21 juin 2013

NEMASKA LITHIUM INC.

RÉSULTATS DE LA QUALITÉ DE L'EAU ET DE LA MODÉLISATION POUR LA MINE DE LITHIUM WHABOUCHI

Présenté à:
Nemaska Lithium Inc.
450, rue de la Gare-du-Palais, 1er étage
Québec (Québec) G1K 3X2
Canada

À l'attention de : Guy Bourassa, Président

RAPPORT

TRADUIT DE L'ANGLAIS

N° de référence : 1312220008-001-R-Rev0-4000-tradfr
Distribution:

1 exemplaire électronique : Nemaska Lithium Inc.
1 exemplaire papier : Nemaska Lithium Inc.
2 exemplaires papier : Golder Associates Ltd.

Table des matières

1.0 INTRODUCTION 1

2.0 CONTEXTE 2

2.1 Climat 2

2.2 Géologie et minéralisation 3

2.3 Infrastructures minières 6

3.0 MODÈLES CONCEPTUELS 8

3.1 Bilan hydrique 8

3.1.1 Modèle conceptuel 8

3.1.2 Éléments du bilan hydrique 9

3.1.3 Bassins des bureaux administratifs et du concentrateur 11

3.1.4 Halde à stériles et à résidus miniers et bassin de sédimentation no 1 11

3.1.5 Bassin de sédimentation no 2 11

3.1.6 Climat et ruissellement 12

3.2 Modèle de la qualité de l'eau 13

3.2.1 Modèle conceptuel 13

3.2.2 Conditions limites du modèle de la qualité de l'eau 13

3.2.3 Comparaison entre les données d'entrée et les résultats de la qualité de l'eau 15

3.2.4 Utilisation d'explosifs 18

3.2.5 Hypothèses du modèle 18

4.0 RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION ET ANALYSES 19

4.1 Résultats du bilan hydrique 19

4.1.1 Opération 19

4.1.1.1 Bilan hydrique du bassin de sédimentation no 1 20

4.1.1.2 Bilan hydrique du bassin de sédimentation no 2 25

4.1.2 Fermeture et post-fermeture 27

4.1.2.1 Bilan hydrique du bassin de sédimentation no 1 28

4.1.2.2 Remplissage de la fosse 28

4.2 Qualité de l'eau 30

4.2.1 Respect des exigences réglementaires 30
4.2.2 Variation temporelle de la qualité de l'eau 33
4.2.2.1 Bassin de sédimentation no 1 33
4.2.2.2 Bassin de sédimentation no 2 35
4.2.2.3 Fosse 36
4.2.3 Sensibilité du modèle et paramètres non modélisés 37
5.0 ANALYSES 38
5.1 Lixiviation des métaux 39
5.2 Résidus d'explosifs 40
5.3 Surveillance 40
6.0 CONCLUSION 41
6.1 Modèle de bilan hydrique 41
6.2 Modèle de la qualité de l'eau 42
7.0 LIMITES DU RAPPORT ET DU MODÈLE 43
8.0 CONCLUSION 45
9.0 REFERENCES 46

TABLEAUX

Tableau 1: Données climatiques annuelles 3
Tableau 2: Considérations temporelles du bilan hydrique 8
Tableau 3: Éléments du modèle du bilan hydrique 9
Tableau 4: Hypothèses du modèle de bilan hydrique – Coefficients de ruissellement (Rc) 12
Tableau 5: Intervalles de temps utilisés dans le modèle de la qualité de l'eau(1) 14
Tableau 6: Unités géologiques des modèles de réserve de minerai et de la qualité de l'eau 14
Tableau 7: Sources des paramètres d'entrée du modèle de la qualité de l'eau 15
Tableau 8: Paramètres d'entrée du bilan massique pour le modèle de qualité de l'eau du projet de mine de lithium Whabouchi 17
Tableau 9: Provenance de l'eau entrant dans les bassins de sédimentation – Scénario de précipitations moyennes (1) 22
Tableau 10: Provenance de l'eau entrant dans les bassins de sédimentation – Scénario de précipitations extrêmes (récurrence 1/100 ans) (1) 23
Tableau 11: Provenance de l'eau entrant dans les bassins de sédimentation – Scénario de sécheresse extrême (récurrence 1/100 ans)(1) 24

Tableau 12: Apport d'eau des bassins de sédimentation et de la fosse après la fermeture et durant la phase post-fermeture – Scénario de précipitations moyennes(1)(2) 28

Tableau 13: Dépassements potentiels de certains paramètres par rapport aux critères de qualité des eaux..... 32

Tableau 14: Règlements provinciaux et fédéraux et programmes de surveillance 40

FIGURES

Figure 1: Localisation du projet Whabouchi 2

Figure 2: Carte géologique du projet Whabouchi 4

Figure 3: Coupe transversale géologique de la section 400 est..... 5

Figure 4: Plan de la mine Whabouchi 7

Figure 5: Schéma conceptuel du modèle de GoldSim 10

Figure 6: Débits se rapportant au bassin de sédimentation no 1 – Scénario de précipitations moyennes..... 21

Figure 7: Débits entrants dans le bassin de sédimentation no 2 – Scénario de précipitations moyennes 25

Figure 8: Évolution de la configuration de la fosse (Met-Chem Canada, 2012) 27

Figure 9: Niveau de l'eau dans la fosse lors du remplissage 29

Figure 10: Apport d'eau dans la fosse durant l'opération et le remplissage de la fosse..... 30

Figure 11: Concentration de manganèse de l'eau de ruissellement de la halde à stériles et à résidus miniers durant l'opération..... 34

Figure 12: Concentration de manganèse des résurgences de la halde à stériles et à résidus miniers durant l'opération 35

Figure 13: Concentration de manganèse de l'eau de ruissellement des parois de la fosse durant l'opération 36

Figure 14: Évolution de la concentration de manganèse dans la fosse durant le remplissage et après la stabilisation du niveau d'eau..... 37

ANNEXES

ANNEXE A
Description des paramètres d'entrée du modèle de bilan hydrique

ANNEXE B
Calendrier du modèle hydraulique

ANNEXE C
Paramètres d'entrée et conception du modèle de la qualité de l'eau

ANNEXE D
Débits estimés du modèle de bilan hydrique

ANNEXE E
Résultats de la modélisation de la qualité de l'eau

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

1.0 INTRODUCTION

Nemaska Lithium Inc. (Nemaska Lithium) est en processus d'autorisation pour obtenir les permis relativement à l'exploitation d'une mine de lithium, le projet Whabouchi (le projet). Cette mine est située à 30 km à l'est de la communauté de Nemaska, sur le territoire de la Baie-James au Québec, Canada. Au début de 2013, Nemaska Lithium a mandaté Golder Associés ltée (Golder) afin d'estimer la composition chimique des effluents qui seront produits par les activités minières projetées. Cette étude est réalisée dans le cadre de l'Étude des impacts sur l'environnement et le milieu social (EIEMS) du projet, et est présentée au ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) du Québec.

Le mandat comprend deux phases :

1) l'élaboration d'un bilan hydrique visant à quantifier les débits des eaux de ruissellement et souterraines du projet, comprenant les infrastructures minières et un concentrateur (la firme BBA a fait un bilan hydrique préliminaire en 2012 [BBA, 2012a])

2) la conception d'un modèle permettant d'estimer la charge en contaminants des effluents durant l'exploitation de la mine et à la fermeture.

Le présent rapport est divisé en plusieurs sections :

- Section 2 – Sommaire des informations consultées (données sur le climat, la géologie et la minéralisation du gisement ainsi que le plan des infrastructures minières);
- Section 3 – Résumé des modèles de bilan hydrique et de la qualité de l'eau (les détails sont présentés en annexe);
- Section 4 – Sommaire des résultats;
- Section 5 – Analyse des résultats;
- Section 6 – Conclusions;
- Section 7 – Recommandations;
- Section 8 – Limites du rapport et des modèles

2.0 CONTEXTE

Le projet se situe sur le territoire de la Baie-James, dans le nord du Québec, à environ 300 km au nord–nord-ouest de la ville de Chibougamau (figure 1). Le terrain est relativement plat, à l'exception d'une crête formée par des dykes de pegmatite. L'élévation varie entre 275 m et 325 m au-dessus du niveau moyen de la mer, soit une élévation moyenne de 300 m. La zone du projet est couverte d'environ 15% de lacs ou de cours d'eau. Il y a absence de pergélisol à cette latitude et l'épaisseur des dépôts meubles varie de 0 m sur la crête de pegmatite jusqu'à 25 m au-dessus du socle rocheux (Met-Chem Canada, 2012).

Figure 1: Localisation du projet Whabouchi

2.1 Climat

Le climat de la région est subarctique. Il se caractérise par de longs hivers froids et de courts étés frais. Les températures moyennes quotidiennes varient de -23,5 °C en février à 16,1 °C en juillet. Le dégel survient généralement en juin, tandis que la période de gel débute au début de novembre.

Une étude climatique régionale a été réalisée par WESA Envir-Eau en 2012 (WESA Envir-Eau, 2012a). Les résultats ont entre autres montré que les précipitations moyennes atteignent 772 mm par an. À partir des données de précipitations annuelles, Golder a effectué une modélisation permettant de simuler les valeurs de précipitations extrêmes pour les conditions de récurrence de 1 dans 100 ans. Les valeurs des précipitations annuelles pour le site ont été estimées sur la base des données météorologiques de Chapais (1971-1991), situé à 218 km du site et de celles de La Grande Rivière (1971-1991), située à 260 km du site. Les résultats ont été

simulés à partir de la distribution Log-Pearson 3. Les précipitations maximales annuelles de récurrence de 1 dans 100 ans s'élèvent ainsi à 1 074 mm, alors qu'elles sont de 557 mm par an en conditions de sécheresse pour la même récurrence. Les précipitations ont été réparties mensuellement à partir des données provenant des stations de Chapais et de La Grande Rivière pour des conditions normales, humides et sèches.

L'évaporation des lacs a été évaluée à 335 mm et a été répartie pour les mois dont la température moyenne est au-dessus de 0 °C. Les valeurs de température proviennent des données mensuelles moyennes de l'aéroport de Nemaska (Environnement Canada, 2012). Le tableau 1 présente les données annuelles moyennes pour le site du projet.

Tableau 1: Données climatiques annuelles

Mois	Température	Précipitation moyenne annuelle		Évaporation	
	(°C)	(mm)	% Année	(mm)	% Année
Janvier	-22,2	37	5%	0,0	0%
Février	-23,5	40	4%	0,0	0%
Mars	-14,2	55	5%	0,0	0%
Avril	-0,9	75	5%	0,0	0%
Mai	6,2	94	7%	31,8	10%
Juin	12,8	90	10%	66,3	20%
Juillet	16,1	110	12%	83,1	25%
Août	14,4	84	12%	74,3	22%
Septembre	10,6	71	14%	54,9	16%
Octobre	4,8	47	11%	24,7	7%
Novembre	-5,5	43	9%	0,0	0%
Décembre	-16,9	28	6%	0,0	0%
Annuel	-1,5	772	5%	335,0	100%

2.2 Géologie et minéralisation

Le dépôt Whabouchi est formé de pegmatite à spodumène (figure 2) et forme le centre d'une crête située à environ 40 m au-dessus des basses terres environnantes, entre le lac Spodumène et le lac des Montagnes. Les zones minéralisées sont formées d'un essaim de pegmatites subparallèles et subverticales généralement orientées nord-est/sud-ouest. Elles se trouvent dans des unités de roches métasédimentaires et amphibolitiques d'origine ignée et sont localement interlitées avec des couches d'amphibolites. La zone de pegmatite fait environ 1,3 km de long, jusqu'à 130 m de large, pour une profondeur de 300 m. La carte géologique du secteur est montrée à la figure 2.

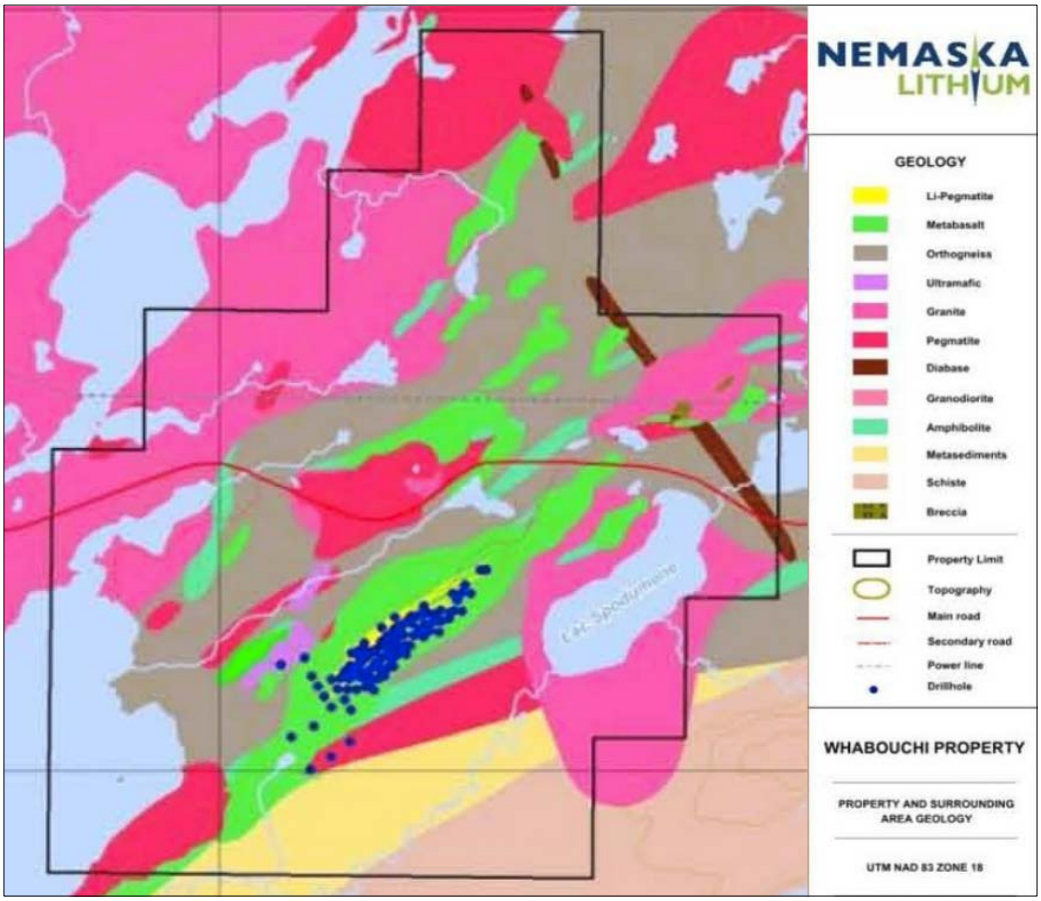

Figure 2: Carte géologique du projet Whabouchi

Le minerai est formé de spodumène, un silicate de lithium (LiAl(Si2O6)). Aucun minéral sulfuré n'est associé à la minéralisation du spodumène et ce, malgré la présence d'une petite quantité de sulfures dans la roche encaissante (Lamont, 2013). Les cristaux de spodumène sont généralement de couleur vert pâle, de grains moyens à grossiers; les grains les plus grossiers peuvent atteindre 30 cm de longueur. La figure 3 représente une coupe transversale du gisement montrant l'orientation des dykes de pegmatites.

Les principales unités lithologiques qui forment le dépôt, et dont seront composés les stériles et les résidus, sont regroupées en quatre formations :

- le gabbro;
- le basalte;
- la pegmatite;
- la pegmatite à spodumène (le minerai).

On note également la présence marginale de dykes felsiques porphyriques dans le dépôt.

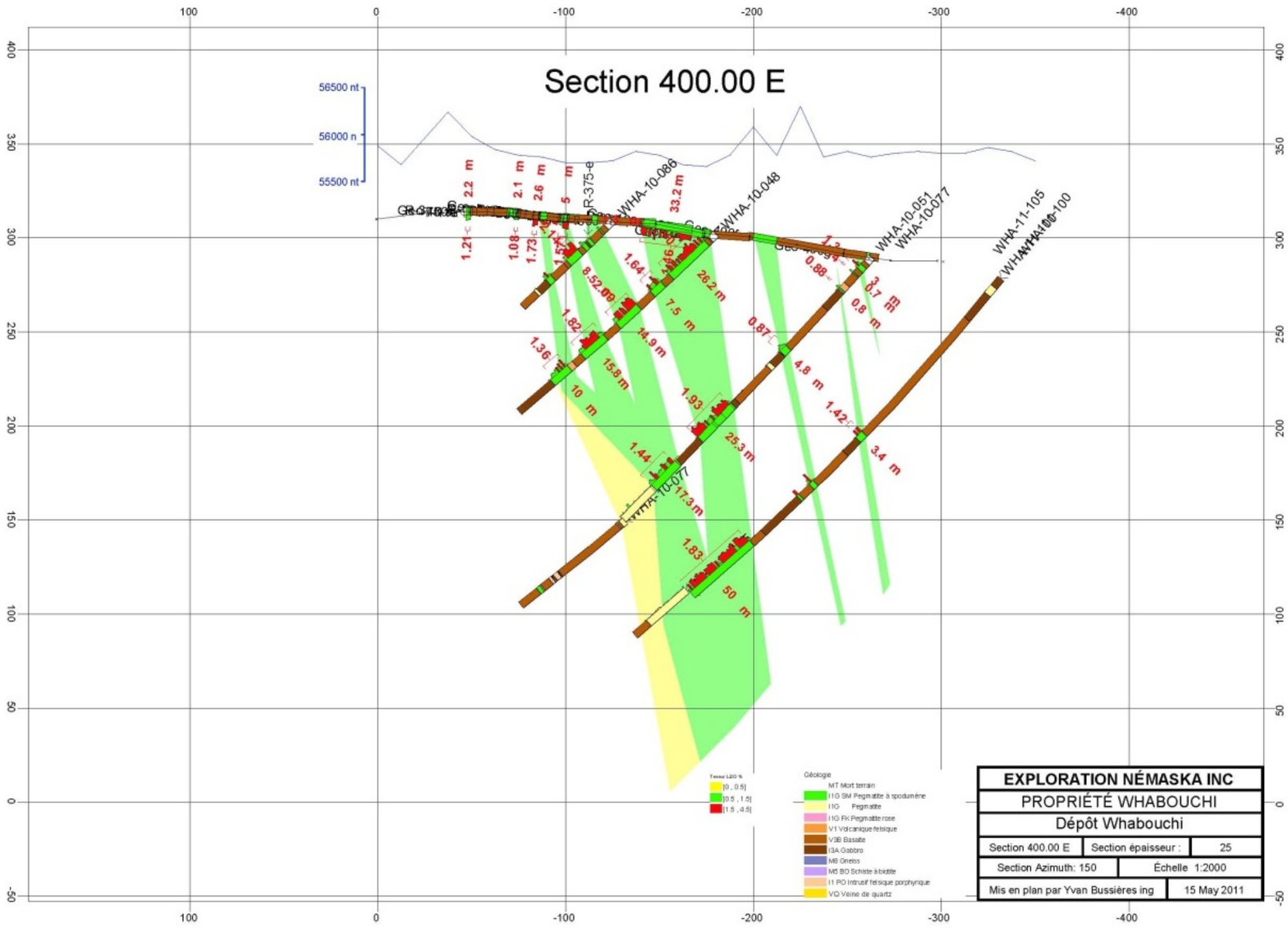

Figure 3: Coupe transversale géologique de la section 400 est

2.3 Infrastructures minières

L'exploitation du dépôt se fera à ciel ouvert de façon conventionnelle (camions et pelles mécaniques). Le minerai sera concassé puis traité sur place en deux étapes dans un concentrateur. Les activités de traitement généreront donc deux types de concentrés de spodumène, un premier issu de la concentration en milieu dense (à grains grossiers) et un second issu de la flottation (à grains fins). Les résidus miniers seront filtrés et transportés par camion pour être disposés avec les stériles dans la halde à stériles et résidus miniers. On estime actuellement la production à environ 19,6 millions de tonnes de minerai, 56,7 millions de tonnes de stériles et 15,6 millions de tonnes de résidus miniers pour la durée de vie de la mine, soit 23 ans, ce qui inclut les périodes de construction et de restauration. Le concentré de spodumène sera transporté vers une usine de traitement à l'extérieur du site. La figure 4 montre les infrastructures projetées du site minier.

Les infrastructures prévues sont :

- des bureaux administratifs et un garage;
- un concentrateur;
- une fosse;
- une halde à stériles et à résidus miniers pour l'entreposage des stériles extraits de la fosse et des résidus filtrés du concentrateur[1];
- un système de gestion des eaux de surface comprenant :
  - un système de pompage dans la fosse pour l'infiltration des eaux souterraines et les précipitations;
  - des fossés autour de la halde à stériles et résidus miniers qui collecteront les eaux de ruissellement et d'exfiltration;
  - des bassins de sédimentation : 1) un bassin adjacent aux bureaux administratifs et au garage (le bassin des bureaux administratifs) qui collectera les eaux de ruissellement de ces bâtiments, 2) un bassin adjacent au concentrateur qui collectera les eaux de ruissellement du site du concentrateur; 3) un bassin près de la halde à stériles et résidus miniers (bassin de sédimentation no 1) qui recevra les eaux de ruissellement et d'exfiltration des stériles et des résidus miniers, et 4) un bassin près de la fosse (bassin de sédimentation no 2) qui recevra les eaux d'exhaure de la fosse;
  - des fossés et des conduites secondaires qui contrôleront l'eau sur le site;
  - deux exutoires vers le milieu récepteur, soit le ruisseau C et le lac des Montagnes, situés respectivement à la sortie des bassins de sédimentation no 1 et no 2.

[1] La figure 3 montre la halde à stériles et résidus miniers selon un plan antérieur de la mine comportant deux phases de construction. Le plan actuel prévoit quatre phases de construction de dimensions sensiblement égales.

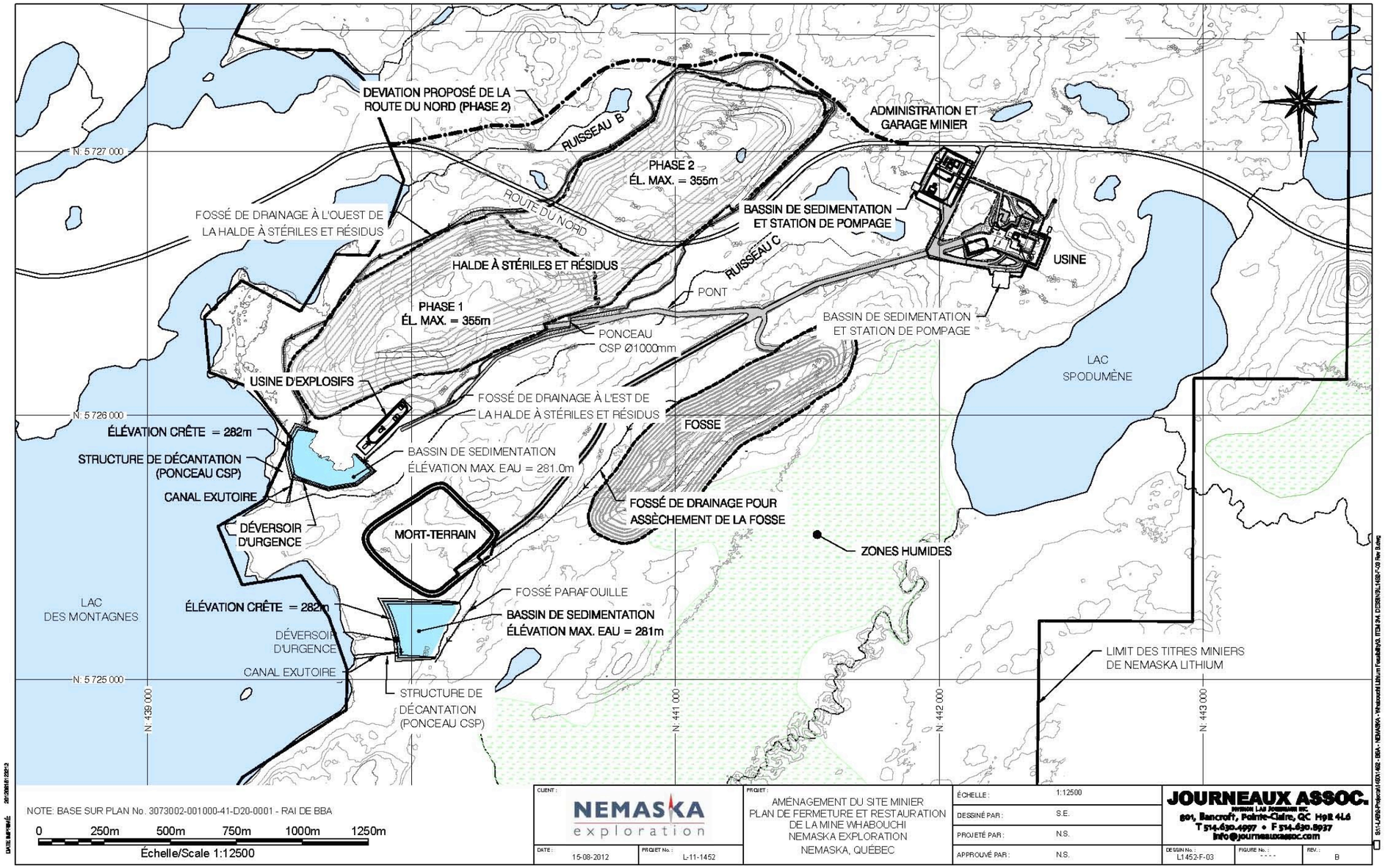

Figure 4: Plan de la mine Whabouchi

3.0 MODÈLES CONCEPTUELS

Deux modèles ont été élaborés dans le cadre du projet afin de simuler la qualité des effluents durant l'opération et à la fermeture. Un premier modèle a permis de simuler les quantités d'eau transitant sur le site et un second a permis de prédire la qualité de cette eau. Ce second modèle a été élaboré à partir des données prélevées sur le terrain ainsi qu'à partir de données de caractérisation géochimiques.

Les modèles produits pour la mine de lithium Whabouchi ont été élaborés à l'aide du logiciel GoldSim[MC] de GoldSim Technology Group. Ce logiciel permet de simuler une multitude de conditions probables et aide ainsi à la prise de décision. GoldSim est un logiciel utilisé pour simuler des systèmes complexes dynamiques à partir de données de bilans hydriques ou massiques.

3.1 Bilan hydrique

3.1.1 Modèle conceptuel

Le bilan hydrique a été élaboré en assumant que les eaux en contact avec les infrastructures minières sont collectées, analysées et traitées si requis avant leur rejet dans le milieu récepteur. Le bilan hydrique inclut donc l'eau de ruissellement des infrastructures minières, du concentrateur, de la halde à stériles et à résidus miniers, et de la fosse. L'eau provenant de la zone des bureaux administratifs et du garage et de la zone du concentrateur sera collectée par des bassins de sédimentation séparés (les bassins des bureaux administratifs et du concentrateur). Cette eau sera utilisée comme eau d'appoint pour le concentrateur. L'eau provenant de la halde à stériles et à résidus miniers sera collectée par le bassin de sédimentation no 1 puis rejetée dans le ruisseau C. L'eau de dénoyage de la fosse durant l'opération sera collectée par le bassin de sédimentation no 2, puis rejetée dans le lac des Montagnes. À la fermeture, l'eau de la fosse ennoyée sera déversée dans le milieu humide adjacent situé au sud. Les eaux de ruissellement naturelles suivront l'écoulement des bassins versants, et seront déviées du site par un système de bermes (Met-Chem Canada, 2012).

Le bilan hydrique simule l'écoulement de l'eau pour les différentes infrastructures à des intervalles de temps réguliers. Trois scénarios de précipitations ont été considérés soient des conditions moyennes, humides et sèches. Les simulations ont été effectuées en considérant un intervalle de temps mensuel, ce qui permet de simuler les variations saisonnières tant au niveau des quantités d'eau que de la qualité. Le tableau 2 présente les paramètres temporels utilisés dans GoldSim, basé sur les infrastructures minières actuelles.

Tableau 2: Considérations temporelles du bilan hydrique

Infrastructure	Opération (intervalle de temps)	Fermeture (remplissage de la fosse)	Post-Fermeture
Halde à stériles et à résidus miniers / Bassin de sédimentation n° 1	Mensuel Années 1 à 19	Années 25, 35, 45, 55, 65, et 71	Année 76
Fosse	Mensuel Années 1 à 19	Années 25, 35, 45, 55, 65, et 71	Année 76
Bassin de sédimentation n° 2[(1)]	Mensuel Années 1 à 19	Non modélisé	Non modélisé
Bassins du site du concentrateur et des bureaux administratifs	Non modélisé		

[(1)] Le bassin de sédimentation n° 2 sera démantelé lors de la fermeture.

3.1.2 Éléments du bilan hydrique

Les éléments ont été regroupés et conçus pour représenter les différents bassins versants qui y sont associés. Le modèle conceptuel a été élaboré de l'amont vers l'aval. Chaque élément a été conceptualisé à partir de ses données intrinsèques jumelées aux informations provenant des éléments amont. Les éléments sont :

- Bassins des bureaux administratifs et du concentrateur (section 3.1.3)
- Bassin de sédimentation n° 1 et halde à stériles et à résidus miniers (section 3.1.4)
- Bassin de sédimentation n° 2 et fosse (section 3.1.5)
- Climat et eaux de ruissellement (section 3.1.6)

La figure 5 représente le schéma conceptuel du modèle GoldSim, sur lequel on retrouve les éléments du modèle et leurs interrelations. Le tableau 3 présente les différentes sources d'apport d'eau de même que les pertes en eau pour les deux bassins des installations (bureaux administratifs et concentrateur) et les deux bassins de sédimentation. Les sections suivantes décrivent la provenance des apports et des pertes en eau de ces quatre infrastructures. Enfin, l'annexe A présente les données d'entrée et les hypothèses relatives à chaque installation qui ont été utilisées dans le modèle.

Tableau 3: Éléments du modèle du bilan hydrique

Élément du modèle	Infrastructures	Apport en eau	Pertes en eau
Bassin des bureaux administratifs et garage	**Administration/ Entretien**	Précipitation	Évaporation
		Ruissellement	Eau utilisée au concentrateur(1)
Bassin du concentrateur	**Concentrateur**	Précipitation	Évaporation
		Ruissellement	Eau utilisée au concentrateur(1)
Bassin de sédimentation n° 1	**Halde à stériles et à résidus miniers**	Précipitation	Eau collectée dans le bassin de sédimentation n° 1
		Eau dans les résidus miniers	
	Bassin n° 1	Précipitation	Évaporation
		Ruissellement de la zone entre la halde et le bassin	Exutoire dans le ruisseau C
		Exutoire de la halde	
Bassin de sédimentation n° 2	**Fosse**	Précipitation	Évaporation
		Ruissellement sur les parois	Eau collectée dans le bassin de sédimentation n° 2
		Résurgence des eaux souterraines	
	Bassin n° 2	Précipitation	Évaporation
		Ruissellement du bassin versant	Exutoire dans le Lac des Montagnes
		Eaux d'exhaure	

(1) Les bassins des bâtiments administratifs et du concentrateur n'ont pas d'effluent dans le milieu récepteur

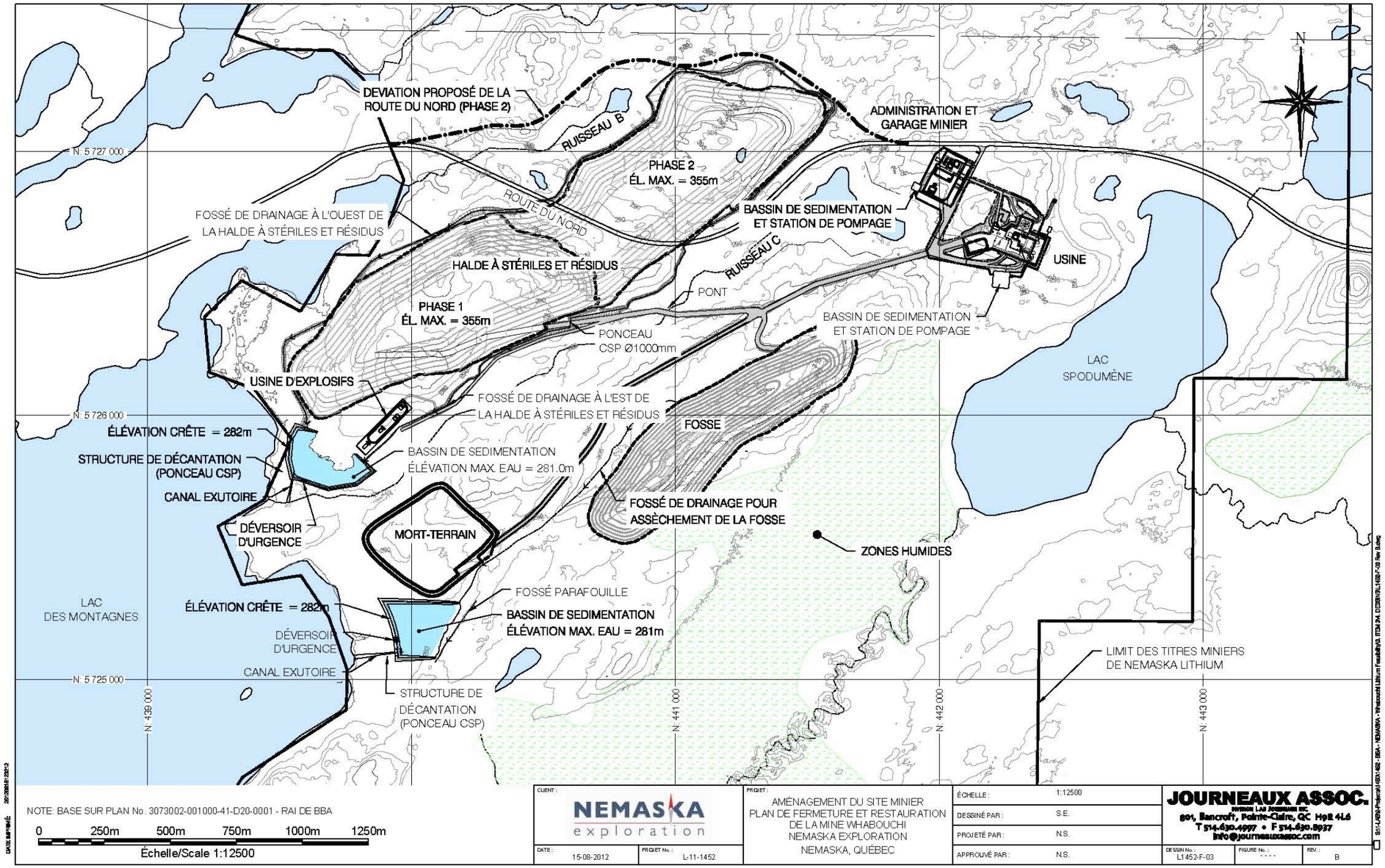

Figure 5: Schéma conceptuel du modèle de GoldSim

3.1.3 Bassins des bureaux administratifs et du concentrateur

Le bassin des bureaux administratifs, situé au sud des bureaux administratifs et du garage minier, collectera l'eau des fossés entourant les aires environnantes. Cette eau sera utilisée comme eau d'approvisionnement au concentrateur (PR2), et il n'y aura aucun rejet d'eau provenant de ce bassin dans l'environnement (Met-Chem Canada, 2012).

Le bassin situé au sud du concentrateur collectera les eaux des fossés entourant les aires environnantes. L'eau sera également utilisée comme eau d'approvisionnement au concentrateur (PR1), sans rejet d'eau dans l'environnement (Met-Chem Canada, 2012).

Le concentrateur sera alimenté en eau par les deux bassins ci-haut mentionnés et au besoin par de l'eau souterraine provenant d'un puits (PR3). Les pertes d'eau au concentrateur (PR4) sont attribuables à l'eau qui reste dans les résidus miniers (10 % après filtration) et à celle du concentré (5 % à 6 % après filtration) (Met-Chem Canada, 2012).

3.1.4 Halde à stériles et à résidus miniers et bassin de sédimentation no 1

Durant l'exploitation de la mine, le bassin de sédimentation no 1 recevra les eaux de ruissellement et d'exfiltration de la halde à stériles et à résidus miniers, les précipitations directes, de même que les eaux de ruissellement des surfaces du bassin versant situé en amont. Le niveau d'eau du bassin est contrôlé par une conduite qui maintient un volume fixe de 3 500 m^3. Une capacité totale de 140 000 m^3 est disponible dans ce bassin afin d'accueillir un apport d'eau excédentaire (Journeaux associés, 2012).

Durant les opérations, l'apport d'eau à la halde à stériles et à résidus miniers proviendra des précipitations et de l'humidité des résidus miniers. Quant aux pertes en eau, elles proviendront :

- de l'écoulement des eaux de ruissellement vers les fossés périphériques, qui seront ensuite collectées dans le bassin de sédimentation no 1 (RO4).
- des exfiltrations de la halde qui seront collectées dans les fossés périphériques, puis collectées dans le bassin de sédimentation no 1 (S2).
- des pertes en eau dans la halde à stériles et résidus miniers[2].

La halde à stériles et à résidus miniers sera progressivement construite du sud-est vers le nord-ouest. À partir de fossés de dérivation temporaires, l'eau propre sera déviée tandis que l'eau en contact avec les stériles et les résidus sera collectée vers les fossés environnants, puis vers le bassin de sédimentation no 1. À la fin de l'opération de la mine, le bassin versant de la halde à stériles et à résidus miniers couvrira une superficie d'environ 114,4 ha (Journeaux associés, 2012). L'annexe A présente les paramètres d'entrée pour la halde à stériles et à résidus miniers et le bassin de sédimentation no 1 ainsi que les hypothèses de modélisation.

3.1.5 Bassin de sédimentation no 2

Durant l'exploitation, le bassin de sédimentation no 2 recevra les eaux d'exhaure et les précipitations du bassin versant entourant le bassin de sédimentation. Les eaux d'exhaure incluent l'infiltration des eaux souterraines et les eaux de ruissellement des parois de la fosse. Le niveau d'eau du bassin est contrôlé par une conduite

[2] Les « pertes en eau » dans la halde à stériles et résidus miniers correspondent à l'eau absorbée par les résidus miniers et les stériles après leur mise en place

traversant la digue, qui maintient un volume fixe de 22 354 m^3. La capacité totale du bassin est cependant de 82 000 m^3 (Journeaux associés, 2012). L'annexe A présente les paramètres d'entrée pour le bassin de sédimentation no 2 ainsi que les hypothèses de modélisation.

La fosse recevra les précipitations, le ruissellement et l'infiltration des eaux souterraines. L'hypothèse retenue est que la quantité d'infiltration de l'eau souterraine dans la fosse augmentera de façon linéaire en fonction du temps (Richelieu Hydrogéologie, 2012). À la fin des opérations, la fosse sera ennoyée et alors le taux d'infiltration diminuera au fur et à mesure que le niveau de l'eau dans la fosse augmentera. C'est l'hypothèse préconisée en l'absence d'un taux de remplissage (Richelieu Hydrogéologie, 2012).

3.1.6 Climat et ruissellement

Paramètres liés au climat

La probabilité que des précipitations extrêmes surviennent durant plusieurs années consécutives est faible et de tels événements auront un impact sur la qualité de l'eau en fonction de l'année où ils surviendront. Ainsi, pour couvrir les différentes possibilités de conditions climatiques durant la vie du projet, le modèle a été développé de façon à simuler plusieurs itérations annuelles où des conditions extrêmes peuvent survenir (année humide ou année sèche de récurrence de 1 dans 100 ans). Pour chaque simulation, des débits moyens ont été attribués à chaque année de précipitations non extrêmes. Des années de précipitations extrêmes ont été évaluées pour chaque année d'exploitation de la mine et à tous les vingt ans après la fermeture. Pour les fins d'analyses, seuls les résultats relatifs aux années extrêmes ont été extraits du modèle et présentés dans les tableaux sommaires à l'annexe D. Le tableau 1 et l'annexe A présentent les paramètres d'entrée climatiques et les hypothèses de modélisation.

Paramètres de ruissellement

Dans le modèle du bilan hydrique, le ruissellement est estimé en fonction des surfaces. Quatre types de surface ont été pris en compte :

- Aires imperméables : une combinaison des surfaces de gravier et des infrastructures (par exemple, la zone du concentrateur et les routes);
- Aires des stériles : aires d'accumulation des stériles ou emplacement près à les recevoir;
- Aires non affectées : les zones où la végétation naturelle est préservée; et
- Aires de la fosse : l'empreinte de la fosse.

Le tableau 4 indique les coefficients de ruissellement (Rc) utilisés pour chaque types de surface. Ceux-ci tiennent compte des pertes dues à l'évaporation, à la rétention et à l'infiltration.

Tableau 4: Hypothèses du modèle de bilan hydrique – Coefficients de ruissellement (Rc)

Variable/Paramètre	Valeur
R_c site du concentrateur	0,6
R_c Halde à stériles et à résidus miniers	0,46
R_c Bassin	1,0
R_c Sol naturel(1)	0,7-0,3

(1) 0,7 en période de crue et 0,3 les reste de l'année

3.2 Modèle de la qualité de l'eau

3.2.1 Modèle conceptuel

La qualité de l'eau du projet de mine de lithium Whabouchi a été modélisée à l'aide du logiciel GoldSim pour les périodes d'opération et de fermeture de la mine, de même que pour la période couvrant le temps de remplissage de la fosse. Le bilan massique a été couplé au bilan hydrique, permettant ainsi de d'associer une qualité de l'eau aux débits. Les teneurs de fond de l'eau de surface, de l'eau de pluie et de l'eau souterraine ont été intégrées au modèle de la qualité de l'eau afin de représenter la qualité de l'eau naturelle. Les résultats des essais géochimiques sur les stériles et les résidus miniers ont été utilisés pour déterminer la qualité des eaux de ruissellement en contact avec les stériles, les résidus et les parois de la fosse. L'annexe C présente les données utilisées dans le modèle.

La qualité de l'eau a été modélisée pour différentes périodes :

1) pendant l'opération, pour l'effluent du bassin no1 qui collecte les eaux de ruissellement et d'exfiltration de la halde, et l'effluent du bassin no2 qui collecte les eaux d'exhaure;

2) après la fermeture, au moment où la fosse débordera dans le milieu récepteur.

Les paragraphes suivants présentent une analyse du modèle de bilan de masse et des simulations de la qualité de l'eau de drainage.

La modélisation de la qualité de l'eau avait pour objectif d'identifier les dépassements potentiels de certains paramètres de la Directive 019 (MDDEP, 2012) et de ceux relatifs à la qualité des eaux de surface pour la protection de la vie aquatique (MDDEFP, 2013b). Cette modélisation a été réalisée pour simuler l'exploitation de la mine, sa fermeture et la période suivant sa fermeture. En cas d'un éventuel dépassement, Golder a :

1) déterminé le moment où ce dépassement aurait lieu (par exemple durant l'exploitation, au cours d'une année humide, sèche ou moyenne ou après la fermeture de la mine);

2) déterminé l'endroit où ce dépassement aurait lieu (par exemple à l'exutoire du bassin de sédimentation no 1 ou no 2 ou de la fosse ennoyée).

3.2.2 Conditions limites du modèle de la qualité de l'eau

Le modèle a simulé la qualité de l'eau de drainage à plusieurs endroits et à des intervalles de temps fixes selon des conditions de précipitations normales, humides et sèches correspondant aux conditions climatiques du modèle de bilan hydrique. De plus, des intervalles mensuels ont été utilisés dans GoldSim pour représenter les variations saisonnières du volume et de la composition chimique des effluents. Le tableau 5 présente les intervalles de temps du modèle de la qualité de l'eau.

Tableau 5: Intervalles de temps utilisés dans le modèle de la qualité de l'eau[1]

Infrastructure	Opération	Fermeture	Post-Fermeture
Halde à stériles et à résidus miniers / Bassin de sédimentation n° 1	Années 2, 4, 7, 9, 11, 13, 15 et 19	Non modélisé	Non modélisé
Fosse / Bassin de sédimentation n° 2	Années 2, 4, 7, 9, 11, 13, 15 et 19	Inondation de la fosse	Années 5 et 10
Bassins des bureaux administratifs/concentrateur	Non modélisé		

[1] Source: Selon les figures 16.15 à 16.23 dans Met-Chem Canada, 2012.

Le modèle géochimique est basé sur les réserves minérales qui ont été utilisées pour quantifier le tonnage de stériles et de résidus miniers déposés en surface. Ce modèle a aussi été utilisé pour simuler la géologie des faces exposées dans la fosse durant l'opération. Afin de coupler la géologie du site et les tonnages du modèle, la géologie du site a été simplifiée. Lamont (2013) a conclu que les signatures géochimiques des deux unités mafiques (c'est-à-dire le basalte et le gabbro) étaient identiques et pouvaient être regroupées en une même unité en fonction du potentiel de drainage minier acide (DMA) (soit les roches potentiellement génératrices d'acide (PGA) et non potentiellement génératrice d'acide (non-PGA)). De la même façon, la pegmatite et la pegmatite à spodumène étaient similaires sur le plan géochimique, particulièrement pour la pegmatite à spodumène dont la concentration en spodumène était en-dessous de la teneur de coupure. Le tableau 6 résume les unités géologiques utilisées dans les modèles.

Tableau 6: Unités géologiques des modèles de réserve de minerai et de la qualité de l'eau

Unités géologiques	Sous-ensemble géochimique	Modèle de réserve de minerai	Unités du modèle de qualité de l'eau	Répartition (fosse)	Répartition (halde)
Résidus miniers	Résidus miniers[1]	Résidus miniers	Résidus miniers	0 %	20 %
Basalte	PGA[1]	Stériles	Stériles	80 %	80 %
	Non-PGA[1]				
Gabbro	PGA[1]				
	Non-PGA[1]				
Pegmatite	Pegmatite [1]				
Pegmatite à spodumène (lithium)	Pegmatite à spodumène (lithium)	Pegmatite à spodumène (lithium)	Pegmatite à spodumène (lithium) [2]	20 %	

[1] Des essais en cellule humide ont été effectués
[2] La pegmatite a été utilisée comme approximation pour la pegmatite à spodumène (lithium) car il n'y a pas de données cinétiques existantes pour cette dernière

3.2.3 Comparaison entre les données d'entrée et les résultats de la qualité de l'eau

Les données sur la qualité de l'eau proviennent de mesures prises sur le terrain et de la caractérisation géochimique des stériles et des résidus miniers. Le tableau 7 indique les différentes sources utilisées pour prédire la composition chimique du drainage sur le site. Les charges de chaque infrastructure ont été estimées en combinant chacun des apports selon leurs proportions relatives. Des concentrations ont été appliquées aux débits pour générer la charge finale de tous les paramètres modélisés. Les teneurs de fond ont été appliquées aux précipitations, au ruissellement et à l'infiltration de l'eau souterraine. Les eaux d'exfiltration et du ruissellement de la halde à stériles et à résidus miniers, ainsi que du ruissellement des parois rocheuses de la fosse ont été estimées à partir des résultats des essais de caractérisation géochimiques et selon les règles de l'art de l'industrie. Ces résultats sont disponibles à l'annexe C.

La qualité des eaux de drainage des bassins de sédimentation no1 et no2 a été déterminée en additionnant les charges provenant de la halde à stériles et à résidus miniers et de la fosse, puis en divisant le total par le débit d'eau des bassins de sédimentation respectifs. De la même façon, la qualité de l'eau de la fosse ennoyée a été déterminée en additionnant les charges en provenance des eaux souterraines et du ruissellement sur les parois, et en divisant cette somme par le débit d'eau total dans la fosse. Étant donné que les processus géochimiques relatifs à l'adsorption et aux précipitations n'ont pas été pris en compte dans les calculs, certaines concentrations pourraient être sursaturées.

Tableau 7: Sources des paramètres d'entrée du modèle de la qualité de l'eau

Infrastructure minière	Source(s) d'entrée
Bassin de sédimentation n° 1	Précipitation directe (eau de pluie) Eau de ruissellement Eau dans les résidus miniers Charge apportée par les résidus miniers Charge apportée des stériles PGA Charge apportée par les stériles Non-PGA
Bassin de sédimentation n° 2	Précipitation directe (eau de pluie) Eau souterraine Eau de ruissellement Charge apportée par la pegmatite des stériles PGA et les stériles non-PGA
Fosse ennoyée	Précipitation directe (eau de pluie) Eau souterraine Charge apportée par la pegmatite, les stériles PGA et les stériles non-PGA

Le tableau 8 présente les compositions chimiques des différents apports d'eau du modèle. On y présente les données sur la composition chimique moyenne de l'eau échantillonnée dans le cadre de l'établissement des teneurs de fond de la qualité des eaux souterraines et de surface menée par Nemaska Lithium, ainsi que celles de la composition chimique moyenne des lixiviats issus des essais cinétiques en laboratoire (Lamont, 2013). Lorsque la concentration d'un paramètre mesurée en laboratoire était sous la limite de détection, la valeur utilisée aux fins de la modélisation était égale à la moitié de la limite de détection pour ce paramètre. Les

données géochimiques ont été obtenues à partir des essais en cellules humides faites par Lamont (2013). Elles ont été divisées en deux groupes, soit les données initiales provenant du premier rinçage et les données en régime permanent. Les données initiales montraient généralement des concentrations élevées d'anions et de cations provenant de la dissolution de sels secondaires et de grains très fins de l'échantillon concassé à cause de l'importante surface spécifique de ces grains fins. Les résultats en régime permanent représentent la libération d'ions provenant des réactions chimiques congruentes ou non congruentes à long terme dans l'échantillon, provoquée par la dissolution et l'oxydation de la roche. L'annexe C présente une analyse détaillée des données d'entrée.

Le tableau 8 montre les critères de la qualité de l'eau qui ont été retenus à des fins de comparaison des effluents modélisés. Il s'agit des critères suivants :

- Critères québécois sur les effluents miniers :
  - Directive 019 – Concentration moyenne acceptable (moyenne arithmétique mensuelle) (MDDEP, 2012).
  - Directive 019 – Concentration maximale acceptable dans un échantillon instantané (MDDEP, 2012).
- Critères québécois de la qualité de l'eau de surface :
  - Qualité de l'eau de surface pour la protection de la vie aquatique – Effet aigu (CVAA) (MDDEFP, 2013b).
  - Qualité de l'eau de surface pour la protection de la vie aquatique – Effet chronique (CVAC) (MDDEFP, 2013b).

Les critères pour la protection de la vie aquatique - effets chroniques étaient supérieurs aux limites de détection pour le béryllium dans les analyses de la qualité des eaux de surface et souterraines, et supérieures à celles du cadmium dans les analyses des eaux souterraines. Par conséquent, pour le béryllium et le cadmium, il est impossible de statuer si les concentrations sont supérieures ou inférieures aux critères de la qualité de l'eau.

Paramètres d'entrée du bilan massique pour le modèle
de qualité de l'eau du projet de mine de lithium Whabouchi

Paramètres d'entrée du modèle	Directive 019, Québec [1A]		Qualité de l'eau de surface, Québec [1B]		Unités	Eau souterraine	Eau de surface	Résidus miniers		Pegmatite stérile (minerai)		Stériles – Non PGA		Stériles - PGA	
	Concentration moyenne acceptable (moyenne arithmétique mensuelle)	Concentration maximale acceptable dans un échantillon instantané	Effet aigu (CVAA)	Effet chronique (CVAC)				Premier rinçage	Régime permanent	Premier rinçage	Régime permanent	Premier rinçage	Régime permanent	Premier rinçage	Régime permanent
						Moyenne									
Paramètres modélisés															
pH	-	-	6,5 - 9,0	6,5 - 9,0	unités de pH	***6,1***	***5,4***	7,3	***6,3***	7,1	6,5	7,1	6,8	6,9	***6,1***
Alcalinité	-	-	-	-	mg/L	34	4,0	31	1,0	8,4	1,3	7,9	3,8	6,0	1,4
Acidité	-	-	-	-	mg/L	-	-	1,0	1,6	1,0	1,6	1,0	1,0	1,0	3,9
Dureté	-	-	-	-	mg/L	-	17	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfate	-	-	500 [A]	500 [A]	mg/L	25	1,1	0,68	0,10	0,30	0,10	1,6	0,64	4,5	2,6
Fluorite	-	-	4 [B]	0,2 [B]	mg/L	-	0,05	0,044	0,032	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
Nitrate	-	-	-	2,9	mg/L	-	0,042	-	-	-	-	-	-	-	-
Ammonium	-	-	2,0 - 26 [C]	0,38 - 1,9 [C]	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aluminium	-	-	0,75 [D]	0,087 [D]	mg/L	***0,11***	***0,18***	***0,090***	0,0080	***0,093***	0,016	0,054	0,033	0,030	0,0085
Antimoine	-	-	1,1	0,24	mg/L	0,0024	0,00056	0,00085	0,00024	0,0021	0,00038	0,00059	0,00020	0,00050	0,00031
Argent	-	-	0,00013 [E]	0,0001	mg/L	0,000071	0,00005	0,0000050	0,0000050	-	0,0000050	-	0,0000050	-	0,0000080
Arsenic	0,2	0,4	0,34	0,15	mg/L	0,00025	0,0005	0,00064	0,00032	0,0025	0,00026	0,00071	0,00062	0,00021	0,00028
Baryum	-	-	0,23 [E]	0,079 [E]	mg/L	0,022	0,0034	0,00066	0,00017	0,00029	0,00013	0,00042	0,00038	0,00033	0,00025
Béryllium	-	-	0,00037 [E]	0,000041 [E]	mg/L	***0,00025***	***0,00025***	***0,0023***	***0,00064***	0,000023	0,000010	0,000010	0,000010	0,000010	0,000010
Bore	-	-	-	-	mg/L	0,0058	0,000125	0,000090	0,000011	0,0030	0,00026	0,0018	0,00025	0,0023	0,00035
Bismuth	-	-	28	5	mg/L	-	0,0025	0,00047	0,000066	0,00001	0,000008	0,0000050	0,0000050	0,0000050	0,0000050
Cadmium	-	-	0,00042 [E]	0,000082 [E]	mg/L	***0,00010***	0,00002	0,000033	0,000017	0,0000066	0,0000034	0,000011	0,0000015	0,0000071	0,0000025
Calcium	-	-	-	-	mg/L	9,1	1,5	8,2	0,42	1,2	0,60	2,0	1,7	3,3	1,0
Chrome	-	-	0,48 [E, III]	0,023 [E, III]	mg/L	0,00032	0,0003	0,0019	0,00025	0,00045	0,00025	0,00025	0,00025	0,00025	0,00025
Cobalt	-	-	0,37	0,1	mg/L	0,0020	0,0003	0,000086	0,000037	0,0000063	0,000046	0,000037	0,000069	0,000084	0,0076
Cuivre	0,3	0,6	0,0031 [E]	0,0024 [E]	mg/L	***0,0058***	0,0005	***0,0044***	0,00083	***0,0045***	0,00032	0,00043	0,00047	0,00096	0,00091
Fer	3	6	3,4	1,3	mg/L	1,1	0,18	0,020	0,0062	0,0024	0,0015	0,0090	0,0025	0,0062	0,017
Lithium	-	-	0,91	0,44	mg/L	0,02	0,005	0,12	0,0030	0,12	0,0022	0,16	0,0070	0,11	0,0062
Magnésium	-	-	-	-	mg/L	0,73	0,35	0,64	0,0098	0,050	0,0080	0,43	0,17	0,63	0,16
Manganèse	-	-	1 [E]	0,47 [E]	mg/L	0,084	0,013	0,051	0,030	0,0065	0,0087	0,0013	0,0022	0,0019	0,018
Mercure	-	-	0,0016	0,00091	mg/L	0,00028	0,000005	0,000050	0,000033	0,000050	0,000032	0,000050	0,000050	0,000050	0,000034
Molybdène	-	-	29	3,2	mg/L	0,0030	0,0003	0,00097	0,000033	0,0016	0,000032	0,00057	0,000018	0,0011	0,00012
Nickel	0,5	1	0,12 [E]	0,013 [E]	mg/L	0,0064	0,00024	0,0032	0,00022	0,000088	0,000060	0,00014	0,00023	0,00029	0,0086
Plomb	0,2	0,4	0,011 [E]	0,00041 [E]	mg/L	0,00025	0,00015	0,00018	0,000018	0,000045	0,000024	0,000013	0,000034	0,000040	0,000013
Potassium	-	-	-	-	mg/L	0,78	0,2	1,1	0,076	2,3	0,16	0,61	0,077	0,29	0,027
Sélénium	-	-	0,062	0,005	mg/L	0,00055	0,00054	0,00028	0,00050	0,00050	0,00050	0,00050	0,00050	0,00050	0,00050
Sodium	-	-	-	-	mg/L	19	0,74	7,2	0,080	1,9	0,062	1,2	0,063	1,2	0,062
Étain	-	-	40	21	mg/L	0,00057	0,0005	0,0032	0,0012	0,0010	0,00011	0,0011	0,00031	0,00094	0,00011
Strontium	-	-	-	-	mg/L	-	-	0,014	0,00032	0,0021	0,00052	0,0022	0,0012	0,0035	0,0013
Thallium	-	-	0,047	0,0072	mg/L	0,00050	0,0010	0,000058	0,000012	0,000085	0,000010	0,000028	0,000010	0,000021	0,000032
Titane	-	-	-	-	mg/L	-	0,0008	0,00026	0,000050	0,000050	0,000050	0,00038	0,00015	0,00020	0,000050
Uranium	-	-	0,32 [E]	0,014 [E]	mg/L	0,0021	0,0005	***0,021***	0,00024	***0,14***	0,0034	0,000080	0,000016	0,00017	0,000012
Vanadium	-	-	0,11	0,012	mg/L	0,0012	0,0010	0,00029	0,000015	0,000048	0,000022	0,0018	0,00079	0,00079	0,000081
Tungstène	-	-	-	-	mg/L	-	-	0,00062	0,000015	0,0022	0,000015	0,00065	0,000026	0,00028	0,000015
Yttrium	-	-	-	-	mg/L	-	-	0,000012	0,0000020	0,000048	0,00000080	0,0000031	0,00000090	0,0000019	0,0000040
Zinc	0,5	1	0,031 [E]	0,031 [E]	mg/L	0,017	0,0055	0,0075	0,0016	0,0010	0,0024	0,0010	0,0023	0,0010	0,0044

NOTE

1A. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Gouvernement du Québec , 2012. http://www.mddep.gouv.qc.ca/milieu_ind/directive019/

1B. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Gouvernement du Québec , 2013. http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp

A. Ce critère de qualité s'applique aux eaux dont la dureté est < 100 mg/L et dont la concentration en chlorures est < 5 mg/L.
B. Ce critère de qualité a été calculé à partir de données de toxicité pour de faibles duretés (≤ 120 mg/L ($CaCO_3$)).
C. Ce critère varie en fonction du pH et de la température.
D. Ce critère varie en fonction du pH.
E. Ce critère varie en fonction de la dureté.
F. Critère provisoire selon l'organisme d'où provient la valeur.
G. Des objectifs d'ordre esthétiques sont disponibles pour certains paramètres.
III. Chrome (III)

Valeurs excédant les critères de Qualité de l'eau de surface (Protection de la Vie Aquatique) Effet aigu (CVAA) — ***XXX***
Valeurs excédant les critères de Qualité de l'eau de surface (Protection de la Vie Aquatique) Effet chronique (CVAC) — ***XXX***

3.2.4 Utilisation d'explosifs

Les résidus des explosifs sont une source potentielle de d'azote et de sodium dans les eaux de drainage. Les résidus d'émulsion sont donc une source potentielle de sodium, d'ammonium et de nitrates dans les eaux du site. Or l'évaluation des quantités rejetées de composés azotés provenant de l'utilisation des nitrates d'ammonium formant les explosifs est difficile à prédire peuvent être très variables. Selon Morin et Hutt (2009), de nombreux facteurs contribuent au rejet d'azote lors d'un sautage, dont le plus important est la manipulation inadéquate des explosifs, notamment les déversements durant le chargement des trous, ou leur inefficacité (par exemple la non-explosion ou l'explosion partielle des trous). Par conséquent, les concentrations des composés azotés ont été estimées selon les meilleures pratiques possibles.

Nemaska Lithium utilisera exclusivement des explosifs à base d'émulsion pour les travaux préparatoires et l'exploitation de la mine de lithium à ciel ouvert Whabouchi. La conception du plan de sautage, y compris le taux d'émulsion utilisé, sont présentés dans le rapport de Met-Chem Canada (2012). Les tonnages d'émulsion utilisés chaque année durant l'opération ont été calculés en fonction du plan de sautage et des tonnages de stériles et de minerai extraits chaque année (Met-Chem Canada, 2012). Morin et Hutt (2009) estiment que la perte d'azote résultant d'un sautage varie entre 1 % et 6 %. Les charges résiduelles de sodium, d'ammonium et de nitrate pour le projet ont été fixées à un taux de 1 %. Celui-ci devrait diminuer avec l'augmentation des émulsions utilisées pour le sautage (Met-Chem Canada, 2012).

On pose également l'hypothèse qu'environ 60 % des charges résiduelles seront disposées dans la halde à stériles et à résidus miniers et que 40 % resteront dans la fosse pour éventuellement joindre les eaux de ruissellement et être pompées en surface.

3.2.5 Hypothèses du modèle

L'annexe C présente une analyse détaillée du modèle de la qualité de l'eau et des hypothèses sous-jacentes. La présente section expose brièvement les principales hypothèses utilisées dans le modèle de la qualité de l'eau.

- Les données sur la qualité de l'eau utilisées dans le modèle sont représentatives de leurs apports d'eau respectifs.
- Le modèle de la qualité de l'eau est basé sur des concentrations dissoutes. Les concentrations peuvent être supérieures aux résultats présentés ici en raison de la contribution dues aux matières en suspension qui n'ont pas été modélisées.
- Les valeurs des paramètres de la qualité de l'eau qui étaient inférieures à la limite de détection analytique ont été établies à la moitié de la limite de détection aux fins de modélisation. Il peut en résulter des prédictions élevées des concentrations pour certains paramètres.
- Les proportions modélisées des stériles potentiellement générateurs d'acide et non potentiellement générateurs d'acide, des stériles et des résidus miniers entreposés dans la halde, et des stériles et pegmatites aux parois dans la fosse demeurent inchangées pour la durée de vie de la mine.
- On considère un mélange homogène des paramètres dissous provenant des eaux de la halde à stériles et à résidus miniers, des eaux d'exhaure, des bassins de sédimentation no 1 et 2 et de la fosse ennoyée.

- Le ruissellement de la halde à stériles et à résidus miniers est en contact avec 25 cm de roches ou de résidus. L'eau de ruissellement et d'exfiltration qui entre en contact avec la halde à stériles et résidus miniers est collectée par le bassin de sédimentation no 1. L'interaction chimique entre les stériles, les résidus et l'eau se limite à cette zone.
- L'infiltration de l'eau souterraine dans la fosse est continue.
- Le ruissellement sur les parois de la fosse peut s'infiltrer à une profondeur maximale d'un mètre par rapport à la surface. L'interaction chimique entre la roche et l'eau se limite à cette épaisseur de roche.

4.0 RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION ET ANALYSES

4.1 Résultats du bilan hydrique

4.1.1 Opération

Le bilan hydrique a permis d'évaluer les débits associés aux infrastructures et aux bassins de sédimentation nos 1 et 2 durant les années d'opération 1 à 19, selon trois scénarios climatiques : précipitations moyennes, humide de récurrence 1 dans 100 ans et sèche de récurrence 1 dans 100 ans. La modélisation a également permis d'estimer les volumes d'eau entrant et sortant de chaque installation illustrée à la figure 5 :

- Eaux d'exhaure de la fosse
- Ruissellement au concentrateur
- Bassin du concentrateur
- Bassin des bureaux administratifs
- Bassin de sédimentation no 1
- Bassin de sédimentation no 2

Les résultats de la modélisation sont présentés à l'annexe D pour les précipitations moyennes (tableau D1), les précipitations extrêmes de récurrence 1 dans 100 ans (tableau D2), et une sécheresse extrême de récurrence de récurrence de 1 dans 100 ans (tableau D3).

Les résultats montrent que le débit entrant au bassin de sédimentation no 1 passera de 298 000 m^3/an (an 1) à 744 000 m^3/an (an 19), selon le scénario des précipitations moyennes à cause l'agrandissement de la halde à stériles et à résidus miniers. Dans le cas du scénario de précipitations extrêmes, l'augmentation est plus importante, soit de 402 000 m^3/an à 1 043 000 m^3/an. Quant au scénario de sécheresse extrême, l'augmentation est plus faible, soit de 224 000 m^3/an à 528 000 m^3/an. Ainsi, le débit du bassin de sédimentation no 1 vers le cours d'eau C pourrait varier de 297 000 m^3/an à 742 000 m^3/an.

Le débit entrant au bassin de sédimentation no 2 était au départ inférieur à celui du bassin de sédimentation no 1 mais augmente à cause de l'empreinte de la fosse ainsi que de sa profondeur qui augmente. Selon le scénario des précipitations moyennes, le débit entrant annuel passe de 119 000 m^3/an la première année à 985 000 m^3/an à la 19e année. Pour des précipitations annuelles extrêmes, le débit entrant passe

de 159 000 m^3/an à 1 077 000 m^3/an, tandis que dans des conditions de sécheresse extrêmes, il passe de 92 000 m^3/an à 919 000 m^3/an. Par conséquent, le débit sortant du bassin de sédimentation no 2 vers le lac des Montagnes pourrait varier de 92 000 m^3/an à 976 000 m^3/an.

L'analyse qui suit présente les débits et les taux d'écoulement provenant de tous les éléments qui contribuent au bilan hydrique et qui se répercutent directement sur la composition chimique de l'eau collectée par les bassins de sédimentation nos 1 et 2. Le lecteur est invité à consulter l'annexe D pour obtenir plus de précisions sur les résultats du bilan hydrique.

4.1.1.1 Bilan hydrique du bassin de sédimentation no 1

L'eau collectée par le bassin de sédimentation no 1 provient essentiellement de la halde à stériles et à résidus miniers. La figure 6 illustre les débits entrants annuels (m^3/an) selon le scénario de précipitation moyen.

Durant la phase d'exploitation de la mine, l'eau collectée par le bassin de sédimentation no 1 en provenance de la halde à stériles et à résidus miniers s'accroît progressivement en suivant l'augmentation de l'empreinte : 286 000 m^3/an la première année, 331 000 m^3/an de la deuxième à la sixième année; 497 000 m^3/an de la septième à la onzième année, 572 000 m^3/an de la douzième à la quinzième année, 718 000 m^3/an de la seizième à la dix-neuvième année. Selon le modèle, l'écoulement en provenance de la halde à stériles et à résidus demeure stable à 575 000 m^3/an après la fermeture de la mine. Le plan de restauration de la mine prévoit la remise en état (végétalisation) d'environ un tiers (36 %) de la halde à stériles et à résidus miniers. Ce couvert végétal favorisera le ruissellement tout en réduisant l'infiltration d'eau dans la halde. Toutefois, les paramètres du recouvrement n'étaient pas disponibles au moment de la présente étude de sorte que le modèle ne tient pas compte de la présence d'un tel couvert végétal sur la halde à stériles et à résidus miniers.

Durant la phase d'exploitation (de l'an 1 à l'an 19), les précipitations directes à la surface du bassin de sédimentation no 1 demeurent inchangées (1 412 m^3/an). Au cours de cette même période, le débit entrant augmente sensiblement, passant de 14 000 m^3/an la première année à 24 000 m^3/an à la fin de l'exploitation minière.

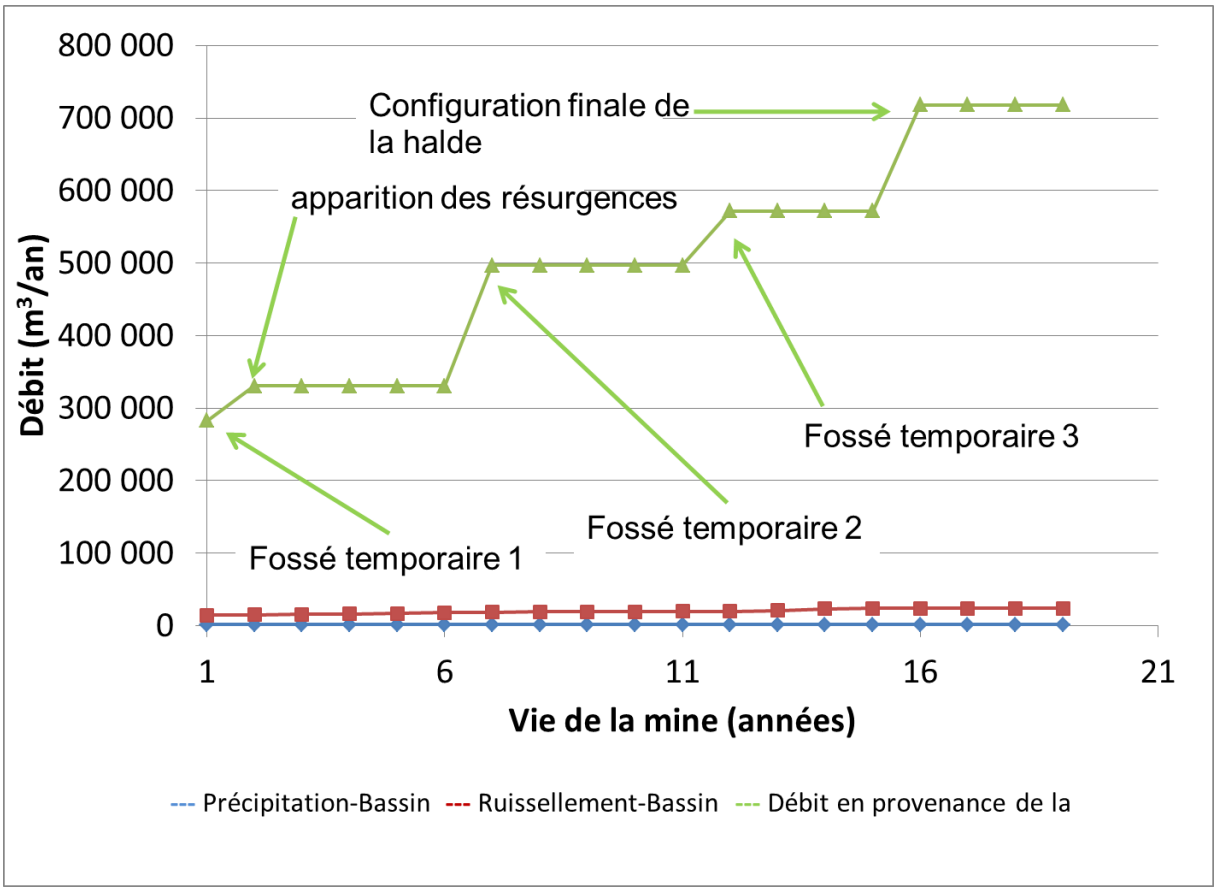

Figure 6: Débits se rapportant au bassin de sédimentation no 1 – Scénario de précipitations moyennes

L'écart de précipitations suivant les scénarios de précipitations extrêmes et de sécheresse extrême a une faible incidence sur le débit entrant, comparativement aux résultats du scénario de précipitations moyennes. Les débits associés à chacun des scénarios sont présentés à l'annexe D, aux tableaux D1, D2 et D3 (précipitations moyennes, précipitations extrêmes de récurrence de 1 dans 100 ans et sécheresse extrême de récurrence de 1 dans 100 ans respectivement). Les tableaux 9, 10 et 11 présentent quant à eux les proportions de ces débits pour les conditions moyennes, les précipitations extrêmes (1 dans 100 ans) et la sécheresse extrême (1 dans 100 ans) respectivement.

Le débit provenant de la halde à stériles et à résidus miniers représente de 92 % à 96 % du débit entrant dans le bassin de sédimentation no 1 dans des conditions de précipitations moyennes. Pour les conditions de précipitations extrêmes (1 dans 100 ans), le débit entrant dans le bassin s'accroît légèrement, mais correspond à 90 % à 95 % du débit entrant dans le bassin. Inversement, dans le cas d'une sécheresse extrême (1 dans 100 ans), le débit entrant dans le bassin diminue et la contribution de la halde à stériles et à résidus correspond à une proportion de 95 % à 97 %.

Tableau 9: Provenance de l'eau entrant dans les bassins de sédimentation – Scénario de précipitations moyennes [1]

Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Bassin de sédimentation n° 1																			
Précipitation dans le bassin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ruissellement dans le bassin	5	4	5	5	5	5	4	4	4	4	4	3	4	4	4	3	3	3	3
Exfiltration de la halde	59	64	64	64	64	64	57	57	57	57	57	55	55	54	54	52	52	52	52
Ruissellement de la halde	36	31	31	31	31	31	39	39	39	39	39	42	42	41	41	45	45	45	45
Débits entrants totaux	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Bassin de sédimentation n° 2																			
Précipitation dans la fosse	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eau souterraine dans la fosse	24	45	56	64	69	70	68	69	72	74	76	76	76	76	76	76	77	77	77
Parois de la fosse	65	49	40	32	27	27	30	29	26	24	23	23	23	22	22	22	22	22	22
Précipitation dans le bassin	7	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ruissellement dans le bassin	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total provenant de la fosse	91	95	96	96	97	98	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
Débits entrants totaux	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tableau 10: Provenance de l'eau entrant dans les bassins de sédimentation – Scénario de précipitations extrêmes (récurrence 1/100 ans)[1]

Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Bassin de sédimentation n° 1																			
Précipitation dans le bassin	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ruissellement dans le bassin	6	6	6	6	7	7	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	4	4	4
Exfiltration de la halde	56	60	60	60	60	60	55	55	55	55	55	53	53	53	53	51	51	51	51
Ruissellement de la halde	37	33	33	33	33	33	40	40	40	40	40	42	42	42	42	44	44	44	44
Débits entrants totaux	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Bassin de sédimentation n° 2																			
Précipitation dans la fosse	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Eau souterraine dans la fosse	18	36	47	55	61	62	60	61	64	67	69	69	69	69	70	70	70	70	70
Parois de la fosse	68	55	47	39	34	34	37	36	33	30	29	29	28	28	28	28	28	27	27
Précipitation dans le bassin	10	6	5	4	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Ruissellement dans le bassin	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total provenant de la fosse	88	93	94	95	96	96	97	98	98	98	98	99	99	99	99	99	99	99	99
Débits entrants totaux	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(1) Les pourcentages ont été arrondis à l'entier le plus proche.

Tableau 11: Provenance de l'eau entrant dans les bassins de sédimentation – Scénario de sécheresse extrême (récurrence 1/100 ans)[1]

Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Bassin de sédimentation n° 1																			
Précipitation dans le bassin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ruissellement dans le bassin	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	3	3	2	2	2	2
Exfiltration de la halde	62	69	68	68	68	68	59	59	59	59	59	56	56	56	56	52	52	52	52
Ruissellement de la halde	35	28	28	28	28	28	38	38	38	38	38	41	41	41	41	45	45	45	45
Débits entrants totaux	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Bassin de sédimentation n° 2																			
Précipitation dans la fosse	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eau souterraine dans la fosse	31	54	64	71	76	77	75	76	78	80	81	82	82	82	82	82	82	82	83
Parois de la fosse	61	42	33	26	22	22	24	23	21	19	18	18	18	17	17	17	17	17	17
Précipitation dans le bassin	5	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Ruissellement dans le bassin	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total provenant de la fosse	94	96	98	99	99	99	99	99	99	99	99	99	100	100	100	100	100	100	100
Débits entrants totaux	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

[1] Les pourcentages ont été arrondis à l'entier le plus proche.

4.1.1.2 Bilan hydrique du bassin de sédimentation no 2

L'eau pompée de la fosse constitue la principale source du bassin de sédimentation no 2. La figure 7 montre l'évolution du débit (m^3/an) des apports d'eau de ce bassin pour les conditions de précipitations moyennes, ainsi que les contributions de la fosse, des eaux souterraines et du ruissellement sur les parois de la fosse.

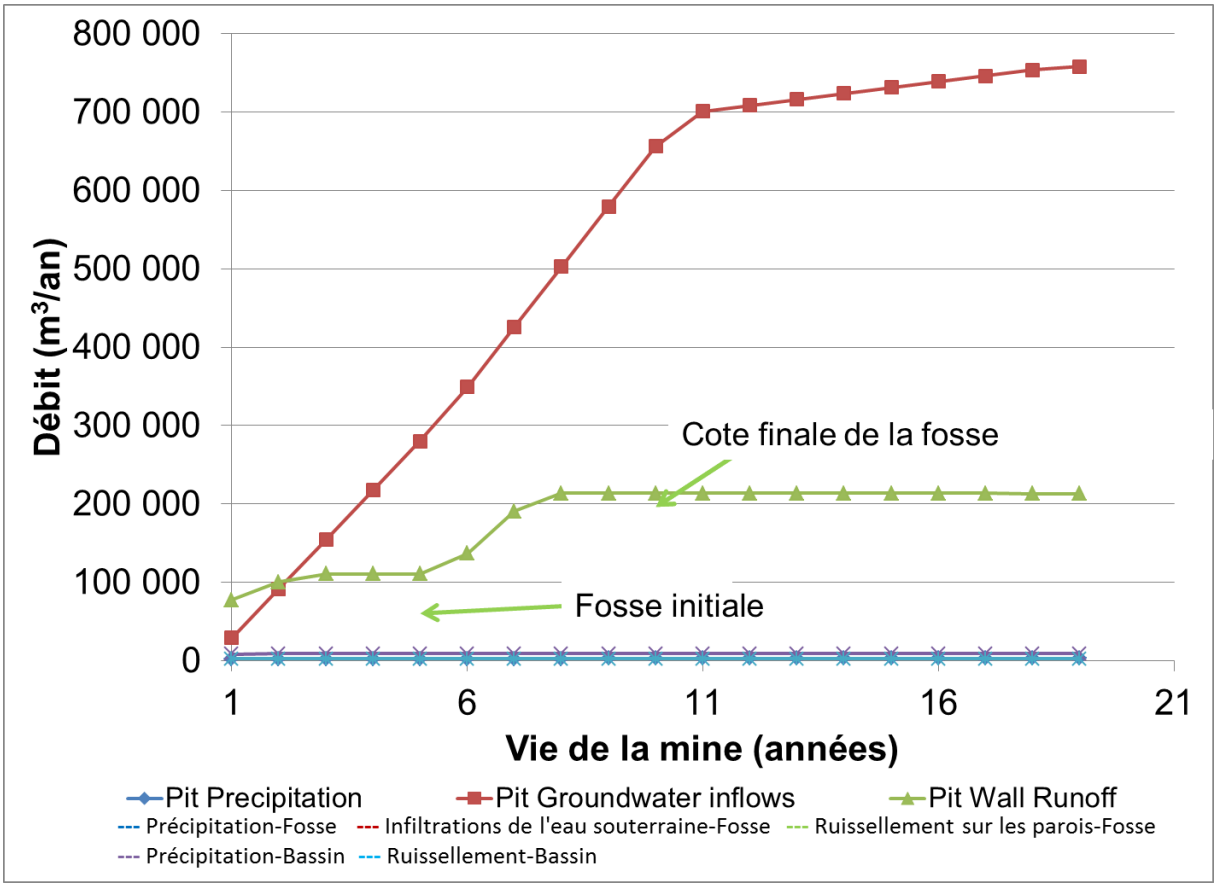

Figure 7: Débits entrants dans le bassin de sédimentation no 2 – Scénario de précipitations moyennes

L'évolution du ruissellement sur les parois rocheuses de la fosse et de l'infiltration des eaux souterraines est liée à l'empreinte de la fosse. La figure 8 montre la configuration de la fosse au cours des deux premières années de production (fosse initiale), pendant l'opération lorsque l'empreinte maximale est atteinte et enfin, lorsque la profondeur de la fosse atteint 118 m (fosse finale). Le ruissellement sur les parois de la fosse est d'environ 150 000 m^3/an et varie peu durant la phase initiale (fosse initiale). Ce ruissellement augmente à près de 294 000 m^3/an lorsque la profondeur de la fosse maximale est atteinte. Quant à l'infiltration des eaux souterraines, elle augmente progressivement de 29 000 m^3/an en début d'opération à 701 000 m^3/an après 11 ans, pour se stabiliser à 758 000 m^3/an lorsque la fosse atteint sa profondeur maximale.

Pour le scénario des précipitations moyennes, la contribution des eaux d'exhaure dans le bassin de sédimentation no 2 passe de 91 % à l'an 1, à 99 % de l'an 8 à la dernière année d'opération de la mine (tableau 9). Il est à noter que le débit d'eau d'exhaure inclue le ruissellement sur les parois et l'infiltration des eaux souterraines. Pour ce qui est de l'infiltration des eaux souterraines, elle croît progressivement tout au long de l'opération. Les autres apports d'eau contribuant au débit entrant dans le bassin de sédimentation no 2, notamment les précipitations directes et le ruissellement associé au petit bassin versant, totalisent près de 10 % de la recharge totale du bassin la première année, mais diminuent rapidement à des proportions inférieures à 1 % par la suite.

Dans des conditions de précipitations extrêmes (de récurrence 1 dans 100 ans), celles-ci contribuent de manière plus importante au débit entrant dans le bassin de sédimentation no 2, bien que la fosse demeure le principal apport d'eau du bassin (tableau 10). La contribution proportionnelle de la fosse au débit entrant total du bassin de sédimentation no 2 passe de 88 % à l'an 1 à 98 % à l'an 8, tandis que le ruissellement sur les parois de la fosse surpasse l'infiltration des eaux souterraines (il devient le principal apport du débit entrant du bassin dès l'an 3). Les apports d'eau contribuant au débit entrant dans le bassin de sédimentation no 2, notamment les précipitations directes et l'écoulement sur le bassin versant, représentent près de 12 % de l'apport total du bassin à l'an 1, mais diminue à 1 % à l'an 19.

Pour le scénario de sécheresse extrême de récurrence de 1 dans 100 ans (tableau 11), l'apport d'eau souterraine est plus important que le ruissellement sur les parois de la fosse, le ruissellement du bassin versant et les précipitations directes. L'infiltration dans la fosse représente de 94 % à 99 % de l'apport du bassin, mais varie de 31 % à l'an 1 (comparativement à 61 % pour le ruissellement des parois la même année) à 83 % à la fin des activités de la mine, comparativement à 74 % selon le scénario des précipitations moyennes et à 70 % selon celui des précipitations extrêmes.

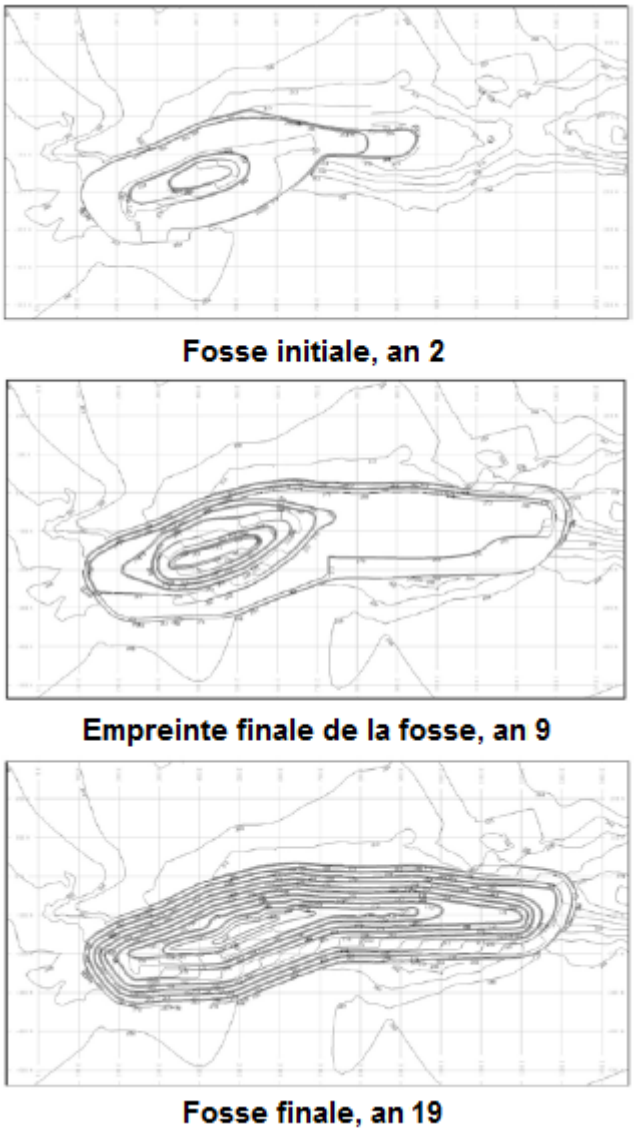

Figure 8: Évolution de la configuration de la fosse (Met-Chem Canada, 2012)

4.1.2 Fermeture et post-fermeture

À la fin des opérations, les activités dans la fosse cesseront, le concentrateur ne sera plus en opération et il n'y aura plus de transport de stériles ou de résidus miniers sur la halde. Les activités de maintien à sec de la fosse cesseront et elle commencera à s'ennoyer. Le bilan hydrique du bassin de sédimentation no 1 et de la fosse durant cette période sont présentés au tableau D1 de l'annexe D. Les résultats ont été obtenus pour les conditions de précipitations moyennes seulement. Les scénarios extrêmes ont été pris en considération pour chaque année d'exploitation de la mine, puis pour chaque tranche de vingt ans après la fermeture, en raison de l'incertitude associée à l'extrapolation de données météorologiques limitées (section 3.1.6).

4.1.2.1 Bilan hydrique du bassin de sédimentation no 1

Les débits du bassin de sédimentation no 1 ne varient pas après l'arrêt des activités d'extraction et de traitement du minerai, à l'exception des résurgences de la halde qui diminuent légèrement, dû au fait qu'il n'y a plus d'apport d'eau par les résidus miniers dont tenait compte le modèle durant l'opération. On prévoit la mise en végétation de la halde à stériles et à résidus et ce couvert végétal aura pour effet d'augmenter le ruissellement et par conséquent de réduire l'infiltration. Toutefois, la conception détaillée n'était pas disponible au moment de l'étude de sorte que le modèle ne tient compte d'aucune variation de l'écoulement ou de l'infiltration lors de la phase post-fermeture.

Le tableau 12 présente l'apport d'eau des différents éléments en fonction du scénario de précipitations moyennes pour la phase post-fermeture. L'écoulement (55 %) et les résurgences (41 %) de la halde à stériles et à résidus miniers demeurent les principales sources d'apport d'eau (débit entrant) du bassin de sédimentation no 1.

Tableau 12: Apport d'eau des bassins de sédimentation et de la fosse après la fermeture et durant la phase post-fermeture – Scénario de précipitations moyennes(1)(2)

	Année 19	Année 25	Année 35	Année 45	Année 55	Année 65	Année 71	Année 76
	%	%	%	%	%	%	%	%
Débits dans le bassin de sédimentation n° 1								
Précipitation dans le bassin	0	0	0	0	0	0	0	0
Ruissellement dans le bassin	3	4	4	4	4	4	4	4
Ruissellement de la halde	52	55	55	55	55	55	55	55
Exfiltration de la halde	45	41	41	41	41	41	41	41
Débits entrants totaux	100	100	100	100	100	100	100	100
Débits dans la fosse								
Précipitation dans la fosse	0	14	29	45	61	79	90	90
Eau souterraine dans la fosse	78	68	56	41	26	11	3	2
Parois de la fosse	22	17	15	14	13	10	8	8
Débits entrants totaux dans la fosse	100	100	100	100	100	100	100	100

(1) Les années ayant servi aux calculs couvrent la période du remplissage de la fosse et une période post-fermeture de cinq ans.

(2) Les pourcentages ont été arrondis à l'entier le plus proche.

4.1.2.2 Remplissage de la fosse

La figure 9 présente l'élévation du niveau de l'eau dans la fosse d'après le modèle du bilan hydrique. Après l'arrêt des activités minières, l'élévation du niveau de l'eau dans la fosse devrait atteindre 288,5 m (environ 52 ans après la fermeture). Selon le modèle, une fois la fosse remplie (à l'an 71), environ 148 000 m^3/an d'eau (moins l'évaporation en surface) sera rejeté vers le milieu humide au sud-ouest de la fosse (Met-Chem Canada, 2012).

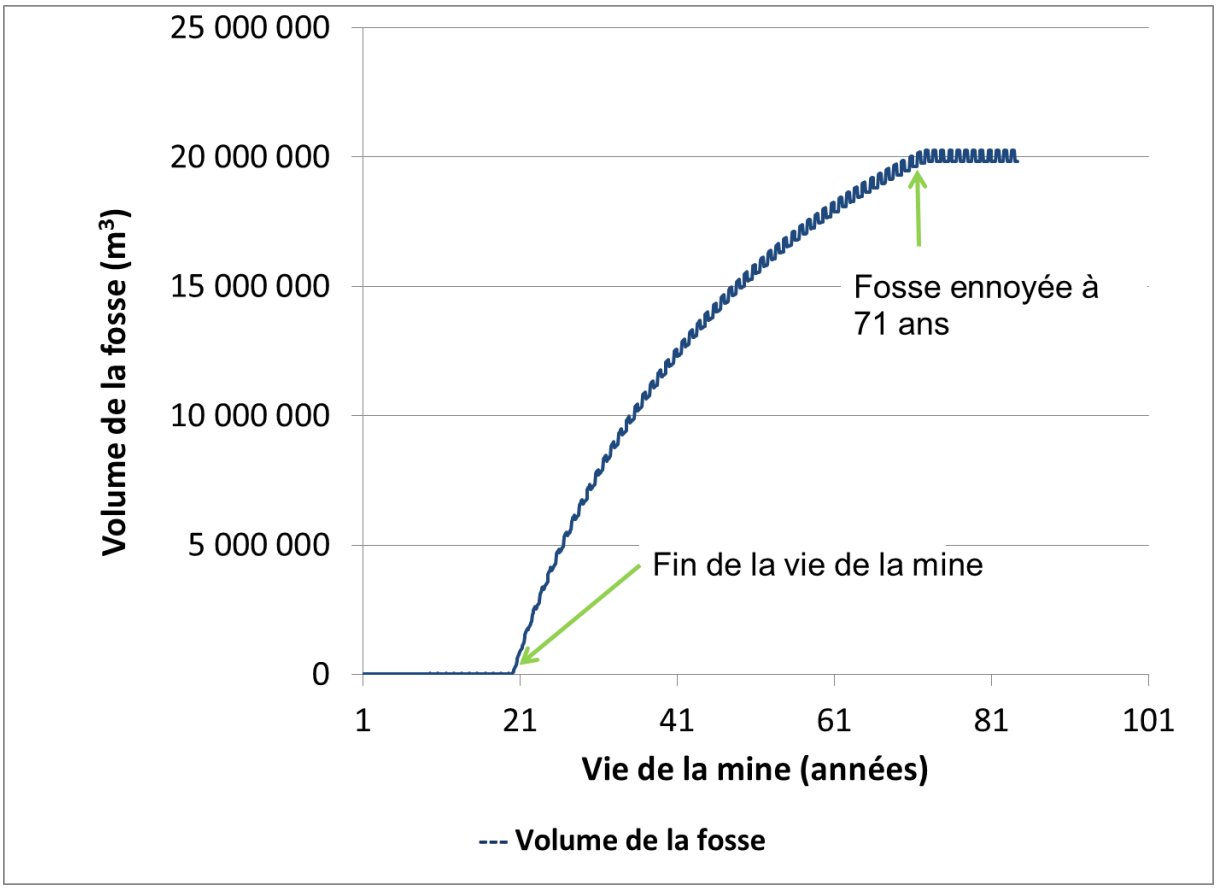

Figure 9: Niveau de l'eau dans la fosse lors du remplissage

L'infiltration de l'eau souterraine et le ruissellement sur les parois de la fosse constituent les principaux apports d'eau dans la fosse durant la première année de remplissage, puis 78 % et 22 % respectivement cinq ans plus tard. Ce phénomène est dû : 1) à un gradient hydraulique élevé entre la nappe d'eau souterraine et le fond de la fosse maintenu à sec et 2) à l'importance des surfaces exposées des parois de la fosse au-dessus du niveau de l'eau dans la fosse. Au fur et à mesure que la fosse se remplit, l'importance relative des apports d'eau change et l'apport par les précipitations directes sur le plan d'eau (90%) devient supérieur à l'apport dû au ruissellement ou à l'infiltration des eaux souterraines. La figure 10 montre les différents apports d'eau dans la fosse pendant l'opération et à la fermeture. Elle montre également que les précipitations directes dans la fosse constituent l'apport le plus important après que le plan d'eau ait atteint son élévation finale.

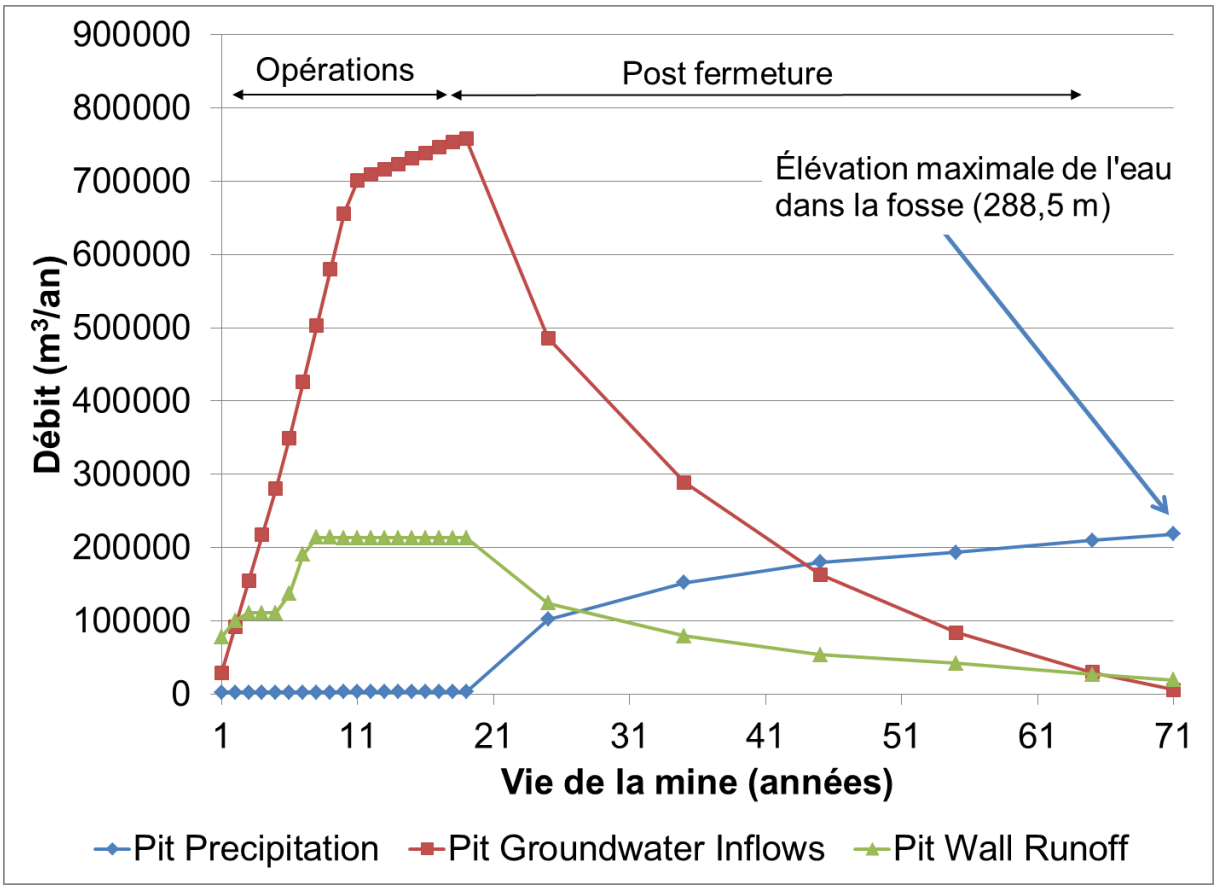

Figure 10: Apport d'eau dans la fosse durant l'opération et le remplissage de la fosse

4.2 Qualité de l'eau

Le modèle utilisé pour évaluer la qualité de l'eau a permis de simuler des données associées aux bassins de sédimentation nos 1 et 2 durant la phase d'opération, et ce pour des conditions de précipitations moyennes et extrêmes (récurrence de 1 dans 100 ans). Pour les conditions post-fermeture, seules les conditions de précipitation moyennes ont été simulées pour la qualité de l'eau de la fosse. Les tableaux E1, E2 et E3 de l'annexe E présentent les concentrations annuelles moyennes obtenues pour les années 2, 4, 7, 9, 11, 13, 15 et 19 pour les bassins de sédimentation nos 1 et 2. Pour la fosse, les concentrations moyennes ont été obtenues aux périodes suivantes : remplie à moitié, puis après 5 et 10 ans suite à l'atteinte de l'élévation finale du plan d'eau. La qualité de l'eau simulée a été comparée avec les mêmes critères que ceux considérés à la section 3.2.3 (tableau 8) dans le but d'identifier les paramètres potentiellement problématiques.

4.2.1 Respect des exigences réglementaires

Aucun paramètre modélisé n'excède les critères de la Directive 019 applicables à l'effluent final. Toutefois, on prévoit que les concentrations à l'effluent de certains métaux pourraient dépasser les critères de qualité des eaux de surface relativement à la protection de vie aquatique effet aigue (CVAA) et de vie aquatique effet chronique (CVAC). Le tableau 13 dresse la liste des paramètres dont la concentration annuelle moyenne est supérieure à au moins un de ces critères. Durant la phase d'exploitation, la concentration d'ammonium, de

béryllium et de cuivre dépasse le CVAA tant dans les bassins de sédimentation nos 1 et 2 que dans le plan d'eau de la fosse. Les taux de nitrate, d'ammonium, d'aluminium, de béryllium, de cadmium, de cuivre et d'uranium excèdent les valeurs maximales du CVAC dans les bassins de sédimentation nos 1 et 2, tandis que le plan d'eau présente des concentrations plus élevées d'aluminium, de béryllium, de cadmium et de cuivre que celles permises par le CVAC. On peut interpréter les données obtenues comme suit :

- Bien que les concentrations varient peu en fonction des trois scénarios météorologiques, on observe généralement des concentrations plus faibles lors des précipitations extrêmes et des concentrations plus élevées pour les conditions de sécheresse extrême. Ces résultats s'expliquent par les hypothèses du modèle conceptuel qui suppose la mobilisation d'une charge fixe pendant une période donnée ayant pour conséquence un lien direct entre la concentration calculée à partir du débit entrant : plus le débit est élevé (précipitations extrêmes), plus la dilution est importante; à l'inverse, un débit plus faible (sécheresse extrême) prévient une telle dilution et produit une solution plus concentrée.
- Lorsque les concentrations modélisées dépassent les valeurs des critères, les écarts sont faibles et généralement inférieurs de un ordre de grandeur.
- Plusieurs des paramètres modélisés avaient des concentrations très faibles, près des limites de détection (par exemple pour le cadmium et le béryllium). Rappelons que pour les fins de la modélisation, les concentrations initiales dans le modèle ont été fixées à la moitié de la valeur de la limite de détection pour les paramètres dont les concentrations mesurées étaient sous la limite de détection. Par conséquent, les valeurs réelles en opération pourraient être inférieures aux prédictions.
- Selon le modèle, l'eau des bassins de sédimentation nos 1 et 2 pourrait montrer des concentrations élevées de nitrate et d'ammonium attribuables à l'utilisation d'explosifs (section 3.2.4). Ces résultats sont sensibles aux hypothèses entrées dans le modèle qui sont liées à la gestion des explosifs sur le site, aux paramètres géomécaniques et au climat (précipitation et gestion de l'eau). Les concentrations de composés azotés (ammonium, nitrate et nitrite) varient en fonction de la production. Dans le bassin de sédimentation no 1, les concentrations maximales sont atteintes vers l'an 11, ce qui correspond à la plus importante période de production de la mine, pour décroître à mesure que la production diminue. Dans le bassin de sédimentation no 2, on observe une diminution des composés azotés dans le temps, qui est associée à l'augmentation de l'infiltration des eaux souterraines, lesquelles diluent la concentration des composés. En réalité, l'expérience sur le terrain montre que les concentrations des paramètres dus à l'utilisation d'explosifs peuvent être très variables sur une période hebdomadaire ou saisonnière et sont attribuables aux conditions sur les sites miniers. C'est la raison pour laquelle la précision de ces prédictions peut être faible et les concentrations modélisées peuvent varier de plus d'un ordre de grandeur par rapport aux concentrations qui seront réellement mesurées sur le terrain.

Tableau 13: Dépassements potentiels de certains paramètres par rapport aux critères de qualité des eaux

	Critères de la qualité de l'eau de surface pour la protection de la vie aquatique, Québec		Dépassements prévus aux critères de qualité de l'eau de surface pour la protection de la vie aquatique, Québec	
	Effet aigu (mg/l)	**Effet chronique (mg/l)**	**Effet aigu (mg/l)**	**Effet chronique (mg/l)**
Bassin de sédimentation n° 1				
Moyenne	NH_4^+ (2,0 - 26) Be (0,00037) Cu (0,0031)	NO_3^- (2,9) NH_4^+ (0,38 – 1,9) Al (0,087) Be (0,000041)[1] Cu (0,0024) U (0,014)	NH_4^+ (93) Be (0,0046) Cu (0,0091)	NO_3^- (406) NH_4^+(93) Al (0,21) Be (0,0046) Cu (0,0091) U (0,041) [2]
Année humide 1/100			NH_4^+ (91) Be (0,00467) Cu (0,0091)	NO_3^- (398) NH_4^+ (91) Al (0,21) Be (0,0046) Cu (0,0091) U (0,040) [2]
Année sèche 1/100			NH_4^+ (96) Be (0,0047) Cu (0,0092)	NO_3^- (418) NH_4^+ (96) Al (0,21) Be (0,0047) Cu (0,0091) U (0,042) [2]
Bassin de sédimentation n° 2				
Moyenne	Cu (0,0031)	NO_3^- (2,9) NH_4^+ (0,38 – 1,9) Be (0,000041)[1] Cd (0,000082)[1] Cu (0,0024)	Cu (0,0048)	NO_3^- (6,1) NH_4^+ (1,4) Al (0,095) Be (0,00021) Cd (0,000083) Cu (0,0048)
Année humide 1/100			Cu (0,0048)	NO_3^-(5,9) NH_4^+ (1,3) Al (0,095) Be (0,00021) Cu (0,0048)
Année sèche 1/100			Cu (0,0049)	NO_3^- (6,4) NH_4^+ (1,5) Al (0,096) Be (0,00021) Cd (0,000083) Cu (0,0049)

	Critères de la qualité de l'eau de surface pour la protection de la vie aquatique, Québec		Dépassements prévus aux critères de qualité de l'eau de surface pour la protection de la vie aquatique, Québec	
	Effet aigu (mg/l)	**Effet chronique (mg/l)**	**Effet aigu (mg/l)**	**Effet chronique (mg/l)**
Fosse ennoyée				
Rétablissement du niveau de l'eau dans la fosse	Cu (0,0031)	Al (0,087) Be (0,000041)[1] Cd (0,000082)[1] Cu (0,0024)	Cu (0,005)	Al (0,10) Be (0,00022) Cd (0,000089) Cu (0,0052)
5 ans après le remplissage			Cu (0,005)	Al (0,10) Be (0,00021) Cd (0,000085) Cu (0,005)
10 ans après le remplissage			Cu (0,005)	Al (0,095) Be (0,00021) Cu (0,0048)

[1] Le critère de qualité de l'eau est supérieur à la limite de détection pour l'eau souterraine, l'eau de surface, ou les deux.

[2] Concentrations d'uranium supérieures au CVAC seulement à partir de la septième année.

4.2.2 Variation temporelle de la qualité de l'eau

4.2.2.1 Bassin de sédimentation no 1

Les concentrations des paramètres dissous varient selon l'apport des charges en contaminants. Les figures 11 et 12 présentent respectivement l'évolution des concentrations de manganèse de l'eau de ruissellement et de résurgence de la halde à stériles et à résidus miniers, collectées dans le bassin de sédimentation no 1 durant les opérations pour des conditions de précipitations moyennes. Le manganèse est le paramètre qui permet de mieux simuler les variations de la concentration dans le temps autant pour les eaux de ruissellement que pour les exfiltrations de la halde qui représente au total de 90 % à 97 % du débit entrant dans le bassin de sédimentation no 1, ainsi que de l'eau souterraine, qui constitue de 24 % à 77 % du bassin de sédimentation no 2 (tableau 8). Les concentrations de manganèse étaient tout de même égales ou inférieures aux critères de la qualité des eaux pour la protection de la vie aquatique.

Les concentrations en manganèse restent quasi constantes dans le bassin de sédimentation no 1 durant la phase d'exploitation et n'augmentent que légèrement (de 0,09 mg/l à 0,21 mg/l) avec l'augmentation du volume de la halde à stériles et à résidus miniers, principale source d'apport d'eau et de contaminants de ce bassin. La quantité d'eau de ruissellement et la charge qui y est associée de la halde à stériles et à résidus miniers augmentent en fonction de l'augmentation de la taille de la halde. Cependant, la concentration du manganèse dans l'eau reste constante comme le démontre la figure 11.

La figure 11 illustre également les variations mensuelles de la concentration de manganèse durant les 19 années d'opération. Puisque la modélisation débute en novembre, la concentration initiale en manganèse est nulle puisqu'il n'y a pas d'écoulement sur une halde gelée. Les premières concentrations sont observées au printemps lors du dégel et les dernières concentrations sont observées vers la fin de l'été avec la diminution des précipitations suivies du gel.

Le volume d'eau associé à l'exfiltration de la halde augmente au fur et à mesure que l'empreinte de la halde augmente. Cependant, la concentration demeure constante et ce, peu importe le débit puisque la concentration dans les exfiltrations est issue des interactions entre l'eau qui s'infiltre et les stériles et les résidus miniers. Pour simuler les exfiltrations, les résultats des essais en cellules humides ont été utilisés (figure 12). Des expériences sur des plateformes de lixiviation (leach pad), ont montré que la concentration dans les lixiviats n'est pas nécessairement proportionnelle à la quantité de matériaux en place et qu'au contraire, elle peut diminuer et être attribuable à la formation de canaux d'écoulement préférentiels dans l'empilement (Caldwell, 2013).

La variation saisonnière de la concentration de manganèse des résurgences varie inversement à la composition de l'eau de ruissellement. La concentration maximale de manganèse des résurgences est atteinte au début du printemps, durant la fonte, alors que l'eau lixivie le manganèse emmagasiné dans la halde à stériles et à résidus miniers. Après la crue printanière, la concentration de manganèse varie puisque l'infiltration diminue à cause des précipitations plus faibles.

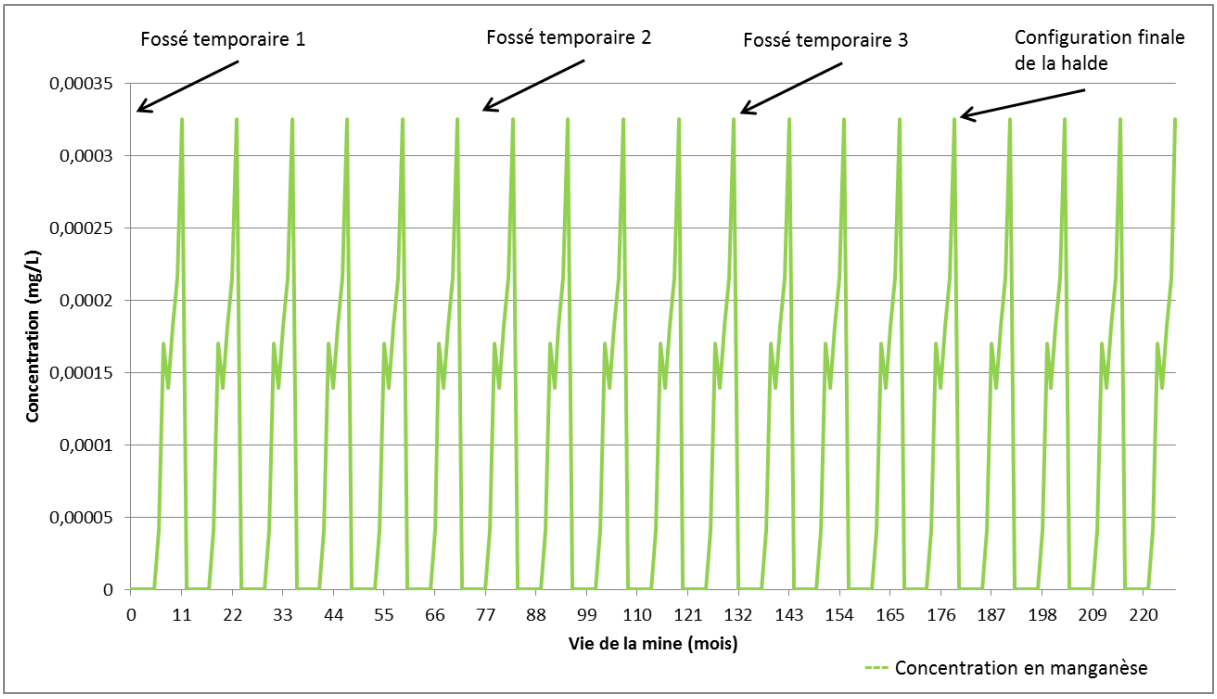

Figure 11: Concentration de manganèse de l'eau de ruissellement de la halde à stériles et à résidus miniers durant l'opération

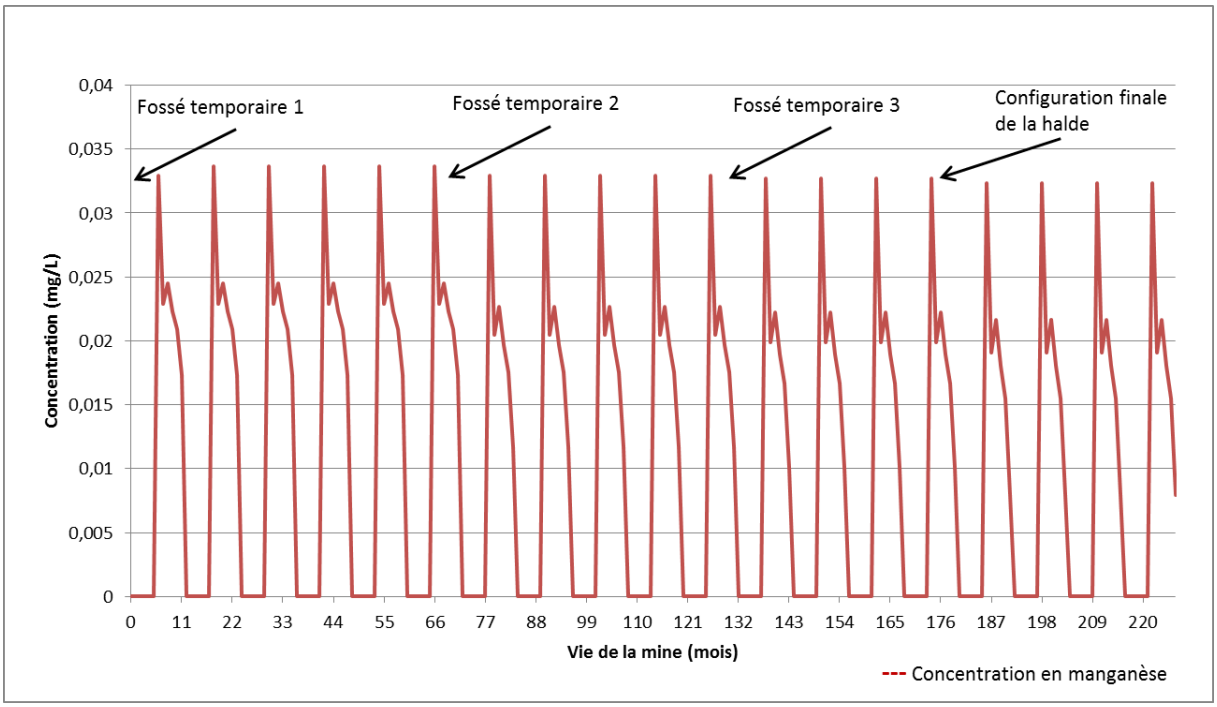

Figure 12: Concentration de manganèse des résurgences de la halde à stériles et à résidus miniers durant l'opération

4.2.2.2 Bassin de sédimentation no 2

Les concentrations des paramètres dans l'eau du bassin de sédimentation no 2 varient peu au fil du temps. Pour certains paramètres, la concentration augmente légèrement (de 0,05 mg/l à 0,07 mg/l pour le manganèse) ou demeure pratiquement stable (de 0,002 mg/l à 0,003 mg/l pour l'argent). La figure 13 présente l'évolution de la concentration de manganèse attribuable au ruissellement sur les parois rocheuses de la fosse durant l'opération.

L'eau d'exhaure constitue le principal apport d'eau du bassin de sédimentation no 2 (de 88 % à 100 %), tandis que le manganèse présent dans cette eau provient essentiellement de l'eau souterraine qui s'infiltre dans la fosse. Tout comme l'eau de ruissellement de la halde à stériles et à résidus, la concentration de manganèse en provenance du ruissellement sur les parois de la fosse augmente à mesure que celle-ci s'approfondit; la quantité d'eau de ruissellement augmente également avec l'accroissement de la superficie des parois. La courbe de la figure 13 correspond aux débits pour les phases illustrées à la figure 8 : les premiers débits ont été établis pour la fosse initiale et les débits ultérieurs, pour la fosse finale. Comme le fond de la fosse est inclus dans la superficie totale des parois, le débit demeure constant une fois que le fond de la fosse atteint l'élévation finale. Cependant, l'augmentation graduelle de la superficie des parois s'atténue à mesure que la fosse s'approfondit, d'où l'augmentation asymptotique de la concentration de manganèse après 8 ans d'activités.

La concentration de manganèse dans l'eau souterraine est assumée constante durant l'exploitation (0,08 mg/l d'après le tableau 8). En effet, l'eau de ruissellement sur les parois dilue le manganèse qui vient de l'eau souterraine, mais ce phénomène diminue à mesure que le débit d'eau souterraine devient plus important que le débit de ruissellement.

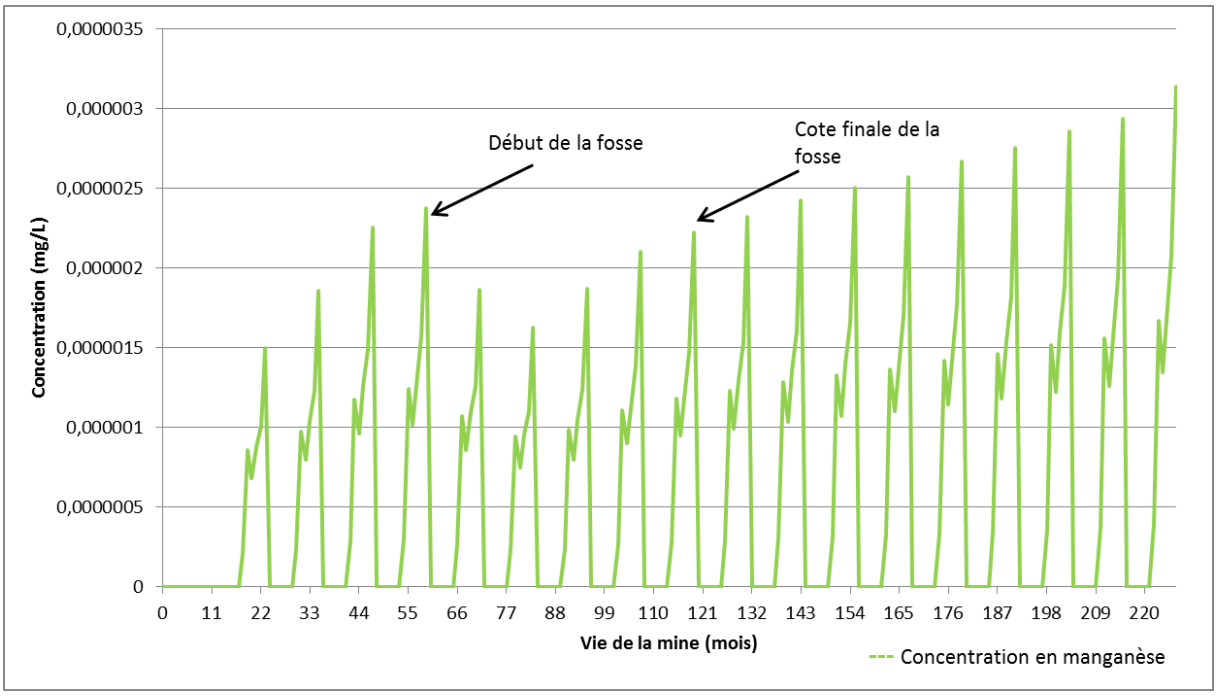

Figure 13: Concentration de manganèse de l'eau de ruissellement des parois de la fosse durant l'opération

La figure 13 illustre la variation saisonnière de la concentration moyenne de manganèse dans l'eau de ruissellement des parois de la fosse. Comme observé à la figure 11, la concentration de manganèse connaît un pic printanier avec la crue, puis un second pic vers la fin de l'été ou le début de l'automne lorsque les précipitations diminuent.

4.2.2.3 Fosse

Le graphique de la figure 14 présente la concentration mensuelle moyenne de manganèse au cours des dix années suivant la fermeture de la mine. Au départ, les principaux apports d'eau proviennent de l'eau souterraine (environ 78 %) et du ruissellement sur les parois (22 %), mais avec le temps, ces proportions diminuent, et l'apport par les précipitations devient plus important.

En général, les concentrations après la stabilisation du niveau de l'eau diminuent puisque les précipitations deviennent l'apport d'eau principale et que l'infiltration souterraine atteint un débit constant. Comme prévu, les concentrations de tous les paramètres sont plus élevées durant le remplissage de la fosse, lorsque le débit entrant comprend l'eau souterraine et celle du ruissellement sur les parois.

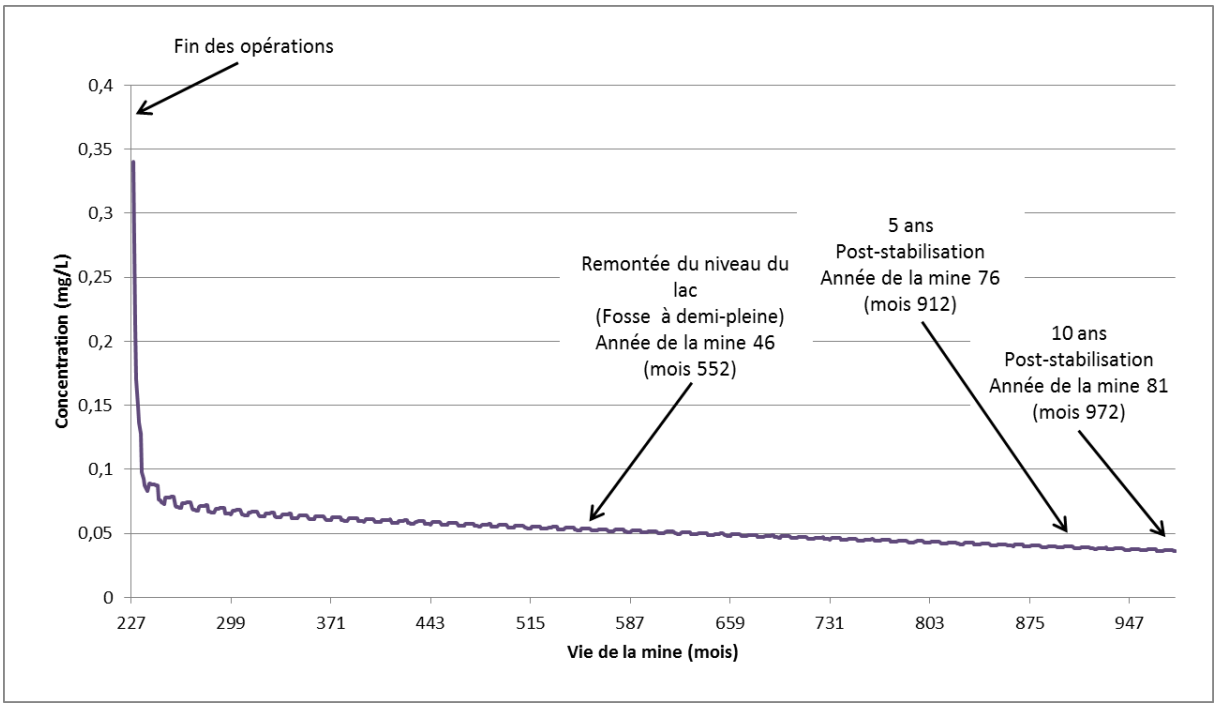

Figure 14: Évolution de la concentration de manganèse dans la fosse durant le remplissage et après la stabilisation du niveau d'eau

4.2.3 Sensibilité du modèle et paramètres non modélisés

Le logiciel GoldSim est un logiciel qui permet de simuler les bilans de masse mais qui ne comporte pas de composantes liées aux interactions géochimiques, tels que la prise en compte des phénomènes associés à la précipitation ou à la dissolution des minéraux, à la sorption ou désorption sur les surfaces minérales. Ces processus sont gouvernés par les conditions de pH et d'oxydoréduction, qui peuvent à leur tour dépendre de l'équilibre des gaz atmosphériques, ces phénomènes étant au-delà de la capacité du logiciel GoldSim. D'autres paramètres sont aussi contrôlés par des processus physiques et environnementaux. Cette section présente des paramètres qui sont identifiés dans la Directive 019 et qui ont une incidence environnementale sans pouvoir être modélisés avec GoldSim.

Les matières en suspension ne sont pas modélisées avec GoldSim mais elles seront présentes dans les eaux des bassins de sédimentation. Leur concentration pourrait être au-dessus du critère de la Directive 019 qui est de 15 mg/l. L'expérience sur le terrain montre que les matières en suspension sont souvent présentes sur les sites miniers et qu'on doit les enlever (traitement de l'eau ou bassin de décantation) avant le rejet dans l'environnement.

Les concentrations initiales entrées dans le modèle GoldSim sont des concentrations de solides dissous. Les concentrations totales n'ont pas été modélisées. Pour avoir des valeurs de concentrations totales, il faut procéder à l'analyse d'échantillons non filtrés, qui incluent des particules solides ou colloïdales. Si des matières en suspension sont présentes dans les eaux, elles peuvent alors augmenter la concentration en solides dissous.

Les concentrations d'ammoniac et de nitrate ont été modélisées, mais sont grandement influencées par la gestion des explosifs, les méthodes de sautage, les propriétés du roc ainsi que les conditions météorologiques. L'expérience démontre que les activités de sautage faites sous des climats humides ou lorsque la roche est non compétente vont engendrer davantage d'ammoniac et de nitrate dans les eaux de drainage. La modélisation a été réalisée selon les meilleures informations disponibles mais les concentrations réelles pourraient être différentes en opération. Nemaska Lithium devra bien gérer l'utilisation d'explosifs et surveiller les concentrations d'ammoniac et de nitrate dans la fosse, dans l'eau provenant de la halde à stériles et à résidus miniers ainsi que dans l'eau des deux bassins de sédimentation.

Les concentrations en huile et graisse font l'objet de critères sous la Directive 019. Les huiles et graisses sont généralement attribuables au mauvais fonctionnement de la machinerie ou à des déversements accidentels. Les composés organiques n'ont pas été modélisés, cependant il faudra s'assurer de la surveillance et du contrôle de ces composés en opération. Si requis, on peut effectuer la gestion de l'eau de certains secteurs à risque de déversement différemment des autres secteurs (notamment, mais sans s'y limiter, le broyeur, l'atelier d'entretien, le fond de la fosse) et les éloigner des effluents finaux.

Le modèle GoldSim ne tient pas compte du pH des eaux, qui dépend de facteurs qui ne sont pas pris en compte par le logiciel. Toutefois, bien que les valeurs de pH à l'annexe E (aux tableaux E1, E2 et E3) soient neutres, il est important de noter que les résultats des essais géochimiques statiques ont montré qu'une partie des stériles était potentiellement acidogène et lixiviable. Ces essais ont montré que le potentiel acidogène était lié à la teneur en soufre des stériles : les échantillons présentant une teneur en soufre supérieure à 3 % tel que recommandé par la Directive 019, ont été classés acidogènes. Les essais cinétiques réalisés pendant 46 semaines n'ont pas permis d'observer de conditions acides (une hausse de la conductivité ou de la teneur en sulfates par exemple). Malgré ces résultats, on ne peut écarter complètement le risque d'oxydation et de drainage minier acide des stériles après une période d'exposition prolongée. Les données d'entrée du modèle ne comportent pas de valeurs d'acidité initiale. En cas de drainage minier acide (DMA) dans certaines parties de la halde à stériles et à résidus miniers ou sur les parois de la fosse, les concentrations de métaux dissous pourraient être supérieures aux prévisions du modèle réalisée selon des conditions de pH neutre.

La toxicité est un critère à respecter et précisé dans la Directive 019. Elle correspond au niveau de létalité aiguë selon les tests de truites arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) et de daphnies (*Daphnia magna*); toutefois, ce paramètre ne peut être modélisé avec GoldSim. La toxicité est évaluée empiriquement au terme d'une analyse d'échantillons d'eau prélevés sur le site. Les effluents devront être monitorés pour s'assurer qu'ils ne sont pas toxiques.

5.0 ANALYSES

Selon le modèle de la qualité de l'eau, la concentration de plusieurs paramètres excèdent au moins un des critères d'eau de surface pour la protection de la vie aquatique. Cette section présente les causes des dépassements et les recommandations quant à la surveillance des eaux de surface et souterraines.

5.1 Lixiviation des métaux

On prévoit des concentrations élevées d'aluminium dans l'effluent du bassin de sédimentation no 1 et dans la fosse ennoyée. Dans le bassin de sédimentation no 1, dont la charge provient essentiellement des stériles (80 %) et des résidus miniers (20 %) entreposés dans la halde, les concentrations élevées d'aluminium proviennent surtout des eaux de ruissellement sur les résidus (premier rinçage). Les concentrations dans les exfiltrations des résidus et les eaux de ruissellement et d'exfiltrations des stériles présentent de faibles concentrations. Les eaux souterraines (de 77 % à 2 %) et les eaux de ruissellement (22 % à 8 %) contribuent à la charge de la fosse durant son remplissage, quoique les eaux souterraines constituent le principal apport d'aluminium.

Les concentrations de cuivre des effluents des bassins de sédimentation nos 1 et 2 et de la fosse ennoyée dépassent les critères CVAA et CVAC. Dans le bassin de sédimentation no 1, les concentrations élevées de cuivre et d'aluminium résultent essentiellement du ruissellement sur les résidus miniers au moment de la mise en place. Dans le cas du bassin de sédimentation no 2, l'eau de ruissellement sur les parois de la fosse (de 65 % à 22 %), et les eaux souterraines (de 24 % à 77 %) sont la source des contaminants. L'eau de ruissellement sur les parois de la fosse semble responsable des concentrations élevées au cours des premières années de débordement de la fosse, tandis que ce sont les eaux souterraines qui sont responsables des concentrations plus élevées à plus long terme. La variation de la concentration de cuivre à l'an 7 coïncide avec l'agrandissement de l'empreinte de la fosse, ce qui laisse supposer que les parois et le fond de la fosse constituent la source d'apport durant les premières années d'exploitation. Par la suite, quand la fosse atteint sa configuration finale, la concentration de cuivre est plutôt attribuable à l'infiltration des eaux souterraines. Tout comme pour les concentrations d'aluminium, les concentrations de cuivre de la fosse durant son remplissage proviennent essentiellement des eaux souterraines. Les concentrations de cuivre des eaux de ruissellement sur la pegmatite seront élevées, bien que la pegmatite soit peu présente dans les parois de la fosse et que la teneur en cuivre des roches mafiques soit faible; les eaux de ruissellement des parois de la fosse ne contribueront que faiblement à la charge finale de la fosse après son remplissage. La diminution de la concentration de cuivre au fil du temps s'explique par l'apport plus important des précipitations à la surface de la fosse ennoyée (jusqu'à 90 % lorsque le niveau de l'eau est stable).

On a observé des concentrations élevées d'uranium dans l'effluent du bassin de sédimentation no 1 au cours de l'an 7. Les eaux de ruissellement au contact des résidus de la halde à stériles et à résidus miniers constituent la principale source d'uranium dissous. L'augmentation de la concentration d'uranium dans le bassin de sédimentation no 1 est dû à l'augmentation du volume de la halde à stériles et à résidus miniers (figure 6). L'apparition tardive d'uranium pendant l'opération laisse suffisamment de temps pour préparer une stratégie de gestion en vue de prévenir ou d'atténuer la présence d'uranium.

Les concentrations élevées de béryllium et de cadmium sont problématiques. Les critères pour les effets chroniques sur le béryllium sont inférieurs aux limites de détection des analyses faites sur les eaux de surface et les eaux souterraines. Pour le cadmium, les critères pour les effets chroniques sont inférieurs aux limites de détection des échantillons d'eau souterraine analysés. Près de 90 % des analyses de béryllium (100 % dans les stériles de roche ignée mafique) et 67 % de celles pour le cadmium (80 % dans les échantillons de stériles) ont fourni des résultats inférieurs aux limites de détection. Le modèle conceptuel a été fait en considérant la concentration des paramètres égale à la moitié de la valeur de la limite de détection. Cette pratique est courante dans l'industrie (annexe C). Toutefois, parce que la majorité des concentrations mesurées sont sous la limite de

détection, il faut considérer les prévisions sur ces paramètres comme étant préliminaire, et ce pour le bassin de sédimentation no 1 (qui capte les eaux des stériles composant 80 % de la halde), le bassin de sédimentation no 2 et la fosse ennoyée (dont les apports sont principalement attribuables à l'eau souterraine dans des proportions respectives de 83 % et 90 %). Ces résultats sont présentés au tableau 13 et à l'annexe E.

5.2 Résidus d'explosifs

Les effluents des bassins de sédimentation nos 1 et 2 présentent des concentrations d'ammonium et de nitrate (produits azotés) supérieures aux paramètres de qualité des eaux de surface CVAA et/ou CVAC, résultats de l'utilisation d'explosifs contenant du nitrate d'ammonium. Le plan de minage prévoit l'utilisation d'une émulsion moins concentrée en nitrate d'ammonium, et plus facilement manipulable que les explosifs de type ANFO (moins de risque de déversement et meilleur confinement dans le trou de forage). Les prévisions des concentrations d'ammonium et de nitrate sont basés sur le taux d'extraction, d'une émulsion typique, d'une fréquence de déversement accidentel typique et d'une répartition des résidus d'explosifs entre la fosse et la halde à stériles et à résidus miniers (annexe C). Par conséquent, les résultats modélisés sont des estimations. Les concentrations réelles pourraient différer de celles présentées au tableau 13 et à l'annexe E, et évoluer à mesure que se développera l'expertise sur le site. À titre de comparaison, les concentrations d'ammoniac à la mine Diavik entre 2006 et 2007 (Cameron et coll., 2007) étaient généralement inférieures à 5 mg/l, avec des concentrations maximales ponctuelles de 25 mg/l dans les eaux d'exhaure de la fosse, soit une concentration supérieure par rapport à ce qui est prévu pour les eaux d'exhaure de la fosse Whabouchi vers le bassin de sédimentation no 2. Durant les pics de courte durée, les concentrations d'ammoniac et de nitrate des eaux de ruissellement des stériles dans la fosse excèdent 60 mg/l.

5.3 Surveillance

Golder recommande que Nemaska Lithium surveille la qualité des eaux tel qu'indiqué dans l'EIEMS (Nemaska Lithium, 2013), l'apparition de drainage minier acide, de lixiviation de métaux et de résidus d'explosifs dans les effluents. La surveillance permettra à Nemaska Lithium d'identifier les problématiques potentielles et de mettre en place des stratégies de gestion des stériles, des résidus miniers et des eaux. Le tableau 14 présente la liste des règlements provinciaux et fédéraux qui encadrent les programmes de surveillance des eaux souterraines et de surface.

Tableau 14: Règlements provinciaux et fédéraux et programmes de surveillance

Surveillance	Règlements
Eaux souterraines	Directive 019 (MDDEFP, 2012) selon les critères dans le *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales : Cahier 3 – Échantillonnage des eaux souterraines* (MDDEFP, 2011) confirmer la conformité à : ■ Provincial: Directive 019 (MDDEFP, 2012) et ■ Fédéral : Règlement sur les effluents des mines de métaux (MMER) (2013).
Effluent et eaux de surface	■ Provincial : Directive 019 sur l'industrie minière (MDDEFP, 2012) et ■ Fédéral : Règlement sur les effluents des mines de métaux (MMER, 2013).

6.0 CONCLUSION

Le plan actuel du site comporte quatre installations principales : le bâtiment logeant les bureaux administratifs et le garage, le concentrateur, la fosse et la halde à stériles et à résidus miniers. Les résidus miniers produits lors du traitement du minerai seront filtrés, puis transportés par camion, avec une humidité de10 %, jusqu'à la halde à stériles et à résidus miniers, où ils seront entreposés avec les stériles. La configuration du site prévoit que les eaux de chacune des quatre installations principales seront collectées dans des bassins distincts où l'eau sera réutilisée ou rejetée dans le lac des Montagnes ou le ruisseau C. L'eau d'alimentation du concentrateur proviendra des bassins du bâtiment administratif et du concentrateur (eaux de ruissellement) et du puits situés à l'extérieur du site. Les bassins du bâtiment administratif et du concentrateur constitueront des systèmes fermés et, par conséquent, n'ont pas été pris en compte par le modèle de bilan hydrique. Le bassin de sédimentation no 1 captera les eaux s'écoulant de la halde à stériles et à résidus miniers (exfiltration et ruissellement), ainsi que les précipitations à sa surface, de même que l'eau de ruissellement provenant du petit talus le séparant de la halde à stériles et résidus. Le bassin de sédimentation no 2 recevra l'eau d'exhaure de la fosse (ruissellement sur les parois de la fosse, précipitations directes et eau souterraine), les précipitations directes à sa surface, ainsi que l'eau de ruissellement provenant du bassin versant en amont.

6.1 Modèle de bilan hydrique

Le modèle de bilan hydrique a permis d'évaluer les débits des installations minières vers les bassins de sédimentation nos 1 et 2 durant les années 1 à 19 de la phase d'exploitation et pour trois scénarios météorologiques : des précipitations moyennes, des précipitations annuelles extrêmes de récurrence 1 dans 100 ans et une sécheresse extrême de récurrence 1 dans 100 ans. Ce modèle estime que le débit au bassin de sédimentation no 1 passera de 298 000 m^3/an (an 1) à 744 000 m^3/an (an 19), pour le scénario des précipitations moyennes, dû à l'agrandissement de la halde à stériles et à résidus miniers. Selon le scénario de précipitations extrêmes (1 dans 100 ans), l'augmentation est plus élevée, soit de 402 000 m^3/an à 1 043 000 m^3/an, tandis que dans le scénario d'une sécheresse extrême (1 dans 100 ans), elle est plus faible, soit de 224 000 m3/an à 528 000 m^3/an. Le débit de l'effluent du bassin de sédimentation no 1 vers le cours d'eau C varie de 297 000 m^3/an à 742 000 m^3/an. L'eau provenant de la halde à stériles et à résidus miniers est le principal apport du bassin de sédimentation no 1 selon les trois scénarios : de 87 % à 95 % en cas de précipitations extrêmes; 97 % dans des conditions de sécheresse extrêmes ; de 95 % à 97 % selon des précipitations moyennes. Le plan de restauration prévoit la végétalisation des bancs et de la surface de la halde (environ 36 % de la superficie) progressivement pendant l'opération. Par conséquent, la proportion du ruissellement par rapport aux résurgences pourrait augmenter tout en conservant un débit total constant.

Le débit entrant au bassin de sédimentation no 2 est initialement plus faible que celui du bassin de sédimentation no 1 pour des conditions météorologiques semblables, mais il augmente à mesure que l'empreinte de la fosse s'accroît de même que sa profondeur. Selon le scénario des précipitations moyennes, le débit annuel passe de 119 000 m^3/an (an 1) à 985 000 m^3/an (an 19). Si l'on envisage des précipitations annuelles extrêmes (1 dans 100 ans), le débit passe de 159 000 m^3/an à 1 077 000 m^3/an, tandis que dans des conditions de sécheresse extrême, il passe de 92 000 m^3/an à 919 000 m^3/an. Quant au débit de l'effluent du bassin de sédimentation no 2 vers le lac des Montagnes, il passe de 92 000 m^3/an à 976 000 m^3/an. Les eaux d'exhaure, pompées dans le bassin de sédimentation no 2, constituent le principal apport d'eau dans des proportions de 89 % à 99 % (précipitations moyennes), de 86 % à 99 % (précipitations extrêmes) et de 92 % à 100 % (sécheresse extrême). Après l'arrêt des activités minières, le bassin de sédimentation no 2 sera

démantelé et les eaux de la fosse ennoyée seront rejetées dans le milieu récepteur, soit le milieu humide situé au sud-ouest de la fosse.

À la fermeture, les eaux de la halde à stériles et à résidus miniers seront captées par les fossés périphériques, puis collectées vers le bassin de sédimentation no 1 avant d'atteindre le cours d'eau C. Le modèle prévoit que le bassin de sédimentation no 1 demeurera en service, et recevra moins d'eau dû à l'arrêt des activités de traitement du minerai et du dépôt des résidus. Le modèle de bilan hydrique simule des débits pour sept intervalles de temps (ans 25, 35, 45, 55, 65, 71 – durant le remplissage de la fosse – et an 76 – lorsque le niveau d'eau de la fosse est stabilisé) selon des conditions de précipitations moyennes. Il n'y aura plus d'eau d'exhaure pompée dans le bassin de sédimentation no 2, et la fosse commencera à se remplir à partir des eaux de ruissellement, des précipitations directes et de l'écoulement souterrain. On prévoit que le niveau de l'eau atteindra une élévation de 288,5 m au cours de l'an 71, soit environ 52 ans après l'arrêt des activités, et que le débit sortant atteindra près de 148 000 m^3/an. Les apports d'eau lors du remplissage varient en proportion à mesure que le niveau d'eau s'élève : la quantité d'eau souterraine diminue (de 78 % à l'an 19 à 3 % à l'an 71) de même que la quantité d'eau de ruissellement (de 33 % à l'an 19 à 8 % à l'an 71), tandis que l'apport relatif des précipitations augmente (de 0 % à l'an 19 à 90 % à l'an 71).

6.2 Modèle de la qualité de l'eau

La qualité de l'eau a été modélisée dans bassins de sédimentation nos 1 et 2 pour les années 2, 4, 7, 9, 11, 13, 15 et 19 de la phase d'exploitation, et suivant trois scénarios météorologiques : des précipitations moyennes, des précipitations annuelles extrêmes de récurrence 1 dans 100 ans et une sécheresse extrême de récurrence 1 dans 100 ans. Aussi, la qualité de l'eau de la fosse après l'arrêt de l'activité minière été modélisée suivant le scénario des précipitations moyennes, et ce durant son remplissage et à la phase post-fermeture, une fois le remplissage terminé (5 ans et 10 ans après la stabilisation du niveau de l'eau).

Le gisement Whabouchi est un dépôt de pegmatite contenant du lithium, mais est dépourvu des halos hydrothermaux riches en sulfures, caractéristiques des gisements hydrothermaux. On prévoit extraire le spodumène, un minéral à base d'aluminosilicate. Des quantités infimes de pyrite sont disséminées dans les basaltes et le gabbro de la roche encaissante. Par conséquent, la qualité de l'eau en contact avec le basalte, le gabbro et le minerai (pegmatite) est similaire à la qualité de l'eau qui est présentement en contact avec le roc.

En général, les concentrations de métaux modélisées sont faibles et en deçà des critères. Dans le cas de l'effluent du bassin de sédimentation no 1, dont la qualité est affectée par celle des stériles et résidus de la halde, les paramètres modélisés devraient satisfaire tous les critères de la Directive 019 applicables aux effluents. Certains dépassements sont observés pour le cuivre quant au critère de qualité des eaux de surface pour la vie aquatique - effet aigu, tandis que certains dépassements sont anticipés pour l'aluminium, le cuivre et l'uranium par rapport aux critères de qualité des eaux de surface pour la vie aquatique - effet chronique.

Dans le cas des eaux du bassin de sédimentation no 2, les concentrations des paramètres sont attribuables à la qualité des eaux souterraines et des eaux de ruissellement sur les parois de la fosse. L'eau dans le bassin de sédimentation no 2 devrait satisfaire à tous les critères de la Directive 019 applicables aux effluents. Cependant, des dépassements sont anticipés par rapport au critère des eaux de surface pour la vie aquatique - effet aigu pour le cuivre, et certains dépassements sont observés pour l'aluminium et le cuivre dans le cas des critères de qualité des eaux de surface pour la vie aquatique - effet chronique.

Le modèle prévoit la présence d'ammoniac et de nitrate dans les eaux des bassins de sédimentation nos 1 et 2; ces concentrations sont le résultat de la lixiviation des résidus de sautage présents dans les stériles ou dans la fosse. Les prévisions s'appuient sur l'expérience acquise dans d'autres projets miniers et les concentrations pourraient dépasser les critères de qualité des eaux de surface. Toutefois, les concentrations d'ammoniac et de nitrate découlent de la gestion des explosifs, de la compétence du roc et du climat (conditions de précipitations ou de sécheresse). Des mesures de contrôle des résidus d'explosifs doivent être mises en œuvre pour réduire au minimum les concentrations d'ammoniac et de nitrate dans les eaux du site minier.

Les eaux de la fosse ennoyée présentent des propriétés chimiques semblables à celles du bassin de sédimentation no 2. Les eaux souterraines et de ruissellement sur les parois de la fosse, ainsi que les précipitations directes durant les dernières années d'exploitation, constituent les principaux apports d'eau de la fosse. Les eaux de la fosse devraient satisfaire les critères de la Directive applicables aux effluents, mais on observe des dépassements par rapport au critère des eaux de surface pour la vie aquatique - effet aigu pour le cuivre, tandis que pour les critères de qualité des eaux de surface pour la vie aquatique - effet chronique, les dépassements sont observés pour l'aluminium et le cuivre.

On prévoit que les concentrations de béryllium et/ou de cadmium dans les eaux des bassins de sédimentation nos 1 et 2 et de la fosse excéderont les critères de qualité des eaux de surface du critère de vie aquatique aigu et/ou du critère de vie aquatique chronique. Toutefois, il faut considérer ces prévisions comme préliminaires pour deux raisons : 1) les concentrations ont été modélisées en considérant des valeurs égales à la moitié de la limite de détection, étant donné la très faible concentration des deux paramètres échantillonnés (p. ex. 100 % des échantillons de stériles de roche mafique présentaient des concentrations de béryllium inférieures à la limite de détection) et 2) les limites de détection élevées pour ces paramètres dans l'analyse des eaux souterraines et de surface (p. ex. les valeurs du critère de vie aquatique chronique sont inférieures aux limites de détection des analyses).

Les matières en suspension n'ont pas été modélisées, et les conditions de pH ont été déterminées sans considérer un éventuel drainage minier acide.

Les dépassements des paramètres par rapport aux critères de toxicité (CVAA ou CVAC) montrent que :

- les dépassements sont faibles et à l'intérieur d'un ordre de grandeur par rapport au critère visé; et
- les concentrations estimées ont des valeurs près des limites de détection où les incertitudes sont grandes et peuvent engendrer des résultats moins fiables.

7.0 LIMITES DU RAPPORT ET DU MODÈLE

La modélisation de la qualité de l'eau s'appuie sur des hypothèses tenant compte des incertitudes reliées à la détermination des caractéristiques physiques et géochimiques d'un système complexe, de même qu'à la dynamique de la construction et de l'opération d'une mine. La prédiction de la qualité de l'eau est basée sur différentes données d'entrée (par exemple l'écoulement de surface, l'infiltration des eaux souterraines, la qualité de l'eau naturelle et les propriétés géochimiques des résidus miniers et des stériles), lesquelles sont toutes variables et plus ou moins certaines. Par conséquent, le but du modèle n'est pas de prévoir avec exactitude les concentrations des différents paramètres. Ce modèle est un outil d'aide à la prise de décision qui permet

d'évaluer la composition probable de l'eau en fonction des différents paramètres d'entrée. Il permet l'élaboration de programme de surveillance, de plan de gestion des eaux et de stratégies de mitigation, incluant le traitement des eaux si requis. De plus, les résultats de la modélisation fournissent des indications sur l'amplitude des changements (concentrations, volumes d'eau) avant et après les activités. Les prévisions de la qualité de l'eau obtenues par ce modèle s'appuient sur les plans de minage actuels et les plans de gestion des stériles, des résidus et des eaux. Elles fournissent une estimation raisonnable des caractéristiques chimiques des eaux des futurs bassins de sédimentation nos 1 et 2 et de la fosse. Les prédictions sont raisonnables et à l'intérieur d'un ordre de grandeur des critères à respecter.

Finalement, la validité du modèle est déterminée par l'exactitude, la qualité et la quantité des données d'entrée. Si les données sont insuffisantes ou de piètre qualité, les résultats de la modélisation seront erronés. Il est cependant difficile de quantifier ou d'exprimer le degré d'incertitude. Les données et l'approche utilisées pour estimer la qualité de l'eau sont supposées produire des estimations raisonnables puisque les processus utilisés lors de cette étude sont connus.

Toutefois, dans les conditions naturelles ou ayant subi des modifications anthropiques, les conditions, en particulier les conditions quotidiennes, sont pratiquement toujours différentes des conditions modélisées. Tout changement apporté au projet, aux données d'entrée ou aux hypothèses concernant les conditions du site du projet modifiera les prévisions de la qualité de l'eau. Enfin, les meilleurs modèles ne peuvent remplacer les mesures faites lors de l'opération. Durant l'opération, il faudra surveiller la qualité de l'eau et réévaluer les prévisions et/ou les mesures correctrices pour valider les données d'entrée et les résultats du modèle.

8.0 CONCLUSION

Nous espérons que le présent rapport répond à vos attentes. Si vous avez des questions, n'hésitez pas à communiquer avec les soussignés.

GOLDER ASSOCIATES LTD.

ORIGINAL SIGNÉ PAR

Mike Paget, stagiaire
Ingénieur en ressources hydriques

Nicolas Lauzon, Ph. D., ing. (C.-B.)
Associé, ingénieur en ressources hydriques

ORIGINAL SIGNÉ PAR

Steven Atkin, Ph. D., géologue (C.-B.)
Géochimiste principal

Valérie Bertrand, M. Sc. A., géologue (Québec)
Associée, géochimiste principale

MP/NLlSAA/VB/ja/rs/md

n:\actif\2013\1222\13-1222-0007 projet whabouchi\3 tech-phase 1000 (banque d'heures)\traduction_13-1222-0008\1312220008-001-r-rev0-4000-tradfr_al.docx

9.0 REFERENCES

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2007. Standard Test Method for Laboratory Weathering ofSolid Materials Using a Humidity Cell. ASTM D5744 – 12.

Environment Canada, 2012. National Climate Data and Information Archive. Available at URL: http://climate.weatheroffice.gc.ca/climateData/monthlydata_e.html?timeframe=3&Prov=QUE&StationID=6057&mlyRange=1964-01-017C1972-12-01&Year=1965&cmdB2=Go. Accessed February 2013. BBA Engineering (BBA), 2012a. Feasibility Study, Whabouchi Mine, Nemaska, Quebec. June 2012.

Cameron, A, Corkery, D., MacDonald, Forsyth, B., and Gong, T., 2007, An investigation of Ammonium Nitrate Loss to Mine Discharge Water at Diavik Diamond Mines, September 3 – 4, 2007, EXPLO Conference 2007. Wollogong, NSW, Australia.

Journeaux associés), 2012. Site Drainage, Water Balance, Material Quantities Required for Construction of Drainage Structures, Stability of the Reject Pile and Sedimentation Basin Dikes. Feasibility study Whabouchi Mine Nemaska, Quebec. Report No L-11-1452-1. June 2012.

The International Network for Acid Prevention (INAP), 2009. Global Acid Rock Drainage Guide. Available at: http://www.inap.com.au/GARDGuide.htm

Lamont Inc., 2013, Geochemical Characterization of Waste Rock Ore and Tailings, Whabouchi Project, JamesBay Area, Quebec, Canada. Project 11-010. March 2013.

Leblanc, Isabelle, 2013. Personal Communication. Email: RE: Pegmatite Contact Surfaces. 8 March 2013.

Met-Chem Canada, Inc., 2012. Preliminary Economic Assessment of the Whabouchi Lithium Deposit and Hydromet Plant. NI 43-101 Technical Report. November 2012.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Gouvernement du Québec (MDDEFP), 2013a. Politique de protection des sols et de rehabilitation des terrains contaminés. Annexe 2: Les critères génériques pour les sols et pour les eaux souterraines. Grille des critères applicables aux cas de contamination des eaux souterraines (http://www.mddefp.gouv.qc.ca/sol/terrains/politique/annexe_2_grille_eaux.htm).

Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Gouvernement du Québec (MDDEFP), 2013b. Critères de qualité de l'eau de surface. (http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp).

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Gouvernement du Québec (MDDEP), 2012. Directive 019 sur l'Industrie Minière. Mars 2012 : (http://www.mddep.gouv.qc.ca/milieu_ind/directive019/).

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2011 (révision 2012). Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales : cahier 3 – Échantillonnage des eaux souterraines, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 62 pages. Consulted 28 January 2013. http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/documents/publications/echantillonnage/eaux_soutC3.pdf.

Morin, Kevin A., and Hutt, Nora M, 2009, Mine-Water Leaching of Nitrogen Species from Explosive Residues, in GeoHalifax.

Nemaska Lithium, 2013. Whabouchi Project, Development and Operation of a Spodumene Deposit in the James Bay Territory, Environmental and Social Impact Assessment (ESIA), March 2014.

Richelieu Hydrogeologie, Inc, 2012, Nemaska Lithium,– Propriété Whabouchi. Projet d'exploitation d'une mine à ciel ouvert. Ètude hydrolgéologique sur l'impact du projet, April 2012.

WESA Envir-Eau, 2012a. Étude hydrologique, Project Whabouchi, Nemaska Lithium. Report No. HB10015-00-03. April 2012.

WESA Envir-Eau, 2012b. Étude hydrogéologique, Project Whabouchi, Nemaska Lithium. Report No. HB10015-00-01. May 2012.

ANNEXE A

Description des paramètres d’entrée du modèle de bilan hydrique

Tableau A1 : Description des paramètres d'entrée du bilan hydrique – fosse à ciel ouvert

Paramètres	Valeurs	Description	Notes
Aire de la fosse [a]	■ An 0 102 000 m^2 ■ An 1 122 000 m^2 ■ Ans 2-5 162 000 m^2 ■ An 6 223 000 m^2 ■ Ans 7-19 310 000 m^2	Surface se rapportant à la fosse	L'aire est soumise à un coefficient de ruissellement d'une fosse.
Infiltration dans la fosse[b]	■ An 0 0 m^3/j (280 m) ■ An 5 860 m^3/j (237,5 m) ■ An 10 1910 m^3/j (167,5 m) ■ An 18 2075 m^3/j (117,5 m)	Eaux souterraines	L'exfiltration augmentera de façon linéaire sans interruption en saison hivernale. Après la 19ième année, à l'inondation de la fosse, l'infiltration diminuera de façon linéaire à mesure que le niveau d'eau dans la fosse augmentera.
Pompage maximum journalier	4000 m^3/j		Taux de pompage estimé pour un bas niveau d'eau dans la fosse selon tous les scénarios.

[a] (BBA 2012b)

[b] (WESA Envir-Eau 2012a)

Tableau A2 : Description des paramètres d'entrée du bilan hydrique – usine de concentration et de traitement

Paramètres	Valeurs[b]	Description	Notes
Taux de production	3000 t/j (masse volumique sèche) [a]	Intrants à l'usine (3 096 t/jour, 97% solide)	La modélisation prend compte d'une disponibilité d'approvisionnement continue de 100%.
Taux d'humidité du minerai	3% [a]	Taux d'humidité du minerai entrant à l'usine	
Eau requise pour le traitement	8 t/h [a]	Eau souterraine du puits d'approvisionnement	Assumé en partie par la recirculation de l'eau des bassins situés au concentrateur et aux bureaux administratifs.
Capacité d'approvisionnement des bassins situés au concentrateur et aux bureaux administratifs	2 t/h [a]	Recyclage de l'eau des bassins situés au concentrateur et aux bureaux administratifs	Valeur moyenne; la disponibilité varie selon le volume de précipitation.
Production de concentré	27 t/h [a]		
% solide du concentré	95 % [a]	Concentré expédié hors site	La part d'eau du concentré est comptabilisée en perte.
Production de résidus miniers	110 t/h [a]		
% solide des résidus miniers	90 % [a]	Résidus pour l'empilement dans la halde à stériles et à résidus miniers	L'eau dans les résidus est dirigée vers la halde à stériles et à résidus miniers.

[a] Met-Chem 2012

[b] t/j signifie tonnes par jour; t/h, tonnes par heure.

Tableau A3 : Description des paramètres d'entrée du bilan hydrique – halde à stériles et à résidus miniers[a]

Paramètres	Valeurs	Description	Notes
Aire de la halde [b]	■ An 0 303 529 m^2 ■ An 6 572 658 m^2 ■ An 11 695 099 m^2 ■ An 15 931 790 m^2	Aire se rapportant au bassin de sédimentation No 1	Aire n'inclut pas les surfaces entre les fossés temporaires.
Conductivité hydraulique du roc [a]	1×10^{-8}	Valeur minimale de la conductivité hydraulique dans le roc sous la halde	La conductivité hydraulique a été utilisée pour estimer les pertes d'eau sous la halde.
Rétention d'eau	1%		Volume d'eau retenue dans la halde avant le recouvrement.

[a] WESA Envir-Eau 2012a

[b] Mine plan

Tableau A4 : Description des paramètres d'entrée du bilan hydrique – bassin de sédimentation n° 1

Paramètres	Valeurs	Description	Notes
Bassin versant (topographie naturelle)	■ An 1 126 646m^2 ■ An 7 170 019m^2 ■ An 12 178 590m^2 ■ An 14 217 406m^2	Secteur au nord du bassin	Bassin versant estimé à partir du plan du site; inclut l'aire entre la halde et les fosses périphériques
Courbe de capacité	Lookup Tables	Utilisée pour determiner l'évaporation et les précipitations	La courbe de capacité est calculée pour un bassin carré dont les pentes internes sont de 2 :1 sous la structure de décantation. Au-dessus de la structure, la capacité du bassin augmente linéairement jusqu'au niveau d'opération maximal
Volume maximum du bassin [b]	140 000 m^3	Volume maximum assumant une revanche de 1 m	Il est considéré que le bassin est vide au début des simulations.
Volume du bassin sous la structure de décantation [b,c]	22 354 m^3	Volume sous la structure	-
Élévation de la conduite (infrastructures de décantation) [a]	277.0 m	Niveau où l'eau s'écoule vers le lac des Montagnes	-
Niveau opérationnel maximum [b]	281.0 m	Volume maximum à un niveau d'opération considérant une revanche de 1m	-
Niveau de la crête de la digue [b]	282.0 m [c]	L'élévation de la crête	-

[a] Met-Chem 2012

[b] BBA 2012b

[c] Mine plan

Tableau A5 : Description des paramètres d'entrée du bilan hydrique – bassin de sédimentation n° 2

Paramètres	Valeurs[b]	Description	Notes
Aire du bassin versant (non affecté)	41 178 m^2[a]	Surface autour du bassin jusqu'à la crête de la digue	Aire base sur le plan du site et considéré non affectée pour les calculs de ruissellement.
Courbe de capacité	Lookup Tables	utilisée pour déterminer l'évaporation et les précipitations	La courbe de capacité est calculée pour un bassin carré dont les pentes internes sont de 2 :1 sous la structure de décantation. Au-dessus de la structure, la capacité du bassin augmente linéairement jusqu'au niveau d'opération maximal.
Volume maximal du bassin	82 000 m^3 [a]	Volume maximal pour une revanche de 1.0 m	Il est considéré que le bassin est vide au début des simulations.
Volume du bassin sous la structure de décantation	3 500 m^3 [a]	Volume sous la structure	-
Élévation de la conduite (structure de décantation)	277,0 m ,[a]	Niveau où l'eau s'écoule vers le lac des Montagnes	-
Niveau d'opération maximal[c]	281,0 m ,[a]	Volume maximum à un niveau d'opération considérant une revanche de 1m	-
Élévation de la crête[c]	282,0 m [a]	L'élévation de la crête	-

[a] BBA 2012b

Tableau A6 : Description des paramètres d'entrée du bilan hydrique – bassin de l'usine et station de pompage

Paramètres	Valeurs[b]	Description	Notes
Aire du bassin versant [a] (site du concentrateur)	75 000 m^2 [a]	Aire du bassin versant se rapportant au bassin du site du concentrateur	-
Volume maximum[a]	7 800 m^3 [a]	Temps de rétention de 54 jours en conditions normales	Dimension du bassin basée sur des conditions extrême de récurrence 1/100 ans. Il est assumé que le bassin est vide au début de la modélisation
Aire du bassin[a]	3 900m^2 [a]	Utilisée pour déterminer l'évaporation	La surface du bassin est présumée constante.

[a] BBA 2012b

Tableau A7 : Description des paramètres d'entrée du bilan hydrique – bassin des bureaux administratifs

Paramètres	Valeurs[b]	Description	Notes
Aire du bassin versant [a] (site du concentrateur)	25,000 m^2 [a]	Aire du bassin versant se rapportant au bassin du site des bureaux administratifs	-
Volume maximum[a]	2,500 m^3 [a]	Temps de rétention de 53 jours en conditions normales	Dimension du bassin basée sur des conditions extrême de récurrence 1/100 ans. Il est assumé que le bassin est vide au début de la modélisation
Aire du bassin[a]	900 m^2 [a]	Utilisée pour déterminer l'évaporation	La surface du bassin est présumée constante.

[a] BBA 2012b

ANNEXE B

Calendrier du modèle hydraulique

Tableau B1 : Calendrier des simulations du modèle de bilan hydrique – années hydrologiques

Année	Mois											
	Nov.	Dec.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.
1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
3	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
4	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
5	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
6	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
7	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
8	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
9	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107
10	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
11	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131
12	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143
13	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155
14	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167
15	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179
16	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191
17	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203
18	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215
19	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227

1. du 1 novembre de l'année X au 31 octobre de l'année X+1; avec un intervalle de temps de 1 mois

ANNEXE C

Paramètres d’entrée et conception du modèle de la qualité de l’eau

1.1 Paramètres d'entrée du modèle de la qualité de l'eau

Les paragraphes qui suivent présentent les paramètres d'entrée du bilan de masse utilisés dans le modèle pour la mine de lithium Whabouchi. Les paramètres incluent les informations sur l'eau souterraine, l'eau de surface, l'eau de pluie et l'eau de ruissellement en contact avec les résidus miniers et les stériles. Les valeurs des paramètres d'entrée sont présentées au tableau C1.

1.1.1 Qualité de l'eau souterraine

Les emplacements des puits de surveillance de l'eau souterraine sont montrés à la figure C1. Les données sur la qualité de l'eau des échantillons prélevés dans les puits PO1R à PO5R, PO7R à PO9R, PO14R, PO16R, PO17R1, PO18R1, POS1 et PO6S ont été utilisées pour calculer la valeur moyenne de la qualité de l'eau souterraine utilisée dans le modèle de bilan de masse (Nemaska Lithium, 2012). Ces puits ont été sélectionnés en raison de leur proximité par rapport à la fosse, la seule installation à recevoir l'infiltration des eaux souterraines (flux S1 du modèle conceptuel de GoldSim; figure 4 du rapport).

Les concentrations des paramètres de l'eau souterraine sont présentées au tableau C1. Les valeurs du pH de tous les échantillons prélevés dans les puits varient de quasi neutre à légèrement alcalin (soit de 5,0 à 8,5). Les paramètres ne dépassent pas les critères de la Directive 019 (MDDEP, 2012). Cependant, les concentrations d'aluminium, de béryllium, de cadmium et de cuivre dans l'eau souterraine excèdent les critères de qualité d'eau de surface pour les effets chroniques; la teneur en cuivre de l'eau souterraine dépasse le seuil de toxicité aiguë des critères de qualité de l'eau de surface pour la protection de la vie aquatique (MDDEFP, 2013a). Le pH moyen est inférieur aux seuils d'effets chroniques et de toxicité aiguë de l'eau de surface.

1.1.2 Qualité de l'eau de surface

Les points d'échantillonnage des eaux de surface sont montrés à la figure C1. Les données sur la qualité de l'eau des échantillons prélevés dans le lac Spodumène, les lacs 1 à 3, la rivière Nemiscau et les ruisseaux B et C ont été utilisées pour calculer la valeur moyenne de la qualité de l'eau de surface dans le modèle de bilan de masse (Nemaska Lithium, 2012). Ces cours d'eau se situent tous à l'intérieur de la propriété minière et sont considérés comme représentatifs du ruissellement de surface non affecté et collecté par les bassins de sédimentation no 1 et no 2. Des fossés et des bermes aménagés sur le site empêcheront l'eau de ruissellement des surfaces intactes d'entrer en contact avec la halde à stériles et à résidus miniers ou la fosse.

Les valeurs du pH des échantillons d'eau de surface prélevés varient d'acide à quasi neutre (4,7 à 6,8). Les paramètres modélisés ne dépassent pas les critères de la Directive 019. Cependant, les concentrations d'aluminium et de béryllium excèdent les critères de qualité de l'eau de surface pour les effets chroniques . Le pH moyen est inférieur aux seuils d'effets chroniques et de toxicité aiguë de l'eau de surface.

Paramètres d'entrée du modèle de la qualité de l'eau pour le projet de mine de lithium Whabouchi

Données d'entrée	Directive 019 [1A]		Critères de qualité d'eau de surface [1B]		Unité	Eaux souterraines		Eau de surface		Matériaux géologiques	Résidus miniers		Pegmatite		Stériles non PGA		Stériles PGA	
	Concentration moyenne acceptable (moyenne mensuelle arithmétique)	Concentration maximal acceptable dans un échantillon instantané	Toxicité aigue (CVAA)	Effet chronique (CVAC)		Limite de détection	Moyenne	Limite de détection	Moyenne	Limite de détection	Premier rinçage (moyenne)	Conditions permanentes	Premier rinçage (moyenne)	Conditions permanentes	Premier rinçage (moyenne)	Conditions permanentes	Premier rinçage (moyenne)	Conditions permanentes
Modelled Parameters																		
Alcalinité	-	-	-	-	mg/L	-	34	<1	4,0	<2	31	1,0	8,4	1,3	7,9	3,8	6,0	1,4
Acidité	-	-	-	-	mg/L	-	-	-	-	<2	1,0	1,6	1,0	1,6	1,0	1,0	1,0	3,9
Dureté	-	-	-	-	mg/L	-	-	-	17	-		-	-	-	-	-	-	-
Sulfate	-	-	500 [A]	500 [A]	mg/L	<0.5	25	<1	1,1	<0.2	0,68	0,10	0,30	0,10	1,6	0,64	4,5	2,6
Fluoride	-	-	4 [B]	0.2 [B]	mg/L	-	-	<0.1	0,05	<0.06	0,044	0,032	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
Nitrate	-	-	-	2,9	mg/L	-	-	-	0,042	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ammonium	-	-	2.0 - 26 [C]	0.38 - 1.9 [C]	mg/L	-	-	<0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aluminum	-	-	0.75 [D]	0.087 [D]	mg/L	<0.01	***0,11***	-	***0,18***	<0.01	***0,090***	0,0080	***0,093***	0,016	0,054	0,033	0,030	0,0085
Antimoine	-	-	1,1	0,24	mg/L	<0.001	0,0024	<0.001	0,00056	<0.0002	0,00085	0,00024	0,0021	0,00038	0,00059	0,00020	0,00050	0,00031
Argent	-	-	0.00013 [E]	0,0001	mg/L	<0.0001	0,000071	<0.0001	0,00005	<0.00001	0,0000050	0,0000050	-	0,0000050	-	0,0000050	-	0,0000080
Arsenic	0,2	0,4	0,34	0,15	mg/L	<0.0001	0,00025	<0.0001	0,0005	<0.0002	0,00064	0,00032	0,0025	0,00026	0,00071	0,00062	0,00021	0,00028
Barium	-	-	0.23 [E]	0.079 [E]	mg/L	<0.002	0,022	<0.002	0,0034	-	0,00066	0,00017	0,00029	0,00013	0,00042	0,00038	0,00033	0,00025
Beryllium	-	-	0.00037 [E]	0.000041 [E]	mg/L	<0.0005	***0,00025***	<0.0005	***0,00025***	<0.00002	***0,0023***	***0,00064***	0,000023	0,000010	0,000010	0,000010	0,000010	0,000010
Bore	-	-	-	-	mg/L	-	0,0058	<0.005	0,000125	<0.00001	0,000090	0,000011	0,0030	0,00026	0,0018	0,00025	0,0023	0,00035
Bismuth	-	-	28	5	mg/L	<0.005	-	<0.00025	0,0025	<0.0002	0,00047	0,000066	0,00001	0,000008	0,0000050	0,0000050	0,0000050	0,0000050
Cadmium	-	-	0.00042 [E]	0.000082 [E]	mg/L	<0.0002	*0,00010*	<0.00003	0,00002	<0.000003	0,000033	0,000017	0,0000066	0,0000034	0,000011	0,0000015	0,0000071	0,0000025
Calcium	-	-	-	-	mg/L	-	9,1	<2	1,5	-	8,2	0,42	1,2	0,60	2,0	1,7	3,3	1,0
Chrome	-	-	0.48 [E, III]	0.023 [E, III]	mg/L	<0.0005	0,00032	<0.0005	0,0003	<0.0005	0,0019	0,00025	0,00045	0,00025	0,00025	0,00025	0,00025	0,00025
Cobalt	-	-	0,37	0,1	mg/L	<0.0005	0,0020	<0.0005	0,0003	<0.000002	0,000086	0,000037	0,0000063	0,000046	0,000037	0,000069	0,000084	0,0076
Cuvire	0,3	0,6	0.0031 [E]	0.0024 [E]	mg/L	<0.0005	***0,0058***	<0.0002	0,0005	<0.0005	***0,0044***	0,00083	***0,0045***	0,00032	0,00043	0,00047	0,00096	0,00091
Fer	3	6	3,4	1,3	mg/L	<0.1	1,1	<0.1	0,18	<0.003	0,020	0,0062	0,0024	0,0015	0,0090	0,0025	0,0062	0,017
Lithium	-	-	0,91	0,44	mg/L	<0.001	0,02	<0.01	0,005	-	0,12	0,0030	0,12	0,0022	0,16	0,0070	0,11	0,0062
Magnesium	-	-	-	-	mg/L	-	0,73	<0.05	0,35	-	0,64	0,0098	0,050	0,0080	0,43	0,17	0,63	0,16
Manganese	-	-	1 [E]	0.47 [E]	mg/L	<0.005	0,084	-	0,013	-	0,051	0,030	0,0065	0,0087	0,0013	0,0022	0,0019	0,018
Mercure	-	-	0,0016	0,00091	mg/L	<0.0001	0,00028	<0.00001	0,000005	<0.0001	0,000050	0,000033	0,000050	0,000032	0,000050	0,000050	0,000050	0,000034
Molybdène	-	-	29	3,2	mg/L	<0.0005	0,0030	<0.0005	0,0003	<0.00001	0,00097	0,000033	0,0016	0,000032	0,00057	0,000018	0,0011	0,00012
Nickel	0,5	1	0.12 [E]	0.013 [E]	mg/L	<0.001	0,0064	<0.0002	0,00024	<0.00001	0,0032	0,00022	0,000088	0,000060	0,00014	0,00023	0,00029	0,0086
Plomb	0,2	0,4	0.011 [E]	0.00041 [E]	mg/L	<0.0001	0,00025	<0.0001	0,00015	<0.00002	0,00018	0,000018	0,000045	0,000024	0,000013	0,000034	0,000040	0,000013
Potassium	-	-	-	-	mg/L	<0.5	0,78	<0.05	0,2	-	1,1	0,076	2,3	0,16	0,61	0,077	0,29	0,027
Selenium	-	-	0,062	0,005	mg/L	<0.001	0,00055	<0.001	0,00054	<0.001	0,00028	0,00050	0,00050	0,00050	0,00050	0,00050	0,00050	0,00050
Sodium	-	-	-	-	mg/L	-	19	<2	0,74	-	7,2	0,080	1,9	0,062	1,2	0,063	1,2	0,062
Étain	-	-	40	21	mg/L	<0.001	0,00057	<0.001	0,0005	-	0,0032	0,0012	0,0010	0,00011	0,0011	0,00031	0,00094	0,00011
Strontium	-	-	-	-	mg/L	-	-	-	-	-	0,014	0,00032	0,0021	0,00052	0,0022	0,0012	0,0035	0,0013
Thallium	-	-	0,047	0,0072	mg/L	<0.001	0,00050	<0.002	0,0010	<0.00002	0,000058	0,000012	0,000085	0,000010	0,000028	0,000010	0,000021	0,000032
Titanium	-	-	-	-	mg/L	-	-	<0.001	0,0008	<0.0001	0,00026	0,000050	0,000050	0,000050	0,00038	0,00015	0,00020	0,000050
Uranium	-	-	0.32 [E]	0.014 [E]	mg/L	<0.001	0,0021	<0.001	0,0005	<0.000001	***0,021***	0,00024	***0,14***	0,0034	0,000080	0,000016	0,00017	0,000012
Vanadium	-	-	0,11	0,012	mg/L	<0.001	0,0012	<0.002	0,0010	<0.00003	0,00029	0,000015	0,000048	0,000022	0,0018	0,00079	0,00079	0,000081
Tungsten	-	-	-	-	mg/L	-	-	-	-	<0.00003	0,00062	0,000015	0,0022	0,000015	0,00065	0,000026	0,00028	0,000015
Yttrium	-	-	-	-	mg/L	-	-	-	-	<0.000001	0,000012	0,0000020	0,000048	0,00000080	0,0000031	0,00000090	0,0000019	0,0000040
Zinc	0,5	1	0.031 [E]	0.031 [E]	mg/L	<0.005	0,017	<0.0007	0,0055	<0.002	0,0075	0,0016	0,0010	0,0024	0,0010	0,0023	0,0010	0,0044

NOTE

1A. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Gouvernement du Québec , 2012. http://www.mddep.gouv.qc.ca/milieu_ind/directive019/

1B. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Gouvernement du Québec , 2013. http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp

A. Ce critère de qualité s'applique aux eaux dont la dureté est < 100 mg/L et dont la concentration en chlorures est < 5 mg/L.

B. Ce critère de qualité a été calculé à partir de données de toxicité pour de faibles duretés (≤ 120 mg/L (CaCO3)).

C. Ce critère varie en fonction du pH et de la température.

D. Ce critère varie en fonction du pH.

E. Ce critère varie en fonction de la dureté.

III. Chrome (III)

Criteria exceeds Critères de Qualité de L'eau de Surface (Protection de la Vie Aquatique) Effect Aigue (CVAA)	***XXX***
Criteria exceeds Critères de Qualité de L'eau de Surface (Protection de la Vie Aquatique) Effect Chronique (CVAC)	***XXX***

Figure C1 : Puits de surveillance de l'eau souterraine et points d'échantillonnage des'eaux de surface sur le site du projet (d'après WESA Envir-Eau, 2012a)

1.1.3 Qualité de l'eau des précipitations (eau de pluie)

Les données sur la composition chimique de l'eau de pluie proviennent de Hem (1985). Les précipitations toucheront toutes les installations de la mine suivant le modèle de la qualité de l'eau. Hem (1985) propose des concentrations en milligrammes par litre (mg/l) pour les paramètres suivants : calcium, magnésium, sodium, potassium, sulfate et nitrate.

Les valeurs du pH de l'eau de pluie n'étaient pas connues. Les concentrations des paramètres ne dépassent pas les critères de la Directive 019, ni les critères de qualité de l'eau de surface.

1.1.4 Eaux de ruissellement sur les stériles et les résidus miniers

Six essais en cellule humide ont été réalisés par Lamont (2013) sur des échantillons de stériles, de roches provenant de la zone minéralisée et de résidus miniers. Les résultats ont permis de déterminer les concentrations des différents paramètres en contact avec les stériles et les résidus miniers exposés aux conditions météorologiques. Quatre des essais en cellule d'humidité ont été réalisés sur des échantillons composites de stériles de gabbro ou de basalte, selon les types ci-dessous :

- gabbro potentiellement générateur d'acide;
- gabbro non potentiellement générateur d'acide;
- basalte potentiellement générateur d'acide;
- basalte non potentiellement générateur d'acide.

Un cinquième essai en cellule humide a été réalisé sur de la pegmatite et un dernier sur des résidus miniers. Les caractéristiques géochimiques des six échantillons en cellule humide sont présentées dans le rapport de Lamont (2013). Selon ce rapport, les stériles de gabbro et de basalte sont identiques sur le plan géochimique. Par conséquent, un échantillon composite a été considéré comme représentatif des stériles mafiques déposés dans la halde à stériles et à résidus miniers et exposés dans la fosse. Afin de mieux évaluer les effets potentiels des stériles potentiellement générateurs d'acide dans la halde à stériles et à résidus miniers et la fosse, une moyenne des résultats des essais en cellule humide a été établi pour être utilisée dans le modèle pour les paires d'échantillons suivants :

- gabbro générateur d'acide et basalte générateur d'acide;
- gabbro non générateur d'acide et basalte non générateur d'acide.

Aucun échantillon de pegmatite à spodumène n'a été testé en cellule humide par conséquent, l'échantillon de pegmatite est considéré comme représentatif de la roche stérile et minéralisée qui sera exposée dans la fosse à ciel ouvert.

L'application des résultats des essais en cellule humide a été discutée dans de nombreuses publications, notamment INAP (2009), MEND (2009), Morin et Hutt (1997) et Maest et coll. (2005). Le bilan massique de la mine de lithium Whabouchi a été élaboré conformément aux processus normalisés de l'industrie. La composition chimique du lixiviat des cellules humides a été évaluée à l'aide de l'équation ci-dessous (équation no 1) en vue d'estimer les taux de charge massique (en mg/kg/semaine), ou « taux de lixiviation », des produits chimiques dissous provenant des matières contenues dans les cellules humide.

Équation n° 1

$$\text{Taux de lixiviation hebdomadaire } (mg_{\text{masse lixiviée}}/kg_{\text{roche}}/\text{semaine}) =$$

$$mg/l_{(\text{concentration dans le lixiviat})} \times L_{(\text{litres de lixiviant par semaine})} / m_{(\text{masse de l'échantillon})}$$

Les conditions des cellules humides diffèrent des conditions en milieu naturel, puisqu'elles visent à accélérer un processus de lixiviation qui s'étendrait normalement sur des mois, voire des années. Pour prendre cet aspect en considération, on applique des facteurs d'échelle aux calculs des charges. Deux facteurs ont été appliqués aux calculs des charges dans le modèle de Whabouchi afin de considérer les particularités du projet et les données contrôlées en laboratoire :

- Un facteur de tortuosité (10 %) a été appliqué pour tous les types de roches (y compris les résidus miniers), pour tenir compte de la formation de canaux d'écoulement préférentiels dans les cellules humides (ASTM, 2007);
- Un facteur tenant compte de la dimension des grains (10 %) a été appliqué aux stériles et à la pegmatite, afin de refléter la taille supérieure et hétérogène des grains déposés en surface ou exposés dans la fosse, comparativement à la taille relativement homogène des grains utilisés dans les cellules humide (MEND, 2009).

L'application d'un facteur d'échelle réduit les charges de chaque échantillon d'une valeur de 10 %. Pour produire des résultats raisonnables relatifs à la qualité de l'eau, le facteur de tortuosité a été appliqué deux fois. Les résultats de la qualité de l'eau sont considérés raisonnables compte tenu des paramètres d'entrée du modèle, et l'ordre de grandeur de ces paramètres. L'application des facteurs présentés ci-dessus est une pratique courante de l'industrie lorsqu'on utilise les résultats d'essais en cellule humide pour la prédiction de la qualité de l'eau. La méthode basée sur les taux de réaction considère que les réactions entre la roche et l'eau sont davantage contrôlées par la quantité de matériaux en place plutôt que par la surface de contact entre les roches et l'eau, qui est en fait le paramètre qui contrôle les taux de réaction.

1.1.5 Échantillons composites de stériles

Les échantillons de gabbro et de basalte ont été soumis à des analyses géochimiques statiques, notamment à la détermination du bilan acide-base par Lamont (2013). Pour déterminer le potentiel de génération d'acide, l'échantillon subit des tests et les paramètres sont calculés afin de statuer sur le potentiel que la roche s'acidifie en conditions naturelles. L'essai permet de classifier les roches potentiellement génératrices d'acide (PGA) ou non potentiellement génératrices d'acide (non PGA) (MEND, 2009). Les résultats de ces analyses ont montré qu'environ 80 % des stériles de gabbro et de basalte sont non potentiellement générateurs d'acide et 20 % le sont (Lamont, 2013). Cette proportion, couplée au plan de minage, a été utilisé aux fins de la modélisation (Met-Chem, 2012) et le modèle de blocs de la fosse (comm. pers., Leblanc, 2013) en vue de déterminer les tonnages relatifs de stériles PGA et non PGA déposés dans la halde à stériles et à résidus miniers, ainsi que les surfaces exposées dans la fosse.

1.1.6 Dépassement des critères des effluents

La qualité de l'eau en contact avec les stériles PGA et non PGA, les résidus miniers et la pegmatite a été établie directement à partir des résultats des essais en cellule humide en mg/l. Le but était de permettre de considérer les diverses installations minières dans le modèle de qualité de l'eau. La qualité de l'eau de rinçage des stériles répond aux critères de la Directive 019 et à ceux des eaux de surface et souterraines du Québec. Toutefois, les concentrations d'aluminium, de béryllium, de cuivre et d'uranium des eaux de rinçage des résidus excèdent les critères de qualité des eaux de surface pour les effets chroniques, tandis que les concentrations de béryllium et de cuivre dépassent les critères de qualité des eaux de surface pour la toxicité aiguë. Les concentrations d'aluminium, de cuivre et d'uranium dans les eaux de rinçage de la pegmatite sont supérieures aux critères de qualité des eaux de surface pour les effets chroniques, et les concentrations de cuivre excèdent les critères de qualité des eaux de surface pour la toxicité aiguë. Le pH moyen pour l'eau des résidus et des stériles PAG est légèrement inférieur aux critères de qualité des eaux de surface pour les effets chroniques et de toxicité aiguë.

1.2 Prédictions de la qualité de l'eau

La qualité de l'eau a été obtenue en additionnant les charges rejetées dans chacun des bassins de sédimentation durant l'opération de même que dans la fosse ennoyée après sa fermeture, puis en divisant la somme des charges par le débit entrant dans chacune des installations. Les tableaux C2 à C6 présentent un sommaire des données d'entrée et de différents paramètres utilisés pour le calcul des charges se rapportant à chacune des installations, ainsi qu'une description du débit entrant dans les bassins de sédimentation no 1 et no 2 et de la fosse ennoyée. Ces informations ont permis d'estimer la qualité des eaux . Le contenu présenté dans les tableaux est expliqué en détail dans les sections suivantes.

L'estimation des charges (mg/unité de temps) dans les bassins de sédimentation et la fosse est basée soit sur les concentrations (dans les eaux de surface et souterraines), soit sur les taux de lixiviation évalués à partir des essais en cellule humide (mg/kg/semaine) (équation no 1). Les équations no 2, no 3 et no 4 ont été utilisées pour produire le bilan massique pour les sources exprimées en mg/l et en mg/kg/semaine.

Équation n° 2 : (eau de surface, eau souterraine et précipitations directes)

$$\text{mg/semaine}_{(\text{charge})} = \text{mg/l}_{(\text{concentration du paramètre})} \times \text{l/semaine}_{(\text{débit})}$$

Équation n° 3 : (exfiltrations de la halde à stériles et à résidus miniers)

$$\text{mg/semaine}_{(\text{charge})} = \text{mg/l}_{(\text{concentration du paramètre})} \times \text{l/semaine}_{(\text{débit})} \times \%_{(\text{proportion de roche ou de résidus})}$$

Équation n° 4 : (ruissellement de la halde à stériles et à résidus miniers et des parois de la fosse)

$$\text{mg/semaine}_{(\text{charge})} =$$

$$\text{mg/kg/semaine}^{2}_{(\text{taux de lixiviation en cellule humide})} \; m^2_{(\text{surface exposée})} \; m^{3}_{(\text{profondeur/épaisseur})} \; \%_{(\text{proportion de résidus ou de roches})} \text{kg/m}^{3}_{(\text{masse volumique})}$$

Tableau C2 : Paramètres du bilan massique : bassin de sédimentation n° 1, phase d'opération

Infrastructure minière	Donnée d'entrée	Calculs
Bassin de sédimentation 1	Précipitation (Pluie) (mg/l)	Précipitation (m^3/d; Annexe D)
	Eau de surface (mg/l)	Ruissellement sur les aires non affectées (m^3/d; Annexe D)
	Eau dans les résidus (mg/l)	Infiltration dans la halde (m^3/d; Annexe D)
	Eau des stériles PGA (mg/l)	Infiltration dans la halde (m^3/d; Annexe D); Proportion des stériles PGA (%; Tableau C5)
	Eau des stériles non PGA (mg/L)	Infiltration dans la halde (m^3/d; Annexe D); Proportion des stériles non PGA (%;Tableau C5)
	Contaminants des résidus (mg/kg/week)	Facteur de tortuosité; proportion des résidus dans la halde (%;Tableau C5); Masse volumique des résidus (g/cm^3; Tableau C5); profondeur des réactions chimiques (m; Tableau C5); Aire exposée de la halde annuellement (m^2; Annexe D)
	Contaminants des stériles PGA (mg/kg/week)	Tortuosité et paramètre tenant compte de la taille des grains, proportion des stériles PGA dans la halde (%; Table C5); Masse volumique des stériles (g/cm^3; Tableau C5); profondeur des réactions chimiques (m; Tableau C5);
	Contaminants des stériles non PGA (mg/kg/week)	Tortuosité et paramètre tenant compte de la taille des grains, proportion des stériles non PGA dans la halde (%; Table C5); Masse volumique des stériles (g/cm^3; Tableau C5); profondeur des réactions chimiques (m; Tableau C5);

Tableau C3 : Paramètres du bilan massique : bassin de sédimentation no 2, phase d'opération

Infrastructure minière	Donnée d'entrée	Calculs
Bassin de sédimentation #2	Précipitation (Pluie) (mg/l)	Précipitation (m^3/d; Annexe D)
	Eau de surface (mg/l)	Ruissellement sur les aires non affectées (m^3/d; Annexe D)
	Eau souterraine	Infiltration (m^3/d; Appendix D)
	Contaminants de la pegmatite (mg/kg/week)	Tortuosité et paramètre tenant compte de la taille des grains, (%; Table C4); Masse volumique de la pegmatite (g/cm^3; Table C5); épaisseur de roc où se font les réactions chimiques (m; Table C5);
	Stérile PGA	Tortuosité et paramètre tenant compte de la taille des grains, proportion des stériles (%; Table C5); Masse volumique des stériles (g/cm^3; Table C5); épaisseur de roc où se font les réactions chimiques (m; Table C5); Surface de roc exposée (m^2; Table C6)
	Stérile non PGA	Tortuosité et paramètre tenant compte de la taille des grains, proportion des stériles (%; Table C5); Masse volumique des stériles (g/cm^3; Table C5); épaisseur de roc où se font les réactions chimiques (m; Table C5); Surface de roc exposée (m^2; Table C6)

Tableau C4 : Sommaire des paramètres du bilan massique : lac de la fosse, après la fermeture

Infrastructure minière	Donnée d'entrée	Calculs
Fosse ennoyée	Précipitation (Pluie) (mg/L)	Précipitation (m^3/d; Appendix D)
	Eaux souterraines	Infiltration (m^3/d; Appendix D)
	Contaminants de la pegmatite (mg/kg/week)	Tortuosité et paramètre tenant compte de la taille des grains, Proportion de minerai exposé (%; Table C5); Masse volumique de la pegmatite (g/cm^3; Table C5); épaisseur de roc où se font les réactions chimiques, premier rinçage, élévation de l'eau et circonférence de l'eau (m; Table C5); Surface de roc exposée (m^2; Table C6);
	PAG Waste Rock loading rates (mg/kg/week)	Tortuosité et paramètre tenant compte de la taille des grains, Proportion de stériles PGA, proportion de stériles exposés (%; Table C5); Masse volumique de la pegmatite (g/cm^3; Table C5); épaisseur de roc où se font les réactions chimiques, premier rinçage, élévation de l'eau et circonférence de l'eau (m; Table C5); Surface de roc exposée (m^2; Table C6);
	Non-PAG Waste Rock loading rates (mg/kg/week)	Tortuosité et paramètre tenant compte de la taille des grains, Proportion de stériles non PGA, proportion de stériles exposés (%; Table C5); Masse volumiquede la pegmatite (g/cm^3; Table C5); épaisseur de roc où se font les réactions chimiques, premier rinçage, élévation de l'eau et circonférence de l'eau (m; Table C5);

Tableau C5 : Sommaire des facteurs utilisés dans le calcul du bilan massique

Description	Valeur	Unité	Note	Source
Tortuosité	10	%	Facteur d'échelle	ASTM (2007)
Taille des grains	10	%	Facteur d'échelle	MEND (2009)
Proportion des stériles non PGA	80	%	-	Lamont (2013)
Proportion des stériles PGA	20	%	-	Lamont (2013)
Masse volumique des résidus	1,80	g/cm^3	-	Met-Chem (2012)
Masse volumique des stériles (fracturés)	1,72	3 g/cm	Basé sur la masse volumique du basalte	Glover (1989)
Masse volumique de la pegmatite (fracturés)	1,55	3 g/cm	Basé sur la masse volumique du granite	Glover (1989)
Proportion des résidus miniers dans la halde	20	%	Basé sur le plan de minage	Met-Chem (2012)
Proportion des stériles dans la halde	80	%	Basé sur le plan de minage	Met-Chem (2012)
Proportion de la pegmatite exposée dans la fosse	20	%	Basé sur le modèle géologique	comm.pers. I. Leblanc (2013)
Proportion des stériles exposés dans la fosse	80	%	Basé sur le modèle géologique	comm.pers. I. Leblanc (2013)
Profondeur des réactions – Résidus miniers	0,25	m	Profondeur maximale de l'infiltration du ruissellement (halde)	-
Profondeur des réactions – Stériles	0,15	m	Profondeur maximale de l'infiltration du ruissellement (halde)	-
épaisseur de roc où se font les réactions chimiques	1	m	Profondeur maximale d'infiltration de l'eau sur les parois (fosse)	-

Tableau C6 : Aire de la roche exposée dans la fosse[1]

Année	Zone minéralisée exposée (m^2)	Stériles exposés (m^2)
1	40102,00	118401,00
2	52267,98	148272,02
3	60954,91	183207,22
4	56499,56	203749,47
5	55175,44	223054,19
6	68417,23	269911,90
7	75258,82	325605,84
8	81773,79	369597,34
9	88775,91	388164,40
10	91236,00	407384,00
11	88898,59	434635,13
12	86662,66	455574,40
13	82066,23	478293,83
14	78945,27	504716,54
15	73764,23	532061,46
16	72632,90	557933,76
17	72632,90	576610,79
18	98835,58	585383,17

[1] Source : comm. pers., I. Leblanc (2013)

1.2.1 Bassin de sédimentation no 1, phase d'exploitation

Durant l'exploitation de la mine, le bassin de sédimentation no 1 collectera les eaux de ruissellement et d'infiltration de la halde à stériles et à résidus miniers, de même que les eaux de ruissellement des surfaces non affectées et les précipitations sur le bassin versant entourant le bassin de sédimentation. Les charges des eaux de ruissellement des surfaces intactes et des précipitations directes ont été calculées à partir des des débits d'eau de ruissellement des surfaces intactes et des précipitations. Des valeurs moyennes pour les apports d'éléments chimiques ont été utilisées.

Les charges des eaux de ruissellement de la halde à stériles et résidus ont été estimées à partir des résultats des essais en cellules humides sur les stériles et les résidus. Les données du premier rinçage incluent les 5 premières semaines de rinçage durant lesquelles l'eau est en contact avec la surface de la roche permet la solubilisation de sels. Les premières données de rinçage permettent de simuler les concentrations initiales des contaminants libérés à court terme lors de l'exposition. Selon le plan de minage (Met-Chem, 2012), la halde à stériles et à résidus miniers contiendra environ 80 % de stériles et 20 % de résidus. Un volume de stériles réactifs a été estimé à partir de la superficie annuelle de la halde, de même qu'une profondeur de réaction de 0,15 m pour les stériles et de 0,25 m pour les résidus.

Les charges des eaux d'infiltration dans la ont été estimés selon des méthodes différentes de celles employées pour le calcul des charges des eaux de ruissellement. Les facteurs d'échelle appliqués aux taux de charge des stériles et résidus étaient adéquats pour rendre compte des effets d'exposition pour ruissellement, mais surestimaient les charges attribuées à l'eau d'infiltration dans la halde. Il a été démontré que l'écoulement dans un empilement permet la formation de canaux préférentiels où le contact entre l'eau et la roche diminue, laissant des zones sèches en profondeur (Caldwell, 2013). Ainsi, dans le cas des aires de lixiviation en tas, seule une partie de l'empilement était active; par analogie, seule une partie de la halde à stériles et résidus serait active. Pour cette raison, la composition chimique moyenne du lixiviat des stériles et résidus en régime permanent, ou à long terme, des cellules humides ont été retenus pour qualifier l'eau d'infiltration de la halde. Les données en régime permanent correspondent à la moyenne des compositions chimiques du lixiviat résultant des cinq dernières semaines d'essais en cellule humide, durant lesquelles l'eau peut pénétrer sous la surface de la roche et dissoudre les minéraux secondaires stables. Ces données permettent de simuler l'exposition à long terme.

1.2.2 Bassin de sédimentation no 2, phase d'exploitation

Durant l'exploitation de la mine, le bassin de sédimentation no 2 recevra les eaux d'exhaure de la fosse de même que les eaux de ruissellement des surfaces intactes et les précipitations sur le bassin versant entourant le bassin. Les eaux d'exhaure incluent l'infiltration des eaux souterraines, les précipitations directes et l'écoulement sur la surface des parois rocheuses. Les charges des eaux de ruissellement des surfaces intactes, des précipitations directes et des eaux d'infiltration souterraines ont été calculées en fonction respectivement des apports d'éléments chimiques et des débits d'eau de ruissellement des surfaces intactes, des précipitations et des eaux d'infiltration souterraines.

Les charges des eaux de ruissellement des parois rocheuses ont été estimées à partir des taux de charge moyens des stériles et des pegmatites observés dans le cadre d'essais en cellule humide en régime permanent, représentatifs des lithologies exposées sur les parois de la fosse, à l'exception des pegmatites minéralisées, pour lesquelles nous ne disposions d'aucune donnée issue d'essais cinétiques. Dans ce module du modèle de

la qualité de l'eau, les données du régime permanent ont permis d'estimer la composition chimique de l'eau de ruissellement des parois rocheuses, puisqu'on suppose que les parois seront dégradées par les activités d'excavation et que l'eau pénétrera sous la surface des parois, entraînant la dissolution des minéraux secondaires stables.

Les charges des eaux de ruissellement des parois rocheuses ont été mélangées dans des proportions correspondant à la superficie de stériles et de pegmatites exposés sur les parois de la fosse à ciel ouvert (tableau C5). On suppose que l'eau de ruissellement des parois rocheuses n'entre pas seulement en contact avec la surface immédiate des parois, mais qu'elle s'infiltre à une profondeur d'environ 1 mètre sous la surface de la paroi (croûte de réaction de la paroi rocheuse). Les superficies annuelles de stériles et de roches minéralisées exposés, présentées au tableau C6, combinées avec l'épaisseur de la croûte de réaction de la paroi rocheuse, ont permis de déterminer le volume approximatif de roches réactives.

1.2.3 Ennoiement de la fosse, après la fermeture

Après la fermeture de la mine, les charges de masse dans la fosse ennoyée proviendront de l'eau de ruissellement à la surface des parois rocheuses, des eaux de rinçage (après l'inondation), des précipitations directes et des eaux souterraines. Les charges des précipitations directes et des eaux souterraines ont été calculées au moyen respectivement des apports moyens d'éléments chimiques et des débits des précipitations et des eaux souterraines. Les charges de l'eau de ruissellement des parois rocheuses ont été calculées selon la méthode décrite à la section 1.2.2.

Les eaux de rinçage représentent la charge chimique résultant du contact de l'eau de la fosse ennoyée avec les matières comprises dans l'« anneau » qui borde la surface du lac, où la hausse du niveau de l'eau inonde pour la première fois les parois rocheuses. Les taux de charge moyens résultant des essais en cellule humide des premiers rinçages sur les stériles et les pegmatites ont été utilisés pour estimer les charges de masse des eaux initiales. Il est nécessaire d'utiliser les données des essais des eaux de rinçage en cellule humide afin de simuler le volume élevé d'éléments dissous résultant de la longue période de contact avec la roche altérée, au niveau de la surface de l'eau et de la paroi rocheuse toujours exposée. Les charges résultantes ont été mélangées selon les prévisions de composition des surfaces exposées dans la fosse: 80 % de la paroi exposée constituée de stériles et 20 % de roche minéralisée (représentée par la pegmatite). Un volume de roche réactive a été déterminé au moyen du périmètre de la fosse ennoyée (soit la circonférence vis-à-vis l'élévation du niveau de l'eau) à intervalles définis dans le modèle, de l'épaisseur de la croûte de réaction de la paroi rocheuse (1 m) et des écarts d'élévation du niveau de l'eau dans la fosse (soit la hauteur du niveau des premières eaux).

REFERENCES

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2007. Standard Test Method for Laboratory Weathering of Solid Materials Using a Humidity Cell. ASTM D5744 – 12.

Caldwell, J., 2013, Heap Leach Pads, EduMine Professional Development and Training for Mining, OnlineCourse, April 2013.

Glover, Thomas J. Pocket Reference. (2nd Edition). Littleton, Colorado: Sequoia Publishing, Inc.

Hem, John D., 1985. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. (3rd ed.).U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2254.

The International Network for Acid Prevention (INAP), 2009. Global Acid Rock Drainage Guide. Available at: http://www.inap.com.au/GARDGuide.htm.

Lamont Inc, 2013 (Lamont 2013). Geochemical Characterisation of Waste Rock Ore and Tailings, Whabouchi Project, James Bay Area, Quebec, Canada. Project 11-010. March 2013.

Leblanc, Isabelle, 2013. Personal Communication. Email: RE: Pegmatite Contact Surfaces. 8 March 2013. Maest, Ann S., Kuipers, James R., Travers, Constance L. and Atkins, David A., 2005. Predicting Water Quality at Hardrock Mines: Methods and Models, Uncertainties and State-of-the-Art. Kuipers & Associates and Buka Environmental, Butte (MT).

Mine Effluent Neutral Drainage (MEND), 2009. Prediction Manual for Drainage Chemistry from Sulphidic Geologic Materials. MEND Report 1.20.1.

Met-Chem Canada, Inc., 2012. Preliminary Economic Assessment of the Whabouchi Lithium Deposit and Hydromet Plant. NI 43-101 Technical Report. November 2012.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Gouvernement du Québec (MDDEFP), 2013a. Critères de qualité de l'eau de surface. (http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp).

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Gouvernement du Québec (MDDEP), 2012. Directive 019 sur l'Industrie Minière. Mars 2012. (http://www.mddep.gouv.qc.ca/milieu_ind/directive019/).

Morin, Kevin A. and Hutt, Nora M., 1997. Environmental Geochemistry of Minesite Drainage: Practical Theory and Case Studies. (1st ed.). Vancouver (BC): MDAG Publishing.

Nemaska Lithium, 2012. Project Whabouchi, Développement et Exploitation D'un Gisement de Spodumène : Étude des Impacts Sur L'Environnement et Le Milieu Social (ÉIEMS). 21 Décembre 2012.

WESA Envir-Eau, 2012a. Étude Hydrologique, Project Whabouchi, Nemaska Lithium. Report No. HB10015-00-03. 24 April 2012.

ANNEXE D

Débits estimés du modèle de bilan hydrique

Débits estimés du modèle de bilan hydrique

Table D1: Prévisions des débits – Précipitations moyennes (m3/an)

Débits dans le bassin de sédimentation #1	**Année 1**	**Année 2**	**Année 3**	**Année 4**	**Année 5**	**Année 6**	**Année 7**	**Année 8**	**Année 9**	**Année 10**	**Année 11**	**Année 12**	**Année 13**
Précipitation dans le bassin	1 412	1 412	1 412	1 412	1 412	1 412	1 412	1 412	1 412	1 412	1 412	1 412	1 412
Ruissellement au bassin	14 311	15 013	15 715	16 417	17 118	17 820	18 522	18 943	19 138	19 332	19 526	19 720	21 023
Exfiltration de la halde	174 614	222 681	222 681	222 681	222 681	222 681	292 701	292 701	292 701	292 701	292 701	324 557	324 557
Ruissellement de la halde	108 068	108 068	108 068	108 068	108 068	108 068	203 889	203 889	203 889	203 889	203 889	247 483	247 483
Débits entrant totaux	**298 406**	**347 175**	**347 877**	**348 578**	**349 280**	**349 982**	**516 525**	**516 946**	**517 140**	**517 334**	**517 528**	**593 172**	**594 475**
Evaporation	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253
Effluent au Lac des Montagnes	297 152	345 921	346 623	347 325	348 027	348 729	515 271	515 692	515 886	516 081	516 275	591 919	593 221
Débits sortants	**298 406**	**347 175**	**347 877**	**348 578**	**349 280**	**349 982**	**516 525**	**516 946**	**517 140**	**517 334**	**517 528**	**593 172**	**594 475**
Débits dans la fosse													
Précipitation	2 327	2 327	2 327	2 327	2 327	2 327	2 357	2 563	2 641	2 719	2 784	2 806	2 828
Infiltration des eaux souterraines	28 794	91 617	154 440	217 263	280 086	349 270	425 973	502 675	579 378	656 080	701 080	708 614	716 147
Ruissellement sur les parois	77 547	100 066	110 755	110 755	110 755	136 947	190 576	213 639	213 569	213 499	213 440	213 421	213 401
Débits entrant totaux	**108 667**	**194 010**	**267 522**	**330 345**	**393 168**	**488 544**	**618 906**	**718 878**	**795 588**	**872 298**	**917 305**	**924 840**	**932 376**
Évaporation	1 007	1 007	1 007	1 007	1 007	1 007	1 030	1 182	1 239	1 297	1 345	1 361	1 377
Débit pompé vers le bassin #2	107 660	193 002	266 514	329 337	392 160	487 537	617 876	717 696	794 349	871 002	915 960	923 479	930 998
Débordement de la fosse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Débits sortants	**108 667**	**194 010**	**267 522**	**330 345**	**393 168**	**488 544**	**618 906**	**718 878**	**795 588**	**872 298**	**917 305**	**924 840**	**932 376**
Débits dans le bassin de sédimentation #2													
Précipitation dans le bassin	8 498	8 668	8 668	8 668	8 668	8 668	8 668	8 668	8 668	8 668	8 668	8 668	8 668
Ruissellement au bassin	2 115	2 064	2 064	2 064	2 064	2 064	2 064	2 064	2 064	2 064	2 064	2 064	2 064
Eaux d'exhaure pompées dans le bassin #2	107 660	193 002	266 514	329 337	392 160	487 537	617 876	717 696	794 349	871 002	915 960	923 479	930 998
Débits entrant totaux	**118 273**	**203 735**	**277 247**	**340 070**	**402 893**	**498 269**	**628 608**	**728 428**	**805 081**	**881 734**	**926 692**	**934 211**	**941 730**
Évaporation	7 671	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692
Effluent au Lac des Montagnes	91 748	196 042	269 554	332 377	395 200	490 577	620 916	720 736	797 389	874 042	919 000	926 519	934 038
Débits sortants	**99 419**	**203 735**	**277 247**	**340 070**	**402 893**	**498 269**	**628 608**	**728 428**	**805 081**	**881 734**	**926 692**	**934 211**	**941 730**

Débits estimés du modèle de bilan hydrique

Table D1: Prévisions des débits – Précipitations moyennes (m3/an)

Débits dans le bassin de sédimentation #1	**Année 14**	**Année 15**	**Année 16**	**Année 17**	**Année 18**	**Année 19**	**Année 25**	**Année 35**	**Année 45**	**Année 55**	**Année 65**	**Année 71**	**Année 76**
Précipitation dans le bassin	1 412	1 412	1 412	1 412	1 412	1 412	1 412	1 412	1 412	1 412	1 412	1 412	1 412
Ruissellement au bassin	23 221	24 204	24 204	24 204	24 204	24 204	24 204	24 204	24 204	24 204	24 204	24 204	24 204
Exfiltration de la halde	324 557	324 557	386 137	386 137	386 137	386 137	243 281	243 281	243 281	243 281	243 281	243 281	243 281
Ruissellement de la halde	247 483	247 483	331 755	331 755	331 755	331 755	331 755	331 755	331 755	331 755	331 755	331 755	331 755
Débits entrant totaux	**596 673**	**597 656**	**743 508**	**743 508**	**743 508**	**743 508**	**600 652**	**600 652**	**600 652**	**600 652**	**600 652**	**600 652**	**600 652**
Evaporation	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253
Effluent au Lac des Montagnes	595 420	596 403	742 254	742 254	742 254	742 254	599 399	599 399	599 399	599 399	599 399	599 399	599 399
Débits sortants	**596 673**	**597 656**	**743 508**	**743 508**	**743 508**	**743 508**	**600 652**	**600 652**	**600 652**	**600 652**	**600 652**	**600 652**	**600 652**
Débits dans la fosse													
Précipitation	2 850	2 872	2 893	2 915	2 937	2 948	101 943	151 829	180 184	193 207	209 917	218 532	218 836
Infiltration des eaux souterraines	723 680	731 213	738 747	746 280	753 813	757 894	485 820	288 821	162 939	83 934	29 744	6 121	5 174
Ruissellement sur les parois	213 381	213 362	213 342	213 322	213 303	213 293	124 197	79 300	53 781	42 060	27 021	19 267	18 994
Débits entrant totaux	**939 911**	**947 447**	**954 982**	**962 517**	**970 053**	**974 135**	**711 960**	**519 950**	**396 903**	**319 200**	**266 682**	**243 920**	**243 004**
Évaporation	1 394	1 410	1 427	1 443	1 459	1 467	44 579	66 156	78 899	84 173	91 702	95 393	95 419
Débit pompé vers le bassin #2	938 517	946 036	953 555	961 075	968 594	972 667	0	0	0	0	0	0	0
Débordement de la fosse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80 271	147 580
Débits sortants	**939 911**	**947 447**	**954 982**	**962 517**	**970 053**	**974 135**	**44 579**	**66 156**	**78 899**	**84 173**	**91 702**	**175 664**	**242 999**
Débits dans le bassin de sédimentation #2													
Précipitation dans le bassin	8 668	8 668	8 668	8 668	8 668	8 668	8 615	8 615	8 615	8 615	8 615	8 615	8 615
Ruissellement au bassin	2 064	2 064	2 064	2 064	2 064	2 064	2 080	2 080	2 080	2 080	2 080	2 080	2 080
Eaux d'exhaure pompées dans le bassin #2	938 517	946 036	953 555	961 075	968 594	972 667	0	0	0	0	0	0	0
Débits entrant totaux	**949 249**	**956 768**	**964 288**	**971 807**	**979 326**	**983 400**	**10 695**	**10 695**	**10 695**	**10 695**	**10 695**	**10 695**	**10 695**
Évaporation	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 671	7 671	7 671	7 671	7 671	7 671	7 671
Effluent au Lac des Montagnes	941 557	949 076	956 595	964 114	971 633	975 707	3 025	3 025	3 025	3 025	3 025	3 025	3 025
Débits sortants	**949 249**	**956 768**	**964 288**	**971 807**	**979 326**	**983 400**	**10 695**	**10 695**	**10 695**	**10 695**	**10 695**	**10 695**	**10 695**

Débits estimés du modèle de bilan hydrique

Table D2: Prévisions des débits – Précipitations maximale 1 dans 100 ans (m3/an)

Débits dans le bassin de sédimentation #1	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8	Year 9	Year 10	Year 11	Year 12	Year 13	Year 14	Year 15	Year 16	Year 17	Year 18	Year 19
Précipitation dans le bassin	2 512	2 512	2 512	2 512	2 512	2 512	2 512	2 512	2 512	2 512	2 512	2 512	2 512	2 512	2 512	2 512	2 512	2 512	2 512
Ruissellement au bassin	25 480	26 728	27 977	29 225	30 473	31 721	32 969	33 696	34 042	34 387	34 732	35 078	37 481	41 391	43 043	43 043	43 043	43 043	43 043
Exfiltration de la halde	223 786	271 853	271 853	271 853	271 853	271 853	385 471	385 471	385 471	385 471	385 471	437 163	437 163	437 163	437 163	537 087	537 087	537 087	537 087
Ruissellement de la halde	149 955	149 955	149 955	149 955	149 955	149 955	282 916	282 916	282 916	282 916	282 916	343 407	343 407	343 407	343 407	460 342	460 342	460 342	460 342
Débits entrant totaux	**401 733**	**451 048**	**452 296**	**453 545**	**454 793**	**456 041**	**703 869**	**704 595**	**704 941**	**705 286**	**705 631**	**818 159**	**820 562**	**824 472**	**826 124**	**1 042 983**	**1 042 983**	**1 042 983**	**1 042 983**
Evaporation	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253
Effluent au Lac des Montagnes	400 480	449 795	451 043	452 291	453 539	454 788	702 615	703 342	703 687	704 033	704 378	816 905	819 309	823 219	824 870	1 041 730	1 041 730	1 041 730	1 041 730
Débits sortants	**401 733**	**451 048**	**452 296**	**453 545**	**454 793**	**456 041**	**703 869**	**704 595**	**704 941**	**705 286**	**705 631**	**818 159**	**820 562**	**824 472**	**826 124**	**1 042 983**	**1 042 983**	**1 042 983**	**1 042 983**
Débits dans la fosse																			
Précipitation	3 228	3 228	3 228	3 228	3 228	3 228	3 792	4 514	4 870	5 428	5 737	5 820	5 906	5 993	6 079	6 165	6 246	6 320	6 352
Infiltration des eaux souterraines	28 794	91 617	154 440	217 263	280 086	349 270	425 973	502 675	579 378	656 080	701 080	708 614	716 147	723 680	731 213	738 747	746 280	753 813	757 894
Ruissellement sur les parois	107 598	138 840	153 684	153 684	153 684	190 009	263 947	295 583	295 263	294 761	294 482	294 408	294 330	294 253	294 175	294 097	294 025	293 958	293 930
Débits entrant totaux	**139 620**	**233 685**	**311 352**	**374 175**	**436 998**	**542 508**	**693 712**	**802 773**	**879 511**	**956 269**	**1 001 300**	**1 008 842**	**1 016 383**	**1 023 925**	**1 031 467**	**1 039 009**	**1 046 551**	**1 054 091**	**1 058 175**
Évaporation	1 007	1 007	1 007	1 007	1 007	1 007	1 306	1 693	1 889	2 214	2 396	2 444	2 494	2 544	2 594	2 644	2 691	2 735	2 753
Débit pompé vers le bassin #2	138 613	232 678	310 345	373 168	435 991	541 501	692 406	801 080	877 622	954 055	998 904	1 006 398	1 013 890	1 021 381	1 028 873	1 036 365	1 043 860	1 051 357	1 055 422
Débits sortants	**139 620**	**233 685**	**311 352**	**374 175**	**436 998**	**542 508**	**693 712**	**802 773**	**879 511**	**956 269**	**1 001 300**	**1 008 842**	**1 016 383**	**1 023 925**	**1 031 467**	**1 039 009**	**1 046 550**	**1 054 091**	**1 058 175**
Débits dans le bassin de sédimentation #2																			
Précipitation dans le bassin	15 149	15 414	15 414	15 414	15 414	15 414	15 414	15 414	15 414	15 414	15 414	15 414	15 414	15 414	15 414	15 414	15 414	15 414	15 414
Ruissellement au bassin	3 751	3 671	3 671	3 671	3 671	3 671	3 671	3 671	3 671	3 671	3 671	3 671	3 671	3 671	3 671	3 671	3 671	3 671	3 671
Eaux d'exhaure pompées dans le bassin #2	138 613	232 678	310 345	373 168	435 991	541 501	692 406	801 080	877 622	954 055	998 904	1 006 398	1 013 890	1 021 381	1 028 873	1 036 365	1 043 860	1 051 357	1 055 422
Débits entrant totaux	**157 512**	**251 763**	**329 430**	**392 253**	**455 076**	**560 586**	**711 491**	**820 165**	**896 707**	**973 140**	**1 017 990**	**1 025 483**	**1 032 975**	**1 040 467**	**1 047 959**	**1 055 450**	**1 062 945**	**1 070 442**	**1 074 507**
Évaporation	7 671	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692
Effluent au Lac des Montagnes	130 987	244 071	321 738	384 561	447 384	552 894	703 799	812 473	889 015	965 448	1 010 298	1 017 791	1 025 283	1 032 775	1 040 266	1 047 758	1 055 253	1 062 750	1 066 815
Débits sortants	**138 658**	**251 763**	**329 430**	**392 253**	**455 076**	**560 586**	**711 491**	**820 165**	**896 707**	**973 140**	**1 017 990**	**1 025 483**	**1 032 975**	**1 040 467**	**1 047 959**	**1 055 450**	**1 062 945**	**1 070 442**	**1 074 507**

Table D3: Prévisions des débits – Précipitations minimales 1 dans 100 ans (m3/an)

Débits dans le bassin de sédimentation #1	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8	Year 9	Year 10	Year 11	Year 12	Year 13	Year 14	Year 15	Year 16	Year 17	Year 18	Year 19
Précipitation dans le bassin	713	713	713	713	713	713	713	713	713	713	713	713	713	713	713	713	713	713	713
Ruissellement au bassin	7 220	7 574	7 929	8 283	8 638	8 992	9 347	9 565	9 663	9 761	9 859	9 957	10 594	11 704	12 224	12 224	12 224	12 224	12 224
Exfiltration de la halde	138 883	186 950	186 950	186 950	186 950	186 950	225 287	225 287	225 287	225 287	225 287	242 729	242 729	242 729	242 729	276 447	276 447	276 447	276 447
Ruissellement de la halde	77 631	77 631	77 631	77 631	77 631	77 631	146 463	146 463	146 463	146 463	146 463	177 779	177 779	177 779	177 779	238 315	238 315	238 315	238 315
Débits entrant totaux	**224 447**	**272 868**	**273 222**	**273 577**	**273 931**	**274 286**	**381 811**	**382 029**	**382 127**	**382 225**	**382 323**	**431 179**	**431 815**	**432 925**	**433 445**	**527 698**	**527 698**	**527 698**	**527 698**
Evaporation	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253	1 253
Effluent au Lac des Montagnes	223 193	271 614	271 969	272 323	272 678	273 032	380 557	380 775	380 873	380 971	381 070	429 925	430 562	431 672	432 192	526 445	526 445	526 445	526 445
Débits sortants	**224 447**	**272 868**	**273 222**	**273 577**	**273 931**	**274 286**	**381 811**	**382 029**	**382 127**	**382 225**	**382 323**	**431 179**	**431 815**	**432 925**	**433 445**	**527 698**	**527 698**	**527 698**	**527 698**
Débits dans la fosse																			
Précipitation	1 671	1 671	1 671	1 671	1 671	1 671	1 671	1 671	1 680	1 723	1 746	1 751	1 755	1 759	1 763	1 768	1 772	1 776	1 778
Infiltration des eaux souterraines	28 794	91 617	154 440	217 263	280 086	349 270	425 973	502 675	579 378	656 080	701 080	708 614	716 147	723 680	731 213	738 747	746 280	753 813	757 894
Ruissellement sur les parois	55 706	71 884	79 561	79 561	79 561	98 378	136 922	153 620	153 612	153 573	153 552	153 548	153 545	153 541	153 537	153 533	153 529	153 526	153 524
Débits entrant totaux	**86 171**	**165 172**	**235 672**	**298 495**	**361 318**	**449 319**	**564 566**	**657 966**	**734 670**	**811 377**	**856 379**	**863 913**	**871 446**	**878 980**	**886 514**	**894 047**	**901 581**	**909 115**	**913 196**
Évaporation	1 007	1 007	1 007	1 007	1 007	1 007	1 007	1 007	1 016	1 060	1 084	1 088	1 093	1 097	1 101	1 105	1 110	1 114	1 116
Débit pompé vers le bassin #2	85 164	164 164	234 665	297 487	360 311	448 312	563 559	656 959	733 654	810 317	855 295	862 824	870 354	877 883	885 413	892 942	900 471	908 001	912 079
Débits sortants	**86 171**	**165 172**	**235 672**	**298 495**	**361 318**	**449 319**	**564 566**	**657 966**	**734 670**	**811 377**	**856 379**	**863 913**	**871 446**	**878 980**	**886 514**	**894 047**	**901 581**	**909 115**	**913 196**
Débits dans le bassin de sédimentation #2																			
Précipitation dans le bassin	4 277	4 378	4 378	4 378	4 378	4 378	4 378	4 378	4 378	4 378	4 378	4 378	4 378	4 378	4 378	4 378	4 378	4 378	4 378
Ruissellement au bassin	1 073	1 043	1 043	1 043	1 043	1 043	1 043	1 043	1 043	1 043	1 043	1 043	1 043	1 043	1 043	1 043	1 043	1 043	1 043
Eaux d'exhaure pompées dans le bassin #2	85 164	164 164	234 665	297 487	360 311	448 312	563 559	656 959	733 654	810 317	855 295	862 824	870 354	877 883	885 413	892 942	900 471	908 001	912 079
Débits entrant totaux	**90 513**	**169 585**	**240 085**	**302 908**	**365 731**	**453 732**	**568 979**	**662 379**	**739 074**	**815 737**	**860 715**	**868 244**	**875 774**	**883 303**	**890 833**	**898 362**	**905 891**	**913 421**	**917 499**
Évaporation	7 671	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692	7 692
Effluent au Lac des Montagnes	63 988	161 892	232 392	295 215	358 038	446 040	561 287	654 687	731 382	808 045	853 023	860 552	868 082	875 611	883 140	890 670	898 199	905 729	909 807
Débits sortants	**71 659**	**169 585**	**240 085**	**302 908**	**365 731**	**453 732**	**568 979**	**662 379**	**739 074**	**815 737**	**860 715**	**868 244**	**875 774**	**883 303**	**890 833**	**898 362**	**905 891**	**913 421**	**917 499**

ANNEXE E

Résultats de la modélisation de la qualité de l’eau

21 juin 2013
N° de référence : 1312220008-001-R-Rev0-4000-tradfr

Annexe E

Résultats du la modélisation de la qualité de l'eau

Tableau E1

Bassin de sédimentation #1 - Operations	Directive 019 [1A]		Quebec Surface Water Quality [1B]		Unité	Année 2			Année 4			Année 7			Année 9		
	Concentration moyenne acceptable (moyenne mensuelle arithmétique)	Concentration maximale acceptable dans un échantillon instantané	Toxicité aigue (CVAA)	Effet chronique (CVAC)		Moyennes	Humides	Sèches	Moyennes	Humides	Sèches	Moyennes	Humides	Sèches	Moyennes	Humides	Sèches
Parameters																	
pH*	-	-	6.5 - 9.0	6.5 - 9.0	pH units	5.4 - 8.5	5.4 - 8.5	5.4 - 8.5	5.4 - 8.5	5.4 - 8.5	5.4 - 8.5	5.4 - 8.5	5.4 - 8.5	5.4 - 8.5	5.4 - 8.5	5.4 - 8.5	5.4 - 8.5
Alcalinité	-	-	-	-	mg/L	2.2 - 150	2.2 - 150	2.2 - 150	2.2 - 150	2.2 - 150	2.2 - 150	2.2 - 150	2.2 - 150	2.2 - 150	2.2 - 150	2.2 - 150	2.2 - 150
Acidité	-	-	-	-	mg/L	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6
Dureté	-	-	-	-	mg/L	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Sulfate	-	-	500 [A]	500 [A]	mg/L	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9
Fluoride	-	-	4 [B]	0.2 [B]	mg/L	0,068	0,068	0,069	0,068	0,068	0,069	0,093	0,093	0,094	0,088	0,088	0,089
Nitrate	-	-	-	2,9	mg/L	***154***	***151***	***157***	***215***	***211***	***221***	***268***	***262***	***274***	***354***	***347***	***365***
Ammonium	-	-	2.0 - 26 [C]	0.38 - 1.9 [C]	mg/L	***35***	***35***	***36***	***49***	***48***	***51***	***61***	***60***	***63***	***81***	***80***	***84***
Aluminum	-	-	0.75 [D]	0.087 [D]	mg/L	***0,089***	***0,089***	***0,091***	***0,090***	***0,090***	***0,091***	***0,14***	***0,14***	***0,14***	***0,14***	***0,14***	***0,14***
Antimoine	-	-	1,1	0,24	mg/L	0,00091	0,00090	0,00093	0,00091	0,00090	0,00093	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014
Argent	-	-	0.00013 [E]	0,0001	mg/L	0,000010	0,000010	0,000010	0,000010	0,000011	0,000010	0,000012	0,000013	0,000012	0,000011	0,000011	0,000011
Arsenic	0,2	0,4	0,34	0,15	mg/L	0,0010	0,00099	0,0010	0,0010	0,00099	0,0010	0,0014	0,0014	0,0014	0,0013	0,0013	0,0013
Barium	-	-	0.23 [E]	0.079 [E]	mg/L	0,00084	0,00082	0,00086	0,00085	0,00085	0,00086	0,0012	0,0013	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012
Beryllium	-	-	0.00037 [E]	0.000041 [E]	mg/L	***0,0019***	***0,0018***	***0,0019***	***0,0019***	***0,0018***	***0,0019***	***0,0031***	***0,0030***	***0,0031***	***0,0031***	***0,0030***	***0,0031***
Bore	-	-	-	-	mg/L	0,00039	0,00039	0,00040	0,00040	0,00040	0,00040	0,00063	0,00063	0,00064	0,00063	0,00065	0,00065
Bismuth	-	-	28	5	mg/L	0,00050	0,00049	0,00051	0,00050	0,00049	0,00051	0,00077	0,00076	0,00078	0,00076	0,00075	0,00076
Cadmium	-	-	0.00042 [E]	0.000082 [E]	mg/L	0,000034	0,000033	0,000034	0,000034	0,000033	0,000034	0,000052	0,000051	0,000052	0,000051	0,000050	0,000051
Calcium	-	-	-	-	mg/L	6,8	6,7	6,9	6,8	6,7	6,9	11	11	11	11	11	12
Chrome	-	-	0.48 [E, III]	0.023 [E, III]	mg/L	0,0015	0,0015	0,0016	0,0015	0,0015	0,0016	0,0026	0,0025	0,0026	0,0025	0,0025	0,0026
Cobalt	-	-	0,37	0,1	mg/L	0,00095	0,00094	0,00096	0,00095	0,00094	0,00095	0,00096	0,00094	0,00096	0,00080	0,00080	0,00080
Cuvire	0,3	0,6	0.0031 [E]	0.0024 [E]	mg/L	***0,0037***	***0,0037***	***0,0038***	***0,0037***	***0,0037***	***0,0038***	***0,0061***	***0,0060***	***0,0062***	***0,0060***	***0,0060***	***0,0061***
Fer	3	6	3,4	1,3	mg/L	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,034	0,034	0,034	0,033	0,033	0,034
Lithium	-	-	0,91	0,44	mg/L	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10	0,11	0,18	0,18	0,19	0,19	0,18	0,19
Magnesium	-	-	-	-	mg/L	0,59	0,58	0,60	0,59	0,58	0,60	0,98	0,97	0,99	0,97	0,97	0,99
Manganese	-	-	1 [E]	0.47 [E]	mg/L	0,053	0,052	0,054	0,053	0,052	0,054	0,079	0,078	0,080	0,077	0,077	0,077
Mercure	-	-	0,0016	0,00091	mg/L	0,000084	0,000083	0,000085	0,000084	0,000083	0,000085	0,00011	0,00011	0,00012	0,00011	0,00011	0,00011
Molybdène	-	-	29	3,2	mg/L	0,00078	0,00077	0,00080	0,00078	0,00077	0,00080	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014
Nickel	0,5	1	0.12 [E]	0.013 [E]	mg/L	0,0033	0,0032	0,0033	0,0033	0,0032	0,0033	0,0049	0,0049	0,0050	0,0048	0,0048	0,0048
Plomb	0,2	0,4	0.011 [E]	0.00041 [E]	mg/L	0,00015	0,00015	0,00015	0,00015	0,00015	0,00015	0,00024	0,00024	0,00025	0,00024	0,00024	0,00025
Potassium	-	-	-	-	mg/L	0,88	0,87	0,91	0,88	0,87	0,91	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6
Selenium	-	-	0,062	0,005	mg/L	0,00082	0,00081	0,00083	0,00082	0,00081	0,00083	0,0010	0,00099	0,0010	0,00091	0,00091	0,00091
Sodium	-	-	-	-	mg/L	17	17	17	22	21	23	30	29	31	37	36	38
Étain	-	-	40	21	mg/L	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,018	0,017	0,018	0,018	0,017	0,018
Strontium	-	-	-	-	mg/L	0,0031	0,0030	0,0031	0,0031	0,0030	0,0031	0,0048	0,0048	0,0049	0,0047	0,0047	0,0048
Thallium	-	-	0,047	0,0072	mg/L	0,000074	0,000074	0,000075	0,000075	0,000075	0,000076	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010
Titanium	-	-	-	-	mg/L	0,00034	0,00034	0,00034	0,00034	0,00035	0,00035	0,00052	0,00052	0,00052	0,00050	0,00050	0,00050
Uranium	-	-	0.32 [E]	0.014 [E]	mg/L	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	***0,025***	***0,025***	***0,026***	***0,026***	***0,025***	***0,026***
Vanadium	-	-	0,11	0,012	mg/L	0,00081	0,00081	0,00082	0,00081	0,00081	0,00082	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011
Tungsten	-	-	-	-	mg/L	0,00052	0,00050	0,00053	0,00052	0,00050	0,00053	0,00091	0,00090	0,00093	0,00092	0,00091	0,00095
Yttrium	-	-	-	-	mg/L	0,0000099	0,0000097	0,000010	0,0000099	0,0000097	0,000010	0,000016	0,000016	0,000016	0,000016	0,000016	0,000016
Zinc	0,5	1	0.031 [E]	0.031 [E]	mg/L	0,0075	0,0075	0,0077	0,0075	0,0075	0,0077	0,011	0,011	0,012	0,011	0,011	0,011

NOTE

* pH non modélisé

1A. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Gouvernement du Québec , 2012. http://www.mddep.gouv.qc.ca/milieu_ind/directive019/

1B. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Gouvernement du Québec , 2013. http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp

A. Ce critère de qualité s'applique aux eaux dont la dureté est < 100 mg/L et dont la concentration en chlorures est < 5 mg/L.

B. Ce critère de qualité a été calculé à partir de données de toxicité pour de faibles duretés (≤ 120 mg/L (CaCO3)).

C. Ce critère varie en fonction du pH et de la température.

D. Ce critère varie en fonction du pH.

E. Ce critère varie en fonction de la dureté.

III. Chrome (III)

Criteria exceeds Critères de Qualité de L'eau de Surface (Protection de la Vie Aquatique) Effect Aigue (CVAA)	***XXX***
Criteria exceeds Critères de Qualité de L'eau de Surface (Protection de la Vie Aquatique) Effect Chronique (CVAC)	***XXX***

Annexe E

Résultats du la modélisation de la qualité de l'eau

Tableau E1

Bassin de sédimentation #1 - Operations	Directive 019 [1A]		Quebec Surface Water Quality [1B]		Unité	Année 11			Année 13			Année 15			Année 19		
	Concentration moyenne acceptable (moyenne mensuelle arithmétique)	Concentration maximale acceptable dans un échantillon instantané	Toxicité aigue (CVAA)	Effet chronique (CVAC)		Moyennes	Humides	Sèches	Moyennes	Humides	Sèches	Moyennes	Humides	Sèches	Moyennes	Humides	Sèches
Parameters																	
pH*	-	-	6.5 - 9.0	6.5 - 9.0	pH units	5.4 - 8.5	5.4 - 8.5	5.4 - 8.5	5.4 - 8.5	5.4 - 8.5	5.4 - 8.5	5.4 - 8.5	5.4 - 8.5	5.4 - 8.5	5.4 - 8.5	5.4 - 8.5	5.4 - 8.5
Alcalinité	-	-	-	-	mg/L	2.2 - 150	2.2 - 150	2.2 - 150	2.2 - 150	2.2 - 150	2.2 - 150	2.2 - 150	2.2 - 150	2.2 - 150	2.2 - 150	2.2 - 150	2.2 - 150
Acidité	-	-	-	-	mg/L	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6
Dureté	-	-	-	-	mg/L	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Sulfate	-	-	500 [A]	500 [A]	mg/L	1,9	1,9	1,9	2,2	2,2	2,1	2,2	2,2	2,1	2,7	2,7	2,6
Fluoride	-	-	4 [B]	0.2 [B]	mg/L	0,088	0,088	0,089	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,12	0,12	0,11
Nitrate	-	-	-	2,9	mg/L	***406***	***398***	***418***	***333***	***327***	***344***	***281***	***275***	***290***	***95***	***94***	***99***
Ammonium	-	-	2.0 - 26 [C]	0.38 - 1.9 [C]	mg/L	***93***	***91***	***96***	***76***	***75***	***79***	***64***	***63***	***66***	***22***	***21***	***23***
Aluminum	-	-	0.75 [D]	0.087 [D]	mg/L	***0,14***	***0,14***	***0,14***	***0,16***	***0,16***	***0,16***	***0,16***	***0,16***	***0,17***	***0,21***	***0,21***	***0,21***
Antimoine	-	-	1,1	0,24	mg/L	0,0014	0,0014	0,0014	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0020	0,0020	0,0020
Argent	-	-	0.00013 [E]	0,0001	mg/L	0,000011	0,000011	0,000011	0,000012	0,000012	0,000012	0,000013	0,000013	0,000013	0,000014	0,000014	0,000014
Arsenic	0,2	0,4	0,34	0,15	mg/L	0,0013	0,0013	0,0013	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0018	0,0018	0,0018
Barium	-	-	0.23 [E]	0.079 [E]	mg/L	0,0012	0,0012	0,0012	0,0013	0,0013	0,0013	0,0014	0,0014	0,0014	0,0017	0,0017	0,0016
Beryllium	-	-	0.00037 [E]	0.000041 [E]	mg/L	***0,0031***	***0,0030***	***0,0031***	***0,0036***	***0,0036***	***0,0036***	***0,0036***	***0,0036***	***0,0036***	***0,0046***	***0,0046***	***0,0047***
Bore	-	-	-	-	mg/L	0,00063	0,00063	0,00065	0,00074	0,00074	0,00076	0,00075	0,00075	0,00076	0,0010	0,0010	0,0010
Bismuth	-	-	28	5	mg/L	0,00076	0,00075	0,00076	0,00087	0,00087	0,00088	0,00087	0,00087	0,00088	0,0011	0,0011	0,0011
Cadmium	-	-	0.00042 [E]	0.000082 [E]	mg/L	0,000051	0,000050	0,000051	0,000058	0,000058	0,000059	0,000058	0,000058	0,000059	0,000074	0,000074	0,000074
Calcium	-	-	-	-	mg/L	11	11	12	13	13	14	13	13	14	17	17	18
Chrome	-	-	0.48 [E, III]	0.023 [E, III]	mg/L	0,0025	0,0025	0,0026	0,0030	0,0030	0,003	0,0030	0,0030	0,003	0,0039	0,0039	0,0039
Cobalt	-	-	0,37	0,1	mg/L	0,00080	0,00080	0,00080	0,00080	0,00080	0,00080	0,00077	0,00077	0,00077	0,00074	0,00074	0,00074
Cuvire	0,3	0,6	0.0031 [E]	0.0024 [E]	mg/L	***0,0060***	***0,0060***	***0,0061***	***0,0071***	***0,0070***	***0,0072***	***0,0071***	***0,0070***	***0,0072***	***0,0091***	***0,0091***	***0,0092***
Fer	3	6	3,4	1,3	mg/L	0,033	0,033	0,034	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,047	0,047	0,047
Lithium	-	-	0,91	0,44	mg/L	0,19	0,18	0,19	0,22	0,22	0,23	0,22	0,22	0,23	0,29	0,29	0,30
Magnesium	-	-	-	-	mg/L	0,97	0,97	0,99	1,2	1,1	1,2	1,2	1,1	1,2	1,5	1,5	1,5
Manganese	-	-	1 [E]	0.47 [E]	mg/L	0,077	0,077	0,077	0,088	0,088	0,088	0,088	0,088	0,088	0,11	0,11	0,11
Mercure	-	-	0,0016	0,00091	mg/L	0,00011	0,00011	0,00011	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00015	0,00015	0,00015
Molybdène	-	-	29	3,2	mg/L	0,0014	0,0014	0,0014	0,0017	0,0016	0,0017	0,0017	0,0016	0,0017	0,0022	0,0022	0,0022
Nickel	0,5	1	0.12 [E]	0.013 [E]	mg/L	0,0048	0,0048	0,0048	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0069	0,0069	0,0068
Plomb	0,2	0,4	0.011 [E]	0.00041 [E]	mg/L	0,00024	0,00024	0,00025	0,00028	0,00028	0,00029	0,00028	0,00028	0,00029	0,00037	0,00037	0,00037
Potassium	-	-	-	-	mg/L	1,5	1,5	1,6	1,8	1,8	1,9	1,8	1,8	1,9	2,4	2,4	2,4
Selenium	-	-	0,062	0,005	mg/L	0,00091	0,00091	0,00091	0,00097	0,0010	0,00097	0,00097	0,0010	0,00091	0,0011	0,0011	0,0011
Sodium	-	-	-	-	mg/L	41	40	42	37	36	38	33	32	34	22	22	23
Étain	-	-	40	21	mg/L	0,018	0,017	0,018	0,021	0,021	0,022	0,021	0,021	0,022	0,028	0,027	0,028
Strontium	-	-	-	-	mg/L	0,0047	0,0047	0,0048	0,0055	0,0055	0,0056	0,0055	0,0055	0,0056	0,0071	0,0070	0,0071
Thallium	-	-	0,047	0,0072	mg/L	0,00010	0,00010	0,00010	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00012	0,00014	0,00014	0,00014
Titanium	-	-	-	-	mg/L	0,00050	0,00050	0,00050	0,00058	0,00058	0,00058	0,00058	0,00058	0,00058	0,00073	0,00073	0,00073
Uranium	-	-	0.32 [E]	0.014 [E]	mg/L	***0,026***	***0,025***	***0,026***	***0,031***	***0,030***	***0,032***	***0,031***	***0,030***	***0,032***	***0,041***	***0,040***	***0,042***
Vanadium	-	-	0,11	0,012	mg/L	0,0011	0,0011	0,0011	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012	0,0015	0,0015	0,0015
Tungsten	-	-	-	-	mg/L	0,00092	0,00091	0,00095	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011	0,0015	0,0014	0,0015
Yttrium	-	-	-	-	mg/L	0,000016	0,000016	0,000016	0,000019	0,000019	0,000019	0,000019	0,000019	0,000019	0,000025	0,000024	0,000025
Zinc	0,5	1	0.031 [E]	0.031 [E]	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,016	0,016	0,016

NOTE

* pH non modélisé

1A. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Gouvernement du Québec , 2012. http://www.mddep.gouv.qc.ca/

1B. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Gouvernement du Québec , 2013. http://www.mddep.

A. Ce critère de qualité s'applique aux eaux dont la dureté est < 100 mg/L et dont la concentration en chlorures est < 5 mg/L.

B. Ce critère de qualité a été calculé à partir de données de toxicité pour de faibles duretés (≤ 120 mg/L (CaCO3)).

C. Ce critère varie en fonction du pH et de la température.

D. Ce critère varie en fonction du pH.

E. Ce critère varie en fonction de la dureté.

III. Chrome (III)

Criteria exceeds Critères de Qualité de L'eau de Surface (Protection de la Vie Aquatique) Effect Aigue (CVAA)	***XXX***
Criteria exceeds Critères de Qualité de L'eau de Surface (Protection de la Vie Aquatique) Effect Chronique (CVAC)	***XXX***

Résultats du la modélisation de la qualité de l'eau

Tableau E2

Bassin de sédimentation 2 - Operations	Directive 019 [1A]		Quebec Surface Water Quality [1B]		Unité	Année 2			Année 4			Année 7			Année 9		
	Concentration moyenne acceptable (moyenne mensuelle arithmétique)	Concentration maximal acceptable dans un échantillon instantané	Toxicité aigue (CVAA)	Effet chronique (CVAC)		Moyennes	Humides	Sèches	Moyennes	Humides	Sèches	Moyennes	Humides	Sèches	Moyennes	Humides	Sèches
Paramètres																	
pH*	-	-	6.5 - 9.0	6.5 - 9.0	pH units	5.4 - 7.8	5.4 - 7.8	5.4 - 7.8	5.4 - 7.8	5.4 - 7.8	5.4 - 7.8	5.4 - 7.8	5.4 - 7.8	5.4 - 7.8	5.4 - 7.8	5.4 - 7.8	5.4 - 7.8
Alcalinité	-	-	-	-	mg/L	2 - 60	2 - 60	2 - 60	2 - 60	2 - 60	2 - 60	2 - 60	2 - 60	2 - 60	2 - 60	2 - 60	2 - 60
Acidité	-	-	-	-	mg/L	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6
Dureté	-	-	-	-	mg/L	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Sulfate	-	-	500 [A]	500 [A]	mg/L	14	13	14	19	19	19	20	20	20	20	20	21
Fluoride	-	-	4 [B]	0.2 [B]	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,00019	0,00019	0,00019	0,00010	0,00010	0,00010	0,000082	0,000082	0,000082
Nitrate	-	-	-	2,9	mg/L	***6,1***	***5,9***	***6,4***	***4,3***	***4,2***	***4,4***	2,9	2,8	2,9	2,8	2,8	2,8
Ammonium	-	-	2.0 - 26 [C]	0.38 - 1.9 [C]	mg/L	***1,4***	***1,3***	***1,5***	***1,0***	***1,0***	***1,0***	***0,66***	***0,65***	***0,66***	***0,64***	***0,63***	***0,64***
Aluminum	-	-	0.75 [D]	0.087 [D]	mg/L	0,064	0,061	0,066	0,086	0,084	0,087	***0,090***	***0,090***	***0,091***	***0,092***	***0,091***	***0,093***
Antimoine	-	-	1,1	0,24	mg/L	0,0013	0,0013	0,0014	0,0018	0,0018	0,0018	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019
Argent	-	-	0.00013 [E]	0,0001	mg/L	0,000039	0,000037	0,000040	0,000053	0,000052	0,000054	0,000056	0,000055	0,000056	0,000057	0,000056	0,000057
Arsenic	0,2	0,4	0,34	0,15	mg/L	0,00014	0,00013	0,00014	0,00018	0,00018	0,00019	0,00019	0,00019	0,00019	0,00020	0,00020	0,00020
Barium	-	-	0.23 [E]	0.079 [E]	mg/L	0,012	0,011	0,012	0,016	0,016	0,016	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,018
Beryllium	-	-	0.00037 [E]	0.000041 [E]	mg/L	***0,00014***	***0,00013***	***0,00014***	***0,00019***	***0,00018***	***0,00019***	***0,00020***	***0,00019***	***0,00020***	***0,00020***	***0,00020***	***0,00020***
Bore	-	-	-	-	mg/L	0,000020	0,000020	0,000020	0,000011	0,000010	0,000011	0,0000048	0,0000048	0,0000048	0,0000040	0,0000040	0,0000040
Bismuth	-	-	28	5	mg/L	0,0031	0,0030	0,0033	0,0043	0,0042	0,0044	0,0045	0,0045	0,0046	0,0046	0,0046	0,0047
Cadmium	-	-	0.00042 [E]	0.000082 [E]	mg/L	0,000054	0,000052	0,000056	0,000074	0,000073	0,000076	0,000079	0,000078	0,000079	0,000080	0,000079	0,000081
Calcium	-	-	-	-	mg/L	5,0	4,8	5,2	6,8	6,6	6,9	7,1	7,1	7,2	7,3	7,2	7,3
Chrome	-	-	0.48 [E, III]	0.023 [E, III]	mg/L	0,00018	0,00017	0,00018	0,00024	0,00024	0,00024	0,00025	0,00025	0,00026	0,00026	0,00026	0,00026
Cobalt	-	-	0,37	0,1	mg/L	0,0011	0,0010	0,0011	0,0015	0,0014	0,0015	0,0015	0,0015	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016
Cuvire	0,3	0,6	0.0031 [E]	0.0024 [E]	mg/L	***0,0032***	0,0030	***0,0033***	***0,0043***	***0,0043***	***0,0044***	***0,0046***	***0,0045***	***0,0046***	***0,0047***	***0,0046***	***0,0047***
Fer	3	6	3,4	1,3	mg/L	0,62	0,60	0,65	0,85	0,84	0,87	0,90	0,89	0,91	0,92	0,91	0,92
Lithium	-	-	0,91	0,44	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,015	0,015	0,015	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
Magnesium	-	-	-	-	mg/L	0,41	0,39	0,42	0,55	0,54	0,56	0,58	0,57	0,58	0,59	0,58	0,59
Manganese	-	-	1 [E]	0.47 [E]	mg/L	0,046	0,044	0,047	0,062	0,061	0,063	0,066	0,065	0,066	0,067	0,067	0,068
Mercure	-	-	0,0016	0,00091	mg/L	0,00015	0,00015	0,00016	0,00021	0,00020	0,00021	0,00022	0,00022	0,00022	0,00022	0,00022	0,00023
Molybdène	-	-	29	3,2	mg/L	0,0016	0,0016	0,0017	0,0022	0,0022	0,0023	0,0023	0,0023	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024
Nickel	0,5	1	0.12 [E]	0.013 [E]	mg/L	0,0034	0,0033	0,0036	0,0047	0,0046	0,0048	0,0050	0,0049	0,0050	0,0051	0,0050	0,0051
Plomb	0,2	0,4	0.011 [E]	0.00041 [E]	mg/L	0,00014	0,00013	0,00014	0,00019	0,00018	0,00019	0,00020	0,00019	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020
Potassium	-	-	-	-	mg/L	0,43	0,41	0,45	0,58	0,57	0,59	0,61	0,61	0,62	0,63	0,62	0,63
Selenium	-	-	0,062	0,005	mg/L	0,00030	0,00029	0,00031	0,00041	0,00040	0,00042	0,00043	0,00043	0,00044	0,00044	0,00044	0,00044
Sodium	-	-	-	-	mg/L	11	10	11	15	14	15	15	15	15	16	15	16
Étain	-	-	40	21	mg/L	0,0000040	0,0000040	0,0000040	0,0000020	0,0000020	0,0000020	0,0000010	0,0000010	0,0000010	0,00000088	0,00000088	0,00000088
Strontium	-	-	-	-	mg/L	0,00031	0,00030	0,00032	0,00042	0,00042	0,00043	0,00045	0,00044	0,00045	0,00046	0,00045	0,00046
Thallium	-	-	0,047	0,0072	mg/L	0,00028	0,00027	0,00029	0,00038	0,00037	0,00038	0,00039	0,00039	0,00040	0,00040	0,00040	0,00040
Titanium	-	-	-	-	mg/L	0,0000067	0,0000067	0,0000068	0,0000032	0,0000031	0,0000032	0,0000016	0,0000016	0,0000016	0,0000014	0,0000014	0,0000014
Uranium	-	-	0.32 [E]	0.014 [E]	mg/L	0,0011	0,0011	0,0012	0,0016	0,0015	0,0016	0,0016	0,0016	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017
Vanadium	-	-	0,11	0,012	mg/L	0,00065	0,00063	0,00068	0,00089	0,00087	0,00090	0,00094	0,00093	0,00095	0,00096	0,00095	0,00096
Tungsten	-	-	-	-	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yttrium	-	-	-	-	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinc	0,5	1	0.031 [E]	0.031 [E]	mg/L	0,0094	0,0091	0,0098	0,013	0,013	0,013	0,014	0,013	0,014	0,014	0,014	0,014

NOTE

* pH non modélisé

1A. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Gouvernement du Québec , 2012. http://www.mddep.gouv.qc.ca/milieu_ind/directive019/

1B. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Gouvernement du Québec , 2013. http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp

A. Ce critère de qualité s'applique aux eaux dont la dureté est < 100 mg/L et dont la concentration en chlorures est < 5 mg/L.

B. Ce critère de qualité a été calculé à partir de données de toxicité pour de faibles duretés (≤ 120 mg/L (CaCO3)).

C. Ce critère varie en fonction du pH et de la température.

D. Ce critère varie en fonction du pH.

E. Ce critère varie en fonction de la dureté.

III. Chrome (III)

Criteria exceeds Critères de Qualité de L'eau de Surface (Protection de la Vie Aquatique) Effect Aigue (CVAA)	***XXX***
Criteria exceeds Critères de Qualité de L'eau de Surface (Protection de la Vie Aquatique) Effect Chronique (CVAC)	***XXX***

Résultats du la modélisation de la qualité de l'eau

Tableau E2

Bassin de sédimentation 2 - Operations	Directive 019 [1A]		Quebec Surface Water Quality [1B]		Unité	Année 11			Année 13			Année 15			Année 19		
	Concentration moyenne acceptable (moyenne mensuelle arithmétique)	Concentration maximal acceptable dans un échantillon instantané	Toxicité aigue (CVAA)	Effet chronique (CVAC)		Moyennes	Humides	Sèches	Moyennes	Humides	Sèches	Moyennes	Humides	Sèches	Moyennes	Humides	Sèches
Paramètres																	
pH*	-	-	6.5 - 9.0	6.5 - 9.0	pH units	5.4 - 7.8	5.4 - 7.8	5.4 - 7.8	5.4 - 7.8	5.4 - 7.8	5.4 - 7.8	5.4 - 7.8	5.4 - 7.8	5.4 - 7.8	5.4 - 7.8	5.4 - 7.8	5.4 - 7.8
Alcalinité	-	-	-	-	mg/L	2 - 60	2 - 60	2 - 60	2 - 60	2 - 60	2 - 60	2 - 60	2 - 60	2 - 60	2 - 60	2 - 60	2 - 60
Acidité	-	-	-	-	mg/L	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6	2 - 6
Dureté	-	-	-	-	mg/L	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Sulfate	-	-	500 [A]	500 [A]	mg/L	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Fluoride	-	-	4 [B]	0.2 [B]	mg/L	0,000077	0,000077	0,000077	0,000077	0,000077	0,000077	0,000076	0,000076	0,000076	0,000076	0,000076	0,000076
Nitrate	-	-	-	2,9	mg/L	2,6	2,6	2,6	2,1	2,1	2,2	1,7	1,7	1,7	0,48	0,47	0,48
Ammonium	-	-	2.0 - 26 [C]	0.38 - 1.9 [C]	mg/L	***0,59***	***0,59***	***0,60***	***0,49***	***0,49***	***0,49***	***0,39***	***0,39***	***0,39***	0,11	0,11	0,11
Aluminum	-	-	0.75 [D]	0.087 [D]	mg/L	***0,095***	***0,094***	***0,095***	***0,095***	***0,094***	***0,095***	***0,095***	***0,094***	***0,095***	***0,095***	***0,095***	***0,096***
Antimoine	-	-	1,1	0,24	mg/L	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
Argent	-	-	0.00013 [E]	0,0001	mg/L	0,000058	0,000058	0,000059	0,000058	0,000058	0,000059	0,000059	0,000058	0,000059	0,000059	0,000058	0,000059
Arsenic	0,2	0,4	0,34	0,15	mg/L	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020
Barium	-	-	0.23 [E]	0.079 [E]	mg/L	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018
Beryllium	-	-	0.00037 [E]	0.000041 [E]	mg/L	***0,00021***	***0,00020***	***0,00021***	***0,00021***	***0,00020***	***0,00021***	***0,00021***	***0,00021***	***0,00021***	***0,00021***	***0,00021***	***0,00021***
Bore	-	-	-	-	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000037	0,0000037	0,0000037	0,0000037	0,0000037	0,0000037	0,0000037	0,0000037	0,0000037
Bismuth	-	-	28	5	mg/L	0,0047	0,0047	0,0048	0,0047	0,0047	0,0048	0,0048	0,0047	0,0048	0,0048	0,0047	0,0048
Cadmium	-	-	0.00042 [E]	0.000082 [E]	mg/L	0,000082	0,000082	***0,000083***	0,000082	0,000082	***0,000083***	0,000082	0,000082	***0,000083***	***0,000083***	0,000082	***0,000083***
Calcium	-	-	-	-	mg/L	7,5	7,4	7,5	7,5	7,4	7,5	7,5	7,4	7,5	7,5	7,5	7,6
Chrome	-	-	0.48 [E, III]	0.023 [E, III]	mg/L	0,00027	0,00026	0,00027	0,00027	0,00026	0,00027	0,00027	0,00026	0,00027	0,00027	0,00027	0,00027
Cobalt	-	-	0,37	0,1	mg/L	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016
Cuvire	0,3	0,6	0.0031 [E]	0.0024 [E]	mg/L	***0,0048***	***0,0048***	***0,0048***	***0,0048***	***0,0048***	***0,0048***	***0,0048***	***0,0048***	***0,0048***	***0,0048***	***0,0048***	***0,0049***
Fer	3	6	3,4	1,3	mg/L	0,94	0,93	0,95	0,94	0,94	0,95	0,94	0,94	0,95	0,95	0,94	0,95
Lithium	-	-	0,91	0,44	mg/L	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017
Magnesium	-	-	-	-	mg/L	0,60	0,60	0,61	0,60	0,60	0,61	0,61	0,60	0,61	0,61	0,60	0,61
Manganese	-	-	1 [E]	0.47 [E]	mg/L	0,069	0,068	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069	0,070	0,070	0,069	0,070
Mercure	-	-	0,0016	0,00091	mg/L	0,00023	0,00023	0,00023	0,00023	0,00023	0,00023	0,00023	0,00023	0,00023	0,00023	0,00023	0,00023
Molybdène	-	-	29	3,2	mg/L	0,0024	0,0024	0,0025	0,0025	0,0024	0,0025	0,0025	0,0024	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025
Nickel	0,5	1	0.12 [E]	0.013 [E]	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,0052	0,0052	0,0053	0,0052	0,0052	0,0053	0,0053	0,0052	0,0053
Plomb	0,2	0,4	0.011 [E]	0.00041 [E]	mg/L	0,00020	0,00020	0,00021	0,00021	0,00020	0,00021	0,00021	0,00020	0,00021	0,00021	0,00021	0,00021
Potassium	-	-	-	-	mg/L	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,65	0,64	0,64	0,65	0,65	0,64	0,65
Selenium	-	-	0,062	0,005	mg/L	0,00045	0,00045	0,00045	0,00045	0,00045	0,00046	0,00045	0,00045	0,00046	0,00046	0,00045	0,00046
Sodium	-	-	-	-	mg/L	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Étain	-	-	40	21	mg/L	0,00000083	0,00000083	0,00000083	0,00000083	0,00000083	0,00000083	0,00000083	0,00000083	0,00000083	0,00000083	0,00000083	0,00000083
Strontium	-	-	-	-	mg/L	0,00047	0,00046	0,00047	0,00047	0,00047	0,00047	0,00047	0,00047	0,00047	0,00047	0,00047	0,00047
Thallium	-	-	0,047	0,0072	mg/L	0,00041	0,00041	0,00041	0,00041	0,00041	0,00042	0,00041	0,00041	0,00042	0,00042	0,00041	0,00042
Titanium	-	-	-	-	mg/L	0,0000013	0,0000013	0,0000013	0,0000013	0,0000013	0,0000013	0,0000013	0,0000013	0,0000013	0,0000012	0,0000012	0,0000012
Uranium	-	-	0.32 [E]	0.014 [E]	mg/L	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017
Vanadium	-	-	0,11	0,012	mg/L	0,00098	0,00097	0,00099	0,00098	0,00098	0,00099	0,00098	0,00098	0,00099	0,00099	0,00098	0,00099
Tungsten	-	-	-	-	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yttrium	-	-	-	-	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zinc	0,5	1	0.031 [E]	0.031 [E]	mg/L	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014

NOTE

* pH non modélisé

1A. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Gouvernement du Québec , 2012. http://www.mddep.gouv.qc.ca/mil

1B. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Gouvernement du Québec , 2013. http://www.mddep.gc

A. Ce critère de qualité s'applique aux eaux dont la dureté est < 100 mg/L et dont la concentration en chlorures est < 5 mg/L.

B. Ce critère de qualité a été calculé à partir de données de toxicité pour de faibles duretés (≤ 120 mg/L (CaCO3)).

C. Ce critère varie en fonction du pH et de la température.

D. Ce critère varie en fonction du pH.

E. Ce critère varie en fonction de la dureté.

III. Chrome (III)

Criteria exceeds Critères de Qualité de L'eau de Surface (Protection de la Vie Aquatique) Effect Aigue (CVAA)	***XXX***
Criteria exceeds Critères de Qualité de L'eau de Surface (Protection de la Vie Aquatique) Effect Chronique (CVAC)	***XXX***

Résultats du la modélisation de la qualité de l'eau

Tableau E3

Fosse ennoyée - Après la fermeture	Directive 019 [1A]		Quebec Surface Water Quality [1B]		Unité	Fosse mi-ennoyée	Cinq ans après l'ennoiement	Dix ans après l'ennoiement
	Concentration moyenne acceptable (moyenne mensuelle arithmétique)	Concentration maximal acceptable dans un échantillon instantané	Toxicité aigue (CVAA)	Effet chronique (CVAC)		Moyenne	Moyenne	Moyenne
pH*	-	-	6.5 - 9.0	6.5 - 9.0	pH units	5.4 - 8.5	5.4 - 8.5	5.4 - 8.5
Alcalinité	-	-	-	-	mg/L	2.2 - 150	2.2 - 150	2.2 - 150
Acidité	-	-	-	-	mg/L	2 - 6	2 - 6	2 - 6
Dureté	-	-	-	-	mg/L	50	50	50
Sulfate	-	-	500 [A]	500 [A]	mg/L	23	22	21
Fluoride	-	-	4 [B]	0.2 [B]	mg/L	0,0000093	0,0000089	0,0000084
Nitrate	-	-	-	2,9	mg/L	0,026	0,026	0,026
Ammonium	-	-	2.0 - 26 [C]	0.38 - 1.9 [C]	mg/L	0	0	0
Aluminum	-	-	0.75 [D]	0.087 [D]	mg/L	***0,10***	***0,10***	***0,095***
Antimoine	-	-	1,1	0,24	mg/L	0,0021	0,0020	0,0020
Argent	-	-	0.00013 [E]	0,0001	mg/L	0,000063	0,000060	0,000059
Arsenic	0,2	0,4	0,34	0,15	mg/L	0,00022	0,00021	0,00020
Barium	-	-	0.23 [E]	0.079 [E]	mg/L	0,019	0,018	0,018
Beryllium	-	-	0.00037 [E]	0.000041 [E]	mg/L	***0,00022***	***0,00021***	***0,00021***
Bore	-	-	-	-	mg/L	0	0	0
Bismuth	-	-	28	5	mg/L	0,0051	0,0049	0,0048
Cadmium	-	-	0.00042 [E]	0.000082 [E]	mg/L	***0,000089***	***0,000085***	0,000082
Calcium	-	-	-	-	mg/L	8,1	7,8	7,5
Chrome	-	-	0.48 [E, III]	0.023 [E, III]	mg/L	0,00029	0,00027	0,00027
Cobalt	-	-	0,37	0,1	mg/L	0,0017	0,0017	0,0016
Cuvire	0,3	0,6	0.0031 [E]	0.0024 [E]	mg/L	***0,0052***	***0,0050***	***0,0048***
Fer	3	6	3,4	1,3	mg/L	1,0	1,0	0,94
Lithium	-	-	0,91	0,44	mg/L	0,018	0,017	0,017
Magnesium	-	-	-	-	mg/L	0,66	0,63	0,61
Manganese	-	-	1 [E]	0.47 [E]	mg/L	0,075	0,071	0,069
Mercure	-	-	0,0016	0,00091	mg/L	0,00025	0,00024	0,00023
Molybdène	-	-	29	3,2	mg/L	0,0027	0,0025	0,0025
Nickel	0,5	1	0.12 [E]	0.013 [E]	mg/L	0,0057	0,0054	0,0052
Plomb	0,2	0,4	0.011 [E]	0.00041 [E]	mg/L	0,00022	0,00021	0,00021
Potassium	-	-	-	-	mg/L	0,70	0,67	0,65
Selenium	-	-	0,062	0,005	mg/L	0,00049	0,00047	0,00045
Sodium	-	-	-	-	mg/L	17	16	16
Étain	-	-	40	21	mg/L	0,00000061	0,00000058	0,00000054
Strontium	-	-	-	-	mg/L	0,00051	0,00049	0,00047
Thallium	-	-	0,047	0,0072	mg/L	0,00045	0,00043	0,00041
Titanium	-	-	-	-	mg/L	0	0	0
Uranium	-	-	0.32 [E]	0.014 [E]	mg/L	0,0019	0,0018	0,0017
Vanadium	-	-	0,11	0,012	mg/L	0,0011	0,0010	0,0010
Tungsten	-	-	-	-	mg/L	0,00000018	0,00000017	0,00000016
Yttrium	-	-	-	-	mg/L	0	0	0
Zinc	0,5	1	0.031 [E]	0.031 [E]	mg/L	0,015	0,015	0,014

NOTE

* pH not modeled.

1A. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Gouvernement du Québec , 2012. http://www.mddep.gouv.qc.ca/milieu_ind/directive019/

1B. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Gouvernement du Québec , 2013. http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp

A. Ce critère de qualité s'applique aux eaux dont la dureté est < 100 mg/L et dont la concentration en chlorures est < 5 mg/L.

B. Ce critère de qualité a été calculé à partir de données de toxicité pour de faibles duretés (≤ 120 mg/L (CaCO3)).

C. Ce critère varie en fonction du pH et de la température.

D. Ce critère varie en fonction du pH.

E. Ce critère varie en fonction de la dureté.

III. Chrome (III)

Criteria exceeds Critères de Qualité de L'eau de Surface (Protection de la Vie Aquatique) Effect Aigue (CVAA)	***XXX***
Criteria exceeds Critères de Qualité de L'eau de Surface (Protection de la Vie Aquatique) Effect Chronique (CVAC)	***XXX***

Propriété de ses employés et forte d'une expérience de plus de 50 ans, Golder Associés, une organisation d'envergure mondiale, a pour raison d'être de contribuer au développement de la Terre tout en préservant son intégrité. Nous fournissons à nos clients des solutions durables comprenant une gamme étendue de services spécialisés en consultation, conception et construction dans les domaines des sciences de la Terre, de l'environnement et de l'énergie.

Pour en savoir plus, visitez golder.com

Afrique	+ 27 11 254 4800
Asie	+ 86 21 6258 5522
Océanie	+ 61 3 8862 3500
Europe	+ 356 21 42 30 20
Amérique du Nord	+ 1 800 275 3281
Amérique du Sud	+ 56 2 2616 2000

solutions@golder.com
www.golder.com

Golder Associates Ltd.
500 – 4260 Still Creek Drive
Burnaby, British Columbia, V5C 6C6
Canada
T: +1 (604) 296 4200