

ANNEXE QC-81

**Dimensionnement préliminaire du système de drainage des eaux de surface
au nord et à l'est du parc à résidus et de la halde à stériles**

Date: Août 2015

N° de référence: 011-13-1221-0020-4010-MTF-Rev1

À: Christine Baribeau, Carl Pednault, Christian Roy
Canadian Malartic GP

c.c.:

De: Aytaç Göksu, Vlad Rojanschi et Mayana
Kissiova

Adresse courriel:

DIMENSIONNEMENT PRÉLIMINAIRE DU SYSTÈME DE DRAINAGE DES EAUX DE SURFACE AU NORD ET À L'EST DU PARC À RÉSIDUS ET DE LA HALDE À STÉRILES DANS LE CADRE DU PROJET D'EXTENSION DE LA MINE CANADIAN MALARTIC

1.0 INTRODUCTION ET MISE EN CONTEXTE

Canadian Malartic GP (CMGP) a mandaté Golder Associés Ltée (Golder) afin de préparer le dimensionnement préliminaire du système de drainage des eaux de surface au nord et à l'est du parc à résidus et de la halde à stériles projetés dans le cadre du projet d'extension de la mine Canadian Malartic (Extension Canadian Malartic).

Golder (2014a) a déjà présenté un plan conceptuel de drainage de la zone d'étude (figure 1). Le document actuel présente le dimensionnement préliminaire proposé des structures suivantes :

- déviation et extension du fossé collecteur Nord;
- fossé collecteur Est 1;
- fossé collecteur Est 2;
- fossé collecteur Est 3;
- fossé collecteur Est 4;
- bassin de pompage Nord-est;
- bassin de pompage Est.

Les détails de dimensionnement présentés dans ce document incluent :

- les alignements, les profils et les sections typiques des fossés;
- les volumes d'emmagasinement, les capacités minimales de pompage et les temps de rétention pour des conditions hydrologiques normales des bassins de pompage;



- des considérations sur la configuration et l’empreinte des bassins de pompage.

Ce memorandum technique présente les hypothèses, les critères de conception et les résultats de dimensionnement préliminaire.

2.0 DONNÉES DISPONIBLES

Les données et les précédentes études, listées ci-dessous, ont servi lors de l’étude actuelle :

- Les précipitations liquides pour différentes durées et périodes de récurrence (Golder, 2014a);
- Des cartes topographiques (photogrammétrie) de la zone d’étude;
- Les empreintes ultimes de la fosse, du parc à résidus et de la halde à stériles (Golder, 2014b);
- L’alignement actuel du fossé collecteur Nord (CMGP, 2014) et le plan de construction du fossé (Golder, 2013a);
- Les alignements conceptuels des fossés collecteurs de la halde à minerai (Golder, 2013b);
- Le concept du pompage du bassin versant naturel en amont du chemin du Concasseur (Golder, 2013c);
- Les diamètres et les élévations d’installation des ponceaux existants sous les chemins du Concasseur et de la Fosse (Golder, 2010 et 2012).

3.0 PLAN CONCEPTUEL DE DRAINAGE AU NORD ET À L’EST DE LA HALDE À STÉRILES ET DE LA PARTIE EST DU PARC À RÉSIDUS

Des fossés et des bassins de pompage sont nécessaires pour collecter les eaux usées minières et les acheminer vers le bassin Sud-Est, le principal bassin de rétention d’eau usée minière du site minier Canadian Malartic.

Le tableau ci-dessous et la figure 1 en pièce jointe résument les structures nécessaires pour la gestion des eaux des secteurs Nord et Est de la halde à stériles et du parc à résidus du projet Extension Canadian Malartic.

Tableau 1: Résumé des structures de gestion des eaux proposées

Nom de la structure	Zone drainée par la structure	Cible aval du drainage
Fossé collecteur Nord	<ul style="list-style-type: none">■ l’eau excédant la capacité du système de pompage des eaux issues du bassin versant en amont du chemin du Concasseur;■ plateforme du concasseur;■ halde mixte;■ faces ouest, est et nord de la halde à stériles;■ eaux d’exfiltration de la halde à stériles.	Bassin de pompage Nord-est

Nom de la structure	Zone drainée par la structure	Cible aval du drainage
Fossé collecteur Est 1	<ul style="list-style-type: none"> ■ portion est du parc à résidus; ■ une portion limitée de la face est de la halde à stériles. 	Bassin de pompage Nord-est
Fossé collecteur Est 2	<ul style="list-style-type: none"> ■ portion est du parc à résidus (entre le fossé collecteur Est 1 et le pied du parc); ■ eaux d'exfiltration du parc à résidus. 	Bassin de pompage Est
Fossé collecteur Est 3	<ul style="list-style-type: none"> ■ portion est-sud-est du parc à résidus; ■ eaux d'exfiltration du parc à résidus. 	Bassin de pompage Est
Fossé collecteur Est 4	<ul style="list-style-type: none"> ■ portion sud-sud-est du parc à résidus. 	Bassin Sud-est
Bassin de pompage Est	<ul style="list-style-type: none"> ■ les eaux collectées par les fossés Est 2 et Est 3. 	Bassin de pompage Nord-est (par pompage via le fossé Est 1)
Bassin de pompage Nord-est	<ul style="list-style-type: none"> ■ les eaux collectées par les fossés collecteurs Nord, Est 1 et pompées du bassin de pompage Est. 	Bassin Sud-est (par pompage)

Les fosses Gouldie et Jeffrey, après leur minage et remblayage avec des stériles miniers, pourraient être considérées pour emmagasiner de manière temporaire le ruissellement provenant de la halde à stériles. Le pompage en continu de l'eau qui s'accumulera dans les deux fosses remblayées permettrait de rendre disponible un volume d'emmagasinement correspondant au volume des pores du remblai en stériles. Ce volume sera donc disponible en cas de crue. Nous n'avons pas inclus cet aspect dans le dimensionnement des structures qui est présenté dans les sections suivantes. Néanmoins, cette option a le potentiel de réduire significativement le volume d'eau à gérer par le système de gestion des eaux de surface lors des précipitations importantes et, par le fait même, le volume du bassin de pompage Nord-est nécessaire pour gérer la crue de conception.

4.0 HYPOTHÈSES ET CRITÈRES DE CONCEPTION

4.1 Aspects généraux

Pour les alignements des structures du système de drainage, les empreintes ultimes de la fosse, du parc à résidus et de la halde à stériles présentées sur la figure 1 ont été considérées.

Ces empreintes ont aussi été considérées pour la délimitation des bassins versants de chaque structure du système de drainage. Une distance minimale de 35 m entre les axes centraux des fossés et les limites de la halde à stériles et du parc à résidus a été considérée pour permettre la construction d'une route d'entretien.

Le plan conceptuel de gestion des eaux du site minier Canadian Malartic (Golder, 2014a) prévoit que le fossé collecteur au sud de la halde mixte soit utilisé comme destination pour l'eau excédant la capacité du système de pompage des eaux issues du bassin versant naturel en amont du chemin du Concasseur. Une capacité de

0,3 m³/s pour ce système de pompage a été considérée dans les dimensionnements actuels, à la suite des discussions avec CMGP.

Les dimensions des ponceaux existants sous les chemins du Concasseur et de la Fosse ont été considérées dans les calculs. Les calculs considèrent aussi qu'un volume de l'ordre de 70 000 m³ est disponible entre le chemin de la Fosse et le chemin du Concasseur. Ce volume permettrait de limiter la mise en charge (montée du niveau d'eau en amont) des ponceaux du chemin de la Fosse à 1 m pendant un événement extrême de récurrence d'une fois en cent ans (1:100 ans).

Les fossés collecteurs et les bassins de pompage ont été dimensionnés pour des événements de récurrence 1:100 ans. Ceci a été établi selon les recommandations de la directive 019 sur l'industrie minière du MDDELCC (MDDEFP, 2012a) pour les réseaux de drainage environnant un ouvrage de rétention du type « Aires d'accumulation sans retenue d'eau ». Les aspects suivants justifient l'utilisation de ce critère pour les bassins de pompage :

- Les bassins de pompage auront des systèmes de pompage fixes dotés d'un système automatique « Démarrage/Arrêt » qui permettra de démarrer le pompage dès que de l'eau s'accumule dans les bassins. Les bassins seront donc opérés « vides » (volume actif totalement disponible) pendant la majorité du temps.
- Les bassins de pompage seront construits principalement en excavation sans ouvrages hors sol significatifs (digues) pour la rétention de l'eau.

Le dimensionnement des bassins considère également les apports d'eau issus du ressuage des résidus lors de leur consolidation. Golder a estimé ces apports à :

- Apport au bassin Nord-est : 15 300 m³/j approximativement.
- Apport au bassin Est (provenant de l'exfiltration au travers de la digue du parc à résidus) : 4 750 m³/j approximativement.

Pour le ruissellement sur la halde à stériles, les calculs ont pris en compte le fait que la superficie du plateau de la halde à stériles finale n'est pas compactée et que cette superficie est entourée par des bermes qui atténuent et retardent fortement le ruissellement des eaux lors des pluies intenses. Seules les pentes de la halde à stériles (à l'état final) orientées vers les fossés collecteurs ont été prises en compte dans les calculs des débits de pointe. Il a par ailleurs été supposé que ces superficies conservent en tout temps une bonne capacité d'infiltration.

4.2 Données climatiques utilisées pour la conception

Pour la conception des fossés collecteurs, une pluie de récurrence 1:100 ans et d'une durée de 24 heures a été considérée, soit 91 mm (Golder, 2011). La valeur a été déterminée sur la base des données historiques horaires de précipitation de la station d'Environnement Canada à Val-d'Or pour la période de 1961 à 2010. Cette pluie estivale a été distribuée sur 24 heures selon la fonction du Soil Conservation Service type 2 (SCS II), qui est la distribution utilisée habituellement au Québec (MDDEFP, 2012b).

Pour la conception des bassins de pompage, une analyse statistique a été effectuée sur la base des données d'Environnement Canada (EC, 2013) suivantes :

- précipitations liquides journalières (station Val-d'Or, période de 1951 à 2012);

- estimations quotidiennes de la hauteur de pluie et de la neige fondue (station Val-d'Or, période de 1955 à 2012).

Les résultats de cette analyse pour les durées de 1 à 120 jours et pour une période de retour de 100 ans sont compilés dans le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2: Événements de conception de période de retour 100 ans et de durée allant de 1 à 120 jours (station Val-d'Or, période de 1951 à 2012)

Durée de l'événement de précipitation liquide (jours)	Précipitation liquide (mm) de période de retour 100 ans	Précipitation liquide + neige fondue (mm) de période de retour 100 ans (note 1)
1	96 (note 2)	71
2	107	98
3	116	123
4	125	145
5	133	165
6	140	185
7	147	204
8	153	222
9	159	238
10	165	252
12	175	275
15	191	305
20	215	341
25	237	373
30	258	402
40	302	450
50	341	493
60	377	532
75	425	582
90	469	620
105	511	632
120	552	637

Notes :

- 1) Les événements combinés (pluie et fonte de neige) prennent en compte les pluies printanières, qui ont en général une intensité plus faible que les pluies estivales.
- 2) La valeur a été obtenue à la suite de l'analyse des données journalières. Cela explique la différence par rapport à la valeur de 91 mm, déterminée à la suite de l'analyse des données horaires.

4.3 Fossés : Méthodologie de dimensionnement et paramètres hydrologiques et hydrauliques

La méthodologie « SCS » présentée par USDA (1986) a été utilisée pour le calcul des débits de pointe de conception pour le dimensionnement des fossés.

Pour le calcul des pertes par infiltration et par rétention temporaire sur la surface, la méthode SCS a été utilisée avec les coefficients CN (« runoff curve number ») de 68 pour la halde à stériles, 95 pour le parc à résidus, 80 pour les autres aires à l'intérieur du site minier (routes, stationnement et zone du concasseur) et 73 pour le bassin versant naturel en amont du chemin du Concasseeur. Les pertes par évaporation sont négligeables pendant des événements intenses de courte durée. La valeur de 68 pour les haldes à stériles est justifiée par l'hypothèse déjà mentionnée que les talus des haldes conservent en tout temps une très bonne capacité d'infiltration. Par ailleurs, tel que mentionné à la section 4.1, le plateau des haldes n'est pas pris en compte dans le calcul des débits de pointe.

Le temps de concentration représente la durée mise par une goutte de pluie pour parcourir la plus grande distance hydraulique jusqu'à l'exutoire du bassin versant. La méthode présentée par USDA (1986) a été utilisée pour le calcul des temps de concentration dans les bassins versants des fossés collecteurs.

Le tableau 3 présente les aires des bassins versants et les coefficients CN utilisés pour le calcul de débits de pointe dans les fossés. Les bassins versants sont aussi représentés dans la figure 4.

Tableau 3: Aires du bassin versant, temps de concentration et coefficients CN utilisés pour le calcul de débits de pointe

Structure	Aire bassin versant (km ²)	CN (note 1)	Temps de concentration (min)
Déviation fossé collecteur Nord	5,92 (note 2)	73	200
Fossé collecteur Est 1	1,80	89	60
Fossé collecteur Est 2	0,02	85	10
Fossé collecteur Est 3	0,18	87	30
Fossé collecteur Est 4	0,75	92	60

Notes :

- 1) Valeur pondérée en tenant compte des différents types de surfaces du bassin versant.
- 2) Cette aire inclut le bassin versant naturel en amont du chemin du Concasseeur (voir hypothèses plus haut).

Les fossés ont été dimensionnés avec une revanche minimale de 0,6 m, comme recommandé par le MDDEFP (2012b), pour tenir compte des incertitudes de calcul, de la possibilité de formation de vagues, de l'accumulation de débris et de l'accumulation de sédiments à l'intérieur des fossés.

L'équation de Manning a servi pour le calcul hydraulique de l'écoulement uniforme dans les fossés, avec un coefficient de rugosité de Manning calculé en fonction du diamètre D_{50} de l'enrochement de protection selon Smith (1995). Les coefficients de Manning calculés varient de 0,027 à 0,049 pour des diamètres d'enrochement D_{50} , allant de 30 mm à 840 mm, respectivement.

4.4 Bassins de pompage

4.4.1 Scénarios de dimensionnements

Le dimensionnement des bassins de pompage a considéré le volume maximal parmi deux critères de conception :

- Le bassin doit gérer sans débordement l'accumulation de l'eau pendant un événement climatique 1 :100 ans et pour un taux de pompage particulier; et

- Le bassin doit pouvoir contenir sans débordement les entrées d'eau pendant au moins une journée de conditions hydrologiques normales en supposant le non fonctionnement du système de pompage. La vérification a été faite pour le débit moyen annuel et pour le débit moyen pendant une crue printanière d'une année moyenne.

Le deuxième critère suppose que :

- CMGP est en mesure de réparer les problèmes mécaniques ou électriques du système de pompage à l'intérieur d'une journée.
- Une crue exceptionnelle et un problème mécanique ou électrique du système de pompage sont deux événements indépendants. Il est très peu probable qu'ils aient lieu en même temps; la période de retour d'une telle occurrence serait plus grande que les 100 ans de la crue de conception.

Le volume calculé par cette méthode est le volume « actif ». La conception inclut aussi un volume « mort » au fond du bassin, qui est dédié à l'accumulation des sédiments ainsi qu'aux contraintes du système de pompage. Le volume actif est défini entre le niveau maximal du volume mort et le radier le plus bas des fossés collecteurs à l'entrée au bassin, de manière à ce que l'accumulation d'eau dans le bassin ne cause pas un refoulement dans les fossés collecteurs. Le refoulement diminuerait la capacité hydraulique des fossés.

Les volumes des bassins de pompage ont été dimensionnés pour le cas le plus critique entre les événements de pluie estivale et printanière (pluie et neige fondue) de récurrence 100 ans.

Les volumes d'eau accumulés dans les bassins ont été évalués pour différents taux de pompage. Golder a ensuite discuté avec CMGP de choix de la capacité de pompage. Ce document présente le scénario sélectionné seulement.

4.4.2 Paramètres hydrologiques

La méthode SCS est seulement appropriée pour le calcul de débits de pointe; une autre méthode est donc nécessaire pour estimer les pertes par infiltration et par rétention temporaire sur la surface. Des estimations simplificatrices basées sur l'expérience ont conduit à l'utilisation de coefficients de ruissellement volumétriques (volume de ruissellement se rendant au bassin divisé par le volume de précipitation liquide et fonte de neige) constants pour toute la durée des événements climatiques :

- un coefficient de ruissellement volumétrique de 0,6 pour la halde à stériles et pour le bassin versant naturel en amont du chemin du Concasseur;
- un coefficient de ruissellement volumétrique de 0,9 pour la surface du parc à résidus;
- un coefficient de ruissellement volumétrique de 0,7 pour les autres aires (routes, stationnement et zone du concasseur) à l'intérieur du site minier;
- un coefficient de ruissellement volumétrique de 1,0 pour la surface du bassin de pompage.

Le dimensionnement des bassins de pompage considère les flux journaliers d'eau (entrées-sorties). Comme les temps de concentration des fossés sont inférieurs au pas de temps du modèle, soit à 1 jour (voir tableau 4), aucun retard entre l'événement climatique et l'entrée de l'eau dans le bassin n'a été considéré dans le calcul.

Par ailleurs, les bassins de pompage sont supposés être vides au début des événements extrêmes de conception considérés.

Le tableau 4 résume les aires des bassins versants et coefficients de ruissellement volumétriques pondérés utilisés pour le dimensionnement des bassins de pompage. Les bassins versants sont aussi présentés sur la figure 5.

Tableau 4: Aires des bassins versants et coefficients de ruissellement volumétriques utilisés pour le dimensionnement des bassins de pompage

Structure	Aire bassin versant (km ²)	Coefficient de ruissellement volumétrique (note 1)
Bassin de pompage Nord-est	9,6 (note 2)	0,65
Bassin de pompage Est	0,2	0,85

Notes :

- 1) Valeur pondérée en tenant compte des différents types de surfaces du bassin versant.
- 2) Cette aire inclut le bassin versant naturel en amont du chemin du Concasseur (voir hypothèses plus haut).

5.0 DIMENSIONNEMENT PRÉLIMINAIRE DES STRUCTURES

5.1 Fossés de drainage

Le tableau 5 présente les résultats du dimensionnement hydraulique pour les fossés collecteurs. Les figures 2 et 3 présentent les profils longitudinaux des fossés; la figure 6 présente les coupes types recommandées. Les résultats présentés s'accompagnent des considérations et contraintes suivantes (liste non exhaustive), qui seront à considérer pour la future étape de conception :

■ Généralités :

- Le tableau 5 indique les dimensions des sections types de fossé ainsi que le diamètre D_{50} minimal de l'enrochement de la couche de protection contre l'érosion. L'ajout de structures particulières (par exemple pour la transition entre des sections à pentes différentes, pour l'entrée dans les bassins ou pour les protections contre l'érosion dans les courbes) sera considéré à la prochaine étape de conception.
- L'utilisation des matériaux types (D_{50}) disponibles à la mine et de matériaux autres que l'enrochement pourront être recommandés pour la protection des seuils et des talus, et les pentes abruptes pourront être remplacées par des marches.
- La carte des épaisseurs de sols cohérents indique que la plupart des fossés des secteurs Nord et Est de la halde à stériles et du parc à résidus seront excavés dans des sols cohérents (Golder, 2014c). Les forages exécutés au nord et à l'est de l'extension de la halde à stériles indiquent que le niveau de la nappe phréatique à ces endroits est plus haut que l'élévation des radiers prévus des fossés collecteurs. Le drainage de l'eau souterraine aura donc une tendance à s'effectuer vers les fossés.
- Avant et durant la construction des fossés, des informations sur les sols seront collectées. Dans les zones où le degré d'étanchéité du sol naturel est insuffisant, des mesures structurales pourraient être mises en place pour améliorer l'étanchéité des fossés. De telles mesures pourront consister, par exemple, en la mise en place d'une couche de till compactée entre le sol naturel et l'enrochement de protection des structures ou d'une géomembrane.

- La phase suivante de conception ajustera l'alignement des fossés pour prendre en compte l'empreinte détaillée des routes et des haldes. La conception inclura aussi le dimensionnement des ponceaux de croisement de route et, si nécessaire, des déversoirs de jaugeages dans les fossés.
- Des revanches ont été incluses dans les calculs de profondeur minimale requise pour tenir compte des risques d'accumulation de sédiments, des approximations de calculs et de construction et de l'énergie hydraulique de l'écoulement.
- Fossé collecteur Est 1 :
 - Le fossé à l'intérieur du parc à résidus sera muni d'une couche imperméable ou de faible perméabilité sur son côté aval, de manière à limiter les exfiltrations d'eau du parc à résidus vers les fossés collecteurs Est2 et Est3.
- Fossé collecteur Nord :
 - Les ponceaux existants sous le chemin de la Fosse génèrent une restriction à l'écoulement en situation de crue. Le débit de conception du fossé collecteur Nord est donc limité par la capacité de ces ponceaux.
- Fossé collecteur Est 2 :
 - Les débits d'exfiltrations du parc à résidus vers le fossé Est 2 n'ont pas été pris en compte dans les calculs de dimensionnement, car ils sont considérés mineurs par rapport aux débits de ruissellement de surface et de ressuage des résidus.
- Fossé collecteur Est 3 :
 - Le fossé a une pente longitudinale maximale d'environ 9 %, ce qui engendre un important potentiel d'érosion. De l'enrochement de grosse dimension est nécessaire localement. Pour la phase suivante de conception de ce fossé, la possibilité d'excaver les tronçons avec des pentes abruptes directement dans le roc sera évaluée.
 - Comme pour le fossé Est 2, les apports liés aux débits exfiltrés du parc à résidus vers le fossé n'ont pas été pris en compte.
- Fossé collecteur Est 4 :
 - Pour réduire l'excavation proche du pied de la berme du parc à résidus, Golder propose de construire un tronçon de ce fossé en remblai (autour du chaînage 0+400).

Tableau 5: Dimensionnement conceptuel des fossés collecteurs - sections typiques et résultats du calcul hydraulique

Structure	Chaînage (voir figures 2 à 4)			Dimensions proposées du fossé				Calcul hydraulique (crue de conception 1:100 ans)			
				Profondeur minimale	Largeur de la base	Pente longitudinale	Pente des talus	Enrochement de protection minimal	Débit maximal	Vitesse maximale	Hauteur d'eau maximale
	(m)	(m)	(m)	(%)	xH:1V	D ₅₀ (mm)	(m³/s)	(m/s)	(m)		
Déviation du Fossé Collecteur Nord	0 + 0	à	0 + 323	1,60	2,0	0,25	2,5	30	4,6	1,2	0,9
	0 + 323	à	0 + 488	1,20	2,0	5,00	2,5	450	4,6	2,6	0,5
	0 + 488	à	0 + 953	1,60	2,0	0,25	2,5	30	4,6	1,2	0,9
	0 + 953	à	1 + 420	1,70	2,0	0,25	2,5	30	6,4	1,2	1,1
	1 + 420	à	1 + 662	1,50	2,0	1,52	2,5	300	6,4	1,8	0,8
	1 + 662	à	1 + 993	1,80	2,0	0,25	2,5	30	7,3	1,3	1,2
	1 + 993	à	2 + 434	1,70	2,0	0,50	2,5	100	7,3	1,5	1,1
	2 + 434	à	3 + 779	1,80	2,0	0,25	2,5	30	7,3	1,3	1,2
Fossé Collecteur Est-1	0 + 0	à	0 + 459	1,90	6,0	0,25	3,5	30	17,9	1,4	1,2
	0 + 459	à	0 + 560	1,50	6,0	5,00	3,5	450	17,9	3,1	0,7
	0 + 560	à	1 + 240	2,00	6,0	0,29	2,5	100	17,9	1,4	1,3
	1 + 240	à	1 + 719	2,00	3,0	1,00	2,5	300	18,1	2,0	1,4
Fossé Collecteur Est-2	0 + 0	à	0 + 128	0,90	1,0	2,00	2,5	100	0,5	1,2	0,3
	0 + 128	à	0 + 302	1,00	1,0	0,25	2,5	30	0,5	0,7	0,4
Fossé Collecteur Est-3	0 + 0	à	0 + 175	1,20	1,5	2,00	2,5	300	2,7	1,6	0,6
	0 + 175	à	0 + 363	1,10	1,5	3,45	2,5	300	2,7	2,0	0,5
	0 + 363	à	0 + 508	1,00	2,5	7,70	2,5	450	2,7	2,5	0,3
	0 + 508	à	0 + 597	1,00	2,5	9,15	3,0	450	2,7	2,6	0,3
	0 + 597	à	0 + 645	1,00	2,5	5,16	2,5	300	2,7	2,2	0,4
	0 + 645	à	0 + 724	1,10	2,5	2,30	2,5	300	2,7	1,7	0,5
	0 + 724	à	0 + 773	1,30	2,5	0,25	2,5	30	2,7	1,0	0,7

Structure	Chaînage (voir figures 2 à 4)			Dimensions proposées du fossé					Calcul hydraulique (crue de conception 1:100 ans)		
				Profondeur minimale	Largeur de la base	Pente longitudinale	Pente des talus	Enrochement de protection minimal	Débit maximal	Vitesse maximale	Hauteur d'eau maximale
	(m)	(m)	(m)	(%)	xH:1V	D ₅₀ (mm)	(m³/s)	(m/s)	(m)		
Fossé Collecteur Est-4	0 + 0	à	0 + 87	1,80	2,0	0,25	3,0	30	8,2	1,3	1,2
	0 + 87	à	0 + 320	1,50	2,0	5,00	3,0	450	8,2	2,8	0,7
	0 + 320	à	0 + 582	1,80	2,0	0,25	3,0	30	8,2	1,3	1,2
	0 + 582	à	0 + 718	1,50	2,0	5,00	3,0	450	8,2	2,8	0,7

5.2 Bassin de pompage Est

Le tableau 6 et le diagramme 1 présentent des résultats de calculs pour le dimensionnement du bassin de pompage Est. Après discussions avec CMGP, Golder propose un volume actif de 6 500 m³ associé à une capacité de pompage vers le bassin Nord-est de 0,4 m³/s.

Le volume actif de 6 500 m³ conduit à :

- un temps de rétention de 1,2 jour pour le débit moyen annuel (5 600 m³/jour, dont 870 m³/jour de ruissellement et 4 750 m³/jour de ressuage des résidus); et
- un temps de rétention de 1,0 jour pour le débit moyen de la crue printanière d'une année climatique moyenne (6 500 m³/jour, dont 1 700 m³/jour ruissellement et 4 800 m³/jour débit de ressuage des résidus).

L'aménagement du bassin de pompage doit permettre :

- l'accumulation des sédiments, pour laquelle il est proposé de réserver 0,5 m de profondeur au fond du bassin.
- l'emmagasinement du volume actif de conception sans refoulement dans les fossés collecteurs qui se trouvent en amont hydraulique. Cette contrainte impose une revanche minimale de 1,3 m entre le niveau maximal de conception du bassin Est et le terrain naturel au point d'entrée de chaque fossé collecteur dans le bassin.

La figure 1, à la fin du document, montre l'emplacement du bassin, qui reste à optimiser à la suite d'un arpentage et d'une investigation détaillée de la zone d'étude. Golder a estimé l'empreinte totale à environ 4 200 m² pour un volume excavé d'environ 11 500 m³ (n'incluant pas l'excavation additionnelle pour les couches de protection contre l'érosion et d'imperméabilisation si nécessaire).

Un fossé excavé dans le terrain naturel du côté est du bassin agira comme déversoir d'urgence. Le déversoir déchargera le surplus d'eau vers le ruisseau Raymond si l'événement dépasse la crue de conception ou en cas de perte de contrôle par la mine.

Tableau 6: Résultat du calcul du volume actif minimal (m³) du bassin de pompage Est en fonction de la capacité de pompage vers le bassin Nord-est

Capacité de pompage au bassin Est (m ³ /s)	0,2	0,3	0,4
Volume actif minimal du bassin Est (m ³)	8 600 m ³	7 200 m ³	6 500 m ³

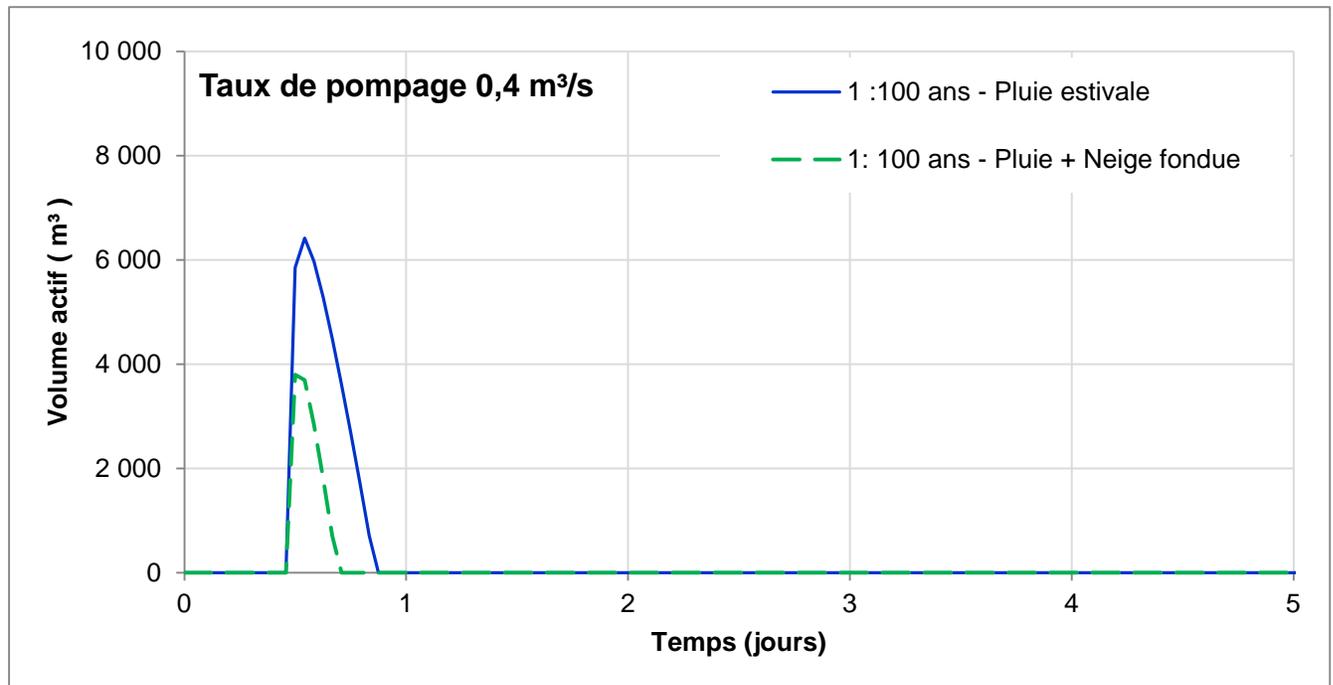


Diagramme 1: Dimensionnement du bassin de pompage Est

5.3 Bassin de pompage Nord-est

Le tableau 7 et le diagramme 2 présentent les résultats des calculs pour le dimensionnement du bassin de pompage Est. Après discussions avec CMGP, Golder propose un volume actif de 800 000 m³ associé à une capacité de pompage vers le bassin Sud-Est de 0,9 m³/s. Le volume proposé ne considère pas la capacité d'emmagasinement pouvant être disponible dans les fosses remblayées Gouldie et Jeffrey.

Le volume actif de 800 000 m³ conduit à :

- un temps de rétention de 15 jours pour le débit moyen annuel (53 500 m³/jour, dont 33 500 m³/jour ruissellement et 20 000 m³/jour débit de ressuage des résidus); et
- un temps de rétention de 9,2 jours pour le débit moyen de la crue printanière d'une année climatique moyenne (87 000 m³/jour, dont 67 000 m³/jour ruissellement et 20 000 m³/jour débit de ressuage des résidus).

Le calcul des temps de rétention a inclus les volumes d'eau pompés du bassin Est vers le bassin Nord-est.

L'aménagement du bassin de pompage doit permettre :

- l'accumulation des sédiments pour laquelle Golder propose de réserver 0,5 m de profondeur au fond du bassin.
- l'emmagasinement du volume actif de conception sans refoulement dans les fossés collecteurs qui se trouvent en amont hydraulique. Cette contrainte impose une revanche minimale de 2,0 m entre le niveau maximal de conception du bassin Est et le terrain naturel au point d'entrée de chaque fossé collecteur dans le bassin.

La figure 1, à la fin du document, montre l'emplacement du bassin qui reste à optimiser à la suite d'un arpentage et d'une investigation détaillée de la zone d'étude. L'empreinte totale est estimée à environ 200 000 m² pour un volume excavé de 1 400 000 m³ (n'incluant pas l'excavation additionnelle pour les couches de protection contre l'érosion et d'imperméabilisation si nécessaire).

Un fossé excavé dans le terrain naturel du côté nord-est du bassin agira comme déversoir d'urgence. Le déversoir déchargera le surplus d'eau vers un cours d'eau naturel qui croise le chemin 117 à travers un ponceau pour rejoindre la rivière Malartic, en cas d'événement dépassant la crue de conception ou d'une perte de contrôle par la mine.

Tableau 7: Résultat du calcul du volume actif minimal (m³) du bassin de pompage Nord-est en fonction de la capacité de pompage vers le bassin Sud-est

Capacité de pompage au bassin Nord-est (m ³ /s)	0,5	0,7	0,9
Volume actif minimal du bassin Nord-est (m ³)	1 300 000 m ³	1 000 000 m ³	800 000 m ³

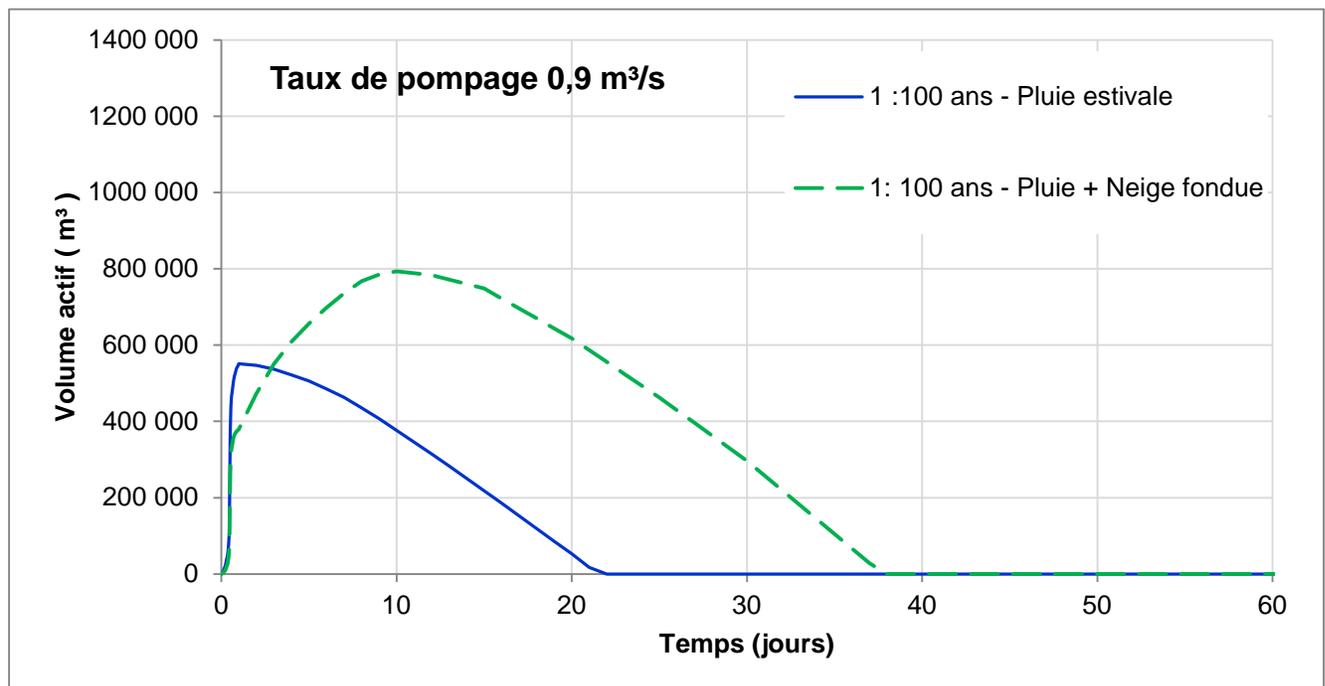


Diagramme 2: Dimensionnement du bassin de pompage Nord-est

5.4 Considérations liées à la conception des bassins de pompage Est et Nord-est

Le document actuel présente le dimensionnement préliminaire des deux bassins de pompage. Les aspects suivants seront inclus dans la phase suivante de conception :

- les aspects géotechniques de la conception des ouvrages, dont les pentes nécessaires des talus des bassins pour assurer leur stabilité en fonction des caractéristiques de sols naturels, de la nappe phréatique et de la présence du parc à résidus et de la halde à stériles à l'ouest des bassins;
- les mesures structurales nécessaires pour limiter l'infiltration de l'eau de contact des bassins de pompage vers le sol naturel et les exfiltrations d'eau souterraine dans les bassins;

- le déversoir d'urgence et le chenal aval du déversoir d'urgence jusqu'au milieu naturel;
- la recherche de solutions en amont des structures pour atténuer les crues et diminuer le volume des structures, si possible;
- la conception des systèmes de pompage;
- l'influence de l'emmagasinement de l'eau dans les fosses remblayées Gouldie et Jeffrey sur le dimensionnement du bassin Nord-est.

Comme déjà mentionné pour les fossés collecteurs, la carte des épaisseurs de sols cohérents (Golder, 2014c) indique que les bassins de pompage seront excavés dans les sols cohérents. Les forages exécutés au nord et à l'est de l'extension de la halde à stériles indiquent que le niveau de la nappe phréatique à ces endroits est plus élevé que celui des radiers des bassins de pompage, et ce, même en considérant les niveaux d'eau de crue dans les bassins. Le drainage de l'eau souterraine aura donc une tendance à s'effectuer vers les bassins.

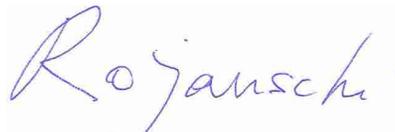
Une première phase d'investigation géotechnique a eu lieu dans le secteur convoité pour le bassin de pompage nord-est et l'information sur la nature des sols interceptée est présentée dans le rapport factuel (Golder, 2015). Cette première phase d'investigation avait pour but de prendre des données de base sur la stratigraphie de ce secteur en y conduisant une série de tranchées d'exploration, afin de mieux orienter la deuxième phase d'investigation. Lors de cette première campagne d'investigation géotechnique, quelques zones n'ont pas pu être investiguées à cause de la présence de zones marécageuses. Une étude géotechnique plus détaillée est prévue dans le secteur du bassin de pompage Nord-est et du bassin de pompage Est afin de mieux caractériser la nature et la profondeur des sols dans l'empreinte projetée. Selon l'information disponible pour ces deux secteurs, il ne semble pas avoir de zone où le roc soit affleurant; ainsi, des mesures d'étanchéisation du roc, telles que l'injection de ciment, ne sont pas anticipées.

6.0 SIGNATURES

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE



Aytaç Göksu, ing.
Ingénieur ressources en eau



Vlad Rojanschi, ing., Dr.-Ing.
Associé, ingénieur ressources en eau



Mayana Kissiova, ing., M.Ing.
Associée et directrice de projet

VR/AG/KD

Pièces jointes :

Figures 1 à 6 – Concept du système de drainage au nord et à l'est du parc à résidus et de la halde à stériles

7.0 RÉFÉRENCES

CMGP, 2014 – Message courriel envoyé par CMGP (Carl Pednault) le 20 janvier 2014

MDDEFP, 2012a – Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. Directive 019 sur l'industrie minière. Mars 2012.

MDDEFP, 2012b – Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. Guide de gestion des eaux pluviales. Octobre 2012.

Smith, 1995 – C.D. Smith, (1995). Hydraulic Structures, University of Saskatchewan Printing Services.

Environnement Canada, 2012 – Explication de l'analyse de la valeur extrême de la pluie + neige fondue. Communication électronique datée 16 octobre 2012 de Philip L. Jarret (philip.jarret@ec.gc.ca).

Environnement Canada, 2013 – Archives nationales d'information et de données climatologiques. http://www.climate.weatheroffice.gc.ca/climateData/canada_f.html.

Golder (2010) – Golder associés, novembre 2010. Mémoire technique – Vérification des ponceaux installés sur le site minier Osisko en aval du chemin du Lac-Mourier. Numéro de référence 001-10-1221-0065-2000-Rev0.

Golder (2012) – Golder Associés, février 2012. Mémoire technique – Actualisation de la vérification des ponceaux installés en aval du chemin du Lac-Mourier suite aux données collectées en 2011 – Mine Canadian Malartic, Malartic, Québec. Numéro de référence 013-10-1221-0065-MTF-Rev0.

Golder (2013a) – Golder Associés, avril 2013. Plans du fossé collecteur au Nord de la halde à stérile. Projet Canadian Malartic Expansion, Malartic, Québec. Numéro de référence 009-10-1221-0065-4000-Rev0-plans_construction_fossé_collecteur.

Golder (2013b) – Golder Associés, décembre 2013. Mémoire technique – Opinion sur la stabilité de la halde à minerai dans le secteur de la zone humide, Mine Canadian Malartic, Malartic, Québec. Numéro de référence 008-13-1221-0086-MTF-Rev0.

Golder (2013c) – Golder Associés, décembre 2013. Mémoire technique – Concept et dimensionnement préliminaire du pompage du bassin versant naturel en amont du chemin du Concasseur. Mine Canadian Malartic, Malartic, Québec. Numéro de référence 003-13-1221-0085-3010-MTF-Rev0.

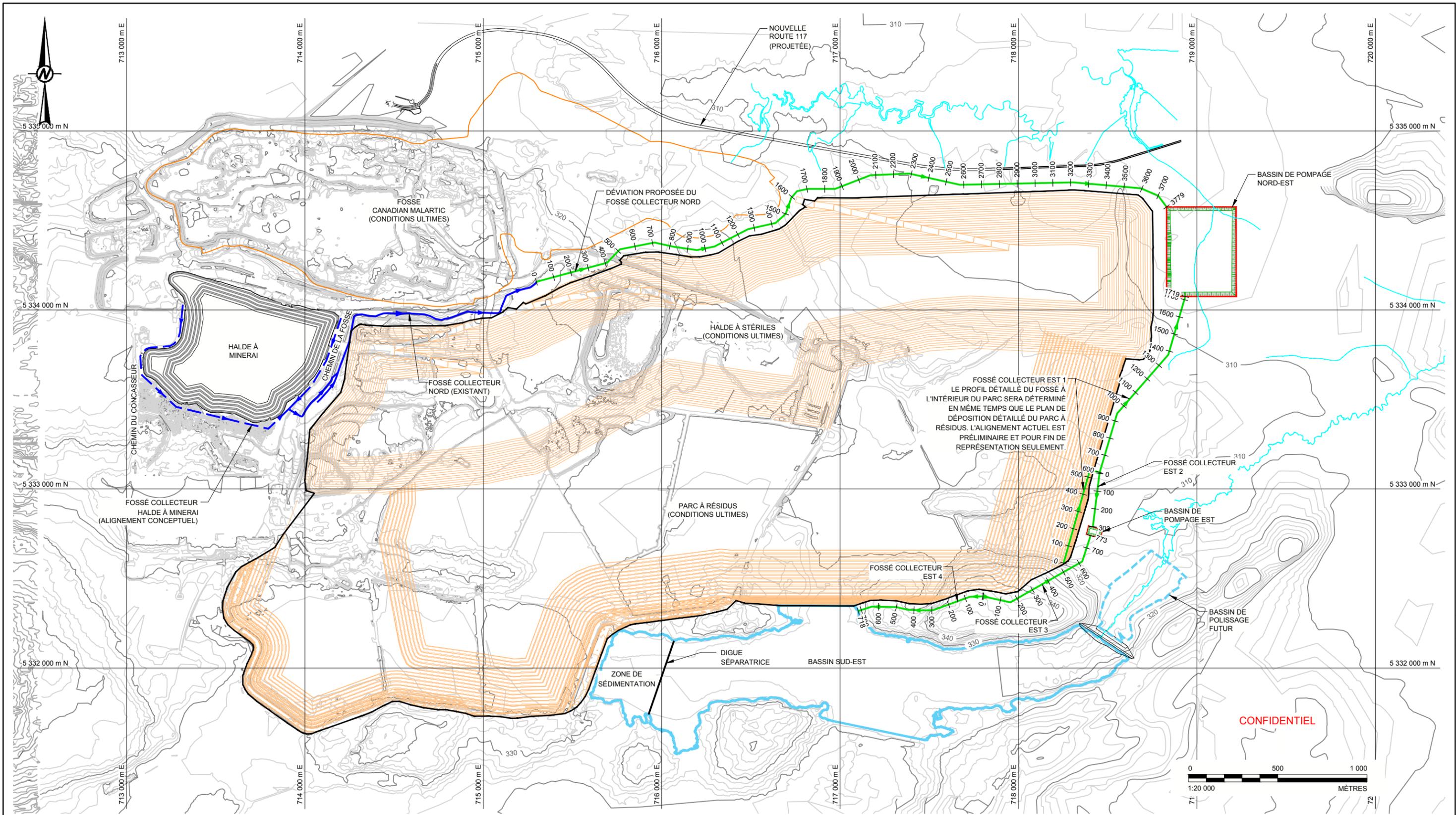
Golder (2014a) – Golder Associés, novembre 2014. Rapport – Plan conceptuel de gestion des eaux et bilan d'eau – Conditions ultimes d'opération. Numéro de référence 048-13-1221-0020-4020-MTF-Rev2.

Golder (2014b) – Golder Associés, Novembre 2014. Rapport – Plan de déposition du parc à résidus. Projet d'expansion de la mine Canadian Malartic, Malartic, Québec. Numéro de référence 066-13-1221-0020-3030-RF-Rev1.

Golder (2014c) - Golder Associés, novembre 2014. Conception du prolongement du parc à résidus et de la halde à stérile. Projet d'extension de la mine Canadian Malartic, Malartic, Québec. Numéro de référence 008-1402061-4000-RF-Rev. 0

Golder(2015)- Golder Associés, août 2015. Rapport factuel d'investigation géotechnique - Bassin de pompage Nord-est projeté. Projet d'extension de la mine Canadian Malartic, Malartic, Québec. Numéro de référence 013-1403061-3000-RF

USDA (1986) – USDA (United States Department of Agriculture), juin 1986 - Urban Hydrology for small Watersheds, Technical release no. 55.



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).
- HALDE ET FOSSE PROVENANT DE CMGP
- PARC À RÉSIDUS DE GOLDRER JANVIER 2014
- ROUTE PROJETÉE DE GENIVAR JUILLET 2013

CLIENT
CANADIAN MALARTIC GP

CONSULTANT

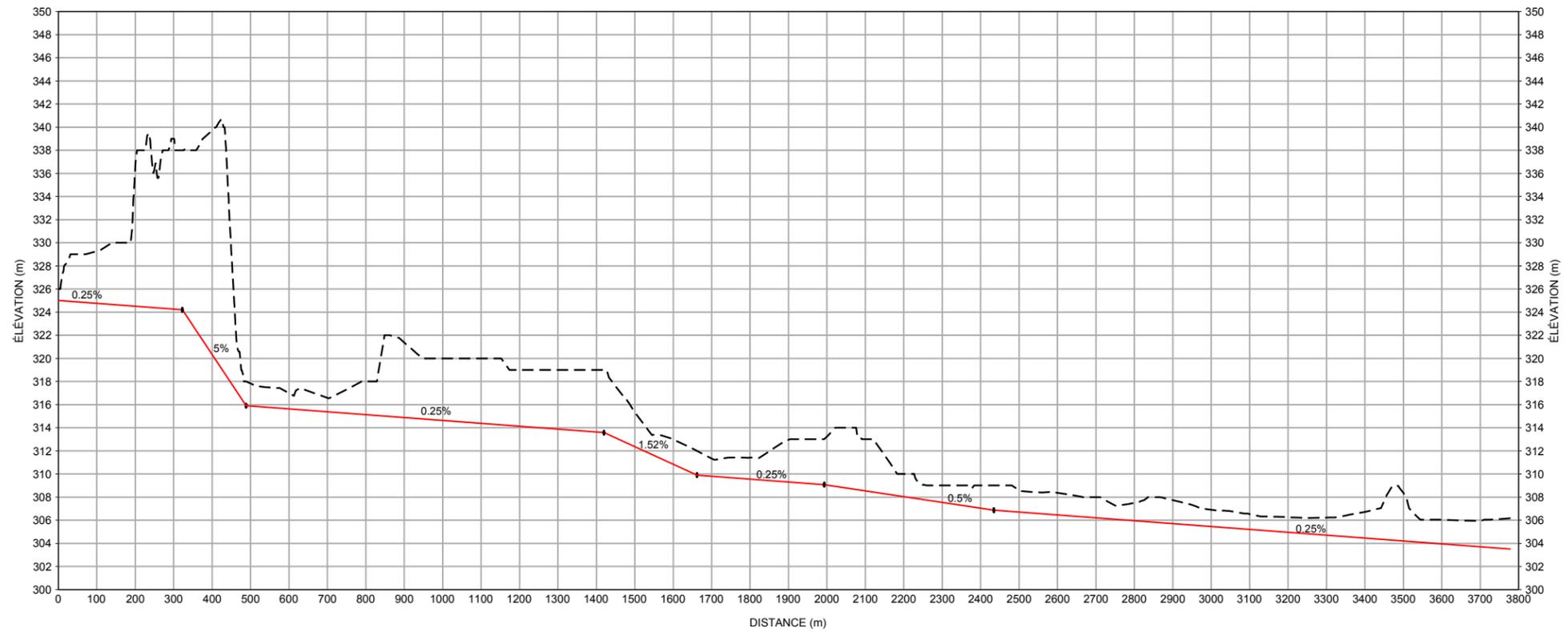


AAAA-MM-JJ	2014-07-03
PROJETÉ	J.P. Lutti
DESSINÉ	S. Betnesky
REVISÉ	A. Göksu
APPROUVÉ	M. Kissiova

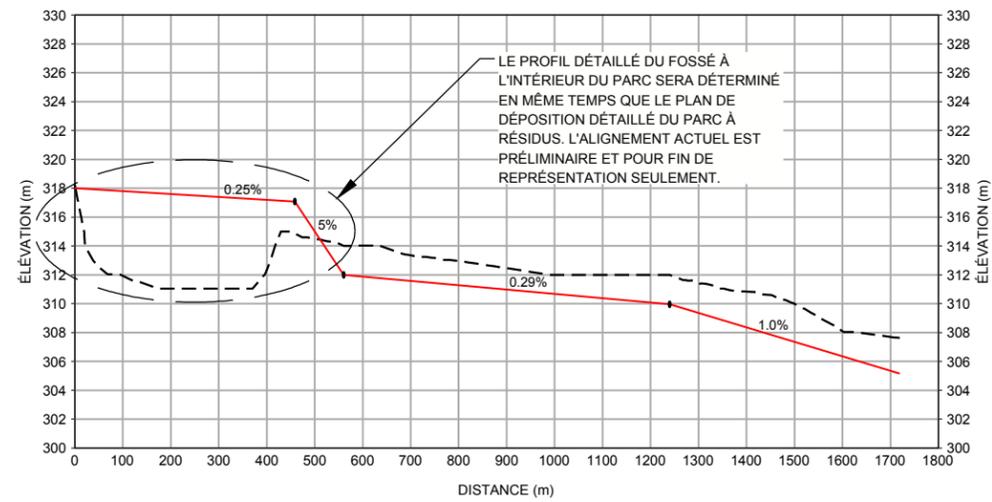
PROJET
EXTENSION CANADIAN MALARTIC
CONCEPT DU SYSTÈME DE DRAINAGE AU NORD ET
À L'EST DU PARC À RÉSIDUS ET DE LA HALDE À STÉRILES

TITRE
VUE EN PLAN

N° PROJET	PHASE	Rév.	FIGURE
13-1221-0020	4010	1	1



ÉCHELLE HORIZONTALE 1 : 15 000 - DÉVIATION FOSSÉ COLLECTEUR NORD
 ÉCHELLE VERTICALE 1 : 500 1



ÉCHELLE HORIZONTALE 1 : 15 000 - FOSSÉ COLLECTEUR EST 1
 ÉCHELLE VERTICALE 1 : 500 1

CONFIDENTIEL

CLIENT
 CANADIAN MALARTIC GP

CONSULTANT



AAAA-MM-JJ 2014-07-03
 PROJETÉ J.P. Lutti
 DESSINÉ S. Betnesky
 REVISÉ A. Göksu
 APPROUVÉ M. Kissiova

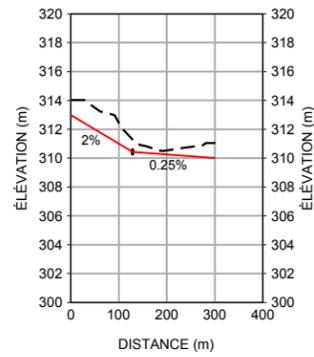
PROJET
 EXTENSION CANADIAN MALARTIC
 CONCEPT DU SYSTÈME DE DRAINAGE AU NORD ET
 À L'EST DU PARC À RÉSIDUS ET DE LA HALDE À STÉRILES

TITRE
**PROFILS LONGITUDINAUX - FOSSÉ COLLECTEUR NORD ET FOSSÉ
 COLLECTEUR EST 1**

N° PROJET 13-1221-0020 PHASE 4010

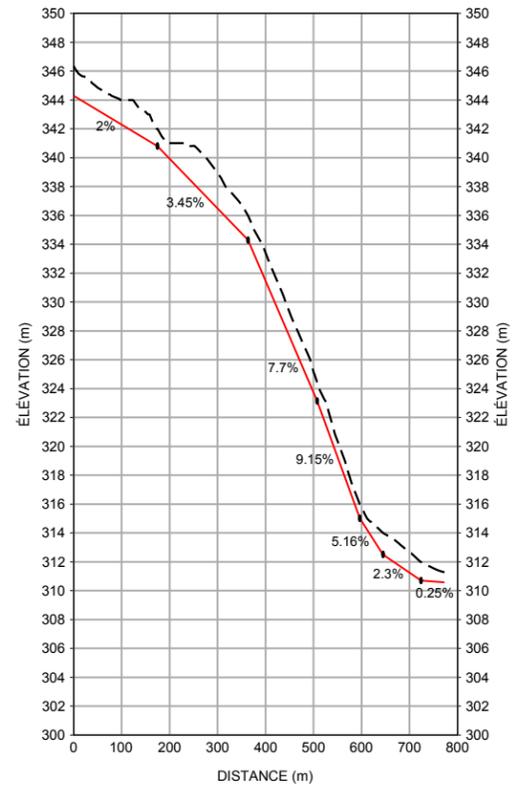
Rév. 1

FIGURE 2



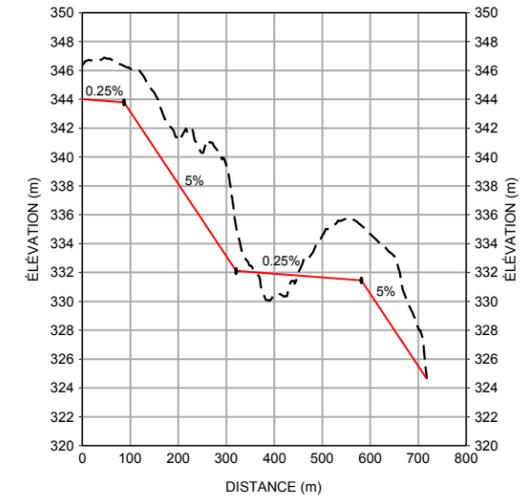
ÉCHELLE HORIZONTALE 1 : 15 000
ÉCHELLE VERTICALE 1 : 500

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	2014-07-03
PROJETÉ	J.P. Lutti
DESSINÉ	S. Betnesky
REVISÉ	A. Göksu
APPROUVÉ	M. Kissiova

PROJET
EXTENSION CANADIAN MALARTIC
CONCEPT DU SYSTÈME DE DRAINAGE AU NORD ET
À L'EST DU PARC À RÉSIDUS ET DE LA HALDE À STÉRILES

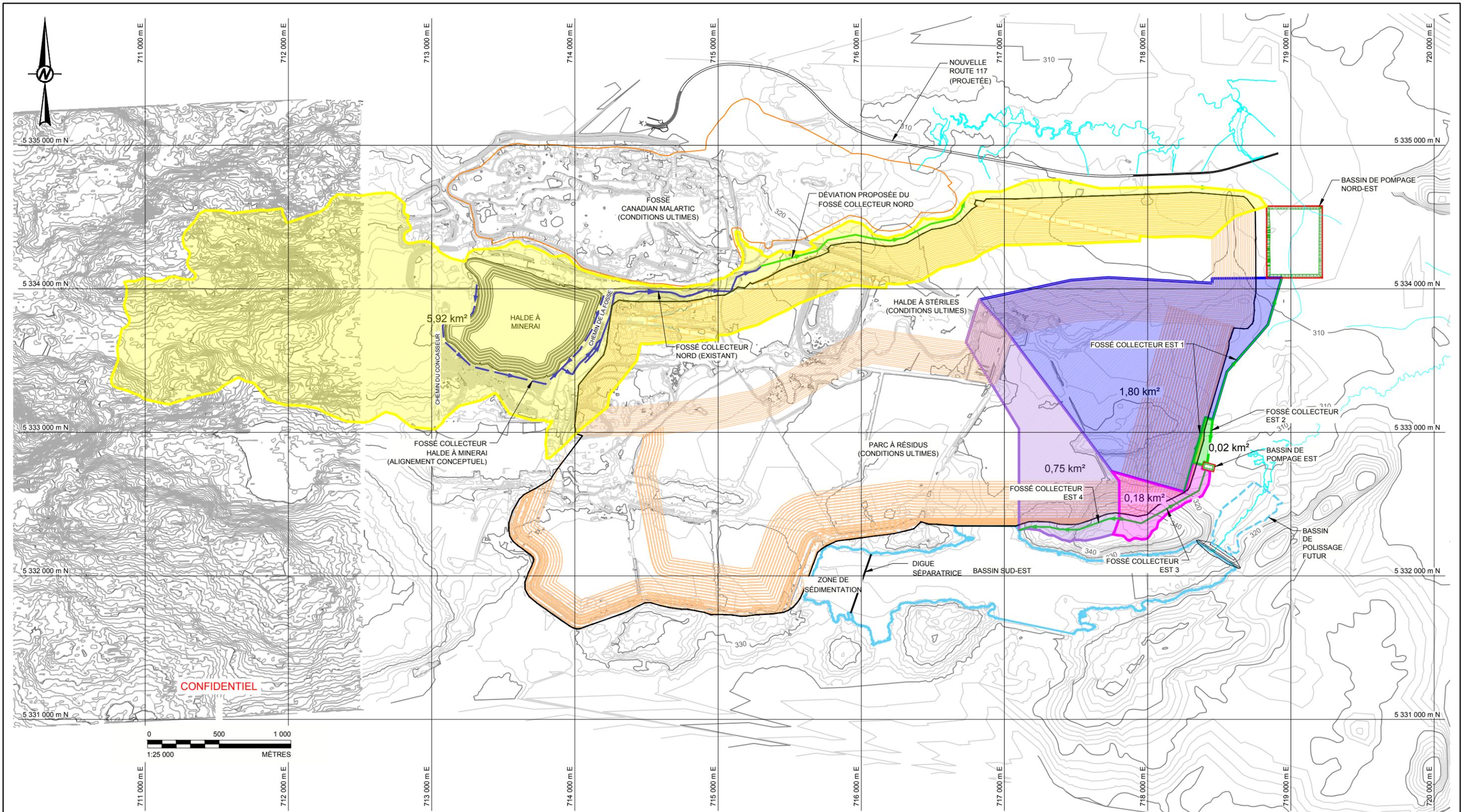
TITRE
PROFILS LONGITUDINAUX - FOSSÉS COLLECTEURS EST 2, EST 3 ET EST 4

N° PROJET
13-1221-0020

PHASE
4010

Rév.
1

FIGURE
3



LÉGENDE

- FOSSE COLLECTEUR EXISTANT
- - - FOSSE COLLECTEUR PRÉVU (CONCEPT)
- FOSSE COLLECTEUR PROJETÉ
- COURS D'EAU NATUREL
- BASSIN VERSANT FOSSE COLLECTEUR NORD
- BASSIN VERSANT FOSSE COLLECTEUR EST 1
- BASSIN VERSANT FOSSE COLLECTEUR EST 2
- BASSIN VERSANT FOSSE COLLECTEUR EST 3
- BASSIN VERSANT FOSSE COLLECTEUR EST 4

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).
- HALDE ET FOSSE PROVENANT DE CMGP
- PARC À RÉSIDUS DE GOLDER JANVIER 2014
- ROUTE PROJETÉE DE GENIVAR JUILLET 2013

CLIENT
CANADIAN MALARTIC GP

CONSULTANT

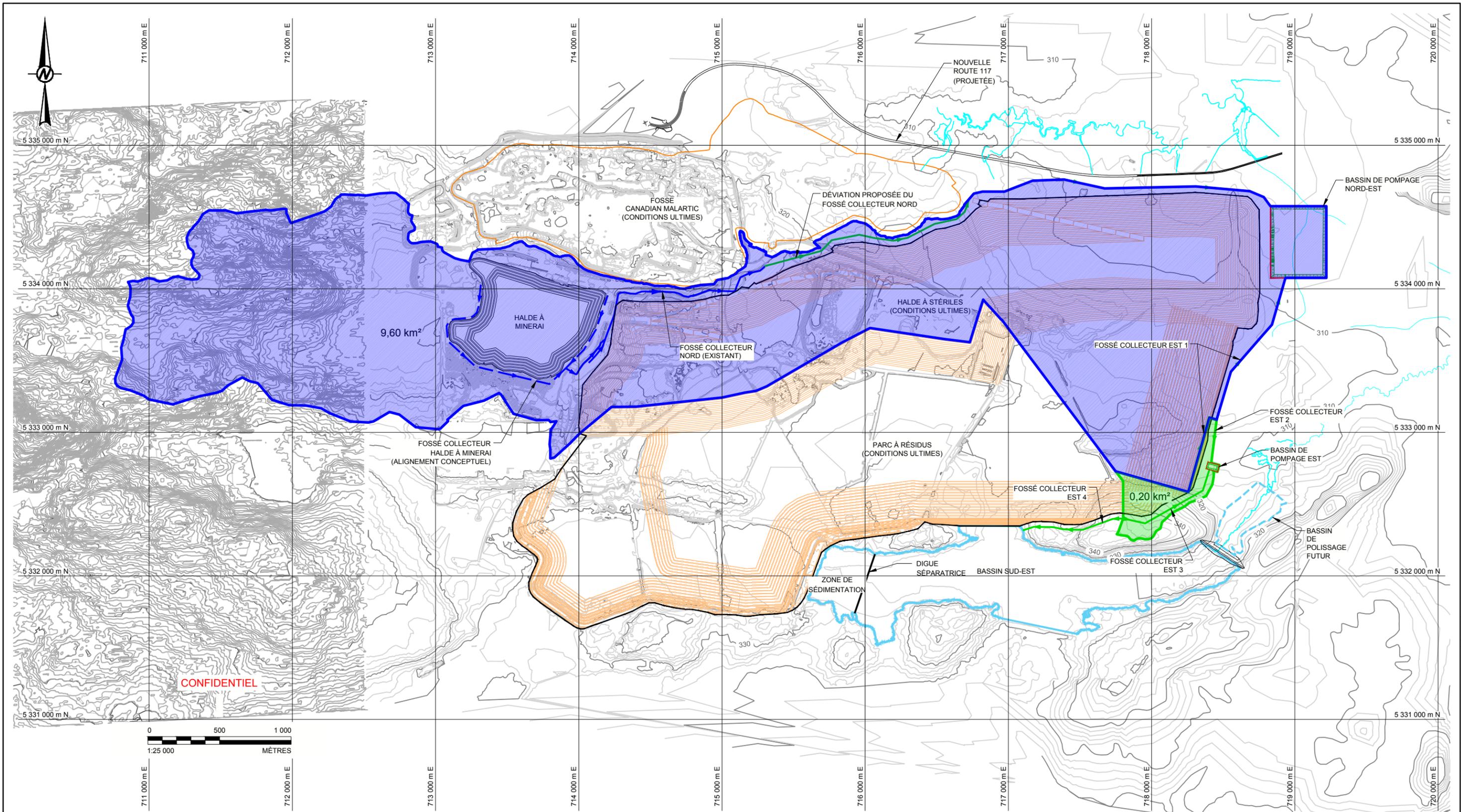


AAAA-MM-JJ	2014-07-03
PROJETÉ	J.P. Lutti
DESSINÉ	S. Betnesky
REVISÉ	A. Göksu
APPROUVÉ	M. Kissiova

PROJET
EXTENSION CANADIAN MALARTIC
CONCEPT DU SYSTÈME DE DRAINAGE AU NORD ET
À L'EST DU PARC À RÉSIDUS ET DE LA HALDE À STÉRILES

TITRE
BASSINS VERSANTS - FOSSES COLLECTEURS

N° PROJET	PHASE	Rév.	FIGURE
13-1221-0020	4010	1	4



LÉGENDE

- FOSSE COLLECTEUR EXISTANT
- - - FOSSE COLLECTEUR PRÉVU (CONCEPT)
- FOSSE COLLECTEUR PROJETÉ
- COURS D'EAU NATUREL
- BASSIN VERSANT
- BASSIN DE POMPAGE NORD-EST
- BASSIN VERSANT
- BASSIN DE POMPAGE EST

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).
- HALDE ET FOSSE PROVENANT DE CMGP
- PARC À RÉSIDUS DE GOLDER JANVIER 2014
- ROUTE PROJETÉE DE GENIVAR JUILLET 2013

CLIENT
CANADIAN MALARTIC GP

CONSULTANT



AAAA-MM-JJ	2014-07-03
PROJETÉ	J.P. Lutti
DESSINÉ	S. Betnesky
REVISÉ	A. Göksu
APPROUVÉ	M. Kissiova

PROJET
EXTENSION CANADIAN MALARTIC
CONCEPT DU SYSTÈME DE DRAINAGE AU NORD ET
À L'EST DU PARC À RÉSIDUS ET DE LA HALDE À STÉRILES

TITRE
BASSINS VERSANTS - BASSINS DE POMPAGE

N° PROJET
13-1221-0020

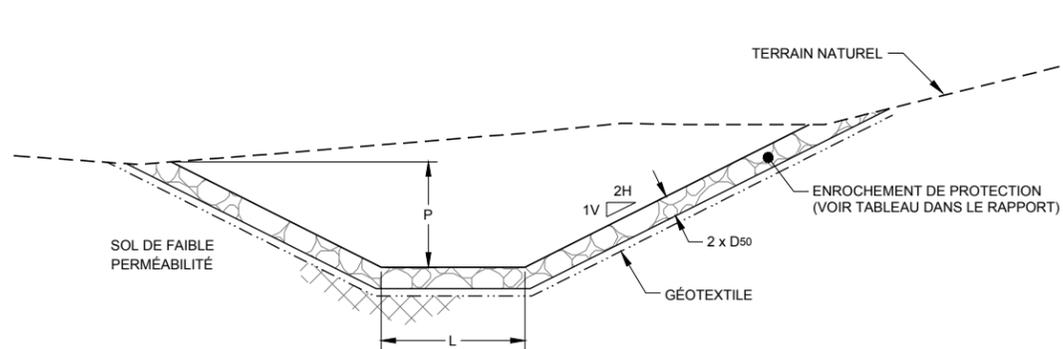
PHASE
4010

Rév.
1

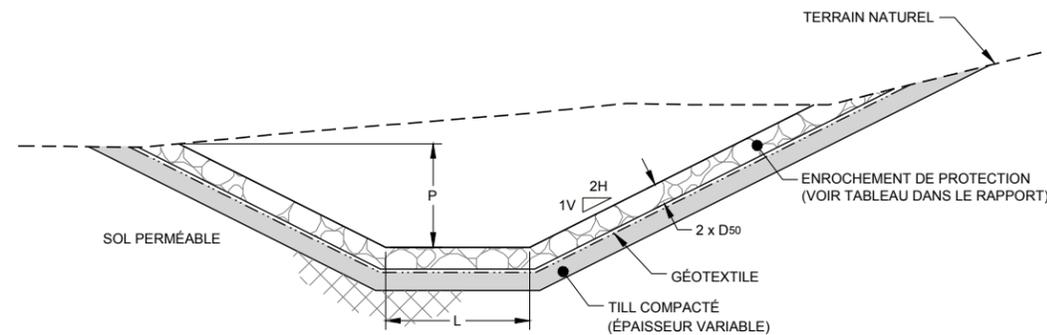
FIGURE
5

NOTES

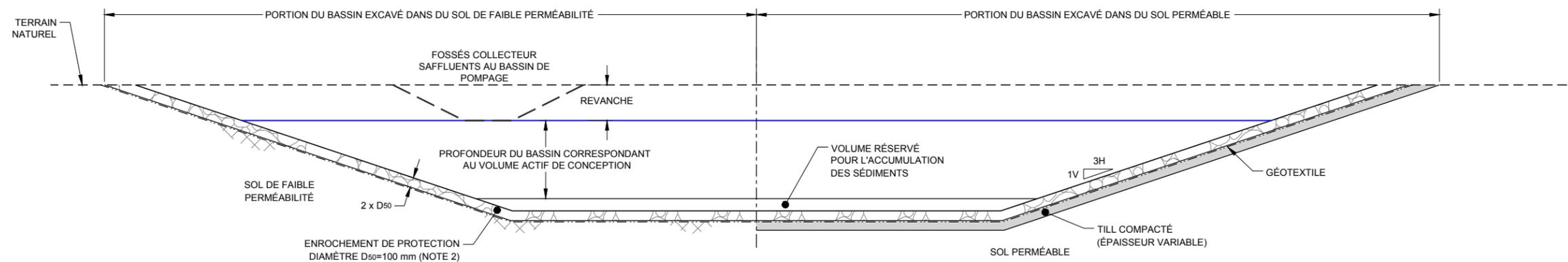
1. L'ÉPAISSEUR DE LA COUCHE DE TILL COMPACTÉ SERA ÉVALUÉE DANS LA PHASE DE CONCEPTION DÉTAILLÉE DES STRUCTURES DE DRAINAGE DE FAÇON À RESPECTER LES OBJECTIFS DE PROTECTION DES EAUX SOUTERRAINES.
2. EN AVAL DES FOSSÉS COLLECTEURS AFFLUENTS AU BASSIN DE POMPAGE, LES PENTES DES BASSINS SERONT PROTÉGÉES AVEC UN ENROCHEMENT DE PROTECTION DE DIAMÈTRE D₅₀ SUPÉRIEUR AU DIAMÈTRE D₅₀ DU FOSSÉ.



COUPE TYPE DU FOSSÉ COLLECTEUR
EXCAVÉ DANS DU SOL DE FAIBLE PERMÉABILITÉ
SANS ÉCHELLE



COUPE TYPE DU FOSSÉ COLLECTEUR
EXCAVÉ DANS DU SOL PERMÉABLE OÙ UNE
AMÉLIORATION DE L'ÉTANCHÉITÉ EST REQUISE
SANS ÉCHELLE



COUPE TYPE DU BASSIN DE POMPAGE
SANS ÉCHELLE

PAS POUR CONSTRUCTION

CLIENT
EXTENSION CANADIAN MALARTIC
CONCEPT DU SYSTÈME DE DRAINAGE AU NORD ET
À L'EST DU PARC À RÉSIDUS ET DE LA HALDE À STÉRILES

PROJET
MINE CANADIAN MALARTIC, MALARTIC, QC

CONSULTANT
AAAA-MM-JJ 2015-06-15
PROJETÉ J. Lutti
DESSINÉ R. Gravel
REVISÉ V. Rojanschi
APPROUVÉ M. Kissiova

TITRE
COUPES TYPES DES FOSSÉS COLLECTEURS ET DES BASSINS DE POMPAGE

N° PROJET 1527286 PHASE 20100 Rév. 1 FIGURE 6



