



Novembre 2014

RAPPORT



# PLAN CONCEPTUEL DE GESTION DES EAUX ET BILAN D'EAU - CONDITIONS ULTIMES D'OPÉRATION

**Présenté à:**

M. Denis Cimon  
Canadian Malartic GP  
100, chemin du Lac Mourier  
Malartic (Québec) J0Y 1Z0

**N° de référence : 048-13-1221-0020-4020-Rev2**

1 exemplaire électronique : Canadian Malartic GP,  
Malartic, Qc

1 exemplaire : Golder Associés Ltée, Montréal, Qc

CONFIDENTIEL







## Table des matières

<b>1.0 INTRODUCTION ET MISE EN CONTEXTE .....</b>	<b>1</b>
<b>2.0 PLAN CONCEPTUEL DE GESTION DES EAUX .....</b>	<b>1</b>
2.1 Gestion générale des eaux du site .....	2
2.2 Concepts de gestion des eaux pour les différentes zones du site minier .....	5
<b>3.0 CONCEPTION DES STRUCTURES DE GESTION DES EAUX ET SUIVI DES DÉBITS ET NIVEAUX PENDANT L'OPÉRATION .....</b>	<b>7</b>
<b>4.0 DÉVELOPPEMENT DU MODÈLE NUMÉRIQUE DU BILAN D'EAU.....</b>	<b>8</b>
4.1 Généralités .....	8
4.2 Données climatiques .....	8
4.3 Modélisation du ruissellement de surface.....	11
4.4 Aires des surfaces considérées dans le modèle du bilan d'eau .....	12
4.5 Relations élévation – volume – surface des bassins .....	12
4.6 Données, règles et conditions d'opération.....	13
4.7 Autres aspects concernant le développement du modèle du bilan d'eau .....	17
<b>5.0 RÉSULTATS DE MODÉLISATION – CONDITIONS CLIMATIQUES MOYENNES.....</b>	<b>18</b>
5.1 Sommaire du bilan d'eau .....	18
5.2 Usine de traitement du minerai .....	19
5.3 Bassin Sud-est.....	19
5.4 Bassins de pompage Nord-est, Est et Sud-ouest .....	20
5.5 Fosse.....	20
5.6 Flux d'eau vers l'environnement .....	22
<b>6.0 RÉSULTATS DE MODÉLISATION – SPECTRE DE CONDITIONS CLIMATIQUES .....</b>	<b>23</b>
6.1 Sommaire du bilan d'eau .....	23
6.2 Usine de traitement du minerai .....	24
6.3 Bassin Sud-est.....	25
6.4 Bassins de pompage Nord-est, Est et Sud-ouest .....	25
6.5 Fosse.....	25
<b>7.0 RÉSULTATS DE MODÉLISATION – SELON LA DIRECTIVE 019 .....</b>	<b>26</b>



7.1	Bassin Sud-est.....	26
7.2	Bassins de pompage Nord-est, Est et Sud-ouest.....	27
<b>8.0</b>	<b>CONCLUSIONS.....</b>	<b>27</b>
<b>9.0</b>	<b>LIMITATIONS ET INCERTITUDES .....</b>	<b>28</b>
<b>10.0</b>	<b>SIGNATURES.....</b>	<b>29</b>
<b>11.0</b>	<b>RÉFÉRENCES.....</b>	<b>30</b>

## TABLEAUX

Tableau 1	: Coefficients de ruissellement volumiques proposés.....	12
Tableau 2	: Aires des zones considérées dans le modèle du bilan d'eau.....	12
Tableau 3	: Données d'opération, conditions ultimes, de l'usine de traitement du minerai et caractéristiques des résidus.....	14
Tableau 4	: Demandes en eau de procédé autres que celle de l'usine de traitement de minerai .....	14
Tableau 5	: Règles et conditions d'opération du bassin Sud-Est et du bassin Johnson.....	15
Tableau 6	: Données d'opération des bassins de pompage.....	16
Tableau 7	: Règles et conditions d'opération de la fosse .....	16
Tableau 8	: Sommaire du bilan d'eau du site minier en conditions climatiques moyennes .....	18
Tableau 9	: Flux d'eau vers l'environnement en conditions climatiques moyennes .....	22
Tableau 10	: Sommaire du bilan d'eau du site minier en conditions climatiques humides et sèches.....	24

## ILLUSTRATIONS

Illustration 1	: Schéma simplifié du plan de gestion des eaux du site minier Canadian Malartic – conditions ultimes.....	4
Illustration 2	: Précipitations cumulatives (station Val-d'Or) pour la moyenne journalière multi-annuelle et pour l'année 1970.....	10
Illustration 3	: Température moyenne journalière (station Val-d'Or) pour la moyenne journalière multi-annuelle et pour l'année 1970.....	10
Illustration 4	: Série annuelle de pluie + fonte de neige utilisée selon la directive 019.....	11
Illustration 5	: Évolution du niveau d'eau dans le bassin Sud-est (conditions climatiques moyennes).....	19
Illustration 6	: Évolution des volumes d'eau dans le bassin Sud-est (conditions climatiques moyennes).....	20
Illustration 7	: Évolution des niveaux d'eau souterraine autour de la fosse (conditions climatiques moyennes) .....	21
Illustration 8	: Évolution du volume d'eau au-dessus du fond de la fosse (conditions climatiques moyennes).....	21
Illustration 9	: Statistique de l'évolution du niveau d'eau dans le bassin Sud-est (58 années de données climatiques).....	25
Illustration 10	: Évolution des niveaux d'eau dans le bassin Sud-est (conditions climatiques Directive 019).....	26



**ANNEXES**

**ANNEXE A**

Plans conceptuels de gestion des eaux du site minier Canadian Malartic – Conditions ultimes

**ANNEXE B**

Analyses climatiques

**ANNEXE C**

Modèle de précipitation - ruissellement

**ANNEXE D**

Courbes de capacité des bassins d'eau

**ANNEXE E**

Diagramme de flux - Résultats pour des conditions climatiques moyennes





## 1.0 INTRODUCTION ET MISE EN CONTEXTE

À titre d'information, il est important de souligner que des changements importants sont survenus en juin 2014 au niveau de la gestion de la mine Canadian Malartic à Malartic, Québec. En effet, le 16 juin 2014, Mines Agnico Eagle Limitée (AEM) et Yamana Gold Inc. (Yamana) annonçaient l'acquisition (50 %-50 %) de la plupart des actifs de Corporation Minière Osisko (Osisko). Dans le cadre de cette acquisition, un partenariat dénommé Canadian Malartic GP (CMGP) a été créé pour assurer la gestion des actifs de la mine Canadian Malartic (la Mine). Il est donc important pour éviter toute forme de confusion que toutes documentations après le 15 juin 2014 se réfèrent à Canadian Malartic GP, tandis que celles d'avant le 16 juin 2014 doivent se référer à Corporation Minière Osisko.

Golder Associés Ltée (Golder) a été mandatée par CMGP pour préparer le plan conceptuel de gestion des eaux et le bilan d'eau du site minier Canadian Malartic en tenant compte du projet d'Extension de la Mine (l'Extension Canadian Malartic). La configuration du site sur laquelle se base le présent plan conceptuel de gestion des eaux considère le prolongement vers l'est du parc à résidus, de la halde à stériles et de la fosse à ciel ouvert, autrement dit le site avec toutes ses infrastructures en configuration finale.

Le bilan d'eau estime les flux, les volumes et les niveaux d'eau selon les conditions ultimes du site minier en opération, quand toutes les infrastructures minières auront atteint leur configuration finale. Les objectifs du document sont :

- de présenter les résultats du bilan d'eau selon des conditions climatiques moyennes afin de fournir une image d'ensemble pour la gestion de l'eau sur le site minier;
- de vérifier la performance du système de gestion des eaux selon un spectre plus large de conditions climatiques en considérant les 58 années de données disponibles de la station météorologique de Val-d'Or; et
- de vérifier la performance du système de gestion des eaux durant la crue, défini par la Directive 019 du MDDELCC<sup>1</sup> pour l'industrie minière (MDDEFP, 2012).

## 2.0 PLAN CONCEPTUEL DE GESTION DES EAUX

La présentation du plan de gestion des eaux proposé pour la configuration finale du site minier commence avec une vue d'ensemble du site. Les principes généraux de gestion d'eau y sont aussi énoncés. Par la suite, plus de détails sont fournis pour chacune des zones du site.

Les figures 1 et 2, à l'annexe A, présentent le plan conceptuel de gestion des eaux. La figure 1 présente la configuration du site minier, les positionnements des structures principales de gestion des eaux et leurs bassins versants. La figure 2 quant à elle illustre le diagramme des flux détaillé, indiquant les transferts d'eau ainsi que la logique d'opération relative qui s'y rattache.

---

<sup>1</sup> MDDELCC : ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, anciennement connu comme le ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP), le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP), le ministère de l'Environnement du Québec (MENV) ou le ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec (MEF)



Il est à noter que les contours de la fosse et des haldes proviennent du LOM 2013 tel que fourni par Osisko. Un nouveau LOM existe (LOM Octobre 2014) et celui-ci sera mis à jour continuellement durant la vie de la mine. Les différences notées actuellement entre le LOM fourni par Osisko en 2013 et celui fourni par CMGP en octobre 2014 sont négligeables et n'influencent pas le bilan d'eau global du site ni le concept de gestion d'eau présenté dans ce rapport.

## **2.1 Gestion générale des eaux du site**

L'illustration 1 ci-dessous présente le schéma simplifié de gestion des eaux pour la configuration finale du site minier Canadian Malartic :

- Des fossés collecteurs entourent la halde à stériles et le parc à résidus, sauf pour la partie du parc à résidus qui se draine directement dans le bassin Sud-est. Les fossés collectent l'eau de ruissellement, ainsi que l'eau résultant de la déposition et de la consolidation des résidus, et les acheminent vers le bassin Sud-est. Le transport se fait par gravité ou, lorsque la topographie ne le permet pas, par pompage, à travers trois bassins de pompage (Sud-ouest, Est et Nord-est).
- Il est envisagé actuellement par CMGP de déposer des stériles et des résidus à l'intérieur de la fosse plus tard dans la vie de la Mine et ainsi de contribuer à limiter l'empreinte nécessaire pour le parc à résidus et pour la halde à stériles. Cette possibilité est représentée dans la figure 2 de l'annexe A. Toutefois, cette possibilité étant actuellement à l'état de concept, la modélisation du bilan d'eau de la Mine n'a pas tenu compte de celle-ci. Une mise à jour ultérieure du bilan d'eau inclura le scénario de déposition dans la fosse, lorsque celui-ci sera bien défini.
- L'eau souterraine et l'eau de ruissellement recueillie dans la fosse sont pompées vers l'usine de traitement de minerai pour être utilisées comme eau de procédé, vers les concasseurs pour être utilisées comme eau de nettoyage et pour le système d'abat-poussière, vers le bassin Sud-est ou directement vers le bassin de polissage futur quand sa qualité le permet.
- Le bassin Sud-est est le principal bassin collecteur des eaux minières du site. L'extrémité ouest du bassin est séparée du reste par une digue semi-perméable qui crée une zone de sédimentation. Le bassin Sud-est fournit la plus grande partie de l'eau de procédé de l'usine de traitement du minerai. L'excédent d'eau est pompé vers le bassin de polissage futur. Une usine de traitement de l'effluent traitera les eaux minières, au besoin.
- La conformité aux exigences réglementaires des eaux du bassin de polissage futur est vérifiée avant leur évacuation à l'environnement (ruisseau Raymond).
- Des structures de gestion des eaux (fossés collecteurs et de dérivation, bassins, stations de pompage) protègent les bassins versants naturels autour du site minier. Le fossé de dérivation Sud draine l'eau du bassin Johnson et l'eau pompée du bassin versant naturel à l'ouest du chemin du Concasseur vers le ruisseau Mainville, qui l'achemine jusqu'au lac Fournière.

Les structures de gestion des eaux ont été conçues afin de limiter la surface affectée par l'activité minière. Le transport de l'eau par gravité, plus fiable, et donc comportant moins de risques, a été utilisé en priorité. La recirculation de l'eau de procédé a été maximisée pour le traitement du minerai; il n'y a presque aucune consommation d'eau fraîche provenant de l'extérieur du site minier. Le point d'effluent final est localisé à



l'exutoire du bassin de polissage futur. Ce point d'effluent unique facilite la vérification de la conformité de la qualité de l'eau avant son rejet dans l'environnement.



# PLAN CONCEPTUEL DE GESTION DES EAUX ET BILAN D'EAU - CONDITIONS ULTIMES D'OPÉRATION - CONFIDENTIEL

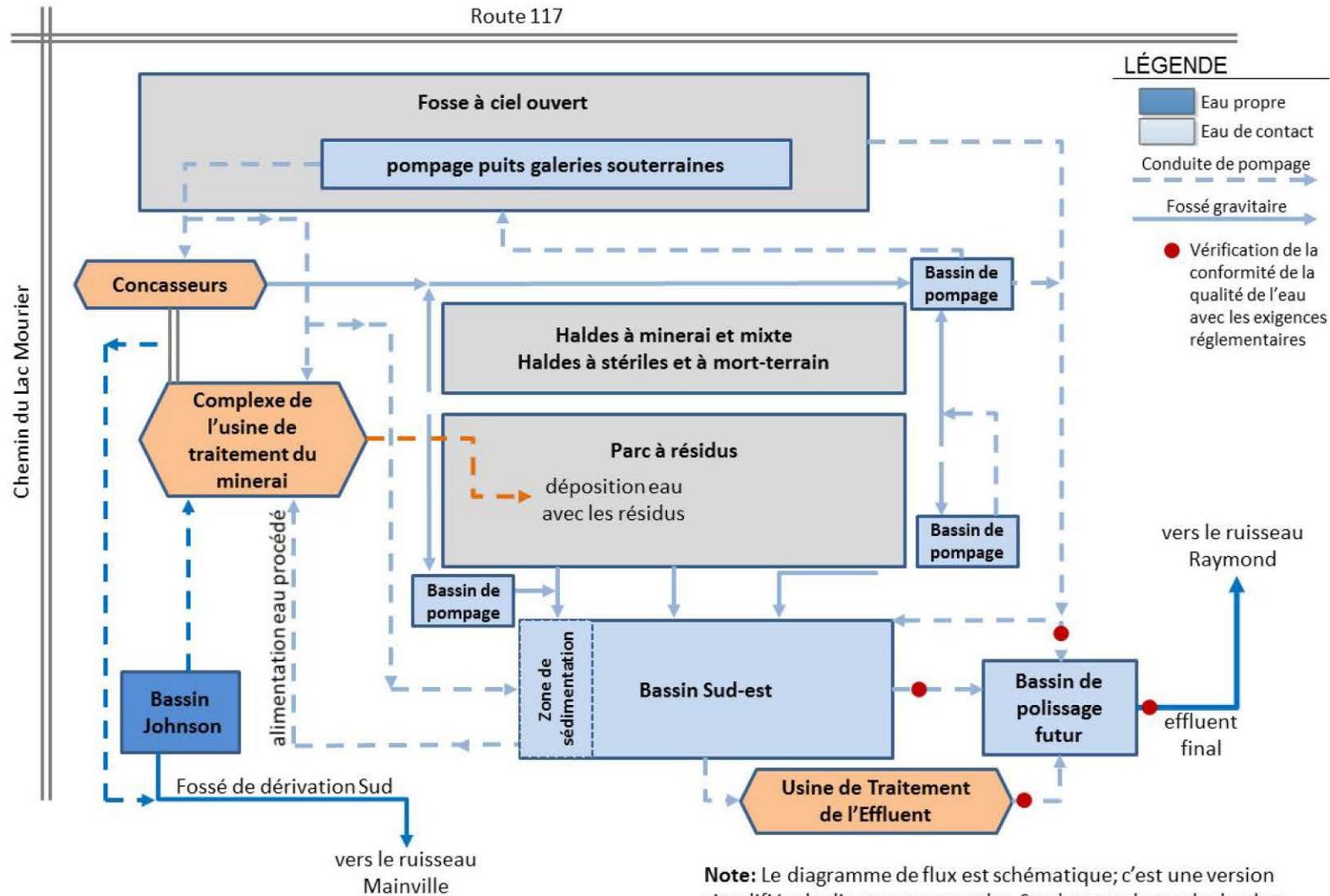


Illustration 1 : Schéma simplifié du plan de gestion des eaux du site minier Canadian Malartic – conditions ultimes



## **2.2 Concepts de gestion des eaux pour les différentes zones du site minier**

### **Bassin versant naturel à l'ouest du chemin du Concasseur**

À l'ouest du site minier, les eaux d'un bassin versant naturel passent sous le chemin du Lac-Mourier jusqu'à une zone humide, située entre ce dernier et le chemin du Concasseur. Juste à l'ouest du chemin du Concasseur, les eaux (bassin versant de 2,7 km<sup>2</sup>) sont transférées par pompage vers le fossé de dérivation Sud, en aval du bassin Johnson. Pendant les événements de crue, l'eau excédant la capacité du système de pompage se draine vers le fossé collecteur situé au sud de la halde mixte.

### **Bassin Johnson et dérivation Sud**

Au sud-ouest du site minier, le bassin Johnson est un bassin d'eau naturelle qui sert principalement de réserve d'eau en cas d'incendie et, en cas de problème occasionnel, d'approvisionnement à l'usine de traitement de minerai. En période d'opération normale, l'eau du bassin versant de 2,9 km<sup>2</sup> s'évacue du bassin Johnson par un déversoir à seuil libre et s'écoule dans le fossé de dérivation Sud vers le ruisseau Mainville, puis vers le lac Fournière.

### **Fosse à ciel ouvert et galeries souterraines**

Deux sources d'eau différentes doivent être gérées à l'intérieur de la fosse (bassin versant de 3,0 km<sup>2</sup> incluant les zones drainant directement vers la fosse) :

- 1) le ruissellement de surface de la fosse même, ainsi que les superficies autour de la fosse; et
- 2) l'eau des galeries souterraines pompées afin de maintenir le niveau d'eau sous le plancher de la fosse.

L'eau de ruissellement s'infiltré partiellement à travers la surface et rejoint les galeries souterraines.

Une partie importante de l'eau présente dans les galeries souterraines est pompée vers l'usine de traitement du minerai et sert d'eau de procédé; l'autre partie est envoyée par pompage vers le bassin Sud-est ou directement vers le bassin de polissage futur, lorsque sa qualité le permet. L'eau des galeries souterraines est aussi utilisée pour remplir la demande en eau du concasseur et du système d'abat-poussière.

### **Usine de traitement du minerai**

La surface autour de l'usine de traitement du minerai draine vers le nord, vers un petit bassin appelé bassin d'urgence. Le nom du bassin est justifié par le rôle de point collecteur des eaux et des matières déversées, en cas de défaillance d'un réservoir de l'usine. En période d'opération normale, l'eau collectée dans le bassin d'urgence (bassin versant de 0,36 km<sup>2</sup>) est pompée vers l'usine de traitement du minerai.

### **Parc à résidus**

Le parc à résidus est délimité au nord par la halde à stériles, au sud-est par le bassin Sud-est, et à l'ouest, à l'est et au sud par des bermes de départ (périphériques) ainsi que des structures de gestion des eaux (fossés collecteurs et bassins de pompage). La pente de la plage des résidus dirige généralement l'eau de ruissellement ainsi que l'eau de ressuage des résidus vers ces structures :

- Au sud-ouest, les fossés collecteurs amènent les eaux vers le bassin de pompage Sud-ouest, d'où elles sont pompées vers le fossé collecteur Sud. Afin d'augmenter la fiabilité du système et d'introduire une



barrière de plus entre les résidus et l'environnement, un fossé interne dans le parc à résidus dévie les eaux du coin sud-ouest du parc directement vers le fossé collecteur Sud. Ainsi, les fossés collecteurs à l'ouest collectent seulement les eaux de ruissellement issues de la surface des bermes de départ et l'exfiltration au pied aval des bermes du parc à résidus.

- Au sud, le fossé collecteur Sud collecte directement ou par pompage (se référer au paragraphe précédent) les eaux de ruissellement et l'eau de consolidation de tout le secteur ouest du parc à résidus. Le fossé collecteur Sud draine ces eaux par gravité vers le bassin Sud-est (zone de sédimentation).
- Les secteurs central et sud-est du parc à résidus se drainent directement par gravité vers le bassin Sud-est lorsque la topographie et l'élévation des structures de rétention des résidus le permettent. En effet, la déposition des résidus vise une orientation générale des eaux de surface et de consolidation vers le sud afin de faciliter le transfert vers le bassin Sud-est. Un fossé collecteur est nécessaire pour drainer les eaux d'une zone limitée du coin sud-est du parc vers le bassin Sud-est.
- Le ruissellement du secteur est du parc à résidus est collecté par un fossé qui l'achemine vers le bassin de pompage Nord-est, d'où l'eau est pompée vers le bassin Sud-est. Le fossé est construit à l'intérieur de la berme de départ du parc à résidus. Deux autres fossés situés au pied de la digue drainent les eaux d'exfiltration du parc à résidus vers le bassin de pompage Est. L'eau du bassin de pompage Est est pompée vers le fossé d'amenée au bassin de pompage Nord-est, et de là, vers le bassin Sud-est.

Au total, le système de gestion des eaux du parc à résidus collecte les eaux d'une superficie d'environ 6,7 km<sup>2</sup>.

### Halde à stériles et halde mixte

Au nord du parc à résidus, la halde à stériles (bassin versant total de 4,6 km<sup>2</sup>) s'étend entre le chemin de la fosse à l'ouest et jusqu'au fossé collecteur à l'est. La nouvelle halde mixte, qui sera fusionnée avec la halde à minerai existante située au nord (bassin versant total de 1,1 km<sup>2</sup>), s'étend entre le chemin du Concasseur à l'ouest et le chemin de la fosse à l'est.

Le ruissellement sur la halde à stériles draine généralement vers le nord et est collecté par le fossé collecteur au nord, qui achemine l'eau jusqu'au bassin de pompage Nord-est. Le même fossé collecteur reçoit aussi, en amont, les eaux de ruissellement de la halde mixte ainsi que l'eau sortant de la plateforme du Concasseur (bassin versant de 0,1 km<sup>2</sup>).

### Bassin Sud-est, usine de traitement de l'effluent et bassin de polissage futur

Le bassin Sud-est est le principal bassin de rétention des eaux minières du site. Les autres bassins (bassins de pompage Sud-ouest, Nord-est et Est) sont principalement des structures de transfert (par pompage) et sont maintenus vides en dehors des périodes de crue. Le bassin de polissage futur est aussi un bassin de rétention d'eaux minières, mais dont la qualité devrait généralement être conforme aux normes de rejet dans l'environnement.

Les eaux de ruissellement pompées en provenance des différentes surfaces du site minier ainsi que les eaux pompées des galeries souterraines qui ne sont pas utilisées directement à l'usine de traitement de minerai sont acheminées directement vers le bassin Sud-est ou vers le bassin de polissage futur lorsque la qualité de l'eau le permet. Enfin, le bassin Sud-est collecte aussi les eaux de ruissellement du parc à résidus et les eaux issues du ressuage des résidus après leur déposition dans le parc à résidus.



Le bassin Sud-est est la principale source d'eau de procédé. Le volume d'eau dans ce bassin est géré de façon à ce que, à la fin de l'hiver, le niveau de l'eau soit suffisamment bas pour laisser la capacité nécessaire à la gestion de la crue printanière.

L'eau collectée dans le bassin Sud-est est :

- pompée comme eau de procédé vers l'usine de traitement de minerai; ou
- pompée vers le bassin de polissage avec un traitement préalable, lorsque la qualité de l'eau le requiert.

La conformité aux exigences réglementaires des eaux du bassin de polissage futur est vérifiée avant leur évacuation à l'environnement (ruisseau Raymond).

### **Zone des concasseurs**

À l'extrémité nord-ouest du site minier se trouvent les concasseurs ainsi que de petites haldes temporaires à minerai et à mort-terrain (surface totale 0,29 km<sup>2</sup>). Une partie de ces zones draine par gravité vers le fossé collecteur autour de la halde mixte, une autre vers la fosse à ciel ouvert, et une petite partie au nord de la halde à mort-terrain vers le réseau pluvial de la ville Malartic. Cette dernière partie a fait l'objet d'une restauration par végétalisation.

## **3.0 CONCEPTION DES STRUCTURES DE GESTION DES EAUX ET SUIVI DES DÉBITS ET NIVEAUX PENDANT L'OPÉRATION**

Cette section énonce les principes utilisés pour la conception des structures de gestion des eaux sur le site minier ainsi que les principes mis en place pendant l'opération du système de gestion des eaux. Il est à noter que la conception de plusieurs structures a atteint le niveau préliminaire seulement.

La directive 019 du MDDELCC pour l'industrie minière (MDDEFP, 2012) a servi comme document de référence pour le choix des critères de conception proposés :

- La conception et l'opération du bassin Sud-est et du système autour du bassin Sud-est respectent les recommandations de la directive 019 pour les ouvrages de rétention avec retenue d'eau. La section 4.2 décrit en détail la crue de projet pour cette situation.
- La conception des fossés collecteurs et des bassins de pompage respecte les recommandations de la directive 019 pour les aires d'accumulation sans retenue d'eau. La crue de conception est donc la crue 1 :100 ans.

Les figures 3 à 5 à l'annexe A présentent les éléments de conception des structures de gestion des eaux qui sont nécessaires en vue du prolongement vers l'est du parc à résidus et de la halde à stériles. Il s'agit notamment des fossés collecteurs et des bassins de pompage au nord-est de la halde à stériles et à l'est du parc à résidus.

CMGP fait un suivi continu des principaux flux d'eau et des principaux niveaux d'eau sur le site minier. Ce suivi est documenté et concerne principalement les flux au point d'effluent final (déversoir du bassin de polissage futur), les flux liés à l'alimentation et à la consommation d'eau à l'usine de traitement de minerai, ainsi que les suivis en continu des niveaux d'eau des bassins d'eau.



## **4.0 DÉVELOPPEMENT DU MODÈLE NUMÉRIQUE DU BILAN D'EAU**

### **4.1 Généralités**

Le modèle numérique du bilan d'eau quantifie le plan conceptuel de gestion des eaux, tel qu'il est présenté dans le diagramme de flux à la figure 2 de l'annexe A. Le logiciel Goldsim (Goldsim, 2014) a servi à la construction du modèle numérique. Goldsim est un modèle de simulation numérique qui permet de modéliser des systèmes complexes avec la prise en compte des variables stochastiques (tels que les variables climatiques).

- Le modèle a simulé une année hydrologique (du 1<sup>e</sup> novembre au 30 octobre) à un pas de temps journalier et pour plusieurs scénarios climatiques.
- Le modèle considère l'ensemble du site minier : le parc à résidus, la fosse, les diverses haldes à stériles, à minerais et à mort-terrain, l'ensemble des bassins et des infrastructures de gestion des eaux sur le site. La configuration du site minier est telle que présentée dans la figure 1 de l'annexe A.
- Le modèle du bilan d'eau n'inclut pas la modélisation de l'écoulement des eaux souterraines. Cependant, des estimations des apports en eau souterraine dans la fosse et dans les galeries souterraines sont prises en compte en tant que données d'entrée du modèle. Ces estimations proviennent des études hydrogéologiques préparées antérieurement (Golder, 2014a).
- Osisko et CMGP ont transmis à Golder les données requises d'opération du site minier. Le modèle intègre ces données. Le modèle utilise des estimés prudents pour certaines informations encore non disponibles, par exemple la capacité de pompage pour des stations dont la conception n'a pas encore été complétée, Golder a vérifié avec Osisko et CMGP ces hypothèses. Des études de conception détaillées devront être effectuées en vue d'une vérification de ces valeurs. Ces études détaillées respecteront les exigences réglementaires et seront préparées selon les règles de l'art.

### **4.2 Données climatiques**

L'annexe B présente les résultats d'une analyse climatique pour le site minier Canadian Malartic. Cette analyse provient principalement des données historiques de la station météorologique de Val-d'Or et ce, pour estimer les statistiques des variables climatiques sur le site minier qui ont servi comme données d'entrée pour le modèle du bilan d'eau. Ces variables sont : la précipitation totale, la température moyenne journalière, l'évaporation sur le lac, l'évapotranspiration potentielle<sup>2</sup>, les caractéristiques de formation et de fonte du couvert de neige et de la couche de glace.

Les données historiques de la station de Val-d'Or pour l'année 1970 ont servi pour l'estimation du bilan d'eau selon des conditions climatiques moyennes. Les précipitations annuelles totales en 1970 ont été de 911 mm tandis que la moyenne multi-annuelle est de 906 mm; la température moyenne annuelle a été de 0,9°C tandis que la moyenne multi-annuelle est de 1,6°C. Le rapprochement entre les données de 1970 et les moyennes journalières multi-annuelle (voir illustrations 2 et 3) justifie le choix de l'année 1970 pour l'analyse.

---

<sup>2</sup> L'évapotranspiration potentielle est la somme de l'évaporation au niveau du sol et de la transpiration des plantes, qui auraient lieu pour une surface végétée standardisée (pelouse rase suffisamment étendue, en bon état) convenablement alimentée en eau. C'est une variable utilisée comme point de référence pour le calcul de l'évapotranspiration réelle pour une surface donnée.



Cinquante-huit années de données journalières historiques disponibles pour la station de Val-d'Or ont servi à la vérification du système pour un spectre plus large de conditions climatiques. Les tableaux, en annexe B, décrivent la variation du climat pendant cette période.

Tel que mentionné à la section 3.0, la conception et l'opération du bassin Sud-est et du système autour du bassin Sud-est doivent respecter les recommandations de la directive 019 pour les ouvrages de rétention avec retenue d'eau. La directive 019 définit « la crue de projet » qui doit être retenue sans débordement vers l'environnement par les ouvrages de rétention des résidus avec retenue d'eau :

*« Pour les ouvrages de rétention avec retenue d'eau, les récurrences de base suivantes doivent être utilisées en fonction du type de résidus miniers :*

- *1 : 2 000 ans pour une aire d'accumulation de résidus miniers acidogènes, cyanurés, radioactifs ou à risques élevés, tels que définis à l'annexe II;*

...

*Les ouvrages de rétention avec retenue d'eau doivent pouvoir contenir une crue de projet. Cette dernière doit être établie en fonction du volume d'eau cumulatif d'une averse critique (basée sur une averse de pluie de 24 heures) et de la fonte moyenne des neiges sur une période de 30 jours (la quantité de neige est celle qui correspond au maximum prévisible pour une récurrence de 100 ans). »*

Sur la base de cette définition, un événement de pluie et de fonte de neige de 30 jours a été créé : la fonte des neiges du couvert de neige 1 :100 ans est distribuée de manière uniforme sur les 30 jours alors que la pluie 1 :2 000 ans est ajoutée au trentième jour de la série. Remplacer les données historiques des 30 premiers jours du mois de mai de l'année 1970 avec l'évènement créé ci-dessus (voir illustration 3) a été la méthode utilisée pour simuler l'évènement, selon la directive 019, de manière réaliste, et ce, à l'aide du modèle du bilan d'eau.

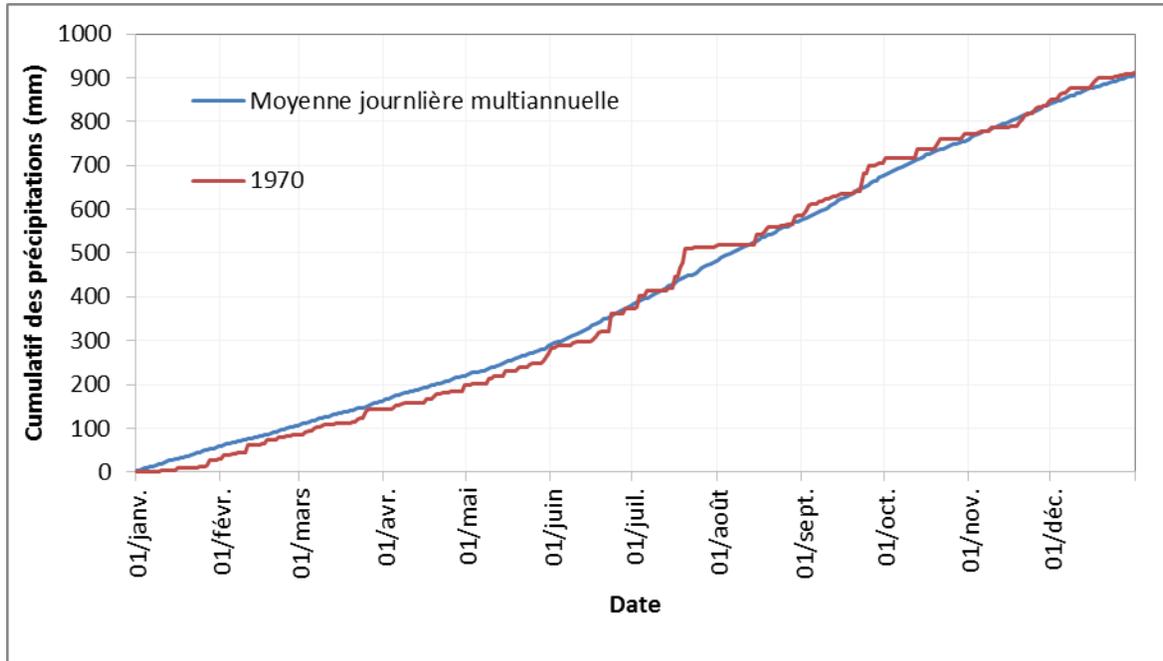


Illustration 2 : Précipitations cumulatives (station Val-d'Or) pour la moyenne journalière multi-annuelle et pour l'année 1970

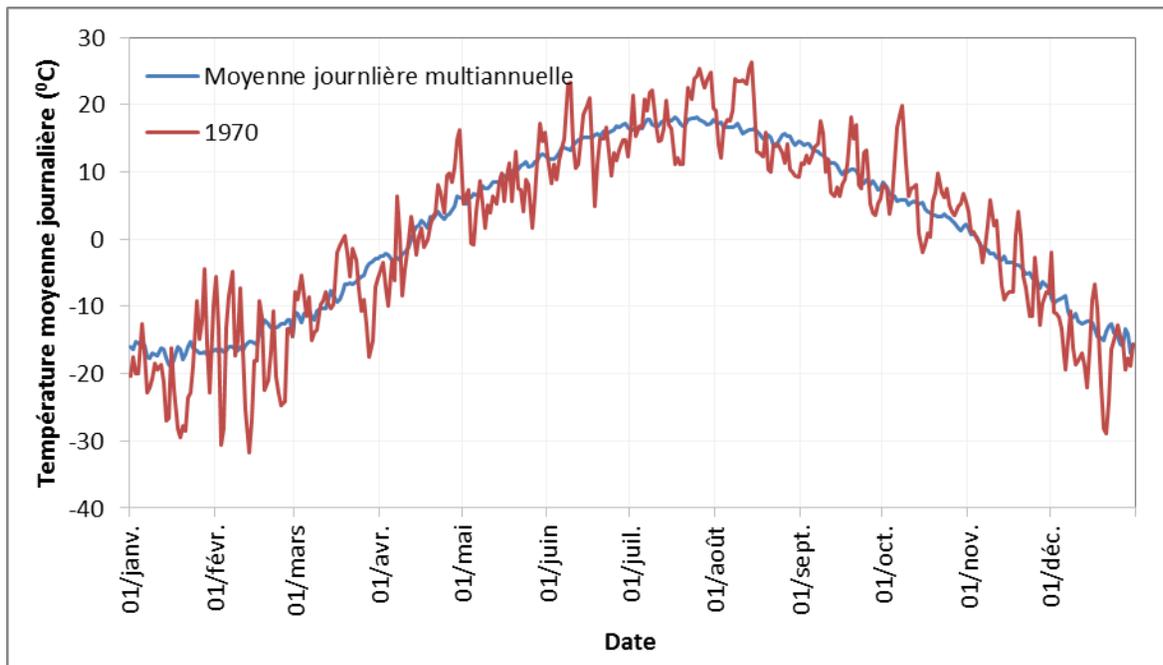


Illustration 3 : Température moyenne journalière (station Val-d'Or) pour la moyenne journalière multi-annuelle et pour l'année 1970

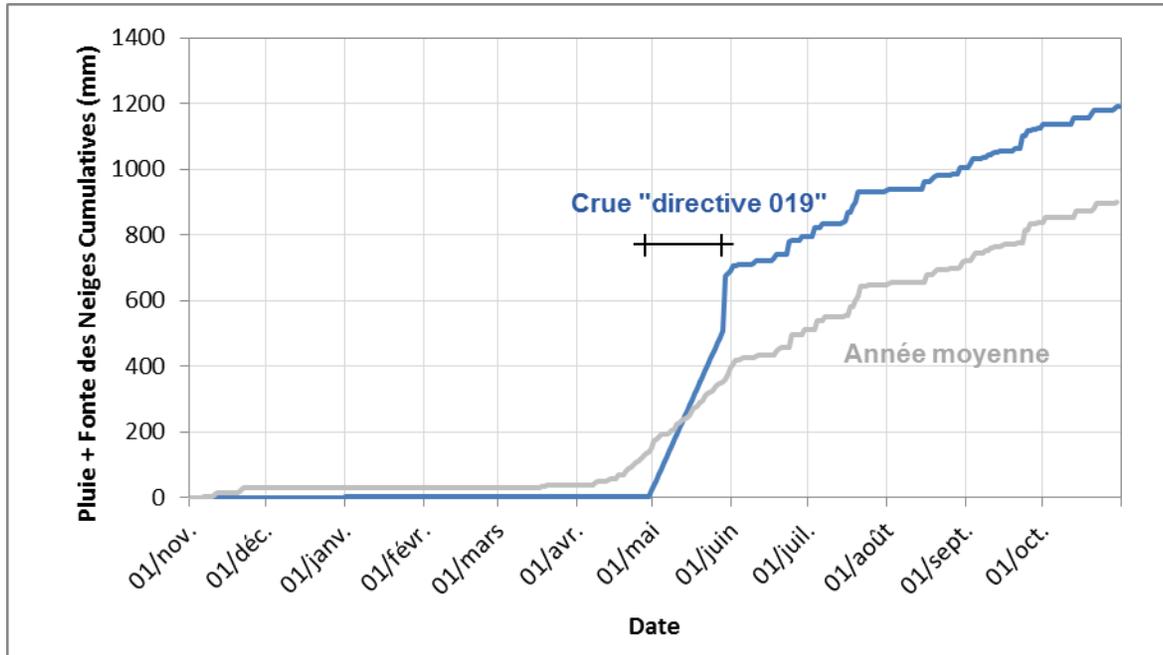


Illustration 4 : Série annuelle de pluie + fonte de neige utilisée selon la directive 019

### 4.3 Modélisation du ruissellement de surface

Les précipitations sous forme liquide peuvent s'infiltrer, s'évaporer et ruisseler sur une surface ou s'accumuler dans les dépressions locales ou sur la végétation. Si les précipitations tombaient sous forme de neige, elles pourraient alors s'accumuler sous forme d'un couvert de neige qui sera sujet à de la sublimation et à la fonte, moment à partir duquel ces précipitations contribueront au ruissellement de surface. Les lois physiques qui régissent ces processus sont complexes et dépendent des conditions à court et long termes, à petite et grande échelles et aux caractéristiques du bassin versant. Des données mesurées représentatives des conditions sur les bassins versants locaux, lors de l'exploitation de la mine, sont nécessaires pour évaluer ces processus. Dans leurs absences, les valeurs de ruissellement obtenues doivent être interprétées comme des estimations.

L'algorithme utilisé pour la modélisation du ruissellement, dans le modèle du bilan d'eau, quantifie de manière simplifiée les différents processus physiques. L'algorithme permet de modéliser la variation des coefficients de ruissellement journaliers en fonction de la taille de l'événement pluvieux et aussi de considérer les caractéristiques de chaque superficie pour, par exemple, étaler sur plusieurs jours le ruissellement suivant une pluie intense si la surface a une capacité de retardement.

L'annexe C présente des détails sur l'algorithme de modélisation du ruissellement. Le tableau suivant présente les coefficients de ruissellement volumiques pendant une année moyenne pour les principaux types de superficie rencontrés sur le site minier. Les paramètres ont été estimés sur la base des données mesurées localement, lorsqu'elles étaient disponibles, ou sur la base de l'expérience des auteurs de l'étude. Des campagnes de mesure de débits dans les fossés collecteurs du site pourront contribuer à vérifier ces paramètres.



**Tableau 1 : Coefficients de ruissellement volumiques proposés**

Type de surface	Coefficient de ruissellement volumique annuel en conditions climatiques moyennes
Plage de résidus miniers active	0,73
Plage de résidus miniers non active	0,70
Haldes de stériles ou minerais	0,60
Fosse à ciel ouvert	0,80
Surfaces construites sur une plateforme en enrochement (complexe minier, concasseur)	0,60
Surface naturelle similaire à celle du bassin versant du bassin Johnson	0,46
Surface naturelle similaire à celle du bassin versant de la zone humide à l'ouest du chemin du Concasseur	0,51

#### 4.4 Aires des surfaces considérées dans le modèle du bilan d'eau

Le tableau 2 résume les aires des différentes zones du site minier considérées dans le modèle du bilan d'eau. Les figures en annexe A présentent plus en détail les sous-zones définies et leurs aires.

**Tableau 2 : Aires des zones considérées dans le modèle du bilan d'eau**

Description	Aires (km <sup>2</sup> )
Parc à résidus	6,7
Haldes à stériles, haldes à minerai	5,8
Fosse et zone drainante vers la fosse	3,0
Bassins collecteurs et leurs bassins versants directs (bassin Sud-est, Nord-est, Est et Sud-ouest)	2,3
Zone du complexe minier et bassin d'urgence	0,36
Bassin de polissage futur	0,23
<b>Surface totale des zones, dont le ruissellement n'est pas évacué vers l'environnement sans vérification préalable de la conformité de la qualité de l'eau, et avec un traitement, si nécessaire</b>	<b>18,4</b>
Bassin Johnson et bassin versant du bassin Johnson	2,9
Zone naturelle à l'ouest du chemin du Concasseur	2,7
Zone au nord du concasseur drainant vers la ville de Malartic	0,02

#### 4.5 Relations élévation – volume – surface des bassins

Il est nécessaire de connaître les courbes de capacités (niveau d'eau – volume – surface d'eau) pour calculer le bilan hydrologique des bassins d'eau. L'annexe D présente les courbes réelles, pour les bassins déjà existants, et des courbes extraites à partir des concepts pour les bassins à aménager.



L'annexe D inclut aussi les courbes élévation – volume pour le réseau des galeries souterraines sous la fosse à ciel ouverte. Ce réseau de galeries est opéré par la mine comme un réservoir atténuant les entrées d'eau souterraine et le ruissellement dans la fosse.

## **4.6 Données, règles et conditions d'opération**

Cette section documente les données, les conditions et les règles d'opération du site minier telles qu'elles ont été implémentées dans le modèle du bilan d'eau. Une partie des informations reflète la situation actuelle; une autre partie a été adaptée et calibrée aux conditions finales du site, qui sont analysées dans le présent rapport. Certaines valeurs, par exemple des capacités de pompage à mettre en place dans le futur ou des niveaux seuils pour l'opération des bassins, sont proposées; les études de conception détaillée ultérieures détermineront avec plus de précision ces valeurs.

### **Principes généraux d'opération du système de gestion des eaux**

- Les principes d'opération visent à limiter :
  - les risques pour l'environnement liés aux débordements d'eau de contact avant traitement ou vérification; et simultanément
  - les risques pour l'opération d'avoir un déficit d'eau de procédé ou d'avoir un surplus d'eau dans la fosse.
- CMGP planifie de doter les stations de pompage de déclencheurs automatiques en fonction du niveau d'eau au point collecteur.
- Le modèle ne considère pas un retard de démarrage pour l'usine de traitement de l'effluent. Cela est cohérent avec les informations sur l'usine de traitement (Osisko, 2013d).
- Toute eau accumulée dans les bassins de pompage Sud-ouest, Est et Nord-est est pompée en continu vers le bassin Sud-est. Toutefois, l'eau du bassin Nord-est serait pompée de manière exceptionnelle vers les galeries souterraines si le niveau d'eau dans le bassin Sud-est dépassait certains seuils prédéfinis (voir tableau 5).
- Le modèle suppose que toute l'eau évacuée du bassin Sud-est vers le bassin de polissage futur est traitée au préalable, c'est-à-dire transite par l'usine de traitement de l'effluent. Ainsi, les sorties d'eaux du bassin Sud-est sont déterminées par la demande en eau de l'usine de traitement du minerai et par la capacité de traitement de l'usine de traitement de l'effluent. Il s'agit d'une hypothèse prudente, car l'expérience actuelle de l'opération indique que la qualité de l'eau dans le bassin Sud-est est souvent conforme aux exigences réglementaires, ce qui permet un pompage sans traitement préalable vers le bassin de polissage futur.
- Il est reconnu qu'il sera avantageux de pomper l'eau des galeries souterraines et de la fosse directement vers le bassin de polissage futur, quand la qualité de l'eau sera conforme aux exigences réglementaires. Toutefois, le modèle n'a pas considéré cette possibilité, mais a plutôt supposé que ces eaux seront pompées vers le bassin Sud-est. Il est considéré que c'est une hypothèse prudente de point de vue de la gestion des volumes d'eau.
- Des règles (variation de la capacité de pompage) pour limiter le risque d'évacuation sans traitement préalable du bassin Sud-est vers l'environnement ou vers le bassin de polissage futur ont été implantées



dans le modèle. Ainsi, le pompage de la fosse et du bassin de pompage Nord-est vers le bassin Sud-est est arrêté lorsque certains niveaux seuils (voir tableau 5) sont atteints dans le bassin Sud-est. Il est à noter que cette situation n'existera que lors de crues exceptionnelles.

- La gestion de l'eau dans les galeries souterraines et dans la fosse cible à maintenir le niveau d'eau souterrain à l'intérieur d'un intervalle permettant l'opération minière toute en maintenant disponible une capacité de stockage d'eau pour les périodes humides (voir tableau 5 pour les détails).
- La demande en eau de procédé est satisfaite à partir du bassin Sud-est et de la fosse. Le bassin Johnson peut compenser les déficits ponctuels, le cas échéant.

### Données concernant la consommation en eau de procédé sur le site minier

**Tableau 3 : Données d'opération, conditions ultimes, de l'usine de traitement du minerai et caractéristiques des résidus**

Caractéristiques	Valeurs	Sources
Rythme de production moyen des résidus	55 000 tonnes/jour	Golder, 2014b
Contenu en solides par masse des résidus à la déposition	60 %	Observations actuelles sur le site Osisko, 2013e Golder, 2014b
Volume d'eau contenue par les résidus à la déposition	36 700 m <sup>3</sup> /jour	Calcul, Golder
Contenu en solides par masse des résidus après consolidation (drainage rapide)	72 % (temps de consolidation < 24 h)	Osisko, 2013c Bonin, 2013
Volume d'eau contenue par les résidus après consolidation	21 400 m <sup>3</sup> /jour	Calcul, Golder
Volume d'eau de ressuage des résidus	15 300 m <sup>3</sup> /jour	Calcul, Golder
Contenu en solides par masse du minerai	97 %	Observations actuelles sur le site Osisko, 2013e
Volume d'eau dans le minerai	1 700 m <sup>3</sup> /jour	Calcul, Golder
Demande minimale d'eau souterraine à l'usine	4 800 m <sup>3</sup> /jour	Osisko, 2013e

**Tableau 4 : Demandes en eau de procédé autres que celle de l'usine de traitement de minerai**

Caractéristiques	Valeurs	Sources
Demande en eau du concasseur (l'eau se draine ensuite vers le fossé collecteur de la halde à minerai)	493 m <sup>3</sup> /jour	Osisko, 2013a
Demande en eau pour le système abat poussière	550 m <sup>3</sup> /jour	Osisko, 2013a



### Données et règles d'opération pour la gestion des eaux autour des bassins d'eau

Pour limiter le risque de débordement du bassin Sud-est, plusieurs niveaux seuils d'eau sont proposés comme aide à la prise de décision concernant le pompage vers le bassin Sud-est ou à partir du bassin Sud-est. Le tableau suivant documente ces seuils ainsi que les capacités de pompage et de traitement.

**Tableau 5 : Règles et conditions d'opération du bassin Sud-Est et du bassin Johnson**

Caractéristiques	Valeurs	Sources
Capacité de pompage du bassin Sud-est vers l'usine de traitement de minerai	60 000 m <sup>3</sup> /jour	Osisko, 2013c
Capacité de traitement de l'usine de traitement de l'effluent	24 000 m <sup>3</sup> /jour	Voir note 1 Osisko, 2013d
Volume d'eau minimal pour permettre le fonctionnement du système de pompage du bassin Sud-est	620 000 m <sup>3</sup> (correspond au niveau d'eau de 319,5 m)	Osisko, 2013e
Règles limitant le pompage d'eau vers le bassin Sud-est en provenance de la fosse	Pompage arrêté si le niveau d'eau du bassin Sud-est atteint : > 325,0 m entre novembre et février > 323,5 m entre mars et mai > 324,5 m entre juin et octobre	Systèmes de règles proposés afin de limiter les risques pour l'opération et pour l'environnement.
Règles limitant le pompage d'eau vers le bassin Sud-est en provenance du bassin Nord-est	Pompage arrêté si le niveau d'eau dans le bassin Sud-est atteint : > 324,5 m	
Règles indiquant les niveaux-seuils pour le démarrage et l'arrêt de l'évacuation de l'eau par traitement du bassin Sud-est	Traitement démarré si le niveau d'eau dans le bassin Sud-est atteint : > 323,5 m entre novembre et janvier > 322,5 m en février et mars > 321,0 m entre avril et mai > 323,0 m entre juin et octobre	
Capacité de pompage du bassin Johnson vers l'usine de traitement du minerai	10 800 m <sup>3</sup> /jour	Osisko, 2013c

Notes :

- 1) Il s'agit d'une capacité de traitement estimée par Osisko. La capacité réelle dépend de la concentration de contaminants et, dans une moindre mesure, de la capacité de pompage; la capacité pourrait être supérieure en situation de crue quand les concentrations de contaminants pourraient être moins élevées. Le modèle suppose que cette capacité de traitement soit disponible 365 jours par année, 24 heures par jour.



**Tableau 6 : Données d'opération des bassins de pompage**

<b>Caractéristiques</b>	<b>Valeurs</b>	<b>Sources</b>
Capacité de pompage du bassin d'urgence vers le parc à résidus	1 200 m <sup>3</sup> /jour (0,014 m <sup>3</sup> /s)	Capacité actuelle Osisko, 2013c
Capacité de pompage du bassin de pompage Est vers le bassin Nord-est	34 560 m <sup>3</sup> /jour (0,4 m <sup>3</sup> /s)	Valeur proposée, Golder
Capacité de pompage du bassin de pompage Nord-est vers le bassin Sud-est	78 000 m <sup>3</sup> /jour (0,90 m <sup>3</sup> /s)	Valeur proposée, Golder
Capacité de pompage du bassin de pompage Sud-ouest vers le bassin Sud-est	30 200 m <sup>3</sup> /jour (0,35 m <sup>3</sup> /s)	Valeur proposée, Golder

### Données et règles d'opération pour la gestion des eaux autour de la fosse

Le bilan d'eau présenté dans ce document correspond à la configuration finale du site minier. Le modèle du bilan d'eau considère que le fond de la fosse a déjà atteint son élévation finale (-90 m) au début de la simulation.

**Tableau 7 : Règles et conditions d'opération de la fosse**

<b>Caractéristiques</b>	<b>Valeurs</b>	<b>Sources</b>
Capacité totale de pompage (vers l'usine, vers le bassin Sud-est et pour répondre aux besoins en eau du concasseur et pour le contrôle abat-poussière)	40 000 m <sup>3</sup> /jour	Valeur proposée pour établir un bilan d'eau; elle doit être confirmée par des études de conception ultérieures.
Débit estimé de l'eau d'exhaure (infiltration d'eau souterraine dans la fosse et dans les galeries souterraines)	8 000 m <sup>3</sup> /jour	Golder, 2014a
Niveau le plus bas du plancher de la fosse (secteur Barnat) pour les conditions ultimes	-90 m	Osisko, 2013b
Profondeur minimale ciblée de l'eau souterraine par rapport au fond de la fosse	-10 m	Osisko, 2013e
Profondeur moyenne ciblée de l'eau souterraine par rapport au fond de la fosse	-50 m	
Profondeur maximale ciblée de l'eau souterraine par rapport au fond de la fosse	-70 m	



## **Règles d'opération pour la répartition de la demande en eau de procédé de l'usine de traitement de minerai**

Le besoin en eau de procédé de l'usine de traitement de minerai est satisfait par :

- le volume d'eau contenu dans le minerai;
- le flux d'eau de ressuage des résidus, pompé du bassin Sud-est;
- l'infiltration d'eau souterraine dans la fosse et dans les galeries souterraines moins la demande en eau du concasseur et du système d'abat-poussière;
- le reste de la demande en eau de procédé est pompé :
  - à 100 % du bassin Sud-est si le niveau d'eau dans le bassin Sud-est dépasse les seuils d'arrêt de pompage à partir de la fosse vers le bassin (voir tableau 5);
  - à 100 % de la fosse si la condition antérieure n'est pas respectée et si le niveau de l'eau souterraine dépasse la profondeur maximale définie dans le tableau 6;
  - à 50 % du bassin Sud-est et à 50 % de la fosse si les deux conditions antérieures ne sont pas respectées et si les deux sources d'eau peuvent fournir la demande respective;
  - du bassin Johnson si les limitations en volume ou en capacité de pompage disponibles ne permettent pas de répondre au besoin à partir des deux autres sources. Le pompage du bassin Johnson prendra en compte la réserve d'eau d'incendie.

## **4.7 Autres aspects concernant le développement du modèle du bilan d'eau**

Les paragraphes suivants commentent sur d'autres aspects considérés dans le modèle du bilan d'eau :

- La déposition des résidus dans le parc à résidus se fait à une température minimale de +10°C, et ce, même en hiver; elle atteint 30°C en été. Cela limite l'accumulation de neige sur la plage active en période hivernale. Les hypothèses suivantes ont été intégrées dans le modèle :
  - Sur une période de six mois, la plage active représente environ 40 % de la surface totale du parc à résidus.
  - Pour la plage active, il n'y a pas d'accumulation de neige pour des températures moyennes journalières au-dessus de -15°C. Il est recommandé que cet aspect fasse l'objet d'une vérification pour les années suivantes d'opération.
  - L'eau de ressuage des résidus se rend au bassin Sud-est pendant toute la période hivernale. Cet aspect fera l'objet d'une vérification sur le terrain.
- Une digue filtrante (perméable) a été construite en 2013 pour séparer l'extrémité ouest du bassin Sud-est du reste du bassin et ainsi créer une zone de sédimentation. L'objectif est de diminuer la propagation des sédiments vers l'est du bassin, où se trouve la prise d'eau de l'usine de traitement de l'effluent. Le modèle du bilan d'eau ne considère pas de manière explicite cette zone de sédimentation. Étant donné la connexion hydraulique entre les deux zones du bassin, les résultats du modèle demeurent réalistes.



## 5.0 RÉSULTATS DE MODÉLISATION – CONDITIONS CLIMATIQUES MOYENNES

Cette section résume les résultats obtenus de la modélisation du bilan d'eau pour la configuration finale du site minier en tenant compte des règles d'opération mentionnées dans les sections précédentes.

### 5.1 Sommaire du bilan d'eau

Le tableau suivant résume le bilan d'eau du site minier en conditions climatiques moyennes. La figure 1 à l'annexe E présente des informations supplémentaires sur les principaux flux d'eau.

La principale conclusion des calculs est que le volume annuel de ruissellement généré par le site minier dans sa configuration finale, et en conditions climatiques moyennes, dépasse la demande en eau de procédé. Il y a donc un surplus d'eau qui doit être emmagasiné et ensuite évacué. Cette conclusion est cohérente avec le surplus observé effectivement par la mine durant les dernières années d'opération. L'emmagasinement d'une certaine quantité d'eau est aussi nécessaire pour assurer la demande en eau de procédé pendant certaines périodes (surtout l'hiver) quand le ruissellement naturel est réduit ou non-existant.

**Tableau 8 : Sommaire du bilan d'eau du site minier en conditions climatiques moyennes**

Variable	Valeur (Mm <sup>3</sup> /an)
<b>Besoins en eau de procédé</b>	
Eau dans les résidus à la déposition	13,4
Eau pour le système abat-poussière	0,20
Total	13,6
<b>Sources d'eau de procédé autres que le ruissellement</b>	
Eau dans le minerai	0,62
Eau de ressuage des résidus (après consolidation)	5,6
Infiltration d'eau souterraine dans les galeries souterraines et dans la fosse	2,9
Total	9,1
<b>Demande restante en eau de procédé à satisfaire par le ruissellement</b>	<b>4,5</b>
<b>Estimations des volumes en ruissellement</b>	
Parc à résidus	4,2
Haldes à stériles, haldes à minerai	3,3
Fosse et zones drainantes vers la fosse	2,1
Bassins de collecte et leurs bassins versants directs	0,9
Complexe minier et bassin d'urgence	0,2
Total	10,7
<b>Surplus d'eau de contact</b>	<b>6,2</b>
<b>Volume effectivement traité par l'usine de traitement de l'effluent (*)</b>	<b>6,1</b>
<b>Différence entre les volumes emmagasinés au début et à la fin de la simulation</b>	<b>0,1</b>

Notes :

(\*) Il s'agit du volume évacué du bassin Sud-est et du bassin de polissage futur. Si la qualité de l'eau le permet, le volume traité par l'usine de traitement de l'effluent pourra être réduit.



## 5.2 Usine de traitement du minéral

Le modèle du bilan d'eau n'indique aucun déficit d'eau de procédé en conditions climatiques moyennes. La demande en eau de procédé est comblée en moyen à raison de :

- 65 % par le bassin Sud-est;
- 30 % par les galeries souterraines; et
- 5 % par l'eau contenue dans le minéral.

## 5.3 Bassin Sud-est

L'illustration 5 présente l'évolution des niveaux d'eau dans le bassin Sud-est. Le niveau ne dépasse à aucun moment l'élévation du déversoir (325,15 m). L'illustration 6 présente l'évolution des volumes d'eau dans le bassin Sud-est.

L'usine de traitement de l'effluent a opéré pendant 252 jours, en traitant un volume d'eau total de 6,1 Mm<sup>3</sup>. Il est à noter que c'est une évaluation prudente car le bilan n'évalue pas la qualité de l'eau.

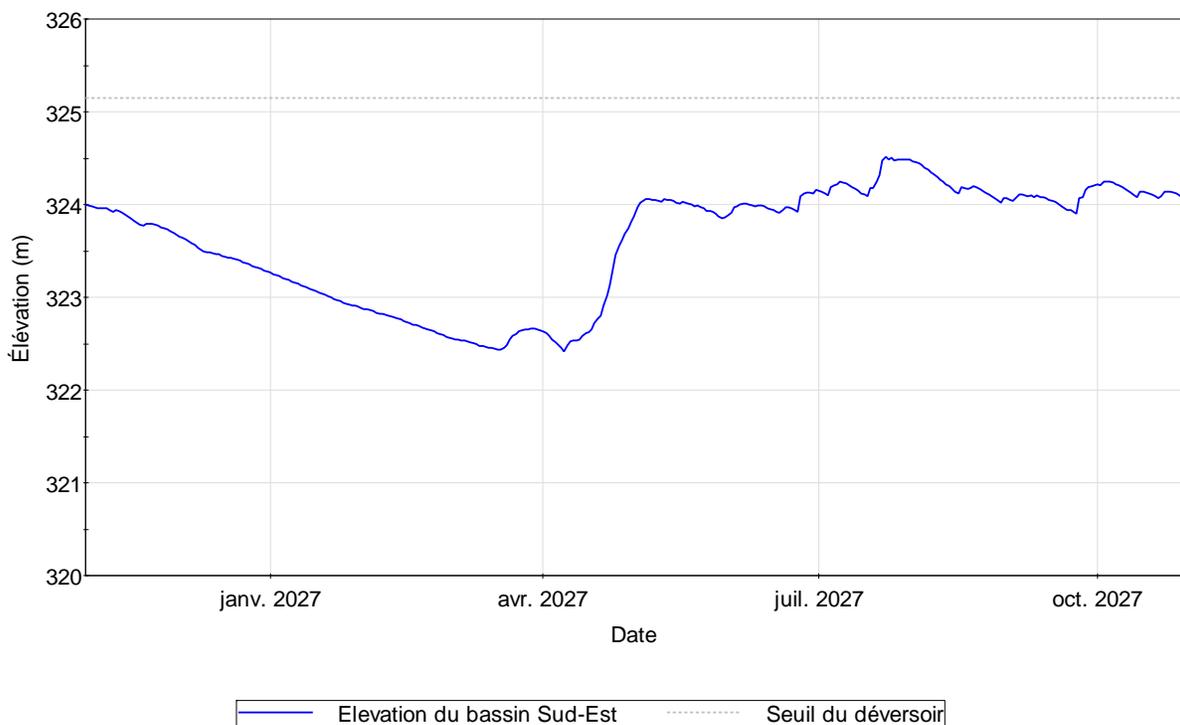


Illustration 5 : Évolution du niveau d'eau dans le bassin Sud-est (conditions climatiques moyennes)

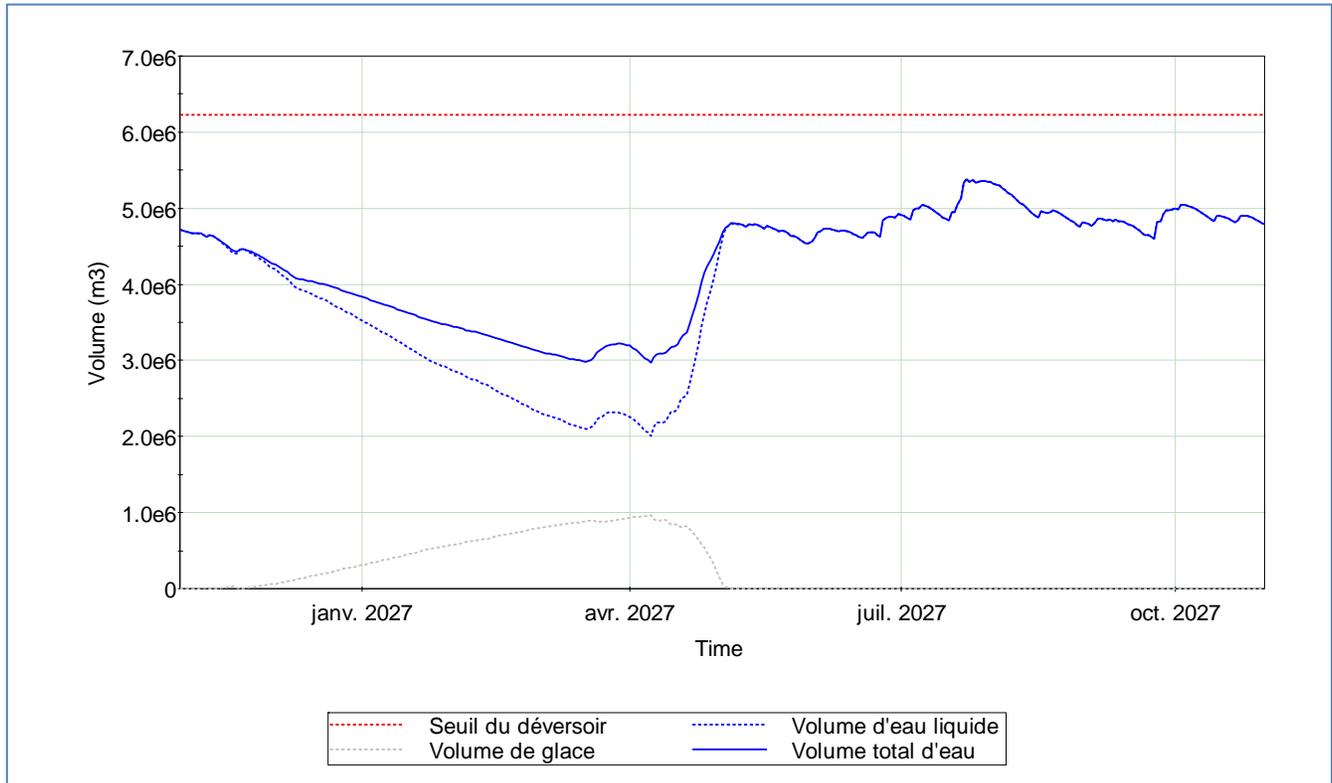


Illustration 6 : Évolution des volumes d'eau dans le bassin Sud-est (conditions climatiques moyennes)

## 5.4 Bassins de pompage Nord-est, Est et Sud-ouest

En conditions climatiques moyennes, le modèle n'estime aucune accumulation d'eau significative dans les trois bassins de pompage. Les capacités de pompage prévues dans les trois bassins sont suffisantes pour pomper les entrées d'eau à l'intérieur de la journée même.

## 5.5 Fosse

L'illustration suivante présente l'évolution des niveaux d'eau souterraine autour de la fosse. Le pompage pendant la période hivernale a baissé le niveau d'eau jusqu'à 70 m sous le fond de la fosse. Néanmoins, les apports d'eau liés à la fonte printanière font monter le niveau d'eau au-delà du fond de la fosse et estiment une inondation pendant 4 jours de la fosse. Le niveau d'eau reste pendant 27 jours au-dessus de la limite de 10 m sous le niveau de la fosse; au-dessus de cette limite, les activités de minage pourraient être affectées. Le volume d'eau maximal au-dessus du fond de la fosse est estimé à 22 500 m<sup>3</sup>.

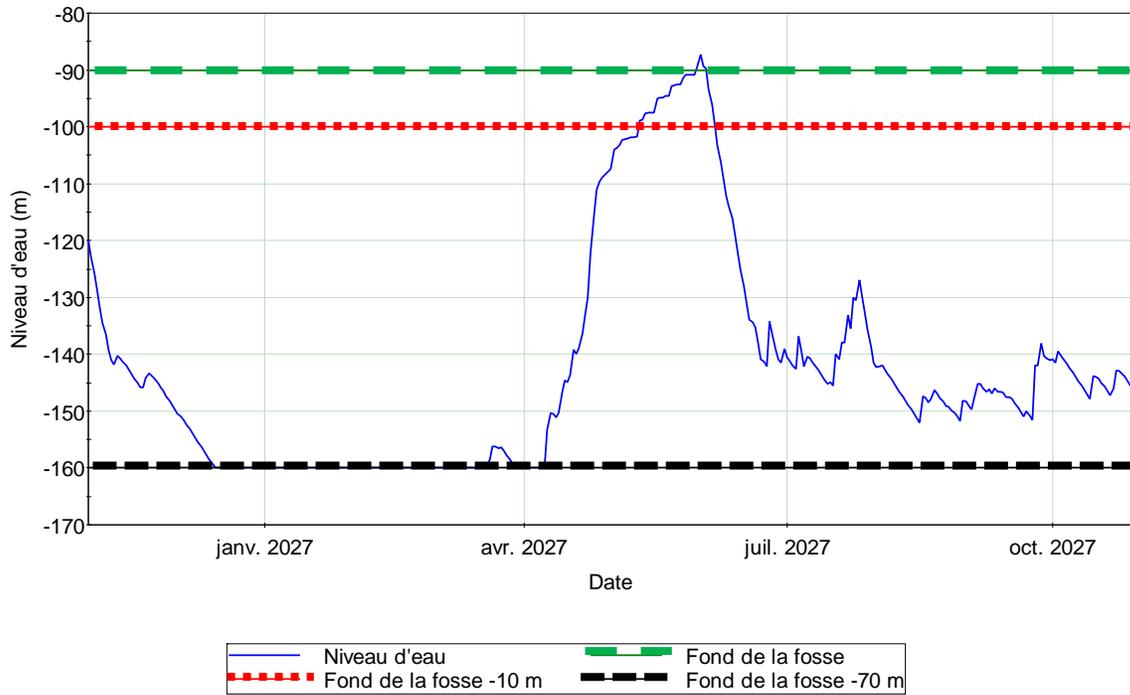


Illustration 7 : Évolution des niveaux d'eau souterraine autour de la fosse (conditions climatiques moyennes)

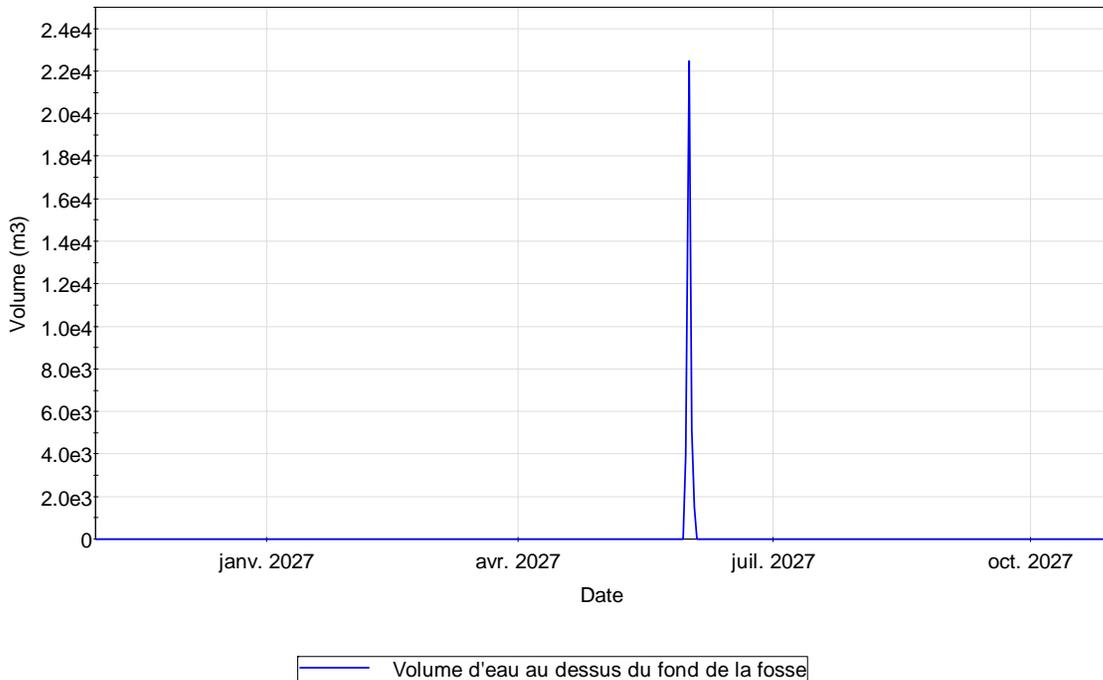


Illustration 8 : Évolution du volume d'eau au-dessus du fond de la fosse (conditions climatiques moyennes)



Il existe un surplus d'eau pendant des conditions climatiques moyennes sur le site. Ce surplus implique que des volumes d'eau plus importants s'accumuleraient dans la fosse pendant les années plus humides. Les points suivants expliquent davantage ce résultat et permettent de proposer des solutions que la mine pourrait possiblement mettre en place :

- Le modèle du bilan d'eau suppose une concentration très rapide du ruissellement dans les galeries souterraines. Le modèle ne considère ni le retardement causé par l'infiltration dans la masse stériles, prévues être entreposer dans la fosse, ni la rétention en surface dans différents points bas à l'intérieur de la fosse. Cette approche est prudente et tend à surestimer les volumes d'eau maximaux dans la fosse.
- Nonobstant le point précédent, la Mine prévoit gérer l'eau excédentaire en utilisant la fosse comme réservoir temporaire.
- Tel que rapporté par Osisko, l'expérience des années d'opération précédentes semble montrer que la qualité de l'eau accumulée pendant les crues dans la fosse ou dans le bassin Sud-est pourrait être conforme aux exigences réglementaires, ce qui permettrait un pompage direct vers le bassin de polissage futur, suivi par une évacuation vers l'environnement. Également, le modèle ne prend pas actuellement en compte les variations de taux de traitement de l'usine de traitement de l'effluent; les taux pourraient être plus importants lors des événements de crue étant donné qu'il est possible que la qualité d'eau se voit améliorée. Les niveaux d'eau pourraient donc être abaissés plus rapidement que l'estimation actuelle par le modèle. Des capacités de pompage supplémentaires pourraient toutefois être nécessaires pour qu'une évacuation plus rapide soit possible.
- Il est important de noter que l'accumulation d'eau excédentaire dans la fosse est un problème spécifiquement lié à l'opération minière. Il ne s'agit pas d'un risque pour l'environnement.

## 5.6 Flux d'eau vers l'environnement

Le tableau 9 présente les flux d'eau annuels vers l'environnement en provenance de surfaces considérées dans le bilan d'eau. On note que le déversement du bassin de polissage futur est le seul point d'effluent final du site minier. Le fossé de dérivation Sud est un fossé d'eau fraîche seulement.

**Tableau 9 : Flux d'eau vers l'environnement en conditions climatiques moyennes**

Flux d'eau vers environnement	Valeur (Mm <sup>3</sup> /an)
Surfaces naturelles drainant vers le ruisseau Mainville par le fossé de dérivation Sud	2,6 (somme des deux valeurs suivantes)
Déversement libre du bassin Johnson	1,2
Pompage de la zone humide à l'ouest du chemin du Concasseur	1,4
Déversement du bassin de polissage futur vers le ruisseau Raymond	6,2



## **6.0 RÉSULTATS DE MODÉLISATION – SPECTRE DE CONDITIONS CLIMATIQUES**

Les données climatiques historiques disponibles pour la station de Val-d'Or ont servi à la vérification de la performance du système de gestion des eaux selon un spectre plus large de conditions climatiques. Le bilan d'eau pour les conditions ultimes du site minier a simulé 58 années de données climatiques correspondant aux données historiques se situant entre 1954 et 2012. La performance du système de gestion des eaux a été évaluée en ce qui concerne :

- la capacité d'assurer la demande en eau de procédé même pendant les années sèches;
- la capacité de contrôler en conditions humides les niveaux d'eau dans les bassins de surface pour empêcher une évacuation d'eau potentiellement contaminée sans traitement préalable;
- la capacité de contrôler en conditions humides le niveau d'eau dans la fosse.

### **6.1 Sommaire du bilan d'eau**

Le tableau 10 présente le sommaire du bilan d'eau pour quatre années de données climatiques qui couvrent l'intervalle allant de conditions très sèches aux conditions très humides. Deux conclusions s'imposent :

- Le bilan d'eau du site minier estime un surplus d'eau, et ce, même pendant des conditions climatiques très sèches (environ 1 :100 ans).
- Le surplus d'eau pendant des conditions climatiques très humides (environ 1 :100 ans) dépasse la capacité d'alimentation (pompage) de l'usine de traitement de l'effluent utilisée pour la modélisation (voir tableau 5), et ce, même en supposant une opération en continu pendant toute l'année. La mine augmentera la capacité effective de traitement en fonction des besoins, suivant un plan d'action préétabli.



**Tableau 10 : Sommaire du bilan d'eau du site minier en conditions climatiques humides et sèches**

Variable	Valeur (Mm <sup>3</sup> )		
<b>Besoins en eau de procédé</b>			
Eau dans les résidus à la déposition	13,4		
Eau pour le système abat poussière	0,20		
Total	13,6		
<b>Sources d'eau de procédé autres que le ruissellement</b>			
Eau dans le minerai	0,62		
Eau de ressuage des résidus	5,6		
Infiltration d'eau souterraine dans les galeries souterraines et dans la fosse	2,9		
Total	9,1		
<b>Demande restante en eau de procédé à remplir par le ruissellement</b>	<b>4,5</b>		
<b>Estimations des volumes en ruissellement</b>	<b>Conditions climatiques (période de retour approximative, voir note 1)</b>		
	Sèches 1 :100 ans	Humides 1 :10 ans	Humides 1 :100 ans
Parc à résidus	3,0	5,2	5,7
Haldes à stériles, haldes à minerai	2,2	3,9	4,5
Fosse et zones drainantes vers la fosse	1,6	2,5	2,8
Bassins de collecte et leurs bassins versants directs	0,4	1,1	1,4
Complexe minier et bassin d'urgence	0,2	0,3	0,3
Total	7,4	13,0	14,7
<b>Surplus d'eau de contact</b>	<b>2,9</b>	<b>8,5</b>	<b>10,2</b>
<b>Volume effectivement traité par l'usine de traitement de l'effluent</b>	<b>4,1</b>	<b>6,6</b>	<b>6,5</b>
<b>Différence entre les volumes emmagasinés au début et à la fin de la simulation</b>	<b>-1,2</b>	<b>1,9</b>	<b>3,7</b>

Notes :

1. Les périodes de retour pour chaque simulation ont été estimées à partir d'une analyse de fréquence sur les volumes totaux de ruissellement pour chaque simulation. Les périodes de retour indiquées sont approximatives et ont été arrondies.

## 6.2 Usine de traitement du minerai

Le modèle du bilan d'eau n'indique aucun déficit d'eau de procédé pour les 58 années de données climatiques testées. Ce résultat est une conséquence des règles d'opération, qui arrêtent l'évacuation de l'eau par traitement si le niveau d'eau dans le bassin Sud-est baisse en dessous de certaines limites. Le résultat est sensible par rapport aux hypothèses faites concernant le comportement hydrologique des résidus en période



hivernale (pourcentage de gèle éventuel de l'eau de ressauge, volume de fonte de neige sur la plage active, etc.). Il est recommandé de collecter les données pertinentes pour vérifier ce résultat.

### 6.3 Bassin Sud-est

Les niveaux d'eau au bassin Sud-est restent clairement en dessous du seuil du déversoir. Aucun déversement n'a eu lieu du bassin Sud-est pendant les 58 années simulées.

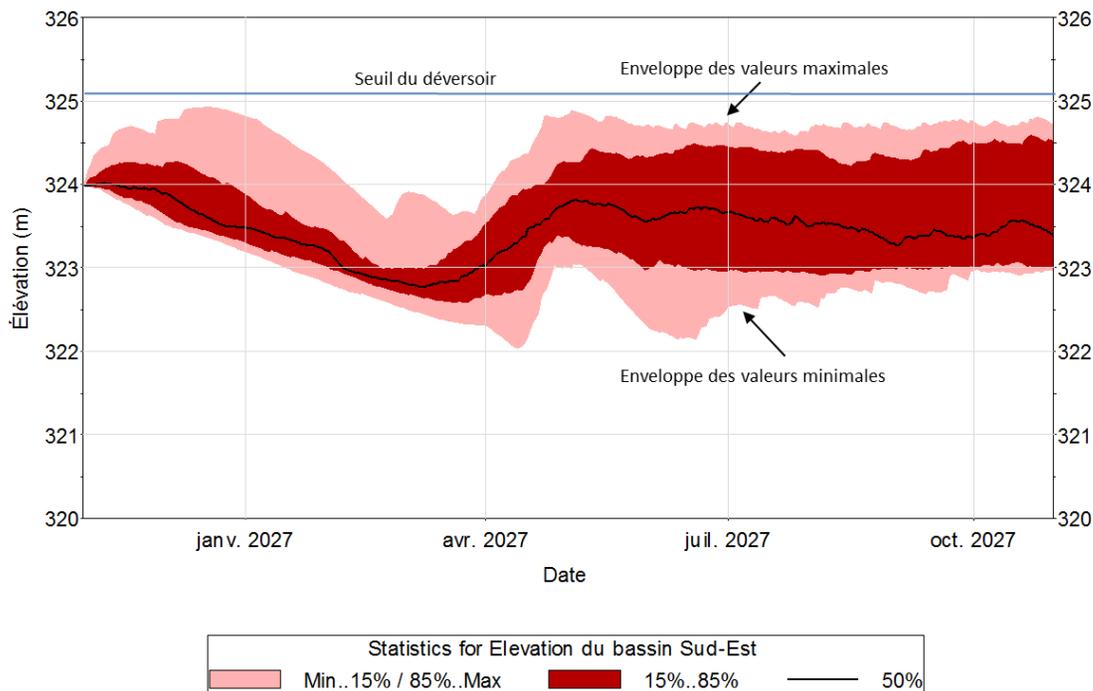


Illustration 9 : Statistique de l'évolution du niveau d'eau dans le bassin Sud-est (58 années de données climatiques)

### 6.4 Bassins de pompage Nord-est, Est et Sud-ouest

Aucun débordement vers l'environnement n'a eu lieu des trois bassins de pompage. Des accumulations d'eau de courte durée sont observées après des événements pluvieux très intenses, mais ces accumulations ne dépassent pas la capacité d'emmagasinement prévue.

### 6.5 Fosse

Les résultats montrent qu'il existe une possibilité que les surplus d'eau causent des problèmes pour l'opération minière. Par exemple, dans la configuration finale du site, atteinte à la toute fin de l'opération, pour près de 30 % des années climatiques historiques, le fond de la fosse serait inondé durant plus de 30 jours.

Toutefois, il est important de noter que les volumes maximaux de surplus d'eau (autour de 1,8 Mm<sup>3</sup> pour la condition extrême parmi les 58 années analysées) sont très inférieurs à la capacité théoriquement disponible dans les deux secteurs de la fosse (Canadian Malartic ou Barnat). Par exemple, le secteur Canadian Malartic a une capacité d'emmagasinement potentiel de 47 Mm<sup>3</sup> sous le seuil qui la sépare du secteur Barnat.



## 7.0 RÉSULTATS DE MODÉLISATION – SELON LA DIRECTIVE 019

La vérification de la performance du système de gestion des eaux durant la crue définie par la directive 019 pour l'industrie minière se concentre sur les niveaux d'eau et les débordements potentiels des différents bassins collecteurs sur le site minier.

### 7.1 Bassin Sud-est

La simulation de l'événement de crue définie par la directive 019 estime un niveau d'eau maximal dans le bassin Sud-est de 325,15 m, soit sous le seuil du déversoir (illustration 10). Pour contenir ou gérer sans déversement cet événement, les opérateurs du système de gestion des eaux devraient :

- arrêter le pompage du bassin de pompage Nord-est vers le bassin Sud-est si le niveau d'eau dans le bassin Sud-est est plus haut que 324,0 m et si, en même temps, des accumulations de neige beaucoup plus importantes que la moyenne sont observées sur le site minier;
- cibler, en début de crue printanière, un niveau d'eau de 320,87 m en cas d'accumulation de neige exceptionnelle sur le site minier; et
- cibler un niveau d'eau maximal de 324,3 m pour le reste de la saison été-automne.

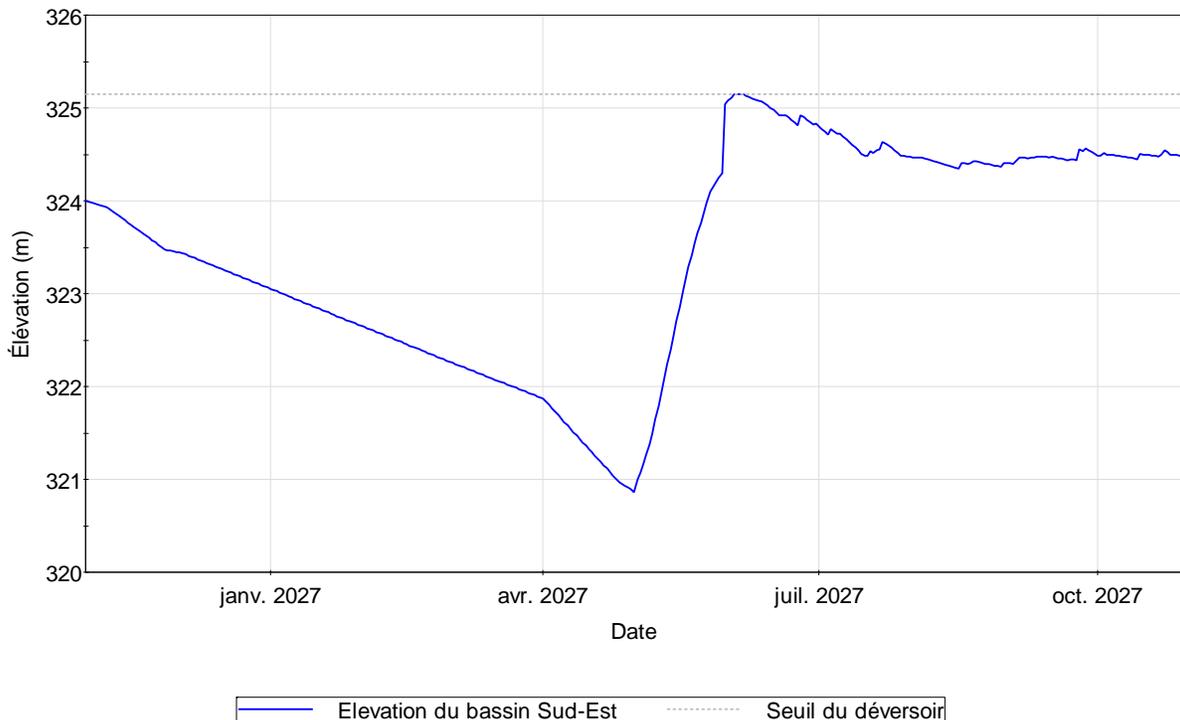


Illustration 10 : Évolution des niveaux d'eau dans le bassin Sud-est (conditions climatiques Directive 019)



## **7.2 Bassins de pompage Nord-est, Est et Sud-ouest**

Les bassins de pompage Nord-est, Est et Sud-ouest ont été conçus pour contenir et/ou gérer par pompage une crue de 1 :100 ans.

Il est prévu de construire les trois bassins principalement par excavation et de les munir de structures appropriées de gestion, tels des déversoirs d'urgence.

## **8.0 CONCLUSIONS**

Le plan conceptuel de gestion des eaux présenté dans ce document vise à limiter les risques pour l'environnement ainsi que pour l'opération minière. Le plan a été préparé en conformité avec les règlements en vigueur. Les structures de gestion des eaux ont été conçues afin de limiter la surface affectée par l'activité minière. Le transport de l'eau par gravité, plus fiable et comportant moins de risques, a été utilisé en priorité. La recirculation de l'eau de procédé a été maximisée pour effectuer le traitement du minerai; il n'y a presque aucune consommation d'eau fraîche provenant de l'extérieur du site minier. Le point d'effluent unique facilite la vérification de la conformité de la qualité de l'eau avec les exigences réglementaires avant son rejet dans l'environnement.

Les principaux résultats de l'étude du bilan d'eau du site minier pour les conditions ultimes du site sont :

- Le volume annuel de ruissellement généré par le site minier, pendant les dernières années d'opération, dans sa configuration finale et en conditions climatiques moyennes, dépasse la demande en eau de procédé. Il y a donc un surplus d'eau qui doit être emmagasiné et évacué.
- Le site peut répondre à la demande en eau de procédé même en situations climatiques sèches par la gestion prudente de l'eau pendant la période hivernale. Cette gestion prudente pendant cette période doit prendre en considération le gèle éventuel de l'eau de ressuage ainsi que le volume de fonte de neige sur la plage active.
- Les niveaux d'eau dans le bassin Sud-est peuvent être maintenus sous le niveau du déversoir d'urgence même en situation climatique très humide sous la condition de la mise en place d'un système strict de règles d'opération concernant le fonctionnement et la capacité des stations de pompage et de la station de traitement des eaux.
- La conclusion précédente est valide pour l'événement de crue définie par la directive 019 aussi. Les niveaux dans le bassin Sud-est à cibler pour pouvoir contenir et gérer cet événement sont 320,87m pour le début de la fonte printanière et de 324,3 m pour la période estivale. En plus, il faudrait arrêter le pompage du bassin Nord-est vers le bassin Sud-est si le niveau d'eau dans le bassin Sud-est est plus haut que 324,0 m et si, en même temps, des accumulations de neige beaucoup plus importantes que la moyenne sont observées sur le site minier.
- Le système de fossés collecteurs et de bassins de pompage a été conçu selon une période de retour de 100 ans.
- La gestion des eaux dans la fosse est estimée être le défi principal du système de gestion des eaux sur le site minier. Des quantités importantes d'eau excédentaires pourraient s'accumuler dans la fosse à une



fréquence relativement élevée et pour des périodes allant jusqu'à plusieurs mois. CMGP dispose de plusieurs solutions dont les suivantes :

- CMGP pourrait gérer l'eau excédentaire en utilisant soit le secteur Canadian Malartic, soit le secteur Barnat de la fosse comme des réservoirs temporaires pour protéger la fosse active au moment de l'opération.
- Selon Osisko, l'expérience des années d'opération précédentes semble montrer que la qualité de l'eau accumulée pendant les crues dans la fosse ou dans le bassin Sud-est pourrait être conforme aux exigences réglementaires, ce qui permettrait un pompage direct vers le bassin de polissage futur, suivi par une évacuation vers l'environnement. Également, le modèle ne prend pas actuellement en compte les variations de taux de traitement de l'usine de traitement de l'effluent; les taux pourraient être plus importants lors des événements de crue, si la qualité d'eau se voit améliorée. Les niveaux d'eau pourront donc être abaissés plus rapidement que l'estimation actuelle par le modèle. Des capacités de pompage supplémentaires pourraient toutefois être nécessaires pour qu'une évacuation plus rapide soit possible.
- Il est important de noter que l'accumulation d'eau excédentaire dans la fosse est un problème spécifiquement lié à l'opération minière. Il ne s'agit pas d'un risque pour l'environnement.

### 9.0 LIMITATIONS ET INCERTITUDES

- Le plan conceptuel de gestion des eaux et le modèle du bilan d'eau sont basés sur notre compréhension de la planification minière et du projet global. Ils ne tiennent pas compte des différentes limitations relativement aux opérations minières, ou du moins en tiennent compte seulement au meilleur de notre connaissance.
- La configuration du site minier (topographie, empreintes des infrastructures, courbes de capacités des bassins, etc.) ainsi que les données et les règles d'opération considérées dans le modèle numérique ont été documentées dans ce rapport. Des changements pourraient avoir des impacts importants sur les résultats présentés.
- Il a été supposé que les statistiques climatiques de la station météorologique de Val-d'Or sont représentatives pour le site minier Canadian Malartic. Des différences possibles entre les deux sites pourraient résulter en un impact sur les résultats présentés, qui est estimé toutefois d'avoir une faible portée.
- L'algorithme et les paramètres du modèle de précipitation-ruissellement sont des estimations. Des propriétés hydrologiques différentes modifieraient les résultats du modèle numérique. Cela est vrai aussi pour les hypothèses faites sur le comportement hydrologique des résidus en situation hivernale.



## 10.0 SIGNATURES

### GOLDER ASSOCIÉS LTÉE

João Paulo Lutti  
Spécialiste Ressources en eau

Vlad Rojanschi, ing., Dr.-Ing.  
Ingénieur Ressources en eau, Associé

Mayana Kissiova, ing., M.Ing.  
Associée principale et Directrice de projet

FF/VR/AG/MK/tca

Golder, Golder Associés et le concept GA sur son logo sont des marques de commerce de Golder Associates Corporation.

\\golder.gds\gal\montreal\actif\2013\1221\13-1221-0020 osisko - expansion mine malartic\5 préparation livrables\phase 4000 hydrologie\048-13-1221-0020-4020-planconcept.bilaneau\rev2\048-13-1221-0020-4020-rf-rev2.docx



## **11.0 RÉFÉRENCES**

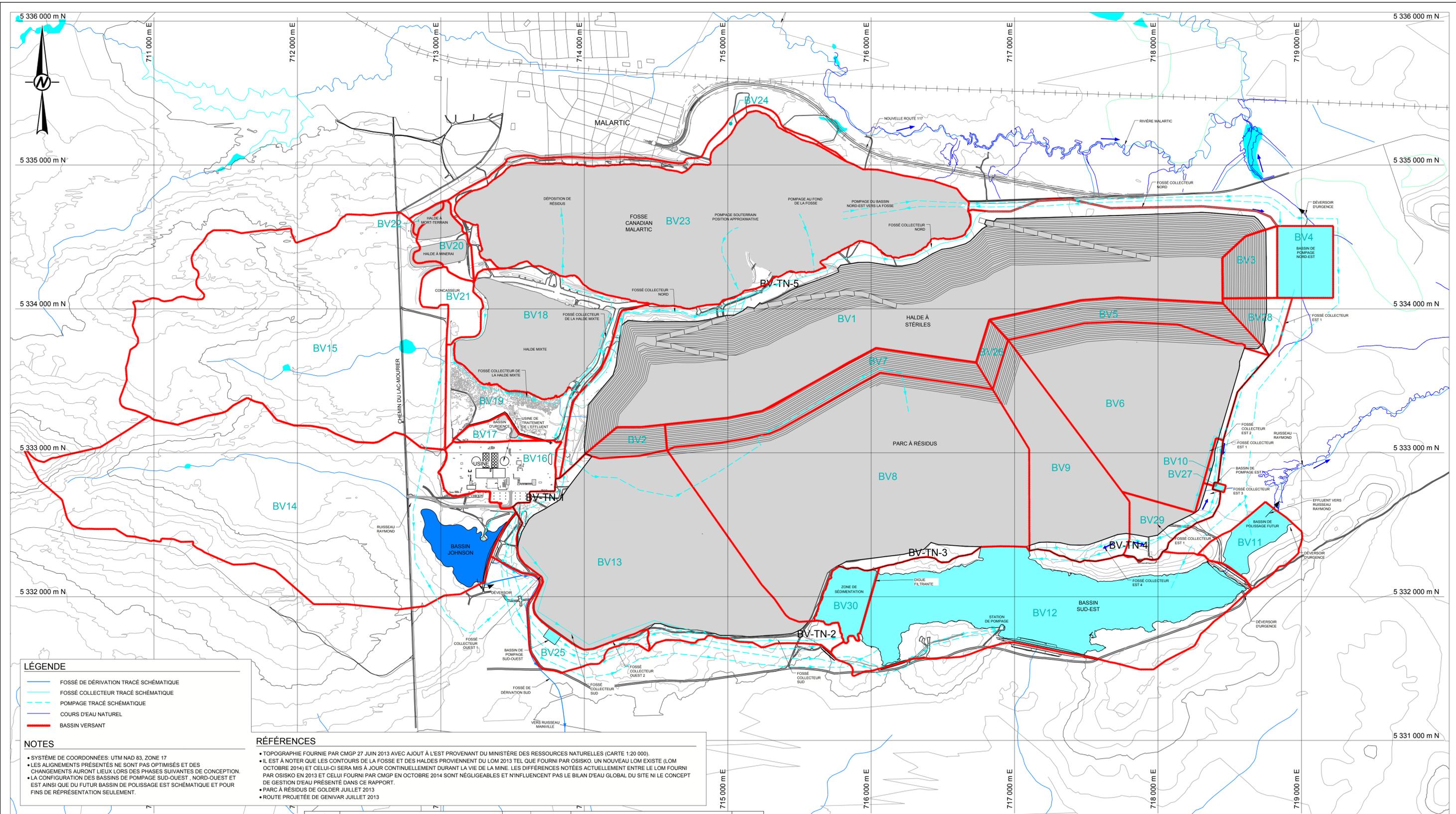
- Bonin, Demers-Michaël, Nuth, Mathieu, Cabral, Alexandre, Dagenais, Anne-Marie, 2013 *Assessment of the consolidation behaviour of thickened tailings including self-weight effects*, Geo Montreal 2013.
- Goldsim, 2014. Version 11.0.7. Février 2014. [www.goldsim.com](http://www.goldsim.com), Goldsim Technology Group.
- Golder Associés Ltée, 2013. *Plan conceptuel de gestion des eaux du site minier Canadian Malartic pour la demande de modification phase II*. no. réf. : 002-13-1221-0085-2010.
- Golder Associés Ltée, 2014a. *Mise à jour de l'évaluation des débits d'exhaure et des impacts potentiels sur les niveaux des eaux souterraines de la mine Canadian Malartic, Malartic (Québec)*. no. réf. : 002-12-1221-0025-2000.
- Golder Associés Ltée, 2014b. *Plan de déposition 2014. Extension Canadian Malartic, Malartic, Québec*. no. réf. : 066-13-1221-0020-3030.
- MDDEFP, 2012. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, mars 2012. *Directive 019 sur l'industrie minière*.
- Corporation minière Osisko, 2013a. *Figure bilan d'eau Canadian Malartic 2012*, Communication électronique de Christine Baribeau, le 27 Juin 2013.
- Corporation minière Osisko, 2013b. Communication électronique avec Patrick Frenette (Osisko), le 11 Juillet 2013.
- Corporation minière Osisko, 2013c. Communication électronique avec Carl Pednault (Osisko), le 27 Août 2013.
- Corporation minière Osisko, 2013d. Communication électronique avec Carl Pednault (Osisko), le 28 Janvier 2013.
- Corporation minière Osisko, 2013e. Diverses communications verbales avec des représentants d'Osisko.



# **ANNEXE A**

## **Plans conceptuels de gestion des eaux du site minier Canadian Malartic – Conditions ultimes**





- LÉGENDE**
- FOSSE DE DÉRIVATION TRACÉ SCHEMATIQUE
  - FOSSE COLLECTEUR TRACÉ SCHEMATIQUE
  - POMPAGE TRACÉ SCHEMATIQUE
  - COURS D'EAU NATUREL
  - BASSIN VERSANT

**NOTES**

- SYSTÈME DE COORDONNÉES: UTM NAD 83, ZONE 17
- LES ALIGNEMENTS PRÉSENTÉS NE SONT PAS OPTIMISÉS ET DES CHANGEMENTS AURONT LIEUX LORS DES PHASES SUIVANTES DE CONCEPTION
- LA CONFIGURATION DES BASSINS DE POMPAGE SUD-OUEST, NORD-OUEST ET EST AINSI QUE DU FUTUR BASSIN DE POLISSAGE EST SCHEMATIQUE ET POUR FINS DE REPRÉSENTATION SEULEMENT.

**RÉFÉRENCES**

- TOPOGRAPHIE FOURNIE PAR CMGP 27 JUILLET 2013 AVEC AJOUT À L'EST PROVENANT DU MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES (CARTE 1:20 000).
- IL EST À NOTER QUE LES CONTOURS DE LA FOSSE ET DES HALDES PROVIENNENT DU LOM 2013 TEL QUE FOURNI PAR OSISKO. UN NOUVEAU LOM EXISTE (LOM OCTOBRE 2014) ET CELUI-CI SERA MIS À JOUR CONTINUÉMENT DURANT LA VIE DE LA MINE. LES DIFFÉRENCES NOTÉES ACTUELLEMENT ENTRE LE LOM FOURNI PAR OSISKO EN 2013 ET CELUI FOURNI PAR CMGP EN OCTOBRE 2014 SONT NÉGLIGEABLES ET N'INFLUENCENT PAS LE BILAN D'EAU GLOBAL DU SITE NI LE CONCEPT DE GESTION D'EAU PRÉSENTÉ DANS CE RAPPORT.
- PARC À RÉSIDUS DE GOLDER JUILLET 2013
- ROUTE PROJETÉE DE GENIVAR JUILLET 2013

Numéro d'identification	Description (Surface / Direction de drainage)	Aires (km2)	Numéro d'identification	Description (Surface / Direction de drainage)	Aires (km2)
BV6	Parc à résidus / Fosse collecteur Est 1	1,35	BV23-BV24	Aire de drainage de la fosse / Fosse	2,83
BV10-BV29	Parc à résidus / Fosse collecteur Est 2 et Est 3	0,20		<b>Halde à minéral</b>	
BV9	Parc à résidus / Fosse collecteur Est 4	0,70	BV18	Bassin versant de la halde à minéral / Fosse collecteur Nord	0,79
BV8	Parc à résidus / BSE (drainage direct)	2,50	BV19	Terrain naturel de la halde à minéral / Fosse collecteur Nord	0,30
BV13	Parc à résidus / Fosse collecteur Sud	1,95		<b>HALDE À MINÉRAUX AIRE TOTALE</b>	<b>1,89</b>
	<b>PARC À RÉSIDUS AIRE TOTALE</b>	<b>6,72</b>	BV4	Bassin versant du bassin Nord-Est / Bassin Nord-Est	0,20
	<b>Halde à stériles</b>		BV27	Bassin versant du bassin Est / Bassin Est	0,004
BV1	Halde à stériles / Fosse collecteur Nord	3,46	BV25	Bassin versant du bassin Sud-Ouest / Bassin Sud-Ouest	0,19
BV23	Halde à stériles / Fosse collecteur Est 1	0,11	BV12-BV30	Bassin versant du bassin Sud-Est / Bassin Sud-Est	1,90
BV2+BV5+BV7	Halde à stériles / Parc à résidus	0,85	BV11	Bassin versant du bassin de polissage / Bassin de polissage	0,23
BV26	Halde à stériles / Parc à résidus	0,16	BV15	Bassin versant de la zone humide / Fosse de dérivation Sud par pompage et l'exédant au fossé collecteur Nord	2,71
BV3	Halde à stériles / BNE (drainage directe)	4,57	BV14	Bassin versant du bassin Johnson / Fosse de dérivation Sud	2,87
	<b>HALDES À STÉRILES AIRE TOTALE</b>	<b>4,57</b>	BV16-BV17	Bassin versant du bassin d'urgence / Bassin d'urgence	0,36
	<b>Zone du concasseur</b>				
BV20	Zone du concasseur / Fosse	0,13			
BV21	Zone du concasseur / Fosse collecteur Nord	0,14			
BV22	Zone du concasseur / Ville de Malartic	0,02			
	<b>ZONE DU CONCASSEUR AIRE TOTALE</b>	<b>0,29</b>			

**CONFIDENTIEL**



CLIENT  
CANADIAN MALARTIC GP

CONSULTANT



AAAA-MM-JJ 2014-11-04  
PROJETÉ F. Filon  
DESSINÉ S. Betnesky  
REVISÉ V. Rojanschi  
APPROUVÉ M. Kissiova

PROJET  
PROJET D'EXTENSION DE LA MINE CANADIAN MALARTIC  
PLAN CONCEPTUEL DE GESTION DES EAUX ET BILAN D'EAU -  
CONDITIONS ULTIMES D'OPÉRATION

TITRE  
**STRUCTURES DE GESTION DES EAUX ET BASSINS VERSANTS**

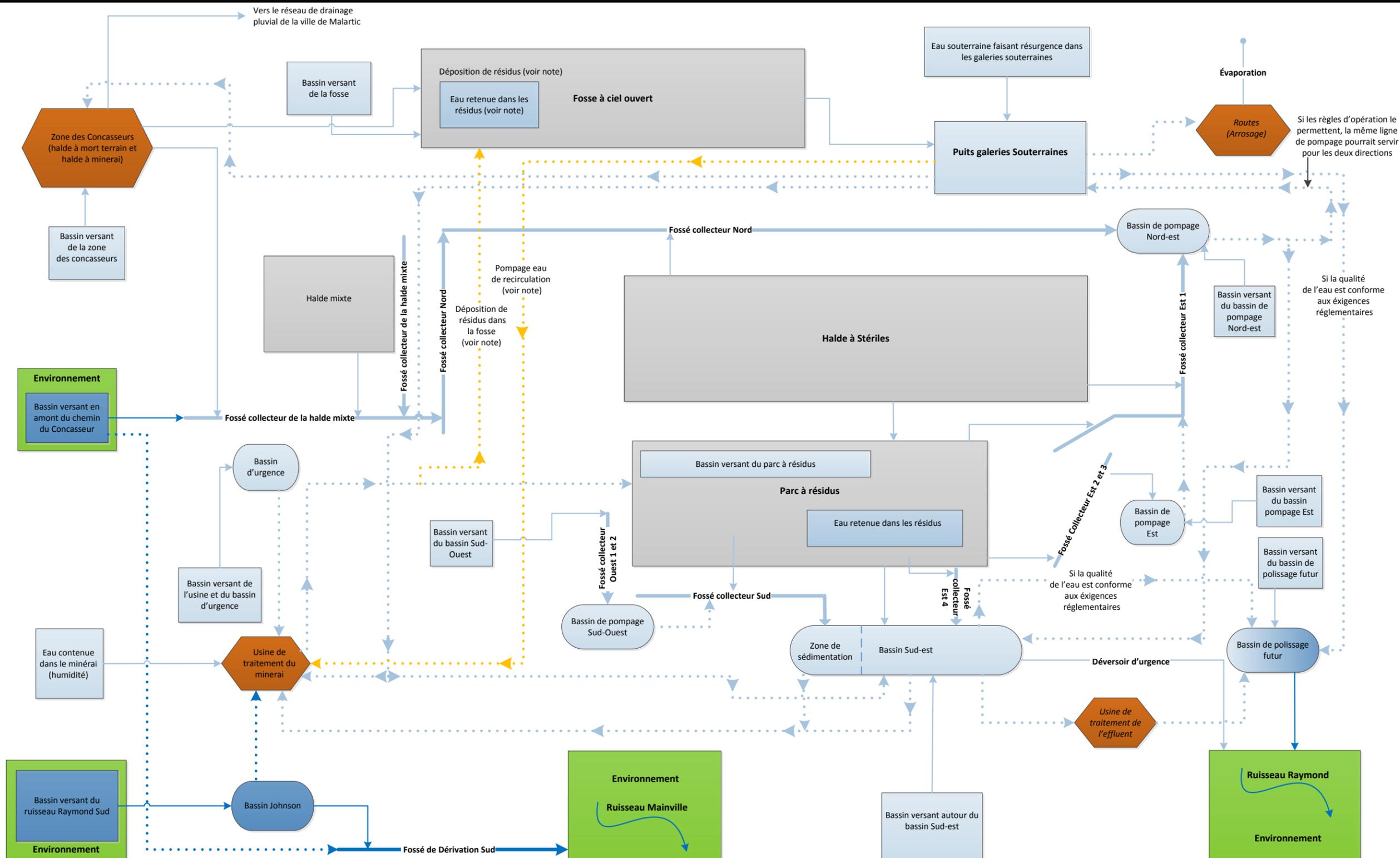
N° PROJET 13-1221-0020 PHASE 4020 Rév. 2

FIGURE 1

Chemin: \\golder\gsg\projets\SISKO\PRODUCTION\13-1221-0020\4020 - Nom du fichier: 1312210020-4020-01.dwg

25 mm - SI LA MESURE NE CORRESPOND PAS À L'ÉCHELLE, LA TAILLE DE LA FEUILLE A ÉTÉ MODIFIÉE - ANS/D





**LÉGENDE**

- ..... Conduite.....
- Fossé gravitaire —
- Cours d'eau naturel
- Batiments / Routes
- Bassins
- Aires des sites / Bassins versants
- Eau propre
- Eau de contact
- Fosse à ciel ouvert / zones de dépositions
- Batiments / Routes
- Environnement

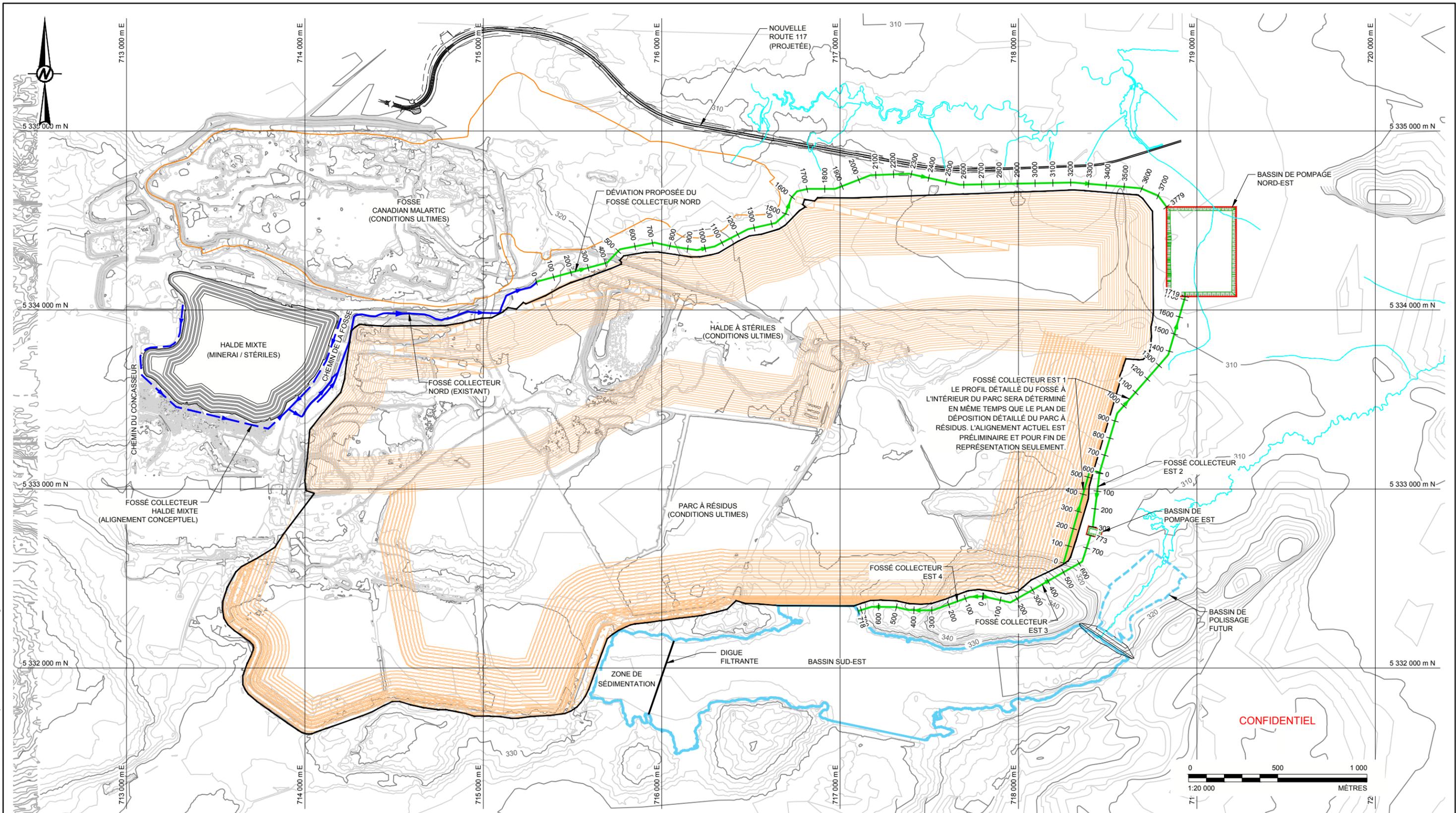
NOTE:  
 Conduite de pompage SEULEMENT s'il y a  
 Déposition de résidus dans la fosse

PROJET PROJET D'EXTENSION DE LA MINE CANADIAN MALARTIC, PLAN CONCEPTUEL DE GESTION DES EAUX ET BILAN D'EAU – CONDITIONS ULTIMES D'OPÉRATION

TITRE **DIAGRAMME DES FLUX**

No. PROJET. 13-1221-0020-4020		No. FICHIER 1312210020-4020-02	
PROJETÉ	V.R.	2013-08-05	REV. 2
DÉSSINÉ	F.F.	2014-08-05	
VÉRIFIÉ	J.-P.L.	2014-11-04	
APPROUVÉ	M.K.	2014-11-04	

**FIGURE 2**



**LÉGENDE**

- FOSSE COLLECTEUR EXISTANT
- - - FOSSE COLLECTEUR PRÉVU (CONCEPT)
- FOSSE COLLECTEUR PROJETÉ
- COURS D'EAU NATUREL

**NOTES**

- SYSTÈME DE COORDONNÉES: UTM NAD 83, ZONE 17
- LES ALIGNEMENTS PRÉSENTÉS NE SONT PAS OPTIMISÉS ET DES CHANGEMENTS AURONT LIEUX LORS DES PHASES SUIVANTES DE CONCEPTION.

**RÉFÉRENCES**

- TOPOGRAPHIE FOURNIE PAR CMGP 27 JUIN 2013 AVEC AJOUT À L'EST PROVENANT DU MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES (CARTE 1:20 000).
- IL EST À NOTER QUE LES CONTOURS DE LA FOSSE ET DES HALDES PROVIENNENT DU LOM 2013 TEL QUE FOURNI PAR OSISKO. UN NOUVEAU LOM EXISTE (LOM OCTOBRE 2014) ET CELUI-CI SERA MIS À JOUR CONTINUUELLEMENT DURANT LA VIE DE LA MINE. LES DIFFÉRENCES NOTÉES ACTUELLEMENT ENTRE LE LOM FOURNI PAR OSISKO EN 2013 ET CELUI FOURNI PAR CMGP EN OCTOBRE 2014 SONT NÉGLIGEABLES ET N'INFLUENT PAS LE BILAN D'EAU GLOBAL DU SITE NI LE CONCEPT DE GESTION D'EAU PRÉSENTÉ DANS CE RAPPORT.
- PARC À RÉSIDUS DE GOLDER JANVIER 2014
- ROUTE PROJETÉE DE GENIVAR JUILLET 2013

CLIENT  
CANADIAN MALARTIC GP

CONSULTANT

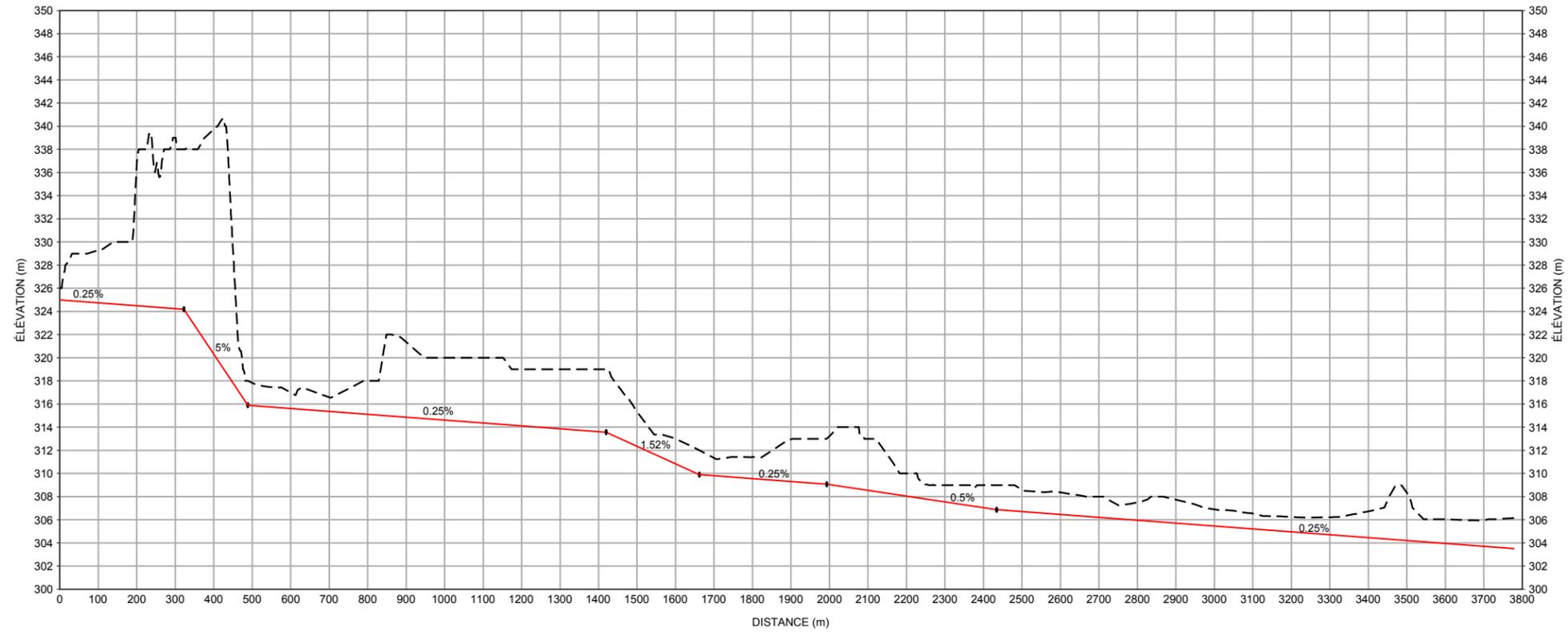


AAAA-MM-JJ	2014-11-04
PROJETÉ	J.P. Lutti
DESSINÉ	S. Betnesky
REVISÉ	V. Rojanschi
APPROUVÉ	M. Kissiova

PROJET  
PROJET D'EXTENSION DE LA MINE CANADIAN MALARTIC  
PLAN CONCEPTUEL DE GESTION DES EAUX ET BILAN D'EAU -  
CONDITIONS ULTIMES D'OPÉRATION

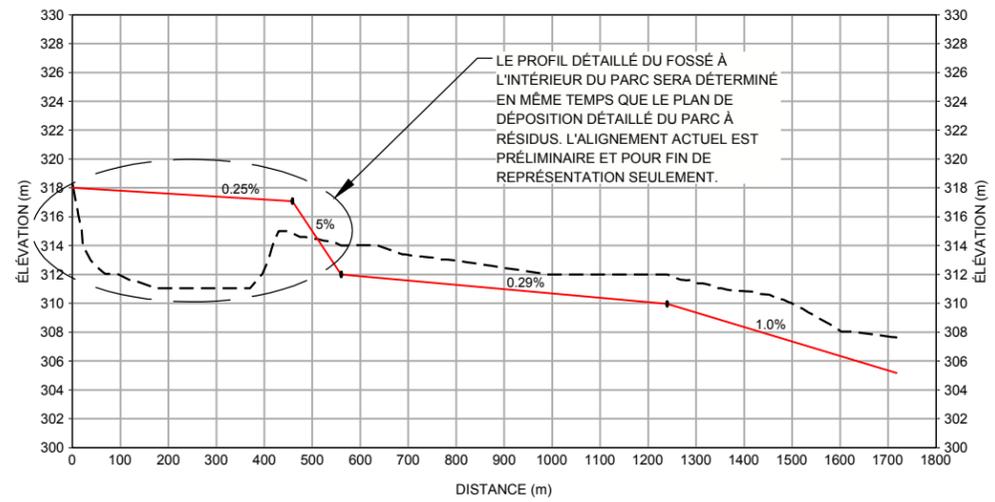
TITRE  
**CONCEPT DU SYSTÈME DE DRAINAGE AU NORD ET À L'EST DU PARC  
À RÉSIDUS ET DE LA HALDE À STÉRILES - VUE EN PLAN**

N° PROJET	PHASE	Rév.	FIGURE
13-1221-0020	4020	2	3



ÉCHELLE HORIZONTALE 1 : 15 000  
ÉCHELLE VERTICALE 1 : 500

- 1 -  
DÉVIATION FOSSÉ COLLECTEUR NORD



ÉCHELLE HORIZONTALE 1 : 15 000  
ÉCHELLE VERTICALE 1 : 500

- 1 -  
FOSSÉ COLLECTEUR EST 1

CONFIDENTIEL

CLIENT  
CANADIAN MALARTIC GP

CONSULTANT



AAAA-MM-JJ	2014-11-04
PROJETÉ	J.P. Lutti
DESSINÉ	S. Betnesky
REVISÉ	V. Rojanschi
APPROUVÉ	M. Kissiova

PROJET  
PROJET D'EXTENSION DE LA MINE CANADIAN MALARTIC  
PLAN CONCEPTUEL DE GESTION DES EAUX ET BILAN D'EAU -  
CONDITIONS ULTIMES D'OPÉRATION

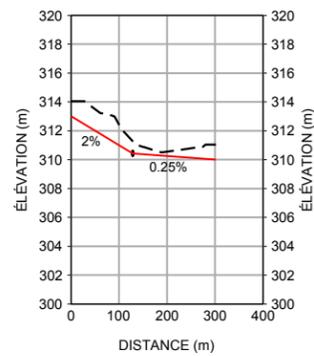
TITRE  
CONCEPT DU SYSTÈME DE DRAINAGE AU NORD ET À L'EST DU PARC À RÉSIDUS  
ET DE LA HALDE À STÉRILES - PROFILS LONGITUDINAUX FOSSÉ COLLECTEUR  
NORD ET FOSSÉ COLLECTEUR EST 1

N° PROJET  
13-1221-0020

PHASE  
4020

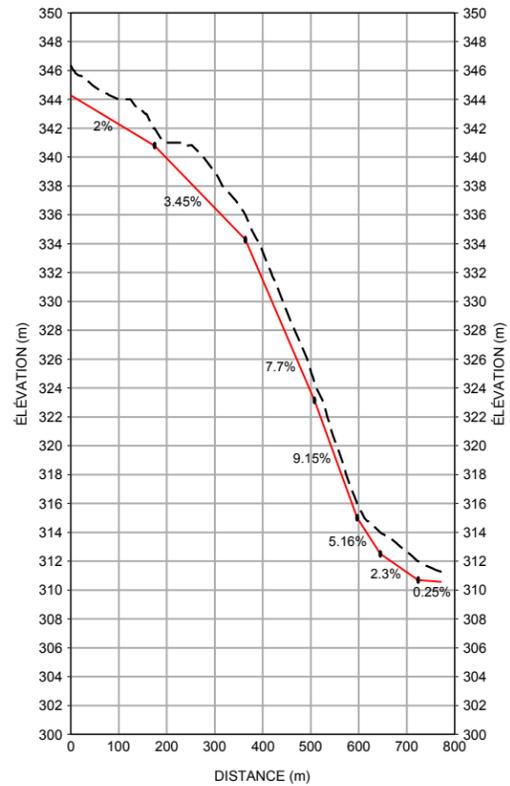
Rév.  
2

FIGURE  
4



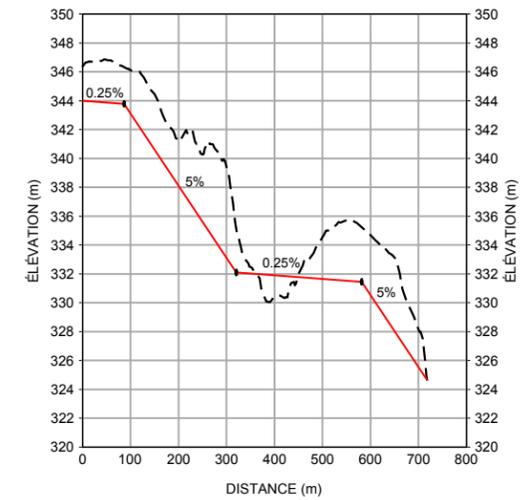
ÉCHELLE HORIZONTALE 1 : 15 000  
ÉCHELLE VERTICALE 1 : 500

FOSSÉ COLLECTEUR EST 2



ÉCHELLE HORIZONTALE 1 : 15 000  
ÉCHELLE VERTICALE 1 : 500

FOSSÉ COLLECTEUR EST 3



ÉCHELLE HORIZONTALE 1 : 15 000  
ÉCHELLE VERTICALE 1 : 500

FOSSÉ COLLECTEUR EST 4

CONFIDENTIEL

CLIENT  
CANADIAN MALARTIC GP

CONSULTANT



AAAA-MM-JJ	2014-11-04
PROJETÉ	J.P. Lutti
DESSINÉ	S. Betnesky
REVISÉ	V. Rojanschi
APPROUVÉ	M. Kissiova

PROJET  
PROJET D'EXTENSION DE LA MINE CANADIAN MALARTIC  
PLAN CONCEPTUEL DE GESTION DES EAUX ET BILAN D'EAU -  
CONDITIONS ULTIMES D'OPÉRATION

TITRE  
CONCEPT DU SYSTÈME DE DRAINAGE AU NORD ET À L'EST DU PARC À RÉSIDUS  
ET DE LA HALDE À STÉRILES - PROFILS LONGITUDINAUX FOSSÉS COLLECTEURS  
EST 2, EST 3 ET EST 4

N° PROJET  
13-1221-0020

PHASE  
4020

Rév.  
2

FIGURE  
5



# **ANNEXE B**

## **Analyses climatiques**





## ANNEXE B

### Revue de la littérature et synthèse de la compilation des données hydrologiques - Confidentiel

L'objectif de cette annexe est d'établir un inventaire des variables climatiques recueillies à partir de données obtenues de différentes organisations gouvernementales. Les variables climatiques traitées comprennent les précipitations, la température, le vent, l'évaporation en lacs, l'évapotranspiration, les caractéristiques du couvert de neige et de la couche de glace.

Les données collectées aux stations d'Environnement Canada (EC) ont été utilisées. Notamment, la station météorologique de Val-d'Or (EC ID 7098600, coordonnées 48°03' N, 78°47' O) à 23 km du site de la mine (coordonnées géographiques 48°06' N, 78°07' O), a servi à la création de la base de données. Les données suivantes sont disponibles pour cette station:

- 1951-2012 : températures moyennes pour un pas de temps journalier (EC, 2013).
- 1951-1995 et 2010-2012 : précipitations liquides et solides pour un pas de temps journalier (EC, 2013).
- 1951-2012 : précipitations totales pour un pas de temps journalier (EC, 2013).
- 1961-2010 : précipitations totales pour un pas de temps horaire (EC, 2011).
- 1961-1995 : statistiques d'intensité-durée-fréquence (IDF) de pluie à court terme (EC, 2014).
- 1955-2012 : épaisseur du couvert de neige pour un pas de temps journalier (absence de données sur la période 1996-2006) (EC, 2013).
- 1962-1995 : densité du couvert de neige relevée 4 fois par mois (pas de temps hebdomadaire approximativement) (EC, 2007).
- 1968-1994 : évaporation sur les lacs pour un pas de temps journalier (EC, 2010). Les valeurs ont été déterminées pour la station d'Amos (EC ID 7090120, coordonnées géographiques 48°34' N, 78°08' O, 51 km du site de la mine).
- 1971-2012 : vitesse et direction du vent pour un pas de temps horaire (EC, 2013).
- 1969-1999 : ensoleillement journalier pour un pas de temps horaire (EC, 2013).
- 1955-2012 : température du point de rosée pour un pas de temps horaire (EC, 2013).
- 1954-1994 : données sur la formation et la fonte de la couche de glace sur des lacs (Lenormands et al., 2002).

L'ensemble de ces données a été analysé; les résultats de l'analyse sont présentés dans les sections suivantes.



## ANNEXE B

### Revue de la littérature et synthèse de la compilation des données hydrologiques - Confidentiel

## 1.0 TEMPÉRATURE

Le tableau 1 présente les moyennes mensuelles multiannuelles de la température moyenne journalière calculées pour la période 1951 - 2012. Ces moyennes varient de -16,8 °C en janvier et février jusqu'à 17,3 °C en juillet. Pour une année moyenne, la température devient positive à la mi-avril. En automne, la température moyenne devient négative au début novembre.

**Tableau 1: Moyennes mensuelles multiannuelles de la température moyenne journalière (station de Val-d'Or, 1951-2012).**

Mois	Température (°C)
Janvier	-16,8
Février	-14,5
Mars	-8,0
Avril	1,1
Mai	9,2
Juin	14,8
Juillet	17,3
Août	15,8
Septembre	10,9
Octobre	4,5
Novembre	-3,3
Décembre	-12,5
<b>Annuel</b>	<b>1,6</b>

## 2.0 PRÉCIPITATIONS

### 2.1 Précipitations annuelles

Le tableau 2 ci-dessous présente le minimum, le maximum et la moyenne des précipitations annuelles liquides, solides (équivalent en eau) et totales. Ces valeurs sont calculées sur la période 1951 - 2012 pour les années de données complètes et quasi complètes (au moins 340 jours de données disponibles).

Selon ces données, les précipitations annuelles pour le site relativement aux 61 dernières années ont été de 903 mm avec une variation comprise entre 719 mm et 1183 mm. Les précipitations extrêmes historiques des précipitations annuelles sont présentées au tableau 2 ci-dessous.

**Tableau 2: Précipitations extrêmes et moyennes historiques des précipitations annuelles (station de Val-d'Or, 1951-2012)**

	Précipitation liquide (mm)	Précipitation solide (mm)	Précipitation totale (mm)
Minimum	423 (1972)*	186 (1954)	719 (2005)
Maximum	888 (1979)	457 (1972)	1183 (1979)
Moyenne	630	304	903

Note : \* Les valeurs entre parenthèses sont les années où ces statistiques ont été observées.



## ANNEXE B

### Revue de la littérature et synthèse de la compilation des données hydrologiques - Confidentiel

Une analyse de fréquence a été réalisée sur les valeurs annuelles des précipitations liquides, solides et totales. L'analyse a permis d'estimer les précipitations annuelles pour différentes périodes de retour (voir tableau 3 et tableau 4)

Les précipitations annuelles pour le site sont de 1 035 mm pour une année humide de période de retour de 10 ans et de 1178 mm pour une période de retour de 100 ans.

**Tableau 3: Précipitations annuelles pour différentes périodes de retour - années humides (station de Val-d'Or, 1951-2012).**

Période de retour (ans)	Précipitation liquide (mm)	Précipitation solide (mm d'eau équivalent)	Précipitation totale (mm)
2	627	297	894
5	706	353	983
10	748	388	1035
25	795	429	1096
50	826	459	1138
100	854	487	1178
1000	936	577	1303
2000	959	603	1340

Les précipitations annuelles pour le site sont de 786 mm pour une année sèche pour une période de retour de 10 ans et de 724 mm pour une année sèche pour une période de retour de 100 ans.

**Tableau 4: Précipitations annuelles pour différentes périodes de retour - années sèches (station de Val-d'Or, 1951-2012).**

Période de retour (ans)	Précipitations liquides (mm)	Précipitations solides (mm d'eau équivalent)	Précipitations totales (mm)
2	627	297	894
5	553	252	821
10	515	233	786
25	477	216	754
50	452	207	737
100	431	201	724
1000	372	190	701
2000	357	188	698



## 2.2 Précipitations mensuelles

Le tableau 5 présente les moyennes multiannuelles des précipitations mensuelles pour la station de Val-d'Or calculées pour la période 1951 - 2012. Les mois d'hiver sont typiquement plus secs que les mois d'été. Le mois de février apparaît le plus sec de l'année avec 48 mm de précipitation sous forme solide, tandis que les mois de juillet et septembre sont typiquement les plus humides avec un peu plus de 100 mm/mois de précipitation sous forme liquide.

**Tableau 5: Moyennes multiannuelles des précipitations mensuelles (station de Val-d'Or, 1951-2012).**

Mois	Précipitations totales (mm)
Janvier	58
Février	48
Mars	56
Avril	58
Mai	68
Juin	91
Juillet	101
Août	93
Septembre	103
Octobre	82
Novembre	81
Décembre	67

## 2.3 Précipitations liquides extrêmes 1 à 120 jours

Une analyse statistique a été faite sur les précipitations liquides journalières de la période 1951-2012 afin d'obtenir les hauteurs pour des événements extrêmes de durée de 1 à 120 jours pour différentes périodes de retour. Les données de la période 1996-2012 ont été prises en compte en considérant que la précipitation liquide est égale à la précipitation totale lorsque la température moyenne journalière est positive. L'erreur occasionnée par cette méthode (par exemple pour un jour de printemps au cours duquel la température moyenne est négative, mais où une précipitation liquide est observée) est négligeable.

Comme recommandé par le Conseil national de recherches Canada (CNRC, 1990), les hauteurs de pluie de 1 à 7 jours ont été multipliées par des facteurs de corrections reliés à la fréquence quotidienne de mesures. Le facteur est de 1,13 pour la pluie de 1 jour, 1,04 pour la pluie de 2 jours, 1,03 pour les pluies de 3 et 4 jours et 1,02 pour les pluies de 5 et 7 jours.

Le tableau 6 présente les résultats de l'analyse.



**Tableau 6: Précipitations liquides extrêmes (mm) pour différentes périodes de retour de 1 à 120 jours (station de Val-d'Or, 1951-2012)**

Période de retour (ans)	Durée de l'événement de précipitations liquides (en jours)																					
	1 j	2 j	3 j	4 j	5 j	6 j	7 j	8 j	9 j	10 j	12 j	15 j	20 j	25 j	30 j	40 j	50 j	60 j	75 j	90 j	105 j	120 j
2	44	50	55	59	65	70	75	78	82	86	94	106	124	142	161	194	221	253	295	339	378	415
5	56	64	70	76	82	86	93	98	102	106	114	130	149	171	189	229	257	294	340	387	428	468
10	65	73	80	87	93	97	106	111	116	119	128	144	165	189	205	250	279	316	364	412	453	495
25	77	85	94	102	107	110	121	127	133	136	144	162	185	210	223	273	304	340	391	440	480	521
50	86	94	105	114	117	120	132	139	147	148	155	173	199	224	235	290	322	356	409	457	497	538
100	96	107	116	125	133	140	147	153	159	165	175	191	215	237	258	302	341	377	425	469	511	552
1000	132	145	158	169	178	187	195	202	209	215	226	240	263	285	307	351	393	430	475	519	555	587
2000	144	160	172	183	193	203	212	219	225	231	243	259	285	308	329	368	403	437	484	526	563	595





## 2.4 Précipitations liquides de 1 jour et moins

Environnement Canada (EC, 2014) a réalisé une étude statistique pour déterminer les tables intensité-durée-fréquence (IDF) à partir des données de pluies de la période 1961-1995 à la station de Val-d'Or. Le tableau 7 ci-dessous présente les résultats de cette étude.

**Tableau 7: Précipitations liquides (mm) pour différentes périodes de retour et des durées de pluie de 24h et moins (station de Val-d'Or, 1961-1995).**

Période de retour (ans)	Durée de l'événement de précipitations liquides								
	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h
2	7	10	12	15	18	22	30	36	41
5	9	12	15	20	24	27	38	44	50
10	10	14	17	23	28	31	43	49	56
25	12	16	19	26	32	36	49	55	64
50	13	17	21	29	36	39	54	60	70
100	15	19	23	32	39	42	58	65	75

Golder a également analysé les précipitations liquides horaires de la période 1961-2010 pour obtenir les hauteurs correspondant à des pluies de durée de 1 à 24 heures pour différentes périodes de retour. Le tableau 8 présente les résultats de l'analyse.

**Tableau 8: Précipitations liquides (mm) pour différentes périodes de retour et des durées de pluie de 24h et moins (station de Val-d'Or, 1961-2010).**

Période de retour (ans)	Durée de l'événement de précipitations liquides (en heures)				
	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h
2	18	22	32	37	43
5	25	29	40	47	55
10	29	35	47	54	63
25	35	44	56	63	74
50	40	52	63	70	82
100	45	61	71	77	91
1000	64	104	102	102	122
2000	70	121	113	113	132

Les résultats de l'étude EC (2014) sur la période 1961-1995 sont inférieurs à ceux obtenus par Golder pour la période 1961-2010. La raison de cette différence pourrait être liée à l'observation de pluies généralement plus intenses dans les dernières années (1996-2010) que dans la période 1961-1995. La pluie historique de 88,5 mm en 24 heures mesurée le 24 septembre 2010 a un impact important sur les valeurs présentées dans le tableau 8. Cette pluie a modifié à la hausse les estimations antérieures des intensités des événements extrêmes.



Nous proposons d'utiliser les valeurs fournies dans le tableau 9, de manière à prendre en compte les valeurs les plus sécuritaires pour la conception des ouvrages.

## 2.5 Précipitations liquides et fonte des neiges extrême 1 à 120 jours

Environnement Canada (EC, 2012) propose un modèle de fonte des neiges pour des bassins versants boisés de l'est du Canada. Ce modèle a été utilisé pour simuler la fonte de neiges en partant des données historiques de la station de Val-d'Or. Les données historiques de teneur en eau du couvert de neige (EC, 2007) ont été ensuite utilisées pour vérifier les résultats du modèle. La figure 1 présente la comparaison des deux séries de données. On n'observe aucune erreur systématique du modèle; toutefois la dispersion des valeurs ponctuelles souligne le caractère approximatif du modèle.

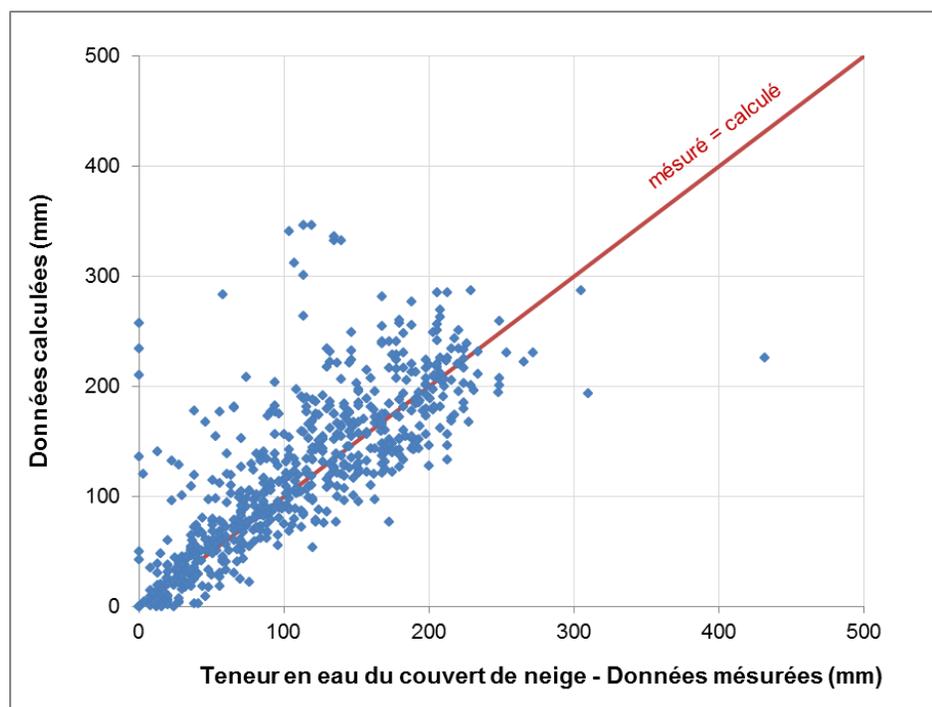


Figure 1: Comparaison entre données mesurées et calculées de teneur en eau du couvert de neige

Le modèle d'accumulation et de fonte de neige a servi ensuite pour estimer la série combinée des précipitations liquides et fonte de neige de la période 1951-2012. L'analyse statistique de cette série a calculé les intensités des événements combinés de durée de 1 à 120 jours pour différentes périodes de retour. Les données de la période 1996-2012 ont été prises en compte en considérant que la précipitation liquide est égale à la précipitation totale lorsque la température moyenne journalière est positive. L'erreur occasionnée par cette méthode (par exemple pour un jour de printemps au cours duquel la température moyenne est négative, mais où une précipitation liquide est observée) est négligeable.

Le tableau 9 présente les résultats de l'analyse.



**Tableau 9: Précipitations liquides et fonte des neiges extrêmes (mm) pour différentes périodes de retour de 1 à 120 jours (station de Val d'Or, 1951-2012)**

Période de retour (ans)	Durée de l'événement de précipitations liquides (en jours)																					
	1 j	2 j	3 j	4 j	5 j	6 j	7 j	8 j	9 j	10 j	12 j	15 j	20 j	25 j	30 j	40 j	50 j	60 j	75 j	90 j	105 j	120 j
2	34	52	68	82	95	106	116	125	134	141	154	178	211	234	255	283	311	339	381	414	438	448
5	42	61	81	101	117	130	143	155	166	175	192	217	253	282	307	342	374	404	451	488	505	517
10	48	67	88	112	129	145	160	173	186	195	214	238	274	307	335	376	408	438	487	528	540	552
25	57	74	97	125	144	161	178	194	207	217	239	260	297	334	365	413	446	474	527	571	577	591
50	63	78	104	134	154	173	191	208	221	233	256	275	312	351	384	439	471	497	553	597	601	615
100	71	98	123	145	165	185	204	222	238	252	275	305	341	373	402	450	493	532	582	620	632	637
1000	99	120	145	170	194	216	239	262	278	295	319	347	385	425	460	520	560	595	641	670	687	699
2000	108	140	168	195	220	242	262	281	298	313	337	365	407	445	480	543	590	625	665	688	705	716





## 2.6 Précipitations maximales probables (PMP)

La PMP de 24 heures avec une précipitation totale de 375 mm a été obtenue en se basant sur l'analyse des données météorologiques de Val-d'Or effectuée par Golder et sur les suggestions de Bill Hogg, un ancien expert d'Environnement Canada (voir aussi Golder, 2009b).

## 2.7 Épaisseur du couvert de neige

Les épaisseurs maximales du couvert de neige sont nécessaires pour établir les scénarios de crue printanière. L'hypothèse prudente est d'utiliser les épaisseurs maximales mesurées du couvert de neige comme étant représentatives du volume disponible pour la fonte de la neige, ce qui implique que la sublimation de la neige pendant la période de la fonte est supposée négligeable.

Pour analyser le couvert maximal de neige, une série de maxima annuels a été extraite des données de la station de Val-d'Or. Une analyse de fréquence a ensuite permis d'établir l'épaisseur de neige maximale selon différentes périodes de retour (tableau 10).

**Tableau 10: Épaisseurs maximales du couvert de neige (station de Val-d'Or, 1955-2012).**

Période de retour (ans)	Épaisseur maximale du couvert de neige (cm en neige)	Épaisseur maximale du couvert de neige (mm équivalent en eau)
2	82	263
5	107	343
10	122	392
25	140	448
50	152	486
100	163	522
1000	195	624
2000	203	651

Une densité de 0,32 mm d'eau par millimètre de neige a été utilisée pour convertir l'épaisseur du couvert de neige en une épaisseur équivalente en eau. Ce facteur correspond à la moyenne multiannuelle (1962-1995) des données de densité de neige fournies par Environnement Canada pour le mois d'avril.

## 2.8 Scénarios de crue printanière

Sur la base de l'analyse présentée dans les paragraphes précédents, il devient possible d'établir des scénarios de calcul pour la crue printanière. La directive 019 (MDDEFP, 2012) recommande de prendre en compte, dans la conception des ouvrages de rétention des parcs à résidus avec retenue d'eau, le scénario d'une fonte des neiges de fréquence 1:100 ans sur une période de trente jours, cumulée à une précipitation liquide estivale d'une durée de 24 heures de récurrence 1:1000 ans ou 1 :2000 ans. Le tableau 11 présente ces valeurs.

En fonction de la durée de vie prévue des ouvrages, un coefficient de sécurité pourra être appliqué pour tenir compte des changements climatiques.



## ANNEXE B

### Revue de la littérature et synthèse de la compilation des données hydrologiques - Confidentiel

**Tableau 11: Scénarios de crue printanière de pluies extrêmes estivales (1 :1000 ans ou 1 :2000 ans) cumulées à la fonte sur 30 jours d'un couvert de neige 1 :100 ans (station de Val-d'Or, 1951-2012)**

Composant de la crue	Intensité crue avec une pluie 1 :1000 ans (mm)	Intensité crue avec une pluie 1 :2000 ans (mm)
[A] Précipitation 24 h	122	132
[B] Couvert de neige 1 :100 ans (équivalent en eau)	522	522
Événement climatique recommandé dans la directive 019 [A + B]	644	654

## 2.9 Évaporation

Le tableau 12 présente les valeurs mensuelles et multiannuelles d'évaporation sur lac pour la station météorologique d'Amos (1968-1994), seule station à proximité du site, pour laquelle Environnement Canada (EC, 2010) a calculé des valeurs d'évaporation sur lac à partir de mesures d'évaporation en bac. Les valeurs indiquent les pertes par évaporation après la fonte du couvert de glace. Elles n'incluent pas les pertes par sublimation de la neige. Les maximums d'évaporation sont généralement atteints en juin-juillet avec environ 120 mm en moyenne pour chacun de ces deux mois. L'évaporation annuelle moyenne est d'environ 591 mm. Cette valeur varie peu sur les 26 années de données : l'évaporation minimale est égale à 533 mm alors que la valeur maximale est égale à 660 mm.

**Tableau 12: Moyennes multiannuelles de l'évaporation mensuelle sur lac (station d'Amos, 1968-1994)**

Mois	Évaporation (mm)
Janvier	Non disponible / Non applicable
Février	Non disponible / Non applicable
Mars	Non disponible / Non applicable
Avril	34
Mai	115
Juin	121
Juillet	125
Août	102
Septembre	60
Octobre	33
Novembre	Non disponible / Non applicable
Décembre	Non disponible / Non applicable
<b>(Annuel)</b>	<b>591</b>



## ANNEXE B

### Revue de la littérature et synthèse de la compilation des données hydrologiques - Confidentiel

Le tableau 13 présente les valeurs mensuelles et multiannuelles d'évaporation sur lacs peu profonds calculées selon la méthode de calcul Morton (Morton, 1983). Les paramètres utilisés dans ce calcul sont la température moyenne, la température du point de rosée et l'ensoleillement. L'analyse a été effectuée pour la période de 1969 à 1999 soit 30 années de données disponibles. La moyenne multiannuelle mensuelle a été utilisée lorsque la situation requérait des années en dehors de la plage disponible.

**Tableau 13: Moyennes multiannuelles de l'évaporation sur lacs peu profonds – méthode de calcul Morton**

Mois	Évaporation (mm)
Janvier	0
Février	0
Mars	20
Avril	58
Mai	101
Juin	124
Juillet	136
Août	108
Septembre	54
Octobre	25
Novembre	2
Décembre	0
<b>(Annuel)</b>	<b>627</b>

La figure 2 illustre la comparaison entre l'évaporation mensuelle multiannuelle pour la station météorologique d'Amos (1968-1994) et l'évaporation mensuelle multiannuelle sur lacs peu profonds calculée avec la méthode Morton avec les données de la station Val-d'Or (1969-1999).



## ANNEXE B

### Revue de la littérature et synthèse de la compilation des données hydrologiques - Confidentiel

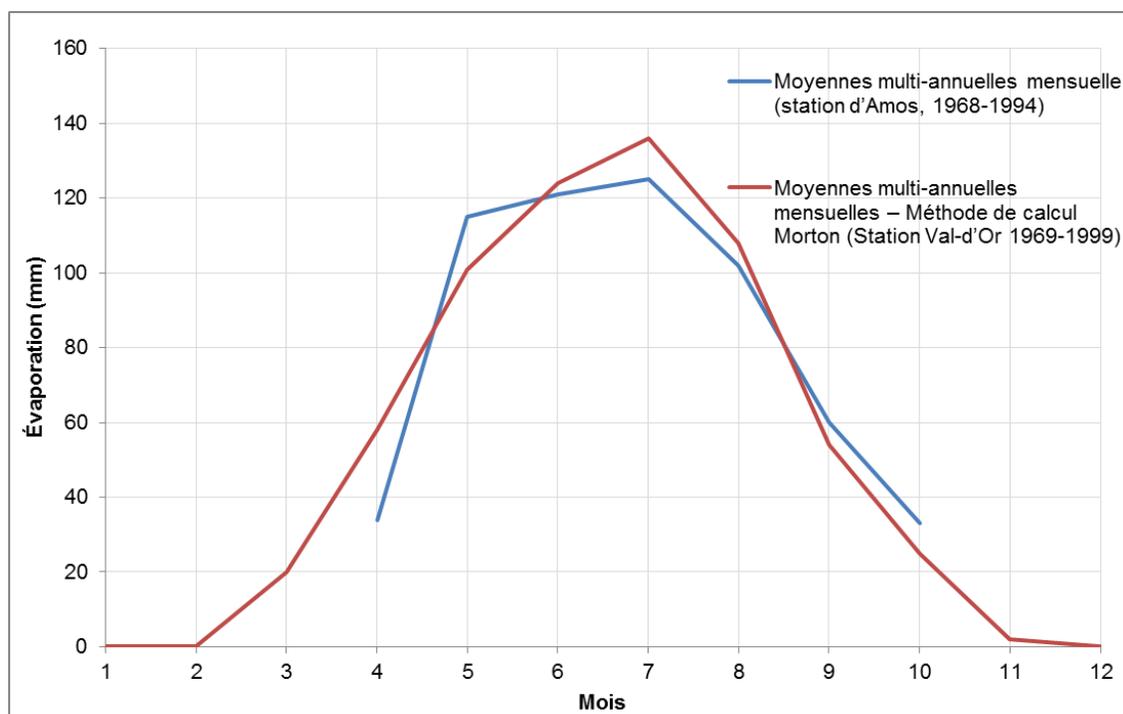


Figure 2: Comparaison entre l'évaporation mensuelle multiannuelle pour la station météorologique d'Amos (1968-1994) et l'évaporation mensuelle multiannuelle sur lacs peu profonds calculée avec la méthode Morton avec les données de la station Val-d'Or (1969-1999).

## 2.10 Évapotranspiration potentielle

Le tableau 14 présente les moyennes mensuelles multiannuelles de l'évapotranspiration potentielle calculée selon la méthode de Morton (Morton, 1983). Les paramètres utilisés dans ce calcul sont la température, la température du point de rosée et l'ensoleillement. L'analyse a été effectuée pour la période de 1969 à 1999 soit 30 années de données disponibles. La moyenne multiannuelle mensuelle a été utilisée lorsque la situation requérait des années en dehors de la plage disponible.

Tableau 14: Moyennes multiannuelles de l'évapotranspiration potentielle (station de Val-d'Or, 1969-1999)

Mois	Évapotranspiration potentielle (mm)
Janvier	0
Février	1
Mars	21
Avril	73
Mai	134
Juin	153
Juillet	162
Août	129



## ANNEXE B

### Revue de la littérature et synthèse de la compilation des données hydrologiques - Confidentiel

Mois	Évapotranspiration potentielle (mm)
Septembre	67
Octobre	27
Novembre	2
Décembre	0
(Annuel)	<b>768</b>

## 2.11 Vents

Les données de la station de Val-d'Or pour la période 1971-2012 ont été utilisées pour faire une analyse des vitesses et des directions des vents. Selon ces données, les directions principales du vent sont du nord-ouest et du sud (voir figure 3). Une analyse de fréquence (fonction log-normale) a déterminé les vitesses maximales du vent pour chaque direction. Le tableau 15 présente les vitesses maximales des vents selon différentes périodes de retour.

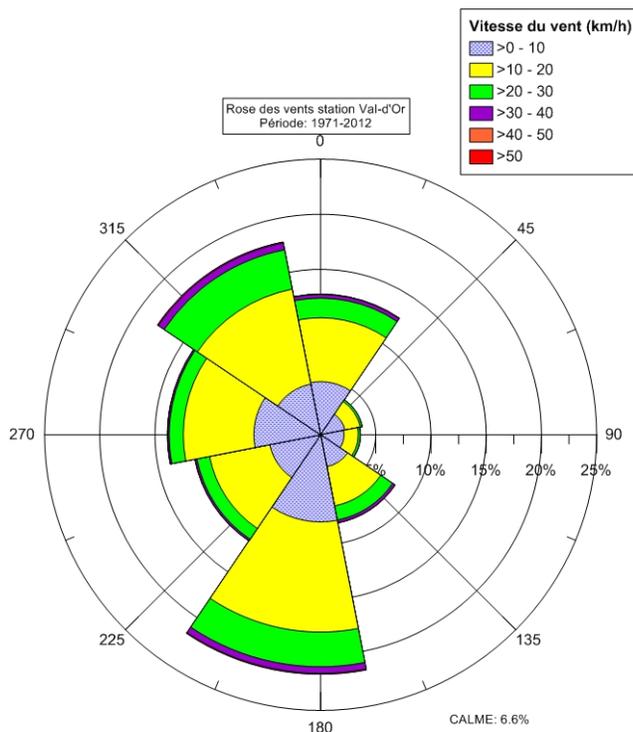


Figure 3: Rose de vents pour la station de Val-d'Or basée sur les données de 1971 à 2012



## ANNEXE B

### Revue de la littérature et synthèse de la compilation des données hydrologiques - Confidentiel

**Tableau 15: Analyse de fréquence pour la vitesse maximale des vents (station de Val-d'Or, 1971-2012)**

Période de retour (ans)	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N
2	29	28	39	47	40	38	43	41
5	33	33	46	52	46	43	48	46
10	35	36	49	55	49	47	51	50
25	38	39	53	58	52	51	54	54
50	40	41	56	60	55	54	57	57
100	42	43	58	62	57	57	59	60
200	43	45	61	64	59	60	61	64
500	45	48	64	66	62	64	64	68
1000	47	50	66	67	64	67	66	71

## 2.12 Couvert de glace sur les lacs et les rivières

L'épaisseur et la durée d'un couvert de glace sont des données requises pour l'évaluation de la gestion de l'eau dans les réservoirs du projet.

Une base de données disponible (Lenormand et autres, 2002) documente plus de 1 600 mesures individuelles d'épaisseur du couvert de glace en lacs et rivières. Des mesures ont été prises entre 1907 et 1999, à 89 stations à travers le Québec, et deux d'entre elles se trouvent autour de Val-d'Or dans le lac Blouin et dans le lac de Montigny.

Une évaluation des données recueillies aux deux stations placées sur des lacs indique (tableau 16) que l'épaisseur maximale moyenne du couvert de glace est de 0,9 m, que la date moyenne pour la formation d'un couvert complet de glace est le 28 novembre et que la date moyenne pour la fonte complète du couvert de glace est le 7 mai. Le tableau expose aussi les minima et les maxima historiques de ces variables selon la base de données; cela donne une indication de leur variabilité possible d'une année à l'autre.

Ces données ont servi pour le développement d'un modèle d'accumulation et de fonte de la couche des glaces sur un réservoir. La figure 4 présente quelques détails du modèle.

**Tableau 16: Résumé des données historiques concernant la couche de glace sur deux lacs autour de la station de Val-d'Or, 1954 à 1994**

	Date de la formation de la couche complète de glace	Épaisseur maximale de la couche de glace (cm)	Date de la fonte complète
Minimum	04 nov.	51	17 avril
Moyenne	28 nov.	86	7 mai
Maximum	14 déc.	125	25 mai



## ANNEXE B

### Revue de la littérature et synthèse de la compilation des données hydrologiques - Confidentiel

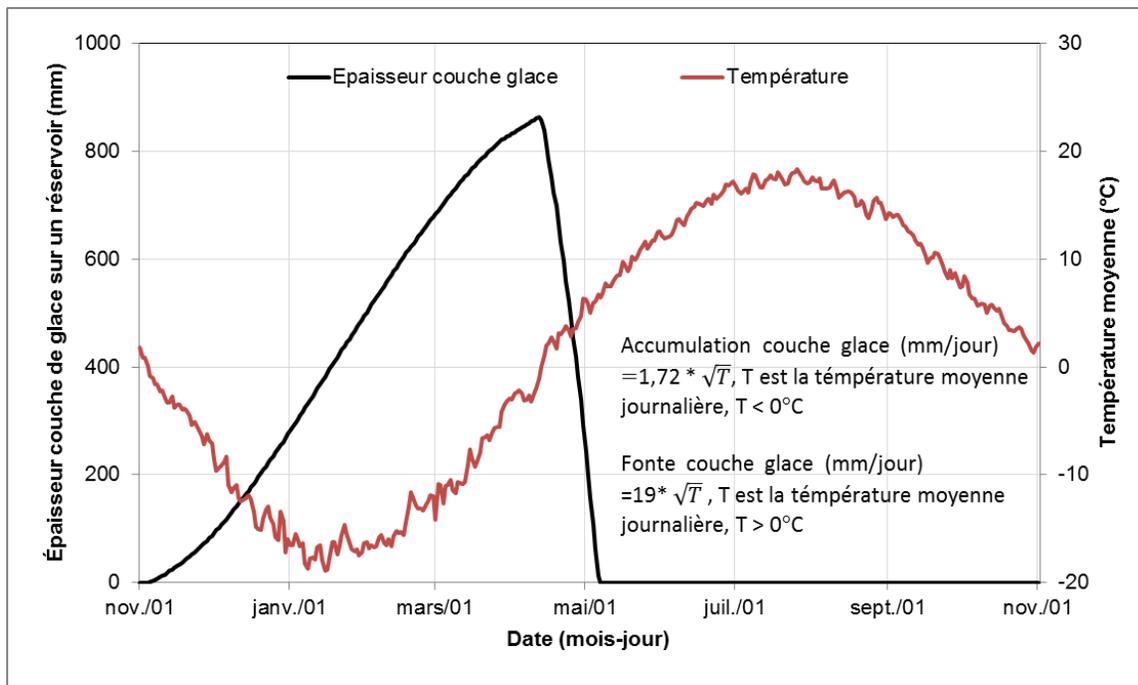


Figure 4: Modèle proposé pour la formation et la fonte de la couche de glace - application pour une année climatique moyenne (station de Val-d'Or)



### 3.0 RÉFÉRENCES

- CNRC, 1990. *Hydrologie des crues au Canada, Guide de planification et de conceptions*. Conseil national de recherches Canada. 1990.
- Environnement Canada, 2007. *Canadian Snow Data: Daily Snow Depth and Snow Water Equivalent; Snow Water Equivalent Database, update to 2004* – Environnement Canada, Climate Processes and Earth Observation Division, Meteorological Service of Canada, téléchargé en mai 2009 du site [www.ccin.ca](http://www.ccin.ca).
- Environnement Canada, 2010. *Base de données d'évaporation sur les lacs*. Climat Québec, Environnement Canada, communication électronique, 19 octobre 2010, Sébastien Ouellet-Proulx (Sebastien.Ouellet-Proulx@ec.gc.ca).
- Environnement Canada, 2011. *Données horaires de précipitation pour la station de Val-d'Or*. Climat Québec, Environnement Canada, communication électronique, 16 février 2011, Laetitia Davignon (Laetitia.Davignon@ec.gc.ca).
- Environnement Canada, 2012. *Explication de l'analyse de la valeur extrême de la pluie + neige fondue*. Environnement Canada, communication électronique, 16 octobre 2012, Philip L. Jarret (Philip.Jarret@ec.gc.ca).
- Environnement Canada, 2013. *Données horaires de direction et vitesse du vent et données journalières de températures moyennes, précipitation liquide, solide et totale, épaisseur du couvert de neige, ensoleillement journalier et température du point de rosée à la station de Val-d'Or*. Climat Québec, Environnement Canada, communication électronique, 31 juillet 2013, Sharon Stone / Services climatiques (climate.services@ec.gc.ca).
- Environnement Canada, 2014. *Tableau avec les statistiques Intensité, Durée et Fréquence (IDF) de la station Val-d'Or A (ID 7098600)* téléchargé de [http://climate.weather.gc.ca/index\\_e.html](http://climate.weather.gc.ca/index_e.html) le 24 janvier 2014.
- Lenormand, F., Duguay, C.R., et Gauthier, R. 2002. *Canadian Ice Database*. Laboratoire de télédétection et de modélisation des environnements froids, Centre d'études nordiques, Département de géographie, Université Laval, Québec.
- MDDEFP, 2012. *Directive 019 pour l'industrie minière*. Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs, mars 2012.
- Morton, F.I., 1983. *Operational estimates of areal evapotranspiration and their significance to the science and practice of hydrology*. Journal of Hydrology 66: 1-76.

\\golder.gds\gal\montreal\actif\2013\1221\13-1221-0020 osisko - expansion mine malartic\5 préparation livrables\phase 4000 hydrologie\048-13-1221-0020-4020-planconcept.bilaneau\rev2\annexe b\annexe b - analyse climatique préél.docx



# **ANNEXE C**

## **Modèle de précipitation - ruissellement**





## Modèle précipitation - ruissellement

Les précipitations tombant sous forme liquide peuvent s'infiltrer, s'évaporer et ruisseler sur une surface ou s'accumuler dans les dépressions locales ou sur la végétation. Si les précipitations tombent sous forme de neige, elles peuvent s'accumuler sous forme d'un couvert de neige qui sera sujet à de la sublimation et à la fonte, moment à partir duquel ces précipitations contribueront au ruissellement de surface. Les lois physiques qui régissent ces processus sont complexes et dépendent en particulier des conditions climatiques à court et long termes, à petite et grande échelles et aux caractéristiques du bassin versant. En l'absence de données mesurées représentatives des conditions sur les bassins versants locaux, lors de l'exploitation de la mine, cette évaluation reste incertaine et les valeurs de ruissellement obtenues devraient être interprétées comme des estimations très approximatives.

Le bilan d'eau a été développé sur la base des procédures de bilans hydrologiques standards (par exemple, Maidment, 1993). Les flux d'eau par unité d'aire de sol sont décrits sur une base journalière s'appuyant sur un bilan incluant les précipitations (pluie et fonte des neiges), l'évapotranspiration (ET), l'emménagement d'eau dans le sol et l'excédent.

Le bilan hydrique peut être résumé comme suit :

$$\text{Pluie} + \text{Fonte des neiges} - \text{ET} - \Delta \text{Stockage dans le sol} = \text{Excédent}$$

Les différentes composantes du bilan hydrique associées à des bassins versants sont typiquement présentées en millimètres (mm) sur leurs sous-bassins respectifs, et représentent la quantité d'eau par unité d'aire de bassin versant ( $\text{mm}/\text{m}^2$ ). Le modèle de bilan d'eau combine la pluie et la fonte des neiges accumulées afin d'estimer la précipitation totale.

Chaque surface sur le site minier est modélisée par un système de réservoirs linéaires. Ce système est composé :

- d'un réservoir de neige :
  - alimenté par les précipitations solides (précipitations avec températures négatives);
  - sujet à la sublimation et à la fonte.
- d'un réservoir supérieur :
  - alimenté par la fonte des neiges et les précipitations liquides (précipitations avec températures positives);
  - sujet à l'évaporation, au ruissellement, au débordement et à l'infiltration vers le réservoir inférieur.
- d'un réservoir inférieur :
  - alimenté par l'infiltration issu du réservoir supérieur;
  - sujet au ruissellement, au débordement et à l'infiltration vers les eaux souterraines.



Le ruissellement total du modèle est la somme du débordement du réservoir supérieur (ruissellement direct de surface), de l'évacuation régulière du réservoir supérieur (ruissellement intermédiaire « interflow ») et de l'évacuation régulière du réservoir inférieur (exfiltration).

L'infiltration du réservoir inférieur est définie comme étant la percolation profonde et est une « perte » du modèle de ruissellement. Les autres « pertes » sont la sublimation et l'évapotranspiration. La figure 1, ci-dessous, schématise le système de réservoir du modèle de ruissellement et les paramètres utilisés dans le modèle sont présentés dans le tableau 1.

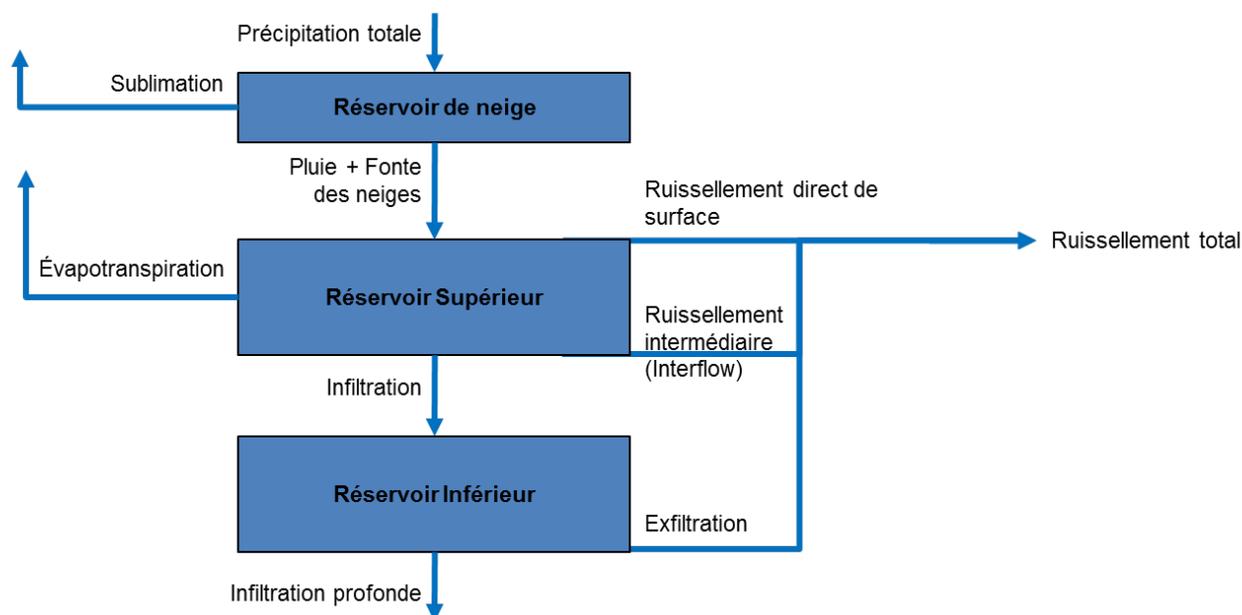


Figure 1: Modèle de ruissellement

Les paramètres du modèle de ruissellement ont été estimés calibrés pour la zone à l'ouest du chemin du Concasseur et pour le bassin versant du bassin Johnson en prenant en compte des mesures locales réalisées en 2009 et 2010. Pour les autres secteurs de la mine, les paramètres ont été choisis sur la base de l'expérience des auteurs de l'étude. Le tableau 1 résume les paramètres d'entrées du modèle de ruissellement dans le modèle du bilan d'eau.



**Tableau 1: Paramètres pour le modèle de précipitation - ruissellement**

Propriété	Unité	Terrain naturel		Fosse	Plage de résidus		Halde à stérile et minéral	Surface construite sur plateforme en enrochement
		Amont du bassin Johnson	Ouest du chemin du Concasseur		Non Active	Active		
Évapotranspiration (% Évapot disponible)	%	0,9	0,8	0,9	0,9	1,0	0,6	0,9
Température de base	degC	-2,44	-2,44	-2,44	-2,44	-15	-2,44	-2,44
Fonte des neiges facteur degré-jour	mm/(deg C*jour)	1,82	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Sublimation	mm/ jour	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Capacité du réservoir supérieur	mm	65	55	5,0	4,0	4,0	30	15
Coefficient du réservoir supérieur (note 1)	1/jour	0,13	0,14	0,7	0,4	0,6	0,07	0,5
Infiltration potentielle RS to RI	mm/ jour	20	20	0,0	10	4,0	90	30
Capacité du réservoir inférieur	mm	300	300	1,0	300	300	300	300
Coefficient du réservoir inférieur (note 1)	1/jour	0,05	0,04	1,0	0,07	0,07	0,2	0,2
Infiltration potentielle hors du RI	mm/jour	0,55	0,25	1,0	0,2	0,2	0,9	0,5

Note 1 : Le coefficient d'un réservoir est égal au ratio entre le taux d'évacuation régulière du réservoir et la quantité d'eau emmagasinée dans le réservoir.

## Références

Maidment, D.R. (1993): *Handbook of Hydrology*. McGraw-Hill.

n:\actif\2013\1221\13-1221-0020 osisko - expansion mine malartic\5 préparation livrables\phase 4000 hydrologie\048-13-1221-0020-4020-planconcept.bilaneau\rev2\annexe c - modèle de précipitation - ruissellement.docx





# **ANNEXE D**

## **Courbes de capacité des bassins d'eau**





Cette annexe documente les données intrants du modèle du bilan d'eau en ce qui attrait les courbes élévation-volume, élévation-surface et surface-volume des bassins de pompage Nord-Est, Est et Sud-Ouest, du bassin Sud-Est, du bassin d'urgence, du bassin Johnson, du bassin de polissage futur ainsi que la relation volume-élévation du réservoir souterrain.

### Bassin de pompage Nord-Est

La courbe surface-volume présentée à la figure 1 est basé sur le dimensionnement préliminaire du bassin de pompage Nord-Est. Lors de la conception détaillée du bassin, la relation surface-volume est sujette à changement.

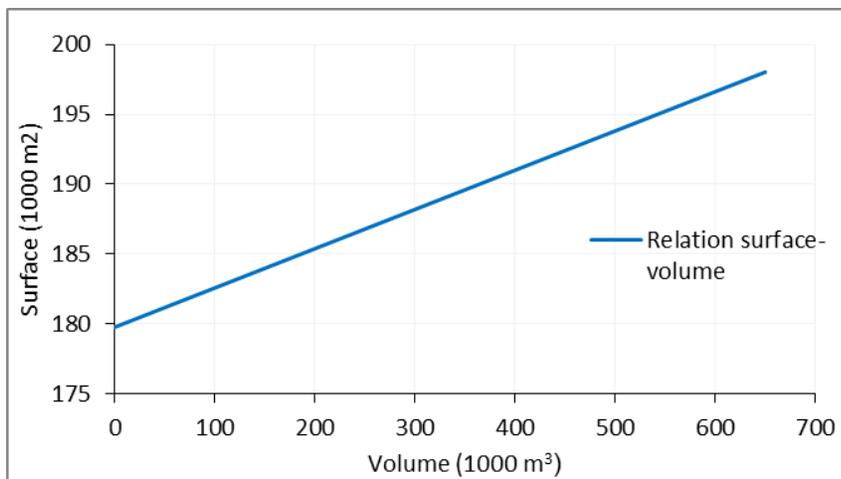


Figure 1: Courbe surface-volume du bassin de pompage Nord-Est

### Bassin de pompage Est

La courbe surface-volume présentée à la figure 2 est basé sur le dimensionnement préliminaire du bassin de pompage Est. Lors de la conception détaillée du bassin, la relation surface-volume est sujette à changement.

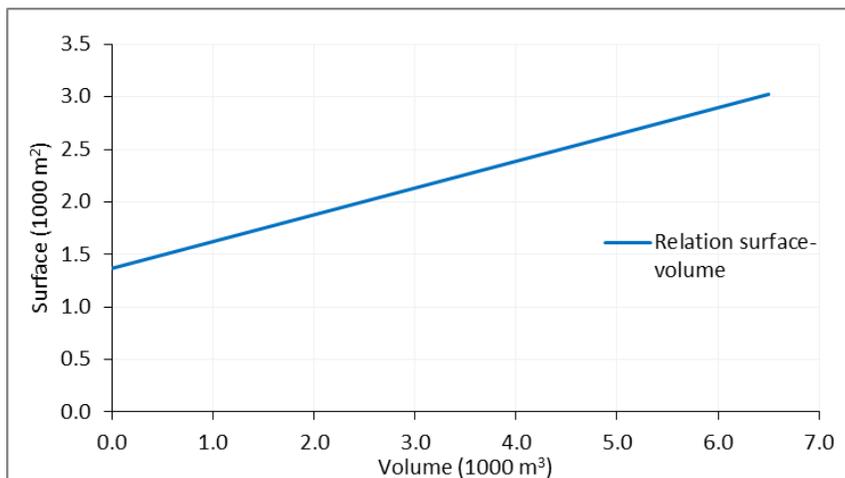


Figure 2: Courbe surface-volume du bassin de pompage Est



### Bassin de pompage Sud-Ouest

La courbe surface-volume présentée à la figure 3 est basé sur le dimensionnement préliminaire du bassin de pompage Sud-Ouest. Lors de la conception détaillée du bassin, la relation surface-volume est sujette à changement.

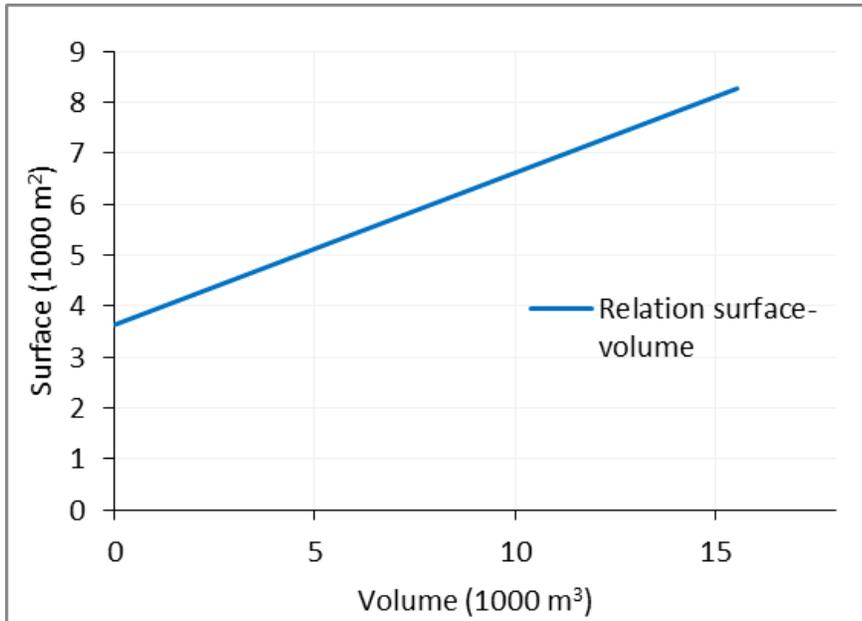


Figure 3: Courbe surface-volume du bassin de pompage Sud-Ouest



### Bassin Sud-est

La courbe élévation-volume est extrait de Golder (2008b); la courbe élévation-superficie a été développée à partir de la topographie originale du site.

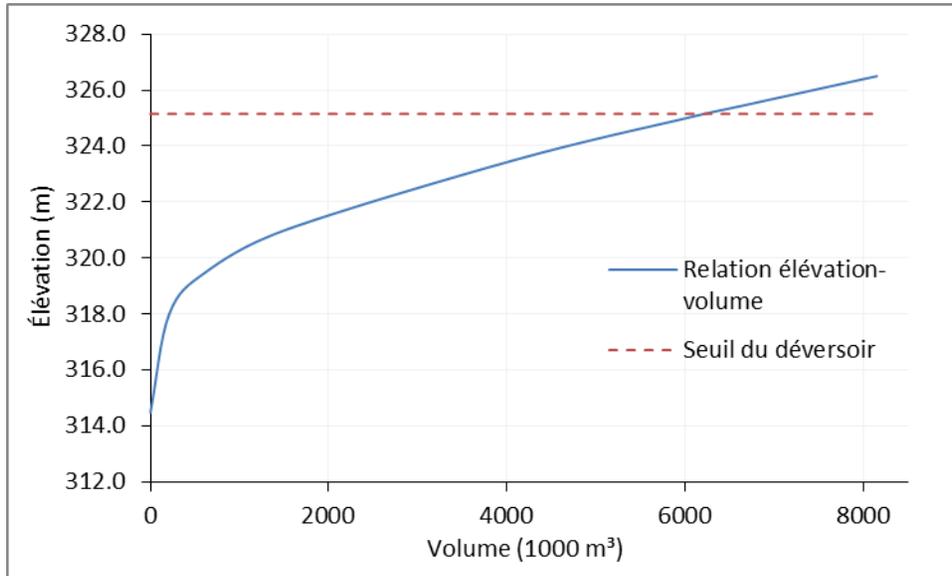


Figure 4: Courbe élévation-volume du bassin Sud-est

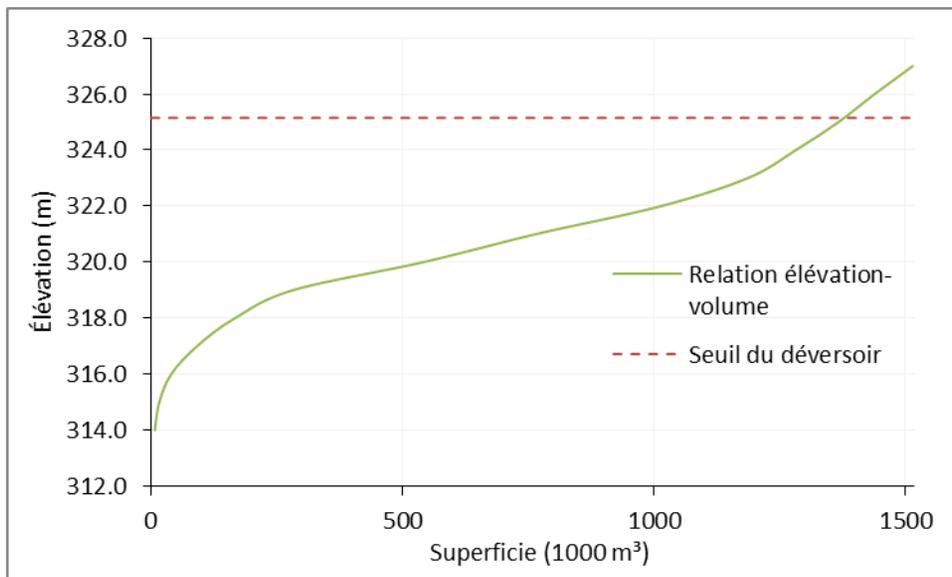


Figure 5: Courbe surface-volume du bassin Sud-est



## Bassin d'urgence

Les courbes élévation-volume et élévation-surface ont été développées avec les informations disponibles dans le rapport de conception du bassin d'urgence (Golder, 2010a).

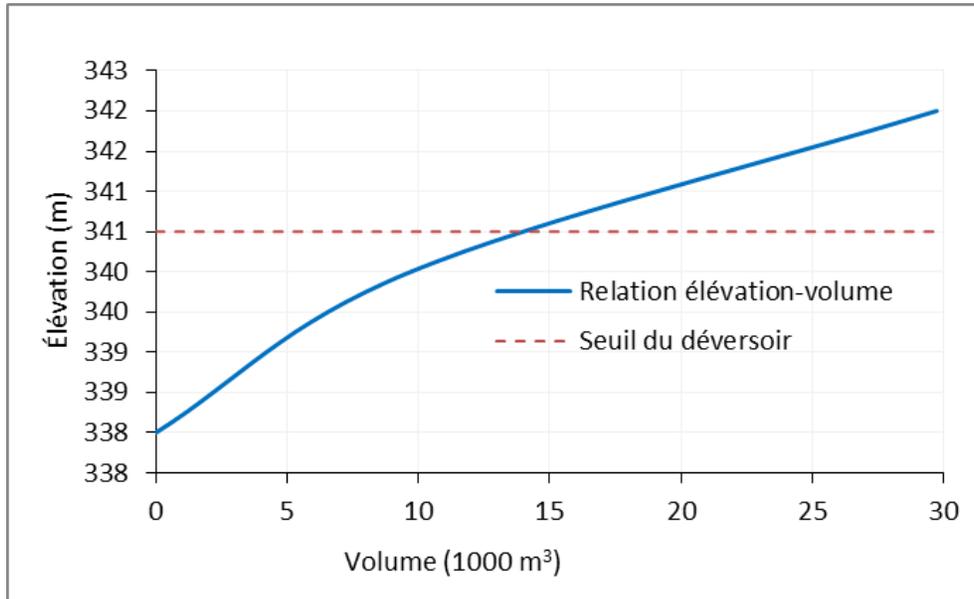


Figure 6: Courbe élévation-volume du bassin d'urgence

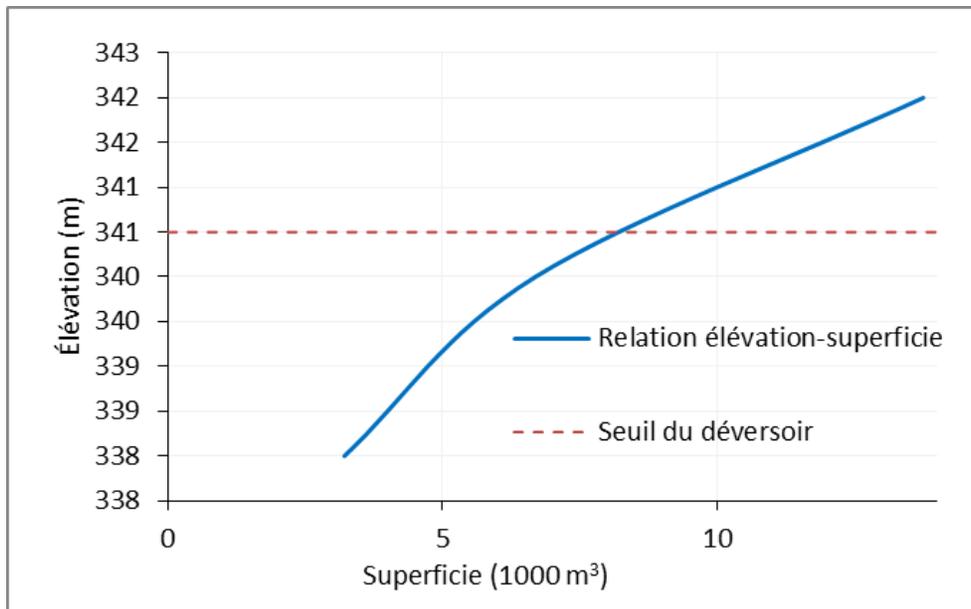


Figure 7: Courbe élévation-surface du bassin d'urgence



### Bassin Johnson

La courbe élévation-volume est extrait du rapport de conception du bassin Johnson (Golder, 2010b). La courbe élévation-superficie a été développée à partir de la topographie originale du site.

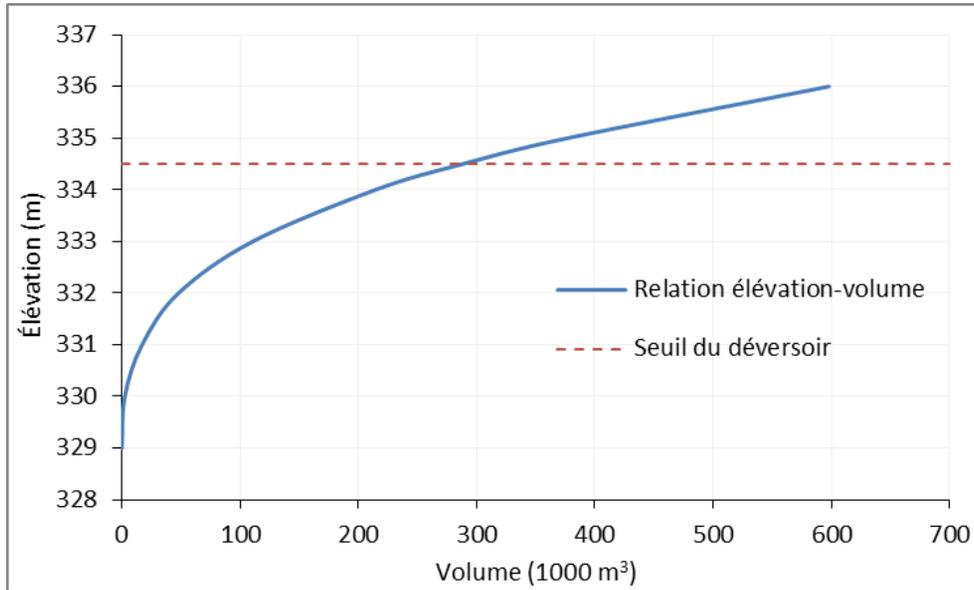


Figure 8: Courbe élévation-volume du bassin Johnson

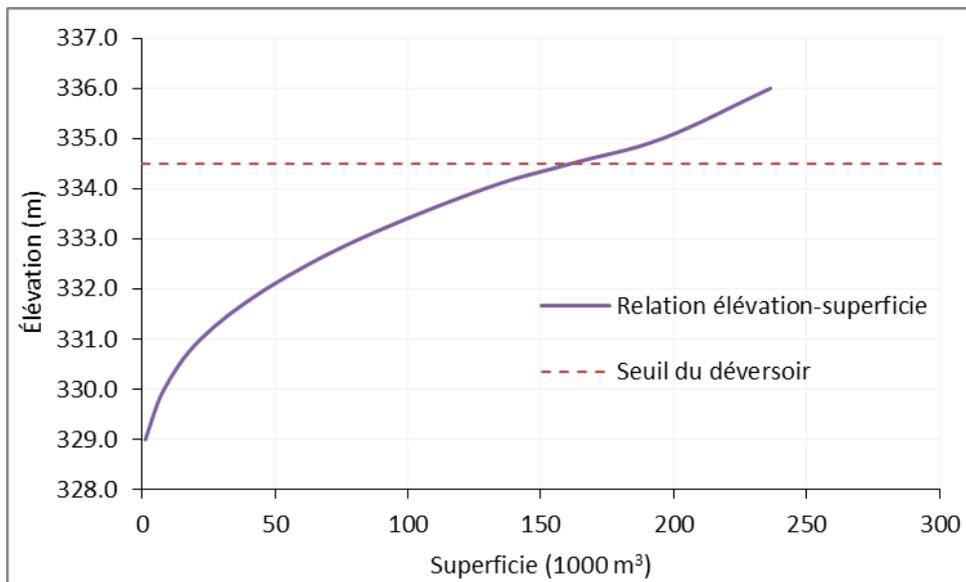


Figure 9: Courbe élévation-superficie du bassin Johnson



### Bassin de polissage futur

Le bassin de polissage futur est toujours en conception préliminaire, les courbes élévation-volume et élévation-superficie ont été construites avec les informations disponibles et sont sujet à changements lors de la conception détaillée.

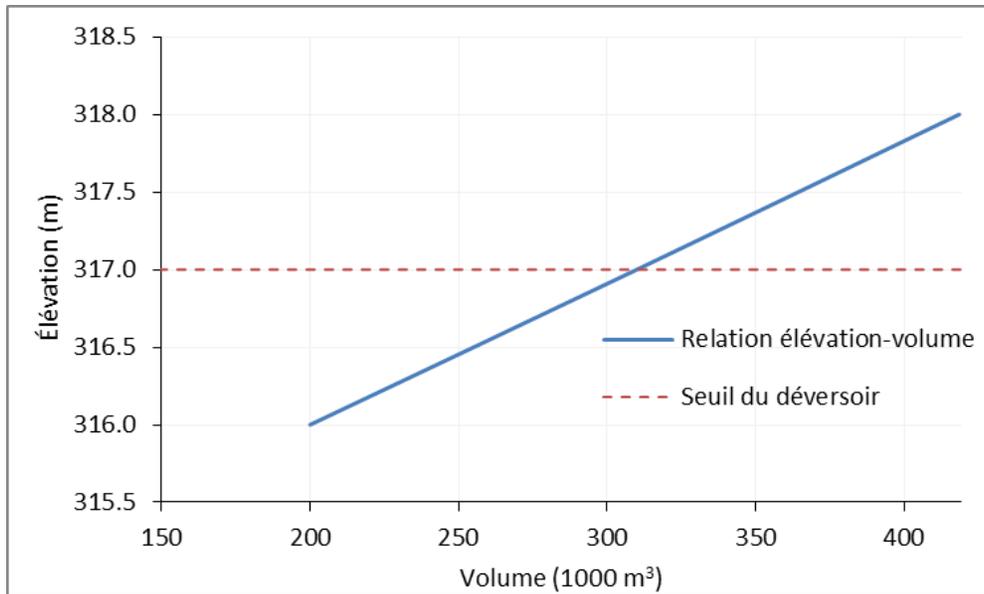


Figure 10: Courbe élévation-volume du bassin de polissage futur

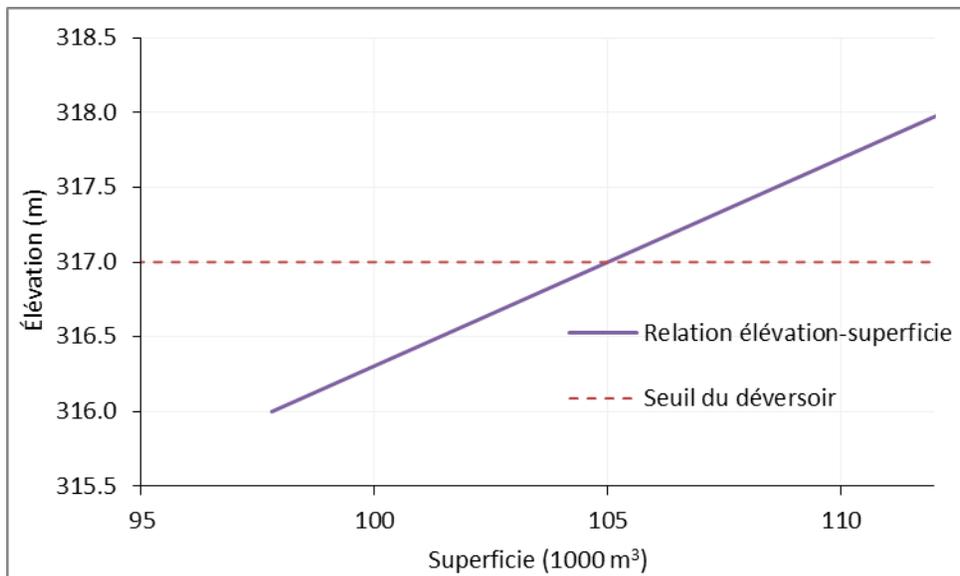


Figure 11: Courbe élévation-superficie du bassin de polissage futur



### Réservoir d'eau souterrain

La figure 10 présente la courbe de capacité élévation – volume des ouvertures (galeries) souterraines (Golder, 2008a).

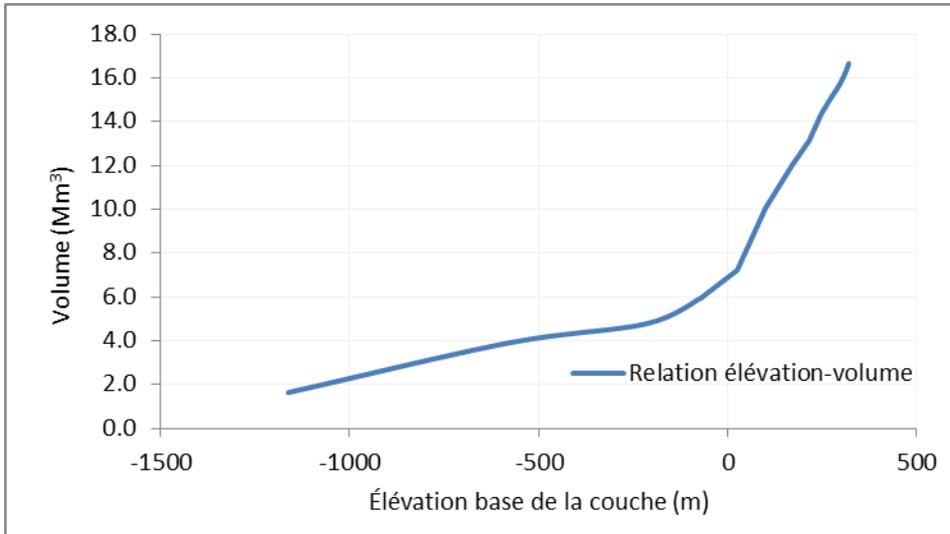


Figure 12: Courbe élévation du niveau d'eau souterraine – volume dans les galeries souterraines en dessous de la fosse



## Références

- Golder, 2008a. *Évaluation du débit d'exhaure et des impacts potentiels sur les niveaux des eaux souterraines, Osisko exploration*, Malartic, Québec, Canada, juillet 2008
- Golder, 2008b. *Étude de conception du nouveau bassin de polissage – projet Canadian Malartic*, Malartic, Québec., RF-07-1221-0028-3302, août 2008.
- Golder, 2010a. *Conception du bassin d'urgence – projet Canadian Malartic*, Malartic, Québec., RF-07/1221-0028-8000-8400, septembre 2010
- Golder, 2010b. *Conception du bassin Johnson – projet Canadian Malartic*, Malartic, Québec., RF-07-1221-0028-8000-8100, février 2010.

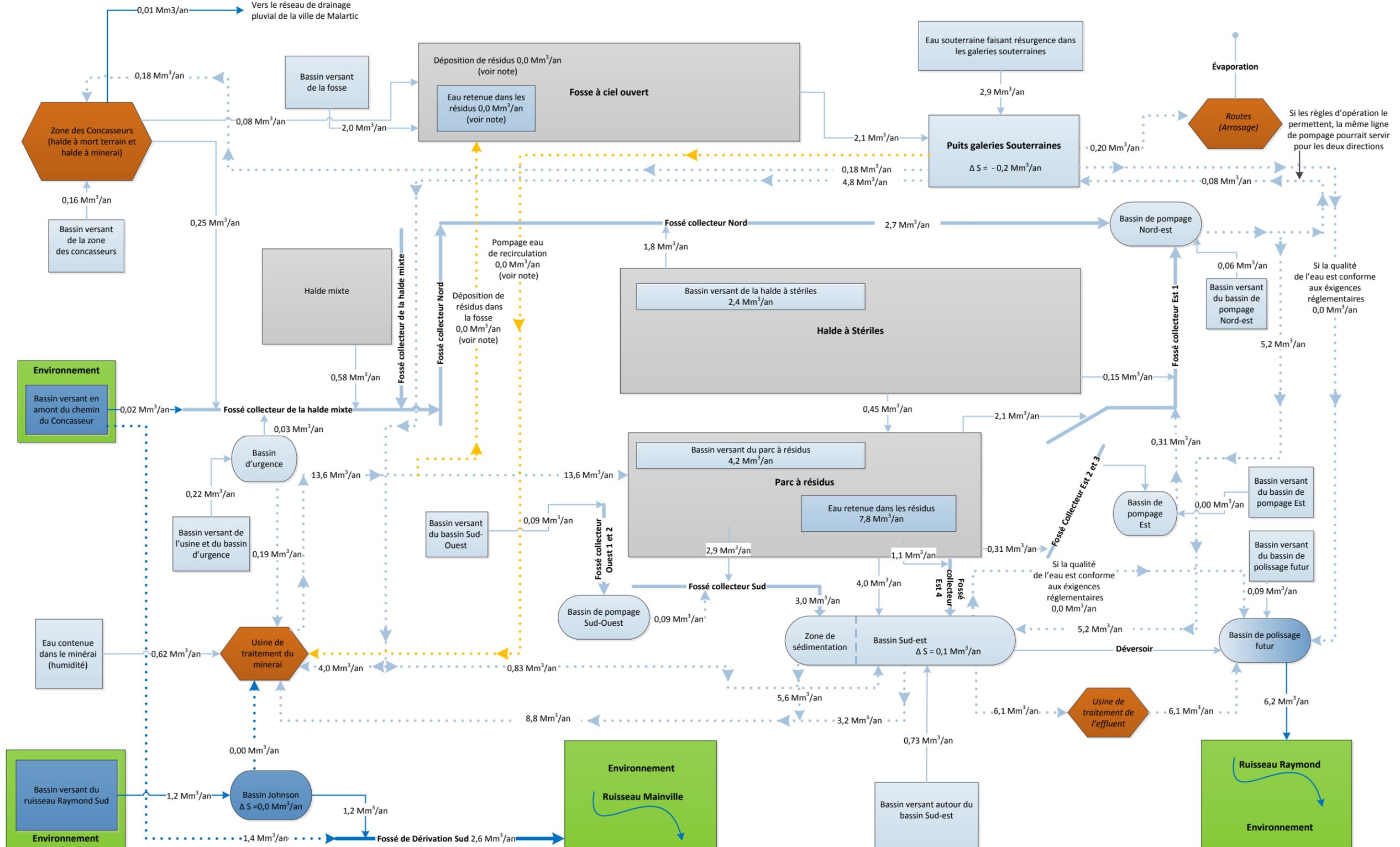
n:\actif\2013\1221\13-1221-0020 osisko - expansion mine malartic\5 préparation livrables\phase 4000 hydrologie\048-13-1221-0020-4020-planconcept.bilaneau\rev2\annexe d - courbes capacités des bassins d'eau\_rev2.docx



# **ANNEXE E**

## **Diagramme de flux - Résultats pour des conditions climatiques moyennes**





### LÉGENDE

- ..... Conduite.....
- Fossé gravitaire —
- ↳ Cours d'eau naturel
- Batiments / Routes
- Bassins
- Aires des sites/Bassins versants
- Eau propre
- Eau de contact
- Fosse à ciel ouvert / zones de dépositions
- Batiments / Routes
- Environnement

$\Delta S$  = Emmagasiner d'eau pendant la simulation

NOTE:  
 Conduite de pompage SEULEMENT s'il y a  
 Déposition de résidus dans la fosse

PROJET PROJET D'EXTENSION DE LA MINE CANADIAN MALARTIC, PLAN CONCEPTUEL DE GESTION DES EAUX ET BILAN D'EAU – CONDITIONS ULTIMES D'OPÉRATION

TITRE **DIAGRAMME DES FLUX DÉTAILLÉ**

No. PROJET. 13-1221-0020-4030	No. FICHER 1312210020-4030-01
PROJETÉ V.R. 2013-08-05	REV. 2
DÉSSINÉ F.F. 2013-08-05	
VÉRIFIÉ J.-P.L. 2014-11-04	
APPROUVÉ M.K. 2014-11-04	

**FIGURE 1**



Chez Golder Associés, nous mettons tout en œuvre pour constituer la firme la plus respectée mondialement pour ses services spécialisés en consultation, en conception et en construction dans les secteurs des sciences de la Terre, de l'environnement et de l'énergie. L'entreprise est la propriété des employés depuis sa création en 1960. Nos objectifs clairs ainsi que le caractère unique de notre culture et de nos façons d'opérer donnent à chacun l'occasion et le pouvoir d'exceller, ce qui attire chez nous les meilleurs spécialistes dans nos domaines d'expertise. Nos professionnels prennent le temps de comprendre les besoins des clients et les contraintes spécifiques rattachées à leurs activités. Nous continuons à étendre notre expertise technique alors que nos effectifs croissent de façon constante, avec des employés qui travaillent à partir de nos nombreux bureaux situés en Afrique, en Asie, en Océanie, en Europe, en Amérique du Nord et en Amérique du Sud.

Afrique	+ 27 11 254 4800
Amérique du Nord	+ 1 800 275 3281
Amérique du Sud	+ 55 21 3095 9500
Asie	+ 86 21 6258 5522
Europe	+ 356 21 42 30 20
Océanie	+ 61 3 8862 3500

[solutions@golder.com](mailto:solutions@golder.com)  
[www.golder.com](http://www.golder.com)

**Golder Associés Ltée**  
**1001, boul. de Maisonneuve Ouest, 7e étage**  
**Montréal (Québec) H3A 3C8**  
**Canada**  
**T: +1 (514) 383-0990**

