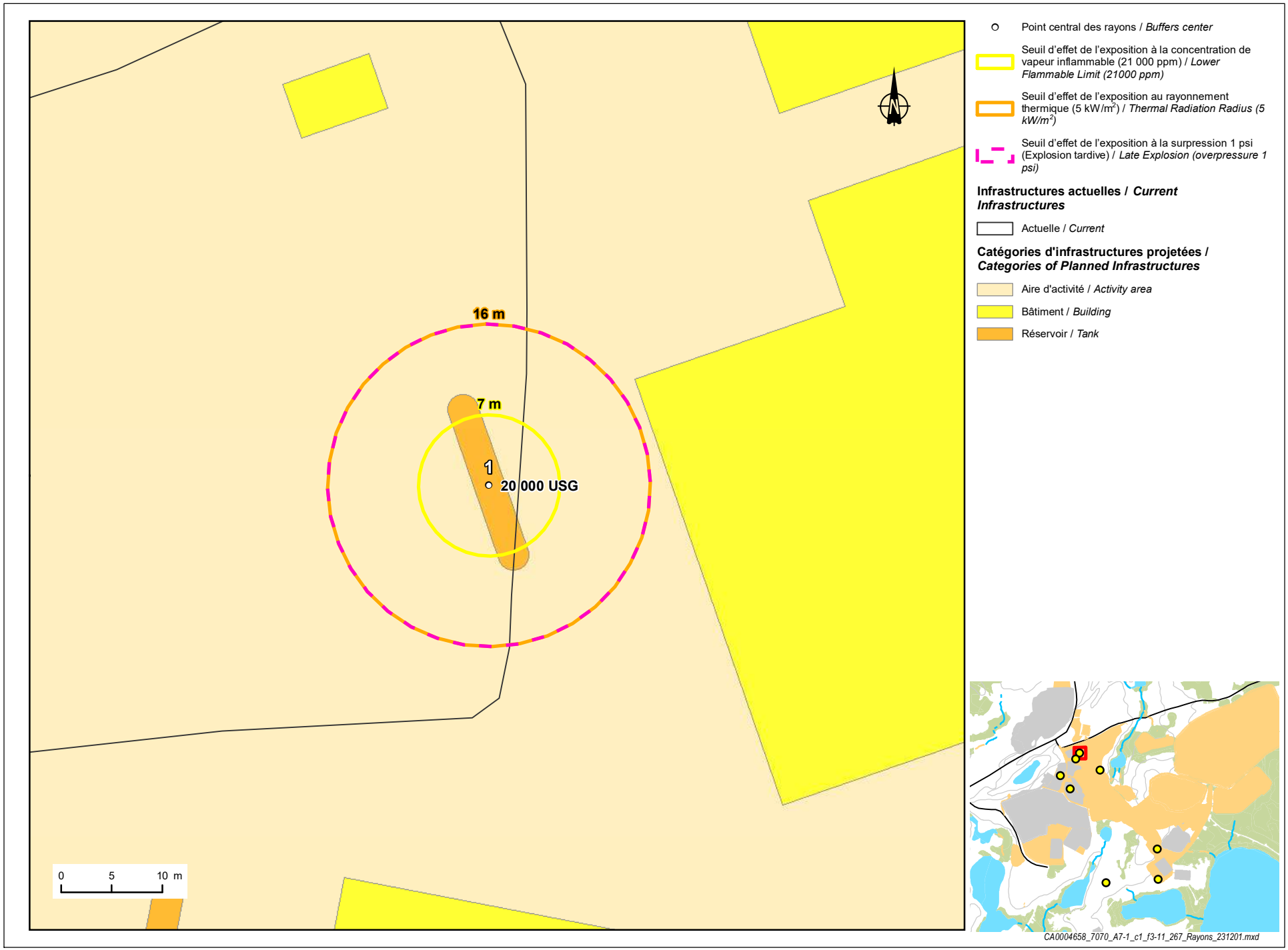


Figure 6-1 **Rayons d'impact de la modélisation du scénario normalisé alternatif pour un réservoir de 20 000 USG / *Alternative Normalized Scenario Modeling Impact Radius for a 20 000 USG Reservoir* : 1,5/F** (réf. WSP, 2023)

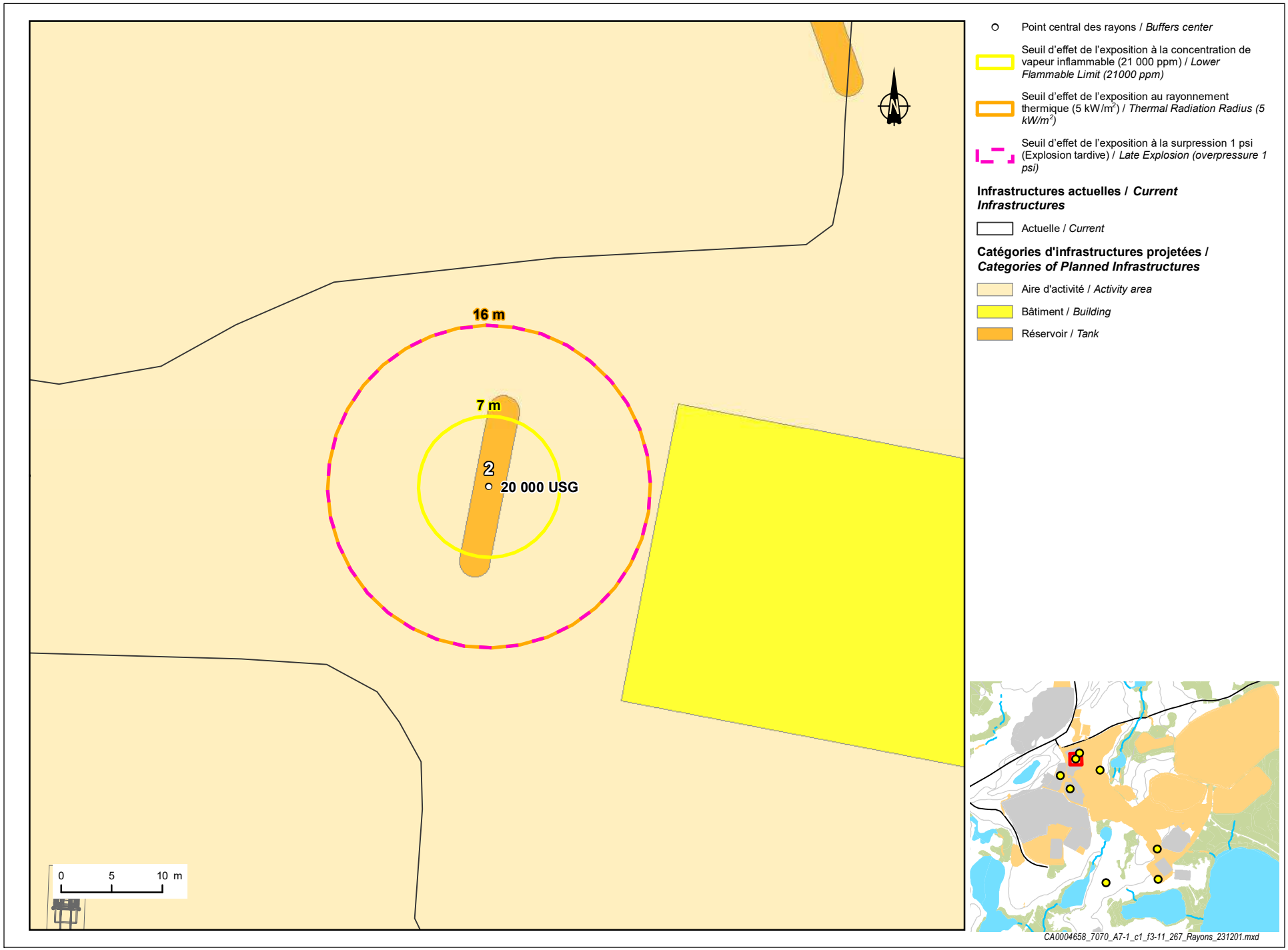


Figure 6-2 **Rayons d'impact de la modélisation du scénario normalisé alternatif pour un réservoir de 20 000 USG / *Alternative Normalized Scenario Modeling Impact Radius for a 20 000 USG Reservoir* : 1,5/F** (réf. WSP, 2023)

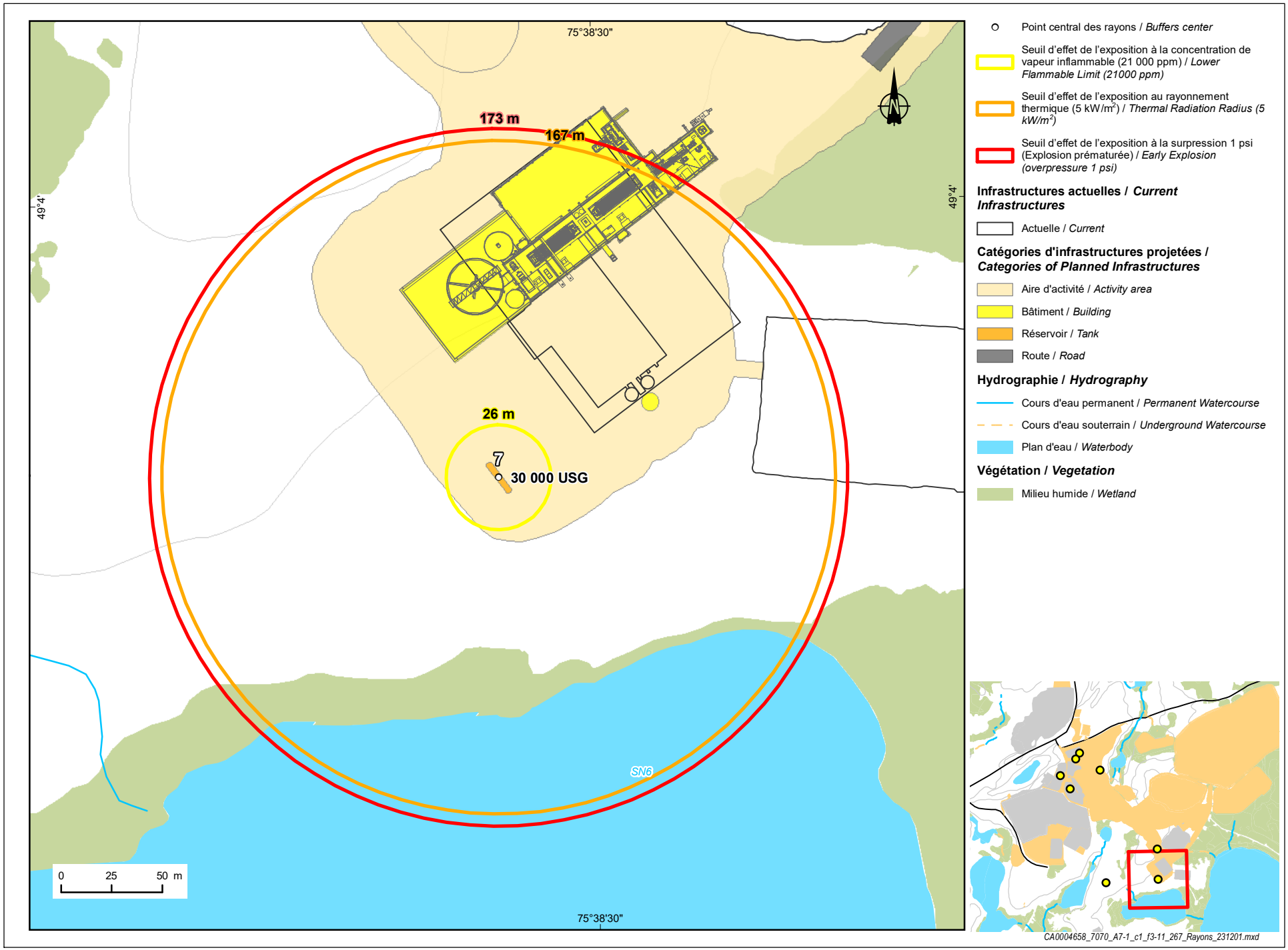


Figure 7-1 **Rayons d'impact de la modélisation du scénario normalisé pour un réservoir de 30 000 USG / *Normalized Scenario Modeling Impact Radius for a 30 000 USG Reservoir* : 4/D** (réf. WSP, 2023)

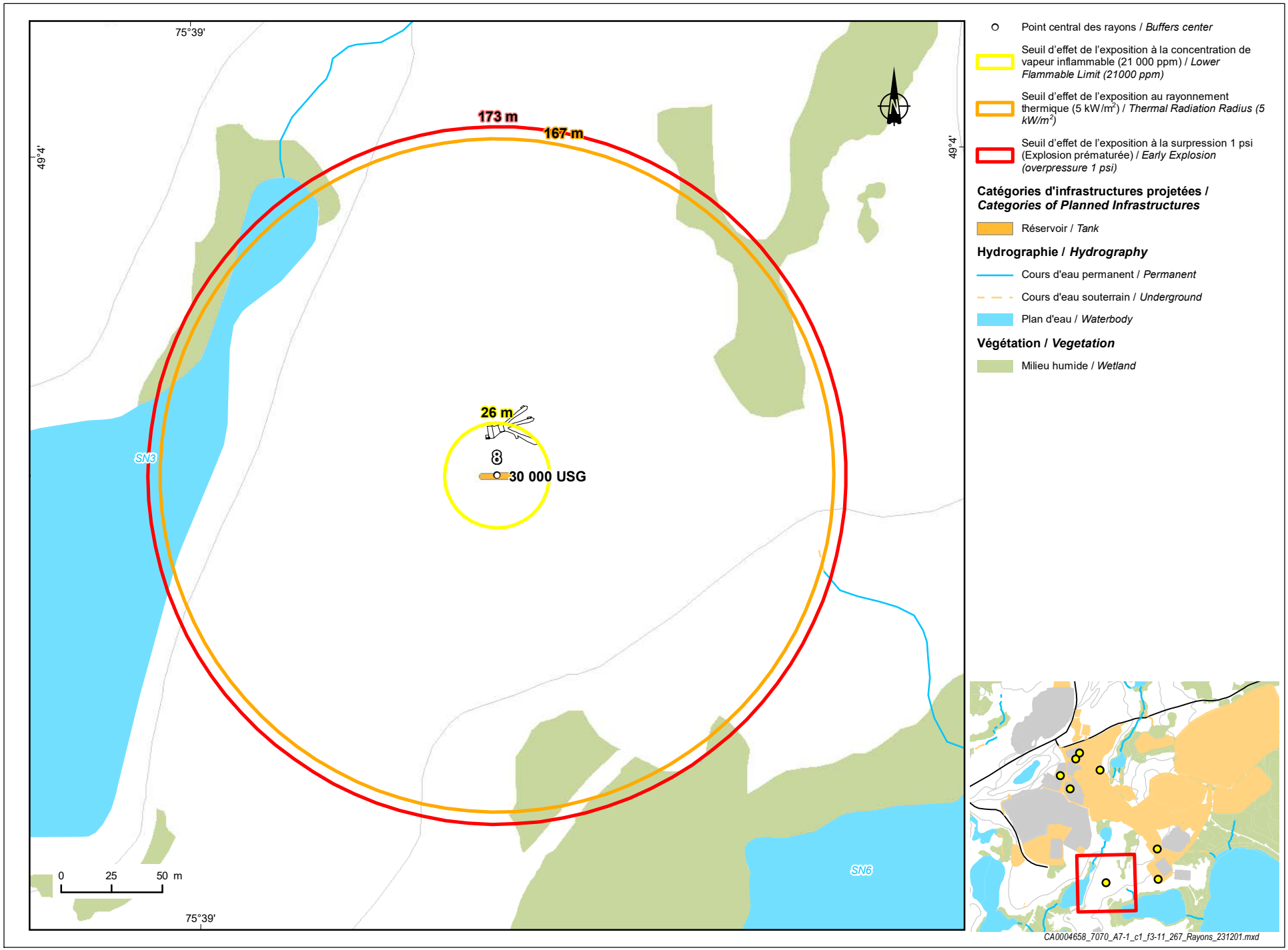


Figure 7-2 **Rayons d'impact de la modélisation du scénario normalisé pour un réservoir de 30 000 USG / *Normalized Scenario Modeling Impact Radius for a 30 000 USG Reservoir* : 4/D** (réf. WSP, 2023)

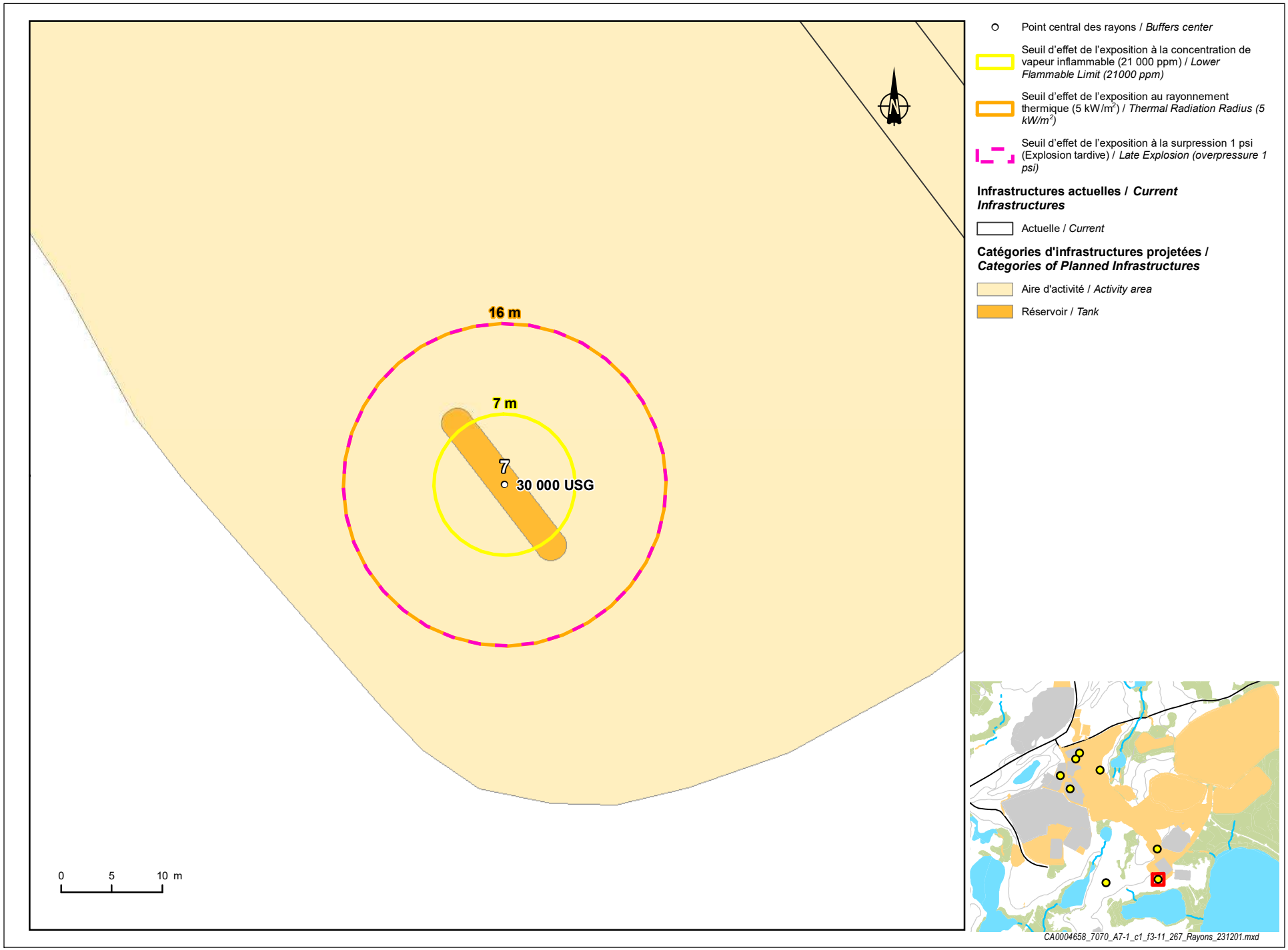


Figure 8-1 **Rayons d'impact de la modélisation du scénario normalisé alternatif pour un réservoir de 30 000 USG / *Alternative Normalized Scenario Modeling Impact Radius for a 30 000 USG Reservoir* : 1,5/F** (réf. WSP, 2023)

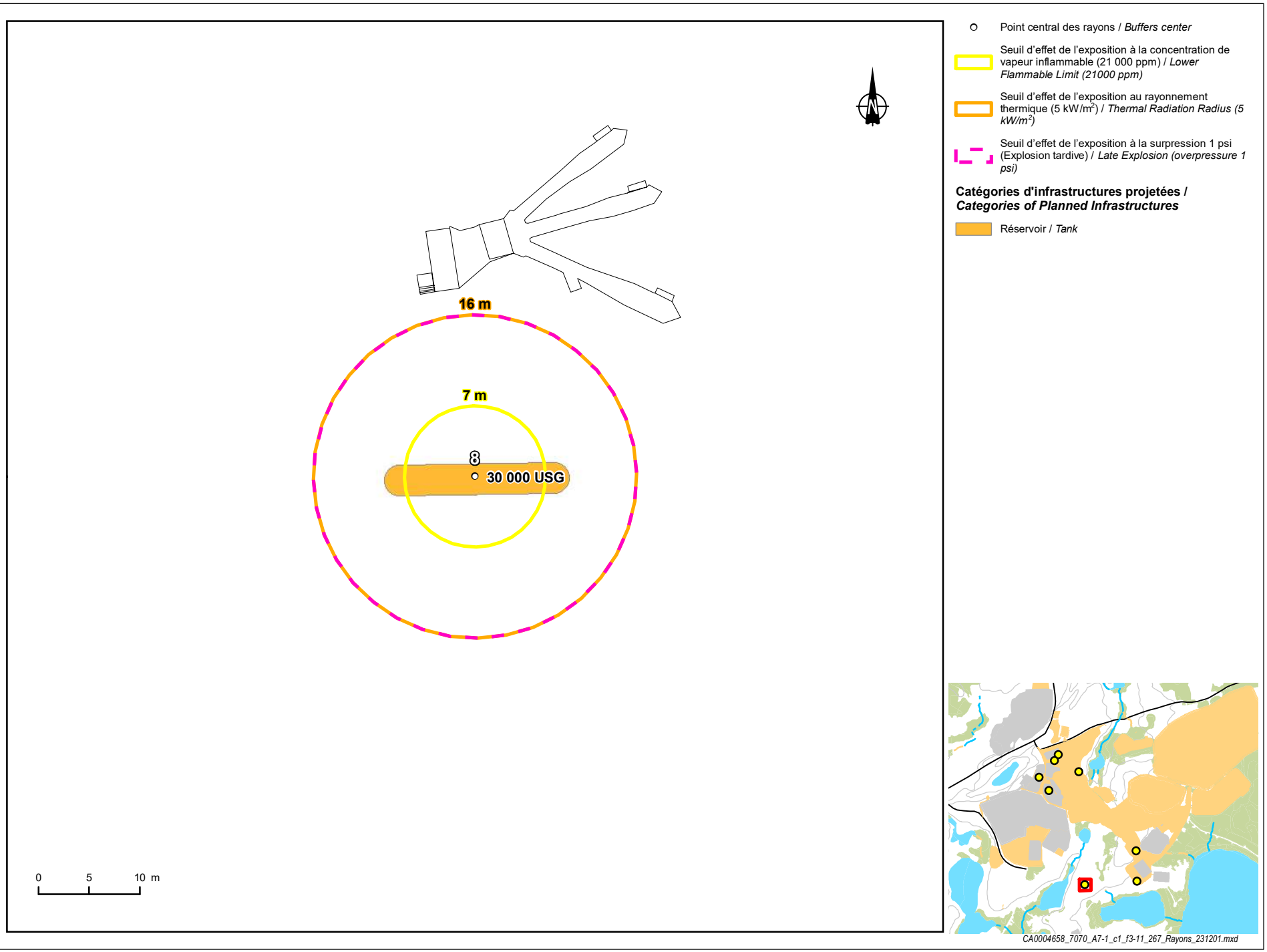


Figure 8-2 **Rayons d'impact de la modélisation du scénario normalisé alternatif pour un réservoir de 30 000 USG / *Alternative Normalized Scenario Modeling Impact Radius for a 30 000 USG Reservoir* : 1,5/F** (réf. WSP, 2023)

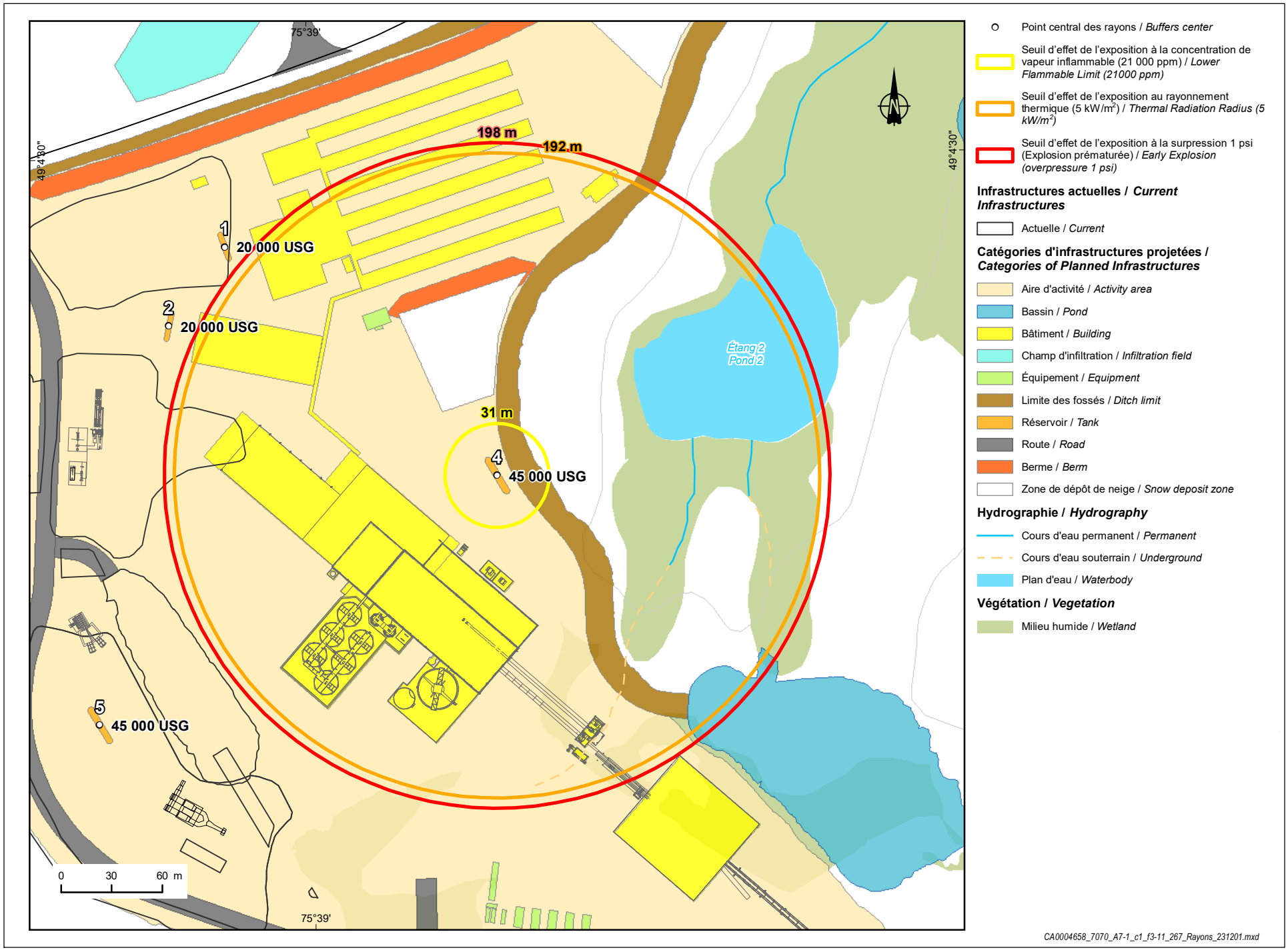


Figure 9-1 **Rayons d'impact de la modélisation du scénario normalisé pour un réservoir de 45 000 USG / *Normalized Scenario Modeling Impact Radius for a 45 000 USG Reservoir* : 4/D** (réf. WSP, 2023)

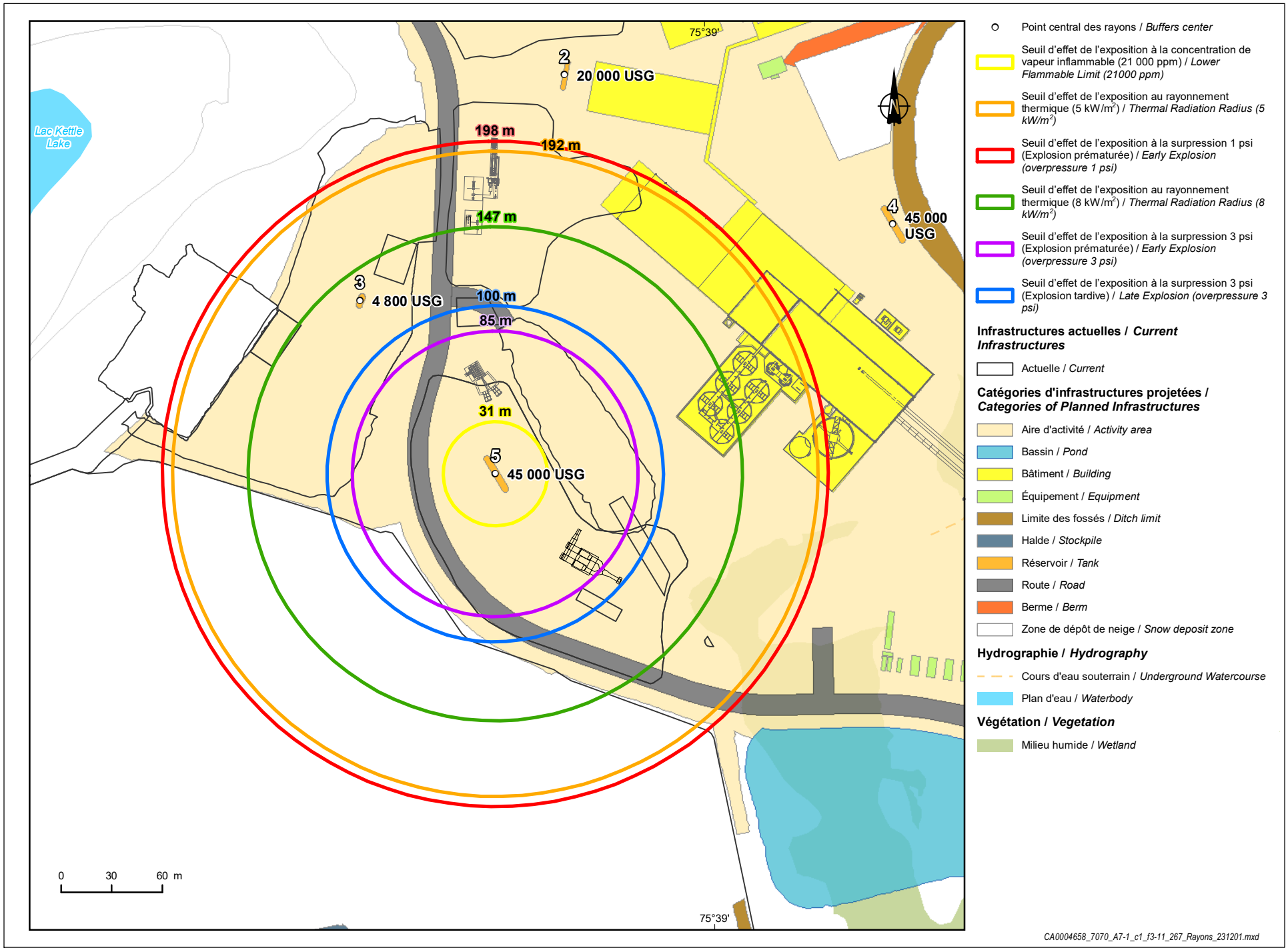


Figure 9-2 **Rayons d'impact de la modélisation du scénario normalisé pour un réservoir de 45 000 USG / *Normalized Scenario Modeling Impact Radius for a 45 000 USG Reservoir* : 4/D** (réf. WSP, 2023)

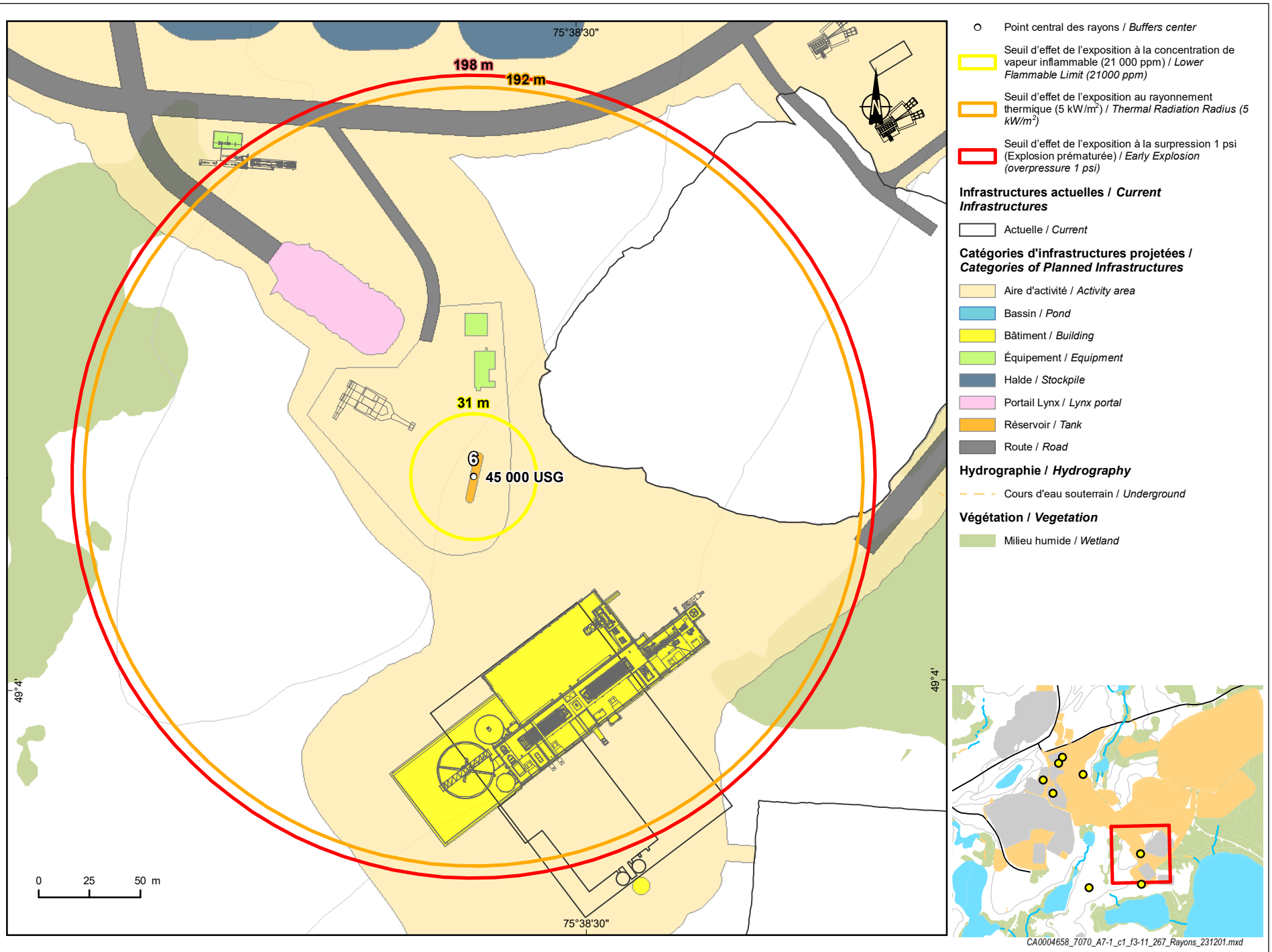


Figure 9-3 **Rayons d'impact de la modélisation du scénario normalisé pour un réservoir de 45 000 USG / *Normalized Scenario Modeling Impact Radius for a 45 000 USG Reservoir* : 4/D** (réf. WSP, 2023)

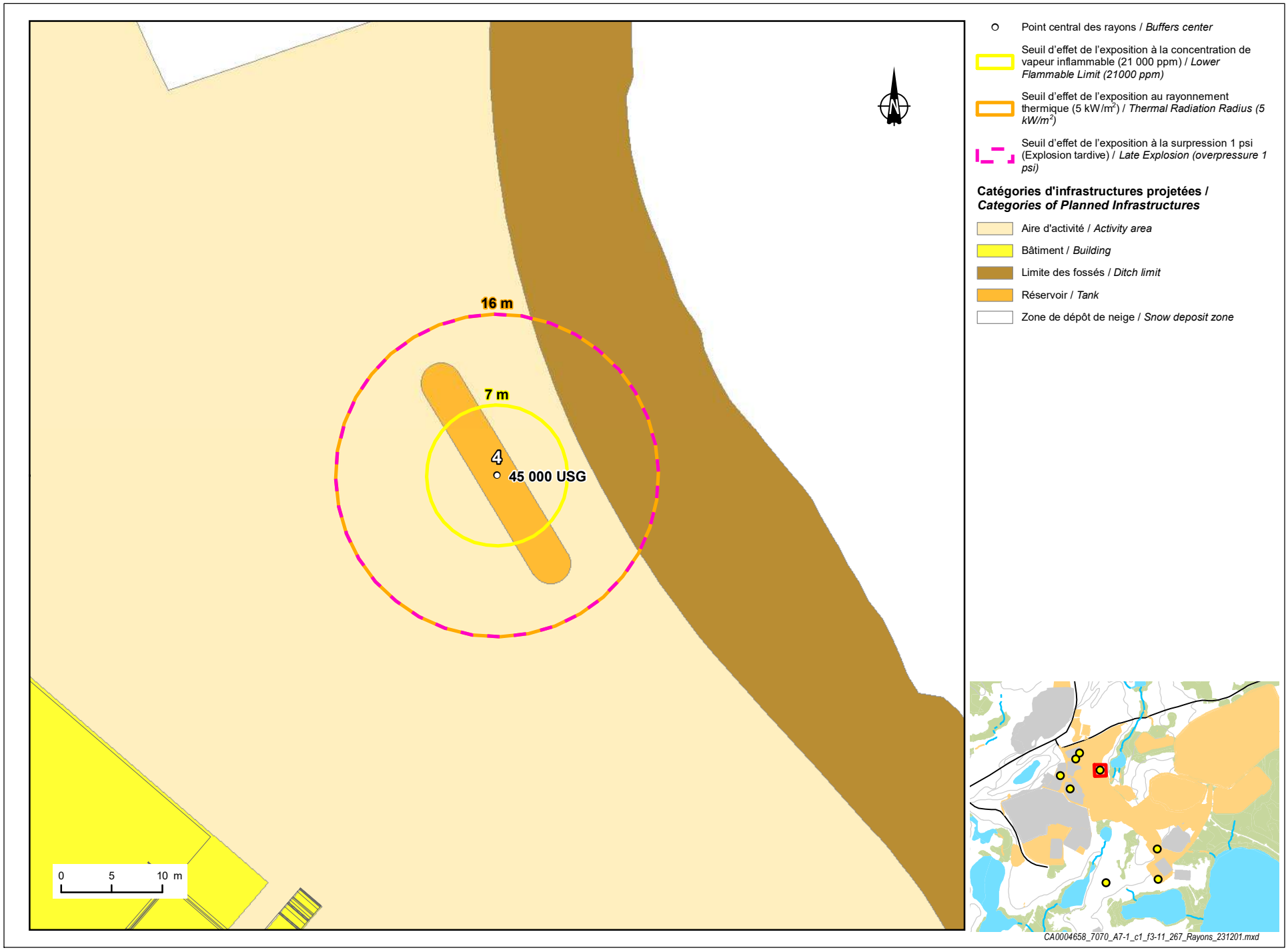


Figure 10-1 **Rayons d'impact de la modélisation du scénario normalisé alternatif pour un réservoir de 45 000 USG / *Alternative Normalized Scenario Modeling Impact Radius for a 45 000 USG Reservoir* : 1,5/F** (réf. WSP, 2023)

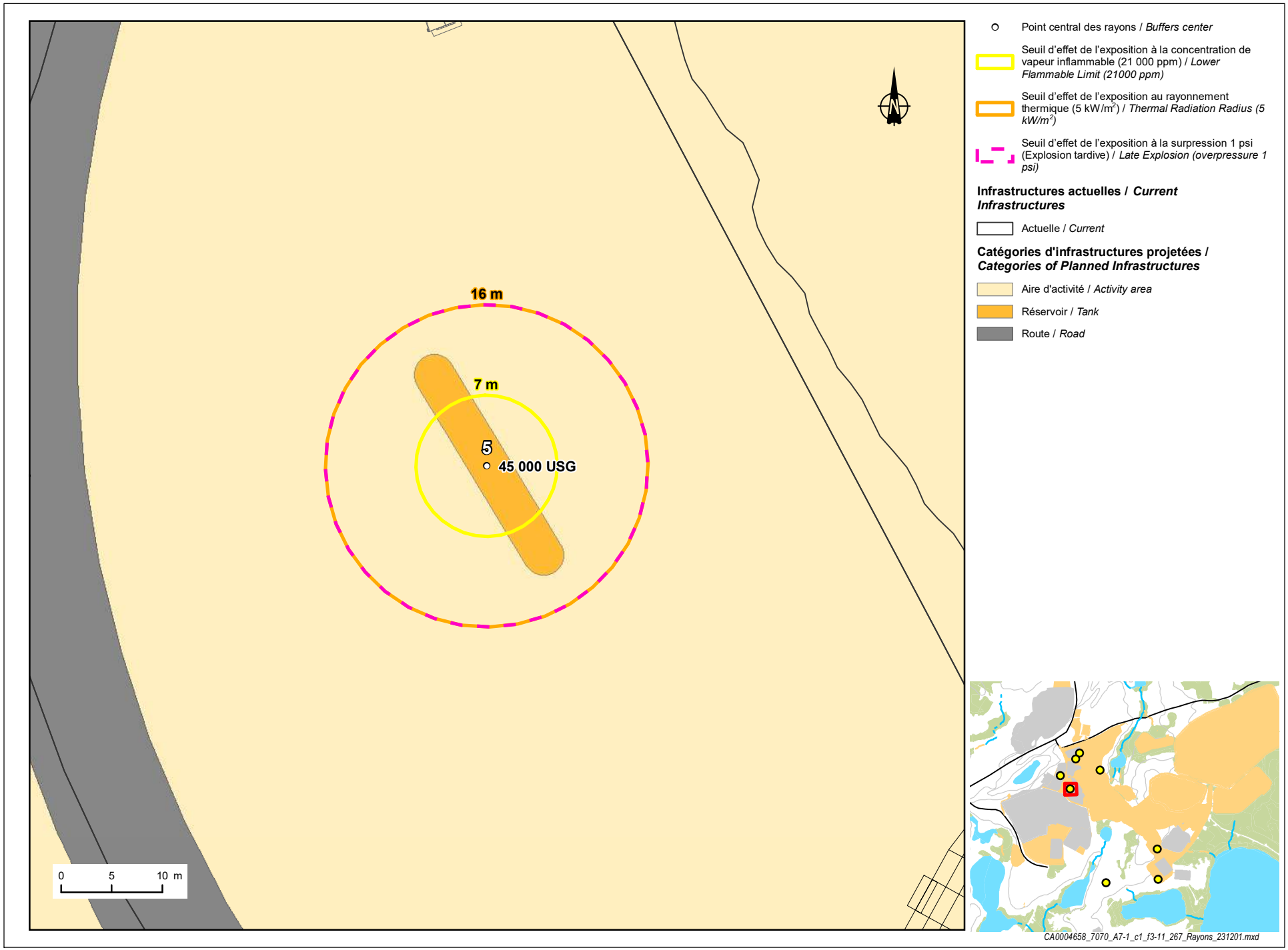


Figure 10-2 **Rayons d'impact de la modélisation du scénario normalisé alternatif pour un réservoir de 45 000 USG / *Alternative Normalized Scenario Modeling Impact Radius for a 45 000 USG Reservoir* : 1,5/F** (réf. WSP, 2023)

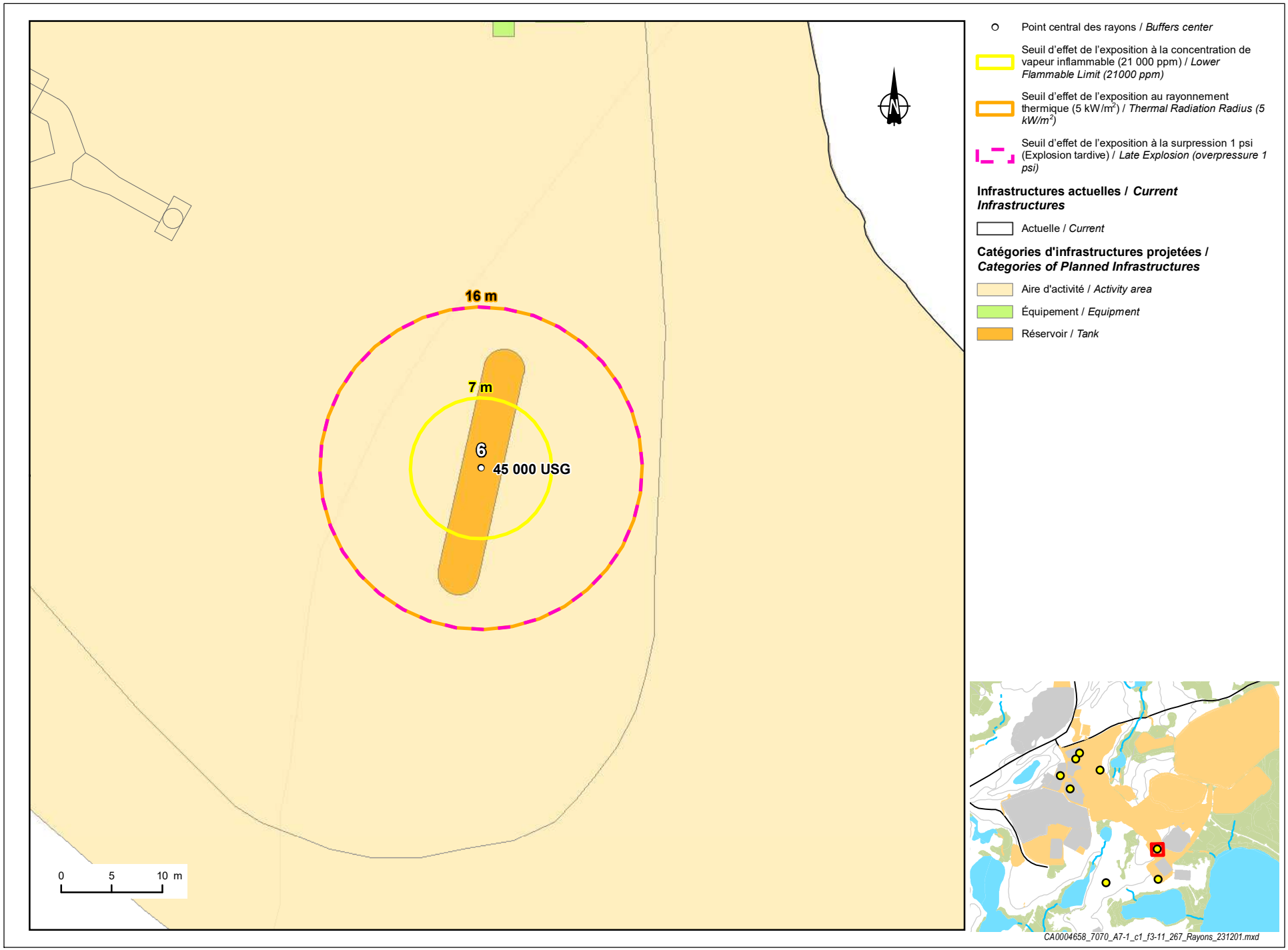


Figure 10-3 **Rayons d'impact de la modélisation du scénario normalisé alternatif pour un réservoir de 45 000 USG / *Alternative Normalized Scenario Modeling Impact Radius for a 45 000 USG Reservoir* : 1,5/F** (réf. WSP, 2023)

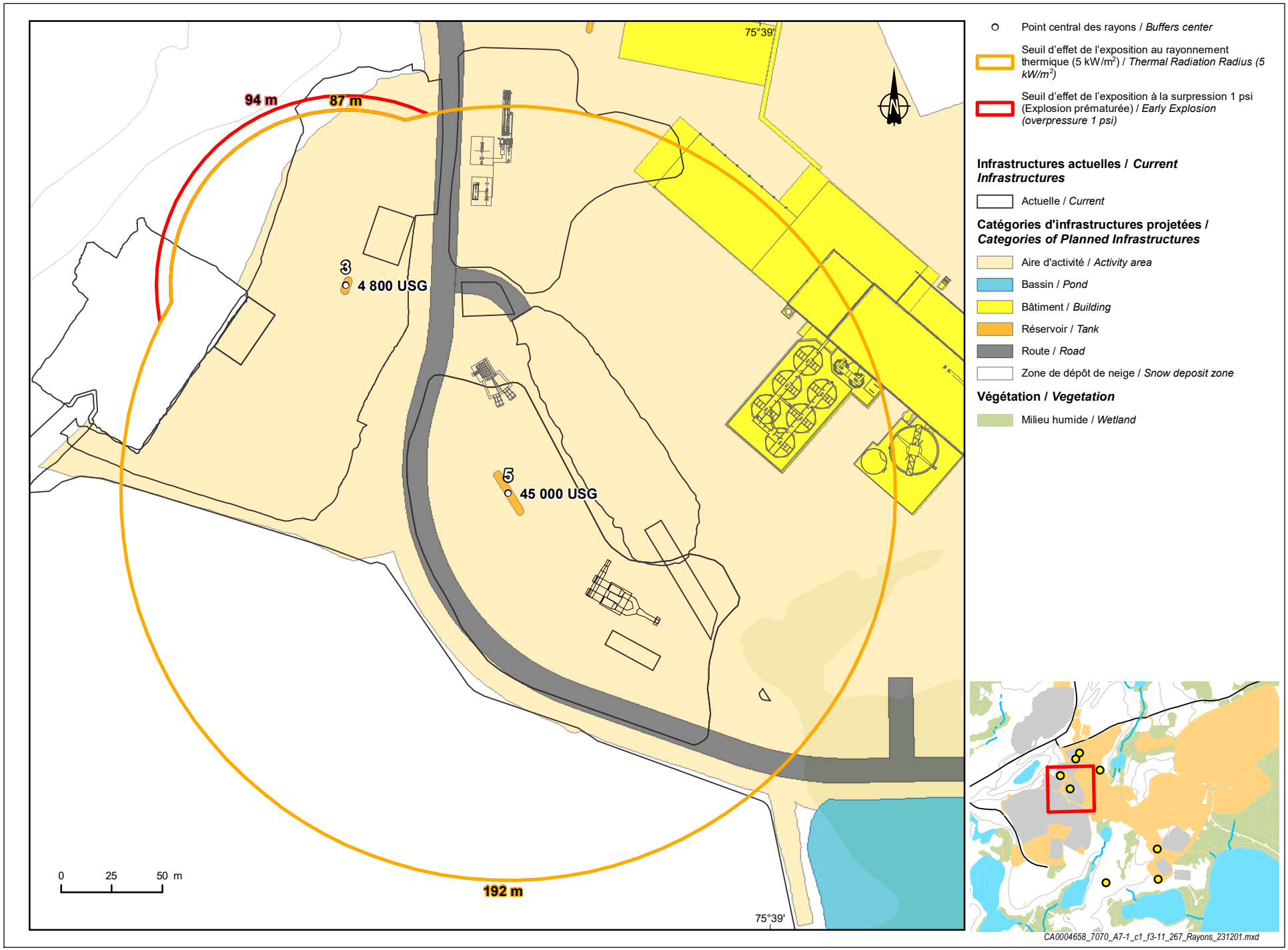


Figure 11-1 **Effet domino pour les réservoirs 3 (4 800 USG) et 5 (45 000 USG) /**
Domino effects for tanks 3 (4 800 USG) and 5 (45 000 USG) **: 4/D** (réf. WSP, 2023)

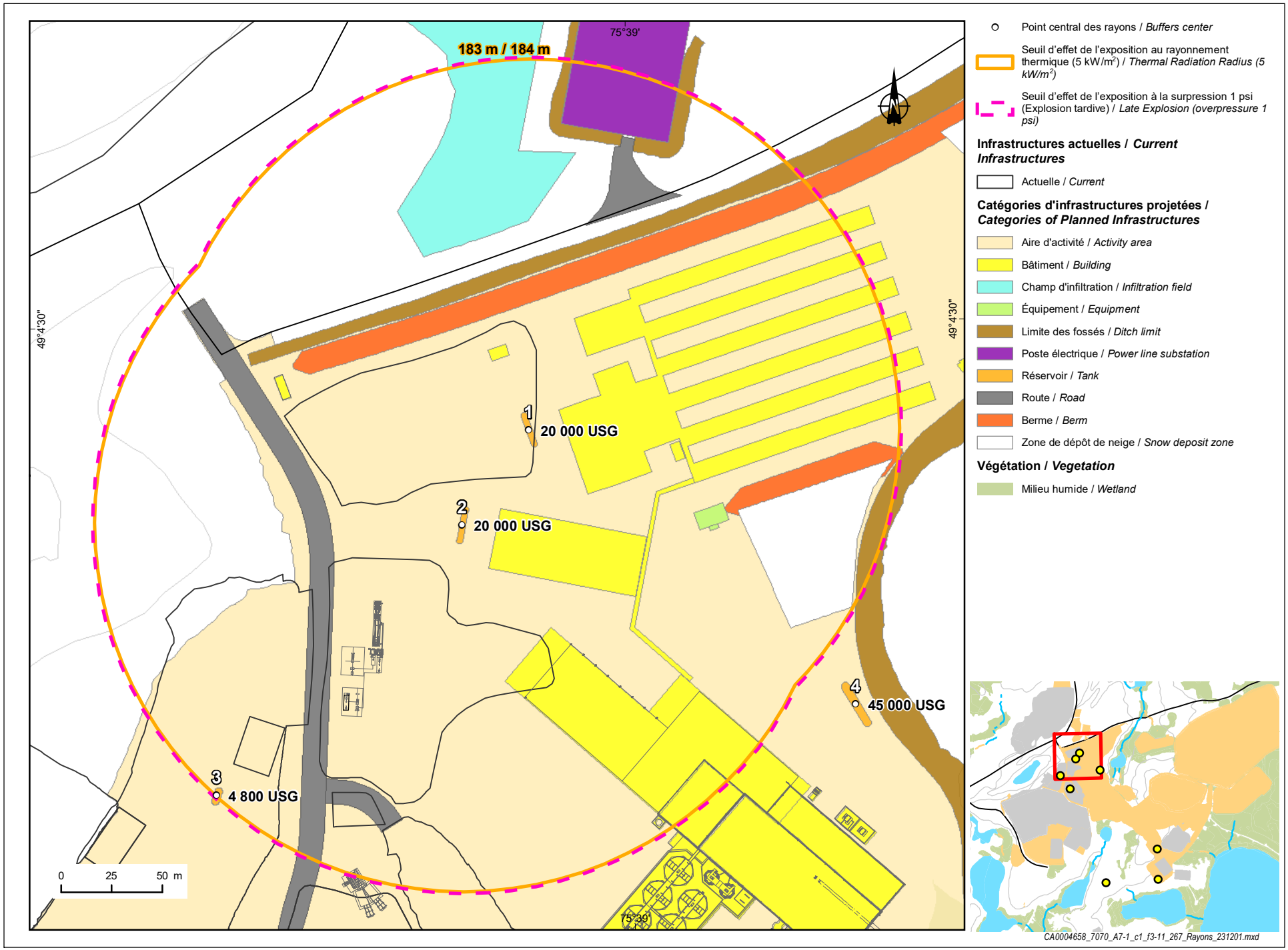


Figure 11-2 **Effet domino pour les réservoirs 1 (20 000 USG) et 2 (20 000 USG) /** ***Domino effects for tanks 1 (20 000 USG) and 2 (20 000 USG)*** **: 4/D** (réf. WSP, 2023)

Hydrographie / *Hydrography*

- Cours d'eau permanent / *Permanent watercourse*
- Cours d'eau intermittent / *Intermittent watercourse*
- Cours d'eau souterrain / *Underground watercourse*
- Canal / *Canal*
- Fossé / *Ditch*
- Plan d'eau / *Waterbody*

Infrastructures connexes / *Related Infrastructures*

- Chemin d'accès principal / *Main road*
- Route régionale / *Regional road*
- Ligne de transport d'énergie électrique / *Electric power transmission line*

Hypsométrie / *Hypsometry*

- Courbe de niveau (10 m) / *Contour (10 m)*

Zones d'études / *Study Areas*

- Zone d'étude locale du milieu biophysique / *Biophysical local study area*
- Zone d'étude locale du milieu humain / *Human local study area*

Risques dans les milieux sensibles / *Risks in sensitive environment*

- Plus grand rayon d'impact correspondant au scenario normalisé pour le dioxyde de soufre / *Greatest impact radii corresponding to the worst-case scenari involving sulfur dioxide tank (AEGL-2)*
- Zone d'impact correspondant aux plus grands rayons d'impact pour le scénario normalisé relatif aux réservoirs de propane (seuils 5 kW/m² / 1psi excluant les effets domino) / *Impact zone corresponding to the greatest impact radius for the worst-case scenario involving propane tanks (5 kW/m² / 1psi excluding domino effects)*
- Réservoir de diesel ou d'essence (hors-sol) / *Diesel or Gasoline Tank (Above Ground)*
- Réservoir de propane (hors-sol) / *Propane Tank (Above Ground)*
- Réservoir de dioxyde de soufre (hors-sol) / *Sulfur Dioxyde Tank (Above Ground)*

Projet / *Project*

Infrastructures actuelles / *Current Infrastructures*

- Actuelle / *Current**
- Qui sera retirée / *To be removed*

Infrastructures projetées / *Planned Infrastructures*

- Effluent final / *Final effluent*
- Aire d'activité / *Activity area*
- Banc d'emprunt / *Borrow pit*
- Bassin / *Pond*
- Bâtiment / *Building*
- Champ d'infiltration / *Infiltration field*
- Concasseur / *Crusher*
- Équipement / *Equipment*
- Limite des fossés / *Ditch limit*
- Halde / *Stockpile*
- Parc à résidus miniers / *Tailings storage facility*
- Portail Lynx / *Lynx portal*
- Poste électrique / *Power line substation*
- Réservoir / *Reservoir*
- Route / *Road*
- Berme / *Berm*
- Zone de dépôt de neige / *Snow deposit zone*

Milieu humain / *Social Environment*

- Canotable / *Canoe*

Baux de villégiature / *Leisure Lease* (RDE, 2023)

- Fins d'abri sommaire en forêt / *Temporary forest shelter*
- Fins d'hébergement dans une pourvoirie sans droits exclusifs / *For lodging at an outfitter without exclusive rights*
- Fins de villégiature / *For leisure purposes*

Utilisation du territoire / *Land use* (Osisko, 2023)

- Campement / *Camp*
- Zone de pêche / *Fishing area*
- Zone valorisée pour le trappage (la délimitation de ces zones est approximative pour fins de confidentialité) / *Trapping valued area (the delimitation of these areas is approximate for confidentiality purposes)*
- Terrain de trappage cri / *Cree trapline*

Archéologie / *Archeology*

- Zone de potentiel archéologique identifiée en 2022 / *Area of archaeological potential identified in 2022*

Feux de forêts / *Forest fire* (MFFP, 2023 / SOPFEU, 2023)

- Été 2023 / *Summer 2023* (limite approximative / *Approximate limit*)
- Moins de 10 ans / *Less than 10*
- Entre 10 et 20 ans / *10 to 20*
- Entre 20 et 30 ans / *20 to 30*
- Plus de 30 ans / *More than 30*

Sites miniers / *Mine Site*

- Site minier / *Mining site*

Milieu biologique / *Biological environment*

Grande faune / *Big Game*

- Réseau de piste de l'orignal / *Moose trail network*

Observations de la faune aviaire / *Avian Fauna Observations*

- Engoulevent d'Amérique (2016-2017, 2021) / *Common nighthawk (2016-2017, 2021)*
- Moucherolle à côtés olive (2017, 2021) / *Olive-sided flycatcher (2017, 2021)*
- Pygargue à tête blanche (2016-2017) / *Bald Eagle (2016-2017)*
- Quiscale rouilleux (2016-2017, 2021) / *Rusty blackbird (2016-2017, 2021)*
- Nid de quiscale rouilleux (2016) / *Rusty blackbird nest (2016)*

Habitat du poisson / *Fish habitat*

- Habitat du poisson dans le cours d'eau ou le plan d'eau / *Fish habitat in the watercourse or in the waterbody*

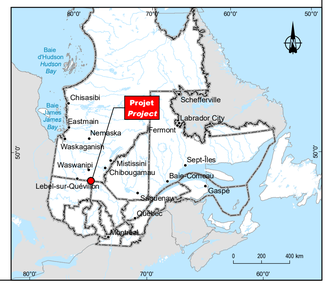
Aires protégées / *Protected Areas* (MELCCFP, 2022)

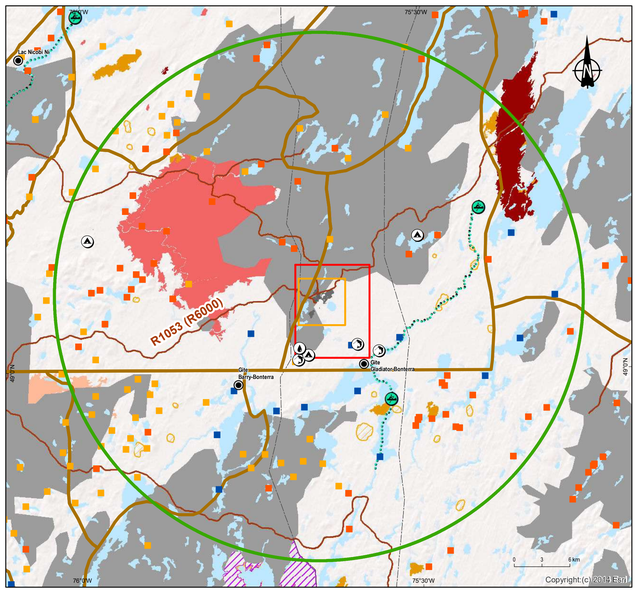
Réserve de biodiversité / *Biological Reserve*

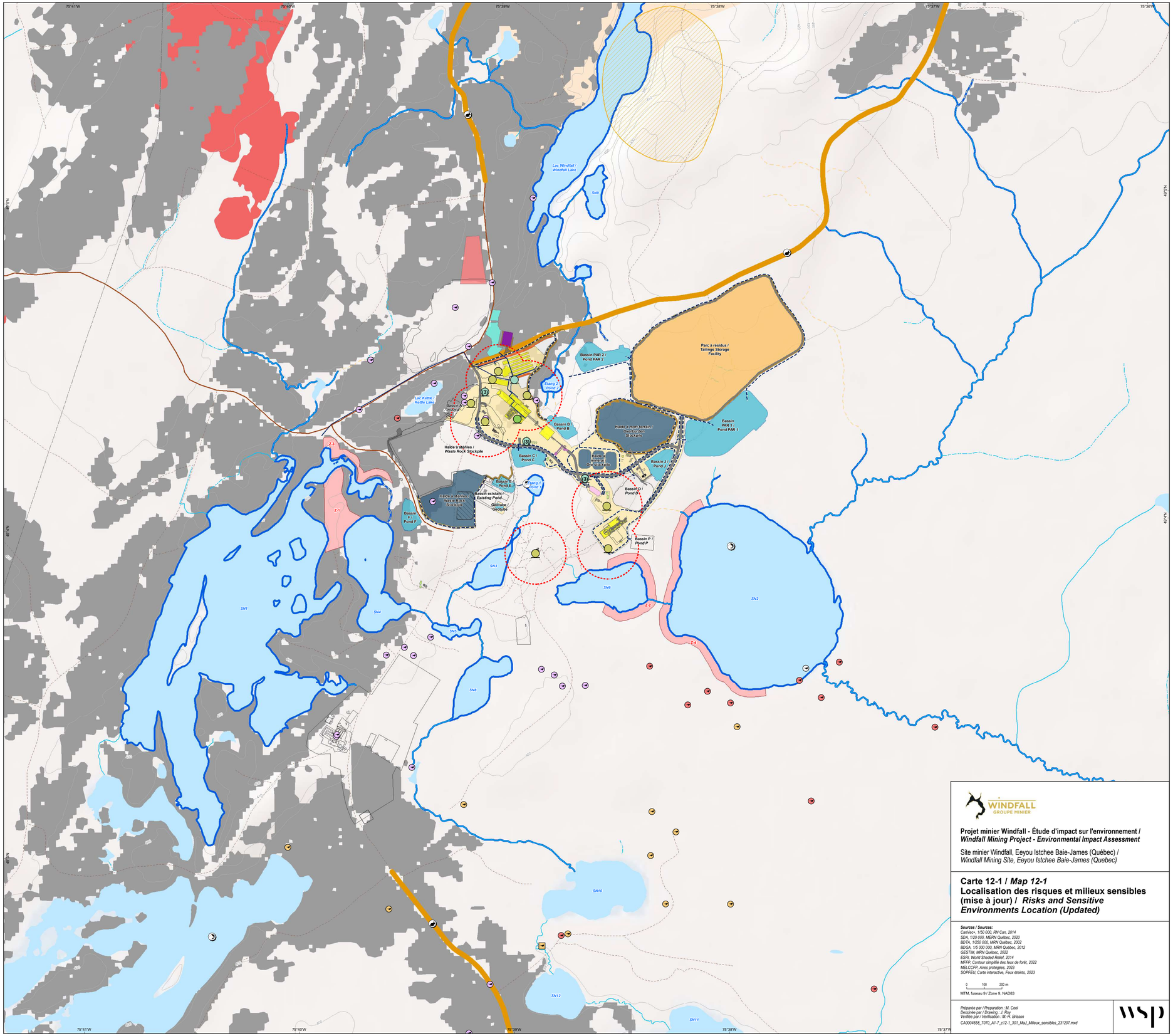
- Réserve de biodiversité projetée / *Projected biological reserve*

Autre désignation / *Other*

- Refuge biologique / *Biological refuge*
- Réserve de territoire aux fins d'aire protégée / *Protected area territory*







WINDFALL GROUPE MINIER

Projet minier Windfall - Étude d'impact sur l'environnement /
Windfall Mining Project - Environmental Impact Assessment

Site minier Windfall, Eeyou Istchee Baie-James (Québec) /
Windfall Mining Site, Eeyou Istchee Baie-James (Quebec)

Carte 12-1 / *Map 12-1*
Localisation des risques et milieux sensibles (mise à jour) / *Risks and Sensitive Environments Location (Updated)*

Sources / Sources:
CanVec+, 1:50 000, RN Can, 2014
SDA, 1/20 000, MERN Québec, 2020
BDTA, 1/250 000, MRN Québec, 2002
BDGA, 1/5 000 000, MRN Québec, 2012
GESTIM, MRN Québec, 2022
ESRI, World Shaded Relief, 2014
MFFP, Contour simplifié des feux de forêt, 2022
MELCCFP, Aires protégées, 2023
SOPFEU, Carte interactive, Feux éteints, 2023

0 100 200 m
MTM, fuseau 9 / Zone 9, NAD83

Préparée par / Preparation : M. Croi
Dessinée par / Drawing : J. Roy
Vérifiée par / Verification : M.-H. Brisson
CA0004658_7070_A1-7_c12-1_301_Maj_Milieux_sensibles_231207.mxd

wsp

1-8

ALTERNATIVE TAILINGS STORAGE SOLUTIONS STUDY

MINIÈRE OSISKO INC.
PROJET N^{O} : CA0004658.7070
(AUPARAVANT PROJET GAL099-20146303-20001)

PROJET MINIER WINDFALL

ÉTUDE SUR LES SOLUTIONS DE RECHANGE POUR L'ENTREPOSAGE DES RESIDUS MINIERS

Territoire d'Eeyou Istchee Baie-James

JUIN 2023

PROJET MINIER WINDFALL

ÉTUDE SUR LES SOLUTIONS DE RECHANGE POUR L'ENTREPOSAGE DES RÉSIDUS MINIERS

MINIÈRE OSISKO INC.

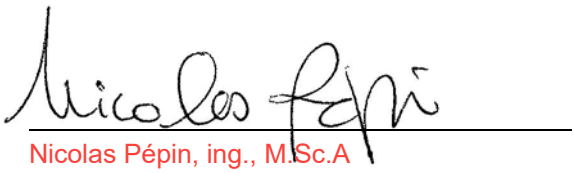
PROJET N^{O} : CA0004658.7070
DATE : JUIN 2023

WSP CANADA INC.
7250, RUE DU MILE-END, 3E ÉTAGE
MONTRÉAL (QUÉBEC) H2R 3A4 CANADA

WSP.COM

SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR



Nicolas Pépin, ing., M.Sc.A
Chargé de projet

RÉVISÉ PAR



Yves Boulianne, ing
Directeur de projet

Ce rapport est une traduction de la version originale anglaise. L'identification de divergences entre la version anglaise et française devra être portée à l'attention de WSP. Dans un tel cas, WSP fournira une clarification par écrit.

WSP Canada Inc. (WSP) a préparé ce rapport uniquement pour son destinataire MINIÈRE OSISKO 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 fié 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 tenu responsable de l'exactitude ou de l'exhaustivité de ces informations.

WSP nie toute responsabilité financière quant aux effets du rapport sur une transaction subséquente ou sur la dépréciation de la valeur des biens qu'il peut entraîner, ou encore qui peuvent découler des mesures, des actions et des coûts qui en résultent.

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 informé et y participe. Advenant une telle situation, la responsabilité de WSP sera déterminée et convenue à ce moment.

Les conditions générales d'un site ne peuvent être extrapolées au-delà des zones définies et des emplacements de prélèvement et d'échantillonnage. Les conditions d'un site entre les emplacements de prélèvement et d'échantillonnage peuvent différer des conditions réelles. La précision et l'exactitude de toute extrapolation et spéculation au-delà des emplacements des prélèvements et d'échantillonnage dépendent des conditions naturelles, de l'historique de développement du site et des changements entraînés par la construction et des autres activités sur le site. De plus, l'analyse a été effectuée pour les paramètres chimiques et physiques déterminés seulement, et il ne peut pas être présumé que d'autres substances chimiques ou conditions physiques ne sont pas présentes. WSP ne fournit aucune garantie et ne fait aucune représentation contre les risques environnementaux non décelés ou contre des effets négatifs causés à l'extérieur de la zone définie.

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

MINIÈRE OSISKO INC.

Directrice de projet	Kim-Quyên Nguyên, ing., MBA

ÉQUIPE DE RÉALISATION

WSP CANADA INC. (WSP)

Directeur de projet	Yves Boulianne, ing
Chargé de projet	Nicolas Pépin, ing., M.Sc.A.
Rédaction principale et analyse	Chantal Dancose, M.Sc.
Analyse des alternatives	Gabriela-Thérèse Tonus, CPI
Analyste SIG	Patrick Johnston
Édition	Linette Poulin

Référence à citer :

WSP. 2023. *PROJET MINIER WINDFALL. ÉTUDE SUR LES SOLUTIONS DE RECHANGE POUR L'ENTREPOSAGE DES RÉSIDUS MINIERS.* RAPPORT PRODUIT POUR MINIÈRE OSISKO INC. 64 PAGES ET ANNEXES.

TABLE DES MATIÈRES

1 INTRODUCTION 1

1.1 CONTEXTE 1

1.2 MANDAT 1

2 DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SECTEUR 3

3 ACTIVITÉS D'INFORMATION ET DE CONSULTATION DES PREMIÈRES NATIONS 5

4 PROCESSUS D'ÉVALUATION DES SOLUTIONS DE RECHANGE 7

4.1 ÉTAPE 1 : IDENTIFICATION DES SOLUTIONS DE RECHANGE POSSIBLES 7

4.1.1 TECHNOLOGIES 7

4.1.2 CRITÈRES SEUIL ET IDENTIFICATION DES SITES POTENTIELS 9

4.2 ÉTAPE 2 : PRÉSÉLECTION DES SOLUTIONS DE RECHANGE 13

4.2.1 DESCRIPTION DES CRITÈRES DE PRÉSÉLECTION 13

4.2.2 RÉSULTATS DE LA PRÉSÉLECTION 14

4.2.3 VISITE DU SITE 17

4.3 ÉTAPE 3 : CARACTÉRISATION DES SOLUTIONS DE RECHANGE 17

4.3.1 CRITÈRES DE CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE ET INDICATEURS 17

4.3.2 CRITÈRES DE CARACTÉRISATION SOCIOÉCONOMIQUE ET INDICATEURS 23

4.3.3 CRITÈRES DE CARACTÉRISATION TECHNIQUE ET INDICATEURS 23

4.3.4 CRITÈRES DE CARACTÉRISATION ÉCONOMIQUE ET INDICATEURS 31

4.4 ÉTAPE 4 : CRÉATION DE COMPTES MULTIPLES 31

4.4.1 COMPTES AUXILIAIRES (CRITÈRES D'ÉVALUATION) 31

4.4.2 INDICATEURS (CRITÈRES DE MESURE) 31

4.5 ÉTAPE 5 : PROCESSUS DÉCISIONNEL FONDÉ SUR LA VALEUR 39

4.5.1 COTATION 39

4.5.2 PONDÉRATION 39
4.5.3 ANALYSE QUANTITATIVE DU CAS DE RÉFÉRENCE 39
4.5.4 SYNTHÈSE DES RÉSULTATS 44
4.6 ÉTAPE 6 : ANALYSE DE SENSIBILITÉ 47
4.6.1 RÉSULTATS DE L'ANALYSE DE SENSIBILITÉ 47
4.7 ÉTAPE 7 : RÉSULTATS DU DOCUMENT 49
5 CONCLUSION 51
RÉFÉRENCES 53

TABLE DES MATIÈRES (*suite*)

TABLEAUX

TABLEAU 1 MÉTHODES TYPIQUES D'ÉPAISSISSEMENT ET DE TRANSPORT DES RÉSIDUS MINIERS 8

TABLEAU 2 CRITÈRE SEUIL PROPOSÉ.....10

TABLEAU 3 PARAMÈTRES DE CONCEPTION PRÉLIMINAIRES – HYPOTHÈSES INITIALES 11

TABLEAU 4 BRÈVE DESCRIPTION DES SOLUTIONS DE RECHANGE 1 À 14 11

TABLEAU 5 TABLEAU RÉCAPITULATIF – CRITÈRES DE PRÉSÉLECTION 13

TABLEAU 6 PRÉSÉLECTION – RÉSULTATS.....15

TABLEAU 7 RÉSUMÉ – ASPECTS TECHNIQUES DES SOLUTIONS DE RECHANGE SÉLECTIONNÉES.....16

TABLEAU 8 RÉSUMÉ DES INDICATEURS– CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE 19

TABLEAU 9 RÉSUMÉ DES INDICATEURS – CARACTÉRISATION SOCIOÉCONOMIQUE.....25

TABLEAU 10 RÉSUMÉ DES INDICATEURS – CARACTÉRISATION TECHNIQUE 27

TABLEAU 11 RÉSUMÉ DES INDICATEURS – CARACTÉRISATION ÉCONOMIQUE 33

TABLEAU 12 RÉSUMÉ DES COMPTES AUXILIAIRES.....35

TABLEAU 13 CRÉATION DE COMPTES MULTIPLES COMPLETS 37

TABLEAU 14 COTES DU COMPTE ENVIRONNEMENTAL.....41

TABLEAU 15 COTES DU COMPTE SOCIOÉCONOMIQUE 42

TABLEAU 16 COTES DU COMPTE TECHNIQUE.....43

TABLEAU 17 COTES DU COMPTE RELATIF AUX ASPECTS ÉCONOMIQUES DU PROJET 43

TABLEAU 18 RÉSUMÉ DES AVANTAGES ET DES INCONVÉNIENTS – COMPTE ENVIRONNEMENTAL 44

TABLEAU 19 RÉSUMÉ DES AVANTAGES ET DES INCONVÉNIENTS – COMPTE SOCIOÉCONOMIQUE 45

TABLEAU 20 RÉSUMÉ DES AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS – COMPTE TECHNIQUE 46

TABLEAU 21 RÉSUMÉ DES AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS – COMPTE ÉCONOMIQUE.....46

TABLEAU 21 PONDÉRATIONS UTILISÉES POUR L'ANALYSE DE SENSIBILITÉ.....47

TABLEAU 23 RÉSULTATS DE L'ANALYSE DE SENSIBILITÉ 48

TABLE DES MATIÈRES (*suite*)

FIGURES

ILLUSTRATION 1 : SEUIL D'ÉCOULEMENT EN FONCTION DU POURCENTAGE DE SOLIDES.....9

FIGURE 1 EMPLACEMENT DU SITE 57

FIGURE 2 EMPLACEMENT DES SOLUTIONS DE RECHANGE POSSIBLES 59

FIGURE 3 PRINCIPALES CONTRAINTES 61

FIGURE 4 EMPLACEMENT DES SOLUTIONS DE RECHANGE PRÉSÉLECTIONNÉES.....63

ANNEXES

A CONFIGURATION DES SOLUTIONS DE RECHANGE

B DOSSIER PHOTOGRAPHIQUE

C TABLEAUX DES CRITÈRES, DES INDICATEURS ET DE LA PONDÉRATION POUR LES ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX, SOCIAUX, TECHNIQUES ET ÉCONOMIQUES

D DÉTAILS DES RÉSULTATS

1 INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

La propriété du projet Windfall, détenue à 100 % par Minière Osisko inc. (Osisko), est située sur le territoire municipal d'Eeyou Istchee à la Baie-James, à environ 115 km à l'est de la ville de Lebel-sur-Quévillon, Québec, Canada. Le projet est une mine d'or souterraine à laquelle on accède par deux rampes. Les matériaux minéralisés extraits de la mine seront transportés par camions jusqu'à l'usine de traitement du minerai située sur le site de la mine.

Une étude d'évaluation économique préliminaire (EEP) pour le projet Windfall a été achevée en novembre 2018. Ce projet d'étude comprenait le gisement Windfall et le gisement Osborne-Bell situés près de Lebel-sur-Quévillon. L'usine de traitement du minerai et le parc à résidus miniers (PAR) étaient également situés à Lebel-sur-Quévillon.

En avril 2021, une EEP actualisée a été publiée : la durée de vie de la mine comprenait environ 19,7 millions de tonnes (Mt) de minerai extrait sur une période de 17,5 ans, sur la base d'une capacité de traitement journalière d'environ 3 100 tonnes (t), avec des valeurs maximales de 3 400 t. Le gisement Osborne-Bell n'est plus pris en compte, l'usine de traitement du minerai se trouvant désormais sur le site de Windfall avec le PAR. La plupart des résidus miniers (12,8 Mt) seront stockés en surface, tandis que le reste servira à remplir les ouvertures souterraines sous forme de pâte de remblayage. L'étude sur les solutions de rechange pour l'entreposage des résidus miniers a été réalisée avant l'EEP et, à l'époque, la planification préliminaire de la mine envisageait un tonnage total de 9,6 Mt de résidus miniers à stocker en surface. L'EEP présentait un tonnage plus élevé de résidus miniers (y compris les ressources présumées), mais la valeur de 9,6 Mt est une hypothèse valable pour cette étude et a donc été prise en compte.

En fonction de la technologie de dépôt des résidus miniers (épaissis/en pâte ou filtrés), la capacité de stockage en surface requise variera légèrement, compte tenu de la densité atteinte à la fin de la durée de vie de l'installation. On estime qu'une capacité de stockage de 6,9 millions de mètres cubes (Mm^3) à la surface pour les résidus miniers épaissis/en pâte et qu'une capacité de 6,0 Mm^3pour les résidus miniers filtrés devraient être suffisantes.

Un examen des solutions de rechange pour le stockage des résidus miniers a été entrepris en tenant compte des spécificités du projet. Cette étape a permis d'établir les bases du développement du concept des zones de stockage et de déterminer les sites potentiels qui répondent aux méthodes de dépôt et à un ensemble de critères élaborés pour l'évaluation des solutions de rechange. Cette étude vise à aider Osisko à prendre la décision de poursuivre une ou plusieurs de ces solutions de rechange jusqu'au développement complet des infrastructures de stockage des résidus miniers.

1.2 MANDAT

Golder Associés ltée (Golder), maintenant WSP Canada Inc. (WSP), a été mandatée par Osisko pour évaluer l'emplacement du PAR et les technologies de dépôt pour le projet Windfall. Ce rapport présente les étapes et les résultats de l'analyse qui ont conduit à la sélection des solutions de rechange pour l'entreposage des résidus miniers.

L'objectif de l'analyse est de définir les solutions de rechange privilégiées pour la gestion des résidus sur la base de considérations environnementales, sociales, techniques et économiques du projet.

L’approche proposée est conforme à celle décrite dans le Guide sur l’évaluation des solutions de rechange pour l’entreposage des déchets miniers (Environnement Canada, 2016), ci-après dénommées les lignes directrices.

Ces lignes directrices fournissent, entre autres, une approche systématique de l’évaluation du site recommandée par les autorités gouvernementales, qui est basée sur la création de comptes multiples. Il est à noter que l’étude tient également compte des instructions de la Directive 019 (MDDEP, 2021), les lignes directrices provinciales pour l’industrie minière en ce qui a trait au choix de l’emplacement.

L’étude des solutions de rechange pour l’entreposage des résidus miniers est une étape importante dans l’aménagement d’un PAR. Les résultats de cette étude seront utilisés pour déterminer quels sites et quelles technologies de dépôt seraient préférables des points de vue environnemental, social, technique et économique du projet afin de garantir la transparence.

D’un point de vue technique, toutes les analyses et valeurs présentées dans ce rapport se situent au niveau conceptuel. Ces valeurs devront être confirmées par des études et des calculs approfondis lors de la conception préliminaire et détaillée du site de gestion des résidus miniers sélectionné.

Une étude de base sera réalisée par la suite afin d’évaluer diverses considérations sur le terrain, notamment les aspects géotechniques et hydrogéologiques, et ainsi de valider le choix du site retenu.

2 DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SECTEUR

Le projet Windfall se trouve dans la région administrative du Nord-du-Québec, sur le territoire du gouvernement régional d'Eeyou Istchee, à la Baie-James.

D'un point de vue géologique, le projet est situé dans le grand complexe géologique de la province du lac Supérieur, plus précisément dans la sous-province de l'Abitibi. Cette province géologique couvre une superficie d'environ 750 000 km^2 et se caractérise par la présence de nombreuses mines d'or et de métaux communs (cuivre et zinc).

En termes de géologie régionale, le projet est situé dans la ceinture de roches vertes Urban-Barry, qui s'étend sur une distance de 135 km dans une direction est-ouest, avec une largeur variant entre 4 et 20 km. La stratigraphie volcanique est orientée vers le nord-est, avec un pendage modéré en direction du sud-est.

La propriété du projet Windfall a une superficie totale d'environ 12 400 hectares (ha) et comprend 285 claims. Elle est accessible toute l'année grâce à la présence de chemins forestiers bien entretenus.

Le site du projet est situé dans la partie sud de la zone boréale du peuplement d'épicéas et de mousses, au nord de la limite du sapin blanc. Les paysages du domaine bioclimatique de la pessière à mousse sont plutôt uniformes puisque le couvert forestier est nettement dominé par l'épinette noire alors que la strate arbustive est largement représentée par les éricacées (MFFP, 2021).

Au niveau régional, le site du projet est situé dans la région écologique 6C, la région de la plaine du lac Opémisca (Blouin et Berger, 2004). Un inventaire réalisé en 2021 dans la zone confirme que la végétation présente est caractéristique de cette région écologique (WSP, 2022).

De plus, le site du projet fait également partie de la province naturelle des hautes-terres de Mistassini, un plateau parsemé de collines dont la limite sud marque la transition entre les bassins versants de la Baie-James et du Saint-Laurent (CERQ, 2021). La topographie observée sur le site correspond bien à la description de ce territoire, où les grands plateaux tapissés de dépôts glaciolacustres sont propices à la création de tourbières.

Dans le domaine bioclimatique des pessières à mousse, le cycle du feu représente l'élément principal de la dynamique forestière (MFFP, 2021). Les incendies de forêt ont donc une grande influence sur la composition et la structure des communautés végétales. Les effets de ces incendies sur l'écosystème dépendent de leur fréquence, de leur étendue et de leur gravité (RNCan, 2020). Toutefois, le site du projet a été peu touché par les récents feux de forêt.

Selon une évaluation conservatrice des milieux humides du territoire, 18,2 % du territoire de la province naturelle des hautes-terres de Mistassini est couvert par des milieux humides (Pellerin et Poulin, 2013). Selon cette comparaison, le site du projet comprendrait donc une plus grande proportion de zones humides qu'au niveau régional. Parmi tous les groupes de plantes humides, les tourbières ouvertes et minérotrophes dominent.

La figure 1 à la fin du texte présente l'emplacement du site du projet Windfall.

3 ACTIVITÉS D'INFORMATION ET DE CONSULTATION DES PREMIÈRES NATIONS

Le projet Windfall est situé sur les terres traditionnelles de la communauté crie de Waswanipi, plus précisément sur les lignes de piégeage de M. Marshall Icebound (W25B) et de M. Gary Cooper (W25A). Le village cri de Waswanipi est situé à environ 75 km au nord-nord-ouest du projet.

Au fil des ans, les informations sur les travaux d'exploration ont été communiquées au chef et au conseil de bande, au directeur des ressources naturelles, au coordonnateur minier, aux maîtres de piégeage, à l'Association des trappeurs cris, au Conseil cri sur l'exploration minérale, au gouvernement de la Nation Vrie, au *Apatisiiwin Skills Development* et à la communauté de Waswanipi. Des réunions ont été organisées avec les maîtres de piégeage pour expliquer la nature du travail et comprendre leur utilisation du territoire.

Entre 2017 et 2021, Osisko a partagé des informations sur le projet Windfall proposé et des informations sur les activités de forage en cours (en surface et souterraines), les infrastructures de surface et les projets d'échantillonnage en vrac dans la zone principale, les zones Lynx et Triple Lynx, ains que les travaux de caractérisation supplémentaires avec la Première Nation crie de Waswanipi par le biais de lettres, de réunions, de groupes de discussion, d'entrevues, de journées portes ouvertes et de présentations au conseil de bande et aux assemblées générales. Plus de 135 réunions différentes ont été organisées avec des représentants de Waswanipi, des maîtres de piégeage, des entrepreneurs, divers représentants d'organisations, des employés du bureau du conseil de bande et des membres de la communauté.
En 2019, Osisko a établi avec la Première Nation crie de Waswanipi le comité de surveillance environnementale de Windfall et un comité de partage de l'information concernant la COVID-19 en 2020.

En août et en octobre 2020, Osisko a rencontré les familles de maîtres de piégeage W25A&B, le coordonnateur minier de Waswanipi, le directeur des ressources naturelles et le chef adjoint pour discuter de l'utilisation des terres dans un rayon de 5 km et de 10 km autour du site Windfall. Les familles ont pu montrer et localiser les zones valorisées. En novembre 2020, Osisko a présenté deux zones potentielles pour le PAR : une sur chaque ligne de piégeage. L'emplacement de ces PAR a été déterminé sur la base des résultats préliminaires de cette étude. La famille Icebound a fait part de ses préoccupations concernant l'accès à son territoire de chasse près du lac Romeo. Elle utilise la route située sous la solution de rechange indiquée sur sa ligne de piégeage. Elle a également exprimé son inquiétude quant à la sécurité de ses membres le long des voies de communication. La famille Cooper n'avait pas d'inquiétude à propos de la zone potentielle d'implantation des résidus miniers sur sa ligne de piégeage. En mars 2021, Osisko a rencontré les maîtres de piégeage W25A&B et le coordonnateur minier de Waswanipi, et a présenté une carte préliminaire d'aménagement minier montrant la solution de rechange privilégiée pour le PAR sur la ligne de piégeage W25B. L'emplacement privilégié du PAR est déterminé en fonction des résultats de cette étude. Le maître de piégeage W25B souhaitait en savoir plus sur la gestion de l'eau et a recommandé de consulter sa famille élargie et les membres de la communauté de Waswanipi. Le maître de piégeage W25A s'est intéressé au calendrier du projet. La consultation est en cours et se poursuivra jusqu'à la phase de faisabilité du projet.

4 PROCESSUS D'ÉVALUATION DES SOLUTIONS DE RECHANGE

Le processus de sélection des sites ou d'évaluation des solutions de rechange est divisé en plusieurs étapes. Comme indiqué précédemment, le processus d'évaluation des solutions de rechange a suivi de près les recommandations des autorités gouvernementales (lignes directrices) et comprend donc les étapes suivantes :

- Étape 1 : Identification des solutions de rechange possibles
- Étape 2 : Présélection des solutions de rechange
- Étape 3 : Caractérisation des solutions de rechange
- Étape 4 : Création de comptes multiples
- Étape 5 : Processus décisionnel fondé sur la valeur
- Étape 6 : Analyse de sensibilité
- Étape 7 : Documenter les résultats

4.1 ÉTAPE 1 : IDENTIFICATION DES SOLUTIONS DE RECHANGE POSSIBLES

La première étape du processus d'évaluation des solutions de rechange consiste à dresser une liste de toutes les solutions possibles (c'est-à-dire raisonnables, concevables et réalistes) d'entreposage des résidus miniers pour le projet minier. Plus précisément, les différentes technologies de dépôt des résidus miniers et les différents sites d'entreposage sont présentés dans les paragraphes suivants.

4.1.1 TECHNOLOGIES

Il existe trois technologies principales de dépôt des résidus miniers :

- ***En pulpe*** : Les résidus en pulpe ont un faible pourcentage de solides (masse totale de particules solides/masse totale de la solution composée de solides et de liquides), généralement de l'ordre de 30 % à 50 %[1]. Ils sont transportés hydrauliquement par un système de tuyaux et de pompes, et ont une densité sèche relativement faible (masse de solides/volume total) pendant leur dépôt. En général, une ségrégation a lieu pendant le dépôt hydraulique, les particules fines étant transportées au loin par l'eau, un bassin d'eau de traitement se forme généralement lors de la déposition de résidus en pulpe. La gestion des résidus en pulpe consiste en une méthode de gestion bien connue, mais elle offre une flexibilité limitée et implique une gestion accrue de l'eau sur une base continue. La fermeture d'un PAR ayant des résidus en pulpe est généralement plus complexe et peut nécessiter une gestion de l'eau à long terme.

[1] Les pourcentages de solides sont donnés à titre indicatif. Le comportement des résidus dépend de plusieurs facteurs (par exemple, la minéralogie, la taille des grains) et est propre à chaque type.

- ***Résidus miniers épaissis ou en pâte :*** Le pourcentage de solides dans les résidus miniers épaissis et en pâte est généralement compris entre 50 et 70 %[1] (résidus miniers épaissis) et entre 70 et 80 % [1] (pâte). Ces résidus miniers se présentent sous la forme d'un fluide visqueux dont la viscosité augmente avec le pourcentage de solides. Ils peuvent être transportés hydrauliquement par un système de pompes et de tuyaux, et se présenter sous la forme d'une masse visqueuse relativement homogène. La gestion des résidus miniers épaissis ou en pâte à la surface ou dans une fosse est une méthode qui permet de réduire le stockage de l'eau par rapport aux résidus en pulpe. L'extraction d'une partie de l'eau avant le dépôt présente certains avantages : cela réduit la quantité d'eau à transporter, l'eau est directement recyclée dans le processus à partir de l'installation d'épaississement et elle réduit la superficie au sol du PAR en ne nécessitant pas de volume de stockage pour l'eau. La taille des structures de retenue (digues) est également généralement réduite par rapport à la gestion des résidus en pulpe et, dans certains cas, permet une restauration en état progressive.
- ***Résidus miniers filtrés :*** Le pourcentage de solides dans les résidus miniers filtrés est généralement supérieur à 80 %[1]. La filtration est effectuée après une première étape d'épaississement. Cette technologie permet d'extraire encore plus d'eau et de réduire considérablement la teneur en eau des résidus miniers. Les coûts d'investissement et d'exploitation d'une usine de filtration sont généralement plus élevés, mais la gestion des résidus miniers dans l'installation est une opération de gestion, d'épandage et de compactage des solides. Les résidus miniers filtrés sont transportés vers le PAR par une méthode mécanique (camion, convoyeur, etc.). Le PAR est un empilement qui peut être conçu pour tirer parti de la topographie naturelle et réduire sa superficie au sol. La gestion de l'eau se résume principalement à la gestion des eaux de ruissellement puisqu'il n'y a pas d'eau sus-jacente ou d'eau libérée. Cette méthode offre la possibilité d'une restauration progressive. Cependant, la faisabilité du filtrage des résidus miniers dépend fortement de la taille des particules et de leurs propriétés géotechniques, tandis que la mise en place est fortement influencée par les performances de l'équipement, la filtration et l'épandage, ainsi que par les conditions climatiques.

L'illustration 1 montre le comportement typique de divers types de résidus miniers en fonction du pourcentage de solides, tandis que le tableau 1 présente un résumé des méthodes d'épaississement et de transport associées aux différents types de résidus miniers. En résumé, l'augmentation du pourcentage de solides modifie le comportement des résidus miniers. En fonction du pourcentage de solides obtenu, la quantité d'eau sus-jacente peut être considérablement réduite. À des niveaux d'épaississement élevés, la gestion de l'eau se résume en grande partie à la gestion des eaux de ruissellement (pluie ou fonte des neiges). Cependant, l'augmentation du pourcentage de solides nécessite généralement un investissement important dans des systèmes d'épaississement et de transport.

Tableau 1 Méthodes typiques d'épaississement et de transport des résidus miniers

Type de résidus miniers	Pourcentage de solides typiques (%)	Méthode d'épaississement	Mode de transport
Résidus miniers en pulpe	30-50	Épaississeur typique	Pompe centrifuge (basse pression)
Résidus miniers épaissis	50-70	Épaississeur haute capacité	Pompe centrifuge ou pompe à membrane et à piston (haute pression)
Résidus miniers en pâte	70-80	Épaississeur à pâte ou à filtre rotatif	Pompe à membrane et à piston ou pompe volumétrique à double piston (la plus haute pression)
Résidus miniers filtrés	> 80	Filtre à disque ou filtre presse	Mécanique (p. ex. camionnage ou convoyeur)

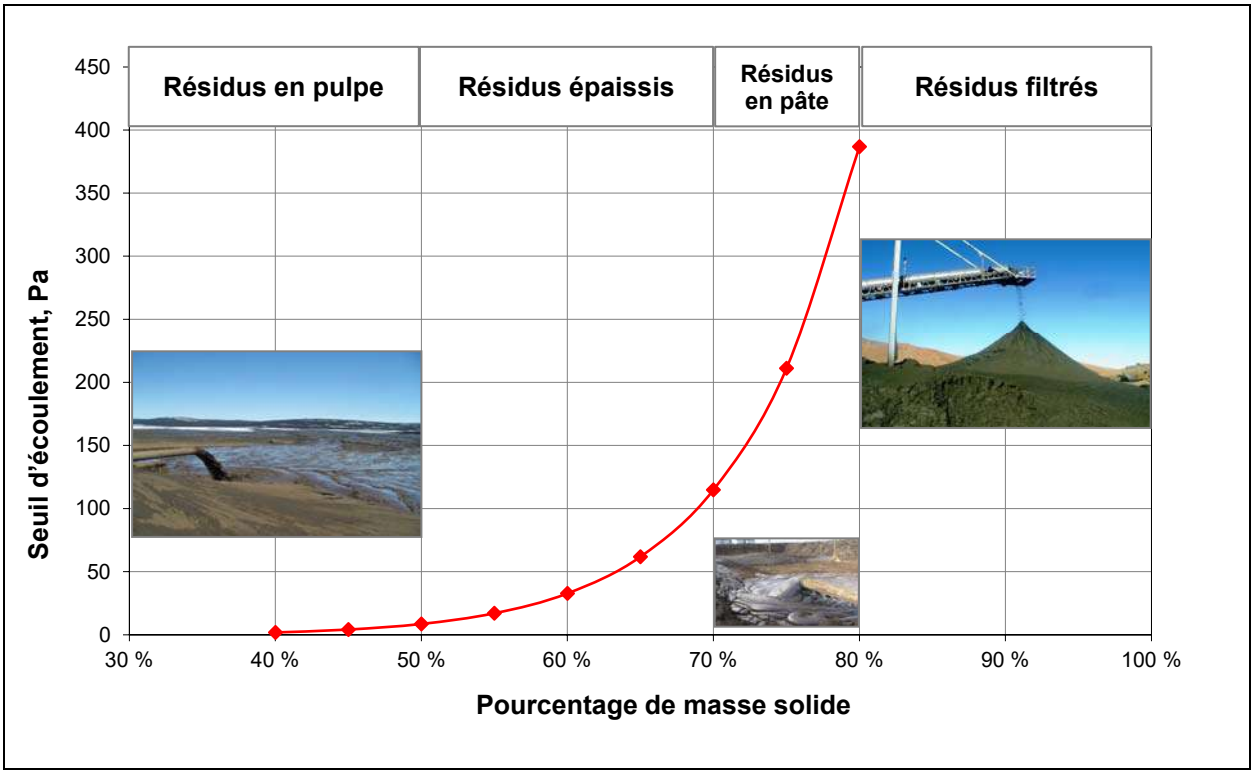


Illustration 1 : Seuil d'écoulement en fonction du pourcentage de solides

4.1.2 CRITÈRES SEUIL ET IDENTIFICATION DES SITES POTENTIELS

Selon les lignes directrices, chaque nouveau projet minier doit déterminer les solutions de rechange pour l'entreposage des résidus miniers en examinant les technologies de dépôt et les différents lieux (ou sites) d'entreposage. L'objectif est de sélectionner les meilleures combinaisons de technologie de dépôt des résidus miniers et de site pour le PAR. Toutefois, afin de limiter le nombre de solutions de rechange, des décisions stratégiques précoces peuvent être prises pour mieux orienter l'étude; ce sont les critères seuil. Pour l'évaluation des solutions de rechange, Osisko a écarté la déposition en pulpe en raison des caractéristiques défavorables attendues des résidus en pulpe. Ce choix est également motivé par le risque de rupture, qui est généralement plus élevé pour les technologies à faible teneur en solides.

Il existe une forte volonté de développer le PAR de manière à faciliter la gestion de l'eau en permettant une recirculation aussi importante que possible dans l'usine de traitement du minerai. En outre, le gisement du projet Windfall pourrait produire des résidus miniers aux propriétés géochimiques et physiques légèrement différentes au cours de la durée de vie du projet, ce qui nécessitera une certaine flexibilité sur le plan des équipements (épaississeur, filtre presse, etc.). Dans les deux cas, l'aménagement avec des résidus en pulpe n'apporte aucun avantage significatif et a été écarté comme solution de rechange possible pour la gestion des résidus miniers.

L'identification des critères seuil et de présélection a conduit à l'identification des solutions de rechange potentielles pour l'aménagement du PAR; elles sont présentées dans cette section.

La Directive 019 relative à l'industrie minière pour le stockage des résidus miniers prévoit d'étendre la recherche d'une nouvelle installation de gestion des résidus miniers dans un rayon de 10 km autour des installations minières. Cette zone a été jugée raisonnable pour le stockage et la gestion des risques associés.

Les sous-sections suivantes présentent une description des critères seuil et des paramètres de conception préliminaires utilisés pour l'aménagement des solutions de rechange de stockage, ainsi qu'une description des solutions de rechange déterminées après l'application des critères seuil.

4.1.2.1 DESCRIPTION DES CRITÈRES SEUIL

Les critères seuil ont été déterminés conjointement par Osisko et Golder. Ces critères constituent les principes fondamentaux de l'identification des solutions de rechange possibles pour le stockage et la gestion des résidus miniers. Ils peuvent être liés aussi bien à la technologie de dépôt qu'aux caractéristiques physiques du terrain.

Le tableau 2 présente les critères seuil proposés afin d'établir des limites régionales pour l'identification des solutions de rechange pour le projet Windfall.

Tableau 2 Critère seuil proposé

Critère seuil	Description	Justification
Gestion des résidus miniers	Dans le cadre du projet Windfall, des résidus miniers épaissis, en pâte et filtrés ont été sélectionnés comme technologies de dépôt. Les résidus en pulpe ne seront pas pris en considération. Les résidus miniers épaissis et en pâte seront considérés ensemble et modélisés avec les paramètres des résidus miniers épaissis dans un premier temps. Si ce scénario est retenu, une analyse plus approfondie sera effectuée pour comparer ces deux technologies.	Le type de résidus miniers prévu ne permet pas, à ce stade, d'éliminer l'une de ces trois technologies de dépôt. Il est donc suggéré de continuer à évaluer les trois technologies.
Capacité de stockage – Volumes à stocker en surface	La solution de rechange doit offrir une capacité de stockage suffisante et donc une surface suffisante pour permettre le stockage du volume de résidus miniers envisagé dans l'EEP 2021 pour la durée de vie de la mine.	La solution de rechange doit offrir la capacité de stockage maximale évaluée à ce stade du projet. Même si l'aménagement se fait ultérieurement par étapes, la capacité totale doit être en mesure de répondre aux besoins de la durée de vie de la mine selon l'EEP de 2021 : • Résidus miniers épaissis/en pâte : 6,9 millions de m^3 • Résidus miniers filtrés : 6,0 millions de m^3
Distance entre le PAR et l'usine de traitement du minerai	Une distance de 10 km de l'usine de traitement du minerai a été fixée comme limite maximale.	La Directive 019 stipule que dans le cas de résidus miniers pouvant présenter un risque pour l'environnement, tous les sites potentiels situés dans un rayon de 10 km autour du site d'exploitation ou de l'usine de traitement du minerai doivent être pris en considération.

4.1.2.2 PARAMÈTRES DE CONCEPTION PRÉLIMINAIRES

En plus des critères seuil utilisés pour le développement des solutions de rechange pour l'entreposage des résidus miniers, les paramètres de conception préliminaire présentés au tableau 3 ont été utilisés. Ces paramètres ont été estimés pour comparer les différentes méthodes de dépôt. Les valeurs présentées sont basées sur des hypothèses déterminées au début de l'étude sur les solutions de rechange pour l'entreposage des résidus miniers à des fins de comparaison uniquement et ne sont pas destinées à la conception des installations. Les paramètres de conception définitifs pourront varier par rapport aux paramètres présentés au tableau 3.

Tableau 3 Paramètres de conception préliminaires – Hypothèses initiales

Paramètre	Résidus miniers filtrés	Résidus miniers épaissis/en pâte
Pourcentage de masse solide (%)	82	63 à 72[2]
Granulométrie à 80 % passant (µm)	37	
Densité relative (GS)	2,8	
Indice des vides au moment du dépôt (volume de vides/volume de solide)	0,7	1,0
Densité sèche au dépôt (t/m^3)	1,6	1,4
Pente des infrastructures de confinement	Sans objet	2,5H:1V en aval 2H:1V en amont
Largeur de la digue (m)	Sans objet	16[3]
Pente de l'empilement de résidus miniers	5H:1V	Sans objet
Production totale de résidus miniers (10 ans d'exploitation)	9,6 Mt	
Estimation du volume total de résidus miniers après consolidation (millions de m^3)	6,0	6,9

Il est important de noter qu'au cours de l'étude, les différentes solutions de rechange pour l'entreposage des résidus miniers ne sont développées qu'à un niveau de faible précision.

4.1.2.3 IDENTIFICATION DES SITES POTENTIELS

Compte tenu des critères seuil et des paramètres de conception préliminaires, plusieurs solutions de rechange ont été déterminées dans les limites de la zone d'étude, qui pourraient être applicables à la fois aux résidus miniers filtrés (F) et aux résidus miniers épaissis/en pâte (É/P). Le tableau 4 présente une brève description de chaque solution de rechange. À ce stade, une surface d'environ 1 km^2 pour toutes les solutions de rechange a été jugée raisonnable. L'emplacement de chaque solution de rechange est illustré à la figure 2.

Tableau 4 Brève description des solutions de rechange 1 à 14

Solution de rechange	Brève description
1	La solution de rechange 1 est située à environ 9 km au nord-ouest de l'usine de traitement du minerai. L'élévation maximale est de 427 m et l'élévation minimale de 412 m. La pente moyenne du terrain naturel est de 4,3 %. La topographie est relativement plate et la majeure partie de la surface du site est recouverte d'une forêt relativement dense. La solution de rechange chevauche une zone humide répertoriée et un cours d'eau.
2	La solution de rechange 2 est située à environ 9 km au nord de l'usine de traitement du minerai. L'élévation maximale est de 467 m et l'élévation minimale de 396 m. La pente moyenne du terrain naturel est de 7,6 %. La topographie est relativement irrégulière et la majeure partie de la surface du site est recouverte d'une forêt relativement dense. Cette solution de rechange chevauche une zone humide répertoriée.

[2] Une valeur de 63 % du pourcentage de masse solide a été considérée dans cette étude.
[3] Cette valeur a été ajustée à 8 m à la suite de l'étude sur les solutions de rechange pour l'entreposage des résidus miniers.

Solution de rechange	Brève description
3	La solution de rechange 3 est située à environ 6 km au nord de l'usine de traitement du minerai. L'élévation maximale est de 470 m et l'élévation minimale de 396 m. La pente moyenne du terrain naturel est de 15,0 %. La topographie est irrégulière, et la majeure partie de la surface du site est recouverte d'une forêt relativement dense. La solution de rechange chevauche une zone humide répertoriée et un cours d'eau.
4	La solution de rechange 4 est située à environ 7 km au nord-est de l'usine de traitement du minerai. L'élévation maximale est de 437 m et l'élévation minimale de 399 m. La pente moyenne du terrain naturel est de 6,7 %. La topographie est relativement irrégulière et la majeure partie de la surface du site est recouverte d'une forêt relativement clairsemée. La solution de rechange chevauche une zone humide répertoriée et un cours d'eau.
5	La solution de rechange 5 est située à environ 1,5 km à l'ouest de l'usine de traitement du minerai. L'élévation maximale est de 425 m et l'élévation minimale de 400 m. La pente moyenne du terrain naturel est de 3,0 %. La topographie est relativement irrégulière et la majeure partie de la surface du site est recouverte d'une forêt relativement clairsemée. Cette solution de rechange chevauche une zone humide répertoriée, un cours d'eau et des plans d'eau.
6	La solution de rechange 6 est située à environ 4,5 km au nord-est de l'usine de traitement du minerai. L'élévation maximale est de 454 m et l'élévation minimale de 404 m. La pente moyenne du terrain naturel est de 12,1 %. La topographie est irrégulière, et la majeure partie de la surface du site est recouverte d'une forêt relativement dense. La solution de rechange chevauche une zone humide répertoriée et un cours d'eau.
7	La solution de rechange 7 est située à environ 3,5 km au nord-ouest de l'usine de traitement du minerai. L'élévation maximale est de 430 m et l'élévation minimale de 395 m. La pente moyenne du terrain naturel est de 2,7 %. La topographie est relativement plate et la majeure partie de la surface du site est recouverte d'une forêt relativement dense. La solution de rechange chevauche une zone humide répertoriée et un cours d'eau.
8	La solution de rechange 8 est située à environ 2,5 km au nord-est de l'usine de traitement du minerai. L'élévation maximale est de 437 m et l'élévation minimale de 378 m. La pente moyenne du terrain naturel est de 6,2 %. La topographie est relativement irrégulière et la majeure partie de la surface du site est caractérisée par une végétation perturbée. Cette solution de rechange chevauche une zone humide répertoriée.
9	La solution de rechange 9 est située à environ 9 km à l'est de l'usine de traitement du minerai. L'élévation maximale est de 405 m et l'élévation minimale de 397 m. La pente moyenne du terrain naturel est de 2,1 %. La topographie est relativement plate et la majeure partie de la surface du site est recouverte d'une forêt relativement dense. Cette solution de rechange chevauche une zone humide répertoriée.
10	La solution de rechange 10 est située à environ 3 km à l'ouest de l'usine de traitement du minerai. L'élévation maximale est de 429 m et l'élévation minimale de 391 m. La pente moyenne du terrain naturel est de 2,2 %. La topographie est relativement plate et la majeure partie de la surface du site est caractérisée par une végétation perturbée. La solution de rechange chevauche une zone humide répertoriée et un cours d'eau.
11	La solution de rechange 11 est située à environ 3 km au sud-est de l'usine de traitement du minerai. L'élévation maximale est de 422 m et l'élévation minimale de 392 m. La pente moyenne du terrain naturel est de 1,8 %. La topographie est relativement plate et la majeure partie de la surface du site est déboisée. Cette solution de rechange chevauche une zone humide répertoriée.
12	La solution de rechange 12 est située à environ 4,5 km au sud-ouest de l'usine de traitement du minerai. L'élévation maximale est de 416 m et l'élévation minimale de 395 m. La pente moyenne du terrain naturel est de 3,0 %. La topographie est relativement plate et est partiellement couverte par une forêt dense et partiellement déboisée. Cette solution de rechange chevauche une zone humide répertoriée.
13	La solution de rechange 13 est située à environ 2 km au sud de l'usine de traitement du minerai. L'élévation maximale est de 414 m et l'élévation minimale de 398 m. La pente moyenne du terrain naturel est de 2,4 %. La topographie est relativement plate et la majeure partie de la surface du site est déboisée. Cette solution de rechange chevauche une zone humide répertoriée.
14	La solution de rechange 14 est située à environ 6 km au sud de l'usine de traitement du minerai. L'élévation maximale est de 418 m et l'élévation minimale de 391 m. La pente moyenne du terrain naturel est de 5,8 %. La topographie est relativement irrégulière et la majeure partie de la surface du site est recouverte d'une forêt relativement dense. La solution de rechange chevauche une zone humide répertoriée et un cours d'eau.

Remarque : Les distances estimées entre les solutions de rechange et l'usine de traitement du minerai proposée sont calculées en ligne directe.

4.2 ÉTAPE 2 : PRÉSÉLECTION DES SOLUTIONS DE RECHANGE

Cette section présente la présélection qui a été réalisée pour éliminer les solutions de rechange qui ne sont pas conformes aux exigences minimales définies par Osisko et Golder. Une description des critères de présélection est présentée ainsi que les résultats de cette analyse. Enfin, une brève description de la visite du site effectuée par la personne qualifiée est présentée.

4.2.1 DESCRIPTION DES CRITÈRES DE PRÉSÉLECTION

Les critères de présélection présentés au tableau 5 visent à sélectionner les solutions de rechange candidates sur la base des spécifications requises pour le projet ou des exigences minimales en termes de performances et de configuration. La figure 3 présente les principales contraintes (environnementales, sociales et techniques) repérées dans la zone d'étude.

Tableau 5 Tableau récapitulatif – Critères de présélection

Critère de présélection	Justification	Commentaires
Présence de plans d'eau	Les solutions de rechange qui utilisent les plans d'eau pour le stockage des résidus miniers ou les solutions de rechange qui empiètent sur l'habitat du poisson sont rejetées.	Un amendement au *Règlement sur les effluents des mines de métaux et de diamants* (REMMD) serait nécessaire pour ajouter ce plan d'eau à l'annexe 2 du REMMD, et un plan de compensation serait nécessaire pour les pertes d'habitat du poisson.
Source d'eau potable	Une aire de stockage de résidus miniers située à proximité (moins de 1 km) d'une source d'eau potable et ayant un impact direct sur celle-ci est rejetée.	Les plans d'eau du territoire pourraient être utilisés par les Cris comme source d'eau potable. En outre, des puits d'eau potable sont situés à proximité du site minier. Les solutions de rechange dont l'emplacement peut avoir un impact sur ces sources sont rejetées.
Zones ou parcs protégés	Les solutions de rechange situées dans des zones protégées sont rejetées. Une zone protégée est un territoire, en milieu terrestre ou aquatique, géographiquement délimité, dont le cadre juridique et l'administration visent spécifiquement à assurer la protection et le maintien de la diversité biologique et des ressources naturelles et culturelles associées*. Les zones protégées par les Cris sont également incluses**.	Il existe des zones protégées dans le secteur du projet. Les solutions de rechange situées dans ces zones ou dont l'emplacement peut avoir un impact sur ces zones sont rejetées.
Sites archéologiques	Les solutions de rechange susceptibles d'affecter des sites archéologiques connus sont rejetées.	La préservation de ces solutions de rechange est essentielle; une solution de rechange qui pourrait avoir un impact sur un site archéologique est rejetée.
Lignes de transport (droit de passage)	Les solutions de rechange situées dans un droit de passage des lignes de transport d'Hydro-Québec sont rejetées.	Deux lignes de transport d'Hydro-Québec passent à proximité du site minier.

Critère de présélection	Justification	Commentaires
Secteurs utilisés par les Cris	Les solutions de rechange situées dans les secteurs utilisés par les Cris ou dans lesquels des contraintes majeures ont été soulevées par eux sont rejetées.	Informations confidentielles[4].

Remarques :
* Cette définition correspond à celle de la *Loi sur la conservation du patrimoine naturel* du gouvernement du Québec (http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/aires_protegees/aires_quebec.htm).
** Les Cris ont été consultés par Osisko sur l'utilisation de leurs terres et de leurs ressources afin d'assurer la protection des secteurs d'intérêt.

Le potentiel de minéralisation n'est pas considéré comme un critère de présélection dans le cadre de cette étude. Cela signifie qu'aucune solution de rechange candidate ne sera éliminée sur la base du potentiel de minéralisation. Cependant, avant de choisir la solution de rechange finale pour l'aménagement du PAR, Osisko devra effectuer des forages de condamnation pour confirmer qu'aucune exploitation commerciale n'est possible dans l'empreinte de cette solution de rechange.

4.2.2 RÉSULTATS DE LA PRÉSÉLECTION

Toutes les solutions de rechange pour l'entreposage des résidus miniers ont été développées en tenant compte des paramètres de conception préliminaire et évaluées selon les critères de présélection proposés. Après la compilation des résultats, certaines solutions de rechange ont été retirées de l'évaluation ultérieure.

Les résultats de la présélection sont présentés au tableau 6. La décision d'exclure certaines solutions de rechange est basée sur l'analyse des éléments suivants :

- Les solutions de rechange 1F et 1É/P chevauchent un ou plusieurs cours d'eau répertoriés (cours d'eau sans nom). Selon le critère de présélection ***Présence de plans d'eau***, les solutions de rechange 1F et 1É/P ont été éliminées de l'évaluation ultérieure.
- Les solutions de rechange 3F et 3É/P chevauchent un ou plusieurs cours d'eau répertoriés (cours d'eau sans nom). Selon le critère de présélection ***Présence de* plans d'eau**, les solutions de rechange 3F et 3É/P ont été éliminées de l'évaluation ultérieure.
- Les solutions de rechange 4F et 4É/P chevauchent un ou plusieurs cours d'eau répertoriés (cours d'eau sans nom). Selon le critère de présélection ***Présence de plans d'eau***, les solutions de rechange 4F et 4É/P ont été éliminées de l'évaluation ultérieure.
- Les solutions de rechange 5F et 5É/P chevauchent un ou plusieurs cours d'eau répertoriés (cours d'eau sans nom) et des plans d'eau. Selon le critère de présélection ***Présence de* plans d'eau**, les solutions de rechange 5F et 5É/P ont été éliminées de l'évaluation ultérieure.
- Les solutions de rechange 6F et 6É/P chevauchent un ou plusieurs cours d'eau répertoriés (cours d'eau sans nom). Selon les critères de présélection ***Présence de plans d'eau***, les solutions de rechange 6F et 6É/P ont été éliminées de l'évaluation ultérieure.

  Les solutions de rechange 7É/P chevauchent un ou plusieurs cours d'eau répertoriés (cours d'eau sans nom). Selon les critères de présélection ***Présence de* plans d'eau**, les solutions de rechange 7É/P ont été éliminées de l'évaluation ultérieure.

[4] Osisko a consulté les deux maîtres de piégeage concernés par l'étude sur les solutions de rechange pour l'entreposage des résidus miniers afin de documenter l'utilisation des terres et des ressources, et de préserver les sites d'intérêt.

Tableau 6 Présélection – Résultats

Critère de présélection proposé	Solution de rechange													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Présence d'un plan d'eau	x	✓	x	x	x	x	✓ (7F) x (7É/P)	✓	✓	✓	✓	x	✓	x
Traversée d'une rivière importante	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sources d'eau potable	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Zones ou parcs protégés	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓
Sites archéologiques connus	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ligne de transport (droit de passage)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Principales contraintes soulevées par les Cris	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x

Remarques :
✓ : La solution de rechange respecte les critères de présélection. La solution de rechange est donc retenue dans l'évaluation ultérieure.
X : La solution de rechange ne respecte pas les critères de présélection. La solution de rechange est donc éliminée de l'évaluation ultérieure.

— Les solutions de rechange 9F et 9É/P sont situées dans une zone protégée. Selon le critère de présélection ***Zones ou parcs protégés***, les solutions de rechange 9F et 9É/P ont été éliminées de l'évaluation ultérieure.

— Les solutions de rechange 12F et 12É/P chevauchent un ou plusieurs cours d'eau répertoriés (cours d'eau sans nom). Selon le critère de présélection ***Présence de* plans d'eau**, les solutions de rechange 12F et 12É/P ont été éliminées de l'évaluation ultérieure.

— Les solutions de rechange 13F et 13É/P ont été éliminées selon le critère de présélection ***Principales contraintes soulevées par les Cris***.

— Les solutions de rechange 14F et 14É/P chevauchent un ou plusieurs cours d'eau répertoriés (cours d'eau sans nom). Selon les critères de présélection ***Présence de plans d'eau*** et ***Contraintes majeures soulevées par les Cris***, les solutions de rechange 14F et 14É/P ont été éliminées de l'évaluation ultérieure.

Le tableau 7 présente un résumé des aspects techniques des solutions de rechange qui feront l'objet de l'analyse comparative. L'emplacement de ces solutions de rechange est indiqué sur la figure 4, tandis que l'annexe A présente ces solutions de rechange individuellement dans leur configuration approximative.

Tableau 7 Résumé – Aspects techniques des solutions de rechange sélectionnées

Solution de rechange choisie	Description technique
2F	Dans le cas de la solution de rechange 2F, l'élévation de l'empilement est de 428 m et la hauteur maximale de l'empilement est de 16 m. La superficie au sol de la solution de rechange est d'environ 910 000 m^2.
2É/P	Dans le cas de la solution de rechange 2É/P, l'élévation de la digue est de 437 m et la hauteur maximale de la digue est de 24 m. Le volume de la digue est d'environ 2 500 000 m^3 et la revanche est de 2,7 m. La superficie au sol de la digue est d'environ 1 360 000 m^2.
7F[5]	Dans le cas de la solution de rechange 7F, l'élévation de l'empilement est de 413 m et la hauteur maximale de l'empilement est de 13 m. La superficie au sol de la solution de rechange est d'environ 830 000 m^2.
8F	Dans le cas de la solution de rechange 8F, l'élévation de l'empilement est de 408 m et la hauteur maximale de l'empilement est de 12 m. La superficie au sol de la solution de rechange est d'environ 850 000 m^2.
8É/P	Dans le cas de la solution de rechange 8É/P, l'élévation de la digue est de 418 m et la hauteur maximale de la digue est de 21 m. Le volume de la digue est d'environ 2 320 000 m^3 et la revanche est de 2,8 m. La superficie au sol de la solution de rechange est d'environ 910 000 m^2.
10F	Dans le cas de la solution de rechange 10F, l'élévation de l'empilement est de 410 m et la hauteur maximale de l'empilement est de 12 m. La superficie au sol de la solution de rechange est d'environ 1 040 000 m^2.
10É/P	Pour la solution de rechange 10É/P, l'élévation de la digue est de 414 m et la hauteur maximale de la digue est de 16,0 m. Le volume de la digue est d'environ 1 820 000 m^3 et la revanche est de 3,2 m. La superficie au sol de la solution de rechange est d'environ 1 230 000 m^2.
11F	Dans le cas de la solution de rechange 11F, l'élévation de l'empilement est de 402 m et la hauteur maximale de l'empilement est de 7 m. La superficie au sol de la solution de rechange est d'environ 1 430 000 m^2.
11É/P	Pour la solution de rechange 11É/P, l'élévation de la digue est de 406,5 m et la hauteur maximale de la digue est de 11,5 m. Le volume de la digue est d'environ 1 750 000 m^3 et la revanche est de 3,7 m. La superficie au sol de la solution de rechange est d'environ 1 450 000 m^2.

[5] La technologie des résidus épaissis/en pâte n'est pas possible pour l'option 7 en raison d'un manque d'espace.

4.2.3 VISITE DU SITE

Comme le recommandent les lignes directrices, Golder a effectué, le 15 octobre 2020, une visite sur place des emplacements possibles présélectionnés pour l'aménagement du PAR. Deux représentants d'Osisko ont accompagné l'équipe de Golder lors de la visite du site.

Cette visite du site a été effectuée à bord d'un véhicule et a permis d'observer les conditions locales (p. ex. la topographie, la présence de zones humides et de plans d'eau, le type et la densité de la végétation et l'utilisation des terres). Certains des emplacements présélectionnés n'ont pas pu être visités en raison de leur inaccessibilité par la route. L'annexe B présente des photographies de certains des emplacements visités dans le cadre de la présélection.

4.3 ÉTAPE 3 : CARACTÉRISATION DES SOLUTIONS DE RECHANGE

Au cours de cette étape, des critères de caractérisation ont été définis pour comparer les solutions de rechange. Ces critères ont été regroupés en quatre catégories principales (comptes), à savoir les comptes environnementaux, socioéconomiques, techniques et économiques du projet. Les critères de caractérisation utilisés sont présentés, ils sont divisés en indicateurs pour évaluer les différents éléments.

La liste des critères de caractérisation a été élaborée en fonction des principes proposés dans les lignes directrices et de l'expérience de Golder en matière de gestion des résidus miniers. Cette liste permet de comparer les solutions de rechange et de cerner leurs forces et leurs faiblesses, et ce, tout au long du cycle de vie du projet, de la construction à la fermeture.

Les analyses ont été effectuées selon quatre comptes (environnemental, socioéconomique, technique et économique). Chaque compte est subdivisé en comptes auxiliaires qui comprennent des indicateurs permettant d'évaluer correctement les différentes facettes qu'ils peuvent avoir. Les critères d'évaluation (comptes et comptes auxiliaires) et les indicateurs utilisés pour l'évaluation sont présentés à l'annexe C. Une description de chaque indicateur est présentée, ainsi que l'échelle sur laquelle se base l'évaluation des sites et la pondération qui leur est attribuée.

4.3.1 CRITÈRES DE CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE ET INDICATEURS

La caractérisation environnementale se concentre sur l'environnement récepteur en évaluant les caractéristiques des solutions de rechange liées à l'éventuel déversement de contaminants, à l'hydrologie et à la qualité de l'eau, à la végétation, aux zones humides et à la faune. Les critères de caractérisation, la pondération et les indicateurs environnementaux sont définis au tableau C-1 de l'annexe C. Les échelles utilisées pour évaluer et comparer chaque solution de rechange sont également présentées au tableau C-1. Les critères de caractérisation environnementale ont pris en compte les indicateurs énumérés ci-dessous et sont présentés au tableau 8 :

- Potentiel de production de poussières : l'indicateur se rapporte à l'état de saturation des résidus miniers et à la protection topographique naturelle.
- Émissions de gaz à effet de serre pendant le transport et le dépôt des résidus miniers : l'indicateur se rapporte à la technologie et à la distance du transport par camion (émissions plus élevées) et par le système de distribution des résidus miniers (émissions plus faibles).

- Potentiel d'exfiltration des contaminants : l'indicateur se rapporte au pourcentage de masse liquide (1– % de masse solide) multiplié par la superficie du site.
- Nature des dépôts de surface : l'indicateur se rapporte à la nature des dépôts de surface.
- Présence d'éléments sensibles en aval de la solution de rechange : l'indicateur se rapporte à la présence d'éléments sensibles (par exemple, plan d'eau important, habitat faunique, zone protégée) à moins d'un kilomètre en aval de la solution de rechange (défaillance de la structure de stockage des résidus miniers).
- Impact potentiel sur le bassin versant : l'indicateur se rapporte à la somme de l'aire de la solution de rechange et de l'aire du bassin versant qui se déverse dans la solution de rechange.
- Nombre de bassins versants affectés : l'indicateur se rapporte au nombre de bassins versants sur lesquels l'installation s'étend.
- Distance par rapport à un lac/cours d'eau et à un habitat du poisson : l'indicateur se rapporte à la distance entre les lacs et cours d'eau environnants et la solution de rechange.
- Traversée de cours d'eau : l'indicateur se rapporte au nombre de cours d'eau à traverser.
- Présence d'une zone humide dans la superficie au sol de la solution de rechange : l'indicateur se rapporte à la superficie de la zone humide touchée.
- Zone à déboiser : l'indicateur se rapporte à la zone déboisée.
- Présence d'espèces végétales à statut particulier autour de la solution de rechange : l'indicateur se rapporte à la présence d'espèces végétales à statut particulier dans un rayon de 2 km.
- Potentiel d'impact sur les oiseaux : l'indicateur se rapporte à la taille du bassin d'eau créé par la présence de l'installation.
- Présence d'espèces sauvages à statut particulier autour de la solution de rechange : l'indicateur se rapporte à la présence d'une espèce sauvage à statut particulier dans un rayon de 2 km.
- Potentiel d'impact sur les petits mammifères : l'indicateur se rapporte à la longueur de l'infrastructure linéaire à construire.
- Présence de zones protégées autour de la solution de rechange : l'indicateur se rapporte à la présence de zones protégées dans un rayon de 2 km autour de chaque site.
- Possibilité de restauration du site pendant l'exploitation : l'indicateur se rapporte à la possibilité de procéder à une restauration progressive pendant l'exploitation.
- Possibilité d'utiliser les infrastructures existantes sur le territoire (route) : l'indicateur se rapporte à la longueur de la route à construire.

Tableau 8 Résumé des indicateurs– Caractérisation environnementale

Indicateur	Justification	Solution de rechange								
		2F	2É/P	7F	8F	8É/P	10F	10É/P	11F	11É/P
Potentiel de production de poussières	Les technologies pour lesquelles les résidus miniers sont saturés sont moins susceptibles de générer des poussières que celles qui entreposent les résidus miniers à l'état sec. En outre, les installations bénéficiant d'une protection topographique naturelle environnante sont moins susceptibles de générer de la poussière.	Principalement non saturée avec une protection topographique naturelle moyenne	Principalement saturée avec une protection topographique naturelle moyenne ou importante	Principalement non saturée avec une protection topographique naturelle importante	Principalement non saturée avec une protection topographique naturelle importante	Principalement saturée avec une protection topographique naturelle moyenne ou importante	Principalement non saturée avec une protection topographique naturelle nulle ou moindre	Principalement saturée avec une protection topographique nulle ou moins naturelle	Principalement non saturée avec une protection topographique naturelle nulle ou moindre	Principalement saturée avec une protection topographique nulle ou moins naturelle
Émissions de gaz à effet de serre pendant le transport et le dépôt des résidus miniers	Les technologies qui nécessitent le transport des résidus miniers par camion sont moins favorables, car elles impliquent des émissions de gaz à effet de serre plus élevées que les technologies qui nécessitent le transport par un système de distribution des résidus miniers.	Camion et longue distance (9 km)	Système de distribution des résidus miniers et longue distance (9 km)	Système de distribution des résidus miniers et longue distance (3,5 km)	Camion et courte distance (2,5 km)	Système de distribution des résidus miniers et courte distance (2,5 km)	Camion et distance moyenne (3 km)	Système de distribution des résidus miniers et distance moyenne (3 km)	Camion et distance moyenne (3 km)	Système de distribution des résidus miniers et distance moyenne (3 km)
Potentiel d'exfiltration des contaminants	Les technologies qui nécessitent une plus grande quantité d'eau dans leur méthode de dépôt et une plus grande surface auront un potentiel plus élevé d'exfiltration des contaminants.	0,25 %	0,50 %	0,09 %	0,15 %	0,34 %	0,19 %	0,46 %	0,26 %	0,54 %
Nature du dépôt de surface	Une solution de rechange où des dépôts de surface de faible perméabilité sont présents est préférable à une solution de rechange où des dépôts de surface de haute perméabilité sont présents.	Perméabilité moyenne	Perméabilité moyenne	Perméabilité moyenne	Perméabilité moyenne	Perméabilité moyenne	Perméabilité élevée	Perméabilité élevée	Faible perméabilité	Faible perméabilité
Présence d'éléments sensibles en aval de la solution de rechange	Présence d'éléments sensibles à moins d'un kilomètre en aval du site de stockage des résidus miniers.	Pas d'élément sensible	Pas d'élément sensible	Pas d'élément sensible	Au moins un élément sensible	Au moins un élément sensible	Pas d'élément sensible	Pas d'élément sensible	Au moins un élément sensible	Au moins un élément sensible
Impact potentiel sur le bassin versant	Calculé par la somme de la surface occupée par l'infrastructure proposée et de la surface du bassin versant qui se déverse dans la solution de rechange. Une solution de rechange affectant un bassin versant plus petit est préférable à une solution de rechange affectant un bassin versant plus grand.	1,03 km^2	1,48 km^2	0,83 km^2	0,84 km^2	0,91 km^2	1,75 km^2	1,94 km^2	1,63 km^2	1,65 km^2
Nombre de bassins versants touchés	Une solution de rechange affectant un plus petit nombre de bassins versants est préférable à une solution de rechange affectant un plus grand nombre de bassins versants.	2 bassins versants	2 bassins versants	1 bassin versant	2 bassins versants	2 bassins versants	2 bassins versants	2 bassins versants	2 bassins versants	2 bassins versants
Distance d'un lac ou d'un cours d'eau et d'un habitat du poisson	Une solution de rechange située à une plus grande distance d'un lac ou d'un cours d'eau est préférable à une solution de rechange située à proximité d'un lac ou d'un cours d'eau.	60 m	60 m	0 m	100 m	100 m	50 m	50 m	20 m	20 m
Traversées de cours d'eau	Une solution de rechange ne nécessitant pas de traversée de cours d'eau est préférable à une solution de rechange nécessitant une traversée de cours d'eau. Lorsque des traversées de cours d'eau sont nécessaires, une solution de rechange comportant moins de traversées est préférable à une solution comportant un plus grand nombre de traversées.	Un cours d'eau et plus à traverser	Un cours d'eau et plus à traverser	Une traversée de cours d'eau	Aucune traversée de cours d'eau	Aucune traversée de cours d'eau	Aucune traversée de cours d'eau	Aucune traversée de cours d'eau	Aucune traversée de cours d'eau	Aucune traversée de cours d'eau
Présence d'une zone humide dans la superficie au sol de la solution de rechange	Une solution de rechange qui ne comporte pas de zone humide dans sa superficie au sol est préférable à des solutions de rechange qui se trouvent sur des zones humides. Si des zones humides sont présentes dans la superficie au sol de la solution de rechange, une solution de rechange ayant un impact sur une petite zone humide est préférable à une solution de rechange ayant un impact sur une plus grande zone humide.	45 ha	62 ha	35 ha	57 ha	39 ha	81 ha	93 ha	142 ha	144 ha

Tableau 8 (suite) **Résumé des indicateurs– Caractérisation environnementale**

Indicateur	Justification	Solution de rechange								
		2F	2É/P	7F	8F	8É/P	10F	10É/P	11F	11É/P
Zone à déboiser	Une solution de rechange qui nécessite une zone de défrichement plus petite est préférable à une solution de rechange qui nécessite une zone de défrichement plus grande.	50 ha	71 ha	16 ha	29 ha	51 ha	23 ha	30 ha	1 ha	1 ha
Présence d'espèces végétales à statut particulier autour de la solution de rechange	Une solution de rechange où il n'y a pas d'espèces végétales à statut particulier dans un rayon de 2 km est préférable à une solution de rechange où une telle espèce est présente dans ce rayon.	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Impact potentiel sur les oiseaux	Une solution de rechange pour laquelle il n'y a pas de bassin hydrographique est préférable à une solution de rechange pour laquelle il y a un bassin hydrographique. Une solution de rechange avec un petit bassin d'eau est préférable à une solution de rechange avec un grand bassin d'eau.	Pas de bassin d'eau	1,36 km^2	Pas de bassin d'eau	Pas de bassin d'eau	0,91 km^2	Pas de bassin d'eau	1,23 km^2	Pas de bassin d'eau	1,45 km^2
Présence d'espèces sauvages à statut particulier autour de la solution de rechange	Une solution de rechange où il n'y a pas d'espèces sauvages à statut particulier dans un rayon de 2 km est préférable à une solution de rechange où une telle espèce est présente dans ce rayon.	Absence	Absence	Présence	Présence	Présence	Présence	Présence	Présence	Présence
Impacts potentiels sur les petits mammifères	Une solution de rechange qui nécessite la construction d'une infrastructure linéaire plus courte est préférable à une solution de rechange qui nécessite la construction d'une infrastructure linéaire plus longue.	9 km	9 km	3,5 km	2,5 km	2,5 km	3 km	3 km	3 km	3 km
Présence de zones protégées autour de la solution de rechange	Une solution de rechange où il n'y a pas de zone protégée dans un rayon de 2 km est préférable à une solution de rechange où une telle zone est présente dans ce rayon.	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Possibilité de restauration du site pendant l'exploitation	La solution de rechange des résidus miniers filtrés est plus adaptée à la restauration progressive que les solutions de rechange des résidus miniers épaissis/en pâte..	Possible	Impossible	Possible	Possible	Impossible	Possible	Impossible	Possible	Impossible
Possibilité d'utiliser les infrastructures existantes sur le territoire (route)	Une solution de rechange pour laquelle il est possible d'utiliser les infrastructures existantes est préférable à une solution de rechange pour laquelle aucune infrastructure existante ne peut être utilisée.	Plus de 1 km	Plus de 1 km	Moins de 1 km	Moins de 1 km	Moins de 1 km	Plus de 1 km	Plus de 1 km	Plus de 1 km	Plus de 1 km

4.3.2 CRITÈRES DE CARACTÉRISATION SOCIOÉCONOMIQUE ET INDICATEURS

La caractérisation socioéconomique vise à évaluer les impacts sur le milieu socioéconomique environnant en appréciant les caractéristiques des sites liées aux communautés vivant à proximité du projet Windfall. Les critères de caractérisation socioéconomique, les indicateurs et la pondération sont définis au tableau C-2 de l'annexe C. Les échelles utilisées pour évaluer et comparer chaque solution de rechange sont également présentées au tableau C-2. Les critères de caractérisation socioéconomique ont pris en compte les indicateurs énumérés ci-dessous et sont présentés au tableau 9 :

- Claim : l'indicateur se rapporte au pourcentage de la superficie au sol située sur des claims appartenant à Osisko.
- Nombre de municipalités concernées : l'indicateur se rapporte au nombre de municipalités concernées.
- Type de propriété : l'indicateur se rapporte au type de propriété sur laquelle la solution de rechange est située.
- Zonage municipal : l'indicateur se rapporte au zonage municipal en vigueur.
- Lignes de piégeage : l'indicateur se rapporte au nombre de lignes de piégeage concernées.
- Puits d'eau potable répertorié : l'indicateur se rapporte au nombre de puits d'eau potable répertoriés dans un rayon de 2 km autour de la solution de rechange.
- Utilisation traditionnelle des terres et des ressources – Premières Nations : l'indicateur se rapporte à l'utilisation traditionnelle des terres et des ressources par les Premières Nations.
- Acceptabilité sociale : l'indicateur se rapporte à l'emplacement de la solution de rechange sur le territoire (présence ou absence de contrainte majeure).
- Hauteur de la structure par rapport à la topographie environnante : l'indicateur se rapporte à l'intégration de la solution de rechange dans la topographie environnante.
- Impact visuel de l'infrastructure linéaire sur le paysage : l'indicateur se rapporte à la longueur de l'infrastructure linéaire à construire.
- Potentiel de restaurationde la solution de rechange pendant l'exploitation : l'indicateur se rapporte au potentiel de restauration progressive.
- Risques d'accidents ou de collisions : l'indicateur se rapporte à l'utilisation ou à la traversée d'une route pour le transport des résidus miniers.
- Défaillance de l'installation de gestion des résidus miniers : l'indicateur se rapporte à la présence d'éléments sensibles (par exemple, route, camp) à moins d'un kilomètre en aval de la solution de rechange.

4.3.3 CRITÈRES DE CARACTÉRISATION TECHNIQUE ET INDICATEURS

La caractérisation technique prend en compte les différentes phases du projet, de la construction à la fermeture. L'aménagement et la gestion d'une installation de gestion des résidus miniers impliquent des défis techniques qui dépendent en partie de leur emplacement et de la technologie utilisée pour le dépôt des résidus miniers. Les critères de caractérisation technique, les indicateurs et la pondération sont définis dans le tableau C-3 de l'annexe C.

Les échelles utilisées pour évaluer et comparer chaque solution de rechange sont également présentées au tableau C-3. Les critères de caractérisation technique ont pris en compte les indicateurs énumérés ci-dessous et sont présentés au tableau 10 :

- Interruption de la déposition : l'indicateur se rapporte à la possibilité que la déposition de résidus miniers au PAR soit interrompue et à ses conséquences.
- Défaillance du PAR : l'indicateur se rapporte aux risques associés à la technologie de dépôt et à la hauteur de l'installation de gestion des résidus miniers.
- Risque de défaillance du système de distribution des résidus miniers ou du convoyeur : l'indicateur se rapporte aux risques associés au système de distribution des résidus miniers ou au convoyeur utilisé pour le transport des résidus miniers.
- Potentiel d'expansion : l'indicateur se rapporte au potentiel d'expansion future du PAR pour stocker une plus grande quantité de résidus miniers.
- Efficacité du stockage : l'indicateur se rapporte à l'efficacité de stockage du PAR.
- Conditions géotechniques : l'indicateur se rapporte à la probabilité de trouver des dépôts non consolidés de nature et d'épaisseur géotechniques défavorables.
- Installation de la conduite de recirculation de l'eau : l'indicateur se rapporte à la longueur de la conduite à construire entre l'usine de traitement du minerai et la solution de rechange.
- Longueur du réseau de fossés : l'indicateur se rapporte à la longueur du réseau de fossés qui sera construit.
- Volume d'eau à gérer : l'indicateur se rapporte au pourcentage solide de résidus miniers et aux quantités d'eau à gérer dans l'infrastructure en fonction de l'aire du PAR.
- Nombre minimum de bassins de collecte ou de points de pompage : l'indicateur indique le nombre de bassins de collecte ou de points de pompage qui devront être aménagés pour collecter les eaux de ruissellement (fossés autour de l'infrastructure).
- Gestion de la neige : l'indicateur se rapporte à la complexité de la gestion de la neige dans l'installation de gestion des résidus miniers.
- Difficulté de transport des résidus miniers : l'indicateur se rapporte à la difficulté de transport des résidus miniers (dépend de la différence d'élévation entre l'usine de traitement du minerai et l'installation de gestion des résidus miniers et de la distance totale à parcourir).
- Flexibilité de la technologie d'entreposage des résidus miniers : l'indicateur se rapporte à la capacité du système à s'adapter à la variabilité des propriétés des résidus miniers.

Tableau 9 Résumé des indicateurs – Caractérisation socioéconomique

Indicateur	Justification	Solution de rechange								
		2F	2É/P	7F	8F	8É/P	10F	10É/P	11F	11É/P
Claims	Une solution de rechange située sur des claims appartenant à Osisko est préférable à une solution de rechange située en dehors de tels claims.	49 %	49 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Nombre de municipalités concernées	Une solution de rechange située sur le territoire d'une seule municipalité est préférable à une solution de rechange située sur le territoire de deux municipalités.	Une municipalité	Une municipalité	Une municipalité	Une municipalité	Une municipalité	Une municipalité	Une municipalité	Une municipalité	Une municipalité
Type de propriété	Une solution de rechange située sur la propriété d'Osisko est préférable à une solution de rechange située sur une autre propriété privée ou sur un terrain public.	Terrain public	Terrain public	Terrain public	Terrain public	Terrain public	Terrain public	Terrain public	Terrain public	Terrain public
Zonage municipal	Une solution de rechange pour laquelle aucun changement de zonage municipal n'est nécessaire est préférable à une solution de rechange pour laquelle un changement de zonage municipal est nécessaire.	Aucun changement n'est nécessaire	Aucun changement n'est nécessaire	Aucun changement n'est nécessaire	Aucun changement n'est nécessaire	Aucun changement n'est nécessaire	Aucun changement n'est nécessaire	Aucun changement n'est nécessaire	Aucun changement n'est nécessaire	Aucun changement n'est nécessaire
Lignes de piégeage	Une solution de rechange située sur une ligne de piégeage est préférable à une solution de rechange située sur deux lignes de piégeage.	Une ligne de piégeage	Une ligne de piégeage	Une ligne de piégeage	Une ligne de piégeage	Une ligne de piégeage	Une ligne de piégeage	Une ligne de piégeage	Une ligne de piégeage	Une ligne de piégeage
Puits d'eau potable répertorié	Une solution de rechange pour laquelle il n'y a pas de puits d'eau potable répertorié dans un rayon de 2 km est préférable à une solution de rechange pour laquelle il y a un ou plusieurs puits d'eau potable répertoriés dans un rayon de 2 km.	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Utilisation traditionnelle des terres et des ressources – Premières nations	Une solution de rechange située dans une zone qui n'est pas utilisée à des fins traditionnelles par les Premières Nations est préférable à une solution de rechange située dans une zone utilisée par les Premières Nations.	Pas d'utilisation traditionnelle des terres et des ressources	Pas d'utilisation traditionnelle des terres et des ressources	Pas d'utilisation traditionnelle des terres et des ressources	Utilisation traditionnelle des terres et des ressources	Utilisation traditionnelle des terres et des ressources	Pas d'utilisation traditionnelle des terres et des ressources	Pas d'utilisation traditionnelle des terres et des ressources	Pas d'utilisation traditionnelle des terres et des ressources	Pas d'utilisation traditionnelle des terres et des ressources
Acceptabilité sociale	Une solution de rechange pour laquelle aucune contrainte majeure n'a été soulevée par les utilisateurs des terres est préférable à une solution de rechange pour laquelle des contraintes majeures ont été soulevées.	Pas de contrainte majeure	Pas de contrainte majeure	Pas de contrainte majeure	Contrainte majeure	Contrainte majeure	Pas de contrainte majeure	Pas de contrainte majeure	Pas de contrainte majeure	Pas de contrainte majeure
Hauteur de la structure par rapport à la topographie environnante	Cet indicateur mesure l'impact visuel de la solution de rechange pour les observateurs depuis les routes principales, les camps, les zones riveraines et les points les plus élevés du secteur, par exemple : – Route R1053 – Camp de maître de piégeage – Zones riveraines (lacs et rivières)	Site non visible	Site non visible	Site partiellement visible	Site partiellement visible	Site partiellement visible	Site partiellement visible	Site partiellement visible	Site partiellement visible	Site partiellement visible
Impact visuel de l'infrastructure linéaire sur le paysage	Une solution de rechange qui ne nécessite pas l'ajout d'une infrastructure linéaire ou une infrastructure linéaire courte en termes de longueur est préférable à une solution de rechange qui nécessite le développement d'une longue infrastructure linéaire.	9 km	9 km	3,5 km	2,5 km	2,5 km	3 km	3 km	3 km	3 km
Possibilité de restauration de la solution de rechange pendant les opérations	La solution de rechange des résidus miniers filtrés est plus adaptée à la restauration que les solutions de rechange des résidus miniers épaissis/en pâte.	Restauration progressive possible	Restauration progressive impossible	Restauration progressive possible	Restauration progressive possible	Restauration progressive impossible	Restauration progressive possible	Restauration progressive impossible	Restauration progressive possible	Restauration progressive impossible
Risques d'accidents ou de collisions	Une solution de rechange qui ne nécessite pas l'utilisation d'une route ou qui évite toute traversée de route pour le transport des résidus miniers est préférable à une solution de rechange qui nécessite l'utilisation d'une route.	9 km	Pas de transport par camion	3,5 km	2,5 km	Pas de transport par camion	3 km	Pas de transport par camion	3 km	Pas de transport par camion
Défaillance de l'installation de gestion des résidus miniers	Une solution de rechange qui impacte moins d'éléments sensibles en cas de défaillance est préférable. Plus le temps de réponse est long en cas de défaillance, moins la solution de rechange est favorable.	Pas d'impact significatif sur l'élément sensible en cas de défaillance	Au moins un élément sensible est touché et le temps de réponse est élevé	Pas d'impact significatif sur l'élément sensible en cas de défaillance	Pas d'impact significatif sur l'élément sensible en cas de défaillance	Au moins un élément sensible est touché et le temps de réponse est faible	Pas d'impact significatif sur l'élément sensible en cas de défaillance	Au moins un élément sensible est touché et le temps de réponse est faible	Pas d'impact significatif sur l'élément sensible en cas de défaillance	Au moins un élément sensible est touché et le temps de réponse est élevé

Tableau 10 Résumé des indicateurs – Caractérisation technique

Indicateur	Justification	Solution de rechange								
		2F	2É/P	7F	8F	8É/P	10F	10É/P	11F	11É/P
Interruption du dépôt	Une solution de rechange située plus loin de l'usine de traitement du minerai présente un plus grand risque de perturbation de la déposition. Ainsi, une solution de rechange située à proximité de l'usine de traitement du minerai est préférable à une solution de rechange située plus loin.	Camion et longue distance (9 km)	Système de distribution des résidus miniers et longue distance (9 km)	Camion et distance moyenne (3,5 km)	Camion et courte distance (2,5 km)	Système de distribution des résidus miniers et courte distance (2,5 km)	Camion et distance moyenne (3 km)	Système de distribution des résidus miniers et distance moyenne (3 km)	Camion et distance moyenne (3 km)	Système de distribution des résidus miniers et distance moyenne (3 km)
Défaillance de l'installation de gestion des résidus miniers	Les résidus miniers filtrés présentent un niveau de risque moins élevé que les résidus miniers épaissis/en pâte en raison de leur plus grande stabilité. Une solution de rechange avec une structure de confinement élevée est plus à risque qu'une solution de rechange qui ne nécessite pas de structure de confinement ou une structure de confinement plus basse.	16 m	24 m	13 m	12 m	21 m	12 m	16 m	7 m	11,5 m
Risque de défaillance du système de distribution des résidus miniers ou du convoyeur	Plus la distance entre la solution de rechange et l'usine de traitement du minerai est grande, plus le risque de défaillance est élevé. Une solution de rechange située à proximité de l'usine de traitement du minerai est préférable à une solution de rechange éloignée.	9 km	9 km	3,5 km	2,5 km	2,5 km	3 km	3 km	3 km	3 km
Potentiel d'expansion	Une solution de rechange avec un potentiel d'expansion est préférable à une solution de rechange avec une capacité de stockage qui ne peut pas être augmentée. Une solution de rechange permettant de stocker un volume supplémentaire plus important avec un rehaussement de 2 m des structures est préférable à une solution de rechange permettant un faible volume de stockage supplémentaire dans les mêmes conditions.	Possibilité d'augmenter la capacité de stockage de 30 %	Possibilité d'augmenter la capacité de stockage de 29 %	Possibilité d'augmenter la capacité de stockage de 18 %	Possibilité d'augmenter la capacité de stockage de 30 %	Possibilité d'augmenter la capacité de stockage de 20 %	Possibilité d'augmenter la capacité de stockage de 30 %	Possibilité d'augmenter la capacité de stockage de 35 %	Possibilité d'augmenter la capacité de stockage de 42 %	Possibilité d'augmenter la capacité de stockage de 54 %
Efficacité du stockage	La solution de rechange pour laquelle la configuration permet de stocker le volume requis pour un petit volume de construction de digue est préférée.	Pas de digue	0,32 (rapport entre le volume de digues à construire et le volume de résidus miniers à stocker)	Pas de digue	Pas de digue	0,34 (rapport entre le volume de digues à construire et le volume de résidus miniers à stocker)	Pas de digue	0,34 (rapport entre le volume de digues à construire et le volume de résidus miniers à stocker)	Pas de digue	0,26 (rapport entre le volume de digues à construire et le volume de résidus miniers à stocker)
Conditions géotechniques	Une solution de rechange avec des sols fins d'une épaisseur considérable représente un plus grand défi de construction qu'une solution de rechange avec des sols grossiers d'une faible épaisseur.	Conditions géotechniques plus favorables	Conditions géotechniques plus favorables	Conditions géotechniques plus favorables	Conditions géotechniques plus favorables	Conditions géotechniques plus favorables	Conditions géotechniques moins favorables	Conditions géotechniques moins favorables	Conditions géotechniques moins favorables	Conditions géotechniques moins favorables
Installation du tuyau de recirculation de l'eau	Les technologies qui ne nécessitent pas de tuyau pour la recirculation de l'eau, c'est-à-dire les résidus miniers filtrés, sont préférables aux technologies pour lesquelles un tel tuyau est nécessaire, c'est-à-dire les résidus miniers épaissis/en pâte. Dans le cas des résidus miniers épaissis/en pâte, les sites nécessitant moins de tuyaux pour le transport de l'eau sont préférables aux sites nécessitant un tuyau plus long.	Aucun tuyau	9,14 km	Aucun tuyau	Aucun tuyau	1,75 km	Aucun tuyau	5,25 km	Aucun tuyau	3,15 km
Longueur du réseau de fossés	Plus la longueur du réseau de fossés à construire est importante, plus les travaux associés sont considérés comme complexes.	Longueur limitée	Longueur limitée	Longueur considérable	Longueur considérable	Longueur limitée	Longueur limitée	Longueur limitée	Longueur moyenne	Longueur moyenne
Volume d'eau à gérer	Les solutions de rechange nécessitant moins d'efforts en termes de gestion de l'eau sont privilégiées. Concentration solide (% de masse) des résidus miniers et quantités d'eau à gérer dans l'infrastructure en fonction de l'aire du PAR.	82 %	63 %	82 %	82 %	63 %	82 %	63 %	82 %	63 %

Tableau 10 (suite) **Résumé des indicateurs – Caractérisation technique**

Indicateur	Justification	Solution de rechange								
		2F	2É/P	7F	8F	8É/P	10F	10É/P	11F	11É/P
Nombre minimum de bassins de collecte ou de points de pompage	Les solutions de rechange nécessitant moins d'infrastructures pour la collecte des eaux de ruissellement sont privilégiées.	5 bassins de collecte	5 bassins de collecte	1 bassin de collecte	2 bassins de collecte	2 bassins de collecte	3 bassins de collecte	3 bassins de collecte	3 bassins de collecte	3 bassins de collecte
Gestion de la neige	Le dépôt de résidus miniers filtrés en hiver est plus complexe que pour les résidus miniers épaissis/en pâte, car il nécessite une gestion de la neige. Une solution de rechange pour laquelle aucune gestion complexe de la neige n'est nécessaire est préférable à une solution de rechange nécessitant une gestion complexe de la neige.	Gestion complexe de la neige	Pas de gestion complexe de la neige	Gestion complexe de la neige	Gestion complexe de la neige	Pas de gestion complexe de la neige	Gestion complexe de la neige	Pas de gestion complexe de la neige	Gestion complexe de la neige	Pas de gestion complexe de la neige
Difficultés de transport des résidus miniers	Une solution de rechange située à proximité et à une élévation plus basse est préférable à une solution de rechange éloignée et à une élévation plus élevée.	Distance élevée et site plus élevé que l'usine de traitement du minerai	Distance élevée et site plus élevé que l'usine de traitement du minerai	Distance modérée et site plus élevé que l'usine de traitement du minerai	Distance courte et site plus élevé que l'usine de traitement du minerai	Distance courte et site plus élevé que l'usine de traitement du minerai	Distance modérée et site plus élevé que l'usine de traitement du minerai	Distance modérée et site plus élevé que l'usine de traitement du minerai	Distance modérée et site plus élevé que l'usine de traitement du minerai	Distance modérée et site plus élevé que l'usine de traitement du minerai
Flexibilité de la technologie d'entreposage des résidus miniers	Les technologies de dépôt les moins sensibles aux risques associés à ces changements sont privilégiées.	Peu flexible à la variabilité	Flexible à la variabilité	Peu flexible à la variabilité	Peu flexible à la variabilité	Flexible à la variabilité	Peu flexible à la variabilité	Flexible à la variabilité	Peu flexible à la variabilité	Flexible à la variabilité

4.3.4 CRITÈRES DE CARACTÉRISATION ÉCONOMIQUE ET INDICATEURS

La caractérisation économique met l'accent sur les facteurs économiques associés aux différentes phases du projet, de la construction à la fermeture. Les montants à payer varient en fonction du site choisi et de la technologie utilisée. Les critères de caractérisation économique, les indicateurs et la pondération sont définis dans le tableau C-4 de l'annexe C. Les échelles utilisées pour évaluer et comparer chaque solution de rechange sont également présentées au tableau C-4. Les critères de caractérisation économique ont pris en compte les indicateurs énumérés ci-dessous et sont présentés au tableau 11 :

- Coûts d'investissement : l'indicateur se rapporte aux coûts associés à la construction d'un système de transport des résidus miniers (tuyau pour les résidus miniers épaissis/en pâte et camion ou convoyeur pour les résidus miniers filtrés), d'un système de recirculation de l'eau (système de distribution des résidus miniers pour les résidus miniers épaissis/en pâte), à l'installation d'un système de filtration des résidus miniers et à la construction de l'installation de gestion des résidus miniers.
- Coûts d'exploitation : l'indicateur se rapporte aux coûts d'exploitation du système de transport (à l'exception du coût du système de traitement de l'eau).
- Coûts de restauration : l'indicateur se rapporte à la surface couverte lors de la restauration.
- Infrastructures existantes : l'indicateur se rapporte à la possibilité d'utiliser les infrastructures existantes sur le territoire (route).
- Type de propriété : l'indicateur se rapporte au type de propriété (publique, privée) sur laquelle le site est situé.
- Conséquences d'une restauration (rupture de digue, contamination par la poussière) : l'indicateur se rapporte aux conséquences potentielles d'une restauration du site (rupture de digue, contamination par la poussière).
- Impact sur la valeur actuelle nette (VAN) : l'indicateur se rapporte à l'influence de la solution de rechange sur la VAN globale du projet.

4.4 ÉTAPE 4 : CRÉATION DE COMPTES MULTIPLES

L'étape 4 concerne la création de comptes multiples. Les comptes multiples se composent des deux éléments suivants :

- Les comptes auxiliaires, également connus sous le nom de critères d'évaluation, et;
- Les indicateurs, également appelés critères de mesure.

4.4.1 COMPTES AUXILIAIRES (CRITÈRES D'ÉVALUATION)

Des comptes auxiliaires (critères d'évaluation) ont été développés à partir des critères de caractérisation sélectionnés à l'étape 3. Le tableau 12 présente un résumé des comptes auxiliaires retenus pour le projet Windfall.

4.4.2 INDICATEURS (CRITÈRES DE MESURE)

Des indicateurs (critères de mesure) ont été déterminés pour chaque compte auxiliaire. Ces indicateurs, appelés critères de mesure, sont présentés au tableau 13.

Tableau 11 Résumé des indicateurs – Caractérisation économique

Indicateur	Justification	Solution de rechange								
		2F	2É/P	7F	8F	8É/P	10F	10É/P	11F	11É/P
Coûts d'investissement (construction d'un système de transport des résidus miniers et de recirculation de l'eau et d'une route d'accès/installation d'un système de filtration des résidus miniers/construction de l'installation de gestion des résidus miniers)	Une solution de rechange dont les coûts d'investissement sont faibles est préférable à une solution de rechange dont les coûts d'investissement sont élevés. La technologie des résidus miniers épaissis/en pâte présente généralement des coûts d'investissement et de transport inférieurs à ceux de la technologie des résidus miniers filtrés, mais des coûts de construction de l'installation de gestion des résidus miniers plus élevés.	55,5 M $CAN	90,1 M $CAN	49,6 M $ CAN	54,1 M $CAN	77,2 M $CAN	57,1 M $CAN	76,7 M $CAN	62,3 M $CAN	77,2 M $CAN
Frais d'exploitation	Les solutions de rechange qui ont un faible coût d'exploitation annuel pour le transport et la déposition des résidus miniers sont privilégiées. La technologie des résidus miniers épaissis/en pâte présente généralement des coûts d'exploitation inférieurs à ceux de la technologie des résidus miniers filtrés.	8,0 M $CAN/an	3,0 M $CAN/an	7,2 M $CAN/an	6,6 M $CAN/an	2,2 M $CAN/an	7,2 M $CAN/an	2,6 M $CAN/an	6,6 M $CAN/an	2,2 M $CAN/an
Coûts de restauration	Les solutions de rechange qui ont une surface plus petite ont un coût plus faible. Ces sites sont privilégiés.	19,8 M $CAN	29,5 M $CAN	11,3 M $CAN	18,6 M $CAN	19,7 M $CAN	22,6 M $CAN	26,8 M $CAN	31,0 M $CAN	31,6 M $CAN
Infrastructures existantes	Une solution de rechange pour laquelle il est possible d'utiliser les infrastructures existantes est préférable à une solution de rechange pour laquelle aucune infrastructure existante ne peut être utilisée.	Plus d'un kilomètre de route à construire	Plus d'un kilomètre de route à construire	Moins d'un kilomètre de route à construire	Moins d'un kilomètre de route à construire	Moins d'un kilomètre de route à construire	Plus d'un kilomètre de route à construire	Plus d'un kilomètre de route à construire	Plus d'un kilomètre de route à construire	Plus d'un kilomètre de route à construire
Type de propriété	Une solution de rechange située sur la propriété d'Osisko est préférable à une solution de rechange située sur une autre propriété privée ou sur un terrain public.	Terrain public	Terrain public	Terrain public	Terrain public	Terrain public	Terrain public	Terrain public	Terrain public	Terrain public
Conséquences d'une restauration (rupture de digue, contamination par la poussière)	Selon les éléments situés en aval de la solution de rechange, le niveau des conséquences sera plus ou moins important. Direction des vents dominants fournie par Windfall (du nord-ouest et du sud-ouest).	Faible	Faible	Important	Élevé	Élevé	Important	Important	Élevé	Élevé
Impact sur la valeur actuelle nette (VAN)	Il s'agit de l'influence de la solution de rechange sur la VAN globale du projet.	1 073,9 M $CAN	1 159,1 M $CAN	1 090,2 M $CAN	1 088,4 M $CAN	1 182,8 M $CAN	1 078,3 M $CAN	1 175,1 M $CAN	1 075,5 M $CAN	1 176,3 M $CAN

Tableau 12 Résumé des comptes auxiliaires

Compte	Compte auxiliaire	Justification
Environnement	Émissions atmosphériques	Afin de limiter l'impact potentiel sur la qualité de l'air, il est préférable de réduire les émissions atmosphériques.
	Exfiltrations	Afin de limiter l'impact potentiel sur la qualité des eaux souterraines, il est préférable de réduire le potentiel d'exfiltration des contaminants.
	Défaillance de la structure de stockage des résidus miniers	La présence d'éléments sensibles (plan d'eau majeur, habitat faunique, zones protégées, etc.) à moins d'un kilomètre en aval de la solution de rechange est moins souhaitable. Une défaillance de la structure de stockage des résidus miniers pourrait affecter les éléments sensibles situés en aval.
	Bassin versant	Les solutions de rechange qui limitent l'impact potentiel sur le bassin versant sont préférables.
	Environnement aquatique	Les solutions de rechange qui limitent l'impact potentiel sur l'environnement aquatique (cours d'eau, habitat du poisson, etc.) sont préférables.
	Végétation et zones humides	Les solutions de rechange qui limitent l'impact potentiel sur la végétation et les zones humides sont préférables.
	Faune et flore	Les solutions de rechange qui limitent l'impact potentiel sur la faune sont préférables.
	Restauration progressive	La restauration progressive est préférable, car elle permet de réduire les impacts potentiels liés à la présence de l'infrastructure dans l'environnement au fil du temps.
	Infrastructures existantes	La possibilité d'utiliser les infrastructures existantes sur le territoire (routes) est préférable, car les impacts potentiels liés à la construction de ces infrastructures linéaires sont réduits.
Socioéconomique	Droits miniers	Les solutions de rechange situées sur des claims appartenant à Osisko sont préférables.
	Utilisation des terres	Les solutions de rechange qui interfèrent le moins avec l'utilisation actuelle des terres et des ressources sont préférables.
	Modification de la topographie	Les solutions de rechange qui permettent de limiter l'impact potentiel sur le paysage sont préférables.
	Restauration progressive	Il est préférable de procéder à une restauration progressive pendant les opérations de stockage des résidus miniers, car cela limite l'impact potentiel sur le paysage environnant.
	Santé et sécurité	Les solutions de rechange qui limitent l'impact potentiel sur la santé et la sécurité de la population sont préférables.
Technique	Risque de défaillance	Les solutions de rechange qui réduisent le risque de défaillance de l'installation de gestion des résidus miniers sont préférables.
	Évolutivité	Les solutions de rechange qui ont une plus grande possibilité d'augmenter la capacité de stockage de l'installation de gestion des résidus miniers sont préférables.
	Rendement	Les solutions de rechange caractérisées par un niveau d'efficacité plus élevé en termes de construction/capacité de stockage sont préférables.
	Gestion de l'eau	Un système de gestion de l'eau simple en termes de nombre et de taille des infrastructures à construire est préférable.
	Dimensionnement du réseau de transport du site	La difficulté du transport des résidus miniers dépend de la différence d'élévation entre l'usine et l'installation de gestion des résidus miniers et de la distance totale à parcourir. Il est préférable de réduire la distance et le dénivelé.
	Flexibilité de la technologie	Les caractéristiques des résidus miniers peuvent changer pendant la durée de vie du projet. Ces changements peuvent avoir un impact significatif sur la capacité de gestion des résidus miniers. Les technologies de dépôt les moins sensibles aux risques associés à ces changements sont privilégiées.
Économique	Coûts d'investissement	Des coûts d'investissement plus élevés sont moins souhaitables.
	Coûts d'exploitation	Des coûts d'exploitation annuels élevés du système de transport, du dépôt et de la gestion des résidus miniers sont moins souhaitables.
	Coûts de restauration	Les solutions de rechange qui se caractérisent par des coûts de restauration plus élevés pour le PAR sont moins souhaitables.
	Infrastructure existante	L'utilisation des infrastructures existantes (routes) est préférable à la construction de nouvelles infrastructures. Un chemin plus court à parcourir est préférable à un chemin plus long.
	Risque financier	Les solutions de rechange qui se caractérisent par un risque financier moindre sont préférables.

Tableau 13 Création de comptes multiples complets

Compte	Compte auxiliaire	Indicateur	Paramètre d'indicateur	Unité
Environnement	Émissions atmosphériques	Potentiel de production de poussières	État de saturation et protection topographique naturelle	s. o.
		Émissions de gaz à effet de serre pendant le transport et la déposition des résidus miniers	Longueur	km
	Exfiltrations	Potentiel d'exfiltration des contaminants	Eau stockée, pourcentage solide de résidus miniers	%
		Nature du dépôt de surface	Valeur (niveau de perméabilité)	s. o.
	Défaillance de la structure de stockage des résidus miniers	Présence d'éléments sensibles en aval du site	Valeur (présence ou absence)	s. o.
	Bassin versant	Impact potentiel sur le bassin versant	Aire	km^2
		Nombre de bassins versants touchés	Valeur	Nombre
	Environnement aquatique	Distance d'un lac ou d'un cours d'eau et d'un habitat du poisson	Longueur	m
		Traversées de cours d'eau	Valeur	Nombre
	Végétation et zones humides	Présence d'une zone humide dans la superficie au sol du site	Aire	ha
		Zone à déboiser	Aire	ha
	Faune et flore	Impact potentiel sur les oiseaux	Aire	km^2
		Présence d'espèces sauvages à statut particulier autour du site	Valeur (présence ou absence)	s. o.
		Impacts potentiels sur les petits mammifères	Longueur de l'infrastructure linéaire	km
	Restauration progressive	Possibilité de restauration du site pendant l'exploitation	Valeur (oui ou non)	s. o.
	Infrastructures existantes	Possibilité d'utiliser les infrastructures existantes sur le territoire (route)	Longueur	km
Socioéconomique	Droits miniers	Claims	Pourcentage détenu	%
	Utilisation des terres	Utilisation traditionnelle des terres et des ressources – Premières nations	Valeur (oui ou non)	s. o.
		Acceptabilité sociale	Valeur (oui ou non)	s. o.
	Modification de la topographie	Hauteur de la structure par rapport à la topographie environnante	Valeur (niveau de visibilité)	s. o.
		Impact visuel de l'infrastructure linéaire sur le paysage	Longueur	km
	Restauration progressive	Possibilité de restauration du site pendant l'exploitation	Valeur (oui ou non)	s. o.
	Santé et sécurité	Risques d'accidents ou de collisions	Longueur	km
		Défaillance de l'installation de gestion des résidus miniers	Valeur (présence d'un élément sensible et temps de réponse)	s. o.
Technique	Risque de défaillance	Interruption de la déposition	Longueur	km
		Défaillance de l'installation de gestion des résidus miniers	Hauteur	m
		Risque de défaillance du système de distribution des résidus miniers ou du convoyeur	Longueur	km
	Évolutivité	Potentiel d'expansion	Augmentation de la capacité en pourcentage	%
	Rendement	Efficacité du stockage	Valeur (rapport entre le volume nécessaire de digues à construire et la capacité totale)	s. o.
		Conditions géotechniques	Valeur (niveau de conditions géotechniques favorables)	s. o.
	Gestion de l'eau	Installation du tuyau de recirculation de l'eau	Longueur	km
		Longueur du réseau de fossés	Valeur (longueur)	s. o.
		Volume d'eau à gérer	Concentration solide (% masse)	%
		Nombre minimum de bassins de collecte ou de points de pompage	Valeur	Nombre
		Gestion de la neige	Valeur (niveau de complexité)	s. o.
	Dimensionnement du réseau de transport du site	Difficultés de transport des résidus miniers	Valeur (longueur et hauteur)	km et m
	Flexibilité de la technologie	Flexibilité de la technologie d'entreposage des résidus miniers	Niveau de flexibilité	Valeur
Économique	Coûts d'investissement	Construction d'un système de transport des résidus miniers et de recirculation de l'eau et d'une route d'accès/Installation d'un système de filtration des résidus miniers/Construction de l'installation de gestion des résidus miniers	Coûts	M $CAN
	Coûts d'exploitation	Transport, déposition et gestion des résidus miniers	Coûts	M $CAN/an
	Coûts de restauration	Construction d'un recouvrement sur l'infrastructure	Coûts	M $CAN
	Infrastructure existante	Possibilité d'utiliser les infrastructures existantes sur le territoire (route)	Longueur	km
	Risque financier	Conséquences d'une restauration (rupture de digue, contamination par la poussière)	Valeur (niveau de conséquence)	s. o.
		Impact sur la VAN	Coûts	M $CAN

4.5 ÉTAPE 5 : PROCESSUS DÉCISIONNEL FONDÉ SUR LA VALEUR

Cette section présente et aborde les résultats obtenus pour l'évaluation comparative. Elle présente également la méthodologie utilisée pour évaluer les solutions de rechange.

4.5.1 COTATION

Les échelles établies dans l'étude permettent d'évaluer quantitativement ou qualitativement les différentes solutions de rechange sur une échelle de 0 à 6 : la cote 0 correspond au pire cas et la cote 6 au meilleur cas.

Les échelles quantitatives sont basées sur des valeurs directement mesurables, tandis que les échelles qualitatives ont été développées pour permettre une différenciation entre les sites en utilisant des informations concrètes pour chaque indicateur.

Les échelles utilisées sont présentées à l'annexe C.

4.5.2 PONDÉRATION

Chacun des critères d'évaluation (comptes et comptes auxiliaires) et des indicateurs a été pondéré, sur une échelle de 1 à 6, afin d'attribuer une importance relative aux différents éléments évalués. Le processus de pondération a été réalisé en collaboration avec Osisko.

Les quatre comptes font également l'objet d'une pondération répartie de 1 à 6. Comme le suggère les lignes directrices, la pondération suivante a servi de base à l'évaluation du site :

- Environnement : 6
- Socioéconomique : 3
- Technique : 3
- Économiques : 1,5

Une analyse de sensibilité (étape 6) sur la pondération des quatre comptes étudiés a également été réalisée afin d'évaluer l'importance relative de chaque aspect dans l'évaluation comparative des solutions de rechange. Outre le cas de base, l'analyse de sensibilité évalue six scénarios avec des pondérations différentes pour les quatre comptes (voir la section 4.6).

4.5.3 ANALYSE QUANTITATIVE DU CAS DE RÉFÉRENCE

Les résultats de l'analyse quantitative du cas de référence pour le compte environnemental, le compte socioéconomique, le compte technique et le compte économique du projet sont présentés à l'annexe D.

Les indicateurs non discriminants n'ont pas été inclus dans l'analyse quantitative. Les indicateurs non discriminants sont les suivants :

Environnement

- Présence d'espèces végétales à statut particulier autour de la solution de rechange : cet indicateur ne semble pas discriminant, car il n'y a pas d'espèces végétales à statut particulier dans un rayon de 2 km autour de chaque solution de rechange.
- Présence de zones protégées autour de la solution de rechange : cet indicateur ne semble pas discriminant, car il n'y a pas de zone protégée dans un rayon de 2 km autour de chaque solution de rechange.

Socioéconomique

- Nombre de municipalités concernées : cet indicateur ne semble pas discriminant, car toutes les solutions de rechange sont situées sur le territoire d'une seule municipalité.
- Type de propriété : cet indicateur ne semble pas discriminant, car toutes les solutions de rechange sont situées sur des terrains publics.
- Zonage municipal : cet indicateur ne semble pas discriminant, car aucun site ne nécessite de changement du zonage municipal.
- Ligne de piégeage : cet indicateur ne semble pas discriminant, car les deux lignes de piégeage ne présentent pas d'avantage l'une par rapport à l'autre.
- Puits d'eau potable répertorié : cet indicateur ne semble pas discriminant, car il n'y a pas de puits d'eau potable répertorié dans un rayon de 2 km autour de chaque solution de rechange.

Économique

- Type de propriété : cet indicateur ne semble pas discriminant, car toutes les solutions de rechange sont situées sur des terrains publics.

Les solutions de rechange 8F et 7F apparaissent comme les plus intéressantes pour l'aménagement d'un PAR. La solution de rechange 8F présente les résultats les plus positifs pour l'évaluation du compte environnemental et du compte technique, tandis que la solution de rechange 7F présente les résultats les plus positifs pour l'évaluation du compte socioéconomique et du compte relatif aux aspects économiques du projet.

Globalement, la solution de rechange la moins avantageuse pour l'aménagement d'une installation de gestion des résidus miniers est la solution de rechange 11É/P. Il convient de noter que ce site présente le résultat le plus faible pour le compte environnemental.

Sur la base de ces résultats, la solution de rechange 8F est la plus équilibrée. Sa cote totale reflète le fait que cette solution de rechange est la plus intéressante compte tenu de la pondération de base des quatre comptes dans l'évaluation du cas de référence.

L'annexe D présente les résultats détaillés de l'évaluation comparative des sites. Comme indiqué à la section 4.5.2, la pondération suggérée pour le cas de référence est de 6 pour le compte environnemental, 3 pour le compte socioéconomique, 3 pour le compte technique et 1,5 pour le compte économique. Les résultats obtenus pour chacun des aspects étudiés sont commentés ci-dessous.

Il convient de noter que toutes les solutions de rechange étudiées présentent une cote plus élevée dans le cas où les résidus miniers filtrés sont pris en compte. Le cas de référence de l'évaluation des solutions de rechange, tel qu'il est présenté dans cette étude, suggère que la technologie des résidus miniers filtrés est plus avantageuse que celle des résidus miniers épaissis/en pâte.

4.5.3.1 ANALYSE DU COMPTE ENVIRONNEMENTAL – CAS DE RÉFÉRENCE

Les résultats de la caractérisation environnementale selon chacun des critères d'évaluation sont présentés à l'annexe D. La cote de l'aspect environnemental, sans pondération, est présentée au tableau 14.

Tableau 14 Cotes du compte environnemental

Solution de rechange 2F	Solution de rechange 2É/P	Solution de rechange 7F	Solution de rechange 8F	Solution de rechange 8É/P	Solution de rechange 10F	Solution de rechange 10É/P	Solution de rechange 11F	Solution de rechange 11É/P
3,87	2,91	3,78	3,93	3,31	3,50	2,78	2,36	1,76

En résumé, la solution de rechange 8F présente les meilleurs résultats pour le compte environnemental, suivie de la solution de rechange 2F et de la solution de rechange 7F, tandis que les sites qui présentent les moins bons résultats pour le compte environnemental sont la solution de rechange 11É/P, la solution de rechange 11F et la solution de rechange 10É/P.

La solution de rechange 8F présente un potentiel plus faible d'exfiltration des contaminants, car la méthode de dépôt des résidus miniers nécessite moins d'eau. La solution de rechange 8F a également un impact limité sur le bassin versant. La perte de bassin versant sera inférieure à 0,85 km^2. La solution de rechange 8F a l'avantage d'être située à plus de 60 m d'un lac ou d'un cours d'eau, plus précisément à 100 m. Cette distance de la solution de rechange par rapport à un lac ou un cours d'eau limite le potentiel de détérioration de la qualité de l'eau en cas de défaillance, de déversement accidentel ou simplement par la présence de l'infrastructure. L'emplacement de la solution de rechange ne nécessite pas la traversée de cours d'eau, ce qui limite le risque d'altération de la qualité de l'eau pendant la construction et l'exploitation. Un autre avantage de cette solution de rechange est que son empiètement sur une zone humide est relativement limité (57 ha) et que la zone à déboiser est également relativement limitée (29 ha). En ce qui concerne la possibilité d'affecter les déplacements de la petite faune par la présence d'une infrastructure linéaire (route, système de distribution des résidus miniers, convoyeur) sur le territoire, la solution de rechange 8F présente l'avantage d'être située relativement près de l'usine de traitement du minerai (environ 2,5 km). Une distance plus courte entre la solution de rechange et l'usine de traitement du minerai réduit la possibilité d'impact sur la petite faune.

Les solutions de rechange 7F et 2F se suivent de près. Cependant, la solution de rechange 7F présente l'avantage d'avoir un impact limité sur le bassin versant (moins de 0,85 km^2) et le nombre de bassins versants sur lesquels les installations s'étendent (un seul bassin versant). Elle présente également l'avantage d'être située à proximité d'une route existante, ce qui limite les impacts liés à la longueur d'une nouvelle route à construire. Cependant, la solution de rechange 7F est située à proximité immédiate d'un lac ou d'un cours d'eau, ce qui augmente le risque de détérioration de la qualité de l'eau en cas de défaillance, de déversement accidentel ou simplement en raison de la présence de l'infrastructure. Un autre inconvénient de la solution de rechange 7F est la présence d'une espèce sauvage à statut particulier dans un rayon de 2 km. L'avantage de la solution de rechange 2F est qu'elle est située à plus de 60 m d'un lac ou d'un cours d'eau et qu'il n'y a pas d'espèce sauvage à statut particulier dans un rayon de 2 km. Les inconvénients de la solution de rechange 2F sont la perte de bassin versant (1,03 km^2), le nombre de bassins versants sur lesquels les installations s'étendent (deux bassins versants) et la surface à déboiser (50 ha).

La solution de rechange 11É/P obtient la cote la moins favorable pour le compte environnemental, notamment en raison de la présence d'éléments sensibles (par exemple, plan d'eau majeur, habitat faunique, zone protégée) à moins d'un kilomètre en aval. La solution de rechange empiète également sur une grande zone humide (144 ha).

Les deux autres solutions de rechange moins favorables d'un point de vue environnemental sont les solutions de rechange 11F et 10É/P. Ces deux solutions de rechange se suivent de près. Leurs principaux inconvénients sont la superficie du bassin versant concerné, le nombre de bassins versants concernés (deux bassins versants) et la présence d'une espèce sauvage à statut particulier dans un rayon de 2 km.

4.5.3.2 COMPTE SOCIOÉCONOMIQUE – CAS DE RÉFÉRENCE

Les résultats de la caractérisation socioéconomique selon chacun des critères d'évaluation sont présentés à l'annexe D. La cote du compte socioéconomique, sans pondération, est présentée au tableau 15.

Tableau 15 Cotes du compte socioéconomique

Solution de rechange 2F	Solution de rechange 2É/P	Solution de rechange 7F	Solution de rechange 8F	Solution de rechange 8É/P	Solution de rechange 10F	Solution de rechange 10É/P	Solution de rechange 11F	Solution de rechange 11É/P
4,36	3,72	4,49	3,49	2,77	4,49	4,21	4,49	4,21

Les solutions de rechange 7F, 10F et 11F obtiennent le résultat le plus avantageux pour le compte socioéconomique, principalement en raison du fait que 100 % de la solution de rechange est située sur des claims appartenant à Osisko, qu'il n'y a pas d'utilisation traditionnelle des terres et des ressources par les Premières Nations dans la zone de la solution de rechange et qu'il n'y a pas de contrainte majeure soulevée par les utilisateurs des terres à l'emplacement proposé pour la solution de rechange.

La solution de rechange 2F présente également certains avantages sur le plan socioéconomique, notamment parce qu'elle est située dans une zone où il n'y a pas d'utilisation traditionnelle des terres et des ressources par les Premières Nations, qu'aucune contrainte majeure n'a été soulevée par les utilisateurs des terres à l'emplacement proposé pour la solution de rechange et que son impact visuel est limité (site non visible pour les observateurs).

La solution de rechange 8É/P obtient la cote la moins favorable pour le compte socioéconomique, principalement parce qu'elle est située dans une zone d'utilisation traditionnelle des terres et des ressources par les Premières Nations, avec des contraintes majeures soulevées par les utilisateurs des terres à l'emplacement proposé pour la solution de rechange et sa faible intégration au paysage. La solution de rechange 8É/P se caractérise également par la présence d'au moins un élément sensible en aval avec un temps de réponse faible en cas de défaillance de l'installation de gestion des résidus miniers.

La deuxième solution de rechange présentant les résultats les plus faibles pour le compte socioéconomique est la solution de rechange 8F. En plus de présenter les mêmes inconvénients que la solution de rechange 8É/P, la solution de rechange 8F présente un potentiel d'accidents ou de collisions entre les camions utilisés pour le transport des résidus miniers entre l'usine de traitement du minerai et la solution de rechange, et les autres usagers de la route. Il convient de noter que la solution de rechange 8F présente également les avantages d'une éventuelle restauration progressive et que l'impact d'une défaillance de l'installation de gestion des résidus miniers est moindre que pour la solution de rechange 8É/P.

4.5.3.3 COMPTE TECHNIQUE – CAS DE RÉFÉRENCE

Les résultats de la caractérisation technique selon chacun des critères d'évaluation sont présentés à l'annexe D. La cote du compte technique, sans pondération, est présentée au tableau 16.

Tableau 16 Cotes du compte technique

Solution de rechange 2F	Solution de rechange 2É/P	Solution de rechange 7F	Solution de rechange 8F	Solution de rechange 8É/P	Solution de rechange 10F	Solution de rechange 10É/P	Solution de rechange 11F	Solution de rechange 11É/P
2,46	2,63	2,76	3,83	4,07	2,45	2,61	2,93	3,31

La solution de rechange 8É/P obtient le résultat le plus avantageux pour le compte technique, notamment en raison de sa distance relativement courte par rapport à l'usine de traitement du minerai (environ 2,5 km), ce qui réduit le risque de défaillance du système de distribution des résidus miniers ou du convoyeur, des conditions géotechniques de fondation plus favorables et de la longueur limitée du réseau de fossés pour collecter l'eau. Toutefois, cette solution de rechange est moins favorable sur certains aspects, principalement en raison du risque plus élevé de défaillance de l'installation de gestion des résidus miniers, de son efficacité de stockage et du volume d'eau à gérer.

Les solutions de rechange 8F et 11É/P (deuxième et troisième meilleures cotes) présentent également certains avantages pour le compte technique. Plus précisément, la solution de rechange 8F est dans une position favorable principalement en raison de la faible possibilité que la déposition de résidus miniers sur le site soit interrompue, et des conséquences qui en découlent, car les résidus miniers seront transportés par camion sur une courte distance, de la non-nécessité d'installer une conduite de recirculation de l'eau et du nombre limité de bassins de collecte ou de points de pompage qui devront être aménagés afin de collecter les eaux de ruissellement (fossés autour de l'infrastructure). Parmi les avantages de la solution de rechange 11É/P, on peut citer son potentiel d'expansion, la gestion non complexe de la neige et la flexibilité de la technologie d'entreposage des résidus miniers.

La solution de rechange 10F obtient la cote la moins favorable pour le compte technique, suivie de près par la solution de rechange 2F. Parmi les principaux inconvénients de la solution de rechange 10F figurent les conditions géotechniques moins favorables rencontrées sur son site, le nombre plus élevé de bassins de collecte ou de points de pompage requis, la gestion complexe de la neige et la faible flexibilité face à la variabilité. En plus de partager certains inconvénients avec la solution de rechange 10F (nombre élevé de bassins de collecte ou de points de pompage, gestion complexe de la neige et faible flexibilité à la variabilité), la solution de rechange 2F se caractérise par un risque plus élevé de défaillance du système de distribution des résidus miniers ou du convoyeur et par une difficulté de transport des résidus miniers (en raison de la différence d'élévation entre l'usine de traitement du minerai, la localisation de la solution de rechange et la distance totale à parcourir).

4.5.3.4 COMPTE ÉCONOMIQUE – CAS DE RÉFÉRENCE

Les résultats de la caractérisation économique selon chacun des critères d'évaluation sont présentés à l'annexe D. La cote du compte économique, sans pondération, est présentée au tableau 17.

Tableau 17 Cotes du compte relatif aux aspects économiques du projet

Solution de rechange 2F	Solution de rechange 2É/P	Solution de rechange 7F	Solution de rechange 8F	Solution de rechange 8É/P	Solution de rechange 10F	Solution de rechange 10É/P	Solution de rechange 11F	Solution de rechange 11É/P
2,21	2,25	4,42	3,71	4,04	2,70	3,03	1,90	2,80

En général, le choix de la technologie des résidus miniers a une influence sur le compte économique. Par exemple, les coûts d'investissement sont plus faibles pour les résidus miniers filtrés, tandis que les coûts d'exploitation sont plus faibles pour les résidus miniers épaissis/en pâte. En outre, les solutions de rechange ayant une superficie au sol plus petite présentent des coûts de restauration moins élevés.

La solution de rechange 7F se distingue par le fait qu'il s'agit du site le plus économiquement exploitable. Les avantages de la solution de rechange 7F sont principalement ses faibles coûts d'investissement et de restauration, la possibilité d'utiliser les infrastructures existantes sur le territoire (route) pour accéder au site et les conséquences relativement limitées d'une restauration (rupture de digue, contamination par la poussière).

Les solutions de rechange 8É/P et 8F (deuxième et troisième cotes les plus élevées) présentent également certains avantages pour le compte économique. Parmi les avantages de la solution de rechange 8É/P, on peut citer ses coûts d'exploitation plus faibles, la possibilité d'utiliser les infrastructures existantes sur le territoire (route) pour accéder au site et son impact sur la VAN globale du projet. Pour sa part, la solution de rechange 8F présente des aspects intéressants, notamment ses faibles coûts d'investissement et de restauration, ainsi que la possibilité d'utiliser les infrastructures existantes sur le territoire (route) pour accéder au site.

La solution de rechange 11F obtient la cote la moins favorable pour le compte économique, suivie de la solution de rechange 2F et de la solution de rechange 2É/P. Les principaux inconvénients de la solution de rechange 11F sont ses coûts d'exploitation et de restauration plus élevés, ainsi que la longueur de la route à construire pour accéder au site. Les inconvénients de la solution de rechange 2F sont notamment ses coûts d'exploitation plus élevés, la longueur de la route à construire pour accéder au site et l'impact sur la VAN globale du projet. Enfin, certains des principaux inconvénients de la solution de rechange 2É/P sont ses coûts d'exploitation et de restauration plus élevés, ainsi que la longueur de la route à construire pour accéder au site.

4.5.4 SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Les résultats obtenus pour chaque site et pour chaque compte (environnemental, socioéconomique, technique et économique) ont été examinés dans les sections précédentes. Les tableaux 18 à 21 présentent un résumé des principaux éléments de l'analyse environnementale, socioéconomique, technique et économique des différentes solutions de rechange. Les avantages et désavantages des alternatives ont été identifiés sur la cote attribuée au cas de base. Il convient de noter que seules les solutions de rechange ayant obtenu les meilleures cotes et les solutions de rechange ayant obtenu la pire cote ont été indiquées aux tableaux 24 à 27. Les solutions de rechange ayant obtenu une cote moyenne (donc ni la meilleure ni la pire) ne sont pas indiquées dans ces tableaux.

Tableau 18 Résumé des avantages et des inconvénients – Compte environnemental

Compte auxiliaire	Description de l'indicateur	Solution de rechange avantageuse	Solution de rechange désavantageuse
Émissions atmosphériques	Potentiel de production de poussières	2É/P, 8É/P	10F, 11F
	Émissions de gaz à effet de serre pendant le transport et la déposition des résidus miniers	8É/P	2F
Exfiltrations	Potentiel d'exfiltration des contaminants	2F, 7F, 8F, 10F	11É/P
	Nature du dépôt de surface	11F, 11É/P	10F, 10É/P
Défaillance de la structure de stockage des résidus miniers	Présence d'éléments sensibles en aval du site	2F, 2É/P, 7F, 10F, 10É/P	8F, 8É/P, 11F, 11É/P

Compte auxiliaire	Description de l'indicateur	Solution de rechange avantageuse	Solution de rechange désavantageuse
Bassin versant	Impact potentiel sur le bassin versant	7F, 8F	10F, 10É/P, 11F, 11É/P
	Nombre de bassins versants touchés	7F	2F, 2É/P, 8F, 8É/P, 10F, 10É/P, 11F, 11É/P
Environnement aquatique	Distance d'un lac ou d'un cours d'eau et d'un habitat du poisson	8F, 8É/P	7F, 11F, 11É/P
	Traversées de cours d'eau	8F, 8É/P, 10F, 10É/P, 11F, 11É/P	2F, 2É/P, 7F
Végétation et zones humides	Présence d'une zone humide dans la superficie au sol du site	2F, 7F, 8É/P	11F, 11É/P
	Zone à déboiser	7F, 8F, 10F, 11F, 11É/P	2É/P, 8É/P
Faune et flore	Impact potentiel sur les oiseaux	2F, 7F, 8F, 10F, 11F	2É/P, 10É/P, 11É/P
	Présence d'espèces sauvages à statut particulier autour du site	2F, 2É/P	7F, 8F, 8É/P, 10F, 10É/P, 11F, 11É/P
	Impacts potentiels sur les petits mammifères	8F, 8É/P	2F, 2É/P
Restauration progressive	Possibilité de restauration du site pendant l'exploitation	2F, 7F, 8F, 10F, 11F	2É/P, 8É/P, 10É/P, 11É/P
Infrastructures existantes	Possibilité d'utiliser les infrastructures existantes sur le territoire (route)	7F, 8F, 8É/P	2F, 2É/P, 10F, 10É/P, 11F, 11É/P

Tableau 19 Résumé des avantages et des inconvénients – Compte socioéconomique

Compte auxiliaire	Description de l'indicateur	Solution de rechange avantageuse	Solution de rechange désavantageuse
Droits miniers	Claims	7F, 8F, 8É/P, 10F, 10É/P, 11F, 11É/P	2F, 2É/P
Utilisation des terres	Utilisation traditionnelle des terres et des ressources – Premières Nations	2F, 2É/P, 7F, 10F, 10É/P, 11F, 11É/P	8F, 8É/P
	Acceptabilité sociale	2F, 2É/P, 7F, 10F, 10É/P, 11F, 11É/P	8F, 8É/P
Modification de la topographie	Intégration visuelle dans l'environnement naturel	2F, 2É/P	7F, 8F, 8É/P, 10F, 10É/P, 11F, 11É/P
	Impact visuel de l'infrastructure linéaire sur le paysage	8F, 8É/P	2F, 2É/P
Restauration progressive	Possibilité de restauration du site pendant l'exploitation	2F, 7F, 8F, 10F, 11F	2É/P, 8É/P, 10É/P, 11É/P
Santé et sécurité	Risques d'accidents ou de collisions	2É/P, 8É/P, 10É/P, 11É/P	2F, 7F, 10F, 11F
	Défaillance de l'installation de gestion des résidus miniers	2F, 7F, 8F, 10F, 11F	2É/P

Tableau 20 Résumé des avantages et inconvénients – Compte technique

Compte auxiliaire	Description de l'indicateur	Solution de rechange avantageuse	Solution de rechange désavantageuse
Risque de défaillance	Interruption du dépôt	8F	2É/P
	Défaillance de l'installation de gestion des résidus miniers	11F	2É/P, 8É/P
	Risque de défaillance du système de distribution des résidus miniers ou du convoyeur	8F, 8É/P	2F, 2É/P
Évolutivité	Potentiel d'expansion	11F, 11É/P	7F
Rendement	Efficacité du stockage	2F, 7F, 8F, 10F, 11F	2É/P, 8É/P, 10É/P
	Conditions géotechniques	2F, 2É/P, 7F, 8F, 8É/P	10F, 10É/P, 11F, 11É/P
Gestion de l'eau	Installation du tuyau de recirculation de l'eau	2F, 7F, 8F, 10F, 11F	2É/P, 10É/P
	Longueur du réseau de fossés	2F, 2É/P, 8É/P, 10F, 10É/P	7F, 8F
	Volume d'eau à gérer	2F, 7F, 8F, 10F, 11F	2É/P, 8É/P, 10É/P, 11É/P
	Nombre minimum de bassins de collecte ou de points de pompage	7F, 8F, 8É/P	2F, 2É/P, 10F, 10É/P, 11F, 11É/P
	Gestion de la neige	2É/P, 8É/P, 10É/P, 11É/P	2F, 7F, 8F, 10F, 11F
Dimensionnement du réseau de transport du site	Difficultés de transport des résidus miniers	8F, 8É/P	2F, 2É/P
Flexibilité de la technologie	Flexibilité de la technologie d'entreposage des résidus miniers	2É/P, 8É/P, 10É/P, 11É/P	2F, 7F, 8F, 10F, 11F

Tableau 21 Résumé des avantages et inconvénients – Compte économique

Compte auxiliaire	Description de l'indicateur	Solution de rechange avantageuse	Solution de rechange désavantageuse
Coûts d'investissement	• Construction d'un système de transport des résidus miniers et de recirculation de l'eau et d'une route d'accès • Installation d'un système de filtration des résidus miniers • Construction de l'installation de gestion des résidus miniers	7F	2É/P
Coûts d'exploitation	Transport, dépôt et gestion des résidus miniers	8É/P, 11É/P	2F
Coûts de restauration	Construction d'une couverture sur l'infrastructure	7F	11F, 11É/P
Infrastructure existante	Possibilité d'utiliser les infrastructures existantes sur le territoire (route)	7F, 8F, 8É/P	2F, 2É/P, 10F, 10É/P, 11F, 11É/P
Risque financier	Conséquences d'une restauration (rupture de digue, contamination par la poussière)	2F, 2É/P	8F, 8É/P, 11F, 11É/P
	Impact sur la valeur actuelle nette (VAN)	8É/P, 10É/P, 11É/P	2F

4.6 ÉTAPE 6 : ANALYSE DE SENSIBILITÉ

L'analyse de sensibilité montre l'influence de chaque aspect du développement du projet (environnemental, socioéconomique, technique et économique) sur le choix d'une solution de rechange pour les zones de gestion des résidus miniers. L'analyse de sensibilité a permis de faire varier l'importance relative de chacun des comptes étudiés et donc de voir si le résultat de l'évaluation finale des solutions de rechange proposées reste le même.

Le tableau 22 présente les différentes combinaisons de pondérations analysées dans le cadre de cette analyse de sensibilité.

Tableau 22 Pondérations utilisées pour l'analyse de sensibilité

Poids/Compte	Scénario de référence – Cas de référence	Analyse de sensibilité 1	Analyse de sensibilité 2	Analyse de sensibilité 3	Analyse de sensibilité 4	Analyse de sensibilité 5	Analyse de sensibilité 6
Environnemental	6	6	3	1,5	6	1,5	3
Socioéconomique	3	6	3	1,5	3	1,5	3
Technique	3	1,5	6	6	3	1,5	3
Économique	1,5	1,5	1,5	6	3	1,5	6

Dans l'analyse de sensibilité 1, une importance plus élevée est accordée aux comptes environnemental et socioéconomique, tandis qu'une importance plus faible est accordée aux comptes technique et économique. Une importance égale est accordée aux comptes environnemental et socioéconomique, et une importance égale est accordée aux comptes technique et économique.

Dans l'analyse de sensibilité 2, le compte technique est mis en évidence, tandis que le compte économique est moins important. Une importance similaire est accordée aux comptes environnemental et socioéconomique. Il s'agit en fait d'un scénario qui permet généralement de définir la solution idéale d'un point de vue technique.

L'analyse de sensibilité 3 est l'inverse de l'analyse de sensibilité 1. Les pondérations les plus élevées sont attribuées aux comptes technique et économique, tandis que les pondérations les plus faibles sont attribuées aux comptes environnemental et socioéconomique. Cela permet de mettre l'accent sur des solutions de rechange qui s'avèrent plus avantageuses d'un point de vue technique et économique. Il s'agit en effet d'un scénario qui présente généralement un grand intérêt pour l'investisseur.

Dans l'analyse de sensibilité 4, le compte environnemental est mis en évidence, tandis que les comptes socioéconomique, technique et économique ont tous la même importance. Il s'agit donc d'un scénario similaire au scénario de référence, tout en accordant un peu plus d'importance au compte économique.

Enfin, dans le cadre de l'analyse de sensibilité 5, une importance équivalente est accordée à tous les comptes, tandis que l'analyse de sensibilité 6 accorde la même importance à tous les comptes, à l'exception du compte économique, qui est cette fois mis en évidence.

4.6.1 RÉSULTATS DE L'ANALYSE DE SENSIBILITÉ

Les résultats de l'analyse de sensibilité sont présentés au tableau 23. Les résultats de l'analyse de sensibilité montrent que la cote obtenue par les différentes solutions de rechange étudiées est légèrement influencée par l'importance donnée aux différents comptes, mais la tendance générale est en accord avec le scénario de référence.

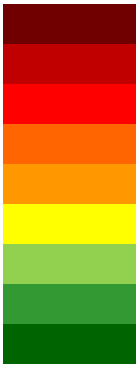
Tableau 23 Résultats de l'analyse de sensibilité

Scénario	Solutions de rechange étudiées								
	2F	2É/P	7F	8F	8É/P	10F	10É/P	11F	11É/P
Cote									
Scénario de référence	3,48	2,95	3,78	3,79	3,44	3,40	3,09	2,91	2,76
Analyse de sensibilité 1	3,76	3,14	4,03	3,72	3,24	3,71	3,36	3,23	3,00
Analyse de sensibilité 2	3,17	2,89	3,56	3,76	3,61	3,16	3,05	3,04	3,11
Analyse de sensibilité 3	2,69	2,61	3,70	3,76	3,85	2,86	2,96	2,62	3,04
Analyse de sensibilité 4	3,36	2,88	3,85	3,78	3,50	3,33	3,08	2,81	2,77
Analyse de sensibilité 5	3,23	2,88	3,86	3,74	3,55	3,29	3,16	2,92	3,02
Analyse de sensibilité 6	3,02	2,75	3,97	3,74	3,65	3,17	3,13	2,72	2,97
Rang*									
Scénario de référence	3	7	2	1	4	5	6	8	9
Analyse de sensibilité 1	2	8	1	3	6	4	5	7	9
Analyse de sensibilité 2	4	9	3	1	2	5	7	8	6
Analyse de sensibilité 3	7	9	3	2	1	6	5	8	4
Analyse de sensibilité 4	4	7	1	2	3	5	6	8	9
Analyse de sensibilité 5	6	2	1	3	4	5	7	9	8
Analyse de sensibilité 6	6	8	1	2	3	4	5	9	7

Remarques :

* 1 – Le rang est attribué en fonction de la cote la plus avantageuse.

Un rang égal a été attribué aux solutions de rechange ayant obtenu les mêmes résultats.



Cote la moins avantageuse

Cote la plus avantageuse

En effet, les solutions de rechange 8F et 7F sont respectivement classées en premier et en deuxième dans le scénario de référence, et les scénarios des analyses de sensibilité les classent toujours en premier, en deuxième ou en troisième, quel que soit le compte privilégié. Ces deux solutions de rechange représentent une solution très équilibrée du point de vue environnemental, socioéconomique, technique et économique. Compte tenu des résultats des analyses de sensibilité sur la pondération des comptes, il n'a pas été jugé nécessaire d'étudier d'autres scénarios de sensibilité qui incluraient une variation de la pondération des comptes auxiliaires ou des indicateurs.

4.7 ÉTAPE 7 : RÉSULTATS DU DOCUMENT

Cette étape concerne la rédaction d'un rapport technique complet sur l'évaluation des solutions de rechange pour l'entreposage des résidus miniers. Le présent document et ses annexes constituent ce rapport technique dans lequel sont présentés les résultats de chaque étape du processus d'évaluation.

5 CONCLUSION

L'étude des solutions de rechange pour l'entreposage des résidus miniers, pour le développement d'une installation de gestion des résidus miniers pour le projet Windfall, a démontré que les solutions de rechange 8F et 7F sont les meilleures pour la gestion des résidus miniers de surface. Cette évaluation a pris en compte les points de vue environnementaux, socioéconomiques, techniques et économiques du projet.

L'analyse de sensibilité réalisée a également confirmé que les solutions de rechange 8F et 7F sont préférables puisque ces solutions de rechange obtiennent systématiquement le premier, le deuxième ou le troisième rang, et ce, pour tous les scénarios étudiés.

Comme pour chaque site étudié, les solutions de rechange 8F et 7F présentent plusieurs avantages, mais aussi des inconvénients qui doivent être pris en compte lors de la planification détaillée et lors du développement des composantes de l'infrastructure. Parmi les avantages de la solution de rechange 8F, on note notamment son faible potentiel d'exfiltration de contamination, le fait qu'elle affecte un petit bassin versant et nécessite une surface relativement limitée à déboiser, sa distance de l'usine de traitement du minerai et d'un lac/cours d'eau et d'un habitat de poisson, la possibilité d'utiliser les infrastructures existantes (route) sur le territoire pour accéder au site et les conditions géotechniques favorables à son emplacement. En ce qui concerne ses inconvénients, on note notamment la présence d'éléments sensibles en aval de la solution de rechange, son emplacement dans une zone utilisée à des fins traditionnelles par les Premières Nations, la longueur du réseau de fossés à construire pour la gestion de l'eau et les conséquences potentielles d'une restauration du site en fonction des éléments situés en aval de la solution de rechange. La solution de rechange 7F présente l'avantage d'être située à proximité d'une route existante, ce qui limite les impacts liés à la longueur de la nouvelle route à construire. Elle est également située sur un site qui se trouve à 100 % sur des claims appartenant à Osisko. Il n'y a pas d'utilisation traditionnelle des terres et des ressources par les Premières Nations dans la zone de la solution de rechange, et il n'y a pas de contrainte majeure soulevée par les utilisateurs des terres à l'emplacement proposé pour la solution de rechange. Cependant, la solution de rechange 7F est située à proximité immédiate d'un lac ou d'un cours d'eau, ce qui augmente le risque de détérioration de la qualité de l'eau en cas de défaillance, de déversement accidentel ou simplement en raison de la présence de l'infrastructure. Un autre inconvénient de la solution de rechange 7F est la présence d'une espèce sauvage à statut particulier dans un rayon de 2 km. Cette solution de rechange est plus éloignée de la mine que la solution de rechange 8F et présente moins de possibilités d'augmentation de la capacité en raison des caractéristiques naturelles.

RÉFÉRENCES

- A²GC et coll. (2021) Rapport technique NI 43-101. Osisko Mining Inc. Preliminary Economic Assessment Update for the Windfall Project. 6 avril 2021. 592 pages.
- BBA Inc. et coll. (2018) Rapport technique NI 43-101. Osisko Mining Inc. Preliminary Economic Assessment of the Windfall Lake Project. Lebel-sur-Quévillon, Québec, Canada. 12 juillet 2018. 850 pages.
- Blouin, J. et J.-P. Berger. (2004) Guide de reconnaissance des types écologiques des régions écologiques 6c – Plaine du lac Opémisca, 6d – Coteaux du lac Assinica, 6e – Coteaux de la rivière Nestaocano, 6f – Coteaux du lac Mistassini et 6g – Coteaux du lac Manouane, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Forêt, Québec, Direction des inventaires forestiers, Division de la classification écologique et productivité des stations.
- Cadre écologique de référence du Québec (CERQ). (2021) Le cadre écologique de référence du Québec.
- Environnement Canada. (2016) Guide sur l'évaluation des solutions de rechange pour l'entreposage des déchets miniers. Division de l'exploitation minière et de la transformation. Date de modification : 23 décembre 2016
- Loi sur la conservation du patrimoine naturel du gouvernement du Québec (http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/aires_protegees/aires_quebec.htm).
- Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP). (2021) Zones de végétation et domaines bioclimatiques du Québec.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). (2012) *Directive 019 sur l'industrie minière*. Gouvernement du Québec. Direction des Politiques de l'eau. Service des eaux industrielles. Mars 2012. 95 pages.
- Ressources naturelles Canada (RNCan). (2020) Écologie des feux. Date de modification : 7 juillet 2020
- Tetra Tech. (2015) Preliminary Economic Assessment of the Windfall Lake Gold Property, Québec, Canada. Report to Eagle Hill Exploration Corp. 28 avril 2015. 325 pages.
- WSP. (2022) Minière Osisko Inc. Projet minier Windfall. Rapport sectoriel – Composante Végétation. Rapport en préparation.

FIGURES



LÉGENDE / LEGEND

SITE

LIMITE DE MUNICIPALITÉ / MUNICIPALITY LIMIT

LIMITE DES MUNICIPALITÉS RÉGIONALES DE COMPTÉ / REGIONAL COUNTY MUNICIPALITY LIMIT

0 50 100

1:2,000,000 KM

RÉFÉRENCES / REFERENCES

1. ©ESRI BASEMAPS TOPOGRAPHIC.
2. SYSTÈME DE COORDONNÉES / COORDINATE SYSTEM: WGS 1984 WEB MERCATOR AUXILIARY SPHERE.

CLIENT

MINIÈRE OSISKO INC.

PROJET / PROJECT

PROJET WINDFALL - ÉTUDE DES SOLUTIONS DE RECHANGE POUR L'ENTREPOSAGE DES RÉSIDUS MINIERS / WINDFALL PROJECT - TAILINGS DISPOSAL ALTERNATIVES STUDY

TITRE / TITLE

EMPLACEMENT DU SITE / SITE LOCATION

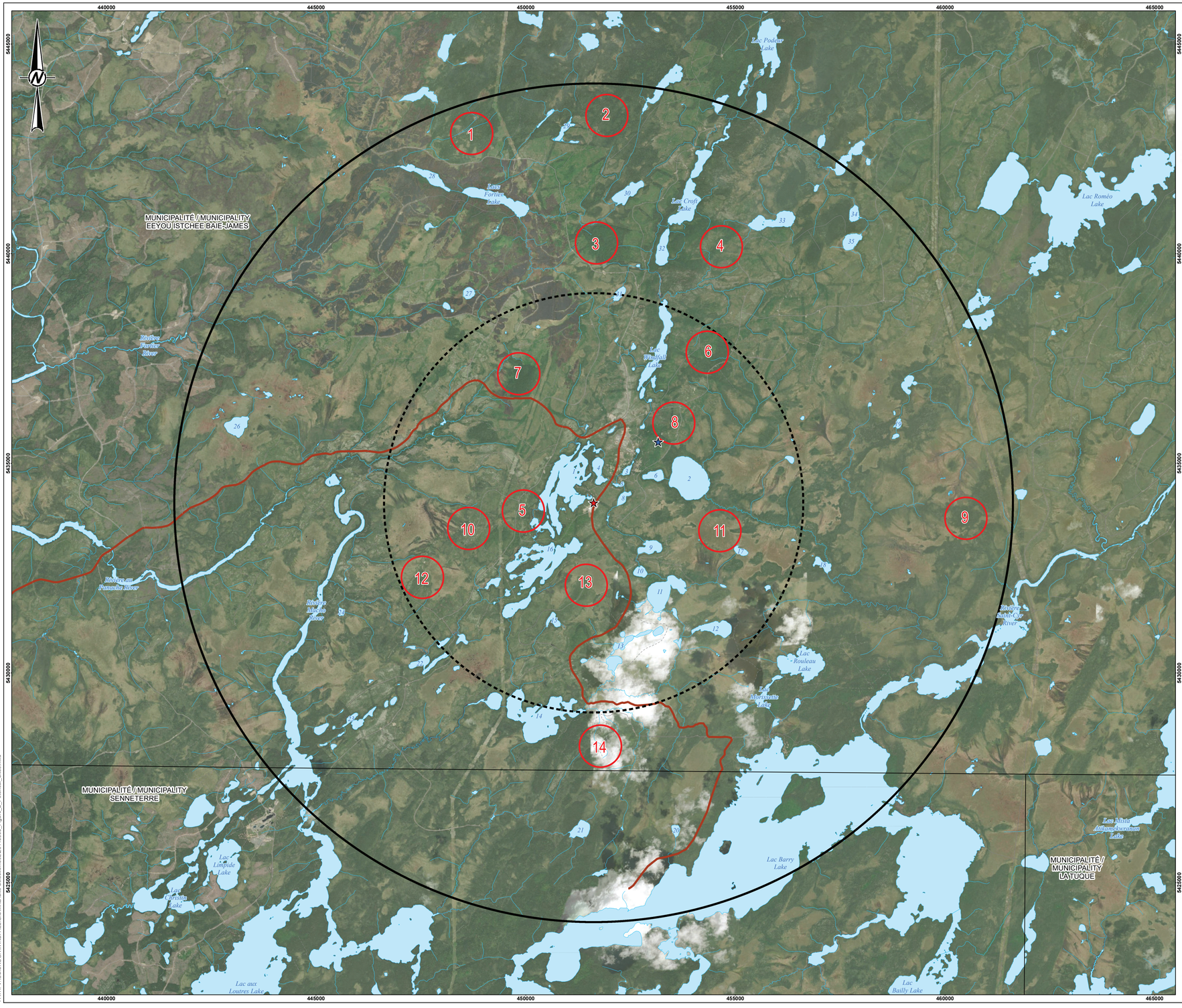
CONSULTANT

WSP GOLDER

DATE	2021-03-15
PROJETÉ / DESIGNED	C. DANCOSE
SIG / GIS	P. JOHNSTON
VÉRIFIÉ / REVIEWED	N. PÉPIN
APPROUVÉ / APPROVED	Y. BOULIANNE

PROJET / PROJECT	REV.	FIGURE
20146303	0	1

V:\OSISKO\GR\WINDFALL\GIS\MXD\Site Selection\02\20146303_Figure_1_Location.mxd



LÉGENDE / LEGEND

- SITE
- USINE / PLANT
- ROUTE PRINCIPALE / MAIN ROAD
- CHEMIN FORESTIER / FORESTRY ROAD
- CHEMIN D'HIVER / WINTER ROAD
- LIMITE DE MUNICIPALITÉ / MUNICIPALITY LIMIT
- COURS D'EAU / WATERCOURSE
- PLAN D'EAU / WATERBODY
- ZONE D'ÉTUDE (10 KM) / STUDY AREA (10 KM)
- RAYON DE 5 KM / 5 KM RADIUS
- 1 SOLUTION DE RECHANGE POSSIBLE / ALTERNATIVE CANDIDATE

0 2.5 5
1:45,000 KM

RÉFÉRENCES / REFERENCES

1. ©ESRI BASEMAPS WORLD IMAGERY.
2. GÉOBASE DU RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE DU QUÉBEC, MERN.
3. SYSTÈME DE COORDONNÉES / COORDINATE SYSTEM: NAD 1983 UTM ZONE 18N.

CLIENT
MINIÈRE OSISKO INC.

PROJET / PROJECT
PROJET WINDFALL - ÉTUDE DES SOLUTIONS DE RECHANGE POUR L'ENTREPOSAGE DES RÉSIDUS MINIERS / WINDFALL PROJECT - TAILINGS DISPOSAL ALTERNATIVES STUDY

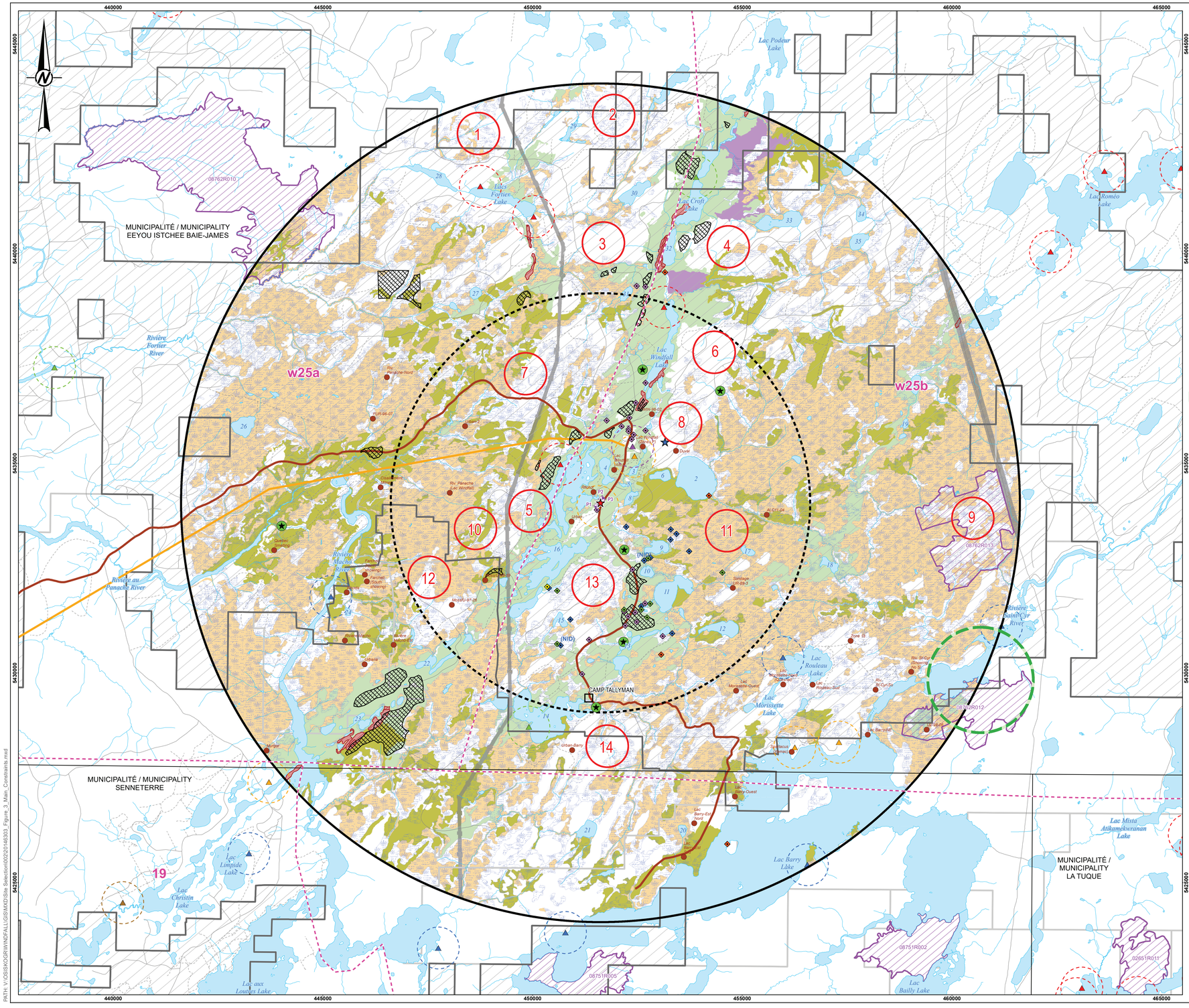
TITRE / TITLE
EMPLACEMENT DES SOLUTIONS DE RECHANGE POSSIBLES / CANDIDATE ALTERNATIVES LOCATION

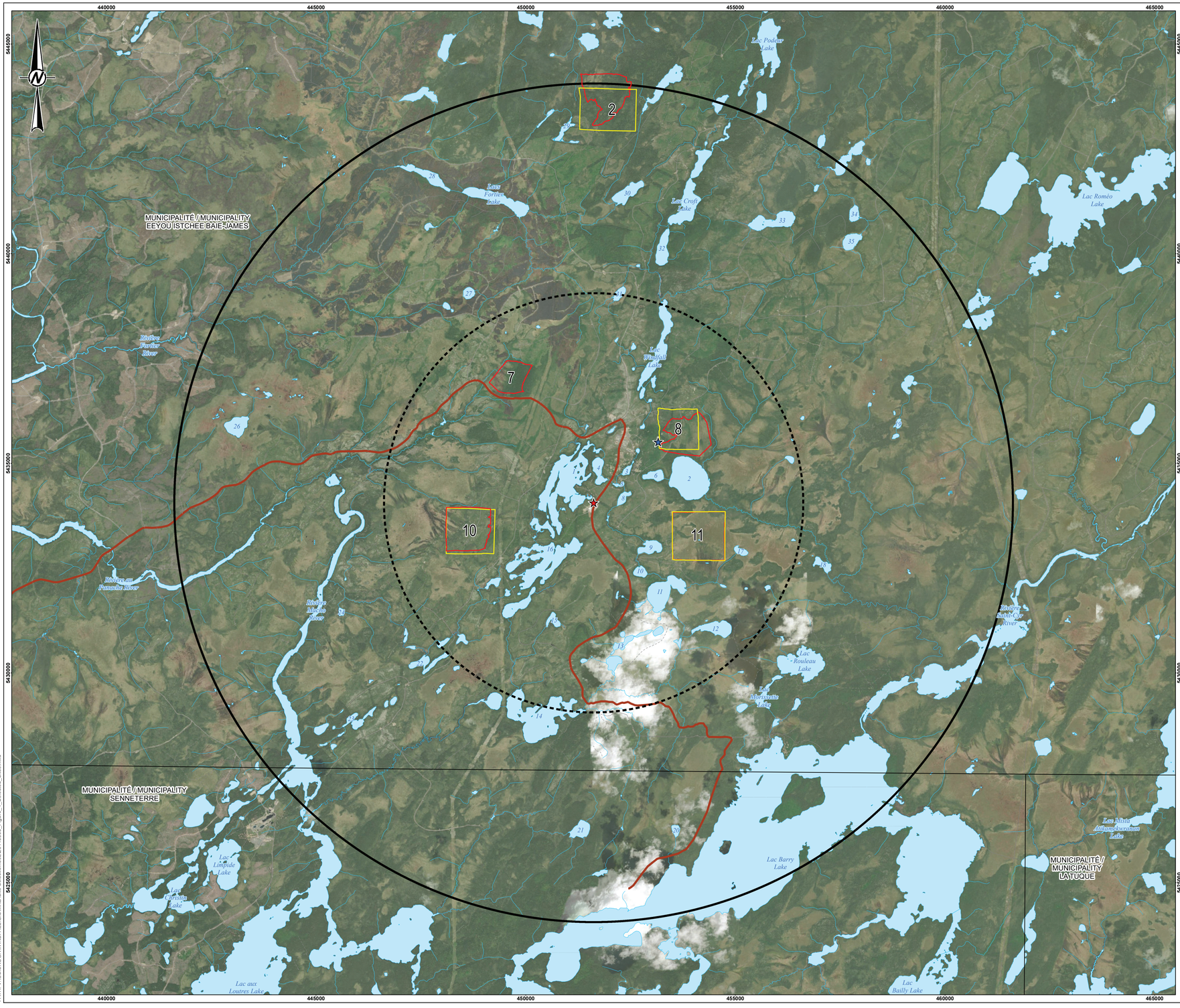
CONSULTANT
WSP GOLDER

DATE	2022-03-15
PROJETÉ / DESIGNED	C. DANCOSE
SIG / GIS	P. JOHNSTON
VÉRIFIÉ / REVIEWED	N. PÉPIN
APPROUVÉ / APPROVED	Y. BOULIANNE

PROJET / PROJECT 20146303 | REV. 0 | FIGURE 2

PATH: V:\OSISKO\GRW\WINDFALL\GIS\MXD\Site Selection\002201146303_Figure_2_Potential_Sites.mxd


440000
445000
450000
455000
460000
465000
5445000
5440000
5435000
5430000
5425000
MUNICIPALITÉ / MUNICIPALITY
EEYOU ISTCHEE BAIE-JAMES
MUNICIPALITÉ / MUNICIPALITY
SENNETERRE
MUNICIPALITÉ / MUNICIPALITY
LA TUQUE
w25a
w25b
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
19
08762R010
08762R013
08762R012
08751R002
08751R005
02651R011
CAMP TALLYMAN
Lac Podeur Lake
Lacs Fortier Lake
Lac Croft Lake
Lac Roméo Lake
Rivière Fortier River
Lac Windfall Lake
Lac Rouleau Lake
Lac Mörissette Lake
Lac Barry Lake
Lac Limpide Lake
Lac Christin Lake
Lac aux Loutres Lake
Lac Mista Atikamekwranan Lake
Lac Bailly Lake
Rivière Machos River
Rivière au Panache River
Rivière Dutchcyr River
Rivière Panache-Nord
Rivière Panache (Lac Windfall)
Rivière Windfall Ouest
Rivière Windfall Est
Rivière Rouleau
Rivière Mörissette
Rivière Barry-Est
Rivière Barry-Ouest
Rivière Barry-Nord
Rivière Barry-Sud
Rivière Barry-Ouest
Rivière Barry-Est



LÉGENDE / LEGEND

- SITE
- USINE / PLANT
- ROUTE PRINCIPALE / MAIN ROAD
- CHEMIN FORESTIER / FORESTRY ROAD
- CHEMIN D'HIVER / WINTER ROAD
- LIMITE DE MUNICIPALITÉ / MUNICIPALITY LIMIT
- COURS D'EAU / WATERCOURSE
- PLAN D'EAU / WATERBODY
- ZONE D'ÉTUDE (10 KM) / STUDY AREA (10 KM)
- RAYON DE 5 KM / 5 KM RADIUS
- SOLUTION DE RECHANGE PRÉSÉLECTIONNÉE (FILTRÉS) / PRE-SCREENING ALTERNATIVE (FILTERED)
- SOLUTION DE RECHANGE PRÉSÉLECTIONNÉE (ÉPAISSIS) / PRE-SCREENING ALTERNATIVE (THICKENED/PASTE)

0 2.5 5

1:45,000 KM

RÉFÉRENCES / REFERENCES

1. ©ESRI BASEMAPS WORLD IMAGERY.
2. GÉOBASE DU RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE DU QUÉBEC, MERN.
3. SYSTÈME DE COORDONNÉES / COORDINATE SYSTEM: NAD 1983 UTM ZONE 18N.

CLIENT

MINIÈRE OSISKO INC.

PROJET / PROJECT

PROJET WINDFALL - ÉTUDE DES SOLUTIONS DE RECHANGE POUR L'ENTREPOSAGE DES RÉSIDUS MINIERS / WINDFALL PROJECT - TAILINGS DISPOSAL ALTERNATIVES STUDY

TITRE / TITLE

EMPLACEMENT DES SOLUTIONS DE RECHANGE PRÉSÉLECTIONNÉES / LOCATION OF PRE-SCREENING ALTERNATIVES

CONSULTANT

WSP GOLDER

DATE	2022-03-15
PROJETÉ / DESIGNED	C. DANCOSE
SIG / GIS	P. JOHNSTON
VÉRIFIÉ / REVIEWED	N. PÉPIN
APPROUVÉ / APPROVED	Y. BOULIANNE

PROJET / PROJECT 20146303

REV. 0

FIGURE 4

PATH: V:\OSISKO\GRW\WINDFALL\GIS\MXD\Site Selection\0022014\6303_Figure_4_Selected_Sites.mxd

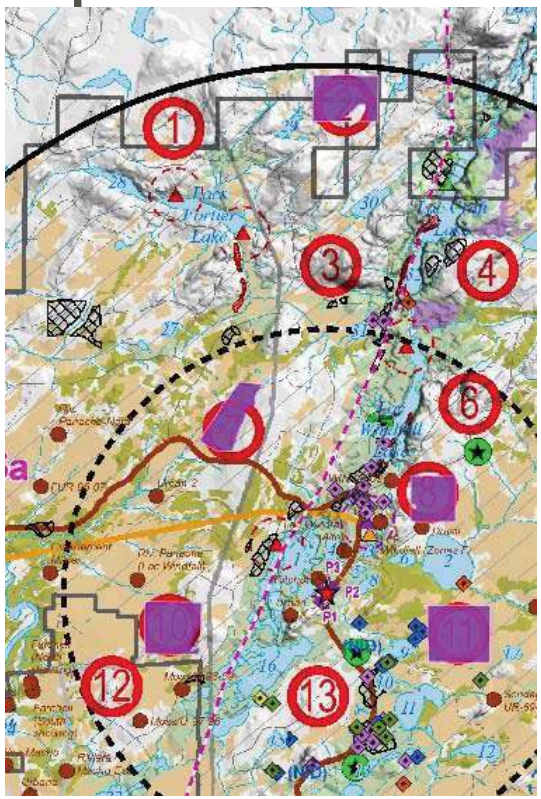
ANNEXE

A

CONFIGURATION DES SOLUTIONS DE RECHANGE

Résidus épaissis/en pâte

APERÇU

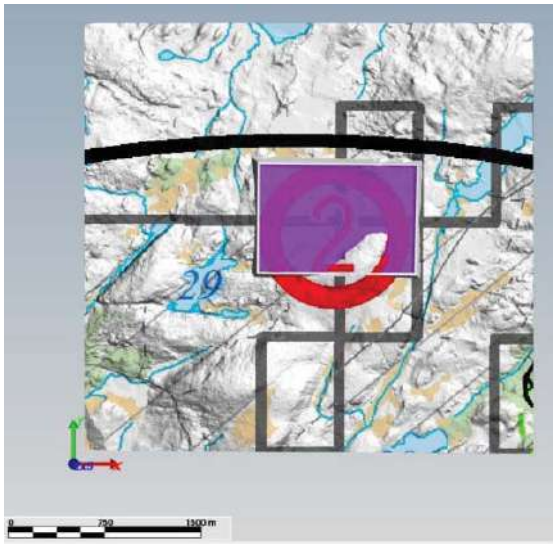


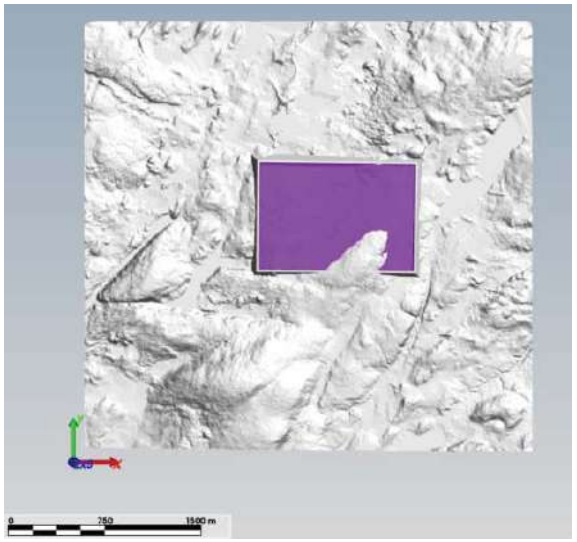


Résidus épaissis/en pâte

OPTION 2



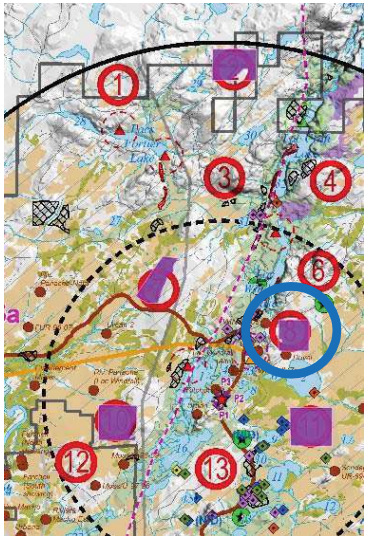


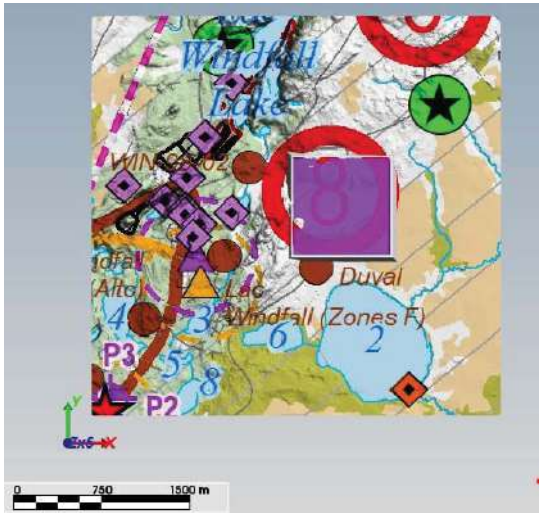


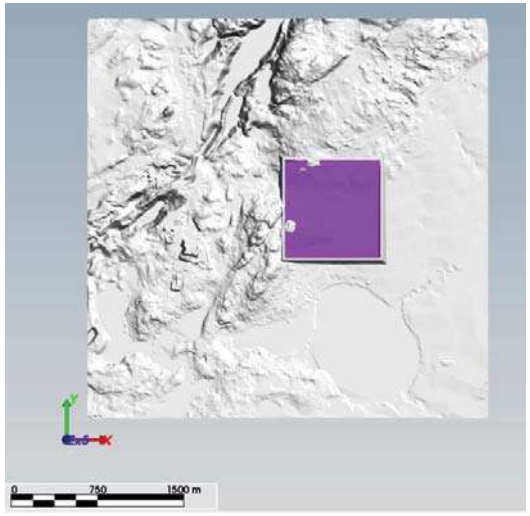
Solution de rechange	Élévation de la digue (m)	Hauteur maximale de la digue (m)	Volume de la digue (m^3)	Revanche (m)	Superficie au sol du PAR (m^2)	Distance du portail (km)
2	437,0	24,0	2 507 601	2,7	1 355 368	7,9

Résidus épaissis/en pâte

OPTION 8



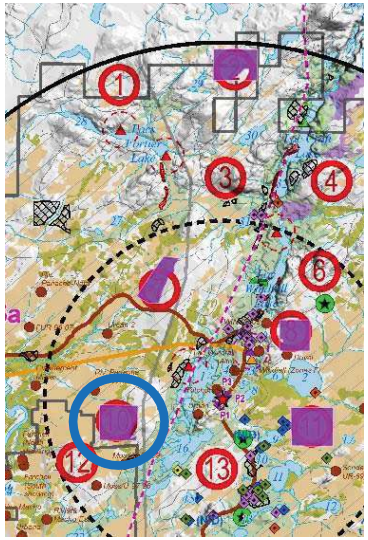


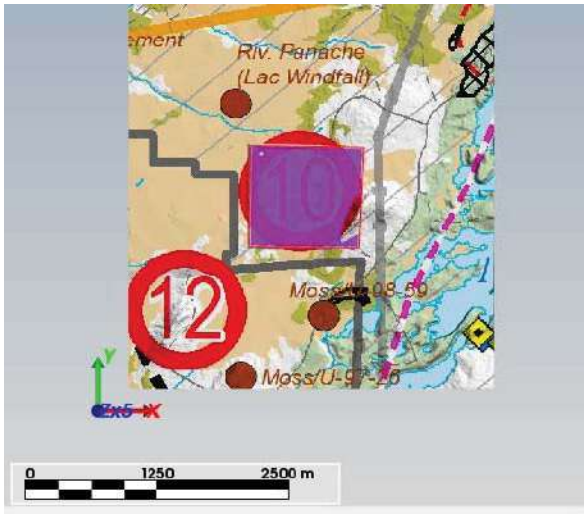


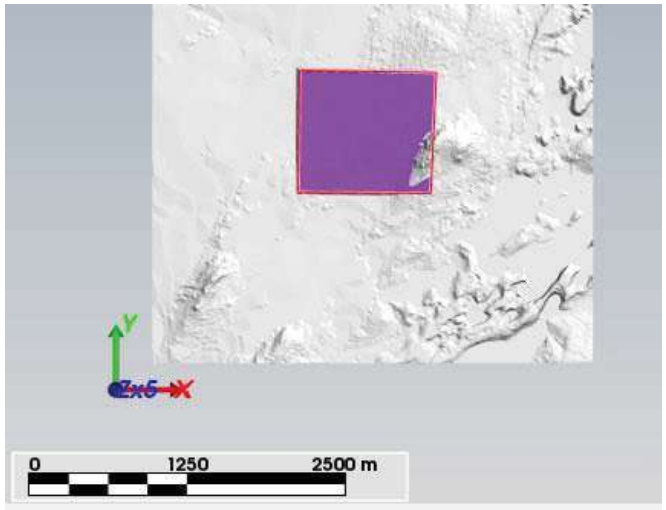
Solution de rechange	Élévation de la digue (m)	Hauteur maximale de la digue (m)	Volume de la digue (m^3)	Revanche (m)	Superficie au sol du PAR (m^2)	Distance du portail (km)
8	418,0	21,0	2 315 011	2,8	905 924	1,1

Résidus épaissis/en pâte

OPTION 10



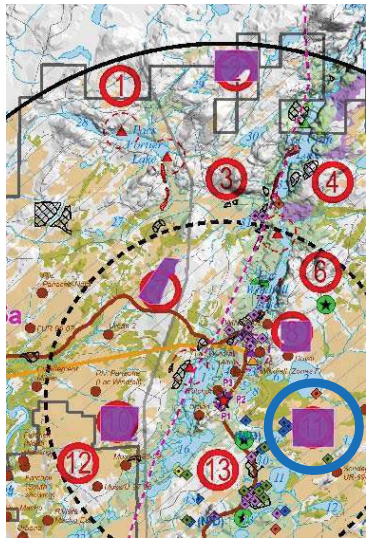


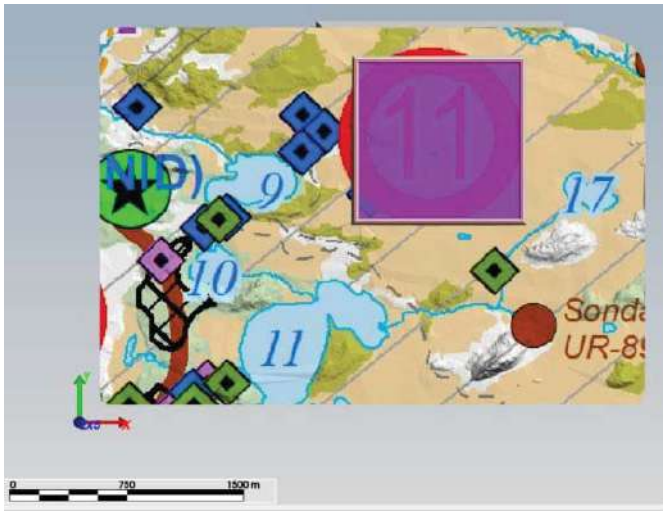


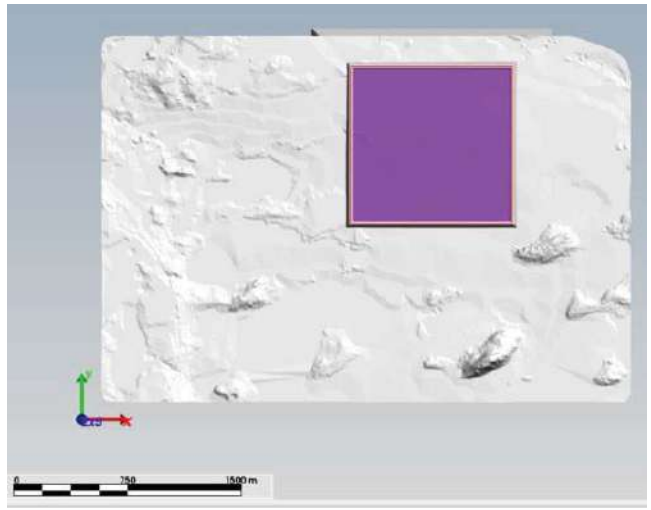
Solution de rechange	Élévation de la digue (m)	Hauteur maximale de la digue (m)	Volume de la digue (m^3)	Revanche (m)	Superficie au sol du PAR (m^2)	Distance du portail (km)
10	414,0	16,0	1 852 250	3,2	1 234 423	4,4

Résidus épaissis/en pâte

OPTION 11





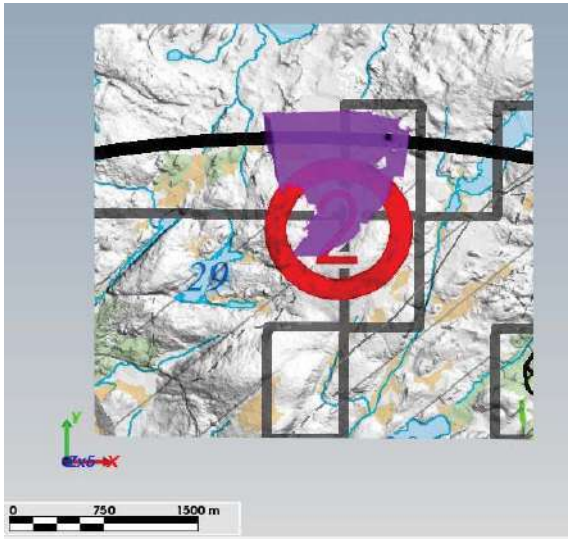


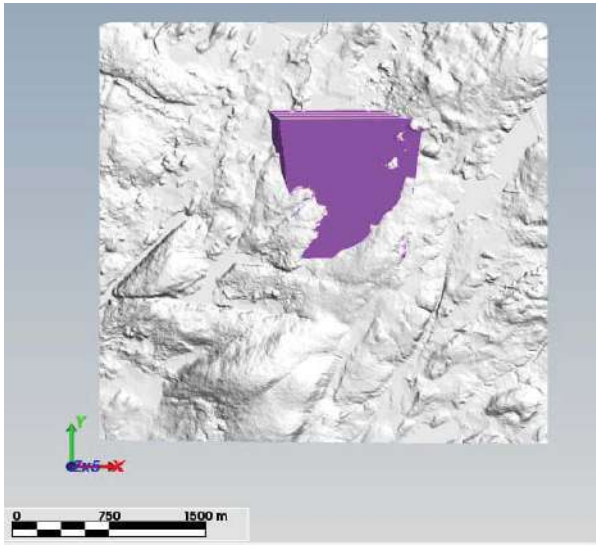
Solution de rechange	Élévation de la digue (m)	Hauteur maximale de la digue (m)	Volume de la digue (m^3)	Revanche (m)	Superficie au sol du PAR (m^2)	Distance du portail (km)
11	406,5	11,5	1 753 187	3,7	1 452 599	2,6

Résidus filtrés

OPTION 2







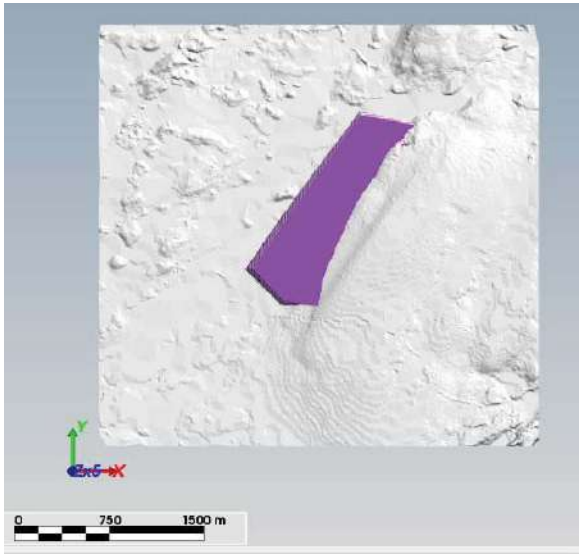
Solution de rechange	Élévation de l'empilement (m)	Hauteur maximale de l'empilement (m)	Volume de l'empilement modélisée (m^3)	Superficie au sol du PAR (m^2)	Différence de volume (m^3)	Distance du portail (km)
2	428,0	16,0	6 404 491	911 303	7,10 %	7,9

Résidus filtrés

OPTION 7



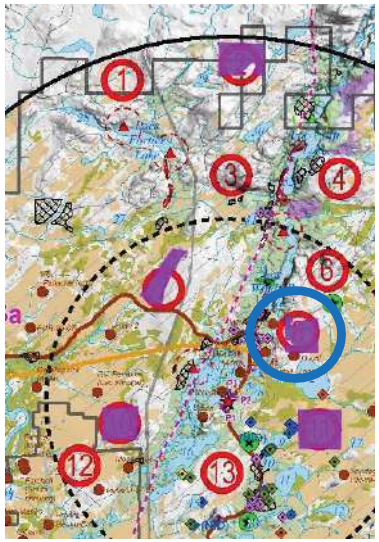


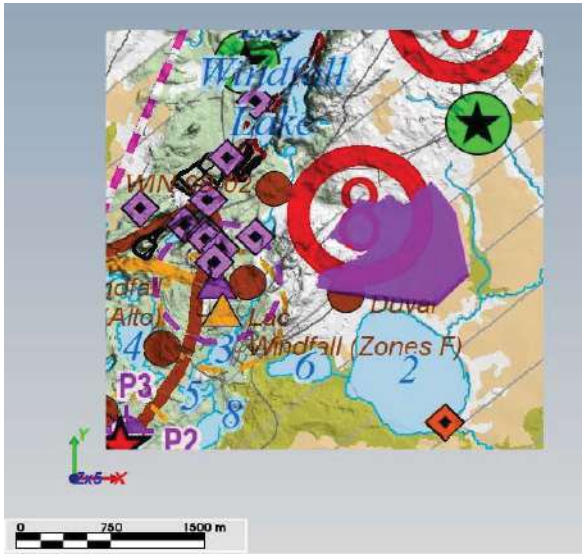


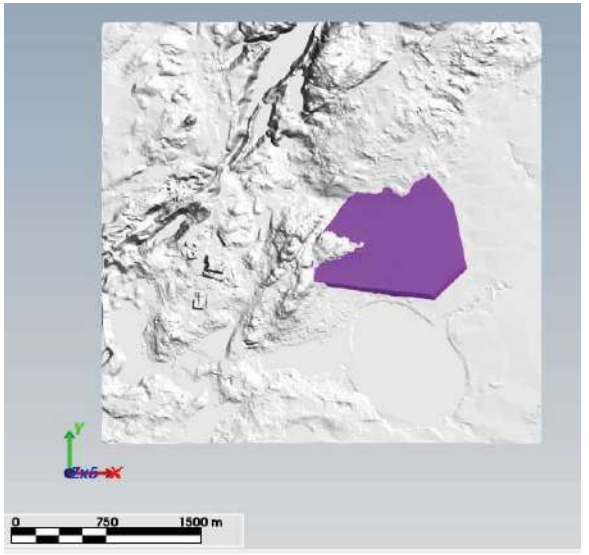
Solution de rechange	Élévation de l'empilement (m)	Hauteur maximale de l'empilement (m)	Volume de l'empilement modélisée (m^3)	Superficie au sol du PAR (m^2)	Différence de volume (m^3)	Distance du portail (km)
7	413,0	13,0	6 185 921	833 331	3,45 %	3,3

Résidus filtrés

OPTION 8





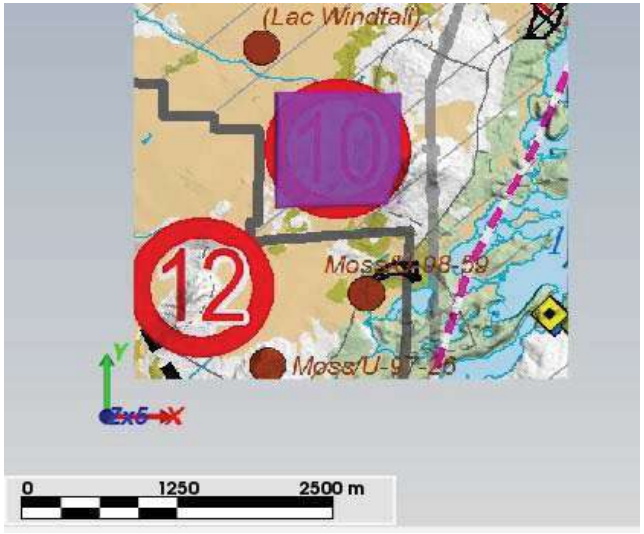


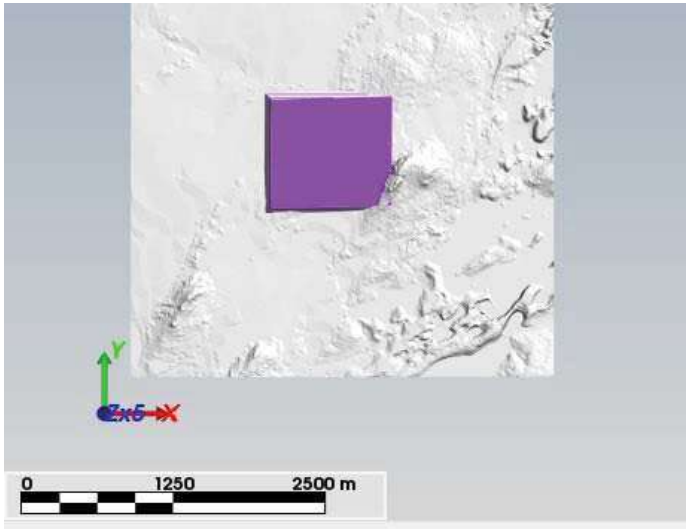
Solution de rechange	Élévation de l'empilement (m)	Hauteur maximale de l'empilement (m)	Volume de l'empilement modélisée (m^3)	Superficie au sol du PAR (m^2)	Différence de volume (m^3)	Distance du portail (km)
8	408,0	12,0	6 019 247	854 978	0,66 %	1,1

Résidus filtrés

OPTION 10



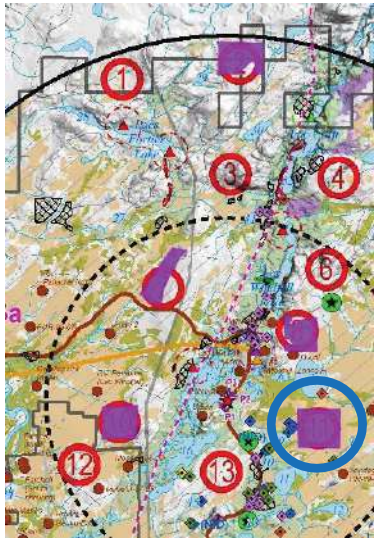


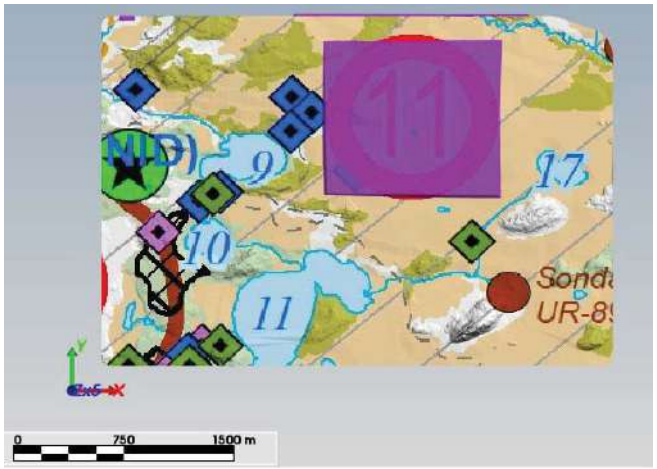


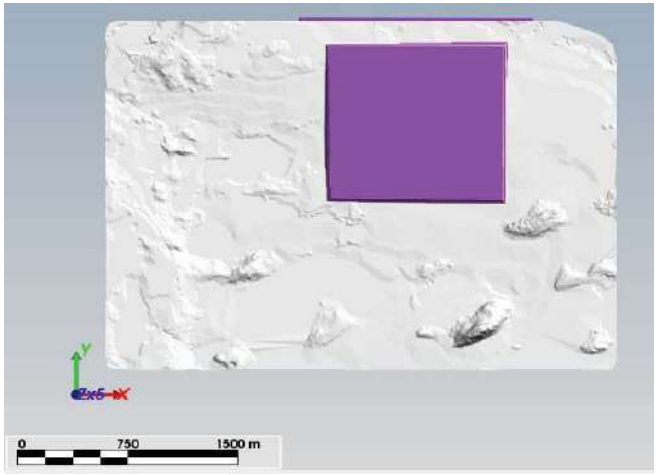
Solution de rechange	Élévation de l'empilement (m)	Hauteur maximale de l'empilement (m)	Volume de l'empilement modélisée (m^3)	Superficie au sol du PAR (m^2)	Différence de volume (m^3)	Distance du portail (km)
10	410,0	12,0	6 957 987	1 041 438	16,36 %	4,4

Résidus filtrés

OPTION 11







Solution de rechange	Hauteur de l'empilement (m)	Hauteur maximale de l'empilement (m)	Volume de l'empilement modélisée (m^3)	Superficie au sol du PAR (m^2)	Différence de volume (m^3)	Distance de l'entrée (km)
11	402,0	7,0	6 817 344	1 426 660	14,01 %	2,6

ANNEXE

B

DOSSIER PHOTOGRAPHIQUE



Photo 1 : Emplacement proposé pour la solution de rechange 7



Photo 2 : Emplacement proposé pour la solution de rechange 8



Photo 3 : Emplacement proposé pour la solution de rechange 8



Photo 4 : Emplacement proposé pour la solution de rechange 10

ANNEXE

C

TABLEAUX DES CRITÈRES, DES INDICATEURS ET DE LA PONDÉRATION POUR LES ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX, SOCIAUX, TECHNIQUES ET ÉCONOMIQUES

Tableau C-1 : Critères d'évaluation environnementale et indicateurs

Critère d'évaluation (comptes auxiliaires)		Indicateur	Description de l'indicateur	Unité	Échelle	Pondération de l'indicateur (Pi)	Pondération du compte auxiliaire (Pea)
						1 à 6	1 à 6
ENV-1	Émissions atmosphériques	Potentiel de production de poussière	Cet indicateur se rapporte au potentiel des résidus miniers à générer de la poussière. Les technologies pour lesquelles les résidus miniers sont saturés sont moins susceptibles de générer de la poussière que celles qui entreposent les résidus miniers à l'état sec. En outre, les installations bénéficiant d'une protection topographique naturelle environnante sont moins susceptibles de générer de la poussière.	s/o	La cote est attribuée en fonction de l'état de saturation des résidus miniers et de la protection topographique naturelle. 1 = Résidus miniers principalement non saturés avec une protection topographique naturelle nulle ou faible. 2 = Résidus miniers principalement non saturés avec une protection topographique naturelle moyenne. 3 = Résidus miniers principalement non saturés avec une protection topographique naturelle importante. 4 = Résidus miniers principalement saturés avec une protection topographique naturelle nulle ou moindre. 5 = Résidus miniers principalement saturés avec une protection topographique naturelle moyenne ou importante. 6 = Résidus miniers entièrement saturés.	5	3
ENV-2		Émissions de gaz à effet de serre pendant le transport et la déposition des résidus miniers	Cet indicateur se rapporte aux émissions de gaz à effet de serre générées par le transport et la déposition des résidus miniers. Les technologies qui nécessitent le transport des résidus miniers par camion sont moins favorables, car elles impliquent des émissions de gaz à effet de serre plus élevées que les technologies qui nécessitent le transport par un système de distribution des résidus miniers.	km	La cote est attribuée en fonction de la technologie et de la distance de transport par camion (émissions plus élevées) et par système de distribution des résidus miniers (émissions plus faibles). 0 = Transport par camion sur une longue distance. 1 = Transport par camion sur une distance moyenne. 2 = Transport par camion sur une courte distance. 4 = Transport par le système de distribution des résidus miniers sur une longue distance. 5 = Transport par le système de distribution des résidus miniers sur une distance moyenne. 6 = Transport par le système de distribution des résidus miniers sur une courte distance.	2	
ENV-3	Exfiltrations	Potentiel d'exfiltration des contaminants	Cet indicateur se rapporte au potentiel d'exfiltration des contaminants. Les technologies qui nécessitent une plus grande quantité d'eau dans leur méthode de déposition et une plus grande surface auront un potentiel plus élevé d'exfiltration des contaminants.	%	La cote est attribuée en fonction du pourcentage de masse liquide (1– masse solide en %) multiplié par la superficie du site. 0 = Plus de 0,50 3 = Entre 0,26 et 0,50 % 6 = Moins de 0,25	4	6
ENV-4		Nature du dépôt de surface	Cet indicateur se rapporte à la nature des dépôts de surface présents dans la superficie au sol du site. Un site où l'on trouve des dépôts de surface peu perméables est préférable à un site où l'on trouve des dépôts de surface hautement perméables.	s/o	La cote est attribuée en fonction de la nature des dépôts de surface. 0 = Dépôts de surface à haute perméabilité 3 = Dépôts de surface à perméabilité moyenne 6 = Dépôts de surface à faible perméabilité	3	
ENV-5	Défaillance de la structure de stockage des résidus miniers	Présence d'éléments sensibles en aval du site	Présence d'éléments sensibles à moins d'un kilomètre en aval du site de stockage des résidus miniers.	s/o	La cote est attribuée en fonction de la présence d'éléments sensibles (plan d'eau majeur, habitat faunique, zone protégée, etc.) à moins d'un kilomètre en aval du site. 0 = Au moins un élément sensible 6 = Pas d'élément sensible	1	4
ENV-6	Bassin versant	Impact potentiel sur le bassin versant	Cet indicateur se rapporte au potentiel de perte des bassins versants. Calculé par la somme de la superficie occupée par l'infrastructure proposée et de la superficie du bassin versant qui draine le site. Un site affectant une superficie de bassin versant plus petite est préférable à un site affectant une superficie de bassin versant plus grande.	m^2	La cote est basée sur la somme de la superficie du site et de la superficie du bassin versant qui draine le site. 0 = Plus de 1,51 m^2 3 = Entre 0,76 et 1,50 m^2 6 = Moins de 0,75 m^2	2	2
ENV-7		Nombre de bassins versants touchés	Cet indicateur se rapporte au nombre de bassins hydrographiques qui connaîtront une perte de bassin versant en raison du site. Un site affectant un petit nombre de bassins versants est préférable à un site affectant un grand nombre de bassins versants.	nb	La cote est basée sur le nombre de bassins versants dans lesquels les installations s'étendent. 0 = 3 bassins versants 3 = 2 bassins versants 6 = 1 bassin versant	3	
ENV-8	Environnement aquatique	Distance d'un lac ou d'un cours d'eau et d'un habitat du poisson	Cet indicateur se rapporte au potentiel de détérioration de la qualité de l'eau en cas de défaillance, de déversement accidentel ou simplement en raison de la présence de l'infrastructure. Un site situé à une plus grande distance d'un lac ou d'un cours d'eau est préférable à un site situé à proximité d'un lac ou d'un cours d'eau.	m	La cote est attribuée en fonction de la distance entre les lacs et cours d'eau environnants et le site. 0 = Moins de 25 m 3 = Entre 25 m et 50 m 6 = Plus de 50 m	6	6
ENV-9		Traversées de cours d'eau	Cet indicateur se rapporte à la possibilité d'altérer la qualité de l'eau pendant la construction et l'exploitation. Un site ne nécessitant pas de traversée de cours d'eau est préférable à un site nécessitant une traversée de cours d'eau. Lorsque des traversées de cours d'eau sont nécessaires, un site comportant moins de traversées est préférable à un site comportant un plus grand nombre de traversées.	nb	La cote est attribuée en fonction du nombre de cours d'eau à traverser. 0 = Un cours d'eau et plus à traverser 6 = Pas de cours d'eau à traverser	4	
ENV-10	Végétation et zones humides	Présence d'une zone humide dans la superficie au sol du site	Cet indicateur est évalué en fonction de la superficie de la zone humide qui sera touchée par le site. Un site qui ne comporte pas de zone humide dans sa superficie au sol est préférable à un site qui se trouve dans une zone humide. Si des zones humides sont présentes dans la superficie au sol du site, un site ayant un impact sur une petite zone humide est préférable à un site ayant un impact sur une plus grande zone humide.	ha	La cote est attribuée en fonction de la superficie de la zone humide touchée. 0 = Plus de 100 hectares 3 = Entre 51 et 100 hectares 6 = Moins de 50 ha	4	4
ENV-11		Superficie à déboiser	Cet indicateur se rapporte à la déforestation nécessaire dans la superficie au sol de l'infrastructure. Un site qui nécessite une petite superficie à défricher est préférable à un site qui nécessite une grande superficie à défricher.	ha	La cote est attribuée en fonction de la superficie déboisée. 0 = Plus de 50 hectares 3 = Entre 26 et 50 hectares 6 = Moins de 25 hectares	2	
ENV-12	Faune et flore	Potentiel d'impact sur les oiseaux	Cet indicateur se rapporte à la possibilité d'affecter les populations d'oiseaux (y compris le gibier à plumes et les oiseaux de rivage) qui peuvent être en contact avec l'eau provenant du système de gestion des résidus miniers. Un site pour lequel il n'y a pas de bassin d'eau est préférable à un site pour lequel il y a un bassin d'eau. Un site avec un petit bassin d'eau est préférable à un site avec un grand bassin d'eau.	km^2	La cote est attribuée en fonction de la taille du bassin d'eau créé par la présence de l'installation. 0 = Bassin d'eau d'une superficie supérieure à 1,0 km^2 3 = Bassin d'eau d'une superficie inférieure à 1,0 km^2 6 = Pas de bassin d'eau	3	5
ENV-13		Présence d'espèces sauvages à statut particulier autour du site	Cet indicateur se rapporte à la présence d'espèces sauvages à statut particulier dans un rayon de 2 km autour de chaque site. Un site où il n'y a pas d'espèces sauvages à statut particulier dans un rayon de 2 km est préférable à un site où une telle espèce est présente dans ce rayon.	s/o	La cote est attribuée en fonction de la présence d'une espèce sauvage à statut particulier dans un rayon de 2 km. 0 = Présence 6 = Absence	6	
ENV-14		Potentiel d'impact sur les petits mammifères	Cet indicateur se rapporte à la possibilité d'affecter les déplacements de la petite faune par la présence d'une infrastructure linéaire (route, système de distribution des résidus miniers, convoyeur) sur le territoire. Un site qui nécessite la construction d'une infrastructure linéaire plus courte est préférable à un site qui nécessite la construction d'une infrastructure linéaire plus longue.	km	La cote est attribuée en fonction de la longueur de l'infrastructure linéaire à construire. 0 = Plus de 5 km 3 = Entre 2 et 5 km 6 = Moins de 2 km	3	
ENV-15	Restauration progressive	Possibilité de restauration du site pendant l'exploitation	Cet indicateur se rapporte à la possibilité d'une restauration progressive pendant les opérations de stockage des résidus miniers afin de minimiser les rejets d'eau et de poussière dans l'environnement. La solution de rechange des résidus miniers filtrés est plus adaptée à la restauration progressive que les solutions de rechange des résidus miniers épaissis et en pâte.	s/o	La cote est attribuée en fonction de la possibilité d'effectuer une restauration progressive pendant l'exploitation. 0 = Restauration progressive impossible 6 = Restauration progressive possible	1	2
ENV-16	Infrastructures existantes	Possibilité d'utiliser les infrastructures existantes sur le territoire (route)	Cet indicateur se rapporte à la possibilité d'utiliser les infrastructures existantes sur le territoire (route). Un site pour lequel il est possible d'utiliser les infrastructures existantes est préférable à un site pour lequel aucune infrastructure existante ne peut être utilisée.	km	La cote est attribuée en fonction de la longueur de la route à construire. 0 = Plus de 1 km 6 = Moins de 1 km	1	1

Tableau C-2 : Critères d'évaluation socioéconomique et indicateurs

Critère d'évaluation (comptes auxiliaires)		Indicateur	Description de l'indicateur	Unité	Échelle	Pondération de l'indicateur	Pondération du compte auxiliaire
						1 à 6	1 à 6
SOC-1	Droits miniers	Claims	Cet indicateur se rapporte aux claims détenus par Osisko dans la superficie au sol du site. Un site situé sur de tels claims est préférable à un site situé à l'extérieur de tels claims.	%	La cote est attribuée en fonction du pourcentage de la zone de superficie au sol située sur des claims appartenant à Osisko. 0 = 0 % de la surface 2 = Moins de 50 % de la surface 4 = Plus de 50 % de la surface 6 = 100 % de la surface	1	3
SOC-2	Utilisation des terres	Utilisation traditionnelle des terres et des ressources – Premières Nations	Cet indicateur se rapporte à l'utilisation traditionnelle des terres et des ressources par les Premières Nations. Un site situé dans une superficie qui n'est pas utilisée à des fins traditionnelles par les Premières Nations est préférable à un site situé dans une superficie utilisée par les Premières Nations.	s/o	La cote est attribuée en fonction de l'utilisation traditionnelle des terres et des ressources par les Premières Nations. 0 = Utilisation traditionnelle des terres et des ressources 6 = Pas d'utilisation traditionnelle des terres et des ressources	6	6
SOC-3		Acceptabilité sociale	Cet indicateur se rapporte à la localisation du site sur le territoire. Un site pour lequel aucune contrainte majeure n'a été soulevée par les utilisateurs des terres est préférable à un site pour lequel des contraintes majeures ont été soulevées.	s/o	La cote est attribuée en fonction de l'emplacement du site. 0 = Site présentant des contraintes majeures 6 = Site sans contraintes majeures	6	
SOC-4	Modification de la topographie	Hauteur de la structure par rapport à la topographie environnante (intégration visuelle dans l'environnement naturel)	Cet indicateur mesure l'impact visuel du site pour les observateurs depuis les routes principales, les campements, les zones riveraines et les points les plus élevés du secteur, par exemple : -Route R1053-Campement des maîtres de piégeage-Zones riveraines (lacs et rivières)	s/o	La note est attribuée en fonction de la visibilité du site. 0 = Site totalement visible 3 = Site partiellement visible 6 = Site non visible	4	5
SOC-5		Impact visuel de l'infrastructure linéaire sur le paysage	Cet indicateur se rapporte à l'impact visuel de l'ajout d'une infrastructure linéaire (convoyeur, route, système de distribution des résidus miniers) sur le territoire. Un site qui ne nécessite pas l'ajout d'une infrastructure linéaire ou une infrastructure linéaire courte en termes de longueur est préférable à un site qui nécessite le développement d'une longue infrastructure linéaire.	km	La cote est attribuée en fonction de la longueur de l'infrastructure linéaire à construire. 0 = Infrastructure linéaire de plus de 5 km 3 = Infrastructure linéaire entre 2 et 5 km 6 = Infrastructure linéaire de moins de 2 km	1	
SOC-6	Restauration progressive	Possibilité de restauration du site pendant l'exploitation	Cet indicateur se rapporte à la possibilité d'une restauration progressive du site pendant les opérations de stockage des résidus miniers afin de minimiser les rejets d'eau et de poussières dans l'environnement. La solution de rechange de résidus miniers filtrés est plus adaptée à la valorisation que les solutions de rechange de résidus miniers épaissis et en pâte.	s/o	La cote est attribuée en fonction du potentiel de restauration progressive. 0 = Restauration progressive impossible 6 = Restauration progressive possible	1	3
SOC-7	Santé et sécurité	Risques d'accident/collision	Cet indicateur se rapporte au potentiel d'accident/collision entre les camions utilisés pour le transport des résidus miniers entre l'usine de traitement du minerai et le site et les autres usagers de la route. Un site qui ne nécessite pas l'utilisation d'une route ou qui évite toute traversée de route pour le transport des résidus miniers est préférable à un site nécessitant l'utilisation d'une route.	s/o	La cote est attribué en fonction de l'utilisation ou de la traversée d'une route pour le transport des résidus miniers. 0 = Transport par camion sur une distance de 2,5 km 3 = Transport par camion sur une distance inférieure à 2,5 km 6 = Pas de transport par camion	6	6
SOC-8		Défaillance de l'installation de gestion des résidus miniers	Cet indicateur se rapporte à la présence d'éléments sensibles à moins d'un kilomètre en aval de l'installation de gestion des résidus miniers. Plus le temps de réponse est élevé en cas de défaillance, moins le site est favorable.	s/o	La note est attribuée en fonction de la présence d'éléments sensibles à moins d'un kilomètre en aval du site. 0 = Au moins un élément sensible est touché et le temps de réponse est élevé 3 = Au moins un élément sensible est touché et le temps de réponse est faible 6 = Pas d'impact significatif sur l'élément sensible en cas de défaillance	5	

Tableau C-3 : Critères d'évaluation technique et indicateurs

Critère d'évaluation (comptes auxiliaires)		Indicateur	Description de l'indicateur	Unité	Échelle	Pondération de l'indicateur	Pondération du compte auxiliaire
						1 à 6	1 à 6
TECH-1	Risque de défaillance	Interruption du dépôt	Cet indicateur se rapporte à la possibilité que la déposition de résidus miniers sur le site soit interrompu et à ses conséquences. Un site situé plus loin de l'usine de traitement du minerai présente un risque plus élevé de perturbation des dépôts. Ainsi, un site situé à proximité de l'usine de traitement du minerai est préférable à un site plus éloigné.	km	La cote est attribuée en fonction de la technologie et de la distance entre le site et l'usine. 0 = Transport par le système de distribution des résidus miniers sur une longue distance 1 = Transport par le système de distribution des résidus miniers sur une distance moyenne 2 = Transport par le système de distribution des résidus miniers sur une courte distance 4 = Transport par camion sur une longue distance 5 = Transport par camion sur une distance moyenne 6 = Transport par camion sur une courte distance	4	6
TECH-2		Défaillance de l'installation de gestion des résidus miniers	Cet indicateur se rapporte aux risques associés à la technologie de dépôt et à la hauteur de l'installation de gestion des résidus miniers. Les résidus miniers filtrés présentent un niveau de risque moins élevé que les résidus miniers épaissis/en pâte en raison de leur plus grande stabilité. Un site doté d'une structure de confinement élevée est plus à risque qu'un site ne nécessitant pas de structure de confinement ou une structure de confinement moins élevée.	m	La cote est attribuée en fonction de la technologie et de la hauteur maximale (H) de l'installation de gestion des résidus miniers. 0 = Résidus miniers épaissis/en pâte, H supérieure à 20 m 1 = Résidus miniers épaissis/en pâte, H de 15 à 20 m 2 = Résidus miniers épaissis/en pâte, H inférieure à 15 m 4 = Résidus miniers filtrés, H de 15 à 20 m 5 = Résidus miniers filtrés, H de 10 à 15 m 6 = Résidus miniers filtrés, H inférieure à 10 m	6	
TECH-3		Risque de défaillance du système de distribution des résidus miniers ou du convoyeur	Cet indicateur se rapporte aux risques associés au système de distribution des résidus miniers ou au convoyeur utilisé pour le transport des résidus miniers. Plus la distance entre le site et l'usine est grande, plus le risque de défaillance est élevé. Un site situé à proximité de l'usine est préférable à un site éloigné.	km	La cote est attribuée en fonction de la distance entre le site et l'usine. 0 = Plus de 5 km 3 = Entre 2 et 5 km 6 = Moins de 2 km	3	
TECH-4	Évolutivité	Potentiel d'expansion	Cet indicateur se rapporte au potentiel d'expansion future du site pour stocker une plus grande quantité de résidus miniers. Un site avec un potentiel d'expansion est préférable à un site dont la capacité de stockage ne peut être augmentée. Un site permettant de stocker un volume supplémentaire plus important avec une élévation de 2 m des structures est préférable à un site permettant un faible volume de stockage supplémentaire dans les mêmes conditions.	%	La note est attribuée en fonction du volume supplémentaire (en pourcentage) qui peut être stocké en élevant les structures de 2 m. 0 = Possibilité d'augmenter la capacité de stockage de moins de 20 % 3 = Possibilité d'augmenter la capacité de stockage entre 20 et 40 % 6 = Possibilité d'augmenter la capacité de stockage de plus de 40 %	1	4
TECH-5	Efficacité	Efficacité du stockage	Cet indicateur se rapporte à l'efficacité de stockage du site. Les sites dont la configuration permet de stocker le volume nécessaire à la construction d'un petit volume de digues sont privilégiés.	s/o	La cote est attribuée en fonction du rapport entre le volume de digues à construire et le volume de résidus miniers à stocker. 0 = Plus de 0,30 3 = Moins de 0,30 6 = 0 (pas de digue)	2	4
TECH-6		Conditions géotechniques	Cet indicateur se rapporte à la probabilité de trouver des dépôts non consolidés de nature et d'épaisseur géotechniques défavorables. Un site avec des sols fins d'une épaisseur importante représente un plus grand défi de construction qu'un site avec des sols grossiers d'une faible épaisseur.	s/o	La cote est attribuée en fonction des conditions géotechniques qui caractérisent le site. 0 = Conditions géotechniques moins favorables 3 = Conditions géotechniques moyennement favorables 6 = Conditions géotechniques plus favorables	5	
TECH-7	Gestion de l'eau	Installation du tuyau de recirculation de l'eau	Cet indicateur se rapporte à la longueur du tuyau à construire entre l'usine de traitement du minerai et le site. Les technologies qui ne nécessitent pas de tuyau de recirculation de l'eau, c'est-à-dire les résidus miniers filtrés, sont préférables aux technologies pour lesquelles un tel tuyau est nécessaire, c'est-à-dire les résidus miniers épaissis/en pâte. Dans le cas des résidus miniers épaissis/en pâte, les sites nécessitant moins de tuyaux pour le transport de l'eau sont préférables aux sites nécessitant des tuyaux plus longs.	km	La cote est attribuée en fonction de la technologie et de la longueur du tuyau à construire. 0 = Résidus miniers épaissis/en pâte et long tuyau (plus de 5 km) 3 = Résidus miniers épaissis/en pâte et court tuyau (moins de 5 km) 6 = Pas de tuyau (résidus miniers filtrés)	4	4
TECH-8		Longueur du réseau de fossés	Cet indicateur se rapporte à la longueur du réseau de fossés qui sera construit. Plus la longueur du réseau de fossés à construire est importante, plus les travaux associés sont considérés comme complexes.	m	La cote est attribuée en fonction de la longueur du réseau de fossés à construire. 0 = Une longueur importante de fossés sera nécessaire 3 = Une longueur moyenne de fossés sera nécessaire 6 = Une longueur limitée de fossés sera nécessaire	2	
TECH-9		Volume d'eau à gérer	Cet indicateur se rapporte au pourcentage solide de résidus miniers et aux quantités d'eau à gérer dans l'infrastructure en fonction de la superficie de l'installation de gestion des résidus miniers. Les sites nécessitant moins d'efforts en termes de gestion de l'eau sont privilégiés.	%	La cote est attribuée en fonction de la concentration solide (% masse) des résidus miniers et des quantités d'eau à gérer dans l'infrastructure en fonction de la superficie de l'installation de gestion des résidus miniers. 0 = Résidus en pulpe (entre 30 et 50 % de solides) 2 = Résidus miniers épaissis (entre 60 et 65 % de solides) 4 = Résidus miniers en pâte (entre 70 et 80 % de solides) 6 = Résidus miniers filtrés (plus de 80 % de solides)	6	4
TECH-10		Nombre minimum de bassins de collecte ou de points de pompage	Cet indicateur se rapporte au nombre de bassins de collecte ou de points de pompage qui devront être développés afin de collecter les eaux de ruissellement (fossés autour des infrastructures). Les solutions de rechange nécessitant moins d'infrastructures pour la collecte des eaux de ruissellement sont privilégiées.	nb	La cote est attribuée en fonction du nombre de bassins de collecte/points de pompage. 0 = Plus de 2 bassins de collecte/points de pompage 6 = 2 bassins de collecte/points de pompage ou moins	5	
TECH-11		Gestion de la neige	Cet indicateur se rapporte à la complexité de la gestion de la neige dans l'installation de gestion des résidus miniers. Le dépôt de résidus miniers filtrés en hiver est plus complexe que pour les résidus miniers épaissis/en pâte, car il nécessite une gestion de la neige. Un site ne nécessitant pas de gestion complexe de la neige est préférable à un site nécessitant une gestion complexe de la neige.	s/o	La cote est attribuée en fonction de la complexité de la gestion de la neige. 0 = Gestion complexe de la neige 6 = Pas de gestion complexe de la neige	3	
TECH-12	Dimensionnement du réseau de transport du site	Difficultés de transport des résidus miniers	La difficulté du transport des résidus miniers dépend de la différence d'élévation entre l'usine et l'installation de gestion des résidus miniers et de la distance totale à parcourir. Un site situé à proximité et à une faible élévation est préférable à un site éloigné et à une élévation plus élevée.	s/o	La cote est attribuée en fonction de la distance (D) et de la différence d'élévation (ΔH) entre l'usine et le site. 0 = D élevée et site plus élevé que l'usine 1 = D élevée et site plus bas que l'usine 2 = D moyenne et site plus élevé que l'usine 4 = D moyenne et site plus bas que l'usine 5 = D courte et site plus haut que l'usine 6 = D courte et site plus bas que l'usine	1	4
TECH-13	Flexibilité de la technologie	Flexibilité de la technologie d'entreposage des résidus miniers	Les caractéristiques des résidus miniers peuvent changer pendant la durée de vie du projet. Ces changements peuvent avoir un impact significatif sur la capacité de gestion des résidus miniers. Les technologies de dépôt les moins sensibles aux risques associés à ces changements sont privilégiées.	s/o	La cote est attribuée en fonction de la capacité du système à s'adapter à la variabilité des propriétés des résidus miniers. 0 = Peu flexible à la variabilité 6 = Flexible à la variabilité	1	6

Tableau C-4 : Critères d'évaluation économique et indicateurs

Critère d'évaluation (comptes auxiliaires)		Indicateur	Description de l'indicateur	Unité	Échelle	Pondération de l' indicateur	Pondération du compte auxiliaire
						1 à 6	1 à 6
ECO-1	Coûts d'investissement	Construction d'un système de transport des résidus miniers et de recirculation de l'eau et d'une route d'accès Installation d'un système de filtration des résidus miniers Construction de l'installation de gestion des résidus miniers	Cet indicateur mesure le coût associé à la construction d'un système de transport des résidus miniers (tuyau pour les résidus miniers épaissis/en pâte ou camion ou convoyeur pour les résidus miniers filtrés), d'un système de recirculation de l'eau (système de distribution des résidus miniers pour les résidus miniers épaissis/en pâte), l'installation d'un système de filtration des résidus miniers et la construction de l'installation de gestion des résidus miniers. Un site avec de faibles coûts d'investissement est préférable à un site avec des coûts d'investissement élevés. La technologie des résidus miniers épaissis/en pâte a généralement des coûts d'investissement et de transport du système inférieurs à ceux de la technologie des résidus miniers filtrés, mais des coûts de construction de l'installation de gestion des résidus miniers plus élevés. Coûts fournis par Windfall.	M$ CAN	La cote est attribuée en fonction des coûts d'investissement (M$ CAN). 0 = plus de 80 1 = 75 à 802 = 70 à 75 3 = 60 à 70 4 = 55 à 60 5 = 51 à 55 6 = moins de 50	1	6
ECO-2	Coûts d'exploitation	Transport, dépôt et gestion des résidus miniers	Cet indicateur se rapporte aux coûts d'exploitation du système de transport (à l'exception du coût du système de traitement de l'eau). Les sites dont les coûts d'exploitation annuels pour le transport et la déposition des résidus miniers sont faibles sont privilégiés. La technologie des résidus miniers épaissis/en pâte a généralement des coûts d'exploitation plus faibles que la technologie des résidus miniers filtrés.	M$ CAN/an	La cote est attribuée en fonction du coût d'exploitation du système de transport, du dépôt et de la gestion des résidus miniers (M$ CAN/an). 0 = plus de 7,5 1 = 6,5 à 7,5 2 = 5,5 à 6,5 3 = 4,5 à 5,5 4 = 3,5 à 4,5 5 = 2,5 à 3,5 6 = moins de 2,5	1	4
ECO-3	Coûts de restauration	Construction d'un recouvrement sur l'infrastructure	Cet indicateur se rapporte à la superficie couverte lors de la restauration. Les sites de plus petite superficie sont moins coûteux. Ces sites sont privilégiés. Coûts fournis par Windfall.	M$ CAN	La cote est attribuée en fonction des coûts de restauration (M$ CAN). 0 = plus de 30 1 = 27 à 30 2 = 24 à 27 3 = 21 à 24 4 = 18 à 21 5 = 15 à 18 6 = moins de 15	1	2
ECO-4	Infrastructure existante	Possibilité d'utiliser les infrastructures existantes sur le territoire (route)	Cet indicateur se rapporte à la possibilité d'utiliser les infrastructures existantes sur le territoire (route). Un site pour lequel il est possible d'utiliser les infrastructures existantes est préférable à un site pour lequel aucune infrastructure existante ne peut être utilisée.	km	La cote est attribuée en fonction de la longueur de la route à construire. 0 = Plus de 1 km 6 = Moins de 1 km	1	3
ECO-5	Risque financier	Conséquences d'une restauration (rupture de digue, contamination par la poussière)	Cet indicateur se rapporte aux conséquences potentielles de la restauration d'un site (rupture de digue, contamination par la poussière). Selon les éléments situés en aval du site, le niveau des conséquences sera plus ou moins important. Direction des vents dominants fournie par Windfall (du nord-ouest et du sud-ouest).	s/o	La note est attribuée en fonction du niveau des conséquences. 0 = Extrême 2 = Très élevé 3 = Élevé 5 = Important 6 = Faible	4	6
ECO-6		Impact sur la VAN	Cet indicateur se rapporte à l'influence de la solution de rechange sur la VAN globale du projet.	M$ CAN	La cote est attribuée en fonction des coûts d'investissement (M$ CAN). 0 = Moins de 1 075 M$ 3 = 1075 à 1 170 M$ 6 = Plus de 1 170 M$	6	

ANNEXE

D

DÉTAILS DES RÉSULTATS

Tableau D-1 : Résultats de l'analyse quantitative – Indicateurs

Compte : Environnemental																			
Compte auxiliaire : Émissions atmosphériques																			
Indicateur	**Pondération de l'indicateur (P)**	**Solution de rechange 2F**		**Solution de rechange 2É/P**		**Solution de rechange 7F**		**Solution de rechange 8F**		**Solution de rechange 8É/P**		**Solution de rechange 10F**		**Solution de rechange 10É/P**		**Solution de rechange 11F**		**Solution de rechange 11É/P**	
		Valeur de l'indicateur (S)	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**
Potentiel de production de poussière	5	2	10	5	25	3	15	3	15	5	25	1	5	4	20	1	5	4	20
Émissions de gaz à effet de serre pendant le transport et le dépôt des résidus miniers	2	0	0	4	8	1	2	2	4	6	12	1	2	5	10	1	2	5	10
Pointage de mérite du compte auxiliaire (Σ{SxP})			10		33		17		19		37		7		30		7		30
Coefficient d'évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs = Σ{SxP}/ ΣP)			1,43		4,71		2,43		2,71		5,29		1,0		4,29		1,0		4,29
Compte auxiliaire : Exfiltrations																			
Indicateur	**Pondération de l'indicateur (P)**	**Solution de rechange 2F**		**Solution de rechange 2É/P**		**Solution de rechange 7F**		**Solution de rechange 8F**		**Solution de rechange 8É/P**		**Solution de rechange 10F**		**Solution de rechange 10É/P**		**Solution de rechange 11F**		**Solution de rechange 11É/P**	
		Valeur de l'indicateur (S)	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**
Potentiel d'exfiltration des contaminants	4	6	24	3	12	6	24	6	24	3	12	6	24	3	12	3	12	0	0
Nature du dépôt de surface	3	3	9	3	9	3	9	3	9	3	9	0	0	0	0	6	18	6	18
Pointage de mérite du compte auxiliaire (Σ{SxP})			33		21		33		33		21		24		12		30		18
Coefficient d'évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs = Σ{SxP}/ ΣP)			4,71		3,00		4,71		4,71		3,00		3,43		1,71		4,29		2,57

Compte auxiliaire : Défaillance de la structure de stockage des résidus miniers																			
Indicateur	**Pondération de l'indicateur (P)**	**Solution de rechange 2F**		**Solution de rechange 2É/P**		**Solution de rechange 7F**		**Solution de rechange 8F**		**Solution de rechange 8É/P**		**Solution de rechange 10F**		**Solution de rechange 10É/P**		**Solution de rechange 11F**		**Solution de rechange 11É/P**	
		Valeur de l'indicateur (S)	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**
Présence d'éléments sensibles en aval du site	1	6	6	6	6	6	6	0	0	0	0	6	6	6	6	0	0	0	0
Pointage de mérite du compte auxiliaire (Σ{SxP})			6		6		6		0		0		6		6		0		0
Coefficient d'évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs = Σ{SxP}/ ΣP)			6,00		6,00		6,00		0,00		0,00		6,00		6,00		0,00		0,00

Compte auxiliaire : Bassin versant																			
Indicateur	**Pondération de l'indicateur (P)**	**Solution de rechange 2F**		**Solution de rechange 2É/P**		**Solution de rechange 7F**		**Solution de rechange 8F**		**Solution de rechange 8É/P**		**Solution de rechange 10F**		**Solution de rechange 10É/P**		**Solution de rechange 11F**		**Solution de rechange 11É/P**	
		Valeur de l'indicateur (S)	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**
Impact potentiel sur le bassin versant	2	3	6	3	6	6	12	6	12	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0
Nombre de bassins versants touchés	3	3	9	3	9	6	18	3	9	3	9	3	9	3	9	3	9	3	9
Pointage de mérite du compte auxiliaire (Σ{SxP})			15		15		30		21		15		9		9		9		9
Coefficient d'évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs = Σ{SxP}/ ΣP)			3,00		3,00		6,00		4,20		3,00		1,80		1,80		1,80		1,80

Compte auxiliaire : Environnement aquatique																			
Indicateur	**Pondération de l'indicateur (P)**	**Solution de rechange 2F**		**Solution de rechange 2É/P**		**Solution de rechange 7F**		**Solution de rechange 8F**		**Solution de rechange 8É/P**		**Solution de rechange 10F**		**Solution de rechange 10É/P**		**Solution de rechange 11F**		**Solution de rechange 11É/P**	
		Valeur de l'indicateur (S)	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**
Distance d'un lac ou d'un cours d'eau et d'un habitat du poisson	6	3	18	3	18	0	0	6	36	6	36	3	18	3	18	0	0	0	0
Traversées de cours d'eau	4	0	0	0	0	0	0	6	24	6	24	6	24	6	24	6	24	6	24
Pointage de mérite du compte auxiliaire (Σ{SxP})			18		18		0		60		60		42		42		24		24
Coefficient d'évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs = Σ{SxP}/ ΣP)			1,80		1,80		0,00		6,00		6,00		4,20		4,20		2,40		2,40

Compte auxiliaire : Végétation et zones humides																			
Indicateur	**Pondération de l'indicateur (P)**	**Solution de rechange 2F**		**Solution de rechange 2É/P**		**Solution de rechange 7F**		**Solution de rechange 8F**		**Solution de rechange 8É/P**		**Solution de rechange 10F**		**Solution de rechange 10É/P**		**Solution de rechange 11F**		**Solution de rechange 11É/P**	
		Valeur de l'indicateur (S)	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**
Présence d'une zone humide dans la superficie au sol du site	4	6	24	3	12	6	24	3	12	6	24	3	12	3	12	0	0	0	0
Superficie à déboiser	2	3	6	0	0	6	12	3	6	0	0	6	12	3	6	6	12	6	12
Pointage de mérite du compte auxiliaire (Σ{SxP})			30		12		36		18		24		24		18		12		12
Coefficient d'évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs = Σ{SxP}/ ΣP)			5,00		2,00		6,00		3,00		4,00		4,00		3,00		2,00		2,00

Compte auxiliaire : Faune et flore																			
Indicateur	**Pondération de l'indicateur (P)**	**Solution de rechange 2F**		**Solution de rechange 2É/P**		**Solution de rechange 7F**		**Solution de rechange 8F**		**Solution de rechange 8É/P**		**Solution de rechange 10F**		**Solution de rechange 10É/P**		**Solution de rechange 11F**		**Solution de rechange 11É/P**	
		Valeur de l'indicateur (S)	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**
Potentiel d'impact sur les oiseaux	3	6	18	0	0	6	18	6	18	3	9	6	18	0	0	6	18	0	0
Présence d'espèces sauvages à statut particulier autour du site	6	6	36	6	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potentiel d'impact sur les petits mammifères	3	0	0	0	0	3	9	6	18	6	18	3	9	3	9	3	9	3	9
Pointage de mérite du compte auxiliaire (Σ{SxP})			54		36		27		36		27		27		9		27		9
Coefficient d'évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs = Σ{SxP}/ ΣP)			4,50		3,00		2,25		3,00		2,25		2,25		0,75		2,25		0,75

Compte auxiliaire : Restauration progressive																			
Indicateur	**Pondération de l'indicateur (P)**	**Solution de rechange 2F**		**Solution de rechange 2É/P**		**Solution de rechange 7F**		**Solution de rechange 8F**		**Solution de rechange 8É/P**		**Solution de rechange 10F**		**Solution de rechange 10É/P**		**Solution de rechange 11F**		**Solution de rechange 11É/P**	
		Valeur de l'indicateur (S)	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**
Possibilité de restauration du site pendant l'exploitation	1	6	6	0	0	6	6	6	6	0	0	6	6	0	0	6	6	0	0
Pointage de mérite du compte auxiliaire (Σ{SxP})			6		0		6		6		0		6		0		6		0
Coefficient d'évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs = Σ{SxP}/ ΣP)			6,00		0,00		6,00		6,00		0,00		6,00		0,00		6,00		0,00

Compte auxiliaire : Infrastructures existantes																			
Indicateur	**Pondération de l'indicateur (P)**	**Solution de rechange 2F**		**Solution de rechange 2É/P**		**Solution de rechange 7F**		**Solution de rechange 8F**		**Solution de rechange 8É/P**		**Solution de rechange 10F**		**Solution de rechange 10É/P**		**Solution de rechange 11F**		**Solution de rechange 11É/P**	
		Valeur de l'indicateur (S)	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**
Possibilité d'utiliser les infrastructures existantes sur le territoire (route)	1	0	0	0	0	6	6	6	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0
Pointage de mérite du compte auxiliaire (Σ{SxP})			0		0		6		6		6		0		0		0		0
Coefficient d'évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs = Σ{SxP}/ ΣP)			0,00		0,00		6,00		6,00		6,00		0,00		0,00		0,00		0,00
Compte : Socioéconomique																			
Compte auxiliaire : Droits miniers																			
Indicateur	**Pondération de l'indicateur (P)**	**Solution de rechange 2F**		**Solution de rechange 2É/P**		**Solution de rechange 7F**		**Solution de rechange 8F**		**Solution de rechange 8É/P**		**Solution de rechange 10F**		**Solution de rechange 10É/P**		**Solution de rechange 11F**		**Solution de rechange 11É/P**	
		Valeur de l'indicateur (S)	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**
Droits miniers	1	2	2	2	2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Pointage de mérite du compte auxiliaire (Σ{SxP})			2		2		6		6		6		6		6		6		6
Coefficient d'évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs = Σ{SxP}/ ΣP)			2,00		2,00		6,00		6,00		6,00		6,00		6,00		6,00		6,00

Compte auxiliaire : Utilisation des terres																			
Indicateur	**Pondération de l'indicateur (P)**	**Solution de rechange 2F**		**Solution de rechange 2É/P**		**Solution de rechange 7F**		**Solution de rechange 8F**		**Solution de rechange 8É/P**		**Solution de rechange 10F**		**Solution de rechange 10É/P**		**Solution de rechange 11F**		**Solution de rechange 11É/P**	
		Valeur de l'indicateur (S)	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**
Utilisation traditionnelle des terres et des ressources – Premières nations	6	6	36	6	36	6	36	0	0	0	0	6	36	6	36	6	36	6	36
Acceptabilité sociale	6	6	36	6	36	6	36	0	0	0	0	6	36	6	36	6	36	6	36
Pointage de mérite du compte auxiliaire (Σ{SxP})			72		72		72		0		0		72		72		72		72
Coefficient d'évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs = Σ{SxP}/ ΣP)			6,00		6,00		6,00		0,00		0,00		6,00		6,00		6,00		6,00

Compte auxiliaire : Modification de la topographie																			
Indicateur	**Pondération de l'indicateur (P)**	**Solution de rechange 2F**		**Solution de rechange 2É/P**		**Solution de rechange 7F**		**Solution de rechange 8F**		**Solution de rechange 8É/P**		**Solution de rechange 10F**		**Solution de rechange 10É/P**		**Solution de rechange 11F**		**Solution de rechange 11É/P**	
		Valeur de l'indicateur (S)	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**
Hauteur de la structure par rapport à la topographie environnante (intégration visuelle dans l'environnement naturel)	4	6	24	6	24	3	12	3	12	3	12	3	12	3	12	3	12	3	12
Impact visuel de l'infrastructure linéaire sur le paysage	1	0	0	0	0	3	3	6	6	6	6	3	3	3	3	3	3	3	3
Pointage de mérite du compte auxiliaire (Σ{SxP})			24		24		15		18		18		15		15		15		15
Coefficient d'évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs = Σ{SxP}/ ΣP)			4,80		4,80		3,00		3,60		3,60		3,00		3,00		3,00		3,00

Compte auxiliaire : Restauration progressive																			
Indicateur	**Pondération de l'indicateur (P)**	**Solution de rechange 2F**		**Solution de rechange 2É/P**		**Solution de rechange 7F**		**Solution de rechange 8F**		**Solution de rechange 8É/P**		**Solution de rechange 10F**		**Solution de rechange 10É/P**		**Solution de rechange 11F**		**Solution de rechange 11É/P**	
		Valeur de l'indicateur (S)	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**
Possibilité de restauration du site pendant l'exploitation	1	6	6	0	0	6	6	6	6	0	0	6	6	0	0	6	6	0	0
Pointage de mérite du compte auxiliaire (Σ{SxP})			6		0		6		6		0		6		0		6		0
Coefficient d'évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs = Σ{SxP}/ ΣP)			6,00		0,00		6,00		6,00		0,00		6,00		0,00		6,00		0,00

Compte auxiliaire : Santé et sécurité																			
Indicateur	**Pondération de l'indicateur (P)**	**Solution de rechange 2F**		**Solution de rechange 2É/P**		**Solution de rechange 7F**		**Solution de rechange 8F**		**Solution de rechange 8É/P**		**Solution de rechange 10F**		**Solution de rechange 10É/P**		**Solution de rechange 11F**		**Solution de rechange 11É/P**	
		Valeur de l'indicateur (S)	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**
Risques d'accidents/collisions	6	0	0	6	36	0	0	3	18	6	36	0	0	6	36	0	0	6	36
Défaillance de l'installation de gestion des résidus miniers	5	6	30	0	0	6	30	6	30	3	15	6	30	3	15	6	30	3	15
Pointage de mérite du compte auxiliaire (Σ{SxP})			30		36		30		48		51		30		51		30		51
Coefficient d'évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs = Σ{SxP}/ ΣP)			2,73		3,27		2,73		4,36		4,64		2,73		4,64		2,73		4,64

Compte : Technique

Compte auxiliaire : Risque de défaillance

Indicateur	Pondération de l'indicateur (P)	Solution de rechange 2F		Solution de rechange 2É/P		Solution de rechange 7F		Solution de rechange 8F		Solution de rechange 8É/P		Solution de rechange 10F		Solution de rechange 10É/P		Solution de rechange 11F		Solution de rechange 11É/P	
		Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)
Interruption de la déposition	4	4	16	0	0	5	20	6	24	2	8	5	20	1	4	5	20	1	4
Défaillance de l'installation de gestion des résidus miniers	6	4	24	0	0	5	30	5	30	0	0	5	30	1	6	6	36	2	12
Risque de défaillance du système de distribution des résidus miniers ou du convoyeur	3	0	0	0	0	3	9	6	18	6	18	3	9	3	9	3	9	3	9
Pointage de mérite du compte auxiliaire (Σ{SxP})			40		0		59		72		26		59		19		65		25
Coefficient d'évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs = Σ{SxP}/ ΣP)			3,08		0,00		4,54		5,54		2,00		4,54		1,46		5,00		1,92

Compte auxiliaire : Évolutivité

Indicateur	Pondération de l'indicateur (P)	Solution de rechange 2F		Solution de rechange 2É/P		Solution de rechange 7F		Solution de rechange 8F		Solution de rechange 8É/P		Solution de rechange 10F		Solution de rechange 10É/P		Solution de rechange 11F		Solution de rechange 11É/P	
		Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)
Potentiel d'expansion	1	3	3	3	3	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	6	6	6	6
Pointage de mérite du compte auxiliaire (Σ{SxP})			3		3		0		3		3		3		3		6		6
Coefficient d'évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs = Σ{SxP}/ ΣP)			3,00		3,00		0,00		3,00		3,00		3,00		3,00		6,00		6,00

Compte auxiliaire : Efficacité																			
Indicateur	**Pondération de l'indicateur (P)**	**Solution de rechange 2F**		**Solution de rechange 2É/P**		**Solution de rechange 7F**		**Solution de rechange 8F**		**Solution de rechange 8É/P**		**Solution de rechange 10F**		**Solution de rechange 10É/P**		**Solution de rechange 11F**		**Solution de rechange 11É/P**	
		Valeur de l'indicateur (S)	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**
Efficacité du stockage	2	6	12	0	0	6	12	6	12	0	0	6	12	0	0	6	12	3	6
Conditions géotechniques	5	6	30	6	30	6	30	6	30	6	30	0	0	0	0	0	0	0	0
Pointage de mérite du compte auxiliaire (Σ{SxP})			42		30		42		42		30		12		0		12		6
Coefficient d'évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs = Σ{SxP}/ ΣP)			6,00		4,29		6,00		6,00		4,29		1,71		0,00		1,71		0,86

Compte auxiliaire : Gestion de l'eau																			
Indicateur	**Pondération de l'indicateur (P)**	**Solution de rechange 2F**		**Solution de rechange 2É/P**		**Solution de rechange 7F**		**Solution de rechange 8F**		**Solution de rechange 8É/P**		**Solution de rechange 10F**		**Solution de rechange 10É/P**		**Solution de rechange 11F**		**Solution de rechange 11É/P**	
		Valeur de l'indicateur (S)	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**
Installation du tuyau de recirculation de l'eau	4	6	24	0	0	6	24	6	24	3	12	6	24	0	0	6	24	3	12
Longueur du réseau de fossés	2	6	12	6	12	0	0	0	0	6	12	6	12	6	12	3	6	3	6
Volume d'eau à gérer	6	6	36	2	12	6	36	6	36	2	12	6	36	2	12	6	36	2	12
Nombre minimum de bassins de collecte ou de points de pompage	5	0	0	0	0	6	30	6	30	6	30	0	0	0	0	0	0	0	0
Gestion de la neige	3	0	0	6	18	0	0	0	0	6	18	0	0	6	18	0	0	6	18
Pointage de mérite du compte auxiliaire (Σ{SxP})			72		42		90		90		84		72		42		66		48
Coefficient d'évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs = Σ{SxP}/ ΣP)			3,60		2,10		4,50		4,50		4,20		3,60		2,10		3,30		2,40

Compte auxiliaire : Dimensionnement du réseau de transport du site																	
Indicateur	**Pondération de l'indicateur (P)**	**Solution de rechange 2F**		**Solution de rechange 2É/P**		**Solution de rechange 7F**		**Solution de rechange 8F**		**Solution de rechange 8É/P**		**Solution de rechange 10F**		**Solution de rechange 10É/P**		**Solution de rechange 11F**		**Solution de rechange 11É/P**	
		Valeur de l'indicateur (S)	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**
Difficultés de transport des résidus miniers	1	0	0	0	0	2	2	5	5	5	5	2	2	2	2	2	2	2	2
Pointage de mérite du compte auxiliaire (Σ{SxP})			0		0		2		5		5		2		2		2		2
Coefficient d'évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs = Σ{SxP}/ ΣP)			0,00		0,00		2,00		5,00		5,00		2,00		2,00		2,00		2,00

Compte auxiliaire : Flexibilité de la technologie																	
Indicateur	**Pondération de l'indicateur (P)**	**Solution de rechange 2F**		**Solution de rechange 2É/P**		**Solution de rechange 7F**		**Solution de rechange 8F**		**Solution de rechange 8É/P**		**Solution de rechange 10F**		**Solution de rechange 10É/P**		**Solution de rechange 11F**		**Solution de rechange 11É/P**	
		Valeur de l'indicateur (S)	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**
Flexibilité de la technologie d'entreposage des résidus miniers	1	0	0	6	6	0	0	0	0	6	6	0	0	6	6	0	0	6	6
Pointage de mérite du compte auxiliaire (Σ{SxP})			0		6		0		0		6		0		6		0		6
Coefficient d'évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs = Σ{SxP}/ ΣP)			0,00		6,00		0,00		0,00		6,00		0,00		6,00		0,00		6,00

Compte : Économique

Compte auxiliaire : Coûts d'investissement

Indicateur	Pondération de l'indicateur (P)	Solution de rechange 2F		Solution de rechange 2É/P		Solution de rechange 7F		Solution de rechange 8F		Solution de rechange 8É/P		Solution de rechange 10F		Solution de rechange 10É/P		Solution de rechange 11F		Solution de rechange 11É/P	
		Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)
Construction d'un système de transport des résidus miniers et de recirculation de l'eau et d'une route d'accès/Installation d'un système de filtration des résidus miniers/Construction de l'installation de gestion des résidus miniers	1	4	4	0	0	6	6	5	5	1	1	4	4	1	1	3	3	1	1
Pointage de mérite du compte auxiliaire (Σ{SxP})			**4**		**0**		**6**		**5**		**1**		**4**		**1**		**3**		**1**
Coefficient d'évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs = Σ{SxP}/ ΣP)			**4,00**		**0,00**		**6,00**		**5,00**		**1,00**		**4,00**		**1,00**		**3,00**		**1,00**

Compte auxiliaire : Coûts d'exploitation

Indicateur	Pondération de l'indicateur (P)	Solution de rechange 2F		Solution de rechange 2É/P		Solution de rechange 7F		Solution de rechange 8F		Solution de rechange 8É/P		Solution de rechange 10F		Solution de rechange 10É/P		Solution de rechange 11F		Solution de rechange 11É/P	
		Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)
Transport, dépôt et gestion des résidus miniers	1	0	0	5	5	1	1	1	1	6	6	1	1	5	5	1	1	6	6
Pointage de mérite du compte auxiliaire (Σ{SxP})			0		5		1		1		6		1		5		1		6
Coefficient d'évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs = Σ{SxP}/ ΣP)			0,00		5,00		1,00		1,00		6,00		1,00		5,00		1,00		6,00

Indicateur	Pondération de l'indicateur (P)	Solution de rechange 2F		Solution de rechange 2É/P		Solution de rechange 7F		Solution de rechange 8F		Solution de rechange 8É/P		Solution de rechange 10F		Solution de rechange 10É/P		Solution de rechange 11F		Solution de rechange 11É/P	
		Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)
Construction d'un recouvrement sur l'infrastructure	1	4	4	1	1	6	6	4	4	4	4	3	3	2	2	0	0	0	0
Pointage de mérite du compte auxiliaire (Σ{SxP})			4		1		6		4		4		3		2		0		0
Coefficient d'évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs = Σ{SxP}/ ΣP)			4,00		1,00		6,00		4,00		4,00		3,00		2,00		0,00		0,00

Compte auxiliaire : Infrastructure existante

Indicateur	Pondération de l'indicateur (P)	Solution de rechange 2F		Solution de rechange 2É/P		Solution de rechange 7F		Solution de rechange 8F		Solution de rechange 8É/P		Solution de rechange 10F		Solution de rechange 10É/P		Solution de rechange 11F		Solution de rechange 11É/P	
		Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)	Valeur de l'indicateur (S)	Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)
Possibilité d'utiliser les infrastructures existantes sur le territoire (route)	1	0	0	0	0	6	6	6	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0
Pointage de mérite du compte auxiliaire (Σ{SxP})			0		0		6		6		6		0		0		0		0
Coefficient d'évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs = Σ{SxP}/ ΣP)			0,00		0,00		6,00		6,00		6,00		0,00		0,00		0,00		0,00

Compte auxiliaire : Risque financier																			
Indicateur	**Pondération de l'indicateur (P)**	**Solution de rechange 2F**		**Solution de rechange 2É/P**		**Solution de rechange 7F**		**Solution de rechange 8F**		**Solution de rechange 8É/P**		**Solution de rechange 10F**		**Solution de rechange 10É/P**		**Solution de rechange 11F**		**Solution de rechange 11É/P**	
		Valeur de l'indicateur (S)	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**	**Valeur de l'indicateur (S)**	**Pointage de mérite de l'indicateur (SxP)**
Conséquences d'une restauration (rupture de digue, contamination par la poussière)	4	6	24	6	24	5	20	3	12	3	12	5	20	5	20	3	12	3	12
Impact sur la VAN	6	0	0	3	18	3	18	3	18	6	36	3	18	6	36	3	18	6	36
Pointage de mérite du compte auxiliaire (Σ{SxP})			24		42		38		30		48		38		56		30		48
Coefficient d'évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs = Σ{SxP}/ ΣP)			2,40		4,20		3,80		3,00		4,80		3,80		5,60		3,00		4,80

Tableau D-2 : Résultats de l’analyse quantitative – Comptes auxiliaires (environnemental)

Compte : Environnemental																			
Compte auxiliaire	**Pondération (P)**	**Solution de rechange 2F**		**Solution de rechange 2É/P**		**Solution de rechange 7F**		**Solution de rechange 8F**		**Solution de rechange 8É/P**		**Solution de rechange 10F**		**Solution de rechange 10É/P**		**Solution de rechange 11F**		**Solution de rechange 11É/P**	
		Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**
Émissions atmosphériques	3	1,43	4,29	4,71	14,13	2,43	7,29	2,71	8,13	5,29	15,87	1,00	3,00	4,29	12,87	1,00	3,00	4,29	12,90
Exfiltrations	6	4,71	28,26	3,00	18,00	4,71	28,26	4,71	28,26	3,00	18,00	3,43	20,58	1,71	10,26	4,29	25,74	2,57	15,42
Défaillance de la structure de stockage des résidus miniers	4	6,00	24,00	6,00	24,00	6,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	24,00	6,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bassin versant	2	3,00	6,00	3,00	6,00	6,00	12,00	4,20	8,40	3,00	6,00	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60
Environnement aquatique	6	1,80	10,80	1,80	10,80	0,00	0,00	6,00	36,00	6,00	36,00	4,20	25,20	4,20	25,20	2,40	14,40	2,40	14,40
Végétation et zones humides	4	5,00	20,00	2,00	8,00	6,00	24,00	3,00	12,00	4,00	16,00	4,00	16,00	3,00	12,00	2,00	8,00	2,00	8,00
Faune et flore	5	4,50	22,50	3,00	15,00	2,25	11,25	3,00	15,00	2,25	11,25	2,25	11,25	0,75	3,75	2,25	11,25	0,75	3,75
Restauration progressive	2	6,00	12,00	0,00	0,00	6,00	12,00	6,00	12,00	0,00	0,00	6,00	12,00	0,00	0,00	6,00	12,00	0,00	0,00
Infrastructures existantes	1	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pointage de mérite du compte (Σ{RsxP})			119,85		95,98		124,80		125,79		109,12		107,63		83,68		77,99		58,07
Coefficient d’évaluation de mérite du compte (Ra = Σ{RsxP}/ ΣP)			3,63		2,91		3,78		3,81		3,31		3,26		2,54		2,36		1,76

Tableau D-3 : Résultats de l’analyse quantitative – Comptes auxiliaires (socioéconomique)

Compte : Socioéconomique																			
Compte auxiliaire	**Pondération (P)**	**Solution de rechange 2F**		**Solution de rechange 2É/P**		**Solution de rechange 7F**		**Solution de rechange 8F**		**Solution de rechange 8É/P**		**Solution de rechange 10F**		**Solution de rechange 10É/P**		**Solution de rechange 11F**		**Solution de rechange 11É/P**	
		Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**
Droits miniers	3	2,00	6,00	2,00	6,00	6,00	18,00	6,00	18,00	6,00	18,00	6,00	18,00	6,00	18,00	6,00	18,00	6,00	18,00
Utilisation des terres	6	6,00	36,00	6,00	36,00	6,00	36,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	36,00	6,00	36,00	6,00	36,00	6,00	36,00
Modification de la topographie	5	4,80	24,00	4,80	24,00	3,00	15,00	3,60	18,00	3,60	18,00	3,00	15,00	3,00	15,00	3,00	15,00	3,00	15,00
Restauration progressive	3	6,00	18,00	0,00	0,00	6,00	18,00	6,00	18,00	0,00	0,00	6,00	18,00	0,00	0,00	6,00	18,00	0,00	0,00
Santé et sécurité	6	2,73	16,38	3,27	19,62	2,73	16,38	4,36	26,16	4,64	27,84	2,73	16,38	4,64	27,84	2,73	16,38	4,64	27,84
Pointage de mérite du compte (Σ{RsxP})			100,38		85,62		103,38		80,16		63,84		103,38		96,84		103,38		96,84
Coefficient d’évaluation de mérite du compte (Ra = Σ{RsxP}/ ΣP)			4,36		3,72		4,49		3,49		2,77		4,49		4,21		4,49		4,21

Tableau D-4 : Résultats de l’analyse quantitative – Comptes auxiliaires (technique)

Compte : Technique																			
Compte auxiliaire	**Pondération (P)**	**Solution de rechange 2F**		**Solution de rechange 2É/P**		**Solution de rechange 7F**		**Solution de rechange 8F**		**Solution de rechange 8É/P**		**Solution de rechange 10F**		**Solution de rechange 10É/P**		**Solution de rechange 11F**		**Solution de rechange 11É/P**	
		Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**
Risque de défaillance	6	3,08	18,48	0,00	0,00	4,54	27,24	5,54	33,24	2,00	12,00	4,54	27,24	1,46	8,76	5,00	30,00	1,92	11,52
Évolutivité	4	3,00	12,00	3,00	12,00	0,00	0,00	3,00	12,00	3,00	12,00	3,00	12,00	3,00	12,00	6,00	24,00	6,00	24,00
Efficacité	4	6,00	24,00	4,29	17,16	6,00	24,00	6,00	24,00	4,29	17,16	1,71	6,84	0,00	0,00	1,71	6,84	0,86	3,44
Gestion de l’eau	4	3,60	14,40	22,10	8,40	4,50	18,00	4,50	18,00	4,20	16,80	3,60	14,40	2,10	8,40	3,30	13,20	2,40	9,60
Dimensionnement du réseau de transport du site	4	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	8,00	5,00	20,00	5,00	20,00	2,00	8,00	2,00	8,00	2,00	8,00	2,00	8,00
Flexibilité de la technologie	6	0,00	0,00	6,00	36,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	36,00	0,00	0,00	6,00	36,00	0,00	0,00	6,00	36,00
Pointage de mérite du compte (Σ{RsxP})			68,88		73,56		77,24		107,24		113,96		68,48		73,16		82,04		92,56
Coefficient d’évaluation de mérite du compte (Ra = Σ{RsxP}/ ΣP)			2,46		2,63		2,76		3,83		4,07		2,45		2,61		2,93		3,31

Tableau D-5 : Résultats de l'analyse quantitative – Comptes auxiliaires (Économique)

Compte : Économique																			
Compte auxiliaire	**Pondération (P)**	**Solution de rechange 2F**		**Solution de rechange 2É/P**		**Solution de rechange 7F**		**Solution de rechange 8F**		**Solution de rechange 8É/P**		**Solution de rechange 10F**		**Solution de rechange 10É/P**		**Solution de rechange 11F**		**Solution de rechange 11É/P**	
		Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**	**Évaluation de mérite du compte auxiliaire (Rs)**	**Pointage de mérite du compte auxiliaire (RsxP)**
Coûts d'investissement	6	4,00	24,00	0,00	0,00	6,00	36,00	5,00	30,00	1,00	6,00	4,00	24,00	1,00	6,00	3,00	18,00	1,00	6,00
Coûts d'exploitation	4	0,00	0,00	5,00	20,00	1,00	4,00	1,00	4,00	6,00	24,00	1,00	4,00	5,00	20,00	1,00	4,00	6,00	24,00
Coûts de restauration	2	4,00	8,00	1,00	2,00	6,00	12,00	4,00	8,00	4,00	8,00	3,00	6,00	2,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Infrastructure existante	3	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	18,00	6,00	18,00	6,00	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Risque financier	6	2,40	14,40	4,20	25,20	3,80	22,80	3,00	18,00	4,80	28,80	3,80	22,80	5,60	33,60	3,00	18,00	4,80	28,80
Pointage de mérite du compte (Σ{RsxP})			46,40		47,20		92,80		78,00		84,80		56,80		63,60		40,00		58,80
Coefficient d'évaluation de mérite du compte (Ra = Σ{RsxP}/ ΣP)			2,21		2,25		4,42		3,71		4,04		2,70		3,03		1,90		2,80

Tableau D-6 : Résultats de l'analyse quantitative – Comptes

Compte	**Pondération (P)**	**Solution de rechange 2F**		**Solution de rechange 2É/P**		**Solution de rechange 7F**		**Solution de rechange 8F**		**Solution de rechange 8É/P**		**Solution de rechange 10F**		**Solution de rechange 10É/P**		**Solution de rechange 11F**		**Solution de rechange 11É/P**	
		Évaluation de mérite du compte (Ra)	**Pointage de mérite du compte (RaxP)**	**Évaluation de mérite du compte (Ra)**	**Pointage de mérite du compte (RaxP)**	**Évaluation de mérite du compte (Ra)**	**Pointage de mérite du compte (RaxP)**	**Évaluation de mérite du compte (Ra)**	**Pointage de mérite du compte (RaxP)**	**Évaluation de mérite du compte (Ra)**	**Pointage de mérite du compte (RaxP)**	**Évaluation de mérite du compte (Ra)**	**Pointage de mérite du compte (RaxP)**	**Évaluation de mérite du compte (Ra)**	**Pointage de mérite du compte (RaxP)**	**Évaluation de mérite du compte (Ra)**	**Pointage de mérite du compte (RaxP)**	**Évaluation de mérite du compte (Ra)**	**Pointage de mérite du compte (RaxP)**
Environnemental	6	3,87	23,22	2,91	17,46	3,78	22,68	3,93	23,58	3,31	19,86	3,50	21,00	2,78	16,68	2,36	14,16	1,76	10,56
Socioéconomique	3	4,36	13,08	3,72	11,16	4,49	13,47	3,49	10,47	2,77	8,31	4,49	13,47	4,21	12,63	4,49	13,47	4,21	12,63
Technique	3	2,46	7,38	2,63	7,89	2,76	8,28	3,83	11,49	4,07	12,21	2,45	7,35	2,61	7,83	2,93	8,79	3,31	9,93
Économique	1,5	2,21	3,32	2,25	3,38	4,42	6,63	3,71	5,57	4,04	6,06	2,70	4,05	3,03	4,55	1,90	2,85	2,80	4,20
Pointage de mérite de la solution de rechange (Σ{RaxP})			47,00		39,89		51,06		51,11		46,44		45,87		41,69		39,27		37,32
Coefficient d'évaluation de mérite de la solution de rechange (A = Σ{RaxP}/ΣP)			3,48		2,95		3,78		3,79		3,44		3,40		3,09		2,91		2,76

1-9

SAFETY DATA SHEETS

Identification

Description

Numéro UN (/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#Numéro UN) : UN1791

Principaux synonymes

Noms français :

HYPOCHLORITE DE SODIUM 12 POUR CENT (1.6N)
Hypochlorite de sodium 12%
Hypochlorite de sodium en solution aqueuse 12 %
Hypochlorite de sodium en solution aqueuse 12 % (1,6N)
SODIUM, HYPOCHLORITE DE, 12%
Solution aqueuse d'hypochlorite de sodium à 12%
Solution d'hypochlorite de sodium 12 %

Noms anglais :

12 % sodium hypochlorite aqueous solution
12% SODIUM HYPOCHLORITE
Sodium hypochlorite 12 % (aqueous solution)
SODIUM HYPOCHLORITE 12 PERCENT (1.6N)
Sodium hypochlorite 12%
SODIUM HYPOCHLORITE IN AQUEOUS SOLUTION 12 PER CENT (1.6N)

Composition

Nom de l'ingrédient	No CAS	Concentration
Sodium, hydroxyde de (fiche-complete.aspx?no_produit=1164)	1310-73-2	0.2-2 % P/P
Hypochlorite de sodium (fiche-complete.aspx?no_produit=11569)	7681-52-9	9-16 % P/P
Eau (fiche-complete.aspx?no_produit=12278)	7732-18-5	81-100 % P/P

Commentaires 1 2 3 4 5

Les solutions d'hypochlorite de sodium, communément appelées « eau de Javel », sont habituellement obtenues de la réaction du chlore gazeux et de l'hydroxyde de sodium. Le pH du produit final est maintenu à plus de 11 par un excès d'hydroxyde de sodium non réagi (entre 0,5 et 1,5 % en poids). La solution contient aussi entre 0,5 et 1,5 % de chlorure de sodium comme sous-produit de réaction. Le maintien du pH alcalin est essentiel à la stabilisation de la solution, car à pH acide le chlore retourne à son état gazeux et se dégage de la solution.

Les solutions à 12 % sont habituellement réservées pour les applications industrielles alors que les solutions à 4 et 6 % sont davantage utilisées en milieu domestique.

Consulter au besoin les produits suivants :

Solution aqueuse d'hypochlorite de sodium à 4 % (/Pages/fiche-complete.aspx?no_produit=100933&nom_produit=Hypochlorite+de+sodium+4+%25)

Solution aqueuse d'hypochlorite de sodium à 6 % (/Pages/fiche-complete.aspx?no_produit=100925&nom_produit=Hypochlorite+de+sodium+6%25)

Facteur de conversion

Afin de pouvoir comparer la force de différents oxydants et désinfectants à base de chlore, leur concentration est souvent exprimée en « chlore disponible ». En pratique, en laboratoire, le « chlore disponible » est déterminé par iodométrie, c'est-à-dire en le faisant réagir avec une solution d'iode. Une molécule d'hypochlorite de sodium oxyde la même quantité d'ion iodure qu'une molécule de chlore gazeux. La conversion de la concentration d'hypochlorite de sodium en « chlore disponible » est basée sur le rapport du poids moléculaire de l'hypochlorite de sodium à celui du chlore gazeux qui est de 1,05 (74,44/70,01).

Ainsi pour convertir la concentration en % (poids) d'hypochlorite de sodium en % (poids) de chlore disponible, on utilise la formule suivante :

% (poids) d'hypochlorite de sodium (NaOCl) ÷ 1,05 = % (poids) de chlore disponible (Cl_2)

De même, pour convertir la concentration en % (poids) d'hypochlorite de sodium en ppm ou mg/kg de chlore disponible, on aura :

% (poids) d'hypochlorite de sodium (NaOCl) × 10 000 ÷ 1,05 = chlore disponible en ppm ou mg/kg

Utilisation et sources d'émission 1 4 6 7 8 9

Les solutions aqueuses d'hypochlorite de sodium sont utilisées pour leurs propriétés oxydantes, blanchissantes et bactéricides. Les solutions à 12 % sont employées comme désinfectant notamment pour l'eau des piscines, pour les surfaces en établissements de santé et pour l'équipement dans la production laitière. Dans l'industrie agricole et alimentaire, on peut s'en servir tant pour l'assainissement et la désinfection de l'équipement en contact ou non avec les aliments, que pour le traitement de certains fruits et légumes. On l'utilise aussi pour l'assainissement de l'eau potable en remplacement du chlore gazeux qui présente plus de risque de manutention et d'entreposage. Bien que les agents de blanchiment à base de chlore soient de moins en moins utilisés dans les industries du papier et du textile, les hypochlorites peuvent être encore utilisés dans certaines phases de la préparation de la pulpe.

Les solutions à 12 % peuvent servir pour le blanchiment de la lessive en institution alors que dans le milieu domestique, on utilise des solutions ayant des teneurs de 4 ou 6 %.

Il est aussi possible de produire des solutions d'hypochlorite de sodium sur place par un procédé d'électrolyse de l'eau de mer ou d'une saumure préparée. Les solutions produites ont des teneurs voisines de 1 % et sont utilisées là où ce procédé peut devenir économique ou s'il est trop risqué de manipuler des solutions d'hypochlorite de sodium concentrées. Par exemple, ce procédé est utilisé dans les usines de dessalement d'eau de mer pour l'assainissement de l'équipement et de la tuyauterie.

Différents produits désinfectants ou d'entretien (détergents, nettoyants domestiques tout usage, désinfectants topiques, etc.) peuvent contenir de l'hypochlorite de sodium à des teneurs variables selon leurs utilisations.

Hygiène et sécurité

Apparence 7

Mise à jour : 2006-11-17

Les solutions aqueuses d'hypochlorite de sodium sont des liquides transparents, jaune-verdâtre, ayant une odeur de chlore.

Caractéristiques de l'exposition (/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#Caractéristiques de l'exposition) 3 10 11 12 13 14

Mise à jour : 2006-11-17

L'exposition aux solutions aqueuses d'hypochlorite de sodium en milieu de travail survient s'il y a contact avec le liquide ou s'il y a génération de brouillards puisque ces solutions sont des liquides peu volatils, ayant une tension de vapeur inférieure à celle de l'eau. Il faut tenir compte du fait que ces solutions sont fortement alcalines et contiennent aussi de l'hydroxyde de sodium. Certaines conditions non contrôlées ou accidentelles peuvent amener une exposition à des produits de décomposition ou de réactions dont principalement, le chlore et les chloramines.

Exposition aux brouillards

Une exposition sous forme de brouillards peut se produire lors d'opération telle que l'agitation mécanique ou la pulvérisation. L'ampleur de l'exposition aux brouillards sera principalement fonction de la grosseur des particules générées, du niveau de génération de celles-ci et du taux d'humidité.

Exposition au chlore gazeux

Dans les conditions normales d'utilisation, le chlore gazeux est constamment dégagé des solutions d'hypochlorite de sodium mais à de faibles concentrations ce qui explique l'odeur de chlore qui émane des solutions, l'odeur de chlore étant perçue à partir de 0,08 ppm. Cependant, dans certaines situations, les solutions d'hypochlorite de sodium peuvent dégager des concentrations importantes de chlore dans l'air, par exemple :

- lors du mélange, qu'il soit accidentel ou planifié, d'une solution d'hypochlorite de sodium avec un acide ou un produit acide
- si la solution est chauffée à plus de 35 °C ou si elle est diluée avec de l'eau chaude

en cas de fuite ou de déversement d'une quantité importante de solution dans un endroit mal ventilé.

Exposition aux chloramines

Les chloramines sont des produits de réaction de l'hypochlorite de sodium avec plusieurs composés azotés. Ces composés peuvent être générés et se trouver dans l'air particulièrement si le milieu de contact est mélangé ou agité, par exemple :

lors du mélange accidentel de l'hypochlorite de sodium avec un autre produit de nettoyage ou de désinfection à base d'ammoniac ou d'ammoniums quaternaires, d'autres sels d'ammonium ou des amines

lors du contact de l'hypochlorite de sodium avec les matières d'origines biologiques telles que l'urée, le sang, les salissures, l'eau de piscine en période d'achalandage élevé ou les eaux usées.

Exposition au liquide

Si l'hypochlorite de sodium en solution aqueuse entre en contact avec la peau, il pourrait y demeurer sans s'évaporer à cause de sa faible volatilité. Cependant, il ne sera pas absorbé car il agit de manière corrosive sur la peau. Lors du contact accidentel avec la peau ou les yeux, les solutions d'hypochlorite de sodium étant miscibles à l'eau, elles peuvent être éliminées et leur action corrosive peut être freinée en utilisant rapidement de l'eau en abondance.

Propriétés physiques 1 5

Mise à jour : 2006-11-17

État physique :	Liquide
Densité :	1,198 g/ml à 20 °C
Solubilité dans l'eau :	Miscible
Point de fusion :	-19,4 °C Autre(s) valeur(s) : -25,6 °C à 14 %
Point d'ébullition :	Sans objet Autre(s) valeur(s) : Décomposition graduelle à partir d'environ 35 °C
Tension de vapeur :	Voir commentaires
Coefficient de partage (eau/huile) :	Sans objet
pH :	> 11

Inflammabilité et explosibilité

Mise à jour : 2006-11-17

Inflammabilité
Les solutions aqueuses d'hypochlorite de sodium sont ininflammables.

Explosibilité
Exposé à la chaleur intense, comme lors d'un incendie, l'hypochlorite de sodium peut se décomposer rapidement, les gaz produits créant une surpression qui peut faire exploser les contenants.

Données sur les risques d'incendie

Mise à jour : 2006-11-17

Point d'éclair :	Sans objet
T° d'auto-ignition :	Sans objet
Limite inférieure d'explosibilité :	Sans objet
Limite supérieure d'explosibilité :	Sans objet

Techniques et moyens d'extinction

Mise à jour : 2006-11-17

Moyens d'extinction
Les solutions d'hypochlorite de sodium ne brûlent pas. Si le produit est impliqué dans un incendie, utiliser les moyens d'extinction convenant aux matières environnantes. Cependant, ne pas utiliser de poudre chimique sèche à base d'ammonium, leur réaction avec l'hypochlorite de sodium pouvant former du trichlorure d'azote, un composé explosif.

Techniques spéciales
Porter un appareil de protection respiratoire autonome muni d'un masque facial complet et des vêtements protecteurs adéquats. Interdire l'accès à la zone dangereuse. Éloigner les contenants de la zone d'incendie, si cette opération peut être effectuée sans risque. Les contenants intacts peuvent être refroidis à l'aide d'eau pulvérisée pour ralentir la décomposition thermique de l'hypochlorite de sodium et les dégagements possibles de gaz qui peuvent activer l'incendie.

Produits de combustion (/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#Produits de combustion)

Mise à jour : 2006-11-17

Chlore, chlorure d'hydrogène, oxyde de sodium.

Échantillonnage et surveillance biologique

Mise à jour : 2006-11-17

Échantillonnage des contaminants de l'air

Il n'y a pas de méthode d'analyse pour l'hypochlorite de sodium. Cependant, au besoin, on peut se référer aux méthodes d'analyses des autres contaminants constituant la solution ou pouvant s'en dégager soit l'hydroxyde de sodium ou le chlore.

Commentaires 1 5

Mise à jour : 2006-11-17

La tension de vapeur d'une solution d'hypochlorite de sodium à 12,5 % (poids) est de 12,1 mm de Hg (1,6 kPa) à 20 °C et de 100 mm de Hg (13,3 kPa) à 48 °C. Ces valeurs sont plus faibles que celles de l'eau pure, la présence de sels dans l'eau ayant tendance à en abaisser la tension de vapeur. Ces valeurs incluent la tension de vapeur partielle de l'eau et des différents composés de chlore présents. Au pH habituel des solutions commerciales (pH supérieur à 11), l'ion hypochlorite domine largement, lequel n'a pas de tension de vapeur. À ce pH, l'acide hypochloreux et le chlore représentent moins de 1 % des composés de chlore en solution. On observera des tensions de vapeurs plus élevées en présence d'ions de métaux de transition (Ni^{+2}, Cu^{+2}, Co^{+2} par exemple) qui catalysent la décomposition de l'ion hypochlorite en oxygène ou si la solution est acidifiée, un pH acide favorisant la formation de chlore gazeux.

Prévention

Mesures de protection 15 16

Mise à jour : 2006-11-17

La *Loi sur la santé et la sécurité du travail* vise l'élimination des dangers à la source. Lorsque des mesures d'ingénierie et les modifications de méthode de travail ne suffisent pas à réduire l'exposition à cette substance, le port d'équipement de protection individuelle peut s'avérer nécessaire. Ces équipements de protection doivent être conformes à la réglementation.

Voies respiratoires
Lorsque de l'hypochlorite de sodium est utilisé, le port d'un appareil de protection respiratoire dépend des conditions d'utilisation et des émissions qui peuvent en résulter, par exemple des brouillards d'hydroxyde de sodium et du chlore. Se référer aux valeurs d'exposition pour les différents contaminants présents.

Peau
Porter un équipement de protection de la peau. La sélection d'un tel équipement dépend de la nature du travail à effectuer.

Yeux
Porter un équipement de protection des yeux s'il y a risque d'éclaboussures. La sélection d'un protecteur oculaire dépend de la nature du travail à effectuer et, s'il y a lieu, du type d'appareil de protection respiratoire utilisé.

Équipements de protection 15 17

Mise à jour : 2006-11-17

Équipements de protection des voies respiratoires

Les équipements de protection respiratoire doivent être choisis, ajustés, entretenus et inspectés conformément à la réglementation. Pour choisir l'équipement de protection respiratoire approprié, on se réfère aux recommandations pour les appareils de protection respiratoire pour les différents contaminants qui peuvent être présents, dont le chlore et l'hydroxyde de sodium. Un appareil de protection respiratoire protégeant contre plus d'un contaminant peut être nécessaire.

Équipements de protection des yeux et de la peau

Peau
Les équipements de protection de la peau doivent être conformes à la réglementation.

Les gants suivants sont recommandés :

caoutchouc de butyle

caoutchouc naturel

caoutchouc de néoprène

caoutchouc de nitrile

chlorure de polyvinyle (PVC)

Viton®

Yeux
Les équipements de protection des yeux et de la figure doivent être conformes à la réglementation.

Les protecteurs oculaires suivants sont recommandés :

En présence de brouillards, un appareil de protection respiratoire muni d'un masque complet est requis.

Une visière (écran facial) est recommandée lorsqu'il y a risque d'éclaboussures avec le liquide.

Réactivité 1 4 5 7 18 19 20

Mise à jour : 2006-11-17

Stabilité
Les solutions aqueuses d'hypochlorite de sodium se décomposent lentement à la température de la pièce. La chaleur, la lumière ou la présence de certains métaux ou de leurs ions, tels que le fer, le cuivre et le nickel, en accélèrent la décomposition en chlorate et chlorure de sodium avec dégagement d'oxygène.
La stabilité des solutions dépend aussi de leur pH : un pH inférieur à 7 accélère la décomposition en chlorate qui sera alors accompagné de chlorure d'hydrogène plutôt que de chlorure de sodium. Une baisse soudaine du pH amène un dégagement de chlore gazeux particulièrement à pH inférieur à 6.
Les solutions plus concentrées sont moins stables que les solutions diluées.

De façon générale, les solutions à 6 % et moins dont le pH est supérieur à 11 ont une stabilité à long terme acceptable si elles sont gardées à moins de 30 °C.

Incompatibilité
Les solutions aqueuses d'hypochlorite de sodium sont des solutions basiques à caractère oxydant. Ces solutions réagissent avec les acides et peuvent aussi réagir avec les sels à caractère acide tels que l'alun et le trichlorure de fer, avec dégagement de chlore gazeux.

L'hypochlorite de sodium réagit avec de nombreux produits azotés, la réaction avec ces produits pouvant être violente. Avec l'ammoniac, l'urée, les amines, les isocyanurates, il peut y avoir formation de chloramines. Lors du contact de solution d'hypochlorite de sodium avec du phénylacétonitrile, des solutions acidifiées de sel d'ammonium ou de l'ammoniaque, il y a formation de trichlorure d'azote, lequel peut se décomposer violemment. Avec l'éthylène imine, il y a formation d'un dérivé chloré explosif. Avec les cyanures, à un pH inférieur à 11, la réaction peut être violente et il y a dégagement de dioxyde de carbone et d'azote.

Les solutions d'hypochlorite de sodium sont aussi incompatibles avec l'alcool méthylique, l'éthylène glycol, le benzaldéhyde, le furfuraldéhyde et les agents réducteurs, tels que les sulfites et les thiosulfates.

Les matériaux organiques finement divisés, tels que la cellulose, le papier, les fibres textiles ou les poussières de bois en contact avec une solution d'hypochlorite de sodium peuvent dégager de la fumée contenant un peu de chlore et de la vapeur d'eau.

Les solutions d'hypochlorite de sodium peuvent avoir une certaine action corrosive sur les métaux usuels (fer, cuivre, aluminium).

Produits de décomposition
Thermique (à partir d'environ 35 °C) : dégagement de chlore gazeux, dégagement graduel d'oxygène, formation de chlorate et possibilité de formation de chlorure d'hydrogène.

Autres données sur la réactivité 11 12 13 21 22 23

Mise à jour : 2006-11-17

Les solutions d'hypochlorite de sodium réagissent avec l’ammoniac pour former des chloramines selon les réactions suivantes :

NH_3 (ammoniac) + ClO- (hypochlorite) -> NH_2Cl (monochloramine) + OH-
NH_2Cl (monochloramine) + ClO- (hypochlorite) -> $NHCl_2$ (dichloramine) + OH-
$NHCl_2$(dichloramine) + ClO- (hypochlorite) -> NCl_3 (trichloramine) + OH-

Les solutions d'hypochlorite de sodium réagissent avec des composés azotés pour former des chloramines selon les réactions suivantes :

NR_4+ (ammonium quaternaires) + ClO- (hypochlorite) -> NR_3 (amines tertiaires) + RCl (chloroalcanes)
NR_3 (protéines, amines etc) + ClO- (hypochlorite) -> NR_2Cl (monochloramines) + OH-
NR_2Cl (monochloramines) + ClO- (hypochlorite) -> $NRCl_2$ (dichloramines) + OH-
$NRCl_2$ (dichloramines) + ClO- (hypochlorite) -> NCl_3 (trichloramine) + OH-

Les solutions d'hypochlorite de sodium réagissent avec les cétones méthyliques comme l'acétone, la méthyl isobutyl cétone et la méthyl éthyl cétone pour former du chloroforme avec un important dégagement de chaleur.

Manipulation 15

Mise à jour : 2015-04-14

L'onglet Réglementation informe des particularités règlementaires de ce produit dangereux. La manipulation doit être conforme aux dispositions de la LSST (/prevention/reptox/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#LSST) et de ses règlements, tel que le RSST (/prevention/reptox/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#RSST) (notamment la section X), le RSSM (/prevention/reptox/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#RSSM) et le CSTC (/prevention/reptox/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#CSTC).
Pour en savoir plus. (/prevention/reptox/Pages/manipulation.aspx)

Les solutions aqueuses d'hypochlorite de sodium à 12 % sont corrosives. Éviter les opérations produisant un brouillard. Manipuler à l'abri des acides et des autres matières incompatibles. Éviter tout contact avec la peau. Porter un équipement de protection des yeux et, en cas de ventilation insuffisante, un appareil de protection respiratoire approprié. Les travailleurs qui manipulent ou transvasent des substances corrosives doivent porter l'équipement de protection individuelle approprié. Si un produit corrosif est manipulé ou transvasé régulièrement ou fréquemment, des douches oculaires ou des douches de secours conformes au RSST doivent être mises à la disposition des travailleurs et être situées aux environs du poste de travail.

Entreposage 15

Mise à jour : 2015-04-14

L'onglet Réglementation informe des particularités règlementaires de ce produit dangereux. L'entreposage doit être conforme aux dispositions de la LSST (/prevention/reptox/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#LSST) et de ses règlements, tel que le RSST (/prevention/reptox/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#RSST) (notamment la section X), le RSSM (/prevention/reptox/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#RSSM) et le CSTC (/prevention/reptox/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#CSTC). Selon la situation, le chapitre Bâtiment du Code de sécurité et le CNPI (/prevention/reptox/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#CNPI) peuvent également s'appliquer.
Pour en savoir plus. (/prevention/reptox/Pages/entreposage.aspx)

Les solutions aqueuses d'hypochlorite de sodium à 12 % étant des liquides corrosifs, on doit les entreposer selon les dispositions prévues par le CNPI et par le RSST soit, dans un récipient tenu fermé, portant une identification claire de son contenu, placé dans un endroit frais, sec et bien ventilé, à l'abri des acides, des matières combustibles ou oxydables et des autres produits incompatibles. Entreposer dans un endroit avec sol cimenté résistant à la corrosion. Les réservoirs et les cuves de liquide corrosif doivent être munis d'un dispositif anti-débordement. Les solutions aqueuses d'hypochlorite de sodium doivent de plus, être entreposées à l'abri des rayons directs du soleil. Les contenants de polyéthylène sont les plus utilisés car plusieurs métaux sont corrodés par les solutions d'hypochlorite de sodium. De plus, plusieurs métaux accélèrent la décomposition de l'hypochlorite de sodium avec dégagement d'oxygène qui peut alors s'accumuler dans le contenant et créer une surpression et une rupture du contenant. L'utilisation de contenant muni d'un évent peut être recommandée.

Fuites

Mise à jour : 2006-11-17

En cas de fuite ou déversement, ne pas toucher aux contenants endommagés ou aux produits déversés sans porter des gants et des vêtements protecteurs appropriés, des lunettes de sécurité ou une visière et, si nécessaire, un appareil de protection respiratoire adéquat.

En cas de fuite ou de déversement mineur, ne pas utiliser d'acide pour neutraliser le produit. Le déversement peut être absorbé à l'aide d'un produit non combustible et non toxique, compatible avec les hypochlorites, tels que le sable ou de la vermiculite. Ne pas utiliser de sciures de bois. Récupérer l'absorbant contaminé dans un contenant approprié. Rincer la surface contaminée avec une grande quantité d'eau.

En cas de fuite ou de déversement majeur, contenir la fuite si on peut le faire sans risque. Éloigner les substances combustibles du liquide déversé. Empêcher l'infiltration dans les cours d'eau, les égouts et les endroits confinés.
Recueillir le produit qui fuit dans un récipient hermétique et le placer dans un endroit sûr jusqu'au traitement des déchets.

Déchets [5]

Mise à jour : 2006-11-17

Les déchets sous forme de solution peuvent être réduits, neutralisés et déversés à l'égout. Ces réactions produisant de la chaleur, elles doivent être faites sous contrôle, graduellement et par du personnel qualifié portant l'équipement de protection personnel approprié. Il est très important de procéder à la réduction des ions hypochlorites avant de neutraliser l'hydroxyde présent afin d'éviter les émissions de chlore gazeux. Ainsi, les ions hypochlorites doivent d'abord être réduits en chlorures en ajoutant du thiosulfate de sodium, du sulfite de sodium ou du bisulfite de sodium. Pour vérifier que la réduction est complète, on peut ajouter quelques gouttes d'une solution de peroxyde d'hydrogène à 3 % à un échantillon du déchet. L'émission de bulles d'oxygène indique que la réduction n'est pas complète. Une fois l'hypochlorite réduit, on peut procéder à la neutralisation de l'hydroxyde de sodium par l'ajout d'un acide dilué.

Pour de grandes quantités, consulter le ministère de l'Environnement.

Propriétés toxicologiques

Absorption (/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#Absorption)

Mise à jour : 2006-09-20

Il n'y a aucune donnée concernant l'absorption de ce produit. Toutefois, il est peu probable que ce produit soit absorbé dans l'organisme de façon significative puisqu'il exerce une action locale qui détruit les tissus.

Toxicocinétique [7] [24]

Mise à jour : 2006-09-20

Aucune donnée sur la toxicocinétique de ce produit n'a été trouvée dans les sources documentaires consultées.

Irritation (/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#Irritation) et Corrosion (/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#Corrosion) [3] [7] [25] [26] [27]

Mise à jour : 2006-09-20

Ce produit est irritant et corrosif pour la peau, les yeux, les voies respiratoires et digestives. La gravité des symptômes peut varier selon les conditions d'exposition (durée de contact, concentration des solutions, etc.).

Sur la peau, il peut causer des brûlures graves avec des ulcérations profondes.

Le contact avec les yeux cause une sensation de brûlure et peut endommager la cornée.

Lorsque les conditions d'utilisation du produit génère des concentrations importantes de chlore dans l'air, de l'oedème pulmonaire peut survenir. Les symptômes de l'oedème pulmonaire (principalement toux et difficultés respiratoires) se manifestent souvent après un délai pouvant aller jusqu'à 48 heures. L'effort physique peut aggraver ces symptômes. Le repos et la surveillance médicale sont par conséquent essentiels.

Suite à l'ingestion, on observe des brûlures et des lésions de la bouche, du pharynx, de l'oesophage et de l'estomac, des nausées, des vomissements sanglants et une possibilité de collapsus et de mort.

La littérature rapporte un cas exceptionnel de déversement d'un camion contenant une solution d'hypochlorite de sodium (14 %) pour la piscine. Un homme est resté coincé sous le camion et la solution s'est déversée sur lui. L'exposition lui a causé de l'érosion des tissus mous et des muscles, la séparation des tissus cutanés, la décoloration des os et il est mort en moins de 10 minutes.

Des dermites de contact de type irritatif peuvent survenir lors de contacts répétés avec les solutions de ce produit.

Effets aigus

Mise à jour : 2006-09-20

Aucune donnée concernant les effets aigus de ce produit n'a été trouvée dans les sources documentaires consultées. Pour une évaluation complète des propriétés toxicologiques, veuillez vous référer aux autres sections de cette fiche.

Effets chroniques

Mise à jour : 2006-09-20

Aucune donnée concernant les effets chroniques de ce produit n'a été trouvée dans les sources documentaires consultées. Pour une évaluation complète des propriétés toxicologiques, veuillez vous référer aux autres sections de cette fiche.

Sensibilisation (/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#Sensibilisation)

Mise à jour : 2006-09-20

Aucune donnée concernant la sensibilisation respiratoire n'a été trouvée dans les sources documentaires consultées.

Ce produit peut causer de la sensibilisation cutanée.

Justification des effets 3 28 29 30 31 32

Mise à jour : 2006-09-20

Une seule étude rapporte de la sensibilisation cutanée causée par une exposition professionnelle chez un chirurgien vétérinaire qui utilisait occasionnellement un produit désinfectant contenant de 3 à 4 % d'hypochlorite de sodium pour se laver les mains et les avant-bras. Des tests cutanés fermés ont donné des réponses positives avec les solutions du produit désinfectant et avec différentes solutions d'hypochlorite de sodium (0,25, 0,5, 1 et 2 %). On ne connaît pas l'atopie du travailleur.

Plusieurs tests cutanés fermés ont donné des résultats positifs chez des personnes qui utilisaient des solutions désinfectantes (contenant de l'hypochlorite de sodium) lors de l'entretien ménager.

Des tests épicutanés effectués chez des volontaires et le test de Buehler effectué chez le cochon d'Inde, tous deux avec des solutions d'hypochlorite de sodium, ont donné des résultats négatifs.

Effets sur le développement (/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#Développement (Effets sur le))

Mise à jour : 2006-09-20

Aucune donnée concernant un effet sur le développement n'a été trouvée dans les sources documentaires consultées.

Effets sur la reproduction (/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#Reproduction (Effets sur la))

Mise à jour : 2006-09-20

Les données ne permettent pas de faire une évaluation adéquate des effets sur la reproduction.

Justification des effets 33

Effet sur la fertilité

Meier et al. (1985) ont effectué une étude par ingestion d'eau chlorée avec de l'hypochlorite de sodium (0, 1,6, 4 et 8 mg/kg/j, 1 ml/j pendant 5 jours) chez la souris. Une augmentation statistiquement significative des anomalies de la tête des spermatozoïdes a été observée, 3 semaines après le tratement, aux deux plus fortes doses lors de la première expérimentation et à toutes les doses lors de la seconde. Aucune différence dans les anomalies de la tête des spermatozoïdes n'a été observée 1 et 5 semaines après le traitement. Les effets sur la reproduction n'ont pas été évalués dans cette étude.

Données sur le lait maternel (/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#Lait maternel (Données sur le))

Mise à jour : 2006-09-20

Il n'y a aucune donnée concernant l'excrétion ou la détection dans le lait.

Effets cancérogènes (/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#Cancérogène (Effet)) 35

Mise à jour : 2006-09-20

Évaluation du C.I.R.C. : L'agent (le mélange, les circonstances d'exposition) ne peut pas être classé quant à sa cancérogénicité pour l'homme (groupe 3).

Justification des effets [34] [35] [36] [37]

Le CIRC (1991) considère que les **sels d'hypochlorite** ne peuvent être classés quant à leur cancérogénicité pour l'homme car il n'y a pas de donnée chez l'humain et les données disponibles sont insuffisantes chez l'animal.

Effets cancérogènes

Étude chez l'humain
Une analyse épidémiologique (méta-analyse) des cas de cancer parmi la population buvant de l'eau chlorée, avec entre autres de l'hypochlorite de sodium, a permis de mettre en évidence une augmentation significative de l'incidence du cancer rectal et de la vessie. L'étude s'avère insuffisante car l'hypochlorite de sodium n'est pas le seul produit impliqué à cause de la présence de sous-produits de chloration, dont le chloroforme (Morris et al., 1992).

Études chez l'animal
Le NTP (1992) a réalisé une étude par ingestion d'eau chlorée avec de l'hypochlorite de sodium (0, 70, 140 et 275 ppm de chlore libre dans de l'eau de consommation) chez le rat et la souris pendant deux ans. Aucun effet sur le taux de survie n'a été observé chez les rats et les souris. Le poids corporel était légèrement plus bas chez les souris, chez les rats mâles et chez les rats femelles (à la dose la plus élevée) comparativement à leurs groupes contrôles respectifs. Il y a eu une diminution de la consommation d'eau en fonction de la dose chez les deux espèces. Une augmentation significative de l'incidence de leucémie chez le rat femelle à la dose moyenne (140 ppm) a été observée. Aucun autre effet néoplasique ou non néoplasique n'a été observé chez les deux espèces. Le NTP conclut qu'il n'y a pas d'évidence d'activité cancérogène chez le rat mâle et chez les souris tandis que l'activité cancérogène n'est pas suffisamment évidente chez le rat femelle.

Soffritti et al. (1997) ont effectué une étude chez le rat dont l'eau de consommation était chlorée avec de l'hypochlorite de sodium à 12 % (0, 100, 500 et 750 mg/l) pendant 104 semaines. Il y a eu une diminution de la consommation moyenne d'eau en fonction de la dose et le poids corporel était légèrement plus bas chez les rats exposés à 750 mg/l. Le taux de survie était plus élevé à 100 mg/l chez le rat mâle et à 0 et 750 mg/l chez la femelle. On a observé une augmentation non significative de l'incidence de tumeurs malignes (à toutes les doses) et de tumeurs de l'estomac (100 et 750 mg/l) chez le mâle et, une augmentation non significative de la fréquence de lymphomes et de leucémies chez la femelle à toutes les doses. Aucun changement de comportement ou d'effet non oncologique n'a été rapporté. Cependant, les résultats ne sont pas statistiquement significatifs et l'eau contenait d'autres composantes (chlorures, chlorates, carbonates).

Effets mutagènes (/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#Mutagène (Effet))

Mise à jour : 2006-09-20

Les données ne permettent pas de faire une évaluation adéquate de l'effet mutagène.

Justification des effets [38] [39] [40] [41] [42] [43] [44]

Effet sur cellules somatiques

Études chez l'animal
Deux tests d'aberration chromosomique sur la moelle osseuse, un chez la souris par la voie orale et l'autre chez le rat par une voie non spécifiée, ont donné des résultats négatifs.

Deux tests du micronoyaux sur la moelle osseuse de souris, un par la voie orale et l'autre par la voie non usuelle en milieu de travail, se sont avérés négatifs.

Études *in vitro*
Un test d'aberration chromosomique sur des fibroblastes d'embryon humain a donné des résultats négatifs tandis que le test d'échanges des chromatides soeurs, sur le même type de cellules, a donné des résultats positifs.

Trois tests d'aberration chromosomique ont été réalisés. Des résultats positifs ont été obtenus sur des fibroblastes et sur des cellules pulmonaires de hamster chinois alors que le troisième, sur des lymphocytes humains, s'est avéré négatif.

Dose létale 50 et concentration létale 50 [3]

Mise à jour : 2006-09-20

DL_{50}

Rat (Orale) : 5 000 mg/kg
Rat (Orale) : 8 200 mg/kg

Premiers secours

Premiers secours

Mise à jour : 2006-09-20

Inhalation
En cas d'inhalation de vapeurs ou de brouillards, amener la personne dans un endroit aéré et la placer en position semi-assise. Si elle ne respire pas, lui donner la respiration artificielle. En cas de difficultés respiratoires, lui donner de l'oxygène. La transférer immédiatement au service d'urgence le plus près. Les symptômes de l'oedème pulmonaire peuvent apparaître après un délai de plusieurs heures et sont aggravés par l'effort physique. Le repos et la surveillance médicale sont par conséquent essentiels.

Contact avec les yeux
Rincer rapidement les yeux en utilisant une grande quantité d'eau pendant au moins 30 minutes. Consulter un médecin.

Contact avec la peau
Retirer rapidement les vêtements contaminés en utilisant des gants appropriés. Rincer la peau avec de l'eau pendant 20 minutes ou jusqu'à ce que le produit soit éliminé. Consulter un médecin.

Ingestion
En cas d'ingestion, rincer la bouche. Faire boire un verre d'eau. Ne pas faire vomir et consulter un médecin. Ne jamais administrer quoi que ce soit par la bouche à une personne inconsciente ou qui a des convulsions.

Réglementation

Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT) (/simdut/)

Classification selon le SIMDUT 2015 - Note au lecteur (/prevention/reptox/Pages/avis-lecteur-classification-simdut-2015.aspx)

Mise à jour : 2015-06-18

Corrosion cutanée/irritation cutanée - Catégorie 2 7 44 45

Lésions oculaires graves/irritation oculaire - Catégorie 1 7 44 45 46

Toxicité pour certains organes cibles - exposition unique (irritation des voies respiratoires) - Catégorie 3 - Irritation des voies respiratoires



Danger

Provoque une irritation cutanée (H315)
Provoque de graves lésions des yeux (H318)
Peut irriter les voies respiratoires (H335)

Divulgation des ingrédients (/prevention/reptox/simdut-2015/Pages/seuil-divulgation.aspx)

Règlement sur le transport des marchandises dangereuses (TMD) 47

Mise à jour : 2004-11-30

Classification



Numéro UN : UN1791

Références

▲1. Kroschwitz, J.I., *Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology.* 5th ed. Hoboken, N.J. : John Wiley & Sons. (2004-). [RT-423004 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RT-423004)]

▲1. Kroschwitz, J.I., *Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology.* 5th ed. Hoboken, N.J. : John Wiley & Sons. (2004-). [RT-423004 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RT-423004)]

▲1. Kroschwitz, J.I., *Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology.* 5th ed. Hoboken, N.J. : John Wiley & Sons. (2004-). [RT-423004 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RT-423004)]

▲2. Environnement Canada / Services de la protection de l'environnement, *L'hypochlorite de sodium.* Enviroguide. Ottawa : Ministère des Approvisionnements et Services Canada. (1985). En 48-10/36-1985F. [MO-008105 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=MO-008105)]

▲3. Racioppi, F. et al., «Household bleaches based on sodium hypochlorite : review of acute toxicology and poison control center experience.» *Food and Chemical Toxicology.* Vol. 32, no. 9, p. 845-861. (1994).

▲3. Racioppi, F. et al., «Household bleaches based on sodium hypochlorite : review of acute toxicology and poison control center experience.» *Food and Chemical Toxicology.* Vol. 32, no. 9, p. 845-861. (1994).

▲3. Racioppi, F. et al., «Household bleaches based on sodium hypochlorite : review of acute toxicology and poison control center experience.» *Food and Chemical Toxicology.* Vol. 32, no. 9, p. 845-861. (1994).

▲4. Bohnet, M. et al., *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry.* 7th. Wiley InterScience (John Wiley & Sons). (2003-). http://www3.interscience.wiley.com (http://www3.interscience.wiley.com) (http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/mrwhome/104554801/HOME (http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/mrwhome/104554801/HOME))

▲4. Bohnet, M. et al., *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry.* 7th. Wiley InterScience (John Wiley & Sons). (2003-). http://www3.interscience.wiley.com (http://www3.interscience.wiley.com) (http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/mrwhome/104554801/HOME (http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/mrwhome/104554801/HOME))

▲5. The Chlorine Institute, *Sodium hypochlorite manual.* Pamphlet, Vol. 96, 2. Arlington, VA : The Chlorine Institute. (2000). [MO 018581 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=MO 018581)]

▲5. The Chlorine Institute, *Sodium hypochlorite manual.* Pamphlet, Vol. 96, 2. Arlington, VA : The Chlorine Institute. (2000). [MO 018581 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=MO 018581)]

▲5. The Chlorine Institute, *Sodium hypochlorite manual.* Pamphlet, Vol. 96, 2. Arlington, VA : The Chlorine Institute. (2000). [MO 018581 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=MO 018581)]

▲6. O'Neil, M.J., Smith, A. et Heckelman, P.E., *The Merck index : an encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals.* 13th ed. Cambridge, MA : Cambridge Soft; Merck & CO. (2001). [RM-403001 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RM-403001)]

▲7. France. Institut national de recherche et de sécurité, *Fiche toxicologique no 157 : Eaux et extraits de Javel, hypochlorite de sodium en solution.* Cahiers de notes documentaires. Paris : INRS. (2006). [RE-005509 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RE-005509)] http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html (http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html) http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_157 (http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_157)

▲7. France. Institut national de recherche et de sécurité, *Fiche toxicologique no 157 : Eaux et extraits de Javel, hypochlorite de sodium en solution.* Cahiers de notes documentaires. Paris : INRS. (2006). [RE-005509 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RE-005509)] http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html (http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html) http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_157 (http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_157)

▲7. France. Institut national de recherche et de sécurité, *Fiche toxicologique no 157 : Eaux et extraits de Javel, hypochlorite de sodium en solution.* Cahiers de notes documentaires. Paris : INRS. (2006). [RE-005509 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RE-005509)] http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html (http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html) http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_157 (http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_157)

▲7. France. Institut national de recherche et de sécurité, *Fiche toxicologique no 157 : Eaux et extraits de Javel, hypochlorite de sodium en solution.* Cahiers de notes documentaires. Paris : INRS. (2006). [RE-005509 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RE-005509)] http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html (http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html) http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_157 (http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_157)

▲7. France. Institut national de recherche et de sécurité, *Fiche toxicologique no 157 : Eaux et extraits de Javel, hypochlorite de sodium en solution.* Cahiers de notes documentaires. Paris : INRS. (2006). [RE-005509 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RE-005509)] http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html (http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html) http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_157 (http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_157)

▲8. Environmental Protection Agency, *Red facts : sodium and calcium hypochlorite salts.* Washington (DC). (1991). Microfiche : PB92-171958, EPA/540/FS-92\189 http://www.epa.gov/oppsrrd1/REDs/factsheets/0029fact.pdf (http://www.epa.gov/oppsrrd1/REDs/factsheets/0029fact.pdf)

▲9. Patty, F.A., Harris, R.L. et Ayer, H.E., *Patty's industrial hygiene.* A Wiley-Interscience publication, 5th ed. New York ; Toronto : John Wiley & Sons. (2000). [RM-214007 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RM-214007)]

▲10. World Health Organization (WHO), *Chlorine.* PIM 947. London, UK. (1998). http://www.inchem.org/documents/pims/chemical/pim947.htm (http://www.inchem.org/documents/pims/chemical/pim947.htm)

▲11. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, *Some drinking-water disinfectants and contaminants, including arsenic.* IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, Vol. 84. Lyon : International Agency for Research on Cancer. (2004). https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono84.pdf (https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono84.pdf) http://monographs.iarc.fr/ (http://monographs.iarc.fr/)

▲11. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, *Some drinking-water disinfectants and contaminants, including arsenic.* IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, Vol. 84. Lyon : International Agency for Research on Cancer. (2004). https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono84.pdf (https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono84.pdf) http://monographs.iarc.fr/ (http://monographs.iarc.fr/)

▲12. Hecht, G. et al., *Exposition aux chloramines lors du conditionnement des légumes frais prêts à l'emploi.* Cahiers de notes documentaires - Hygiène et sécurité du travail. Nancy : INRS. (1998). 173. http://www1.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/inrs01_catalog_view/A4CA406E6178CC0AC1256C9100528B0D/$File/nd2087.pdf (http://www1.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/inrs01_catalog_view/A4CA406E6178CC0AC1256C9100528B0D/$File/nd2087.pdf)

▲12. Hecht, G. et al., *Exposition aux chloramines lors du conditionnement des légumes frais prêts à l'emploi.* Cahiers de notes documentaires - Hygiène et sécurité du travail. Nancy : INRS. (1998). 173. http://www1.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/inrs01_catalog_view/A4CA406E6178CC0AC1256C9100528B0D/$File/nd2087.pdf (http://www1.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/inrs01_catalog_view/A4CA406E6178CC0AC1256C9100528B0D/$File/nd2087.pdf)

▲13. Héry, M. et Dornier, G., *Chloramines dans les piscines et l'agroalimentaire.* Le point des connaissances sur.... INRS. (2000). http://www1.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/inrs01_catalog_view/F6C0FB6025F87706C1256CD900517270/$File/ed5007.pdf (http://www1.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/inrs01_catalog_view/F6C0FB6025F87706C1256CD900517270/$File/ed5007.pdf)

▲13. Héry, M. et Dornier, G., *Chloramines dans les piscines et l'agroalimentaire.* Le point des connaissances sur.... INRS. (2000). http://www1.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/inrs01_catalog_view/F6C0FB6025F87706C1256CD900517270/$File/ed5007.pdf (http://www1.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/inrs01_catalog_view/F6C0FB6025F87706C1256CD900517270/$File/ed5007.pdf)

▲14. Directions des risques biologiques, environnementaux et occupationnels, *Les intoxications aiguës au chlore dans les piscines publiques du Québec.* Québec : Institut national de santé publique du Québec. (2002). INSPQ-2002-004. http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/083_IntoxChlorePiscinesPub.pdf (http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/083_IntoxChlorePiscinesPub.pdf)

▲15. *Règlement sur la santé et la sécurité du travail [S-2.1, r. 13].* Québec : Éditeur officiel du Québec. [RJ-510071 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RJ-510071)] http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/S-2.1,%20r.%2013 (http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/S-2.1,%20r.%2013)

▲16. *Loi sur la santé et la sécurité du travail [L.R.Q., chapitre S-2.1].* Québec : Éditeur officiel du Québec. (2004). [RJ-500018 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RJ-500018)] http://www3.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/loisreglements.fr.html (http://www3.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/loisreglements.fr.html) http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/S_2_1/S2_1R4.HTM (http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/S_2_1/S2_1R4.HTM)

▲17. Forsberg, K. et Keith, L.H., *Instant Gloves + CPC Database.* Version 2.0. Blacksburg, VA : Instant Reference Sources Inc. (1999). http://www.instantref.com/inst-ref.htm (http://www.instantref.com/inst-ref.htm)

▲18. Battle, L.A. et al., *Bretherick's handbook of reactive chemical hazards.* Vol. 1, 5th ed. Oxford; Toronto : Butterworth-Heinemann. (1995). [RS-415001 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RS-415001)]

▲19. National Fire Protection Association, *Fire protection guide to hazardous materials.* 13th ed. Quincy, Mass. : NFPA. (2002). [RR-334001 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RR-334001)]

▲20. Leleu, J., *Réactions chimiques dangereuses.* Réimp. 1996. Paris : INRS. (1987). www.inrs.fr/dms/inrs/CataloguePapier/ED/TI-ED-697/ed697.pdf (http://www.inrs.fr/dms/inrs/CataloguePapier/ED/TI-ED-697/ed697.pdf)

▲21. *Kirk-Othmer concise encyclopedia of chemical technology.* 4th ed. New York : John Wiley & Sons. (1999). [RT-423007 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RT-423007)]

▲22. *Troubles d'irritation respiratoire chez les travailleurs des piscines.* Document pour le médecin du travail. INRS. (2005). http://www.inrs.fr/INRS-PUB/inrs01.nsf/inrs01_search_view_view/EA758B6EDA47FE56C1256FD5002CAAE3/$FILE/tf138.pdf (http://www.inrs.fr/INRS-PUB/inrs01.nsf/inrs01_search_view_view/EA758B6EDA47FE56C1256FD5002CAAE3/$FILE/tf138.pdf)

▲23. *Alternative Disinfectants and Oxidants Guidance Manual.* United States Environmental Protection Agency. (1999). EPA 815-R-99-014. http://www.epa.gov/safewater/mdbp/alternative_disinfectants_guidance.pdf (http://www.epa.gov/safewater/mdbp/alternative_disinfectants_guidance.pdf)

▲24. RTP expert panel, «Chapter 2 : Chlorine.» *Regulatory Toxicology and Pharmacology.* Vol. 20, no. 1 , p. S69-S125. (1994).

▲25. Grant, W.M., *Toxicology of the eye : effects on the eyes and visual systems from chemicals, drugs, metals and minerals, plants, toxins and venoms; also, systemic side effects from eye medications.* 3rd. ed. Springfield (ILL) : Charles C. Thomas. (1986).

▲26. Momma, J. et al., «Acute oral toxicity and ocular irritation of chemicals in bleaching agents.» *Journal of the Food Hygiene Society of Japan.* Vol. 27, no. 5, p. 553-560. (1986). [AP-026059 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-026059)]

▲27. Rao, V.J. et Hearn, W.L., «Death from pool chlorine - an unusual case.» *Journal of Forensic Sciences.* Vol. 33, no. 3, p. 812-815. (1988). [AP-022782 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-022782)]

▲28. van Joost, T. et al., «Sodium hypochlorite sensitization.» *Contact Dermatitis.* Vol. 16, no. 2, p. 114. (1987). [AP-040864 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-040864)]

▲29. Habets, J.M.W., Geursen-Reitsma, A.M. et Stolz, E., «Sensitization to sodium hypochlorite causing hand dermatitis.» *Contact Dermatitis.* Vol. 15, p. 140-142. (1986). [AP-041411 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-041411)]

▲30. Eun, H.C., Lee, A.Y. et Lee, Y.S., «Sodium hypochlorite dermatitis.» *Contact Dermatitis.* Vol. 11, no. 1, p. 45. (1984). [AP-041412 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-041412)]

▲31. Hostynek, J.J. et al., «Hypochlorite sensitivity in man.» *Contact Dermatitis.* Vol. 20, p. 32-37. (1989). [AP-024749 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-024749)]

▲32. Caliskan, M.K., Türkün, M. et Alper, S., «Allergy to sodium hypochlorite during root canal therapy : a case report.» *International Endodontic Journal.* Vol. 27, p. 163-167. (1994). [AP-059020 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-059020)]

▲33. Meier, J.R. et al., «Evaluation of chemicals used for drinking water disinfection for production of chromosomal damage and sperm-head abnormalities in mice.» *Environmental Mutagenesis.* Vol. 7, no. 2, p. 201-211. (1985). [AP-039173 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-039173)]

▲34. National Toxicology Program, *NTP technical report on the toxicology and carcinogenesis studies of chlorinated water (CAS 7782-50-5 and 7681-52-9) and chloraminated water (CAS 10599-90-3) (deionized and charcoal-filtered) in F344/N rats and B6C3F1 mice (drinking studies)* . Research Triangle Park. (1992). NTP TR-392. http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/LT_rpts/tr392.pdf (http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/LT_rpts/tr392.pdf)

▲35. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, *Chlorinated drinking-water; chlorination by-products; so other halogenated compounds; cobalt and cobalt compounds.* IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, Vol. 52. Lyon : International Agency for Research on Cancer. (1991). https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono52.pdf (https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono52.pdf)

▲36. Morris, R.D. et al., «Chlorination, chlorination by-products, and cancer : a meta-analysis.» *American Journal of Public Health.* Vol. 82, no. 7, p. 955-963. (1992).

▲37. Soffritti, M. et al., «Results of long-term carcinogenicity studies of chlorine in rats.» *Annals of the New York Academy of Sciences.* Vol. 837, p. 189-208. (1997).

▲38. Ishidate, M. et al., «Primary mutagenicity screening of food additives currently used in Japan.» *Food and Chemical Toxicology.* Vol. 22, no. 8, p. 623-636. (1984). [AP-019737 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-019737)]

▲39. Hayashi, M. et al., «Micronucleus tests in mice on 39 food additives and eight miscellaneous chemicals : research section.» *Food and Chemical Toxicology.* Vol. 26, no. 6, p. 487-500. (1988). [AP-021013 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-021013)]

▲40. Matsuoka, A., Hayashi, M. et Ishidate, M., «Chromosomal aberration tests on 29 chemicals combined with S9 mix in vitro.» *Mutation Research.* Vol. 66, p. 277-290. (1979). [AP-005164 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-005164)]

▲41. Sasaki, M. et al., «Cytogenetic effects of 60 chemicals on cultured human and chinese hamster cells.» *Kromosomo.* Vol. 20, p. 574-584. (1980). [AP-049430 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-049430)]

▲42. Abernethy, D.J., Frazelle, J.H. et Boreiko, C.J., «Relative cytotoxic and transforming potential of respiratory irritants in the C3H/10T cell transformation system.» *Environmental Mutagenesis.* Vol. 5, no. 3, p. 419. (1983). [AP-049922 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-049922)]

▲43. Kawashi, T. et al., *Results of recent studies on the relevance of various short-term screening tests in Japan.* Elsevier-North-Holland Biomedical Press. (1980). [MO-005219 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=MO-005219)]

▲44. Bureau européen des substances chimiques, *IUCLID Dataset : Sodium hypochlorite.* Ispra, Italie : Commission européenne. (2000). http://ecb.jrc.it/existing-chemicals/ (http://ecb.jrc.it/existing-chemicals/) http://ecb.jrc.it/IUCLID-Data-Sheet/7681529.pdf (http://ecb.jrc.it/IUCLID-Data-Sheet/7681529.pdf)

▲44. Bureau européen des substances chimiques, *IUCLID Dataset : Sodium hypochlorite.* Ispra, Italie : Commission européenne. (2000). http://ecb.jrc.it/existing-chemicals/ (http://ecb.jrc.it/existing-chemicals/) http://ecb.jrc.it/IUCLID-Data-Sheet/7681529.pdf (http://ecb.jrc.it/IUCLID-Data-Sheet/7681529.pdf)

▲45. Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail, *CHEMINFO*, Hamilton, Ont. : Canadian Centre for Occupational Health and Safety http://ccinfoweb.ccohs.ca/cheminfo/search.html (http://ccinfoweb.ccohs.ca/cheminfo/search.html)

▲46. Grant, W.M. et Schuman, J.S., *Toxicology of the eye : effects on the eyes and visual systems from chemicals, drugs, metals and minerals, plants, toxins and venoms; also, systemic side effects from eye medications.* Vol. 2, 4éme éd. Springfield, ILL : Charles C. Thomas. (1993). [RM-515030 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RM-515030)]

▲47. Canada. Ministère des transports, *Règlement sur le transport des marchandises dangereuses.* Ottawa : Éditions du gouvernement du Canada. (2014). [RJ-410222 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RJ-410222)] http://www.tc.gc.ca/fra/tmd/clair-menu-497.htm (http://www.tc.gc.ca/fra/tmd/clair-menu-497.htm) http://www.tc.gc.ca/tmd/menu.htm (http://www.tc.gc.ca/tmd/menu.htm)

La cote entre [ ] provient de la banque Information SST (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/) du Centre de documentation de la CNESST.

Numéro CAS (/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#Numéro CAS) :
107-21-1

Identification

Description

Formule moléculaire brute (/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#Formule moléculaire brute) : $C_2H_6O_2$

Principaux synonymes

Noms français :

1,2-DIHYDROXYETHANE
2-HYDROXYETHANOL
ETHANE-1,2-DIOL
ETHANEDIOL-1,2
ETHYLENE ALCOHOL
Glycol d'éthylène
Monoéthylène glycol
Éthylène glycol

Noms anglais :

1,2-Ethanediol
Ethylene glycol

Utilisation et sources d'émission [1] [2] [3] [4] [5] [6]

L'éthylène glycol est surtout utilisé :

comme composé antigel ou liquide de transfert de chaleur que ce soit pour les radiateurs d'automobiles, les systèmes de refroidissement industriels ou le dégivrage des avions

comme matière première pour la synthèse de fibre de polyester, de films et de résines.

Il sert aussi :

de solvant dans les peintures au latex, les encres et les adhésifs

d'agent de déshydratation dans le traitement du gaz naturel

dans les formulations de produits pharmaceutiques, comme substitut de la glycérine

dans les préparations de fluides pour transmissions hydrauliques

dans les condensateurs électrolytiques, comme solvant de suspension pour le perborate d'ammonium

pour la fabrication d'explosifs.

Hygiène et sécurité

Apparence [2] [4] [7]

Mise à jour : 2006-02-21

L'éthylène glycol est un liquide hygroscopique, légèrement visqueux, incolore, transparent et inodore ayant un goût douceâtre.

Caractéristiques de l'exposition (/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#Caractéristiques de l'exposition) 3 8

Mise à jour : 2006-02-21

L'exposition en milieu de travail à l'éthylène glycol se fait principalement sous forme liquide, son point d'ébullition étant élevé (plus élevé que celui de l'eau) et sa volatilité étant faible (300 fois moins que l'eau). L'exposition aux brouillards peut survenir si le produit est agité fortement ou s'il est pulvérisé alors que l'exposition aux vapeurs peut se produire si le produit est chauffé.

Exposition aux vapeurs et aux brouillards

L'éthylène glycol étant inodore, l'odeur ne peut servir de moyen d'avertissement à une exposition dangereuse. Les vapeurs dégagées lorsque le produit est chauffé se condenseront dans l'air plus frais pour former un brouillard. Le produit chauffé peut émettre suffisamment de vapeurs pour atteindre la valeur plafond de 50 ppm (127 mg/m³) établie pour protéger les travailleurs de l'effet irritant des brouillards. Par exemple, si l'éthylène glycol est chauffé à 65 °C, la concentration à saturation peut atteindre 2 900 ppm. Lors d'opération pouvant générer des brouillards, comme la pulvérisation ou une très forte agitation mécanique, l'exposition sera fonction de la grosseur des particules, du taux de génération de celles-ci et de la teneur des solutions ou des produits, mais la valeur plafond est rarement atteinte.

Exposition au liquide

Suite à un contact accidentel du liquide avec la peau, l'éthylène glycol étant miscible à l'eau, on peut l'éliminer facilement par rinçage à l'eau.

Propriétés physiques 4 7 9 10

Mise à jour : 2006-02-21

État physique :	Liquide
Masse moléculaire :	62,07
Densité :	1,1135 g/ml à 20 °C Autre(s) valeur(s) : 1,1274 g/ml à 0 °C; 1,1204 g/ml à 10 °C; 1,1065 g/ml à 30 °C
Solubilité dans l'eau :	Miscible
Densité de vapeur (air=1) :	2,14
Point de fusion :	-13 °C
Point d'ébullition :	197,6 °C
Tension de vapeur :	0,06 mm de Hg (0,0080 kPa) à 20 °C Autre(s) valeur(s) : 2,2 mm de Hg (0,30 kPa) à 65,1 °C; 3,9 mm de Hg (0,52 kPa) à 77,7 °C; 9,0 mm de Hg (1,2 kPa) à 90,3 °C
Concentration à saturation :	80 ppm
Coefficient de partage (eau/huile) :	22,9
Limite de détection olfactive :	Sans objet
Facteur de conversion (ppm->mg/m³) :	2,539

Inflammabilité et explosibilité

Mise à jour : 2006-02-21

Inflammabilité

L'éthylène glycol est un liquide combustible et peut s'enflammer s'il est chauffé fortement et en présence d'une source d'ignition.

Explosibilité

Les vapeurs peuvent former un mélange explosif avec l'air.

Données sur les risques d'incendie 7 11 12

Mise à jour : 2006-02-21

Point d'éclair :	111 °C Coupelle fermée (méthode non rapportée) Autre(s) valeur(s) : 116 °C, Coupelle ouverte (méthode non rapportée)

T° d'auto-ignition :	398 °C
Limite inférieure d'explosibilité :	3,2% à 25 °C
Limite supérieure d'explosibilité :	15,3% à 25 °C
Sensibilité aux chocs :	Non sensible aux chocs.
Sensibilité aux décharges électrostatiques :	L'éthylène glycol étant un liquide ayant une bonne conductibilité, il n'aura pas tendance à accumuler d'électricité statique lors de son écoulement.

Techniques et moyens d'extinction 9 13

Mise à jour : 2006-02-21

Moyens d'extinction

Utiliser du dioxyde de carbone (CO_2), des poudres chimiques sèches, de l'eau pulvérisée ou de la mousse antialcool.

Les jets d'eau peuvent favoriser la propagation de l'incendie.

Techniques spéciales

Porter un appareil de protection respiratoire autonome. Éloigner les contenants de la zone d'incendie si cela peut se faire sans risque. Refroidir avec de l'eau pulvérisée les contenants exposés.

Produits de combustion (/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#Produits de combustion)

Mise à jour : 2006-02-21

Monoxyde de carbone, dioxyde de carbone.

Échantillonnage et surveillance biologique 14

Mise à jour : 2006-02-21

Échantillonnage des contaminants de l'air

Voir la méthode d'analyse 258-1 de l'IRSST.

Pour obtenir la description de cette méthode, consulter le *Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail* ou le site Web de l'IRSST à l'adresse suivante :

http://www.irsst.qc.ca/-RSST107-21-1.html (http://www.irsst.qc.ca/-RSST107-21-1.html)

Des tubes colorimétriques spécifiques pour l'éthylène glycol peuvent être utilisés pour une évaluation rapide du niveau d'exposition.

Prévention

Mesures de protection 15 16

Mise à jour : 2006-02-21

La *Loi sur la santé et la sécurité du travail* vise l'élimination des dangers à la source. Lorsque des mesures d'ingénierie et les modifications de méthode de travail ne suffisent pas à réduire l'exposition à cette substance, le port d'équipement de protection individuelle peut s'avérer nécessaire. Ces équipements de protection doivent être conformes à la réglementation.

Voies respiratoires

Porter un appareil de protection respiratoire si la concentration dans le milieu de travail est supérieure à la valeur plafond (50 ppm ou 127 mg/m³).

Peau

Porter un équipement de protection de la peau. La sélection d'un équipement de protection de la peau dépend de la nature du travail à effectuer.

Yeux

Porter un équipement de protection des yeux s'il y a risque d'éclaboussures. La sélection d'un protecteur oculaire dépend de la nature du travail à effectuer et, s'il y a lieu, du type d'appareil de protection respiratoire utilisé.

Équipements de protection [17]

Mise à jour : 2006-02-21

Équipements de protection des voies respiratoires

Les équipements de protection respiratoire doivent être choisis, ajustés, entretenus et inspectés conformément à la réglementation.

Pour de l'information sur les types d'appareils de protection respiratoire requis, consultez la section « Commentaires » qui suit.

Équipements de protection des yeux et de la peau

Peau

Les équipements de protection de la peau doivent être conformes à la réglementation.

Les gants suivants sont recommandés :

- Caoutchouc de butyle
- Caoutchouc naturel
- Néoprène
- Mélange et multicouche de caoutchouc naturel et de néoprène
- Nitrile
- Chlorure de polyvinyle (PVC)
- Mélange de nitrile et de chlorure de polyvinyle (PVC)
- Multicouche polyéthylène/alcool de vinyle et d'éthylène/polyéthylène (PE/EVAL/PE)
- Polyéthylène
- Viton®

Yeux

Les équipements de protection des yeux et de la figure doivent être conformes à la réglementation.

Les protecteurs oculaires suivants sont recommandés :

- En présence de brouillards, un appareil de protection respiratoire muni d'un masque complet est requis.
- Lorsqu'il y a risque d'éclaboussures, des lunettes étanches à coques ou des lunettes étanches à monture monobloc sont recommandées. Dans certains cas (par exemple, en cas de port de lunettes correctrices), une visière (écran facial) peut également être recommandée.

Réactivité [2] [4] [18]

Mise à jour : 2006-02-21

Stabilité

L'éthylène glycol est stable dans les conditions normales d'utilisation. Cependant, étant hygroscopique, il absorbe l'humidité de l'air.

Incompatibilité

L'éthylène glycol est incompatible avec les agents oxydants. Il s'enflamme au contact du trioxyde de chrome, du permanganate de potassium et du peroxyde de sodium à la température de la pièce. Il s'enflamme également au contact du dichromate d'ammonium, du chlorate d'argent, du chlorite de sodium et du nitrate d'uranyle à 100 °C.

Le mélange d'éthylène glycol et d'une solution d'hypochlorite de sodium commerciale peut exploser violemment après une période d'induction de 4 à 8 minutes.

L'éthylène glycol en mélange avec une base forte telle que l'hydroxyde de sodium, se décompose lorsque chauffé à 230 °C avec émission d'hydrogène, un gaz inflammable et explosible.

La plupart des métaux ne sont pas corrodés par l'éthylène glycol pur et anhydre. Cependant, lors de l'entreposage, on peut observer la corrosion de l'aluminium à plus de 100 °C, avec émission d'hydrogène. La présence d'eau, d'air et d'impuretés acidifiantes telles que les aldéhydes accélèrent cette réaction.

L'éthylène glycol peut dégrader les matériaux à base de résines phénoliques.

Produits de décomposition

Décomposition thermique (500-600 °C) : monoxyde de carbone, dioxyde de carbone, acétaldéhyde.

Autres données sur la réactivité 11 18

Mise à jour : 2006-02-21

Le mélange de l'éthylène glycol avec de l'acide chlorosulfonique, de l'acide sulfurique fumant ou de l'acide sulfurique à 96 % dans un contenant fermé cause une augmentation de la température et de la pression.

Le contact de l'éthylène glycol avec des fils de cuivre argenté sous tension de courant continu peut causer l'ignition de ceux-ci.

Manipulation

Mise à jour : 2006-02-21

Ventiler adéquatement sinon porter un appareil de protection respiratoire approprié, notamment si le produit est chauffé ou que des brouillards sont générés. Porter un équipement de protection des yeux. Éviter le contact avec la peau. Ne pas boire ou manger pendant l'utilisation.

Entreposage

Mise à jour : 2006-02-21

Conserver dans un récipient hermétique placé dans un endroit bien ventilé, frais et sec à l'écart de toute source de chaleur et des matières oxydantes.

Fuites

Mise à jour : 2006-02-21

En cas de fuite ou de déversement, contenir la fuite si on peut le faire sans risque. Éliminer toute source d'ignition du site et ventiler. Porter des gants et des vêtements protecteurs appropriés, des lunettes de sécurité et, si nécessaire, un appareil de protection respiratoire adéquat. Ramasser à l'aide de sable, de terre ou d'un autre type d'absorbant non combustible. Mettre dans un contenant hermétique.

Déchets

Mise à jour : 2006-02-21

Consulter le bureau régional du ministère de l'Environnement.

Commentaires 19 20

Mise à jour : 2006-02-21

Selon la concentration du contaminant dans l'air et l'état du contaminant, soit sous forme de vapeurs avec ou non présence de particules (brouillards), les appareils de protection respiratoire suivants sont recommandés :

Jusqu'à 250 ppm (635 mg/m³) (5 fois la valeur plafond)

> Tout appareil de protection respiratoire à cartouches pour vapeurs organiques, muni d'un pré-filtre de la série 95, 99 ou 100 (catégorie N, P ou R) s'il y a présence de brouillards, et d'un quart de masque.

Jusqu'à 500 ppm (1 270 mg/m³) (10 fois la valeur plafond)

> Tout appareil de protection respiratoire à cartouches pour vapeurs organiques, muni d'un pré-filtre de la série 95, 99 ou 100 (catégorie N, P ou R) s'il y a présence de brouillards, et avec un demi-masque.

Jusqu'à 1 250 ppm (3 175 mg/m³) (25 fois la valeur plafond)

Tout appareil de protection respiratoire à épuration d'air motorisé, à boîtier filtrant les vapeurs organiques, muni d'un pré-filtre de la série 95, 99 ou 100 (catégorie N, P ou R) s'il y a présence de brouillards, ou à adduction d'air, avec masque souple / visière-écran.

Jusqu'à 2 500 ppm (6 350 mg/m³) (50 fois la valeur plafond)

Tout appareil de protection respiratoire à épuration d'air motorisé, à boîtier filtrant les vapeurs organiques, muni d'un pré-filtre de la série 95, 99 ou 100 (catégorie N, P ou R) s'il y a présence de brouillards, ou à adduction d'air, avec un demi-masque.

Jusqu'à 5 000 ppm (12 700 mg/m³) (100 fois la valeur plafond)

Tout appareil de protection respiratoire à épuration d'air, à boîtier filtrant les vapeurs organiques, muni d'un pré-filtre de la série 95, 99 ou 100 (catégorie N, P ou R) s'il y a présence de brouillards, avec un masque complet.

Jusqu'à 50 000 ppm (127 000 mg/m³) (1 000 fois la valeur plafond)

Tout appareil de protection respiratoire à épuration d'air motorisé, à boîtier filtrant les vapeurs organiques, muni d'un pré-filtre de la série 95, 99 ou 100 (catégorie N, P ou R) s'il y a présence de brouillards, ou à adduction d'air, avec un masque complet ou une cagoule ou un casque.

À plus de 50 000 ppm (127 000 mg/m³) (au-dessus de 1 000 fois la valeur plafond)

Tout appareil de protection respiratoire autonome avec un masque complet à surpression ou à adduction d'air à surpression avec un système autonome auxiliaire.

Des informations sur les appareils de protection respiratoire sont disponibles dans le *Guide des appareils de protection respiratoire* ou sur le site Web : www.prot.resp.csst.qc.ca (http://www.prot.resp.csst.qc.ca)

Propriétés toxicologiques

Absorption (/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#Absorption) 2 21 22 23 24 25 26

Mise à jour : 2006-02-20

En milieu de travail, l'éthylène glycol est peu absorbé par les voies respiratoires et la peau, mais très bien par les voies digestives.

Toxicocinétique 2 3 22 24 27 28 29 30

Mise à jour : 2006-02-20

Absorption

Une étude par inhalation d'éthylène glycol (EG) chauffé (dose totale estimée de 0,96 et 1,51 mmole/mg/kg pendant 4 heures) chez 2 hommes rapporte une détection plasmatique et urinaire d'EG.

Lors d'une étude par inhalation d'aérosol chez l'homme (17-49 mg/m³ de 1 à 5 microns, 20-22 h/j pendant 30 jours), il n'y a pas eu d'augmentation de la quantité d'éthylène glycol (EG) détecté dans le sang et l'urine chez les individus exposés par rapport au groupe contrôle.

Chez l'animal, après avoir exposé des rats à des vapeurs et à des aérosols d'EG chauffé, on a retrouvé du dioxyde de carbone dans l'air expiré et de l'EG dans l'urine.

L'EG est peu absorbé par la peau humaine. Les résultats sont très variables entre les études. Des échantillons de peau exposée *in vitro* pendant 24 heures ont permis de montrer un taux d'absorption moyen d'environ 26,6 % après 24 heures. Les taux d'absorption rapportés lors des diverses études sont très variables de 0,09 à 118 µg/cm²/h.

L'EG serait mieux absorbé par la peau de souris que par la peau humaine.

L'absorption par ingestion est bien connue, plusieurs cas d'ingestion accidentelle ou volontaire ont été rapportés.

Distribution

L'EG est soluble dans l'eau et se distribue rapidement dans tout l'organisme.

Les concentrations sanguines rapportées lors de plusieurs cas d'empoisonnement vont de 14,5 à 650 mg/dl. Une dose létale d'environ 1,4 ml/kg a été estimée pour l'homme (environ 100 ml pour un homme de 70 kg, soit environ 1,55 g/kg).

Il traverse la barrière placentaire.

Métabolisme

Le métabolisme de l'EG est qualitativement similaire entre l'homme et les animaux (singe, chien, lapin, rat et souris) mais les différences quantitatives n'ont pas été bien étudiées.

Chez l'homme, l'EG ingéré est métabolisé au niveau du foie et des reins. Les étapes de sa transformation sont les suivantes :

oxydation en aldéhyde glycolique

oxydation de l'aldéhyde glycolique en acide glycolique et en glyoxal

oxydation de l'acide glycolique et du glyoxal en acide glyoxylique

oxydation de l’acide glyoxylique en :

acide formique (transformé en dioxyde de carbone)

glycine (transformée en dioxyde de carbone)

acide oxalique (transformé en oxalate de calcium) et

malate (p. ex. formation d’acide lactique via le cycle de l’acide citrique).

L’étape métabolique limitante est la conversion de l’EG en aldéhyde glycolique par l’alcool déshydrogénase et possiblement par le cytochrome (CYP2E1). La saturation métabolique *in vitro* chez l’humain a été estimée à 125 mg/kg par le NTP-CERHR, mais elle est différente pour les animaux.

L'acide glycolique s'accumule dans le sang parce que sa formation est plus rapide que son élimination.

Excrétion

Les principaux produits d’élimination chez l’homme et l’animal sont le dioxyde de carbone (CO_2) dans l’air expiré, ainsi que l’EG inchangé et l’acide glycolique dans l’urine.

Dans l’urine, on trouve principalement l’EG sous forme inchangée, des sels de l'acide glycolique (34 à 44 %) et de l'acide oxalique (2,3 %). On n'a pas trouvé d'aldéhyde glycolique ni d'acide glyoxylique.

Chez l’animal, après avoir exposé des rats à des vapeurs d’EG radiomarqué (32 mg/m³ pendant 30 min, chauffé à 95 °C) et à des aérosols d’EG (184 mg/m³ de 2,3 µm pendant 17 min, liquide à 150 °C), on a retrouvé du dioxyde de carbone radiomarqué dans l'air expiré (63 % pour les vapeurs et 70 % pour les aérosols); le reste de l’EG inhalé a été éliminé dans l'urine sous forme d'EG inchangée.

Demi-vie

La demi-vie dans le sang est de 3 à 8,4 heures chez l'adulte et de 2,5 heures chez l'enfant**.**

Mécanisme d’action

Les effets toxiques de l'ingestion peuvent impliquer une manifestation ou une combinaison des manifestations suivantes : le trou osmotique, l’acidose métabolique, la formation de cristaux d’oxalate de calcium. Le trou osmotique est généralement la première modification.

Les métabolites ont un rôle important dans l'action toxique de l’EG :

l’aldéhyde glycolique, le glyoxal et l’acide glycolique perturbent le métabolisme (métabolisme du glucose, synthèse des protéines, etc.)

les acides glycolique, glyoxylique et lactique contribuent à l'acidose métabolique,

l'acide oxalique forme des cristaux d'oxalate de calcium qui causent de la néphrotoxicité

Commentaires

Valeur biologique pour une population non exposée professionnellement

Acide glycolique plasmatique : 0,0044 à 0,0329 mmole/l ou 0,44 à 3,29 µmole/dl

Acide oxalique plasmatique : 0,002 à 0,0233 mmole/l ou 0,2 à 2,33 µmole/dl

---

Irritation (/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#Irritation) et Corrosion (/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#Corrosion) 21 22 23 25 26 31 32 33 34 35

Mise à jour : 2019-03-18

L’exposition à ce produit ou à ses brouillards peut causer l’irritation des yeux ainsi que des voies respiratoires et digestives.

Un contact avec les aérosols à 140 mg/m³ peut causer une irritation des yeux et des voies respiratoires (gorge). L'exposition à des concentrations supérieures à 200 mg/m³ devient intolérable due à la trop forte irritation des voies respiratoires supérieures.

Aucune irritation cutanée n’a été observée lors de tests avec le liquide chez des volontaires.

Effets aigus 2 21 22 23 25 26 27 32 33 34 35 36 37

Mise à jour : 2019-03-18

Aucune donnée en milieu de travail concernant les effets aigus de ce produit n'a été trouvée dans les sources documentaires consultées. Les effets toxiques connus chez l'humain sont les conséquences d'une ingestion accidentelle ou volontaire. Les manifestations se font en trois phases :

Phase I :
30 minutes à 12 heures après l'ingestion.
Les premiers symptômes sont des troubles digestifs tels que nausées, vomissements et douleurs abdominales. Du sang peut être présent dans les vomissures. On remarque aussi une dépression du système nerveux central se traduisant par des maux de tête, des nausées, des étourdissements, une sensation d'ébriété, de la fatigue et de la somnolence. Finalement, des troubles métaboliques telles l'hyperglycémie, l'hyperleucocytose, l'hypocalcémie et l'acidose métabolique sont habituellement présents.

Phase II :
12 à 36 heures après l'ingestion.
Durant cette phase, des signes de détresse cardiaque et pulmonaire sont observés tels de la tachycardie, de l'hypotension, des défaillances cardiaques, de la tachypnée, de la dyspnée, de l'oedème pulmonaire, de l'hyperventilation et de la cyanose.

Phase III :
24 à 72 heures après l'ingestion.
Des symptômes de dommages rénaux tels l'oligurie, l'anurie, la formation de cristaux d'oxalate de calcium, la protéinurie, la glycosurie, l'hématurie et la nécrose sont présents lors de la troisième phase.

Des problèmes neurologiques peuvent se manifester de 6 à 14 jours après l'ingestion. Ces troubles peuvent se traduire par une paralysie faciale, une dysphagie, une perte d'audition, une vision embrouillée ou taux élevé de protéines dans le cerveau. Ces problèmes seraient la conséquence de dommages aux nerfs crâniens.

Effets chroniques 2 8 21 22 23 26 33 34

Mise à jour : 2019-03-18

Des volontaires ont été exposés à l'éthylène glycol (EG) sous forme d'aérosol (1-5 µm, 3 à 67 mg/m³, 20 à 22 heures pendant 4 semaines). Aucun effet sanguin (hématologie, biochimie) ou urinaire (biochimie, présence de cristaux d'oxalate) n'a été observé chez les individus exposés, ni aucun effet sur le cerveau, le coeur et les fonctions neurocomportementales. Seuls de légers maux de dos et de tête ont été rapportés par les volontaires. La fréquence et l'incidence de ces troubles n'est toutefois pas indiquée dans l'étude.

Une étude rapporte des cas de mouvements involontaires des globes oculaires et de perte de conscience chez des travailleuses exposées pendant 1,5 à 5 ans à de l'EG chauffé (105 °C), L'étude est difficile à interpréter en raison de l'exposition concomitante à d'autres produits chimiques ainsi qu'au manque de données quantitatives concernant le degré et la durée de l'exposition. Dans une autre étude, dix hommes ont été exposés par voie cutanée dans un garage à de l'EG et au propylène glycol pendant 23 ans et ils ont présenté une acidose chronique. Par contre, l'exposition concomitante à d'autres produits chimiques rend l'étude difficile à interpréter.

Sensibilisation (/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#Sensibilisation)

Mise à jour : 2019-03-18

Aucune donnée concernant la sensibilisation respiratoire n'a été trouvée dans les sources documentaires consultées.

Le produit peut causer une sensibilisation de la peau.

Justification des effets 21 31 38 39 40 41 42

Mise à jour : 2019-03-18

Plusieurs études de sensibilisation ont été trouvées dans les sources documentaires consultées. Cependant, seulement deux se sont avérées positives chez des personnes exposées à de l'éthylène glycol dans le cadre de leur travail. La première personne vaporisait une solution d'éthylène glycol à 25 % sur des verres de contact afin d'éviter le bris du verre; l'autre trempait des lentilles pour les lunettes dans une solution à 25 %. Des tests cutanés fermés ont été effectués à des concentrations de 3 % pour l'un et de 5 % pour l'autre. Les tests cutanés (patch) se sont avérés positifs dans les deux cas, mais les auteurs ne rapportent pas de donnée concernant l'atopie des travailleuses.

Une étude rapporte une réaction cutanée de nature allergique chez 1 % des 1 556 patients atteints d'eczéma testés avec l'éthylène glycol par un département de dermatologie. Il n'y a aucune donnée concernant l'exposition et l'atopie des patients.

Une autre étude rapporte de la sensibilisation cutanée chez moins de 1 % des 401 volontaires testés pour l'irritation et la sensibilisation avec l'éthylène glycol liquide mais la réponse n'a pas été confirmée lors d'un second test de provocation.

Deux études de sensibilisation cutanée (maximisation chez le cobaye (GPMT)) ont donné des résultats négatifs.

Sensibilisation croisée 34

L'éthylène glycol peut causer de la sensibilisation croisée avec le propylène glycol chez l'humain.

Effets sur le développement (/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#Développement (Effets sur le)) 43 44

Mise à jour : 2006-02-20

Il traverse le placenta chez l'animal.

Les données ne permettent pas de faire une évaluation adéquate de l'effet prénatal.

Les données ne permettent pas de faire une évaluation adéquate de l'effet postnatal.

Justification des effets 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64

Placenta

Thornburg et al. (1977) ont rapporté une perméabilité placentaire chez le cochon d'Inde (injection intraveineuse d'éthylène glycol radiomarqué; entre 30 et 65 jours de la gestation).

Bissonnette et al. (1979) ont rapporté un indice de transfert placentaire (rapport sanguin foetus/mère) de 0,35 chez le cochon d'Inde et de 0,12 chez la brebis, comparativement à 1,00 pour l'eau (injection d'éthylène glycol radiomarqué dans l'artère utérine; gestation entre 55 et 65 jours pour le cochon d'Inde et de 115 à 120 jours pour les brebis).

Carney et al. (1998 cités par CERHR) ont fait une étude préliminaire concernant la distribution de l'éthylène glycol et de ses métabolites dans le sang et les liquides extra-embryonnaires (entourant l'embryon) du rat et du lapin (gavage; 0, 500 et 2 500 mg/kg; jour 10 pour le rat et 9 pour le lapin). L'éthylène glycol et l'acide glycolique ont été décelés dans le sang maternel et le liquide extra-embryonnaire à 1 et 3 heures après l'administration.

Développement prénatal

Études chez l'animal

Études par inhalation

Les études par inhalation ont été faites exclusivement par exposition à des aérosols, nous n'avons pas trouvé d'étude ayant évalué les effets d'une exposition aux vapeurs.

Tyl et al. (1995) ont effectué une étude chez le rat et la souris (exposition de tout le corps; aérosol avec un diamètre aérodynamique moyen de 2,3 µm; 0, 150, 1 000 et 2 500 mg/m³ durant 6 h/j; jours 6 à 15 de la gestation). Chez le rat, une diminution significative du poids du foie (absolu et relatif) a été observée à 2 500 mg/m³ chez les mères alors qu'une augmentation significative des variations du degré d'ossification a été rapportée pour les ratons exposés à 1 000 et 2 500 mg/m³. Chez la souris, les effets sont plus importants. Il y a eu une diminution significative du poids corporel durant la gestation et du poids de l'utérus chez les mères à 1 000 et 2 500 mg/m³. Un effet embryotoxique a été observé à 1 000 et 2 500 mg/m³ chez les souriceaux (diminution significative du poids, de la proportion des mâles, du pourcentage des vivants; augmentation significative des implants non viables par portée, des malformations et des variations externes viscérales et squelettiques). Une augmentation significative des variations externes viscérales et squelettiques a été rapportée également à 150 mg/kg. Signalons que les auteurs indiquent que l'ingestion peut avoir contribué à l'absorption dans un pourcentage de 65 à 95 %.

Tyl et al. (1995) ont effectué une étude chez la souris (exposition nasale; aérosol avec un diamètre aérodynamique moyen de 2,6 µm; 0, 500, 1 000 et 2 500 mg/m³ durant 6 h/j; jours 6 à 15 de la gestation). Aucune toxicité maternelle n'a été observée à l'exception d'une augmentation significative du poids des reins à 1 000 et 2 500 mg/m³, mais sans lésion. Il y a eu une diminution significative du poids corporel des souriceaux aux mêmes doses, sans autre effet toxique. Un groupe additionnel par inhalation (exposition de tout le corps; 0 et 2 100 mg/m³ durant 6 h/j; jours 6 à 15 de la gestation) était également inclus. Les auteurs ont rapporté une diminution significative du poids de l'utérus, ainsi qu'une augmentation significative des implants non viables et des malformations squelettiques, une diminution significative du poids et du pourcentage de souriceaux vivants.

Étude percutanée

Une étude a été faite par Tyl et al. (1995) chez la souris (sous occlusion; 0, 404, 1 677 et 3 549 mg/kg; jours 6 à 15 de la gestation). Une augmentation non significative de la toxicité rénale et une augmentation significative du poids corporel durant la gestation ont été rapportées chez les mères exposées à la plus forte dose. Il n'y a pas eu d'effet significatif sur le développement (corps jaunes par mère, implants par portée, implants viables ou non viables par portée, perte préimplantation par portée, vivants par portée, poids, proportion des sexes, malformations (externes, viscérales, squelettiques), variations squelettiques) à l'exception d'une augmentation significative des variations squelettiques à 3 549 mg/kg. Selon les auteurs, les variations squelettiques pourraient avoir été le résultat du stress causé lors de l'expérimentation.

Études par ingestion

Exposition via l'alimentation ou l'eau de boisson

Maronpot et al. (1983) ont effectué une étude via l'alimentation chez le rat (0, contrôle positif par injection d'hydroxyurée, 0,04, 0,2 et 1,0 g/kg/j; jours 6 à 15 de la gestation). Il n'y a pas eu de toxicité maternelle, ni d'effet sur de développement (nombre de vivants, mortalité, corps jaunes, implantations, résorptions, malformations (externes, internes et squelettiques), poids et longueur) aux doses testées à l'exception d'une augmentation significative d'une faible ossification à 1,0 g/kg/j.

Lamb et al. (1985) ont fait une étude de « Fertility Assessment by Continuous Breeding » via l'eau de consommation chez la souris (0, 0,25, 0,5 et 1,0 % soit 0, 410, 840 et 1 640 mg/kg/j). Il n'y a pas eu de toxicité reliée au traitement (consommation, poids, signes cliniques). Des effets ont été observés à 1,0 % : une diminution significative du nombre de portées/couple, du nombre de souriceaux vivants ainsi que du poids corporel. Un effet sur la fertilité a été observé à 1,0 % (diminution significative du nombre de portées par couple fertile, des vivants par portée et du poids moyen des portées). Il y a eu une augmentation non significative d'anomalies faciales et squelettiques pour les souriceaux.

Exposition par gavage

Schuler et al. (1984) ont fait une étude à court terme chez la souris (0 et 11 090 mg/kg; jours 7 à 14 de la gestation). Il y a eu une importante toxicité maternelle (10 % de mortalité) et de l'embryotoxicité (diminution significative du pourcentage de viables par portée à la naissance, augmentation significative du pourcentage de morts par portée à la naissance, du poids, diminution significative du pourcentage de survie, diminution significative du poids).

Price et al. (1985) ont fait une étude chez le rat (0, 1 250, 2 500 et 5 000 mg/kg/j; jours 6 à 15 de la gestation) et la souris (0, 750, 1 500 et 3 000 mg/kg/j; jours 6 à 15 de la gestation). Il y a eu de la toxicité maternelle chez le rat (1 250, 2 500 et 5 000 mg/kg : une diminution significative du gain pondéral au cours de la grossesse; 2 500 et 5 000 mg/kg : une diminution significative du poids de l'utérus gravide et une augmentation significative de la consommation d'eau, etc.) ainsi que de l'embryotoxicité et des malformations chez les ratons à 2 500 et 5 000 mg/kg (diminution significative du poids et du nombre de ratons, augmentation significative du pourcentage de ratons malformés par portée et des portées ayant une ou plusieurs malformations). Une toxicité maternelle a également été observée chez la souris à 1 500 et 3 000 mg/kg/j (diminution significative du gain pondéral au cours de la gestation et du poids de l'utérus gravide) ainsi qu'un effet embryotoxique et des malformations chez les ratons aux trois doses testées (diminution significative du poids, augmentation significative du pourcentage de ratons malformés par portée et des portées ayant une ou plusieurs malformations).

Myers et al. (1988) ont entrepris une étude chez deux souches de rat (0, 2 500 et 5 000 mg/kg/j; jours 6 à 15 de la gestation). Il y a eu de la toxicité maternelle (diminution significative du poids) aux deux doses testées pour les deux souches. Ils rapportent également une toxicité sur le développement : augmentation significative des malformations (externes et squelettiques) et augmentation de l'embryotoxicité (augmentation des résorptions, diminution du nombre de foetus et diminution du poids) aux deux doses testées pour les deux souches Il s'agit d'un résumé d'étude dans lequel plusieurs paramètres ne sont pas rapportés.

Tyl et al. (1989) rapportent l'absence de toxicité maternelle aux doses testées et l'augmentation des malformations et des variations squelettiques à 500 et 1 500 mg/kg chez la souris (gavage; 0, 50,0, 150,0, 500,0 et 1 500,0 mg/kg/j; jours 6 à 15 de la gestation). Il s'agit d'un résumé d'étude dans lequel plusieurs paramètres ne sont pas rapportés.

Une étude de Longzhan et al. (1989) chez le rat (0, 253, 638, 858, 1 073 et 1 595 mg/kg/j; jours 6 à 15 de la gestation) rapporte une augmentation significative de l'embryotoxicité (poids et longueur) et des malformations (exencéphalie, gastrochisis, fente labiale, côtes) aux doses égales ou supérieures à 858 mg/kg. Il s'agit d'un résumé dans lequel les données rapportées sont insuffisantes, notamment la toxicité maternelle et le nombre d'animaux.

Bates et al. (1988) ont étudié les conséquences de l'exposition chez le rat (0, 250, 1 250 et 2 250 mg/kg/j; jours 6 à 20 de la gestation). Il y a eu une augmentation de la néphrotoxicité et une augmentation significative de la durée de la gestation à 1 250 et 2 250 mg/kg ainsi qu'une diminution significative du poids du corps, de l'utérus et des reins au cours de la gestation. En ce qui concerne le développement, les auteurs ont rapporté : une diminution significative du poids des reins à 1 250 mg/kg; une diminution significative du poids du corps, des reins et de l'utérus ainsi qu'une augmentation significative des portées avec des ratons malformés (notamment des malformations squelettiques et de l'hydrocéphalie) à 2 250 mg/kg.

Tyl et al. (1993) ont étudié les effets de l'administration chez le lapin (0, 100, 500, 1 000 et 2 000 mg/kg/j; jours 6 à 19 de la gestation). Il y a eu de la toxicité maternelle uniquement à 2 000 mg/kg/j (environ 42 % de mortalité, néphrotoxicité). Il n'y a pas eu d'effet sur le développement (implantation, résorption, poids, malformation).

Une étude par gavage chez le rat (0, 150, 500, 1 000 et 2 500 mg/kg/j; jours 6 à 15 de la gestation) et la souris (0, 50, 150, 500 et 1 500 mg/kg/j; jours 6 à 15 de la gestation) a été faite par Neeper-Bradley et al. (1995). Chez le rat, une diminution significative du poids corporel durant et à la fin de la gestation, une diminution du poids de l'utérus gravide, une augmentation significative du poids des reins et du foie ont été rapportées à 2 500 mg/kg. Une diminution significative du poids foetal a été rapportée à 1 000 et 2 500 mg/kg. Il y a eu une augmentation significative des malformations/variations squelettiques (côtes surnuméraires, fusion costale, absence ou faible ossification) aux mêmes doses, ainsi qu'une augmentation significative des malformations externes et viscérales (notamment l'hydrocéphalie, l'hernie ombilicale, le gastrochisis) à 2 500 mg/kg. Chez la souris, il n'y a pas eu de toxicité maternelle alors que chez les souriceaux il y a eu une baisse significative du poids corporel et une augmentation significative des variations squelettiques individuelles à 1 500 mg/kg.

Développement postnatal

Une étude de reproduction sur 3 générations par la voie orale a été effectuée par DePass et al. (1986) sur le rat (alimentation; 0, 0,04, 0,2 et 1,0 g/kg/j; 100 j préaccouplement + gestation + lactation (parents) et du sevrage à la maturité pour la première et la seconde génération). Aucun signe de toxicité n'a été observé (alimentation, poids, mortalité) ainsi qu'aucun effet sur la performance reproductrice (indices de fertilité, de gestation et de survie, poids durant la lactation, délai entre le premier accouplement et la première portée) et l'analyse histopathologique.

Price et al. (1989) ont étudié les conséquences postnatales de l'exposition prénatale chez le rat (gavage; 0, 250, 1 250 et 2 250 mg/kg/j; jours 6 à 20 de la gestation). Il y a eu une augmentation significative de la toxicité maternelle à 1 250 et 2 250 mg/kg et une augmentation significative des effets sur le développement à 2 250 mg/kg. Les auteurs ont évalué les effets postnataux au moyen d'une série de tests : croissance pondérale (corps et organes), viabilité, maturité sexuelle, activité locomotrice, apprentissage, paramètres morphologiques. À 2 250 mg/kg, une diminution significative du poids du corps, des reins et du cerveau a été observée au jour postnatal 22, ainsi qu'une diminution significative du poids du cerveau au jour 63. Il n'y a pas eu d'effet néfaste sur les autres paramètres évalués.

Marr et al. (1992) ont entrepris une étude chez le rat afin de cerner les conséquences postnatales des atteintes squelettiques résultant de l'exposition prénatale (gavage; 0 et 2 500 mg/kg; jours 8 à 15 de la gestation). Ils ont rapporté une diminution significative du poids corporel maternel durant la gestation. Il y a eu une diminution significative du poids corporel des ratons aux jours 18 et 21 de la gestation ainsi qu'au premier jour postnatal. Il y a eu une augmentation significative des malformations squelettiques aux jours 18 et 21 de la gestation ainsi qu'aux jours postnataux 1, 4, 14, 21 et 63. Cependant, la diminution pondérale n'était plus significative à partir du quatrième jour postnatal alors que le pourcentage des portées ayant des malformations squelettiques avait diminué de 100 % à 80 % entre le jour 21 et le jour 63, et celui des malformés par portée était passé de 87 à 25 %. Les auteurs suggèrent que les anomalies squelettiques observées ne sont pas permanentes.

Notes :

Selon le CERHR Expert Panel (2004) :

l'éthylène glycol n'est pas directement responsable de la toxicité sur le développement. Celle-ci résulterait de l'accumulation de l'acide glycolique qui est un métabolite de l'éthylène glycol.

la saturation métabolique *in vitro* chez l'humain de l'acide glycolique a été estimée à 125 mg/kg, et à 500 mg/kg chez le rat.

le Comité d'experts a élaboré 2 scénarios d'exposition humaine :

une exposition professionnelle par inhalation à 188 mg/m³ (irritation) pendant 15 min qui cause une charge de 0,8 mg/kg de poids corporel pour 15 min (21 l/min, poids de 70 kg)

une exposition professionnelle par inhalation à 10 mg/m³ (données médianes estimées lors de déglaçage) pendant 480 min. qui cause une charge totale de 1,4 mg/kg de poids corporel pour 8 h (21 l/min, poids de 70 kg),

la comparaison de l'exposition associée à ces scénarios aux doses pour lesquelles il est estimé que puisse se produire la saturation du métabolisme humain (125 mg/kg), indique que toutes les expositions humaines prévues sont de 100 à 1 000 fois inférieures à celle requise pour obtenir la saturation.

le CERHR juge que la possibilité d'un effet néfaste sur le développement est négligeable à de tels niveaux d'exposition.

D'autres opinions ainsi que des estimations quantitatives du risque toxique pour le développement ont été publiées. Nous vous suggérons de vous référer aux études suivantes : Jankovic et Drake, 1996; Deutsche Forschungsgemeinschaft, 2004; CERHR Expert Panel (2004).

Effets sur la reproduction (/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#Reproduction (Effets sur la)) 24

Mise à jour : 2006-02-20

Plusieurs études chez plusieurs espèces animales suggèrent l'absence d'effet sur la reproduction.

Justification des effets 24 53 55 65 66 67 68

Lamb et al. (1985) ont fait une étude de « Fertility Assessment by Continuous Breeding » par ingestion chez la souris (eau de consommation; 0, 0,25, 0,5 et 1,0 % soit 0, 410, 840 et 1 640 mg/kg/j). Il n'y a pas eu de toxicité reliée au traitement (consommation, poids, signes cliniques). Une diminution significative du nombre de portées/couple a été observée à 0,1 %. Un effet sur la fertilité a été observé à 1,0 % (diminution significative du nombre de portées par couple fertile). Il y a eu une diminution de la performance reproductrice de la première génération (diminution significative du % de femelles accouplées par couple, du % de gestantes par couple et du % de gestantes par accouplées). Malgré la qualité de l'étude, aucune étude histologique des tissus reproducteurs et aucune analyse spermatique n'a été faite.

L'étude de Lamb et al. (1985) chez la souris a été reprise et poursuivie par Gulati et al. (1986) avec des doses plus élevées (eau de consommation; 0, 0,5, 1,0 et 1,5 % soit 0, 897, 1 798 et 2 826 mg/kg/j). Chez les parents, il n'y a eu aucun effet sur la fertilité aux doses testées, mais à 1,5 % il y a eu une diminution significative du pourcentage de spermatozoïdes motiles et une augmentation significative des anomalies spermatiques. Il y a eu une diminution significative du poids des souriceaux femelles à toutes les doses; à 1,5 % il y a eu une diminution significative du nombre de vivants par portée, du poids des mâles et du poids du foie des femelles. La première génération a été affectée par une diminution significative : du compte spermatique (0,5 et 1,0 %; mais non significative à 1,5 %), du % de motilité des spermatozoïdes (0,5 et 1,0 %), du poids des testicules à toutes les doses, du poids des épididymes à 1,5 %, du poids relatif des testicules et des épididymes (1,0 et 1,5 %), du poids du foie à 1,5 %, et finalement du poids corporel à toutes les doses. Il n'y a eu aucun effet sur le cycle oestral. L'analyse histologique a montré des lésions au niveau des épididymes des parents et des souriceaux de la première génération à 1,5 %. Il n'y a pas eu de problème de fertilité pour les souriceaux de la première génération. Donc, il y a un effet testiculaire et spermatique à 1,5 % mais aucun effet sur le système reproducteur femelle. Des lésions rénales ont également été observées chez la majorité des mâles (60 %) de la première génération exposés à 1,5 %. Cette étude permet donc de confirmer les résultats de la précédente étude.

Une étude sur 3 générations par l'administration orale a été effectuée par DePass et al. (1986) sur le rat (alimentation; 0, 0,04, 0,2 et 1,0 g/kg/j; 100 j préaccouplement + gestation + lactation (parents) et sevrage à maturité pour la première et la seconde génération). Aucun signe de toxicité n'a été observé (alimentation, poids, mortalité) ainsi qu'aucun effet sur la performance reproductrice (indices de fertilité, de gestation et de survie, poids durant la lactation, délai entre le premier accouplement et la première portée) et l'analyse histopathologique.

Harris et al. (1992) ont fait une étude à court terme de 21 jours concernant la toxicité du développement et la reproduction chez la souris (gavage; 0, 250, 700 et 2 500 mg/kg/j). Il n'y a pas eu d'effet significatif concernant les paramètres évalués tant chez les mâles (poids des testicules et des épididymes, nombre et motilité des spermatozoïdes) que les femelles (nombre de gestantes, nombre d'implants par femelle, nombre d'implants morts par femelle, nombre total des implants).

Système reproducteur

Étude chez la femelle

Bolon et al. (1997) ont effectué une analyse de la toxicité ovarienne pour plusieurs produits utilisés dans le cadre du programme « Reproductive Assessment by Continuous Breeding (RACB) » du NTP, notamment l'étude de Gulati et al. (1986). Ils n'ont pas observé d'effet sur le nombre de follicules ovariens des souris exposées à l'éthylène glycol.

Étude chez le mâle

Nagano et al. (1979) n'ont pas observé de modification significative du poids des testicules et des glandes ni de modification hématologique chez les rats suite à l'exposition par ingestion (0, 500, 1 000, 2 000 & 4 000 mg/kg; 5 j/sem. pendant 5 sem.).

Données sur le lait maternel (/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#Lait maternel (Données sur le))

Mise à jour : 2015-08-31

Il n'y a aucune donnée concernant l'excrétion ou la détection dans le lait.

Effets cancérogènes (/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#Cancérogène (Effet)) 74

Mise à jour : 2006-02-20

Évaluation de l'A.C.G.I.H. : Substance non classifiable comme cancérogène pour l'homme (groupe A4).

Justification des effets 34 69 70 71 72 73

L'ACGIH (2005) classifie l'éthylène glycol Substance non classifiable comme cancérogène pour l'homme (groupe A4). L'organisme considère que les données humaines et animales ne fournissent pas d'évidence de la cancérogénicité de l'éthylène glycol.

Effets cancérogènes

Étude chez l'humain

Une étude du type cas-témoin de la mortalité par cancer rénal a été effectuée par Bond et al. (1985) dans une usine chimique. Il n'y avait pas d'association avec l'éthylène glycol, le nombre de cas était faible et il y avait exposition à plusieurs produits chimiques

Études chez l'animal

Études par ingestion

Aucun effet sur les organes n'a été observé par Blood et al. (1962) lors d'une étude de toxicité chronique par la voie orale chez le singe (alimentation; 0,2 % pour les mâles et 0,3 % pour les femelles pendant 2 ans). Les données sont insuffisantes car seulement 3 animaux ont été utilisés et il n'y avait pas de groupe contrôle.

Aucune lésion pathologique et aucun effet clinique n'ont été observés lors d'une étude de toxicité chronique et de cancérogénicité par voie orale chez le rat et la souris (alimentation; 0, 0,4, 0,2 et 1,0 g/kg/j pendant 24 mois) faite par DePass et al. (1986).

Aucun effet cancérogène n'a été observé lors d'une étude du NTP (1993) faite par ingestion chez la souris (alimentation; 0, 6 250, 12 500 et 25 000 ppm chez les mâles, 0, 12 500, 25 000 et 50 000 ppm chez les femelles pendant 2 ans, soit une consommation quotidienne de 1 500, 3 000 et 6 000 mg/kg/j pour les mâles et 3 000, 6 000 et 12 000 mg/kg/j pour les femelles).

Études par une voie non usuelle

Mason et al. (1971) n'ont pas observé d'augmentation des tumeurs chez les rats mâles et femelles (administration sous-cutanée; 0, 30, 100, 300 et 1 000 mg/kg; 2 fois/sem. pendant 1 an).

Dunkelberg (1987), cité par Deutsche Forschungsgemeinschaft Kommission zur Prüfung Gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe n'a pas trouvé de tumeur suite à l'injection sous-cutanée chez la souris (0, 3, 10 et 30 mg/animal, 1 fois/sem. pendant 2 ans). Il s'agit d'un résumé incomplet.

Effets mutagènes (/section-glossaire/glossaire/Pages/glossaire.aspx#Mutagène (Effet))

Mise à jour : 2006-02-20

Les données ne permettent pas de faire une évaluation adéquate de l'effet mutagène.

Justification des effets 44 52 53 54 69 75 76 77 78 79 80

Effet mutagène héréditaire / sur cellules germinales

Étude chez l'animal

Une augmentation significative de la mortalité après implantation à 120 et 1 200 mg/kg a été obtenue par Barilyak et Kozachul en 1985 dans une étude de dominance létale chez le rat (pureté non rapportée; gavage; 0, 12, 120 et 1 200 mg/kg). Un test de dominance létale par ingestion s'est avéré négatif (pureté de 99,93 %; alimentation; 0, 0,04, 0,2 et 1,0 g/kg/j) chez le rat (DePass et al., 1986). Selon Depass et al. (1986), le degré de pureté différent entre les deux études pourrait expliquer la différence des résultats obtenus.

Effet sur cellules somatiques

Études chez l'animal

Conan et al. (1979) n'ont pas observé d'augmentation significative des aberrations chromosomiques sur la moelle osseuse des souris suite à l'administration (injection intrapéritonéale; 0 et 2,5 ml/kg). Un résultat positif a été obtenu par Barilyak et Kozachul (1985) lors d'un test d'aberrations chromosomiques sur la moelle osseuse de rats mâles (gavage; 0 et 1 200 mg/kg) mais une seule dose a été utilisée. Il n'y a pas eu d'augmentation significative des aberrations chromosomiques sur la moelle osseuse de la souris (voie non spécifiée, 0, 253 à 1 595 mg/kg) lors de l'étude de Longzhan et al. (1989).

Il n'y a pas eu d'augmentation significative des échanges de chromatides soeurs sur la moelle osseuse de la souris (voie non spécifiée; 0, 0,14 à 1,5 g/kg) lors de l'étude de Longzhan et al. (1989).

Il n'y a pas eu d'augmentation significative des micronoyaux de la souris (voie non spécifiée; 0, 253 à 1 595 mg/kg) dans une étude de Longzhan et al. (1989). Des résultats douteux ont été obtenus par Conan et al. (1989) dans le test des micronoyaux sur les érythrocytes de la souris par voie orale (0, 2,5, 3,125, 6,25 et 12,5 ml/kg) et par injection (intrapéritonéale; 0, 1,25, 2,5 et 6,25 ml/kg).

Études *in vitro*

Novogrodsky et al. (1982) ont montré que l'éthylène glycol peut inhiber l'incorporation de la thymidine induite par l'acétate et myristate de phorbol sur les lymphocytes.

L'éthylène glycol a causé une inhibition de la coopération métabolique lors de deux tests sur des cellules de hamster (Chen et al., 1984; Loch-Caruso et al., 1984).

Un résultat négatif a été obtenu lors de deux études de mutation génique sur des cellules du lymphome de la souris en présence ou en absence d'un système d'activation (McGregor et al., 1991; NTP, 1993).

Une étude d'aberrations chromosomiques et une étude d'échange des chromatides soeurs se sont avérées négatives en présence ou en absence d'un système d'activation (NTP, 1993).

Interaction 3 81 82

Mise à jour : 2006-02-20

Il existe peu de données en milieu de travail concernant l'interaction de l'éthylène glycol et l'exposition à d'autres produits.

Humain (ingestion)

Diminution :

L'administration d'éthanol diminue les effets de l'intoxication aiguë de l'ingestion d'éthylène glycol en compétitionnant avec l'alcool déshydrogénase (ADH), ce qui prévient la formation de métabolites toxiques

L'administration de méthyl-4 pyrazole diminue les effets de l'intoxication aiguë de l'ingestion d'éthylène glycol en inhibant l'activité de l'alcool déshydrogénase (ADH)

L'administration de 1,3-butanediol diminue les effets de l'intoxication aiguë de l'ingestion d'éthylène glycol en inhibant sa transformation et réduisant la formation d'acide glycolique.

Animal (rat)

Diminution :

L'ingestion de vitamine B6 accélère l'oxydation du glyoxylate en dioxyde de carbone plutôt qu'en oxalate de calcium, ce qui cause une protection partielle contre le dépôt rénal d'oxalate

L'ingestion d'oxyde de magnésium prévient le dépôt rénal d'oxalate de calcium.

Augmentation :

L'éthanol augmente l'excrétion de l'éthylène glycol dans l'urine et diminue l'excrétion de l'acide oxalique

La déficience en vitamine B6 inhibe l'oxydation de l'éthylène glycol en dioxyde de carbone ce qui cause une augmentation de la toxicité de l'éthylène glycol.

Dose létale 50 et concentration létale 50 2 21 23 26 31 34 35 83

Mise à jour : 2019-03-18

DL_{50}

Rat (femelle) (Orale) :	4,0 g/kg
Rat (Orale) :	6,1 g/kg
Rat (Orale) :	7,7 g/kg
Rat (Orale) :	8,5 g/kg
Souris (Orale) :	7,5 g/kg
Souris (Orale) :	8,2 g/kg
Souris (Orale) :	14,5 g/kg
Souris (Orale) :	15,3 g/kg
Lapin (Cutanée) :	9,5 g/kg
Lapin (Cutanée) :	10,6 g/kg

CL_{50}

Rat :	> 1,531 mg/l pour 4 heures
Rat :	2,725 mg/l pour 4 heures
Lapin :	2,725 mg/l pour 4 heures

Premiers secours

Premiers secours 2

Mise à jour : 2019-03-18

Inhalation
En cas d'inhalation, amener la personne dans un endroit aéré. Appeler le Centre antipoison ou un médecin en cas de malaise. Si la personne ne respire pas, lui donner la respiration artificielle.

Contact avec les yeux
Rincer abondamment les yeux avec de l'eau pendant 5 minutes ou jusqu'à ce que le produit soit éliminé. Enlever les lentilles cornéennes s'il est possible de le faire facilement. Si l'irritation persiste, consulter un médecin.

Contact avec la peau
Rincer la peau avec de l'eau.

Ingestion
Rincer la bouche avec de l'eau. Appeler immédiatement le Centre antipoison ou un médecin.

Réglementation

Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST) 15

Mise à jour : 1999-11-01

Valeurs d'exposition admissibles des contaminants de l'air

Valeur plafond (P) :

50 ppm 127 mg/m³

Notations et remarques (/Pages/notations-remarques.aspx)

RP Substance dont la recirculation est prohibée

Horaire non conventionnel (/Pages/horaires-non-conventionnels.aspx)

Aucun (I-a)

Commentaires : Valeur pour la vapeur et le brouillard.

Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT) (/simdut/)

Classification selon le SIMDUT 2015 - Note au lecteur (/prevention/reptox/Pages/avis-lecteur-classification-simdut-2015.aspx)

Mise à jour : 2020-01-29

Toxicité aiguë - orale - Catégorie 4 1 2 21 25 83

Toxicité pour certains organes cibles - exposition unique - Catégorie 1 2 21 23 25 26 34 35

Toxicité pour certains organes cibles - exposition unique (irritation des voies respiratoires) - Catégorie 3 - Irritation des voies respiratoires 2 21 25



Danger

Nocif en cas d'ingestion (H302)
Risque avéré d'effets graves pour les organes (H370)
Peut irriter les voies respiratoires (H335)

Divulgation des ingrédients (/prevention/reptox/simdut-2015/Pages/seuil-divulgation.aspx)

Références

▲1. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, *Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices / Documentation of TLV's and BEI's.* 7th ed. Cincinnati, Ohio : ACGIH. (2001-). Publication #0100Doc. [RM-514008 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RM-514008)] http://www.acgih.org (http://www.acgih.org)

▲1. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, *Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices / Documentation of TLV's and BEI's.* 7th ed. Cincinnati, Ohio : ACGIH. (2001-). Publication #0100Doc. [RM-514008 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RM-514008)] http://www.acgih.org (http://www.acgih.org)

▲2. France. Institut national de recherche et de sécurité, *Fiche toxicologique no 25 : Éthylène glycol.* Cahiers de notes documentaires. Paris : INRS. (2016). [RE-005509 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RE-005509)] http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html (http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html) http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_25 (http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_25)

▲2. France. Institut national de recherche et de sécurité, *Fiche toxicologique no 25 : Éthylène glycol.* Cahiers de notes documentaires. Paris : INRS. (2016). [RE-005509 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RE-005509)] http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html (http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html) http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_25 (http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_25)

▲2. France. Institut national de recherche et de sécurité, *Fiche toxicologique no 25 : Éthylène glycol.* Cahiers de notes documentaires. Paris : INRS. (2016). [RE-005509 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RE-005509)] http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html (http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html) http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_25 (http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_25)

▲2. France. Institut national de recherche et de sécurité, *Fiche toxicologique no 25 : Éthylène glycol.* Cahiers de notes documentaires. Paris : INRS. (2016). [RE-005509 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RE-005509)] http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html (http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html) http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_25 (http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_25)

▲2. France. Institut national de recherche et de sécurité, *Fiche toxicologique no 25 : Éthylène glycol.* Cahiers de notes documentaires. Paris : INRS. (2016). [RE-005509 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RE-005509)] http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html (http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html) http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_25 (http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_25)

▲2. France. Institut national de recherche et de sécurité, *Fiche toxicologique no 25 : Éthylène glycol.* Cahiers de notes documentaires. Paris : INRS. (2016). [RE-005509 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RE-005509)]
http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html (http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html)
http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_25
(http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_25)

▲3. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, *Toxicological profile for ethylene glycol and propylene glycol.* Atlanta, Ga. : ATSDR. (1997). [MO-006490 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=MO-006490)]
http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/ (http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/)
http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp96.html (http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp96.html)

▲3. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, *Toxicological profile for ethylene glycol and propylene glycol.* Atlanta, Ga. : ATSDR. (1997). [MO-006490 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=MO-006490)]
http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/ (http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/)
http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp96.html (http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp96.html)

▲3. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, *Toxicological profile for ethylene glycol and propylene glycol.* Atlanta, Ga. : ATSDR. (1997). [MO-006490 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=MO-006490)]
http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/ (http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/)
http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp96.html (http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp96.html)

▲4. Bohnet, M. et al., *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry.* 7th. Wiley InterScience (John Wiley & Sons). (2003-).
http://www3.interscience.wiley.com (http://www3.interscience.wiley.com) (http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/mrwhome/104554801/HOME (http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/mrwhome/104554801/HOME))

▲4. Bohnet, M. et al., *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry.* 7th. Wiley InterScience (John Wiley & Sons). (2003-).
http://www3.interscience.wiley.com (http://www3.interscience.wiley.com) (http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/mrwhome/104554801/HOME (http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/mrwhome/104554801/HOME))

▲4. Bohnet, M. et al., *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry.* 7th. Wiley InterScience (John Wiley & Sons). (2003-).
http://www3.interscience.wiley.com (http://www3.interscience.wiley.com) (http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/mrwhome/104554801/HOME (http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/mrwhome/104554801/HOME))

▲5. Environnement Canada et Santé Canada, *Liste des substances d'intérêt prioritaire : état de la science : éthylène glycol.* Loi canadienne sur la protection de l'environnement. Ottawa : Ministère des Travaux publics et des Services gouvernementaux Canada. (2000). www.ec.gc.ca (http://www.ec.gc.ca)
http://www.hc-sc.gc.ca/hecs-sesc/dse/lsip2.htm (http://www.hc-sc.gc.ca/hecs-sesc/dse/lsip2.htm)
http://www.ec.gc.ca/substances/ese/fre/pesip/public/reports/ethyleneglycol_f.pdf
(http://www.ec.gc.ca/substances/ese/fre/pesip/public/reports/ethyleneglycol_f.pdf)

▲6. Kroschwitz, J.I., *Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology : Foams to Groundwater Monitoring.* Vol. 12, 5th ed. Hoboken, N.J. : John Wiley & Sons. (2004-). [RT-423004 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RT-423004)]

▲7. O'Neil, M.J., Smith, A. et Heckelman, P.E., *The Merck index : an encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals.* 13th ed. Cambridge, MA : Cambridge Soft; Merck & CO. (2001). [RM-403001 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RM-403001)]

▲8. Patty, F.A., Harris, R.L. et Ayer, H.E., *Patty's industrial hygiene.* A Wiley-Interscience publication, 5th ed. New York ; Toronto : John Wiley & Sons. (2000). [RM-214007 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RM-214007)]

▲8. Patty, F.A., Harris, R.L. et Ayer, H.E., *Patty's industrial hygiene.* A Wiley-Interscience publication, 5th ed. New York ; Toronto : John Wiley & Sons. (2000). [RM-214007 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RM-214007)]

▲9. Vincoli, J.W., *Risk management for hazardous chemicals : A-F.* Vol. 1. Boca Raton : Lewis Publishers. (1997). [RM-515112 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RM-515112)]

▲10. Hansch, C., Leo, A. et Hoekman, D., *Exploring QSAR : hydrophobic, electronic and steric constants.* ACS professional reference book, Vol. 2. Washington (D.C.) : American Chemical Society. (1995). [MO-005935 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=MO-005935)]

▲11. National Fire Protection Association, *Fire protection guide to hazardous materials.* 13th ed. Quincy, Mass. : NFPA. (2002). [RR-334001 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RR-334001)]

▲11. National Fire Protection Association, *Fire protection guide to hazardous materials.* 13th ed. Quincy, Mass. : NFPA. (2002). [RR-334001 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RR-334001)]

▲12. National Institute for Occupational Safety and Health, *NIOSH pocket guide to chemical hazards.* 3 ed. Cincinnati, Ohio : NIOSH. (2019). [RM-514001 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RM-514001)]
https://www.cdc.gov/niosh/npg/default.html (https://www.cdc.gov/niosh/npg/default.html)

▲13. Transports Canada, Sécurité et Sûreté, *Guide des mesures d'urgence.* Washington (D.C.) : Direction générale du transport des matières dangereuses. (2004). [RR-775004 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RR-775004)]
http://www.tc.gc.ca/canutec/fr/guide/guide.htm (http://www.tc.gc.ca/canutec/fr/guide/guide.htm)

▲14. Drolet, D. et Beauchamp, G, *Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail.* Études et recherches / Guide technique, 8ème éd. revue et mise à jour. Montréal : IRSST. (2012). T-06. [MO-220007 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=MO-220007)] http://www.irsst.qc.ca (http://www.irsst.qc.ca/)
http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/t-06.pdf (http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/t-06.pdf)

▲15. *Règlement sur la santé et la sécurité du travail [S-2.1, r. 13].* Québec : Éditeur officiel du Québec. [RJ-510071 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RJ-510071)] http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/S-2.1,%20r.%2013 (http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/S-2.1,%20r.%2013)

▲15. *Règlement sur la santé et la sécurité du travail [S-2.1, r. 13].* Québec : Éditeur officiel du Québec. [RJ-510071 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RJ-510071)] http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/S-2.1,%20r.%2013 (http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/S-2.1,%20r.%2013)

▲16. *Loi sur la santé et la sécurité du travail [L.R.Q., chapitre S-2.1].* Québec : Éditeur officiel du Québec. (2004). [RJ-500018 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RJ-500018)]
http://www3.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/loisreglements.fr.html
(http://www3.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/loisreglements.fr.html)
http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/S_2_1/S2_1R4.HTM
(http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/S_2_1/S2_1R4.HTM)

▲17. Forsberg, K. et Keith, L.H., *Instant Gloves + CPC Database.* Version 2.0. Blacksburg, VA : Instant Reference Sources Inc. (1999). http://www.instantref.com/inst-ref.htm (http://www.instantref.com/inst-ref.htm)

▲18. Battle, L.A. et al., *Bretherick's handbook of reactive chemical hazards.* Vol. 1, 5th ed. Oxford; Toronto : Butterworth-Heinemann. (1995). [RS-415001 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RS-415001)]

▲19. Lara, J. et Vennes, M., *Guide des appareils de protection respiratoire utilisés au Québec.* Guide / CSST, 2ème. Montréal : CSST et IRSST. (2002). DC 200-1634-2 (03-09). [MO-020371 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=MO-020371)] http://www.prot.resp.csst.qc.ca (http://www.prot.resp.csst.qc.ca) http://www.prot.resp.csst.qc.ca/GuideTM.shtml (http://www.prot.resp.csst.qc.ca/GuideTM.shtml)

▲20. Lara, J. et Vennes, M., *Guide pratique de protection respiratoire.* Guide / CSST, 2ème éd.. Montréal : CSST et IRSST. (2003). DC 200-1635-2 (03-02). [CS-000826 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=CS-000826)] http://www.prot.resp.csst.qc.ca (http://www.prot.resp.csst.qc.ca)

▲21. Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail, *CHEMINFO*, Hamilton, Ont. : Canadian Centre for Occupational Health and Safety http://ccinfoweb.ccohs.ca/cheminfo/search.html (http://ccinfoweb.ccohs.ca/cheminfo/search.html)

▲21. Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail, *CHEMINFO*, Hamilton, Ont. : Canadian Centre for Occupational Health and Safety http://ccinfoweb.ccohs.ca/cheminfo/search.html (http://ccinfoweb.ccohs.ca/cheminfo/search.html)

▲22. Wills, J.H. et al., «Inhalation of aerosolized ethylene glycol by man.» *Journal of Toxicology : Clinical Toxicology.* Vol. 7, no. 5, p. 463-476. (1974).

▲23. Bingham, E., Cohrssen, B. et Powell, C.H., *Patty's toxicology.* A Wiley-Interscience publication. New York (Toronto) : John Wiley. (2001-). [RM-214008 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RM-214008)] http://www3.interscience.wiley.com (http://www3.interscience.wiley.com/) (http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/mrwhome/104554795/HOME (http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/mrwhome/104554795/HOME))

▲23. Bingham, E., Cohrssen, B. et Powell, C.H., *Patty's toxicology.* A Wiley-Interscience publication. New York (Toronto) : John Wiley. (2001-). [RM-214008 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RM-214008)] http://www3.interscience.wiley.com (http://www3.interscience.wiley.com/) (http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/mrwhome/104554795/HOME (http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/mrwhome/104554795/HOME))

▲24. Center for the evaluation of risks to human reproduction (CERHR), *NTP-CERHR monograph on the potential human reproductive and developmental effects of ethylene glycol.* VA : National Toxicology Program. (2004). NIH Publication No. 04-4481. http://cerhr.niehs.nih.gov (http://cerhr.niehs.nih.gov) http://cerhr.niehs.nih.gov/news/egpg/EG_Monograph.pdf (http://cerhr.niehs.nih.gov/news/egpg/EG_Monograph.pdf)

▲25. International Programme on Chemical Safety, *Ethylene glycol : human health aspects.* Concise International Chemical Assessment , Vol. 45. Genève : World Health Organization. (2002). CICAD 45. [MO-128546 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=MO-128546)] http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad45.htm (http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad45.htm)

▲25. International Programme on Chemical Safety, *Ethylene glycol : human health aspects.* Concise International Chemical Assessment , Vol. 45. Genève : World Health Organization. (2002). CICAD 45. [MO-128546 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=MO-128546)] http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad45.htm (http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad45.htm)

▲26. Agency for Toxic Substance and Disease Registry, *Toxicological profil for Ethylene glycol.* Atlanta, GA : ATSDR. (2010). http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp96.pdf (http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp96.pdf)

▲26. Agency for Toxic Substance and Disease Registry, *Toxicological profil for Ethylene glycol.* Atlanta, GA : ATSDR. (2010). http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp96.pdf (http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp96.pdf)

▲27. Viala, A., *Éléments de toxicologie.* Paris : Lavoisier TEC & DOC. (1998). [MO-021779 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=MO-021779)]

▲28. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, *Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices / Documentation of TLV's and BEI's.* 6th ed. Cincinnati, Ohio : ACGIH. (1991-2000). Publication 0206. [RM-514008 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RM-514008)] http://www.acgih.org (http://www.acgih.org/)

▲29. Fairchild, E.J. et Stokinger, H.E., «Toxicologie Studies on Organic Sulfur Compounds. 1. Acute Toxicity of Some Aliphatic and Aromatic Thiols (Mercaptans) .» *Industrial Hygiene Journal.* Vol. 19, p. 171-189. (1958). [AP-043540 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-043540)]

▲30. Lauwerys, R. et al., *Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles.* 5ème éd. Issy-les-Moulineaux Cedex : Elsevier Masson SAS. (2007). [RM-514015 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RM-514015)]

▲31. ECHA (European Chemicals Agency) , *Information on Chemicals (REACH).* Helsinki, Finland. http://echa.europa.eu/information-on-chemicals/registered-substances (http://echa.europa.eu/information-on-chemicals/registered-substances)

▲32. Grant, W.M. et Schuman, J.S., *Toxicology of the eye : effects on the eyes and visual systems from chemicals, drugs, metals and minerals, plants, toxins and venoms; also, systemic side effects from eye medications.* Vol. 1, 4th ed. Springfield (ILL.) : Charles C. Thomas. (1993). [RM-515030 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RM-515030)]

▲33. Lakind, J.S. et al., «A review of the comparative mammalian toxicity of ethylene glycol and propylene glycol», *Critical Reviews in Toxicology*, 29, 4, 1999, 331-365

▲34. Deutsche Forschungsgemeinschaft. Kommission zur Prüfung Gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, *Occupational toxicants : critical data evaluation for MAK values and classification of carcinogens.* Weinheim; New York : VCH. (1991-). [MO-020680 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=MO-020680)] www.wiley-vch.de (http://www.wiley-vch.de/) www.mak-collection.com (http://www.mak-collection.com/) http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/3527600418/topics (http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/3527600418/topics)

▲34. Deutsche Forschungsgemeinschaft. Kommission zur Prüfung Gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, *Occupational toxicants : critical data evaluation for MAK values and classification of carcinogens.* Weinheim; New York : VCH. (1991-). [MO-020680 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=MO-020680)] www.wiley-vch.de (http://www.wiley-vch.de/) www.mak-collection.com (http://www.mak-collection.com/) http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/3527600418/topics (http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/3527600418/topics)

▲35. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, «Ethylene Glycol.» *In: Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices / Documentation of TLV's and BEI's.* Cincinnati, Ohio : ACGIH. (2017). Publication #0100Doc. http://www.acgih.org (http://www.acgih.org/)

▲35. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, «Ethylene Glycol.» *In: Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices / Documentation of TLV's and BEI's.* Cincinnati, Ohio : ACGIH. (2017). Publication #0100Doc. http://www.acgih.org (http://www.acgih.org/)

▲36. Braunwald, E. et al., *Harrison : principes de médecine interne.* 15e ed. Paris : Flammarion. (2001).

▲37. Leikin, J.B. et Paloucek, F.P., *Poisonning and toxicology compendium : with symptoms index* . Hudson, Ohio : Lexi-Comp . (1998). [RM-515106 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RM-515106)]

▲38. Alomar, A. et al., «Ethylene oxide dermatitis.» *Contact Dermatitis.* Vol. 7, p. 205-207. (1981).

▲39. Hannuksela, M., Pirilä, V. et Salo, O.S., «Skin reactions to propylene glycol.» *Contact Dermatitis.* Vol. 1, p. 112-116. (1975). [AP-026248 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-026248)]

▲40. Dawson, T.A.J., «Ethylene glycol sensitivity», *Contact Dermatitis*, 2, 2, 1976, 233 [AP-045934 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-045934)]

▲41. Hindson, C. et Ratcliffe, G., «Ethylene glycol in glass lens cutting », *Contact Dermatitis*, 1, 1975, 386-387 [AP-045935 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-045935)]

▲42. Kurihara, A. et al., «Evaluation of skin irritation and sensitization of two diols solutions used as experimental dentin primers in humans and guinea pigs.» *Dental Materials Journal.* Vol. 15, no. 2, p. 226-232. (1996). [AP-058436 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-058436)]

▲43. Schardein, J.L., *Chemically induced birth defects.* 3ème rév. & expanded. New York : Dekker. (2000). [MO-122294 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=MO-122294)]

▲44. NTP-CEHR Expert Panel, «NTP-CEHR Expert Panel report on the reproductive and developmental toxicity of ethylene glycol.» *Reproductive Toxicology.* Vol. 18, no. 4, p. 457-532. (2004). http://cerhr.niehs.nih.gov/news/egpg/EG_Report_Final.pdf (http://cerhr.niehs.nih.gov/news/egpg/EG_Report_Final.pdf)

▲45. Thornburg, K.L. et Faber, J.J., «Transfer of hydrophilic molecules by placenta and yolk sac of the guinea pig.» *American Journal of Physiology.* Vol. 233, p. C111-C124. (1977). [AP-020214 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-020214)]

▲46. Bissonnette, J.M. et al., «Placental transfer of water and nonelectrolytes during a single circulatory passage.» *American Journal of Physiology.* Vol. 236, p. C47-C52. (1979). [AP-016717 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-016717)]

▲47. Price, C. J., Georgs, J. D. et Marr, M. C., *Developmental toxicity evaluation of ethylene glycol (CAS no. 107-21-1) in CD rats (final report); NTP-88-079.*. Research Triangle Park, NC : Research Triangle Institute . (1988). Microfiche : PB88-204326

▲48. Baker, S.R., Wilkinson, C.F., *The effects of pesticides on human health: Proceedings of a workshop.*, 1990 Microfiche : PB90-188723, EPA/600/9-90/016

▲49. Jankovic, J. et Drake, F., «A screening method for occupational reproductive health risk.» *American Industrial Hygiene Association Journal.* Vol. 57, no. 7, p. 641-649. (1996). [AP-049865 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-049865)]

▲50. Schuler, R.L. et al., «Results of testing fifteen glycol ethers in a short-term in vivo reproductive toxicity assay.» *Environmental Health Perspectives.* Vol. 57, p. 141-146. (1984). [AP-016303 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-016303)]

▲51. Price, C.J. et al., «The developmental toxicity of ethylene glycol in rats and mice.» *Toxicology and Applied Pharmacology.* Vol. 81, no. 81, p. 113-127. (1985). [AP-012824 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-012824)]

▲52. Deutsche Forschungsgemeinschaft, *List of MAK and BAT values 2004 : maximum concentrations and biological tolerance values at the workplace.* Report no. 40. Weinheim : Wiley-VCH. (2004). [RM-515093 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RM-515093)]

▲53. DePass, L.R. et al., «Three-generation reproduction and dominant lethal mutagenesis studies of ethylene glycol in the rat.» *Fundamental and Applied Toxicology.* Vol. 7, p. 566-572. (1986). [AP-045968 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-045968)]

▲54. Longzman, Y. et al., «Teratotogenic and genotoxic effects of ethylene glycol (EG).» *Environmental and molecular mutagenesis.* Vol. 14, no. suppl. 15, p. 119. (1989). [AP-053576 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-053576)]

▲55. Lamb, J.C. et al., «Reproductive and developmental toxicity of ethylene glycol in the mouse.» *Fundamental and Applied Toxicology.* Vol. 81, p. 100-112. (1985). [AP-045965 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-045965)]

▲56. Tyl, R.W. et al., «Assessment of the developmental toxicity of ethylene glycol applied cutaneously to CD-1 Mice.» *Fundamental and Applied Toxicology.* Vol. 27, no. 2, p. 155-166. (1995). [AP-047465 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-047465)]

▲57. Tyl, R.W. et al., «Evaluation of the developmental toxicity of ethylene glycol aerosol in the CD rat and CD-1 mouse by whole-body exposure.» *Fundamental and Applied Toxicology.* Vol. 24, no. 1, p. 57-75. (1995). [AP-046159 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-046159)]

▲58. Tyl, R.W. et al., «Evalation of the developmental toxicity of ethylene glycol aerosol in CD-1 mice by nose-only exposure.» *Fundamental and Applied Toxicology.* Vol. 27, no. 1, p. 49-62. (1995). [AP-047444 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-047444)]

▲59. Marr, M.C. et al., «Developmental stages of the CD (Sprague-Dawley) rat skeleton after maternal exposure to ethylene glycol.» *Teratology.* Vol. 46, no. 2, p. 169-181. (1992). [AP-038486 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-038486)]

▲60. Maronpot, R.R. et al., «Teratogenicity study of ethylene glycol in rats.» *Drug and Chemical Toxicology.* Vol. 6, no. 6, p. 579-594. (1983). [AP-046041 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-046041)]

▲61. Neeper-Bradley, T.L. et al., «Determination of a No-Observed-Effect level for developmental toxicity of ethylene glycol administered by gavage to CD rats and CD-1 mice.» *Fundamental and Applied Toxicology.* Vol. 27, no. 1, p. 121-130. (1995). [AP-047448 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-047448)]

▲62. Tyl, R.W. et al., «Developmental toxicity evaluation of ethylene glycol by gavage in New Zealand white rabbits.» *Fundamental and Applied Toxicology.* Vol. 20, no. 4, p. 402-412. (1993). [AP-040232 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-040232)]

▲63. Tyl, R. . et al., «Determination of a developmental toxicity "No Observable Effect Level: NOEL for ethylene glycol (EG) by gavagfe in CD-! mice.» *Teratology.* Vol. 39, no. 5, p. 487. (1989). [AP-045964 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-045964)]

▲64. Myers, C. B., Marr, C. BV. et Sleet, R. B., «A comparison of developmental toxicity in Fischer 344 (F-344) and CD rats exposed to ethylene glycol (EG).» *Teratology.* Vol. 37, no. 5, p. 479. (1988). [AP-053574 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-053574)]

▲65. Gulati, D.K. et al., *Ethylene glycol : reproduction and fertility assessment in CD-1 mice when administered in drinking water (final report).* Research Triangle Park (NC) : National Toxicological Program. (1986). NTP86-078. Microfiche : PB86-177383 http://ntp-server.niehs.nih.gov/index.cfm?objectid=0847F35A-0850-D1E7-B02ED4DDD150F990 (http://ntp-server.niehs.nih.gov/index.cfm?objectid=0847F35A-0850-D1E7-B02ED4DDD150F990)

▲66. Nagano, K. et al., «Testicular atrophy of mice induced by ethylene glycol mono alkyl ethers.» *Japanese Journal of Industrial Health.* Vol. 21, p. 29-35. (1979). [AP-026037 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-026037)]

▲67. Bolon, B. et al., «Differential follicle counts as a screen for chemically induced ovarian toxicity in mice : results from continous breeding bioassays.» *Fundamental and Applied Toxicology.* Vol. 39, no. 1, p. 1-10. (1997).

▲68. Harris, M.W. et al., «Assessment of a short-term reproductive and developmental toxicity screen.» *Fundamental and Applied Toxicology.* Vol. 19, no. 2, p. 186-196. (1992). [AP-038498 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-038498)]

▲69. National Toxicology Program, *Toxicology and carcinogenesis studies of ethylene glycol (CAS no. 107-21-1) in B6C3F1 mice (feed studies); NTP-TR-413.* Research Triangle Park : U.S. Department of Health and Human Services / Public Health Service / National Institutes of Health. (1993). [MO-005299 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=MO-005299)]

▲70. Blood, F.R., Elliott, G.A. et Wright, M.S., «Chronic toxicity of ethylene glycol in the monkey.» *Toxicology and Applied Pharmacology.* Vol. 4, p. 489-491. (1962). [AP-053774 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-053774)]

▲71. DePass, L.R. et al., «Chronic toxicity and oncogenicity studies of ethylene glycol in rats and mice.» *Fundamental and Applied Toxicology.* Vol. 7, no. 4, p. 547-565. (1986). [AP-027969 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-027969)]

▲72. Mason, M.M., Cate, C.C. et Baker, J., «Toxicology and carcinogenesis of various chemicals used in the preparation of vaccines.» *Clinical Toxicology.* Vol. 4, no. 2, p. 185-204. (1971). [AP-005794 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-005794)]

▲73. Bond, G.G. et al., «A case-control study of renal cancer mortality at a Texas chemical plant.» *American Journal of Industrial Medicine.* Vol. 7, no. 2, p. 123-139. (1985).

▲74. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, *2019 TLVs® and BEIs® : threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices.* Cincinnati (OH) : ACGIH. (2022). [NO-003164 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=NO-003164)] http://www.acgih.org (http://www.acgih.org/)

▲75. Novogrodsky, A. et al., «Hydroxyl radical scavengers inhibit lymphocyte mitogenesis.» *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A.* Vol. 79, p. 1171-1174. (1982). [AP-005621 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-005621)]

▲76. Chen, T.-H. et al., «Inhibiton of metabolic cooperation chinese V79 cells by various organic solvents and simple compounds.» *Cell Biology and Toxicology.* Vol. 1, no. 1, p. 155-171. (1984). [AP-033476 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-033476)]

▲77. Loch-Caruso, R., Trosko, J. E. et Corcos, I. A., «Interuption of cell-cell communication in chinese hamster V79 cells by various alkyl glycol eehers: implications for teratogenicity.» *Environmental Health Perspectives.* Vol. 57, p. 119-123. (1984). [AP-045949 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-045949)]

▲78. Barilyak, I.R. et Kozachuk, S.Y., «Mutagenic effect of various alcohols in experiment.» *Cytology and genetics.* Vol. 19, no. 6, p. 38-43. (1985). [AP-053241 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-053241)]

▲79. McGregor, D.B. et al., «Responses of the L5178Y mouse lymphoma cell forward mutation asay. V : 27 coded chemicals.» *Environmental and molecular mutagenesis.* Vol. 17, no. 3, p. 196-219. (1991). [AP-046152 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-046152)]

▲80. Conan, L. et al., «Contribution à la recherche d'une action mutagène des résidus d'oxyde d'éthylène, d'éthylène glycol et de chloro-2 éthanol dans le matériel plastique stérilisé par l'oxyde d'éthylène.» *Annales des falsifications et de l'expertise chimique* . Vol. 72, no. 773, p. 141-151. (1979). [AP-053258 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=AP-053258)]

▲81. Calabrese, E.J., *Multiple chemical interactions.* Chelsea, MI : Lewis Publishers. (1991). [MO-014717 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=MO-014717)]

▲82. Gershoff, S. N. et Andrus, S. B., «Effect of vitamin B and magnesium on renal deposition of calcium oxalate induced by ethylene glycol administration.» *Proceeding of the Society for Experimental Biology and Medicine.* Vol. 109, p. 99-102. (1962).

▲83. National Institute for Occupational Safety and Health, *RTECS (Registry of Toxic Effects of Chemical Substances).* Hamilton (Ont) : Canadian Centre for Occupational Health and Safety. http://ccinfoweb.ccohs.ca/rtecs/search.html (http://ccinfoweb.ccohs.ca/rtecs/search.html)

▲83. National Institute for Occupational Safety and Health, *RTECS (Registry of Toxic Effects of Chemical Substances).* Hamilton (Ont) : Canadian Centre for Occupational Health and Safety. http://ccinfoweb.ccohs.ca/rtecs/search.html (http://ccinfoweb.ccohs.ca/rtecs/search.html)

Autres sources d'information

Weiss, G., *Hazardous Chemicals Data Book.* 2nd ed. Park Ridge, N.J. : Noyes Data Corporation. (1986). [RR-015005 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RR-015005)]

National Fire Protection Association, *Fire protection guide on hazardous materials.* 9th ed. Quincy, Mass. : NFPA. (1986). http://www.nfpa.org/ (http://www.nfpa.org/)

Windholz, M., *The Merck index : an encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals.* 10th ed. Rahway (N.J.) : Merck. (1983). [RM-403001 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RM-403001)]

Hawley, G. G., Sax, N. I. et Lewis, R. J., *Hawley's condensed chemical dictionary.* 11th ed. rev. New York : Van Nostrand Reinhold. (1987). [RS-407001 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RS-407001)] http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9780470114735 (http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9780470114735)

Leo, A., Hansch, C. et Elkins, D., «Partition coefficients and their uses.» *Chemicals reviews.* Vol. 71, no. 6, p. 558. (1971).

Canada. Service de la protection de l'environnement, *L'éthylèneglycol.* Enviroguide. Ottawa : Environnement Canada. (1985). [MO-008104 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=MO-008104)]

France. Institut national de recherche et de sécurité, *Fiche toxicologique no 25 : Éthylène glycol.* Cahiers de notes documentaires. Paris : INRS. (2016). [RE-005509 (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/query?q=lc=RE-005509)] http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html (http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html) http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_25 (http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_25)

Health effects assessment for ethylene glycol., 1987 Microfiche : PB88-180252, EPA/600/8-88/038

Health advisories for 25 organics. (1987). Microfiche : PB87-235578

La cote entre [ ] provient de la banque Information SST (https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/) du Centre de documentation de la CNESST.