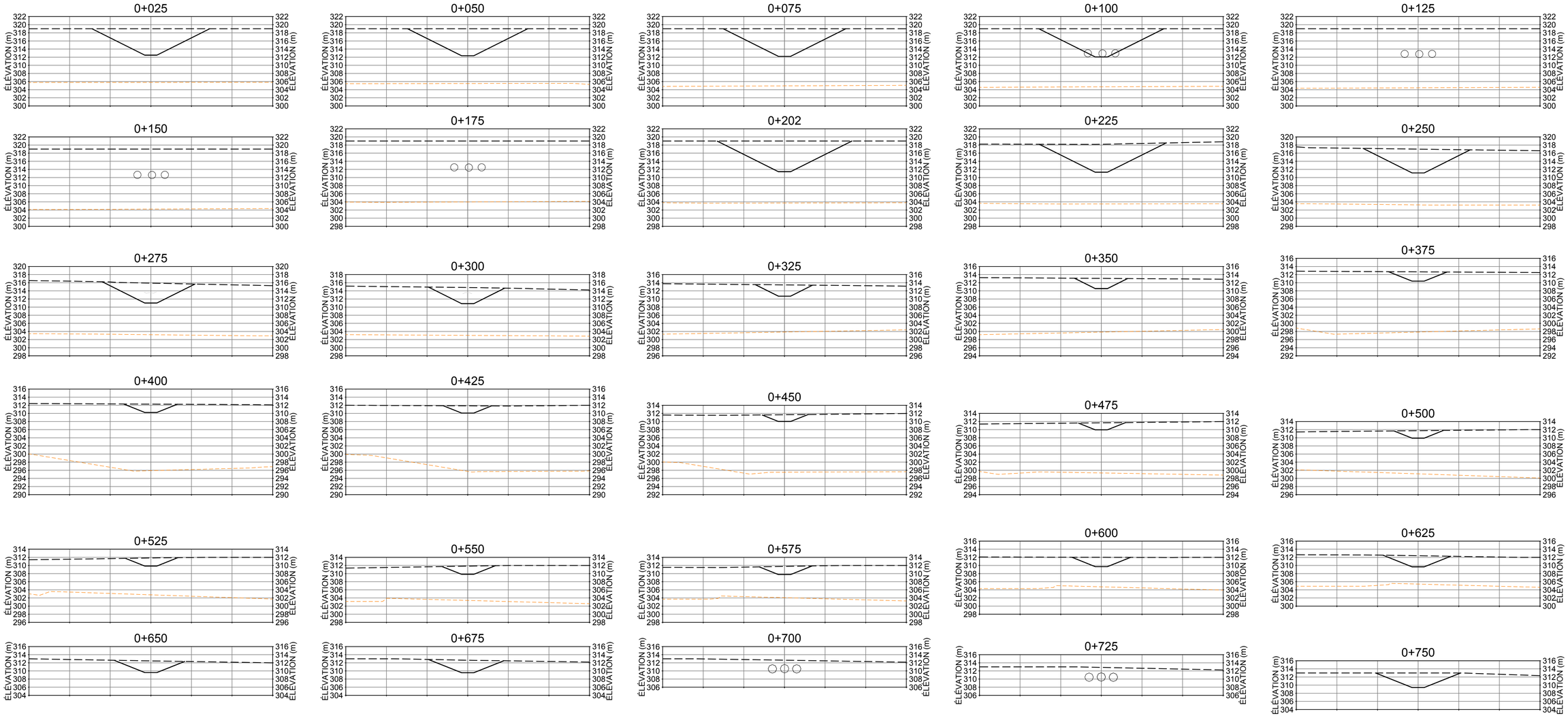


COUPES TRANSVERSALES

ÉCHELLE 1 : 500

0 20 40

1:500 MÈTRES

LÉGENDE

- TOPOGRAPHIE (RÉF. 1)
- FOSSÉ PROJETÉ
- PONCEAU PROJETÉ
- SOCLE ROCHEUX PRÉSUMÉ

NOTE

LA TOPOGRAPHIE ACTUELLE POURRAIT DIFFÉRER DE LA TOPOGRAPHIE ILLUSTRÉE.

RÉFÉRENCES

1. LA TOPOGRAPHIE EST UNE COMBINAISON D'UN RELEVÉ LIDAR FOURNI PAR CMGP (DESSIN compil.dwg) EN 2011, DE CARTE À L'ÉCHELLE 1:20 000 DU MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE FORAGES ARPENTÉS PAR GOLDER.

RÉV.	AAAA-MM-JJ	DESCRIPTION	DESSINÉ	PROJETÉ	RÉVISÉ	APPROUVÉ
2	2018-06-15	ÉMIS POUR DEMANDE DE MODIFICATION DE CERTIFICAT D'AUTORISATION	R. Gravel	F. Filion	F. Filion	V. Rojanschi
1	2018-05-02	ÉMIS POUR DEMANDE DE MODIFICATION DE CERTIFICAT D'AUTORISATION	R. Gravel	F. Filion	F. Filion	V. Rojanschi
0	2017-07-28	ÉMIS POUR DEMANDE DE CERTIFICAT D'AUTORISATION	R. Gravel	J. Lutti	V. Rojanschi	M. Kissiova
B	2017-07-24	ÉMIS POUR COMMENTAIRES	R. Gravel	J. Lutti	V. Rojanschi	M. Kissiova
A	2017-06-02	ÉMIS POUR COMMENTAIRES	R. Gravel	J. Lutti	V. Rojanschi	M. Kissiova

SCEAU

CLIENT
MINE CANADIAN MALARTIC

CONSULTANT

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE
7250, RUE DU MILE END, 3e ÉTAGE
MONTRÉAL (QUÉBEC)
CANADA H2R 3A4
+1 (514) 383-0990
www.golder.com

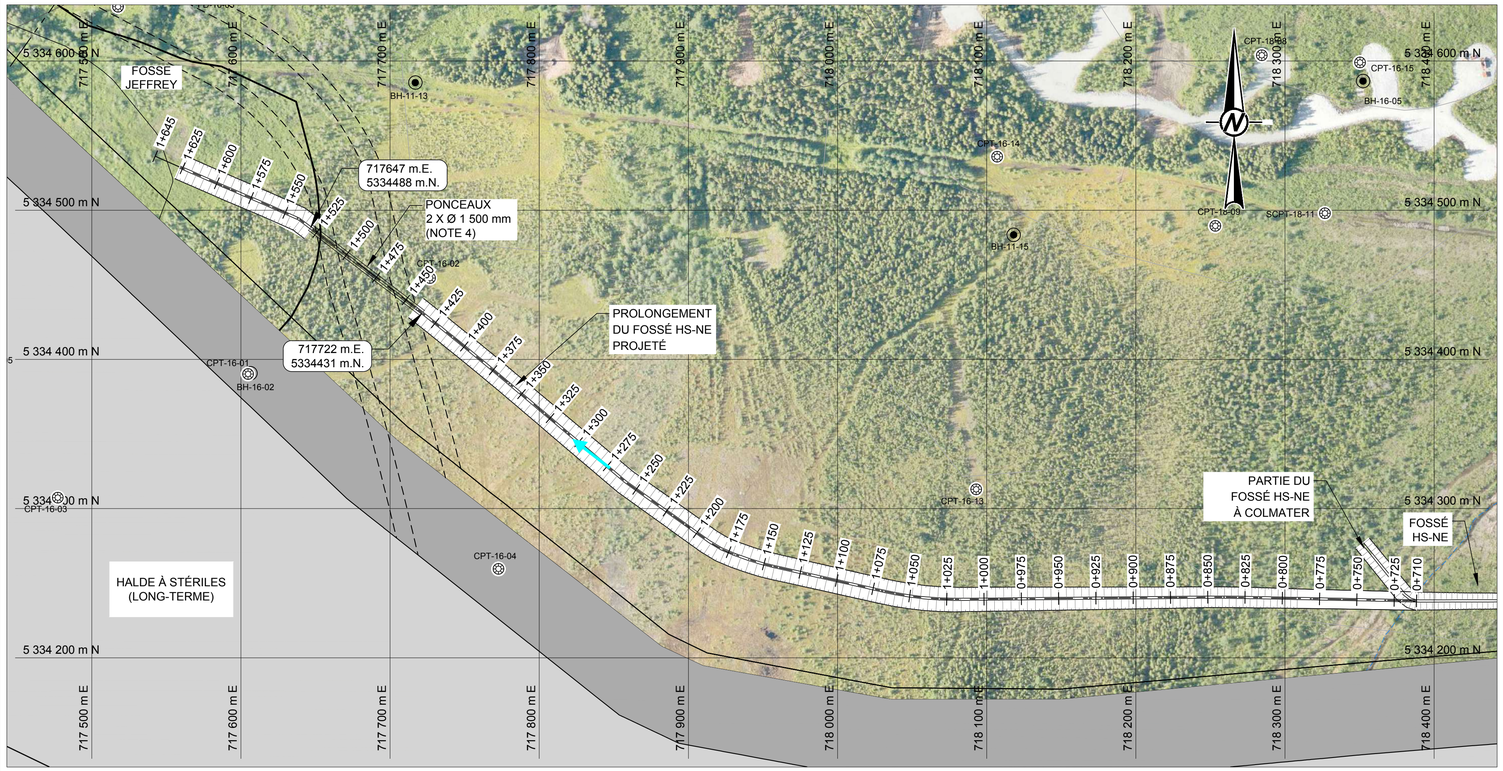
PROJET
CONCEPTION DU SYSTÈME DE DRAINAGE DES EAUX DE L'EXTENSION DE LA HALDE À STÉRILES

TITRE
COUPES TRANSVERSALES DU FOSSÉ HS-N3 LONG-TERME

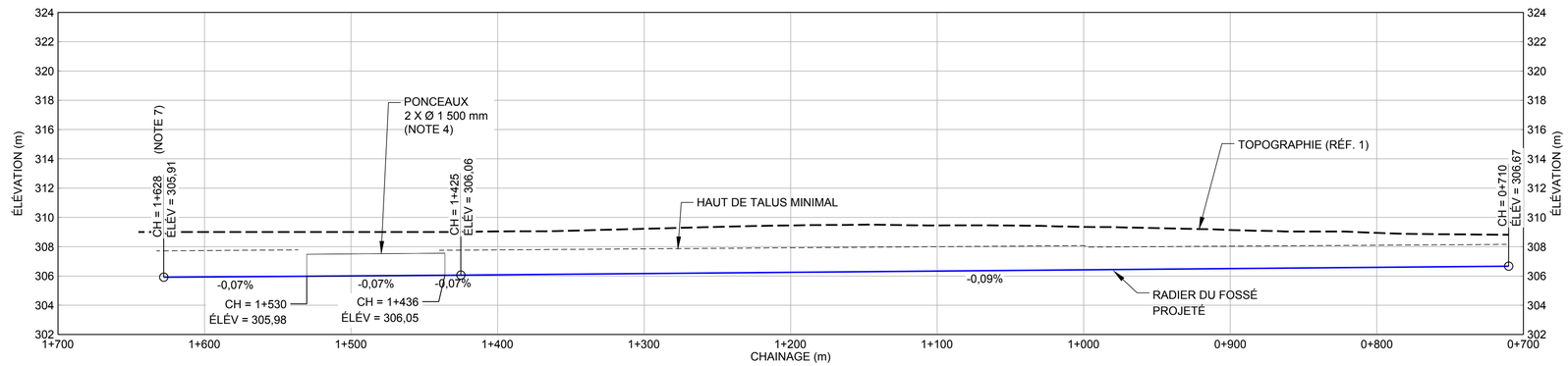
N° PROJET	PHASE	RÉV.		PLAN
1669224	23102	1	9 de 13	2700-009

Chemin: \\golder.gds\gal\Montreal\SIG\CAD\PROJETS\OSISKO\PRODUCTION\1669424\23102\ | Nom du fichier: 1669424-23102-003.DWG | Dernière édition par: sbetnesky Date: 2018-06-15 Heure:12:04:19 PM | Imprimé par: SBetnesky Date: 2018-06-15 Heure:12:09:17 PM

0 25 mm SI LA MESURE NE CORRESPOND PAS À L'ÉCHELLE, LA TAILLE DE LA FEUILLE A ÉTÉ MODIFIÉ. ANSI D



VUE EN PLAN
ÉCHELLE 1 : 2 000



PROFIL LONGITUDINAL - PROLONGEMENT DU FOSSÉ HS-NE
ÉCHELLE HORIZONTALE 1 : 2 000
ÉCHELLE VERTICALE 1 : 200

LÉGENDE

- 317 — COURBE DE NIVEAU (m)
- PUITS D'OBSERVATION (GOLDER, 2016)
- FORAGE (GOLDER, 2011 ET 2016)
- CPT (GOLDER, 2016)

RÉFÉRENCES

1. LA TOPOGRAPHIE EST UNE COMBINAISON D'UN RELEVÉ LIDAR FOURNI PAR CMGP (DESSIN compil.dwg) EN 2011, DE CARTE À L'ÉCHELLE 1:20 000 DU MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE FORAGES ARPENTÉS PAR GOLDER.
2. L'EMPREINTE DE LA HALDE À STÉRILES LONG-TERME PROVIENT DE CMGP (JUILLET 2017).
3. PHOTO AÉRIENNE FOURNIE PAR LE CLIENT (JUIN 2017).

NOTES

1. LA TOPOGRAPHIE ACTUELLE POURRAIT DIFFÉRER DE LA TOPOGRAPHIE ILLUSTRÉE. LA MINE DEVRA ARPENTER L'ALIGNEMENT DES FOSSÉS ET DU BASSIN APRÈS LE DÉBOISEMENT ET LE DÉCAPAGE DU TERRAIN. LA CONCEPTION DES STRUCTURES DE GESTION DES EAUX DEVRA ÊTRE VÉRIFIÉE PAR LE CONCEPTEUR ET AJUSTÉE SI NÉCESSAIRE SUR LA BASE DES DONNÉES D'ARPENTAGE.
2. LA MINE EST RESPONSABLE DES CHEMINS D'ACCÈS NÉCESSAIRES POUR LA CONSTRUCTION ET À L'ENTRETIEN DU RÉSEAU DE DRAINAGE.
3. DES AJUSTEMENTS DE L'ALIGNEMENT DES FOSSÉS POURRAIENT ÊTRE NÉCESSAIRES POUR FACILITER LA CONSTRUCTION ET L'ENTRETIEN. LE CAS ÉCHÉANT, LES AJUSTEMENTS DEVRONT ÊTRE APPROUVÉS PAR LE CONCEPTEUR LORS DE LA CONSTRUCTION.
4. LES DÉTAILS D'INSTALLATION DES PONCEAUX (TUYAU DE TÔLE ONDULÉE GALVANISÉE) SERONT FOURNIS PAR LA MINE.
5. LORS DU PROLONGEMENT VERS L'OUEST DU FOSSÉ HS-NE, LE SEGMENT DU FOSSÉ FAISANT LA CONNEXION AVEC LE BASSIN NE SERA ABANDONNÉ. LES SEGMENTS QUI SERONT ABANDONNÉS DEVRONT ÊTRE REMPLIS AVEC DE L'ARGILE (OU UN AUTRE MATÉRIAU DE FAIBLE PERMÉABILITÉ) COMPACTÉE SUR AU MOINS 15 m DE LONGUEUR AUX ALENTOURS DU CROISEMENT AVEC LE NOUVEL ALIGNEMENT ET CE, POUR ÉVITER L'ÉCOULEMENT DE L'EAU DANS CES SEGMENTS APRÈS LA CONSTRUCTION DU NOUVEL ALIGNEMENT. L'ENROCHEMENT DE PROTECTION DEVRA ÊTRE EXCAVÉ AVANT LE PLACEMENT DE L'ARGILE.
6. DE LA GÉOMEMBRANE BITUMINEUSE DEVRA ÊTRE MISE EN PLACE SUR LE PÉRIMÈTRE DU FOSSÉ DANS LES SECTEURS EXCAVÉS DANS DES SOLS PERMÉABLES OU SUSCEPTIBLES À L'ÉROSION. POUR VÉRIFIER LA NATURE DES SOLS, DES TRANCHÉES D'EXPLORATION DEVRONT ÊTRE FAITES À UN INTERVALLE DE 30 m TOUT AU LONG DE L'ALIGNEMENT DU FOSSÉ AU PRÉALABLE.
7. LA CONCEPTION DU FOSSÉ À L'ENTRÉE DE LA FOSSE JEFFREY EXCAVÉE ET REMBLAYÉE DEVRA ÊTRE AJUSTÉE SELON LA TOPOGRAPHIE RÉELLE LORS DE LA CONSTRUCTION. LA MISE EN PLACE DE L'ENROCHEMENT DE PROTECTION DE PLUS GRANDES DIMENSIONS SERA PROBABLEMENT NÉCESSAIRE. LA CRÉATION DES CHUTES AUX PENTES LONGITUDINALES SUPERIEURES À 10% SERA ÉVITÉS. LE CONCEPTEUR DEVRA ÊTRE CONSULTÉ AVANT LA CONSTRUCTION.
8. SYSTÈME DE COORDONNÉES : UTM NAD83, ZONE 17.

0 10 20
1:200 MÈTRES

0 100 200
1:2 000 MÈTRES

RÉV.	AAAA-MM-JJ	DESCRIPTION	DESSINÉ	PROJETÉ	RÉVISÉ	APPROUVÉ
2	2018-06-15	ÉMIS POUR DEMANDE DE MODIFICATION DE CERTIFICAT D'AUTORISATION	R. Gravel	F. Filion	F. Filion	V. Rojanschi
1	2018-05-02	ÉMIS POUR DEMANDE DE MODIFICATION DE CERTIFICAT D'AUTORISATION	R. Gravel	F. Filion	F. Filion	V. Rojanschi
0	2017-07-28	ÉMIS POUR DEMANDE DE CERTIFICAT D'AUTORISATION	R. Gravel	J. Lutti	V. Rojanschi	M. Kissiova
B	2017-07-24	ÉMIS POUR COMMENTAIRES	R. Gravel	J. Lutti	V. Rojanschi	M. Kissiova
A	2017-06-02	ÉMIS POUR COMMENTAIRES	R. Gravel	J. Lutti	V. Rojanschi	M. Kissiova

SCEAU

CLIENT
MINE CANADIAN MALARTIC

CONSULTANT
GOLDER

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE
7250, RUE DU MILE END, 3e ÉTAGE
MONTRÉAL (QUÉBEC)
CANADA H2R 3A4
+1 (514) 383-0990
www.golder.com

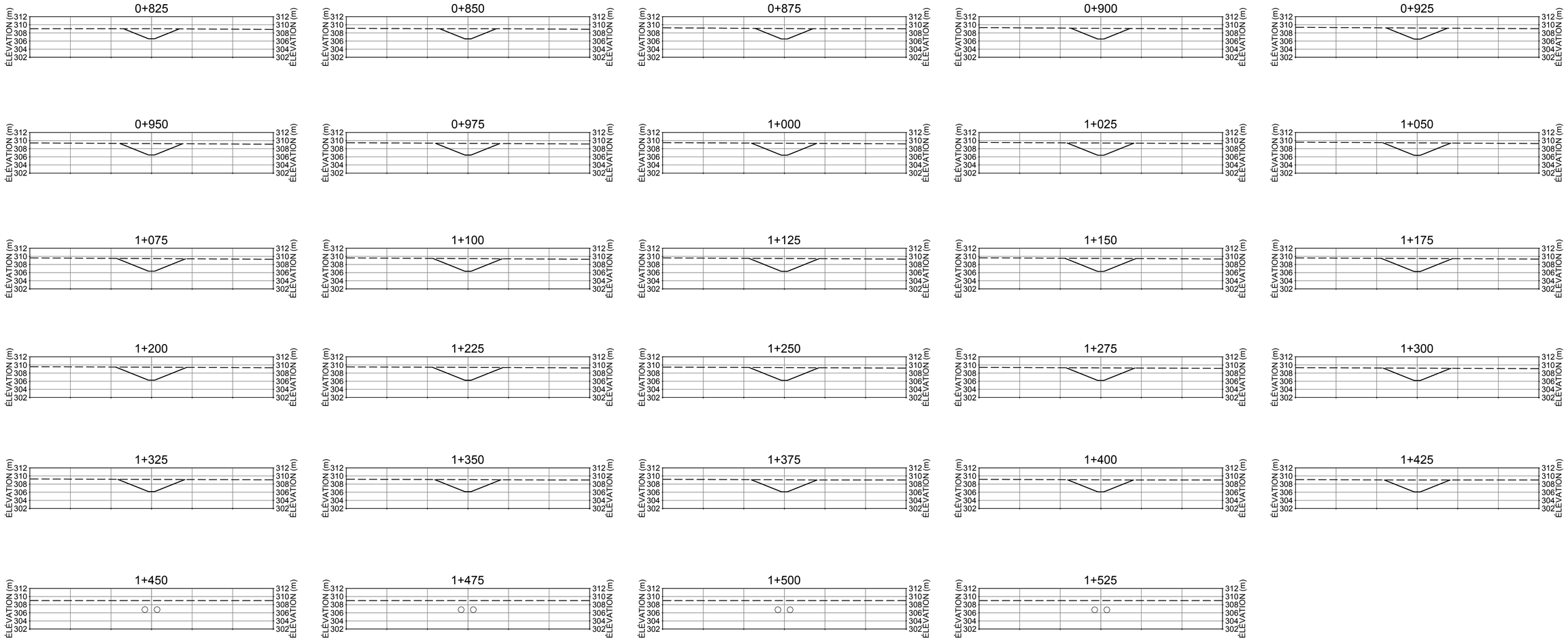
PROJET
CONCEPTION DU SYSTÈME DE DRAINAGE DES EAUX DE L'EXTENSION DE LA HALDE À STÉRILES

TITRE
VUE EN PLAN ET PROFIL LONGITUDINAL DU PROLONGEMENT DU FOSSÉ HS-NE LONG-TERME

N° PROJET	PHASE	RÉV.		PLAN
1669224	23102	1	10 de 13	2700-010

SI LA MESURE NE CORRESPOND PAS À L'ÉCHELLE, LA TAILLE DE LA FEUILLE A ÉTÉ MODIFIÉ. ANSI D
25 mm
0

Chemin : \golder.gds\gal\Montreal\SIG\CAD\PROJETS\OSISKO\PRODUCTION\1669424\23102\ | Nom du fichier : 1669424-23102-003.DWG | Dernière édition par: sbetnesky Date: 2018-06-15 Heure:12:04:19 PM | Imprimé par: SBetnesky Date: 2018-06-15 Heure:12:10:00 PM



COUPES TRANSVERSALES

ÉCHELLE 1 : 500

0 20 40

1:500 MÈTRES

LÉGENDE

- TOPOGRAPHIE (RÉF. 1)
- FOSSÉ PROJETÉ
- PONCEAU PROJETÉ

NOTE

LA TOPOGRAPHIE ACTUELLE POURRAIT DIFFÉRER DE LA TOPOGRAPHIE ILLUSTRÉE.

RÉFÉRENCES

1. LA TOPOGRAPHIE EST UNE COMBINAISON D'UN RELEVÉ LIDAR FOURNI PAR CMGP (DESSIN compil.dwg) EN 2011, DE CARTE À L'ÉCHELLE 1:20 000 DU MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE FORAGES ARPENTÉS PAR GOLDER.

RÉV.	AAAA-MM-JJ	DESCRIPTION	DESSINÉ	PROJETÉ	RÉVISÉ	APPROUVÉ
2	2018-06-15	ÉMIS POUR DEMANDE DE MODIFICATION DE CERTIFICAT D'AUTORISATION	R. Gravel	F. Filion	F. Filion	V. Rojanschi
1	2018-05-02	ÉMIS POUR DEMANDE DE MODIFICATION DE CERTIFICAT D'AUTORISATION	R. Gravel	F. Filion	F. Filion	V. Rojanschi
0	2017-07-28	ÉMIS POUR DEMANDE DE CERTIFICAT D'AUTORISATION	R. Gravel	J. Lutti	V. Rojanschi	M. Kissiova
B	2017-07-24	ÉMIS POUR COMMENTAIRES	R. Gravel	J. Lutti	V. Rojanschi	M. Kissiova
A	2017-06-02	ÉMIS POUR COMMENTAIRES	R. Gravel	J. Lutti	V. Rojanschi	M. Kissiova

SCEAU

CLIENT
MINE CANADIAN MALARTIC

CONSULTANT

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE
7250, RUE DU MILE END, 3e ÉTAGE
MONTRÉAL (QUÉBEC)
CANADA H2R 3A4
+1 (514) 383-0990
www.golder.com

PROJET
CONCEPTION DU SYSTÈME DE DRAINAGE DES EAUX DE L'EXTENSION DE LA HALDE À STÉRILES

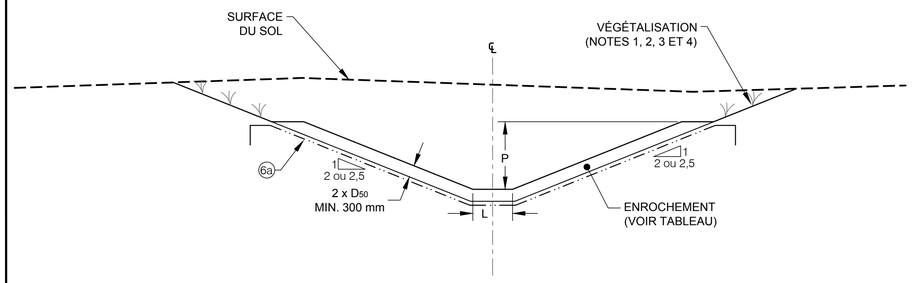
TITRE
COUPES TRANSVERSALES DU PROLONGEMENT DU FOSSÉ HS-NE LONG-TERME

N° PROJET	PHASE	RÉV.		PLAN
1669224	23102	1	11 de 13	2700-011

SI LA MESURE NE CORRESPOND PAS À L'ÉCHELLE, LA TAILLE DE LA FEUILLE A ÉTÉ MODIFIÉE. ANSI D

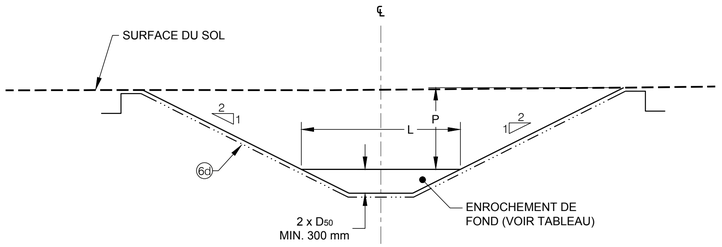
0 25 mm

Chemin: \\golder.gds\gal\Montreal\SIG\CAD\PROJETS\OSISKO\PRODUCTION\1669424\23102\ | Nom du fichier: 1669424-23102-003.DWG | Dernière édition par: sbetnesky Date: 2018-06-15 Heure:12:04:19 PM | Imprimé par: SBetnesky Date: 2018-06-15 Heure:12:10:20 PM



COUPE TYPE D'UN FOSSÉ - ENROCHEMENT DE PROTECTION

ÉCHELLE 1 : 75



COUPE TYPE D'UN FOSSÉ - MEMBRANE BITUMINEUSE

ÉCHELLE 1 : 75

STRUCTURE	CHAÎNAGE	DIMENSIONS PROPOSÉES DU FOSSÉ				
		PROFONDEUR MINIMALE (P)	LARGEUR À LA BASE (L)	PENTE DES TALUS	ENROCHEMENT DE PROTECTION FOND	ENROCHEMENT DE PROTECTION TALUS
		(m)	(m)	XH:1V	TYPE	TYPE
FOSSÉ HS-N2	(0+000 à 0+400)	1.4	1	2	AUCUN (NOTE A)	AUCUN (NOTE A)
	(0+400 à 0+650)	1.5	1.5	2		
	(0+650 à 1+150)	2	2	2		
	(1+150 à 1+603)	1.8	2	2		
	(1+603 à 1+752)	1.7	2	2		
FOSSÉ HS-NE (COURT-TERME)	(0+000 à 0+117)	1.3	1	2.5	1d	1d
	(0+117 à 0+139)	1.3	1.0 à 5.4 (NOTE B)	2.5	1d	1d
	(0+139 à 0+190)	PONCEAUX T.T.O.G. 2*1200 mm				
	(0+190 à 0+210)	1.2	5.4 à 1.5 (NOTE B)	2.5	1d	1d
	(0+210 à 0+483)	1.2	1.5	2.5	1d	1d
FOSSÉ HS-N3	(0+000 à 0+072)	1.6	3	2	1d	1d
	(0+072 à 0+099)	1.9	3.0 à 8.4 (NOTE C)	2	1d	1d
	(0+099 à 0+200)	PONCEAUX T.T.O.G. 3*1800 mm				
	(0+200 à 0+227)	1.6	8.4 à 3.0 (NOTE C)	2	1d	1d
	(0+227 à 0+350)	1.6	3	2	1d	1d
	(0+350 à 0+434)	1.6	3	2.5	1d	1d
	(0+434 à 0+670)	1.9	3	2.5	1d	1d
	(0+670 à 0+653)	2	3	2.5	1d	1d
	(0+653 à 0+685)	2	3.0 à 9.3 (NOTE D)	2.5	1d	1d
	(0+685 à 0+743)	PONCEAUX T.T.O.G. 3*2100 mm				
	(0+743 à 0+775)	1.9	9.3 à 3.0 (NOTE D)	2.5	1d	1d
	(0+775 à 0+814)	1.9	3	2.5	1d	1d
FOSSÉ HS-NE (LONG-TERME)	(0+710 à 1+000)	1.6	1.5	2.5	1d	1d
	(1+000 à 1+410)	1.7	1.5	2.5	1d	1d
	(1+410 à 1+413)	1.9	1.5	2.5	1d	1d
	(1+413 à 1+436)	1.9	1.5 à 6.0 (NOTE E)	2.5	1d	1d
	(1+436 à 1+530)	PONCEAUX T.T.O.G. 2*1500 mm				
	(1+530 à 1+553)	1.8	6.0 à 1.5 (NOTE E)	2.5	1d	1d
	(1+553 à 1+628)	1.8	1.5	2.5	1d	1d

NOTES:

A. LE FOSSÉ HS-N2 NE SERA PAS ENROCHÉ BIEN QUE DE L'ÉROSION SOIT ANTICIPÉE SUR LES PAROIS ET LE FOND DU FOSSÉ, CAR IL EST PRÉVU POUR UNE COURTE VIE UTILE (ENVIRON 14 MOIS) ET LES SÉDIMENTS QUI S'Y ACCUMULENT SERONT CAPTÉS DANS LE BASSIN NE DURANT CETTE PÉRIODE. DE PLUS, CE FOSSÉ SERA REMBLAYÉ LORS DE L'EXTENSION DE LA HALDE VERS LE NORD.

B. LA LARGEUR À LA BASE EST DE 5.4 m À L'ENTRÉE ET À LA SORTIE DES PONCEAUX. LA TRANSITION EN AMONT DU PONCEAU DE 1.0 m À 5.4 m DOIT SE FAIRE GRADUELLEMENT SUR UNE LONGUEUR DE 22 m; LA TRANSITION EN AVAL DU PONCEAU DE 5.4 m À 1.5 m DOIT SE FAIRE GRADUELLEMENT SUR UNE LONGUEUR DE 20 m.

C. LA LARGEUR À LA BASE EST DE 8.4 m À L'ENTRÉE ET À LA SORTIE DES PONCEAUX. LES TRANSITIONS EN AMONT ET EN AVAL DU PONCEAU À LA LARGEUR DE 3.0 m DOIVENT SE FAIRE GRADUELLEMENT SUR UNE LONGUEUR DE 27 m.

D. LA LARGEUR À LA BASE EST DE 9.3 m À L'ENTRÉE ET À LA SORTIE DES PONCEAUX. LES TRANSITIONS EN AMONT ET EN AVAL DU PONCEAU À LA LARGEUR DE 3.0 m DOIVENT SE FAIRE GRADUELLEMENT SUR UNE LONGUEUR DE 32 m.

E. LA LARGEUR À LA BASE EST DE 6.0 m À L'ENTRÉE ET À LA SORTIE DES PONCEAUX. LES TRANSITIONS EN AMONT ET EN AVAL DU PONCEAU À LA LARGEUR DE 1.5 m DOIVENT SE FAIRE GRADUELLEMENT SUR UNE LONGUEUR DE 23 m.

F. LES TRANSITIONS ENTRE DEUX SEGMENTS DE LARGEURS À LA BASE DIFFÉRENTES DEVRAIT SE FAIRE GRADUELLEMENT SUR UNE LONGUEUR DE 5,0 M, SI LES DEUX SEGMENTS ONT DES PENTES DIFFÉRENTES, LA TRANSITION DEVRA SE FAIRE SUR LE SEGMENT À PENTE LA PLUS FAIBLE.

NOTES

1. LES DÉTAILS DES TRAVAUX DE VÉGÉTALISATION DES FOSSÉS (CHOIX D'ESPÈCES, LA MÉTHODE ET LA PÉRIODE D'ENSEMENCEMENT) SERONT FOURNIS PAR LA MINE.
2. LA VÉGÉTALISATION DES FOSSÉS DOIT SE FAIRE LE PLUS RAPIDEMENT POSSIBLE SUITE À LA FIN DES TRAVAUX D'EXCAVATION POUR LIMITER LE TEMPS D'EXPOSITION DES TALUS DÉNUDÉS.
3. LÀ OÙ LE FOSSÉ INTERCEPTE DES ÉCOULEMENTS D'EAU DE SURFACE CONCENTRÉS, UNE PROTECTION CONTRE L'ÉROSION EN ENROCHEMENT ADDITIONNELLE POURRA ÊTRE NÉCESSAIRE. LE CAS ÉCHÉANT, UNE ADAPTATION AU PRÉSENT PLAN SE FERA SUR LE TERRAIN SOUS LA DIRECTION DU REPRÉSENTANT DE LA MINE ET AVEC L'APPROBATION DU CONCEPTEUR.
4. LE PROPRIÉTAIRE OU SON REPRÉSENTANT POURRAIT DÉCIDER DE REMPLACER LE GÉOTEXTILE DE SÉPARATION (MATÉRIAU 6a) AVEC UNE COUCHE DE MATÉRIAU DE TRANSITION APPROUVÉ PAR LE CONCEPTEUR. LE CAS ÉCHÉANT, L'ÉPAISSEUR DE LA COUCHE DE TRANSITION DEVRAIT ÊTRE D'UNE ÉPAISSEUR MINIMALE DE 0,3 m.
5. LA MISE EN PLACE DU GÉOTEXTILE OU DE LA MEMBRANE BITUMINEUSE DEVRA SE FAIRE SUR UN SOL CONSTITUANT UNE FONDATION ACCEPTABLE. LE BESOIN EN DÉCAPAGE DU TERRAIN SERA ÉVALUÉ ET DÉCIDÉ PAR LE REPRÉSENTANT DE LA MINE LORS DE LA CONSTRUCTION.
6. LA COUCHE D'ENROCHEMENT DE PROTECTION DEVRA AVOIR UNE ÉPAISSEUR MINIMALE ÉGALE À LA PLUS ÉPAISSE ENTRE 300 mm OU 2xD50 (DEUX FOIS LE DIAMÈTRE D50 DU MATÉRIAU SPÉCIFIÉ).
7. LÀ OÙ UNE MEMBRANE BITUMINEUSE EST REQUISE (VOIR NOTES 6 SUR LES PLAN 008 ET 010), L'ANCRAGE DANS LA DIRECTION DE L'AXE DU FOSSÉ DEVRA SE FAIRE EN ENTERRANT LA GÉOMEMBRANE SUR MINIMUM 1 m SOUS LE NIVEAU DU RADIER DU FOSSÉ. L'INSTALLATION DE LA GÉOMEMBRANE DEVRA SE FAIRE SELON LES SPÉCIFICATIONS DU MANUFACTURIER POUR LIMITER LE RISQUE DE DÉCROCHEMENT ET DE PERFORATION, CE QUI ENTRAÎNERAIT DES FUITES D'EAU.

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION	
TYPE	DESCRIPTION
1d	STÉRILES MINIERS SÉLECTIONNÉS D_{50} = 100 mm
6a	GÉOTEXTILE DE SÉPARATION
6d	GÉOMEMBRANE BITUMINEUSE

0 2.5 5

1:75 MÈTRES

RÉV.	AAAA-MM-JJ	DESCRIPTION	DESSINÉ	PROJETÉ	RÉVISÉ	APPROUVÉ
2	2018-06-15	ÉMIS POUR DEMANDE DE MODIFICATION DE CERTIFICAT D'AUTORISATION	R. Gravel	F. Filion	F. Filion	V. Rojanschi
1	2018-05-02	ÉMIS POUR DEMANDE DE MODIFICATION DE CERTIFICAT D'AUTORISATION	R. Gravel	F. Filion	F. Filion	V. Rojanschi
0	2017-07-28	ÉMIS POUR DEMANDE DE CERTIFICAT D'AUTORISATION	R. Gravel	J. Lutti	V. Rojanschi	M. Kissiova
B	2017-07-24	ÉMIS POUR COMMENTAIRES	R. Gravel	J. Lutti	V. Rojanschi	M. Kissiova
A	2017-06-02	ÉMIS POUR COMMENTAIRES	R. Gravel	J. Lutti	V. Rojanschi	M. Kissiova

SCEAU

CLIENT
MINE CANADIAN MALARTIC

CONSULTANT
GOLDER

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE
7250, RUE DU MILE END, 3e ÉTAGE
MONTRÉAL (QUÉBEC)
CANADA H2R 3A4
+1 (514) 383-0990
www.golder.com

PROJET
CONCEPTION DU SYSTÈME DE DRAINAGE DES EAUX DE L'EXTENSION DE LA HALDE À STÉRILES

TITRE
COUPES TYPES

N° PROJET	PHASE	RÉV.	PLAN
1669224	23102	1	12 de 13 — 2700-012

SI LA MESURE NE CORRESPOND PAS À L'ÉCHELLE, LA TAILLE DE LA FEUILLE A ÉTÉ MODIFIÉ. ANSI D

0 25 mm

Chemin: \\golder.gds\gal\Montreal\SIG\CAD\PROJETS\OSISKO\PRODUCTION\1669424\23102\ | Nom du fichier: 1669424-23102-003.DWG | Dernière édition par: sbetnesky Date: 2018-06-15 Heure:1:01:56 PM | Imprimé par: SBetnesky Date: 2018-06-15 Heure:3:10:08 PM

NOTES - DÉFINITIONS DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

1. **MATÉRIAU TYPE 1d** : STÉRILES MINIERS ÉTALÉS, SÉLECTIONNÉS PROVENANT DE LA FOSSE CANADIAN MALARTIC. AU MINIMUM 50% DE LA MASSE CONSISTE EN DES PARTICULES D'UN DIAMÈTRE SUPÉRIEUR À 100 mm. LES LIMITES INFÉRIEURES GRANULOMÉTRIQUES SONT PRÉSENTÉES AU TABLEAU SUIVANT:

LIMITE INFÉRIEURE	
DIAMÈTRE DES PARTICULES (mm)	% PASSANT EN MASSE
150	100
120	85
100	50
40	15
0,08	5

2. **MATÉRIAU TYPE 1e** : STÉRILES MINIERS ÉTALÉS, SÉLECTIONNÉS PROVENANT DE LA FOSSE CANADIAN MALARTIC.AU MINIMUM 50% DE LA MASSE CONSISTE EN DES PARTICULES D'UN DIAMÈTRE SUPÉRIEUR À 300 mm. LES LIMITES INFÉRIEURES GRANULOMÉTRIQUES SONT PRÉSENTÉES AU TABLEAU SUIVANT:

LIMITE INFÉRIEURE	
DIAMÈTRE DES PARTICULES (mm)	% PASSANT EN MASSE
450	100
360	85
300	50
120	15
0,08	5

3. MATÉRIAU TYPE 1o : MATÉRIAUX GRANULAIRES. LES DIMENSIONS DES PARTICULES DEVRAIENT S'ENCADRER DANS LES CATÉGORIES CAILLOUX ET BLOCS AFIN D'AVOIR UNE TRÈS HAUTE PERMÉABILITÉ. LA GRANULOMÉTRIE DOIT ÊTRE UNIFORME AFIN D'AVOIR UN INDICE DES VIDES ÉLEVÉ.

4. **MATÉRIAU TYPE 5a** : ARGILE SILTEUSE, SILT ARGILEUX SÉLECTIONNÉ. L'ARGILE DOIT ÊTRE PLASTIQUE. NON GELÉE ET CONTENIR 95% DE FINES (POURCENTAGE DE MATÉRIEL PAR MASSE PASSANT LE TAMIS 200 (0,075 mm)).

5. **MATÉRIAU TYPE 6a** : LE GÉOTEXTILE DE SÉPARATION DOIT ÊTRE UN TISSU POLYMÉRIQUE NON TISSÉ, PERCÉ À L'AIGUILLE, TEL QUE LE TEXEL 7612 OU UN ÉQUIVALENT APPROUVÉ PAR LE CONCEPTEUR, ET DEVRA AVOIR LES PROPRIÉTÉS SUIVANTES :

PROPRIÉTÉ	VALEUR	UNITÉ	**MÉTHODE D'ESSAI**
ÉPAISSEUR	1,3	mm	ASTM D5199
RÉSISTANCE EN TENSION	800 MIN.	N	ONGC 148.1 NO.7.3.
ALLONGEMENT À LA RUPTURE	ENTRE 45 ET 105	%	ONGC 148.1 NO.7.3.
RÉSISTANCE À L'ÉCLATEMENT	2275 MIN.	Kpa	ONGC 4.2 NO.11.1.

6. **MATÉRIAU TYPE 6d :** LA GÉOMEMBRANE BITUMINEUSE DOIT ÊTRE À BASE DE BITUME ÉLASTOMÈRE, TEL QUE LA COLÉTANCHE ES2 OU UN ÉQUIVALENT APPROUVÉ PAR LE CONCEPTEUR, ET DEVRA AVOIR LES PROPRIÉTÉ MINIMALES SUIVANTES:

PROPRIÉTÉ	SENS	VALEUR	UNITÉ	MÉTHODE D'ESSAI
ÉPAISSEUR	N/A	4,0	mm	ASTM D5199
MASSE SURFACIQUE	N/A	4,85	Kg/m2	ASTM D 3776
RÉSISTANCE À LA DÉCHIRURE (SENS EN LONG)	SENS LONG	825	N	ASTM D 4073
	SENS TRAVERS	700		
PROPRIÉTÉ EN TRACTION	SENS LONG	27	Kn/m	ASTM D 7275
	SENS TRAVERS	24		
PROPRIÉTÉ EN TRACTION : ALLONGEMENT MAXIMAL	SENS LONG	60	%	
	SENS TRAVERS	60		
PROPRIÉTÉ EN TRACTION : FORCE MAXIMALE	SENS LONG	25	Kn/m	ASTM D 4595
	SENS TRAVERS	21		
PROPRIÉTÉ EN TRACTION : ALLONGEMENT MAXIMAL	SENS LONG	80	%	
	SENS TRAVERS	80		
RÉSISTANCE AU POINÇONNEMENT STATIQUE	N/A	530	N	ASTM D 4833
SOUPLESSE À BASSE TEMPÉRATURE	SURFACE	-20	oC	ASTM D 5147
	SOUS FACE	-20		
TRANSMISSION DE LA VAPEUR D'EAU	N/A	m/s	6.10-14	ASTM E 96
PERMÉABILITÉ AU GAZ	N/A	m3/(m2.j.atm)	< 2,3.10-14	ASTM D 1434-82

7. **MATÉRIAU TYPE 8 :** STÉRILES MINIERS TOUT-VENANT PROVENANT DE LA FOSSE CANADIAN MALARTIC. MATÉRIAU PROVENANT D'UNE ROCHE DURE ET DURABLE, RÉSISTANTE AU GEL ET NE POUVANT ÊTRE EXCAVÉE ADÉQUATEMENT QU'À L'AIDE D'EXPLOSIFS. MATÉRIAU GRANULAIRE ET DRAINANT À GRANULOMÉTRIE ÉTALÉE. LE DIAMÈTRE DES PARTICULES EST SITUÉ ENTRE 0 ET 2,0 m.

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION	
TYPE	DESCRIPTION
1d	STÉRILES MINIERS SÉLECTIONNÉS D_{50} = 100 mm
1e	ÉRILES MINIERS SÉLECTIONNÉS D_{50} = 300 mm
1o	MATÉRIAUX GRANULAIRES GROSSIERS ET UNIFORMES
5a	ARGILE SILTEUSE, SILT ARGILEUX
6a	GÉOTEXTILE DE SÉPARATION
6d	GÉOMEMBRANE BITUMINEUSE
8	STÉRILES MINIERS TOUT-VENANT

NOTES - MISE EN PLACE DES MATÉRIAUX

I. TOLÉRANCES : LES DIMENSIONS EN PLACE NE DEVRONT PAS ÊTRE INFÉRIEURES AUX DIMENSIONS MONTRÉES SUR LES PLANS D'AMÉNAGEMENT ET LES PENTES DES REMBLAIS ET D'EXCAVATION NE DEVRONT PAS ÊTRE PLUS ABRUPTES À MOINS D'UNE AUTORISATION ÉCRITE DU CONCEPTEUR. LES LARGEURS DES ZONES DES MATÉRIAUX NE DEVRONT PAS ÊTRE INFÉRIEURES AUX DIMENSIONS MONTRÉES SUR LES PLANS. PAR AILLEURS, LES TOLÉRANCES SUR LES DIMENSIONS DES ZONES SONT, À MOINS D'AVIS CONTRAIRE, LES SUIVANTES :

- TOLÉRANCE GÉNÉRALE SUR LES ÉLÉVATIONS : ± 0,1 m;
- TOLÉRANCE SUR LE FOND DE L'EXCAVATION DU BASSIN DE POMPAGE NE: ± 0,3 m
- TOLÉRANCE SUR LES DISTANCES HORIZONTALES : ± 0,3 m.

II. LORS DES TRAVAUX D'EXCAVATION ET DE MISE EN PLACE, IL EST NÉCESSAIRE DE MAINTENIR À SEC LES AIRES DE TRAVAIL, INCLUANT LE POMPAGE ET LE DRAINAGE NÉCESSAIRES.

III. LA MISE EN PLACE DES MATÉRIAUX DOIT ÊTRE EFFECTUÉE SUR UNE FONDATION PRÉPARÉE. UNE FONDATION PRÉPARÉE CONSISTE EN UNE SURFACE LISSE ET LIBRE DE TOUT DÉBRIS, DE MATIÈRE ORGANIQUE, DE MATÉRIAUX DÉLÉTÈRES AINSI QUE DE PROTUBÉRANCES PROVENANT DE GRANULATS AFFLEURANTS À LA SURFACE DU SOL.

IV. MATÉRIAUX GELÉS : LES MATÉRIAUX GELÉS NE DOIVENT PAS ÊTRE MIS EN PLACE ET DES MATÉRIAUX NON GELÉS NE DOIVENT PAS ÊTRE ÉTENDUS SUR UNE SURFACE GELÉE. LES MATÉRIAUX GELÉS DÉJÀ EN PLACE DEVRONT ÊTRE ENLEVÉS AVANT DE POURSUIVRE LES TRAVAUX DE CONSTRUCTION.

V. SÉGRÉGATION : LES MATÉRIAUX AYANT SUBI DE LA SÉGRÉGATION DURANT LE TRANSPORT OU LEUR MISE EN PLACE DEVRONT ÊTRE MÉLANGÉS AVANT LA FINALISATION DU PLACEMENT.

VI. MISE EN PLACE DU GÉOTEXTILE : LE GÉOTEXTILE DEVRA ÊTRE INSTALLÉ PERPENDICULAIRE À L'ALIGNEMENT DU FOSSÉ, À PARTIR DE L'AMONT VERS L'AVAL AFIN DE LIMITER L'ÉCOULEMENT DE L'EAU SOUS LE GÉOTEXTILE. LE CHEVAUCHEMENT DE DEUX LAIZES DE GÉOTEXTILE DEVRA ÊTRE D'AU MOINS 300 mm. LE GÉOTEXTILE DOIT ÊTRE ANCRÉ DE FAÇON ADÉQUATE. LA MÉTHODE D'ANCRAGE (TRANCHÉE, POIDS, ETC.) SERA CHOISIE PAR LE PROPRIÉTAIRE DÉPENDAMMENT DES CONDITIONS DE TERRAIN AFIN DE PRÉVENIR UN GLISSEMENT DES LAIZES.

VII. L'INSTALLATION DE LA GÉOMEMBRANE BITUMINEUSE DEVRA SE FAIRE SELON LES RECOMMANDATIONS DU MANUFACTURIER. UNE ATTENTION PARTICULIÈRE DEVRA ÊTRE APPORTÉE AUX SOUDURES AFIN DE LIMITER LES EXFILTRATIONS DU FOSSÉ.

RÉV.	AAAA-MM-JJ	DESCRIPTION	DESSINÉ	PROJETÉ	RÉVISÉ	APPROUVÉ
2	2018-06-15	ÉMIS POUR DEMANDE DE MODIFICATION DE CERTIFICAT D'AUTORISATION	R. Gravel	F. Filion	F. Filion	V. Rojanschi
1	2018-05-02	ÉMIS POUR DEMANDE DE MODIFICATION DE CERTIFICAT D'AUTORISATION	R. Gravel	F. Filion	F. Filion	V. Rojanschi
0	2017-07-28	ÉMIS POUR DEMANDE DE CERTIFICAT D'AUTORISATION	R. Gravel	J. Lutti	V. Rojanschi	M. Kissiova
B	2017-07-24	ÉMIS POUR COMMENTAIRES	R. Gravel	J. Lutti	V. Rojanschi	M. Kissiova
A	2017-06-02	ÉMIS POUR COMMENTAIRES	R. Gravel	J. Lutti	V. Rojanschi	M. Kissiova

SCEAU

CLIENT
MINE CANADIAN MALARTIC

CONSULTANT
GOLDER

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE
7250, RUE DU MILE END, 3e ÉTAGE
MONTRÉAL (QUÉBEC)
CANADA H2R 3A4
+1 (514) 383-0990
www.golder.com

PROJET
CONCEPTION DU SYSTÈME DE DRAINAGE DES EAUX DE L'EXTENSION DE LA HALDE À STÉRILES

TITRE
NOTES DE CONSTRUCTION ET DÉFINITION DES MATÉRIAUX

N° PROJET	PHASE	RÉV.		PLAN
1669224	23102	2	13 de 13	2700-013

Chemin: \\golder.gds\gal\Montreal\SIG\CAD\PROJETS\OSISKO\PRODUCTION\1669424\23102\ | Nom du fichier: 1669424-23102-003.DWG | Dernière édition par: sbetnesky Date: 2018-06-15 Heure:12:04:19 PM | Imprimé par: SBetnesky Date: 2018-06-15 Heure:12:10:56 PM

SI LA MESURE NE CORRESPOND PAS À L'ÉCHELLE, LA TAILLE DE LA FEUILLE A ÉTÉ MODIFIÉ: ANSI D
0 25 mm

ANNEXE B

Résultats des analyses de stabilité

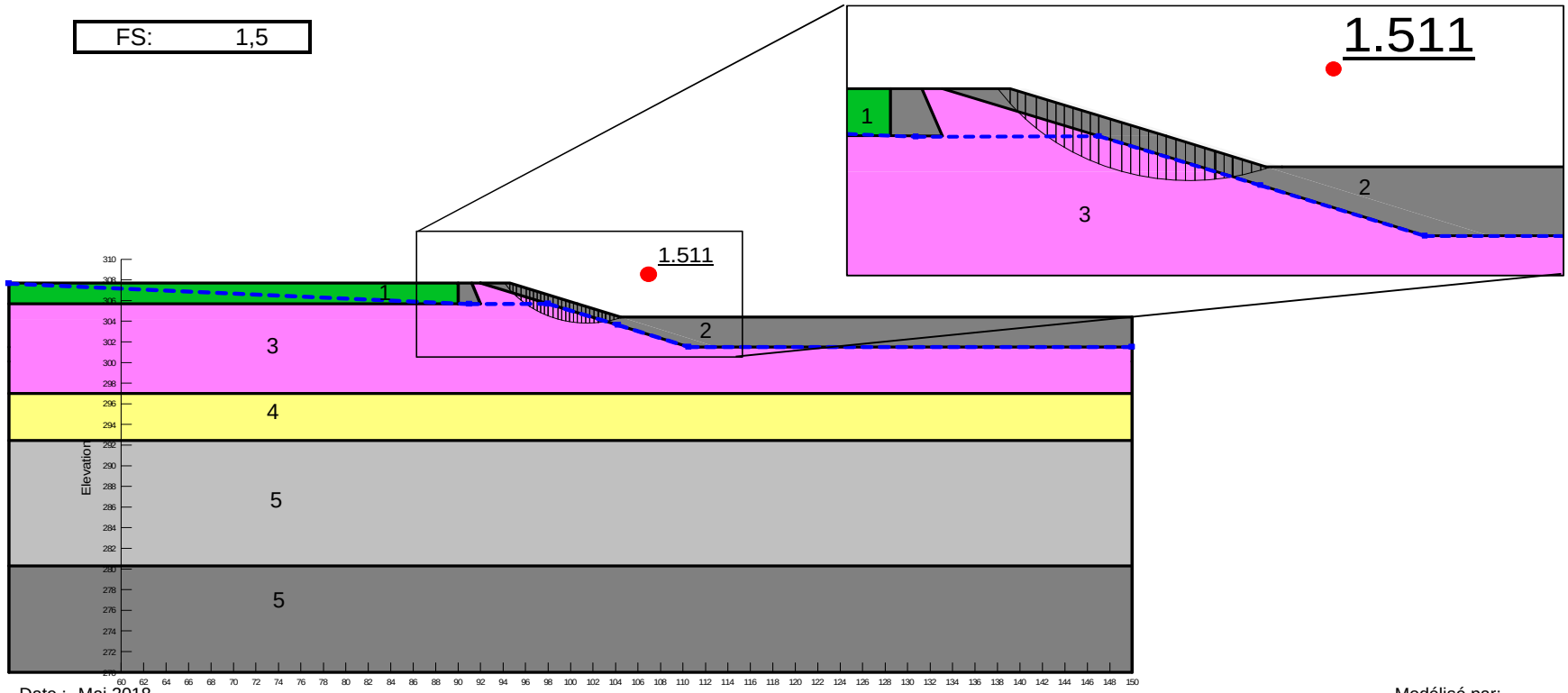
Stabilité du bassin NE (Odyssey)
Condition statique, drainée

Figure B-1

N^0	Matériau	Paramètres géotechniques		
		γ (kN/m³)	ϕ (º)	Cohésion (kPa)
1	Tourbe	12,0	0	10
2	Enrochement	20,0	35	0
3	Argile à argile silteuse	16,1	26	0
4	Sable silteux	20,0	30	0
5	Roc	Impénétrable		

Dimensions:	
Pente du bassin	3H:1V
Élévation fond du bassin	301,5 m
Enrochement au fond du bassin	2,9 m
Enrochement sur les pentes	0,9 m

FS: 1,5



Date : Mai 2018
Projet: 1669424-23102

Modélisé par: MLBL
Révisé par: MLS

Golder Associés

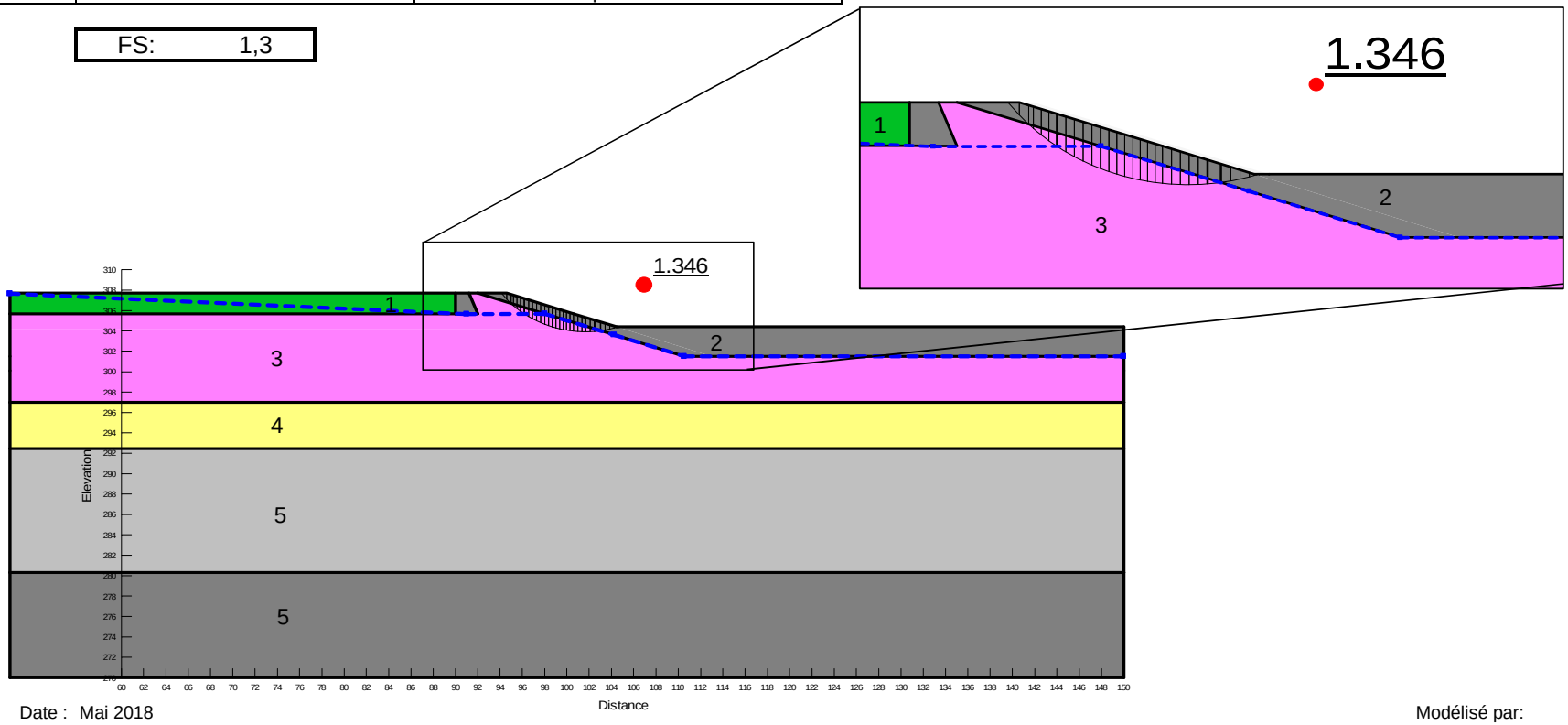
Stabilité du bassin NE (Odyssey)
Condition pseudo-statique, drainée

Figure B-2

N^0	Matériau	Paramètres géotechniques		
		γ (kN/m^3)	ϕ (º)	Cohésion (kPa)
1	Tourbe	12,0	0	10
2	Enrochement	20,0	35	0
3	Argile à argile silteuse	16,1	26	0
4	Sable silteux	20,0	30	0
5	Roc	Impénétrable		

Dimensions:	
Pente du bassin	3H:1V
Élévation fond du bassin	301,5 m
Enrochement au fond du bassin	2,9 m
Enrochement sur les pentes	0,9 m
Charge séismique horizontale	0,0375

FS: 1,3



Date : Mai 2018
Projet: 1669424-23102

Modélisé par: MLBL
Révisé par: MLS

Golder Associés

ANNEXE

G

ÉVALUATION DES DÉBITS D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES (GOLDER, 2020)

CONFIDENTIEL

MÉMORANDUM TECHNIQUE

DATE 6 novembre 2020 GAL101-1776338-MTF-Rev0

À Richard Harrison - Directeur de l'évaluation de projets
Mine Canadian Malartic

C.C Stéphanie Lafrenière, coordonnatrice au Développement durable

DE Michel Mailloux **ADRESSE COURRIEL mmailloux@golder.com**

ÉVALUATION DES DÉBITS D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES DU PROJET ODYSSEY, MALARTIC (QUÉBEC)

1.0 INTRODUCTION

1.1 Mise en contexte

Dans le cadre du projet Odyssey, Mine Canadian Malartic (MCM) projette d'exploiter par mine souterraine l'extension des zones minéralisées actuellement exploitées par mine à ciel à ouvert. Ainsi, la continuité des zones East Malartic, Sladen, Barnat, Sheehan et Jeffrey sera exploitée au moyen de galeries souterraines situées à proximité de la mine Canadian Malartic (MCM). Ce projet nécessitera, entre autres, l'aménagement d'un puits et d'une rampe afin d'accéder au gisement.

La figure A (après le texte) illustre la position du gisement et des principales infrastructures de surface projetées pour Odyssey. Pour plus de clarté, les zones minéralisées sont regroupées selon quatre zones (East Malartic, Odyssey Nord et Sud et East-Gouldie). La figure B (après le texte) présente une vue isométrique de ces zones minéralisées du projet Odyssey.

Dans le cadre d'une demande de modification de décret pour le projet Odyssey à la suite de changements apportés au projet, Golder Associés Ltée (Golder) a été mandatée pour réaliser cette étude qui comprend l'évaluation des débits d'exhaure et des impacts potentiels sur les niveaux des eaux souterraines.

1.2 Localisation du projet Odyssey

La propriété de MCM est entièrement située dans le canton de Fournière, au sud de la ville de Malartic et à environ 25 km à l'ouest de la ville de Val-d'Or. La figure A (après le texte) présente une vue d'ensemble des principales infrastructures du projet Odyssey. Il est à noter que l'empreinte du projet Odyssey est entièrement située à l'intérieur du secteur du projet Extension Canadian Malartic (l'Extension), lequel a été approuvé par décret au début de 2017.

Golder et le concept G sur son logo sont des marques de commerce de Golder Associates Corporation golder.com

1.3 Objectifs de l'étude

L'étude comprend les objectifs suivants :

1) Mettre à jour le modèle numérique d'écoulement d'eau souterraine développé pour MCM en 2019 en introduisant les nouveaux développements souterrains du projet Odyssey.

2) Réaliser des simulations prédictives, à l'aide du modèle numérique mis à jour, afin d'évaluer :

   i) les débits d'exhaure pour le dénoyage des développements souterrains du projet;

   ii) le rabattement maximal anticipé des niveaux d'eau souterraine relié à l'ensemble des activités de dénoyage de MCM.

3) Présenter le mode de gestion des eaux d'exhaure.

4) Évaluer les impacts potentiels des infrastructures existantes de MCM sur la qualité des eaux d'exhaure du projet Odyssey.

Il est à noter que les prédictions du modèle hydrogéologique ont été réalisées en utilisant des hypothèses prudentes pour évaluer les impacts potentiels du projet. Ainsi, les prédictions des débits d'exhaure et du rabattement des niveaux d'eau souterraine présentent une estimation des valeurs maximales anticipées.

Les sections suivantes présentent la paramétrisation du modèle, sa calibration effectuée en 2019 sur les données réelles, les simulations prédictives et les résultats obtenus. Le mode de gestion des eaux d'exhaure du projet Odyssey et les impacts potentiels des infrastructures existantes de MCM sur la qualité de ces eaux d'exhaure sont également présentés.

2.0 PARAMÉTRISATION DU MODÈLE HYDROGÉOLOGIQUE

Les principaux ajustements apportés au modèle hydrogéologique – par rapport au modèle mis à jour pour la version précédente projet Odyssey en 2019 – concernent l'intégration des développements souterrains de la zone East-Gouldie et la mise à jour des autres zones (Odyssey Nord et Sud, et East-Malartic) selon le plan minier transmis par MCM en août 2020. La figure B (après le texte) présente une vue isométrique des ouvertures souterraines du projet Odyssey et des fosses intégrées au modèle.

Les limites du modèle numérique et les principales conditions spécifiées aux limites du modèle sont demeurées les mêmes par rapport au modèle de 2019. La paramétrisation du modèle hydrogéologique est présentée au tableau 1.

Tableau 1 : Propriétés hydrauliques des unités hydrostratigraphiques du modèle hydrogéologique calibré (Scénario réaliste)

Unité (profondeur)	Conductivité hydraulique, Kx (m/s)	Anisotropie verticale (Kx/Kz)	Emmagasinement spécifique (1/m)	Porosité de drainage	Recharge (mm/an)
Roc (0-50 m)	4×10^{-7}	10	1×10^{-5}	0,01	10
Roc (50-100 m)	1×10^{-7}	10	1×10^{-5}	0,01	*
Roc (100-300 m)	1×10^{-8}	10	1×10^{-5}	0,01	*
Roc (plus de 300 m)	5×10^{-9}	10	1×10^{-5}	0,01	*
Till	$4,8 \times 10^{-7}$	10	1×10^{-4}	0,10	20
Résidus miniers	1×10^{-7}	1	1×10^{-5}	0,10	75
Sable	1×10^{-5}	10	1×10^{-4}	0,10	50
Esker	1×10^{-3}	10	1×10^{-4}	0,15	300
Marécage	1×10^{-6}	1	1×10^{-3}	0,01	100
Argile	1×10^{-8}	10	1×10^{-3}	0,01	2
Stériles remplissant la fosse Gouldie	5×10^{-4}	1	1×10^{-5}	0,30	170

* La recharge a été assignée seulement à l'unité de roc qui est présente à la surface du modèle, soit le roc (0-50m)

3.0 CALAGE DU MODÈLE NUMÉRIQUE

La calibration du modèle a été revue lors de la mise à jour faite en 2019 (Golder, 2019). La calibration du modèle n'a pas été modifiée dans le cadre de la présente étude. Les paragraphes suivants expliquent la démarche suivie lors de la calibration du modèle effectuée en 2019.

Le calage d'un modèle numérique est une démarche visant à démontrer la capacité du modèle à reproduire des données réelles acquises sur le terrain, notamment des charges hydrauliques et des flux volumétriques comme des débits d'exhaure. Le modèle a été calé en régime permanent en utilisant comme valeurs cibles les niveaux d'eau souterraine mesurés en mars 2008. Les mesures de 2008 sont jugées représentatives des conditions pré-développements de MCM. Une vérification a également été effectuée en condition dynamique afin de s'assurer que le modèle peut reproduire le pompage dans le puits de l'ancienne mine East Malartic en 1979, alors que les mines souterraines étaient complètement développées, ainsi que la zone de rabattement de la nappe d'eau souterraine causé par le dénoyage de la fosse Canadian Malartic en 2018. La figure 1 ci-dessous illustre l'ajustement entre les charges hydrauliques mesurées et simulées pour le modèle d'écoulement calé.

En régime permanent sous condition pré-développement de MCM, le modèle initial a été jugé calibré lorsque l'erreur quadratique normalisée devenait inférieure à 10 % de la variation totale des niveaux d'eau observés à l'intérieur du domaine modélisé qui est de 55 m (350 m au lac Milhaut - 295 m au lac Malartic). La racine de l'erreur quadratique moyenne (RMS) est de 5,4 m, soit 9,8 % (NRMS) par rapport à la différence entre les charges hydrauliques minimales et maximales observées à l'intérieur du domaine modélisé. Sur la figure 1, les lignes bleues illustrent l'erreur moyenne absolue et les lignes rouges, l'erreur quadratique moyenne.

Le débit d'exhaure historique de la mine East-Malartic en 1979 serait de l'ordre de 750 GPM(UK), soit environ 4 900 m³/jour lorsque cette mine était complètement dénoyée (Osisko, communication verbale). À titre indicatif, le débit d'exhaure obtenu avec le modèle hydrogéologique en régime permanent lorsque les ouvertures historiques sont toutes dénoyées est de 5 500 m³/jour, ce qui représente bien le débit historique.

Une vérification avait été faite afin de comparer le rabattement simulé de la nappe d'eau souterraine du roc supérieur avec la zone de rabattement établie à partir des données de suivi piézométrique en 2018 (figure C, après le texte). Ces données étaient les plus récentes disponibles lors de la calibration du modèle faite en 2019. La même comparaison a également été faite avec la zone de rabattement obtenue, avec la version précédente du modèle. La figure C montre que l'étendue de la zone de rabattement de la nappe phréatique simulée avec le modèle mis à jour s'étend au-delà de la zone définie à partir des données du suivi piézométrique, ce qui signifie que les résultats obtenus avec le modèle mis à jour sont jugés prudents et permettent d'atteindre les objectifs de l'étude.

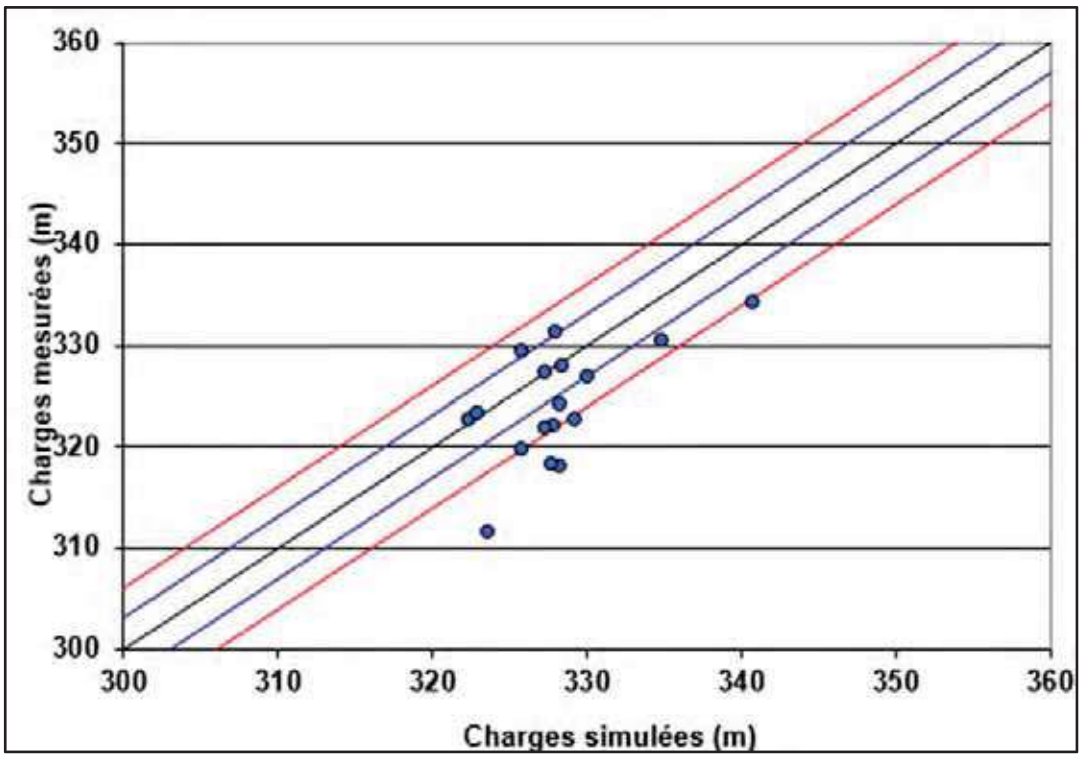


Figure 1 : Comparaison entre les charges hydrauliques simulées et mesurées en 2008 en condition pré-développement de MCM. Les lignes bleues illustrent l'erreur moyenne absolue et les lignes rouges, l'erreur quadratique moyenne

4.0 SIMULATIONS PRÉDICTIVES

4.1 Scénarios modélisés

À la suite du calage du modèle, des simulations prédictives ont été réalisées selon deux scénarios, soit :

- **le scénario réaliste** dont la paramétrisation (tableau 1) correspond au modèle calibré en 2019 (Golder, 2019) joint à l'Annexe A;
- **le scénario prudent** dont la paramétrisation (tableau 2) correspond au modèle précédent réalisé pour l'Extension de MCM (Golder, 2014) joint à l'Annexe B.

Tableau 2 : Propriétés hydrauliques des unités hydrostratigraphiques – Scénario prudent

Unité (profondeur)	Conductivité hydraulique, Kx (m/s)	Anisotropie verticale (Kx/Kz)	Emmagasinement spécifique (1/m)	Porosité de drainage
Roc (0-50 m)	3×10^{-6}	10	1×10^{-5}	0,01
Roc (50-100 m)	1×10^{-7}	10	1×10^{-5}	0,01
Roc (100-300 m)	1×10^{-8}	10	1×10^{-5}	0,01
Roc (plus de 300 m)	5×10^{-9}	10	1×10^{-5}	0,01
Till	$4,8 \times 10^{-7}$	10	1×10^{-4}	0,10
Résidus miniers	1×10^{-7}	1	1×10^{-5}	0,10
Sable	1×10^{-5}	10	1×10^{-4}	0,10
Esker	1×10^{-3}	10	1×10^{-4}	0,15
Marécage	1×10^{-6}	1	1×10^{-3}	0,01
Argile	1×10^{-8}	10	1×10^{-3}	0,01
Stériles remplissant la fosse Gouldie	5×10^{-4}	1	1×10^{-5}	0,30

Note : la cellule en grisé indique le changement par rapport au Scénario réaliste (Tableau 1)

Ces deux scénarios ont été sélectionnés dans le but d'obtenir un intervalle de résultats, afin que l'approche de modélisation soit prudente pour l'atteinte des objectifs.

La géométrie des ouvertures historiques et des fosses Canadian Malartic, Barnat et Jeffrey proviennent de fichiers fournis par MCM en août 2018. L'exploitation de l'extension de la fosse Canadian Malartic (secteur Barnat) se terminera en 2028. Celle-ci demeurera dénoyée jusqu'à la fin du projet Odyssey alors que la fosse Canadian Malartic sera en partie remblayée par des résidus miniers et des stériles.

Le projet Odyssey est prévu se dérouler entre 2023 et 2041. La géométrie des ouvertures minières du projet Odyssey provient de fichiers fournis par MCM en août 2020. La chronologie considérée pour le projet Odyssey est la suivante :

Tableau 3 : Chronologie d'exploitation des zones minéralisées du projet Odyssey

Zone minéralisée	Début d'exploitation	Fin d'exploitation
Odyssey Sud	2023	2029
Odyssey Nord	2031	2041
East-Malartic	2029	2041
East Gouldie	2027	2041

Le modèle prend en compte le dénoyage des ouvertures historiques jusqu'à une élévation correspondant à - 50 m sous le chantier le plus bas de la Zone East-Malartic, soit à une élévation de 50 m sous le niveau 600 m.

Le dénoyage des fosses et des galeries souterraines a été simulé à l'aide de conditions limites de type face de suintement, c'est-à-dire des conditions limites pour lesquelles la charge constante assignée est égale à l'élévation du niveau excavé (h = z). Une contrainte a été assignée à ces conditions limites afin que celles-ci n'injectent pas d'eau dans le modèle lorsque l'élévation simulée de la nappe devient inférieure à celle du nœud sur lesquelles elles sont assignées. Enfin, l'état piézométrique initial correspond aux conditions de régime permanent, obtenues pour les deux scénarios, avant le début de l'exploitation de MCM.

4.2 Résultats

4.2.1 Débit d'infiltration d'eau souterraine (débit d'exhaure)

Les débits d'infiltration d'eau souterraine futurs ont été prédits avec le modèle pour les fosses, le projet Odyssey et les ouvertures minières historiques dénoyées. Le débit d'infiltration d'eau souterraine calculé par le modèle numérique correspond à l'eau souterraine faisant résurgence dans les parois des fosses et dans les ouvertures souterraines dénoyées. Il s'agit donc d'une partie du débit d'exhaure, car cette valeur de débit n'inclut pas les précipitations directes et le ruissellement des eaux de précipitation dans les fosses ainsi que les pertes par évaporation. De plus, les valeurs de débit pour les ouvertures historiques représentent les venues d'eau en provenance du massif rocheux une fois ces galeries complètement dénoyées.

Les débits d'infiltration d'eau souterraine calculés pour les scénarios réaliste et prudent sont présentés au tableau 4. Il s'agit des débits maximaux prédits par le modèle sur la durée d'exploitation des zones minéralisées du projet Odyssey (2023-2041). Les valeurs de débit d'infiltration d'eau souterraine présentées pour le scénario réaliste sont celles attendues dans les fosses et les ouvertures souterraines. Les valeurs de débit d'infiltration d'eau souterraine obtenues pour le scénario prudent visent à évaluer les impacts potentiels du dénoyage sur les utilisateurs d'eau souterraine.

Pour le scénario réaliste, le débit maximum d'infiltration d'eau souterraine dans les fosses et les ouvertures minières (historiques et projet Odyssey) prédit par le modèle est de 11 750 m^3/jour. Pour le scénario prudent, le débit maximum prédit est de 17 350 m^3/jour. La principale différence entre les scénarios réaliste et prudent est que ce dernier considère une conductivité hydraulique du roc (0-50 m) environ huit fois plus élevée. Étant donné que cette différence est pour l'intervalle du roc (0-50 m), l'impact de ce changement de valeur de conductivité hydraulique est surtout observé pour les fosses.

Tableau 4 : Débit maximum d'infiltration d'eau souterraine de 2023 à 2041 (m^3/jour)

Scénario	Fosses	Recharge ouvertures souterraines historiques	Zones minéralisées d'Odyssey				Débit maximum total
			East-Malartic	Odyssey Nord	Odyssey Sud	East-Gouldie	
Réaliste	2 000	3 500	850	1 600	700	3 100	11 750
Prudent	6 300	3 800	1 500	1 600	1 000	3 150	17 350

4.2.2 Rabattements des niveaux des eaux souterraines

Les figures D et E (après le texte) illustrent les rabattements des niveaux des eaux souterraines simulés dans le roc respectivement pour les scénarios réalistes et prudents à l'année 2041, soit à la fin de l'exploitation du projet Odyssey. En considérant les hypothèses utilisées et la précision du modèle, un rabattement est jugé important lorsqu'il excède trois mètres dans le roc. Ainsi, les figures D à E illustrent les rabattements de 3 et de 10 mètres dans le roc.

Les résultats de la modélisation indiquent que pour chacun des scénarios simulés, les rabattements n'atteindraient pas les puits d'approvisionnement de la Ville de Malartic, lesquels sont aménagés dans un esker au nord-ouest de la ville. Pour le scénario réaliste, les résultats de la modélisation montrent que les rabattements n'atteindraient pas cet esker ni les puits résidentiels situés au nord de la ville (figure D). Les rabattements atteindraient cet esker et les puits résidentiels pour le scénario prudent seulement (figure E).

5.0 GESTION PROPOSÉE DES EAUX D'EXHAURE DU PROJET ODYSSEY

MCM a mis en œuvre une gestion des eaux d'exhaure pour son exploitation des fosses. Ces eaux sont actuellement pompées vers le bassin Sud-est ou le bassin de polissage de MCM, selon leur qualité et les besoins en eau pour l'opération de l'usine de traitement du minerai. Il est prévu de maintenir cette même gestion des eaux pour la durée du projet Odyssey. Les eaux d'exhaure d'Odyssey pourraient également transiter par le bassin de pompage Nord-est, avant d'être pompées vers le bassin Sud-est ou le bassin de polissage, car le bassin de pompage Nord-est a des capacités d'emmagasinement (46 900 m^3) et de pompage (69 120 m^3/jour) (Golder, 2020) largement suffisantes pour la gestion de ces eaux.

Les détails de conception du bassin de pompage Nord-est ont été présentés dans le cadre du projet pour l'Extension de MCM. L'objectif de ce bassin est de collecter les eaux de ruissellement de l'extension vers l'est de la halde à stériles. Avant le démarrage de l'opération d'Odyssey, de nouveaux fossés draineront l'eau de ruissellement de l'extension à l'est de la halde à stériles vers la fosse Jeffrey, après son remblayage. Par la suite, il est prévu que le bassin de pompage Nord-est reste en activité comme bassin collecteur des eaux associées au développement du projet Odyssey seulement. Ce bassin servira principalement à l'emmagasinement des eaux de surface du projet, notamment celles de la crue de récurrence 1:100 ans pour laquelle un volume d'emmagasinement de 6 400 m^3 est requis, ce qui correspond à moins de 15 % de la capacité du bassin.

Les résultats du modèle hydrogéologique ont été utilisés pour estimer l'impact de l'ajout des eaux d'exhaure du projet Odyssey sur le débit de l'effluent final de MCM. Selon le scénario réaliste du modèle, le débit total maximum d'infiltration d'eau souterraine dans les fosses et les ouvertures minières (historiques et projet Odyssey)

sera de 11 700 m³/jour. Ce débit inclut les infiltrations d'eau souterraine dans les fosses, les ouvertures minières historiques et les ouvertures minières du projet Odyssey. Si on retire le projet Odyssey du modèle, le débit total maximum d'infiltration d'eau souterraine est de 6 500 m³/jour, ce qui résulte en une contribution maximale pour Odyssey de 5 200 m³/jour.

Le bilan d'eau de MCM pour l'année 2018 (Figure F) indique un rejet à l'effluent final de 9,3 Mm³, soit 25 500 m³/jour. En fonction de la gestion des eaux de MCM, si on suppose que le débit d'eau d'exhaure généré par le projet Odyssey est intégralement dirigé vers l'effluent final, ce qui est une hypothèse prudente, le débit de l'effluent final pourrait augmenter au maximum de 5 200 m³/jour, soit une augmentation d'environ 20 % sur la base du bilan d'eau de 2018.

Comme mentionné ci-dessus, il est prévu que les eaux d'exhaure d'Odyssey soient pompées vers le bassin Sud-est ou le bassin de polissage de MCM, selon leur qualité et les besoins en eau pour l'opération de l'usine de traitement du minerai. Ainsi, si la qualité de ces eaux ne satisfait pas les critères de rejet à l'effluent final, ces eaux seront dirigées vers le bassin Sud-est pour être traitées avant d'être rejetées à l'environnement. Par conséquent, l'ajout des eaux d'exhaure d'Odyssey ne causera pas de dégradation à la qualité de l'effluent final.

6.0 IMPACTS POTENTIELS DES INFRASTRUCTURES DE MCM SUR LA QUALITÉ DES EAUX D'EXHAURE DU PROJET ODYSSEY

Une évaluation des impacts potentiels des infrastructures de MCM sur la qualité des eaux d'exhaure du projet Odyssey, notamment du parc à résidus situé en amont hydraulique du projet, a été réalisée. Sur la base des informations et modélisations hydrogéologiques dans le secteur de l'Extension, les observations suivantes sont notables :

- La perméabilité du roc de surface est plus élevée que le roc en profondeur et favorise la migration des contaminants dans cet horizon de surface. Comme l'exploitation d'Odyssey se fera dans le roc profond, le temps de migration d'un panache de contamination vers les ouvertures souterraines d'Odyssey, qui se situent de 0,5 à 1 km du parc à résidus, serait considérablement plus long que pour le roc de surface.
- Bien que le puits d'accès et les rampes recoupent l'horizon de roc plus perméable en surface, le temps de migration d'une contamination entre le parc à résidus et ces infrastructures plus superficielles serait de plusieurs dizaines d'années. En effet, selon les prédictions du modèle hydrogéologique réalisé pour le projet de l'Extension, il faudra environ 250 ans avant que des concentrations en cyanures ne soient détectées dans le roc de surface à 1 km en aval du parc à résidus.
- Le rabattement des niveaux d'eau souterraine généré par le dénoyage d'Odyssey est considéré comme négligeable vers l'amont du projet. Ainsi, le dénoyage des ouvertures souterraines d'Odyssey devrait peu augmenter la vitesse des eaux souterraines entre le parc à résidus de l'Extension et Odyssey. Cette hypothèse est basée sur les observations du dénoyage de la fosse Canadian Malartic qui n'indiquent pas de rabattement important vers le sud de la fosse, après plus de huit ans d'exploitation.

Ainsi, en considérant la durée actuelle d'exploitation du projet Odyssey (18 ans), aucune contamination en provenance du parc à résidus de l'Extension affectant la qualité des eaux d'exhaure d'Odyssey n'est anticipée.

7.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Les travaux de modélisation numérique visaient notamment à évaluer les débits d'exhaure ainsi que les impacts potentiels des activités de dénoyage de MCM, y compris le projet Odyssey, sur les niveaux des eaux souterraines. Une mise à jour du modèle hydrogéologique a été réalisée pour inclure le projet Odyssey et le dénoyage des ouvertures.

Les conclusions portant spécifiquement sur les résultats des simulations numériques prédictives à la suite de la mise à jour du modèle numérique sont les suivantes :

- Pour le scénario réaliste, le débit maximum d'infiltration d'eau souterraine serait de 11 750 m^3/jour. Ce débit inclut les infiltrations d'eau souterraine dans les fosses, les ouvertures minières historiques et les ouvertures minières du projet Odyssey. Pour le scénario prudent, ce débit maximum serait de 17 350 m^3/jour;
- Les résultats de la modélisation indiquent que pour chacun des scénarios simulés, les rabattements n'atteindraient pas les puits d'approvisionnement de la ville de Malartic, aménagés dans un esker au nord-ouest de la ville. Toutefois, les rabattements atteindraient cet esker et certains puits résidentiels situés au nord, selon les prédictions du scénario prudent. Pour le scénario réaliste, les résultats de la modélisation montrent que les rabattements importants n'atteindraient pas cet esker ni les puits résidentiels.

Les recommandations à la suite de la mise à jour du modèle numérique et de la réalisation des simulations prédictives sont les suivantes :

- Le plan de contingence relatif à l'approvisionnement en eau de la ville de Malartic devrait être maintenu. À ce titre, l'implantation d'un nouveau puits d'approvisionnement en eau pour la ville de Malartic a été réalisée en 2010. Ce nouveau puits a été aménagé dans le même esker que les puits d'approvisionnement existants, mais à une plus grande distance de MCM;
- Certains puits domestiques (le long du chemin des Merles et le long de la route 117 au nord de la ville de Malartic) pourraient voir leur débit de production affecté à la baisse par le dénoyage de MCM. La contingence prévue à cet effet devrait être maintenue, notamment pour l'implantation de puits domestiques plus profonds le cas échéant.

En considérant que les prédictions du modèle présentent une estimation prudente du rabattement des eaux souterraines, il est recommandé de poursuivre le suivi en continu des niveaux d'eau souterraine, comme réalisé par MCM depuis 2008, afin de valider ces prédictions et de prévenir une perte d'usage de la ressource en eau, le cas échéant.

Par ailleurs, la gestion proposée des eaux d'exhaure du projet Odyssey prévoit le pompage de ces eaux vers le bassin Sud-est ou le bassin de polissage de MCM, selon leur qualité et les besoins pour l'usine de traitement du minerai. En fonction de la gestion des eaux qui sera réalisée par MCM, les eaux d'exhaure du projet Odyssey pourraient augmenter le débit maximum de l'effluent final d'environ 20 % sur la base du bilan d'eau de 2018. Comme ces eaux d'exhaure seront traitées au besoin, cet apport d'eau additionnel ne causera pas de dégradation de la qualité de l'effluent final. De plus, aucune contamination en provenance du parc à résidus de l'Extension affectant la qualité des eaux d'exhaure d'Odyssey n'est anticipée.

8.0 LIMITATIONS

Les conditions générales ainsi que les limitations de la présente étude sont jointes à l'annexe C.

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE

Jennifer Lallier, ing. jr
Chargée de projet

Michel Mailloux, ing., M.Sc.
Associé

Pierre Groleau, ing., M.Sc.
Associé principal

MM/PG/eq

Pièces jointes :

Figure A : Vue d'ensemble des principales infrastructures de surface du projet Odyssey

Figure B : Vue isométrique montrant les zones minéralisées du projet Odyssey et les galeries souterraines projetées

Figure C : Calibration du modèle – Comparaison des rabattements simulés et observés – fin 2017 (tiré de Golder 2019)

Figure D : Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans le roc supérieur à l'année 2041 – Scénario réaliste

Figure E : Rabattements simulés au roc supérieur à l'année 2041 (fin du projet Odyssey) – Scénario prudent

Figure F : Bilan d'eau 2018 – Mine Canadian Malartic

Annexe A : Évaluation des débits d'exhaure et des impacts potentiels sur les niveaux des eaux souterraines du projet Odyssey.GAL012- 1776338-MTF-Rev4

Annexe B : *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 (Québec)*.002-12-1221-0025-2000-MTF-Rev4.

Annexe C : Conditions générales et limitations

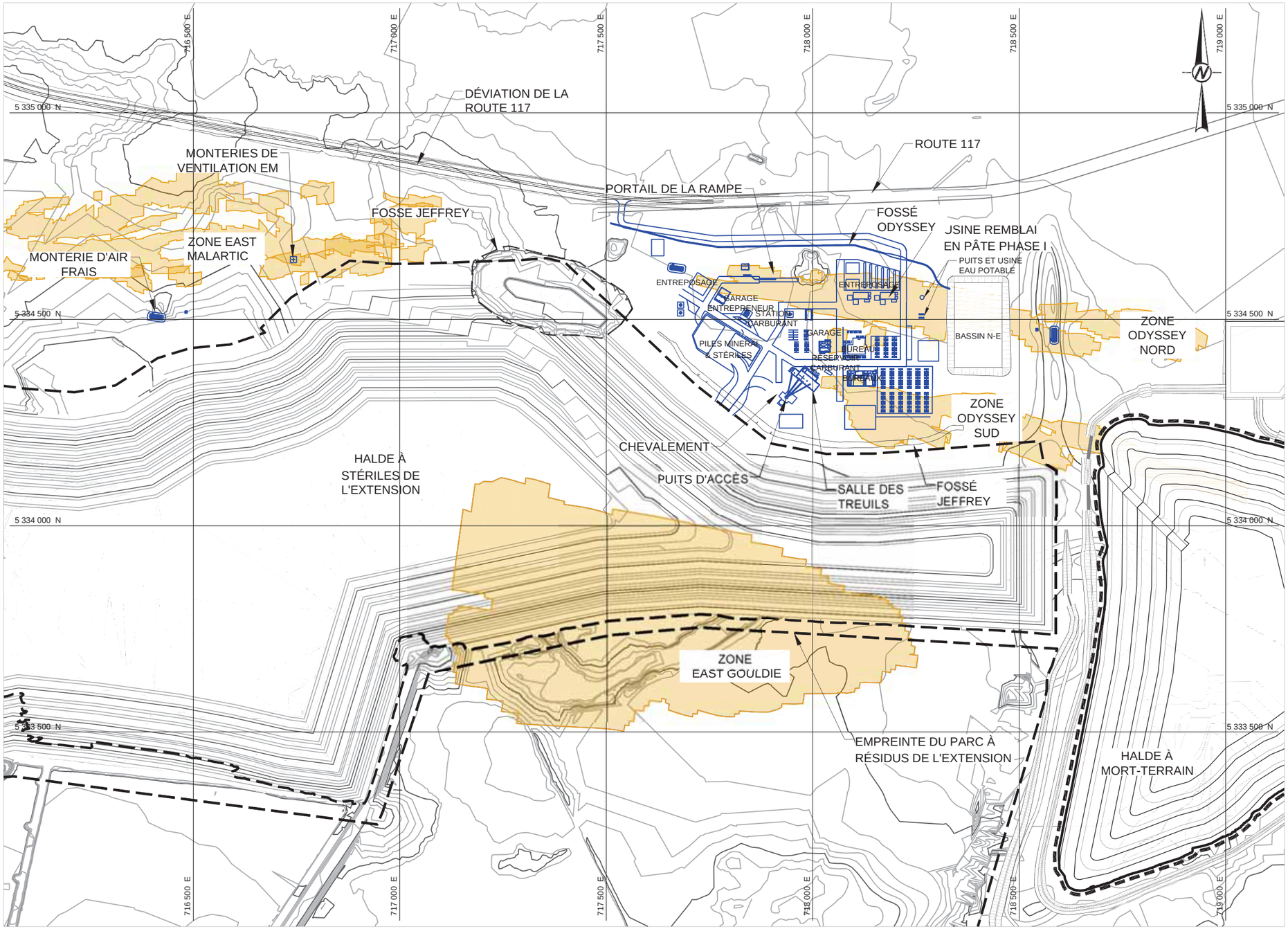
9.0 RÉFÉRENCES

Golder Associés Ltée, 2014. *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 (Québec)*. N/Réf. : 002-12-1221-0025-2000-MTF-Rev4.

Golder Associés, 2019. *Évaluation des débits d'exhaure et des impacts potentiels sur les niveaux des eaux souterraines du projet Odyssey, Malartic (Québec)*, 14 pages + Annexes, Juillet 2020, N/Réf. GAL012-1776338-MTF-Rev4.

Golder Associés, 2020. *Projet Odyssey-Étude géotechnique et hydrologique-Aménagement des haldes et des structures de drainage de surface* 7 pages + Annexes, Novembre 2020, N/Réf. GAL013-1776338-30140-Rev3.

https://golderassociates.sharepoint.com/sites/13306g/deliverables/preparation of deliverables/101 mise à jour modèle hydro/rev0/gal101-1776338-mtf-rev0-mise à jour étude hydrogéologie.docx



LÉGENDE

- COURBES TOPOGRAPHIQUES
- EMPREINTE DES INFRASTRUCTURES PROJETÉES DE L'EXTENSION DE LA MINE CANADIAN MALARTIC
- GISEMENT ODYSSEY (ZONES EAST MALARTIC, ODYSSEY NORD ET SUD ET EAST GOULDIE)
- INFRASTRUCTURES DE SURFACE PROJETÉES DU PROJET ODYSSEY

NOTE

- SYSTÈME DE COORDONNÉES: UTM, NAD 83, ZONE 17

RÉFÉRENCES

1. L'EMPREINTE DE LA FOSSE JEFFREY PROVIENT DE MCM (AVRIL 2017).
2. LES EMPREINTES DES HALDES DE L'EXTENSION PROVIENNENT DE MCM (JUILLET 2017).
3. LES INFRASTRUCTURES DU PROJET ODYSSEY PROVIENNENT DU DESSIN "Site Odyssey_16oct.dwg" FOURNI PAR MCM.
4. LE GISEMENT ODYSSEY PROVIENT DES DESSINS:
   - Export_DetailledPEA20ktp_STOPES_ODN_07-2020.dxf;
   - Export_DetailledPEA20ktp_STOPES_EM_0-600_07-2020.dxf;
   - Export_DetailledPEA20ktp_STOPES_EM_600-+07-2020.dxf;
   - Export_DetailledPEA20ktp_STOPES_ODS_07-2020.dxf;

   FOURNIS PAR MCM (AOUT 2020)

0 250 500
1:10 000 MÈTRES

CLIENT
MINE CANADIAN MALARTIC

CONSULTANT
GOLDER

AAAA-MM-JJ	2020-11-10
DESSINÉ	A. Annoual
PROJETÉ	J. Lallier
RÉVISÉ	J. Lallier
APPROUVÉ	P. Groleau

PROJET
ÉVALUATION DES DÉBITS D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES DU PROJET ODYSSEY

TITRE
VUE D'ENSEMBLE DES PRINCIPALES INFRASTRUCTURES DE SURFACE DU PROJET ODYSSEY

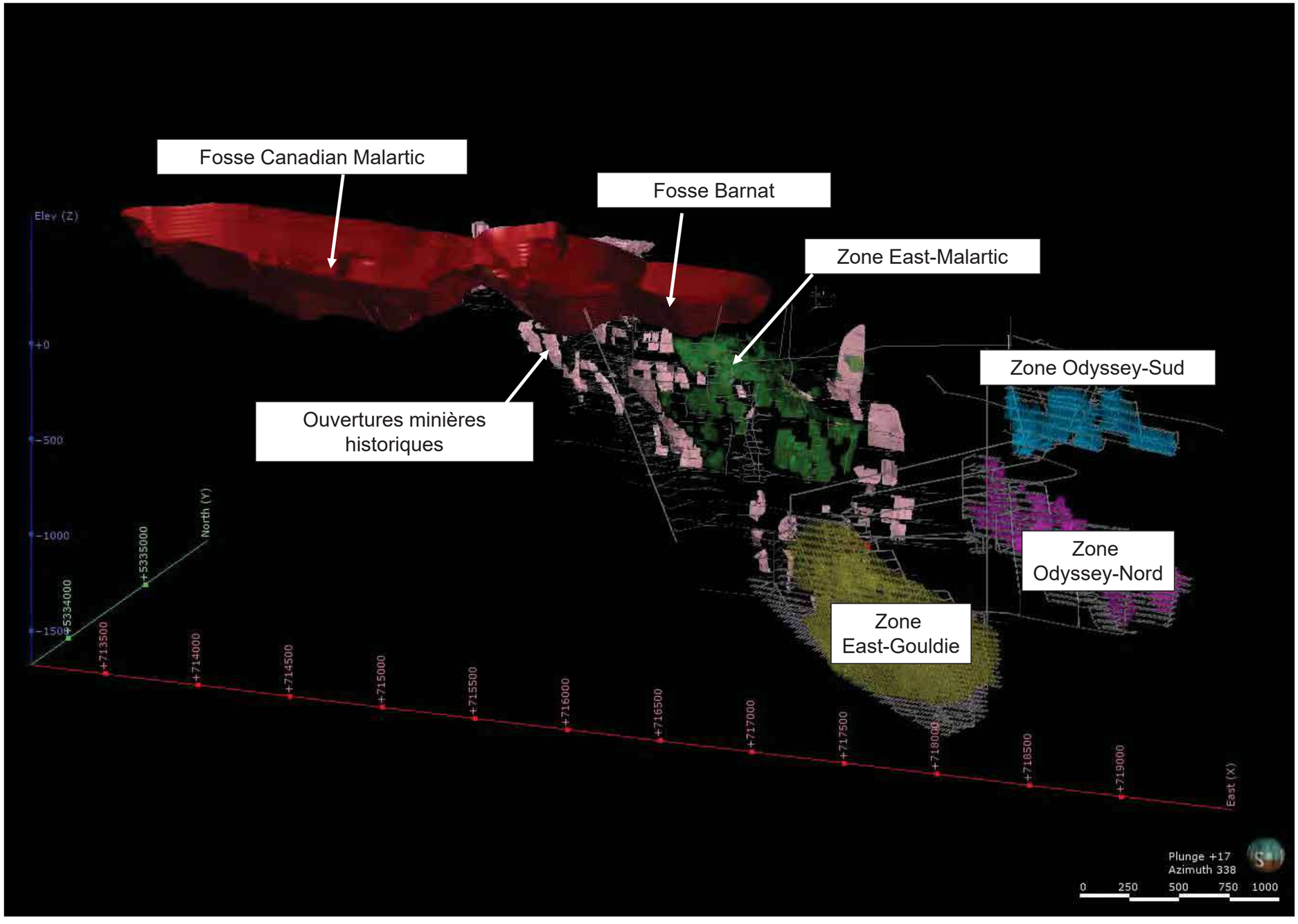
N° PROJET	PHASE	RÉV.	PLAN
1776338	30140	0	A

SI LA MESURE NE CORRESPOND PAS À L'ÉCHELLE, LA TAILLE DE LA FEUILLE A ÉTÉ MODIFIÉE: ANSI B

25 mm

0

Chemin: \\golder.gds\gal\Montreal\SIG\CAD\PROJET\SOSISKO\PRODUCTION\1776338\30140\ | Nom du fichier: 1776338-301-40-05.dwg | Dernière édition par: iamoub Date: 2020-11-10 Heure:10:06:29 | Imprimé par: iAmoub Date: 2020-11-10 Heure:10:15:37



CLIENT
CANADIAN MALARTIC

CONSULTANT
GOLDER

YYYY-MM-DD	2019-02-16
PREPARED	NB
DESIGN	NB
REVIEW	MM
APPROVED	PG

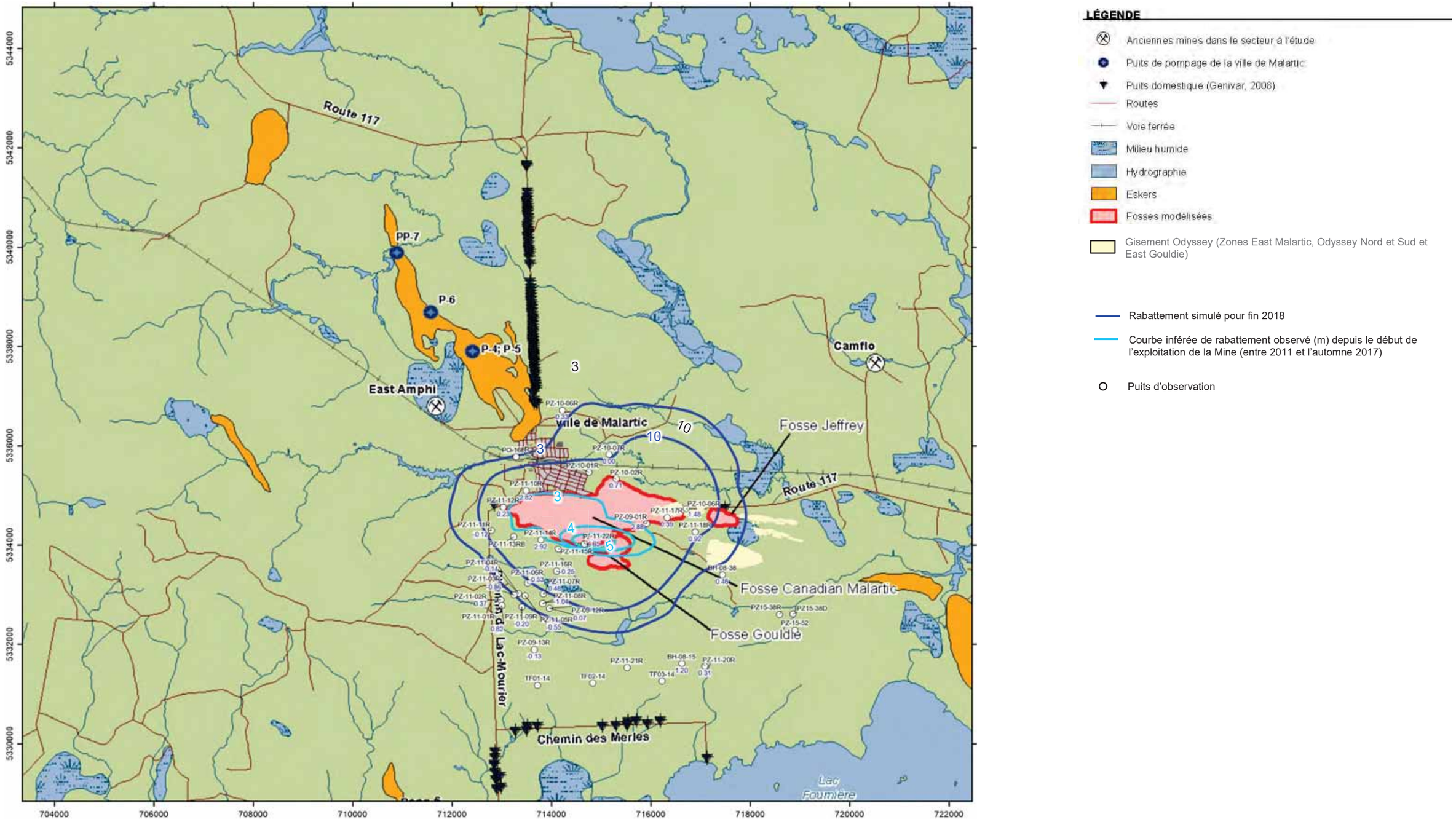
PROJECT
ÉVALUATION DES DÉBITS D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES DU PROJET ODYSSEY, MALARTIC (QUÉBEC)

TITLE
VUE ISOMÉTRIQUE MONTRANT LES ZONES MINÉRALISÉES DU PROJET ODYSSEY ET LES GALERIES SOUTERRAINES PROJETÉES

PROJECT No.
GAL101- 1776338

Rev.
0

FIGURE
B



LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic
- Puits domestique (Genivar, 2008)
- Routes
- Voie ferrée
- Milieu humide
- Hydrographie
- Eskers
- Fosses modélisées
- Gisement Odyssey (Zones East Malartic, Odyssey Nord et Sud et East Gouldie)
- Rabattement simulé pour fin 2018
- Courbe inférée de rabattement observé (m) depuis le début de l'exploitation de la Mine (entre 2011 et l'automne 2017)
- Puits d'observation

CLIENT
CANADIAN MALARTIC

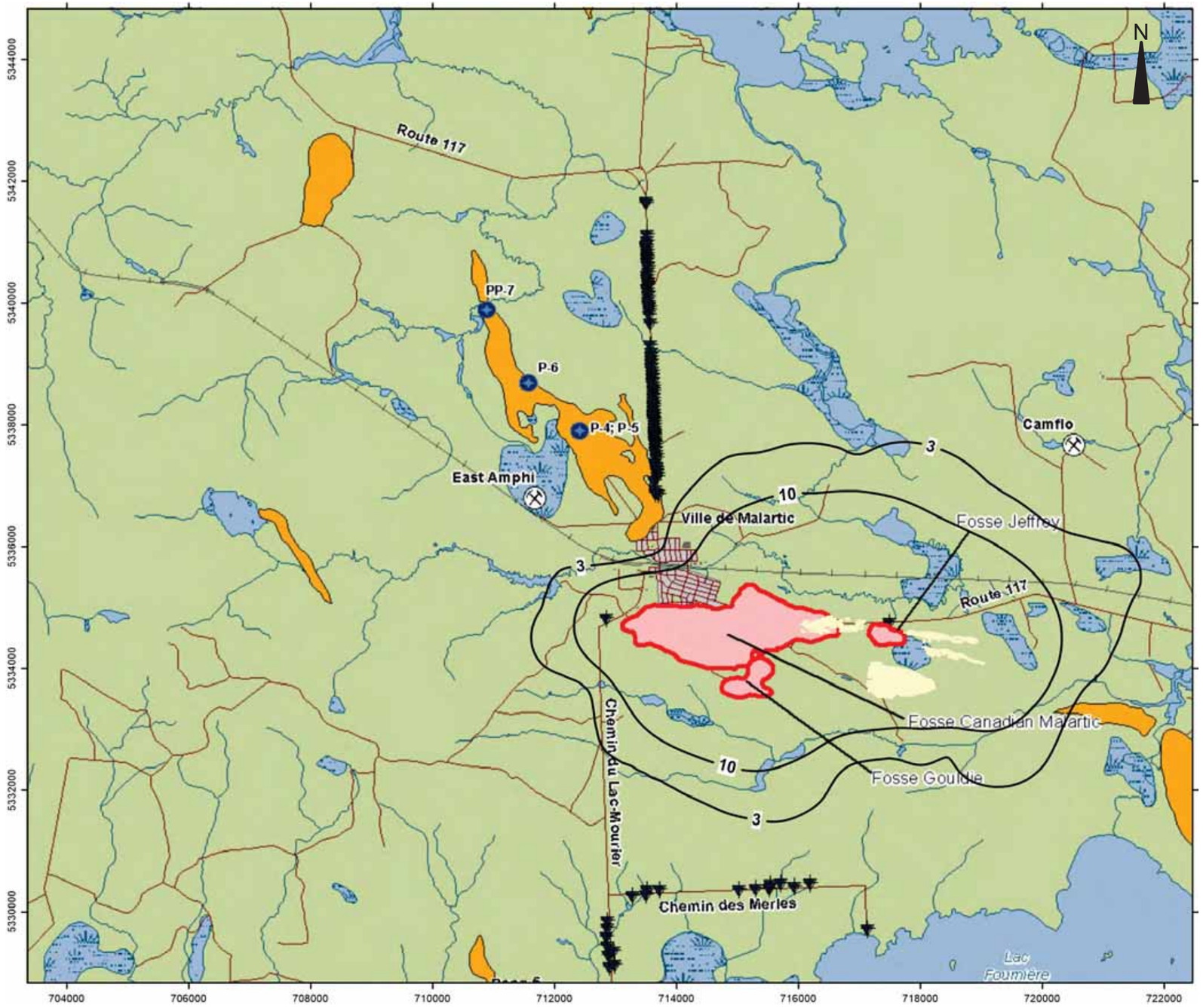
CONSULTANT
GOLDER

YYYY-MM-DD	2019-02-16
PREPARED	NB
DESIGN	NB
REVIEW	MM
APPROVED	PG

PROJECT
ÉVALUATION DES DÉBITS D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES DU PROJET ODYSSEY, MALARTIC (QUÉBEC)

TITLE
CALIBRATION DU MODÈLE – COMPARAISON DES RABATTEMENTS SIMULÉS ET OBSERVÉS FIN 2017

PROJECT No. GAL101- 1776338 | Rev. 0 | FIGURE C



LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic
- Puits domestique (Genivar, 2008)
- Routes
- Voie ferrée
- Milieu humide
- Hydrographie
- Eskers
- Fosses modélisées
- Gisement Odyssey (Zones East Malartic, Odyssey Nord et Sud et East Gouldie)
- Rabattement simulé pour fin 2041 (m)

CLIENT
MINE CANADIAN MALARTIC

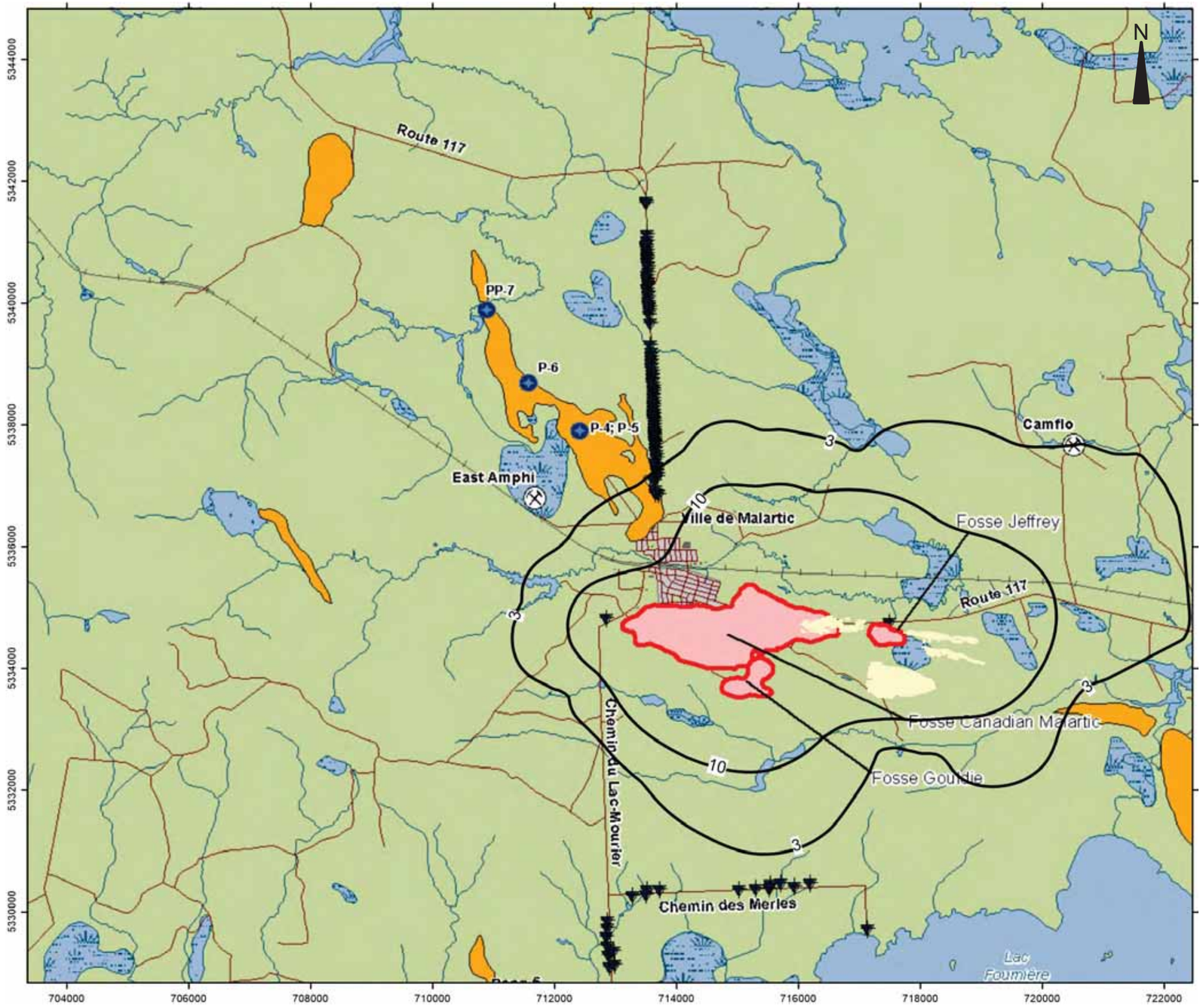
CONSULTANT
GOLDER

YYYY-MM-DD	2020-10-06
PREPARED	NB
DESIGN	NB
REVIEW	MM
APPROVED	PG

PROJECT
ÉVALUATION DES DÉBITS D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES DU PROJET ODYSSEY, MALARTIC (QUÉBEC)

TITLE
RABATTEMENTS SIMULÉS AU ROC SUPÉRIEUR À L'ANNÉE 2041 – SCÉNARIO RÉALISTE

PROJECT No.	Rev.	FIGURE
GAL101 - 1776338	0	D



LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic
- Puits domestique (Genivar, 2008)
- Routes
- Voie ferrée
- Milieu humide
- Hydrographie
- Eskers
- Fosses modélisées
- Gisement Odyssey (Zones East Malartic, Odyssey Nord et Sud et East Gouldie)
- Rabattement simulé pour fin 2041 (m)

CLIENT
MINE CANADIAN MALARTIC

CONSULTANT
GOLDER

YYYY-MM-DD	2020-10-06
PREPARED	NB
DESIGN	NB
REVIEW	MM
APPROVED	PG

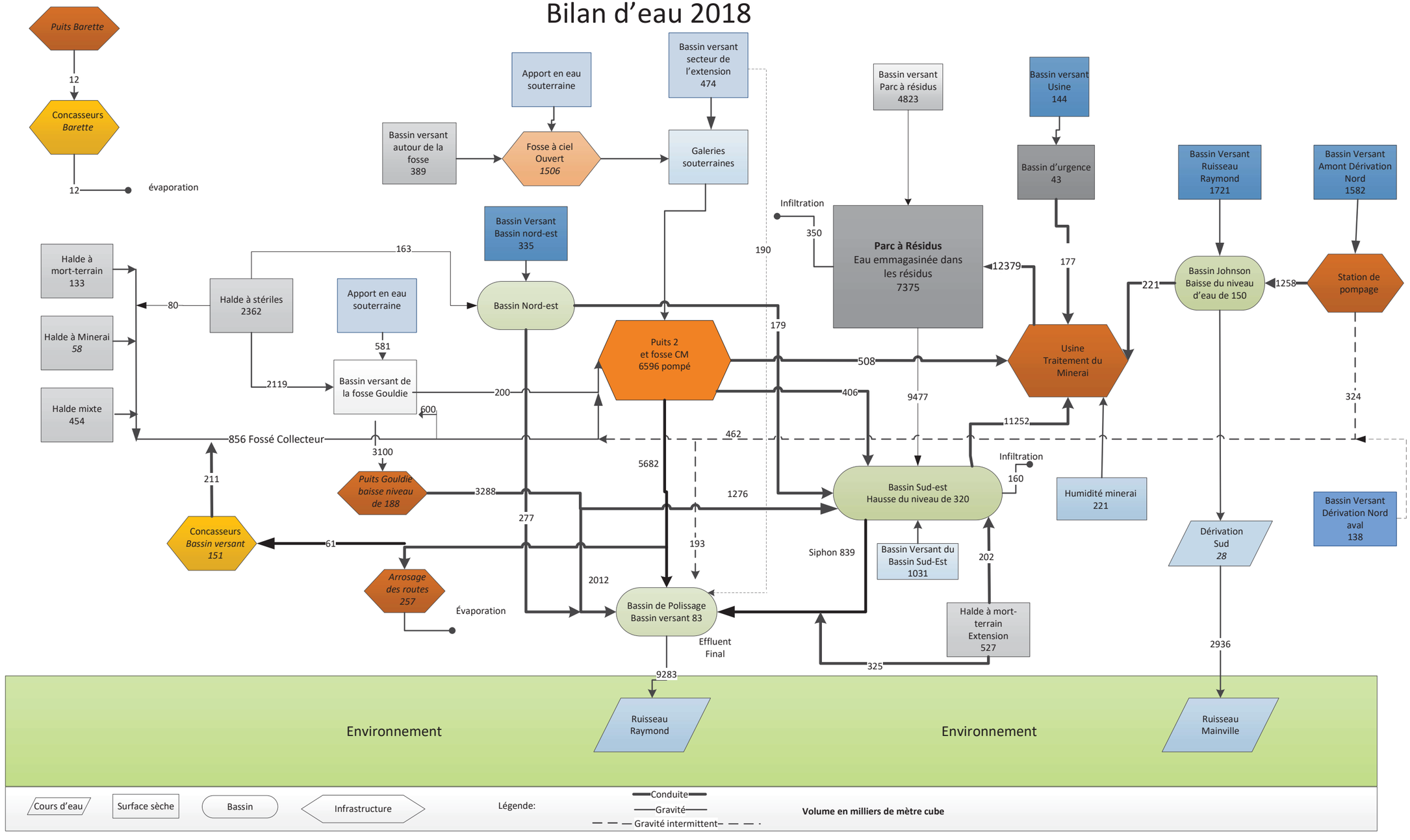
PROJECT
ÉVALUATION DES DÉBITS D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES DU PROJET ODYSSEY, MALARTIC (QUÉBEC)

TITLE
RABATTEMENTS SIMULÉS AU ROC SUPÉRIEUR À L'ANNÉE 2041 – SCÉNARIO PRUDENT

PROJECT No.	Rev.	FIGURE
GAL101 - 1776338	0	E

CONFIDENTIEL

Mine Canadian Malartic
Bilan d'eau 2018



ANNEXE-A

Évaluation des débits d'exhaure et des impacts potentiels sur les niveaux des eaux souterraines du projet Odyssey. GAL012- 1776338-MTF-Rev4

MÉMORANDUM TECHNIQUE

Date: 25 novembre 2014
CONFIDENTIEL

N° de référence: 002-12-1221-0025-2000-MTF-Rev4

À: Denis Cimon
Canadian Malartic GP

c.c: Christine Baribeau et Michel Julien

De: Pierre Groleau **Adresse courriel:** pgroleau@golder.com

Objet : 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)

1.0 INTRODUCTION

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.

1.1 Mise en contexte

Dans le cadre de l'exploitation de la Mine, Osisko a mandaté Golder Associés Ltée (Golder) afin de mettre à jour l'étude de modélisation hydrogéologique visant à évaluer les débits d'exhaure et les impacts potentiels sur les niveaux des eaux souterraines générés par l'exploitation. La présente étude constitue une mise à jour de l'étude hydrogéologique réalisée en 2008 (Golder, 2008).

Cette mise à jour est nécessaire à la suite des changements dans la configuration de la fosse et dans le plan de minage. Le plan de minage modifié par Osisko en 2012 prévoyait l'agrandissement de la fosse Canadian Malartic vers l'est dans le secteur Barnat et aussi au sud-est (la fosse Gouldie). C'est ce plan de minage qui a été utilisé pour la présente évaluation des débits d'exhaure et des impacts potentiels sur les niveaux des eaux souterraines. Les figures jointes à la suite du texte illustrent les empreintes des fosses, telles qu'utilisées pour la mise à jour de l'évaluation.

Il est à noter que le plan de minage a de nouveau été modifié par Osisko en 2013 et par CMGP en 2014. Ces changements incluent une empreinte de la fosse Canadian Malartic légèrement différente; une empreinte de la fosse Gouldie plus petite; et l'exploitation d'une troisième fosse vers l'est, soit la fosse Jeffrey. Toutefois, ces changements sont jugés avoir peu d'impact sur la présente évaluation. Les figures à la suite du texte illustrent également les empreintes des fosses projetées dans le plan de minage de 2014.

Golder Associés Ltée
1001, boul. de Maisonneuve Ouest, 7e étage, Montréal (Québec) H3A 3C8
Tél. +1 (514) 383-0990 Téléc. +1 (514) 850-2401 www.golder.com
Golder Associés: Bureaux en Afrique, Asie, Océanie, Europe, Amérique du Nord et Amérique du Sud

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

1.2 Objectifs de l'étude

L'étude comprend les objectifs suivants :

1) Mettre à jour le modèle numérique d'écoulement d'eau souterraine en introduisant le plan de minage du 8 juin 2012 (Osisko, 2012) qui inclut l'agrandissement de la fosse Canadian Malartic vers l'est (secteur Barnat) et la fosse Gouldie.

2) À l'aide du modèle numérique mis à jour, réaliser des simulations prédictives afin d'évaluer :

   i) les débits d'exhaure pour le dénoyage de la fosse Canadian Malartic projetée;

   ii) le rabattement maximal anticipé des niveaux d'eau souterraine généré par le dénoyage de la fosse projetée et, de ce fait, les impacts potentiels sur le niveau d'eau des puits d'alimentation en eau (résidentiels et municipaux) présents autour de la Mine.

Il est à noter que les prédictions du modèle hydrogéologique ont été réalisées en utilisant des hypothèses prudentes pour évaluer les impacts potentiels du projet. Ainsi, les prédictions des débits d'exhaure et du rabattement des niveaux d'eau souterraine présentent une estimation des valeurs maximales anticipées.

Les sections suivantes présentent les ajustements apportés au modèle hydrogéologique, le calage du modèle sur les données réelles, les simulations prédictives et les résultats obtenus, ainsi que les conclusions et les recommandations qui en découlent.

2.0 AJUSTEMENTS APPORTÉS AU MODÈLE HYDROGÉOLOGIQUE

Les principaux ajustements apportés au modèle hydrogéologique (par rapport au modèle original basé sur le projet Canadian Malartic en 2008) concernent la mise à jour du plan de minage et donc prennent en compte les nouvelles surfaces et profondeurs des fosses projetées. Ainsi, les limites du modèle numérique et les principales conditions spécifiées aux limites du modèle sont demeurées les mêmes, car l'agrandissement proposé est toujours à l'intérieur de ces limites.

Afin d'intégrer le plan de minage de 2012 au modèle numérique, la densité du maillage a été modifiée pour inclure l'agrandissement de la fosse Canadian Malartic et la fosse Gouldie. Le maillage compte maintenant 194 766 éléments finis pour représenter la stratigraphie de la zone d'étude et l'exploitation de la Mine. Le tableau 1 expose les principaux ajustements au modèle.

La distribution des dépôts meubles a été précisée à partir des nouvelles informations obtenues lors des travaux de caractérisation et selon la carte des dépôts de surface (Veillette, 2003) pour inclure le sable sublittoral et certains eskers de petites dimensions et les zones de marécages. Certains paramètres hydrauliques ont été ajustés en tenant compte des nouvelles informations (voir tableau 1). Les propriétés hydrauliques du roc sont demeurées identiques à celles du modèle initial. Enfin, la distribution des zones de recharge a été précisée et les valeurs ont été assignées selon les différents types de dépôts meubles retrouvés en surface.

Le plan de minage de 2012 de la fosse présente une exploitation sur une durée totale de 16 ans. L'exploitation débute tout d'abord dans le secteur ouest de la fosse Canadian Malartic et s'étend vers l'est dans le secteur Barnat. Quant à la fosse Gouldie, le plan de minage utilisé pour la modélisation prévoyait une exploitation sur une période de 5 ans à partir de la deuxième année. Le plan de minage de 2014 prévoit une période d'exploitation de 2,5 ans. Le plan de minage inclut le remplissage de la fosse Gouldie avec des stériles, ce qui a

également été intégré au modèle numérique à partir de l'année 8, tel que spécifié dans le plan de minage de 2012.

Le plan de minage réel qui sera réalisé dans les prochaines années pourra varier par rapport à celui préparé en 2012 et utilisé dans ce document. Ces modifications sont normales pour des opérations minières et ne devraient pas affecter de façon significative l'essentiel des observations et des commentaires présentés dans ce document.

Tableau 1: Ajustements apportés au modèle hydrogéologique initial

Paramétrisation du modèle et conditions limites		
	Modèle initial (2008)	**Modèle mis à jour**
Domaine de modélisation	225 km^2	225 km^2
Hydrographie	Ruisseaux principaux	Tout le réseau de drainage incluant les fossés autour du parc à résidus
Maillage	480 129 éléments avec discrétisation plus dense autour de la géométrie des anciennes mines souterraines	171 535 éléments avec discrétisation plus dense autour de la géométrie des fosses projetées
Stratigraphie	Argile, esker principal, till et roc	Ajout des zones de sable sublittoral, petits eskers et marécages selon carte des dépôts meubles
Conductivité hydraulique du till	$1,0x10^{-7}$ m/s	$4,8x10^{-7}$ m/s
Porosité de drainage	Esker : 0,3 Argile : 0,1	Esker : 0,15 Argile : 0,01
Emmagasinement spécifique (1/m)	argile à $1x10^{-5}$ till à $1x10^{-5}$	argile à $1x10^{-3}$ till à $1x10^{-4}$
Assignation de la recharge	Zones à 25 mm/an, 50 à 75 mm/an, définies selon le type de matériau, la méthode du bilan hydrique et l'évaluation des coefficients de ruissellement par la méthode SCS modifiée (SCS, 1975)	Des valeurs de 5 mm/an, 75 mm/an, 75 mm/an, 200 mm/an et 300 mm/an ont respectivement été attribuées à l'argile, le till, le roc affleurant, le sable sublittoral et l'esker.

3.0 CALAGE DU MODÈLE NUMÉRIQUE

Le calage d'un modèle numérique constitue une démarche visant à démontrer la capacité du modèle à reproduire des données réelles acquises sur le terrain, notamment des charges hydrauliques et des flux volumétriques tels que des débits d'exhaure. Le modèle a été calé en régime permanent en utilisant comme valeurs cibles les niveaux d'eau souterraine mesurés en mars 2008.

Plusieurs simulations ayant chacune un ensemble de paramètres différents ont été faites jusqu'à ce que la différence entre les charges hydrauliques simulées et observées soit minimisée. La conductivité hydraulique de chacune des unités hydrostratigraphiques et les taux de recharge sont les paramètres qui ont été ajustés lors du

processus de calibration. Ces paramètres ont été sélectionnés soit en raison de leur variabilité spatiale intrinsèque ou de l'incertitude sur la valeur de ces paramètres.

Le modèle a été considéré calibré lorsque l'erreur absolue devenait inférieure à 10 % de la variation totale des niveaux d'eau observés à l'intérieur du domaine modélisé. La différence entre la charge hydraulique minimale et celle maximale observée, à l'intérieur du domaine modélisé, étant de 60 m, l'erreur absolue ciblée est donc de 6 m. L'erreur absolue du modèle calibré est de 3,59 m, soit moins de 6 % par rapport à la différence entre les charges hydrauliques minimales et maximales observées à l'intérieur du domaine modélisé.

La figure A illustre l'ajustement entre les charges hydrauliques mesurées et simulées pour le modèle d'écoulement calé.

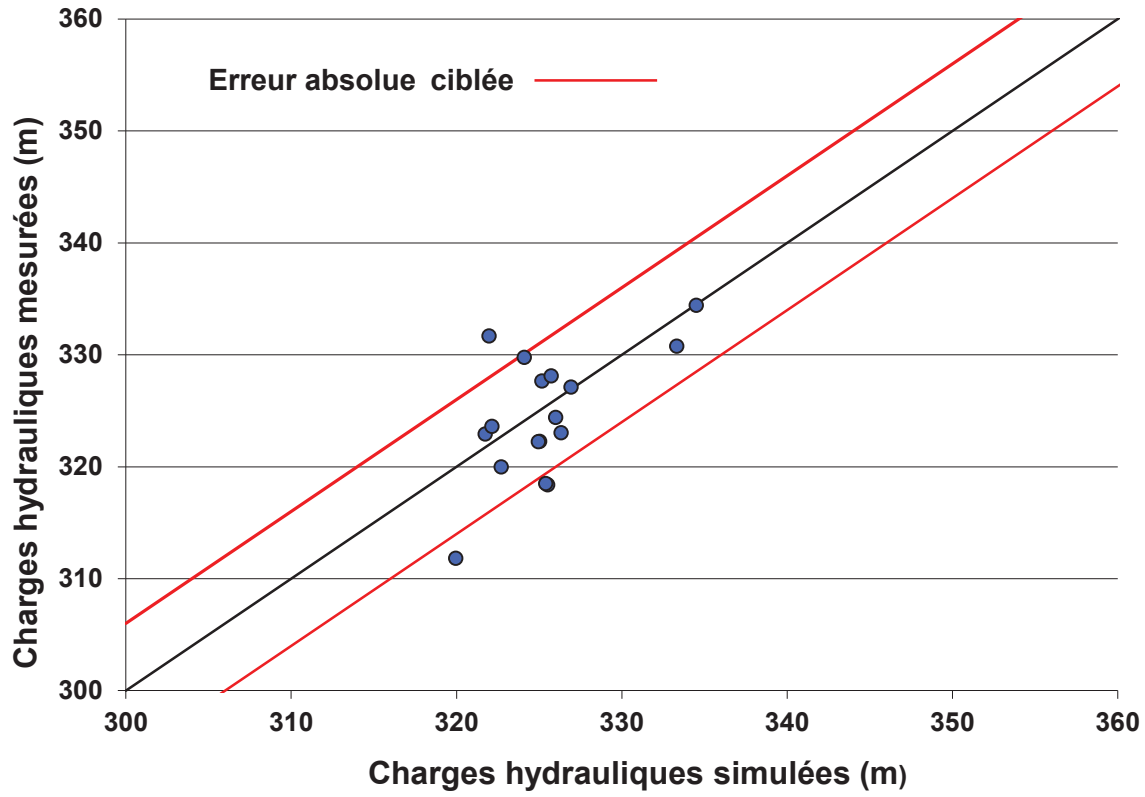


Figure A : Comparaison entre les charges hydrauliques simulées et mesurées – modèle d'écoulement calibré

4.0 SIMULATIONS PRÉDICTIVES

4.1 Scénarios modélisés

À la suite du calage du modèle, des simulations prédictives ont été réalisées pour deux scénarios déjà établis (Golder, 2008) : un premier scénario pessimiste où le roc supérieur (0-50 m) a une conductivité hydraulique plus

élevée (K_{xy} = 9x10^{-6} m/s); et un second scénario réaliste où le roc supérieur (0-50 m) a une conductivité hydraulique plus faible (K_{xy} = 3x10^{-6} m/s). Ces deux scénarios ont été sélectionnés dans le but d'obtenir un intervalle de résultats (un scénario réaliste simulant l'impact probable et un pessimiste simulant l'impact moins probable, mais possible), afin que l'approche de modélisation soit prudente pour l'atteinte des objectifs.

Les paramètres hydrauliques du modèle ont été ajustés afin de représenter les deux scénarios et de simuler deux conditions transitoires connues, soit le pompage dans le puits de la mine Est Malartic en 2006 et 2007, ainsi que le dénoyage des ouvrages souterrains, tel que décrit par Osisko, par le pompage dans le puits de la mine East Malartic en 1979, alors que les mines souterraines étaient complètement développées. Le scénario de conductivité hydraulique plus élevé pour le roc supérieur est cependant jugé pessimiste puisque la valeur de conductivité hydraulique du roc (K_{xy} = 9x10^{-6} m/s) qui a été utilisée est élevée par rapport aux valeurs de conductivités hydrauliques mesurées en moyenne dans le roc peu profond.

La méthodologie générale pour la réalisation des simulations prédictives est similaire à celle de l'étude précédente (Golder, 2008). Le plan de minage de juin 2012 a été utilisé afin de simuler la fosse Canadian Malartic incluant la fosse Gouldie, et ce, à quatre périodes correspondant aux étapes du minage, soit de 0 à 4 ans, de 4 à 8 ans, de 8 à 12 ans et de 12 à 16 ans.

Lors des simulations prédictives, un niveau d'eau à au moins 50 mètres sous la base de la fosse a été imposé pour chacune des périodes simulées. Cette hypothèse est prudente, car elle surestime le rabattement des niveaux des eaux souterraines. Les fosses projetées ont été simulées à l'aide de conditions limites de premier type (charges imposées) et contraintes à un flux sortant du modèle. Ces conditions ont été assignées au pourtour des fosses projetées pour quatre périodes de développement distinctes, soit aux années 3, 7, 11 et 15 de développement. Enfin, l'état piézométrique initial correspond aux conditions de régime permanent, avant l'inclusion de la fosse, obtenues pour les deux scénarios.

Le tableau 2 présente les différentes périodes simulées alors que le tableau 3 présente un sommaire des propriétés hydrauliques assignées à chaque unité hydrostratigraphique pour les deux scénarios simulés.

Tableau 2 : Description des périodes de simulation

Propriétés du modèle	Périodes de simulation			
	0-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12-16 ans
Stade de développement de la fosse Canadian Malartic	Année 3	Année 7	Année 11	Année 15
Stade de développement de la fosse Gouldie	Année 3	Année 4 *	Fosse remplie de stériles	Fosse remplie de stériles
Charges initiales	Simulation initiale avant l'inclusion des fosses, régime permanent	Simulation à 4 ans, régime transitoire	Simulation à 8 ans, régime transitoire	Simulation à 12 ans, régime transitoire

Note : * Le plan de minage utilisé pour la modélisation prévoyait une exploitation de la fosse Gouldie sur 5 ans à partir de la deuxième année sans approfondissement et à partir de la quatrième année d'exploitation selon les informations obtenues auprès d'Osisko. Le plan de minage de 2014 prévoit une exploitation sur 2,5 ans.

Tableau 3 : Propriétés hydrauliques des unités hydrostratigraphiques

Unité	Conductivité hydraulique (m/s)	Anisotropie verticale	Emmagasinement spécifique (1/m)	Porosité de drainage
Roc (0-50 m)	$3x10^{-6}$ (Scénario K_{xy} faible) $9x10^{-6}$ (Scénario K_{xy} élevée)	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (50-100 m)	$1x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (100-300 m)	$1x10^{-8}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (300 m et +)	$1x10^{-9}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Till	$4,8x10^{-7}$	10	$1x10^{-4}$	0,10
Résidus miniers	$3x10^{-6}$	1	$1x10^{-4}$	0,10
Sable	$1x10^{-5}$	10	$1x10^{-4}$	0,10
Esker	$1x10^{-3}$	10	$1x10^{-4}$	0,15
Marécage	$1x10^{-6}$	1	$1x10^{-3}$	0,01
Argile	$1x10^{-8}$	10	$1x10^{-3}$	0,01
Stériles remplissant la fosse Gouldie	$1x10^{-3}$	1	$1x10^{-4}$	0,3

4.2 Résultats

4.2.1 Débit d'exhaure

Le débit d'exhaure estimé par le modèle numérique correspond à l'eau souterraine faisant résurgence dans les parois des fosses projetées et dans les ouvertures souterraines dénoyées. Cette valeur de débit n'inclut donc pas l'eau devant être initialement pompée pour dénoyer les ouvertures souterraines, les précipitations directes et le ruissellement des eaux de précipitation dans la fosse, ainsi que les pertes par évaporation.

Pour le scénario où le roc supérieur est de faible perméabilité, les débits d'exhaure prédits pour la fosse Canadian Malartic projetée sont compris entre 7 000 m^3/j et 9 000 m^3/j, ce qui est similaire aux précédentes prédictions (Golder, 2008). Pour le scénario où le roc supérieur est de forte perméabilité, les débits d'exhaure prédits sont compris entre 13 000 m^3/j et 18 000 m^3/j, ce qui est également similaire aux prédictions obtenues en 2008.

Concernant la fosse Gouldie, le scénario où le roc supérieur est de faible perméabilité prédit des débits d'exhaure compris entre 1 400 m^3/j et 1 500 m^3/j, alors que pour le scénario où le roc supérieur est de forte perméabilité, les débits d'exhaure simulés sont compris entre 4 100 m^3/j et 4 700 m^3/j.

En considérant l'approche prudente de modélisation et les nombreuses hypothèses, ces prédictions des débits d'exhaure doivent être considérées en termes d'ordre de grandeur. Toutefois, l'estimation basée sur le scénario de faible perméabilité du roc supérieur, où les débits d'exhaure varient de 7 000 m^3/j à 9 000 m^3/j pour la fosse Canadian Malartic projetée et de 1 400 m^3/j à 1 500 m^3/j pour la fosse Gouldie, est jugée plus réaliste.

4.2.2 Rabattements des niveaux des eaux souterraines

Les figures 1 à 4 illustrent les rabattements des niveaux des eaux souterraines simulés dans le roc et dans les dépôts meubles à l'année 16, qui correspond à la durée d'exploitation de la fosse Canadian Malartic projetée. Les rabattements à l'année 16 sont illustrés pour les deux scénarios modélisés, soit pour le scénario de faible perméabilité du roc supérieur (figures 1 et 2) et pour le scénario de forte perméabilité du roc supérieur (figures 3 et 4). L'évolution temporelle du rabattement est présentée pour le scénario de faible perméabilité relativement à

un point d'observation localisé au nord de la fosse en direction de Rivière-Héva sur la Route 117, et pour un second point d'observation localisé sur le chemin des Merles (anciennement connu sous le nom de 7e Rang) tel qu'illustré aux figures 1 et 2). En considérant les hypothèses utilisées et la précision du modèle, un rabattement est jugé significatif lorsqu'il excède un mètre dans les dépôts meubles et trois mètres dans le roc. Ainsi, les figures 1 et 3 illustrent les rabattements d'un et de trois mètres simulés dans les dépôts meubles; et les figures 2 et 4, les rabattements de trois et de dix mètres dans le roc.

Ces résultats indiquent que les rabattements significatifs pourraient s'étendre sur d'importantes distances pour chacun des scénarios simulés. En ce qui a trait au scénario le plus prudent de forte perméabilité du roc supérieur, le rabattement dans le roc pourrait atteindre les puits domestiques le long de la Route 117 et du chemin des Merles, tel qu'illustré à la figure 4. Ce scénario plus prudent indique également que certains puits d'approvisionnement de la ville de Malartic pourraient être affectés par le rabattement des eaux souterraines dans les dépôts meubles et dans le roc, tel qu'illustré aux figures 3 et 4. Toutefois, l'impact au puits d'approvisonnement de la ville le plus éloigné (PP-7) est modéré. De plus, le scénario de faible perméabilité du roc supérieur, jugé plus réaliste, indique des impacts faibles aux puits domestiques et aux puits d'approvisionnement de la ville de Malartic (figures 1 et 2).

Les graphiques de l'évolution temporelle du rabattement simulé pour le point d'observation localisé sur la Route 117 au nord de la fosse Canadian Malartic projetée (figures 1 et 2) indiquent qu'une période d'environ un an, suivant le début de l'exploitation, serait nécessaire avant d'atteindre 1 m de rabattement dans les dépôts meubles, et 4 ans avant d'atteindre 3 m de rabattement au roc. De même, pour le point d'observation localisé sur le chemin des Merles, une période de 10 ans serait nécessaire avant d'atteindre 1 m de rabattement dans les dépôts meubles tandis que le seuil de 3 m de rabattement au roc ne serait jamais atteint dans la période simulée.

La comparaison des cônes de rabattement obtenus pour chacun des scénarios avec les résultats du modèle précédent (Golder, 2008) indique que les rabattements obtenus dans le cadre de cette étude sont légèrement plus étendus. Cette différence est principalement attribuable à l'agrandissement de la fosse vers le secteur Barnat et, dans une moindre mesure, au développement de la fosse Gouldie.

5.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Les travaux de modélisation numérique réalisés visaient notamment à évaluer les débits d'exhaure ainsi que les impacts potentiels sur les niveaux des eaux souterraines de la Mine. Une mise à jour du modèle hydrogéologique a été réalisée pour inclure l'agrandissement de la fosse Canadian Malartic ainsi que le développement de la fosse Gouldie, selon le plan de minage de juin 2012.

À la suite de la mise à jour du modèle hydrogéologique, les conclusions et les recommandations présentées dans l'étude précédente (Golder, 2008) sont toujours valides. Les conclusions portant spécifiquement sur les résultats des simulations numériques prédictives à la suite de la mise à jour du modèle numérique sont les suivantes :

- Selon l'estimation, les débits d'exhaure pour le scénario réaliste varient de 7 000 m^3/j à 9 000 m^3/j pour la fosse Canadian Malartic projetée et de 1 400 m^3/j à 1 500 m^3/j pour la fosse Gouldie. Pour le scénario pessimiste, ces débits pourraient atteindre 18 000 m^3/j pour la Mine et 4 700 m^3/j pour la fosse Gouldie;

- La zone de rabattement significatif potentiel des niveaux des eaux souterraines pourrait s'étendre sur d'importantes distances selon les scénarios simulés. Le scénario réaliste indique des impacts faibles aux puits d'alimentation, alors que le scénario pessimiste indique des impacts potentiels à certains puits domestiques et à certains puits de la ville de Malartic. Toutefois, l'impact au puits de la ville le plus éloigné (PP-7) demeure modéré pour le scénario pessimiste.

En considérant les changements proposés au plan de minage en 2013 et en 2014, les conclusions de cette évaluation sont toujours valides. Les débits d'exhaure de la fosse Canadian Malartic projetée et de la fosse Gouldie seront similaires à ceux du plan de minage de 2012. L'évaluation des impacts liés au rabattement significatif potentiel des niveaux d'eau souterraine sera également similaire à celle du plan de minage de 2012 et peu influencée par la nouvelle fosse Jeffrey.

Les recommandations à la suite de la mise à jour du modèle numérique et de la réalisation des simulations prédictives sont les suivantes :

- Le plan de contingence relatif à l'approvisionnement en eau de la ville de Malartic devrait être maintenu. À ce titre, l'implantation d'un nouveau puits d'approvisionnement en eau pour la ville de Malartic a été complétée en 2010. Ce nouveau puits a été aménagé dans le même esker que les puits d'approvisionnement existants, mais à une plus grande distance du projet;
- Certains puits domestiques (le long du chemin des Merles et le long de la Route 117 au nord de la ville de Malartic) pourraient voir leur débit de production affecté à la baisse par le dénoyage de la Mine. Une contingence devra être prévue à cet effet, notamment pour l'implantation de puits domestiques plus profonds. Un inventaire des puits domestiques dans le secteur du chemin des Merles et le long de la Route 117 est en cours de réalisation afin de documenter les caractéristiques des puits (profondeur, diamètre, type d'aquifère, etc);
- En considérant que les prédictions du modèle présentent une estimation prudente du rabattement des eaux souterraines, il est recommandé de poursuivre le suivi en continu des niveaux d'eau souterraine, tel que réalisé par la Mine depuis 2008, afin de valider ces prédictions et de prévenir une perte d'usage de la ressource en eau, le cas échéant.

6.0 LIMITATIONS

Les conditions générales ainsi que les limitations de la présente étude sont jointes à la fin de ce mémo.

Veuillez agréer, Monsieur Cimon, l'expression de nos sentiments distingués.

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE

Alexandre Boutin, ing., M.Sc.
Hydrogéologue

Pierre Groleau, ing., M.Sc.
Hydrogéologue, associé principal

PG/AB/ch/tca

\\golder.gds\gal\montreal\actif\2012\1221\12-1221-0025 osisko-modélisation-malartic\5 préparation livrables\2000_modèle rabattement\rev4\002-12-1221-0025-2000-mtf-rev4.docx

p.j. Figure 1 Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans les dépôts meubles à l'année 16 – Scénario faible perméabilité du roc supérieur

Figure 2 Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans le roc supérieur à l'année 16 – Scénario faible perméabilité du roc supérieur

Figure 3 Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans les dépôts meubles à l'année 16 – Scénario forte perméabilité du roc supérieur

Figure 4 Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans le roc à l'année 16 – Scénario forte perméabilité du roc supérieur

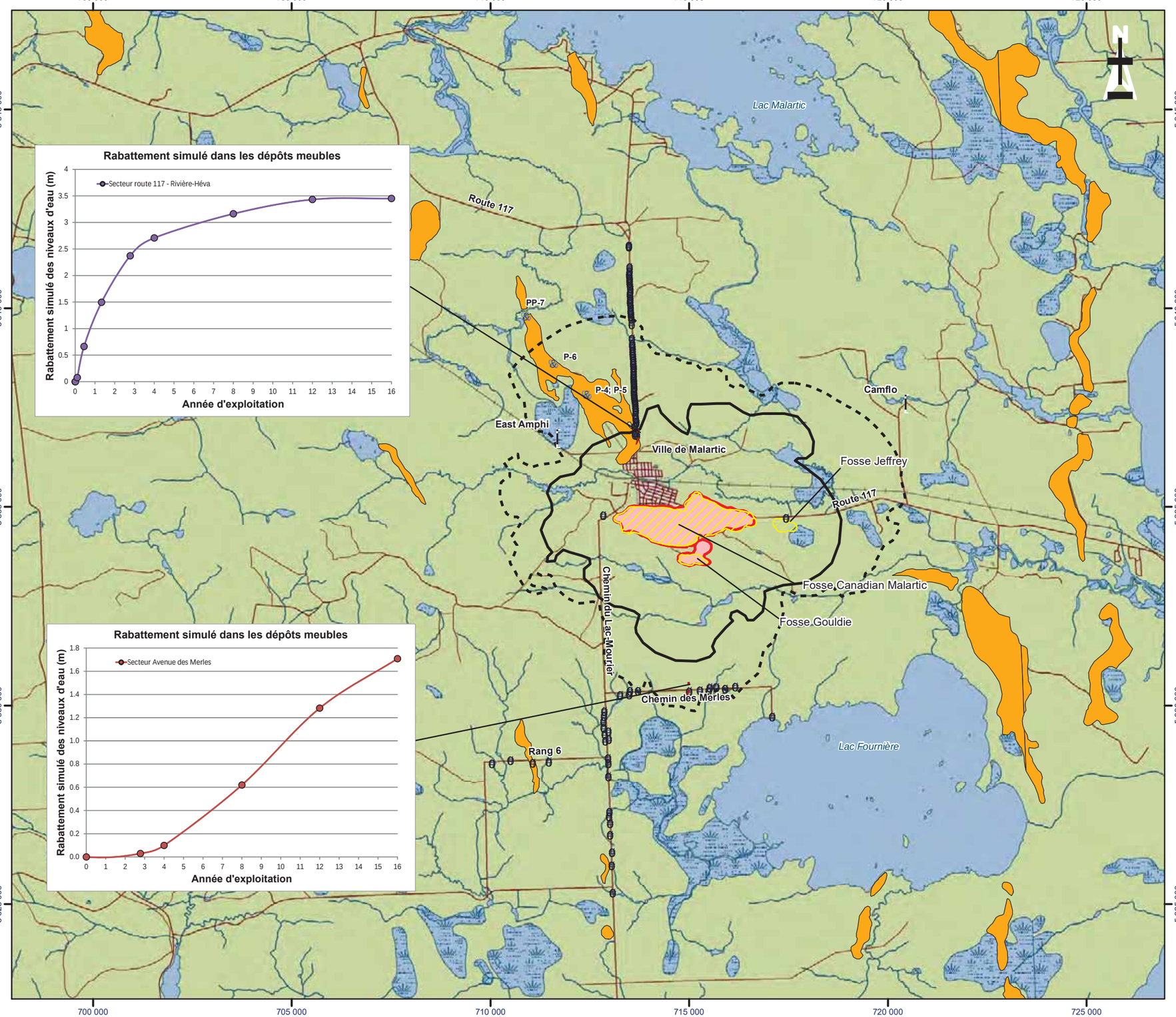
Conditions générales et limitations

RÉFÉRENCES

Golder Associés Ltée, 2008. *Évaluation du débit d'exhaure et des impacts potentiels sur les niveaux des eaux souterraines, Osisko Exploration Malartic, Québec, Canada*. No réf. : 07-1221-0028-2400.

Golder Associés Ltée, 2012. *Suivi des eaux souterraines 2011 - Mine Canadian Malartic*. No. réf. :003-10-1221-0107-4001.

Osisko, 2012. Transmission du plan de minage par courriel le 8 juin 2012.



LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic
- Puits domestique (Genivar, 2008)
- Routes
- Voie ferrée
- Milieu humide
- Hydrographie
- Eskers
- Fosses modélisées
- Fosses projetées
- Rabattement (1 m) simulé à l'année 16
- Rabattement (3 m) simulé à l'année 16
- Points d'observation de l'évolution temporelle des rabattements simulés

0 1 250 2 500 5 000 Mètres

1:100 000

CONFIDENTIEL

RÉFÉRENCE

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17

Sources: Données vectorielles de la BNDT à l'échelle 1 : 50 000

Veillette, 2003. Les cartes de formations en surface de l'Abitibi, Québec. Commission géologique du Canada, Dossier public 1523

PROJET

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)

TITRE

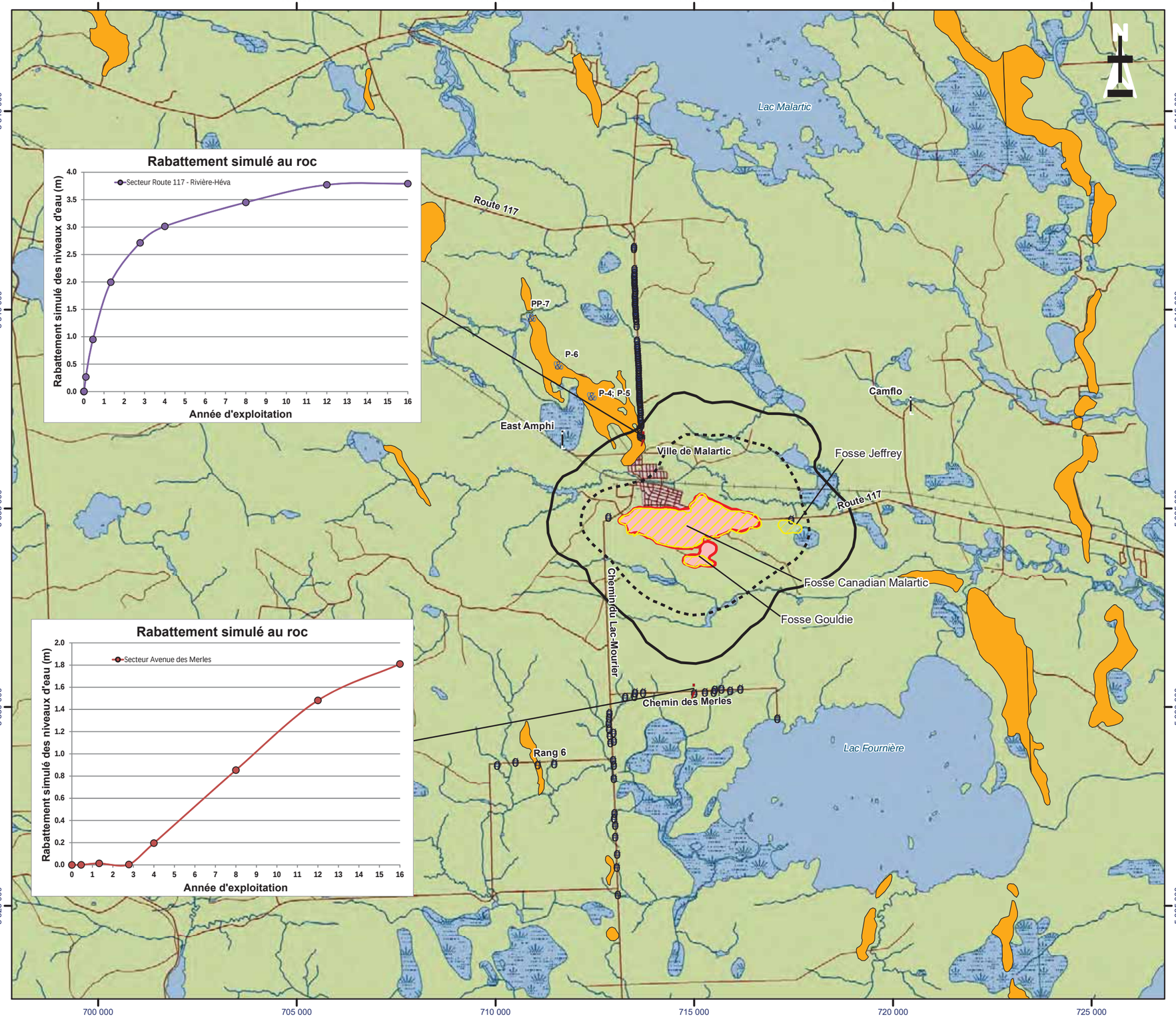
Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans les dépôts meubles à l'année 16 - Scénario faible perméabilité du roc supérieur

Golder Associés
Montréal, Québec

PROJET No.12-1221-0025-2000			Échelle respective	REV. 4
GIS	RG	12 Août 2013		
Conception	MNR	12 Août 2013		
Vérification	AB	12 Août 2013		
Révision	PG	12 Août 2013		

FIGURE 1

N:\Actif\2012\1221\12-1221-0025 Osisko-Modélisation-Malartic\4 CAD-GIS\SIG\2000 Modèle Rabattement\Figure 1 -DM_Scenario_LK_16ans_2012_20140214.mxd



LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic
- Puits domestique (Genivar, 2008)
- Routes
- Voie ferrée
- Milieu humide
- Hydrographie
- Eskers
- Fosses modélisées
- Fosses projetées
- Rabattement (3 m) simulé à l'année 16
- Rabattement (10 m) simulé à l'année 16
- Points d'observation de l'évolution temporelle des rabattements simulés

0 1 250 2 500 5 000 Mètres

1:100 000

CONFIDENTIEL

RÉFÉRENCE

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17

Source: Données vectorielles de la BNDT à l'échelle 1 : 50 000

Veillette, 2003. Les cartes de formations en surface de l'Abitibi, Québec. Commission géologique du Canada, Dossier public 1523

PROJET

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)

TITRE

Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans le roc à l'année 16 Scénario faible perméabilité du roc supérieur

Golder Associés
Montréal, Québec

PROJET No. 12-1221-0025-2000			Échelle respective	REV. 4
GIS	RG	12 Août 2013		
Conception	MNR	12 Août 2013		
Vérification	AB	12 Août 2013		
Révision	PG	12 Août 2013		

FIGURE 2

N:\Actif\2012\1221\12-1221-0025 Osisko-Modélisation-Malartic\4 CAD-GIS\SIG\2000 Modèle Rabattement\Figure 2 -Roc_Scenario_LK_16ans_2012_20140214.mxd

700 000 705 000 710 000 715 000 720 000 725 000

5 345 000 5 340 000 5 335 000 5 330 000 5 325 000

Lac Malartic

Route 117

PP-7

P-6

P-4; P-5

East Amphi

Ville de Malartic

Camflo

Fosse Jeffrey

Fosse Canadian Malartic

Fosse Gouldie

Chemin du Lac-Mourier

Chemin des Merles

Rang 6

Lac Fournière

N

LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic
- Puits domestique (Genivar, 2008)
- Routes
- Voie ferrée
- Milieu humide
- Hydrographie
- Eskers
- Fosses modélisées
- Fosses projetées
- Rabattement (1 m) simulé à l'année 16
- Rabattement (3 m) simulé à l'année 16

0 1 250 2 500 5 000 Mètres

1:100 000

CONFIDENTIEL

RÉFÉRENCE

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17

Sources: Données vectorielles de la BNDT à l'échelle 1 : 50 000

Veillette, 2003. Les cartes de formations en surface de l'Abitibi, Québec. Commission géologique du Canada, Dossier public 1523

PROJET

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)

TITRE

Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans les dépôts meubles à l'année 16 - Scénario forte perméabilité du roc supérieur

Golder Associés
Montréal, Québec

PROJET No. 12-1221-0025-2000			Échelle respective	REV. 4
GIS	RG	10 sept 2012		
Conception	MNR	10 sept 2012		
Vérification	AB	10 sept 2012		
Révision	PG	10 sept 2012		

FIGURE 3

N:\Actif\2012\1221\12-1221-0025 Osisko-Modélisation-Malartic\4 CAD-GIS\SIG\2000 Modèle Rabattement\Figure 3 -DM_Scenario_HK_16ans_2012_20140214.mxd

700 000 705 000 710 000 715 000 720 000 725 000

5 345 000 5 340 000 5 335 000 5 330 000 5 325 000

Lac Malartic

Route 117

PP-7

P-6

P-4; P-5

East Amphi

Camflo

Ville de Malartic

Fosse jeffrey

Fosse Canadian Malartic

Fosse Gouldie

Chemin du Lac-Mourier

Chemin des Merles

Rang 6

Lac Fournière

N

LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic
- Puits domestique (Genivar, 2008)
- Routes
- Voie ferrée
- Milieu humide
- Hydrographie
- Eskers
- Fosses modélisées
- Fosses projetées
- Rabattement (3 m) simulé à l'année 16
- Rabattement (10 m) simulé à l'année 16

0 1 250 2 500 5 000 Mètres

1:100 000

CONFIDENTIEL

RÉFÉRENCE

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17

Sources: Données vectorielles de la BNDT à l'échelle 1 : 50 000

Veillette, 2003. Les cartes de formations en surface de l'Abitibi, Québec. Commission géologique du Canada, Dossier public 1523

PROJET

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)

TITRE

Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans le roc à l'année 16
Scénario forte perméabilité du roc supérieur

Golder Associés
Montréal, Québec

PROJET No. 12-1221-0025-2000			Échelle respective	REV. 4
GIS	RG	10 sept 2012		
Conception	MNR	10 sept 2012		
Vérification	AB	10 sept 2012		
Révision	PG	10 sept 2012		

FIGURE 4

N:\Actif\2012\1221\12-1221-0025 Osisko-Modélisation-Malartic\4 CAD-GIS\GIS\2000 Modèle Rabattement\Figure 4 -Roc_Scenario_HK_16ans_2012_20140214.mxd

CONDITIONS GÉNÉRALES ET LIMITATIONS
RAPPORT DE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE

UTILISATION DU RAPPORT ET DE SON CONTENU

Ce rapport a été préparé pour l'usage exclusif du Client ou de ses agents. Les données factuelles, les interprétations, les commentaires, les recommandations et les fichiers électroniques qu'il contient sont spécifiques à l'étude qu'il couvre et ne s'appliquent à aucun autre projet ou autre site. Ces informations ne doivent en aucun cas être utilisées à d'autres fins que celles spécifiées aux objectifs du mandat à moins que cela ne soit clairement indiqué dans le texte de ce rapport ou formellement autorisé par Golder. Ce rapport doit être lu dans son ensemble, puisque des sections pourraient être faussement interprétées lorsque prises individuellement ou hors contexte. Par ailleurs, le texte de la version finale de ce rapport prévaut sur tout autre texte, opinion ou version préliminaire émis par Golder.

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

Les références aux lois et règlements contenues dans ce rapport sont fournies à titre indicatif, sur une base technique. Comme les lois et règlements sont sujets à interprétation, Golder recommande au Client de consulter ses conseillers juridiques afin d'obtenir les avis appropriés.

MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE

Un modèle numérique utilise des lois scientifiques et des hypothèses dictées par le jugement professionnel pour intégrer les données disponibles à l'intérieur d'une représentation mathématique conceptualisant les caractéristiques essentielles d'un système hydrogéologique existant. Bien qu'un modèle numérique ne puisse représenter toute la réalité détaillée d'un système hydrogéologique existant, un modèle numérique valide est un outil capable d'en simuler de façon raisonnable le comportement sous diverses contraintes et conditions. La validité du modèle ainsi que sa précision dépendent de la quantité, de la qualité et de la distribution des données disponibles de même que de la complexité du contexte géologique, la géochimie du milieu et la nature des composés dissous. Ainsi, chaque modélisation hydrogéologique est une simplification d'un système réel et les résultats obtenus doivent donc être interprétés et utilisés avec précaution et discernement. Le modèle décrit dans ce rapport ne fait pas exception.

Les travaux de modélisation hydrogéologique effectués par Golder et décrits dans ce rapport furent réalisés conformément aux règles et pratiques professionnelles reconnues et acceptées au moment de leur réalisation. À moins d'avis contraire, les résultats de travaux antérieurs ou simultanés, provenant d'autres sources que Golder, cités et/ou utilisés dans ce rapport furent considérés comme ayant été obtenus en respectant les règles et pratiques professionnelles reconnues et acceptées et, conséquemment, comme étant valides. Ce modèle constitue un outil scientifique de prédiction permettant d'évaluer les impacts de modifications imposées à un système hydrogéologique existant et/ou permettant de comparer divers scénarios dans le cadre d'un processus décisionnel. Cependant, la précision du modèle demeure liée à l'incertitude normale inhérente aux travaux de modélisation hydrogéologique et, même si une attention professionnelle a été apportée lors de sa construction et des simulations, aucune garantie directe ou indirecte n'est donnée.

ANNEXE-B

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-002-12-1221-0025-2000-MTF-Rev4

GOLDER

CONFIDENTIEL

MEMORANDUM TECHNIQUE

DATE 2 octobre 2019 **N° de référence GAL012-1776338-MTF-Rev4**

À Richard Harrisson, Directeur Évaluation de projets
Mine Canadian Malartic:

C.C Stéphanie Lafrenière, Coordonnatrice Développement durable

DE Pierre Groleau Adresse courriel **pgroleau@golder.com**

ÉVALUATION DES DÉBITS D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES DU PROJET ODYSSEY, MALARTIC (QUÉBEC)

1.0 INTRODUCTION

1.1 Mise en contexte

Dans le cadre du projet Odyssey, le partenariat Canadian Malartic (CMPG) projette d'exploiter par mine souterraine l'extension des zones minéralisées actuellement exploitées par mine à ciel ouvert. Ainsi, la continuité des zones East Malartic, Sladen, Barnat, Sheehan et Jeffrey serait exploitée au moyen de galeries souterraines situées à proximité de la mine Canadian Malartic (MCM). Ce projet nécessitera, entre autres installations, l'aménagement d'un puits et de rampes afin d'accéder au gisement.

La figure A (après le texte) illustre la position du gisement et des principales infrastructures de surface projetées pour Odyssey. Pour plus de clarté, les zones minéralisées sont regroupées selon trois zones (East Malartic, Nord et Sud).

Dans le cadre d'une demande de modification de décret pour le projet Odyssey, Golder Associés Ltée (Golder) a été mandatée pour effectuer une évaluation des débits d'exhaure et des impacts potentiels sur les niveaux des eaux souterraines du projet.

1.2 Localisation du projet Odyssey

La propriété de MCM est entièrement située dans le Canton de Fournière, au sud de la ville de Malartic et à environ 25 km à l'ouest de la ville de Val-d'Or. La figure A présente une vue d'ensemble des principales infrastructures du projet Odyssey. Il est à noter que l'empreinte du projet Odyssey est entièrement située à l'intérieur du secteur du projet Extension Canadian Malartic (l'Extension), lequel a été approuvé par décret au début de 2017.

1.3 Objectifs de l'étude

L'étude comprend les objectifs suivants :

1) Mettre à jour le modèle numérique d'écoulement d'eau souterraine développé pour MCM en 2008 en introduisant les développements souterrains du projet Odyssey.

2) À l'aide du modèle numérique mis à jour, réaliser des simulations prédictives afin d'évaluer :

Golder Associés Ltée
7250, rue du Mile End, 3e étage Montréal (Québec) H2R 3A4 Canada T: +1 514 383 0990 +1 514 383 5332

Golder et le concept G sur son logo sont des marques de commerce de Golder Associates Corporation

i) les débits d'exhaure pour le dénoyage des développements souterrains du projet;

ii) le rabattement maximal anticipé des niveaux d'eau souterraine lié à l'ensemble des activités de dénoyage de MCM.

3) Décrire la gestion proposée des eaux d'exhaure du projet.

4) Évaluer les impacts potentiels des infrastructures existantes de MCM sur la qualité des eaux d'exhaure du projet Odyssey.

Il est à noter que les prédictions du modèle hydrogéologique ont été réalisées en utilisant des hypothèses prudentes pour évaluer les impacts potentiels du projet. Ainsi, les prédictions des débits d'exhaure et du rabattement des niveaux d'eau souterraine présentent une estimation des valeurs maximales anticipées.

Les sections suivantes présentent les ajustements apportés au modèle hydrogéologique de 2008 et revue en 2015, le calage du modèle sur les données réelles, les simulations prédictives et les résultats obtenus. La gestion proposée des eaux d'exhaure et l'évaluation des impacts potentiels des infrastructures existantes de MCM sur la qualité des eaux d'exhaure du projet Odyssey sont également présentées.

2.0 AJUSTEMENTS APPORTÉS AU MODÈLE HYDROGÉOLOGIQUE

Les principaux ajustements apportés au modèle hydrogéologique (par rapport au modèle original basé sur le projet Canadian Malartic en 2008 et revu en 2015 dans le cadre de l'Extension de MCM, voir l'annexe 1) concernent l'intégration des développements souterrains du projet Odyssey et l'ajustement de certains paramètres du modèle. Ces derniers ajustements ont été effectués afin de réaliser une prédiction plus réaliste des rabattements qui sont observés dans le cadre des opérations.

Les modifications effectuées au plan de minage intégré dans le modèle hydrogéologique sont les suivantes :

- Dénoyage des galeries historiques jusqu'à une profondeur de 900 m, soit l'élévation -590m, environ 50 m sous l'ouverture la plus basse du projet Odyssey;
- Intégration du projet Odyssey selon le plan de minage fourni par MCM en décembre 2018.

Le tableau 1 présente la paramétrisation actualisée du modèle hydrogéologique afin de mieux simuler les rabattements observés en 2018 dans le cadre du programme de surveillance des eaux souterraines. Les modifications faites à la paramétrisation du modèle sont les suivantes :

- Diminution de la conductivité hydraulique du roc supérieur (0-50 m) de 3×10^{-6} m/s à 4×10^{-7} m/s;
- Augmentation de la conductivité hydraulique du roc profond (plus de 300 m) de 1×10^{-9} m/s à 5×10^{-9} m/s;
- Baisse du taux de recharge sur les unités de sable, de till, d'argile et de roc supérieur.

Tableau 1 : Propriétés hydrauliques des unités hydrostratigraphiques

Unité	Modèle original		Modèle mis à jour	
	Conductivité hydraulique (m/s)	Recharge (mm/an)	Conductivité hydraulique (m/s)	Recharge (mm/an)
Esker	1×10^{-3}	300	1×10^{-3}	300
Sable	1×10^{-5}	200	1×10^{-5}	50
Till	$4{,}8 \times 10^{-7}$	75	$4{,}8 \times 10^{-7}$	20
Argile	1×10^{-8}	5	1×10^{-8}	2
Roc supérieur (0-50m)	3×10^{-6}	75	4×10^{-7}	10
Roc intermédiaire (50-100 m)	1×10^{-7}	-	1×10^{-7}	-
Roc intermédiaire (100-300 m)	1×10^{-8}	-	1×10^{-8}	-
Roc profond (plus de 300 m)	1×10^{-9}	-	5×10^{-9}	-

Note : les cellules en grisé indiquent les changements

3.0 CALAGE DU MODÈLE NUMÉRIQUE

Le calage d'un modèle numérique est une démarche visant à démontrer la capacité du modèle à reproduire des données réelles acquises sur le terrain, notamment des charges hydrauliques et des flux volumétriques comme des débits d'exhaure. Le modèle a été calé en régime permanent en utilisant comme valeurs cibles les niveaux d'eau souterraine mesurés en mars 2008. Les mesures de 2008 sont jugées représentatives des conditions pré-développements de MCM. Une vérification a également été effectuée en condition dynamique afin de s'assurer que le modèle peut reproduire le pompage dans le puits de l'ancienne mine East Malartic en 1979, alors que les mines souterraines étaient complètement développées, ainsi que la zone de rabattement de la nappe d'eau souterraine causé par le dénoyage de la fosse Canadian Malartic en 2018. La figure 1 illustre l'ajustement entre les charges hydrauliques mesurées et simulées pour le modèle d'écoulement calé.

En régime permanent en condition pré-développement de MCM, le modèle initial a été jugé calibré lorsque l'erreur quadratique normalisée devenait inférieure à 10 % de la variation totale des niveaux d'eau observés à l'intérieur du domaine modélisé qui est de 55 m (350 m au Lac Milhaut - 295 m au Lac Malartic). La racine de l'erreur quadratique moyenne (RMS) est de 5,4 m, soit 9,8 % (NRMS) par rapport à la différence entre les charges hydrauliques minimales et maximales observées à l'intérieur du domaine modélisé. Sur la figure 1, les lignes bleues illustrent l'erreur moyenne absolue et les lignes rouges l'erreur quadratique moyenne.

Le débit d'exhaure historique de la mine East-Malartic en 1979 serait de l'ordre de 750 GPM(UK), soit environ 4 900 m³/jour lorsque cette mine était complètement dénoyée (Osisko, communication verbale). À titre indicatif, le

débit d'exhaure obtenu avec le modèle hydrogéologique en régime permanent lorsque les ouvertures historiques sont toutes dénoyées est de 5 500 m³/jour ce qui représente bien le débit historique.

Une vérification a été faite afin de comparer le rabattement simulé de la nappe d'eau souterraine du roc supérieur avec la zone de rabattement établie à partir des données de suivi piézométrique en 2018 (figure B, après le texte). La même comparaison a également été faite avec la zone de rabattement obtenue avec la version précédente du modèle. La figure B montre que l'étendue de la zone de rabattement de la nappe phréatique simulée avec le modèle mis à jour s'étend au-delà de la zone définie à partir des données du suivi piézométrique. L'étendue de la zone de rabattement de la nappe d'eau souterraine simulée avec le modèle mis à jour est toutefois moindre par rapport au résultat obtenu avec la version précédente du modèle. Les prédictions de rabattement de la nappe d'eau souterraine faites avec le modèle mis à jour se rapprochent donc plus des observations piézométriques, mais demeurent surestimées par rapport à la réalité, ce qui signifie que les résultats obtenus avec le modèle mis à jour sont jugés prudents et permettent d'atteindre les objectifs de l'étude.

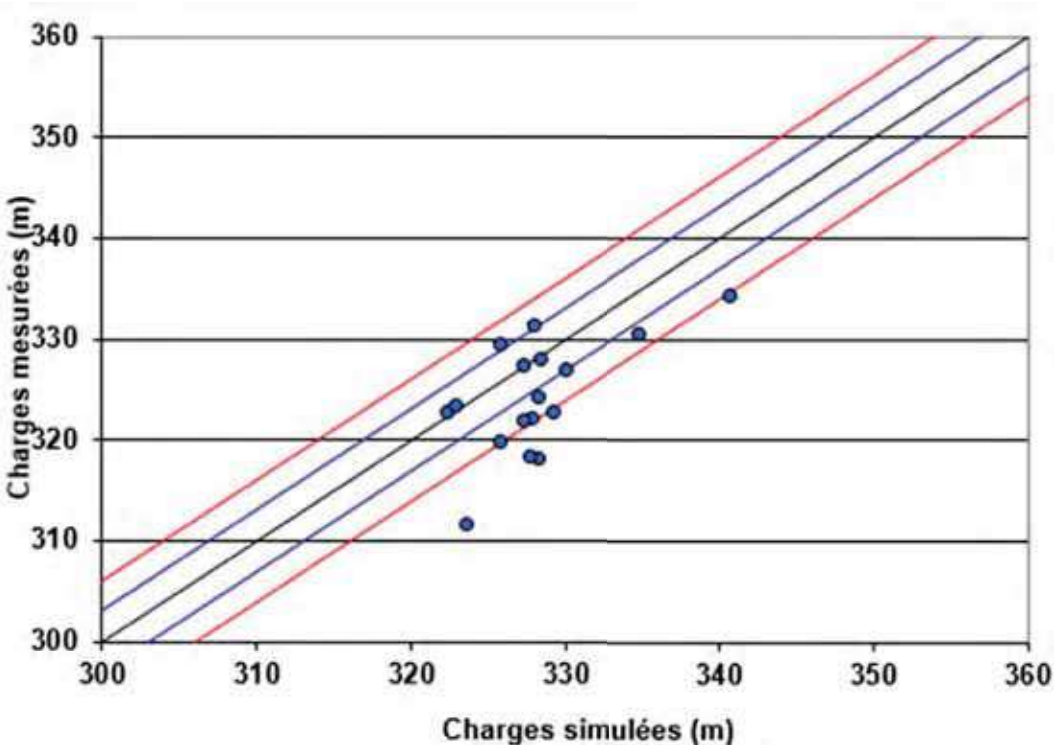


Figure 1 : Comparaison entre les charges hydrauliques simulées et mesurées en 2008 en condition pré-développement de MCM

4.0 SIMULATIONS PRÉDICTIVES

4.1 Scénarios modélisés

À la suite du calage du modèle, des simulations prédictives ont été réalisées selon trois scénarios, soit :

- **Scénario Réaliste** dont la paramétrisation (tableau 2) correspond au modèle calibré;
- **Scénario Réaliste avec effet des ouvertures historiques** sur la conductivité hydraulique verticale du roc au droit des ouvertures souterraines historiques. Pour ce scénario, la paramétrisation est la même que le scénario Réaliste (tableau 2) à l'exception de la conductivité hydraulique verticale du roc qui a été augmentée de deux ordres de grandeur sur toute l'épaisseur du roc au-dessus de toutes les ouvertures historiques afin de représenter la possible augmentation de la conductivité hydraulique du roc dans le secteur de ces ouvertures;
- **Scénario Prudent** dont la paramétrisation (tableau 3) correspond au modèle de l'Extension de MCM.

Tableau 2 : Propriétés hydrauliques des unités hydrostratigraphiques – Scénario Réaliste

Unité	Conductivité hydraulique, Kx (m/s)	Anisotropie verticale (Kx/Kz)	Emmagasinement spécifique (1/m)	Porosité de drainage
Roc (0-50 m)	4×10^{-7}	10	1×10^{-5}	0,01
Roc (50-100 m)	1×10^{-7}	10	1×10^{-5}	0,01
Roc (100-300 m)	1×10^{-8}	10	1×10^{-5}	0,01
Roc (plus de 300 m)	5×10^{-9}	10	1×10^{-5}	0,01
Till	$4,8 \times 10^{-7}$	10	1×10^{-4}	0,10
Résidus miniers	3×10^{-6}	1	1×10^{-4}	0,10
Sable	1×10^{-5}	10	1×10^{-4}	0,10
Esker	1×10^{-3}	10	1×10^{-4}	0,15
Marécage	1×10^{-6}	1	1×10^{-3}	0,01
Argile	1×10^{-8}	10	1×10^{-3}	0,01
Stériles remplissant la fosse Gouldie	1×10^{-3}	1	1×10^{-4}	0,30

Tableau 3 : Propriétés hydrauliques des unités hydrostratigraphiques – Scénario Prudent

Unité	Conductivité hydraulique, Kx (m/s)	Anisotropie verticale (Kx/Kz)	Emmagasinement spécifique (1/m)	Porosité de drainage
Roc (0-50 m)	3×10^{-6}	10	1×10^{-5}	0,01
Roc (50-100 m)	1×10^{-7}	10	1×10^{-5}	0,01
Roc (100-300 m)	1×10^{-8}	10	1×10^{-5}	0,01
Roc (plus de 300 m)	5×10^{-9}	10	1×10^{-5}	0,01
Till	$4,8 \times 10^{-7}$	10	1×10^{-4}	0,10
Résidus miniers	3×10^{-6}	1	1×10^{-4}	0,10
Sable	1×10^{-5}	10	1×10^{-4}	0,10
Esker	1×10^{-3}	10	1×10^{-4}	0,15
Marécage	1×10^{-6}	1	1×10^{-3}	0,01
Argile	1×10^{-8}	10	1×10^{-3}	0,01
Stériles remplissant la fosse Gouldie	1×10^{-3}	1	1×10^{-4}	0,30

Note : la cellule en grisé indique le changement par rapport au scénario Réaliste

Ces trois scénarios ont été sélectionnés dans le but d'obtenir un intervalle de résultats, afin que l'approche de modélisation soit prudente pour l'atteinte des objectifs.

Les simulations ont été effectuées selon la chronologie d'exploitation suivante, en considérant que le « temps zéro » correspond au début de l'exploitation de la fosse Canadian Malartic en 2011 :

- 0-8 ans (de 2011 à 2019) : développement des fosses Canadian Malartic et Gouldie;
- 8-11 ans (de 2019 à 2022) : dénoyage des ouvertures souterraines existantes jusqu'à 600 m de profondeur et début du projet Odyssey;
- 11-22 ans (de 2022 à 2034) : dénoyage des ouvertures souterraines existantes jusqu'à 900 m de profondeur et poursuite du projet Odyssey. L'exploitation de l'extension de la fosse Canadian Malartic (secteur Barnat) se termine à la 16^{e} année (2027). Celle-ci demeurera dénoyée jusqu'à la fin du projet Odyssey alors que la fosse Canadian Malartic sera en partie remblayée par des résidus miniers et des stériles.

Le plan de minage d'août 2018 a été utilisé afin de simuler les fosses Canadian Malartic, Gouldie, l'extension de la fosse Canadian Malartic (Barnat) et Jeffrey (les fosses de MCM). Le plan de minage de décembre 2018 du projet Odyssey a été intégré dans le modèle. Finalement, la géométrie des ouvertures historiques provient de fichiers fournis par MCM en août 2018.

Le dénoyage des fosses et des galeries souterraines a été simulé à l'aide de conditions limites de type face de suintement, c'est-à-dire des conditions limites pour lesquelles la charge constante assignée est égale à l'élévation du niveau excavé (h = z). Une contrainte a été assignée à ces conditions limites afin que celles-ci n'injectent pas d'eau dans le modèle lorsque l'élévation simulée de la nappe devient inférieure à celle du nœud sur lesquelles elles sont assignées. Enfin, l'état piézométrique initial correspond aux conditions de régime permanent, avant le début de l'exploitation de MCM, obtenues pour les trois scénarios.

4.2 Résultats

4.2.1 Débit d'infiltration d'eau souterraine (débit d'exhaure)

Les débits d'infiltration d'eau souterraine futurs ont été prédits avec le modèle de l'année 8 à 22 (de 2019 à 2034) pour les fosses, le projet Odyssey et les ouvertures minières historiques dénoyées. Le débit d'infiltration d'eau souterraine calculé par le modèle numérique correspond à l'eau souterraine faisant résurgence dans les parois des fosses et dans les ouvertures souterraines dénoyées. Il s'agit donc d'une partie du débit d'exhaure, car cette valeur de débit n'inclut pas les précipitations directes et le ruissellement des eaux de précipitation dans les fosses ainsi que les pertes par évaporation. De plus, les valeurs de débit pour les ouvertures historiques représentent les venues d'eau en provenance du massif rocheux une fois ces galeries complètement dénoyées.

Les débits d'infiltration d'eau souterraine calculés pour le scénario Réaliste et le scénario Réaliste avec effets des ouvertures historiques sont présentés aux tableaux 4 et 5. Les valeurs de débit d'infiltration d'eau souterraine présentées dans ces deux tableaux sont celles obtenues à la suite de la mise à jour du modèle hydrogéologique et sont celles attendues dans les fosses et les ouvertures souterraines. Les valeurs de débit d'infiltration d'eau souterraine obtenues pour le scénario Prudent sont présentées au tableau 6. Ces tableaux présentent également les minimums et maximums des débits pour le projet Odyssey, pour les trois zones combinées (uniquement les zones East-Malartic, Nord et Sud).

Il est à noter que la contribution des ouvertures souterraines historiques à l'ensemble des débits d'infiltration d'eau souterraine est significative. Elle représente en moyenne 58 % des débits pour les scénarios Réaliste et Réaliste avec effets des ouvertures historiques. Pour le scénario Prudent, elle est moindre (moyenne de 36 %), car ce scénario génère plus d'infiltrations dans le roc supérieur, et donc dans les fosses.

Tableau 4 : Débit d'infiltration d'eau souterraine (m^3/jour) – Scénario Réaliste

Période	Fosses	Recharge ouvertures souterraines historiques	Odyssey, zone East-Malartic	Odyssey, zones Nord et Sud	Total
8-11 ans (de 2019 à 2022)	1 700 – 2 400	4 800 – 5 200	600 – 1 200	700 – 800	7 800 – 9 600
11-16 ans (de 2022 à 2027)	1 700 – 1 800	4 900 – 5 300	1 000 – 1 200	850 – 1 100	8 450 – 9 400
16-22 ans (de 2027 à 2034)	500 – 600	3 250 – 4 500	1 100 – 1 950	700 – 850	5 550 – 7 900
Minimum du projet Odyssey (période)			1 300 (2019 à 2022)		
Maximum du projet Odyssey (période)			2 800 (2027 à 2034)		

Tableau 5 : Débit d'infiltration d'eau souterraine (m^3/jour) – Scénario Réaliste avec effet des ouvertures historiques

Période	Fosses	Recharge ouvertures souterraines historiques	Odyssey, zone East-Malartic	Odyssey, zones Nord et Sud	Total
8-11 ans (de 2019 à 2022)	1 100 – 1 350	5 200 – 5 600	650 – 1 150	850 – 1 200	7 800 – 9 300
11-16 ans (de 2022 à 2027)	1 150 – 1 600	5 500 – 6 000	2 300 – 2 900	850 – 1 100	9 800 – 11 600
16-22 ans (de 2027 à 2034)	350 – 400	4 000 – 5 300	2 000 – 3 100	700 – 850	7 050 – 9 650
Minimum du projet Odyssey (période)			1 500 (2019 à 2022)		
Maximum du projet Odyssey (période)			4 000 (2022 à 2027)		

Tableau 6 : Débit d'infiltration d'eau souterraine (m^3/jour) – Scénario Prudent

Période	Fosses	Recharge ouvertures souterraines historiques	Odyssey, zone East-Malartic	Odyssey, zones Nord et Sud	Total
8-11 ans (de 2019 à 2022)	5 900 – 7 100	4 800 – 5 000	950 – 1 750	2 100 – 2 300	13 750 – 16 150
11-16 ans (de 2022 à 2027)	6 000 – 6 700	5 600 – 5 950	1 450 – 1 800	1 550 – 1 950	14 600 – 16 400
16-22 ans (de 2027 à 2034)	2 500 – 3 750	3 300 – 5 000	1 500 – 2 500	1 200 – 1 600	8 500 – 12 850
Minimum du projet Odyssey (période)			2 700 (2027 à 2034)		
Maximum du projet Odyssey (période)			4 100 (2027 à 2034)		

4.2.2 Rabattements des niveaux des eaux souterraines

Les figures C à E (après le texte) illustrent les rabattements des niveaux des eaux souterraines simulés dans le roc à l'année 2027, qui correspond à la fin de l'exploitation des fosses de MCM. Les figures F à H présentent les rabattements obtenus à l'année 2034, soit à la fin de l'exploitation du projet Odyssey.

Les rabattements sont illustrés pour les trois scénarios modélisés, soit pour le scénario Réaliste (figures C et F), le scénario Réaliste avec effets des ouvertures historiques (figures D et G) et le scénario Prudent (figures E et H). En considérant les hypothèses utilisées et la précision du modèle, un rabattement est jugé significatif lorsqu'il excède trois mètres dans le roc. Ainsi, les figures C à H illustrent les rabattements de trois et de dix mètres dans le roc.

De façon générale, la comparaison des cônes de rabattement obtenus pour chacun des scénarios avec les résultats du modèle original (Golder, 2008) indique que les rabattements obtenus dans le cadre de cette étude sont moins étendus. Cette différence est principalement attribuable à la diminution de la conductivité hydraulique de la portion supérieure du roc réalisée pour améliorer la calibration du modèle sur les rabattements observés dans le cadre du programme de surveillance des eaux souterraines de MCM.

Les résultats de la modélisation indiquent que pour chacun des scénarios simulés, les rabattements n'atteindraient pas les puits d'approvisionnement de la ville de Malartic, lesquels sont aménagés dans un esker au nord-ouest de la ville. Les rabattements atteindraient cet esker et certains puits résidentiels situés au nord de la ville pour le scénario Prudent seulement (figure E). Pour le scénario Réaliste, incluant celui Réaliste avec effet des ouvertures historiques, les résultats de la modélisation montrent que les rabattements n'atteindraient pas cet esker ni les puits résidentiels (figures C, D et F, G).

5.0 GESTION PROPOSÉE DES EAUX D'EXHAURE DU PROJET ODYSSEY

MCM a mis en œuvre une gestion des eaux d'exhaure pour son exploitation des fosses. Ces eaux sont actuellement pompées vers le bassin Sud-est ou le bassin de polissage de la mine, selon leur qualité et les besoins en eau pour l'opération de l'usine de traitement du minerai. Il est prévu de maintenir cette même gestion des eaux pour la durée du projet Odyssey. Une autre alternative serait que les eaux d'exhaure d'Odyssey transitent par le bassin de pompage Nord-est, avant d'être pompées vers le bassin Sud-est ou le bassin de polissage, car le bassin de pompage Nord-est a des capacités d'emmagasinement (46 900 m³) et de pompage (69 120 m³/jour) largement suffisantes pour la gestion de ces eaux.

Les détails de conception du bassin de pompage Nord-est ont été présentés dans le cadre du projet pour l'Extension de MCM. L'objectif de ce bassin est de collecter les eaux de ruissellement de l'extension vers l'est de la halde à stériles. Après août 2019, de nouveaux fossés draineront l'eau de ruissellement de l'extension à l'est de la halde à stériles vers la fosse Jeffrey, après son remblayage. Par la suite, il est prévu que le bassin de pompage Nord-est reste en activité comme bassin collecteur des eaux associées au développement du projet Odyssey seulement. Ce bassin servira principalement à l'emmagasinement des eaux de surface du projet, notamment celles de la crue de récurrence 1:100 ans pour laquelle un volume d'emmagasinement de 6 400 m³ est requis, ce qui correspond à moins de 15 % de la capacité du bassin.

Les résultats du modèle hydrogéologique ont été utilisés pour estimer l'impact de l'ajout des eaux d'exhaure du projet Odyssey sur le débit de l'effluent final de MCM. Pour cette évaluation, la période d'intérêt a été identifiée

comme étant celle où le débit d'exhaure total de MCM et du projet Odyssey était à sa valeur maximale. Selon le scénario Réaliste du modèle, le débit d'exhaure total maximum (9 600 m³/jour) est atteint durant la période 2019 à 2022 (tableau 4). Durant cette période, la contribution d'Odyssey aux eaux d'exhaure représente entre 1 300 et 2 000 m³/jour. Le bilan d'eau de MCM pour l'année 2018 (figure I) indique un rejet à l'effluent final de 9,3 millions de m³, soit 25 500 m³/jour. En fonction de la gestion des eaux de MCM, si on suppose que le débit d'eau d'exhaure généré par le projet Odyssey est intégralement dirigé vers l'effluent final, ce qui est une hypothèse prudente, le débit de l'effluent final pourrait augmenter au maximum de 2 000 m³/jour, soit une augmentation d'environ 8 % sur la base du bilan d'eau de 2018.

6.0 IMPACTS POTENTIELS DES INFRASTRUCTURES DE MCM SUR LA QUALITÉ DES EAUX D'EXHAURE DU PROJET ODYSSEY

Une évaluation des impacts potentiels des infrastructures de MCM sur la qualité des eaux d'exhaure du projet Odyssey, notamment du parc à résidus de l'Extension situé en amont hydraulique du projet, a été réalisée. Sur la base des informations et modélisations hydrogéologiques dans le secteur de l'Extension les observations suivantes sont notables :

- La perméabilité du roc de surface est plus élevée que le roc en profondeur et favorise la migration des contaminants dans cet horizon de surface. Comme l'exploitation d'Odyssey se fera dans le roc profond, le temps de migration d'un panache de contamination vers les ouvertures souterraines d'Odyssey, qui se situent de 0,5 à 1 km en aval hydraulique du parc à résidus de l'Extension, serait significativement plus long que pour le roc de surface.
- Bien que le puits d'accès et les rampes recoupent l'horizon de roc plus perméable en surface, le temps de migration d'une contamination entre le parc à résidus de l'Extension et ces infrastructures plus superficielles serait de plusieurs dizaines d'années. En effet, selon les prédictions du modèle hydrogéologique réalisé pour le projet de l'Extension, il faudra environ 250 ans avant que des concentrations en cyanures ne soient détectées dans le roc de surface à 1 km en aval du parc à résidus.
- Le rabattement des niveaux d'eau souterraine généré par le dénoyage d'Odyssey est considéré comme négligeable vers l'amont du projet. Ainsi, le dénoyage des ouvertures souterraines d'Odyssey devrait peu augmenter la vitesse des eaux souterraines entre le parc à résidus de l'Extension et Odyssey. Cette hypothèse est basée sur les observations du dénoyage de la fosse Canadian Malartic qui n'indiquent pas de rabattement significatif vers le sud de la fosse, après plus de sept ans d'exploitation.

Ainsi, en considérant la durée actuelle d'exploitation du projet Odyssey (moins de 15 ans), aucune contamination en provenance du parc à résidus de l'Extension affectant la qualité des eaux d'exhaure d'Odyssey n'est anticipée.

7.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Les travaux de modélisation numérique visaient notamment à évaluer les débits d'exhaure ainsi que les impacts potentiels des activités de dénoyage de MCM, y compris le projet Odyssey, sur les niveaux des eaux souterraines. Une mise à jour du modèle hydrogéologique a été réalisée pour inclure le projet Odyssey et le dénoyage des ouvertures historiques jusqu'à 900 m de profondeur. Un scénario de calibration plus réaliste a

également été intégré au modèle afin de mieux prédire l'étendue de la zone de rabattement de la nappe d'eau souterraine.

Les conclusions portant spécifiquement sur les résultats des simulations numériques prédictives à la suite de la mise à jour du modèle numérique sont les suivantes :

- Pour le scénario Réaliste, le débit d'infiltration provenant des ouvertures minières historiques serait entre 3 250 et 5 300 m^3/jour, alors que le débit provenant du projet Odyssey serait entre 1 300 et 2 800 m^3/jour. Le débit maximum d'infiltration d'eau souterraine dans le projet Odyssey serait atteint lors de la période 2027 à 2034, à la suite du dénoyage des ouvertures souterraines, jusqu'à 900 m de profondeur. Pour le scénario Prudent, le débit provenant du projet Odyssey serait entre 2 700 et 4 100 m^3/jour;
- Les résultats de la modélisation indiquent que pour chacun des scénarios simulés, les rabattements n'atteindraient pas les puits d'approvisionnement de la ville de Malartic aménagés dans un esker au nord-ouest de la ville. Toutefois, comme pour les versions précédentes du modèle numérique, les rabattements atteindraient cet esker et certains puits résidentiels situés au nord, selon les prédictions du scénario Prudent. Pour le scénario Réaliste, les résultats de la modélisation montrent que les rabattements significatifs n'atteindraient pas cet esker ni les puits résidentiels.

Les recommandations à la suite de la mise à jour du modèle numérique et de la réalisation des simulations prédictives sont les suivantes :

- Le plan de contingence relatif à l'approvisionnement en eau de la ville de Malartic devrait être maintenu. À ce titre, l'implantation d'un nouveau puits d'approvisionnement en eau pour la ville de Malartic a été réalisée en 2010. Ce nouveau puits a été aménagé dans le même esker que les puits d'approvisionnement existants, mais à une plus grande distance de MCM;
- Certains puits domestiques (le long du chemin des Merles et le long de la Route 117 au nord de la ville de Malartic) pourraient voir leur débit de production affecté à la baisse par le dénoyage de MCM. La contingence prévue à cet effet devrait être maintenue, notamment pour l'implantation de puits domestiques plus profonds.

En considérant que les prédictions du modèle présentent une estimation prudente du rabattement des eaux souterraines, il est recommandé de poursuivre le suivi en continu des niveaux d'eau souterraine, tel que réalisé par MCM depuis 2008, afin de valider ces prédictions et de prévenir une perte d'usage de la ressource en eau, le cas échéant.

Par ailleurs, la gestion proposée des eaux d'exhaure du projet Odyssey prévoit le pompage de ces eaux vers le bassin Sud-est ou le bassin de polissage de MCM, selon leur qualité et les besoins pour l'usine de traitement du minerai. En fonction de la gestion des eaux qui sera réalisée par MCM, les eaux d'exhaure du projet Odyssey pourraient augmenter le débit maximum de l'effluent final d'au plus 2 000 m^3/jour, soit environ 8 % sur la base du bilan d'eau de 2018. De plus, aucune contamination en provenance du parc à résidus de l'Extension affectant la qualité des eaux d'exhaure d'Odyssey n'est anticipée.

8.0 LIMITATIONS

Les conditions générales ainsi que les limitations de la présente étude sont jointes à l'annexe 2.

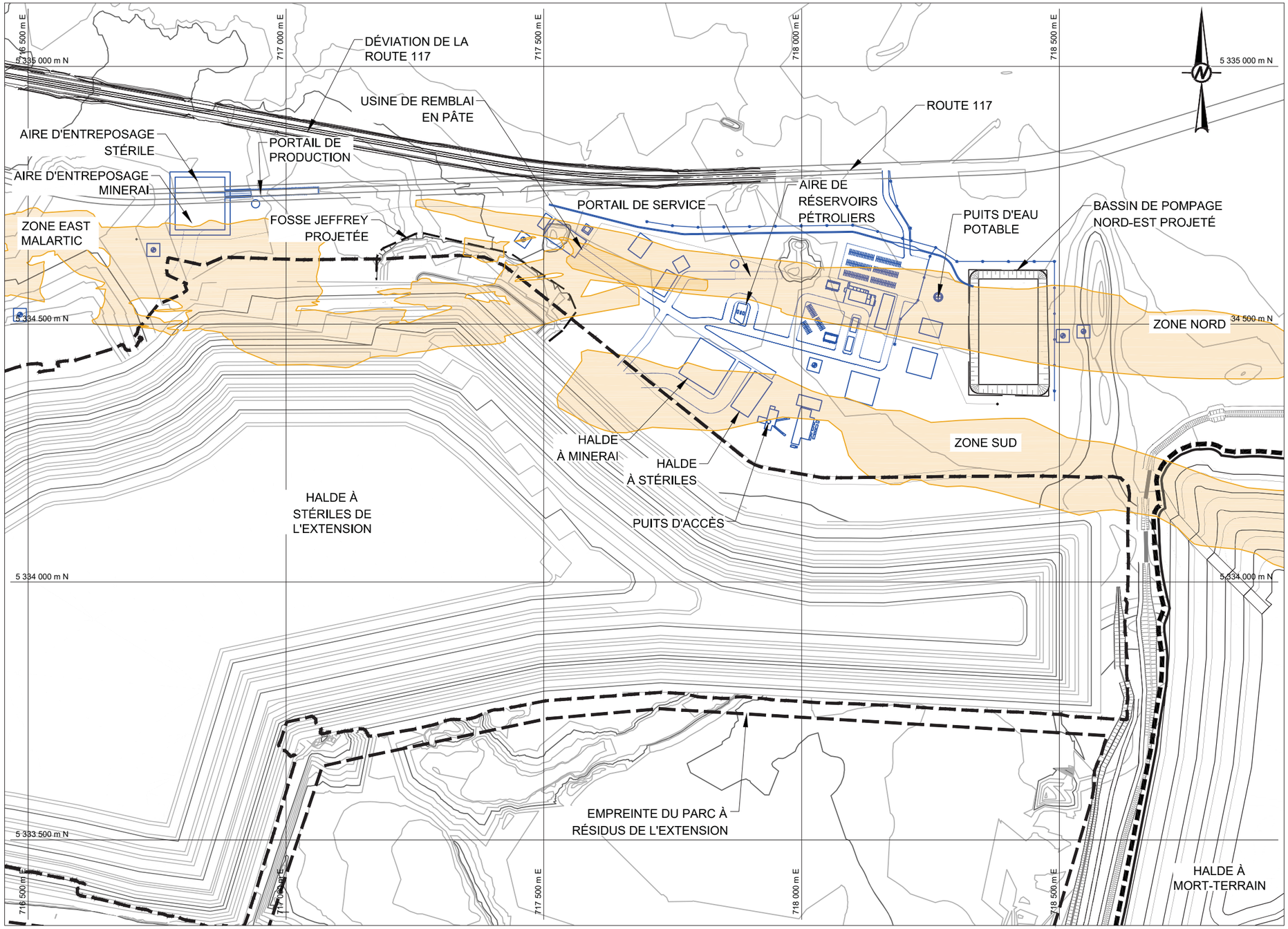
GOLDER ASSOCIÉS LTÉE

Marianne Nguyen, ing. jr
Chargée de projet

Pierre Groleau
Associé principal

MN/PG/cd

P. J. : Figures A à I
Annexe 1 – Rapports présentant les résultats du modèle original et de celui de l'Extension
Annexe 2 – Conditions générales et limitations



LÉGENDE

- COURBES TOPOGRAPHIQUES
- EMPREINTE DES INFRASTRUCTURES PROJETÉES DE L'EXTENSION DE LA MINE CANADIAN MALARTIC
- GISEMENT ODYSSEY (ZONES EAST MALARTIC, NORD ET SUD)
- INFRASTRUCTURES DE SURFACE PROJETÉES DU PROJET ODYSSEY

NOTE

- SYSTÈME DE COORDONNÉES: UTM, NAD 83, ZONE 17

RÉFÉRENCES

- L'EMPREINTE DE LA FOSSE JEFFREY PROVIENT DE MCM (AVRIL 2017).
- LES EMPREINTES DES HALDES DE L'EXTENSION PROVIENNENT DE MCM (JUILLET 2017).
- LES INFRASTRUCTURES DU PROJET ODYSSEY PROVIENNENT DU DESSIN "PlanInfrastruct_MCM.dwg" FOURNI PAR MCM (19 JUIN 2019)
- MINÉRALISATION, JANVIER 2019

0 200 400
1:8 000 MÈTRES

CLIENT
MINE CANADIAN MALARTIC - QUÉBEC

CONSULTANT
GOLDER

AAAA-MM-JJ	2019-07-05
DESSINÉ	A. Annoual
PROJETÉ	M. Nguyen
RÉVISÉ	M. Nguyen
APPROUVÉ	P. Groleau

PROJET
ÉVALUATION DES DÉBITS D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES DU PROJET ODYSSEY

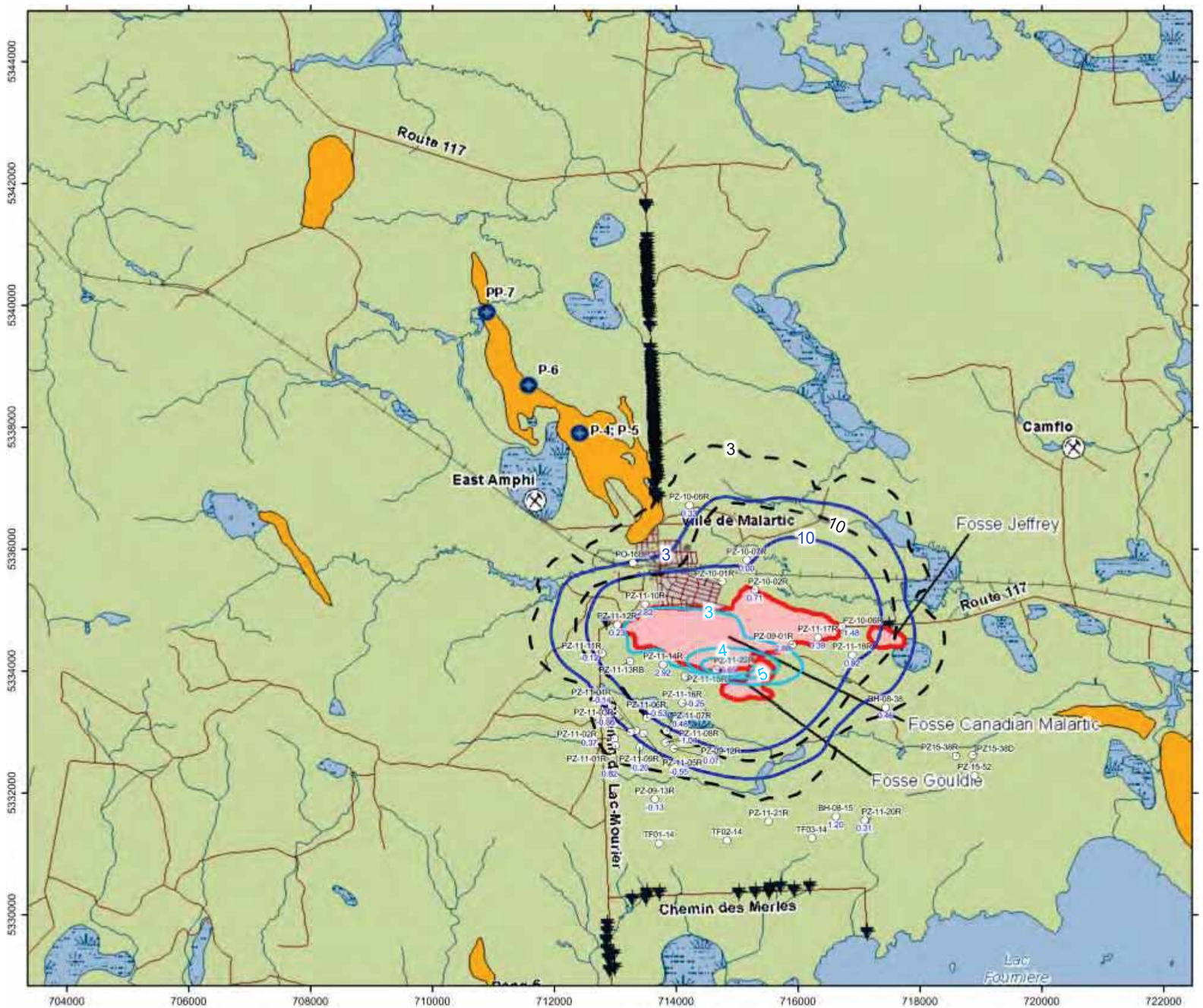
TITRE
VUE D'ENSEMBLE DES PRINCIPALES INFRASTRUCTURES DE SURFACE DU PROJET ODYSSEY

N° PROJET	PHASE	RÉV.	FIGURE
1776338	30130	4	A

SI LA MESURE NE CORRESPOND PAS À L'ÉCHELLE, LA TAILLE DE LA FEUILLE A ÉTÉ MODIFIÉE: ANSI B

0 25 mm

Chemin: C:\Autodesk\Temp-Dwg\A-Pub\ah_16436\ | Nom du fichier: 1776338-30130-02.dwg | Dernière édition par: aannoual Date: 2019-07-08 Heure:12:18:00 | Imprimé par: AAnnoual Date: 2019-07-08 Heure:2:11:22



LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic
- Puits domestique (Genivar, 2008)
- Routes
- Voie ferrée
- Milieu humide
- Hydrographie
- Eskers
- Fosses modélisées
- Rabattement simulé pour fin 2018, version pécédente du modèle
- Rabattement simulé pour fin 2018, modèle mis à jour
- Courbe inférée de rabattement observé (m) depuis le début de l'exploitation de la Mine (entre 2011 et l'automne 2018)
- Puits d'observation

CLIENT
MINE CANADIAN MALARTIC

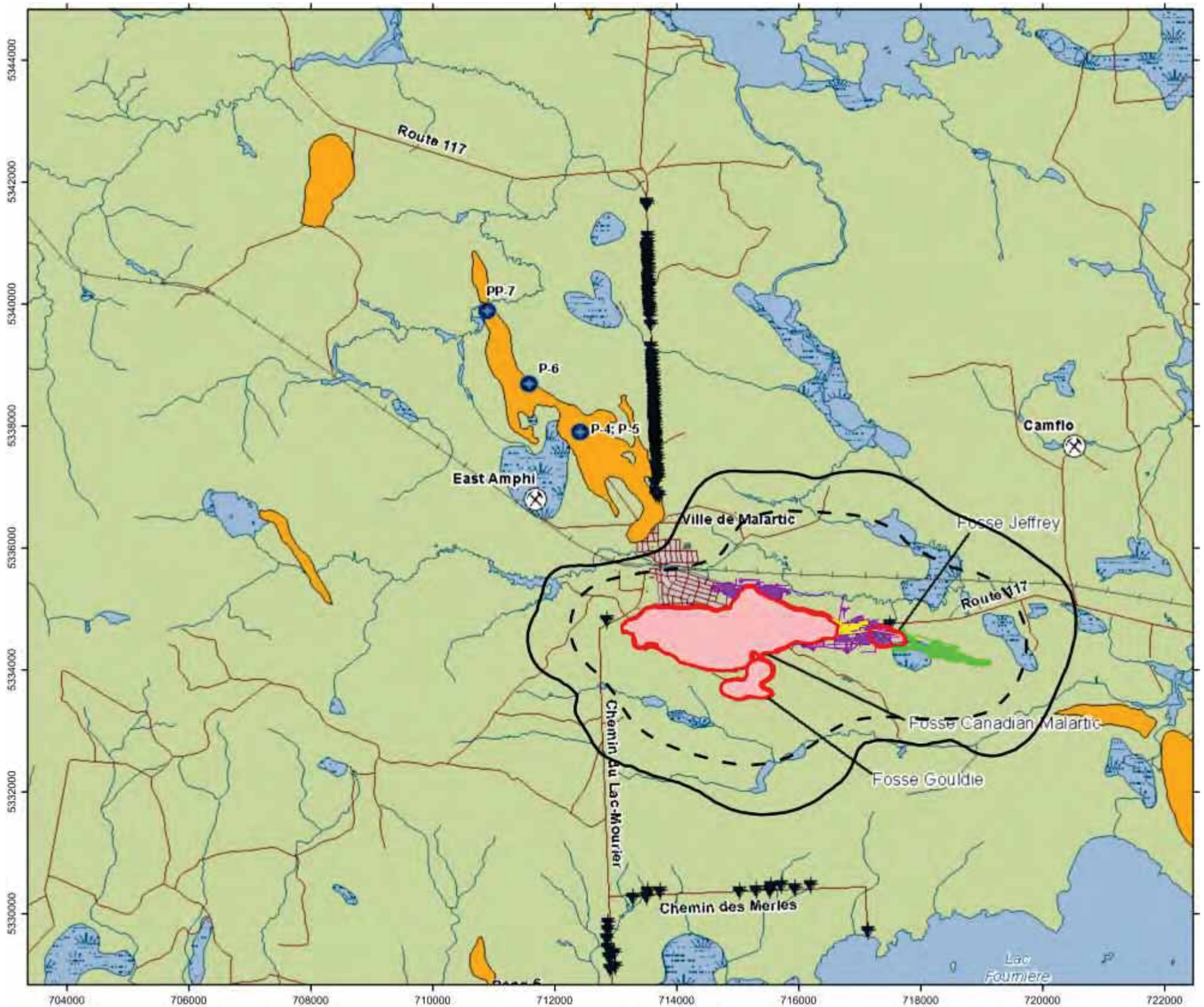
PROJECT
MODÈLISATION HYDROGÉOLOGIQUE POUR LE PROJET ODYSSEY

CONSULTANT
GOLDER

YYYY-MM-DD	2019-02-16
PREPARED	NB
DESIGN	NB
REVIEW	MM
APPROVED	PG

TITLE
Calibration du modèle – Comparaison des rabattements simulés et observés fin 2018

PROJECT No. 1776338 | Rev. 4 | FIGURE B



LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic
- Puits domestique (Genivar, 2008)
- Routes
- Voie ferrée
- Milieu humide
- Hydrographie
- Eskers
- Fosses modélisées
- Ouvertures Souterraines Historiques
- Odyssey East-Malartic
- Odyssey Nord et Sud
- Rabattement (3m) simulé pour fin 2027
- Rabattement (10m) simulé pour fin 2027

CLIENT
MINE CANADIAN MALARTIC

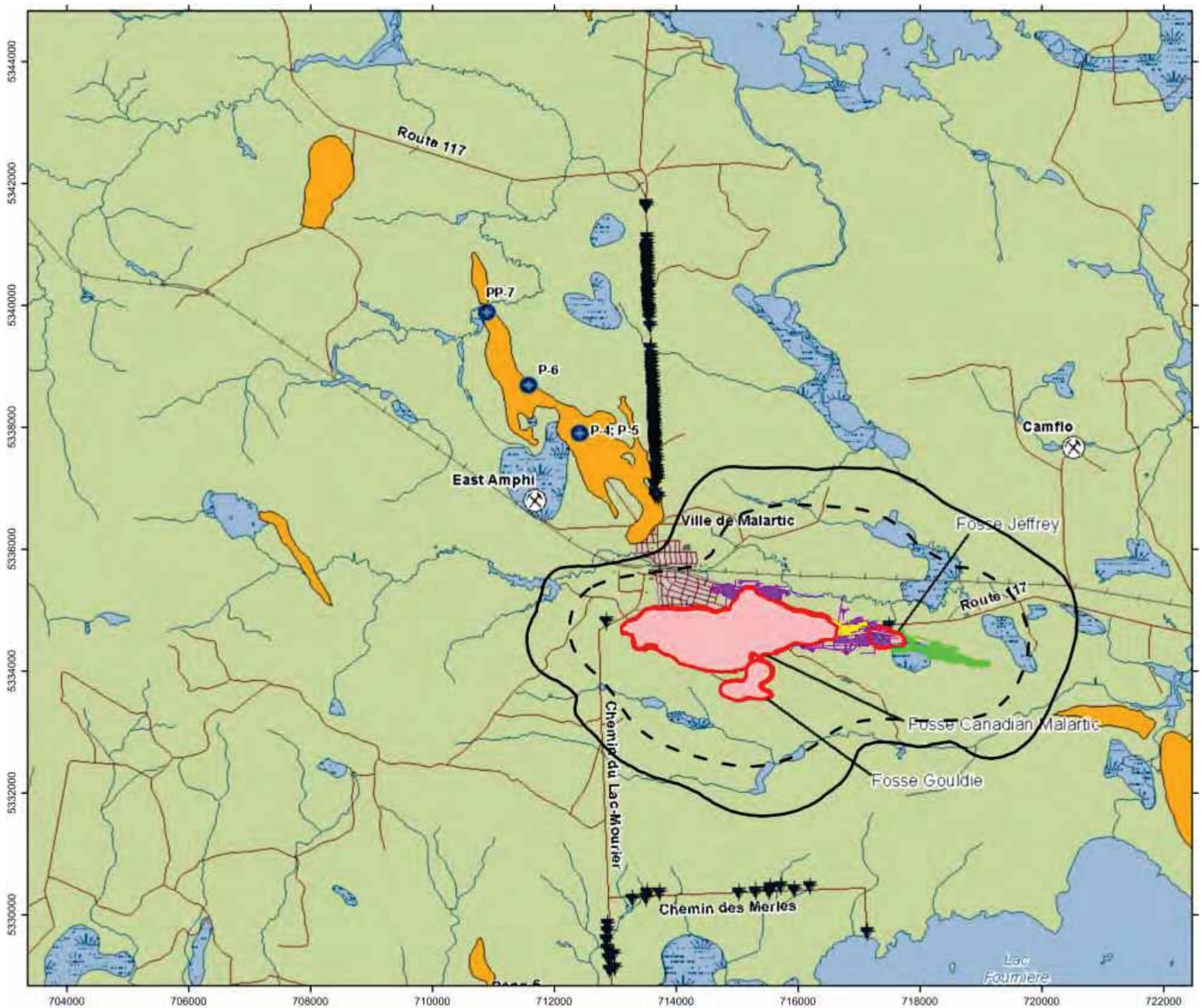
PROJECT
MODÈLISATION HYDROGÉOLOGIQUE POUR LE PROJET ODYSSEY

CONSULTANT
GOLDER

YYYY-MM-DD	2019-02-16
PREPARED	NB
DESIGN	NB
REVIEW	MM
APPROVED	PG

TITLE
Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans le roc supérieur à l'année 16 (2027 – fin de l'exploitation des fosses de MCM) – Scénario Réaliste

PROJECT No.	Rev.	FIGURE
1776338	4	C



LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic
- Puits domestique (Genivar, 2008)
- Routes
- Voie ferrée
- Milieu humide
- Hydrographie
- Eskers
- Fosses modélisées
- Ouvertures Souterraines Historiques
- Odyssey East-Malartic
- Odyssey Nord et Sud
- Rabattement (3m) simulé pour fin 2027
- Rabattement (10m) simulé pour fin 2027

CLIENT
MINE CANADIAN MALARTIC

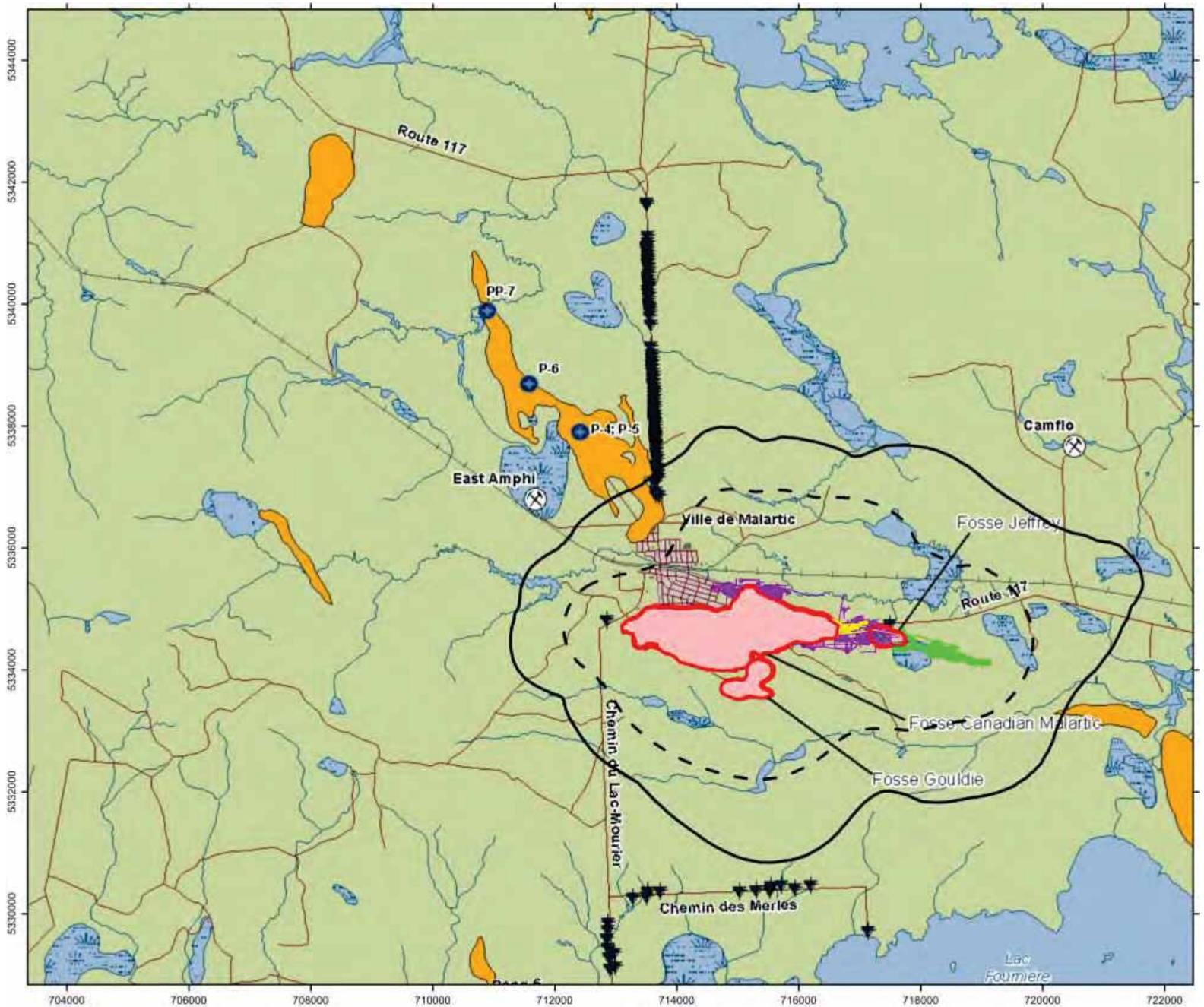
PROJECT
MODÈLISATION HYDROGÉOLOGIQUE POUR LE PROJET ODYSSEY

CONSULTANT
GOLDER

YYYY-MM-DD	2019-02-16
PREPARED	NB
DESIGN	NB
REVIEW	MM
APPROVED	PG

TITLE
Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans le roc supérieur à l'année 16 (2027 – fin de l'exploitation des fosses de MCM) – Scénario Réaliste avec effet des ouvertures historiques

PROJECT No.	Rev.	FIGURE
1776338	4	D



LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic
- Puits domestique (Genivar, 2008)
- Routes
- Voie ferrée
- Milieu humide
- Hydrographie
- Eskers
- Fosses modélisées
- Ouvertures Souterraines Historiques
- Odyssey East-Malartic
- Odyssey Nord et Sud
- Rabattement (3m) simulé pour fin 2027
- Rabattement (10m) simulé pour fin 2027

CLIENT
MINE CANADIAN MALARTIC

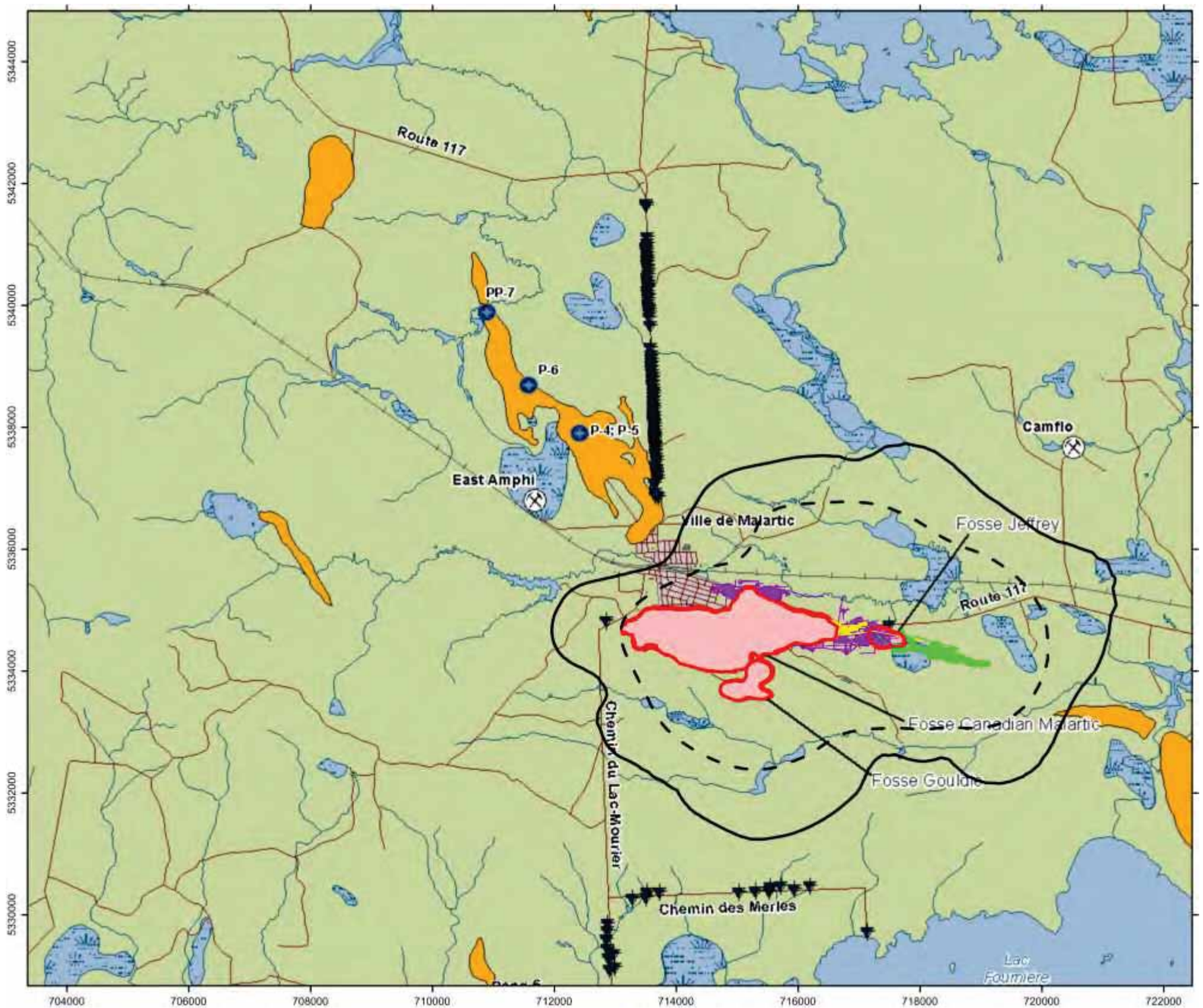
PROJECT
MODÈLISATION HYDROGÉOLOGIQUE POUR LE PROJET ODYSSEY

CONSULTANT
GOLDER

YYYY-MM-DD	2019-02-16
PREPARED	NB
DESIGN	NB
REVIEW	MM
APPROVED	PG

TITLE
Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans le roc supérieur à l'année 16 (2027 – fin de l'exploitation des fosses de MCM) – Scénario Prudent

PROJECT No.	Rev.	FIGURE
1776338	4	E



LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic
- Puits domestique (Genivar, 2008)
- Routes
- Voie ferrée
- Milieu humide
- Hydrographie
- Eskers
- Fosses modélisées
- Ouvertures Souterraines Historiques
- Odyssey East-Malartic
- Odyssey Nord et Sud
- Rabattement (3m) simulé pour fin 2034
- Rabattement (10m) simulé pour fin 2034

CLIENT
MINE CANADIAN MALARTIC

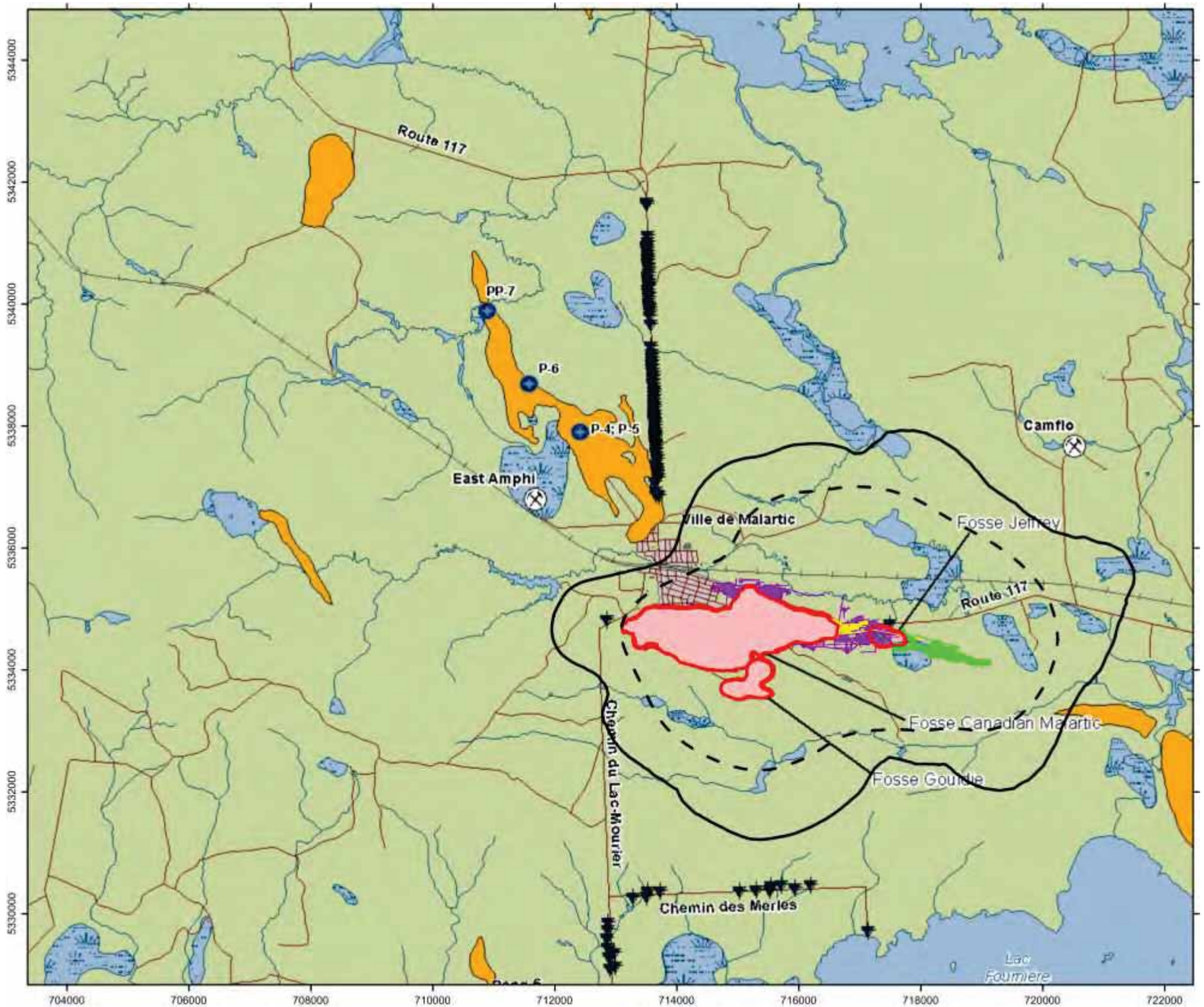
PROJECT
MODÈLISATION HYDROGÉOLOGIQUE POUR LE PROJET ODYSSEY

CONSULTANT
GOLDER

YYYY-MM-DD	2019-02-16
PREPARED	NB
DESIGN	NB
REVIEW	MM
APPROVED	PG

TITLE
Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans le roc supérieur à l'année 22 (2034) – Scénario Réaliste

PROJECT No.	Rev.	FIGURE
1776338	4	F



LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic
- Puits domestique (Genivar, 2008)
- Routes
- Voie ferrée
- Milieu humide
- Hydrographie
- Eskers
- Fosses modélisées
- Ouvertures Souterraines Historiques
- Odyssey East-Malartic
- Odyssey Nord et Sud
- Rabattement (3m) simulé pour fin 2034
- Rabattement (10m) simulé pour fin 2034

CLIENT
MINE CANADIAN MALARTIC

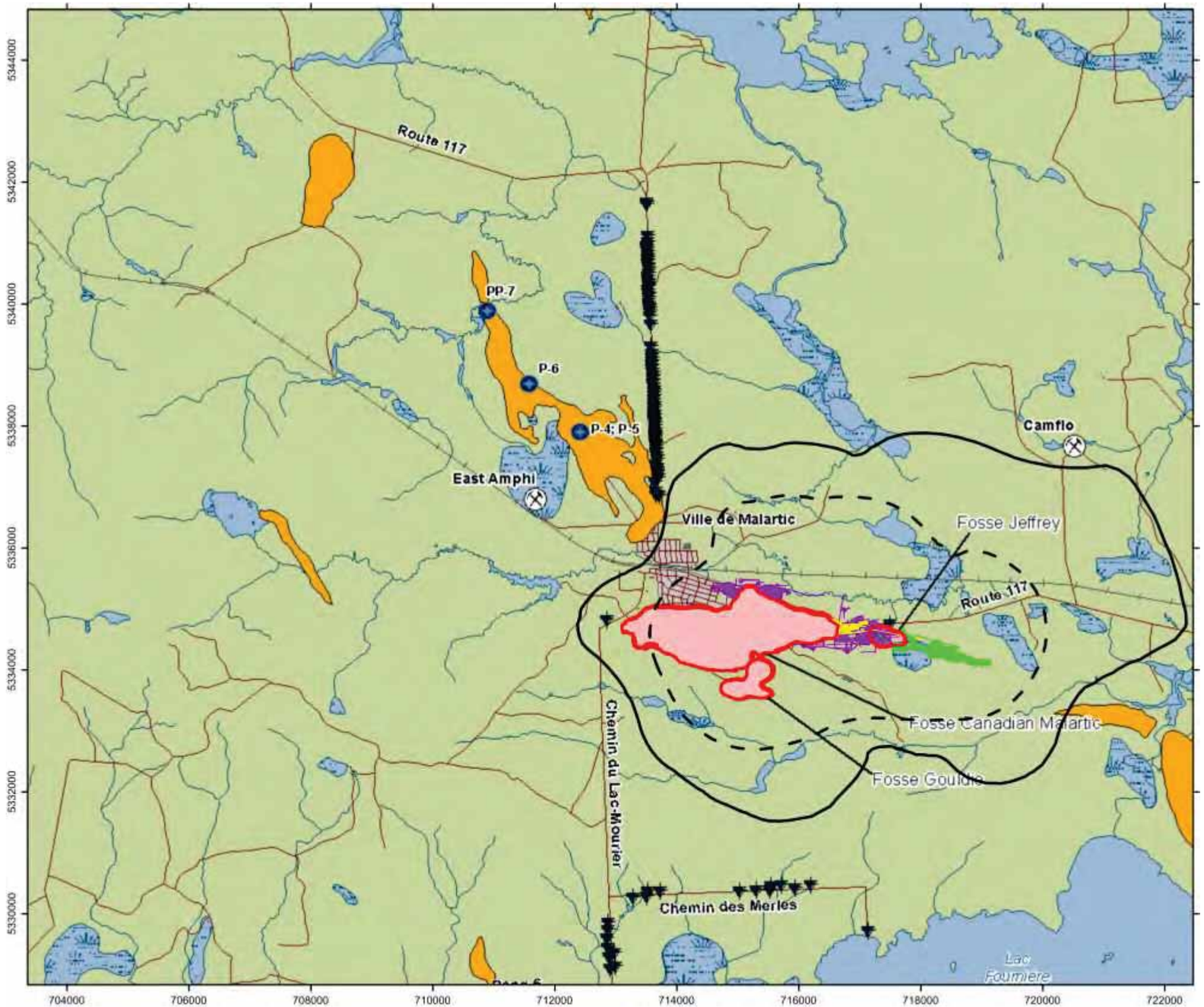
PROJECT
MODÈLISATION HYDROGÉOLOGIQUE POUR LE PROJET ODYSSEY

CONSULTANT
GOLDER

YYYY-MM-DD	2019-02-16
PREPARED	NB
DESIGN	NB
REVIEW	MM
APPROVED	PG

TITLE
Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans le roc supérieur à l'année 22 (2034) – Scénario Réaliste avec effet des ouvertures historiques

PROJECT No.	Rev.	FIGURE
1776338	4	G



LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic
- Puits domestique (Genivar, 2008)
- Routes
- Voie ferrée
- Milieu humide
- Hydrographie
- Eskers
- Fosses modélisées
- Ouvertures Souterraines Historiques
- Odyssey East-Malartic
- Odyssey Nord et Sud
- Rabattement (3m) simulé pour fin 2034
- Rabattement (10m) simulé pour fin 2034

CLIENT
MINE CANADIAN MALARTIC

CONSULTANT
GOLDER

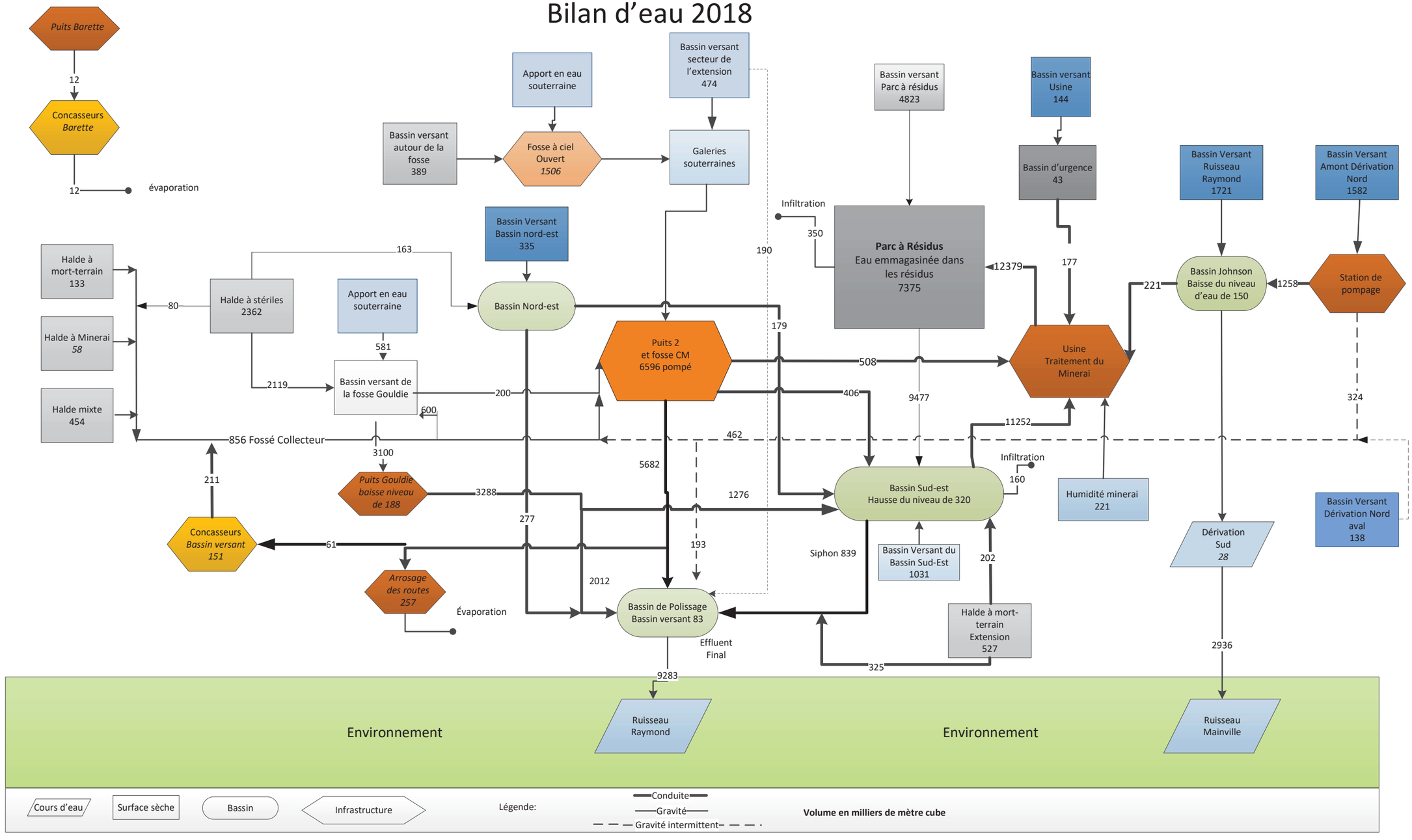
YYYY-MM-DD	2019-02-16
PREPARED	NB
DESIGN	NB
REVIEW	MM
APPROVED	PG

PROJECT
MODÈLISATION HYDROGÉOLOGIQUE POUR LE PROJET ODYSSEY

TITLE
Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans le roc supérieur à l'année 22 (2034) – Scénario Prudent

PROJECT No.	Rev.	FIGURE
1776338	4	H

Mine Canadian Malartic
Bilan d'eau 2018



ANNEXE 1

Rapports présentant les résultats du modèle original et de celui de l'Extension

Golder Associés Ltée

9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal, QC, Canada H4N 2T2
Téléphone: (514) 383-0990
Télécopieur: (514) 383-5332

ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES, OSISKO EXPLORATION MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

CONFIDENTIEL

Rapport présenté à:

OSISKO Exploration Ltée
2140, rue Saint-Mathieu
Montréal, Québec
H3H 2J4

DISTRIBUTION:

3 exemplaires : Osisko Exploration Inc., Montréal, Québec
2 exemplaires : Golder Associés Ltée, Montréal, Québec

Juillet 2008 07-1221-0028-2400

Golder Associés Ltée

9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal, QC, Canada H4N 2T2
Téléphone: (514) 383-0990
Télécopieur: (514) 383-5332

Le 21 juillet 2008 07-1221-0028-2400

Osisko Exploration Inc.
2140, rue Saint-Mathieu
Montréal, Québec
H3H 2J4

À l'attention de Monsieur Luc Lessard, ing., Vice-Président Ingénierie et Construction

OBJET: ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES, OSISKO EXPLORATION MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

Monsieur Lessard,

Vous trouverez ci-joint notre rapport concernant l'évaluation des débits d'exhaure et des impacts potentiels sur les niveaux des eaux souterraines du projet d'exploitation d'une mine d'or à ciel ouvert à Malartic.

Espérant le tout conforme à vos attentes, nous vous prions d'agréer, Monsieur Lessard, nos meilleures salutations.

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE

Normand D'Anjou, ing., M.Sc.
Associé principal
MNR/MG/AB/ND/jm

N:\ACTIF\2007\1221\07-1221-0028 OSISKO EST-MALARTIC\PHASE 2000 GÉOMÉCANIQUE ET HYDROGÉOLOGIE\2400 HYDROGÉOLOGIE\SECRÉTARIAT\RAPPORT ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE 2400\FINAL\SECRÉTARIAT\RFF 07-1221-0028.DOC

TABLE DES MATIÈRES

SECTION PAGE

1.0 INTRODUCTION....1
1.1 Mise en situation....1
1.1.1 Le projet Osisko....1
1.1.2 Localisation du projet Osisko....1
1.1.3 Problématique....2
1.2 Mandat et objectifs de l'étude....3
2.0 MÉTHODOLOGIE....4
2.1 Revue des données existantes....4
2.2 Travaux de terrain....6
2.2.1 Essais hydrauliques en forages....6
2.2.2 Suivi piézométrique....10
2.2.3 Localisation et nivellement....11
2.2.4 Essais hydrauliques sur les résidus miniers....11
2.2.5 Échantillonnage et analyse de l'eau souterraine....11
2.3 Évaluation de la recharge....12
2.4 Modélisation numérique....14
3.0 DESCRIPTION DE LA RÉGION À L'ÉTUDE....18
3.1 Physiographie et hydrographie....18
3.2 Utilisation de l'eau souterraine....19
3.3 Géologie des dépôts meubles....20
3.4 Géologie du roc....21
3.5 Topographie du roc et épaisseur des dépôts meubles....22
4.0 HYDROGÉOLOGIE ET RÉSULTATS DES TRAVAUX DE TERRAIN....23
4.1 Écoulement de l'eau souterraine....23
4.1.1 Conditions d'écoulement de l'eau souterraine à l'échelle régionale....23
4.1.2 Conditions d'écoulement de l'eau souterraine dans les anciennes mines....26
4.2 Évaluation de la recharge....28
4.3 Suivi piézométrique....28

TABLE DES MATIÈRES (SUITE)

SECTION PAGE

4.4 Hydrostratigraphie et paramètres hydrauliques 30
4.4.1 Dépôts glaciolacustres 30
4.4.2 Esker 31
4.4.3 Till 31
4.4.4 Résidus miniers 31
4.4.5 Roc – Résultats des essais hydrauliques en forage 33
4.4.6 Coupes hydrostratigraphiques 34
4.5 Qualité de l'eau souterraine 35
5.0 MODÉLISATION NUMÉRIQUE 37
5.1 Description du modèle 37
5.1.1 Définition des conditions limites 38
5.1.2 Construction du maillage et assignation des paramètres hydrauliques 40
5.2 Calibration 44
5.2.1 Régime permanent (conditions statiques) 44
5.2.2 Régime transitoire – pompage au puits de la mine Est-Malartic (2006-2007) 46
5.2.3 Régime permanent –débit d'exhaure des mines souterraines (1979) 47
5.3 Simulations prédictives 48
5.3.1 Description des scénarios de simulation 49
5.3.2 Résultats des simulations prédictives 52
6.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS 54
7.0 LIMITATIONS 58
RÉFÉRENCES 62

TABLE DES MATIÈRES (SUITE)

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Liste des données existantes utilisées 5

Tableau 2 Sommaire des forages utilisés pour les essais packer. 7

Tableau 3 Source des données utilisées pour le calcul du bilan hydrologique 12

Tableau 4 Classes d'utilisation et types de sol utilisés pour le calcul du bilan hydrologique 14

Tableau 5 Localisation des points de mesure et données piézométriques obtenues en mars et en mai 2008 25

Tableau 6 Évaluation du volume d'eau dans les ouvertures minières à partir des tonnages minés..... 27

Tableau 7 Sommaire des différentes propriétés hydrauliques compilées et mesurées sur le terrain..... 32

Tableau 8 Résultats analytiques pour les échantillons prélevés au puits de la mine Est Malartic 36

Tableau 9 Sommaire des propriétés hydrauliques des unités hydrostratigraphiques assignées pour la calibration du modèle numérique d'écoulement..... 42

Tableau 10 Comparaison entre les volumes minés et les volumes d'ouvertures assignés au modèle numérique..... 44

Tableau 11 Comparaison entre les charges hydrauliques simulées et les charges hydrauliques mesurées pour la calibration sur les données piézométriques actuelles 45

TABLE DES MATIÈRES (SUITE)

Tableau 12 Sommaire des propriétés hydrauliques des unités hydrostratigraphiques assignées pour la calibration du modèle numérique d'écoulement et description des scénarios de la modélisation prédictive 51

Tableau 13 Débits d'exhaures estimés selon les différents scénarios de simulations prédictives 52

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Plan de localisation du projet Osisko
Figure 2 Localisation des informations géologiques
Figure 3 Localisation des informations hydrogéologiques
Figure 4 Localisation des sondes à pression
Figure 5 Carte des dépôts meubles
Figure 6 Géologie du roc
Figure 7 Piézométrie de l'aquifère de roc (mars 2008)
Figure 8 Évolution du niveau de l'eau dans le puits de la mine Est Malartic d'avril 2006 à décembre 2007
Figure 9 Distribution des conductivités hydrauliques pour l'ensemble des essais packer
Figure 10 Histogramme des conductivités hydrauliques pour l'ensemble des essais packer
Figure 11 Histogramme des conductivités hydrauliques pour l'ensemble des essais packer par unité lithologique
Figure 12 Distribution des conductivités hydrauliques pour les essais packer des forages GT07-02 et GT07-05
Figure 13 Histogramme des conductivités hydrauliques pour les essais packer des forages GT07-02 et GT07-05
Figure 14 Coupe hydrostratigraphique A-A'
Figure 15 Coupe hydrostratigraphique B-B'
Figure 16 Conditions aux limites du modèle (calibration 1)

TABLE DES MATIÈRES (SUITE)

Figure 17 Distribution spatiale de l'infiltration dans le modèle hydrogéologique
Figure 18 Comparaison entre les niveaux d'eau simulés et observés (simulation 1)
Figure 19 Carte piézométrique dans l'aquifère de roc profond (calibration 1)
Figure 20 Graphique du rabattement simulé et observé au puits de la mine Est Malartic - 2006 - 2007
Figure 21 Graphique des valeurs de débits d'exhaure estimés selon les différents scénarios de simulations prédictive
Figure 22 Étendue du rabattement simulé dans les dépôts meubles après 10 ans – scénario A de pompage dans les chantiers
Figure 23 Étendue du rabattement simulé dans les dépôts meubles après 10 ans – scénario B de pompage dans les chantiers
Figure 24 Étendue du rabattement simulé dans le roc superficiel après 10 ans – scénario A de pompage dans les chantiers
Figure 25 Étendue du rabattement simulé dans le roc superficiel après 10 ans – scénario B de pompage dans les chantiers
Figure 26 Étendue du rabattement simulé dans les dépôts meubles après 15 ans – scénario A de pompage dans les chantiers
Figure 27 Étendue du rabattement simulé dans les dépôts meubles après 15 ans – scénario B de pompage dans les chantiers
Figure 28 Étendue du rabattement simulé dans le roc superficiel après 15 ans – scénario A de pompage dans les chantiers
Figure 29 Étendue du rabattement simulé dans le roc superficiel après 15 ans – scénario B de pompage dans les chantiers

LISTE DES ANNEXES

Annexe A Sommaire des essais hydrauliques en forage
Annexe B Données brutes de suivi des niveaux d'eau de mars à mai 2008
Annexe C Données et interprétation de l'essai de perméabilité
Annexe D Certificats d'analyses chimiques

TABLE DES MATIÈRES (SUITE)

Annexe E Comparaison entre les volumes des chantiers des modèles géologiques et hydrogéologiques 3D
Annexe F Conditions et limitations

1.0 INTRODUCTION

1.1 Mise en situation

1.1.1 Le projet Osisko

Osisko Exploration Ltée (Osisko) projette l'exploitation du gisement d'or Canadian Malartic situé au sud de la zone de la faille Cadillac et de la ville de Malartic et incluant une portion de la zone résidentielle de celle-ci. Le gisement est localisé au cœur de la ceinture aurifère abitibienne du Québec. La compagnie Osisko Exploration (Osisko) a acquis un intérêt de 100% dans la propriété minière Canadian Malartic en novembre 2004. Le gisement Canadian Malartic fait partie d'un vaste complexe minéralisé qui s'étend sur plus de 3 000 m et qui peut être défini comme un système porphyrique aurifère archéen dont la minéralisation est disséminée (Génivar, 2007).

Une exploitation à ciel ouvert est prévue puisque le gisement est situé en surface et que sa teneur minérale est relativement basse (1-2 g/t Au). L'estimation des ressources inférées à ce jour est de 8,4 M oz d'or. Une série de forages de définition sont présentement en cours et permettront de convertir le potentiel de ressources inférées à la catégorie supérieure de ressources indiquées/mesurées (Génivar, 2007).

1.1.2 Localisation du projet Osisko

Osisko est titulaire de baux miniers émis par le ministère des Ressources naturelles du Québec, qui lui accorde le droit d'accès et d'usage d'une propriété de 13 km environ selon l'extension est-ouest et de 4 km environ selon l'extension nord-sud. La propriété est entièrement située dans le Canton de Fournière, immédiatement au sud du Canton et de la ville de Malartic, environ 25km à l'ouest de la ville de Val-d'Or (figure 1). La propriété est de forme rectangulaire et est centrée selon les coordonnées géographiques 5 333 000 N et 713 000 E selon le système de projection UTM NAD 83 zone 17, et 48° 7'45'' N, -78° 7' E selon le système de projection Lat/long NAD 83.

1.1.3 Problématique

Entre 1935 et 2003, quatre mines souterraines ont été exploitées à diverses périodes dans le secteur localisé au nord et au sud de la route 117 à Malartic soit :

- la mine Canadian Malartic (exploitation de 1935 à 1965, Génivar 2007);
- la mine Sladen (exploitation de 1938 à 1970, Génivar 2007);
- la mine Barnat (exploitation de 1938 à 2003, Génivar 2007), et
- la mine Est Malartic (exploitation de 1938 à 1979, Génivar, 2007)

Ces mines sont actuellement ennoyées et le niveau d'eau dans les ouvrages souterrains est contrôlé par l'opération, du printemps à l'automne, de deux pompes submersibles installées dans deux puits de pompage aménagés dans le puits de la mine Est Malartic. La projection en plan de ces anciennes mines est présentée à la figure 2.

Osisko vise la réalisation d'un projet d'exploitation d'une mine à ciel ouvert dans le secteur des anciennes mines Canadian Malartic et Sladen afin d'extraire du minerai d'or jusqu'à une profondeur de 380 m sous la surface actuelle du terrain.

L'exploitation de la fosse à ciel ouvert nécessitera de miner en partie les anciens ouvrages souterrains, ce qui amène un questionnement quant au taux d'infiltration d'eau dans la mine à ciel ouvert et aux volumes d'eau générés par la mine souterraine au cours du développement, de l'opération et de la fermeture de la mine à ciel ouvert.

Aussi, le pompage nécessaire au dénoyage de la mine et à l'exploitation de la fosse projetée va engendrer un rabattement du niveau d'eau de la nappe d'eau souterraine, ce qui peut engendrer des impacts sur les utilisateurs actuels de l'eau souterraine.

Osisko a mandaté Golder Associés Ltée (Golder), en décembre 2007, afin de réaliser une revue des effets potentiels du projet Osisko sur les niveaux des eaux souterraines, d'évaluer le débit d'exhaure lors de l'opération de la mine à ciel ouvert ainsi que d'évaluer les débits disponibles par pompages des anciennes mines souterraines.

1.2 Mandat et objectifs de l'étude

Les objectifs spécifiques du projet sont les suivants :

- définir le milieu dans le secteur potentiellement affecté par les opérations de dénoyage du projet Osisko en regard des utilisateurs d'eau souterraine;
- évaluer l'utilisation actuelle des eaux souterraines;
- définir les propriétés hydrauliques des différentes unités hydrostratigraphiques (till, argile, sable, porphyre, graywacke) et les conditions d'écoulement de l'eau souterraine dans le roc;
- caractériser la qualité de l'eau souterraine dans le puits de pompage de la mine Est Malartic;
- évaluer le débit d'exhaure de la mine à ciel ouvert projetée et évaluer le débit d'exhaure supplémentaire pouvant être obtenu à partir des anciennes mines souterraines;
- évaluer l'ampleur du cône de rabattement régional dans l'aquifère du roc suite aux opérations de minage de la fosse à ciel ouvert et de dénoyage des anciennes mines souterraines;
- évaluer les variations du niveau de l'eau souterraine dans l'aquifère localisé dans les dépôts meubles suite aux opérations de dénoyage de la mine et de pompage dans les anciennes mines souterraines; et
- identifier les problèmes potentiels associés au projet tel que l'abaissement du puits de la ville de Malartic et/ou de puits domestiques, les tassements des sols fins et la stabilité des piliers de surface dans la zone de rabattement modélisée.

2.0 MÉTHODOLOGIE

L'approche préconisée pour répondre aux objectifs consiste principalement à quantifier les processus hydrogéologiques par modélisation numérique afin de préciser les débits d'exhaure et les effets du projet d'exploitation de la fosse à ciel ouvert à Malartic sur la ressource en eau souterraine. Le développement du modèle numérique d'écoulement, incluant les anciennes mines souterraines, permet l'évaluation quantitative des débits et permet d'évaluer certains impacts potentiels sur la ressource en eau.

Les sections suivantes présentent la méthodologie employée pour la réalisation du présent mandat.

2.1 Revue des données existantes

Une importante quantité de données concernant le site à l'étude est disponible. Une revue exhaustive des données existantes a été effectuée afin de définir en détail le secteur. Ces données comprennent, entre autres, de l'information concernant les utilisateurs d'eau souterraine, la géologie des dépôts superficiels et du roc, l'utilisation du sol, les paramètres hydrauliques des matériaux géologiques, les conditions hydrogéologiques et la gestion des eaux dans les mines souterraines.

Le tableau 1 présente les données existantes consultées dans le cadre du présent mandat. Les figures 2 et 3 présentent respectivement la localisation des données à caractères géologique et hydrogéologique utilisées pour réaliser le mandat.

Tableau 1
Liste des données existantes utilisées

Données recueillies	Source de l'information
Carte de la géologie du roc et des données structurales (failles)	Grant M., Sanfaçon R. et Trudel P. (1987) : Géologie de la mine de Canadian Malartic – district de Malartic. Ministère des ressources naturelles, série des manuscrits bruts M.B. 87-41, 73 pages. Grant M., Fallara F., Rose P.S., et Sanfaçon R. (2003) : Carte géologique 32D01. Ministère des ressources naturelles et de la faune.
Carte des dépôts superficiels	Veillette, 2003. Les cartes de formations en surface de l'Abitibi, Québec. Commission géologique du Canada, Dossier public 1523.
Carte topographique	Cartes matricielles à l'échelle 1: 20 000 (32D01-0102 et 32D01-0202) provenant du ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec
Données sur les dépôts meubles et le roc	Données de forages du Système d'information hydrogéologique du MDDEP du Québec (site internet : 132.203.71.97/index.html.) Données de forages d'exploration minière d'Osisko Exploration Ltée (fournis par le client) Ministère des Ressources naturelles et Faune du Québec, e-sigéom examine, Forages au diamant, site internet : http://sigeom.mrnfp.gouv.qc.ca/signet/classes/I1102_index Données de forages de Golder, 2008 (rapport en cours) Développement domiciliaire à Malartic – Secteurs : Golf et chemin du camping, Lot 2 : Égouts, aqueduc et voirie. Génivar 2006, 175 pages. Étude hydrogéologique – Recherche en eau souterraine et implantation d'un puits de production, Ville de Malartic. Génivar 2006, 27 pages.
Topographie du sol	Modèle numérique d'altitude (32D01-0102 et 32D01-0202) provenant du ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec
Utilisation du territoire	MIR télédétection, Quickbird 2003/09/17 Veillette, 2003. Les cartes de formations en surface de l'Abitibi, Québec. Commission géologique du Canada, Dossier public 1523.
Données météorologiques	Données sur les normales climatiques de la station de Val-d'Or provenant des Archives climatiques nationales d'Environnement Canada, site internet : http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca
Données hydrauliques	Données provenant du Centre d'expertise hydrique du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec et de la Base de données fédérale HYDAT
Mines souterraines existantes	Plans en format électronique (fichiers .dxf) et en format papier d'Osisko Exploration Ltée (fournis par le client) Rapport portant sur la gestion de l'eau dans les ouvrages souterrains (Experts Enviroconseils Inc., année inconnue et Lac Mineral, 1984), informations sur les conditions de pompage dans les ouvrages souterrains fournis par Osisko
Paramètres hydrauliques et niveaux d'eau	*Rapport préliminaire,* Description du milieu récepteur. Génivar 2008a, 52 pages. Données de niveau d'eau dans le puits de la mine Est Malartic (fournies par le client) Étude hydrogéologique – Recherche en eau souterraine et implantation d'un puits de production, Ville de Malartic. Génivar 2006, 27 pages Golder – compilation des valeurs de conductivité hydraulique pour les argiles varvées abititbienne

2.2 Travaux de terrain

Différents travaux de terrain ont été réalisés entre le 5 novembre 2007 et la fin du mois de mai 2008. Les travaux de terrain ont permis de préciser les conditions d'écoulement de l'eau souterraine dans les dépôts meubles et le roc, de préciser les propriétés hydrauliques et la distribution des matériaux géologiques.

Les travaux de terrain réalisés sont les suivants:

- La réalisation de cinq forages (GT07-1 à GT07-5 et CM07-1540) orientés dans le roc et la réalisation d'essais hydrauliques en forages (essais packers) à l'intérieur de quatre de ceux-ci;
- La réalisation de 43 forages dans les dépôts meubles (BH-08-1 à BH-08-43);
- L'aménagement de neuf forages en puits d'observation;
- Le nivellement et la localisation des puits d'observation et forages réalisés;
- Le relevé piézométrique dans 30 puits d'observation et forages d'exploration ou de condamnation (21 dans le roc et 9 dans les dépôts meubles);
- Le relevé piézométrique dans quatre puits de mines souterraines;
- L'installation de 16 sondes à pression (dataloggers) pour le suivi du niveau d'eau dans les dépôts meubles et dans le roc pour l'étude de l'évolution des niveaux d'eau lors de la mise en fonction des deux pompes du puits de la mine Est Malartic; et
- L'échantillonnage et l'analyse de l'eau souterraine de l'eau du puits de la Est Malartic.

Les détails concernant la méthodologie de ces travaux sont décrits dans les paragraphes qui suivent.

2.2.1 Essais hydrauliques en forages

L'étude géotechnique de ce projet comprend cinq forages inclinés de diamètre NQ (GT07-01 à GT07-05) effectués à proximité de la zone minéralisée. Dans le but de réaliser une caractérisation hydrogéologique détaillée du massif rocheux, des essais de perméabilité à charge descendante et constante ont été effectués dans quatre de ces forages (GT07-02 à GT07-05) ainsi que dans un forage d'exploration (CM07-1540).

Les travaux de forages et les essais se sont déroulés du 5 novembre 2007 au 28 janvier 2008 et leur localisation est présentée à la figure 3. Les informations (coordonnées X-Y, profondeur, azimut et plongée) pour chacun des forages sont présentées au tableau 2.

Tableau 2
Sommaire des forages utilisés pour les essais packer.

Forage	Type d'essai packer	Coord. UTM (NAD 83)		Plongée (°)	Azimut (°)	Profondeur maximale testée (m)	
		X	Y			Parallèle au forage	Verticale
GT07-02	Simple	714820	5334725	60		279	242
GT07-03	Double	713580	5334900	60	45	226	196
GT07-04	Double	713910	5334447	70	315	369	347
GT07-05	Simple	714125	5334470	70	180	379	356
CM07-1540	Double	714307	5334883	55	180	124	101

Les essais hydrauliques en forage ont été réalisés à l'aide d'un système d'obturateurs pneumatiques descendus en utilisant un câble d'acier, reliés à un treuil et gonflés avec de l'azote gazeuse. Les forages GT07-02 et GT07-05 ont été testés avec un système de d'obturateur pneumatique simple tandis que les forages GT07-03, GT07-04 et CM07-1540 ont été testés avec un système d'obturateur double. Le système d'obturateur simple consiste à positionner un obturateur pneumatique à l'intérieur des tiges de forage au-dessus du trépan et un second sous le trépan. L'intervalle testé est situé entre le fond du forage (existant au moment du test) et la base de l'obturateur placé sous le trépan.

Les longueurs des intervalles testés sont déterminées selon la qualité du roc rencontrée au cours du forage. Lorsque le forage de la section à tester est complété, le carottier est retiré et le train de tiges de forage est remonté du fond du sondage pour exposer la section à tester. Le sondage à découvert est ensuite lavé avec de l'eau pour enlever les additifs et les résidus de forage. Dans le cas du système à double obturateur, un troisième obturateur pneumatique est ajouté à six mètres sous le second obturateur. Avant

l'utilisation du système à double obturateur, le sondage est d'abord nettoyé avec un trépan afin de s'assurer qu'il ne contient aucun débris, puis les essais sont effectués sur des intervalles de 6 mètres.

Les intervalles des essais à obturateur simple sont choisis de telle sorte qu'il existe un chevauchement avec l'essai précédent. Les intervalles testés ont été généralement de 12 à 25 mètres (mesurés verticalement) pour les profondeurs de 0 à 125 mètres et de 25 à 55 mètres pour les profondeurs de 125 mètres et plus. Lors de l'utilisation du système à double obturateurs, les intervalles de 6 mètres n'ont pas été chevauchés. Dans ce cas, les zones testées ont été sélectionnées selon les zones ayant soit très peu de fracturation (hautes valeurs de RQD) soit les fracturations les plus élevées (faibles valeurs de RQD).

Un sommaire des essais hydrauliques en forage incluant une description des intervalles testés est présenté à l'annexe A.

2.2.1.1 Essais à charge descendante

Un total de 49 essais à charge descendante a été effectué. Ces essais visent à déterminer la conductivité hydraulique du roc dans l'intervalle isolé. Une fois que le système d'obturateur est gonflé et que le niveau statique est mesuré, une charge hydraulique est appliquée sur le massif rocheux par le remplissage des tiges de forage en utilisant de l'eau propre. Une fois les tiges de forage remplies d'eau, la baisse du niveau d'eau est mesurée avec un piézomètre électrique placé au bas de l'intervalle testé et un autre près de la surface (à quelques mètres sous le sommet des tiges de forage). Les données de récupération de l'essai à charge descendante ont été analysées en utilisant la méthode à charge descendante de Bouwer-Rice (Bouwer et Rice, 1976) et celle de Hvorlsev (Hvorslev, 1951) pour calculer la conductivité hydraulique (K (m/s)) de l'intervalle testé.

La procédure détaillée de l'essai à charge descendante est la suivante :

1. Mesure du niveau d'eau statique avant d'insérer le système d'obturateurs pneumatiques;

2. Installation du piézomètre électrique à la base de l'obturateur du bas et ajustement de l'appareil à une fréquence de mesure aux deux secondes;

3. Installation d'un second piézomètre électrique sous le niveau statique aussi avec un ajustement de l'appareil à une fréquence de mesure aux deux secondes;

4. Mesure du niveau d'eau statique avant et après avoir gonflé les obturateurs pneumatiques;

5. Gonflement des obturateurs pneumatiques selon les recommandations du manufacturier (RST Instruments, 2007);

6. Remplissage des tiges de forage jusqu'à la surface avec de l'eau propre;

7. Mesure manuelle des niveaux d'eau de façon périodique pour le contrôle de la qualité des données enregistrées par les piézomètres électriques; et

8. Fin de l'essai lorsque le niveau d'eau atteint au moins 70% de remontée par rapport au niveau initial ou après 30 minutes (selon la première condition atteinte).

2.2.1.2 Essais à charge constante

Un total de 58 essais à charge constante a été effectué. Ce type d'essai implique l'application d'une charge et d'un débit constants dans l'intervalle testé à partir d'une pompe en surface. L'essai à charge constante est généralement effectué à la suite de l'essai à charge descendante. Les essais à charge constante ont été interprétés en utilisant la méthode à charge constante de Hvorslev (Hvorslev, 1951)

La procédure détaillée de l'essai à charge constante est la suivante :

1. Installation du second piézomètre électrique sur le système d'apport d'eau pour mesurer la pression d'eau injectée et ajustement de l'appareil à une fréquence de mesure aux deux secondes;

2. Mise en place du boîtier étanche, de la jauge de pression manuelle et du débitmètre à la tête du train de tige;

3. Injection de l'eau à une pression (maximale de 350 kPa) et à un débit constants durant 10 à 15 minutes avec les mesures du débit et de la pression à chaque minute; et

4. Dégonflement et retour au niveau d'eau statique.

2.2.2 Suivi piézométrique

Un relevé des niveaux d'eau a été réalisé à l'intérieur de 30 puits d'observation et de forages de définition ou de condamnation et de quatre puits de mines souterraines entre le 13 et le 16 mars 2008 et les 15 et 16 mai 2008.

La localisation de ces puits est présentée à la figure 3 et les données piézométriques recueillies ainsi qu'une description sommaire des puits sont présentées au tableau 5.

Afin de suivre l'évolution des niveaux d'eau sur une période prolongée lors de la recharge printanière de l'aquifère, un total de 16 sondes à pression (piézomètres électriques) a été installé à l'intérieur de puits d'observation et de forages d'exploration, de condamnation ou de définition. Des sondes ont aussi été installées dans trois puits de mines (Canadian Malartic, Barnat et Est Malartic). Deux modèles de sondes ont été installés dans les puits, les forages ou les ouvertures souterraines, soit des sondes à pression de marque *Solinst* modèle *Levellogger* et des sondes à pression de marque *Schlumberger* de modèle *Mini Diver*.

Les sondes ont été mises en place le 13 et le 14 mars 2008 avant le départ des pompes dans le puits de la mine Est Malartic et ont été retirées le 15 et le 16 mai 2008, soit deux mois après leur mise en place. Les données recueillies lors de cet essai sont utiles pour étudier l'impact du pompage sur les niveaux d'eau dans le roc et dans les dépôts meubles. La figure 4 présente la localisation des points de suivi des niveaux d'eau sur 2 mois.

Les données brutes de suivi des niveaux d'eau avec les sondes à pression sont présentées à l'annexe B.

2.2.3 Localisation et nivellement

La localisation et l'élévation du sol ainsi que du sommet du tubage à l'endroit de chaque puits d'observation ont été arpentées par les arpenteurs-géomètres de Osisko à l'aide d'un GPS (*Geographical Position System*) de marque *Sokkia*, modèle Radian IS avec un carnet Allegro CX. La précision de cet appareil est de 2 cm. Cette précision est jugée suffisante pour l'échelle de travail de la présente étude.

2.2.4 Essais hydrauliques sur les résidus miniers

Un essai de perméabilité à charge ascendante a été réalisé à l'intérieur du forage BH-08-03 le 14 mai 2008.

Ce type d'essai consiste à vider partiellement le puits d'observation à l'aide d'un échantillonneur à clapet et à mesurer le taux de remontée du niveau d'eau. L'intervalle crépiné d'une longueur de 1,5 m chevauche les résidus miniers La solution analytique utilisée pour l'interprétation des données est celle de Bouwer et Rice (Bouwer et Rice,1976).

Les données de terrain ainsi que le détail de l'interprétation de l'essai sont présentés à l'annexe C.

2.2.5 Échantillonnage et analyse de l'eau souterraine

L'échantillonnage de l'eau souterraine a été réalisé dans le puits de la mine Est Malartic, les 18 et 21 avril 2008 et le 3 juillet 2008. Les échantillons ont été analysés pour déterminer leur contenu en métaux, en hydrocarbures pétroliers C_{10}-C_{50}, en ions majeurs, et d'autres paramètres conventionnels tels l'azote ammoniacal, les cyanures, l'alcalinité totale, les matières en suspension et la dureté.

Les échantillons ont été prélevés directement sur la conduite d'eau de la pompe, laquelle pompait de façon continue depuis plusieurs jours. Les échantillons à analyser pour les métaux ont été filtrés au laboratoire.

Les analyses ont été réalisées par le laboratoire accrédité Maxxam Analytique Inc. de ville St-Laurent. Les procédures suivies lors de l'échantillonnage, du transport et de la conservation des échantillons respecte le *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales - Cahier 3: Échantillonnage des eaux souterraines* (MENV, 1994),

Les certificats d'analyses de Maxxam sont consignés à l'annexe D.

2.3 Évaluation de la recharge

L'utilisation du bilan hydrologique pour déterminer la recharge permet l'intégration de plusieurs paramètres tels que les précipitations, la température, le type de sol, les pentes du terrain, l'utilisation du sol et le type de culture. La méthode utilisée pour l'évaluation du coefficient de ruissellement est la méthode rationnelle décrite par le Soil Conservation Service (SCS, 1972 et 1975) et adaptée par le ministère des transports du Québec dans son manuel portant sur la conception des ponceaux (MTQ, 2004). Cette méthode permet de classifier chaque texture, utilisation du sol et classe de pente en fonction de sa réponse hydrologique potentielle en permettant la détermination du coefficient de ruissellement en fonction des différents paramètres mentionnés plus haut.

Le tableau 3 résume les sources des données utilisées pour le calcul du bilan hydrologique.

Tableau 3
Source des données utilisées pour le calcul du bilan hydrologique

Composante du bilan hydrologique	Source
Précipitations annuelles (1971 à 2000)	Station météorologique de Val-d'Or, Environnement Canada http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/
Évapotranspirations réelles (1971 à 2000)	Station météorologique de Val-d'Or, Environnement Canada http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/
Ruissellement, méthode rationnelle	Ministère des Transport du Québec, 2004. Manuel de conception des ponceaux
Utilisation du sol	MIR télédétection, Quickbird 2003/09/17
Type de sol	Veillette, 2003. Les cartes de formations en surface de l'Abitibi, Québec. Commission géologique du Canada, Dossier public 1523.
Classes de pentes	Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, modèles numériques d'altitude (32D01-0102 et 32D01-0202)

La recharge calculée à partir du bilan hydrologique est définie comme étant équivalente à l'infiltration dans le sol (Scanlon et al., 2002). Cette recharge est toutefois dite potentielle ou maximale, car beaucoup de processus peuvent intervenir dans la zone non-saturée et empêcher l'infiltration d'atteindre la nappe.

L'emmagasinement (S) définit la quantité d'eau qui est retenue par les plantes et qui ne s'infiltre pas dans le sol jusqu'à la nappe. Il varie principalement en fonction de deux paramètres : la profondeur des racines et la capacité de rétention du sol (Scanlon et al., 2002).

L'infiltration potentielle a été déterminée par bilan hydrologique pour tout le territoire à l'étude. L'infiltration potentielle est calculée en soustrayant des précipitations (P) les valeurs du ruissellement direct (R_d), de l'évapotranspiration réelle (ET) et de l'emmagasinement (S) (Banton et Bangoy, 1999).

$$I = P - R_d - ET - S \qquad \text{eq.1}$$

où I = infiltration (mm)
P = précipitation (mm)
R_d = ruissellement direct (mm)
ET = évapotranspiration réelle (mm)
S = emmagasinement (mm)

Les précipitations (P) ont été compilées pour la période de 1971 à 2000 à partir des données de normales climatiques des Archives climatiques nationales d'Environnement Canada pour la station de Val-d'Or (48° 3.600' N, 77° 47.400' O, 337,40 m d'altitude).

Le ruissellement direct (R_d) a été calculé en utilisant la méthode rationnelle telle que suggérée par le ministère des Transports du Québec (MTQ, 2004). Cette méthode permet de calculer le ruissellement direct en ce qui a trait à la hauteur d'eau pour une surface unitaire à partir de la hauteur de pluie tombée et du coefficient *Cp* qui, lui, prend en compte le type de sol, l'utilisation du sol et les pentes. Cette méthode permet de classifier l'utilisation du sol et le type de sol en fonction de sa réponse hydrologique potentielle. Le ruissellement ainsi calculé correspond au ruissellement direct suite à une précipitation. Suite à ce calcul, il a été possible de définir des zones correspondant à des coefficients de ruissellement faible, moyen et élevé.

Le type de sol utilisé pour le calcul du ruissellement a été déterminé à partir de la carte des dépôts meubles de Veillette (2003) présentée à la figure 5. Les classes de pentes ont, quant à elles, été déterminées à partir du modèle numérique d'altitude (MNA) à l'échelle du 1 :20 000 (MRNF, 2004). L'utilisation du sol a été déterminée par photo-interprétation à partir de la photo aérienne (MIR télédétection). La cartographie a été réalisée selon les classes d'utilisation du sol et de types de sol présentés au tableau 4.

Tableau 4
Classes d'utilisation et types de sol utilisés pour le calcul du bilan hydrologique

Utilisation du sol	Types de sol
Boisé	Roc
Imperméable	Till
Milieu humide, lacs et rivières	Esker
Sol à nu	Argile
Organique	Tourbière

L'évapotranspiration potentielle (ETP) a été calculée mensuellement selon la méthode de Thorntwaite et Mather (Thorntwaite et Mather, 1957), en utilisant les données de normales climatiques mensuelles pour la période de 1971 à 2000 pour la station de Val-d'Or. L'évapotranspiration réelle (ETR) a ensuite été déterminée mensuellement en comparant les valeurs d'ETP aux valeurs de précipitation et de ruissellement direct moyen. Lorsque la valeur mensuelle d'ETP excédait la balance de la précipitation moins le ruissellement direct (P–Rd) pour le même mois, l'ETR a été limitée à la valeur de (P-Rd). Lorsque l'ETP était inférieure à (P-Rd), l'ETP a été conservée comme valeur de ETR. La somme des 12 valeurs mensuelles d'ETR a ensuite été faite pour obtenir une valeur de ETR annuelle et ainsi obtenir l'évapotranspiration réelle.

2.4 Modélisation numérique

La modélisation numérique a été utilisée afin d'évaluer quantitativement le rabattement dans le roc et dans les dépôts meubles engendré par le pompage avant et lors de l'exploitation de la mine projetée. Cet outil mathématique a aussi été utilisé pour évaluer le débit d'exhaure engendré par le minage de la fosse à ciel ouvert et par le pompage des anciennes mines souterraines.

Plus spécifiquement, la modélisation permet d'évaluer de façon quantitative :

1) l'impact du pompage de l'eau souterraine dans l'aquifère du roc et le débit d'infiltration dans la fosse à ciel ouvert en plus des débits de pompage potentiels dans les ouvrages souterrains;

2) l'impact sur les niveaux d'eau dans l'esker, où a lieu le pompage d'eau potable par la ville de Malartic, et dans le roc superficiel, où des puits domestiques sont installés, et ainsi conclure sur la possibilité d'un conflit d'usage, et

3) la possibilité de drainage de l'argile (dépôts glaciolacustres).

Le logiciel utilisé pour la modélisation numérique est le logiciel Feflow - Finite Element Subsurface Flow System (Diersch 2004 a et b). Ce logiciel de simulation numérique de l'écoulement de l'eau souterraine permet également de modéliser le transport de contaminants en utilisant la méthode des éléments finis. Le logiciel est particulièrement approprié pour des systèmes aquifères complexes impliquant plusieurs unités hydrostratigraphiques et des conditions aux limites variables.

L'étendue du domaine modélisé couvre environ 225 km² et est contrainte au nord par le lac Malartic et au sud par le lac Fournière, tous les deux représentés par une limite à charge imposée. Les limites est et ouest respectent le réseau hydrographique de surface et sont perpendiculaires à l'écoulement de l'eau souterraine. Ces limites sont représentées par une limite imperméable (flux nul).

Pour la représentation des mines souterraines, le modèle numérique a été construit à partir du modèle tridimensionnel réalisé à l'aide du logiciel Gocad. Ce dernier a été développé à partir des plans des anciennes mines fournis par Osisko (Osisko, 2008b). Le modèle numérique intègre la géométrie complexe du modèle géologique 3D représentée par les galeries, les chantiers et les puits pour chacune des quatre mines existantes (Canadian Malartic, Sladen, Barnat et Est Malartic). Certaines simplifications ont été faites du point de vue du nombre de galeries souterraines, tout en s'assurant de respecter les connections hydrauliques principales entre les différents chantiers souterrains.

Une fois le modèle numérique construit, celui-ci a été calibré sur des données réelles telles que des niveaux d'eau et/ou des débits de pompage. La calibration a été effectuée selon trois jeux de données :

- condition sans pompage (régime permanent) en utilisant les données piézométriques mesurées dans plusieurs puits d'observation ou forages, en mars 2008;

- pompage réalisé à partir du puits de la mine Est Malartic, d'avril 2006 à décembre 2007 (régime transitoire) en utilisant les données de niveaux mesurées par Osisko dans le puits de la mine Est Malartic; et

- pompage des mines souterraines entièrement drainées en 1979 (régime permanent).

La calibration d'un modèle d'écoulement constitue la démarche visant à démontrer la capacité du modèle numérique à reproduire des charges hydrauliques et des flux volumétriques tels qu'observés dans la réalité (Anderson et Woessner, 1991).

La calibration a été réalisée par essais et erreurs en modifiant les paramètres hydrauliques (conductivité hydraulique, emmagasinement, etc.) et les valeurs de recharge. La réalisation de plusieurs simulations pour chacun des scénarios, en faisant varier un ensemble de paramètres hydrauliques, a pour but de minimiser la différence entre les charges hydrauliques, les rabattements et les débits simulés et mesurés et de représenter les conditions d'écoulement de l'eau souterraine. La réalisation d'une calibration selon trois scénarios, deux en régime permanent et un en régime transitoire, permet de réduire l'incertitude du modèle et d'assurer une plus grande validité aux résultats de prédiction.

Une fois les objectifs de calibration atteints, des simulations prédictives ont été conduites selon les stades de développement de la fosse et le taux de pompage de l'eau souterraine emmagasinée dans les ouvertures existantes.

La modélisation a été réalisée en régime transitoire pour représenter ces trois stades de développement, soit en 2013, en 2018 et en 2025. Le pompage est initié en 2010 au début du creusage de la fosse.

3.0 DESCRIPTION DE LA RÉGION À L'ÉTUDE

La région étudiée dans le cadre du présent mandat couvre une superficie de 225 km² et comprend une portion de la ville de Malartic, laquelle est située à 25 km à l'ouest de la ville de Val-d'Or. Le point central de la région étudiée correspond aux coordonnées géographiques 5 335 000 N et 715 000 E selon le système de projection UTM NAD 83 zone 17, et 48° 7' N, -78° 7' E selon le système de projection Lat/long NAD 83.

Les limites de la région à l'étude ont été déterminées en fonction de l'emplacement des rivières, des lacs et de la ligne de partage des eaux au sud du modèle. Cette région couvre entièrement le périmètre prévu pour la zone d'exploitation projetée (RSG Global, 2006) en plus d'inclure les quatre mines souterraines existantes.

3.1 Physiographie et hydrographie

Le territoire à l'étude est limité au sud-est par le lac Fournière (28 km^2) et au nord par le lac Malartic (76 km^2). La topographie de surface est relativement modérée et suit le relief du socle rocheux précambrien de la région. L'élévation moyenne du terrain est de 325 mètres au-dessus du niveau moyen de la mer (a.n.m.m.) avec quelques collines s'élevant à près de 400 mètres (a.n.m.m.) et s'étendant de l'ouest vers l'est dans la partie sud-ouest du territoire. La dénivellation verticale maximale pour la région couverte est d'environ 75 mètres.

La région est partiellement boisée et les espèces d'arbre dominantes sont l'épinette noire, le mélèze et le bouleau. La région à l'étude est située à la tête du bassin versant drainé par la rivière Harricana, qui fait elle-même partie du grand bassin hydrographique de la Baie-James. Un certain nombre de ruisseaux, de rivières, de marécages et de petits lacs partiellement connectés entre eux parsèment la zone à l'étude. La majorité du terrain se draine au nord vers le lac Malartic, par la Petite rivière Héva et la rivière Malartic, tandis que les eaux localisées dans le sud-ouest se drainent vers l'est par le ruisseau Raymond puis vers le sud vers le lac Fournière.

3.2 Utilisation de l'eau souterraine

La ville de Malartic est actuellement desservie en eau par trois sources d'alimentation souterraines situées à l'intérieur de la région à l'étude à environ 4 km au nord-ouest de la fosse proposée. La localisation de ces puits est présentée à la figure 3.

Selon les informations transmises par le directeur des travaux publiques de la Ville de Malartic, Monsieur Jean Brassard, un débit moyen de 1700 m^3/j est pompé selon une répartition de 80% prélevé dans le puits PP-6 localisé au nord-ouest et construit en 2006, et de 10% par chacun des deux autres puits, P-4 et P-5, situés dans un banc d'emprunt désaffecté au sud-est du puits PP-6. Les puits d'alimentation sont situés sur la crête d'un même esker au relief peu accentué.

Selon le rapport hydrogéologique disponible (GCE Consulteaux, 2006), le puits principal PP-6 n'est pas localisé en zone inondable et son élévation est de 330,6 mètres. Les eaux de surface et souterraines dans ce secteur s'écoulent vers le nord-nord-ouest, soit vers la Petite rivière Héva. Le niveau d'eau à ce puits est situé à l'élévation 310 mètres et provient d'un aquifère à nappe libre, qui est majoritairement situé à l'intérieur d'une zone réservée à l'eau potable par décret.[1]

Selon les informations obtenues, le sommaire historique de l'approvisionnement en eau à la ville de Malartic est le suivant :

- 1983 : L'approvisionnement en eau est effectué à partir du lac de la réserve (Golder, 1983);

- 1990 : Les puits P-4 et P-5 sont en production et des activités de recharge artificielle à partir de bassins d'infiltration sont réalisées (information verbale du directeur technique de Malartic, 1990);

[1] Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune, Contrainte Minière #6112, Soustraction à l'activité minière (jalonnement, désignation sur carte, à la recherche minière ou à l'exploitation minière d'un terrain nécessaire à l'alimentation de la prise d'eau potable de la ville de Malartic, MRC Vallée de l'Or, circonsription foncière d'Abitibi, www.gestim.mines.gouv.qc.ca).

- 2006 : Implantation du nouveau puits d'approvisionnement PP-6 et essai de pompage (Génivar, 2006), et

- 2008 : Nouveaux essais de pompage de longue durée au puits PP-6 (information verbale du directeur technique de Malartic, 2008) et travaux visant à implanter un nouveau puits environ 600 m au nord-nord-ouest de PP-6 (GCE Consulteaux, 2008)

L'historique de l'approvisionnement en eau des puits de la ville de Malartic indique donc que les capacités de production des puits ont eu de la difficulté à rencontrer les besoins en eau de la ville de Malartic, et ce, de façon réccurente depuis la construction du premier puits.

Aussi, au moins une cinquantaine de propriétés se situant à l'extérieur du réseau d'aqueduc municipal (résidentielles et/ou agricoles et/ou commerciales) ont été identifiées dans le secteur ciblé par l'étude comme étant alimentées par un puits domestique pour leur alimentation en eau potable installé dans les dépôts meubles ou dans le roc. Les propriétés se retrouvent principalement au sud, le long du 7^{e} rang et du chemin du Lac-Mourier tandis qu'au nord, elles longent la route 117 et le chemin de la rue du Lac-Malartic. La zone ici couverte inclut les limites du modèle hydrogéologique et le territoire de Rivière-Héva situé au nord-ouest.

3.3 Géologie des dépôts meubles

La zone à l'étude est principalement caractérisée par la présence de dépôts glaciaires. La figure 5 présente la carte géologique des dépôts meubles.

L'unité à la base de la colonne stratigraphique est le till. Il s'agit d'un dépôt résultant de l'érosion et du transport par le glacier en mouvement du roc sous-jacent. D'après la carte des dépôts meubles (Veillette et al., 2003), le till est présent sur les hauts topographiques (ou collines) selon une épaisseur de moins d'un mètre. Les pentes des collines sont couvertes par un dépôt continu de till d'épaisseur de plus de 1 m. Les tills de l'Abitibi ont une teneur moyenne de 60 à 70% en sable, de 20 à 25% en silt, de moins de 5% en argile et de moins de 5% de bloc (Veillette et al., 2003).

Le retrait glaciaire a mis à découvert les dépôts fluvioglaciaires, principalement les eskers, très présents dans la région. Ceux-ci sont principalement composés de sable et gravier et peuvent atteindre plus de 30 mètres d'épaisseur. La portion d'esker comprise dans la zone à l'étude présente un bon potentiel aquifère, puisque l'eau est retenue à l'intérieur par les dépôts glaciolacustres. Comme il a été mentionné précédemment, c'est dans ce type de dépôt de surface que sont aménagés les puits d'approvisionnement en eau potable de la ville de Malartic.

Les dépôts glaciolacustres sont les sédiments en suspension qui étaient présents dans le lac Barlow-Ojibway et qui se sont déposés sur les terres immergées. Les dépôts typiques d'un environnement glaciolacustre sont les argiles varvées composées de couches estivales en alternance avec les couches hivernales. La couche estivale est généralement plus épaisse, à granulométrie plus grossière, silteuse et de couleur plus claire. La couche hivernale est moins épaisse, à granulométrie plus fine, argileuse et de couleur plus foncée. Les dépôts glaciolacustres possèdent une épaisseur variable qui peut atteindre jusqu'à 20 mètres dans la zone à l'étude.

Suite au retrait du lac Barlow-Ojibway, les argiles et les sables littoraux ont été mis à découvert. C'est à ce moment que s'est développé le système de drainage suivant la pente du terrain. Les dépôts mis en place par le développement du système de drainage sont les alluvions. Ceux-ci sont principalement composés de sable silteux, de silt argileux, de sable et gravier, et leur épaisseur varie généralement de 1 à 5 mètres. Par la suite, les tourbières se sont formées. Les tourbières sont composées de dépôts organiques à décomposition très lente, puisqu'elles sont la plupart du temps submergées.

3.4 Géologie du roc

Le site à l'étude est localisé dans la ceinture de roches vertes archéennes située dans la partie sud-est de la province géologique du Supérieur dans le bouclier canadien (figure 6). La zone de la faille de Cadillac d'orientation est-ouest entrecoupe la région à l'étude. Plusieurs groupes lithologiques sont associés au faciès du schiste vert. La faille Raymond se situe au sud de la ville de Malartic et traverse la zone étudiée. Il existe une intrusion relativement étendue de granodiorite au sud-est de cette faille. Les roches méta-sédimentaires siliceuses situées de part et d'autre de la faille de Cadillac forment

l'assise géologique, en l'occurrence le conglomérat polygénique au nord et le grauwacke au sud. Le substratum est également composé de roches volcaniques, intrusives ultramafiques, mafiques (basalte) et intrusives felsiques (tonalite).

La majorité de la propriété de Malartic repose sur des roches méta-sedimentaires du Groupe de Pontiac au sud de la zone de faille Cadillac. La partie centrale nord de la propriété couvre une section de 3,5 km le long de la faille et est sous-jacente à des roches mafique-ultramafiques métavolcaniques du Groupe de Piché, entrecoupée par des intrusions de porphyre. Les deux structures majeures, les failles Cadillac et Sladen, définissent les limites nord et sud de la zone tectonique immédiate de la région de Malartic. Le gisement Canadian Malartic est constitué d'or disséminé dans un porphyre de diorite et un grauwacke comportant divers degrés d'altération en silice et en calcite.

3.5 Topographie du roc et épaisseur des dépôts meubles

Le calcul de l'épaisseur des dépôts meubles a été réalisé par interpolation des données disponibles. Il s'agit des données du système d'informations hydrogéologiques (SIH) du MDDEP (MDDEP, 2008), des données d'exploration minière compilées sur le site du Sigeom (MRNF, 2008), des données de Génivar (Génivar, 2006 et 2007), de Consulteaux (GCE Consulteaux, 2006) et de Golder (Golder, 2008 en rédaction).

La carte des dépôts superficiels de la Commission géologique du Canada (Veillette et al., 2003) a aussi été utilisée dans le but de localiser les affleurements rocheux (figure 5).

De façon générale, une épaisseur de dépôts plus importante est identifiée dans la partie ouest de la zone d'étude, là où se situe l'esker, et au centre de la zone où sont situés les parcs à résidus.

La carte de la topographie du roc est en relation directe avec celle de la topographie de surface et de la carte de l'épaisseur des dépôts meubles. En effet, celle-ci a été obtenue suite à la soustraction de la topographie de surface (modèle numérique de terrain) et de la carte de l'épaisseur des dépôts meubles obtenue par interpolation. C'est cette surface qui a été intégrée au modèle numérique d'écoulement de même que la surface topographique.

4.0 HYDROGÉOLOGIE ET RÉSULTATS DES TRAVAUX DE TERRAIN

4.1 Écoulement de l'eau souterraine

4.1.1 Conditions d'écoulement de l'eau souterraine à l'échelle régionale

La figure 7 présente une carte piézométrique de l'aquifère du roc réalisée à partir des données piézométriques relevées en mars 2008. Les données piézométriques recueillies ainsi qu'une description sommaire des puits sont présentées au tableau 5 ci-dessous. Il peut être observé que la plupart des données piézométriques se concentrent aux environs des mines souterraines, des parcs à résidus et du bassin d'entreposage d'eau proposé.

La carte piézométrique représente les conditions d'écoulement de l'eau souterraine dans l'aquifère de roc. L'intervalle des valeurs d'élévation de l'eau souterraine est compris entre 334,41 à 301,15 mètres. Les valeurs d'élévations de l'eau souterraine comprises entre 300 et 305 m sont essentiellement reliées à une galerie ou à un chantier de mine. Ces niveaux évoluent de la même façon lorsque soumis à une sollicitation telle que du pompage.

Afin de compléter la carte piézométrique, les données d'élévation du modèle numérique de terrain aux limites des lacs Malartic (294 m) et Fournière (304 m) ont été incluses aux fins de l'interprétation. La présence d'une ligne de partage des eaux au centre de la zone, au relief accentué au sud-ouest du site, a aussi été incluse au modèle conceptuel d'écoulement de l'eau souterraine dans le roc, bien que peu de données piézométriques ne soient disponibles pour l'instant dans ce secteur.

De façon générale, l'écoulement de l'eau souterraine s'effectue du sud vers le nord avec une tendance de l'écoulement de l'eau souterraine vers les anciennes mines dans le secteur plus immédiat de celles-ci. Au sud-ouest, dans le secteur des collines, le gradient hydraulique horizontal est plus important avec une valeur moyenne de 0,008. Près des anciennes mines souterraines Canadian Malartic, Sladen, Barnat et Est Malartic le gradient hydraulique horizontal est encore plus prononcé avec une valeur moyenne de 0,025 qui réflète l'influence des ouvrages souterrains dans le roc. Au nord de la ville de

Malartic, l'écoulement de l'eau souterraine est caractérisé par un plus faible gradient hydraulique horizontal avec une valeur moyenne de 0,0025.

La compréhension actuelle du site implique l'hypothèse que la contribution de l'aquifère de roc aux cours d'eau de surface est limitée aux plans d'eau majeurs tels que le lac Malartic et le lac Fournière. Les cours d'eau qui se retrouvent dans la zone à l'étude (rivière Malartic, lacs et ruisseaux superficiels) sont, quant à eux, considérés en connexion hydraulique avec les dépôts de surface.

La ville de Malartic s'approvisionne en eau potable à partir de trois puits aménagés dans un esker localisé au nord-ouest de la fosse proposée (figure 3). Selon les informations transmises par le directeur des travaux publiques de la Ville de Malartic, Monsieur Jean Brassard, un débit moyen de 1700 m^3/j est pompé selon une répartition de 80% par le puits PP-6, le plus au nord-ouest et construit en 2006, et de 10% par chacun des deux autres puits, P-4 et P-5, situés dans un banc d'emprunt désaffecté. Une étude hydrogéologique est présentement en cours dans le secteur du puits PP-6 afin d'étudier en conditions de pompage l'influence de ce puits sur les niveaux d'eau dans l'esker et afin d'évaluer la possibilité d'implanter un nouveau puits de pompage environ 600 m au nord-nord-ouest du puits existant PP-6.

Tableau 5

Localisation des points de mesure et données piézométriques obtenues en mars et en mai 2008

Puits	X (UTM NAD 83) (m)	Y (UTM NAD 83) (m)	Élévation du collet (m)	Unité	Profondeur eau (m)		Élévation eau (m)	
					14-15 mars 2008	15-16 mai 2008	14-15 mars 2008	15-16 mai 2008
BH-08-03	716488	5334031	320,67	sable/silt	3,56	2,31	317,11	318,36
BH-08-12	716947	5332581	321,21	roc	1,25	1,07	319,96	320,14
BH-08-15	716584	5331626	336,65	roc	4,78	4,40	331,87	332,25
BH-08-19	716502	5334491	319,78	roc	10,68	8,85	309,10	310,93
BH-08-38	717396	5333405	317,24	roc	5,10	4,61	312,14	312,63
CM06-851	714758	5334725	320,76	roc	13,20	11,63	307,56	309,13
CM06-852	714700	5334650	322,10	roc	17,30	14,03	304,80	308,07
CM06-863	714880	5334705	320,95	roc	9,35	8,62	311,60	312,33
CM07-1026	713412	5334835	331,87	roc	4,22	2,99	327,65	328,88
CM07-1102	713444	5334634	334,63	roc	10,22	9,05	324,41	325,58
CM07-1117	714186	5334351	323,92	roc	5,54	2,80	318,38	321,12
CM07-1147	714185	5334714	321,61	roc	18,17	14,63	303,44	306,98
CM07-1451	714580	5334510	326,12	roc	15,49	10,87	310,63	315,25
CM05-1624	713822	5334635	321,11	roc	17,14	13,74	303,97	307,37
CM07-1693	713880	5334571	321,15	roc	17,82	14,41	303,33	306,74
CM07-987	713702	5334619	323,38	roc	4,89	9,26	318,49	314,12
CM07-996	714215	5334155	327,79	roc	4,76	1,69	323,03	326,10
PO-2	714383	5334363	324,40	sable silteux	2,18	1,63	322,22	322,77
PO-3	714166	5334076	328,59	roc	1,51	1,40	327,08	327,19
PO-5	712862	5333503	331,81	roc	1,08	1,01	330,73	330,80
PO-7	712941	5332516	337,24	roc	2,88	2,83	334,36	334,41
PO-9	714851	5333827	330,20	dépôts	2,14	1,24	328,06	328,96
PO-10	717371	5333611	312,58	gravier	2,19	1,70	310,39	310,88
PO-11	713385	5335275	325,27	silt	3,39	2,61	321,88	322,66
PO-12	713170	5335290	328,06	m,organique	5,91	4,65	322,15	323,41
PO-13	712955	5335152	330,75	sable silteux	2,00	1,63	328,75	329,12
PO-16	713273	5335772	318,32	argile	1,57	1,29	316,75	317,03
PO-17	713463	5334885	327,66	Roc	5,62	1,52	322,04	326,14
D10	714098	5331750	331,07	roc	3,96	3,20	327,11	327,87
FE-12-06	715115	5335807	313,92	sable	-	9,50	-	304,42
Puits mine Sladen	715399	5334730	318,99	roc	15,48	13,57	303,51	305,42
Puits mine Barnat	715358	5335095	319,30	roc	15,56	13,70	303,74	305,60
Puits mine Canadian	714384	5334741	323,22	roc	21,24	17,94	301,98	305,28
Puits mine Est Malartic	715582	5334570	-	roc	-	-	301,15	-

4.1.2 Conditions d'écoulement de l'eau souterraine dans les anciennes mines

Du point de vue hydrogéologique, le secteur des anciens ouvrages souterrains (mines Canadian Malartic, Sladen, Barnat et Est Malartic) est caractérisé par une connectivité hydraulique dans la partie supérieure des anciennes mines et l'élévation de l'eau dans les puits ou les forages complétés dans les ouvertures souterraines sont très semblables, soit autour de 303 mètres (tableau 5 et figure 7). Il est cependant à noter que les différences d'élévation des niveaux entre les puits de la Canadian et de la Est Malartic, d'une part, et les puits de la Sladen et de la Barnat, d'autre part, ne sont pas expliquées. Étant donné les connections entre les parties supérieures des quatre mines, les différences d'élévation de l'eau pourraient être dues à des erreurs d'arpentage des points de référence utilisés pour les mesures de niveaux d'eau.

Un rapport interne produit par Lac Minerals indique des connections hydrauliques entre les quatres anciennes mines souterraines (Lac Minerals, 1984):

- La mine Canadian Malartic est connectée à la mine Sladen par un drain au niveau 625' (190 mètres);
- La mine Sladen est connectée à la mine Barnat par une galerie au niveau 725' (221 mètres), et,
- La mine Barnat est connectée à la mine Est Malartic par des galeries au niveau 1250' (381 mètres).

Ces informations permettent de supposer que, lorsque soumis à un pompage dans une ouverture souterraine, l'apport en eau provient de l'ensemble des anciennes mines souterraines pour les pompages situés au-dessus de 190 m de profondeur.

Évaluation du volume d'eau souterraine dans les ouvrages souterrains

L'évaluation du volume d'eau disponible dans les chantiers et les galeries souterraines a été réalisée à partir des valeurs de tonnages minés présentées au tableau 6. Ainsi, les volumes suivants ont été estimés à partir de ces valeurs (Génivar, 2007) et d'une valeur estimée de densité de 2500 kg/m^3 pour le minerai en place :

Tableau 6
Évaluation du volume d'eau dans les ouvertures minières
à partir des tonnages minés

Mines	Minerai exploité (tonnes)	Volume équivalent (m^3)
Canadian Malartic	9 930 000	3 972 000
Sladen	3 900 000	1 560 000
Barnat	4 600 000	1 840 000
Est Malartic	17 900 000	7 160 000
Total	**36 330 000**	**14 532 000**

Il est à noter que ces estimations de volumes supposent que les volumes des chantiers remblayés (présents principalement dans la mine Est Malartic) sont compensés entièrement par les volumes correspondant au développement souterrain (galeries et puits) restés ouverts. Aucune donnée n'étant disponible pour les volumes associés au développement souterrain, une certaine imprécision persiste en ce qui concerne les volumes de vides réellement présents dans les mines souterraines.

Contrôle du niveau d'eau dans les ouvrages souterrains par pompages

Afin de contrôler le niveau d'eau dans les ouvrages souterrains, et particulièrement lors de la recharge printanière, des activités de pompage sont réalisées par Osisko dans deux puits aménagés dans l'ancien puits de la mine Est Malartic. Typiquement, le pompage débute au début avril avec une première pompe mise en opération à un débit estimé à 180 m^3/h. Cette première pompe est en opération normalement jusqu'au début décembre. Vers la mi-avril une deuxième pompe est mise en fonction pour faciliter le rabattement en cette période de forte recharge. Cette pompe opère également à un débit de 180 m^3/h, mais pour une durée d'environ un mois et demi.

La figure 8 présente l'évolution du niveau d'eau dans le puits de la mine Est Malartic pour les années 2006 et 2007. Ces données ont été utilisées pour la calibration du modèle numérique.

4.2 Évaluation de la recharge

Une évaluation du bilan hydrologique de la zone à l'étude a été réalisée dans le cadre du présent mandat en utilisant la méthodologie présentée à la section 2.3.

L'intégration de plusieurs paramètres tels que les précipitations, la température, le type de sol, les pentes, l'utilisation du sol et le type de culture a été utilisée pour le calcul du bilan hydrologique et l'évaluation de la recharge de la nappe d'eau souterraine. Le territoire à l'étude a été divisé en différentes zones selon le coefficient de ruissellement variant de faible à élevé. La majorité du territoire est caractérisée par un coefficient de ruissellement moyen ou élevé. La portion du territoire où le coefficient de ruissellement est faible correspond à la portion de l'esker.

La valeur de recharge a été attribuée en fonction de ces coefficients de ruissellement (faible, moyen et élevé) et correspond respectivement à 25 mm/an, à 50 à 75 mm/an et à 300 mm/an pour les calibrations et de 25, 75 et 300 mm/an pour les simulations prédictives.

La détermination des valeurs de recharge a été réalisée en fonction des valeurs de précipitations qui ont été compilées pour la période de 1971 à 2000 à partir des données de normales climatiques des Archives climatiques nationales d'Environnement Canada pour la station de Val-d'Or (48° 3.600' N, 77° 47.400' O, 337,40 m d'altitude). Au cours de cette période, il est tombé en moyenne 914 mm de précipitations (pluie et neige combinées) annuellement. Les précipitations mensuelles les plus fortes tombent généralement au mois de juillet, alors que les plus faibles sont en février.

4.3 Suivi piézométrique

Un suivi des niveaux d'eau dans le secteur du projet Osisko a été initié en mars 2008. Ce suivi vise à préciser l'influence des activités de pompage dans le puits de la mine Est Malartic dans le roc et dans les dépôts meubles. Le tableau 5 présente les données de niveaux d'eau mesurées en mars et en mai 2008 dans ces puits et forages.

Au total, 16 sondes à pression ont été installées dans des puits d'observation, des forages d'exploration ou de condamnation ou des puits de mines afin de suivre l'évolution des niveaux d'eau avec le temps, avant et après le départ des pompes dans le puits de la mine Est Malartic. La figure 4 présente la localisation de celles-ci. Les données de mesure en continue des niveaux d'eau obtenus entre les 13 et 14 mars 2008 et les 15 et 16 mai 2008 sont présentées à l'annexe B.

Les figures B-1 et B-2 présentent les résultats du suivi sur deux mois des niveaux d'eau dans les seize points de mesure. De façon générale, il peut être observé qu'une hausse des niveaux d'eau est survenue lors de la fonte des neiges et de façon plus marquée à la mi-avril 2008. La hausse du niveau d'eau est variable d'un point de mesure à l'autre mais, en général, les plus fortes hausses sont notées pour les sondes aménagées dans les ouvertures souterraines (puits de la Barnat, puits de la Canadian Malartic, puits de la Est Malartic). L'évolution des niveaux d'eau mesurée dans les puits CM-06-852 et CM-07-1102 est plus instable (variations importantes des niveaux sur de courtes périodes de temps) ce qui suggère que de l'infiltration directe dans le tubage d'eau, suite à la fonte des neiges et à du ruissellement de surface, pourrait être survenue au cours de la période de suivi.

Le départ des pompes no.1 et no.2 est indiqué sur les deux graphiques de suivi des niveaux d'eau. Trois points de mesure révèlent une baisse des niveaux d'eau après le démarrage des pompes, soit le puits de la Est Malartic, le puits de la Barnat et le CM-06-852.

Les résultats de suivi des niveaux d'eau indiquent donc une connectivité hydraulique réelle entre la mine Est Malartic et la mine Barnat. Par contre, l'absence de baisse du niveau d'eau dans le puits de la mine Canadian Malartic après le démarrage des pompes suggère une connectivité hydraulique plus limitée entre cette mine et les mines Barnat et Est Malartic. D'autre part, la différence d'élévation de l'eau entre les puits Est Malartic et Barnat pourrait être due à l'arpentage du point de référence puisque la réponse dynamique de ces deux puits est pratiquement identique.

4.4 Hydrostratigraphie et paramètres hydrauliques

Les unités hydrostratigraphiques ont été définies sur la base d'une compilation des données stratigraphiques et hydrogéologiques existantes auxquelles se sont ajoutées les informations recueillies dans le cadre de la présente étude et de la réalisation par Golder de travaux de forage et d'aménagement de puits d'observation dont les détails seront présentés dans un rapport distinct (Golder, 2008, rapport en cours). Le tableau 7 présente un sommaire des paramètres hydrauliques disponibles pour la réalisation de l'étude hydrogéologique.

Six unités hydrostratigraphiques ont été identifiées, soit:

- les dépôts glaciolacustres;
- l'esker;
- le till glaciaire;
- les résidus miniers;
- le roc supérieur (0-100 m);
- le roc inférieur (plus de 100 m).

4.4.1 Dépôts glaciolacustres

Les dépôts glaciolacustres se retrouvent typiquement du till et du roc. Ceux-ci sont composés de matériaux fins, principalement d'argile et de silt.

D'après des données obtenues à partir d'essais in situ sur des argiles varvées d'Abitibi, la conductivité hydraulique des dépôts glaciolacustres est comprise entre $2x10^{-9}$ m/s à $2x10^{-7}$ m/s (Golder-compilation interne). La compilation de ces résultats d'essais de perméabilité réalisés révèle une valeur moyenne de $7x10^{-8}$ m/s. Les résultats d'essais en laboratoire sur les mêmes argiles varvées indiquent des conductivités hydrauliques d'un ordre de grandeur plus faible, soit près de $1x10^{-8}$ m/s. Un seul essai a été réalisé dans la zone à l'étude, soit un essai de pompage de courte durée réalisé lors de la purge pour échantillonnage du puits d'observation PO-16, et celui-ci révèle une valeur de conductivité hydraulique de $2x10^{-8}$ m/s (Génivar, 2008).

4.4.2 Esker

L'esker est un dépôt fluvioglaciaire principalement composé de sable et gravier. Il est possible d'y retrouver, par endroits, des lentilles de silt ou encore des blocs. Une partie de cet important complexe est exposé en surface; cependant, les flancs de l'esker sont enfouis sous les dépôts glaciolacustres. Les données existantes montrent qu'il ne semble pas y avoir de couche continue de till sous l'esker. Celui-ci reposerait donc directement sur le roc en certains endroits. Par contre, il est possible que du till lessivé par la déposition de l'esker soit présent sous l'esker et que les descriptions stratigraphiques disponibles n'aient pas fait de distinction quant à l'origine des matériaux décrits. D'après les données de compilation, la conductivité hydraulique de l'esker est de $1x10^{-3}$ m/s. Cette valeur a été obtenue suite à la réalisation d'un essai de pompage de longue durée sur une période de 99 heures (GCE Consulteaux, 2006).

4.4.3 Till

Le till est un dépôt glaciaire à granulométrie variable, mais il est principalement composé de sable et silt. Présent sur presque la totalité du territoire, sauf sous l'esker, il peut être considéré comme étant une unité peu perméable séparant la nappe de surface des dépôts meubles de la nappe profonde du roc. D'après les données de compilation, la conductivité hydraulique du till varie de $2x10^{-7}$ à $1x10^{-6}$ m/s (Génivar, 2008). Ces données ont été obtenues suite à des essais de pompage de courte durée réalisés lors de la purge pour échantillonnage des puits d'observation PO-2, PO-5, PO-11, PO-13 et PO-16.

4.4.4 Résidus miniers

Un esssai de perméabilité sur les résidus miniers indique une perméabilité de $7x10^{-6}$ m/s, ce qui est jugé typique des résidus miniers présents sur le site.

Tableau 7
Sommaire des différentes propriétés hydrauliques compilées et mesurées sur le terrain

Unité stratigraphique	Conductivité hydraulique (m/s)	Type d'essai	Source
Dépôts glaciolacustres	2×10^{-8}	Pompage courte durée (purge de puits d'observation)	Étude Rang 7, Génivar, 2008, préliminaire
	Minimum : 2×10^{-9} Maximum : 2×10^{-7} Moyenne : 7×10^{-8}	Essai perméabilité	Compilation de résultats d'essais perméabilité réalisés dans des argiles varvées d'Abitibi dans le cadre de projets Golder
Esker	1×10^{-3}	Essai de pompage longue durée	Étude hydrogéologique, GCE Consulteaux, 2006
Till	Minimum : 2×10^{-7} Maximum : 1×10^{-6} Moyenne : 6×10^{-7}	Pompage courte durée (purge de puits d'observation)	Étude rang 7 Génivar, 2008 - préliminaire
Roc	Minimum : 5×10^{-9} Maximum : 6×10^{-6} Moyenne : 2×10^{-6}	Pompage courte durée (purge de puits d'observation)	Étude Rang 7, Génivar, 2008, préliminaire
Roc (0-100m)	4×10^{-7}	Simple et double obturateur	Essais hydraulique en forage, Golder 2008
Roc (100m et +)	7×10^{-9}	Simple et double obturateur	Essais hydraulique en forage, Golder 2008
Résidus miniers	7×10^{-6}	Essai perméabilité	Golder, 2008

4.4.5 Roc – Résultats des essais hydrauliques en forage

Les essais packer proviennent de quatre forages du programme géomécanique (GT07-02 à GT07 05) localisés principalement dans le grauwacke ainsi que d'un forage exploratoire (CM07-1540) dans le porphyre de diorite au nord de la propriété. Puisque les forages sont inclinés, une correction a été appliquée pour faire une interprétation conventionnelle pour les puits verticaux. La localisation de ces forages est présentée à la figure 2.

Les données de l'essai à charge descendante ont été analysées en utilisant la méthode à charge descendante de Bouwer-Rice (Bouwer et Rice, 1976; Bouwer, 1989) et celle de Hvorlsev (Hvorslev, 1951). Les données des essais à charge constante ont été interprétées en utilisant la méthode à charge constante de Hvorslev (Hvorslev, 1951) pour calculer la conductivité hydraulique (K (m/s)) de l'intervalle testé.

Les valeurs de conductivité hydraulique ont été calculées à partir de 59 intervalles testés et sont présentées à l'annexe A. Lorsque les deux types d'essais à charge descendante et à charge constante ont été effectués, les résultats obtenus par la méthode de Hvorslev à charge constante sont considérés les plus précis et sont ceux présentés à l'annexe A. Lorsque l'essai à charge descendante est le seul type utilisé, la valeur calculée en utilisant la méthode de Bouwer-Rice est alors présentée.

Afin de faciliter la compréhension, l'ensemble des essais (GT07-02 à GT07-05 et CM07-1540) est d'abord montré; puis, les essais dans les forages GT07-02 et GT07-05 sont montrés de façon isolée. Un total de 34 essais dans le roc peu profond (0-100 m) a été effectué et 25 autres dans celui plus profond (100 m et plus). La figure 9 montre les valeurs K selon la profondeur verticale du point milieu de l'intervalle. De plus, la figure 9 montre les valeurs K classifiées selon les intervalles verticaux dans le massif rocheux entre 0 et 100 m et ceux de 100 m et plus. Les valeurs K varient entre 10^{-10} et 10^{-5} m/s et une tendance de baisse des valeurs de K avec la profondeur peut être notée.

De façon similaire, la figure 10 montre un histogramme des valeurs de K pour le roc peu profond (0-100 m) et celui plus profond (100 m et plus). Les deux ensembles de données

sont relativement semblables et montrent une valeur K centrée de 10^{-8} m/s. Les valeurs moyennes calculées pour l'intervalle entre 0 et 100m est de $6x10^{-8}$ m/s et de $2x10^{-8}$ m/s pour les profondeurs de 100 m et plus.

Les conductivités hydrauliques pour les unités rocheuses principales sont présentées à la figure 11. Les intervalles comprenant les unités de graywacke avec des altérations en biotite, de graywacke avec des altérations en calcite-silice et de diorite avec des altérations de calcite-silice, montrent une valeur K moyenne de 10^{-8} m/s. Aucune unité rocheuse ne semble se démarquer des autres par ses propriétés hydrauliques.

Les essais effectués dans les forages GT07-02 et GT07-05 couvrent de façon continue le massif rocheux testé comparativement aux forages GT07-03, GT07-04 et CM07-1540, qui ont été testés par système à double packer, et ce, de façon discontinue sur des intervalles de 6 m. Les essais packer en continu sur le massif permettent de mieux couvrir l'ensemble des discontinuités pouvant y être présentes. Cela permet d'obtenir un profil précis des conductivités hydrauliques en fonction de la profondeur, plutôt que de seulement cerner les valeurs K extrêmes par un profil discontinu.

La figure 12 montre les valeurs K selon la profondeur verticale du point milieu de l'intervalle pour les forages GT07-02 et GT07-05. Les valeurs K varient entre 10^{-10} et 10^{-5} m/s avec une tendance marquée à diminuer avec la profondeur.

La figure 13 présente un histogramme des valeurs de K regroupées en ordre de grandeur pour le roc peu profond (0-100 m) et celui plus profond (100 m et plus) pour les forages GT07-02 et GT07-05. Les valeurs moyennes calculées pour l'intervalle entre 0 et 100 m est de $4x10^{-7}$ m/s et de $7x10^{-9}$ m/s pour les profondeurs de 100 m et plus.

4.4.6 Coupes hydrostratigraphiques

Deux coupes hydrostratigraphiques longitudinales sont présentées aux figures 14 et 15 alors que la position de ces coupes est présentée à la figure 2.

La coupe A-A' (figure 14) est orientée selon un axe nord-ouest/sud-est allant du secteur des puits de la ville de Malartic en passant par le secteur prévu pour l'implantation de la

fosse et le parc à résidus existant et se termine dans le secteur du lac Malartic. La coupe illustre d'abord, en partie, la géométrie de l'esker localisé au nord-ouest du site. L'épaisseur de l'esker est comprise entre quelques mètres et près de 40 mètres. Les sédiments glaciolacustres plus fins (silt et argile) se retrouvent en bordure et au-dessus de la limite sud de l'esker. L'épaisseur de ce type de matériel atteint 20 mètres dans le secteur des anciennes mines souterraines. La coupe indique aussi, vers le sud-est, une remontée du roc qui correspond au secteur au relief plus accentué et qui est recouvert à cet endroit par un mince couvert de till.

La coupe B-B' (figure 15) est orientée selon un axe nord-est/sud-ouest allant du secteur à relief plus accentué au sud-ouest de la fosse proposée et passant légèrement au nord de la mine Camflo. Encore une fois, au sud du site, dans le secteur au relief plus accentué une mince couche de till se retrouve sur le roc. La coupe indique la présence du parc à résidus qui repose sur des sédiments fins d'origine glaciolacustre. Les sédiments plus grossiers de l'esker sont aussi recoupés; mais dans l'extension sud de l'esker, ceux-ci sont recouverts par les sédiments glaciolacustres. Au nord-est, dans le secteur au relief plus accentué, le roc est découvert sans présence de till.

4.5 Qualité de l'eau souterraine

Des échantillons d'eau souterraine ont été prélevés dans le puits de la mine Est Malartic, le 18 et le 21 avril 2008 ainsi que le 3 juillet 2008.

Ces échantillons ont été soumis à l'analyse pour les paramètres analytiques suivants : hydrocarbures pétroliers C10-C50, métaux (mercure, aluminium, calcium, antimoine, magnésium, argent, arsenic, baryum, cadmium, chrome, cobalt, cuivre, plomb, manganèse, molybdène, nickel, sélénium, sodium, zinc, bore, fer, potatssium), azote ammoniacal, conductivité, cyanures libres, cyanures totaux, pH, alcalinité totale, bicarbonates, carbonate, chlorures, nitrate et nitrite, sulfate et matières en suspension.

Les résultats analytiques sont présentés au tableau 8. Les certificats d'analyses sont présentés à l'annexe D.

Tableau 8
Résultats analytiques pour les échantillons prélevés au puits de la mine Est Malartic

Paramètres	Unités	Dates d'échantillonnage	
		Avril 2008	Juillet 2008
Hydrocarbures pétroliers C_{10}-C_{50}	µg/L	<100	<100
Mercure (Hg)	µg/L	<0,1	<0,1
Aluminium (Al)	µg/L	<30	<30
Calcium (Ca)	µg/L	180000	190000
Antimoine (Sb)	µg/L	12	<6
Magnésium (Mg)	µg/L	58000	61000
Argent (Ag)	µg/L	<0,3	<0,3
Arsenic (As)	µg/L	<2	<2
Baryum (Ba)	µg/L	41	51
Cadmium (Cd)	µg/L	<1	<1
Chrome (Cr)	µg/L	<30	<30
Cobalt (Co)	µg/L	<30	<30
Cuivre (cu)	µg/L	3	<3
Plomb (Pb)	µg/L	<1	<1
Manganèse (Mn)	µg/L	1700	2000
Molybdène (Mo)	µg/L	<30	<30
Nickel (Ni)	µg/L	21	35
Sélénium (Se)	µg/L	<1	<1
Sodium (Na)	µg/L	23000	33000
Zinc (Zn)	µg/L	35	<3
Bore (B)	µg/L	66	94
Fer (Fe)	µg/L	<100	1000
Potassium (K)	µg/L	29000	35000
Azote ammoniacal (N-NH3)	mg/L	0,36	0,51
Conductivité	mmhos/cm	1,4	1,5
Cyanures libres (CN-)	mg/L	<0,01	<0,01
Cyanures totaux	mg/L	<0,01	<0,01
pH	pH	6,8	9,3
Alcalinité Totale (en CaCO3)	mg/L	260	260
Bicarbonates	mg/L	260	260
Carbonate	mg/L	<2	<2
Chlorures (Cl)	mg/L	24	27
Nitrate (N) et Nitrite (N)	mg/L	<0,02	<0,02
Sulfates (SO4)	mg/L	420	440
Matières en suspension (MES)	mg/L	5	6
Dureté totale	mg/L	700	730

Il est à noter que les résultats obtenus pour le fer, en particulier pour l'échantillon d'avril 2008, pourraient sous-estimer les concentrations réellement présentes. Ceci pourrait avoir été causé par la filtration de l'échantillon au laboratoire plutôt que sur le terrain.

5.0 MODÉLISATION NUMÉRIQUE

5.1 Description du modèle

Le modèle numérique employé est FEFLOW (Finite Element subsurface FLOW system). FEFLOW est un logiciel d'écoulement de l'eau souterraine, de transport des contaminants et de transfert de chaleur en éléments finis. Les détails concernant la formulation mathématique de FEFLOW peuvent être consultés sur le site internet de WASY GmbH (www.wasy.de), le développeur et le fournisseur de ce modèle mathématique.

Les simulations d'écoulement de l'eau souterraine ont d'abord été réalisées en régime permanent pour simuler les conditions initiales avant la mise en place de la fosse. Des simulations en régime transitoire ont aussi été réalisées au stade de la calibration sur les données de pompage de 2006-2007 dans le puits de la mine Est Malartic, et en régime permanent sur les données de pompage dans les mines en 1979. Enfin, des simulations en régime transitoire ont aussi été réalisées afin de simuler les différents stades de développement de la fosse en relation avec des activités de pompage dans les ouvrages souterrains.

L'ensemble des simulations a été réalisé en employant l'hypothèse du milieu poreux équivalent pour discrétiser l'aquifère du roc. Cette hypothèse est une alternative acceptable à l'emploi de fractures discrètes pour définir le roc, car l'échelle du modèle est importante (225 km^2), ce qui minimise l'impact de cette hypothèse simplificatrice sur les résultats obtenus.

Les prochaines sections présentent les détails concernant la description du modèle numérique d'écoulement de l'eau souterraine employé pour simuler les effets du dénoyage de la fosse à ciel ouvert et du pompage des anciennes mines souterraines sur les nappes profondes et de surface.

5.1.1 Définition des conditions limites

5.1.1.1 Modèle pour calibration en régime permanent (mars 2008)

Le domaine de modélisation inclut à la fois les dépôts meubles et le roc. Il couvre une surface correspondant à environ 225 km².

La discrétisation verticale comprend un total de 13 couches qui composent le modèle numérique d'écoulement. Les couches 1 à 3 représentent les dépôts meubles, les couches 4 et 5 le roc superficiel (0-50 m), alors que la couche 7 et les suivantes représentent le roc profond. Le nombre de couches a été sélectionné afin d'être en mesure de représenter avec suffisamment de détails les ouvrages souterrains (les chantiers et les galeries des anciennes mines) tout en permettant un temps de simulation raisonnable et une convergence optimale des solutions numériques.

Des conditions limites de charges imposées ont été appliquées au nord et au sud du modèle dans le but de représenter les lacs Malartic et Fournière ainsi que l'aquifère de surface au sud de la zone d'étude, et ceci, sur toute l'épaisseur du modèle (roc et dépôts meubles : couches 1 à 13). La charge hydraulique spécifiée pour les lacs Malartic et Fournière sont respectivement de 294 m et de 304 m, soit l'élévation du modèle numérique de terrain à ces deux endroits.

Des charges imposées ont également été assignées sur la première couche du modèle de façon à représenter les rivières et les ruisseaux superficiels présents dans la zone d'étude. Ces cours d'eau sont considérés en contact hydraulique seulement avec les dépôts de surface. Les valeurs de charges hydrauliques attribuées correspondent à l'élévation du modèle numérique de terrain.

Des conditions limites de flux nul ont été imposées aux limites est et ouest du modèle, et ce, pour toutes les couches. Ces limites sont suffisamment éloignées de l'emplacement de la mine à ciel ouvert proposée pour ne pas influencer de façon significative la quantité d'eau disponible à cet endroit.

La figure 16 présente les limites du modèle ainsi qu'une vue tridimensionnelle du maillage composé d'éléments finis.

Une recharge a été attribuée en fonction des coefficients de ruissellement calculés tel que discuté à la section 2.2. Des valeurs de 25 et de 50 mm/an ont été définies dans certaines zones selon le type de sol, l'utilisation du sol, la pente, etc. Une valeur de recharge équivalente à 300 mm/an a été attribuée à la zone couverte par l'esker. La distribution spatiale des taux d'infiltration par recharge est présentée à la figure 17.

5.1.1.2 Modèle pour calibration en régime dynamique de pompage (années 2006-2007)

Afin de calibrer le modèle avec les données de pompage dans le puits de la mine Est Malartic, un puits de pompage a été intégré au modèle dans le secteur immédiat du puits de la mine Est Malartic au sein des chantiers.

Le débit de pompage imposé à ce deuxième modèle varie entre des débits d'extraction nuls, de 180 m³/h (première pompe en fonction) ou 360 m³/h (deux pompes en fonction)[1]. Ces débits représentent l'opération d'une seule pompe, l'opération simultanée de deux pompes et la remontée hivernale du niveau d'eau lors de l'arrêt du pompage.

5.1.1.3 Modèle pour calibration du taux d'infiltration en régime permanent dans les ouvrages souterrains (année 1979)

Un débit d'exhaure de l'ordre de 750 gallons impériaux par minute (4900 m^3/j) représente la valeur de débit d'infiltration dans les ouvrages souterrains, en 1979, alors que la mine Est Malartic était complètement développée (Osisko, communications personnelles).

Afin de calibrer le modèle à partir de ce taux d'infiltration, les ouvrages souterrains ont été représentés dans le modèle à partir de conditions aux limites de type 1 (charges imposées, Dirichlet) contraintes à un flux sortant. L'élévation de ces charges correspond à la base des éléments, ce qui permet de simuler l'infiltration (*seepage faces*).

[1] Ces données ont été fournies par Osisko.

Ce modèle a été calibré par essais et erreurs par la modification des conductivités hydrauliques de l'aquifère du roc afin d'être en mesure d'obtenir un débit d'infiltration simulé sortant des charges imposées similaires aux observations de l'année 1979.

5.1.2 Construction du maillage et assignation des paramètres hydrauliques

5.1.2.1 Construction du maillage et assignation des paramètres hydrauliques initiaux

La construction du maillage tridimensionnel requiert d'abord qu'un maillage bidimensionnel soit construit. Ce dernier est, par la suite, étendu verticalement à travers les différentes unités hydrostratigraphiques des couches du modèle pour former le maillage tridimensionnel. Le maillage 3D utilisé est composé de 259 938 nœuds formant 480 129 éléments triangulaires. La taille des éléments dans le secteur des mines souterraines est minimale (10 m) dans le but de représenter le volume réel des chantiers existants. À distance de la zone des mines souterraines la dimension maximale des éléments est de 550 m.

Un sommaire des propriétés hydrauliques de chaque unité hydrostratigraphique considérée est présenté au tableau 9.

La partie supérieure du modèle est délimitée par la surface du sol, dont l'altitude a été déterminée d'après le modèle numérique d'altitude (MNA). La première couche à partir du sommet du modèle s'est vue assignée les paramètres hydrauliques des unités présentées sur la carte de la géologie des dépôts meubles (figure 5). Son épaisseur est de 1 m puisque la base de la couche équivaut au MNA moins 1 m. Les dépôts glaciolacustres, qui représentent la majorité des dépôts meubles présents en surface se sont vus assigner une valeur de conductivité hydraulique de $1x10^{-8}$ m/s. Cette première couche présente aussi du till, l'esker et le roc. Les valeurs de conductivités hydrauliques assignées à ces matériaux sont respectivement de $1x10^{-7}$ m/s, de $1x10^{-3}$ m/s et de $3x10^{-6}$ à $2x10^{-5}$ m/s.

La seconde couche du modèle présente une épaisseur variable qui est fonction de l'épaisseur des dépôts meuble. Elle représente aussi en partie des dépôts glaciolacustres,

l'esker, le till et du roc. Les valeurs de conductivités hydrauliques assignées aux dépôts de cette couche sont les mêmes que celles de la première couche.

La troisième couche correspond à la dernière couche de dépôts meubles. La base de cette couche représente donc la topographie du socle rocheux obtenue par l'interprétation des données stratigraphiques du secteur. Cette couche possède une épaisseur fixe de 1 m, soit la topographie du roc plus 1 m. Cette couche est caractérisée par la présence de l'esker, du till et du roc. Encore une fois, les valeurs de conductivités hydrauliques sont semblables à celles assignées aux deux premières couches.

Les couches 4 et 5 du modèle correspondent au roc superficiel. La valeur de conductivité hydraulique du roc à cette profondeur est de $3x10^{-6}$ à $2x10^{-5}$ m/s selon les calibrations (anisotropie verticale de 10).

Les couches 6 à 13 correspondent au roc intermédiaire et au roc profond. Les valeurs d'élévation de celles-ci correspondent à l'élévation des galeries principales des mines Canadien Malartic, Sladen, Barnat et Est Malartic.

En se basant sur les valeurs de conductivités hydrauliques obtenues suite à la réalisation des essais hydrauliques en forage et suite aux travaux de calibration du modèle, la valeur de conductivité hydraulique pour les couches 4 et 5 correspondant à l'intervalle 0 à 50 m est compris dans l'intervalle de $3x10^{-6}$ à $2x10^{-5}$ m/s. Une valeur plus faible de conductivité hydraulique, soit un intervalle de $1x10^{-7}$ à $5x10^{-7}$ m/s, a été spécifiée au modèle pour la portion du roc de profondeur intermédiaire (50-100 m), représentée par les couches 6 à 7, alors qu'une valeur comprise dans l'intervalle de $1x10^{-8}$ à $5x10^{-8}$ m/s a été assignée au roc profond, soit les couches 8 à 13. Pour la calibration du débit d'infiltration dans les mines souterraines, une zone de plus faible conductivité hydraulique a été assignée pour les couches 10 à 13 avec une valeur de $1x10^{-9}$ m/s.

Le tableau 9 présente les conductivités hydrauliques des différentes calibrations.

Tableau 9
Sommaire des propriétés hydrauliques des unités hydrostratigraphiques assignées pour la calibration du modèle numérique d'écoulement

	Conductivité hydraulique assignée au modèle (m/s)	Anisotropie verticale	Emmagasinement spécifique (1/m)	Porosité de drainage
Calibration 1 – régime permanent – conditions initiales				
Roc (0-50m)	$9x10^{-6}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (50-100m)	$5x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (100m et +)	$5x10^{-8}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Chantiers des anciennes mines souterraines	1 m/s	1	$1x10^{-7}$	-
Galeries des anciennes mines souterraines (aire équivalente à 10 m²)	1 m/s	-	$1x10^{-7}$	0,80
Till	$1x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,10
Résidus miniers (conductivité assignée similaire à celle du till puisque repose sur till et/ou argile)	$1x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,10
Esker	$1x10^{-3}$	10	$1x10^{-4}$	0,30
Dépôts glaciolacustres	$1x10^{-8}$	10	$1x10^{-5}$	0,10
Calibration 2 – pompage 2006-2007				
Roc (0-50m)	$2x10^{-5}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (50-100m)	$5x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (100-300m)	$5x10^{-8}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (300m et +)	$5x10^{-8}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Till	$1x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,10
Résidus miniers (conductivité assignée similaire à celle du till puisque repose sur till et/ou argile)	$1x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,10
Esker	$1x10^{-3}$	10	$1x10^{-4}$	0,30
Dépôts glaciolacustres	$1x10^{-8}$	10	$1x10^{-5}$	0,10
Calibration 3 – débit d'exhaure des mines souterraines en 1979				
Roc (0-50m)	$3x10^{-6}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (50-100m)	$1x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (100-300m)	$1x10^{-8}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (300m et +)	$1x10^{-9}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Till	$1x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,10
Résidus miniers (conductivité assignée similaire à celle du till puisque repose sur till et/ou argile)	$1x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,10
Esker	$1x10^{-3}$	10	$1x10^{-4}$	0,30
Dépôts glaciolacustres	$1x10^{-8}$	10	$1x10^{-5}$	0,10

5.1.2.2 Distribution des ouvertures souterraines existantes

La représentation des ouvrages miniers souterrains (Canadian Malartic, Barnat, Sladen et Est Malartic) a été réalisée à l'aide du modèle géologique Gocad développé à partir des plans des anciennes mines souterraines fournis par Osisko (Osisko, 2008b).

Pour la simulation en régime permanent des conditions initiales et la simulation du pompage (2006-2007), le modèle numérique intègre les galeries et les chantiers des quatre mines existantes : Canadian Malartic, Sladen, Barnat et Est Malartic. L'élévation des couches 4 à 13 correspond à l'élévation des galeries souterraines principales qui connectent hydrauliquement les chantiers.

Les figures E-1 à E-10 de l'annexe E présentent la comparaison des surfaces de chantiers intégrées au modèle Feflow en fonction des surfaces fournies par le modèle Gocad. Dans le but de simplifier la construction du modèle, les chantiers inclinés ont été considérés comme étant des chantiers verticaux. Le tableau 10 présente la comparaison entre les volumes minés et les volumes d'ouvertures assignés au modèle numérique. Les volumes des mines Canadian Malartic et Sladen intégrés au modèle Feflow sont, respectivement, 13% plus élevés et 14% moins élevés que les volumes minés. Pour ce qui est de la mine Barnat, son volume Feflow est 40% plus faible que le volume miné. Les données disponibles concernant la localisation des chantiers semblent incomplètes pour cette mine. Comme il est possible de le constater sur les figures de l'annexe E, un volume supplémentaire a été intégré dans le modèle Feflow dans le but de réduire cet écart qui était de 70% au départ. Ce volume ajouté correspond à l'emplacement connu d'effondrements. Comme le volume Feflow est inférieur au volume miné pour la mine Barnat, ce scénario reste conservateur en ce qui concerne le débit d'exhaure potentiellement disponible dans les ouvertures. Pour ce qui est de la mine Est Malartic, le volume Feflow surestime d'environ 15% le volume miné de la mine. Au total, le volume des ouvertures souterraines (chantiers) représenté dans Feflow est surestimé d'environ 4%.

Tableau 10
Comparaison entre les volumes minés et les volumes d'ouvertures assignés au modèle numérique

Mines	Volume miné, incluant les galeries (m^3)	Volume Feflow (m^3)	Écart
Canadian Malartic	3 960 000	4 484 218	+13%
Sladen	1 560 000	1 339 205	-14%
Barnat	1 840 000	1 105 027	-40%
Est Malartic	7 160 000	8 216 816	+14,7%
Total	14 520 000	15 145 266	+4,2 %

Les chantiers souterrains sont représentés par des éléments ayant des valeurs de conductivité hydraulique et de porosité très élevées tel qu'indiqué au tableau 9. Les galeries souterraines sont représentées à l'aide de *discrete feature element*. Ces éléments sont définis numériquement par une valeur de conductivité hydraulique, une valeur d'emmagasinement spécifique et une aire d'écoulement.

Un sommaire des propriétés hydrauliques des galeries et des chantiers est présenté au tableau 9.

5.2 Calibration

5.2.1 Régime permanent (conditions statiques)

Dans un premier temps, le modèle a été calibré en régime permanent en utilisant comme valeurs cibles les données piézométriques mesurées entre le 13 et le 16 mars 2008. La calibration a été réalisée en effectuant plusieurs simulations ayant chacune un ensemble de paramètres hydrauliques différents, jusqu'à ce que la différence entre les charges hydrauliques simulées et observées soit minimisée. La conductivité hydraulique du roc, de l'argile, du till glaciaire ainsi que du taux d'infiltration au niveau des zones de till et de roc sont les paramètres qui ont été modifiés au cours du processus de calibration. Les paramètres calibrés qui ont donné le meilleur ajustement entre les charges simulées et observées sont présentés au tableau 9.

Le modèle a été considéré calibré lorsque l'erreur absolue devenait inférieure à 5 % de la variation totale des niveaux d'eau observés à l'intérieur du domaine modélisé (Anderson et Woessner, 1991). La différence entre la charge hydraulique minimale et celle maximale observée à l'intérieur du domaine modélisé étant de 60 mètres (355 m-295 m), l'erreur absolue ciblée est donc de 3 m. L'erreur absolue du modèle calibré est de 3,36 m, soit 5,6 % par rapport à la différence entre les charges hydrauliques minimales et maximales observées à l'intérieur du domaine modélisé. Il est à mentionner que les valeurs de charges hydrauliques mesurées dans le secteur immédiat des anciennes mines souterraines n'ont pas été considérées pour cette calibration puisque ces valeurs ne sont pas représentatives de conditions en régime permanent. En effet, des activités de pompage sont réalisées depuis l'arrêt de l'opération des mines, ce qui entraîne des valeurs de charges hydrauliques transitoires dans ce secteur. À cet effet, calibration 2 a permis de calibrer le modèle spécifiquement pour le secteur des ouvrages souterrains. Le tableau 11 présente les charges hydrauliques mesurées et simulées pour la première calibration.

Tableau 11
Comparaison entre les charges hydrauliques simulées et les charges hydrauliques mesurées pour la calibration sur les données piézométriques actuelles

Puits	Charges hydrauliques simulées (m)	Charges hydrauliques mesurées (m)	Différence (m)
BH-08-12	323,97	319,96	-4,01
BH-08-15	322,71	331,67	8,97
BH-08-38	324,07	311,8	-12,27
CM07-1026	321,32	327,64	6,33
CM07-1102	322,29	324,42	2,13
CM07-1117	321,87	318,38	-3,48
CM07-987	320,59	318,49	-2,09
CM07-996	322,66	323,03	0,37
PO-2	322,52	322,22	-0,30
PO-3	323,86	327,08	3,22
PO-5	332,63	330,73	-1,90
PO-7	334,51	334,36	-0,15
PO-9	325,98	328,06	2,08
PO-11	320,36	321,88	1,52
PO-12	320,91	322,15	1,24
PO-13	322,66	328,75	6,09
PO-17	321,07	322,04	0,97

La figure 18 illustre la relation entre les charges observées et simulées en régime permanent. Les écarts les plus importants (5 m et plus) entre les charges simulées et observées sont notés aux puits BH-08-15, BH-08-38, CM07-1026 et PO-13.

La figure 19 illustre la piézométrie simulée pour l'aquifère du roc. Il est observé sur cette figure que la piézométrie simulée est similaire à celle définie à partir des données de terrain de mars 2008. La présence de la ligne de partage des eaux est bien représentée par le modèle numérique.

En considérant que l'erreur de calibration est de 5,6 % de la différence entre la charge hydraulique minimale et celle maximale observée à l'intérieur du domaine modélisé et que la piézométrie simulée est semblable à celle observée, on peut conclure que le modèle numérique, tel qu'élaboré, permet de représenter les conditions actuelles d'écoulement de l'eau souterraine.

5.2.2 Régime transitoire – pompage au puits de la mine Est-Malartic (2006-2007)

Une fois le modèle calibré en régime permanent, les opérations de pompage, du printemps à l'automne sur une base annuelle, pour contrôler le niveau de l'eau dans les ouvrages souterrains a été simulé afin de vérifier si le modèle permet de reproduire les rabattements dans le puits de la mine Est Malartic. Ces simulations ont été effectuées en utilisant les charges hydrauliques simulées en régime permanent comme conditions initiales.

Le coefficient d'emmagasinement spécifique du roc, la conductivité hydraulique du roc supérieur et profond ainsi que les valeurs de recharge sont les paramètres qui ont été ajustés au cours de la simulation. Plusieurs simulations ont été effectuées jusqu'à ce que la différence entre les rabattements simulés et observés à la fin des opérations de pompage et de remontée soit minimisée. Les paramètres qui ont engendré le meilleur ajustement entre les rabattements simulés et observés à la fin des essais de pompage sont ceux présentés au tableau 9. Puisque la variation du niveau d'eau dans les ouvertures souterraines en période printanière est reliée à une recharge ponctuelle accentuée par la présence d'ouvertures souterraines ouvertes sur la surface du terrain, une valeur de recharge ponctuelle supplémentaire de 100 000 m^3 a été assignée au modèle

(1670 m^3/j pour 60 jours au printemps). Cette valeur a été estimée sur la base de calculs simplifiés et révèle que l'incertitude quant à cette calibration demeure notable puisque dépendante de l'évaluation du taux d'infiltration ponctuel dans les ouvrages souterrains.

Les débits assignés pour la simulation sont de 180 m^3/h pour une pompe. Lorsque les deux pompes sont en opération, le débit combiné est de 360 m^3/h. Les dates de départ et d'arrêt des pompes no.1 et no.2 ainsi que les valeurs de débits ont été fournies par Osisko (Osisko, communications personnelles).

La figure 20 présente un graphique des rabattements observés et simulés pour la période comprise entre avril 2006 et décembre 2007. En général, le modèle représente avec une assez bonne précision les rabattements et la remontée mesurés dans le puits de la mine Est Malartic.

5.2.3 Régime permanent –débit d'exhaure des mines souterraines (1979)

Une troisième approche a été suivie afin de calibrer le modèle numérique d'écoulement de l'eau souterraine. Les débits d'exhaure des mines souterraines sont connus pour les conditions en fin d'opération de la mine Est Malartic. Ainsi, le débit d'exhaure était de 750 gallons impériaux par minutes (4900 m^3/j) (Osisko, communications personnelles).

Des simulations représentant les conditions de cette époque ont donc été réalisées en assignant des conditions limites représentant l'infiltration de l'eau souterraine dans les chantiers des anciennes mines (type 1, Dirichlet, charges imposées contraintes à un débit sortant). Les paramètres hydrauliques ont été modifiés afin d'obtenir un débit d'exhaure simulé comparable au débit d'exhaure observé.

Ainsi, pour les paramètres hydrauliques présentés au tableau 9 un débit d'exhaure de 5500 m^3/j a été obtenu lors des simulations représentant l'ensemble des chantiers des mines Canadian Malartic, Sladen, Barnat et Est Malartic alors qu'elles étaient dénoyés (conditions de 1979).

5.3 Simulations prédictives

La simulation du dénoyage de la fosse proposée et des ouvertures souterraines sur la propriété d'Osisko visait à :

- évaluer le débit d'exhaure à différentes périodes d'exploitation de la mine; et
- évaluer l'ampleur et l'étendue du rabattement dans le roc et les dépôts meubles.

Le modèle numérique d'écoulement de l'eau souterraine élaboré dans le cadre de ce projet a été employé à cette fin. Les simulations ont été conduites en considérant les paramètres hydrauliques calibrés et à partir de la piézométrie simulée actuelle comme condition initiale. Les propriétés hydrauliques obtenues lors de la calibration en régime permanent, visant à simuler le débit d'exhaure des mines souterraines en 1979, ont été retenues comme cas de base pour les simulations prédictives. Une variante incluant une conductivité hydraulique plus élevée pour le roc supérieur a été simulée afin d'évaluer une gamme de résultats (débits et rabattements) correspondant à une analyse de sensibilité du modèle.

L'infiltration par la recharge a été maintenue constante en fonction du temps, à l'exception de la zone occupée par la fosse proposée pour laquelle l'infiltration a été fixée à zéro.

Le dénoyage de la mine Osisko Malartic a été simulé selon la séquence de minage définie par Osisko à partir des plans présentant l'évolution de la fosse selon l'avancement du projet.

Il est important de noter que plusieurs hypothèses et simplifications ont été utilisées lors de la réalisation des différentes étapes menant aux résultats de la modélisation numérique. Toutefois, chaque étape a été réalisée selon les règles de l'art et en prenant compte des hypothèses conservatrices appuyées sur des données de littérature et de terrain. Les résultats présentés dans les sections suivantes doivent être considérés comme un outil servant de base à la planification de mesure de suivi et/ou de mitigation et comme un outil de prise de décision quant à la gestion de l'eau souterraine pour les besoins en eau du projet.

5.3.1 Description des scénarios de simulation

La calibration du modèle numérique d'écoulement a nécessité l'ajustement des paramètres hydrauliques afin d'être en mesure de représenter deux conditions transitoires connues, soit le pompage dans le puits de la mine Est Malartic en 2006 et en 2007 ainsi que le dénoyage des ouvrages souterrains, tel que décrit par Osisko, pour les conditions de l'année 1979, alors que la mine Est Malartic était complètement développée.

Deux ensembles de paramètres hydrauliques pour les simulations prédictives ont été identifiés. Ce choix de deux ensembles de paramètres hydrauliques permet d'évaluer sommairement la sensibilité du choix des paramètres hydrauliques sur la simulation prédictive des valeurs de débits et l'impact du rabattement dans le secteur de la fosse proposée.

Les mines souterraines ont été assignées pour le volume équivalent à leur ouverture par des conditions de type 1 de Dirichlet (charges imposées), mais contraintes à un écoulement sortant du modèle à l'élévation à laquelle celles-ci sont assignées. En d'autres termes, ces conditions simulent les faces de suintement des ouvertures souterraines dénoyées.

Tout comme pour les ouvertures souterraines, la fosse proposée a été simulée à l'aide de conditions limites de premier type (charges imposées, dirichlet) et contraintes à un flux sortant du modèle. Ces conditions ont été assignées au pourtour de la fosse proposée pour trois scénarios de développement distincts, soit la fosse à l'année 3, à l'année 8 et à l'année 15 d'exploitation. En plus des conditions limites assignées au pourtour de la fosse, toute la surface du plancher et des paliers de la fosse a été simulée par l'assignation de ce type de conditions limites.

Deux scénarios de pompage des ouvertures souterraines ont été retenus afin de simuler le dénoyage des chantiers :

- SCÉNARIO A: Pompage dans les ouvertures souterraines pour maintenir le niveau d'eau, généralement au moins 50 mètres sous la base de la fosse.

- SCÉNARIO B : Pompage permettant le dénoyage complet des ouvertures souterraines sur les 15 ans prévus d'exploitation de la fosse.

Le tableau 12 indique les valeurs des paramètres hydrauliques pour les deux simulations en régime transitoire ainsi qu'une description des scénarios de simulations considérés.

Tableau 12
Sommaire des propriétés hydrauliques des unités hydrostratigraphiques assignées pour la calibration du modèle numérique d'écoulement et description des scénarios de la modélisation prédictive

	Conductivité hydraulique assignée au modèle (m/s)	Anisotropie verticale	Emmagasinement spécifique (1/m)	Porosité de drainage
Scénario – faible perméabilité				
Roc (0-50m)	$3x10^{-6}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (50-100m)	$1x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (100-300m)	$1x10^{-8}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (300m et +)	$1x10^{-9}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Till	$1x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,10
Résidus miniers (conductivité assignée similaire à celle du till puisque repose sur till et/ou argile)	$1x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,10
Esker	$1x10^{-3}$	10	$1x10^{-4}$	0,30
Dépôts glaciolacustres	$1x10^{-8}$	10	$1x10^{-5}$	0,10
Scénario– forte perméabilité				
Roc (0-50m)	$9x10^{-6}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (50-100m)	$1x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (100-300m)	$1x10^{-8}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (300m et +)	$1x10^{-9}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Till	$1x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,10
Résidus miniers (conductivité assignée similaire à celle du till puisque repose sur till et/ou argile)	$1x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,10
Esker	$1x10^{-3}$	10	$1x10^{-4}$	0,30
Dépôts glaciolacustres	$1x10^{-8}$	10	$1x10^{-5}$	0,10

Scenario pompage ouvrages souterrains	0-5 ans	Valeurs K	5-10 ans	Valeurs K	10-15 ans	Valeurs K
SCENARIO A : niveau d'eau maintenenu 50 mètres sous la fosse	Stade de développement de la fosse (3 ans)	K élevé	Fosse (8 ans), charges initiales simulation à 5 ans	K élevé	Fosse (15 ans), charges initiales simulation à 10 ans	K élevé
		K faible		K faible		K faible
SCÉNARO B : pompage des ouvrages souterrains en entier sur 15 ans	Stade de développement de la fosse (3 ans)	K élevé	Fosse (8 ans), charges initiales simulation à 5 ans	K élevé	Fosse (15 ans), charges initiales simulation à 10 ans	K élevé
		K faible		K faible		K faible

5.3.2 Résultats des simulations prédictives

5.3.2.1 Débit d'exhaure

Le tableau 13 et la figure 21 présentent les valeurs de débits d'exhaures estimées à partir des résultats des simulations prédictives.

Le débit total inclut l'eau d'infiltration dans la fosse, l'eau d'infiltration dans les mines souterraines ainsi que l'eau provenant du dénoyage des ouvrages souterrains mais ne comprend pas le ruissellement, la précipitation directe et ne tient pas compte des pertes par évaporation. Les valeurs de débits sont présentées selon les scénarios de pompage des ouvrages souterrains et selon les paramètres hydrauliques assignés.

Le débit minimal simulé est de 7700 m^3/j alors que le débit maximal simulé est de 22 500 m^3/j.

Tableau 13
Débits d'exhaures estimés selon les différents scénarios de simulations prédictives

Scénarios simulés	Période (an) / Débits estimés (m^3/j)					
	2	**5**	**7**	**10**	**13**	**15**
Scénario A faible perméabilité	11 600	9300	9300	9400	12 100	8100
Scénario A forte perméabilité	13 000	16 000	13 600	12 200	22 500	14 600
Scénario B faible perméabilité	12 000	10 400	7700	8200	8800	11 400
Scénario B forte perméabilité	13 000	14 200	16 600	15 100	19 600	19 200

5.3.2.2 Rabattements

Les figures 22 à 29 présentent les rabattements après 10 ans et 15 ans d'exploitation de la fosse proposée selon les deux scénarios de pompage, soit les scénarios A et B, et pour les deux ensembles de paramètres hydrauliques.

Le rabattement significatif a été fixé à 3 mètres et celui-ci est présenté sur les cartes de rabattements ainsi que le rabattement de 10 mètres et plus.

Les cartes de rabattements indiquent que, pour chacun des scénarios, les rabattements significatifs potentiels (plus de 3 m) s'étendent sur d'importantes distances au sud de la fosse proposée. Vers le nord, les zones de rabattement significatif potentiel s'étendent généralement sur de plus faibles distances.

Les cartes de rabattements indiquent aussi que certains puits du SIH sont localisés à l'intérieur des zones de rabattement significatif potentiel tout autour de la fosse proposée.

Aussi, les puits de la ville de Malartic sont très rapprochés et/ou à l'intérieur des zones de rabattement significatif potentiel. Enfin, la ville de Malartic est comprise dans la zone de rabattement de plus de 10 m. Aussi, les zones de rabattements significatifs dans les dépôts meubles recoupent aussi des secteurs caractérisés par des sols fins ou par la présence de piliers miniers de surface.

6.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Les principales hypothèses appuyant les travaux de modélisation numérique visaient notamment à établir de façon conservatrice les débits d'exhaure disponibles ainsi que l'étendue du cône de rabattement significatif potentiel dans le secteur à l'étude. À cet effet, différents scénarios ont été simulés afin d'étudier dans une certaine mesure la sensibilité du modèle selon différents paramètres hydrauliques et identifier les résultats conservateurs.

Les conclusions portant sur les observations et les mesures de terrain des conditions hydrogéologiques ainsi que sur les résultats des simulations numériques prédictives sont les suivantes :

- La conductivité hydraulique du massif rocheux diminue avec la profondeur. Ceci est observé à la fois par les données obtenues par les essais hydrauliques en forage ainsi que par les données historiques de pompage;
- Les données piézométriques suggèrent que les mines souterraines sont interconnectées dans leur partie supérieure. Bien que les données piézométriques en conditions dynamiques de faible rabattement (mars 2008) ne permettent pas d'évaluer les interconnections en profondeur, les plans d'archives des mines Canadian Malartic, Sladen, Barnat et Est Malartic indiquent que ces quatre mines sont interconnectées jusqu'à une profondeur de 300 mètres environ. Les résultats du suivi des niveaux d'eau à partir de sondes à pression aménagées dans seize points de mesure indiquent l'existance d'une connectivité hydraulique entre les mines Est Malartic et Barnat, suite au départ des pompes no.1 et no.2 dans le puits de la mine Est Malartic. Par contre, l'effet du pompage dans le puits de la mine Est Malartic n'a pas été observé aussi clairement dans le puits de la mine Canadian Malartic, ce qui pourrait indiquer une connectivité hydraulique limitée ou une obstruction potentielle entre ces deux anciennes mines. D'autre part, les différences d'élévation de l'eau entre les puits Est Malartic, Sladen et Barnat suggèrent que les élévations des points de référence sont erronnées. Ceux-ci devraient être réarpentés par rapport au même système de référence;

- La calibration du pompage en 2006-2007 révèle une conductivité hydraulique de $2x10^{-5}$ m/s pour le roc superficiel, comparativement à $9x10^{-6}$ m/s pour la calibration avec les conditions piézométriques de mars 2008 et à $3x10^{-6}$ m/s pour la calibration du débit d'exhaure de 1979 dans les ouvrages souterrains. La valeur de $2x10^{-5}$ m/s est un cas extrême moins vraisemblable que les autres calibrations. Les différentes valeurs de conductivité reflètent en partie la difficulté à évaluer la recharge directe dans les mines via les chantiers dont les piliers de surface se sont effondrés;
- Les débits d'exhaure simulés en provenance du dénoyage des mines souterraines et de l'infiltration de la fosse à ciel ouvert proposés sont estimés entre 7700 et 22 500 m^3/j pour les scénarios simulés. Les débits maximums sont jugés les moins probables et ne devraient pas être utilisés pour les besoins du bilan hydrique du site/procédé. Selon les scénarios et les hypothèses considérés, l'intervalle de valeurs jugé vraisemblable est compris entre environ 7700 et 10 000 m^3/j.
- La zone de rabattement significatif potentiel (plus de 3 m) s'étend jusqu'à une distance de 5 km au sud et de 3 km au nord de la fosse proposée. Dans tous les cas, la ville de Malartic est touchée par le rabattement significatif potentiel;
- Les puits d'approvisionnement en eau de la ville de Malartic ont eu des difficultés à rencontrer la demande durant les deux dernières décennies. Selon les résultats des simulations prédictives, la mine projetée pourrait avoir un certain impact sur les niveaux d'eau de l'esker pompé par les puits de la ville, affectant à la baisse les débits de production, en particulier durant les périodes de recharge négligeables (étiage d'été et conditions hivernales);
- Les argiles comprises dans les zones de rabattements significatifs pourraient être drainées et subir des tassements alors que le drainage rapide du roc pourrait causer de l'instabilité à certains piliers de surface dans les zones de fort rabattement.
- Pour certains scénarios de simulation, la zone de rabattement significatif atteint la limite ouest du modèle. Ceci pourrait entraîner une certaine surestimation de l'amplitude de l'étendue du cône de rabattement dans le secteur. Une analyse de sensibilité spécifique à l'influence de cette condition limite sur l'étendue du rabattement pourrait permettre de préciser l'amplitude et l'étendue du rabattement dans le secteur ouest;

Les recommandations générales suite à la réalisation de l'étude hydrogéologique et des simulations numériques prédictives portant sur l'exploitation et l'impact potentiel du projet Osisko à Malartic sur l'eau souterraine sont les suivantes:

- Un plan de contingence relatif à l'approvisionnement en eau de la ville de Malartic devrait être élaboré. Celui-ci pourrait inclure :
    - Un projet de recharge artificielle de l'esker à partir de l'eau de surface; et/ou
    - Le maintien de la digue du lac de la réserve afin d'assurer une réserve d'eau à proximité de la ville; et/ou
    - L'utilisation de l'eau de cours d'eau présents dans la région (autres que le lac de la réserve); et/ou
    - L'implantation de puits additionnels dans les eskers situés dans la région.
- L'implantation d'un programme de suivi des niveaux d'eau dans l'esker dans un rayon de 50 à 150 m des puits de pompage dès 2009;
- Les puits domestiques compris dans la zone de rabattements significatifs verront vraisemblablement leur débit de production affecté à la baisse:
    - Une contingence devrait être prévue pour l'implantation de puits domestiques profonds et l'acheminement de l'eau pour des groupes de résidences;
    - Un inventaire de terrain des puits domestiques, complémentaire aux données du SIH et aux inventaires existants faits par Génivar, devrait être réalisé dans les prochains mois (Génivar, 2008b)

- Un programme de suivi des niveaux d'eau dans le roc dans les secteurs de rabattements jugés significatifs devrait être implanté dès maintenant et pour la durée du projet;

- Inventorier les zones montrant de fortes épaisseurs d'argiles sensibles dans les zones de rabattements significatifs en relation avec les infrastructures existantes et élaborer un programme de caractérisation géotechnique de ces argiles, si nécessaire;

- Inventorier les piliers de surface et évaluer le potentiel d'instabilité causé par le drainage éventuel du roc;

- Réaliser une étude de faisabilité technico-économique pour le pompage profond dans les ouvrages souterrains;

- Préciser le bilan d'eau global du site (eau de surface et eau souterraine); et

- Bien que l'impact du pompage de la mine souterraine et de la fosse proposée sur les débits d'étiage des cours d'eau devrait être très faible parce que la plupart des cours d'eau situés dans la zone de rabattement significatif sont vraisemblablement isolés du roc par des dépôts meubles peu perméables, cet aspect pourrait être évalué de façon plus précise par des modélisations localisées et spécifiques à ces cours d'eau.

7.0 LIMITATIONS

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

À moins d'avis contraires, les interprétations, les commentaires et les recommandations présentés dans ce rapport ont été formulés suite à une évaluation des conditions souterraines du site, conformément à la portée de l'étude et aux limitations générales décrites sur cette page, de même qu'à la lumière de nos connaissances concernant l'utilisation courante et/ou prévue du site, les règlements, les normes et les critères environnementaux en vigueur ainsi que les règles et les pratiques professionnelles reconnues et acceptées au moment de l'étude, en tenant compte dans tous les cas de l'emplacement du site. Les références aux lois et aux règlements contenues dans ce rapport sont fournies à titre indicatif, sur une base technique, comme les lois et les règlements sont sujets à interprétation. Golder recommande à Osisko de consulter ses conseillers juridiques afin d'obtenir les avis appropriés s'il y a lieu.

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

dans ce rapport. Les travaux de modélisation effectués par Golder et décrits dans ce rapport ont été réalisés conformément aux règles et aux pratiques professionnelles reconnues et acceptées au moment de leur réalisation. À moins d'avis contraires, les résultats de travaux antérieurs ou simultanés, provenant d'autres sources que celles de Golder, cités et/ou utilisés dans ce rapport sont considérés comme ayant été obtenus en respectant les règles et les pratiques professionnelles reconnues et acceptées et, par conséquent, comme étant valides.

Tout modèle informatique n'est qu'une simplification de la réalité et FEFLOW, de même que les logiciels associés, ne fait pas exception. Il est important de noter que des incertitudes sont associées aux simulations produites par de tels modèles. D'une façon particulière, la précision des simulations s'appuie sur la quantité des données de terrain disponibles en relation avec le degré d'hétérogénéité des formations géologiques, de même que du degré de précision des données considérées dans le modèle et des hypothèses simplificatrices mentionnées dans ce rapport. Si toutefois Osisko modifiait son plan d'exploitation par rapport aux hypothèses mentionnées dans ce rapport pour la simulation du dénoyage de la mine, les résultats obtenus avec le modèle devront être réévalués.

La précision des simulations est reliée aux incertitudes normales associées à la modélisation numérique. Toutefois, les résultats des simulations présentés dans ce rapport fournissent des indications utiles pour la comparaison des différents scénarios dans le cadre du processus décisionnel, en particulier la sélection des mesures de mitigation à être mises en place.

Les volumes d'eau de stockage dans la mine dépendent de la géométrie réelle des ouvertures. Les volumes d'eau de stockage ont été estimés à l'aide de données historiques et de plans d'archives. Ces volumes pourraient être moindres si l'information au sujet des ouvertures souterraines et/ou des remblais est inexacte ou encore si certaines interconnections souterraines sont colmatées et ne permettent pas de drainer l'eau de certaines ouvertures. Ultimement les volumes d'eau stockés récupérables dépendront des interconnections de mines qui seront sensibles aux emplacements sélectionnés pour les pompes.

De la même façon, même si la mine souterraine est dénoyée en avance de la fosse (c'est-à-dire, si le niveau d'eau de la mine souterraine est gardé inférieur à la base de la fosse), certaines venues d'eau soudaines pourraient être observées dans la fosse au fur et à mesure que celle-ci est exploitée.

D'autre part, si des conditions géologiques différentes de celles présentées dans ce rapport sont observées (par exemple si une partie de l'esker est intersectée par la fosse de la mine et/ou si des failles importantes sont rencontrées), les venues d'eau et l'étendue des rabattements pourraient être significativement plus élevés que ce qui est prédit par le modèle.

L'annexe F présente les conditions et limitations générales à l'étude.

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE

Alexandre Boutin, ing., M.Sc.
Hydrogéologue

Marie-Noëlle Riverin, ing.jr., M.Sc.
Chargée discipline

Normand D'Anjou, ing., M.Sc.
Associé principal

Mathieu Gosselin, ing.jr., M.Sc.
Chargé discipline

MNR/MG/AB/ND/jm

n:\actif\2007\1221\07-1221-0028 osisko est-malartic\phase 2000 géomécanique et hydrogéologie\2400 hydrogéologie\secrétariat\rapport étude hydrogéologique 2400\final\secrétariat\rff 07-1221-0028.doc

RÉFÉRENCES

Anderson, M.P., Woessner, W.W., 1991. Applied Groundwater Modeling – Simulation of Flow and Advective Transport. Academic Press. San Diego. 381 pages.

Banton, O. et L.M. Bangoy, 1999, Hydrogéologie, multiscience environnementale des eaux souterraines. Presses de l'Université du Québec / AUPËLF. 460 p

Bouwer. H. et Rice, R.C., 1976. A slug test for determining hydraulic conductivity of unconfined aquifers with completely or partially penetrating wells. Water Resources Research, vol, 12, no 3, p. 423-428.

Diercha et b, Feflow User Manual

Experts Enviroconseils Inc., année inconnue. Ennoiement des chantiers, Mines East Malartic, Canadian Malartic, Barnat et Sladen. 11 pages + annexes.

Grant M., Sanfaçon R. et Trudel P., 1987. Géologie de la mine de Canadian Malartic – district de Malartic. Ministère des ressources naturelles, série des manuscrits bruts M.B. 87-41, 73 pages.

Grant M., Fallara F., Rose P.S., et Sanfaçon R., 2003. Carte géologique 32D01. Ministère des ressources naturelles et de la faune.

Hvorslev, M.J., 1951. Time lag and soil permeability in groundwater observations, U,S, Army Corps of Engineers, Waterway Experiment Station, Vicksburg, MS, 50 p.

GCE Consulteaux, 2008. Rapport d'expertise – Étude hydrogéologique, Puits P-6 et FE-7. Rapport no. 1199-08-04, juillet 2008.

GCE Consulteaux pour Génivar, 2006. Étude hydrogéologique-Recherche en eau souterraine et implantation d'un puits de production – Ville de Malartic. 27 pages + tableaux + figures + annexes.

Génivar, 2008a. Rapport préliminaire – Description du milieu récepteur, 52 pages

Génivar, 2008b. Plan de localisation approximative des puits d'alimentation d'eau potable – Secteur TNO-Lac Fouillac.

Génivar, 2007. Avis de projet, Projet minier aurifère Canadian Malartic, déposé au ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec. AA106790, 48 pages.

Génivar, 2006. Développement domiciliaire à Malartic – Secteurs: Golf et chemin du camping, Lot 2: Égouts, aqueduct et voirie. Génivar 2006, 175 pages.

Golder, 2008, donnée de forage BH-08-1 à BH-08-43 (rapport en cours)

Golder, 2007. Proposed Work Plan, Feasibility Study Hydrogeological Study of Proposed Open Pit Osisko Project, Malartic. 8 pages.

Golder, 1983. Water Supply Sources East Malartic Mill, Memorandum, no.831-1253, 11 pages.

Grant M., Sanfaçon R. et Trudel P., 1987. Géologie de la mine de Canadian Malartic – district de Malartic. Ministère des ressources naturelles, série des manuscrits bruts M.B. 87-41, 73 pages.

Grant M., Fallara F., Rose P.S., et Sanfaçon R., 2003. Carte géologique 32D01. Ministère des ressources naturelles et de la faune.

Lac Minerals, 1984. A Study of Water Flow into Malartic Mines. 4 pages.

Ministère de l'Environnement du Canada, Archives climatiques nationales, site internet : http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/ - Station météorologique de Val-D'or

Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, 1994. Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales - Cahier 3: Échantillonnage des eaux souterraines, Direction des laboratoires, 100 pages.

Ministère des Ressources naturelles et Faune du Québec, 2008 e-sigéom examine, Forages au diamant, site internet : http://sigeom.mrnfp.gouv.qc.ca/signet/classes/I1102_index

Ministère des Ressources naturelles et Faune du Québec, 2004. Modèle numérique d'altitude 32D01-0102 et 32D01-0202.

Ministère des Ressources naturelles et Faune du Québec, cartes topographiques matricielles à l'échelle 1: 20 000 (32D01-0102 et 32D01-0202

Ministère des Transports du Québec, 2004, révision 2006. Manuel de conception des ponceaux, 541 p.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 2008 Système d'information hydrogéologique, site internet : 132.203.71.97/index,html.

MIR télédétection, Quickbird 2003/09/17

Osisko Exploration Ltée., 2008a. Données cartogaphiques diverses (fond cartes autocad, information sur la fosse à ciel ouvert, etc)

Osisko Exploration Ltée, 2008b. Données d'archives (plans des mines Canadian Malartic, Barnat, Sladen, East Malartic, figure consignant des données de remontée de l'eau souterraine après l'arrêt de l'opération de la mine Canadian Malartic, données de suivi de l'évolution des niveaux d'eau dans le puits de la mine Est Malartic.

RSG Global, 2006. Technical Report for the Canadian Malartic Gold Project, Canada. 86 pages + figures + annexes.

RST Instrument Ltd., 2007. Borehole Packers Instruction Manual. Document no. BPM0001E, borehole packer instruction manual.doc, mai 2007.

Scanlon, B.R., Healy, R.W. et Cook, P.G., 2002. Choosing appropriate techniques for quantifying groundwater recharge. Hydrogeology Journal, vol. 10, no 1, p. 18-39.

Soil Conservation Service (SCS), 1972. National Engineering handbook, section 4: Hydrology. US Department of Agriculture, NRCS, U,S, Government print office, Washington, DC.

Soil Conservation Service (SCS), 1975. Urban hydrology for small watersheds, TR-55. US Department of Agriculture, NRCS, U,S, Government print office, Washington, DC.

Thorntwaite, C.W. et Mather, J.R., 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Publication in Climatology, vol. 10, no 3, Drexel Institute of Technology Laboratory of Climatology, Centerton, New Jersey, 311 p.

Osisko, 2008c. Données de forages d'exploration minière d'Osisko Exploration Ltée

Veillette, 2003. Les cartes de formations en surface de l'Abitibi, Québec. Commission géologique du Canada, Dossier public 1523.

Ville de Malartic, 2008. Communication verbales, M. Michel Tessier et M. Jean Brassard. Informations relatives à l'exploitation de l'eau souterraine pour l'approvivionnement en eau potable pour la municipalité. Identification des usagers potentiels de l'eau souterraine dans le secteur.

Mètres
0 2 500 5 000

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17

Source: Photos @ 2007 ESRI, i-cubed

Date :	9 mai 2008	Échelle :	1: 200 000
SIG :	O. Delorme	Conception :	M.-N. Riverin
Vérification :	A. Boutin	Révision :	N. D'Anjou
No. de projet :	07-1221-0028		

PROJET

ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES
OSISKO EXPLORATION
MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

Golder Associés

OSISKO EXPLORATION

TITRE

Plan de localisation du projet Osisko

Figure 1

N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\Figure_1_Plan_Localisation.mxd

705 000 710 000 715 000 720 000

5 345 000 5 340 000 5 335 000 5 330 000

Lac Malartic

Lac de la Réserve

Lac Fournière

East Amphi

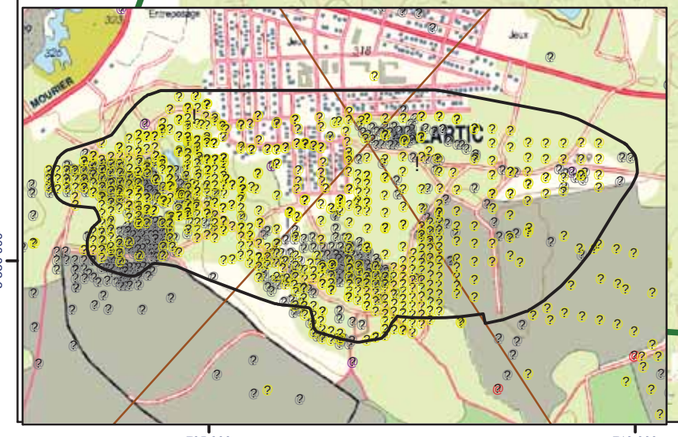
Camflo

A

A'

B

B'



LÉGENDE

- Puits de pompage de la ville de Malartic (P-4; P-5)
- Nouveau puits de pompage de la ville de Malartic (PP-6)
- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits des mines souterraines
- Puits d'observation (GCE Consulteaux, 2006)
- Forage et puits d'observation (Golder, 2008, en rédaction)
- Puits d'observation (Génivar, 2008a, préliminaire)
- Forages d'exploration minière (SIGEOM, MRN, 2008)
- Forages de définition et de condamnation (Osisko, 2008c)
- Forages et puits d'observation (Génivar, 2008b)
- Forages Système d'information hydrogéologique (MDDEP, 2008)
- Localisation des coupes hydrostratigraphiques
- Bassin d'entreposage d'eau de la mine (proposé)
- Limite du modèle numérique
- Fosse proposée
- Parc à résidus existants
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)

0 1 250 2 500 5 000 Mètres

1:70 000

CONFIDENTIEL

RÉFÉRENCE

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17

Source: Cartes matricielles de la BDTQ à l'échelle 1:20 000

PROJET

ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS
SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES
OSISKO EXPLORATION
MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

TITRE

Localisation des informations géologiques

Golder Associés
Montréal, Québec

PROJET No. 07-1221-0028			Échelle respective	REV. 0
Conception	MNR	15 avril 2008		
GIS	NZG	15 avril 2008		
Vérification	AB	16 avril 2008		
Révision	NDA	17 avril 2008		

FIGURE 2

Projet: N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\Figure_2_Infos_Geo.mxd

705 000 710 000 715 000 720 000

5 345 000 5 340 000 5 335 000 5 330 000

Lac Malartic

Lac de la Réserve

Lac Fournière

East Amphi

Camflo

Puits Barnat

Puits Canadian Malartic

Puits Sladen

Puits Est Malartic

A A'

B B'

N-11

D-10

A-4

LÉGENDE

- Puits de pompage de la ville de Malartic (P-4; P-5)
- Nouveau puits de pompage de la ville de Malartic (PP-6)
- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Localisation des essais Packer réalisés
- Puits d'observation aménagés dans les dépôts meubles (Golder, 2008, en rédaction)
- Puits d'observation aménagés dans le roc (Golder, 2008, en rédaction)
- Forages de définition et/ou condamnation utilisés pour les levés piézométriques (Osisko, 2008c)
- Puits des mines souterraines
- Puits d'observation aménagés dans les dépôts meubles (GCE Consulteaux, 2008)
- Puits d'observation aménagés dans les dépôts meubles (Genivar, 2008b)
- Forages Système d'information hydrogéologique (MDDEP, 2008)
- Puits d'eau potable domestiques (Genivar, 2008)
- Coupes
- Bassin d'entreposage d'eau de la mine (proposé)
- Limite du modèle numérique
- Fosse proposée
- Parc à résidus existants
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)

0 1 250 2 500 5 000 Mètres

1:70 000

CONFIDENTIEL

RÉFÉRENCE

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17

Source: Cartes matricielles de la BDTQ à l'échelle 1:20 000

PROJET
ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES
OSISKO EXPLORATION
MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

TITRE

Localisation des informations hydrogéologiques

Golder Associés
Montréal, Québec

PROJET No. 07-1221-0028			Échelle respective	REV. 0
Conception	MNR	15 avril 2008		
GIS	NZG	15 avril 2008		
Vérification	AB	16 avril 2008		
Révision	NDA	17 avril 2008		

FIGURE 3

Projet: N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\Figure_3_Carte_Localisation_Infos.mxd

705 000
710 000
715 000
720 000
5 345 000
5 340 000
5 335 000
5 330 000

Lac Malartic
Camflo
East Amphi
F16-PO-16
FE-12-06
Puits Canadian Malartic
Puits Barnat
CM07-1147
CM06-863
BH08-19
CM07-11027
CM06-852
Puits Est Malartic
BH08-38
F7-PO-7
BH08-12
BH08-03
D-10
BH08-15
Lac Fournière

LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits d'eau potable domestiques (Genivar, 2008)

Puits et/ou forages dans lesquels le suivi piézométrique a été réalisé (mars à mai 2008)

- Puits d'observation aménagés dans les dépôts meubles (Golder, 2008)
- Puits d'observation aménagés dans le roc (Golder, 2008)
- Forages de définition et/ou de condamnation (Osisko, 2008c)
- Puits des mines souterraines
- Puits d'observation aménagés dans les dépôts meubles (GCE Consulteaux, 2008)
- Puits d'observation aménagés dans les dépôts meubles (Genivar, 2008b)
- Limite du modèle numérique
- Bassin d'entreposage d'eau de la mine (proposé)
- Fosse proposée
- Parc à résidus existants
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)

0 1 250 2 500 5 000 Mètres

1:70 000

CONFIDENTIEL

RÉFÉRENCE

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17

Source: Cartes matricielles de la BDTQ à l'échelle 1:20 000

PROJET
ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES
OSISKO EXPLORATION
MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

TITRE

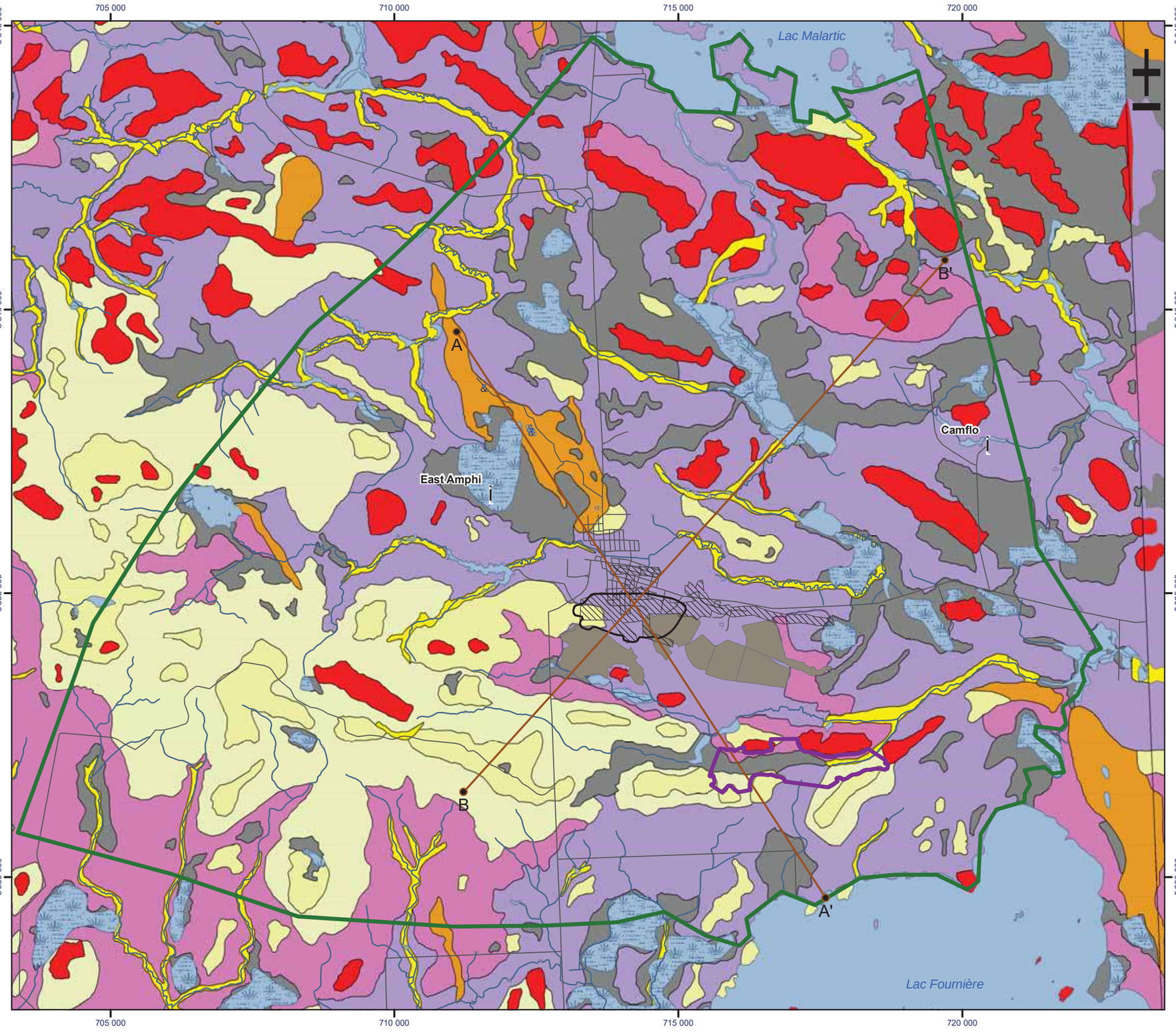
Localisation des sondes à pression

Golder Associés
Montréal, Québec

PROJET No. 07-1221-0028			Échelle respective	REV. 0
Conception	MNR	15 avril 2008		
GIS	NZG	15 avril 2008		
Vérification	AB	16 avril 2008		
Révision	NDA	17 avril 2008		

FIGURE 4

Projet: N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\Figure_4_Localisation_Sondes_Pression.mxd



LÉGENDE

- Puits de pompage de la ville de Malartic (P-4; P-5)
- Nouveau puits de pompage de la ville de Malartic (PP-6)
- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Bassin d'entreposage d'eau de la mine (proposé)
- Limite du modèle numérique
- Localisation des coupes hydrostratigraphiques
- Rivières
- Routes principales
- Fosse proposée
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)
- Parc à résidus existants
- Milieu humide
- Hydrographie

Géologie des dépôts meubles

- 1a - Till - Couverture discontinue (< 1 m)
- 1b - Till - Couverture continue (> 1 m)
- 2a - Sédiments juxtaglaciaires
- 2b - Sédiments d'épandage proglaciaire
- 2c - Sédiments granulaires
- 3a - Sédiments d'eau profonde
- 3b - Sédiments sublittoraux et de plage
- 5 - Dépôts alluviaux
- 6 - Dépôts organiques
- R - Roc

0 1 250 2 500 5 000 Mètres

1:70 000

CONFIDENTIEL

RÉFÉRENCE

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17

Sources: Commission géologique du Canada (Veillette, 2003)
BNDT Ressources naturelles Canada

PROJET

ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS
SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES
OSISKO EXPLORATION
MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

TITRE

Carte des dépôts meubles

Golder Associés
Montréal, Québec

PROJET No. 07-1221-0028			Échelle respective	REV. 0
Conception	MNR	14 avril 2008		
GIS	NZG	14 avril 2008		
Vérification	AB	16 avril 2008		
Révision	NDA	17 avril 2008		

FIGURE 5

Projet: N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\Figure_5_Depots_Surface.mxd

705 000 710 000 715 000 720 000

5 345 000 5 340 000 5 335 000 5 330 000

Lac Malartic

Faille Raymond

Faille de Cadillac

Faille de Sladen

Groupe de Cadillac

Groupe de Piché

Groupe de Pontiac

East Amphi

Camflo

A

A'

B

B'

Lac Fournière

LÉGENDE

- Puits de pompage de la ville de Malartic (P-4; P-5)
- Nouveau puits de pompage de la ville de Malartic (PP-6)
- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Bassin d'entreposage d'eau de la mine (proposé)
- Limite du modèle numérique
- Localisation des coupes hydrostratigraphiques
- Rivières
- Failles principales
- Routes principales
- Fosse proposée
- Parc à résidus existants
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)
- Milieu humide
- Hydrographie

Zones géologiques

- Péridotite
- Formation de fer oxydée
- Gabbro / Diabase
- Schiste à biotite et à chlorite
- Porphyre intermédiaire
- Wacke, Mudrock, Schiste
- Conglomérat polygénique
- Volcanique et intrusive ultramafique
- Basalte
- Volcanique
- Andésite
- Granodiorite
- Dacite

0 1 250 2 500 5 000 Mètres

1:70 000

CONFIDENTIEL

RÉFÉRENCE

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17

Sources: Commission géologique du Canada; BNDT Ressources naturelles Canada; MRN - SIGEOM; Grant M., Sansfaçon R. et Trudel P. (1987) : Géologie de la mine Canadian Malartic - district de Malartic. Ministère des Ressources naturelles, série des manuscrits bruts M.B. 87-41, 73 pages.

PROJET
ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES
OSISKO EXPLORATION
MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

TITRE
Géologie du roc

Golder Associés
Montréal, Québec

PROJET No. 07-1221-0028			Échelle respective REV. 0
Conception	MNR	15 avril 2008	
GIS	NZG	15 avril 2008	
Vérification	AB	16 avril 2008	
Révision	NDA	17 avril 2008	

FIGURE 6

Projet: N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\Figure_6_Geologie.mxd

710 000

715 000

5 340 000

5 335 000

Lac Malartic

Lac Fournière

East Amphi

Camflo

East Amphi

316,75

322,15

321,88

322,04

328,75

301,98

307,56

303,74

303,92

327,65

303,44

311,6

303,51

318,49

303,97

324,41

303,93

301,8

301,15

309,1

318,38

310,63

322,22

323,03

327,08

317,11

328,06

310,39

312,14

330,73

334,36

319,965

331,87

Projet: N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\Figure_7_Piezometrie_Aquifere_Roc.mxd

LÉGENDE

- Points de contrôle de la piézométrie du roc et valeur de l'élévation du niveau d'eau (m), mars 2008
- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic (P-4; P-5)
- Nouveau puits de pompage de la ville de Malartic (PP-6)
- Isopièze aquifère du roc (m)
- Ligne de partage de eaux (hypothèse du modèle conceptuel)
- Direction d'écoulement de l'eau souterraine
- Limite du modèle numérique
- Routes principales
- Rivières
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)
- Fosse proposée
- Parc à résidus existants
- Milieu humide
- Hydrographie

Élévation du terrain (MNT) (m)

- 275 - 300
- 300 - 325
- 325 - 350
- 350 - 375
- 375 - 400

0 750 1 500 3 000 Mètres

1:40 000

CONFIDENTIEL

RÉFÉRENCE

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17

Source: Élévations tirées du modèle numérique d'altitude provenant du MRNF

PROJET

ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS
SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES
OSISKO EXPLORATION
MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

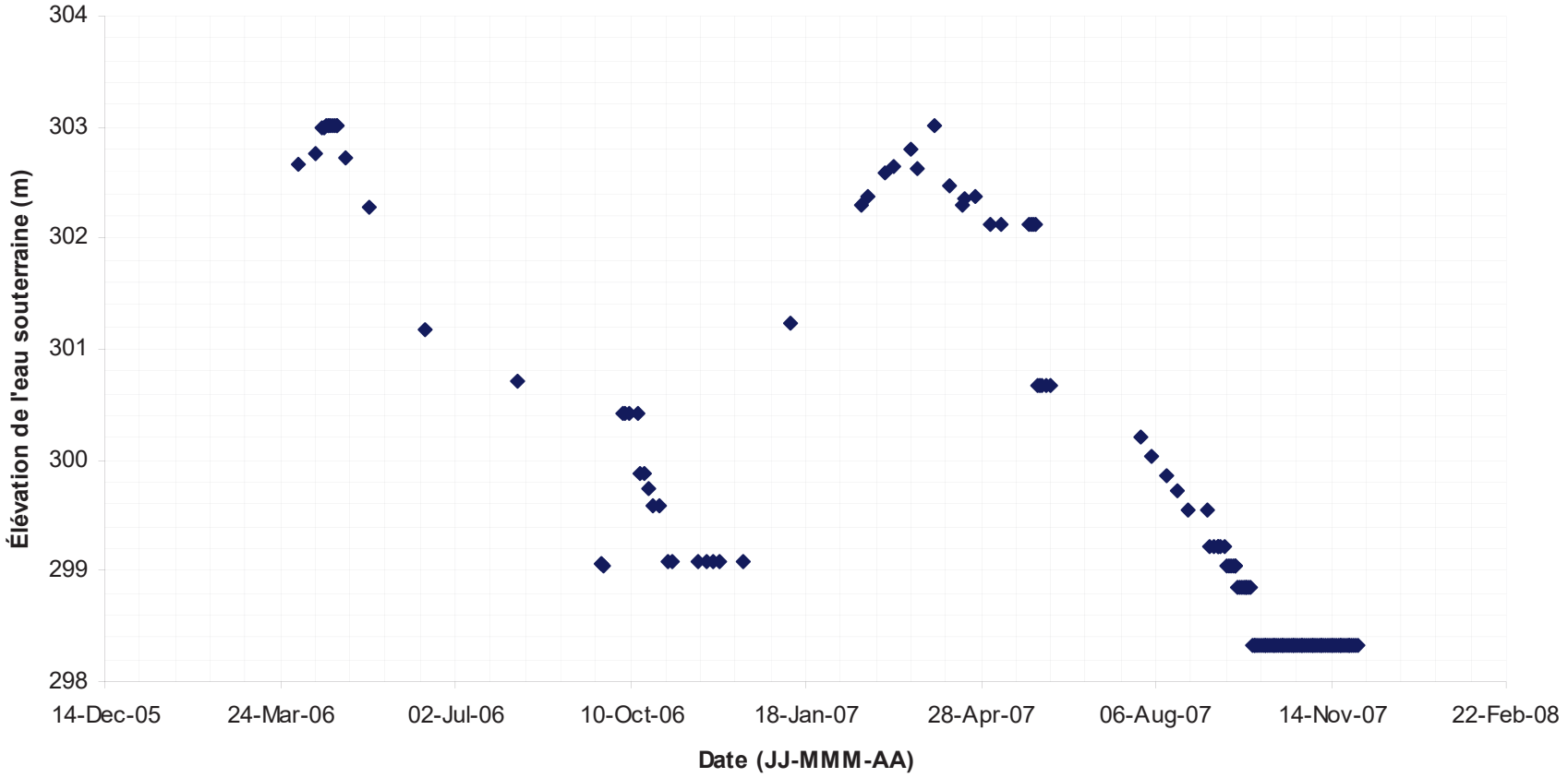
TITRE

Piézométrie de l'aquifère de roc (mars 2008)

Golder Associés
Montréal, Québec

PROJET No. 07-1221-0028			Échelle respective	REV. 0
Conception	MNR	15 avril 2008		
GIS	NZG	15 avril 2008		
Vérification	AB	16 avril 2008		
Révision	NDA	17 avril 2008		

FIGURE 7

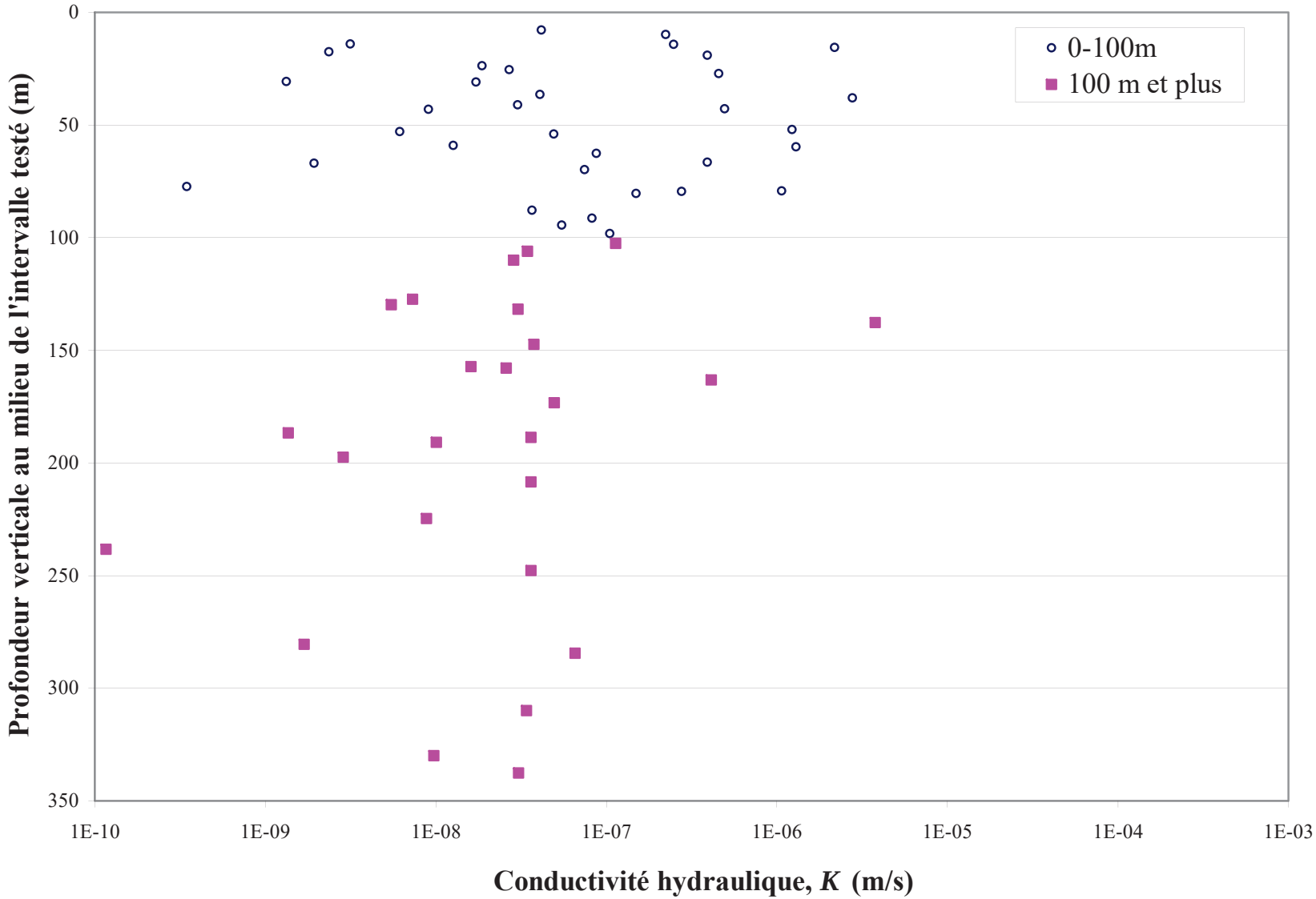


CONFIDENTIEL

Golder Associés

CLIENT: OSISKO		PROJET: ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES, OSISKO EXPLORATION, MALARTIC, QUÉBEC, CANADA	
DESSINÉ PAR: A.B..	DATE: 23 mai 2008	TITRE: Évolution du niveau de l'eau dans le puits de la mine Est Malartic de avril 2006 à décembre 2007	
VÉRIFIÉ PAR: N.D.	DATE: 23 mai 2008		
ÉCHELLE: Not to scale	A4	PROJET No: 07-1221-0028	FIGURE No: 8

I:\Figure Templates\Powerpoint\A4 landscape.ppt

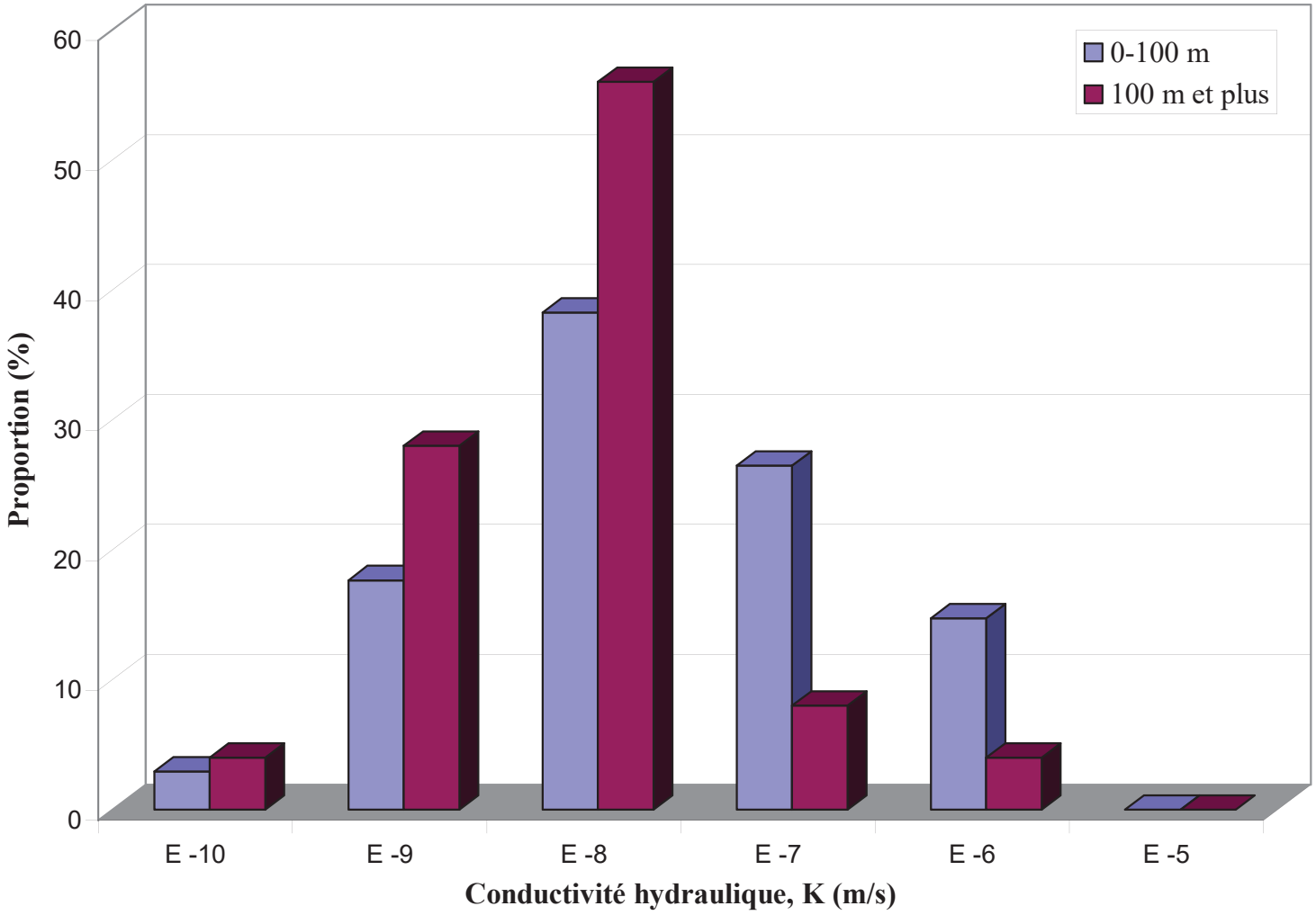


CONFIDENTIEL

Golder Associés

CLIENT: OSISKO		PROJET: ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES, OSISKO EXPLORATION, MALARTIC, QUÉBEC, CANADA	
DESSINÉ PAR: M.G.	DATE: 14 mai 2008	TITRE: Distribution des conductivités hydrauliques pour l'ensemble des essais packer	
VÉRIFIÉ PAR: A.B.	DATE: 14 mai 2008		
ÉCHELLE: Not to scale	A4	PROJET No: 07-1221-0028	FIGURE No: 9

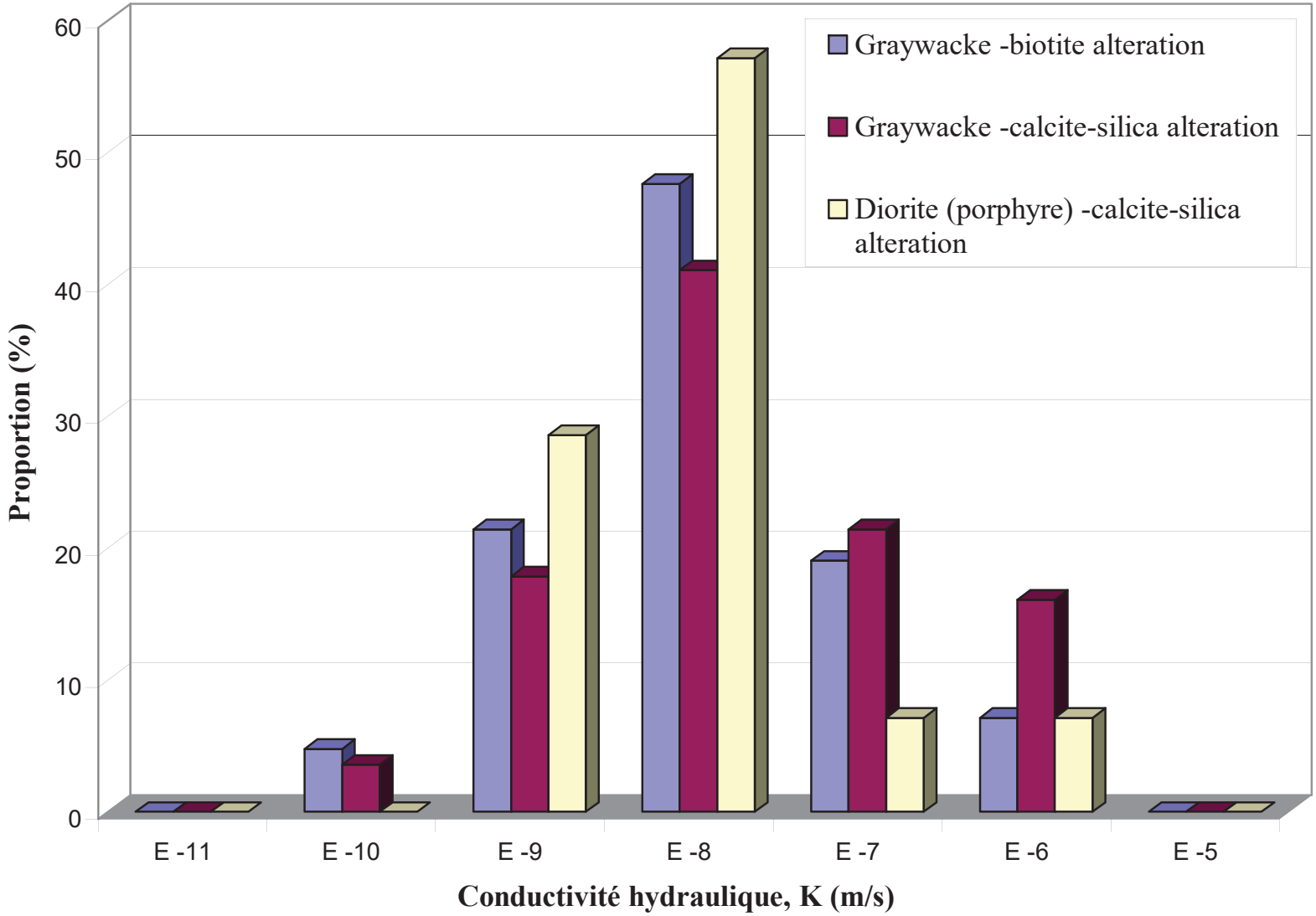
I:\Figure Templates\Powerpoint\A4 landscape.ppt



CONFIDENTIEL

CLIENT: OSISKO		PROJET: ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES, OSISKO EXPLORATION, MALARTIC, QUÉBEC, CANADA	
DESSINÉ PAR: M.G.	DATE: 14 mai 2008	TITRE: Histogramme des conductivités hydrauliques pour l'ensemble des essais packer	
VÉRIFIÉ PAR: A.B.	DATE: 14 mai 2008		
ÉCHELLE: Not to scale	A4	PROJET No: 07-1221-0028	FIGURE No: 10

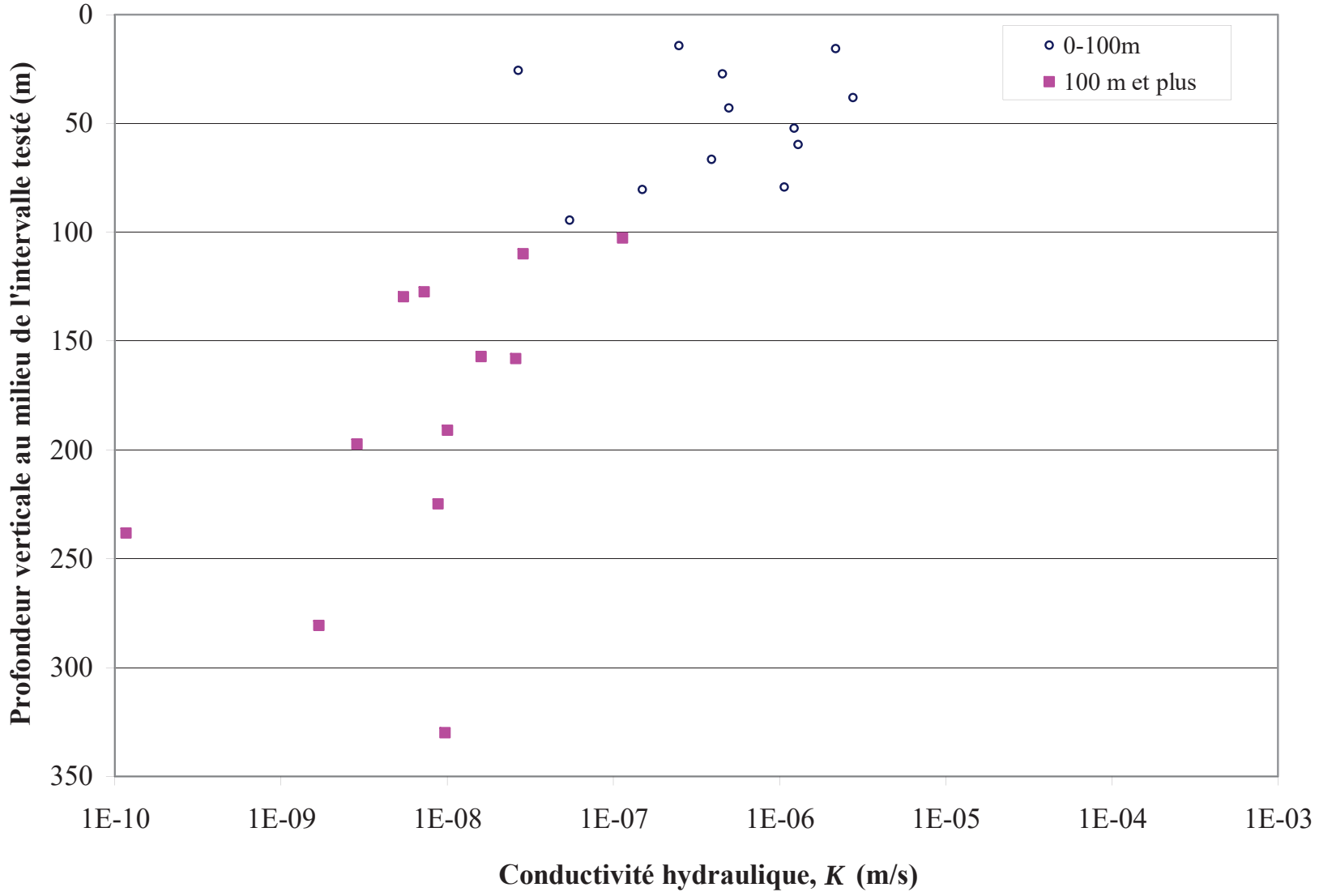
I:\Figure Templates\Powerpoint\A4 landscape.ppt



CONFIDENTIEL

Golder Associés	CLIENT: OSISKO		PROJET: ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES, OSISKO EXPLORATION, MALARTIC, QUÉBEC, CANADA
	DESSINÉ PAR: M.G.	DATE: 14 mai 2008	TITRE: Histogramme des conductivités hydrauliques pour l'ensemble des essais packer par unité lithologique
	VÉRIFIÉ PAR: A.B.	DATE: 14 mai 2008	
	ÉCHELLE: Not to scale	A4	PROJET No: 07-1221-0028 / FIGURE No: 11

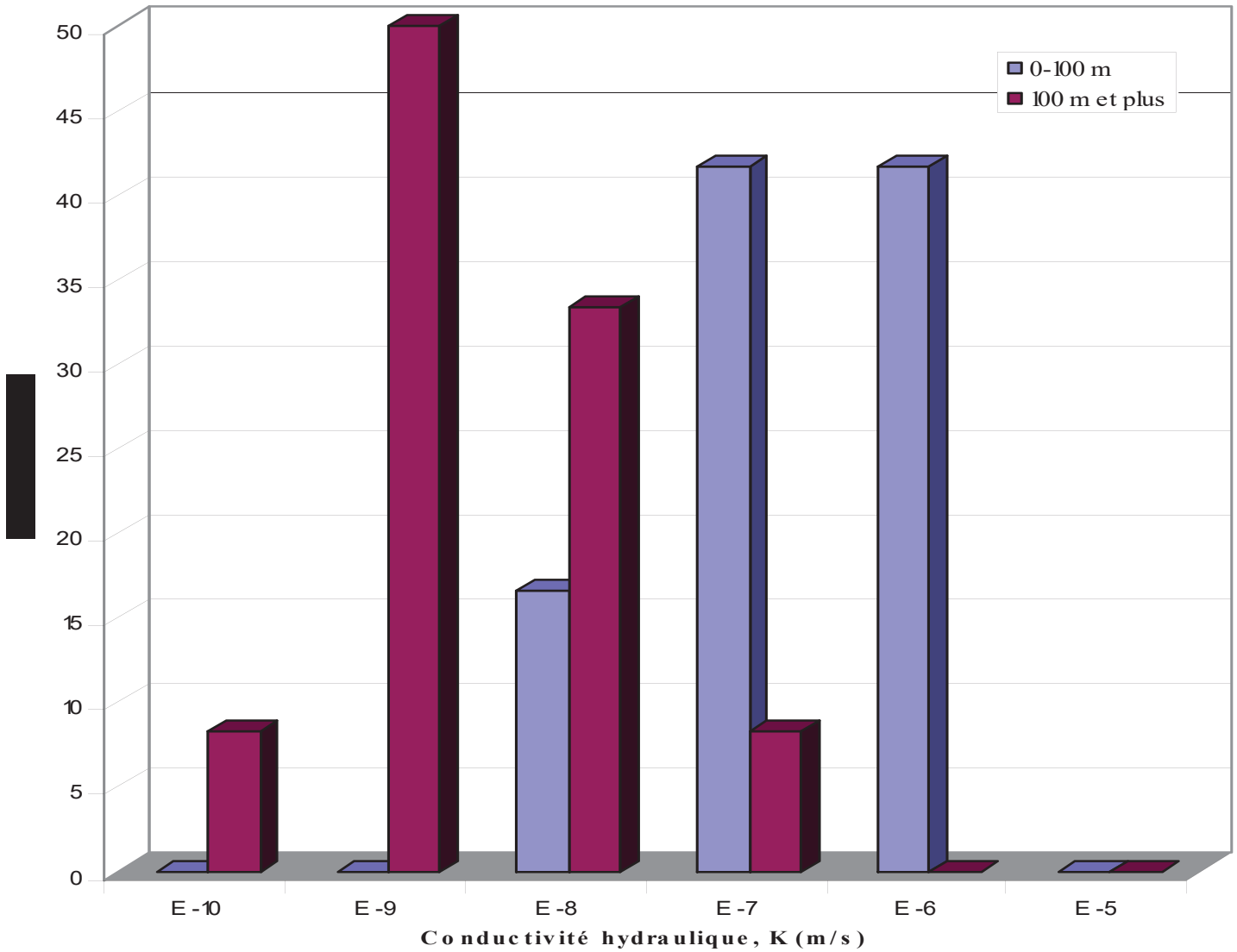
I:\Figure Templates\Powerpoint\A4 landscape.ppt



CONFIDENTIEL

CLIENT: OSISKO		PROJET: ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES, OSISKO EXPLORATION, MALARTIC, QUÉBEC, CANADA	
DESSINÉ PAR: M.G.	DATE: 14 mai 2008	TITRE: Distribution des conductivités hydrauliques pour les essais packer des forages GT07-02 et GT07-05	
VÉRIFIÉ PAR: A.B.	DATE: 14 mai 2008		
ÉCHELLE: Not to scale	A4	PROJET No: 07-1221-0028	FIGURE No: 12

I:\Figure Templates\Powerpoint\A4 landscape.ppt

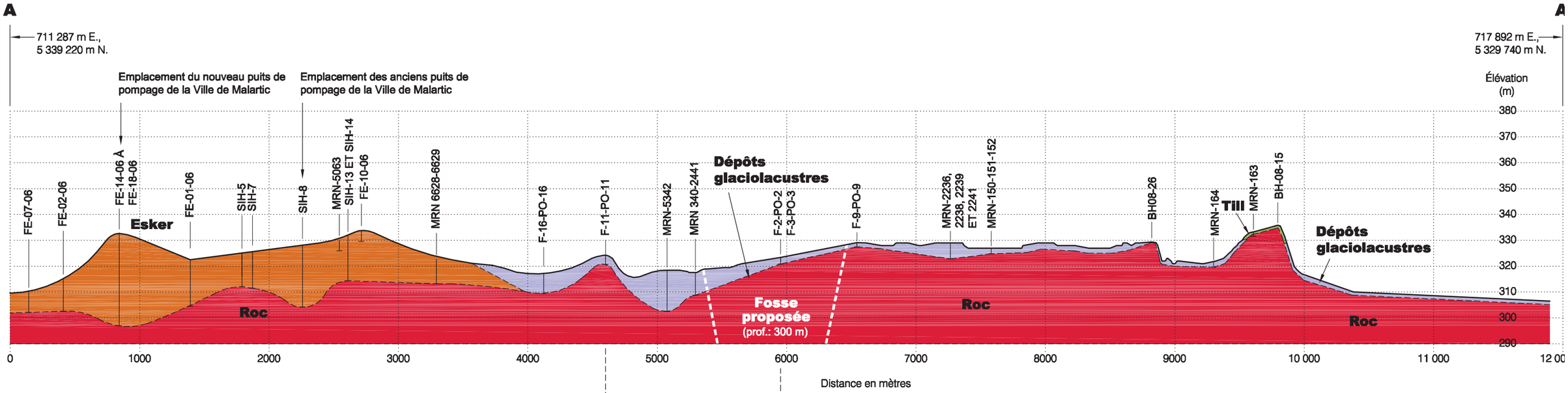


CONFIDENTIEL

Golder Associés

CLIENT: OSISKO		PROJET: ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES, OSISKO EXPLORATION, MALARTIC, QUÉBEC, CANADA	
DESSINÉ PAR: M.G.	DATE: 14 mai 2008	TITRE: Histogramme des conductivités hydrauliques pour les essais packer des forages GT07-02 et GT07-05	
VÉRIFIÉ PAR: A.B.	DATE: 14 mai 2008		
ÉCHELLE: Not to scale	A4	PROJET No: 07-1221-0028	FIGURE No: 13

I:\Figure Templates\Powerpoint\A4 landscape.ppt



Légende:

FE-07-06	Puits d'observation (GCE Consulteaux, 2006)
SIH-5	Forages Système Information Hydrogéologique (MDDEP, 2008)
MRN-5063	Forage d'exploration minière (SIGEOM, MRN, 2008)
F-16-PO-16	Puits d'observation (Génivar, 2008b)
BH08-26	Forage et puits d'observation (Golder, 2008, en rédaction)

Échelle:

Horizontale:: 1 : 30,000
Verticale: 1 : 1 500

Coordonnées

NAD83, UTM 17

Source:

Élévations du terrain (m) tirées du modèle numérique d'altitude du MRN.

CONFIDENTIEL

Golder Associés
9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal (Québec) H4N 2T2
Tél.: (514) 383-0990 Fax: (514) 383-5332

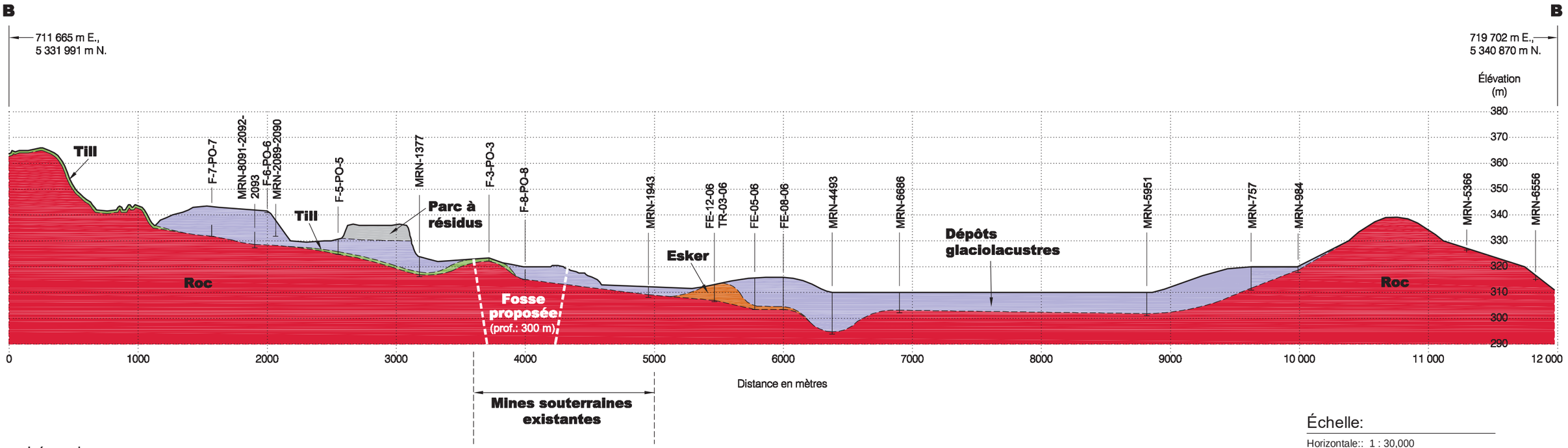
Date:	2008-05-27	Échelle:	Indiquée
Dessiné par:	M. Tremblay	Projeté par:	M.-N. Riverin
Vérifié par:	A. Boutin	Approuvé par:	N. D'Anjou
No. de dessin:	0712210028-2400-03	No. de projet:	07-1221-0028

OSISKO EXPLORATION

ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES
OSISKO EXPLORATION, MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

COUPE HYDROSTRATIGRAPHIQUE A-A'

FIGURE 14



Légende:

FE-12-06	Puits d'observation (GCE Consulteaux, 2006)
MRN-4493	Forage d'exploration minière (SIGEOM, MRN, 2008)
F-8-PO-8	Puits d'observation (Génivar, 2008b)

Échelle:

Horizontale:: 1 : 30,000
Verticale: 1 : 1 500

Coordonnées:

NAD83, UTM 17

Source:

Élévations du terrain (m) tirées du modèle numérique d'altitude du MRN.

CONFIDENTIEL

Golder Associés
9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal (Québec) H4N 2T2
Tél.: (514) 383-0990 Fax: (514) 383-5332

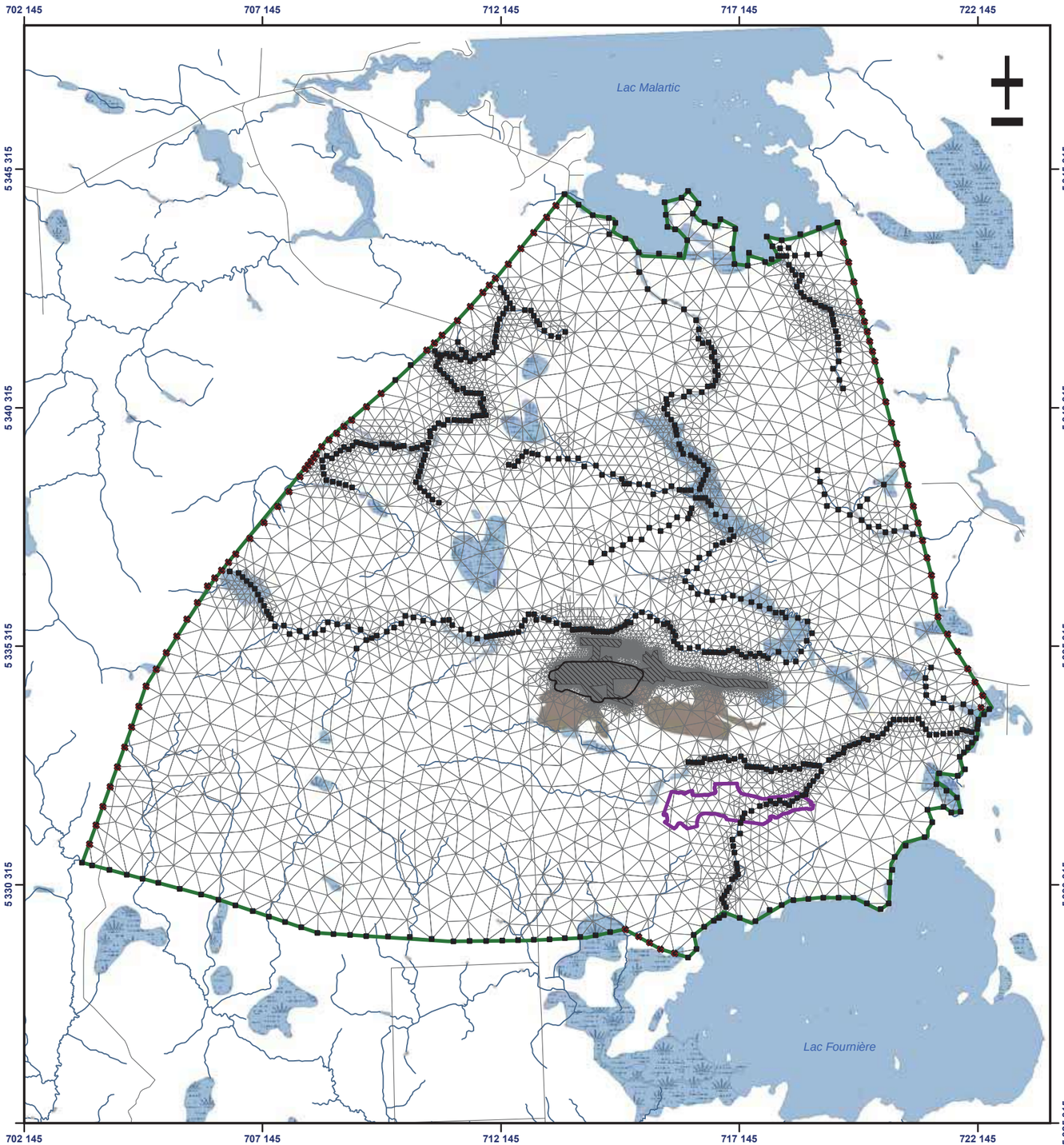
Date:	2008-05-27	Échelle:	Indiquée
Dessiné par:	M. Tremblay	Projeté par:	M.-N. Riverin
Vérifié par:	A. Boutin	Approuvé par:	N. D'Anjou
No. de dessin:	0712210028-2400-03	No. de projet:	07-1221-0028

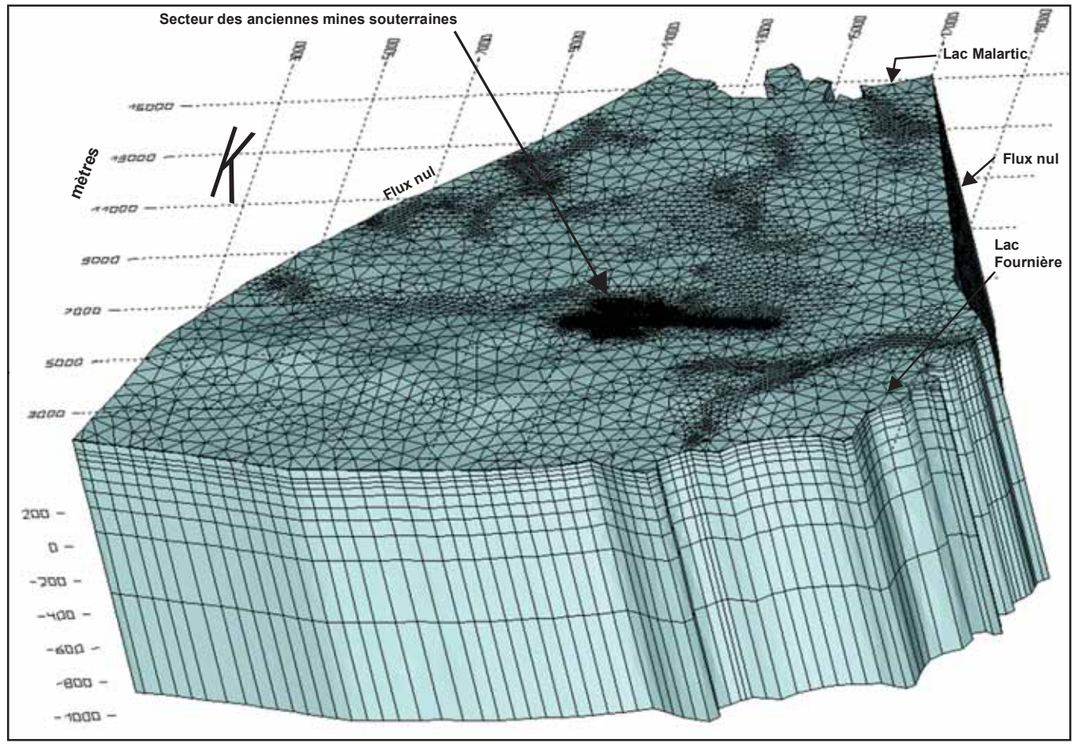
OSISKO EXPLORATION

ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES
OSISKO EXPLORATION, MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

COUPE HYDROSTRATIGRAPHIQUE B-B"

FIGURE 15





Vue tridimensionnelle du modèle numérique d'écoulement

1- Couches (1 à 3) représentant les dépôts meubles
2- Couche (4 et 5) représentant le roc peu profond (0 à 50 m)
3- Couches (6 et 7) représentant le roc superficiel (50 à 100m)
4- Couches (8 et 9) représentant le roc profond (100m à 300m)
5- Couches (10 à 13) représentant le roc profond (300m et plus)

Légende

- Limite imperméable (flux nul) - deuxième type
- Charges imposées - premier type
- Bassin d'entreposage d'eau de la mine (proposé)
- Limite du modèle numérique
- Routes principales
- Rivières
- Fosse proposée
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)
- Maillage (éléments finis) du modèle numérique
- Milieu humide
- Hydrographie
- Parc à résidus existants

0 2 500 5 000 mètres

1:100 000

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17

CONFIDENTIEL

Golder Associés
9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal (Québec) H4N 2T2
Tél: (514) 383-0990 Fax: (514) 383-5332

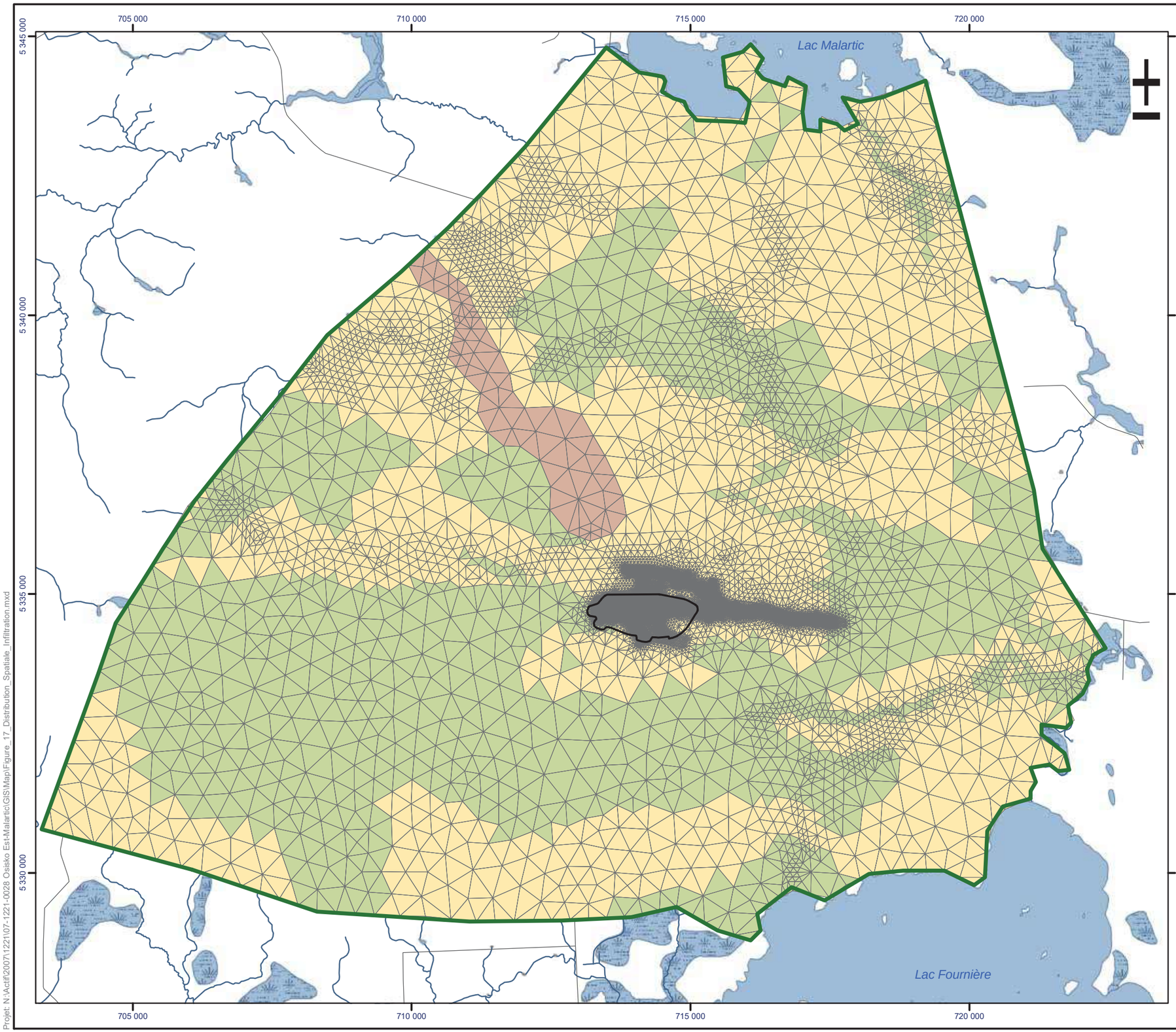
Date :	13 mai 2008	Numéro de projet :	07-1221-0028
SIG :	O. Delorme	Conception :	M-N. Riverin
Vérification :	A. Boutin	Révision :	N. D'Anjou
Projet :	N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\Figure_16_Conditions_Lim_Modele_Cali_1.mxd		

OSISKO EXPLORATION

Projet : *ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES - OSISKO EXPLORATION MALARTIC, QUÉBEC, CANADA*

Titre : **Conditions aux limites du modèle (calibration 1)**

Figure : **16**



LÉGENDE

- Coefficient de ruissellement élevé (recharge = 25 mm/an)
- Coefficient de ruissellement moyen (recharge = 50 mm/an)
- Coefficient de ruissellement faible (recharge = 300 mm/an)
- Limite du modèle numérique
- Fosse proposée
- Routes principales
- Rivières
- Milieu humide
- Hydrographie

0 1 250 2 500 5 000 Mètres

1:70 000

CONFIDENTIEL

RÉFÉRENCE

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17

PROJET

ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS
SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES
OSISKO EXPLORATION
MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

TITRE

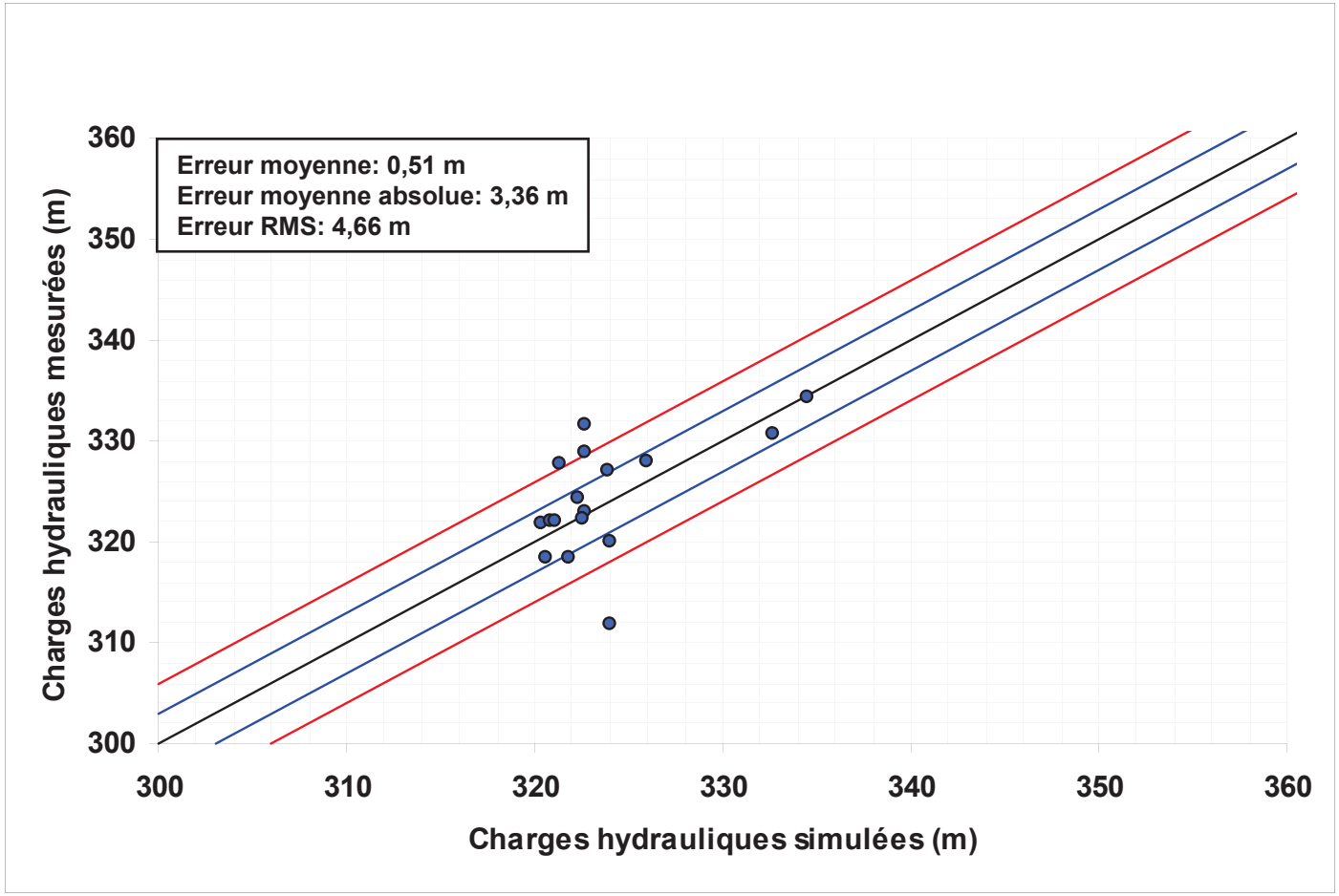
Distribution spatiale de l'infiltration dans le modèle hydrogéologique

Golder Associés
Montréal, Québec

PROJET No. 07-1221-0028			Échelle respective	REV. 0
Conception	MNR	13 mai 2008		
GIS	OD	13 mai 2008		
Vérification	AB	15 mai 2008		
Révision	NDA	16 mai 2008		

FIGURE 17

Projet: N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\Figure_17_Distribution_Spatiale_Infiltration.mxd



CONFIDENTIEL

Golder Associés	CLIENT: OSISKO	PROJET: ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES, OSISKO EXPLORATION, MALARTIC, QUÉBEC, CANADA	
	DESSINÉ PAR: A.B.. / DATE: 25 juin 2008	TITRE: Comparaison entre les niveaux d'eau simulés et observés (simulation 1)	
	VÉRIFIÉ PAR: N.D. / DATE: 25 juin 2008		
	ÉCHELLE: Not to scale / A4	PROJET No: 07-1221-0028	FIGURE No: 18

I:\Figure Templates\Powerpoint\A4 landscape.ppt

705 000 710 000 715 000 720 000

5 345 000 5 340 000 5 335 000 5 330 000

Lac Malartic

Camflo

East Amphi

Lac Fournière

298,00 300,01 302,00 304,01 306,01 308,02 310,02 312,02 314,02 316,03 318,03 320,03 322,03 324,04 326,04 328,04 330,04 332,05 334,05 336,05 338,05 340,05 342,06 344,06 346,06 348,06 350,07 352,07

LÉGENDE

- Points de contrôle de la piézométrie du roc
- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic (P-4; P-5)
- Nouveau puits de pompage de la ville de Malartic (PP-6)
- Piezométrie du roc profond
- Limite du modèle numérique
- Routes principales
- Rivières
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)
- Fosse proposée
- Parc à résidus existants
- Milieu humide
- Hydrographie

Élévation du terrain (MNT) (m)

- 275 - 300
- 300 - 325
- 325 - 350
- 350 - 375
- 375 - 400

0 1 250 2 500 5 000 Mètres

1:70 000

CONFIDENTIEL

RÉFÉRENCE

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17

Source: Élévations tirées du modèle numérique d'altitude provenant du MRNF

PROJET
ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS
SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES
OSISKO EXPLORATION
MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

TITRE

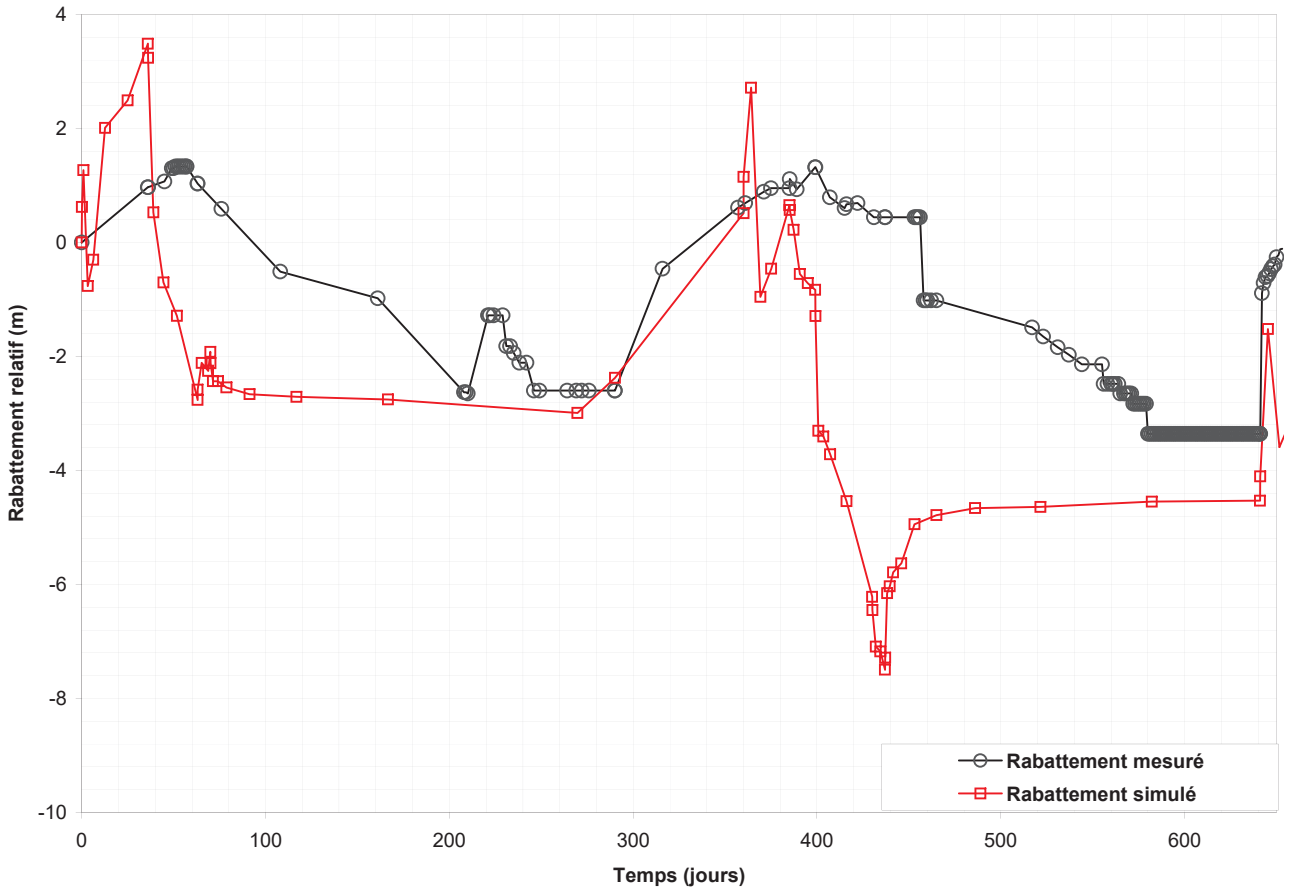
Carte piézométrique dans l'aquifère du roc profond (calibration 1)

Golder Associés
Montréal, Québec

PROJET No. 07-1221-0028			Échelle respective	REV. 0
GIS	OD	30 juin 2008		
Conception	AB	30 juin 2008		
Vérification	AB	30 juin 2008		
Révision	NDA	30 juin 2008		

FIGURE 19

Projet: N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\Figure_19_Piezometrie_Aquifere_Roc.mxd



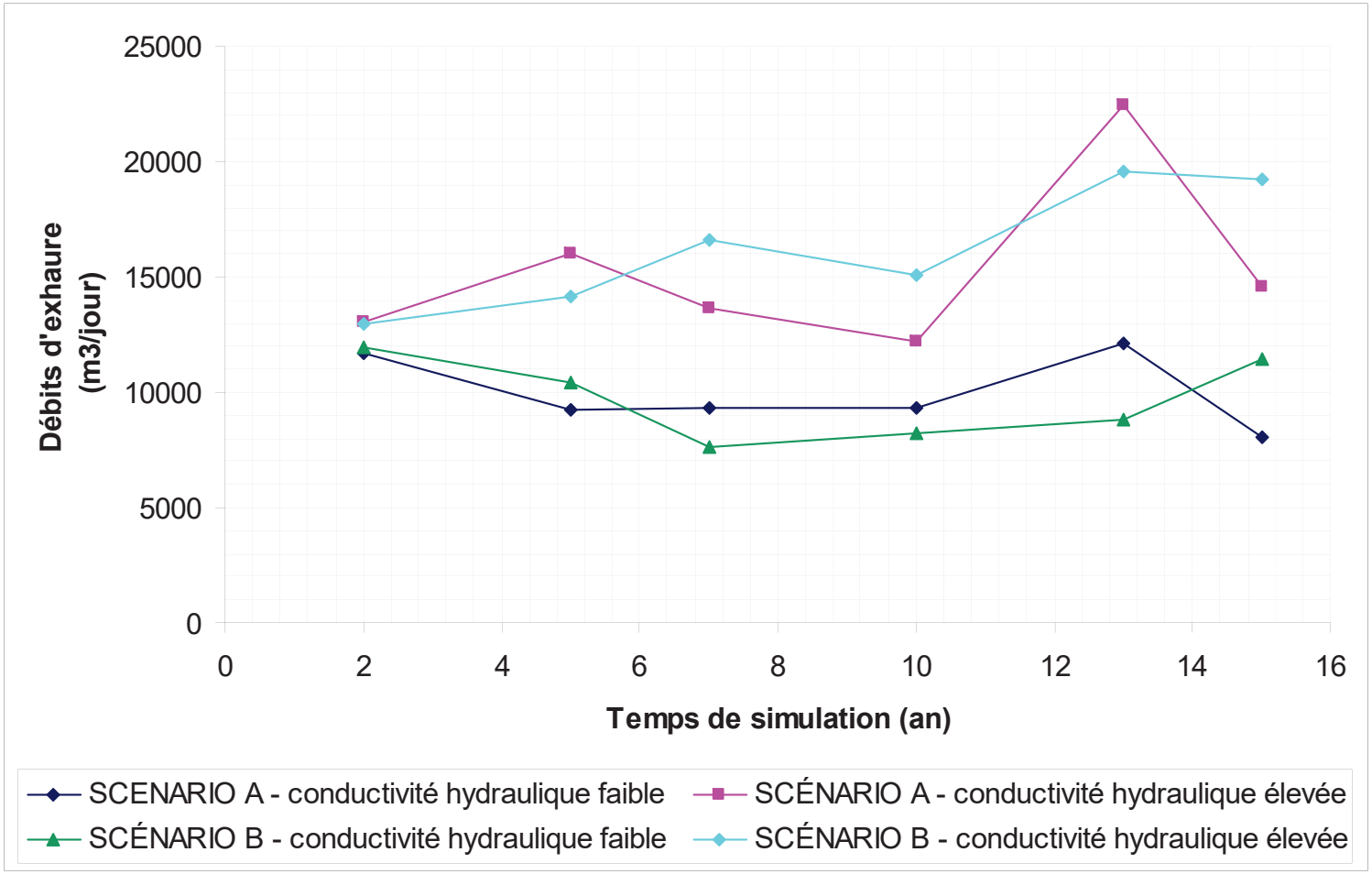
- 4 avril 2006: départ pompe no.1 et no.2 (jour 36)
- 1er mai 2006: arrêt pompe no.2 (jour 63)
- 14 décembre 2006: arrêt pompe no.1 (jour 290)
- 19 mars 2007: départ pompe no.1 (jour 385)
- 2 avril 2007: départ pompe no.2 (jour 399)
- 10 mai 2007: arrêt pompe no.2 (jour 437)
- 30 novembre 2007: arrêt pompe no.1 (jour 641)

CONFIDENTIEL

Golder Associés

CLIENT: OSISKO		PROJET: ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES, OSISKO EXPLORATION, MALARTIC, QUÉBEC, CANADA	
DESSINÉ PAR: A.B..	DATE: 25 juin 2008	TITRE: Graphique du rabattement simulé et observé au puits de la mine Est Malartic – 2006-2007	
VÉRIFIÉ PAR: N.D.	DATE: 25 juin 2008		
ÉCHELLE: Not to scale	A4	PROJET No: 07-1221-0028	FIGURE No: 20

I:\Figure Templates\Powerpoint\A4 landscape.ppt

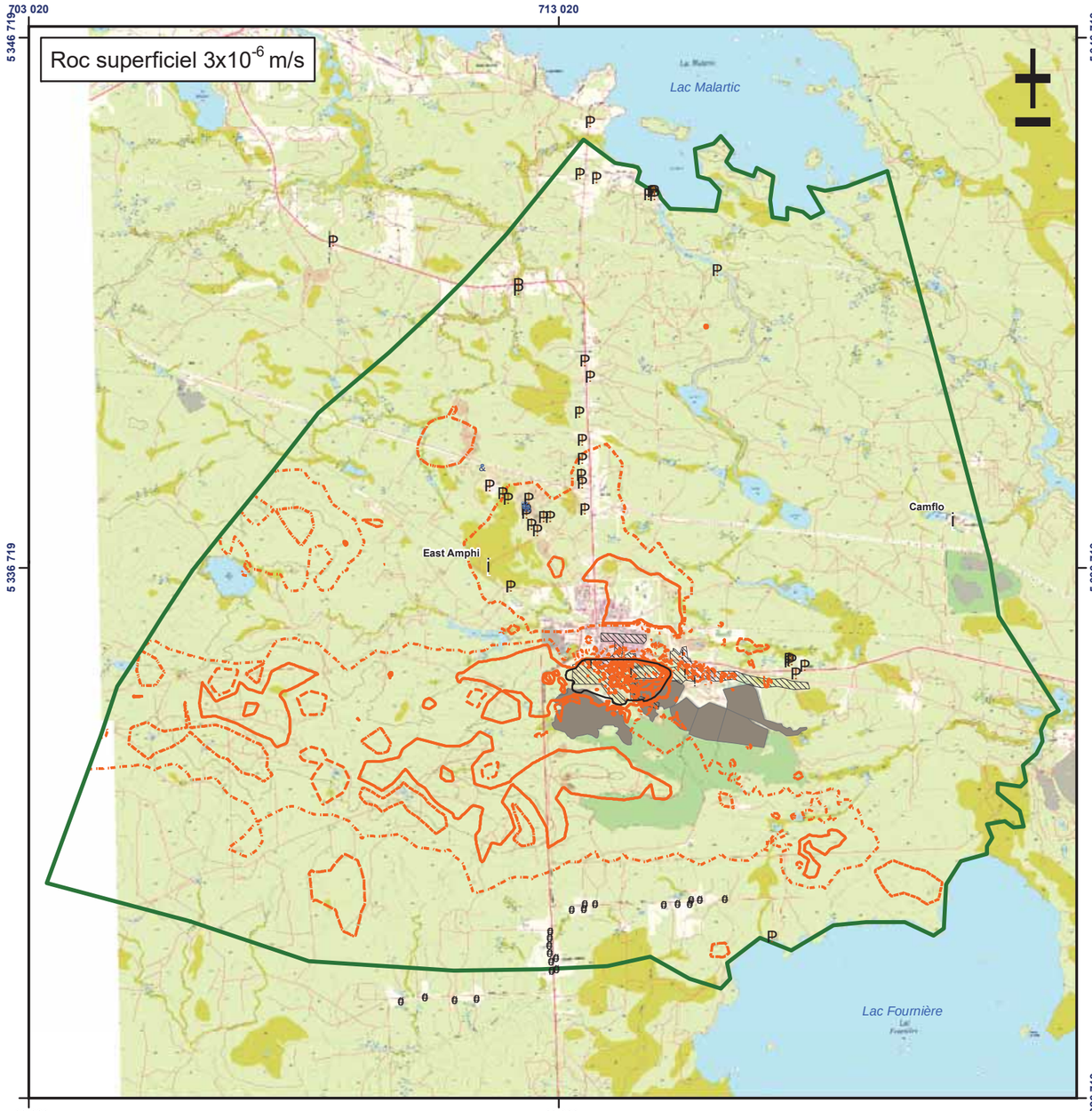


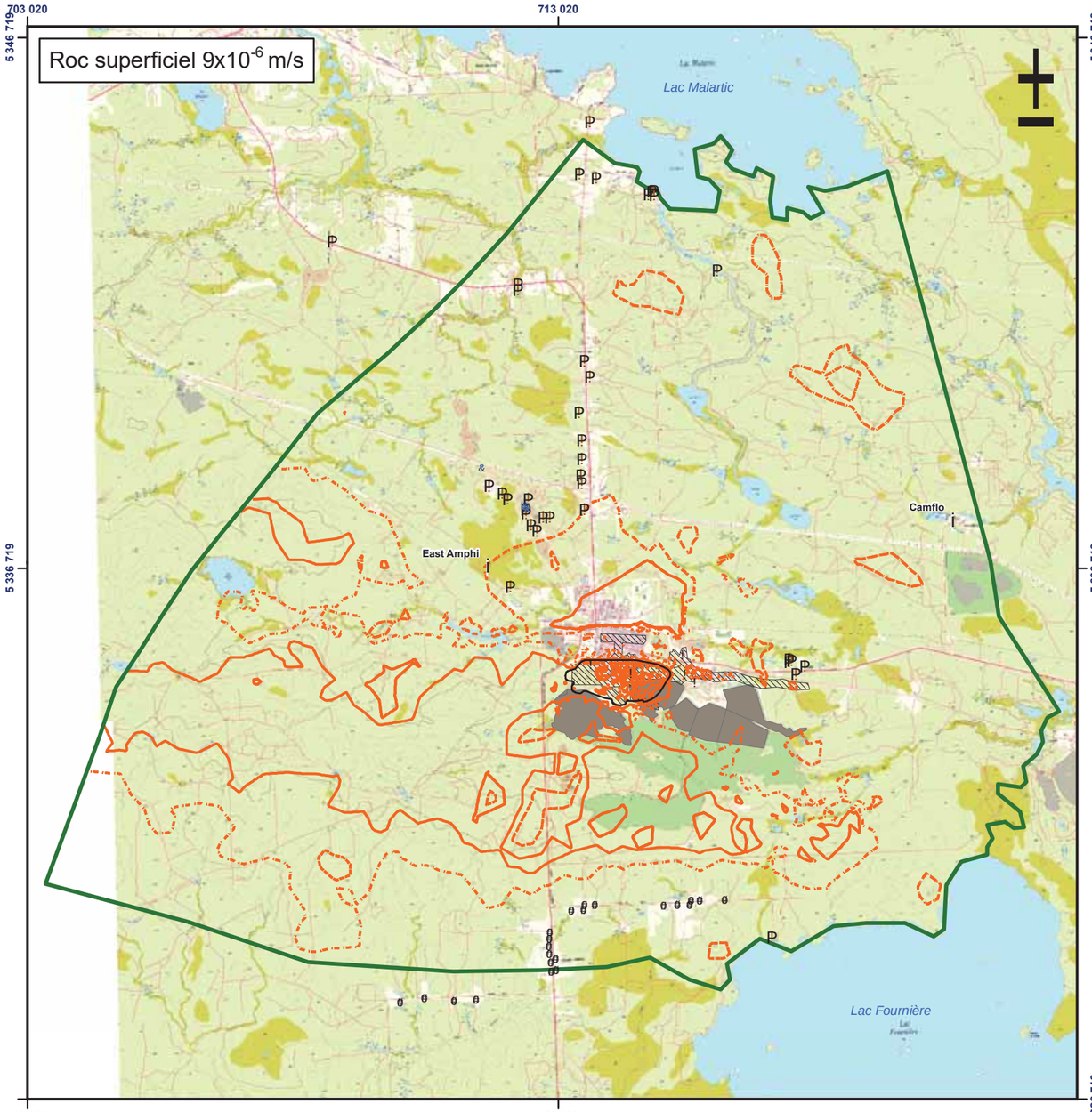
CONFIDENTIEL

Golder Associés

CLIENT: OSISKO		PROJET: ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES, OSISKO EXPLORATION, MALARTIC, QUÉBEC, CANADA	
DESSINÉ PAR: A.B..	DATE: 25 juin 2008	TITRE: Graphique des valeurs de débits d'exhaure estimés selon les différents scénarios de simulations prédictive	
VÉRIFIÉ PAR: N.D.	DATE: 25 juin 2008		
ÉCHELLE: Not to scale	A4	PROJET No: 07-1221-0028	FIGURE No: 21

I:\Figure Templates\Powerpoint\A4 landscape.ppt





Légende

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic (P-4; P-5)
- Nouveau puits de pompage de la ville de Malartic (PP-6)
- Puits des mines souterraines
- Forages Système d'information hydrogéologique (MDDEP, 2008)
- Puits d'eau potable domestiques (Genivar, 2008)
- Rabattement simulé après 10 ans (3 m)
- Rabattement simulé après 10 ans (10 m)
- Limite du modèle numérique
- Fosse proposée
- Parc à résidus existants
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)

0 — 2 500 — 5 000 mètres

1:100 000

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17
Source: Cartes matricielles de la BDTQ à l'échelle 1:20 000

CONFIDENTIEL

Golder Associés
9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal (Québec) H4N 2T2
Tél: (514) 383-0990 Fax: (514) 383-5332

Date :	30 juin 2008	Numéro de projet :	07-1221-0028
SIG :	O. Delorme	Conception :	A. Boutin
Vérification :	A. Boutin	Révision :	N. D'Anjou
Projet :	N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\Figure_22_DM_Scenario_A_10_Ans.mxd		

OSISKO EXPLORATION

Projet : *ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES - OSISKO EXPLORATION MALARTIC, QUÉBEC, CANADA*

Titre : **Étendue du rabattement simulé dans les dépôts meubles après 10 ans Scénario A de pompage dans les chantiers**

Figure : **22**

Roc superficiel $3x10^{-6}$ m/s

Roc superficiel $9x10^{-6}$ m/s

703 020
713 020
5 346 719
5 336 719
5 326 719

Lac Malartic
Lac Fournière
East Amphi
Camflo

Légende

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic (P-4; P-5)
- Nouveau puits de pompage de la ville de Malartic (PP-6)
- Puits des mines souterraines
- Forages Système d'information hydrogéologique (MDDEP, 2008)
- Puits d'eau potable domestiques (Genivar, 2008)
- Rabattement simulé après 10 ans (3 m)
- Rabattement simulé après 10 ans (10 m)
- Limite du modèle numérique
- Fosse proposée
- Parc à résidus existants
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)

0 2 500 5 000 mètres

1:100 000

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17
Source: Cartes matricielles de la BDTQ à l'échelle 1:20 000

CONFIDENTIEL

Golder Associés
9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal (Québec) H4N 2T2
Tél: (514) 383-0990 Fax: (514) 383-5332

Date :	30 juin 2008	Numéro de projet :	07-1221-0028
SIG :	O. Delorme	Conception :	A. Boutin
Vérification :	A. Boutin	Révision :	N. D'Anjou
Projet :	N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\Figure_23_DM_Scenario_B_10_Ans.mxd		

OSISKO EXPLORATION

Projet : *ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES - OSISKO EXPLORATION MALARTIC, QUÉBEC, CANADA*

Titre : **Étendue du rabattement simulé dans les dépôts meubles après 10 ans Scénario B de pompage dans les chantiers**

Figure : **23**

Roc superficiel $3x10^{-6}$ m/s

Roc superficiel $9x10^{-6}$ m/s

703 020
713 020
5 346 719
5 336 719
5 326 719

Lac Malartic
Lac Fournière
East Amphi
Camflo

Légende

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic (P-4; P-5)
- Nouveau puits de pompage de la ville de Malartic (PP-6)
- Puits des mines souterraines
- Forages Système d'information hydrogéologique (MDDEP, 2008)
- Puits d'eau potable domestiques (Genivar, 2008)
- Rabattement simulé après 10 ans (3 m)
- Rabattement simulé après 10 ans (10 m)
- Limite du modèle numérique
- Fosse proposée
- Parc à résidus existants
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)

0 2 500 5 000 mètres

1:100 000

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17
Source: Cartes matricielles de la BDTQ à l'échelle 1:20 000

CONFIDENTIEL

Golder Associés
9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal (Québec) H4N 2T2
Tél: (514) 383-0990 Fax: (514) 383-5332

Date :	30 juin 2008	Numéro de projet :	07-1221-0028
SIG :	O. Delorme	Conception :	A. Boutin
Vérification :	A. Boutin	Révision :	N. D'Anjou
Projet :	N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\Figure_24_ROC_Scenario_A_10_Ans.mxd		

OSISKO EXPLORATION

Projet : *ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES - OSISKO EXPLORATION MALARTIC, QUÉBEC, CANADA*

Titre : **Étendue du rabattement simulé dans le roc superficiel après 10 ans Scénario A de pompage dans les chantiers**

Figure : **24**

Roc superficiel $3x10^{-6}$ m/s

Roc superficiel $9x10^{-6}$ m/s

703 020
713 020
5 346 719
5 336 719
5 326 719

Lac Malartic
Lac Fournière
East Amphi
Camflo

Légende

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic (P-4; P-5)
- Nouveau puits de pompage de la ville de Malartic (PP-6)
- Puits des mines souterraines
- Forages Système d'information hydrogéologique (MDDEP, 2008)
- Puits d'eau potable domestiques (Genivar, 2008)
- Rabattement simulé après 10 ans (3 m)
- Rabattement simulé après 10 ans (10 m)
- Limite du modèle numérique
- Fosse proposée
- Parc à résidus existants
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)

0 2 500 5 000 mètres

1:100 000

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17
Source: Cartes matricielles de la BDTQ à l'échelle 1:20 000

CONFIDENTIEL

Golder Associés
9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal (Québec) H4N 2T2
Tél: (514) 383-0990 Fax: (514) 383-5332

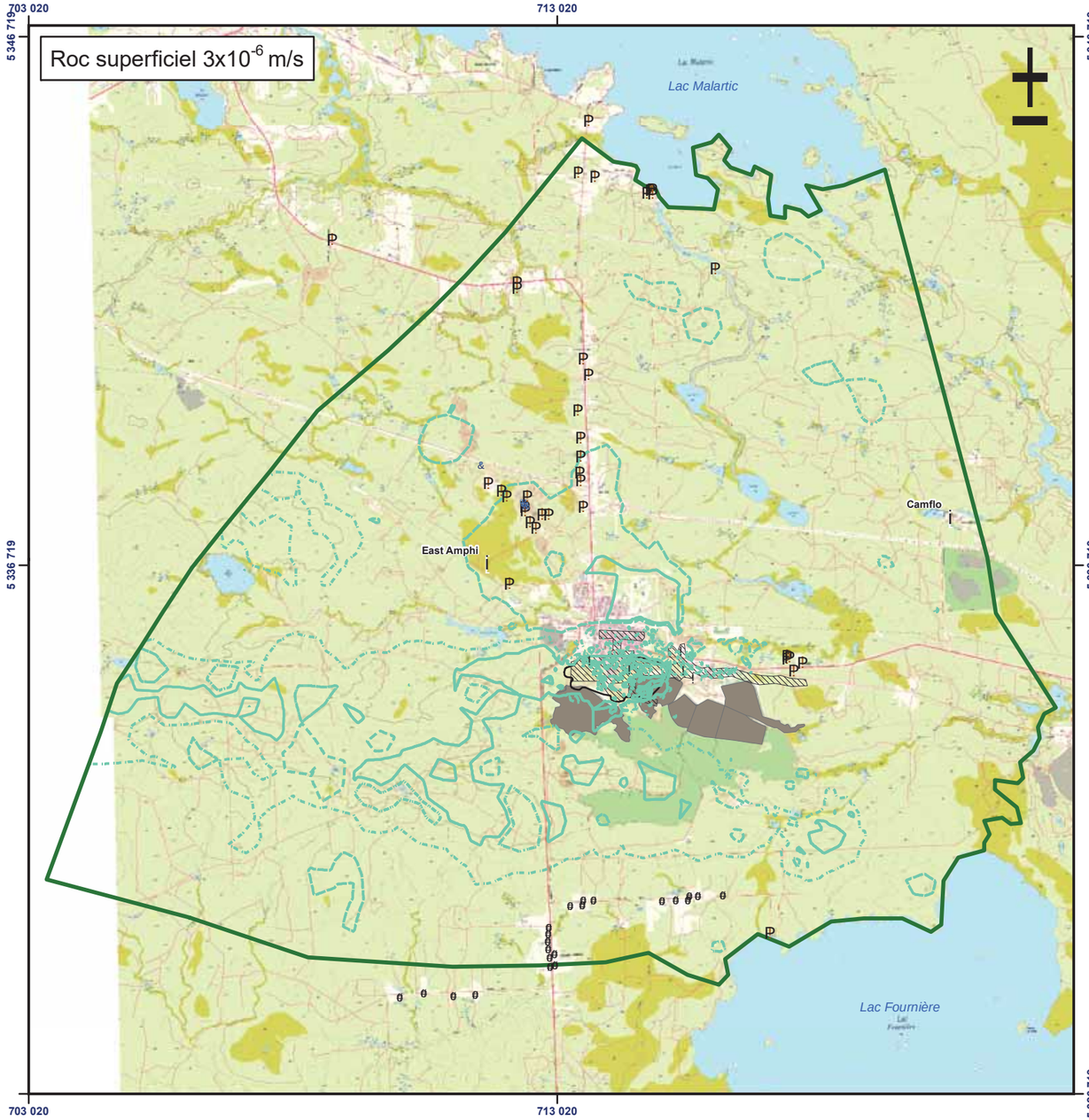
Date :	30 juin 2008	Numéro de projet :	07-1221-0028
SIG :	O. Delorme	Conception :	A. Boutin
Vérification :	A. Boutin	Révision :	N. D'Anjou
Projet :	N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\Figure_25_ROC_Scenario_B_10_Ans.mxd		

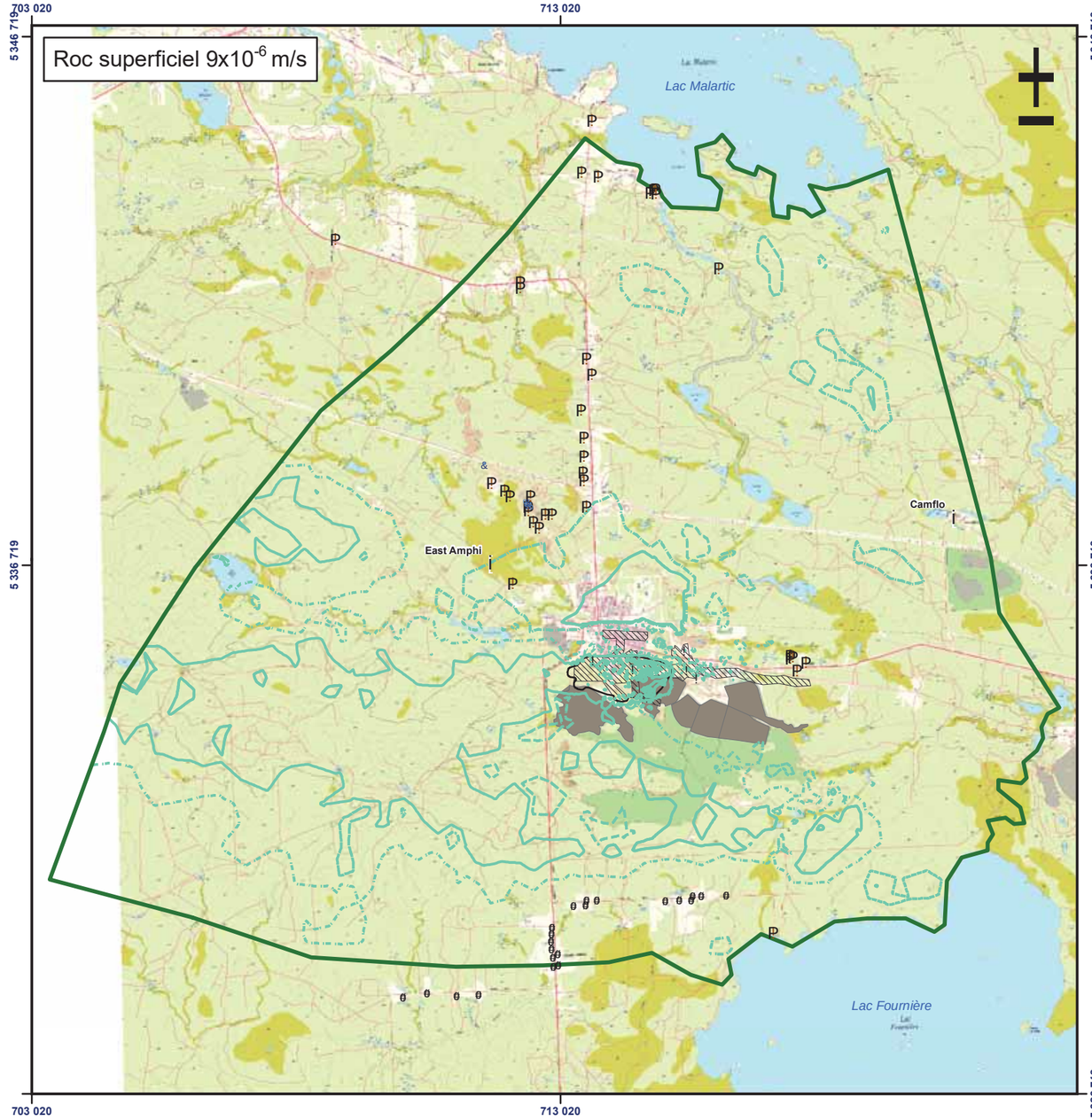
OSISKO EXPLORATION

Projet : *ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES - OSISKO EXPLORATION MALARTIC, QUÉBEC, CANADA*

Titre : **Étendue du rabattement simulé dans le roc superficiel après 10 ans Scénario B de pompage dans les chantiers**

Figure : **25**





Légende

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic (P-4; P-5)
- Nouveau puits de pompage de la ville de Malartic (PP-6)
- Puits des mines souterraines
- Forages Système d'information hydrogéologique (MDDEP, 2008)
- Puits d'eau potable domestiques (Genivar, 2008)
- Rabattement simulé après 15 ans (3 m)
- Rabattement simulé après 15 ans (10 m)
- Limite du modèle numérique
- Fosse proposée
- Parc à résidus existants
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)

0 2 500 5 000 mètres

1:100 000

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17
Source: Cartes matricielles de la BDTQ à l'échelle 1:20 000

CONFIDENTIEL

Golder Associés
9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal (Québec) H4N 2T2
Tél: (514) 383-0990 Fax: (514) 383-5332

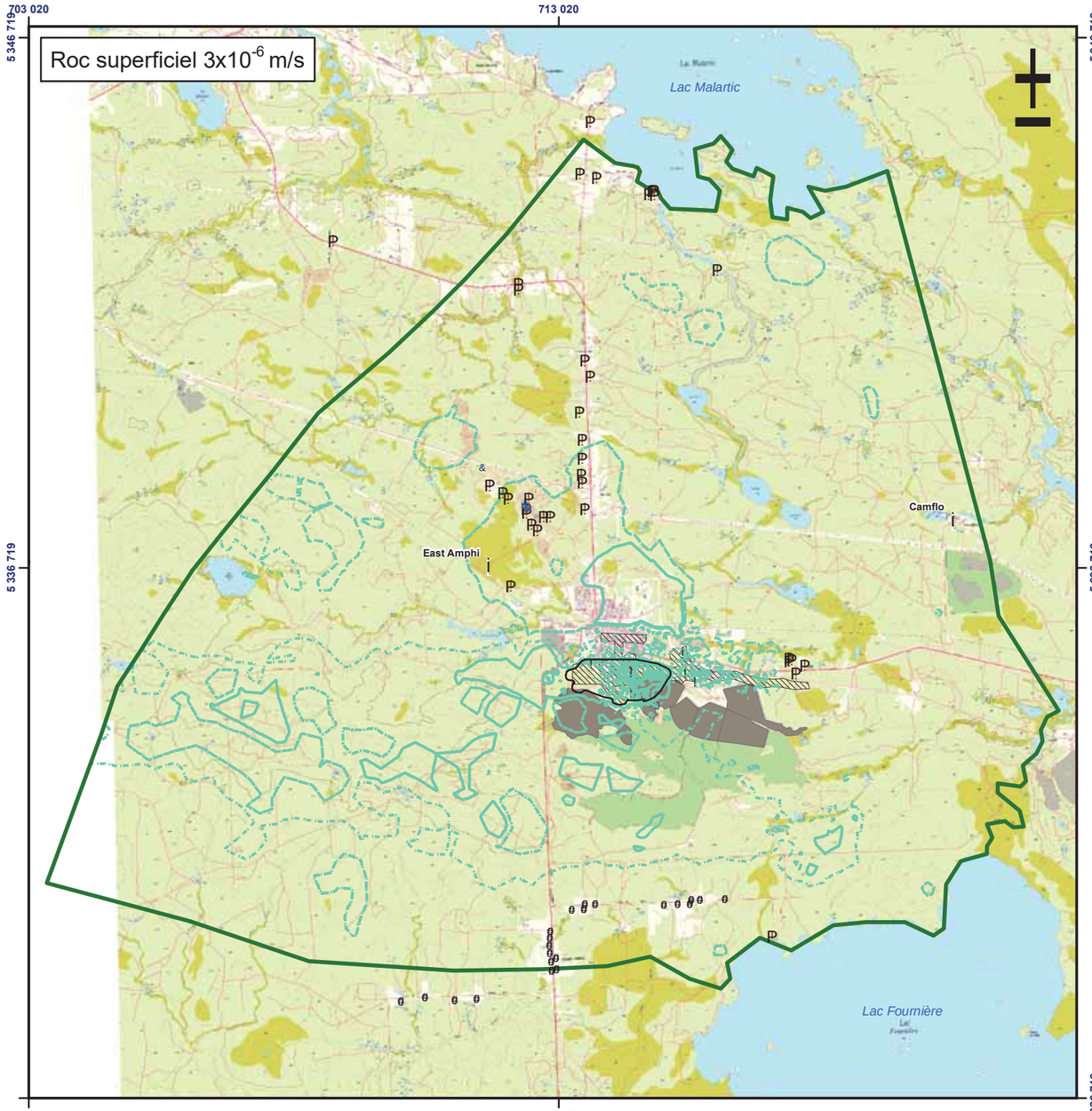
Date :	30 juin 2008	Numéro de projet :	07-1221-0028
SIG :	O. Delorme	Conception :	A. Boutin
Vérification :	A. Boutin	Révision :	N. D'Anjou
Projet :	N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\Figure_26_DM_Scenario_A_15_Ans.mxd		

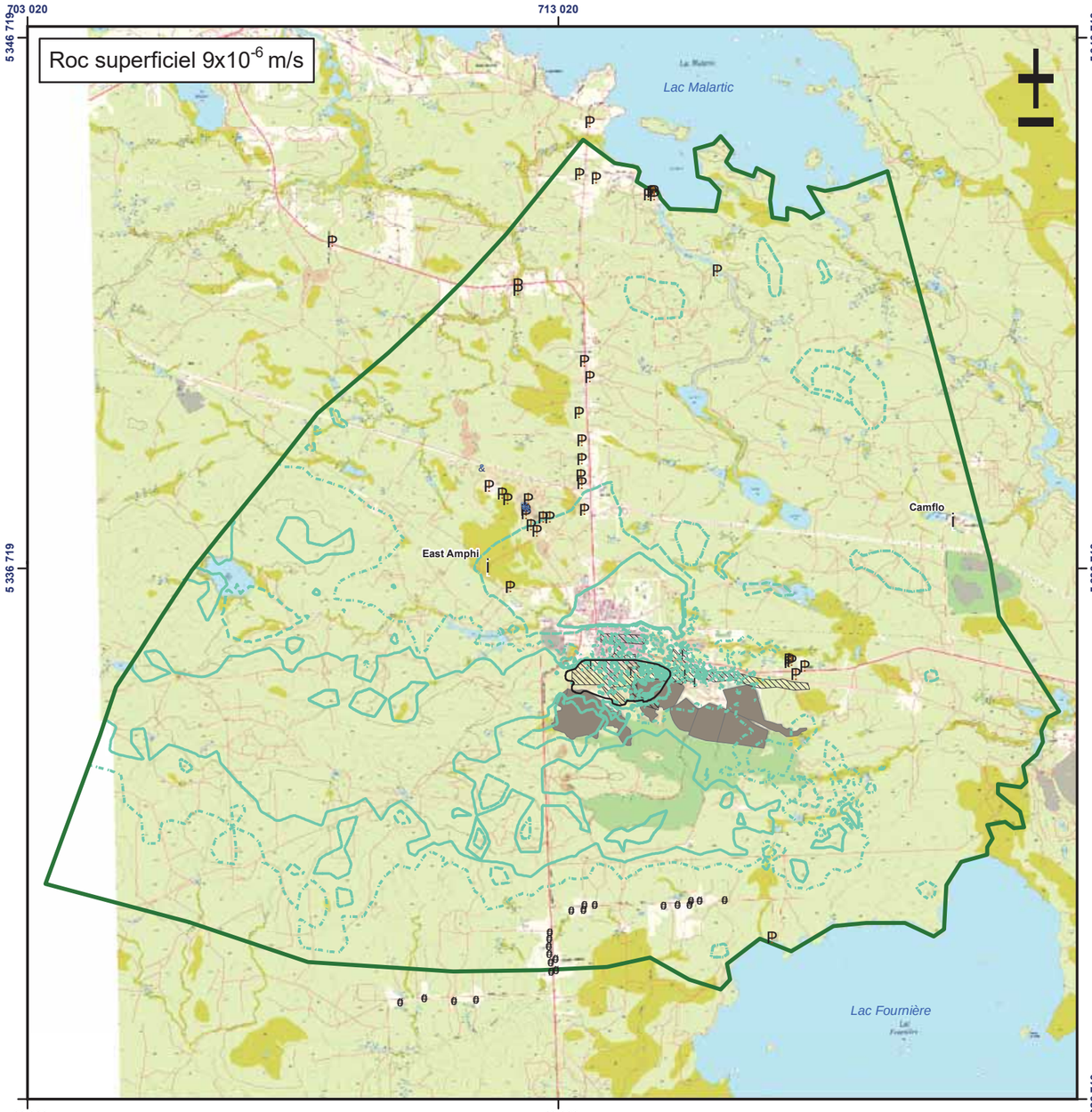
OSISKO EXPLORATION

Projet : *ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES - OSISKO EXPLORATION MALARTIC, QUÉBEC, CANADA*

Titre : **Étendue du rabattement simulé dans les dépôts meubles après 15 ans Scénario A de pompage dans les chantiers**

Figure : **26**





Légende

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic (P-4; P-5)
- Nouveau puits de pompage de la ville de Malartic (PP-6)
- Puits des mines souterraines
- Forages Système d'information hydrogéologique (MDDEP, 2008)
- Puits d'eau potable domestiques (Genivar, 2008)
- Rabattement simulé après 15 ans (3 m)
- Rabattement simulé après 15 ans (10 m)
- Limite du modèle numérique
- Fosse proposée
- Parc à résidus existants
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)

0 2 500 5 000 mètres

1:100 000

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17
Source: Cartes matricielles de la BDTQ à l'échelle 1:20 000

CONFIDENTIEL

Golder Associés
9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal (Québec) H4N 2T2
Tél: (514) 383-0990 Fax: (514) 383-5332

Date :	30 juin 2008	Numéro de projet :	07-1221-0028
SIG :	O. Delorme	Conception :	A. Boutin
Vérification :	A. Boutin	Révision :	N. D'Anjou
Projet :	N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\Figure_27_DM_Scenario_B_15_Ans.mxd		

OSISKO EXPLORATION

Projet : *ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES - OSISKO EXPLORATION MALARTIC, QUÉBEC, CANADA*

Titre : **Étendue du rabattement simulé dans les dépôts meubles après 15 ans Scénario B de pompage dans les chantiers**

Figure : **27**

Roc superficiel $3x10^{-6}$ m/s

Roc superficiel $9x10^{-6}$ m/s

703 020
713 020
5 346 719
5 336 719
5 326 719

Lac Malartic
Lac Fournière
East Amphi
Camflo

Légende

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic (P-4; P-5)
- Nouveau puits de pompage de la ville de Malartic (PP-6)
- Puits des mines souterraines
- Forages Système d'information hydrogéologique (MDDEP, 2008)
- Puits d'eau potable domestiques (Genivar, 2008)
- Rabattement simulé après 15 ans (3 m)
- Rabattement simulé après 15 ans (10 m)
- Limite du modèle numérique
- Fosse proposée
- Parc à résidus existants
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)

0 2 500 5 000 mètres

1:100 000

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17
Source: Cartes matricielles de la BDTQ à l'échelle 1:20 000

CONFIDENTIEL

Golder Associés
9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal (Québec) H4N 2T2
Tél: (514) 383-0990 Fax: (514) 383-5332

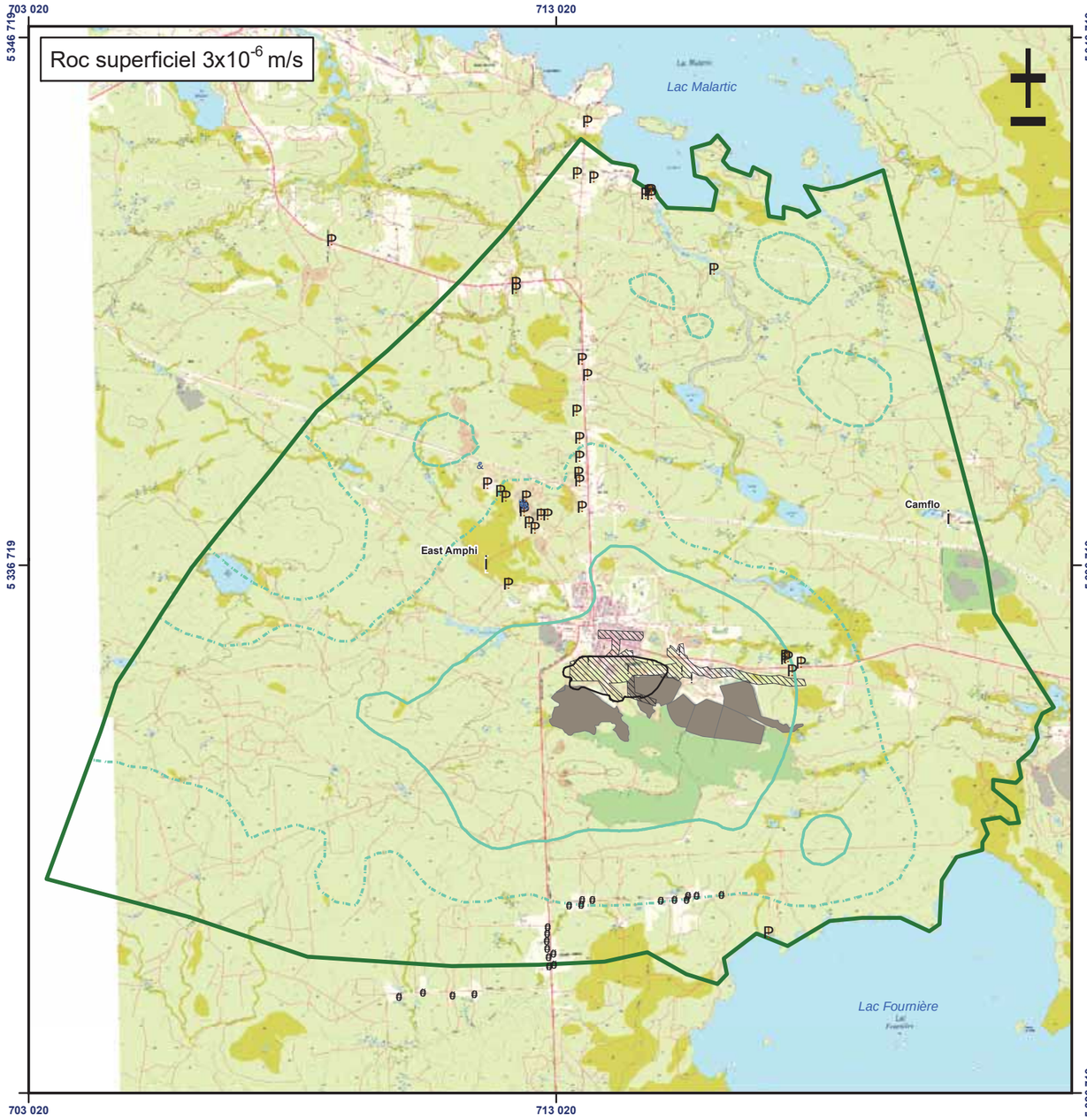
Date :	30 juin 2008	Numéro de projet :	07-1221-0028
SIG :	O. Delorme	Conception :	A. Boutin
Vérification :	A. Boutin	Révision :	N. D'Anjou
Projet :	N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\Figure_28_ROC_Scenario_A_15_Ans.mxd		

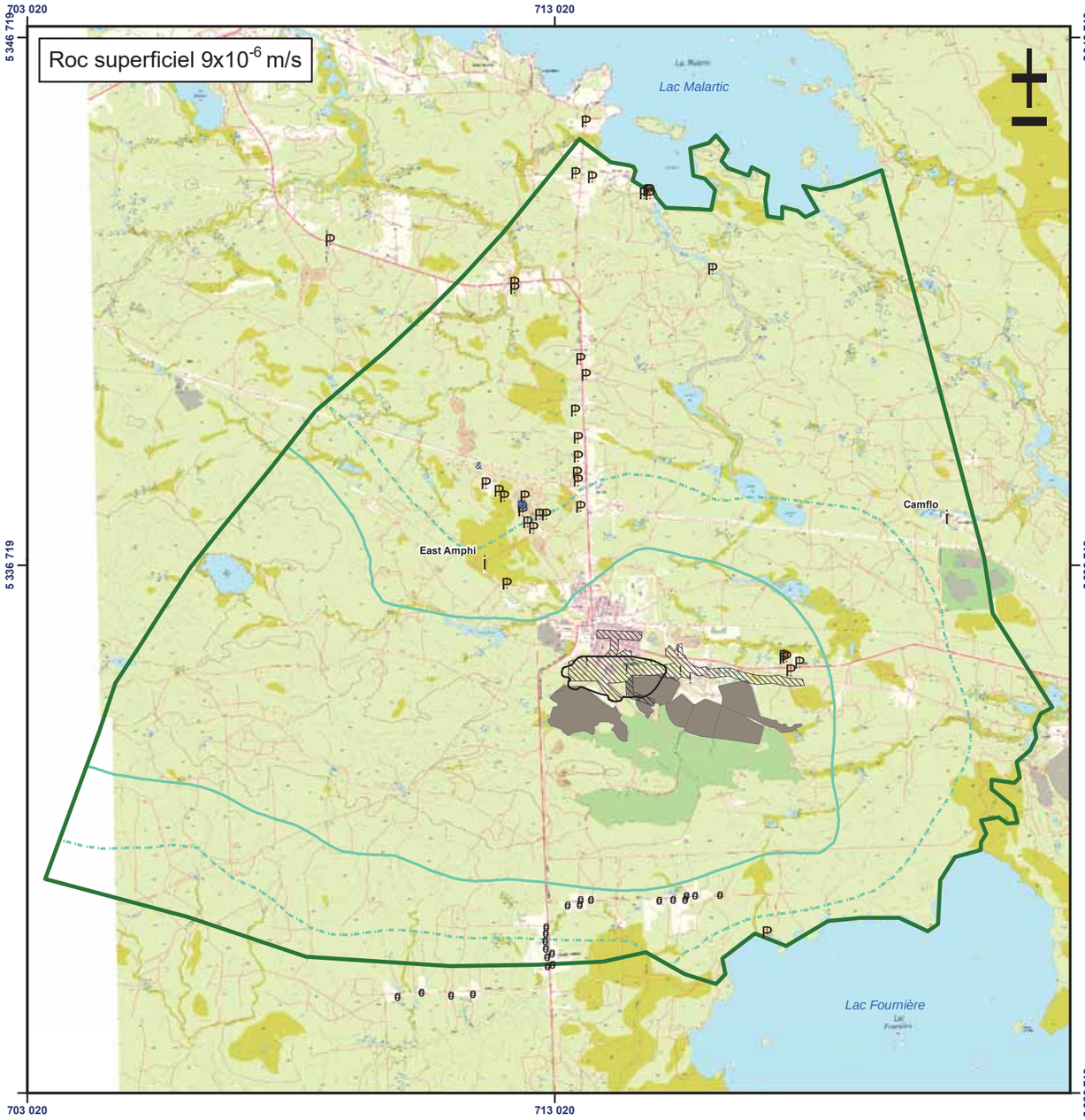
OSISKO EXPLORATION

Projet : *ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES - OSISKO EXPLORATION MALARTIC, QUÉBEC, CANADA*

Titre : **Étendue du rabattement simulé dans le roc superficiel après 15 ans Scénario A de pompage dans les chantiers**

Figure : **28**





Légende

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic (P-4; P-5)
- Nouveau puits de pompage de la ville de Malartic (PP-6)
- Puits des mines souterraines
- Forages Système d'information hydrogéologique (MDDEP, 2008)
- Puits d'eau potable domestiques (Genivar, 2008)
- Rabattement simulé après 15 ans (3 m)
- Rabattement simulé après 15 ans (10 m)
- Limite du modèle numérique
- Fosse proposée
- Parc à résidus existants
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)

0 2 500 5 000 mètres

1:100 000

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17
Source: Cartes matricielles de la BDTQ à l'échelle 1:20 000

CONFIDENTIEL

Golder Associés
9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal (Québec) H4N 2T2
Tél: (514) 383-0990 Fax: (514) 383-5332

Date :	30 juin 2008	Numéro de projet :	07-1221-0028
SIG :	O. Delorme	Conception :	A. Boutin
Vérification :	A. Boutin	Révision :	N. D'Anjou
Projet :	N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\Figure_29_ROC_Scenario_B_15_Ans.mxd		

OSISKO EXPLORATION

Projet : *ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES - OSISKO EXPLORATION MALARTIC, QUÉBEC, CANADA*

Titre : **Étendue du rabattement simulé dans le roc superficiel après 15 ans Scénario B de pompage dans les chantiers**

Figure : **29**

ANNEXE A

SOMMAIRE DES ESSAIS HYDRAULIQUE EN FORAGE

Tableau A-1
Projet Osisko - Résultats d'essai packer

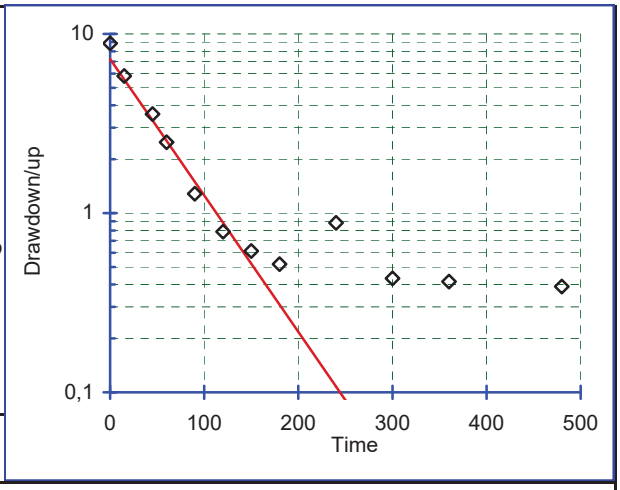
Forage	Essai #	Intervalle incliné		Vertical Intervalle		Méthode utilisée	Niveau d'eau sous la surface		Conductivité hydraulique	Unité lithologique *
		sommet	fond	sommet	fond		Forage ouvert	Forage avec packer	K	
		(m)	(m)	(m)	(m)		(m)	(m)	(m/s)	
GT-07-02	1	11,3	24,8	9,8	21,5	Constant, falling head	6,26	6,55	2,18E-06	AGR
GT-07-02	2	23,3	39,8	20,2	34,5	Constant, falling head	6,80	6,60	4,56E-07	AGR
GT-07-02	3	38,3	60,8	33,2	52,7	Constant, falling head	6,22	6,65	4,96E-07	AGR, CGR
GT-07-02	4	59,3	78,8	51,4	68,2	Constant, falling head	6,24	6,52	1,30E-06	AGR, CGR, SGR
GT-07-02	5	77,3	105,8	66,9	91,6	Constant, falling head	6,36	6,56	1,07E-06	CPO, SPO
GT-07-02	6	104,3	132,8	90,3	115,0	Constant, falling head	8,82	8,48	1,14E-07	CPO, APO, AGR
GT-07-02	7	131,3	162,8	113,7	141,0	Constant, falling head	6,02	6,47	7,32E-09	AGR, CPO
GT-07-02	8	161,3	201,8	139,7	174,8	Constant, falling head	5,16	5,78	1,61E-08	AGR, CPO
GT-07-02	9	200,3	240,8	173,5	208,5	Constant, falling head	5,65	6,55	1,01E-08	CPO, AGR, SPO
GT-07-02	10	239,3	279,8	207,2	242,3	Constant, falling head	4,24	5,65	8,86E-09	AGR, CGR
GT-07-03	1	8,5	14,5	7,4	12,6	Constant, falling head	-	12,70	2,24E-07	AGR
GT-07-03	2	17,4	23,4	15,1	20,3	Constant, falling head	0,99	1,71	2,36E-09	AGR
GT-07-03	3	32,4	38,4	28,1	33,3	Constant, falling head	0,73	1,31	1,33E-09	AGR
GT-07-03	4	44,4	50,4	38,5	43,6	Constant, falling head	0,77	1,45	3,03E-08	AGR
GT-07-03	5	59,4	65,4	51,4	56,6	Constant, falling head	0,46	1,58	4,92E-08	AGR
GT-07-03	6	74,4	80,4	64,4	69,6	Constant, falling head	0,71	1,53	1,94E-09	AGR
GT-07-03	7	86,4	92,4	74,8	80,0	Constant, falling head	0,39	1,35	3,46E-10	AGR
GT-07-03	8	98,4	104,4	85,2	90,4	Constant, falling head	0,66	1,47	3,67E-08	AGR
GT-07-03	9	119,3	125,9	103,3	109,0	Constant, falling head	0,17	1,45	3,45E-08	AGR
GT-07-03	10	149,3	155,3	129,3	134,5	Constant, falling head	0,41	1,30	3,05E-08	AGR
GT-07-03	11	167,3	173,3	144,9	150,1	Constant, falling head	0,48	1,26	3,78E-08	AGR
GT-07-03	12	197,3	203,3	170,9	176,1	Constant, falling head	0,4	1,48	4,96E-08	AGR
GT-07-03	13	205,5	225,8	178,0	195,5	Constant, falling head	-	1,30	1,37E-09	AGR, CGB, CGR
GT-07-04	1	17,4	23,4	16,4	22,0	Constant head	-	1,76	3,92E-07	SGR, REMGR, BRGR, SGR, CGR, SCH
GT-07-04	2	35,7	41,7	33,6	39,2	Constant, fallling head,	-	3,50	4,09E-08	AGR, CGR
GT-07-04	3	59,8	65,8	56,2	61,9	Constant head,	-	-	1,27E-08	AGR
GT-07-04	4	101,5	107,5	95,4	101,1	Constant head,	-	-	1,05E-07	AGR, CGR
GT-07-04	5	143,6	149,6	135,0	140,7	Constant head,	-	0,12	3,78E-06	AGR
GT-07-04	6	170,8	176,8	160,5	166,2	Constant head,	-	0,26	4,13E-07	AGR
GT-07-04	7	197,8	203,8	185,9	191,6	Constant head,	-	0,26	3,63E-08	AGR, FAILLE
GT-07-04	8	218,8	224,8	205,7	211,3	Constant head,	-	-	3,63E-08	AGR
GT-07-04	9	260,7	266,7	245,1	250,7	Constant head,	-	-	3,63E-08	AGR
GT-07-04	10	299,7	305,7	281,7	287,4	Constant, falling head,	-	2,42	6,55E-08	AGR
GT-07-04	11	326,7	332,7	307,1	312,7	Constant head,	-	2,35	3,40E-08	AGR
GT-07-04	12	349,5	369,0	328,5	346,9	Constant, falling head,	-	2,13	3,06E-08	AGR, SCH
GT-07-05	1	8,5	22,0	7,9	20,6	Constant, falling head,	-	2,95	2,49E-07	SCH, AGR, CGR
GT-07-05	2	20,5	34,0	19,2	31,9	Falling head,	-	4,07	2,69E-08	CGR, SGR
GT-07-05	3	32,3	48,8	30,4	45,9	Constant, falling head,	2,16	5,36	2,78E-06	SGR, REMGR
GT-07-05	4	47,3	63,8	44,4	59,9	Constant, falling head,	5,00	5,48	1,23E-06	SGR, CGR
GT-07-05	5	62,5	79,0	58,8	74,3	Constant, falling head,	4,02	4,94	3,91E-07	SGR, CGR
GT-07-05	6	77,3	93,8	72,7	88,2	Constant, falling head,	4,31	4,47	1,50E-07	AGR, CGR
GT-07-05	7	92,3	108,8	86,8	102,3	Constant, falling head,	1,77	3,01	5,48E-08	CGR, SGR, AGR
GT-07-05	8	107,3	126,8	100,9	119,2	Constant, falling head,	2,4	3,34	2,87E-08	AGR
GT-07-05	9	125,3	150,8	117,8	141,8	Constant, falling head,	2,29	3,37	5,49E-09	AGR
GT-07-05	10	149,3	186,8	140,3	175,6	Constant, falling head,	1,95	2,59	2,59E-08	AGR, CGR
GT-07-05	11	185,3	234,8	174,2	220,7	Constant, falling head,	1,85	5,11	2,88E-09	AGR
GT-07-05	12	233,3	273,8	219,3	257,4	Constant, falling head,	2,89	3,73	1,17E-10	AGR, SCH, CGR
GT-07-05	13	272,3	324,8	256,0	305,3	Constant, falling head,	0,96	2,36	1,69E-09	AGR
GT-07-05	14	323,3	378,8	303,9	356,1	Constant, falling head,	1,67	-	9,76E-09	AGR, SPO, SCH, CGR
CM-07-1540	1	8,3	11,3	6,7	9,2	Constant, falling head,	2,01	-	4,17E-08	CPO
CM-07-1540	2	14,3	20,3	11,6	16,4	Constant, falling head,	2,8	-	3,15E-09	CPO
CM-07-1540	3	26,3	32,3	21,30	26,2	Constant, falling head,	13,7	-	1,87E-08	CPO
CM-07-1540	4	35,3	41,3	28,59	33,5	Constant, falling head,	6,96	-	1,72E-08	CPO
CM-07-1540	5	50,3	56,3	40,74	45,6	Constant, falling head,	10,23	-	9,06E-09	CPO
CM-07-1540	6	62,3	68,3	50,46	55,3	Constant, falling head,	15,2	-	6,14E-09	CPO
CM-07-1540	7	74,3	80,3	60,18	65,0	Constant, falling head,	17,07	-	8,77E-08	CPO
CM-07-1540	8	83,3	89,3	67,47	72,3	Constant, falling head,	16,33	-	7,46E-08	CPO
CM-07-1540	9	95,3	101,3	77,19	82,1	Constant	-	-	2,77E-07	CPO
CM-07-1540	10	101,3	124,3	82,05	100,7	Constant, falling head,	2,31	-	8,25E-08	CPO

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-02 (11,3-24,8m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-17

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	11,3	meters
Saturated Column Length:	11,3	meters
Water Table Depth:	8,85	meters
Aquifer Thickness:	11,3	meters
Line Fit Starting No.:	2	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	7	Max 12
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,072	

Hyd. Cond., K(h): 2,86E-06 m/sec



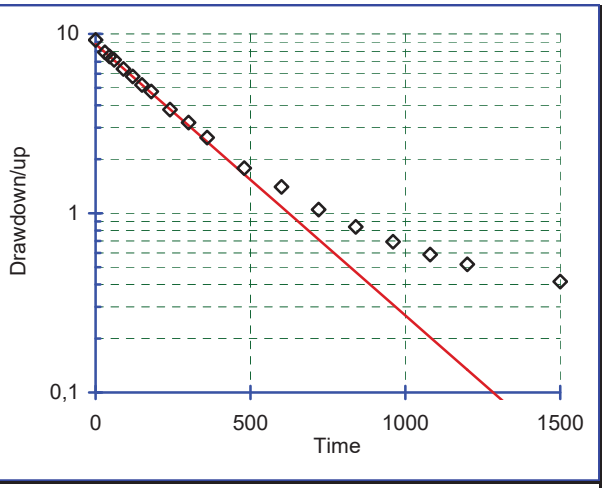
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	8,85		2,180	1,981
2)	15,00	3,03	5,82		1,761	1,718
3)	45,00	5,28	3,57		1,272	1,191
4)	60,00	6,37	2,48		0,910	0,928
5)	90,00	7,57	1,28		0,248	0,402
6)	120,00	8,06	0,79		-0,239	-0,124
7)	150,00	8,24	0,61		-0,487	-0,650
8)	180,00	8,33	0,52		-0,656	-1,177
9)	240,00	7,97	0,88		-0,125	-2,229
10)	300,00	8,42	0,43		-0,838	-3,281
11)	360,00	8,43	0,42		-0,879	-4,334
12)	480,00	8,46	0,39		-0,944	-6,439

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-02 (23,3-39,8m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-18

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	16,5	meters
Saturated Column Length:	16,5	meters
Water Table Depth:	9,24	meters
Aquifer Thickness:	16,5	meters
Line Fit Starting No.:	2	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	7	Max 19
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,000	

Hyd. Cond., K(h): 4,23E-07 m/sec



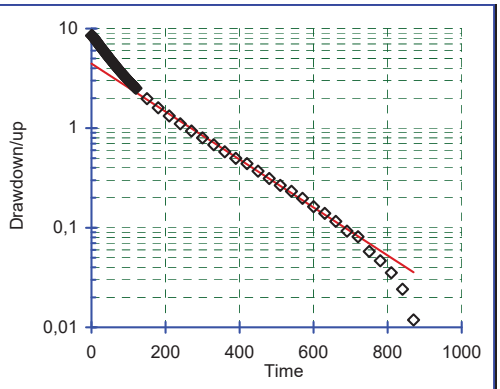
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	9,24		2,224	2,172
2)	30,00	1,34	7,90		2,067	2,067
3)	45,00	1,76	7,48		2,012	2,015
4)	60,00	2,08	7,16		1,969	1,963
5)	90,00	2,86	6,38		1,853	1,858
6)	120,00	3,45	5,79		1,757	1,754
7)	150,00	4,04	5,20		1,648	1,649
8)	180,00	4,47	4,77		1,563	1,544
9)	240,00	5,46	3,78		1,331	1,335
10)	300,00	6,04	3,20		1,164	1,126
11)	360,00	6,60	2,64		0,971	0,917
12)	480,00	7,46	1,78		0,579	0,499
13)	600,00	7,84	1,40		0,338	0,080
14)	720,00	8,19	1,05		0,046	-0,338
15)	840,00	8,40	0,84		-0,175	-0,756
16)	960,00	8,55	0,69		-0,368	-1,174
17)	1080,00	8,65	0,59		-0,530	-1,593
18)	1200,00	8,72	0,52		-0,656	-2,011
19)	1500,00	8,82	0,42		-0,879	-3,057

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-02 (38,3-60,8m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-18

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	22,5	meters
Saturated Column Length:	22,5	meters
Water Table Depth:	8,65	meters
Aquifer Thickness:	22,5	meters
Line Fit Starting No.:	60	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	80	Max 86
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,045	

Hyd. Cond., K(h): 5,27E-07 m/sec



Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,14	8,51		2,141	1,493
2)	2,00	0,18	8,47		2,137	1,482
3)	4,00	0,33	8,32		2,119	1,471
4)	6,00	0,52	8,13		2,095	1,460
5)	8,00	0,71	7,94		2,072	1,449
6)	10,00	0,91	7,74		2,047	1,438
7)	12,00	1,08	7,57		2,024	1,427
8)	14,00	1,24	7,41		2,002	1,416
9)	16,00	1,41	7,24		1,980	1,404
10)	18,00	1,59	7,06		1,955	1,393
11)	20,00	1,74	6,91		1,933	1,382
12)	22,00	1,89	6,76		1,911	1,371
13)	24,00	2,05	6,60		1,888	1,360
14)	26,00	2,19	6,46		1,866	1,349
15)	28,00	2,33	6,32		1,843	1,338
16)	30,00	2,48	6,17		1,820	1,327
17)	32,00	2,61	6,04		1,798	1,316
18)	34,00	2,74	5,91		1,776	1,305
19)	36,00	2,88	5,77		1,753	1,294
20)	38,00	3,00	5,65		1,732	1,282
21)	40,00	3,12	5,53		1,710	1,271
22)	42,00	3,24	5,41		1,688	1,260
23)	44,00	3,36	5,29		1,665	1,249
24)	46,00	3,48	5,17		1,644	1,238
25)	48,00	3,59	5,06		1,622	1,227
26)	50,00	3,70	4,95		1,600	1,216
27)	52,00	3,80	4,85		1,579	1,205
28)	54,00	3,90	4,75		1,558	1,194
29)	56,00	4,00	4,65		1,537	1,183
30)	58,00	4,08	4,57		1,520	1,172
31)	60,00	4,19	4,46		1,495	1,160
32)	62,00	4,29	4,36		1,472	1,149
33)	64,00	4,37	4,28		1,454	1,138
34)	66,00	4,47	4,18		1,430	1,127
35)	68,00	4,55	4,10		1,411	1,116

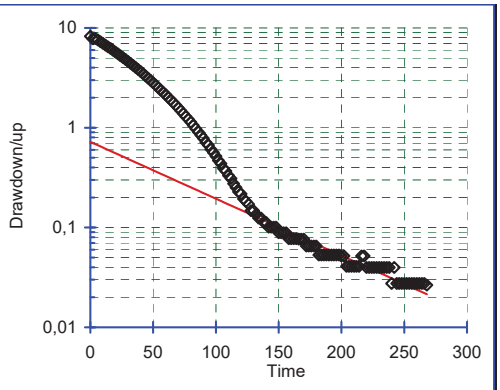
36)	70,00	4,64	4,01		1,389	1,105
37)	72,00	4,72	3,93		1,370	1,094
38)	74,00	4,78	3,87		1,352	1,083
39)	76,00	4,87	3,78		1,329	1,072
40)	78,00	4,94	3,71		1,311	1,061
41)	80,00	5,02	3,63		1,289	1,049
42)	82,00	5,09	3,56		1,270	1,038
43)	84,00	5,15	3,50		1,251	1,027
44)	86,00	5,22	3,43		1,232	1,016
45)	88,00	5,29	3,36		1,212	1,005
46)	90,00	5,35	3,30		1,195	0,994
47)	92,00	5,41	3,24		1,174	0,983
48)	94,00	5,47	3,18		1,157	0,972
49)	96,00	5,54	3,11		1,135	0,961
50)	98,00	5,60	3,05		1,117	0,950
51)	100,00	5,63	3,02		1,106	0,939
52)	102,00	5,69	2,96		1,087	0,927
53)	104,00	5,74	2,91		1,067	0,916
54)	106,00	5,81	2,84		1,044	0,905
55)	108,00	5,86	2,79		1,028	0,894
56)	110,00	5,90	2,75		1,011	0,883
57)	112,00	5,93	2,72		0,999	0,872
58)	114,00	5,99	2,66		0,978	0,861
59)	116,00	6,05	2,60		0,956	0,850
60)	118,00	6,09	2,56		0,939	0,839
61)	120,00	6,14	2,51		0,921	0,828
62)	150,00	6,67	1,98		0,682	0,661
63)	180,00	7,05	1,60		0,470	0,495
64)	210,00	7,32	1,33		0,282	0,328
65)	240,00	7,54	1,11		0,102	0,162
66)	270,00	7,71	0,94		-0,067	-0,004
67)	300,00	7,85	0,80		-0,226	-0,171
68)	330,00	7,97	0,68		-0,382	-0,337
69)	360,00	8,07	0,58		-0,547	-0,504
70)	390,00	8,15	0,50		-0,697	-0,670
71)	420,00	8,21	0,44		-0,821	-0,837
72)	450,00	8,28	0,37		-0,992	-1,003
73)	480,00	8,34	0,31		-1,163	-1,169
74)	510,00	8,38	0,27		-1,322	-1,336
75)	540,00	8,42	0,23		-1,461	-1,502
76)	570,00	8,45	0,20		-1,623	-1,669
77)	600,00	8,49	0,16		-1,816	-1,835
78)	630,00	8,51	0,14		-1,971	-2,001
79)	660,00	8,53	0,12		-2,155	-2,168
80)	690,00	8,56	0,09		-2,382	-2,334
81)	720,00	8,57	0,08		-2,511	-2,501
82)	750,00	8,59	0,06		-2,852	-2,667
83)	780,00	8,60	0,05		-3,068	-2,833
84)	810,00	8,61	0,04		-3,343	-3,000
85)	840,00	8,63	0,02		-3,725	-3,166
86)	870,00	8,64	0,01		-4,433	-3,333

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-02 (59,3-78,8m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-18

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	19,5	meters
Saturated Column Length:	19,5	meters
Water Table Depth:	8,58	meters
Aquifer Thickness:	19,5	meters
Line Fit Starting No.:	60	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	130	Max 135
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	1,363	

Hyd. Cond., K(h): 1,40E-06 m/sec



Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,32	8,26		2,111	-0,326
2)	2,00	0,80	7,78		2,052	-0,352
3)	4,00	0,73	7,85		2,060	-0,378
4)	6,00	1,00	7,58		2,026	-0,405
5)	8,00	1,29	7,29		1,986	-0,431
6)	10,00	1,58	7,00		1,946	-0,457
7)	12,00	1,84	6,74		1,908	-0,483
8)	14,00	2,11	6,47		1,868	-0,509
9)	16,00	2,35	6,23		1,830	-0,536
10)	18,00	2,60	5,98		1,788	-0,562
11)	20,00	2,85	5,73		1,746	-0,588
12)	22,00	3,09	5,49		1,703	-0,614
13)	24,00	3,31	5,27		1,661	-0,641
14)	26,00	3,54	5,04		1,618	-0,667
15)	28,00	3,75	4,83		1,575	-0,693
16)	30,00	3,96	4,62		1,531	-0,719
17)	32,00	4,16	4,42		1,486	-0,746
18)	34,00	4,36	4,22		1,439	-0,772
19)	36,00	4,55	4,03		1,393	-0,798
20)	38,00	4,74	3,84		1,345	-0,824
21)	40,00	4,92	3,66		1,297	-0,851
22)	42,00	5,10	3,48		1,246	-0,877
23)	44,00	5,27	3,31		1,196	-0,903
24)	46,00	5,44	3,14		1,144	-0,929
25)	48,00	5,60	2,98		1,092	-0,955
26)	50,00	5,75	2,83		1,042	-0,982
27)	52,00	5,91	2,67		0,984	-1,008
28)	54,00	6,05	2,53		0,927	-1,034
29)	56,00	6,19	2,39		0,872	-1,060
30)	58,00	6,31	2,27		0,818	-1,087
31)	60,00	6,44	2,14		0,762	-1,113
32)	62,00	6,56	2,02		0,701	-1,139

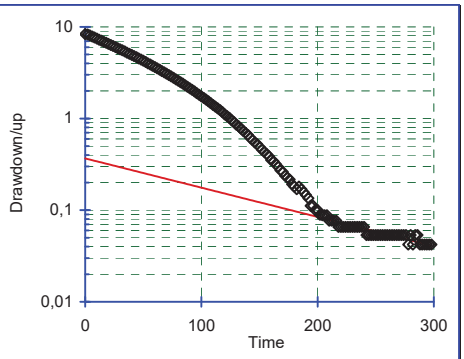
33)	64,00	6,68	1,90		0,644	-1,165
34)	66,00	6,79	1,79		0,582	-1,192
35)	68,00	6,89	1,69		0,522	-1,218
36)	70,00	7,00	1,58		0,459	-1,244
37)	72,00	7,10	1,48		0,393	-1,270
38)	74,00	7,19	1,39		0,329	-1,297
39)	76,00	7,28	1,30		0,261	-1,323
40)	78,00	7,36	1,22		0,197	-1,349
41)	80,00	7,44	1,14		0,129	-1,375
42)	82,00	7,52	1,06		0,055	-1,401
43)	84,00	7,60	0,98		-0,024	-1,428
44)	86,00	7,67	0,91		-0,096	-1,454
45)	88,00	7,74	0,84		-0,176	-1,480
46)	90,00	7,80	0,78		-0,246	-1,506
47)	92,00	7,87	0,71		-0,339	-1,533
48)	94,00	7,91	0,67		-0,405	-1,559
49)	96,00	7,97	0,61		-0,495	-1,585
50)	98,00	8,02	0,56		-0,573	-1,611
51)	100,00	8,06	0,52		-0,660	-1,638
52)	102,00	8,11	0,47		-0,753	-1,664
53)	104,00	8,14	0,44		-0,829	-1,690
54)	106,00	8,19	0,39		-0,941	-1,716
55)	108,00	8,21	0,37		-1,003	-1,743
56)	110,00	8,25	0,33		-1,102	-1,769
57)	112,00	8,27	0,31		-1,172	-1,795
58)	114,00	8,30	0,28		-1,290	-1,821
59)	116,00	8,33	0,25		-1,379	-1,847
60)	118,00	8,35	0,23		-1,477	-1,874
61)	120,00	8,36	0,22		-1,527	-1,900
62)	122,00	8,39	0,19		-1,642	-1,926
63)	124,00	8,40	0,18		-1,701	-1,952
64)	126,00	8,41	0,17		-1,765	-1,979
65)	128,00	8,43	0,15		-1,912	-2,005
66)	130,00	8,43	0,15		-1,912	-2,031
67)	132,00	8,44	0,14		-1,998	-2,057
68)	134,00	8,46	0,12		-2,085	-2,084
69)	136,00	8,46	0,12		-2,085	-2,110
70)	138,00	8,47	0,11		-2,179	-2,136
71)	140,00	8,47	0,11		-2,188	-2,162
72)	142,00	8,48	0,10		-2,294	-2,189
73)	144,00	8,48	0,10		-2,294	-2,215
74)	146,00	8,48	0,10		-2,294	-2,241
75)	148,00	8,48	0,10		-2,294	-2,267
76)	150,00	8,49	0,09		-2,423	-2,293
77)	152,00	8,49	0,09		-2,423	-2,320
78)	154,00	8,49	0,09		-2,423	-2,346
79)	156,00	8,49	0,09		-2,423	-2,372
80)	158,00	8,50	0,08		-2,558	-2,398
81)	160,00	8,50	0,08		-2,558	-2,425
82)	162,00	8,50	0,08		-2,558	-2,451

83)	164,00	8,50	0,08		-2,558	-2,477
84)	166,00	8,50	0,08		-2,571	-2,503
85)	168,00	8,50	0,08		-2,571	-2,530
86)	170,00	8,50	0,08		-2,571	-2,556
87)	172,00	8,51	0,07		-2,730	-2,582
88)	174,00	8,51	0,07		-2,730	-2,608
89)	176,00	8,51	0,07		-2,730	-2,634
90)	178,00	8,51	0,07		-2,730	-2,661
91)	180,00	8,51	0,07		-2,730	-2,687
92)	182,00	8,53	0,05		-2,938	-2,713
93)	184,00	8,53	0,05		-2,938	-2,739
94)	186,00	8,53	0,05		-2,938	-2,766
95)	188,00	8,53	0,05		-2,938	-2,792
96)	190,00	8,53	0,05		-2,938	-2,818
97)	192,00	8,53	0,05		-2,938	-2,844
98)	194,00	8,53	0,05		-2,938	-2,871
99)	196,00	8,53	0,05		-2,938	-2,897
100)	198,00	8,53	0,05		-2,938	-2,923
101)	200,00	8,53	0,05		-2,957	-2,949
102)	202,00	8,53	0,05		-2,957	-2,976
103)	204,00	8,54	0,04		-3,200	-3,002
104)	206,00	8,54	0,04		-3,200	-3,028
105)	208,00	8,54	0,04		-3,200	-3,054
106)	210,00	8,54	0,04		-3,200	-3,080
107)	212,00	8,54	0,04		-3,200	-3,107
108)	214,00	8,54	0,04		-3,200	-3,133
109)	216,00	8,53	0,05		-2,957	-3,159
110)	218,00	8,53	0,05		-2,957	-3,185
111)	220,00	8,54	0,04		-3,226	-3,212
112)	222,00	8,54	0,04		-3,226	-3,238
113)	224,00	8,54	0,04		-3,226	-3,264
114)	226,00	8,54	0,04		-3,226	-3,290
115)	228,00	8,54	0,04		-3,226	-3,317
116)	230,00	8,54	0,04		-3,226	-3,343
117)	232,00	8,54	0,04		-3,226	-3,369
118)	234,00	8,54	0,04		-3,226	-3,395
119)	236,00	8,54	0,04		-3,226	-3,422
120)	238,00	8,54	0,04		-3,226	-3,448
121)	240,00	8,55	0,03		-3,593	-3,474
122)	242,00	8,54	0,04		-3,226	-3,500
123)	244,00	8,55	0,03		-3,593	-3,526
124)	246,00	8,55	0,03		-3,593	-3,553
125)	248,00	8,55	0,03		-3,593	-3,579
126)	250,00	8,55	0,03		-3,593	-3,605
127)	252,00	8,55	0,03		-3,593	-3,631
128)	254,00	8,55	0,03		-3,593	-3,658
129)	256,00	8,55	0,03		-3,593	-3,684
130)	258,00	8,55	0,03		-3,593	-3,710
131)	260,00	8,55	0,03		-3,593	-3,736
132)	262,00	8,55	0,03		-3,593	-3,763
133)	264,00	8,55	0,03		-3,593	-3,789
134)	266,00	8,55	0,03		-3,593	-3,815
135)	268,00	8,55	0,03		-3,631	-3,841

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-02 (77,3-105,8m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-18

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	28,5	meters
Saturated Column Length:	28,5	meters
Water Table Depth:	8,4	meters
Aquifer Thickness:	28,5	meters
Line Fit Starting No.:	100	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	150	Max 150
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,347	



Hyd. Cond., K(h): 5,80E-07 m/sec

Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,06	8,34		2,121	-1,002
2)	2,00	0,13	8,27		2,112	-1,017
3)	4,00	0,33	8,07		2,088	-1,032
4)	6,00	0,55	7,85		2,061	-1,046
5)	8,00	0,75	7,65		2,035	-1,061
6)	10,00	0,94	7,46		2,009	-1,076
7)	12,00	1,14	7,26		1,983	-1,090
8)	14,00	1,32	7,08		1,957	-1,105
9)	16,00	1,51	6,89		1,930	-1,120
10)	18,00	1,69	6,71		1,904	-1,134
11)	20,00	1,87	6,53		1,876	-1,149
12)	22,00	2,04	6,36		1,850	-1,164
13)	24,00	2,20	6,20		1,824	-1,179
14)	26,00	2,37	6,03		1,797	-1,193
15)	28,00	2,54	5,86		1,769	-1,208
16)	30,00	2,70	5,70		1,740	-1,223
17)	32,00	2,85	5,55		1,715	-1,237
18)	34,00	3,00	5,40		1,686	-1,252
19)	36,00	3,16	5,24		1,657	-1,267
20)	38,00	3,31	5,09		1,627	-1,281
21)	40,00	3,46	4,94		1,598	-1,296
22)	42,00	3,59	4,81		1,571	-1,311
23)	44,00	3,72	4,68		1,542	-1,326
24)	46,00	3,88	4,52		1,509	-1,340
25)	48,00	4,00	4,40		1,481	-1,355
26)	50,00	4,13	4,27		1,453	-1,370
27)	52,00	4,26	4,14		1,421	-1,384
28)	54,00	4,39	4,01		1,388	-1,399
29)	56,00	4,52	3,88		1,357	-1,414
30)	58,00	4,63	3,77		1,327	-1,429
31)	60,00	4,75	3,65		1,294	-1,443
32)	62,00	4,88	3,52		1,259	-1,458
33)	64,00	4,99	3,41		1,227	-1,473
34)	66,00	5,10	3,30		1,194	-1,487
35)	68,00	5,21	3,19		1,159	-1,502
36)	70,00	5,31	3,09		1,127	-1,517

37)	72,00	5,42	2,98		1,093	-1,531
38)	74,00	5,52	2,88		1,058	-1,546
39)	76,00	5,62	2,78		1,023	-1,561
40)	78,00	5,72	2,68		0,985	-1,576
41)	80,00	5,81	2,59		0,951	-1,590
42)	82,00	5,91	2,49		0,911	-1,605
43)	84,00	5,99	2,41		0,878	-1,620
44)	86,00	6,10	2,30		0,835	-1,634
45)	88,00	6,17	2,23		0,800	-1,649
46)	90,00	6,27	2,13		0,758	-1,664
47)	92,00	6,34	2,06		0,720	-1,679
48)	94,00	6,42	1,98		0,681	-1,693
49)	96,00	6,50	1,90		0,640	-1,708
50)	98,00	6,58	1,82		0,597	-1,723
51)	100,00	6,65	1,75		0,559	-1,737
52)	102,00	6,72	1,68		0,519	-1,752
53)	104,00	6,79	1,61		0,477	-1,767
54)	106,00	6,86	1,54		0,434	-1,781
55)	108,00	6,93	1,47		0,388	-1,796
56)	110,00	6,99	1,41		0,341	-1,811
57)	112,00	7,05	1,35		0,299	-1,826
58)	114,00	7,11	1,29		0,256	-1,840
59)	116,00	7,17	1,23		0,211	-1,855
60)	118,00	7,22	1,18		0,164	-1,870
61)	120,00	7,29	1,11		0,104	-1,884
62)	122,00	7,34	1,06		0,062	-1,899
63)	124,00	7,38	1,02		0,018	-1,914
64)	126,00	7,44	0,96		-0,040	-1,928
65)	128,00	7,49	0,91		-0,089	-1,943
66)	130,00	7,54	0,86		-0,154	-1,958
67)	132,00	7,58	0,82		-0,194	-1,973
68)	134,00	7,62	0,78		-0,251	-1,987
69)	136,00	7,67	0,73		-0,312	-2,002
70)	138,00	7,70	0,70		-0,360	-2,017
71)	140,00	7,74	0,66		-0,411	-2,031
72)	142,00	7,78	0,62		-0,483	-2,046
73)	144,00	7,82	0,58		-0,539	-2,061
74)	146,00	7,85	0,55		-0,600	-2,076
75)	148,00	7,87	0,53		-0,644	-2,090
76)	150,00	7,91	0,49		-0,712	-2,105
77)	152,00	7,94	0,46		-0,783	-2,120
78)	154,00	7,97	0,43		-0,836	-2,134
79)	156,00	7,99	0,41		-0,889	-2,149
80)	158,00	8,01	0,39		-0,947	-2,164
81)	160,00	8,05	0,35		-1,041	-2,178
82)	162,00	8,06	0,34		-1,073	-2,193
83)	164,00	8,08	0,32		-1,144	-2,208
84)	166,00	8,10	0,30		-1,217	-2,223
85)	168,00	8,13	0,27		-1,300	-2,237
86)	170,00	8,14	0,26		-1,342	-2,252
87)	172,00	8,16	0,24		-1,436	-2,267
88)	174,00	8,17	0,23		-1,484	-2,281
89)	176,00	8,18	0,22		-1,535	-2,296
90)	178,00	8,21	0,19		-1,650	-2,311
91)	180,00	8,22	0,18		-1,710	-2,325

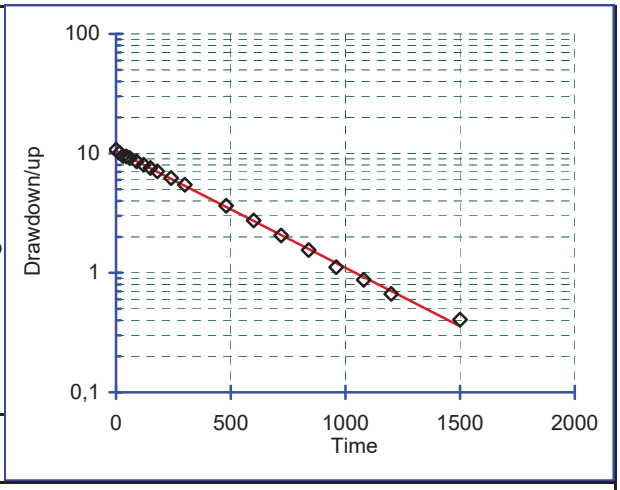
92)	182,00	8,23	0,17		-1,774	-2,340
93)	184,00	8,22	0,18		-1,710	-2,355
94)	186,00	8,23	0,17		-1,774	-2,370
95)	188,00	8,24	0,16		-1,849	-2,384
96)	190,00	8,25	0,15		-1,923	-2,399
97)	192,00	8,27	0,13		-2,003	-2,414
98)	194,00	8,29	0,11		-2,194	-2,428
99)	196,00	8,29	0,11		-2,194	-2,443
100)	198,00	8,30	0,10		-2,300	-2,458
101)	200,00	8,30	0,10		-2,300	-2,473
102)	202,00	8,31	0,09		-2,418	-2,487
103)	204,00	8,31	0,09		-2,430	-2,502
104)	206,00	8,31	0,09		-2,430	-2,517
105)	208,00	8,31	0,09		-2,430	-2,531
106)	210,00	8,32	0,08		-2,566	-2,546
107)	212,00	8,32	0,08		-2,566	-2,561
108)	214,00	8,32	0,08		-2,566	-2,575
109)	216,00	8,32	0,08		-2,566	-2,590
110)	218,00	8,33	0,07		-2,723	-2,605
111)	220,00	8,33	0,07		-2,723	-2,620
112)	222,00	8,33	0,07		-2,723	-2,634
113)	224,00	8,33	0,07		-2,723	-2,649
114)	226,00	8,33	0,07		-2,723	-2,664
115)	228,00	8,33	0,07		-2,723	-2,678
116)	230,00	8,33	0,07		-2,723	-2,693
117)	232,00	8,33	0,07		-2,723	-2,708
118)	234,00	8,33	0,07		-2,723	-2,722
119)	236,00	8,33	0,07		-2,723	-2,737
120)	238,00	8,33	0,07		-2,723	-2,752
121)	240,00	8,33	0,07		-2,723	-2,767
122)	242,00	8,35	0,05		-2,930	-2,781
123)	244,00	8,35	0,05		-2,930	-2,796
124)	246,00	8,35	0,05		-2,930	-2,811
125)	248,00	8,35	0,05		-2,930	-2,825
126)	250,00	8,35	0,05		-2,930	-2,840
127)	252,00	8,35	0,05		-2,930	-2,855
128)	254,00	8,35	0,05		-2,930	-2,870
129)	256,00	8,35	0,05		-2,930	-2,884
130)	258,00	8,35	0,05		-2,930	-2,899
131)	260,00	8,35	0,05		-2,930	-2,914
132)	262,00	8,35	0,05		-2,930	-2,928
133)	264,00	8,35	0,05		-2,930	-2,943
134)	266,00	8,35	0,05		-2,930	-2,958
135)	268,00	8,35	0,05		-2,930	-2,972
136)	270,00	8,35	0,05		-2,930	-2,987
137)	272,00	8,35	0,05		-2,930	-3,002
138)	274,00	8,35	0,05		-2,930	-3,017
139)	276,00	8,35	0,05		-2,930	-3,031
140)	278,00	8,36	0,04		-3,165	-3,046
141)	280,00	8,35	0,05		-2,930	-3,061
142)	282,00	8,36	0,04		-3,165	-3,075
143)	284,00	8,35	0,05		-2,930	-3,090
144)	286,00	8,35	0,05		-2,930	-3,105
145)	288,00	8,36	0,04		-3,165	-3,119
146)	290,00	8,36	0,04		-3,165	-3,134
147)	292,00	8,36	0,04		-3,165	-3,149
148)	294,00	8,36	0,04		-3,165	-3,164
149)	296,00	8,36	0,04		-3,165	-3,178
150)	298,00	8,36	0,04		-3,165	-3,193

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-02 (104,3-132,8m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-22

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	28,5	meters
Saturated Column Length:	28,5	meters
Water Table Depth:	10,72	meters
Aquifer Thickness:	28,5	meters
Line Fit Starting No.:	2	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	15	Max 19
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,003	

Hyd. Cond., K(h): 1,78E-07 m/sec



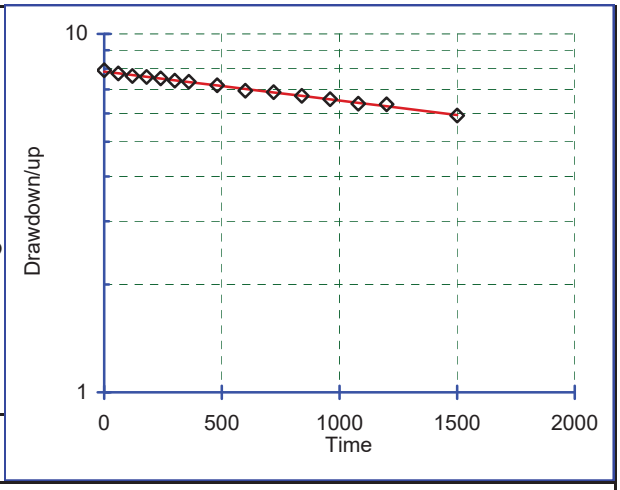
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	10,72		2,372	2,352
2)	15,00	0,61	10,11		2,314	2,319
3)	30,00	1,21	9,51		2,252	2,285
4)	45,00	1,29	9,43		2,244	2,251
5)	60,00	1,58	9,14		2,213	2,217
6)	90,00	2,17	8,55		2,147	2,150
7)	120,00	2,68	8,04		2,084	2,082
8)	150,00	3,17	7,55		2,022	2,014
9)	180,00	3,64	7,08		1,958	1,947
10)	240,00	4,51	6,21		1,826	1,812
11)	300,00	5,27	5,45		1,696	1,676
12)	480,00	7,08	3,64		1,293	1,271
13)	600,00	7,98	2,74		1,009	1,000
14)	720,00	8,67	2,05		0,718	0,730
15)	840,00	9,17	1,55		0,437	0,460
16)	960,00	9,60	1,12		0,110	0,189
17)	1080,00	9,85	0,87		-0,135	-0,081
18)	1200,00	10,05	0,67		-0,407	-0,352
19)	1500,00	10,31	0,41		-0,902	-1,028

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-02 (131,3-162,8m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-22

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	31,5	meters
Saturated Column Length:	31,5	meters
Water Table Depth:	7,92	meters
Aquifer Thickness:	31,5	meters
Line Fit Starting No.:	1	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	15	Max 15
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,000	

Hyd. Cond., K(h): 1,35E-08 m/sec



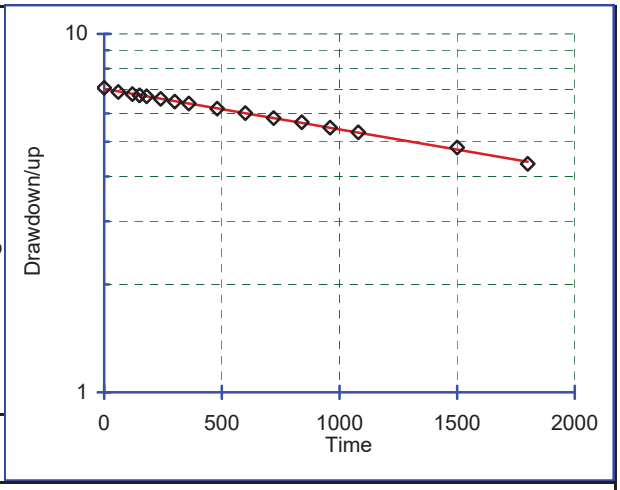
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	7,92		2,069	2,060
2)	60,00	0,16	7,76		2,048	2,049
3)	120,00	0,29	7,63		2,033	2,038
4)	180,00	0,34	7,58		2,026	2,027
5)	240,00	0,41	7,51		2,017	2,016
6)	300,00	0,51	7,41		2,003	2,005
7)	360,00	0,56	7,36		1,996	1,994
8)	480,00	0,73	7,19		1,973	1,971
9)	600,00	0,98	6,94		1,938	1,949
10)	720,00	1,04	6,88		1,929	1,927
11)	840,00	1,20	6,72		1,905	1,904
12)	960,00	1,34	6,58		1,884	1,882
13)	1080,00	1,53	6,39		1,854	1,860
14)	1200,00	1,56	6,36		1,850	1,838
15)	1500,00	2,00	5,92		1,778	1,782

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-02 (161,3-201,8m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-23

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	40,5	meters
Saturated Column Length:	40,5	meters
Water Table Depth:	7,07	meters
Aquifer Thickness:	40,5	meters
Line Fit Starting No.:	1	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	16	Max 16
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,000	

Hyd. Cond., K(h): 1,55E-08 m/sec



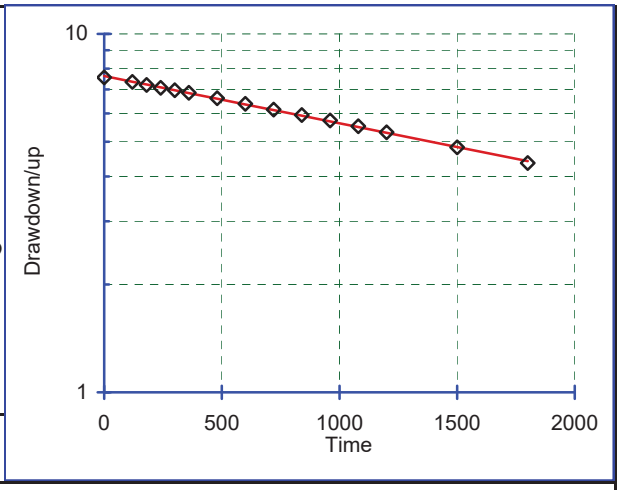
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	7,07		1,956	1,949
2)	60,00	0,18	6,89		1,930	1,933
3)	120,00	0,28	6,79		1,916	1,918
4)	150,00	0,33	6,74		1,908	1,910
5)	180,00	0,37	6,70		1,902	1,902
6)	240,00	0,48	6,59		1,885	1,887
7)	300,00	0,60	6,47		1,868	1,871
8)	360,00	0,68	6,39		1,855	1,855
9)	480,00	0,88	6,19		1,822	1,824
10)	600,00	1,06	6,01		1,794	1,793
11)	720,00	1,25	5,82		1,762	1,762
12)	840,00	1,40	5,67		1,735	1,731
13)	960,00	1,59	5,48		1,700	1,700
14)	1080,00	1,76	5,31		1,670	1,668
15)	1500,00	2,25	4,82		1,572	1,559
16)	1800,00	2,73	4,34		1,468	1,481

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-02 (200,3-240,8m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-23

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	40,5	meters
Saturated Column Length:	40,5	meters
Water Table Depth:	7,56	meters
Aquifer Thickness:	40,5	meters
Line Fit Starting No.:	1	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	15	Max 15
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,000	

Hyd. Cond., K(h): 1,81E-08 m/sec



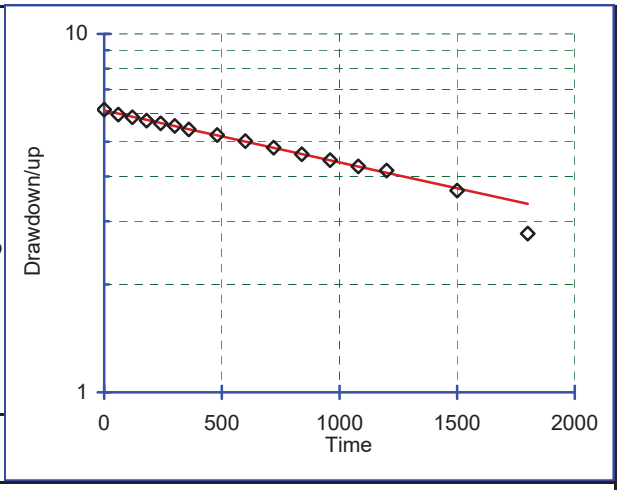
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	7,56		2,023	2,032
2)	120,00	0,22	7,34		1,994	1,996
3)	180,00	0,36	7,20		1,975	1,977
4)	240,00	0,48	7,08		1,957	1,959
5)	300,00	0,60	6,96		1,941	1,941
6)	360,00	0,71	6,85		1,924	1,923
7)	480,00	0,94	6,62		1,889	1,886
8)	600,00	1,18	6,38		1,854	1,850
9)	720,00	1,41	6,15		1,816	1,813
10)	840,00	1,62	5,94		1,782	1,777
11)	960,00	1,83	5,73		1,746	1,740
12)	1080,00	2,04	5,52		1,709	1,704
13)	1200,00	2,24	5,32		1,671	1,667
14)	1500,00	2,74	4,82		1,573	1,576
15)	1800,00	3,20	4,36		1,473	1,485

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-02 (239,3-279,8m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-25

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	40,5	meters
Saturated Column Length:	40,5	meters
Water Table Depth:	6,15	meters
Aquifer Thickness:	40,5	meters
Line Fit Starting No.:	1	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	15	Max 16
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,001	

Hyd. Cond., K(h): 1,98E-08 m/sec



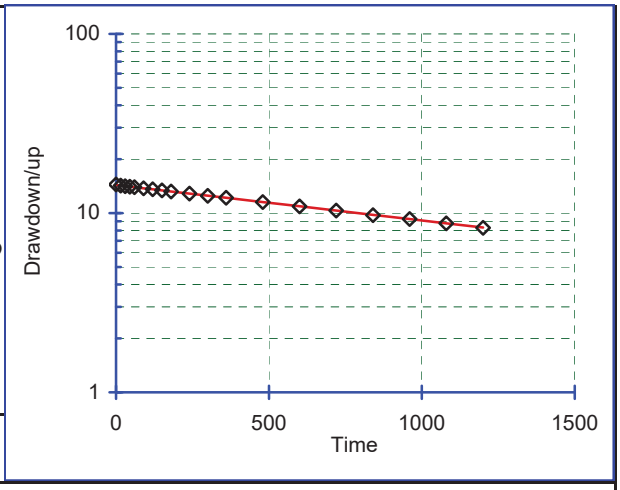
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	6,15		1,816	1,810
2)	60,00	0,19	5,96		1,785	1,790
3)	120,00	0,29	5,86		1,767	1,770
4)	180,00	0,42	5,73		1,745	1,750
5)	240,00	0,52	5,63		1,728	1,730
6)	300,00	0,61	5,54		1,711	1,710
7)	360,00	0,74	5,41		1,689	1,690
8)	480,00	0,93	5,22		1,653	1,650
9)	600,00	1,13	5,02		1,614	1,610
10)	720,00	1,33	4,82		1,572	1,570
11)	840,00	1,53	4,62		1,530	1,530
12)	960,00	1,71	4,44		1,492	1,491
13)	1080,00	1,88	4,27		1,452	1,451
14)	1200,00	1,99	4,16		1,425	1,411
15)	1500,00	2,49	3,66		1,296	1,311
16)	1800,00	3,38	2,77		1,020	1,211

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-03 (8,5-14.5m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-29

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	6	meters
Saturated Column Length:	6	meters
Water Table Depth:	14,44	meters
Aquifer Thickness:	6	meters
Line Fit Starting No.:	2	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	7	Max 19
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,000	

Hyd. Cond., K(h): 1,22E-07 m/sec



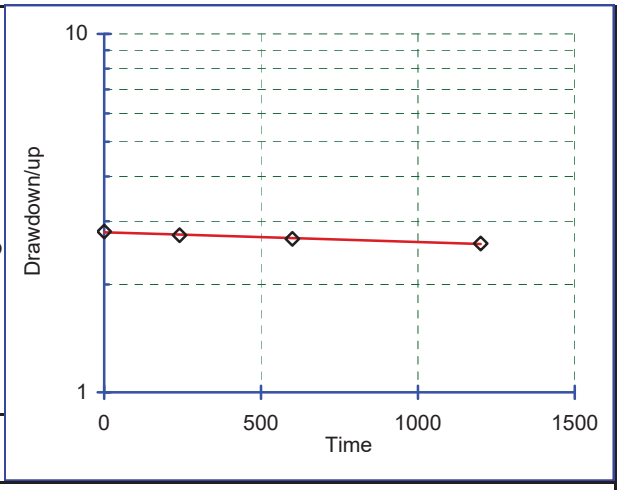
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	14,44		2,670	2,663
2)	15,00	0,19	14,25		2,657	2,656
3)	30,00	0,30	14,14		2,649	2,649
4)	45,00	0,39	14,05		2,643	2,643
5)	60,00	0,48	13,96		2,636	2,636
6)	90,00	0,68	13,76		2,622	2,622
7)	120,00	0,86	13,58		2,609	2,608
8)	150,00	1,04	13,40		2,595	2,595
9)	180,00	1,24	13,20		2,581	2,581
10)	240,00	1,59	12,85		2,553	2,554
11)	300,00	1,95	12,49		2,525	2,527
12)	360,00	2,26	12,18		2,500	2,499
13)	480,00	2,92	11,52		2,444	2,445
14)	600,00	3,53	10,91		2,389	2,390
15)	720,00	4,11	10,33		2,335	2,335
16)	840,00	4,71	9,73		2,276	2,281
17)	960,00	5,18	9,26		2,226	2,226
18)	1080,00	5,67	8,77		2,171	2,172
19)	1200,00	6,16	8,28		2,114	2,117

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-03 (17,4-23,4m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-29

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	6	meters
Saturated Column Length:	6	meters
Water Table Depth:	2,81	meters
Aquifer Thickness:	6	meters
Line Fit Starting No.:	1	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	4	Max 4
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,000	

Hyd. Cond., K(h): 1,68E-08 m/sec



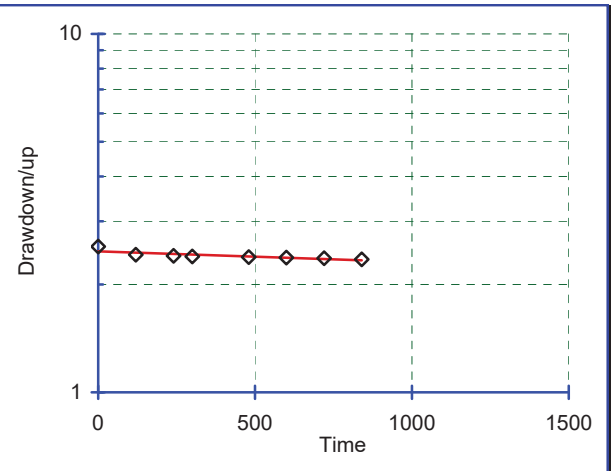
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	2,81		1,033	1,028
2)	240,00	0,07	2,74		1,010	1,013
3)	600,00	0,13	2,68		0,986	0,990
4)	1200,00	0,21	2,60		0,956	0,953

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-03 (32,4-38,4m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-29

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	6	meters
Saturated Column Length:	6	meters
Water Table Depth:	2,55	meters
Aquifer Thickness:	6	meters
Line Fit Starting No.:	1	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	8	Max 8
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,002	

Hyd. Cond., K(h): 1,87E-08 m/sec



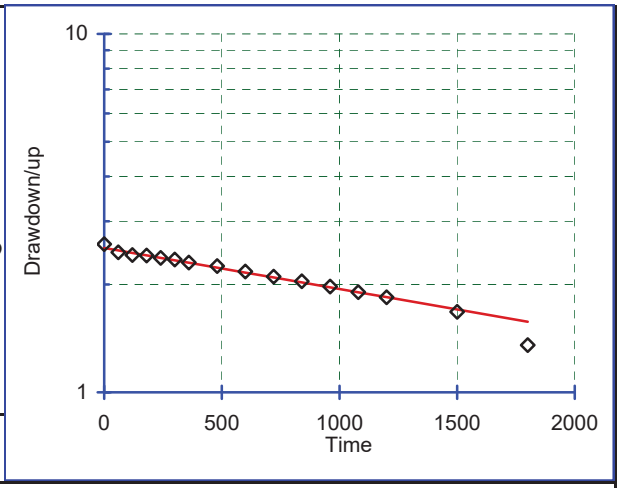
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	2,55		0,936	0,906
2)	120,00	0,13	2,42		0,884	0,898
3)	240,00	0,15	2,40		0,876	0,889
4)	300,00	0,16	2,39		0,873	0,885
5)	480,00	0,17	2,38		0,869	0,873
6)	600,00	0,17	2,38		0,865	0,864
7)	720,00	0,18	2,37		0,862	0,856
8)	840,00	0,20	2,35		0,854	0,848

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-03 (44,4-50,4m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-29

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	6	meters
Saturated Column Length:	6	meters
Water Table Depth:	2,59	meters
Aquifer Thickness:	6	meters
Line Fit Starting No.:	2	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	15	Max 16
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,001	

Hyd. Cond., K(h): 7,07E-08 m/sec



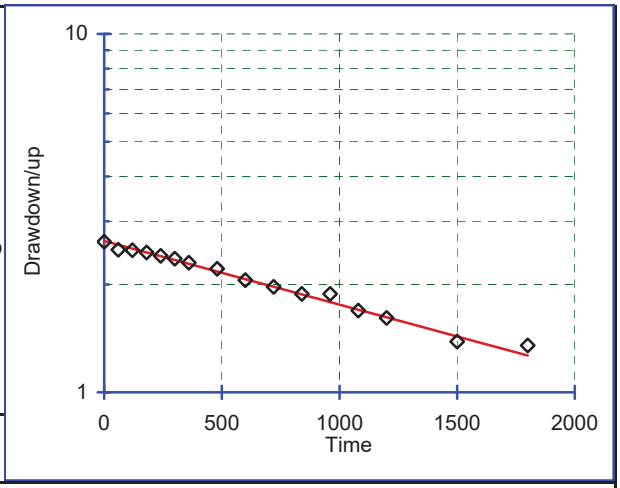
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	2,59		0,952	0,927
2)	60,00	0,13	2,46		0,900	0,911
3)	120,00	0,17	2,42		0,882	0,896
4)	180,00	0,18	2,41		0,879	0,880
5)	240,00	0,22	2,37		0,864	0,864
6)	300,00	0,24	2,35		0,853	0,848
7)	360,00	0,29	2,30		0,834	0,832
8)	480,00	0,34	2,25		0,811	0,801
9)	600,00	0,42	2,17		0,776	0,769
10)	720,00	0,49	2,10		0,743	0,738
11)	840,00	0,55	2,04		0,714	0,706
12)	960,00	0,62	1,97		0,679	0,674
13)	1080,00	0,69	1,90		0,643	0,643
14)	1200,00	0,75	1,84		0,611	0,611
15)	1500,00	0,91	1,68		0,517	0,532
16)	1800,00	1,24	1,35		0,304	0,453

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-03 (59,4-65,4m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-29

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	6	meters
Saturated Column Length:	6	meters
Water Table Depth:	2,63	meters
Aquifer Thickness:	6	meters
Line Fit Starting No.:	2	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	15	Max 16
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,006	

Hyd. Cond., K(h): 1,10E-07 m/sec



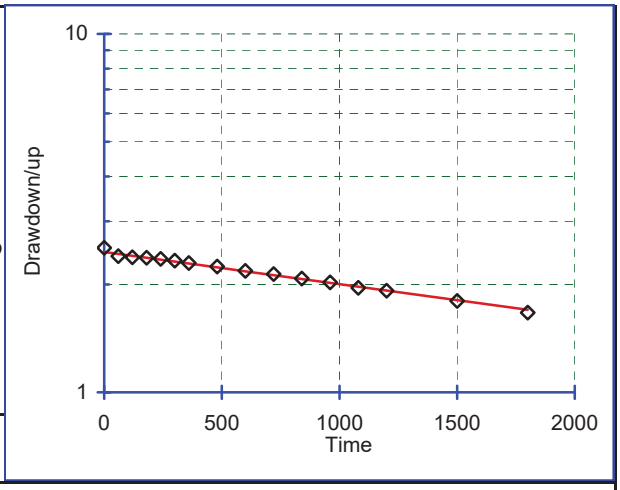
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	2,63		0,967	0,973
2)	60,00	0,13	2,50		0,916	0,948
3)	120,00	0,14	2,49		0,913	0,923
4)	180,00	0,17	2,46		0,899	0,899
5)	240,00	0,23	2,40		0,877	0,874
6)	300,00	0,27	2,36		0,859	0,850
7)	360,00	0,33	2,30		0,833	0,825
8)	480,00	0,42	2,21		0,794	0,776
9)	600,00	0,57	2,06		0,721	0,727
10)	720,00	0,66	1,97		0,677	0,678
11)	840,00	0,75	1,88		0,632	0,629
12)	960,00	0,75	1,88		0,632	0,580
13)	1080,00	0,94	1,69		0,525	0,531
14)	1200,00	1,02	1,61		0,478	0,482
15)	1500,00	1,24	1,39		0,326	0,359
16)	1800,00	1,28	1,35		0,301	0,236

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-03 (74,4-80,4m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-30

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	6	meters
Saturated Column Length:	6	meters
Water Table Depth:	2,53	meters
Aquifer Thickness:	6	meters
Line Fit Starting No.:	2	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	15	Max 16
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,001	

Hyd. Cond., K(h): 5,54E-08 m/sec



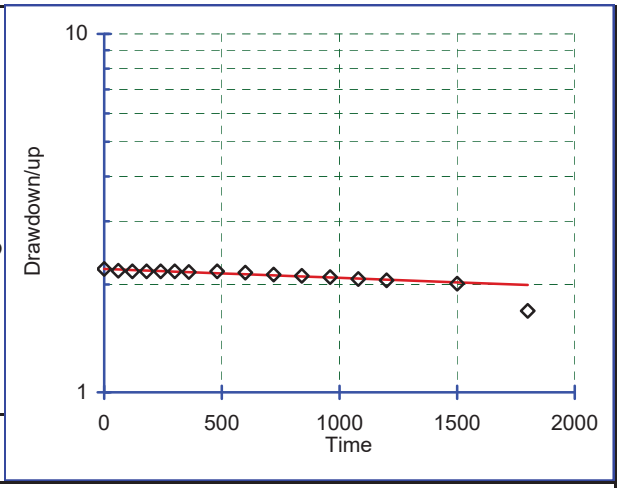
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	2,53		0,928	0,901
2)	60,00	0,13	2,40		0,875	0,889
3)	120,00	0,15	2,38		0,868	0,877
4)	180,00	0,16	2,37		0,864	0,864
5)	240,00	0,17	2,36		0,857	0,852
6)	300,00	0,20	2,33		0,846	0,839
7)	360,00	0,23	2,30		0,831	0,827
8)	480,00	0,29	2,24		0,808	0,802
9)	600,00	0,35	2,18		0,780	0,778
10)	720,00	0,39	2,14		0,760	0,753
11)	840,00	0,45	2,08		0,731	0,728
12)	960,00	0,50	2,03		0,706	0,703
13)	1080,00	0,57	1,96		0,671	0,679
14)	1200,00	0,61	1,92		0,653	0,654
15)	1500,00	0,73	1,80		0,587	0,592
16)	1800,00	0,86	1,67		0,512	0,530

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-03 (86,4-92,4m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-30

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	6	meters
Saturated Column Length:	6	meters
Water Table Depth:	2,21	meters
Aquifer Thickness:	6	meters
Line Fit Starting No.:	2	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	15	Max 16
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,001	

Hyd. Cond., K(h): 1,54E-08 m/sec



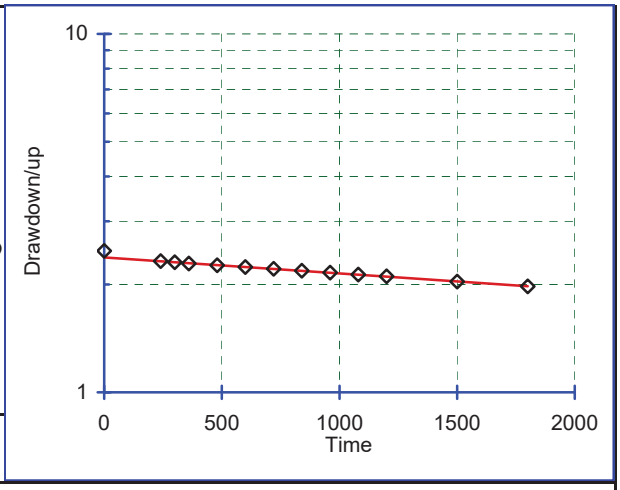
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	2,21		0,793	0,793
2)	60,00	0,03	2,18		0,781	0,789
3)	120,00	0,03	2,18		0,777	0,786
4)	180,00	0,03	2,18		0,777	0,782
5)	240,00	0,03	2,18		0,777	0,779
6)	300,00	0,03	2,18		0,777	0,775
7)	360,00	0,04	2,17		0,773	0,772
8)	480,00	0,03	2,18		0,777	0,765
9)	600,00	0,05	2,16		0,769	0,758
10)	720,00	0,08	2,13		0,757	0,751
11)	840,00	0,10	2,11		0,749	0,744
12)	960,00	0,11	2,10		0,740	0,738
13)	1080,00	0,14	2,07		0,728	0,731
14)	1200,00	0,16	2,05		0,719	0,724
15)	1500,00	0,20	2,01		0,698	0,707
16)	1800,00	0,52	1,69		0,524	0,689

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-03 (98,4-104,4m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-30

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	6	meters
Saturated Column Length:	6	meters
Water Table Depth:	2,48	meters
Aquifer Thickness:	6	meters
Line Fit Starting No.:	2	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	13	Max 13
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,000	

Hyd. Cond., K(h): 2,76E-08 m/sec



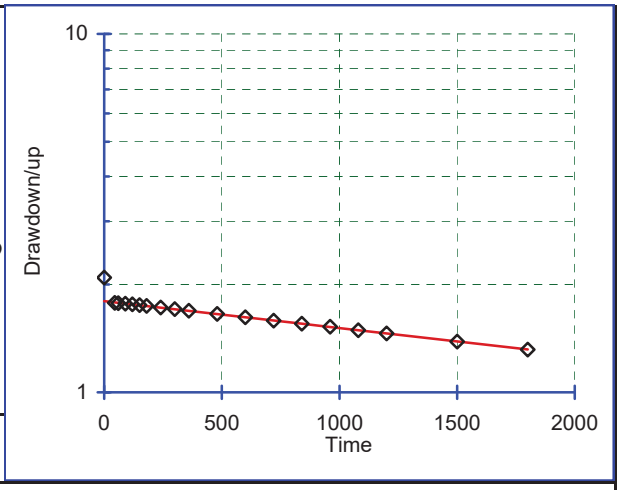
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	2,48		0,908	0,867
2)	240,00	0,16	2,32		0,843	0,842
3)	300,00	0,17	2,31		0,836	0,836
4)	360,00	0,19	2,29		0,828	0,830
5)	480,00	0,22	2,26		0,816	0,817
6)	600,00	0,24	2,24		0,805	0,805
7)	720,00	0,27	2,21		0,793	0,793
8)	840,00	0,30	2,18		0,781	0,780
9)	960,00	0,32	2,16		0,769	0,768
10)	1080,00	0,35	2,13		0,757	0,756
11)	1200,00	0,37	2,11		0,745	0,743
12)	1500,00	0,44	2,04		0,711	0,713
13)	1800,00	0,50	1,98		0,681	0,682

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-03 (119,3-125,3m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-30

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	6	meters
Saturated Column Length:	6	meters
Water Table Depth:	2,09	meters
Aquifer Thickness:	6	meters
Line Fit Starting No.:	2	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	19	Max 19
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,000	

Hyd. Cond., K(h): 4,63E-08 m/sec



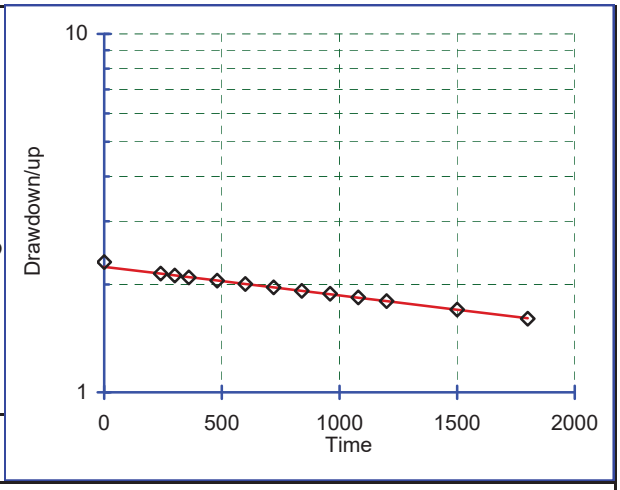
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	2,09		0,737	0,585
2)	45,00	0,31	1,78		0,575	0,578
3)	60,00	0,32	1,77		0,572	0,575
4)	90,00	0,32	1,77		0,570	0,570
5)	120,00	0,33	1,76		0,565	0,565
6)	150,00	0,34	1,75		0,560	0,560
7)	180,00	0,35	1,74		0,555	0,554
8)	240,00	0,37	1,72		0,545	0,544
9)	300,00	0,38	1,71		0,535	0,534
10)	360,00	0,40	1,69		0,525	0,523
11)	480,00	0,44	1,66		0,504	0,503
12)	600,00	0,47	1,62		0,483	0,482
13)	720,00	0,50	1,59		0,461	0,461
14)	840,00	0,54	1,55		0,441	0,441
15)	960,00	0,57	1,52		0,422	0,420
16)	1080,00	0,60	1,49		0,399	0,399
17)	1200,00	0,63	1,46		0,378	0,379
18)	1500,00	0,70	1,39		0,326	0,327
19)	1800,00	0,77	1,32		0,274	0,275

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-03 (149,3-155,3m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-30

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	6	meters
Saturated Column Length:	6	meters
Water Table Depth:	2,31	meters
Aquifer Thickness:	6	meters
Line Fit Starting No.:	2	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	13	Max 13
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,000	

Hyd. Cond., K(h): 4,93E-08 m/sec



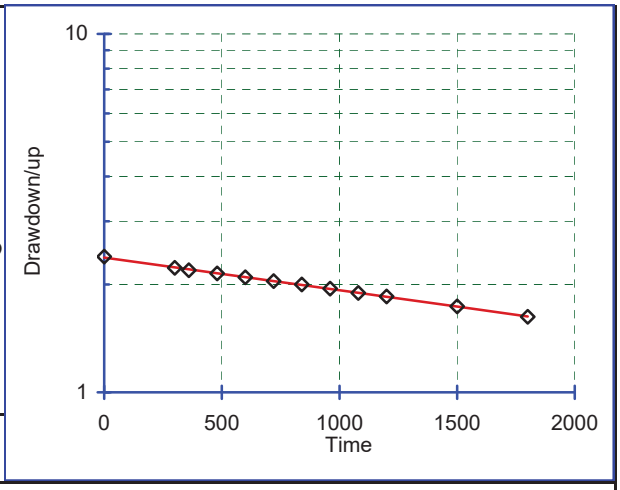
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	2,31		0,837	0,806
2)	240,00	0,17	2,14		0,763	0,762
3)	300,00	0,19	2,12		0,751	0,751
4)	360,00	0,22	2,09		0,738	0,740
5)	480,00	0,26	2,05		0,717	0,718
6)	600,00	0,30	2,01		0,696	0,696
7)	720,00	0,35	1,96		0,674	0,674
8)	840,00	0,39	1,92		0,652	0,652
9)	960,00	0,43	1,88		0,633	0,630
10)	1080,00	0,47	1,84		0,610	0,608
11)	1200,00	0,51	1,80		0,586	0,586
12)	1500,00	0,61	1,70		0,531	0,531
13)	1800,00	0,70	1,61		0,473	0,476

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-03 (167,3-173,3m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-30

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	6	meters
Saturated Column Length:	6	meters
Water Table Depth:	2,39	meters
Aquifer Thickness:	6	meters
Line Fit Starting No.:	1	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	12	Max 12
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,000	

Hyd. Cond., K(h): 5,64E-08 m/sec



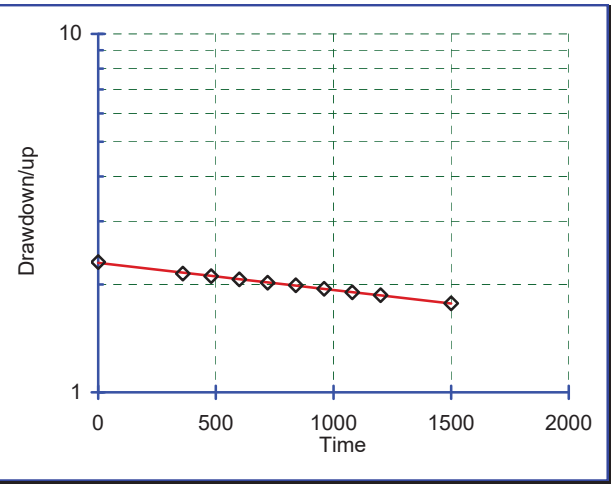
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	2,39		0,871	0,866
2)	300,00	0,17	2,22		0,800	0,803
3)	360,00	0,20	2,19		0,784	0,790
4)	480,00	0,24	2,15		0,764	0,765
5)	600,00	0,30	2,09		0,739	0,740
6)	720,00	0,35	2,04		0,714	0,714
7)	840,00	0,39	2,00		0,692	0,689
8)	960,00	0,44	1,95		0,666	0,664
9)	1080,00	0,50	1,89		0,639	0,639
10)	1200,00	0,54	1,85		0,616	0,614
11)	1500,00	0,65	1,74		0,552	0,551
12)	1800,00	0,77	1,62		0,485	0,488

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-03 (197,3-203,3m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-30

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	6	meters
Saturated Column Length:	6	meters
Water Table Depth:	2,31	meters
Aquifer Thickness:	6	meters
Line Fit Starting No.:	1	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	10	Max 10
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,000	

Hyd. Cond., K(h): 4,68E-08 m/sec



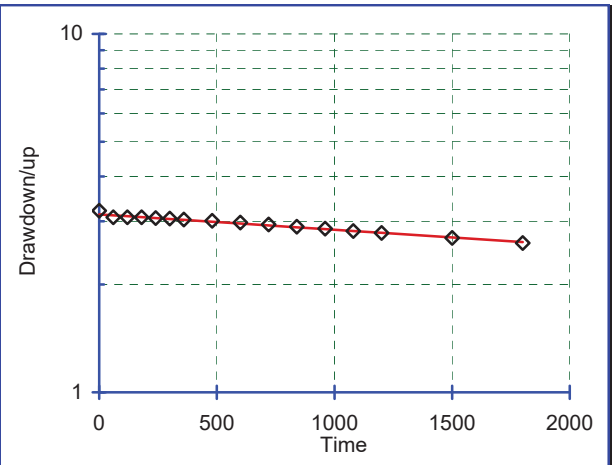
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	2,31		0,837	0,832
2)	360,00	0,17	2,14		0,763	0,769
3)	480,00	0,20	2,11		0,747	0,748
4)	600,00	0,24	2,07		0,726	0,727
5)	720,00	0,29	2,02		0,705	0,706
6)	840,00	0,32	1,99		0,687	0,685
7)	960,00	0,37	1,94		0,665	0,664
8)	1080,00	0,41	1,90		0,642	0,643
9)	1200,00	0,44	1,87		0,624	0,623
10)	1500,00	0,54	1,77		0,571	0,570

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-03 (203,3-225,8m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-30

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	23	meters
Saturated Column Length:	23	meters
Water Table Depth:	3,21	meters
Aquifer Thickness:	23	meters
Line Fit Starting No.:	2	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	16	Max 16
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,000	

Hyd. Cond., K(h): 9,23E-09 m/sec



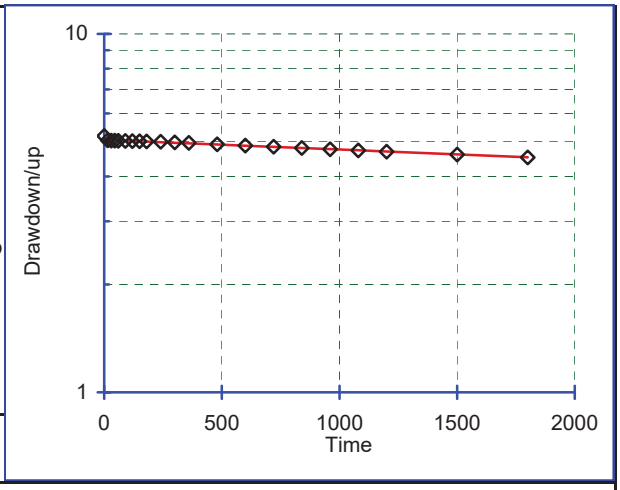
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	3,21		1,166	1,143
2)	60,00	0,13	3,08		1,125	1,137
3)	120,00	0,13	3,08		1,125	1,131
4)	180,00	0,13	3,08		1,125	1,125
5)	240,00	0,15	3,06		1,119	1,120
6)	300,00	0,16	3,05		1,116	1,114
7)	360,00	0,17	3,04		1,111	1,108
8)	480,00	0,20	3,01		1,102	1,096
9)	600,00	0,23	2,98		1,090	1,084
10)	720,00	0,27	2,94		1,079	1,072
11)	840,00	0,31	2,90		1,064	1,060
12)	960,00	0,35	2,86		1,052	1,048
13)	1080,00	0,39	2,82		1,036	1,037
14)	1200,00	0,43	2,78		1,024	1,025
15)	1500,00	0,51	2,70		0,992	0,995
16)	1800,00	0,60	2,61		0,959	0,965

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028 2000 2400
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-04 (35,7-41,7m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-07

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	6	meters
Saturated Column Length:	6	meters
Water Table Depth:	5,19	meters
Aquifer Thickness:	6	meters
Line Fit Starting No.:	2	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	19	Max 21
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,000	

Hyd. Cond., K(h): 1,66E-08 m/sec



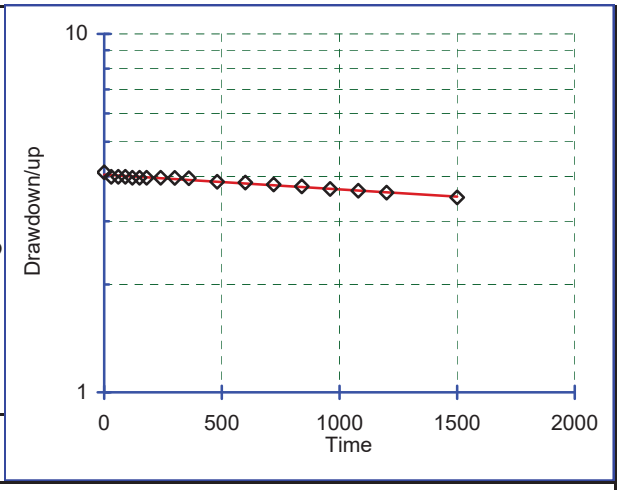
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	5,19		1,647	1,622
2)	15,00	0,14	5,05		1,619	1,621
3)	30,00	0,15	5,04		1,617	1,620
4)	45,00	0,15	5,04		1,617	1,619
5)	60,00	0,16	5,03		1,615	1,618
6)	90,00	0,16	5,03		1,615	1,616
7)	120,00	0,17	5,02		1,614	1,614
8)	150,00	0,17	5,02		1,613	1,612
9)	180,00	0,18	5,01		1,612	1,610
10)	240,00	0,19	5,00		1,610	1,607
11)	300,00	0,21	4,98		1,606	1,603
12)	360,00	0,23	4,96		1,602	1,599
13)	480,00	0,27	4,92		1,593	1,592
14)	600,00	0,31	4,88		1,585	1,584
15)	720,00	0,35	4,84		1,577	1,577
16)	840,00	0,39	4,80		1,570	1,570
17)	960,00	0,42	4,77		1,562	1,562
18)	1080,00	0,46	4,73		1,554	1,555
19)	1200,00	0,50	4,69		1,546	1,547
20)	1500,00	0,58	4,61		1,528	1,529
21)	1800,00	0,67	4,52		1,509	1,510

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028 2000 2400
Client Name:	OSISKO	Identification:	GT-07-04 (301.5-305,7m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-07

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	6	meters
Saturated Column Length:	6	meters
Water Table Depth:	4,11	meters
Aquifer Thickness:	6	meters
Line Fit Starting No.:	1	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	21	Max 18
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,001	

Hyd. Cond., K(h): 2,53E-08 m/sec



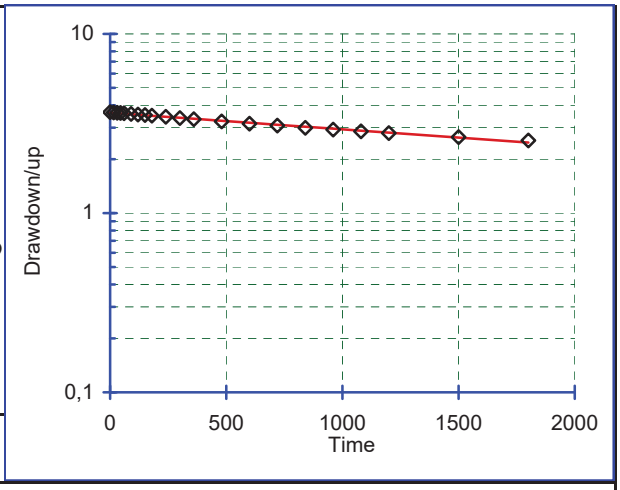
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	4,11		1,413	1,398
2)	30,00	0,12	3,99		1,385	1,396
3)	60,00	0,12	3,99		1,385	1,393
4)	90,00	0,12	3,99		1,385	1,390
5)	120,00	0,14	3,97		1,379	1,387
6)	150,00	0,14	3,97		1,379	1,384
7)	180,00	0,14	3,97		1,379	1,381
8)	240,00	0,14	3,97		1,379	1,376
9)	300,00	0,15	3,96		1,377	1,370
10)	360,00	0,15	3,96		1,375	1,364
11)	480,00	0,24	3,87		1,353	1,353
12)	600,00	0,26	3,85		1,347	1,342
13)	720,00	0,31	3,80		1,335	1,331
14)	840,00	0,36	3,75		1,323	1,319
15)	960,00	0,42	3,69		1,306	1,308
16)	1080,00	0,46	3,65		1,296	1,297
17)	1200,00	0,50	3,61		1,283	1,285
18)	1500,00	0,61	3,50		1,252	1,257

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028 2000 2400
Client Name:	OSISKO	Identification:	GT-07-04 (349.5-369m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-07

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	19,5	meters
Saturated Column Length:	19,5	meters
Water Table Depth:	3,83	meters
Aquifer Thickness:	19,5	meters
Line Fit Starting No.:	1	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	21	Max 21
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,002	

Hyd. Cond., K(h): 2,26E-08 m/sec



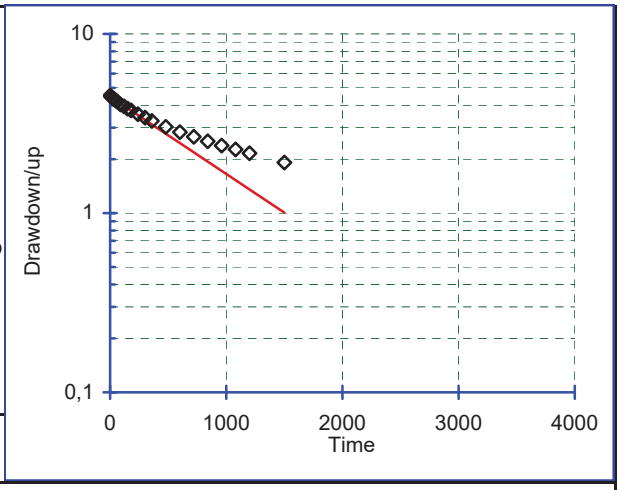
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,17	3,66		1,298	1,289
2)	15,00	0,19	3,64		1,293	1,286
3)	30,00	0,20	3,63		1,290	1,283
4)	45,00	0,21	3,62		1,287	1,279
5)	60,00	0,22	3,61		1,283	1,276
6)	90,00	0,25	3,58		1,274	1,270
7)	120,00	0,28	3,55		1,266	1,263
8)	150,00	0,31	3,52		1,260	1,257
9)	180,00	0,33	3,50		1,252	1,251
10)	240,00	0,39	3,44		1,237	1,238
11)	300,00	0,44	3,39		1,220	1,225
12)	360,00	0,49	3,34		1,206	1,212
13)	480,00	0,58	3,25		1,178	1,187
14)	600,00	0,68	3,15		1,148	1,161
15)	720,00	0,75	3,08		1,124	1,136
16)	840,00	0,84	2,99		1,096	1,110
17)	960,00	0,90	2,93		1,074	1,085
18)	1080,00	0,97	2,86		1,051	1,059
19)	1200,00	1,03	2,80		1,028	1,034
20)	1500,00	1,18	2,66		0,976	0,970
21)	1800,00	1,29	2,54		0,933	0,906

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	Packer test	Project No.:	07-1221-0028 2000 2400
Client Name:	Osisko	Identification:	GT-07-05 (8,5-22m)
Analysis By:	CPednault	Run Date:	2008-01-24

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	13,5	meters
Saturated Column Length:	13,5	meters
Water Table Depth:	4,88	meters
Aquifer Thickness:	13,5	meters
Line Fit Starting No.:	1	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	10	Max 20
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,001	

Hyd. Cond., K(h): 1,41E-07 m/sec



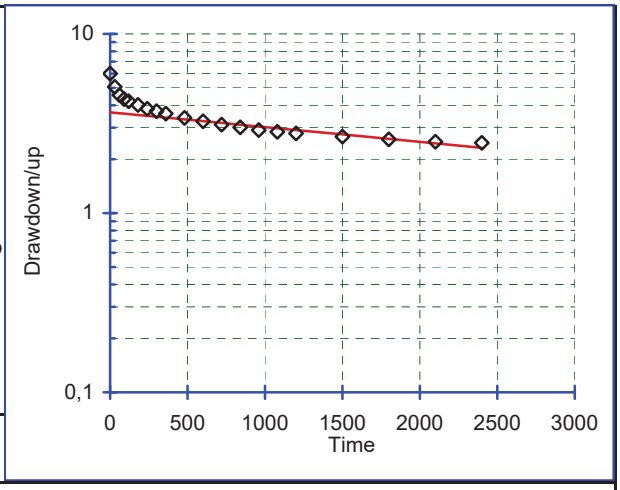
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,36	4,52		1,509	1,498
2)	15,00	0,45	4,43		1,489	1,483
3)	30,00	0,53	4,35		1,469	1,468
4)	45,00	0,61	4,27		1,451	1,453
5)	60,00	0,69	4,19		1,433	1,438
6)	90,00	0,84	4,04		1,395	1,408
7)	120,00	0,94	3,94		1,372	1,378
8)	150,00	1,05	3,83		1,342	1,348
9)	180,00	1,14	3,74		1,320	1,319
10)	240,00	1,32	3,56		1,271	1,259
11)	300,00	1,47	3,41		1,227	1,199
12)	360,00	1,61	3,27		1,185	1,140
13)	480,00	1,85	3,03		1,109	1,020
14)	600,00	2,05	2,83		1,040	0,901
15)	720,00	2,21	2,67		0,981	0,781
16)	840,00	2,36	2,52		0,924	0,662
17)	960,00	2,50	2,38		0,867	0,543
18)	1080,00	2,62	2,26		0,817	0,423
19)	1200,00	2,72	2,16		0,768	0,304
20)	1500,00	2,96	1,92		0,650	0,005

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines Opinaca Ltée	Identification:	GT-07-05 (20,5-34m)
Analysis By:	Mouangrawa	Run Date:	2008-01-09

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	13,5	meters
Saturated Column Length:	13,5	meters
Water Table Depth:	6	meters
Aquifer Thickness:	13,5	meters
Line Fit Starting No.:	8	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	20	Max 20
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,021	

Hyd. Cond., K(h): 2,69E-08 m/sec



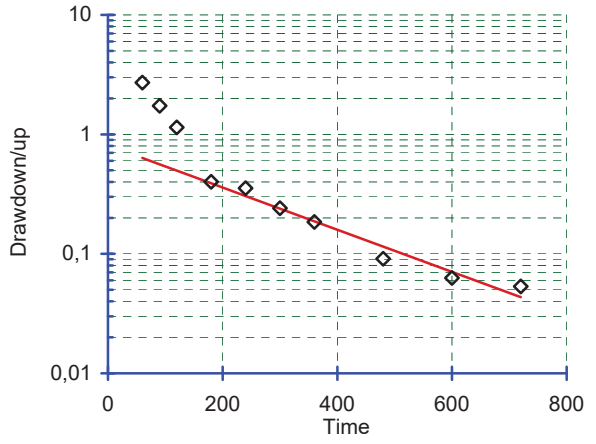
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	6,00		1,792	1,295
2)	30,00	0,94	5,06		1,621	1,289
3)	60,00	1,44	4,56		1,518	1,284
4)	90,00	1,67	4,33		1,465	1,278
5)	120,00	1,80	4,20		1,436	1,272
6)	180,00	1,98	4,02		1,390	1,261
7)	240,00	2,18	3,82		1,340	1,250
8)	300,00	2,29	3,71		1,310	1,238
9)	360,00	2,41	3,59		1,279	1,227
10)	480,00	2,60	3,40		1,223	1,204
11)	600,00	2,74	3,26		1,180	1,181
12)	720,00	2,89	3,11		1,136	1,159
13)	840,00	2,99	3,01		1,102	1,136
14)	960,00	3,09	2,91		1,067	1,113
15)	1080,00	3,16	2,84		1,044	1,090
16)	1200,00	3,21	2,79		1,024	1,067
17)	1500,00	3,33	2,67		0,983	1,011
18)	1800,00	3,42	2,58		0,947	0,954
19)	2100,00	3,50	2,50		0,918	0,897
20)	2400,00	3,53	2,47		0,902	0,840

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	Packer test	Project No.:	07-1221-0028 2000 2400
Client Name:	Osisko	Identification:	GT-07-05 (32,3-48,8m)
Analysis By:	Mgosselin	Run Date:	2008-01-09

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	16,5	meters
Saturated Column Length:	16,5	meters
Water Table Depth:	7,43	meters
Aquifer Thickness:	16,5	meters
Line Fit Starting No.:	5	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	10	Max 10
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,135	

Hyd. Cond., K(h): 4,93E-07 m/sec



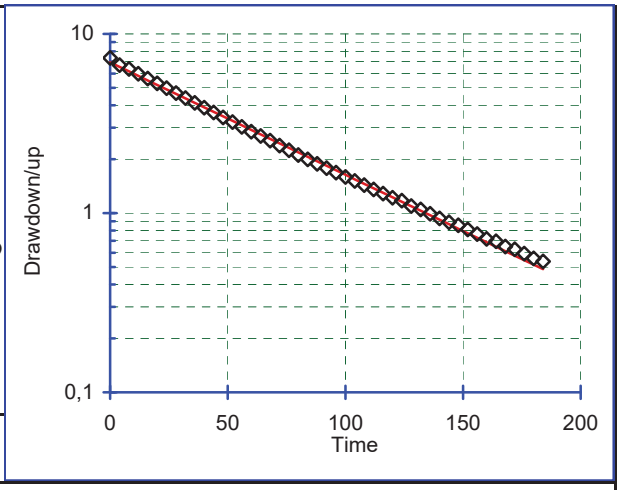
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	60,00	4,72	2,71		0,998	-0,455
2)	90,00	5,69	1,74		0,551	-0,577
3)	120,00	6,29	1,14		0,134	-0,699
4)	180,00	7,03	0,40		-0,914	-0,943
5)	240,00	7,08	0,35		-1,038	-1,187
6)	300,00	7,19	0,24		-1,422	-1,431
7)	360,00	7,25	0,18		-1,688	-1,674
8)	480,00	7,34	0,09		-2,397	-2,162
9)	600,00	7,37	0,06		-2,768	-2,650
10)	720,00	7,38	0,05		-2,930	-3,138

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-05 (47,3-63,8m)
Analysis By:	Mouangrawa	Run Date:	2008-01-09

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	16,5	meters
Saturated Column Length:	16,5	meters
Water Table Depth:	10,81	meters
Aquifer Thickness:	16,5	meters
Line Fit Starting No.:	1	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	40	Max 47
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,026	

Hyd. Cond., K(h): 1,75E-06 m/sec



Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	3,47	7,34		1,994	1,936
2)	4,00	4,11	6,70		1,902	1,878
3)	8,00	4,44	6,37		1,852	1,821
4)	12,00	4,82	5,99		1,790	1,763
5)	16,00	5,18	5,63		1,728	1,705
6)	20,00	5,51	5,30		1,668	1,647
7)	24,00	5,83	4,98		1,606	1,590
8)	28,00	6,14	4,67		1,542	1,532
9)	32,00	6,42	4,39		1,478	1,474
10)	36,00	6,69	4,12		1,416	1,416
11)	40,00	6,93	3,88		1,355	1,359
12)	44,00	7,17	3,64		1,293	1,301
13)	48,00	7,39	3,42		1,230	1,243
14)	52,00	7,59	3,22		1,169	1,185
15)	56,00	7,78	3,03		1,108	1,128
16)	60,00	7,96	2,85		1,047	1,070
17)	64,00	8,12	2,69		0,991	1,012
18)	68,00	8,27	2,54		0,931	0,954
19)	72,00	8,43	2,38		0,867	0,897
20)	76,00	8,57	2,24		0,808	0,839
21)	80,00	8,70	2,11		0,747	0,781
22)	84,00	8,81	2,00		0,692	0,723
23)	88,00	8,93	1,88		0,634	0,666

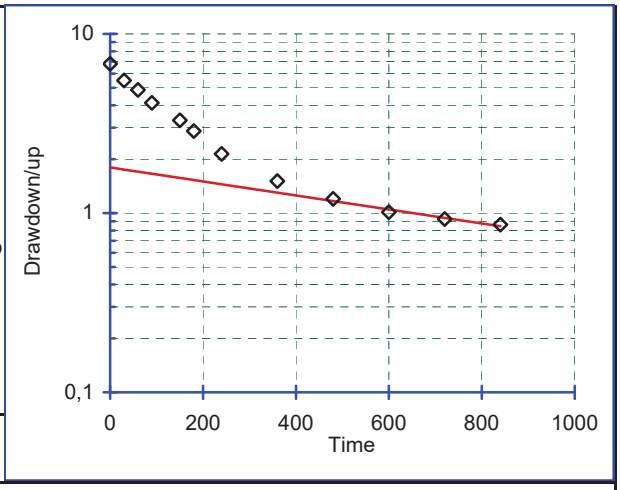
24)	92,00	9,03	1,78		0,579	0,608
25)	96,00	9,13	1,68		0,520	0,550
26)	100,00	9,22	1,59		0,464	0,492
27)	104,00	9,30	1,51		0,414	0,435
28)	108,00	9,38	1,43		0,360	0,377
29)	112,00	9,46	1,35		0,303	0,319
30)	116,00	9,52	1,29		0,252	0,261
31)	120,00	9,59	1,22		0,197	0,204
32)	124,00	9,64	1,17		0,160	0,146
33)	128,00	9,72	1,09		0,089	0,088
34)	132,00	9,76	1,05		0,048	0,030
35)	136,00	9,82	0,99		-0,008	-0,027
36)	140,00	9,88	0,93		-0,068	-0,085
37)	144,00	9,92	0,89		-0,117	-0,143
38)	148,00	9,95	0,86		-0,157	-0,201
39)	152,00	10,00	0,81		-0,210	-0,258
40)	156,00	10,05	0,76		-0,269	-0,316
41)	160,00	10,09	0,72		-0,331	-0,374
42)	164,00	10,11	0,70		-0,362	-0,432
43)	168,00	10,16	0,65		-0,429	-0,489
44)	172,00	10,18	0,63		-0,466	-0,547
45)	176,00	10,22	0,59		-0,521	-0,605
46)	180,00	10,25	0,56		-0,581	-0,663
47)	184,00	10,27	0,54		-0,622	-0,720

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-05 (62,5-79m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-10

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	16,5	meters
Saturated Column Length:	16,5	meters
Water Table Depth:	6,81	meters
Aquifer Thickness:	16,5	meters
Line Fit Starting No.:	9	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	12	Max 12
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,003	

Hyd. Cond., K(h): 1,09E-07 m/sec



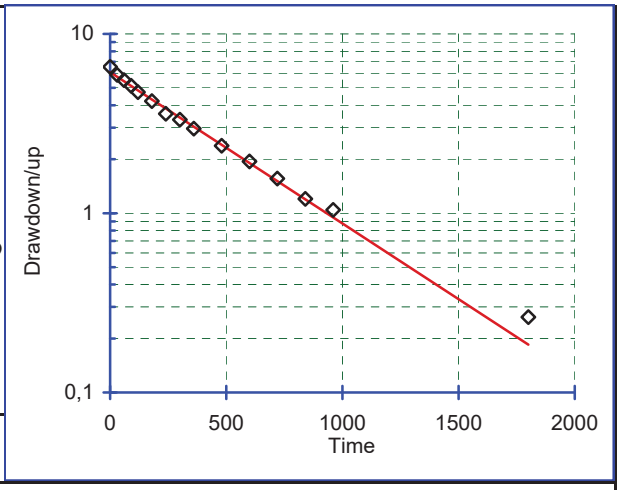
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	6,81		1,918	0,587
2)	30,00	1,32	5,49		1,704	0,560
3)	60,00	1,94	4,87		1,584	0,533
4)	90,00	2,69	4,12		1,416	0,506
5)	150,00	3,51	3,30		1,193	0,452
6)	180,00	3,94	2,87		1,055	0,425
7)	240,00	4,67	2,14		0,761	0,371
8)	360,00	5,30	1,51		0,412	0,263
9)	480,00	5,61	1,20		0,182	0,155
10)	600,00	5,80	1,01		0,012	0,047
11)	720,00	5,88	0,93		-0,075	-0,061
12)	840,00	5,95	0,86		-0,149	-0,170

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines Opinaca Ltée	Identification:	GT-07-05 (77,3-93,8m)
Analysis By:	Mouangrawa	Run Date:	2008-01-10

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	16,5	meters
Saturated Column Length:	16,5	meters
Water Table Depth:	6,55	meters
Aquifer Thickness:	16,5	meters
Line Fit Starting No.:	1	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	13	Max 15
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,014	

Hyd. Cond., K(h): 2,36E-07 m/sec



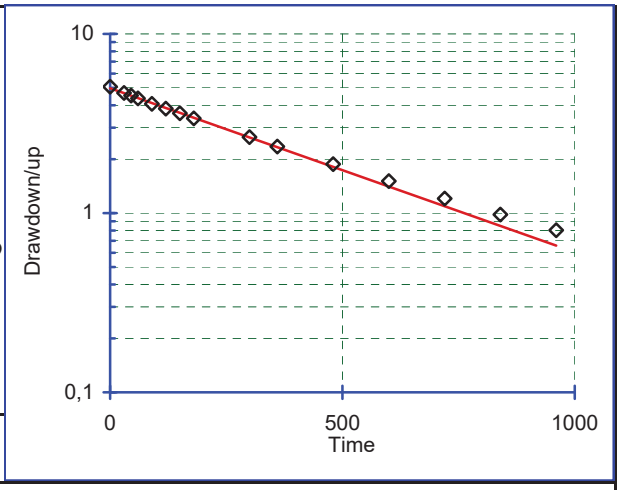
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	6,55		1,879	1,810
2)	30,00	0,64	5,91		1,777	1,752
3)	60,00	1,03	5,52		1,708	1,694
4)	90,00	1,41	5,14		1,637	1,636
5)	120,00	1,81	4,74		1,555	1,577
6)	180,00	2,33	4,22		1,440	1,461
7)	240,00	2,96	3,59		1,278	1,344
8)	300,00	3,22	3,33		1,202	1,227
9)	360,00	3,59	2,96		1,085	1,111
10)	480,00	4,17	2,38		0,866	0,878
11)	600,00	4,60	1,95		0,666	0,644
12)	720,00	4,99	1,56		0,445	0,411
13)	840,00	5,35	1,20		0,185	0,178
14)	960,00	5,51	1,04		0,042	-0,055
15)	1800,00	6,29	0,26		-1,334	-1,688

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-05 (92,3-108,8m)
Analysis By:	Mouangrawa	Run Date:	2008-01-10

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	16,5	meters
Saturated Column Length:	16,5	meters
Water Table Depth:	5,07	meters
Aquifer Thickness:	16,5	meters
Line Fit Starting No.:	1	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	10	Max 15
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,001	

Hyd. Cond., K(h): 2,55E-07 m/sec



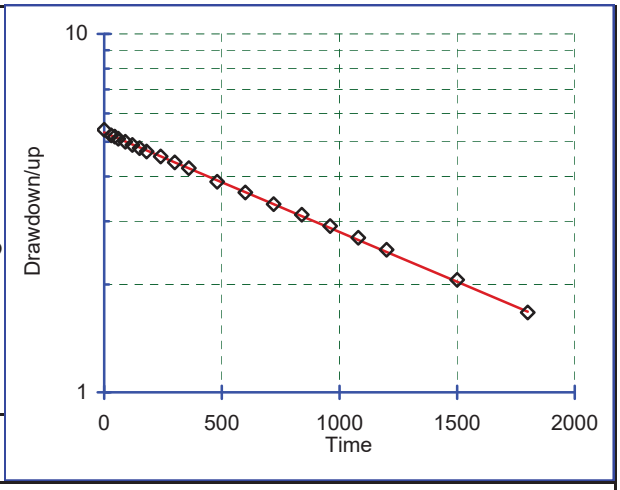
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	5,07		1,623	1,604
2)	30,00	0,39	4,68		1,544	1,541
3)	45,00	0,54	4,53		1,512	1,509
4)	60,00	0,71	4,37		1,474	1,478
5)	90,00	1,00	4,07		1,405	1,415
6)	120,00	1,24	3,83		1,343	1,352
7)	150,00	1,47	3,60		1,282	1,288
8)	180,00	1,69	3,38		1,217	1,225
9)	300,00	2,42	2,65		0,976	0,973
10)	360,00	2,72	2,35		0,856	0,846
11)	480,00	3,20	1,87		0,628	0,594
12)	600,00	3,56	1,51		0,410	0,341
13)	720,00	3,86	1,21		0,188	0,089
14)	840,00	4,09	0,98		-0,019	-0,164
15)	960,00	4,27	0,80		-0,220	-0,416

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines Opinaca Ltée	Identification:	GT-07-05 (107,3-126,8m)
Analysis By:	Mouangrawa	Run Date:	2008-01-11

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	19,5	meters
Saturated Column Length:	19,5	meters
Water Table Depth:	5,4	meters
Aquifer Thickness:	19,5	meters
Line Fit Starting No.:	1	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	15	Max 20
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,001	

Hyd. Cond., K(h): 6,80E-08 m/sec



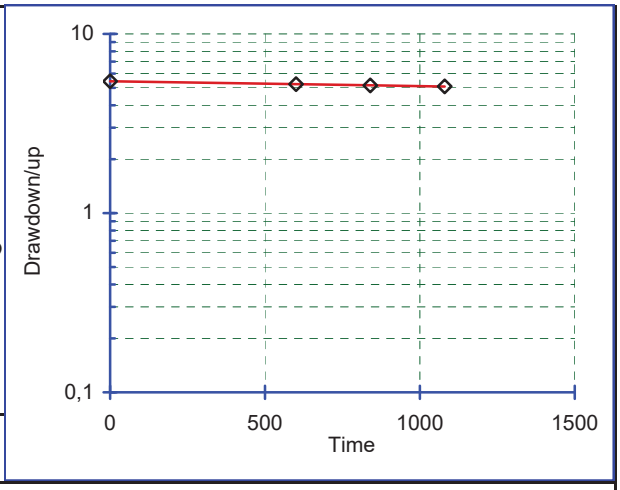
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	5,40		1,686	1,669
2)	30,00	0,19	5,21		1,651	1,650
3)	45,00	0,23	5,17		1,643	1,640
4)	60,00	0,30	5,10		1,629	1,631
5)	90,00	0,40	5,00		1,609	1,612
6)	120,00	0,50	4,90		1,589	1,593
7)	150,00	0,60	4,80		1,569	1,573
8)	180,00	0,70	4,70		1,548	1,554
9)	240,00	0,85	4,55		1,515	1,516
10)	300,00	1,02	4,38		1,477	1,477
11)	360,00	1,18	4,22		1,440	1,439
12)	480,00	1,53	3,87		1,353	1,362
13)	600,00	1,79	3,61		1,284	1,285
14)	720,00	2,05	3,35		1,209	1,209
15)	840,00	2,27	3,13		1,141	1,132
16)	960,00	2,49	2,91		1,068	1,055
17)	1080,00	2,70	2,70		0,993	0,978
18)	1200,00	2,90	2,50		0,916	0,902
19)	1500,00	3,34	2,06		0,723	0,710
20)	1800,00	3,73	1,67		0,513	0,518

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines Opinaca Ltée	Identification:	GT-07-05 (125,3-150,8m)
Analysis By:	Mouangrawa	Run Date:	2008-01-11

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	25,5	meters
Saturated Column Length:	25,5	meters
Water Table Depth:	5,44	meters
Aquifer Thickness:	25,5	meters
Line Fit Starting No.:	1	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	5	Max 4
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,000	

Hyd. Cond., K(h): 5,32E-09 m/sec



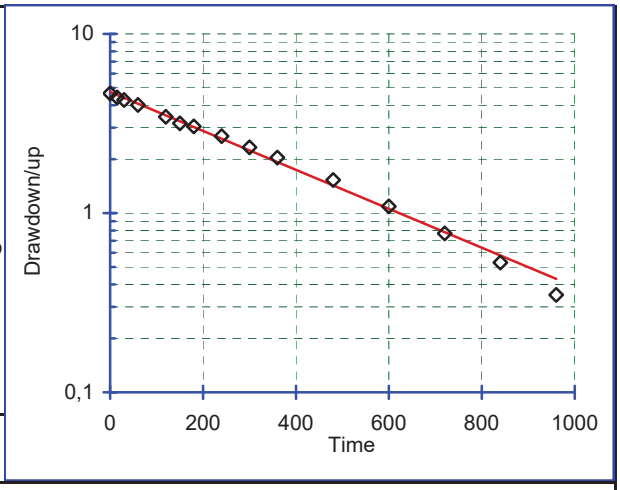
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	5,44		1,694	1,694
2)	600,00	0,20	5,24		1,657	1,657
3)	840,00	0,28	5,16		1,641	1,642
4)	1080,00	0,35	5,09		1,628	1,627

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-05 (149,3-186,8m)
Analysis By:	Mouangrawa	Run Date:	2008-01-12

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	37,5	meters
Saturated Column Length:	37,5	meters
Water Table Depth:	4,65	meters
Aquifer Thickness:	37,5	meters
Line Fit Starting No.:	1	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	14	Max 15
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,024	

Hyd. Cond., K(h): 1,58E-07 m/sec



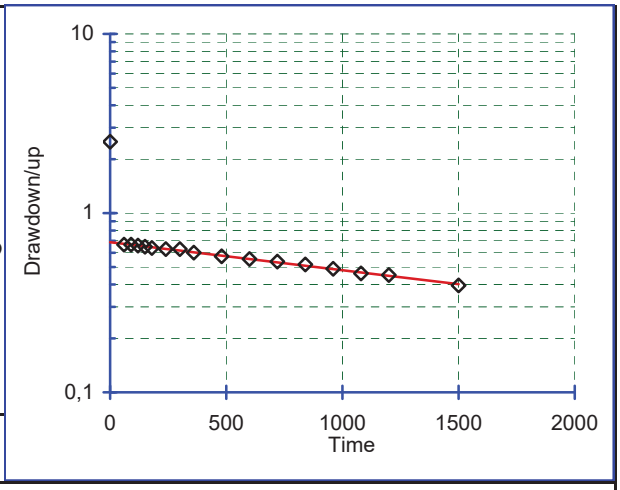
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	4,65		1,537	1,556
2)	15,00	0,23	4,42		1,486	1,518
3)	30,00	0,37	4,28		1,454	1,481
4)	60,00	0,64	4,01		1,389	1,406
5)	120,00	1,20	3,45		1,238	1,255
6)	150,00	1,48	3,17		1,154	1,180
7)	180,00	1,60	3,05		1,115	1,105
8)	240,00	1,96	2,69		0,990	0,955
9)	300,00	2,32	2,33		0,846	0,805
10)	360,00	2,61	2,04		0,713	0,655
11)	480,00	3,12	1,53		0,425	0,355
12)	600,00	3,56	1,09		0,086	0,055
13)	720,00	3,88	0,77		-0,261	-0,245
14)	840,00	4,12	0,53		-0,635	-0,545
15)	960,00	4,30	0,35		-1,050	-0,845

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-05 (185,3-234,8m)
Analysis By:	Mouangrawa	Run Date:	2008-01-14

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	49,5	meters
Saturated Column Length:	49,5	meters
Water Table Depth:	2,5	meters
Aquifer Thickness:	49,5	meters
Line Fit Starting No.:	2	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	17	Max 17
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,002	

Hyd. Cond., K(h): 1,82E-08 m/sec



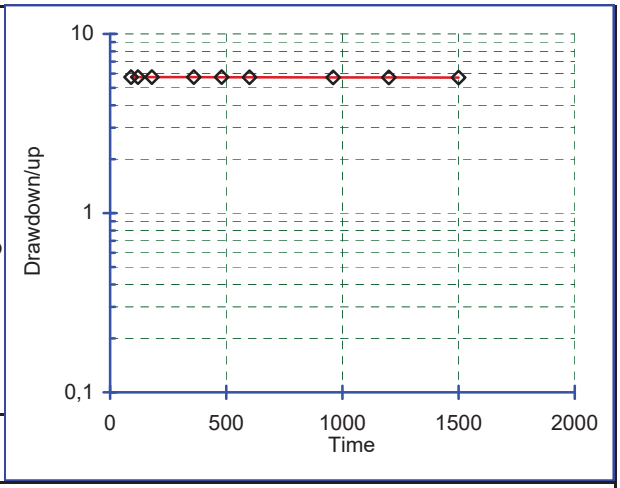
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	2,50		0,916	-0,374
2)	60,00	1,83	0,67		-0,404	-0,396
3)	90,00	1,83	0,67		-0,404	-0,406
4)	120,00	1,84	0,66		-0,418	-0,417
5)	150,00	1,85	0,65		-0,433	-0,428
6)	180,00	1,86	0,64		-0,447	-0,439
7)	240,00	1,87	0,63		-0,462	-0,460
8)	300,00	1,87	0,63		-0,462	-0,482
9)	360,00	1,90	0,60		-0,508	-0,504
10)	480,00	1,93	0,57		-0,556	-0,547
11)	600,00	1,95	0,55		-0,589	-0,590
12)	720,00	1,96	0,54		-0,624	-0,633
13)	840,00	1,98	0,52		-0,659	-0,676
14)	960,00	2,01	0,49		-0,715	-0,719
15)	1080,00	2,04	0,46		-0,775	-0,763
16)	1200,00	2,05	0,45		-0,795	-0,806
17)	1500,00	2,10	0,40		-0,929	-0,914

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	GT-07-05 (233,3-273,8m)
Analysis By:	Mouangrawa	Run Date:	2008-01-14

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	40,5	meters
Saturated Column Length:	40,5	meters
Water Table Depth:	5,81	meters
Aquifer Thickness:	40,5	meters
Line Fit Starting No.:	1	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	9	Max 9
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,000	

Hyd. Cond., K(h): 2,87E-10 m/sec



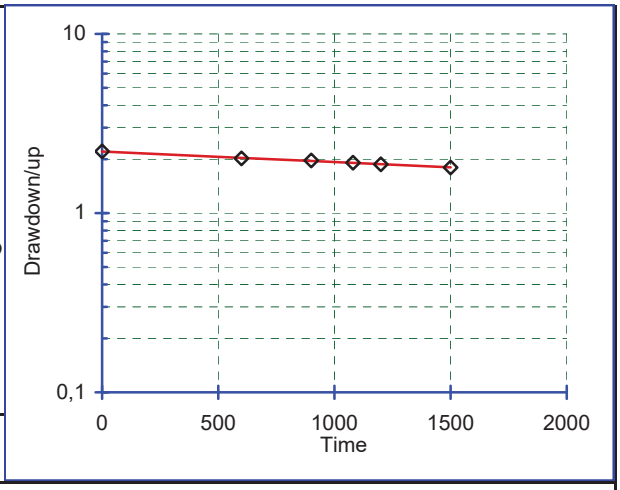
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	90,00	0,07	5,74		1,748	1,748
2)	120,00	0,07	5,74		1,748	1,748
3)	180,00	0,07	5,74		1,748	1,748
4)	360,00	0,08	5,73		1,747	1,747
5)	480,00	0,08	5,73		1,747	1,746
6)	600,00	0,08	5,73		1,745	1,746
7)	960,00	0,09	5,72		1,743	1,744
8)	1200,00	0,09	5,72		1,743	1,743
9)	1500,00	0,10	5,71		1,742	1,741

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines Opinaca Ltée	Identification:	GT-07-05 (272,3-324,8m)
Analysis By:	MGosselin	Run Date:	2008-01-15

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	52,5	meters
Saturated Column Length:	52,5	meters
Water Table Depth:	2,21	meters
Aquifer Thickness:	52,5	meters
Line Fit Starting No.:	1	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	6	Max 6
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,000	

Hyd. Cond., K(h): 6,58E-09 m/sec



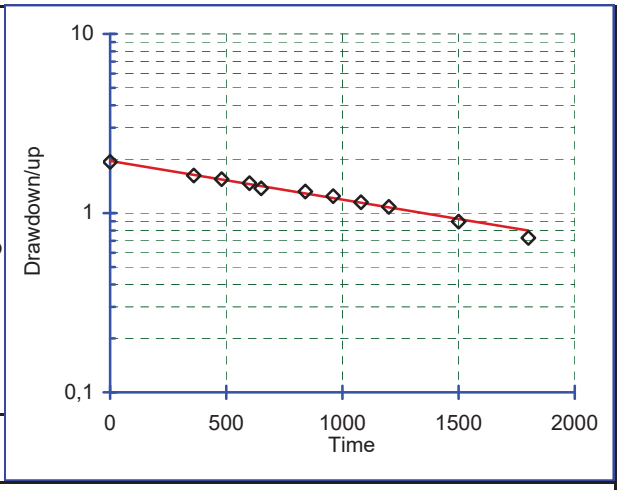
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	2,21		0,793	0,792
2)	600,00	0,19	2,02		0,704	0,710
3)	900,00	0,24	1,97		0,676	0,669
4)	1080,00	0,30	1,91		0,647	0,645
5)	1200,00	0,34	1,87		0,627	0,628
6)	1500,00	0,41	1,80		0,586	0,587

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines Opinaca Ltée	Identification:	GT-07-05 (323,3-378,8m)
Analysis By:	Mgosselin	Run Date:	2008-01-14

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	55,5	meters
Saturated Column Length:	55,5	meters
Water Table Depth:	1,93	meters
Aquifer Thickness:	55,5	meters
Line Fit Starting No.:	1	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	10	Max 11
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,004	

Hyd. Cond., K(h): 2,29E-08 m/sec



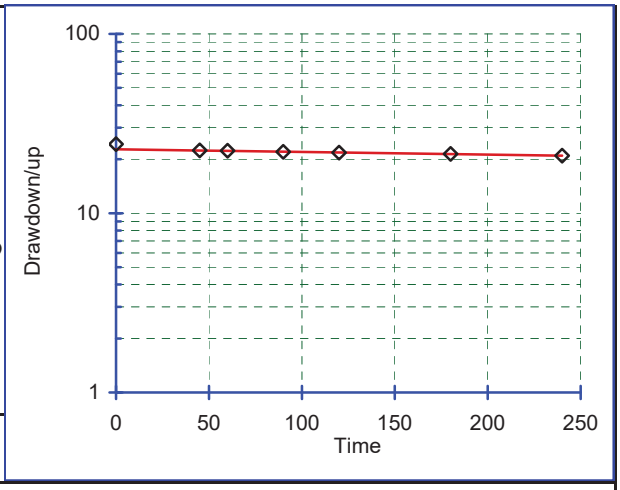
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	1,93		0,658	0,670
2)	360,00	0,31	1,62		0,482	0,491
3)	480,00	0,39	1,54		0,435	0,431
4)	600,00	0,46	1,47		0,385	0,371
5)	650,00	0,55	1,38		0,319	0,347
6)	840,00	0,61	1,32		0,277	0,252
7)	960,00	0,69	1,24		0,218	0,193
8)	1080,00	0,78	1,15		0,140	0,133
9)	1200,00	0,85	1,08		0,081	0,073
10)	1500,00	1,03	0,90		-0,109	-0,076
11)	1800,00	1,20	0,73		-0,319	-0,225

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	CM-07-1540 (8.3-11.3m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-28

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	3	meters
Saturated Column Length:	3	meters
Water Table Depth:	24,27	meters
Aquifer Thickness:	3	meters
Line Fit Starting No.:	2	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	7	Max 7
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,000	

Hyd. Cond., K(h): 1,56E-07 m/sec



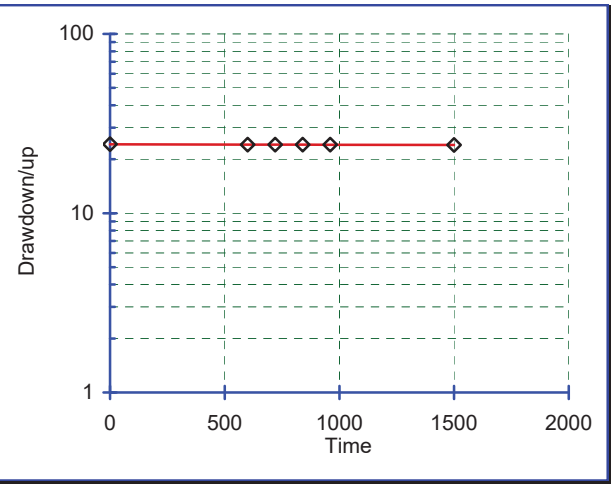
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	24,27		3,189	3,123
2)	45,00	1,85	22,42		3,110	3,108
3)	60,00	1,98	22,29		3,104	3,103
4)	90,00	2,30	21,97		3,090	3,093
5)	120,00	2,51	21,76		3,080	3,082
6)	180,00	2,88	21,39		3,063	3,062
7)	240,00	3,32	20,95		3,042	3,041

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	CM-07-1540 (14.3-20.3m
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-28

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	6	meters
Saturated Column Length:	6	meters
Water Table Depth:	24,27	meters
Aquifer Thickness:	6	meters
Line Fit Starting No.:	2	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	7	Max 6
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,000	

Hyd. Cond., K(h): 1,28E-09 m/sec



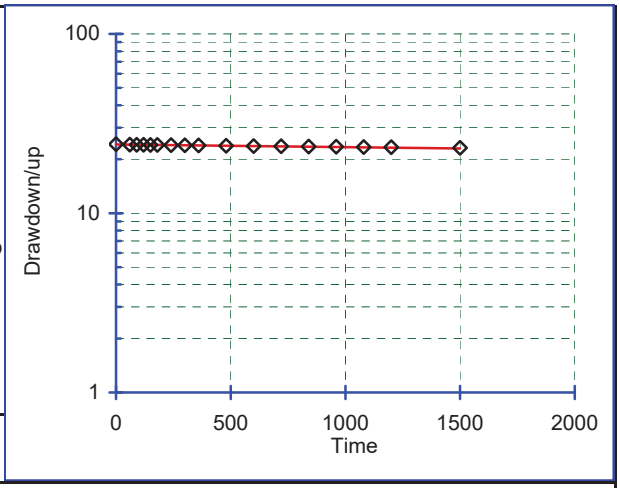
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	24,27		3,189	3,187
2)	600,00	0,13	24,14		3,184	3,184
3)	720,00	0,15	24,12		3,183	3,183
4)	840,00	0,16	24,11		3,183	3,183
5)	960,00	0,17	24,10		3,182	3,182
6)	1500,00	0,23	24,04		3,180	3,180

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	CM-07-1540 (26.3-32.3m
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-28

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	6	meters
Saturated Column Length:	6	meters
Water Table Depth:	24,27	meters
Aquifer Thickness:	6	meters
Line Fit Starting No.:	2	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	7	Max 17
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,000	

Hyd. Cond., K(h): 9,05E-09 m/sec



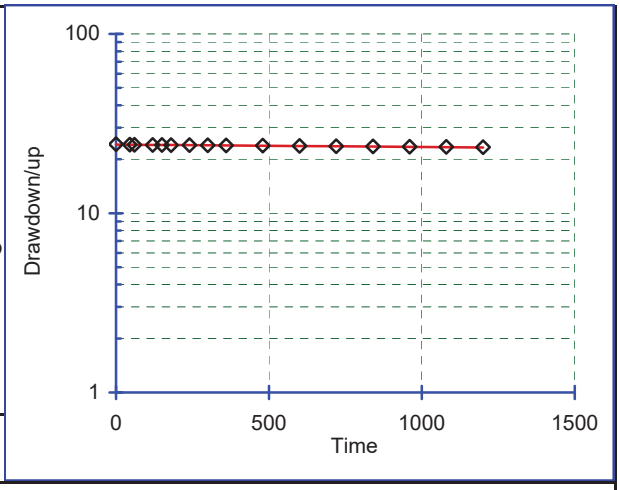
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	24,27		3,189	3,185
2)	60,00	0,16	24,11		3,183	3,183
3)	90,00	0,19	24,08		3,182	3,182
4)	120,00	0,21	24,06		3,181	3,181
5)	150,00	0,23	24,04		3,180	3,180
6)	180,00	0,26	24,01		3,179	3,179
7)	240,00	0,31	23,96		3,176	3,176
8)	300,00	0,36	23,91		3,174	3,174
9)	360,00	0,41	23,87		3,172	3,172
10)	480,00	0,48	23,79		3,169	3,168
11)	600,00	0,57	23,70		3,166	3,164
12)	720,00	0,65	23,62		3,162	3,160
13)	840,00	0,73	23,54		3,159	3,156
14)	960,00	0,80	23,47		3,156	3,152
15)	1080,00	0,87	23,40		3,153	3,148
16)	1200,00	0,95	23,32		3,149	3,144
17)	1500,00	1,13	23,14		3,142	3,134

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	CM-07-1540 (35.3-41.3m
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-28

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	6	meters
Saturated Column Length:	6	meters
Water Table Depth:	24,27	meters
Aquifer Thickness:	6	meters
Line Fit Starting No.:	2	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	7	Max 16
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,000	

Hyd. Cond., K(h): 8,18E-09 m/sec

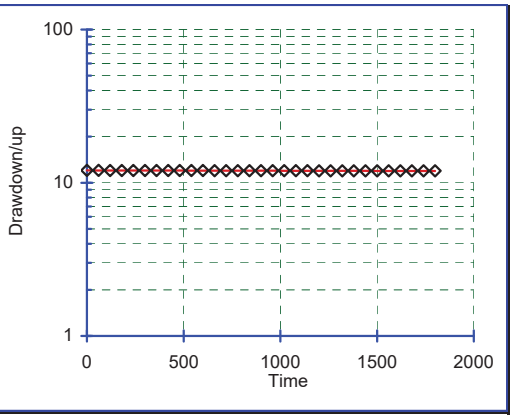


Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	24,27		3,189	3,184
2)	45,00	0,16	24,11		3,183	3,182
3)	60,00	0,19	24,08		3,182	3,182
4)	120,00	0,23	24,04		3,180	3,180
5)	150,00	0,24	24,03		3,179	3,179
6)	180,00	0,28	23,99		3,178	3,178
7)	240,00	0,31	23,96		3,176	3,176
8)	300,00	0,34	23,93		3,175	3,174
9)	360,00	0,39	23,88		3,173	3,173
10)	480,00	0,46	23,81		3,170	3,169
11)	600,00	0,54	23,73		3,167	3,165
12)	720,00	0,62	23,65		3,163	3,162
13)	840,00	0,70	23,57		3,160	3,158
14)	960,00	0,78	23,49		3,157	3,154
15)	1080,00	0,85	23,42		3,154	3,151
16)	1200,00	0,92	23,35		3,150	3,147

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	CM-07-1540 (50.3-56.3m
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-28

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	6	meters
Saturated Column Length:	6	meters
Water Table Depth:	25,34	meters
Aquifer Thickness:	6	meters
Line Fit Starting No.:	2	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	7	Max 31
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,000	



Hyd. Cond., K(h): 1,36E-09 m/sec

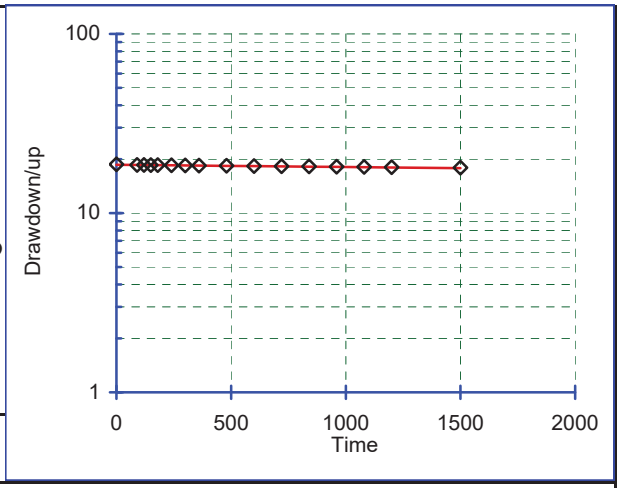
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	13,30	12,04		2,488	2,488
2)	60,00	13,30	12,04		2,488	2,488
3)	120,00	13,31	12,03		2,487	2,487
4)	180,00	13,31	12,03		2,487	2,487
5)	240,00	13,31	12,03		2,487	2,487
6)	300,00	13,33	12,01		2,486	2,486
7)	360,00	13,32	12,02		2,486	2,486
8)	420,00	13,32	12,02		2,486	2,486
9)	480,00	13,33	12,01		2,485	2,485
10)	540,00	13,33	12,01		2,485	2,485
11)	600,00	13,33	12,01		2,485	2,485
12)	660,00	13,34	12,00		2,485	2,485
13)	720,00	13,34	12,00		2,485	2,484
14)	780,00	13,34	12,00		2,485	2,484
15)	840,00	13,34	12,00		2,485	2,484
16)	900,00	13,34	12,00		2,485	2,483
17)	960,00	13,35	11,99		2,484	2,483
18)	1020,00	13,35	11,99		2,484	2,483
19)	1080,00	13,35	11,99		2,484	2,482
20)	1140,00	13,35	11,99		2,484	2,482
21)	1200,00	13,36	11,98		2,483	2,482
22)	1260,00	13,36	11,98		2,483	2,482
23)	1320,00	13,36	11,98		2,483	2,481
24)	1380,00	13,36	11,98		2,483	2,481
25)	1440,00	13,38	11,96		2,482	2,481
26)	1500,00	13,38	11,96		2,482	2,480
27)	1560,00	13,38	11,96		2,482	2,480
28)	1620,00	13,37	11,97		2,482	2,480
29)	1680,00	13,37	11,97		2,482	2,479
30)	1740,00	13,39	11,95		2,481	2,479
31)	1800,00	13,38	11,96		2,481	2,479

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	CM-07-1540 (62.3-68.3m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-26

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	6	meters
Saturated Column Length:	6	meters
Water Table Depth:	18,73	meters
Aquifer Thickness:	6	meters
Line Fit Starting No.:	2	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	7	Max 16
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,000	

Hyd. Cond., K(h): 7,83E-09 m/sec



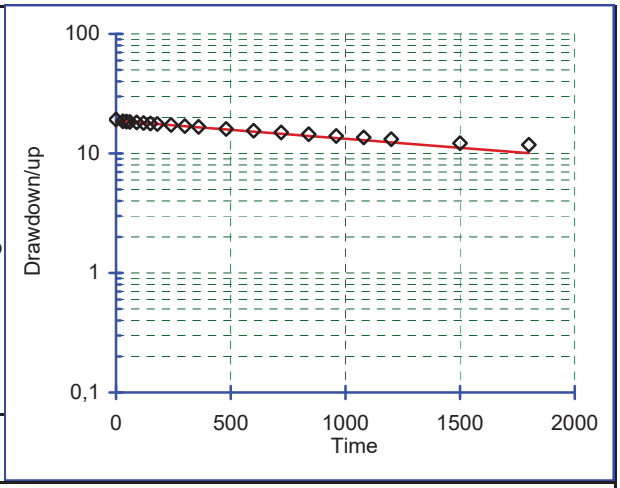
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	18,73		2,930	2,924
2)	90,00	0,16	18,57		2,921	2,921
3)	120,00	0,18	18,55		2,921	2,921
4)	150,00	0,19	18,54		2,920	2,920
5)	180,00	0,21	18,52		2,919	2,919
6)	240,00	0,24	18,49		2,917	2,917
7)	300,00	0,28	18,45		2,915	2,915
8)	360,00	0,30	18,43		2,914	2,914
9)	480,00	0,36	18,37		2,910	2,910
10)	600,00	0,42	18,31		2,907	2,907
11)	720,00	0,47	18,26		2,905	2,903
12)	840,00	0,52	18,21		2,902	2,900
13)	960,00	0,58	18,15		2,899	2,896
14)	1080,00	0,62	18,11		2,896	2,893
15)	1200,00	0,68	18,05		2,893	2,889
16)	1500,00	0,80	17,93		2,886	2,880

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	CM-07-1540 (74.3-80.3m
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-26

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	6	meters
Saturated Column Length:	6	meters
Water Table Depth:	19,25	meters
Aquifer Thickness:	6	meters
Line Fit Starting No.:	2	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	7	Max 20
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,000	

Hyd. Cond., K(h): 9,31E-08 m/sec



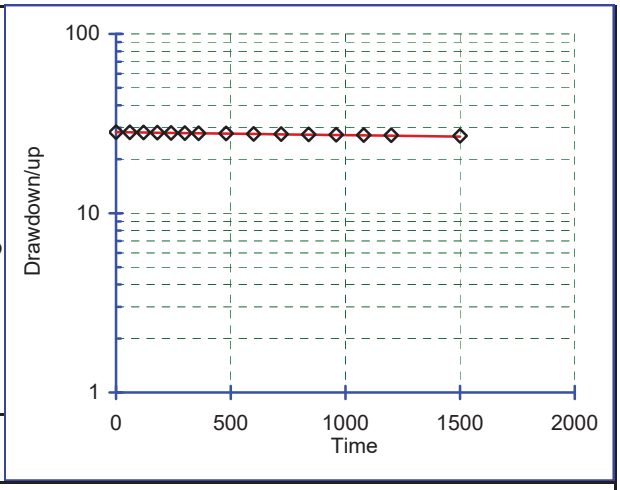
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	19,25		2,958	2,931
2)	30,00	0,69	18,56		2,921	2,921
3)	45,00	0,79	18,46		2,916	2,916
4)	60,00	0,88	18,37		2,911	2,911
5)	90,00	1,09	18,16		2,899	2,900
6)	120,00	1,26	17,99		2,890	2,890
7)	150,00	1,44	17,81		2,880	2,879
8)	180,00	1,61	17,64		2,870	2,869
9)	240,00	1,96	17,29		2,850	2,848
10)	300,00	2,28	16,97		2,831	2,827
11)	360,00	2,59	16,66		2,813	2,807
12)	480,00	3,22	16,03		2,775	2,765
13)	600,00	3,76	15,49		2,740	2,723
14)	720,00	4,28	14,97		2,706	2,682
15)	840,00	4,78	14,47		2,672	2,640
16)	960,00	5,24	14,01		2,640	2,598
17)	1080,00	5,65	13,60		2,610	2,557
18)	1200,00	6,08	13,17		2,578	2,515
19)	1500,00	7,09	12,16		2,498	2,411
20)	1800,00	7,44	11,81		2,469	2,307

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	CM-07-1540 (83.3-89.3m
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-26

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	6	meters
Saturated Column Length:	6	meters
Water Table Depth:	28,32	meters
Aquifer Thickness:	6	meters
Line Fit Starting No.:	2	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	7	Max 15
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,000	

Hyd. Cond., K(h): 1,02E-08 m/sec



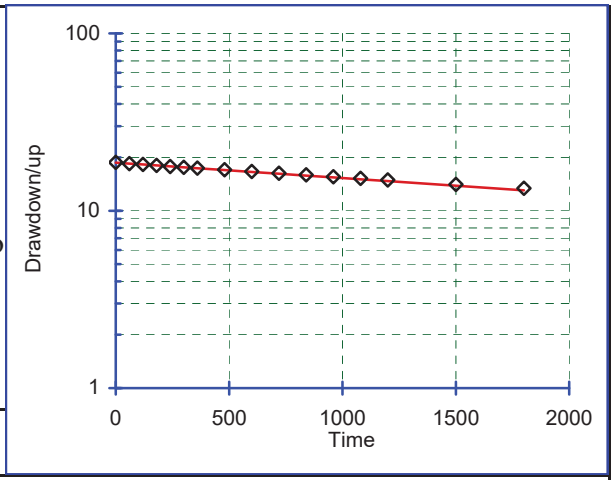
Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	28,32		3,344	3,343
2)	60,00	0,08	28,24		3,341	3,341
3)	120,00	0,15	28,17		3,338	3,338
4)	180,00	0,20	28,12		3,336	3,336
5)	240,00	0,28	28,04		3,334	3,334
6)	300,00	0,34	27,98		3,331	3,332
7)	360,00	0,40	27,92		3,329	3,329
8)	480,00	0,49	27,83		3,326	3,325
9)	600,00	0,62	27,70		3,321	3,320
10)	720,00	0,70	27,62		3,318	3,316
11)	840,00	0,81	27,51		3,315	3,311
12)	960,00	0,92	27,40		3,311	3,306
13)	1080,00	1,01	27,31		3,307	3,302
14)	1200,00	1,08	27,24		3,305	3,297
15)	1500,00	1,29	27,03		3,297	3,286

Bouwer & Rice Method for Calculating Hydraulic Conductivity

Project Name:	2007 Slug Test Program	Project No.:	07-1221-0028/2200
Client Name:	Les Mines OSISKO	Identification:	CM-07-1540 (101.3-124.3m)
Analysis By:	MOuangrawa	Run Date:	2008-01-26

Riser Pipe Diameter (effec.):	0,057	meters
Intake Diameter:	0,076	meters
Intake Length:	23	meters
Saturated Column Length:	23	meters
Water Table Depth:	18,73	meters
Aquifer Thickness:	23	meters
Line Fit Starting No.:	2	Min 1 to
Line Fit Ending No.:	7	Max 16
Specify Output Units:	4	1 to 9
Error of Fit:	0,000	

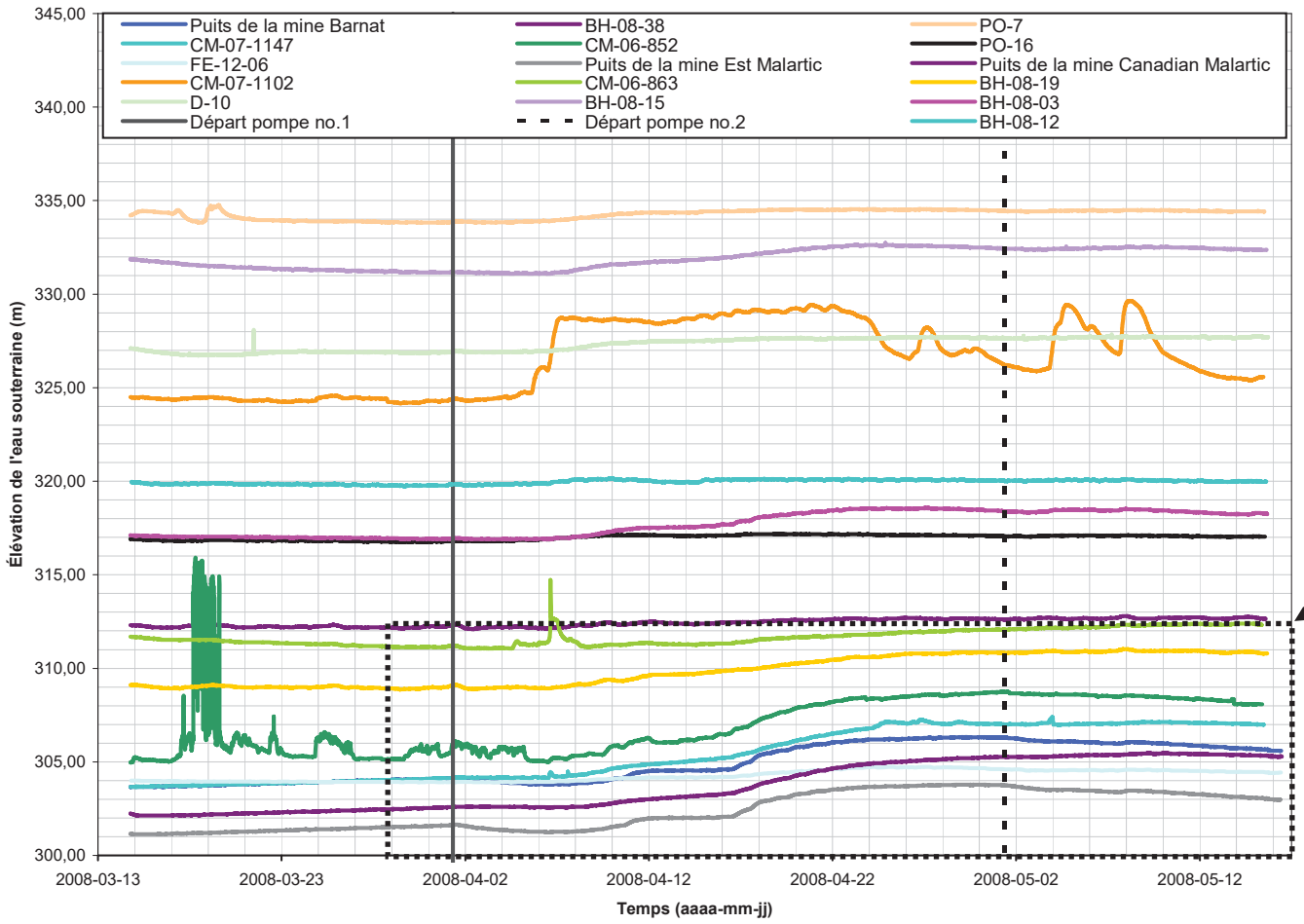
Hyd. Cond., K(h): 1,87E-08 m/sec



Meas. #	Time seconds	Field Meas. meters	Drawdown/up meters		Line Fit To LN(Yt)	Regression On LN(Yt)
1)	0,00	0,00	18,73		2,930	2,927
2)	60,00	0,28	18,45		2,915	2,915
3)	120,00	0,49	18,24		2,903	2,903
4)	180,00	0,70	18,03		2,892	2,891
5)	240,00	0,98	17,75		2,876	2,879
6)	300,00	1,14	17,59		2,867	2,867
7)	360,00	1,34	17,39		2,856	2,855
8)	480,00	1,70	17,03		2,835	2,831
9)	600,00	2,08	16,65		2,812	2,807
10)	720,00	2,46	16,27		2,789	2,783
11)	840,00	2,80	15,93		2,768	2,759
12)	960,00	3,18	15,55		2,744	2,735
13)	1080,00	3,49	15,24		2,724	2,711
14)	1200,00	3,82	14,91		2,702	2,687
15)	1500,00	4,65	14,08		2,645	2,627
16)	1800,00	5,35	13,38		2,594	2,567

ANNEXE B

DONNÉES BRUTES DE SUIVI DES NIVEAUX D'EAU DE MARS À MAI 2008

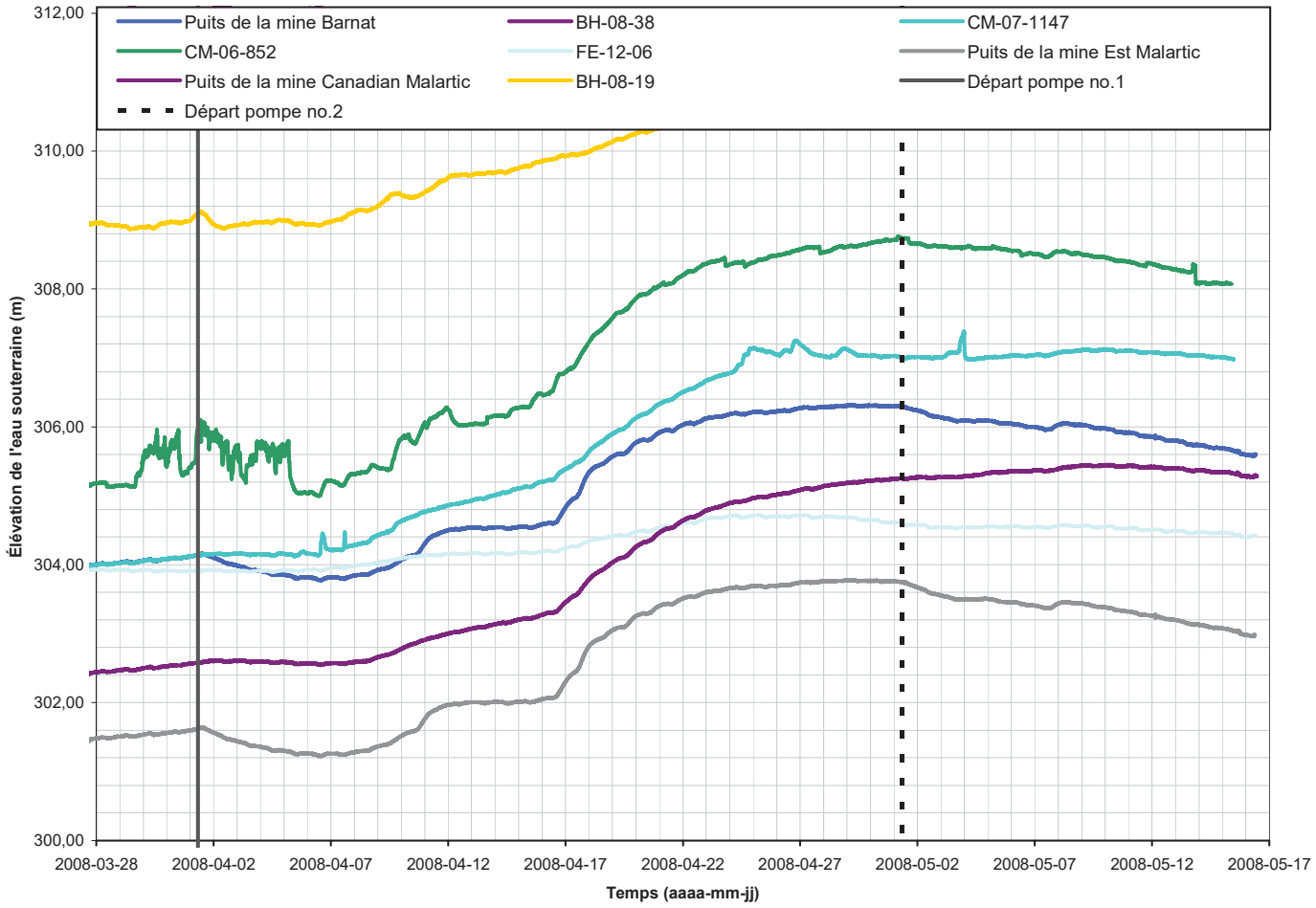


Agrandissement Figure B-2

CONFIDENTIEL

CLIENT: OSISKO		PROJET: ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES, OSISKO EXPLORATION, MALARTIC, QUÉBEC, CANADA	
DESSINÉ PAR: M.R.	DATE: 8 juillet 2008	TITRE: **Données brutes de suivi des niveaux d'eau de mars à mai 2008**	
VÉRIFIÉ PAR: A.B.	DATE: 8 juillet 2008		
ÉCHELLE: Not to scale	A4	PROJET No: 07-1221-0028	FIGURE No: B-1

I:\Figure Templates\Powerpoint\A4 landscape.ppt



CONFIDENTIEL

Golder Associés

CLIENT: OSISKO		PROJET: ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES, OSISKO EXPLORATION, MALARTIC, QUÉBEC, CANADA	
DESSINÉ PAR: M.R.	DATE: 8 juillet 2008	TITRE: **Données brutes de suivi des niveaux d'eau de mars à mai 2008**	
VÉRIFIÉ PAR: A.B.	DATE: 8 juillet 2008		
ÉCHELLE: Not to scale	**A4**	PROJET No: 07-1221-0028	FIGURE No: **B-2**

I:\Figure Templates\Powerpoint\A4 landscape.ppt

ANNEXE C

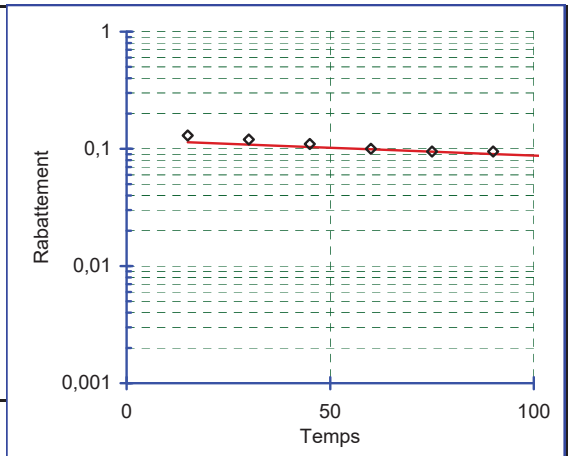
DONNÉES ET INTERPRÉTATION DE L'ESSAI DE PERMÉABILITÉ

Conductivité hydraulique calculée par la méthode de Bouwer & Rice

Projet :	Étude de faisabilité	No.de projet :	07-1221-0028
Client :	OSISKO	Puits :	BH08-03
Analysé par :	M.N. Riverin	Date de l'essai :	14-05-2008

Diamètre du tubage (effec.):	0,113	mètres
Diamètre de la lanterne :	0,2032	mètres
Longueur de la lanterne :	0,74	mètres
Épaisseur colonne saturée :	0,74	mètres
Niveau statique :	3,72	mètres
Épaisseur saturée aquifère :	3,13	mètres
No. ajust. début ligne :	9	Min 1 à
No. ajust. fin ligne:	25	Max 45
Unités de mesure résultat :	4	1 à 9
Erreur d'ajustement :	0,025	

Cond. hydraulique K(h): 7,40E-06 m/sec



No. mes.	Temps secondes	Niveau d'eau mètres	Rabattement mètres	Ajustement LN(Yt)	Régression LN(Yt)
1)	15,00	3,85	0,13	-2,040	-2,173
2)	30,00	3,84	0,12	-2,120	-2,220
3)	45,00	3,83	0,11	-2,207	-2,266
4)	60,00	3,82	0,10	-2,303	-2,312
5)	75,00	3,82	0,09	-2,354	-2,358
6)	90,00	3,82	0,09	-2,354	-2,404
7)	105,00	3,81	0,09	-2,408	-2,450
8)	120,00	3,80	0,08	-2,526	-2,496
9)	135,00	3,80	0,08	-2,526	-2,542
10)	150,00	3,80	0,07	-2,590	-2,588
11)	165,00	3,80	0,07	-2,590	-2,634
12)	180,00	3,79	0,07	-2,659	-2,680
13)	195,00	3,79	0,06	-2,733	-2,727
14)	210,00	3,78	0,06	-2,813	-2,773
15)	225,00	3,78	0,06	-2,813	-2,819
16)	240,00	3,78	0,06	-2,813	-2,865
17)	255,00	3,77	0,05	-2,996	-2,911
18)	270,00	3,77	0,05	-2,996	-2,957
19)	285,00	3,77	0,05	-2,996	-3,003
20)	300,00	3,77	0,04	-3,101	-3,049
21)	315,00	3,77	0,04	-3,101	-3,095
22)	330,00	3,77	0,04	-3,101	-3,141
23)	345,00	3,76	0,04	-3,219	-3,188
24)	360,00	3,76	0,04	-3,219	-3,234
25)	375,00	3,76	0,04	-3,219	-3,280
26)	390,00	3,75	0,03	-3,507	-3,326

27)	405,00	3,75	0,03	-3,507	-3,372
28)	420,00	3,75	0,03	-3,507	-3,418
29)	435,00	3,75	0,03	-3,507	-3,464
30)	450,00	3,75	0,03	-3,507	-3,510
31)	465,00	3,74	0,02	-3,912	-3,556
32)	480,00	3,74	0,02	-3,912	-3,602
33)	495,00	3,74	0,02	-3,912	-3,648
34)	510,00	3,74	0,02	-3,912	-3,695
35)	525,00	3,74	0,01	-4,200	-3,741
36)	540,00	3,74	0,01	-4,200	-3,787
37)	555,00	3,73	0,01	-4,605	-3,833
38)	570,00	3,73	0,01	-4,605	-3,879
39)	585,00	3,73	0,01	-4,605	-3,925
40)	600,00	3,73	0,01	-4,605	-3,971
41)	660,00	3,73	0,00	-5,298	-4,156
42)	720,00	3,73	0,00	-5,298	-4,340
43)	780,00	3,71	0,01	-4,605	-4,524
44)	840,00	3,71	0,01	-4,605	-4,709
45)	900,00	3,71	0,01	-4,605	-4,893

ANNEXE D

CERTIFICATS D'ANALYSES CHIMIQUES

Votre # du projet: 07-1221-0028-2400
Chantier: OSISKO
Votre # Bordereau: E400495

Attention: Carl Pednault
GOLDER ASSOCIÉS LTEE.
Montreal
9200, boul. l'Acadie
bureau 10
Montréal, PQ
Canada H4N 2T2

Date du rapport: 2008/04/28

CERTIFICAT D'ANALYSES

 # DE DOSSIER MAXXAM: A814671
Reçu: 2008/04/22, 11:00

Matrice: EAU SOUTERRAINE
Nombre d'échantillons reçus: 2

Analyses	Quantité	Date de l' extraction	Date Analysé	Méthodedelaboratoire	Méthoded'analyse
Alcalinité totale (pH final 4.5)	1	2008/04/22	2008/04/23	STL SOP-00038/5	Titrimétrique
Anions	1	2008/04/25	2008/04/25	STL SOP-00014/5	Chrom.Ionique
HydrocarburesPétroliers(C10-C50)	1	2008/04/25	2008/04/25	STL SOP-00151/8	GC/FID
Cyanureslibres	1	2008/04/22	2008/04/28	STL SOP-00035/2	Colorimetrie
Cyanurestotaux	1	2008/04/22	2008/04/23	STL SOP-00035/2	Colorimetrie
Conductivité	1	2008/04/22	2008/04/22	STL SOP-00038/5; STL SOP-00012/2	Conductivité
Frais de gestion	1	N/A	2008/04/22		
Dureté	1	2008/04/25	2008/04/25	STL SOP-00006/6	ICP
Mercure par vapeur froide AA	1	2008/04/22	2008/04/23	STL SOP-00042/6	AA vapeur froide
Matieres en suspension	1	2008/04/22	2008/04/22	STL SOP-00015/3	Gravimétrie
Métaux par ICPMS	1	2008/04/25	2008/04/25	STL SOP-00006/6	ICPMS
Azoteammoniacal	1	2008/04/22	2008/04/22	STL SOP-00040/3	Colorimetrie
pH	1	2008/04/22	2008/04/22	STL SOP-00016/3; STL SOP-00038/4,	pHmètre

clé de cryptage Leila Sabouri 28 Apr 2008 16:49:14 -04:00

Veuillez adresser toute question concernant ce certificat d'analyse à votre chargé(e) de projets

LEILA SABOURI, B. Sc., Biochimiste, Chargée de projets
Emailleila.sabouri@maxxamanalytics.com
Phone#(514)448-9001 Ext:227

==========

Maxxam a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation malsaine de la signature électronique et emploi les signataires requis selon la section 5.10.2 du guide ISO/IEC 17025:2005(E). Le CCN et l' ACLAE ont tous deux approuvé cette façon de rapporter les résultats ainsi que ce format électronique de rapport.

Veuillez vous référer à la page des signatures de validation pour le détail des validations par département.

889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tél. : (514) 448-9001 Télécopieur : (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-4MAXXAM (462-9926)

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced, except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

Dossier Maxxam: A814671
Date du rapport: 2008/04/28

GOLDER ASSOCIÉS LTEE.
Votre # du projet: 07-1221-0028-2400
Nom de projet: OSISKO
Initiales du préleveur: CP

HYDROCARBURES PAR GCFID (EAU SOUTERRAINE)

IDMaxxam		E39917		
Date d'échantillonnage		2008/04/18		
#Bordereau		E400495		
	Unités	**SHAFT 18-04-08**	**LDR**	**Lot CQ**
HYDRO. PÉTROLIERS TOTAUX				
Hydrocarbures Pétroliers (C10-C50)	ug/L	ND	100	506435
Récupération des Surrogates (%)				
1-Chlorooctadécane	%	101	N/A	506435

ND = Non détecté
N/A = Non applicable
LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité

889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tél. : (514) 448-9001 Télécopieur : (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-4MAXXAM (462-9926)
Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced, except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

Dossier Maxxam: A814671
Date du rapport: 2008/04/28

GOLDER ASSOCIÉS LTEE.
Votre # du projet: 07-1221-0028-2400
Nom de projet: OSISKO
Initiales du préleveur: CP

MÉTAUX(EAUSOUTERRAINE)

IDMaxxam		E39917	E39943		
Date d'échantillonnage		2008/04/18	2008/04/21		
#Bordereau		E400495	E400495		
	Unités	**SHAFT 18-04-08**	**SHAFT 18-04-08**	**LDR**	**Lot CQ**
MÉTAUX					
Mercure (Hg)	ug/L	N/A	ND	0.1	505562
Aluminium (Al)	ug/L	N/A	ND	30	506737
Calcium (Ca)	ug/L	180000	N/A	1000	506679
Antimoine (Sb)	ug/L	N/A	12	6	506737
Magnésium (Mg)	ug/L	58000	N/A	1000	506679
Argent (Ag)	ug/L	N/A	ND	0.3	506737
Dureté totale (CaCO3)	ug/L	700000	N/A	1000	506679
Arsenic (As)	ug/L	N/A	ND	2	506737
Baryum (Ba)	ug/L	N/A	41	30	506737
Cadmium (Cd)	ug/L	N/A	ND	1	506737
Chrome (Cr)	ug/L	N/A	ND	30	506737
Cobalt (Co)	ug/L	N/A	ND	30	506737
Cuivre (Cu)	ug/L	N/A	3	3	506737
Plomb (Pb)	ug/L	N/A	ND	1	506737
Manganèse (Mn)	ug/L	N/A	1700	3	506737
Molybdène (Mo)	ug/L	N/A	ND	30	506737
Nickel (Ni)	ug/L	N/A	21	10	506737
Sélénium (Se)	ug/L	N/A	ND	1	506737
Sodium (Na)	ug/L	N/A	23000	30	506737
Zinc (Zn)	ug/L	N/A	35	3	506737
Bore (B)	ug/L	N/A	66	50	506737
Fer (Fe)	ug/L	N/A	ND	100	506737
Potassium (K)	ug/L	N/A	29000	100	506737

ND = Non détecté
N/A = Non applicable
LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité

889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tél. : (514) 448-9001 Télécopieur : (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-4MAXXAM (462-9926)
Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced, except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

Dossier Maxxam: A814671
Date du rapport: 2008/04/28

GOLDER ASSOCIÉS LTEE.
Votre # du projet: 07-1221-0028-2400
Nom de projet: OSISKO
Initiales du préleveur: CP

PARAMÈTRESCONVENTIONNELS(EAUSOUTERRAINE)

IDMaxxam		E39917	E39943		
Date d'échantillonnage		2008/04/18	2008/04/21		
#Bordereau		E400495	E400495		
	Unités	**SHAFT 18-04-08**	**SHAFT 18-04-08**	**LDR**	**Lot CQ**
CONVENTIONNELS					
Azote ammoniacal (N-NH3)	mg/L	0.36	N/A	0.02	505579
Conductivité	mmhos/cm	1.4	N/A	0.001	505568
Cyanures Libres (CN-)	mg/L	ND	N/A	0.01	505558
CyanuresTotaux	mg/L	ND	N/A	0.01	505557
pH	pH	N/A	6.8	N/A	505654
Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	mg/L	260	N/A	2	505496
Bicarbonates (HCO3 comme CaCO3)	mg/L	260	N/A	2	505496
Carbonate (CO3 comme CaCO3)	mg/L	ND	N/A	2	505496
Chlorures (Cl)	mg/L	24	N/A	0.3	506742
Nitrate(N) et Nitrite(N)	mg/L	ND	N/A	0.02	506742
Sulfates (SO4)	mg/L	420	N/A	2	506742
Matières en suspension (MES)	mg/L	5	N/A	2	505578

ND = Non détecté
N/A = Non applicable
LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité

889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tél. : (514) 448-9001 Télécopieur : (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-4MAXXAM (462-9926)
Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced, except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

Dossier Maxxam: A814671
Date du rapport: 2008/04/28

GOLDER ASSOCIÉS LTEE.
Votre # du projet: 07-1221-0028-2400
Nom de projet: OSISKO
Initiales du préleveur: CP

REMARQUES GÉNÉRALES

État des échantillons à l'arrivée: BON excepté pour
Dureté: Arrivé sans préservatif, préservé à l'arrivée au laboratoire.: E39917

HYDROCARBURES PAR GCFID (EAU SOUTERRAINE)

Veuillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés pour la récupération des échantillons de contrôle de qualité (spike et surrogates). Veuillez noter que les résultats ont été corrigés pour le blanc de méthode.

MÉTAUX (EAU SOUTERRAINE)

Veuillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés pour la récupération des échantillons de contrôle de qualité. Veuillez noter que les résultats ont été corrigés pour le blanc.

L'échantillon E39943 a été filtré en laboratoire avant l'analyse des métaux. Ces résultats correspondent à des métaux dissous.

PARAMÈTRES CONVENTIONNELS (EAU SOUTERRAINE)

Veuillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés pour la récupération des échantillons de contrôle de qualité. Veuillez noter que les résultats ont été corrigés pour le blanc.
Les limites de détections indiquées sont multipliées par les facteurs de dilution utilisés pour l'analyse des échantillons.

Les résultats s'appliquent seulement pour les paramètres analysés.

889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tél. : (514) 448-9001 Télécopieur : (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-4MAXXAM (462-9926)
Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced, except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

GOLDER ASSOCIÉS LTEE.
Attention: Carl Pednault
Votre # du projet: 07-1221-0028-2400
P.O. #:
Nom de projet: OSISKO

Rapport Assurance Qualité

DossierMaxxam:A814671

Lot AQ/CQ Num Init	Type CQ	Paramètre	Date Analysé aaaa/mm/jj	Valeur	Réc	Unités
505496 FS	ÉTALON CQ	Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	2008/04/23		111	%
	SPIKE	Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	2008/04/23		94	%
	BLANC DE MÉTHODE	Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	2008/04/23	ND, LDR=2		mg/L
		Bicarbonates (HCO3 comme CaCO3)	2008/04/23	ND, LDR=2		mg/L
		Carbonate (CO3 comme CaCO3)	2008/04/23	ND, LDR=2		mg/L
505557 MR4	ÉTALON CQ	CyanuresTotaux	2008/04/23		83	%
	SPIKE	CyanuresTotaux	2008/04/23		100	%
	BLANC DE MÉTHODE	CyanuresTotaux	2008/04/23	ND, LDR=0.01		mg/L
505558 JS2	ÉTALON CQ	Cyanures Libres (CN-)	2008/04/28		95	%
	SPIKE	Cyanures Libres (CN-)	2008/04/28		99	%
	BLANC DE MÉTHODE	Cyanures Libres (CN-)	2008/04/28	ND, LDR=0.01		mg/L
505562 DB2	SPIKE	Mercure (Hg)	2008/04/23		104	%
	BLANC DE MÉTHODE	Mercure (Hg)	2008/04/23	ND, LDR=0.0001		mg/L
505568 CN1	ÉTALON CQ	Conductivité	2008/04/22		101	%
	BLANC DE MÉTHODE	Conductivité	2008/04/22	0.002, LDR=0.001		mmhos/cm
505578 HM1	SPIKE	Matières en suspension (MES)	2008/04/22		93	%
	SPIKE DUP	Matières en suspension (MES)	2008/04/22		98	%
	BLANC DE MÉTHODE	Matières en suspension (MES)	2008/04/22	ND, LDR=2		mg/L
505579 JS2	ÉTALON CQ	Azote ammoniacal (N-NH3)	2008/04/22		89	%
	SPIKE	Azote ammoniacal (N-NH3)	2008/04/22		97	%
	BLANC DE MÉTHODE	Azote ammoniacal (N-NH3)	2008/04/22	ND, LDR=0.02		mg/L
505654 CN1	ÉTALON CQ	pH	2008/04/22		100	%
	SPIKE	pH	2008/04/22		100	%
506435 YW	SPIKE	1-Chlorooctadécane	2008/04/25		102	%
	SPIKE DUP	1-Chlorooctadécane	2008/04/25		107	%
		1-Chlorooctadécane	2008/04/25		85	%
	SPIKE	Hydrocarbures Pétroliers (C10-C50)	2008/04/25		79	%
	SPIKE DUP	Hydrocarbures Pétroliers (C10-C50)	2008/04/25		92	%
		Hydrocarbures Pétroliers (C10-C50)	2008/04/25		66	%
	BLANC DE MÉTHODE	1-Chlorooctadécane	2008/04/25		95	%
		Hydrocarbures Pétroliers (C10-C50)	2008/04/25	ND, LDR=100		ug/L
506679 MCL	BLANC DE MÉTHODE	Calcium (Ca)	2008/04/25	ND, LDR=1		mg/L
		Magnésium (Mg)	2008/04/25	ND, LDR=1		mg/L
		Dureté totale (CaCO3)	2008/04/25	ND, LDR=1		mg/L
506737 MCL	SPIKE	Aluminium (Al)	2008/04/25		95	%
		Antimoine (Sb)	2008/04/25		146	%
		Argent (Ag)	2008/04/25		88	%
		Arsenic (As)	2008/04/25		108	%
		Baryum (Ba)	2008/04/25		109	%
		Cadmium (Cd)	2008/04/25		105	%
		Chrome (Cr)	2008/04/25		96	%
		Cobalt (Co)	2008/04/25		99	%
		Cuivre (Cu)	2008/04/25		104	%
		Plomb (Pb)	2008/04/25		107	%
		Manganèse (Mn)	2008/04/25		103	%
		Molybdène (Mo)	2008/04/25		117	%
		Nickel (Ni)	2008/04/25		102	%

889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tél. : (514) 448-9001 Télécopieur : (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-4MAXXAM (462-9926)

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced, except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

GOLDER ASSOCIÉS LTEE.
Attention: Carl Pednault
Votre # du projet: 07-1221-0028-2400
P.O. #:
Nom de projet: OSISKO

Rapport Assurance Qualité (Suite)

DossierMaxxam:A814671

Lot AQ/CQ Num Init	Type CQ	Paramètre	Date Analysé aaaa/mm/jj	Valeur	Réc	Unités
506737 MCL	SPIKE	Sélénium(Se)	2008/04/25		113	%
		Sodium(Na)	2008/04/25		98	%
		Zinc (Zn)	2008/04/25		104	%
		Bore (B)	2008/04/25		102	%
		Fer (Fe)	2008/04/25		102	%
		Potassium (K)	2008/04/25		103	%
	BLANC DE MÉTHODE	Aluminium (Al)	2008/04/25	ND, LDR=0.03		mg/L
		Antimoine(Sb)	2008/04/25	0.008, LDR=0.006		mg/L
		Argent (Ag)	2008/04/25	ND, LDR=0.0003		mg/L
		Arsenic (As)	2008/04/25	ND, LDR=0.002		mg/L
		Baryum (Ba)	2008/04/25	ND, LDR=0.03		mg/L
		Cadmium (Cd)	2008/04/25	ND, LDR=0.001		mg/L
		Chrome (Cr)	2008/04/25	ND, LDR=0.03		mg/L
		Cobalt (Co)	2008/04/25	ND, LDR=0.03		mg/L
		Cuivre (Cu)	2008/04/25	ND, LDR=0.003		mg/L
		Plomb (Pb)	2008/04/25	ND, LDR=0.001		mg/L
		Manganèse(Mn)	2008/04/25	ND, LDR=0.003		mg/L
		Molybdène(Mo)	2008/04/25	ND, LDR=0.03		mg/L
		Nickel (Ni)	2008/04/25	ND, LDR=0.01		mg/L
		Sélénium(Se)	2008/04/25	0.006, LDR=0.001		mg/L
		Sodium(Na)	2008/04/25	ND, LDR=0.03		mg/L
		Zinc (Zn)	2008/04/25	ND, LDR=0.003		mg/L
		Bore (B)	2008/04/25	ND, LDR=0.05		mg/L
		Fer (Fe)	2008/04/25	ND, LDR=0.1		mg/L
		Potassium (K)	2008/04/25	ND, LDR=0.1		mg/L
506742 JS2	SPIKE	Chlorures (Cl)	2008/04/25		90	%
		Nitrate(N) et Nitrite(N)	2008/04/25		93	%
		Sulfates (SO4)	2008/04/25		90	%
	BLANC DE MÉTHODE	Chlorures (Cl)	2008/04/25	ND, LDR=0.05		mg/L
		Nitrate(N) et Nitrite(N)	2008/04/25	ND, LDR=0.02		mg/L
		Sulfates (SO4)	2008/04/25	ND, LDR=0.1		mg/L

ND = Non détecté
LDR = Limite de détection rapportée
Étalon CQ = Étalon Contrôle Qualité
SPIKE = Blanc fortifié
Réc = Récupération

889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tél. : (514) 448-9001 Télécopieur : (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-4MAXXAM (462-9926)

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced, except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

Page des signatures de validation

Dossier Maxxam: A814671

Les résultats analytiques ainsi que les données de contrôle-qualité contenus dans ce rapport furent vérifiés et validés par les personnes suivantes:

DELIA BARBUL, B.Sc., chimiste, Analyste 2

MARIE-CLAUDE LAUZIER, B.Sc., chimiste, Analyste 2

MICHEL POULIN, B.Sc., Chimiste, Analyste 2

STELIANA CALESTRU, B.Sc. chimiste, Analyste 2

Maxxam a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation malsaine de la signature électronique et emploi les signataires requis selon la section 5.10.2 du guide ISO/IEC 17025:2005(E). Le CCN et l' ACLAE ont tous deux approuvé cette façon de rapporter les résultats ainsi que ce format électronique de rapport.

889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tél. : (514) 448-9001 Télécopieur : (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-4MAXXAM (462-9926)
Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced, except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

Votre # du projet: 07-1221-0028-2400
Chantier: OSISKO
Votre # Bordereau: E721115

Attention: Carl Pednault
GOLDER ASSOCIÉS LTEE.
Montreal
9200, boul. l'Acadie
bureau 10
Montréal, PQ
Canada H4N 2T2

Date du rapport: 2008/07/11

CERTIFICAT D'ANALYSES

 # DE DOSSIER MAXXAM: A827433
Reçu: 2008/07/04, 11:30

Matrice: EAU SOUTERRAINE
Nombre d'échantillons reçus: 1

Analyses	Quantité	Date de l' extraction	Date Analysé	Méthode de laboratoire	Méthode d'analyse
Alcalinité totale (pH final 4.5)	1	2008/07/10	2008/07/11	STL SOP-00038/5	Titrimétrique
Anions	1	2008/07/09	2008/07/09	STL SOP-00014/5	Chrom. Ionique
Hydrocarbures Pétroliers (C10-C50)	1	2008/07/07	2008/07/08	STL SOP-00151/11	GC/FID
Cyanures libres	1	2008/07/08	2008/07/09	STL SOP-00035/2	Colorimetrie
Cyanures totaux	1	2008/07/04	2008/07/04	STL SOP-00035/2	Colorimetrie
Conductivité	1	2008/07/09	2008/07/10	STL SOP-00038/5; STL SOP-00012/2	Conductivité
Frais de gestion	1	N/A	2008/07/04		
Dureté	1	2008/07/09	2008/07/10	STL SOP-00006/7	ICP
Mercure par vapeur froide AA	1	2008/07/09	2008/07/09	STL SOP-00042/6	AA vapeur froide
Matieres en suspension	1	2008/07/08	2008/07/09	STL SOP-00015/3	Gravimétrie
Métaux par ICPMS	1	2008/07/09	2008/07/10	STL SOP-00006/7	ICPMS
Azote ammoniacal	1	2008/07/07	2008/07/07	STL SOP-00040/3	Colorimetrie
pH	1	2008/07/04	2008/07/04	STL SOP-00016/5; STL SOP-00038/5,	pH mètre

clé de cryptage

Veuillez adresser toute question concernant ce certificat d'analyse à votre chargé(e) de projets

LEILA SABOURI, B. Sc., Biochimiste, Chargée de projets
Email: leila.sabouri@maxxamanalytics.com
Phone# (514) 448-9001 Ext:227

==========

Maxxam a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation malsaine de la signature électronique et emploi les signataires requis selon la section 5.10.2 du guide ISO/IEC 17025:2005(E). Le CCN et l' ACLAE ont tous deux approuvé cette façon de rapporter les résultats ainsi que ce format électronique de rapport.

Veuillez vous référer à la page des signatures de validation pour le détail des validations par département.

889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tél. : (514) 448-9001 Télécopieur : (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-4MAXXAM (462-9926)

Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced, except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

Dossier Maxxam: A827433
Date du rapport: 2008/07/11

GOLDER ASSOCIÉS LTEE.
Votre # du projet: 07-1221-0028-2400
Nom de projet: OSISKO

HYDROCARBURES PAR GCFID (EAU SOUTERRAINE)

ID Maxxam		F01928		
Date d'échantillonnage		2008/07/03		
# Bordereau		E721115		
	Unités	**SHAFT-EM-2008-07-03**	**LDR**	**Lot CQ**
HYDRO. PÉTROLIERS TOTAUX				
Hydrocarbures Pétroliers (C10-C50)	ug/L	ND	100	527329
Récupération des Surrogates (%)				
1-Chlorooctadécane	%	65	N/A	527329

ND = Non détecté
N/A = Non applicable
LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité

889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tél. : (514) 448-9001 Télécopieur : (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-4MAXXAM (462-9926)
Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced, except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

Dossier Maxxam: A827433
Date du rapport: 2008/07/11

GOLDER ASSOCIÉS LTEE.
Votre # du projet: 07-1221-0028-2400
Nom de projet: OSISKO

MÉTAUX (EAU SOUTERRAINE)

ID Maxxam		F01928		
Date d'échantillonnage		2008/07/03		
# Bordereau		E721115		
	Unités	**SHAFT-EM-2008-07-03**	**LDR**	**Lot CQ**
MÉTAUX				
Mercure (Hg)	ug/L	ND	0.1	528145
Aluminium (Al)	ug/L	ND	30	528087
Calcium (Ca)	ug/L	190000	1000	528089
Antimoine (Sb)	ug/L	ND	6	528087
Magnésium (Mg)	ug/L	61000	1000	528089
Argent (Ag)	ug/L	ND	0.3	528087
Dureté totale (CaCO3)	ug/L	730000	1000	528089
Arsenic (As)	ug/L	ND	2	528087
Baryum (Ba)	ug/L	51	30	528087
Cadmium (Cd)	ug/L	ND	1	528087
Chrome (Cr)	ug/L	ND	30	528087
Cobalt (Co)	ug/L	ND	30	528087
Cuivre (Cu)	ug/L	ND	3	528087
Plomb (Pb)	ug/L	ND	1	528087
Manganèse (Mn)	ug/L	2000	3	528087
Molybdène (Mo)	ug/L	ND	30	528087
Nickel (Ni)	ug/L	35	10	528087
Sélénium (Se)	ug/L	ND	1	528087
Sodium (Na)	ug/L	33000	30	528087
Zinc (Zn)	ug/L	ND	3	528087
Bore (B)	ug/L	94	50	528087
Fer (Fe)	ug/L	1000	100	528087
Potassium (K)	ug/L	35000	100	528087

ND = Non détecté
LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité

889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tél. : (514) 448-9001 Télécopieur : (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-4MAXXAM (462-9926)
Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced, except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

Dossier Maxxam: A827433
Date du rapport: 2008/07/11

GOLDER ASSOCIÉS LTEE.
Votre # du projet: 07-1221-0028-2400
Nom de projet: OSISKO

PARAMÈTRES CONVENTIONNELS (EAU SOUTERRAINE)

ID Maxxam		F01928		
Date d'échantillonnage		2008/07/03		
# Bordereau		E721115		
	Unités	**SHAFT-EM-2008-07-03**	**LDR**	**Lot CQ**
CONVENTIONNELS				
Azote ammoniacal (N-NH3)	mg/L	0.51	0.02	527379
Conductivité	mmhos/cm	1.5	0.001	528446
Cyanures Libres (CN-)	mg/L	ND	0.01	527897
Cyanures Totaux	mg/L	ND	0.01	527016
pH	pH	9.3	N/A	527040
Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	mg/L	260	2	528686
Bicarbonates (HCO3 comme CaCO3)	mg/L	260	2	528686
Carbonate (CO3 comme CaCO3)	mg/L	ND	2	528686
Chlorures (Cl)	mg/L	27	0.5	528170
Nitrate(N) et Nitrite(N)	mg/L	ND	0.02	528170
Sulfates (SO4)	mg/L	440	2	528170
Matières en suspension (MES)	mg/L	6	2	527767

ND = Non détecté
LDR = Limite de détection rapportée
Lot CQ = Lot contrôle qualité

889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tél. : (514) 448-9001 Télécopieur : (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-4MAXXAM (462-9926)
Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced, except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

Dossier Maxxam: A827433
Date du rapport: 2008/07/11

GOLDER ASSOCIÉS LTEE.
Votre # du projet: 07-1221-0028-2400
Nom de projet: OSISKO

REMARQUES GÉNÉRALES

État des échantillons à l'arrivée: BON

HYDROCARBURES PAR GCFID (EAU SOUTERRAINE)

Veuillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés pour la récupération des échantillons de contrôle de qualité (spike et surrogates). Veuillez noter que les résultats ont été corrigés pour le blanc de méthode.

MÉTAUX (EAU SOUTERRAINE)

Veuillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés pour la récupération des échantillons de contrôle de qualité. Veuillez noter que les résultats ont été corrigés pour le blanc.

L'échantillon F01928 a été filtré en laboratoire avant l'analyse des métaux. Ces résultats correspondent à des métaux dissous.

PARAMÈTRES CONVENTIONNELS (EAU SOUTERRAINE)

Veuillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés pour la récupération des échantillons de contrôle de qualité. Veuillez noter que les résultats ont été corrigés pour le blanc.
Les limites de détections indiquées sont multipliées par les facteurs de dilution utilisés pour l'analyse des échantillons.

Les résultats s'appliquent seulement pour les paramètres analysés.

889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tél. : (514) 448-9001 Télécopieur : (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-4MAXXAM (462-9926)
Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced, except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

GOLDER ASSOCIÉS LTEE.
Attention: Carl Pednault
Votre # du projet: 07-1221-0028-2400
P.O. #:
Nom de projet: OSISKO

Rapport Assurance Qualité

Dossier Maxxam: A827433

Lot AQ/CQ Num Init	Type CQ	Paramètre	Date Analysé aaaa/mm/jj	Valeur	Réc	Unités
527016 JS2	ÉTALON CQ	Cyanures Totaux	2008/07/04		96	%
	SPIKE	Cyanures Totaux	2008/07/04		95	%
	BLANC DE MÉTHODE	Cyanures Totaux	2008/07/04	ND, LDR=0.01		mg/L
527040 CN1	Calibration Check	pH	2008/07/04		100	%
	ÉTALON CQ	pH	2008/07/04		100	%
	SPIKE	pH	2008/07/04		100	%
527329 MST	SPIKE	1-Chlorooctadécane	2008/07/08		98	%
	SPIKE DUP	1-Chlorooctadécane	2008/07/08		60	%
		1-Chlorooctadécane	2008/07/08		84	%
		1-Chlorooctadécane	2008/07/08		80	%
	SPIKE	Hydrocarbures Pétroliers (C10-C50)	2008/07/08		83	%
	SPIKE DUP	Hydrocarbures Pétroliers (C10-C50)	2008/07/08		58	%
		Hydrocarbures Pétroliers (C10-C50)	2008/07/08		76	%
		Hydrocarbures Pétroliers (C10-C50)	2008/07/08		82	%
	BLANC DE MÉTHODE	1-Chlorooctadécane	2008/07/08		80	%
		Hydrocarbures Pétroliers (C10-C50)	2008/07/08	110, LDR=100		ug/L
527379 DKH	ÉTALON CQ	Azote ammoniacal (N-NH3)	2008/07/07		97	%
	SPIKE	Azote ammoniacal (N-NH3)	2008/07/07		102	%
	BLANC DE MÉTHODE	Azote ammoniacal (N-NH3)	2008/07/07	ND, LDR=0.02		mg/L
527767 JM6	SPIKE	Matières en suspension (MES)	2008/07/09		95	%
	SPIKE DUP	Matières en suspension (MES)	2008/07/09		96	%
	BLANC DE MÉTHODE	Matières en suspension (MES)	2008/07/09	3, LDR=2		mg/L
527897 JS2	ÉTALON CQ	Cyanures Libres (CN-)	2008/07/09		91	%
	SPIKE	Cyanures Libres (CN-)	2008/07/09		103	%
	BLANC DE MÉTHODE	Cyanures Libres (CN-)	2008/07/09	ND, LDR=0.01		mg/L
528087 SC5	SPIKE	Aluminium (Al)	2008/07/10		113	%
		Antimoine (Sb)	2008/07/10		111	%
		Argent (Ag)	2008/07/10		87	%
		Arsenic (As)	2008/07/10		112	%
		Baryum (Ba)	2008/07/10		107	%
		Cadmium (Cd)	2008/07/10		104	%
		Chrome (Cr)	2008/07/10		109	%
		Cobalt (Co)	2008/07/10		106	%
		Cuivre (Cu)	2008/07/10		107	%
		Plomb (Pb)	2008/07/10		103	%
		Manganèse (Mn)	2008/07/10		104	%
		Molybdène (Mo)	2008/07/10		108	%
		Nickel (Ni)	2008/07/10		102	%
		Sélénium (Se)	2008/07/10		82	%
		Sodium (Na)	2008/07/10		110	%
		Zinc (Zn)	2008/07/10		101	%
		Bore (B)	2008/07/10		108	%
		Fer (Fe)	2008/07/10		104	%
		Potassium (K)	2008/07/10		106	%
	BLANC DE MÉTHODE	Aluminium (Al)	2008/07/10	ND, LDR=0.03		mg/L
		Antimoine (Sb)	2008/07/10	ND, LDR=0.006		mg/L
		Argent (Ag)	2008/07/10	ND, LDR=0.0003		mg/L
		Arsenic (As)	2008/07/10	ND, LDR=0.002		mg/L
		Baryum (Ba)	2008/07/10	ND, LDR=0.03		mg/L

889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tél. : (514) 448-9001 Télécopieur : (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-4MAXXAM (462-9926)
Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced, except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

GOLDER ASSOCIÉS LTEE.
Attention: Carl Pednault
Votre # du projet: 07-1221-0028-2400
P.O. #:
Nom de projet: OSISKO

Rapport Assurance Qualité (Suite)

Dossier Maxxam: A827433

Lot AQ/CQ Num Init	Type CQ	Paramètre	Date Analysé aaaa/mm/jj	Valeur	Réc	Unités
528087 SC5	BLANC DE MÉTHODE	Cadmium (Cd)	2008/07/10	ND, LDR=0.001		mg/L
		Chrome (Cr)	2008/07/10	ND, LDR=0.03		mg/L
		Cobalt (Co)	2008/07/10	ND, LDR=0.03		mg/L
		Cuivre (Cu)	2008/07/10	ND, LDR=0.003		mg/L
		Plomb (Pb)	2008/07/10	ND, LDR=0.001		mg/L
		Manganèse (Mn)	2008/07/10	ND, LDR=0.003		mg/L
		Molybdène (Mo)	2008/07/10	ND, LDR=0.03		mg/L
		Nickel (Ni)	2008/07/10	ND, LDR=0.01		mg/L
		Sélénium (Se)	2008/07/10	0.006, LDR=0.001		mg/L
		Sodium (Na)	2008/07/10	0.03, LDR=0.03		mg/L
		Zinc (Zn)	2008/07/10	ND, LDR=0.003		mg/L
		Bore (B)	2008/07/10	ND, LDR=0.05		mg/L
		Fer (Fe)	2008/07/10	ND, LDR=0.1		mg/L
		Potassium (K)	2008/07/10	ND, LDR=0.1		mg/L
528089 SC5	BLANC DE MÉTHODE	Calcium (Ca)	2008/07/10	ND, LDR=1		mg/L
		Magnésium (Mg)	2008/07/10	ND, LDR=1		mg/L
		Dureté totale (CaCO3)	2008/07/10	ND, LDR=1		mg/L
528145 MR4	ÉTALON CQ	Mercure (Hg)	2008/07/09		91	%
	SPIKE	Mercure (Hg)	2008/07/09		103	%
	BLANC DE MÉTHODE	Mercure (Hg)	2008/07/09	ND, LDR=0.0001		mg/L
528170 FS	SPIKE	Chlorures (Cl)	2008/07/09		98	%
		Nitrate(N) et Nitrite(N)	2008/07/09		101	%
		Sulfates (SO4)	2008/07/09		99	%
	BLANC DE MÉTHODE	Chlorures (Cl)	2008/07/09	ND, LDR=0.05		mg/L
		Nitrate(N) et Nitrite(N)	2008/07/09	ND, LDR=0.02		mg/L
		Sulfates (SO4)	2008/07/09	ND, LDR=0.1		mg/L
528446 AK3	ÉTALON CQ	Conductivité	2008/07/10		98	%
	SPIKE	Conductivité	2008/07/10		100	%
	BLANC DE MÉTHODE	Conductivité	2008/07/10	ND, LDR=0.001		mmhos/cm
528686 AK3	ÉTALON CQ	Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	2008/07/11		92	%
	SPIKE	Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	2008/07/11		92	%
	BLANC DE MÉTHODE	Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	2008/07/11	3, LDR=2		mg/L
		Bicarbonates (HCO3 comme CaCO3)	2008/07/11	3, LDR=2		mg/L
		Carbonate (CO3 comme CaCO3)	2008/07/11	ND, LDR=2		mg/L

ND = Non détecté
LDR = Limite de détection rapportée
Étalon CQ = Étalon Contrôle Qualité
SPIKE = Blanc fortifié
Réc = Récupération

889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tél. : (514) 448-9001 Télécopieur : (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-4MAXXAM (462-9926)
Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced, except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

Page des signatures de validation

Dossier Maxxam: A827433

Les résultats analytiques ainsi que les données de contrôle-qualité contenus dans ce rapport furent vérifiés et validés par les personnes suivantes:

Mélanie Santerre

MÉLANIE SANTERRE,

Steliana Calestru

STELIANA CALESTRU, B.Sc. chimiste, Analyste 2

VERONIC BEAUSEJOUR, B.Sc., chimiste, Superviseur

==========

Maxxam a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation malsaine de la signature électronique et emploi les signataires requis selon la section 5.10.2 du guide ISO/IEC 17025:2005(E). Le CCN et l' ACLAE ont tous deux approuvé cette façon de rapporter les résultats ainsi que ce format électronique de rapport.

889 Montée de Liesse, Ville St-Laurent, Québec, Canada H4T 1P5 Tél. : (514) 448-9001 Télécopieur : (514) 448-9199 Ligne sans frais : 1-877-4MAXXAM (462-9926)
Ce certificat ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
This certificate may not be reproduced, except in its entirety, without the written approval of the laboratory.

Leila Sabouri

From: Pednault, Carl [Carl_Pednault@golder.com]
Sent: Friday, July 04, 2008 10:11 AM
To: Leila Sabouri
Subject: eb remplacement du bordereau

Bonjour Leila,

Voici la liste de tous les paramètres qui doivent être analysé pour le projet 07-1221-0028-2400

- métaux: aluminium, antimoine, argent, arsenic, baryum, bore, cadmium, chrome, cobalt, cuivre, plomb, manganèse, molybdène, nickel, sélénium, zinc, fer
- mercure total
- nitrate et nitrite
- Ions majeurs: calcium, magnésium, chlorures, sulfates, sodium, potassium, carbonates, bicarbonates,
- azote ammoniacal
- pH
- conductivité
- dureté totale
- matières en suspension
- hydrocarbures pétroliers
- cyanures libres
- cyanures totaux

Les échantillons n'ont pas pu être filtré et acidifié, pour ceux qui dont c'étaient nécessaire. Ils doivent donc être testés dans les 24h. Aussi lors d'une analyse précédente le fer a donné non-détec. C'est surprenant parce que cette eau colore tout en rouge. Peux-tu apporter une attention particulière à cette analyse.

Merci

Carl Pednault ing. jr
Chargé de projet
Géo-Ingénierie

Golder Associés Ltée
MONTRÉAL

9200 boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal, Québec
Canada H4N 2T2
Tel: (514) 383-0990
Dir: (514) 383-6196
Ext : 381
Fax: (514) 383-5332

Golder Associés

Visitez notre site Web : www.golder.com

Ce courriel est destiné exclusivement au(x) destinataire(s) mentionné(s) ci-dessus et peut contenir de l'information privilégiée, confidentielle et/ou dispensée de divulgation aux termes des lois applicables. Si vous avez reçu ce message par erreur, ou s'il ne vous est pas destiné, veuillez le mentionner immédiatement à l'expéditeur et effacer ce courriel. Tout produit transmis sur support électronique risque de subir des modifications non autorisées, de se détériorer ou de s'avérer incompatible. En conséquence, la version électronique de quelque document ou produit de travail que ce soit ne devrait pas être considérée fiable

Maxxam Analytique Inc

☑ 889 Montée de Liesse, Saint-Laurent (Québec) H4T 1P5 — Téléphone : (514) 448-9001 — Télécopieur : (514) 448-9199 — Ligne sans frais : 1-877-4MA-XXAM (462-9926)

☐ 3780 Rue Panet, Saguenay (Québec) G7X 0E5 — Téléphone : (418) 542-8071 — Télécopieur : (418) 542-8692 — Ligne sans frais : 1-866-737-8071

www.maxxamanalytics.com

Bordereau de transmission d'échantillons

E-721115

Info. Facturation	Info. Rapport (si différent de Facturation)
Compagnie : GOLDER	Compagnie :
Adresse : 9200 BLV. ACCADIE	Adresse :
MONTREAL	
Attention de : C. PEDNAULT.	Attention de :
Téléphone : 514-383-0990	Téléphone :
Telecopieur : 514-383-5332	Telecopieur :
Échantillonneur : H.G.	Échantillonneur :

No. de commande : _____ Projet / Site : OSISKO

No. de cotation : _____ No. de projet : 07-1221-0028-2400

Je déclare par la présente comprendre et accepter les conditions et modalités de Maxxam telles que décrites au verso du présent formulaire.

Identification de l'échantillon (point de prélèvement)	Échantillon Type Sol	Type d'eau	Autre	Prélèvement (date / heure)	à filtrer	nombre de contenants	HP (C+-Cx)	H & G Min.	HAM	COV (EPA 624)	BTEX	Phénols (Colorim.)	HAP	BPC (Congénères) (GC-MS)	Métaux Lourds (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn)	Métaux ICP polltique - 13 élé.-soil***	Mercure	Sélénium-soil	Autres	F	Cl	SO4	NO2	NO3	NO2 + NO3	MTK	NH3	P-Tot.	pH	Conductivité	MES	Sulfure (S-2)	Sulfite (SH)	CN-Tot.	CN-Dis.	DBO	COD	COT	Turbidité	RMD	SDS	CUM	ART. 11	Eau Potable : ORG.	INOR.	THM	COLIF (Fec)	BHAA	COLIF (Tot.)	Epaisseur	EPA 8260	EPA 8270	Autres (spécifier) :	IONS MAJEUR	DURETÉ TOTAL
SHAFT-EH 2008-07-03		S		3 juillet 08	O	9	X								X	X	X										X				X																				X	X	
(*) LES PRIORITÉS URGENTES SERONT FAIT PAR CARL PEDNAULT.																																																			

LÉGENDE : ** Métaux 13 éléments (Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Sn, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn),
*** Métaux 16 éléments (Al, Sb, Ag, As, Ba, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Na, Zn).

Types d'eau : S = Souterraine P = Potable DL = Déchet liquide Sur = Surface E = Eau usée C = Captage

Normes/Réglement Applicables : _____ (À remplir)

Délais : ☒ 24h ☒ 48h ☐ 72h ☐ Régulier ☐ Date : _____

A moins d'être clairement identifié, tout échantillon d'eau reçu chez Maxxam sera considéré comme non-potable et ne sera pas soumis aux exigences du règlement sur la qualité de l'eau potable.

Condition générale à la réception :

Chaîne de responsabilité

Déssaisi par :	Date :	Heure :	Reçu par :
Déssaisi par :	Date : 08/07/04	Heure : 11:30 AM	Reçu par :
Nombre de glacières :	Température de réception :	14° 15° 16°	

Remarques :

ANNEXE E

COMPARAISON ENTRE LES VOLUMES DES CHANTIERS DES MODÈLES GÉOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE 3D

715 000

5 335 000

5 335 000

715 000

Légende

- Tranche de l'élévation inférieure du volume du modèle géologique GoCAD
- Tranche de l'élévation supérieure du volume du modèle géologique GoCAD
- Rivières
- Routes principales
- Volume miné tel que représenté dans le modèle hydrogéologique Feflow
- Fosse proposée
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)
- Hydrographie

0 125 250 500 Mètres

CONFIDENTIEL

Projection: Transverse universelle de Mercator Datum: NAD 83 Système de coordonnées : UTM Zone 17

Sources: Données Golder

Golder Associés
9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal (Québec) H4N 2T2
Tél: (514) 383-0990 Fax: (514) 383-5332

Date :	2008-05-13	Échelle :	1:10 000
SIG :	N. Zepeda-Gálvez	Conception:	Marie-Noëlle Riverin
Vérification	Alexandre Boutin	Approbation :	Normand d'Anjou
Dessin no. :	FigF1_C04.mxd	Projet no. :	07-1221-0028

OSISKO EXPLORATION

ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES OSISKO EXPLORATION, MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

Comparaison entre les volumes minés et les volumes d'ouverture assignés au modèle numérique - Couche 4

Figure : **E-1**

Projet: N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\FigF1_C04.mxd

715 000

5 335 000

5 335 000

715 000

Légende

- Tranche de l'élévation supérieure du volume du modèle géologique GoCAD
- Tranche de l'élévation inférieure du volume du modèle géologique GoCAD
- Rivières
- Routes principales
- Volume miné tel que représenté dans le modèle hydrogéologique Feflow
- Fosse proposée
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)
- Hydrographie

0 125 250 500 Mètres

CONFIDENTIEL

Projection: Transverse universelle de Mercator Datum: NAD 83 Système de coordonnées : UTM Zone 18

Sources: Données Golder

Golder Associés
9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal (Québec) H4N 2T2
Tél: (514) 383-0990 Fax: (514) 383-5332

Date :	2008-05-13	Échelle :	1:10 000
SIG :	N. Zepeda-Gálvez	Conception:	Marie-Noëlle Riverin
Vérification	Alexandre Boutin	Approbation :	Normand d'Anjou
Dessin no. :	FigF2_C05.mxd	Projet no. :	07-1221-0028

OSISKO EXPLORATION

ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES OSISKO EXPLORATION, MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

Comparaison entre les volumes minés et les volumes d'ouverture assignés au modèle numérique - Couche 5

Figure : **E-2**

Projet: N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\FigF2_C05.mxd

715 000

5 335 000

5 335 000

715 000

Légende

- Tranche de l'élévation inférieure du volume du modèle géologique GoCAD
- Tranche de l'élévation supérieure du volume du modèle géologique GoCAD
- Rivières
- Routes principales
- Volume miné tel que représenté dans le modèle hydrogéologique Feflow
- Fosse proposée
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)
- Hydrographie

0 125 250 500 Mètres

CONFIDENTIEL

Projection: Transverse universelle de Mercator Datum: NAD 83 Système de coordonnées : UTM Zone 17

Sources: Données Golder

Golder Associés
9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal (Québec) H4N 2T2
Tél: (514) 383-0990 Fax: (514) 383-5332

Date :	2008-05-13	Échelle :	1:10 000
SIG :	N. Zepeda-Gálvez	Conception:	Marie-Noëlle Riverin
Vérification	Alexandre Boutin	Approbation :	Normand d'Anjou
Dessin no. :	FigF3_C06.mxd	Projet no. :	07-1221-0028

OSISKO EXPLORATION

ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES OSISKO EXPLORATION, MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

Comparaison entre les volumes minés et les volumes d'ouverture assignés au modèle numérique - Couche 6

Figure : **E-3**

Projet: N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\FigF3_C06.mxd

715 000

5 335 000

5 335 000

715 000

Légende

- Tranche de l'élévation inférieure du volume du modèle géologique GoCAD
- Tranche de l'élévation supérieure du volume du modèle géologique GoCAD
- Rivières
- Routes principales
- Volume miné tel que représenté dans le modèle hydrogéologique Feflow
- Fosse proposée
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)
- Hydrographie

0 125 250 500 Mètres

CONFIDENTIEL

Projection: Transverse universelle de Mercator Datum: NAD 83 Système de coordonnées : UTM Zone 17

Sources: Données Golder

Golder Associés
9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal (Québec) H4N 2T2
Tél: (514) 383-0990 Fax: (514) 383-5332

Date :	2008-05-13	Échelle :	1:10 000
SIG :	N. Zepeda-Gálvez	Conception:	Marie-Noëlle Riverin
Vérification	Alexandre Boutin	Approbation :	Normand d'Anjou
Dessin no. :	FigF4_C07.mxd	Projet no. :	07-1221-0028

OSISKO EXPLORATION

ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES OSISKO EXPLORATION, MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

Comparaison entre les volumes minés et les volumes d'ouverture assignés au modèle numérique - Couche 7

Figure : **E-4**

Projet: N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\FigF4_C07.mxd

715 000

5 335 000

5 335 000

715 000

Légende

- Tranche de l'élévation inférieure du volume du modèle géologique GoCAD
- Tranche de l'élévation supérieure du volume du modele géologique GoCAD
- Rivières
- Routes principales
- Volume miné tel que représenté dans le modèle hydrogéologique Feflow
- Fosse proposée
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)
- Hydrographie

0 125 250 500 Mètres

CONFIDENTIEL

Projection: Transverse universelle de Mercator Datum: NAD 83 Système de coordonnées : UTM Zone 17

Sources: Données Golder

Golder Associés
9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal (Québec) H4N 2T2
Tél: (514) 383-0990 Fax: (514) 383-5332

Date :	2008-05-13	Échelle :	1:10 000
SIG :	N. Zepeda-Gálvez	Conception:	Marie-Noëlle Riverin
Vérification	Alexandre Boutin	Approbation :	Normand d'Anjou
Dessin no. :	FigF5_C08	Projet no. :	07-1221-0028

OSISKO EXPLORATION

ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES OSISKO EXPLORATION, MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

Comparaison entre les volumes minés et les volumes d'ouverture assignés au modèle numérique - Couche 8

Figure : **E-5**

Projet: N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\FigF5_C08.mxd

715 000

5 335 000

5 335 000

715 000

Légende

- Tranche de l'élévation inférieure du volume du modèle géologique GoCAD
- Tranche de l'élévation supérieure du volume du modèle géologique GoCAD
- Rivières
- Routes principales
- Volume miné tel que représenté dans le modèle hydrogéologique Feflow
- Fosse proposée
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)
- Hydrographie

0 125 250 500 Mètres

CONFIDENTIEL

Projection: Transverse universelle de Mercator Datum: NAD 83 Système de coordonnées : UTM Zone 17

Sources: Données Golder

Golder Associés
9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal (Québec) H4N 2T2
Tél: (514) 383-0990 Fax: (514) 383-5332

Date :	2008-05-13	Échelle :	1:10 000
SIG :	N. Zepeda-Gálvez	Conception:	Marie-Noëlle Riverin
Vérification	Alexandre Boutin	Approbation :	Normand d'Anjou
Dessin no. :	FigF6_C09.mxd	Projet no. :	07-1221-0028

OSISKO EXPLORATION

ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES OSISKO EXPLORATION, MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

Comparaison entre les volumes minés et les volumes d'ouverture assignés au modèle numérique - Couche 9

Figure : **E-6**

Projet: N:\Actif\2007\122\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\FigF6_C09.mxd

715 000

5 335 000

5 335 000

715 000

Légende

- Tranche de l'élévation inférieure du volume du modèle géologique GoCAD
- Tranche de l'élévation supérieure du volume du modèle géologique GoCAD
- Rivières
- Routes principales
- Volume miné tel que représenté dans le modèle hydrogéologique Feflow
- Fosse proposée
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)
- Hydrographie

0 125 250 500 Mètres

CONFIDENTIEL

Projection: Transverse universelle de Mercator Datum: NAD 83 Système de coordonnées : UTM Zone 17

Sources: Données Golder

Golder Associés
9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal (Québec) H4N 2T2
Tél: (514) 383-0990 Fax: (514) 383-5332

Date :	2008-05-13	Échelle :	1:10 000
SIG :	N. Zepeda-Gálvez	Conception:	Marie-Noëlle Riverin
Vérification	Alexandre Boutin	Approbation :	Normand d'Anjou
Dessin no. :	FigF7_C10.mxd	Projet no. :	07-1221-0028

OSISKO EXPLORATION

ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES OSISKO EXPLORATION, MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

Comparaison entre les volumes minés et les volumes d'ouverture assignés au modèle numérique - Couche 10

Figure : **E-7**

Projet: N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\FigF7_C10.mxd

715 000

5 335 000

5 335 000

715 000

Légende

- Tranche de l'élévation inférieure du volume du modèle géologique GoCAD
- Tranche de l'élévation supérieure du volume du modèle géologique GoCAD
- Rivières
- Routes principales
- Volume miné tel que représenté dans le modèle hydrogéologique Feflow
- Fosse proposée
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)
- Hydrographie

0 125 250 500 Mètres

CONFIDENTIEL

Projection: Transverse universelle de Mercator Datum: NAD 83 Système de coordonnées : UTM Zone 17

Sources: Données Golder

Golder Associés
9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal (Québec) H4N 2T2
Tél: (514) 383-0990 Fax: (514) 383-5332

Date :	2008-05-13	Échelle :	1:10 000
SIG :	N. Zepeda-Gálvez	Conception:	Marie-Noëlle Riverin
Vérification	Alexandre Boutin	Approbation :	Normand d'Anjou
Dessin no. :	FigF8_C11.mxd	Projet no. :	07-1221-0028

OSISKO EXPLORATION

ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES OSISKO EXPLORATION, MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

Comparaison entre les volumes minés et les volumes d'ouverture assignés au modèle numérique - Couche 11

Figure : **E-8**

Projet: N:\Actif\2007\122\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\FigF8_C11.mxd

715 000

5 335 000

5 335 000

715 000

Légende

- Tranche de l'élévation inférieure du volume du modèle géologique GoCAD
- Tranche de l'élévation supérieure du volume du modèle géologique GoCAD
- Rivières
- Routes principales
- Volume miné tel que représenté dans le modèle hydrogéologique Feflow
- Fosse proposée
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)
- Hydrographie
- Milieu humide

0 125 250 500 Mètres

CONFIDENTIEL

Projection: Transverse universelle de Mercator Datum: NAD 83 Système de coordonnées : UTM Zone 17

Sources: Données Golder

Golder Associés
9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal (Québec) H4N 2T2
Tél: (514) 383-0990 Fax: (514) 383-5332

Date :	2008-05-13	Échelle :	1:10 000
SIG :	N. Zepeda-Gálvez	Conception:	Marie-Noëlle Riverin
Vérification	Alexandre Boutin	Approbation :	Normand d'Anjou
Dessin no. :	FigF9_C12.mxd	Projet no. :	07-1221-0028

OSISKO EXPLORATION

ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES OSISKO EXPLORATION, MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

Comparaison entre les volumes minés et les volumes d'ouverture assignés au modèle numérique - Couche 12

Figure : **E-9**

Projet: N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\FigF9_C12.mxd

715 000

5 335 000

5 335 000

715 000

Légende

- Tranche de l'élévation inférieure du volume du modèle géologique GoCAD
- Tranche de l'élévation supérieure du volume du modèle géologique GoCAD
- Rivières
- Routes principales
- Volume miné tel que représenté dans le modèle hydrogéologique Feflow
- Fosse proposée
- Polygone_discretisation_region — *Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)*
- Hydrographie
- Milieu humide

0 125 250 500 Mètres

CONFIDENTIEL

Projection: Transverse universelle de Mercator Datum: NAD 83 Système de coordonnées : UTM Zone 17

Sources: Données Golder

Golder Associés
9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal (Québec) H4N 2T2
Tél: (514) 383-0990 Fax: (514) 383-5332

Date :	*2008-05-13*	Échelle :	*1:10 000*
SIG :	*N. Zepeda-Gálvez*	Conception:	*Marie-Noëlle Riverin*
Vérification	*Alexandre Boutin*	Approbation :	*Normand d'Anjou*
Dessin no. :	*FigF10_C13.mxd*	Projet no. :	*07-1221-0028*

OSISKO EXPLORATION

ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES OSISKO EXPLORATION, MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

Comparaison entre les volumes minés et les volumes d'ouverture assignés au modèle numérique - Couche 13

Figure : **E-10**

Projet: N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\Fig10_C13.mxd

ANNEXE F

CONDITIONS ET LIMITATIONS

CONDITIONS GÉNÉRALES ET LIMITATIONS
RAPPORT DE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE

UTILISATION DU RAPPORT ET DE SON CONTENU

Ce rapport a été préparé pour l'usage exclusif du Client ou de ses agents. Les données factuelles, les interprétations, les commentaires, les recommandations et les fichiers électroniques qu'il contient sont spécifiques à l'étude qu'il couvre et ne s'appliquent à aucun autre projet ou autre site. Ces informations ne doivent en aucun cas être utilisées à d'autres fins que celles spécifiées aux objectifs du mandat à moins que cela ne soit clairement indiqué dans le texte de ce rapport ou formellement autorisé par Golder. Ce rapport doit être lu dans son ensemble, puisque des sections pourraient être faussement interprétées lorsque prises individuellement ou hors contexte. Par ailleurs, le texte de la version finale de ce rapport prévaut sur tout autre texte, opinion ou version préliminaire émis par Golder.

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

Les références aux lois et règlements contenues dans ce rapport sont fournies à titre indicatif, sur une base technique. Comme les lois et règlements sont sujets à interprétation, Golder recommande au Client de consulter ses conseillers juridiques afin d'obtenir les avis appropriés.

MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE

Un modèle numérique utilise des lois scientifiques et des hypothèses dictées par le jugement professionnel pour intégrer les données disponibles à l'intérieur d'une représentation mathématique conceptualisant les caractéristiques essentielles d'un système hydrogéologique existant. Bien qu'un modèle numérique ne puisse représenter toute la réalité détaillée d'un système hydrogéologique existant, un modèle numérique valide est un outil capable d'en simuler de façon raisonnable le comportement sous diverses contraintes et conditions. La validité du modèle ainsi que sa précision dépendent de la quantité, de la qualité et de la distribution des données disponibles de même que de la complexité du contexte géologique, la géochimie du milieu et la nature des composés dissous. Ainsi, chaque modélisation hydrogéologique est une simplification d'un système réel et les résultats obtenus doivent donc être interprétés et utilisés avec précaution et discernement. Le modèle décrit dans ce rapport ne fait pas exception.

Les travaux de modélisation hydrogéologique effectués par Golder et décrits dans ce rapport furent réalisés conformément aux règles et pratiques professionnelles reconnues et acceptées au moment de leur réalisation. À moins d'avis contraire, les résultats de travaux antérieurs ou simultanés, provenant d'autres sources que Golder, cités et/ou utilisés dans ce rapport furent considérés comme ayant été obtenus en respectant les règles et pratiques professionnelles reconnues et acceptées et, conséquemment, comme étant valides. Ce modèle constitue un outil scientifique de prédiction permettant d'évaluer les impacts de modifications imposées à un système hydrogéologique existant et/ou permettant de comparer divers scénarios dans le cadre d'un processus décisionnel. Cependant, la précision du modèle demeure liée à l'incertitude normale inhérente aux travaux de modélisation hydrogéologique et, même si une attention professionnelle a été apportée lors de sa construction et des simulations, aucune garantie directe ou indirecte n'est donnée.

Septembre 2016

MISE À JOUR ÉTUDE DE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE DES IMPACTS POTENTIELS SUR LA QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE DU PROLONGEMENT DE LA HALDE À STÉRILES ET DU PARC À RÉSIDUS, MINE CANADIAN MALARTIC, QUÉBEC

Présenté à:
Madame Christine Baribeau
Canadian Malartic GP
100, chemin du Lac Mourier
Malartic (Québec) J0Y 1Z0

RAPPORT

Numéro de projet: 062-13-1221-0020-2020-Rev4
Distribution:

1 document électronique : Canadian Malartic GP, Malartic, Québec
1 exemplaire : Golder Associés Ltée, Montréal, Québec

Golder Associés

Table des matières

1.0 INTRODUCTION 1

1.1 Mise en contexte 1

1.2 Objectifs et mandat 1

2.0 ÉTUDES ANTÉRIEURES 2

3.0 CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE 4

3.1 Contexte géologique 4

3.2 Unités hydrostratigraphiques 5

3.3 Conductivités hydrauliques des matériaux en place 8

3.4 Écoulement de l'eau souterraine 8

3.5 Classification des eaux souterraines 9

3.6 Identification des critères de qualité de l'eau souterraine applicables 9

4.0 MODÈLE CONCEPTUEL 10

4.1 Unités hydrostratigraphiques représentant la géologie du secteur 10

4.2 Aires d'accumulation et infrastructures connexes projetées 11

4.3 Description du système d'écoulement souterrain modélisé 12

4.4 Identification des contaminants d'intérêt 13

5.0 MODÈLE NUMÉRIQUE 14

5.1 Logiciel de modélisation employé 15

5.2 Construction du maillage et conditions limites 15

5.3 Paramètres hydrauliques du modèle 17

5.4 Définition de la source de contaminant 19

5.5 Coefficient d'adsorption, de dispersion et de dégradation 19

5.6 Calage du modèle numérique d'écoulement – conditions naturelles 20

6.0 RESULTATS DE MODELISATION 22

6.1 Simulations prédictives – Cyanures totaux 23

6.1.1 Cas de base 23

6.1.2 Analyse de sensibilité 25

6.1.2.1 Constante de dégradation 25

6.1.2.2 Conductivité hydraulique du remblai de fondation 27
6.1.2.3 Infiltration au niveau des résidus épaissis 28
6.1.2.4 Coefficient d'adsorption 31
6.1.2.5 Porosité de l'argile 32
6.1.2.6 Paramètres capillaires des résidus 33
6.2 Simulations prédictives – Sodium 35
6.3 Simulations prédictives – Cuivre 35
6.3.1 Cas de base 35
6.3.2 Analyse de sensibilité 36
6.3.2.1 Définition des concentrations sources dans la halde à stériles 36
6.3.2.2 Résultats 38
6.4 Limites du modèle 40
7.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS 41
8.0 RÉFÉRENCES 43
9.0 SIGNATURES 45

TABLEAUX (DANS LE TEXTE)

Tableau 1: Caractéristiques des unités hydrostratigraphiques du secteur du prolongement des aires d'accumulation ..7
Tableau 2: Conductivités hydrauliques des principaux matériaux en place 8
Tableau 3: Paramétrage du modèle - Cas de base 18
Tableau 4: Paramétrage capillaire du modèle de Van Genuchten appliqué aux différentes unités hydrostratigraphiques 19
Tableau 5: Concentrations sources en contaminants considérées dans le modèle hydrogéologique 19
Tableau 6: Sommaire des propriétés de dispersivité et de diffusion 20
Tableau 7: Paramétrage capillaire du modèle de Van Genuchten appliqué aux résidus épaissis pour le scénario #8 de l'analyse de sensibilité 34
Tableau 8: Contaminants d'intérêt pour la halde à stériles 37
Tableau 9: Concentrations sources en contaminants considérées pour la simulation incluant le prolongement de la halde à stériles comme source additionnelle de contamination 38

FIGURES (DANS LE TEXTE)

Figure 1: Comparaison entre les charges hydrauliques mesurées et simulées - modèle d'écoulement calé 22
Figure 2: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – cas de base 24

Figure 3: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – scénario #1 : λ = 0 26

Figure 4: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – scénario #2 : λ= 1x10-5 1/j 27

Figure 5: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – scénario #3 : K remblai de fondation X 10 28

Figure 6: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – scénario #4 : Recharge X 2....30

Figure 7: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – scénario #5 : Recharge / 2 31

Figure 8: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – scénario #6 : Coefficient de retard des dépôts peu perméables = 5....32

Figure 9: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – scénario #7 : Porosité de l'argile divisée par 2....33

Figure 10: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – scénario #8 : Paramètres capillaires modifiées pour les résidus épaissis 34

Figure 11: Variation temporelle des concentrations en sodium dans l'aquifère de roc....35

Figure 12: Variation temporelle des concentrations en cuivre dans l'aquifère de roc en considérant seulement le prolongement du parc à résidus comme source potentielle de contamination des eaux souterraines (Cas de base). Les concentrations maximales simulées pour ce cas sont inférieures à $5x10^{-6}$ mg/L 36

Figure 13: Variation temporelle des concentrations en nickel dans l'eau souterraine en considérant la halde à stériles comme source additionnelle de contamination des eaux souterraines – scénario #9....39

Figure 14: Variation temporelle des concentrations en cuivre dans l'eau souterraine en considérant la halde à stériles comme source additionnelle de contamination des eaux souterraines – scénario #10....40

PLANS (APRÈS LE TEXTE)

Plan 1 : Localisation des aménagements projetés

Plan 2 : Carte des dépôts meubles (Commission Géologique du Canada)

Plan 3 : Interprétation de l'épaisseur des sols cohérents de la piézométrie du roc et localisation de la coupe modélisée

Plan 4 : Coupe stratigraphique le long de l'axe modélisé

Plan 5 : Maillage d'éléments finis utilisé pour le modèle bidimensionnel en coupe

ANNEXES

ANNEXE A
Concentrations mesurées dans l'eau interstitielle des résidus de la mine Canadian Malartic

ANNEXE B
Détermination des coefficients d'adsorption de l'argile silteuse pour les paramètres d'intérêt

ANNEXE C
Conditions générales et limitations – Modélisation numérique

1.0 INTRODUCTION

Ce rapport constitue une mise à jour de l'étude de modélisation réalisée dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) pour le projet d'extension de la mine Canadian Malartic (la Mine) de Canadian Malartic GP (CMGP). Ainsi, il remplace l'annexe 10.1 de l'ÉIE datée de janvier 2015. Cette mise à jour s'est avérée nécessaire à la suite de la collecte de données complémentaires et pour répondre aux questions du MDDELCC[1] concernant l'étude de modélisation.

1.1 Mise en contexte

Dans le cadre du projet de l'extension de la Mine (Extension Canadian Malartic), CMGP souhaite prolonger le parc à résidus ainsi que la halde à stériles vers l'est, tel qu'illustré sur le plan 1 à la fin du texte. Ce prolongement permettrait d'accumuler de façon permanente les résidus épaissis et stériles principalement générés par l'Extension Canadian Malartic. Selon la Directive 019 (MDDEP, 2012), la gestion de stériles ou de résidus miniers qui ne sont pas à « faibles risques » doit inclure des mesures de protection des eaux souterraines qui permettront de respecter les objectifs de protection de celles-ci. Un aménagement minier à risque, comme un parc à résidus, doit être aménagé et exploité de manière à éviter toute dégradation significative de la qualité de l'eau souterraine pendant et après son exploitation.

Afin d'assurer le respect des objectifs de protection des eaux souterraines, Golder Associés Ltée (Golder) a réalisé une étude hydrogéologique du secteur visé par les aménagements proposés. Cette étude s'insère dans le processus d'évaluation des mesures d'étanchéité qui doivent être appliquées pour la protection des eaux souterraines selon la Directive 019.

1.2 Objectifs et mandat

L'objectif de l'étude hydrogéologique est de déterminer si le prolongement du parc à résidus épaissis et de la halde à stériles, et le mode de gestion de ces matériaux, permettront de respecter les objectifs de protection des eaux souterraines. Cette étude cible de façon spécifique les objectifs suivants :

1) Simuler l'écoulement et le transport de contaminants dans l'eau souterraine à l'aval des aires d'accumulation projetées;

2) Évaluer la qualité de l'eau souterraine à l'aval des aires d'accumulation en regard des objectifs de protection édictés par le MDDELCC;

3) Valider l'efficacité des mesures de protection de l'eau souterraine envisagées.

L'étude hydrogéologique réalisée dans le cadre du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles vers l'est s'insère à l'intérieur d'un processus global d'études visant l'investigation des conditions de terrain, la caractérisation des matériaux devant être accumulés et la conception des aires d'accumulation et ouvrages connexes projetés. Elle s'inscrit par ailleurs dans la continuité de l'étude hydrogéologique réalisée en 2009-2010 afin d'évaluer les impacts potentiels du parc à résidus miniers du projet Canadian Malartic d'origine sur la qualité de l'eau souterraine (Golder, 2009a, 2010).

[1] MDDELCC : ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, 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)

L'approche mise de l'avant dans le cadre de la présente étude de modélisation a consisté à concevoir un modèle conceptuel permettant de représenter l'écoulement de l'eau souterraine et le transport de contaminants dans le secteur du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles. Le modèle conceptuel a ensuite été transposé dans une forme numérique à l'intérieur d'un logiciel de modélisation hydrogéologique. Le modèle numérique d'écoulement ainsi créé a ensuite été calé à l'aide de simulations en conditions naturelles, c'est-à-dire sans les aménagements proposés. L'intégration de ces aménagements à l'intérieur du modèle numérique a permis de simuler le transport de contaminants dans l'eau souterraine et la détermination prédictive de la qualité de l'eau souterraine à l'aval des aires d'accumulations projetées. La sensibilité du modèle numérique, et donc la variabilité des résultats obtenus, a par la suite été évaluée.

Le présent rapport expose l'ensemble du processus réalisé dans le cadre de l'étude de modélisation, incluant les résultats obtenus, ainsi que les conclusions et recommandations tirées de ceux-ci. Les conditions générales ainsi que les limitations à la présente étude sont exposées à l'Annexe A.

2.0 ÉTUDES ANTÉRIEURES

Préalablement à la mise en production de la Mine, des études et investigations approfondies ont été réalisées afin d'évaluer l'impact potentiel de l'accumulation des résidus épaissis devant être générés par la Mine sur la qualité de l'eau souterraine circulant dans l'aquifère de roc fracturé (Golder, 2009a, 2009b, 2009c, 2010). L'objectif était d'entreposer les résidus épaissis générés par la Mine sur les résidus existants du parc à résidus de la East Malartic et donc de les recouvrir et restaurer un site orphelin. Il est important de mentionner que certains des anciens résidus ont été produits dans le passé par de l'usinage à façon de minerais provenant de l'extérieur de la propriété Canadian Malartic et que certains des anciens résidus sont acidogènes. Cette approche avait notamment l'avantage de permettre le recouvrement de résidus existants acidogènes, et par le fait même d'augmenter le niveau de la nappe et diminuer l'accès à l'oxygène pour ainsi réduire significativement l'acidification de ces anciens résidus et donc ultimement minimiser le potentiel de contamination de l'eau souterraine. Les études et investigations ciblaient donc spécifiquement les zones recouvertes par les résidus existants, où il était prévu de mettre en place les résidus épaissis produits par l'exploitation de la Mine.

Des études et investigations ont également visé l'évaluation de l'impact potentiel de l'emmagasinement temporaire des eaux de contact à l'intérieur du bassin Sud-est qui était projeté, sur la qualité de l'eau souterraine de l'aquifère de roc (Golder, 2009d, 2009e).

Dans un premier temps, l'impact potentiel a été évalué sur une base conceptuelle (Golder, 2009c). L'information historique sur les résidus déjà produits et entreposés de même que les données géochimiques obtenues des essais sur les futurs résidus ont montré que ces derniers présentaient un faible risque d'impact pour la qualité de l'eau souterraine. Le contexte hydrogéologique prévalant au droit de l'emplacement retenu pour l'implantation du parc à résidus s'avérait également favorable. En effet, la présence de dépôts meubles de faible perméabilité allait permettre de limiter les exfiltrations du parc à résidus et du bassin Sud-est projetés vers l'eau souterraine du roc.

Dans un second temps, l'évaluation de l'impact potentiel des aires d'accumulation projetées (parc à résidus et de la halde à stériles) sur la qualité de l'eau souterraine portait sur la quantification des débits d'exfiltration attendus vers l'aquifère de roc. L'application d'une solution analytique a permis de montrer que le taux d'exfiltration attendu au niveau du bassin Sud-est respectait le débit de 3,3 l/m²/j spécifié dans la Directive 019 pour une protection de

Niveau A (Golder, 2009d). Une conclusion similaire a été atteinte pour l'évaluation du taux d'exfiltration attendu entre le parc à résidus et l'aquifère de roc (Golder, 2009a). Dans ce cas, une approche de modélisation numérique de l'écoulement à travers le profil vertical a permis de montrer que le taux d'exfiltration moyen attendu entre le parc à résidus et l'aquifère de roc variait entre 0,05 l/m²/j et 0,60 l/m²/j, alors que le taux maximal variait entre 0,19 l/m²/j et 1,41 l/m²/j.

La modélisation du transport de solutés à travers le substrat du parc à résidus et du bassin Sud-est a été entreprise dans un troisième temps, afin de vérifier le respect des objectifs de protection de l'eau souterraine (Golder, 2009e, 2010). Un modèle numérique a permis de simuler l'évolution des solutés dans l'eau souterraine en fonction du temps, le long d'une coupe représentative des conditions d'écoulement sous le parc à résidus devant accueillir les nouveaux résidus épaissis. Les résultats ont montré qu'aucun dépassement des critères de qualité applicables n'était prédit à 300 m à l'aval hydraulique du parc à résidus, pour l'un ou l'autre des solutés investigués. Une conclusion similaire a été tirée de la modélisation de la migration de solutés sous le bassin Sud-est (Golder, 2009e). Ces études et investigations ont montré le fait que l'accumulation de résidus épaissis, de même que l'emmagasinement d'eau de contact, ne risquait pas d'engendrer un impact significatif sur la qualité de l'eau souterraine dans l'aquifère de roc. De façon globale, les matériaux géologiques en place au droit des infrastructures projetées offraient un degré d'étanchéité suffisant pour limiter l'infiltration à travers le substrat, ainsi que la migration des solutés vers l'aval, à des niveaux inférieurs aux seuils limites recommandés par le MDDELCC.

Les études hydrogéologiques spécifiquement reliées au secteur du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles ont d'abord consisté en une évaluation de l'état de référence des eaux souterraines au droit, et à l'aval des empreintes prévues (Golder, 2014a). Cette évaluation a permis de définir le contexte hydrogéologique local, décrit de façon détaillée à la section suivante. Elle a également mené à la caractérisation de la qualité des eaux souterraines prévalant avant le prolongement des aires d'accumulation. Par la suite, une évaluation du débit de percolation quotidien anticipé sous les aires d'accumulation en question a été réalisée (Golder, 2014b). Cette évaluation a montré que le débit de percolation anticipé était inférieur au débit quotidien maximal de percolation de 3,3 l/m² établi dans la Directive 019 en tout point du prolongement de la halde à stériles. Elle a par ailleurs montré que le débit de percolation anticipé était supérieur à cette valeur maximale en certaines zones situées au droit du prolongement du parc à résidus. Il a été conclu que le substrat de ces zones allait devoir être amélioré au moment de la construction du prolongement, afin de respecter le débit quotidien maximal de percolation de 3,3 l/m².

3.0 CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

3.1 Contexte géologique

Dépôts meubles naturels

Les secteurs où s'insère le prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles de l'Extension Canadian Malartic sont principalement caractérisés par la présence de dépôts dont l'origine remonte à la dernière glaciation. Le plan 2 présente la cartographie des dépôts de surface pour l'ensemble de la propriété de CMGP, incluant les secteurs du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles. Les dépôts rencontrés se divisent essentiellement en trois types distincts, soit : le till, les dépôts d'origine fluvioglaciaire et les dépôts d'origine glaciolacustre. Selon les informations provenant des travaux d'investigation ainsi que de la littérature, ces unités sont spatialement hétérogènes et d'épaisseur variable. Aucune de ces unités n'est présente en continu sur la zone à l'étude.

L'unité à la base de la stratigraphie est le till. Il s'agit d'un dépôt résultant de l'érosion et du transport de sédiments par les glaciers. Sur la propriété, le till est principalement présent sur les hauts topographiques (ou collines) et son épaisseur est généralement de moins d'un mètre à ces endroits. Les portions inférieures des pentes des collines sont généralement couvertes par un dépôt continu de till d'épaisseur généralement de plus d'un mètre, alors que dans les portions supérieures et sur les sommets, la couverture de till est discontinue et d'une épaisseur inférieure à un mètre. Les discontinuités du till au niveau de ces formes de relief ont pour conséquence d'exposer le roc à la surface.

Le retrait glaciaire a mis en place des dépôts fluvioglaciaires, principalement sous la forme d'eskers, qui sont présents dans la région. Ceux-ci sont principalement composés de sable et de gravier. Des dépôts correspondant vraisemblablement à des segments d'esker ou à des zones d'épandage fluvioglaciaire sont localement en place dans le secteur du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles. Ces dépôts forment des structures plus ou moins allongées et étroites, dont l'expression en surface crée une morphologie convexe.

Les dépôts glaciolacustres sont les sédiments en suspension qui étaient présents dans le lac Barlow-Ojibway et qui se sont déposés sur les terres immergées. Les dépôts typiques d'un environnement glaciolacustre sont les argiles varvées composées de couches estivales en alternance avec les couches hivernales. La couche estivale est généralement plus épaisse, à granulométrie plus grossière, silteuse et de couleur plus claire. La couche hivernale est moins épaisse, à granulométrie plus fine, argileuse et de couleur plus foncée. Les dépôts glaciolacustres ont une épaisseur variable qui peut atteindre plus de dix mètres dans le secteur du prolongement des aires d'accumulations.

À la suite du retrait du lac Barlow-Ojibway, les dépôts glaciolacustres ont été mis à découvert. C'est à ce moment que s'est développé le système de drainage suivant la pente du terrain. Les dépôts mis en place par le développement du système de drainage sont les alluvions. Ceux-ci sont principalement composés de sable silteux, de silt argileux, de sable et de gravier, et leur épaisseur varie généralement de 1 à 5 mètres. Dans le secteur du prolongement, ces dépôts se retrouvent exclusivement dans la vallée du ruisseau Raymond.

À la suite de la déposition des alluvions, les tourbières se sont formées. Les tourbières sont composées de dépôts organiques à décomposition très lente, puisqu'elles sont la plupart du temps submergées. Un horizon de dépôts organiques est localement observé directement en surface ou sous le remblai, lorsque présent. Cet horizon

organique est généralement mince et absent des hauts topographiques. Là où cet horizon est présent, son épaisseur varie généralement entre 0,1 m et 0,6 m, et atteint localement 1,2 m.

Résidus miniers (résidus et stériles)

D'anciens résidus recouvrent les dépôts meubles naturels sur la quasi-totalité du secteur retenu pour les aménagements actuels du parc à résidus épaissis et de la halde à stériles. Ces résidus sont généralement absents du secteur visé pour le prolongement des aires d'accumulation, à l'exception des terrains situés dans la vallée du ruisseau Raymond, à l'aval du bassin de polissage actuel, où d'anciens résidus se sont épanchés en surface des terrains au cours d'anciennes phases d'exploitation. Ces résidus présentent une granulométrie variable pouvant s'expliquer par les diverses provenances du minerai traité. Selon les données provenant d'anciennes investigations, ces résidus présentent des caractéristiques physiques pouvant s'apparenter à un sable fin à silt, lâche et humide, gris à brun parfois oxydé en surface.

Des stériles sont ponctuellement présents en surface dans le secteur du prolongement des aires d'accumulation. Ces stériles ont été mis en place localement comme matériau de remblai le long des chemins d'accès, directement au-dessus des dépôts naturellement présents.

Socle rocheux

De façon sommaire, la majeure partie du socle rocheux recouvrant le secteur se compose de roches métasédimentaires siliceuses, en l'occurrence le conglomérat polygénique du Groupe de Piché et la grauwacke du Groupe de Pontiac. Le substratum est également composé de roches volcaniques, intrusives ultramafiques, mafiques (basalte) et intrusives felsiques (tonalite). La zone de la faille de Cadillac, d'orientation est-ouest, entrecoupe la région à l'étude (secteur Barnat) et sépare le Groupe de Piché au nord et le Groupe de Pontiac au sud.

La faille Raymond se situe au sud de la ville de Malartic et traverse la propriété. Il existe une intrusion relativement étendue de granodiorite au sud-est de cette faille.

Le gisement est constitué d'or disséminé dans un porphyre de diorite et une grauwacke comportant divers degrés d'altération en silice et en calcite.

3.2 Unités hydrostratigraphiques

Dix unités hydrostratigraphiques peuvent être distinguées dans le secteur du prolongement de la halde à stériles et du parc à résidus. Leur occurrence varie toutefois d'un endroit à l'autre, en raison du fait qu'aucune unité de dépôts meubles n'est continue sur tout le secteur. La séquence stratigraphique selon laquelle ces différentes unités peuvent être présentes est (de la surface au roc) :

Remblai : Des dépôts d'origine anthropique et de nature variée sont ponctuellement présents en surface de terrains, dans le secteur du prolongement des aires d'accumulation. Des stériles ont notamment été mis en place le long des chemins d'accès, directement au-dessus des dépôts naturellement présents. Dans des secteurs exploités comme bancs d'emprunt, des sols naturellement présents ont été en partie remaniés, déplacés, voire même mélangés avec des matériaux granulaires servant à l'aménagement de surfaces de travail et de circulation. Les matériaux de remblai possèdent une épaisseur généralement inférieure à 2 m.

Anciens résidus : D'anciens résidus sont présents de part et d'autre de la digue sud du bassin de polissage actuel, de même qu'en surface des terrains situés en aval de la digue, dans la vallée du ruisseau Raymond. Il s'agit du seul endroit où de tels résidus ont été observés dans le secteur du prolongement. Leur épaisseur varie entre 0,7 m et 5,0 m.

Horizon de matière organique : Un horizon de matière organique est observé directement en surface, dans les secteurs plats et topographiquement bas. Cet horizon est généralement mince. Dans le secteur du prolongement, les épaisseurs varient généralement entre 0,1 m et 1,2 m.

Sable silteux / silt sableux : L'unité de sable silteux / silt sableux est un faciès des dépôts glaciolacustres. Dans la vallée du ruisseau Raymond, des dépôts alluviaux de granulométrie semblable s'ajoutent aux dépôts glaciolacustres sublittoraux pour compléter cette unité hydrostratigraphique. Outre la vallée du ruisseau Raymond, l'unité se retrouve presque exclusivement dans la partie nord-ouest du prolongement. L'unité est présente dans la séquence stratigraphique en position affleurante ou subaffleurante, dans ce dernier cas sous des dépôts organiques ou d'anciens résidus miniers. Lorsque présente, l'épaisseur de cette unité varie entre 0,3 m et 3,9 m.

Argile / argile silteuse à silt argileux : L'unité d'argile / argile silteuse à silt argileux est un faciès des dépôts glaciolacustres. Elle est généralement présente dans les secteurs où l'élévation de la topographie est inférieure à 320 m. L'épaisseur de cette unité dans le secteur d'étude varie de 0,5 m à 10,3 m.

Silt / silt sableux : L'unité de silt / silt sableux est un faciès des dépôts glaciolacustres. Elle est généralement observée dans les secteurs où l'élévation de la topographie est inférieure à 330 m. Dans le secteur d'étude, l'épaisseur de cette unité varie entre 1,2 m et 6,4 m.

Sable : L'unité de sable est un faciès des dépôts glaciolacustres. Elle est discontinue et se situe entre les dépôts glaciolacustres fins et les dépôts glaciaires. Dans le secteur du prolongement, cette unité est essentiellement constituée de sable fin ou fin à moyen.

Sable et gravier : L'unité de sable et gravier est de nature fluvioglaciaire (épandage proglaciaire et/ou sédiments granulaires). Elle se retrouve ponctuellement dans la partie nord et nord-est du secteur d'étude. Son occurrence se limite à deux ensembles de dépôts de forme plus ou moins allongée et étroite, présents en position affleurante ou subaffleurante. Ces deux ensembles, possiblement connectés entre eux, s'étirent entre le coin nord du bassin de polissage actuel et le coin nord-est du secteur d'étude. Son épaisseur peut atteindre jusqu'à 10 m.

Till : L'unité de till, d'origine glaciaire, est généralement rencontrée entre les sédiments glaciolacustres et le roc. Alternativement, elle se retrouve sous le sable et gravier fluvioglaciaire lorsque celui-ci est présent. Le till affleure localement sur les flancs des collines au sud du secteur d'étude. Il recouvre le roc sur la majeure partie du secteur du prolongement. Son épaisseur varie entre 0,6 m et 11 m.

Roc : Le roc, qui se trouve à la base de la séquence stratigraphique, est majoritairement composé des roches métasédimentaires du Groupe de Pontiac au sud de la faille Cadillac.

Le tableau 1 dresse le récapitulatif des caractéristiques propres aux différentes unités hydrostratigraphiques en place dans le secteur du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles. L'unité de sable et gravier et l'unité de till y sont regroupées en une seule, en raison de leurs similarités texturales et du fait que la transition entre les deux unités se fait de façon graduelle, lorsque les deux sont présentes.

Le plan 3 montre le secteur à l'étude, en plus d'y superposer la cartographie des épaisseurs de sols cohérents (argile et silt argileux) ainsi que l'interprétation de la piézométrie du roc. Le plan 4 présente une vue en coupe illustrant l'interprétation de la stratigraphie de la portion centrale et nord-est du secteur. L'emplacement de cette coupe est illustré sur le plan 3. La coupe s'étire le long d'un axe nord-est à nord, dans la direction de l'écoulement de l'eau souterraine, depuis le sommet de la colline présente sur le flanc nord de la vallée du ruisseau Raymond, jusqu'à la rivière Malartic.

Tableau 1: Caractéristiques des unités hydrostratigraphiques du secteur du prolongement des aires d'accumulation

Unité hydrostratigraphique	Occurrence spatiale / épaisseur	Caractéristique hydraulique
Remblai	Remblais de stériles le long des chemins d'accès Matériau remanié en surface de bancs d'emprunt Épaisseur : 0,6 – 2,2 m	Stériles : unité perméable Matériau remanié : unité semi-perméable
Anciens résidus	Exclusivement présents de part et d'autre de la digue du bassin de polissage actuel Épaisseur : 0,7 – 5 m	Unité semi-perméable
Horizon de matière organique	Présence discontinue Épaisseur : 0,1 – 1,2 m	Unité semi-perméable
Sable silteux / silt sableux	Présence ponctuelle Épaisseur : 0,3 – 3,9 m	Unité semi-perméable
Argile / argile silteuse à silt argileux	Présence discontinue Épaisseur : 0,5 – 10,3 m	Unité aquitard
Silt / silt sableux	Présence discontinue Épaisseur 1,2 – 6,4 m	Unité aquitard
Sable	Présence discontinue Épaisseur : 1,5 – 9,4 m	Unité perméable
Sable et gravier et till	Présence discontinue Épaisseur : 0,6 – 14,3 m	Unité perméable / semi-perméable
Roc	Aquifère régional de roc fracturé (continu)	

Le plan 3 présente l'interprétation de l'épaisseur de l'aquitard formé par l'unité d'argile / argile silteuse à silt argileux. Lorsque présent, cet aquitard de faible perméabilité restreint l'écoulement d'eau souterraine de surface vers le roc. Selon les observations, cet aquitard est présent là où l'élévation de la topographie est inférieure à 320 m, dans le secteur à l'étude. Son épaisseur varie de 0 m à 4 m le long de l'axe de la coupe retenue.

3.3 Conductivités hydrauliques des matériaux en place

Des essais hydrauliques ont été réalisés *in situ* (en puits ou en sondage) ou encore en laboratoire sur des échantillons de dépôts meubles, afin de déterminer la conductivité hydraulique des matériaux constituant les différentes unités hydrostratigraphiques en place. Une synthèse des valeurs de conductivité hydraulique obtenues pour les principaux matériaux en place sur la propriété est présentée au tableau 2.

Tableau 2: Conductivités hydrauliques des principaux matériaux en place

Dépôts meubles / roc	Conductivité hydraulique horizontale - Kh (m/s)[1]	Conductivité hydraulique verticale - Kv (m/s)[2]
Anciens résidus	$2{,}4 \times 10^{-7}$ à $1{,}2 \times 10^{-6}$	$3{,}4 \times 10^{-8}$ à $5{,}5 \times 10^{-7}$
Argile / argile silteuse à silt argileux	$5{,}7 \times 10^{-10}$ à $1{,}4 \times 10^{-8}$	$5{,}0 \times 10^{-11}$ à $1{,}0 \times 10^{-8}$
Silt / silt sableux	$2{,}4 \times 10^{-9}$ à $7{,}4 \times 10^{-7}$	$6{,}0 \times 10^{-11}$ à $3{,}9 \times 10^{-9}$
Sable (glaciolacustre)	$2{,}0 \times 10^{-6}$ à $6{,}0 \times 10^{-4}$	-
Sable et gravier (fluvioglaciaire)	$3{,}0 \times 10^{-6}$	-
Till	$1{,}4 \times 10^{-7}$ à $8{,}9 \times 10^{-7}$	-
Roc	$5{,}0 \times 10^{-9}$ à $1{,}0 \times 10^{-5}$	-

1 : Déterminé à partir d'essais *in situ*
2 : Déterminé à partir d'essais en laboratoire

3.4 Écoulement de l'eau souterraine

C'est au niveau de l'aquifère de roc que s'effectue principalement l'écoulement des eaux souterraines à l'échelle de la propriété. Ceci s'explique d'une part par la discontinuité spatiale des unités stratigraphiques de dépôts meubles. D'autre part, la faible perméabilité de certains types de dépôts meubles (argile, silt) a pour conséquence de restreindre l'écoulement des eaux souterraines; les flux d'écoulement y sont donc faibles par rapport à ceux prévalant dans l'aquifère de roc.

Le plan 3 illustre l'interprétation de la piézométrie de l'aquifère de roc et les directions générales d'écoulement d'eau souterraine, les niveaux d'eau souterraine mesurés en septembre 2012 et la topographie. En considérant que les données piézométriques indiquent clairement une relation entre la topographie du roc et l'élévation de la nappe d'eau (les hauts et bas piézométriques correspondent généralement aux hauts et bas topographiques de la surface du roc, respectivement), la topographie du roc a été utilisée pour soutenir l'interprétation de la piézométrie et des directions d'écoulement.

L'interprétation de la piézométrie montre qu'une ligne de partage des eaux souterraines orientée sud-ouest/nord-est est présente dans le secteur du prolongement des aires d'accumulation. Les eaux souterraines au sud de cette ligne de partage s'écoulent vers le sud et la vallée du ruisseau Raymond, puis migrent ensuite vers le nord-est. Les eaux souterraines au nord de la ligne de partage s'écoulent pour leur part vers la rivière Malartic, au nord.

De façon générale, l'écoulement est en relation avec la topographie accidentée du socle rocheux. Là où le socle rocheux est plus élevé (au niveau des hauts topographiques), l'absence de dépôts glaciolacustres (silt et argile) peut favoriser l'infiltration d'eau et la recharge de l'aquifère de roc peut y être plus importante.

Ainsi, les principales zones de recharge du secteur du prolongement sont les collines situées de part et d'autre de la vallée du ruisseau Raymond, dans la partie sud du secteur. Dans une moindre mesure, les affleurements de dépôts fluvioglaciaires entre le coin nord du bassin de polissage actuel et le coin nord-est du secteur du prolongement constitueraient également des zones de recharge. La rivière Malartic serait le récepteur des eaux souterraines circulant dans les unités hydrostratigraphiques en place dans la partie nord du site. À noter que les eaux souterraines circulant dans le roc dans le coin nord-ouest du secteur du prolongement sont actuellement entraînées vers la fosse, en raison du pompage d'exhaure qui y est effectué.

La vitesse d'écoulement de l'eau souterraine peut être estimée à l'aide de la Loi de Darcy selon l'équation suivante :

$$V = \frac{Ki}{n_e}$$

où :

v = vitesse d'écoulement;

K = conductivité hydraulique;

i = gradient hydraulique; et

n_e = porosité effective.

En utilisant un gradient hydraulique moyen dans le secteur du prolongement des aires d'accumulation d'environ 0,01 m/m, une porosité effective de 0,01 et une conductivité hydraulique maximale de l'ordre de $1x10^{-5}$ m/s, représentative du roc en surface, une vitesse d'écoulement de l'ordre de 1 m/j est estimée dans l'aquifère de roc.

3.5 Classification des eaux souterraines

Selon les informations disponibles, au moins une cinquantaine de propriétés se situant à l'extérieur du réseau de l'aqueduc municipal de Malartic (résidentielles et/ou agricoles et/ou commerciales) ont été identifiées comme étant alimentées en eau potable par un puits domestique, installé dans les dépôts meubles ou dans le roc. Les propriétés se retrouvent principalement au sud le long du chemin des Merles et du chemin du Lac Mourier tandis qu'au nord, elles longent la route 117 et le chemin de la rue du Lac Malartic. En considérant la présence de puits d'alimentation en eau potable, et selon la procédure décrite dans le *Guide de classification des eaux souterraines du Québec* (MEF, 1999), l'aquifère de roc est de classe II. Un aquifère classe II représente une formation hydrogéologique qui est une source courante ou potentielle d'alimentation en eau.

3.6 Identification des critères de qualité de l'eau souterraine applicables

Telle que définie par le MDDELCC dans sa Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés (MENV, 1999), la procédure d'intervention applicable à l'eau souterraine lors d'une étude de

caractérisation environnementale est guidée par la présence ou non de récepteurs potentiels dans le secteur. Les critères de qualité applicables pour l'eau souterraine sont déterminés en fonction des récepteurs potentiels qui sont identifiés. À titre de récepteurs potentiels, le MDDELCC identifie les puits d'approvisionnement en eau, les aquifères de classes I et II, les eaux de surface, les réseaux d'égout et les bâtiments.

En considérant que le roc est un aquifère de classe II et la présence d'eau de surface tels le ruisseau Raymond et la rivière Malartic, où l'eau souterraine pourrait faire résurgence, les critères applicables pour l'eau souterraine sont les critères à des fins de consommation (FC) et les critères de résurgence dans les eaux de surface ou infiltration dans les égouts (RESIE) du MDDELCC (MENV, 1999).

4.0 MODÈLE CONCEPTUEL

Un modèle hydrogéologique conceptuel a été établi afin d'atteindre les objectifs de l'étude de modélisation. Il repose essentiellement sur la définition du contexte hydrogéologique établi pour le secteur du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles, tout en intégrant les aires d'accumulation et infrastructures connexes proposées dans le cadre de ce prolongement.

Les travaux de modélisation présentés ci-après ont été réalisés à partir d'un modèle à deux dimensions représentant la coupe stratigraphique illustrée sur le plan 4, qui suit la direction interprétée de l'écoulement de l'eau souterraine dans le roc. Ce tracé de coupe a été sélectionné pour la modélisation, car il représente à priori un axe de migration pouvant être considéré comme prudent pour atteindre les objectifs de l'étude. En effet :

- Le tracé correspond au plus long segment d'écoulement en zone dépourvue d'aquitard (argile et silt) sous le prolongement prévu du parc à résidus. L'absence de cet horizon de faible perméabilité peut favoriser la migration de contamination vers le roc, le cas échéant. Qui plus est, seule une mince couche de sable et gravier (matériau à perméabilité élevée) recouvre le roc, le long de ce segment;
- Le tracé s'étend également sous le prolongement prévu de la halde à stériles. D'une part, il y recoupe un banc d'emprunt où l'argile naturellement en place a été excavée. D'autre part, il emprunte l'axe longitudinal d'un dépôt allongé de matériau fluvioglaciaire (sable et gravier) au-dessus duquel la couverture d'argile est discontinue;
- L'extrémité aval du tracé de la coupe se trouve près de la rivière Malartic, qui représente un récepteur potentiel de l'eau souterraine circulant dans les formations géologiques.

4.1 Unités hydrostratigraphiques représentant la géologie du secteur

Huit unités hydrostratigraphiques sont retenues pour représenter les matériaux géologiques en place dans le secteur du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles. Sept de ces huit unités apparaissent de façon distincte sur la coupe du plan 4, à savoir l'unité de remblai (principalement constitué de silt), l'argile, le silt, le sable et gravier, le sable fin, le till et le roc. La huitième unité est une variante de l'unité de sable fin possédant un certain contenu en silt (entre 10 et 20 %). Elle se retrouve autour du puits BH-11-09, à la même position stratigraphique que l'unité de sable fin dont le contenu en silt n'est pas précisé, parce que négligeable. Sept des huit unités hydrostratigraphiques, en l'occurrence toutes les unités de dépôts meubles, sont discontinues. Seule l'unité du

roc est continue sur l'ensemble du modèle. En raison de l'absence de données structurales pouvant caractériser adéquatement les réseaux de fractures, le roc est considéré comme un milieu poreux équivalent.

L'horizon de matière organique n'est pas intégré au modèle en raison de sa faible épaisseur et, par conséquent, du peu d'impact anticipé de cet horizon sur l'hydraulique. Cette approche est cependant prudente d'un point de vue géochimique, car la matière organique exerce généralement sur certains contaminants, tels que les métaux, un retard significatif sur leur migration et peut également favoriser leur biodégradation.

4.2 Aires d'accumulation et infrastructures connexes projetées

Le concept prévoit la mise en place de stériles dans la portion nord du secteur visé pour le prolongement des aires d'accumulation. Il est prévu que les portions centrale et sud du secteur servent à l'accumulation des résidus épaissis. Pour les besoins de la modélisation, il a été supposé que les stériles constitueront une halde dont l'élévation maximale atteindra 420 m, étant donné que l'élévation réelle finale n'avait pas encore été fixée. Les côtés de la halde consisteront en des talus possédant une inclinaison globale de 2,5 H : 1 V, formés par une succession en échelons de pentes et de plateaux. Les résidus épaissis seront déposés à l'intérieur d'un parc dont la limite nord coïncidera avec le talus sud (ou amont, par rapport à l'écoulement souterrain local) de la halde à stériles. Les résidus épaissis seront directement en contact avec les stériles, au niveau de ce talus. Le modèle prévoit la mise en place de résidus jusqu'à une élévation de 380 m et pas d'accumulation d'eau à la surface du parc. Cette mise en place s'effectuera de manière progressive, couche par couche, au cours de la période d'exploitation du prolongement du parc à résidus.

Deux cellules de dépôt distinctes sont prévues dans le prolongement du parc à résidus, le long de la coupe du modèle conceptuel, afin de permettre une mise en place uniforme et mieux contrôlée des résidus épaissis. À noter toutefois qu'il y aura plus de deux cellules de dépôt dans l'ensemble du prolongement du parc à résidus. Les deux cellules de dépôt intersectées par l'axe de la coupe du modèle seront contiguës et séparées par une digue interne constituée de stériles. La digue reposera sur la surface du sol. Elle sera successivement rehaussée, au fur et à mesure de l'accumulation des résidus, jusqu'à une élévation maximale située entre 350 et 360 m. L'empilement de rehaussements successifs créera une cloison verticale continue de stériles entre les deux cellules, cloison désignée « inclusion ». Cette inclusion aura par ailleurs un rôle drainant, afin de faciliter l'évacuation de l'eau interstitielle des résidus. L'inclusion sera connectée avec la digue de pourtour (digue externe) du prolongement du parc. L'eau interceptée par l'inclusion sera canalisée et évacuée vers la digue périphérique, puis vers l'extérieur du parc. Il est à noter que d'autres inclusions seront mises en place entre les cellules du parc à résidus.

L'aménagement d'un drain en limite nord du prolongement du parc à résidus est également prévu. Ce drain s'étendra le long de la partie basale du contact entre les résidus et les stériles. Il aura pour objectif d'intercepter les eaux en provenance du prolongement du parc à résidus. Ceci permettra de limiter l'épanchement d'eau interstitielle provenant des résidus vers l'intérieur de la halde à stériles, et de fait, de réduire l'infiltration d'eau vers les dépôts sous-jacents et l'aquifère de roc.

Un fossé sera aménagé en pied de talus nord (aval) de la halde à stériles. Celui-ci servira principalement au captage des exfiltrations en provenance de la halde et à la canalisation des eaux de ruissellement locales. Ce fossé est ainsi intégré au modèle conceptuel.

Des modifications aux matériaux constituant le substrat des aires d'accumulation sont prévues et celles-ci sont également intégrées au modèle. D'abord, il est supposé qu'une partie du sable et gravier naturellement affleurant

(ou subaffleurant) sous le prolongement de la halde sera excavée en vue de servir de matériau de remblai pour utilisation dans d'autres secteurs de la propriété. À priori, l'hypothèse du retrait d'une partie de cette couche de matériau granulaire n'a pas d'incidence sur l'écoulement et la migration des contaminants par rapport au scénario où celle-ci serait laissée en place (non excavée). L'éventualité où cette couche de matériau granulaire ne serait pas excavée, ou seulement excavée en partie, n'aurait donc pas d'impact significatif sur les concentrations en contaminants dans les formations géologiques en place. De fait, le modèle peut être considéré comme valide et représentatif même sans excavation, ou dans le cas d'une excavation partielle.

Une autre modification anticipée au niveau du substrat de la halde est le nivellement préalable de la zone de banc d'emprunt située à proximité de la limite est du prolongement de la halde, où affleure le remblai principalement constitué de silt. Ce nivellement n'a pour but que d'uniformiser la surface, qui possède actuellement un profil irrégulier. Le modèle conceptuel considère donc une surface plane au niveau de ce banc d'emprunt. Autre modification importante incluse dans le modèle : l'amélioration du substrat sous le parc à résidus, dans les zones où il n'y a que peu ou pas d'argile naturellement en place. L'hypothèse est posée qu'une couche de remblai de faible perméabilité d'une épaisseur de 1,5 m sera mise en place en surface des terrains où moins d'un mètre d'argile est présent dans le profil stratigraphique sous-jacent. Cette couche de remblai de fondation à la base des aménagements est donc intégrée au modèle.

4.3 Description du système d'écoulement souterrain modélisé

L'extrémité amont de la coupe modélisée correspond au sommet de la colline située à l'est du bassin de polissage actuel, et qui forme le flanc nord de la vallée du ruisseau Raymond. Cette colline agit comme une zone de recharge préférentielle, et l'écoulement souterrain à partir de celle-ci s'effectue de façon radiale. Le sommet de la colline représente donc le point de départ de toute ligne d'écoulement s'étirant vers le nord et le nord-est du prolongement du parc à résidus.

En conditions naturelles, l'infiltration des eaux de précipitations s'effectue à travers la mince couche de sable et gravier recouvrant le roc, dans la portion convexe de la colline. L'eau percole verticalement jusqu'au roc, pour ensuite circuler horizontalement dans le roc. La séquence d'argile, de silt et de till présente au nord et au nord-est de la colline agit comme une barrière à l'infiltration d'eau en provenance de la surface, ce qui fait en sorte que la recharge en eau souterraine y est négligeable. Plus à l'aval, l'absence d'argile se traduit par une recharge plus importante. Elle demeure néanmoins faible là où le silt et le remblai silteux affleurent. Le contact hydraulique entre la partie superficielle du roc et les unités de sable fin et de till en place dans la portion aval de la coupe fait en sorte qu'il y a transfert dans ces unités d'une partie de l'eau souterraine qui circulait précédemment dans le roc. À l'aval de ces contacts, l'écoulement souterrain s'effectue en parallèle dans le sable fin, dans le roc et, dans une moindre mesure, dans le till en direction nord (aval). Il y a ensuite la possibilité de résurgence de l'eau souterraine circulant dans les dépôts meubles, au niveau de la rivière Malartic. La limite aval du modèle est d'ailleurs fixée à la rivière Malartic. En l'absence d'information suggérant le contraire, il est présumé que l'eau souterraine circulant dans le roc peut également faire résurgence dans la rivière Malartic, aux fins de la modélisation. Cette hypothèse n'a toutefois aucune influence sur l'écoulement souterrain et le transport de contaminants à l'intérieur du système modélisé.

L'ajout des résidus épaissis, des stériles, d'une couche de remblai de faible perméabilité sous les résidus en surface de certains terrains, de même que l'excavation du fossé, viennent modifier les conditions naturelles du système d'écoulement. Avec ces ajouts, la recharge du système s'effectue essentiellement à partir de la surface

des résidus épaissis et des stériles. Dans l'axe vertical, l'eau percole graduellement à travers les résidus épaissis ou les stériles, jusqu'à atteindre la surface du remblai ou des dépôts naturellement en place. Sous le parc à résidus, l'eau poursuit sa percolation verticale à travers l'argile jusqu'à atteindre les dépôts meubles sous-jacents et éventuellement, le roc. L'écoulement souterrain s'effectue ensuite dans le plan horizontal vers l'aval du modèle, de la même façon que l'écoulement en conditions naturelles. Cependant, il est important de noter que le mode de gestion des résidus favorise l'écoulement horizontal de l'eau interstitielle des résidus vers les fossés périphériques du parc, ce qui minimise l'écoulement dans l'axe vertical.

L'eau s'infiltrant dans les résidus épaissis s'écoule préférentiellement selon un axe incliné à subhorizontal. Ainsi, dans la portion aval (nord) du parc à résidus, l'eau s'écoule en direction de la halde (et du drain), plutôt que selon un axe vertical en direction de la base des résidus épaissis. L'eau interceptée au contact résidus-stériles sera retirée du système par le drain. Il est par ailleurs anticipé que la pénétration de l'eau interstitielle des résidus vers l'intérieur de la halde soit marginale. L'essentiel de l'écoulement à travers les stériles proviendra de la recharge en surface de la halde. Tel que mentionné précédemment, la circulation d'eau dans la halde se fait ensuite sur la base de celle-ci, en direction du pied de talus et du fossé collecteur aval.

La présence d'inclusions à l'intérieur du parc à résidus modifie localement les directions d'écoulement de l'eau et le bilan hydrique, dû au rôle drainant de celles-ci. Le long de la coupe du modèle conceptuel, il y a convergence vers l'inclusion de l'eau interstitielle initialement présente dans les résidus, de même que l'eau issue de la recharge et qui percole dans les résidus. L'eau circulant jusqu'à l'inclusion est ensuite retirée du système, ce qui reproduit ainsi son rôle drainant.

4.4 Identification des contaminants d'intérêt

Les résidus épaissis qu'il est prévu de mettre en place dans le prolongement du parc à résidus contiennent des éléments et des composés qui sont susceptibles de migrer vers les formations géologiques sous-jacentes à la faveur de l'écoulement souterrain. L'approche préconisée pour la modélisation consiste à identifier les contaminants dont la présence en solution dans les résidus épaissis peut atteindre les concentrations les plus élevées, par rapport aux concentrations limites recommandées par le MDDELCC pour la protection de l'eau souterraine (MENV, 1999). Ce sont ces contaminants qui seront jugés les plus problématiques en regard de la qualité de l'eau souterraine à l'aval des aires d'accumulation. Une fois identifiée, la modélisation aura comme objectif d'en simuler le comportement et la migration dans le système hydrogéologique.

La qualité de l'eau interstitielle dans les résidus générés par la Mine et accumulés dans le parc a été évaluée par le prélèvement d'échantillons dans un total de quatre puits d'observation aménagés dans les résidus. Ces prélèvements ont eu lieu à cinq reprises entre septembre 2013 et mai 2015. Les résultats analytiques obtenus de ces échantillonnages sont insérés à l'Annexe A du présent rapport.

La médiane des concentrations mesurées sur l'ensemble des échantillons prélevés a été calculée pour chaque élément et composé. Le ratio entre cette médiane (MC) et la concentration limite (CR) recommandée par le MDDELCC pour le paramètre correspondant a ensuite été établi. Le paramètre présentant le ratio MC/CR le plus élevé est les cyanures totaux (ratio de 93). Les métaux possédant un ratio MC/CR supérieur à 1 sont le cuivre (ratio de 18), le molybdène (ratio de 3) et le sodium (ratio de 2). Le sodium a été considéré comme un contaminant d'intérêt compte-tenu de la mobilité élevée de ce composé dans l'eau souterraine. Compte-tenu que le cuivre a un ratio MC/CR plus élevé que le molybdène et que ces deux composés ont une mobilité similaire dans l'eau souterraine (Batelle, 1989), seul le cuivre a été considéré comme contaminant d'intérêt pour les métaux.

Concernant les cyanures, CMGP prévoit de mettre en place un nouveau procédé de destruction des cyanures avec l'Acide de Caro. Selon l'information fournie par CMGP, ce procédé permet de réduire les concentrations en ferrocyanures de sorte que les concentrations en cyanures totaux dans l'eau interstitielle des résidus ne devraient pas excéder 20 mg/l. Cette dernière donnée a été utilisée comme valeur de référence dans le modèle hydrogéologique lors de la simulation du cas de base. Il est à noter que le procédé de destruction des cyanures avec l'Acide de Caro n'était pas en place lors du prélèvement des échantillons d'eau interstitielle des résidus dont les résultats sont présentés à l'Annexe A du présent rapport.

Par ailleurs, aucun contaminant en provenance des stériles n'est considéré pour le cas de base du modèle numérique étant donné que le programme de caractérisation géochimique a démontré que leur potentiel de lixiviation est faible, pourvu qu'il n'y ait pas de déclenchement des processus de génération d'acide (Golder, 2014d).

5.0 MODÈLE NUMÉRIQUE

Les contextes hydrogéologique et géochimique du site à l'étude sont relativement complexes, notamment de par la variabilité spatiale de la stratigraphie observée, l'incertitude reliée aux interactions et réactions chimiques et biochimiques des contaminants à travers les formations géologiques, ainsi que les modifications anticipées de l'aménagement des aires d'accumulation sur la recharge et les patrons d'écoulement souterrain. Leur conceptualisation et leur représentation à l'intérieur d'un modèle numérique reposent sur un certain nombre d'hypothèses, de simplifications et d'interprétations inhérentes à ce type de modélisation. À ceci s'ajoute le fait que le calage du modèle ne peut se faire sur des données réelles de transport de contaminants à l'échelle du secteur représenté, étant donné qu'il s'agit de simulations prédictives modélisant une situation future (l'impact hydrogéochimique relié à l'aménagement des aires d'accumulation). Il reste que la modélisation numérique demeure le meilleur outil analytique pour représenter et prédire le transport des contaminants dans un système possédant cette complexité. Les résultats des simulations prédictives qui sont présentés dans cette étude ne doivent toutefois pas être analysés en termes de valeurs absolues précises, mais plutôt en termes de tendances.

La modélisation numérique a été réalisée en deux étapes. Les conditions actuelles (soit avant la déposition des résidus épaissis et des stériles dans le secteur du prolongement) ont été simulées afin de vérifier que le modèle reproduit de façon générale le régime d'écoulement d'eau souterraine actuellement observé le long du tracé de la coupe. Par la suite, les résidus épaissis et les stériles ont été ajoutés au modèle afin d'effectuer des simulations prédictives de transport des contaminants. L'ajout des résidus épaissis dans le modèle s'est fait de façon progressive, en faisant apparaître une nouvelle couche de résidus à tous les 2 ans sur un total de 13 ans, durée supposée de la période d'exploitation du prolongement du parc à résidus. Cette discrétisation en une série de couches successives, dont l'épaisseur de chacune se situe entre 8 et 10 m, avait pour but de reproduire plus fidèlement le processus de dépôt des résidus épaissis ainsi prévu. À partir du temps t = 13 ans, la hauteur de résidus définie dans le modèle atteignait 380 m, soit l'élévation finale anticipée pour l'empilement de résidus. Pour leur part, les stériles ont été ajoutés de façon instantanée dans le modèle, étant donné l'absence d'impact hydraulique ou géochimique associé à un ajout de la sorte, plutôt qu'un ajout progressif. À noter que les modifications prévues à la fondation du parc à résidus, incluant la mise en place d'un remblai de fondation, ont été intégrées au modèle.

La recharge représente l'infiltration nette d'eau de précipitations en surface des terrains. Dans le modèle, elle est systématiquement appliquée à la frontière supérieure de la dernière couche de résidus épaissis ajoutée. Lorsqu'une nouvelle couche est ajoutée, la recharge précédemment appliquée à la surface de la couche sous-jacente est retirée et transférée à la surface de cette nouvelle couche. La valeur de la recharge appliquée en surface des résidus épaissis est maintenue constante tout au long des simulations. Dans le cas de la halde à stériles, cette valeur est définie comme variant dans le temps, afin de représenter l'impact hydrique de la mise en place d'un recouvrement final sur le dessus de la halde, lors de la restauration. Il est anticipé que ce recouvrement diminuera l'intensité de la recharge à travers la halde, en raison du contraste de perméabilité entre les stériles en surface de la halde et celle de la couche de recouvrement prévue. Des dépôts meubles provenant du décapage de certaines surfaces du site constitueront la base de cette couche de recouvrement, qui sera complétée par le dépôt d'un sol organique. Dans le modèle, des conditions de recharge prérecouvrement final s'échelonnent entre le temps zéro et le temps « dix ans », moment anticipé pour le début de la restauration de la halde à stériles. Par la suite, des conditions de recharge réduite ont été définies pour la période « dix ans et plus ».

5.1 Logiciel de modélisation employé

Le modèle a été construit avec le logiciel Feflow – Finite Element Subsurface Flow System (Diersch, 2014). Celui-ci utilise la méthode des éléments finis pour résoudre les équations d'écoulement de l'eau souterraine. L'écoulement de l'eau souterraine a été simulé en régime permanent. Le modèle ne tient donc pas compte des fluctuations journalières ou saisonnières du niveau de la nappe phréatique. Les simulations du transport de contaminants ont été réalisées en régime transitoire sur une durée variable, pouvant atteindre jusqu'à 1 600 ans. Dans tous les cas, les simulations ont été minimalement prolongées jusqu'à l'atteinte d'une décroissance des concentrations en contaminants en tous points des formations géologiques sous-jacentes aux infrastructures d'accumulation.

5.2 Construction du maillage et conditions limites

Le modèle bidimensionnel en coupe a été discrétisé en 78 747 éléments finis triangulaires. Le modèle simule une coupe de 2 330 m de longueur et le maillage a été raffiné autour des lits d'argile et de silt, de même qu'au niveau du contact résidus épaissis-stériles (plan 5). La taille minimale des éléments est d'environ 1 m.

Les conditions limites suivantes ont été assignées au modèle :

- Charge hydraulique imposée dans les formations géologiques à une élévation de 303 m à la limite aval (nord) de la coupe. Cette valeur de charge correspond à l'élévation approximative moyenne du niveau d'eau local de la rivière Malartic;
- Flux nul à la limite sud de la coupe. Cette limite représente la ligne de partage des eaux observées sur la carte piézométrique présentée sur le plan 3, et qui est anticipée comme devant se maintenir dans le temps même après la mise en dépôt des résidus épaissis en ce point;

En conditions naturelles, c'est-à-dire avant la mise en place des résidus épaissis et des stériles, les taux de recharge suivants ont été appliqués en surface du modèle calé :

- Sable et gravier amont : 60 mm/an;
- Till : 25 mm/an;

- Silt : 5 mm/an;
- Argile : 0 mm/an. La recharge nulle est justifiée par le fait que l'aquifère de roc se retrouve en conditions captives artésiennes sous la couche d'argile, ce qui fait en sorte que la percolation d'eau de l'argile vers le roc est négligeable;
- Remblai de silt : 20 mm/an;
- Sable et gravier aval : 250 mm/an.

La mise en place des résidus épaissis et des stériles a pour effet de modifier la recharge du système, tout en créant des faces d'exfiltration qui n'existaient pas au préalable. En conditions d'exploitation (prérestauration) et en conditions postexploitation (postrestauration), les changements suivants ont été apportés aux conditions limites du modèle, par rapport aux conditions naturelles :

- Un taux de recharge de 250 mm/an a été assigné aux endroits où le sable et gravier affleure en surface du modèle (aval de la halde à stériles);
- Un taux de recharge de 75 mm/an a été assigné en surface des résidus épaissis, pour la phase d'exploitation (prérestauration). Cette valeur est similaire à celle estimée par bilan hydrologique dans le cadre de l'étude de modélisation similaire réalisée en 2009-2010 pour le parc à résidus du projet Canadian Malartic (Golder, 2010);
- Un taux de recharge de 170 mm/an a été assigné sur le dessus de la halde à stériles, pour la phase d'exploitation (prérestauration). Cette valeur correspond aux estimations d'infiltration profonde à travers la halde à stériles du modèle numérique de bilan d'eau développé pour le site de la Mine (Golder, 2014e);
- Un taux de recharge de 85 mm/an a été assigné au niveau des talus de la halde à stériles. Cette valeur représente la moitié du taux de recharge appliqué sur le dessus de la halde, ce qui permet de rendre compte de l'inclinaison de ces surfaces, et donc d'un coefficient de ruissellement significativement plus élevé que celui propre au-dessus de la halde;
- En phase postrestauration, un taux de recharge de 75 mm/an a été appliqué sur le dessus de la halde, afin de rendre compte de la diminution de l'infiltration à travers cette surface, due à la mise en place d'une couche de recouvrement. Au niveau des talus de la halde, le taux de recharge a été maintenu à 85 mm/an, en considérant que la mise en place d'un ensemencement hydraulique ne réduira pas significativement le taux de recharge;
- Des limites d'exfiltration ont été définies au pied des talus amont et aval de la halde à stériles. La limite d'exfiltration à l'amont a pour fonction de reproduire le rôle du drain qui sera aménagé le long du contact entre les résidus épaissis et les stériles, au pied de la halde. Elle a ainsi été définie dans le modèle par une série de nœuds d'éléments au contact avec la couche d'argile en place sous les résidus miniers. La limite d'exfiltration à l'aval reproduit quant à elle le rôle du fossé de drainage qui sera aménagé à cette position. Elle est représentée par une série de nœuds d'éléments s'étendant de la surface du sol jusqu'à une profondeur de 4 m, afin de reproduire l'extension verticale anticipée du fossé;
- Une zone d'exfiltration représentant l'inclusion de stériles a également été définie à l'intérieur des résidus, à l'intersection entre la position anticipée de l'inclusion et l'axe de la coupe modélisée. Elle est constituée

d'éléments possédant les mêmes propriétés que celles de la halde à stériles, étant donné que les inclusions dans le parc à résidus seront vraisemblablement constituées de stériles. Ces éléments s'étendent de la surface du terrain naturel jusqu'à une élévation de 355 m, et ce, sur environ 10 m de large dans l'axe de la coupe modélisée. Ces dimensions correspondent approximativement à celles anticipées pour la section transversale de l'inclusion dans la coupe modélisée. Des nœuds d'exfiltration ont également été ajoutés au contact de l'inclusion avec la surface du terrain naturel, afin de reproduire le rôle drainant de celle-ci.

5.3 Paramètres hydrauliques du modèle

Les conductivités hydrauliques retenues dans le modèle hydrogéologique pour le cas de base (scénario de référence du modèle) sont les valeurs présentées au tableau 3. Ces valeurs proviennent pour la plupart de mesures réalisées sur le terrain ou en laboratoire et sont jugées représentatives des matériaux observés. L'unité de roc a été subdivisée en trois zones à perméabilité distincte, de façon à reproduire la décroissance de la conductivité hydraulique avec la profondeur. Les trois zones correspondent aux tranches de roc s'étendant respectivement de 0 à 15 m, de 15 à 100 m et de 100 à 200 m de profondeur. La conductivité hydraulique attribuée à la tranche de profondeur 0-15 m représente la moyenne des valeurs mesurées par essais de perméabilité aux trois puits aménagés dans le roc à proximité de l'axe de la coupe (BH-11-11, BH-11-06, BH-11-17R) (Golder, 2012a; 2014a). Les conductivités hydrauliques attribuées aux tranches 15-100 m et 100-200 m représentent la moyenne des valeurs obtenues par essais de perméabilité de type « packers » en forage à l'intérieur de chacun des intervalles de profondeur correspondant, et ce, dans des lithologies similaires, en différents points de la propriété (Golder, 2008; 2012b).

Pour les dépôts glaciolacustres (silt et argile naturelle), une anisotropie verticale de 10 a été utilisée, ce qui est une valeur typique pour ces dépôts. Une anisotropie verticale de 10 a également été appliquée aux résidus épaissis. Dans le cas des résidus épaissis, l'anisotropie est à la fois causée par le mode de dépôt en couches successives, qui confère une certaine stratification aux résidus, et à l'effet de consolidation progressive des résidus, qui a tendance à en diminuer la perméabilité verticale davantage que la perméabilité horizontale, en raison de la drainance latérale active durant le processus de consolidation. Aucune anisotropie n'est considérée pour le remblai de fondation, étant donné que son mode de mise en place anticipé ne créera pas de structure stratifiée dans le plan horizontal, comme c'est le cas pour l'argile naturelle, par exemple.

Tableau 3: Paramétrage du modèle - Cas de base

	Paramètres d'écoulement				Paramètres de transport					
Unités hydrostratigraphiques	**Conductivité hydraulique**	**Anisotropie**	**Emmagasinement spécifique**	**Porosité totale**	**Porosité de transport**	**Coefficient d'adsorption**	**Constante de dégradation**	**Diffusion moléculaire**	**Dispersivité longitudinale**	**Dispersivité transversale**
	(m/s)	(-)	(1/m)	(-)	(-)	(ml/g)	(1/j)	(m²/s)	(m)	(m)
Roc de surface (0-15 m)	2,0E-06	1	1,0E-05	0,01	0,01	0	2,0E-06	1,0E-09	12,5	1,25
Roc intermédiaire (15-100 m)	4,0E-07	1	1,0E-05	0,01	0,01	0	2,0E-06	1,0E-09	12,5	1,25
Roc profond (100-200 m)	5,0E-08	1	1,0E-05	0,01	0,01	0	2,0E-06	1,0E-09	12,5	1,25
Sable et gravier	2,0E-05	1	1,0E-05	0,35	0,25	0	2,0E-06	1,0E-09	12,5	1,25
Argile	5,0E-09	0,1	1,0E-05	0,5	0,1	CN totaux : 4 Cu : 485 Na : 0 Ni : 4140 ml/g	2,0E-06	1,0E-09	0,1	0,01
Silt	6,4E-08	0,1	1,0E-05	0,4	0,2		2,0E-06	1,0E-09	0,1	0,01
Till	4,8E-07	1	1,0E-05	0,3	0,2	CN totaux :0,4 Cu : 4,19 Na : 0 Ni : 1,22 ml/g	2,0E-06	1,0E-09	0,1	0,01
Remblai silteux	6,4E-07	1	1,0E-05	0,3	0,2	CN totaux : 4 Cu : 485 Na : 0 Ni : 4140 ml/g	2,0E-06	1,0E-09	0,1	0,01
Sable fin à moyen	2,0E-04	1	1,0E-05	0,35	0,25	0	2,0E-06	1,0E-09	12,5	1,25
Sable fin, un peu de silt	2,0E-06	1	1,0E-05	0,35	0,25	0	2,0E-06	1,0E-09	12,5	1,25
Résidus	1,0E-07	0,1	1,0E-05	0,38	0,1	0	2,0E-06	1,0E-09	12,5	1,25
Stériles	5,0E-05	1	1,0E-05	0,385	0,3	0	2,0E-06	1,0E-09	12,5	1,25
Remblai de faible perméabilité (fondation)	5,0E-09	1	1,0E-05	0,45	0,1	CN totaux : 4 Cu : 485 Na : 0 Ni : 4140 ml/g	2,0E-06	1,0E-09	0,1	0,01

Les propriétés capillaires utilisées pour les unités hydrostratigraphiques reposent sur le modèle de Van Genuchten modifié. Des valeurs génériques ont été appliquées pour chaque paramètre du modèle. Ces valeurs sont identiques pour chacune des unités. Cette simplification est jugée sans impact significatif sur les concentrations simulées dans les formations géologiques sous et à l'aval des aires d'accumulation, en raison du fait que celles-ci demeurent saturées, à l'exception de deux minces franges de silt et de sable et gravier en position superficielle. Le tableau 4 présente les valeurs assignées à chaque paramètre capillaire du modèle de Van Genuchten modifié.

Tableau 4: Paramétrage capillaire du modèle de Van Genuchten appliqué aux différentes unités hydrostratigraphiques

Paramètre (unités)	Valeur
α (1/m)	2
n (-)	1,37
m (-)	0,27
δ (-)	2

5.4 Définition de la source de contaminant

Sur la base de l'évaluation exposée à la section 4.4, les concentrations sources suivantes ont été considérées dans le modèle (tableau 5) pour le prolongement du parc à résidus :

Tableau 5: Concentrations sources en contaminants considérées dans le modèle hydrogéologique

Paramètres	Concentrations (mg/L)
Cyanures totaux	20
Sodium	0,17
Cuivre	451

5.5 Coefficient d'adsorption, de dispersion et de dégradation

Le tableau 6 présente un sommaire des paramètres d'entrée spécifiques à la simulation du transport des contaminants pour le cas de base. Le coefficient de dispersivité longitudinale pour les unités de dépôts meubles perméables (sable et gravier, sable fin, stériles) et pour le roc a été estimé à partir de la compilation effectuée par Gelhar et al. (1992). La même valeur a été appliquée pour les résidus épaissis. Une valeur marginalement supérieure à 0 a été retenue pour le coefficient de dispersivité longitudinale des unités de dépôts meubles peu perméables (argile, silt, till, remblai silteux), étant donné que la dispersion hydrodynamique de telles formations est généralement négligeable (Franz and Rowe, 1993).

Comme le modèle est en coupe (2-D), il n'intègre pas de dispersion latérale, ce qui contribue à rendre l'approche prudente.

Pour les cyanures totaux, un coefficient d'adsorption de 4 ml/g a été assigné aux unités de dépôts meubles peu perméables, soit le silt et l'argile. Cette valeur a été obtenue suite à des essais d'adsorption effectués en laboratoire dont les résultats sont présentés à l'Annexe B. Un coefficient d'adsorption de 0,4 ml/g a été assigné à l'unité de till. Il s'agit d'une valeur prudente tirée de la littérature (Battelle, 1989; Smith et Mudder, 2001;

USEPA, 1999). Pour le cuivre, un coefficient d'adsorption de 485 ml/g et de 4,19 ml/g a été assigné respectivement aux dépôts peu perméables (argile et silt) et au till. La première valeur provient des essais d'adsorption présentés à l'Annexe B alors que la seconde provient de la littérature (Battelle, 1989, valeur correspondant à celle d'un sol contenant moins de 10 % de particules fines). Finalement, l'adsorption a été négligée pour le sodium. Le coefficient d'adsorption représente le ralentissement de la migration de la contamination dans l'eau souterraine causé par l'absorption et l'adsorption sur le sol.

Les cyanures se retrouvent sous la forme de plusieurs complexes différents dans l'eau interstitielle des résidus, de même que sous la forme d'ions libres. La dégradation naturelle des cyanures est simplifiée dans le modèle: plutôt que de tenter de représenter la dégradation de chaque type de composé cyanuré, seule est considérée la dégradation des ferrocyanures, qui représente généralement le complexe cyanuré le plus stable dans l'eau souterraine. À l'autre bout du spectre, les cyanures libres (sous forme ionique) se dégradent rapidement, en plus de pouvoir se volatiliser (Meeussen et al., 1992). Aux fins de la modélisation, il est donc considéré que tous les cyanures totaux sont présents sous la forme de ferrocyanures seulement, ce qui représente une hypothèse très prudente. La constante de dégradation retenue est déterminée à l'aide du modèle de demi-vie des ferrocyanures présenté dans Meeussen et al. (1992), où celle-ci est fonction du pH et du potentiel d'oxydo-réduction (ORP) de l'eau souterraine. Les valeurs retenues pour ces deux paramètres physico-chimiques (pH = 6,90; ORP = -75 mV) représentent des moyennes des mesures effectuées aux puits PZ-11-18R et BH08-38 dans le cadre du suivi de la qualité des eaux souterraines de 2012 (Golder, 2013). Ces deux puits sont localisés à la limite aval actuelle du parc à résidus, à proximité du prolongement des aires d'accumulation. Une demi-vie de 280 ans a été déterminée pour les ferrocyanures, ce qui correspond à une constante de dégradation de $6{,}8 \times 10^{-6}$ 1/j. Cette constante a ensuite été ajustée à la baisse pour tenir compte du différentiel de température entre la température de référence considérée par Meussen et al. (1992), à savoir 15 °C, et la température moyenne de l'eau souterraine aux puits PZ-11-18R et BH08-38, en l'occurrence 8 °C. La constante de dégradation ainsi obtenue ($2{,}0 \times 10^{-6}$ 1/j) a été appliquée sur l'ensemble des formations géologiques en place et sur les résidus épaissis. Elle représente le taux auquel se dégradent les cyanures totaux présents dans l'eau, lorsqu'elle circule à travers ces milieux. La dégradation naturelle du cuivre et du sodium n'a pas été considérée, car ces composés sont de nature inorganique.

Tableau 6: Sommaire des propriétés de dispersivité et de diffusion

Paramètres	Valeur
Dispersivité longitudinale (αL) – dépôts meubles perméables, roc, résidus épaissis, stériles	12,5 m
Dispersivité longitudinale (αL) – dépôts meubles peu perméables	0,1 m
Dispersivité transversale (αT)	0,1x αL
Diffusion moléculaire	$1{,}0 \times 10^{-9}$ m^2/s

5.6 Calage du modèle numérique d'écoulement – conditions naturelles

Le modèle a été calé en régime permanent en utilisant comme valeurs cibles les données piézométriques mesurées entre le 1er et le 12 septembre 2012 aux puits aménagés à proximité de l'axe de la coupe (BH-11-11, BH-1109, BH-11-06, BH-11-17D, BH-11-17R). Le calage a été réalisé en effectuant plusieurs simulations ayant chacune un ensemble de paramètres hydrauliques différents, jusqu'à ce que la différence entre les charges hydrauliques simulées et observées soit minimisée. La conductivité hydraulique du sable et gravier ainsi que du

sable fin, de même que les taux d'infiltration au niveau des zones de sable et gravier, de till, de silt, d'argile et de remblai silteux sont les paramètres qui ont été modifiés au cours du processus de calage. Les conductivités hydrauliques calées et les taux de recharge qui ont donné le meilleur ajustement entre les charges simulées et observées sont respectivement présentés au tableau 3 et à la section 3.3.

Le modèle a été considéré comme calé lorsque l'erreur absolue devenait inférieure à 5 % de la variation totale des niveaux d'eau observés à l'intérieur du domaine modélisé (Anderson et Woessner, 1991). La différence entre la charge hydraulique minimale et celle maximale observée à l'intérieur du domaine modélisé étant de 17,60 mètres (320,60 m-303,00 m), l'erreur absolue ciblée est donc de 0,88 m. L'erreur absolue du modèle calibré est de 0,61 m, soit 3,5 % par rapport à la différence entre les charges hydrauliques minimales et maximales observées à l'intérieur du domaine modélisé.

La figure 1 présente l'ajustement entre les charges hydrauliques mesurées et simulées pour le modèle d'écoulement calé.

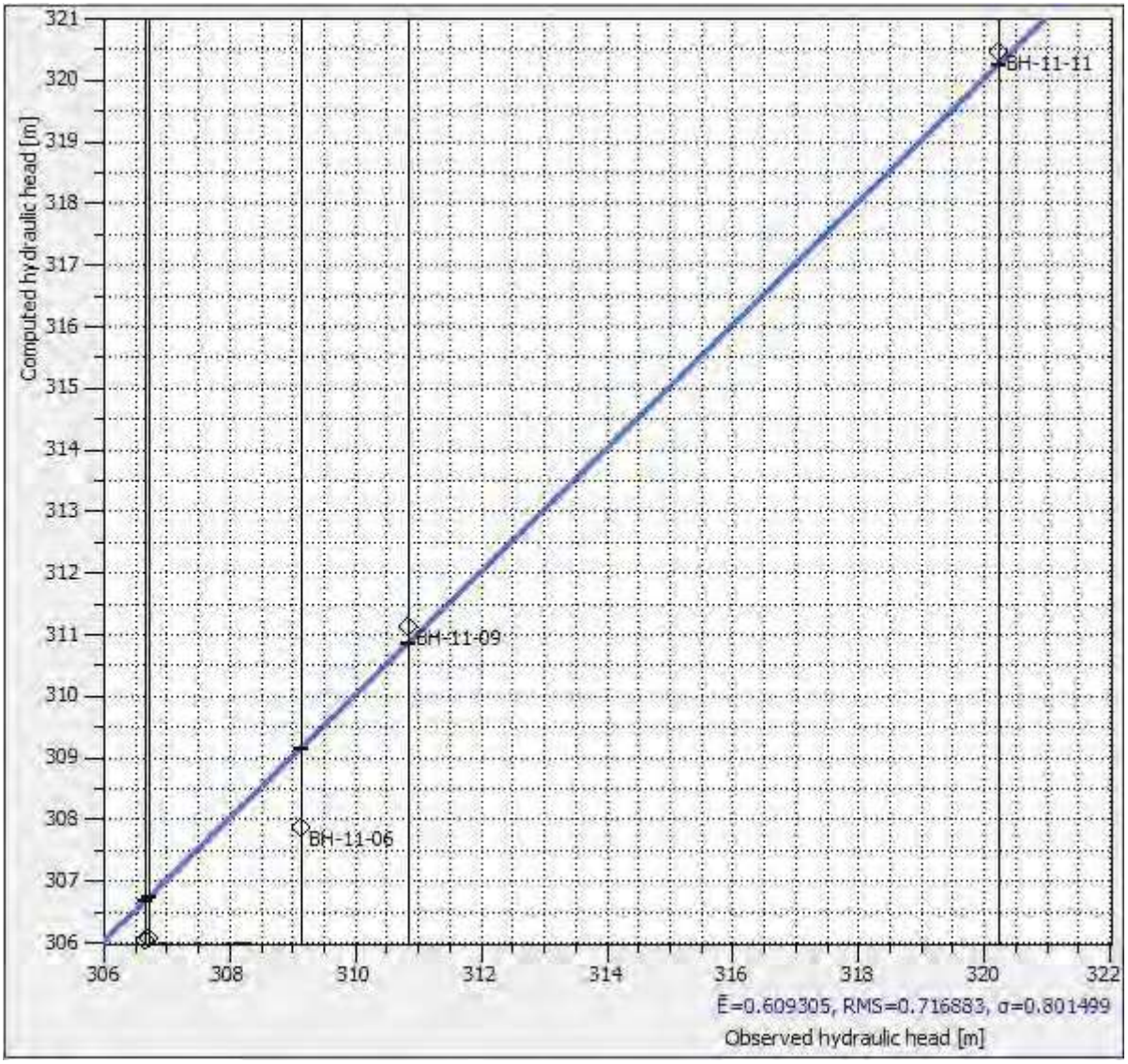


Figure 1: Comparaison entre les charges hydrauliques mesurées et simulées - modèle d'écoulement calé

6.0 RESULTATS DE MODELISATION

La modélisation du transport de contaminants a consisté à simuler la migration des cyanures totaux, du cuivre et du sodium dans le système hydrogéologique local, à partir des résidus épaissis en place dans le prolongement proposé du parc à résidus.

De façon générale, les simulations montrent qu'il y a une augmentation progressive des concentrations dans l'aquifère de roc, jusqu'à l'atteinte d'un maximum de concentration. Il y a ensuite décroissance graduelle de la concentration, à un taux généralement plus faible que lors de la phase d'augmentation. Le moment où le maximum

de concentration est atteint, de même que la valeur de celui-ci, est fonction de la position du point de référence (ou point d'observation) dans l'espace modélisé, par rapport à la source, en l'occurrence le parc à résidus.

Le détail des résultats des simulations prédictives, de même que ceux de l'analyse de sensibilité effectuée sur le modèle numérique, est présenté aux sections suivantes.

6.1 Simulations prédictives – Cyanures totaux

6.1.1 Cas de base

Les résultats du cas de base du modèle de transport des contaminants sont présentés. Ce scénario inclut la présence d'une couche de remblai de faible perméabilité d'une épaisseur de 1,5 m en place en surface des terrains où l'argile est naturellement absente, ou d'épaisseur inférieure à 1 m. Le remblai possède la même conductivité hydraulique équivalente que celle de l'argile naturelle dans le plan horizontal, mais aucun facteur de réduction de cette conductivité hydraulique dans le plan vertical, comme c'est le cas pour l'argile naturelle, tel que décrit à la section 3.3. La conductivité hydraulique du remblai de faible perméabilité a été augmentée d'un facteur de 10 lors de l'analyse de sensibilité présentée à la section suivante.

La figure 2 présente l'évolution des concentrations en cyanures totaux en fonction du temps pour des points d'observation fictifs situés au niveau de l'aquifère de roc, respectivement :

1) à la limite aval du prolongement proposé de la halde à stériles, qui elle-même se trouve à l'aval hydraulique du prolongement proposé du parc à résidus;

2) à 150 m à l'aval hydraulique du prolongement proposé de la halde à stériles; et

3) à 300 m à l'aval hydraulique du prolongement proposé de la halde à stériles.

Dans les trois cas, la position du point d'observation dans le plan vertical correspond à la profondeur à laquelle la concentration la plus élevée a été atteinte le long du profil vertical concerné.

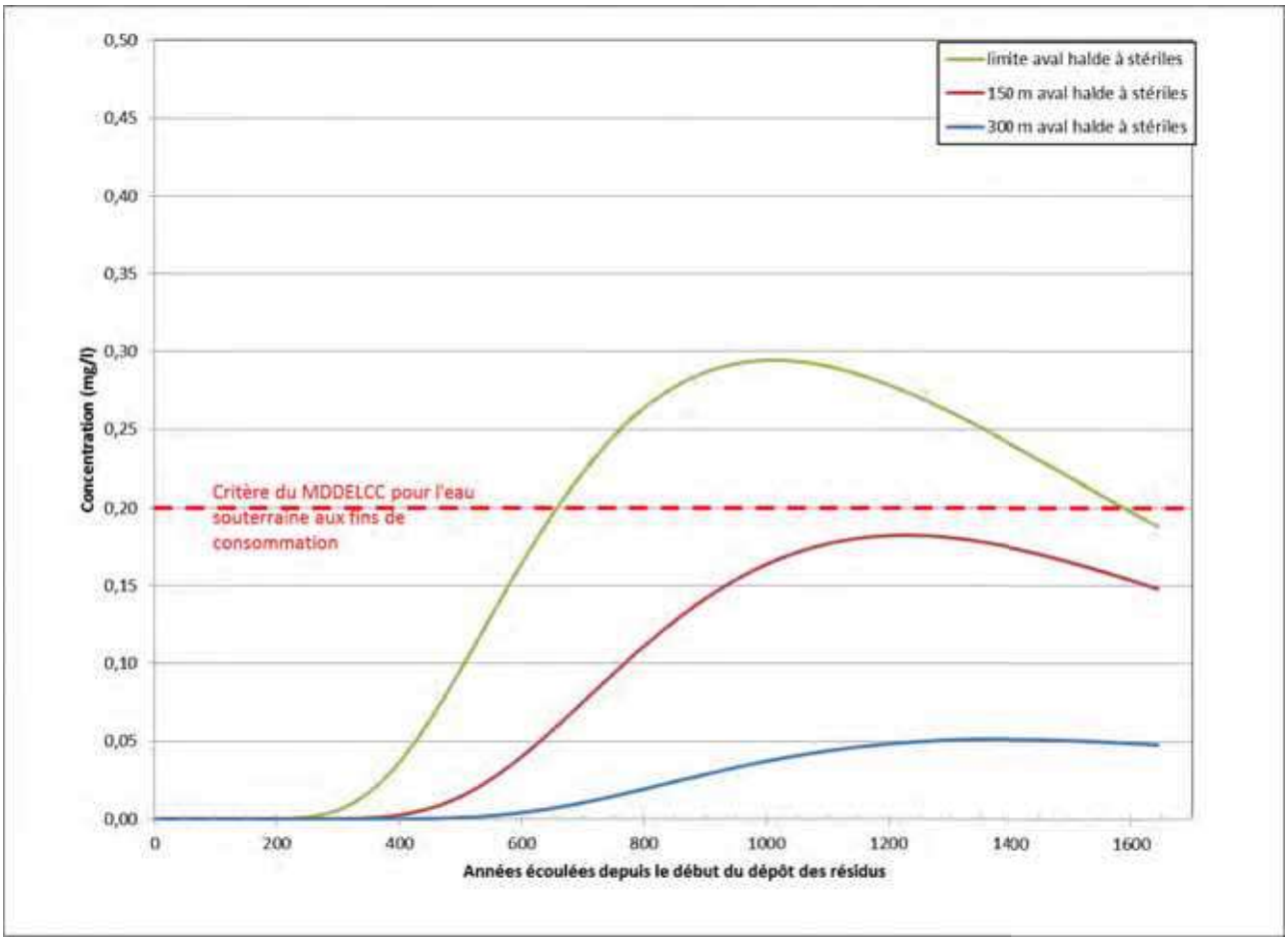


Figure 2: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – cas de base

La figure 2 illustre que la concentration maximale en cyanures totaux à la limite aval de la halde à stériles atteindrait un peu moins de 0,3 mg/l. Cette concentration serait atteinte environ 75 ans après le début de l'opération du parc à résidus. La concentration maximale à 150 m de la halde à stériles atteindrait 0,18 mg/l, soit une concentration légèrement inférieure au critère à des fins de consommation du MDDELCC (0,20 mg/l). Cette concentration serait atteinte environ 1 200 ans après le début de l'opération du parc à résidus. La concentration maximale à 300 m à l'aval de la halde atteindrait 0,05 mg/l. Cette valeur maximale serait atteinte environ 1 300 ans après le début de l'opération du parc à résidus. Selon les résultats du cas de base, l'extension du parc à résidus proposé ne causera pas de dégradation significative de la qualité de l'eau souterraine à plus de 150 m de la limite aval de la halde à stériles, le long de la coupe modélisée.

À la suite de l'atteinte du maximum de concentration, les concentrations en cyanures totaux diminueraient graduellement en chaque position, étant donné que l'eau interstitielle dans les nouveaux résidus épaissis est graduellement remplacée par de l'eau d'infiltration propre des précipitations. Ainsi, considérant que le modèle est basé sur plusieurs hypothèses prudentes, aucun impact n'est appréhendé sur les récepteurs d'eau souterraine pour le parc à résidus.

6.1.2 Analyse de sensibilité

Une analyse de sensibilité a été effectuée d'abord sur les paramètres jugés comme ayant la plus grande influence sur les résultats de modélisation. Ceux-ci sont respectivement la constante de dégradation des cyanures totaux, la conductivité hydraulique de la couche de remblai de faible perméabilité destinée à l'amélioration du substrat, et la recharge en surface des résidus épaissis. L'objectif de l'analyse était d'évaluer l'impact d'une variation de la valeur attribuée à ces paramètres dans le cas de base sur les résultats de la modélisation, en l'occurrence les concentrations maximales simulées à l'aval du parc à résidus.

Par la suite, l'analyse de sensibilité a ciblé le coefficient d'adsorption des unités de dépôts meubles peu perméables (soit le silt et l'argile), la porosité de l'argile et les paramètres capillaires des résidus afin de vérifier leurs effets sur les résultats de la modélisation.

6.1.2.1 Constante de dégradation

Le scénario #1 considère une constante de dégradation (λ) nulle, ce qui représente un scénario peu réaliste pour les cyanures totaux, mais qui seraient représentatifs pour les contaminants qui ne se dégradent pas. Comme l'illustre la figure 3, les concentrations maximales en cyanures totaux prédites par le scénario #1 seraient 2 à 3 fois supérieures à celles prédites avec le cas de base.

Le scénario #2 considère plutôt une constante de dégradation cinq fois plus élevée ($\lambda = 1x10^{-5}$ 1/j) que celle du cas de base. Comme l'illustre la figure 4, les concentrations maximales en cyanures totaux prédites par le scénario #1 seraient 5 à 6 fois inférieures à celles prédites avec le cas de base. Ce scénario a notamment pour but de simuler le rôle actif joué par l'horizon de matière organique de surface dans la dégradation biologique et chimique des cyanures totaux, rôle qui n'était pas considéré dans le cas de base.

Ensemble, les scénarios #1 et #2 permettent d'apprécier la variabilité des concentrations simulées en regard du paramètre de dégradation. L'emploi d'une constante de dégradation visant à intégrer le rôle de l'horizon de la matière organique dans la dégradation des cyanures totaux génèrerait des concentrations encore plus faibles dans l'aquifère de roc, et bien en deçà du critère de l'eau souterraine aux fins de consommation du MDDELCC (0,20 mg/l). À noter que les rapports de proportion obtenus entre les concentrations prédites pour un scénario sans dégradation (scénario #1) et celles prédites pour le cas de base permettent de fournir un ordre de grandeur de la contribution de la dégradation au processus de migration modélisé.

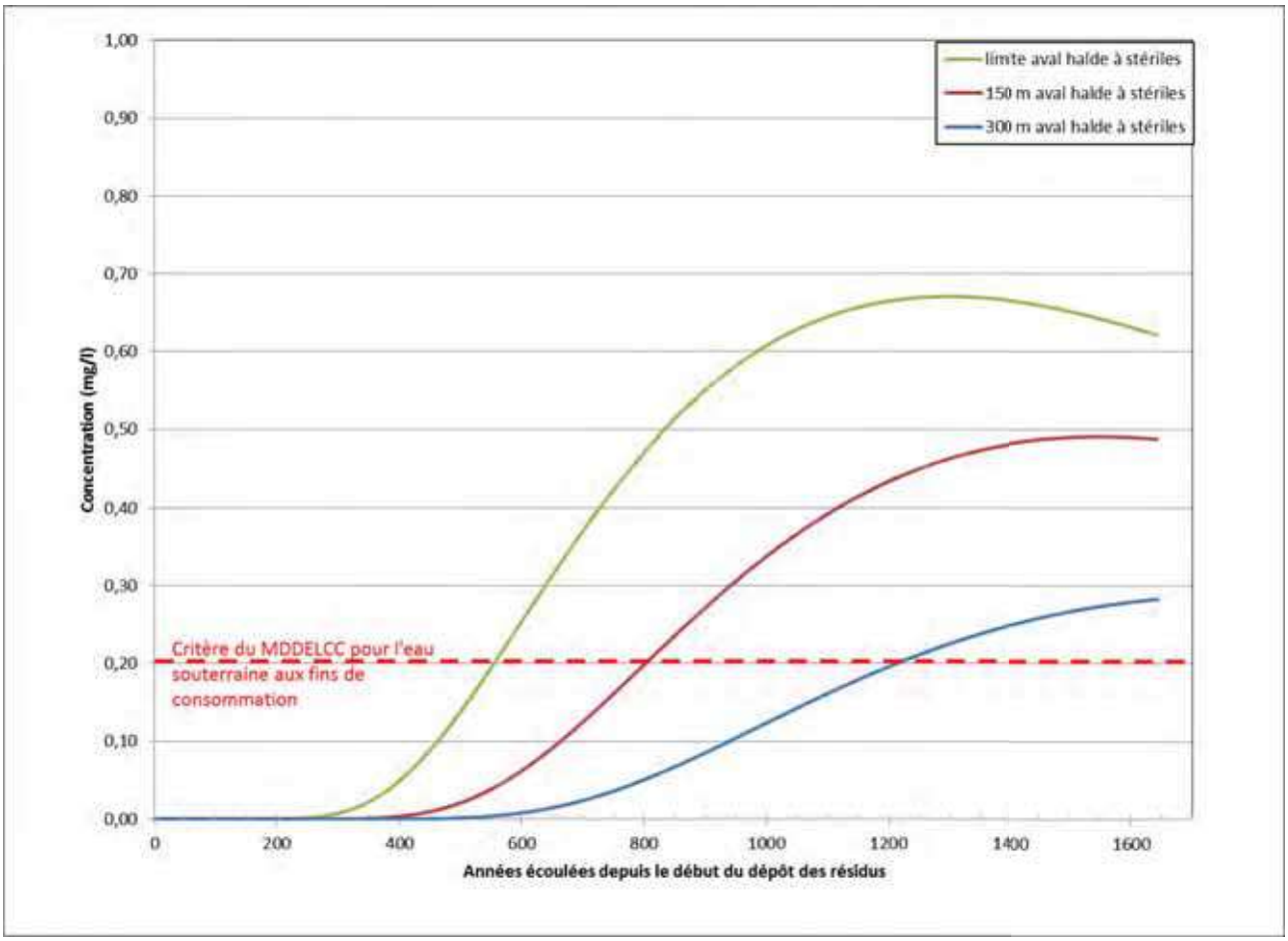


Figure 3: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – scénario #1 : $\lambda = 0$

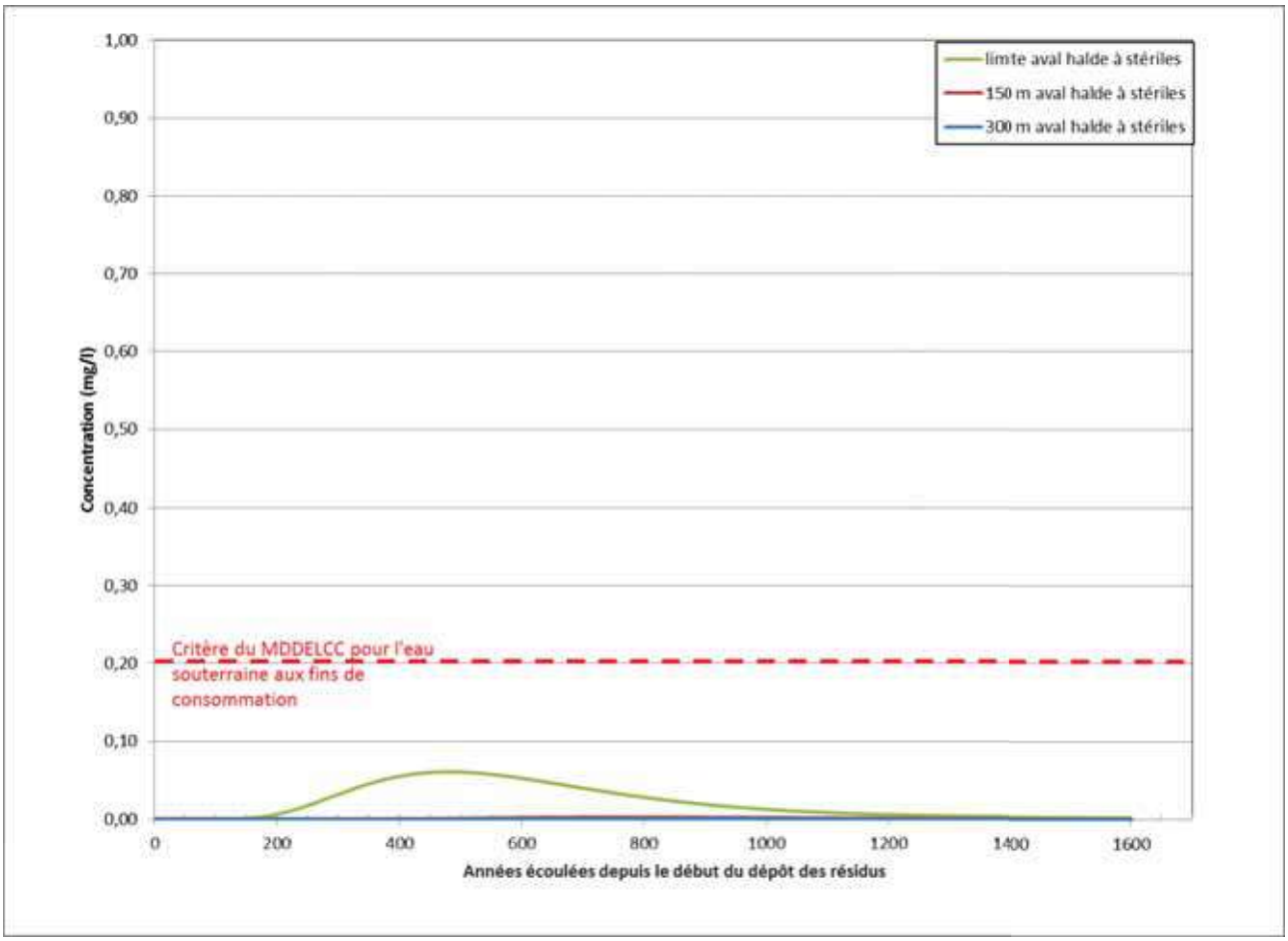


Figure 4: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – scénario #2 : λ= 1x10-5 1/j

6.1.2.2 Conductivité hydraulique du remblai de fondation

Le scénario #3 considère que le remblai de fondation mis en place pour améliorer le substrat possède une conductivité hydraulique (K) supérieure d'un ordre de grandeur à celle du cas de base, soit $5x10^{-8}$ m/s au lieu de $5x10^{-9}$ m/s. La pertinence de tester ce scénario réside dans le fait qu'une certaine incertitude existe quant à la conductivité hydraulique, ou perméabilité, réelle que pourra avoir le remblai de fondation, par rapport à la conductivité hydraulique des matériaux non remaniés naturellement en place, qui serviront pour l'amélioration du substrat. Le choix d'une valeur plus grande vise à considérer une situation où la mise en place de matériaux préalablement excavés ne permettrait pas de recréer une couche à perméabilité équivalente.

L'évolution des concentrations en cyanures totaux simulées dans l'eau souterraine à l'aval du parc à résidus pour le scénario #3 est présentée sur la figure 5. Cette figure indique que la concentration maximale en cyanures totaux à la limite aval de la halde à stériles augmente peu pour le scénario #3 par rapport au cas de base et demeure sous le critère aux fins de consommation du MDDELCC à 150 m à l'aval de la halde à stériles.

Il apparaît que la conductivité hydraulique, ou perméabilité, du remblai de fondation a une influence limitée à modérée sur les concentrations en cyanures totaux migrant dans les formations géologiques sous-jacentes et à l'aval du parc à résidus. L'augmentation des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc, découlant d'une augmentation d'un ordre de grandeur de la conductivité hydraulique du remblai de fondation, s'avère relativement faible, et ces concentrations y demeurent sous la valeur du critère applicable. Ceci indique qu'une certaine tolérance est admissible quant à la conductivité hydraulique réelle que possédera le remblai de fondation, suite à sa mise en place, et qu'une déviation de celle-ci d'un ordre de grandeur par rapport à la conductivité hydraulique de l'argile naturelle n'aurait pas d'impact significatif sur la qualité de l'eau souterraine à l'aval des aires d'accumulation.

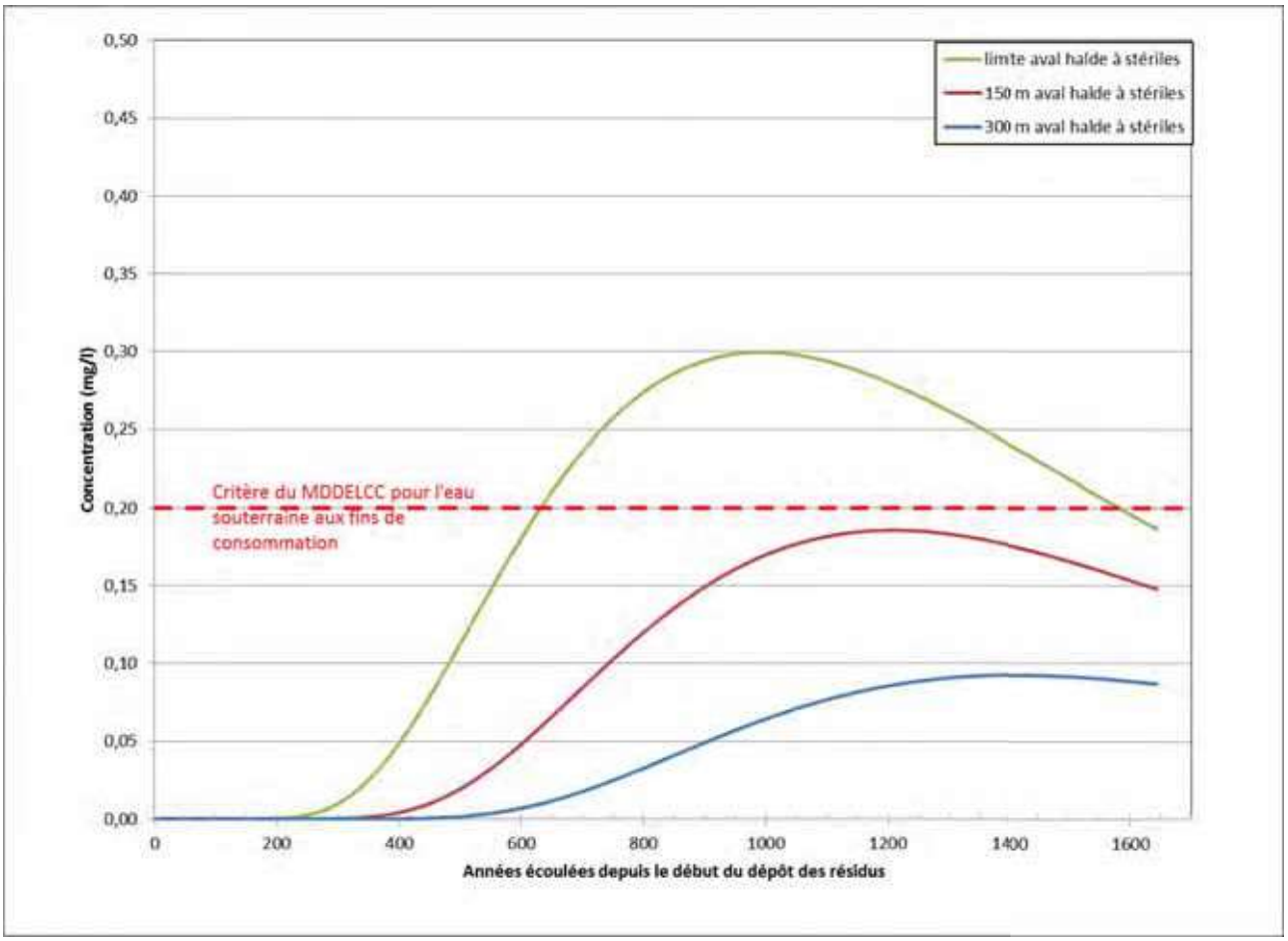


Figure 5: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – scénario #3 : K remblai de fondation X 10

6.1.2.3 Infiltration au niveau des résidus épaissis

Le scénario #4 considère une recharge en surface des résidus épaissis correspondant au double de celle appliquée dans le cas de base. Ceci correspond à un taux de recharge de 150 mm/an. Il s'agit d'une valeur dans la plage supérieure du spectre des taux de recharge possibles en surface des résidus épaissis. Le scénario #5

considère une recharge en surface des résidus épaissis égale à la moitié de celle appliquée dans le cas de base. Ceci correspond à un taux de recharge de 37,5 mm/an. Dans ce cas, il s'agit d'une valeur dans la plage inférieure du spectre.

L'évolution des concentrations en cyanures totaux dans l'eau souterraine à l'aval du parc à résidus pour les scénarios #4 et #5 est présentée aux figures 6 et 7, respectivement. À la limite aval de la halde à stériles, la concentration maximale en cyanures totaux augmente d'environ 15 % pour le scénario #4 (recharge du cas de base X 2) et diminue d'environ 20 % pour le scénario #5 (recharge du cas de base / 2), par rapport au cas de base.

À 150 m à l'aval de la halde à stériles, la concentration maximale en cyanures totaux augmente d'environ 20 % pour le scénario #4 (recharge du cas de base X 2) et diminue d'environ 20 % pour le scénario #5 (recharge du cas de base / 2), par rapport au cas de base.

Ces résultats montrent que les concentrations simulées par le modèle sont relativement moins sensibles au taux de recharge appliqué qu'à la constante de dégradation. Ceci confère une certaine robustesse au modèle, étant donné que la recharge est généralement un paramètre possédant un niveau d'incertitude relativement élevé. Ils soulignent par ailleurs l'importance du rôle que jouent les inclusions du parc à résidus dans le retrait de la masse de cyanures totaux présente dans les résidus. Il apparaît donc comme critique le fait que ces inclusions puissent jouer leur rôle drainant efficacement et de façon durable.

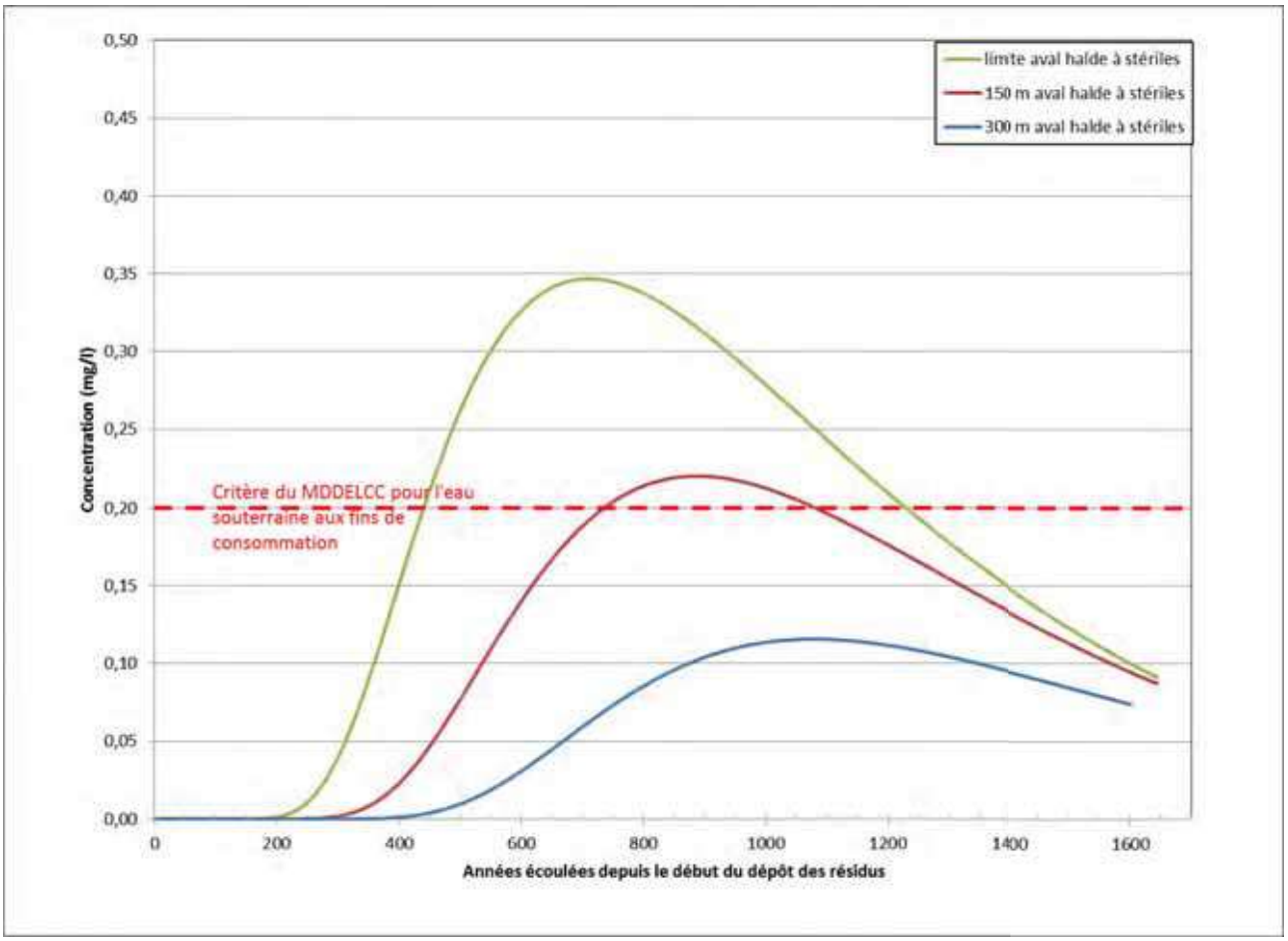


Figure 6: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – scénario #4 : Recharge X 2

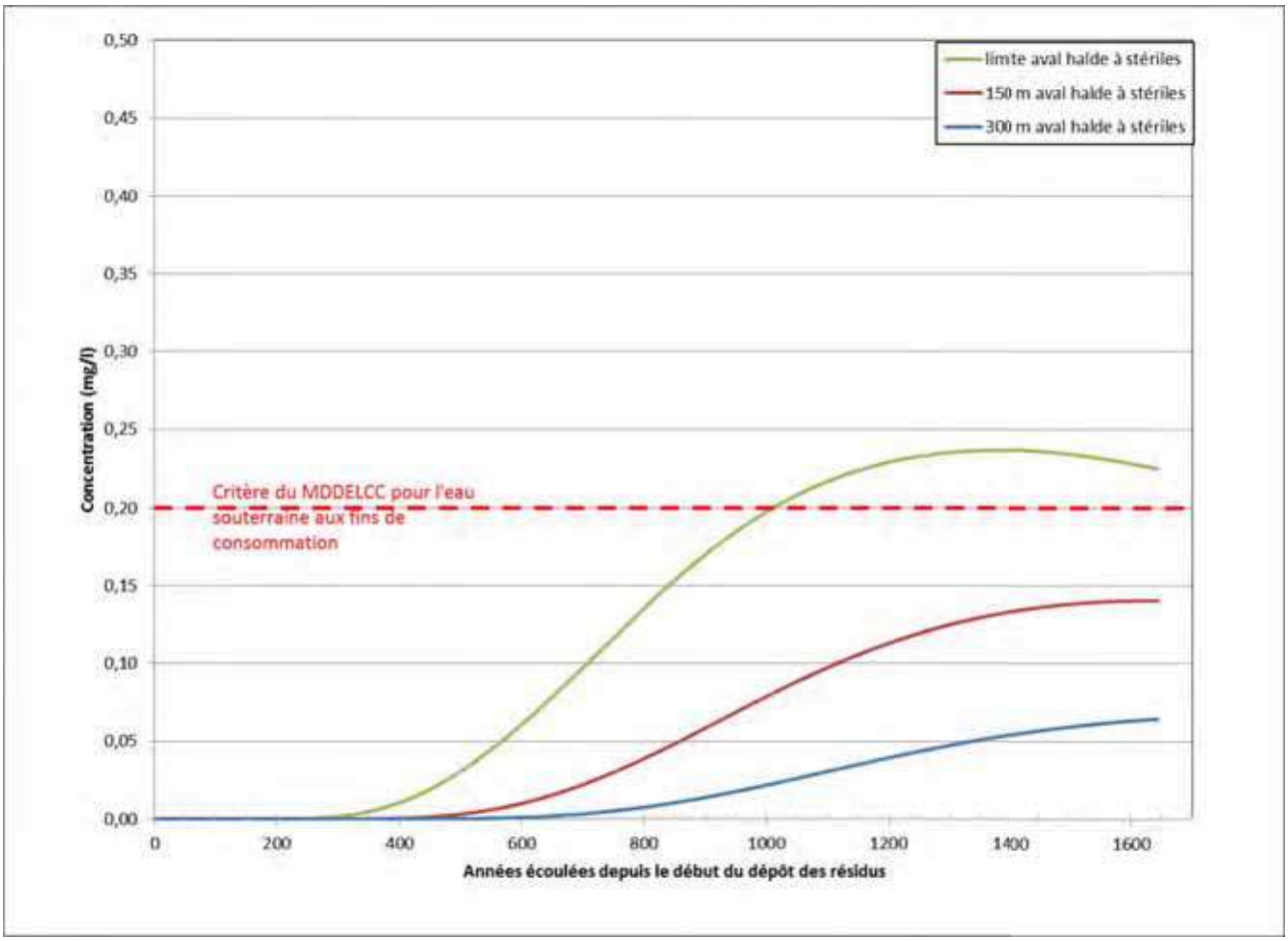


Figure 7: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – scénario #5 : Recharge / 2

6.1.2.4 Coefficient d'adsorption

Le scénario #6 de l'analyse de sensibilité du modèle a été réalisé avec un coefficient d'adsorption plus faible pour les cyanures dans les dépôts peu perméables (silt et argile), équivalent à un coefficient de retard de 5 (ce coefficient de retard varie de 14 à 18 pour le cas de base). Les résultats de ce scénario sont présentés sur la figure 8 ci-dessous. Il est à noter que ce scénario est très conservateur, car le facteur de retard est plus faible que l'intervalle obtenu à partir de valeurs de la littérature (coefficient de retard variant entre 7 et 60 selon Smith et Mudder, 2001). Comme l'illustre la figure 8 ci-dessous, les concentrations maximales en cyanures totaux prédites par ce scénario seraient environ 1,5 fois supérieures à celles prédites avec le cas de base. Bien qu'il soit très conservateur, ce scénario permet d'apprécier la variabilité des concentrations simulées en regard du coefficient de retard. Le suivi de la qualité des eaux souterraines en aval des aires d'accumulation de résidus permettra de confirmer les prédictions du modèle. À noter que CMGP prévoit mettre en place un procédé de destruction des cyanures avec l'acide de Caro. Ce procédé permettra de réduire les concentrations en ferrocyanures, l'espèce de cyanures la plus difficile à dégrader, de sorte que les cyanures résiduels seront plus faciles à dégrader, ce qui confirme l'approche conservatrice de la modélisation de transport de contaminants.

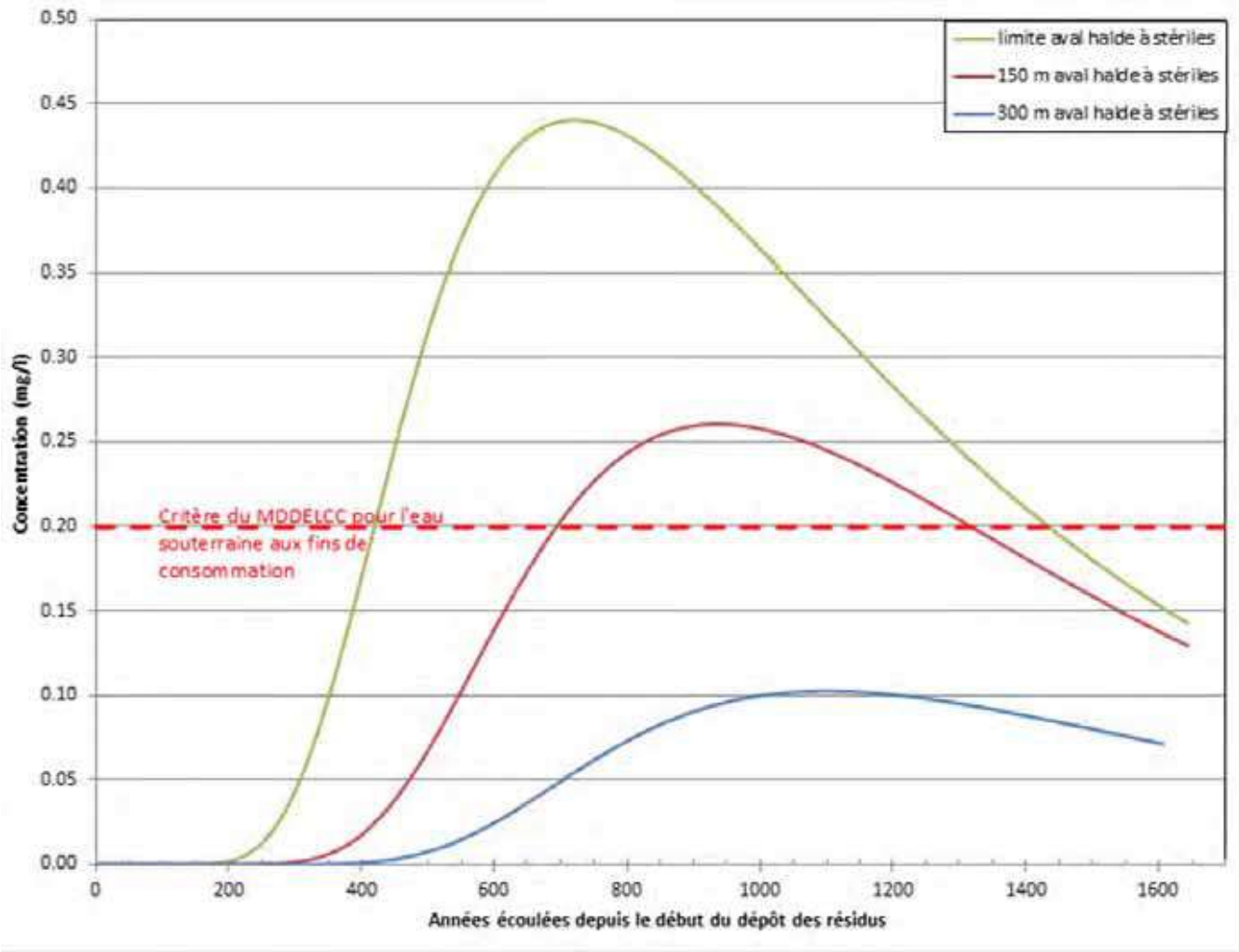


Figure 8: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – scénario #6 : Coefficient de retard des dépôts peu perméables = 5

6.1.2.5 Porosité de l'argile

Le scénario #7 de l'analyse de sensibilité a été fait en utilisant une porosité de l'argile deux fois plus faible (5%) que pour le cas de base. Comme illustré sur la figure 9 ci-dessous, les résultats montrent que ce paramètre a peu d'influence sur la migration des contaminants prédite par le modèle, car le pic des concentrations est légèrement plus faible que le cas de base modélisé.

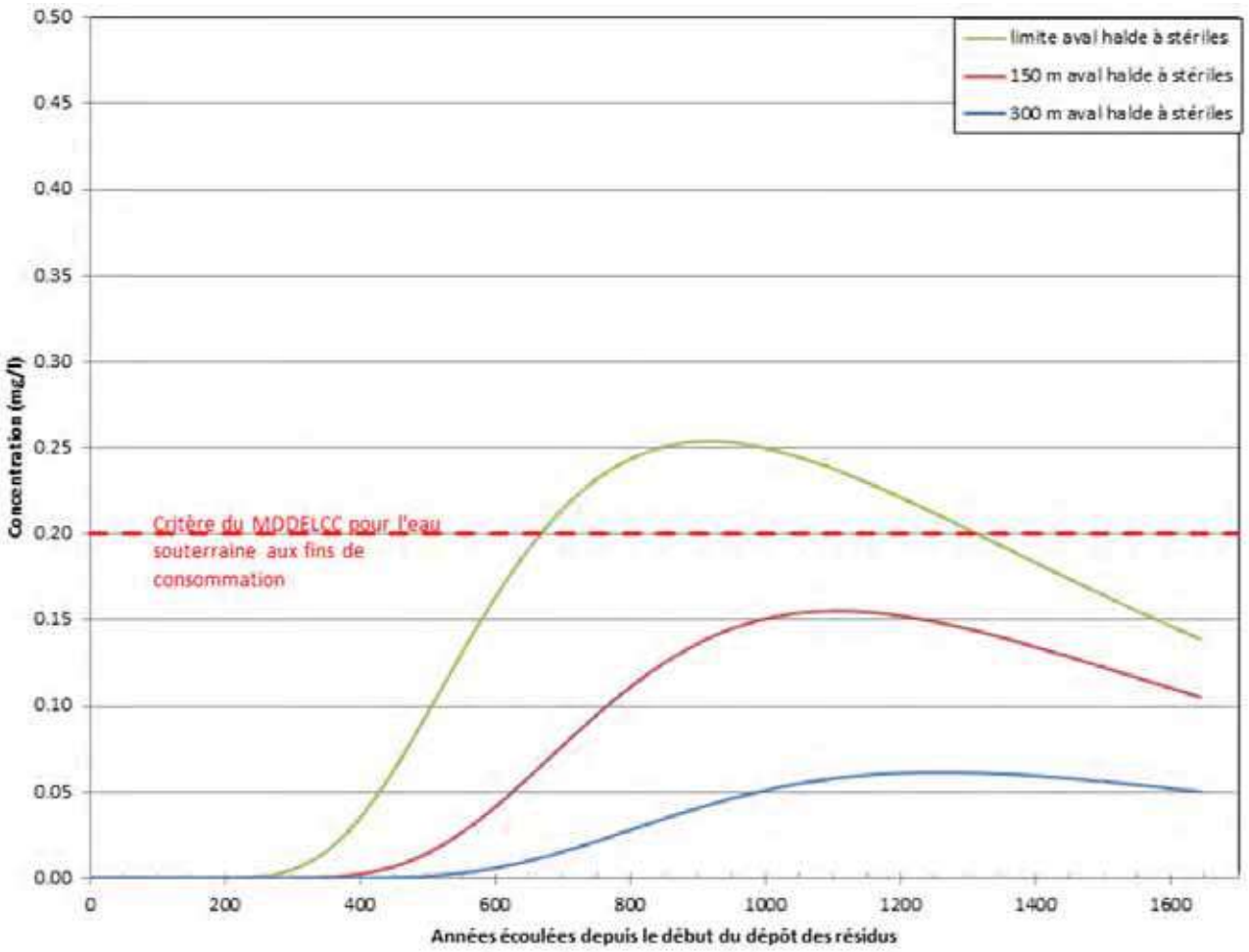


Figure 9: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – scénario #7 : Porosité de l'argile divisée par 2

6.1.2.6 Paramètres capillaires des résidus

Pour cette étude de modélisation, des paramètres capillaires génériques ont été appliqués pour chaque paramètre du modèle (section 5.3). Ces valeurs, qui influent sur l'écoulement non saturé, sont identiques pour chacune des unités hydrostratigraphiques. Cette simplification est jugée sans impact significatif sur les concentrations prédites, en raison du fait que le transport de la contamination s'effectue en très grande majorité en milieu saturé (moins de 1% de l'écoulement se fait en milieu non saturé).

Par ailleurs, les données de laboratoire disponibles pour les résidus indiquent une frange capillaire importante, ce qui implique que l'eau dans les résidus serait moins mobile que ce qui a été modélisé. Le fait d'utiliser les paramètres capillaires Van Genuchten par défaut est donc une simplification conservatrice. Dans le cadre de l'analyse de sensibilité (scénario #8), une vérification a été faite avec le modèle en utilisant les données obtenues en laboratoire pour les résidus (Golder 2014e et tableau 7). Comme illustré sur la figure 10 ci-dessous, les résultats montrent que le pic de concentration à l'aval est similaire, la seule différence notoire étant que ce pic est observé plus tard dans le temps en utilisant les paramètres obtenus en laboratoire.

Tableau 7: Paramétrage capillaire du modèle de Van Genuchten appliqué aux résidus épaissis pour le scénario #8 de l'analyse de sensibilité

Paramètre (unités)	Valeur
α (1/m)	0,1
n (-)	1,9
m (-)	0,47
δ (-)	2

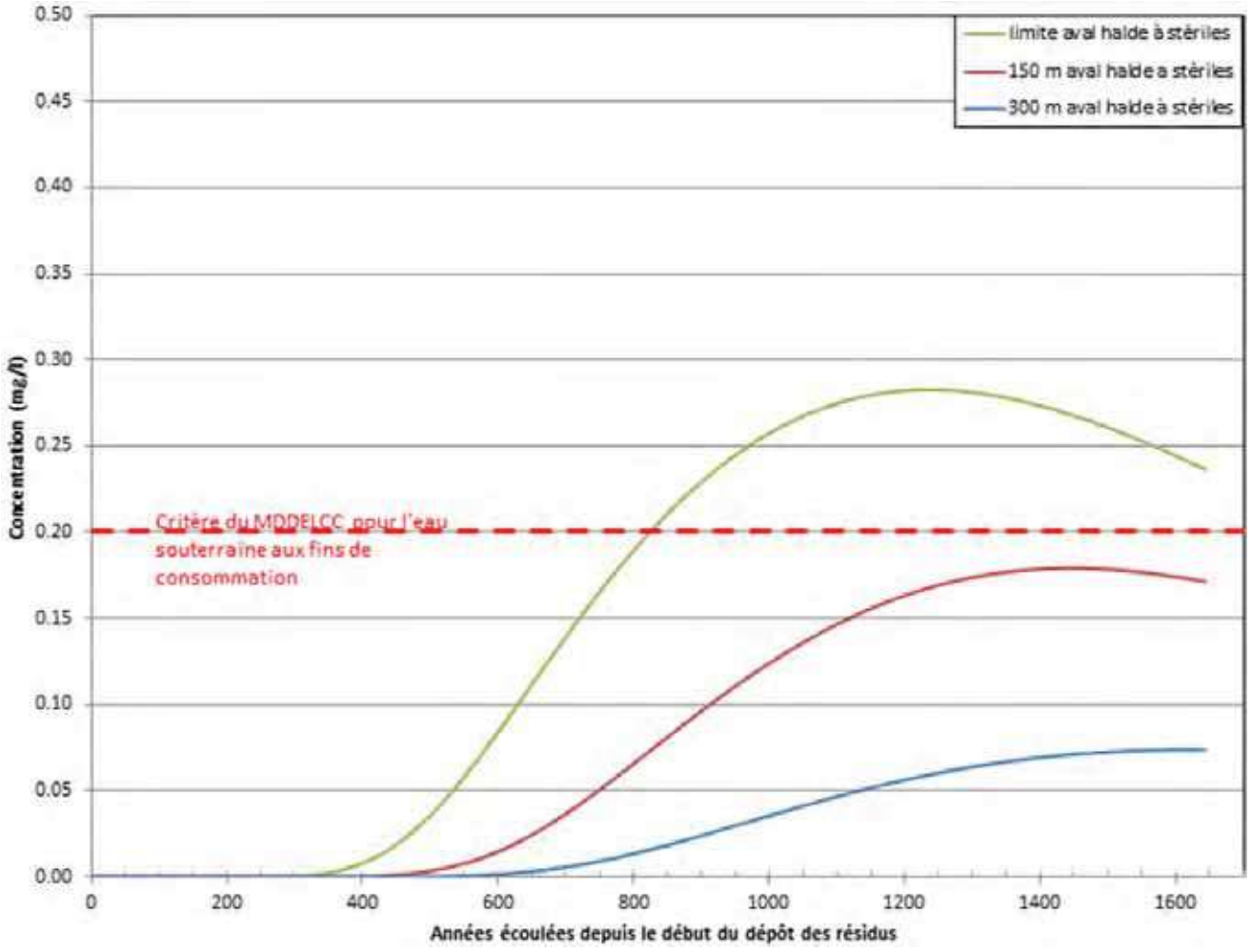


Figure 10: Variation temporelle des concentrations en cyanures totaux dans l'aquifère de roc – scénario #8 : Paramètres capillaires modifiées pour les résidus épaissis

6.2 Simulations prédictives – Sodium

La figure 11 montre l'évolution des concentrations simulées en sodium dans l'eau souterraine en fonction du temps. Il est observé sur cette figure que les concentrations en sodium n'excèderaient pas le critère aux fins de consommation du MDDELCC à la limite aval de la halde à stériles.

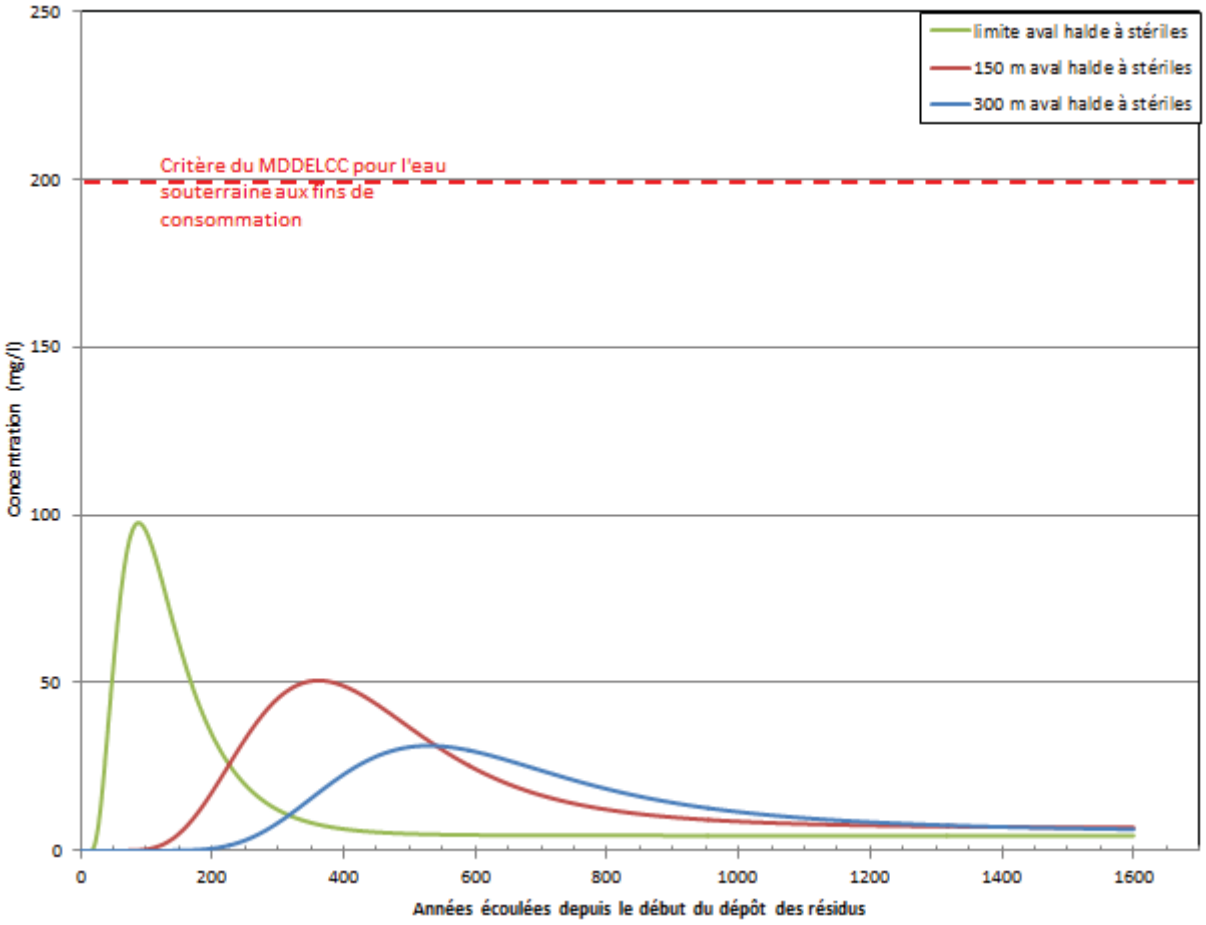


Figure 11: Variation temporelle des concentrations en sodium dans l'aquifère de roc

6.3 Simulations prédictives – Cuivre

6.3.1 Cas de base

La figure 12 montre l'évolution des concentrations simulées en cuivre dans l'eau souterraine en fonction du temps pour le cas de base, qui considère seulement le prolongement du parc à résidus comme source potentielle de contamination (aucun contaminant en provenance des stériles n'est considéré). Il est observé sur cette figure que les concentrations en cuivre à la limite aval de la halde à stériles sont très faibles (inférieures à $5x10^{-6}$ mg/L) et n'excèderaient pas le critère RESIE du MDDELCC.

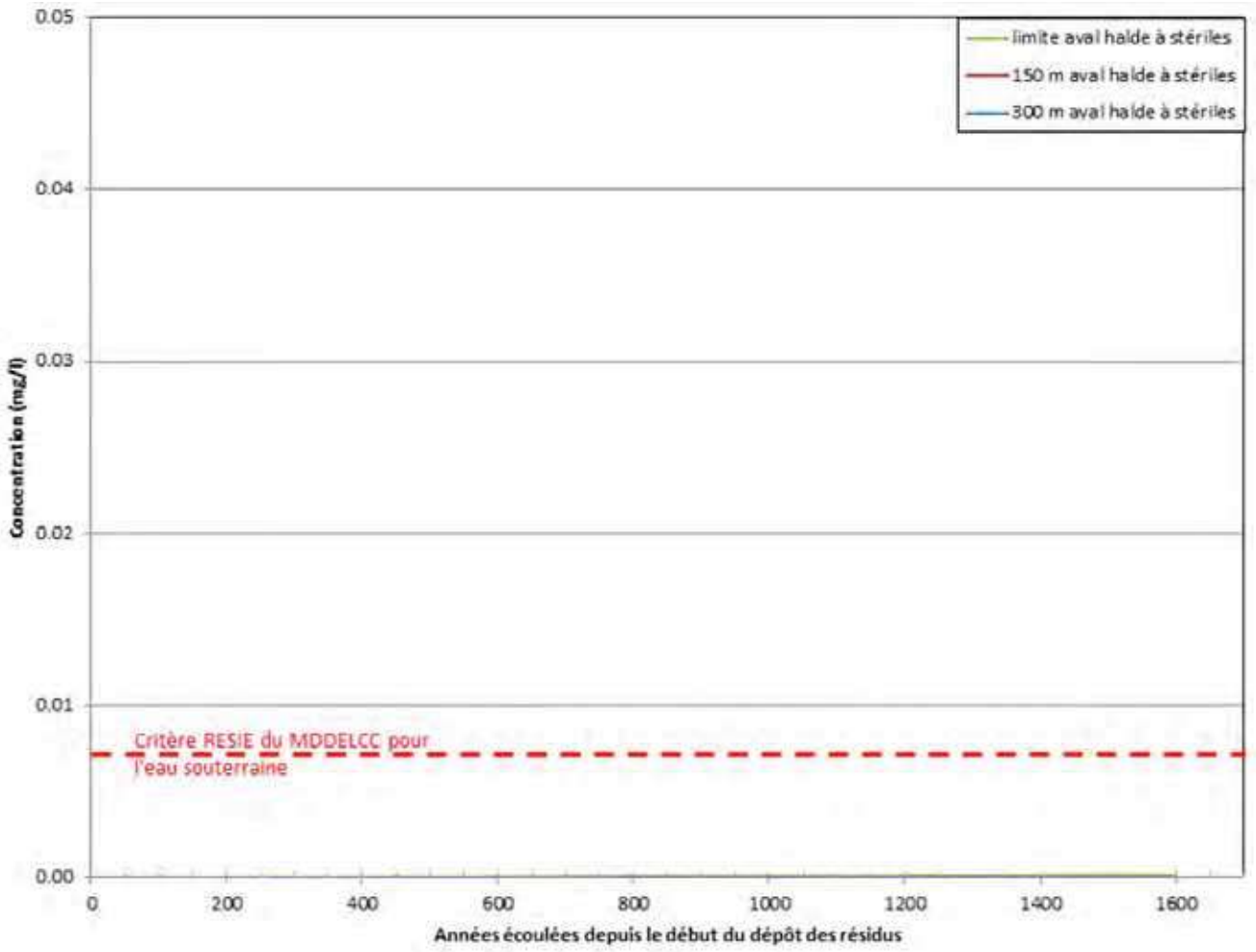


Figure 12: Variation temporelle des concentrations en cuivre dans l'aquifère de roc en considérant seulement le prolongement du parc à résidus comme source potentielle de contamination des eaux souterraines (Cas de base). Les concentrations maximales simulées pour ce cas sont inférieures à $5x10^{-6}$ mg/L

6.3.2 Analyse de sensibilité

Un scénario d'analyse de sensibilité a été effectué en considérant une source additionnelle de contamination en métaux dans le prolongement de la halde à stériles.

6.3.2.1 Définition des concentrations sources dans la halde à stériles

L'identification des contaminants d'intérêt pour la halde à stériles a considéré les résultats de l'analyse des métaux extractibles et des essais de lixiviation (SPLP et TCLP) réalisés sur 41 échantillons de minerai ainsi que sur 245 échantillons de stériles. Des statistiques ont été calculées sur les résultats des essais SPLP et TCLP pour chaque paramètre analysé, pour l'ensemble des échantillons. Lorsque la concentration d'un paramètre était sous la limite de détection, une valeur égale à la moitié de la limite de détection a été attribuée pour le calcul des

statistiques. Pour chacun des paramètres, le ratio entre la moyenne des concentrations (M_C) et le critère le plus restrictif (C_R) a été calculé (M_C/C_R). Les contaminants d'intérêt sont ceux qui présentent un ratio M_C/C_R supérieur à 1 et qui excédait le critère A de la Politique lors de l'analyse des métaux extractibles. Le tableau 8 présente les contaminants d'intérêt et leurs statistiques.

Tableau 8: Contaminants d'intérêt pour la halde à stériles

Essai	Paramètre	Concentration Médiane[1] (mg/L)	Concentration Moyenne (mg/L)	Critère[2] RESIE[3] (mg/L)	Critère[2] FC[4] (mg/L)	Ratio M_C/C_R[5]
SPLP	Zn	*0,003*	0,063	0,067	5	0,95
	Ni	*0,001*	0,0032	0,26	0,02	0,16
	Cu	*0,001*	0,0018	0,0073	1	0,24
	Pb	*0,001*	0,0020	0,034	0,01	0,20
TCLP	**Ni**	0,021	0,058	0,26	0,02	**2,9**
	Cu	0,0015	0,011	0,0073	1	**1,5**
	Pb	0,015	0,025	0,034	0,01	**2,5**

[1] : les valeurs en italiques correspondent à la limite de détection du paramètre. Ceci signifie que le paramètre était non-détecté dans plus de la moitié des échantillons analysés
[2] : critères de la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés, MENV (1999)
[3] : résurgence dans les eaux de surface ou infiltration dans les égouts
[4] : fin de consommation
[5] : moyenne des concentrations / critère le plus restrictif

Les essais SPLP donnent généralement des résultats plus représentatifs des processus hydrochimiques susceptibles de se produire dans un empilement tel que la halde à stériles projetée, par rapport aux résultats des essais TCLP. En effet, l'essai TCLP est réalisé en milieu acétique, ce qui n'est pas représentatif des conditions qui prévalent dans un empilement de stériles ou de minerai. Dans une optique d'utiliser une approche de modélisation prudente, les résultats des essais TCLP ont néanmoins été analysés et interprétés.

L'analyse des essais SPLP a révélé qu'aucun paramètre ne présente une moyenne des concentrations excédant le critère le plus restrictif (un ratio M_C/C_R supérieur à 1. Le ratio M_C/C_R maximal évalué est de 0,95, et il correspond au zinc. À titre indicatif, les données propres au nickel, au cuivre et au plomb sont également rapportées, dans le tableau 8. Sur la base des résultats des essais SPLP, il apparaît que le lixiviat qui pourra percoler de la halde à stériles vers les formations géologiques sous-jacentes respectera les critères de qualité de l'eau souterraine les plus restrictifs.

Les ratios calculés à partir des résultats des essais TCLP montrent que le cuivre, le nickel et le plomb présentent des ratios M_C/C_R supérieurs à 1. Considérant que le nickel présente le ratio M_C/C_R le plus élevé des deux types de matériaux testés, ce contaminant a été retenu pour l'analyse de sensibilité. En raison de sa mobilité généralement élevée, et significativement plus grande que celle du plomb, le cuivre a également été retenu. Deux scénarios d'analyse de sensibilité ont donc été développés : un pour la simulation de la migration du nickel (scénario #9), et un autre pour le cuivre (scénario #10).

Les concentrations sources considérées pour le prolongement de la halde à stériles sont présentés au tableau 9. Une concentration source égale à la concentration moyenne en nickel et en cuivre obtenue lors des essais TCLP a été imposée dans l'ensemble de la masse de la halde à stériles, à son stade ultime de développement. Cette concentration représente ainsi une masse finie de contaminants disponible à la migration. Une concentration

initiale égale à zéro a été définie pour le reste des unités du modèle. Les concentrations simulées n'incluent donc pas les teneurs de fond, soit celles pouvant déjà être présentes dans l'environnement. Ainsi, la concentration « réelle » correspondrait à la somme de la valeur simulée et de la teneur de fond. Toutefois, les teneurs de fond pour les contaminants d'intérêts sont généralement sous les limites de détection du laboratoire et leur contribution n'est donc pas jugée significative. Pour le prolongement du parc à résidus, les concentrations sources ont été définies sur la moyenne des résultats d'analyses obtenue à partir d'échantillons d'eau interstitielle prélevés à cinq reprises entre septembre 2013 et mai 2015 à partir de quatre puits d'observation (voir section 4.4)

Tableau 9: Concentrations sources en contaminants considérées pour la simulation incluant le prolongement de la halde à stériles comme source additionnelle de contamination

Paramètres	Concentration source parc à résidus – Cas de base (mg/L)	Concentration source halde à stériles – Source additionnelle pour l'analyse de sensibilité (mg/L)
Nickel	0,053	0,058
Cuivre	451	0,011

6.3.2.2 Résultats

Les figures 13 et 14 montrent respectivement l'évolution des concentrations simulées en nickel et en cuivre dans l'eau souterraine en fonction du temps en considérant le prolongement de la halde à stériles comme source additionnelle de contamination des eaux souterraines. Il est observé sur ces figures que les concentrations en nickel et en cuivre à la limite aval de la halde à stériles seraient faibles et n'excèderaient pas les critères RESIE et fins de consommation du MDDELCC.

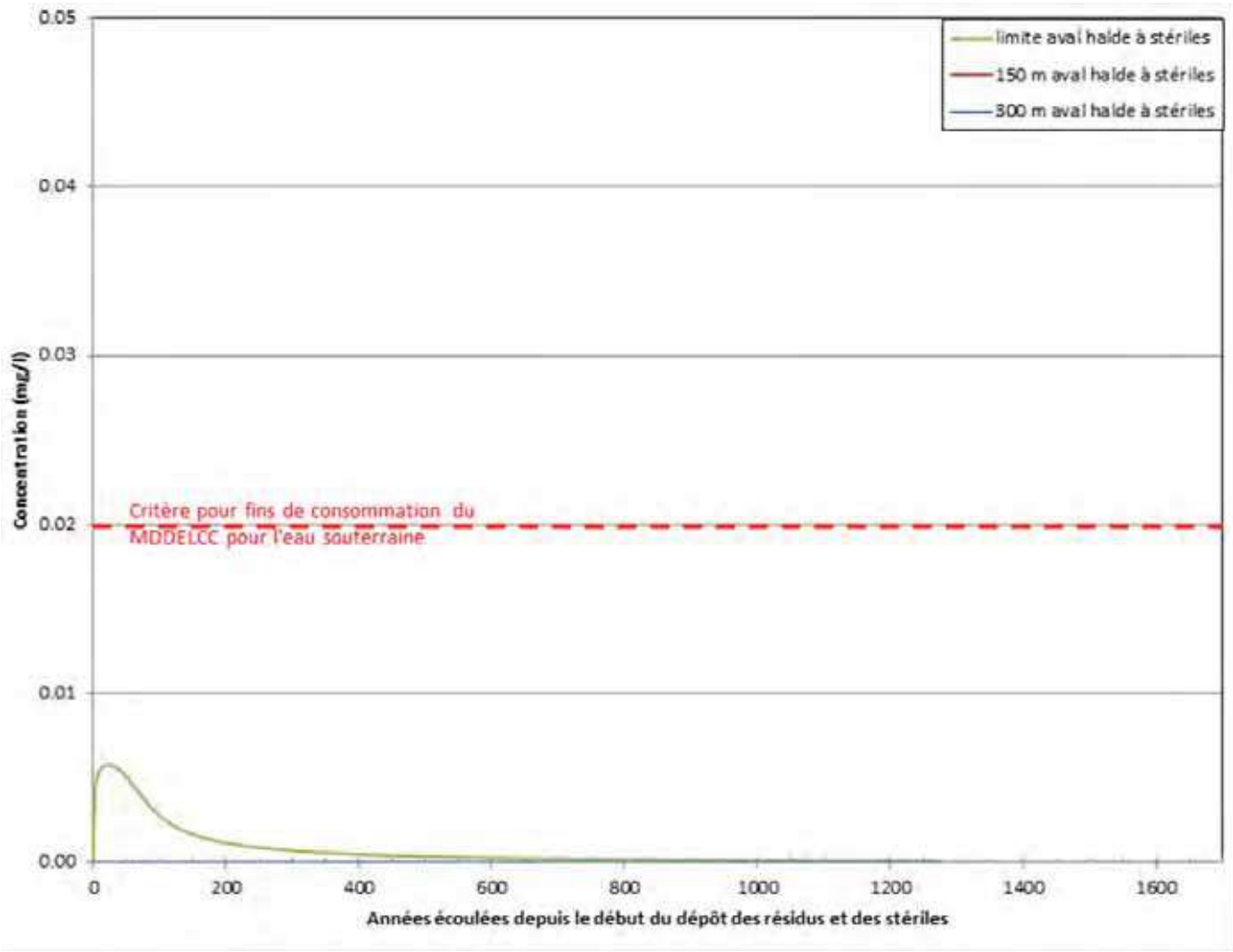


Figure 13: Variation temporelle des concentrations en nickel dans l'eau souterraine en considérant la halde à stériles comme source additionnelle de contamination des eaux souterraines – scénario #9

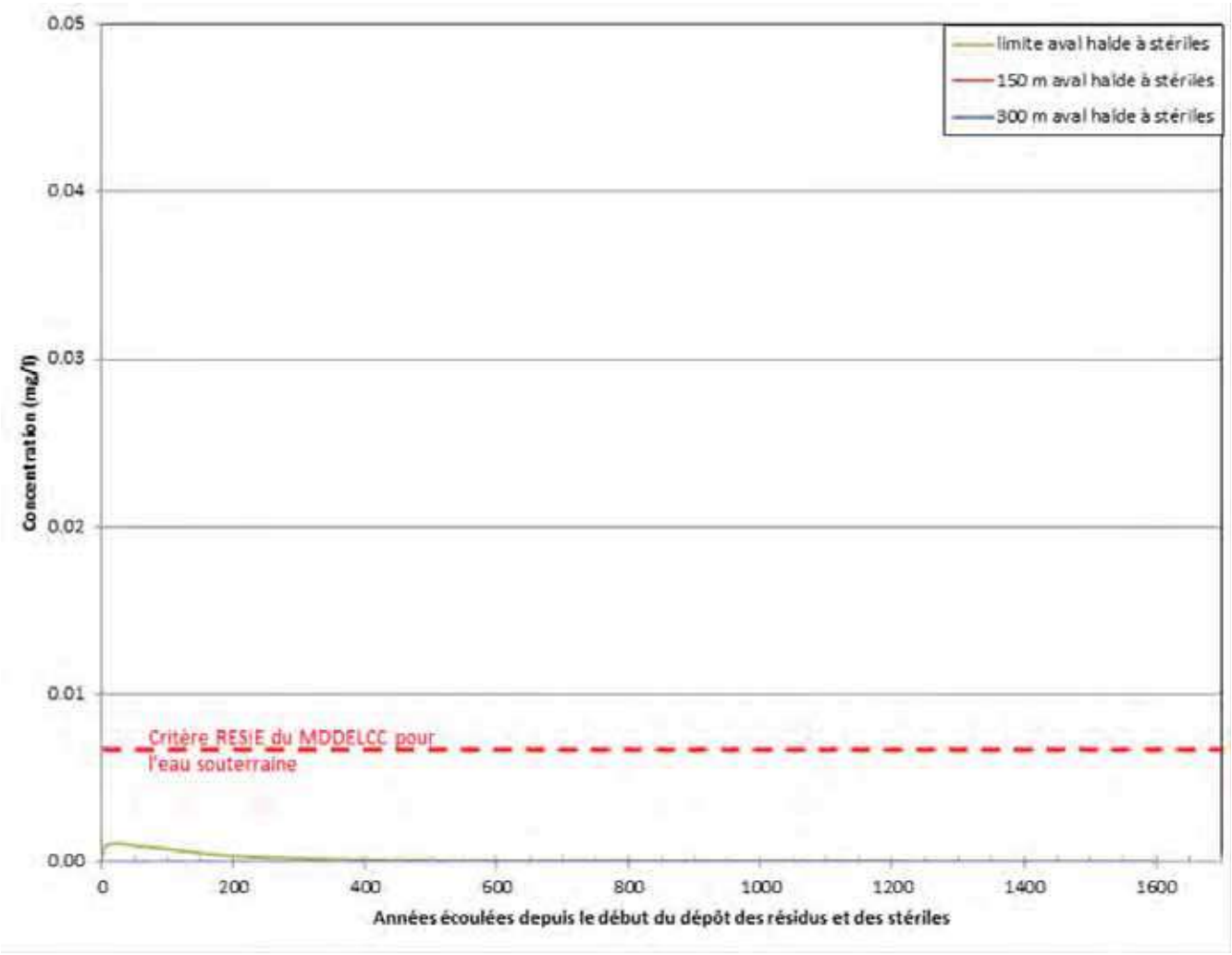


Figure 14: Variation temporelle des concentrations en cuivre dans l'eau souterraine en considérant la halde à stériles comme source additionnelle de contamination des eaux souterraines – scénario #10

6.4 Limites du modèle

Le modèle d'écoulement et de transport développé dans le cadre du présent mandat constitue une simplification du système hydrogéologique auquel s'ajouteront les résidus épaissis et stériles qui seront mis en place dans le prolongement des aires d'accumulation.

Une des principales simplifications est la représentation du système à l'aide d'un modèle en deux dimensions en coupe. Cette simplification ne permet pas d'intégrer la variabilité spatiale des unités hydrostratigraphiques et des flux d'eau aux limites du système dans la simulation de l'écoulement et du transport des contaminants. De fait, le

processus de migration est supposé être uniforme dans l'espace, alors qu'il devrait plutôt varier en relation avec les variations de la stratigraphie, de même qu'avec la variation des flux d'eau entrant ou sortant.

Bien que le choix de l'axe de coupe modélisée soit basé sur des critères prudents, il s'avère possible que l'écoulement et le transport de contaminants selon d'autres axes puissent générer des concentrations différentes de celles simulées pour le cas de base. En contrepartie, la représentation du système à l'aide d'un modèle en deux dimensions s'avère une approche prudente, en raison du fait que cela suppose un système dont l'extension transversale est infinie. Cette simplification a pour effet de négliger l'écoulement divergeant perpendiculairement à l'axe de la coupe et la dispersion transversale, ce qui peut engendrer une surestimation des concentrations simulées.

Une autre simplification considérée prudente est l'absence de l'horizon de matière organique dans le modèle développé, alors que celui-ci favorise l'adsorption des contaminants, de même que la biodégradation des cyanures. De plus, le modèle considère que tous les cyanures totaux sont présents sous la forme de ferrocyanures seulement, ce qui représente une hypothèse très prudente.

À la lumière des simplifications et hypothèses exposées précédemment, il apparaît que le modèle d'écoulement et de transport développé permet de simuler de façon suffisamment prudente la migration des contaminants pour servir d'outil d'aide à la décision, en vue de guider la conception et l'aménagement du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles dans le secteur ciblé.

7.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Une étude hydrogéologique a été réalisée afin de déterminer si le prolongement du parc à résidus épaissis et de la halde à stériles, le mode de gestion de ces matériaux et l'approche d'amélioration du substrat du parc à résidus qui est envisagée permettront de respecter les objectifs de protection des eaux souterraines. Un modèle hydrogéologique conceptuel a été développé et inclut une interprétation de la stratigraphie locale, sur laquelle se superposent les résidus épaissis puis les stériles. Le modèle inclut une couche de remblai de faible perméabilité d'une épaisseur de 1,5 m à la base des résidus épaissis sous lesquels l'argile naturelle est absente ou d'épaisseur inférieure à 1 m. Cette couche est destinée à améliorer le niveau de protection des eaux souterraines circulant dans l'aquifère de roc sous-jacent.

Le modèle hydrogéologique conceptuel a permis la construction d'un modèle numérique à partir duquel le transport des cyanures totaux, contaminants jugés d'intérêt prioritaire, a été simulé, afin d'évaluer les impacts potentiels du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles sur la qualité de l'eau souterraine. Le cas de base du modèle numérique prédit une concentration maximale en cyanures totaux de 0,18 mg/l dans l'aquifère de roc à 150 m à aval de la halde à stériles. Cette concentration est ainsi inférieure au critère à des fins de consommation du MDDELCC (0,2 mg/l) pour les cyanures totaux. Pour les deux autres contaminants d'intérêt, soit le sodium et le cuivre, les concentrations prédites dans l'eau souterraine à la limite aval de la halde à stériles sont inférieures aux critères du MDDELCC.

L'analyse de sensibilité réalisée sur le cas de base a montré l'importance du processus de dégradation dans la migration des cyanures totaux. Également, l'analyse de sensibilité a montré que la perméabilité du remblai destiné à l'amélioration du substrat avait une influence limitée à modérée sur la migration des contaminants. Ainsi, bien

que la qualité de la mise en place du remblai s'avère importante, une certaine tolérance quant à la variabilité de sa conductivité hydraulique finale est admissible. Un autre aspect investigué dans le cadre de l'analyse est l'influence de la recharge en surface des résidus épaissis sur la migration des cyanures totaux. Il a été montré que le modèle s'avérait robuste relativement à la variabilité de la recharge en surface des résidus épaissis. Il s'avère néanmoins recommandé de continuer à gérer l'aire d'accumulation de façon à minimiser l'infiltration d'eau à sa surface.

Les résultats de la modélisation indiquent que le concept du prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles, combinée à l'approche d'amélioration du substrat de ces aménagements présentement envisagée, permettront de respecter les objectifs de protection des eaux souterraines de la Directive 019. De fait, le modèle prédit qu'il n'y aura aucune dégradation significative de la qualité de l'eau souterraine de l'aquifère de roc à plus de 150 m à l'aval de la halde à stériles, le long de la coupe modélisée. Ainsi, considérant l'approche prudente de modélisation et le mode de gestion des résidus proposé, aucun impact aux récepteurs d'eau souterraine n'est appréhendé pour le parc à résidus et la halde à stériles.

Préalablement au prolongement du parc à résidus, il est recommandé de mettre en place une couche de remblai de faible perméabilité d'une épaisseur d'au moins 1,5 m aux emplacements où l'argile naturelle est absente ou d'épaisseur inférieure à 1 m. De plus, le programme de surveillance des eaux souterraines de la Mine devrait inclure de nouveaux puits aménagés à l'aval du prolongement de la halde à stériles afin de valider les prédictions du modèle et prévenir les impacts aux récepteurs d'eau souterraine.

8.0 RÉFÉRENCES

Anderson, M.P., and Woessner, W.W., 1992. *Applied groundwater modeling – Simulation of flow and advective transport*. Academic Press inc., Harcourt Brace Jovanovich, Publishers. 381 p.

Battelle Memorial Institute. 1989. *Chemical Databases for the Multimedia Environmental Pollutant Assessment System (MEPAS)*. Version 1. December 1989.

Diersch, H.-J. G., 2014. *FEFLOW – Finite element modeling of flow, mass and heat transport in porous and fractured media*. Springer, Berlin Heidelberg, XXXV, 996p.

Franz, T.J., and Rowe, R.K., 1993. *Simulation of groundwater flow and contaminant transport at a landfill site using models.* International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics. Vol. 17- 7, pp. 435-455.

Gelhar, L.W., Welty, C. and Rehfledt, K.W., 1992. *A critical review of data on field-scale dispersion in aquifers.* Water Resource Research. 28(7) , pp. 1955-1974

Golder Associés Ltée, 2008. *Évaluation du débit d'exhaure et des impacts potentiels sur les niveaux des eaux souterraines, Osisko Exploration Malartic, Québec, Canada*. Nº Réf. 07-1221-0028-2400

Golder Associés Ltée, 2009a. *Projet Canadian Malartic – Impacts potentiels du parc à résidus sur la qualité de l'eau souterraine, Corporation minière Osisko, Malartic, Québec*. Nº réf. 07-1221-0028-3900

Golder Associés Ltée, 2009b. *Estimation par modélisation numérique du débit d'eau s'exfiltrant du parc à résidus vers le roc - Corporation minière Osisko, Malartic, (Québec)*. Nº réf.07-1221-0028-3700

Golder Associés Ltée, 2009c. *Rapport factuel d'investigation géotechnique pour le parc à résidus miniers, Projet Canadian Malartic, Corporation minière Osisko, Malartic, Québec*. Nº réf. 07-1221-0028-3300

Golder Associés Ltée, 2009d. *Estimation par solution analytique du taux d'exfiltration du bassin de polissage vers le roc, Corporation minière Osisko, Malartic, Québec*. Nº réf. 07-1221-0028-3302

Golder Associés Ltée, 2009e. *Modélisation des impacts potentiels du bassin sud-est sur la qualité de l'eau souterraine – Projet Canadian Malartic, Corporation minière Osisko, Malartic, Québec*. Nº réf. 07-1221-0028-3800

Golder Associés Ltée, 2010. *Évaluation des effets potentiels du nouveau parc à résidus miniers sur la qualité de l'eau souterraine – Projet Canadian Malartic - Corporation minière Osisko, Malartic (Québec).* Nº réf. 07-1221-0028-3800-2

Golder Associés Ltée, 2012a. *Rapport factuel d'investigation géotechnique – secteur à l'est du parc à résidus de la Mine*. No réf. 001-11-1221-0105

Golder Associés Ltée, 2012b. *Investigation des piliers de surface de la mine Barnat-Sladen.* Nº réf. 017-10-1221-0123

Golder Associés Ltée, 2013. *Suivi des eaux souterraines 2012 – Mine Canadian Malartic, Malartic (Québec)*. Nº réf. 004-10-1221-4002

Golder Associés Ltée. 2014a. *Évaluation de la qualité des eaux souterraines dans le secteur du prolongement de la halde à stériles et du parc à résidus, Mine Canadian Malartic, Québec.* Nº réf. 002-10-1221-0107-6002

Golder Associés Ltée, 2014b. *Analyse de la stratigraphie en regard du niveau de protection des eaux souterraines requis pour le prolongement du parc à résidus et de la halde à stériles*. Nº réf. 026-13-1221-0020-3040

Golder Associés Ltée, 2014c. *Rapport de caractérisation de l'eau interstitielle des résidus de la mine Canadian Malartic*. Nº réf. 072-13-1221-0020-2020-RF-Rev0

Golder Associés Ltée. 2014d. *Programme de caractérisation géochimique 2012-2013, Mine Canadian Malartic, Malartic, Québec* . Nº réf. 046-13-1221-0020-5010

Golder Associés Ltée. 2014e. *Plan conceptuel de gestion des eaux et bilan d'eau – Conditions ultimes d'opération*. Nº réf. 021-13-1221-0020-3020 Rev 0

Golder Associés Ltée. 2014f. *Rapport de caractérisation des résidus miniers, Mine Canadian Malartic, Malartic, Québec* . Nº réf. 046-13-1221-0020-5010

Meeussen, J.C.L., Keizer, M.G. and De Haan, F.A.M. 1992. *The chemical stability and decomposation rate of iron cyanide complexes in soil solutions.* Environmental Science and Technology. 26 (3), pp. 511-516.

Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec (MEF), 1999. *Guide de classification des eaux souterraines du Québec*. Direction des politiques de l'eau. 12 p.

Ministère de l'Environnement du Québec (MENV), 1999. *Politique de protection et de réhabilitation des sols et des terrains contaminés*. Direction des politiques du secteur industriel, Service des lieux contaminés, 124 pages. Dernière mise à jour : novembre 2001.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), 2012. *Directive 019 sur l'industrie minière.* Direction des politiques de l'eau, Services des eaux industrielles. Mars 2012.

Smith, A. and Mudder, T. 2001. *The Chemistry and Treatment of Cyanidation Wastes*. Mining Journal Books Ltd. Second Edition.

US Environmental Protection Agency (USEPA). 1999. *Partition Coefficients for Metals in Surface Water, Soil and Wastes*. June 1999.

9.0 SIGNATURES

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE

Michel Mailloux, ing., M.Sc.
Hydrogéologue, associé

Pierre Groleau, ing., M.Sc.
Hydrogéologue, associé principal

MM/PG/

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

n:\actif\2013\1221\13-1221-0020 osisko - expansion mine malartic\6 livrables émis\062 étude de modélisation\062-13-1221-0020-2020-rev4.docx

CONFIDENTIEL

0 500 1 000
1:25 000 MÈTRES

CLIENT
CANADIAN MALARTIC GP

CONSULTANT
Golder Associés

AAAA-MM-JJ	2015-07-17
PROJETÉ	C. Boyaud
DESSINÉ	S. Betnesky
REVISÉ	C. Boyaud
APPROUVÉ	P. Groleau

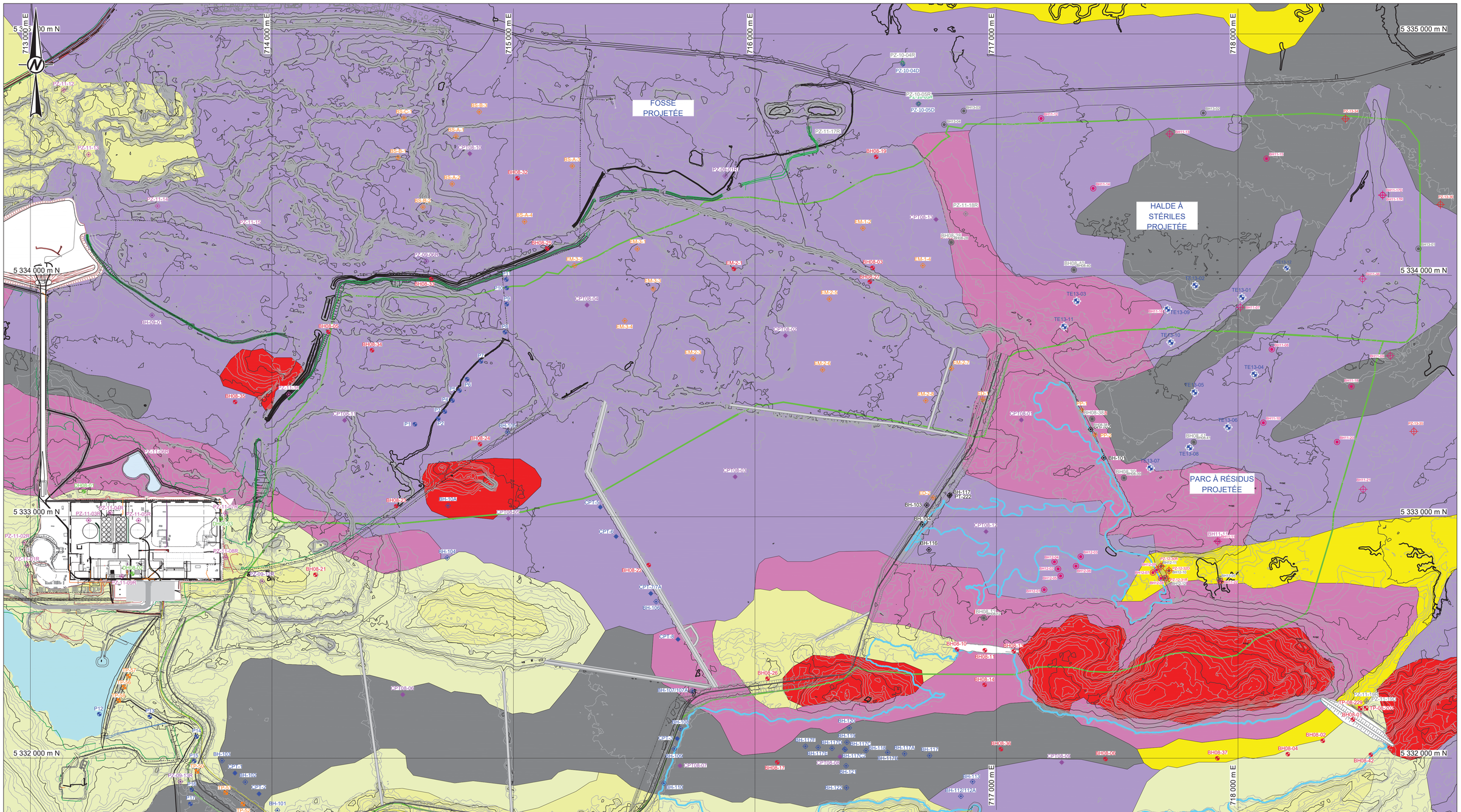
PROJET
ÉTUDE DE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE DES IMPACTS POTENTIELS SUR LA QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE DU PROLONGEMENT DE LA HALDE À STÉRILES ET DU PARC À RÉSIDUS, MINE CANADIAN MALARTIC, QUÉBEC - RAPPORT DE MODÉLISATION

TITRE
LOCALISATION DES AMÉNAGEMENTS PROJETÉS

N° PROJET	PHASE	Rév.	PLAN
13-1221-0020	2020	4	1

SI LA MESURE NE CORRESPOND PAS À L'ÉCHELLE, LA TAILLE DE LA FEUILLE A ÉTÉ MODIFIÉE: ANSI A

0 25 mm



CLIENT
CANADIAN MALARTIC GP

CONSULTANT
Golder Associés

PROJET
ÉTUDE DE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE DES IMPACTS POTENTIELS SUR LA QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE DU PROLONGEMENT DE LA HALDE À STÉRILES ET DU PARC À RÉSIDUS, MINE CANADIAN MALARTIC, QUÉBEC - RAPPORT DE MODÉLISATION

TITRE
CARTE DES DÉPfiTS MEUBLES (COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA)

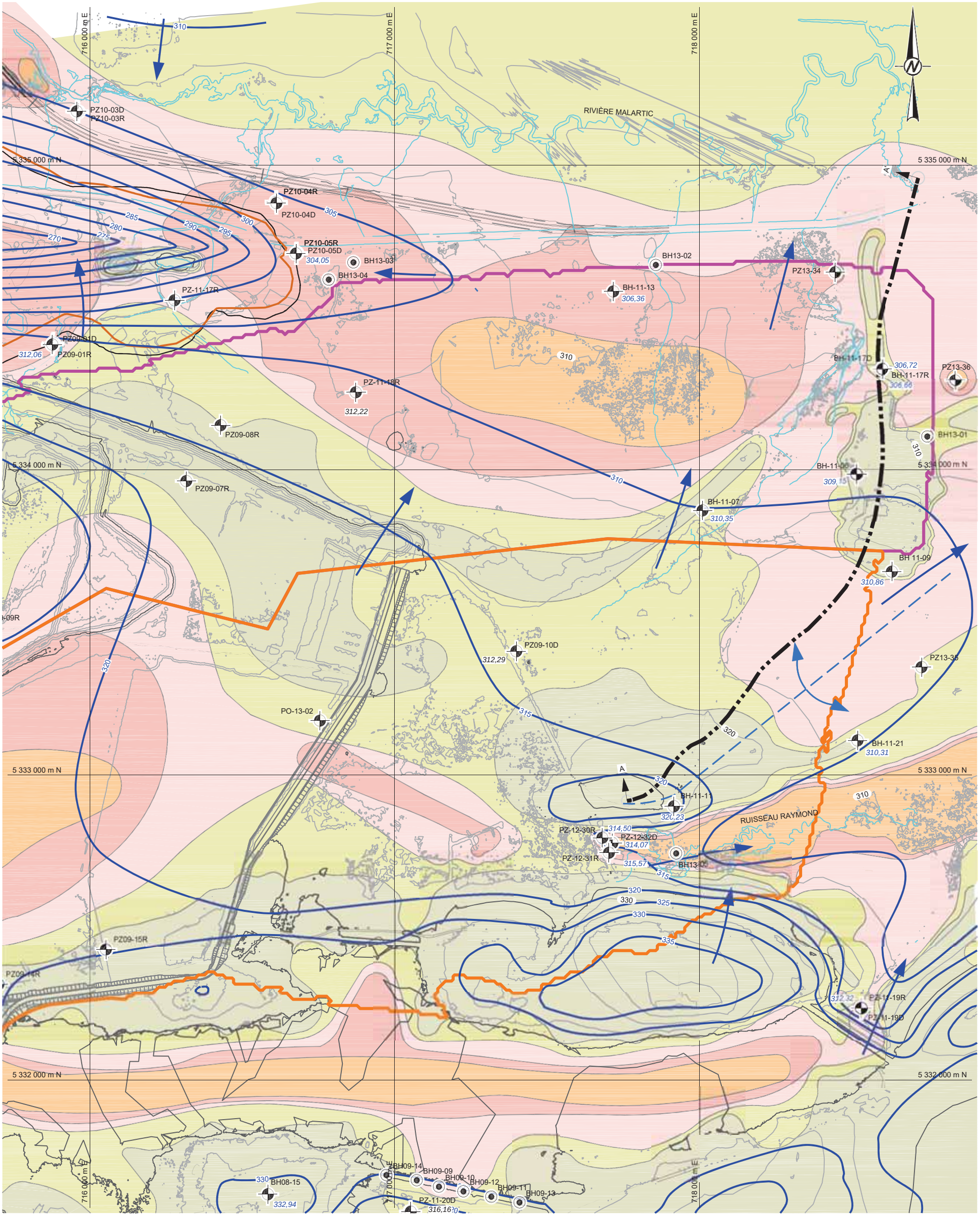
AAAA-MM-JJ	2015-07-17
PROJETÉ	C. Boyaud
DESSINÉ	S. Betnesky
REVISÉ	C. Boyaud
APPROUVÉ	P. Groleau

N° PROJET	PHASE	Rév.	PLAN
13-1221-0020	2020	4	2

SI LA MESURE NE CORRESPOND PAS À L'ÉCHELLE, LA TAILLE DE LA FEUILLE A ÉTÉ MODIFIÉE: ANSI D
0 25 mm

Chemin: \\golder.gld\gal\Montreal\SIG\CAD\PROJETS\GSISK\PRODUCTION\13-1221-0020\2020\2024\ | Nom du fichier: 131221t0020-2020-002.dwg

Chemin: \\golder.gds\gal\Montreal\SIG\CAD\PROJETS\OSISKO\PRODUCTION\13-1221-0020\2020\2024\ | Nom du fichier: 1312210020-2020-003.dwg



LÉGENDE

- PUITS D'OBSERVATION
- EMPREINTE DU PARC À RÉSIDUS PROJETÉ
- EMPREINTE DE LA HALDE À STÉRILES PROJETÉE
- 325 — COURBE ISOPIÈZE (m)
- 332,94 — ÉLÉVATION DU NIVEAU D'EAU SOUTERRAINE (m) (SEPTEMBRE 2012)
- DIRECTION D'ÉCOULEMENT DE L'EAU SOUTERRAINE
- LIGNE DE PARTAGE DES EAUX SOUTERRAINES

ÉPAISSEUR DE SOLS COHÉRENTS

- 0 à 1 m
- 1 à 2,5 m
- 2,5 à 5 m
- 5 à 10 m
- >10 m

CONFIDENTIEL

0 250 500
1:12 500 MÈTRES

CLIENT
CANADIAN MALARTIC GP

CONSULTANT
Golder Associés

AAAA-MM-JJ	2015-07-17
PROJETÉ	C. Boyaud
DESSINÉ	S. Betnesky
REVISÉ	C. Boyaud
APPROUVÉ	P. Groleau

PROJET
ÉTUDE DE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE DES IMPACTS POTENTIELS SUR LA QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE DU PROLONGEMENT DE LA HALDE À STÉRILES ET DU PARC À RÉSIDUS, MINE CANADIAN MALARTIC, QUÉBEC - RAPPORT DE MODÉLISATION

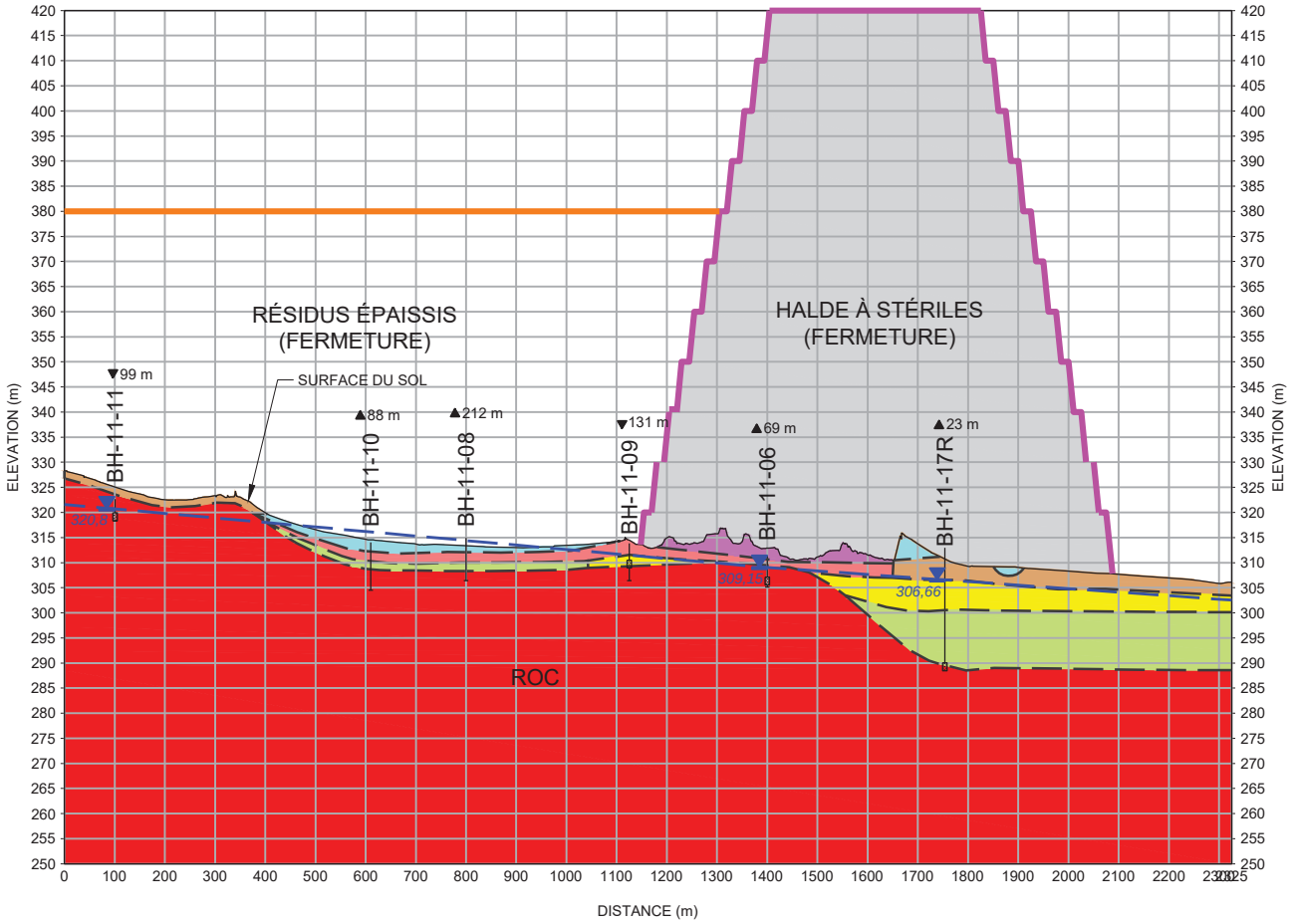
TITRE
INTERPRÉTATION DE L'ÉPAISSEUR DES SOLS COHÉRENTS ET DE LA PIÉZOMÉTRIE DU ROC ET LOCALISATION DE LA COUPE MODÉLISÉE

N° PROJET	PHASE	Rév.	PLAN
13-1221-0020	2020	4	3

SI LA MESURE NE CORRESPOND PAS À L'ÉCHELLE, LA TAILLE DE LA FEUILLE A ÉTÉ MODIFIÉE: ANSI B
0 25 mm

A
X: 717762,03
Y: 5332915,46

A'
X: 718717,15
Y: 5334957,69



LÉGENDE

BH-11-10 — FORAGE / PUITS

▲88 m — DISTANCE DU FORAGE / PUITS PAR RAPPORT À L'AXE DE LA COUPE

PIÉZOMÉTRIE DU ROC

SURFACE PIÉZOMÉTRIQUE

320,23 — ÉLÉVATION DU NIVEAU DE L'EAU SOUTERRAINE (m)

STRATIGRAPHIE

- REMBLAI
- ARGILE
- SILT
- SABLE ET GRAVIER
- SABLE FIN
- TILL
- SOCLE ROCHEUX

CONFIDENTIEL

CLIENT
CANADIAN MALARTIC GP

CONSULTANT
Golder Associés

AAAA-MM-JJ	2015-07-17
PROJETÉ	C. Boyaud
DESSINÉ	S. Betnesky
REVISÉ	C. Boyaud
APPROUVÉ	P. Groleau

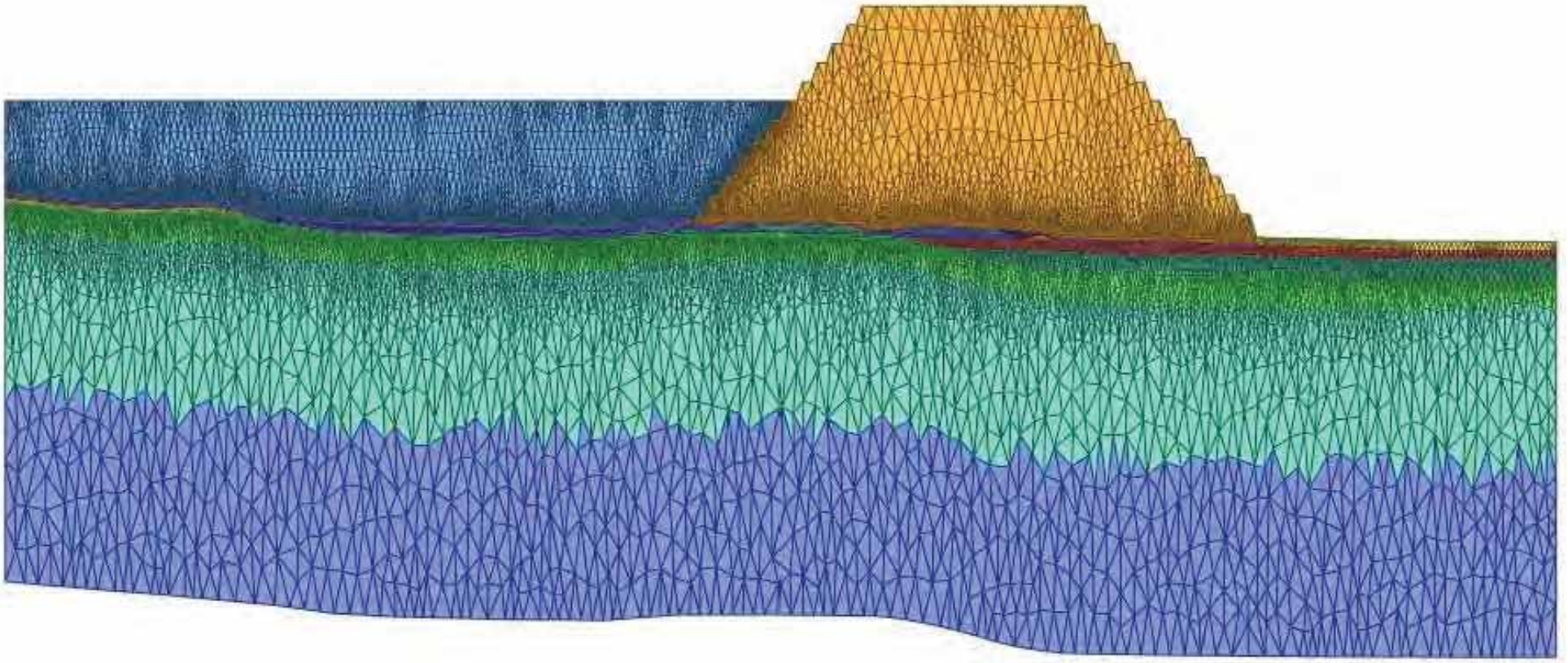
PROJET
ÉTUDE DE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE DES IMPACTS POTENTIELS SUR LA QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE DU PROLONGEMENT DE LA HALDE À STÉRILES ET DU PARC À RÉSIDUS, MINE CANADIAN MALARTIC, QUÉBEC - RAPPORT DE MODÉLISATION

TITRE
COUPE STRATIGRAPHIQUE LE LONG DE L'AXE MODÉLISÉ

N° PROJET	PHASE	Rév.	PLAN
13-1221-0020	2020	4	4

SI LA MESURE NE CORRESPOND PAS À L'ÉCHELLE, LA TAILLE DE LA FEUILLE A ÉTÉ MODIFIÉE: ANSI A
0 — 25 mm

MAILLAGE D'ÉLÉMENTS FINIS UTILISÉS POUR LE MODÈLE BIDIMENSIONNEL EN COUPE



EXAGÉRATION VERTICALE = 4X

CONFIDENTIEL

CLIENT
CANADIAN MALARTIC GP

PROJET
ÉTUDE DE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE DES IMPACTS POTENTIELS SUR LA QUALITÉ DE L'EAU SOUTERRAINE DU PROLONGEMENT DE LA HALDE À STÉRILES ET DU PARC À RÉSIDUS, MINE CANADIAN MALARTIC, QUÉBEC - RAPPORT DE MODÉLISATION

CONSULTANT

Golder Associés

AAAA-MM-JJ	2015-07-17
PROJETÉ	C. Boyaud
DESSINÉ	S. Betnesky
REVISÉ	C. Boyaud
APPROUVÉ	P. Groleau

TITRE
MAILLAGE D'ÉLÉMENTS FINIS UTILISÉ POUR LE MODÿLE BIDIMENSIONNEL EN COUPE

N° PROJET	PHASE	Rév.	PLAN
13-1221-0020	2020	4	5

SI LA MESURE NE CORRESPOND PAS À L'ÉCHELLE, LA TAILLE DE LA FEUILLE A ÉTÉ MODIFIÉE: ANSI A

0 25 mm

ANNEXE A

Concentrations mesurées dans l'eau interstitielle des résidus de la mine Canadian Malartic

Sommaire des résultats analytiques pour les échantillons d'eau prélevés aux puits d'observation installés dans les résidus miniers

Paramètres	Unités	Critères		PO-13-01				PO-13-02				PO-14-03A		PO-14-03B		PO-14-04A			PO-14-04B		
		Fin de consommation	RESIE	PO-13-01-020913***	PO-13-01-20140114	PO-13-01-20140918	PO-13-01	PO-13-02-020913	PO-13-02-201404114	PO-13-02-20140918	PO-13-02	PO-14-03A-20141123	PO-14-03A	PO-14-03B-20141123	PO-14-03B	PO-14-04A-20141123	PO-14-04A	PO-14-04A	PO-14-04B-20141123	PO-14-04B	PO-14-04B
				02/09/2013	01/14/2014	18/09/2014	07/05/2015	02/09/2013	01/14/2014	18/09/2014	07/05/2015	23/11/2014	07/05/2015	23/11/2014	07/05/2015	23/11/2014	10/03/2015	07/05/2015	23/11/2014	10/03/2015	07/05/2015
METAUX																					
Aluminium (Al)	µg/L	-	750	250000	77	180	72	1100	30	120	33	40	41	20	1300	90	60	33	90	40	57
Antimoine (Sb)	µg/L	6	-	<20	5	5,1	1,6	<20	<3	2,2	1,7	8,1	8,7	6,8	4,7	9,4	13	8,4	6,1	5,6	4,1
Argent (Ag)	µg/L	100	0,62	<10	<0,3	<0,1	<0,10	<10	<0,3	<0,1	<0,10	0,039	<0,10	0,006	<0,10	0,073	< 0,002	<0,10	0,527	<0,002	<0,10
Arsenic (As)	µg/L	25	340	70	6	4,8	2,4	<50	3	4	2,7	5,4	5,1	1,6	4,7	3,7	4,1	4,2	5	5,1	4,5
Baryum (Ba)	µg/L	1000	5300 +	2800	53	44	37	60	48	36	28	31,2	31	40,7	26	23,5	22	21	25,8	25,5	22
Cadmium (Cd)	µg/L	5	2,1	<10	<1	<0,2	<0,20	<10	<1	<0,2	<020	0,038	<0,20	0,108	<0,20	0,044	0,078	<0,20	0,072	0,086	<0,20
Calcium (Ca)	µg/L	-	-	-	26000	29000	34000	-	120000	60000	56000	27500	36000	85400	99000	31000	24200	20000	49400	57000	51000
Chrome (Cr)	µg/L	50	-	2300	<5	0,53	<0,5	10	<5	<0,5	<0,50	< 0,03	<0,50	0,07	17	0,12	< 0,03	0,52	0,11	<0,03	0,79
Cobalt (Co)	µg/L	-	500	310	74	68	49	20	<20	14	4,6	39	49	29,4	18	42,2	43,2	48	71,6	52,2	54
Cuivre (Cu)	µg/L	1000	7,3 +	1100	<3	24	<0,50	38	<3	1,3	<0,50	81,3	46	7,62	<0,50	41,4	30	23	848	108	65
Magnésium (Mg)	µg/L	-	-	-	290	460	500	-	4100	610	2400	2120	2100	3820	7400	1400	1230	1800	3910	5640	1600
Manganèse (Mn)	µg/L	50	-	9300	<3	1,1	0,56	60	6	1,8	2	3,02	1,8	194	560	1,44	0,54	1,3	3,42	3,3	1,1
Molybdène (Mo)	µg/L	70	2000	200	240	310	260	150	120	180	120	152	210	280	270	133	131	160	224	259	190
Nickel (Ni)	µg/L	20	260 +	1000	13	7,3	2,4	20	<10	2,2	1,2	4	1,6	2,7	7,7	2,6	2,2	1,3	31,9	1,6	1,7
Plomb (Pb)	µg/L	10	34 +	330	<1	0,91	<0,10	<10	<1	0,18	<0,10	0,05	<0,10	0,09	16	0,11	<0,01	<0,10	0,16	0,08	<0,10
Potassium (K)	µg/L	-	-	-	120000	130000	140000	-	180000	180000	130000	135000	140000	141000	140000	128000	115000	120000	126000	111000	110000
Sélénium (Se)	µg/L	10	20	<50	2	1,5	<1,0	<50	<1	<1	<1,0	2	1,5	1	<1,0	2	2	1,7	5	3	2,2
Sodium (Na)	µg/L	200000	-	220000	490000	540000	570000	320000	450000	490000	340000	462000	480000	493000	530000	434000	471000	410000	436000	434000	420000
Zinc (Zn)	µg/L	5000	67 +	1200	<5	<5	<5,0	<20	<5	<5	<5,0	<2	<5,0	4	15	3	< 2	<5,0	6	3	8,3
CONVENTIONNELS																					
Azote ammoniacal (N-NH3)	mg/L	-	21*	15	23	24	22	22	16	23	24	61,4	48	33,4	46	49,5	48,1	42	45,5	36,2	39
Cyanates	mg/L	-	-	-	-	-	0,78	-	-	-	<0,05	56	42	2,2	2	63	64	31	30	12	39
Cyanures libres (CN-)	mg/L	-	0,022	0,37	0,17	0,47	0,024	0,42	<0,01	0,007	0,009	< 2	2,2	<2	0,11	< 2	<2	0,59	< 2	< 2	0,28
Cyanures Totaux (CN)	mg/L	0,2	-	7,5	23	14	11	3,1	1,8	1	3,1	66,5	69	10,6	4,3	66,6	33,8	49	53,4	35,9	43
Fluorure (F)	mg/L	1,5	4	0,9	2,5	2,4	-	1,8	1,5	1,5	-	1,63	-	1,39	-	1,76	1,83	-	1,52	1,42	-
Phosphore total (P)	mg/L	-	3	13	9	<0,05	1	0,06	1,2	<0,05	0,03	< 0,03	0,05	0,72	0,88	3,18	0,22	0,07	1,8	0,06	3,6
Nitrates (N-NO3-)	mg/L	-	200	12	<0,04	<0,02	<0,1	2	<0,04	<0,02	<0,04	9,89	1,7	0,05	0,26	2,17	2,02	8,2	3,64	1,65	6,9
Nitrites (N-NO2-)	mg/L	1	0,6**	2,5	0,05	1,2	<0,1	<0,2	<0,04	<0,02	<0,04	3,58	5,3	<0,06	0,02	11,7	12	6,5	6,7	3,9	5,6
Thiocyanate	mg/L	-	-	-	-	-	51	-	-	-	1,5	26	32	25	18	36	36	44	29	19	50
Mesures stabilisées																					
pH	-	-	-	8,24	10,38	9,32	10,44	9,44	9,98	9,48	10,22	10,16	10,11	-	9,23	10,46	10,68	9,86	10,2	9,62	10,39
Température	℃	-	-	15,05	5,34	9,5	12,3	13,02	5,39	7,3	11,6	7	12,8	-	12	3,6	2	5,7	4	1	8,8
Conductivité (µS/cm)	µS/cm	-	-	1691	2850	3100	3136	1759	3289	2900	2269	2616	2892	-	2346	2321	2625	1866	2416	2621	2654

Notes:

- : Non analysé / pas de valeur
+ : Critère établi pour une dureté de 50 mg/L ($CaCO_3$)
* : Valeur maximale du critère, établie en fonction du pH et de la température (T); correspondant à 1 X le critère de vie aquatique, effet aigu, à pH=6,94 et T=13,9 ℃ (MDDEFP, 2013)
: Valeurs de pH et température mesurées le 12 septembre 2007 par Genivar (2008) dans la rivière Malartic à l'aval du prolongement de la halde à stériles proposée
** : Critère correspondant à 1 X le critère de vie aquatique, effet aigu, établi pour un cours d'eau récepteur dont la concentration en chlorures est > 10 mg/L (MDDEFP, 2013)
*** : Échantillon contenant des résidus dans l'eau prélevée
: Résultat dépassant le critère RESIE
: Résultat dépassant le critère pour fin de consommation
: Résultat dépassant le critère pour fin de consommation et le critère RESIE

ANNEXE B

Détermination des coefficients d'adsorption de l'argile silteuse pour les paramètres d'intérêt

MEMORANDUM

TO Michel Mailloux and Christian Boyaud **DATE** February 9, 2015

FROM Jennifer Cole and Valerie Bertrand **PROJECT No.** 1403061/5030/5033

CALCULATED DISTRIBUTION COEFFICIENT (Kd) – CMPG MALARCTIC

1.0 INTRODUCTION

The objective of this study is to calculate the distribution coefficients (Kd) for various parameters of interest in groundwater at the Malarctic site, including total cyanide (CN-T), weak acid dissociable cyanide (CN-WAD), calcium, copper, nickel, sodium, and zinc. Of particular interest are elements that augment chemical retention in soil (increase Kd): the content of clay minerals and organic matter, the presence of iron and aluminum hydroxides and the current chemical charge of the clay.

This memo documents samples collected, analyses completed, and the results of the Kd calculations.

2.0 SAMPLE COLLECTION

One sample of natural clay (TE-14-03) was collected in an area northeast of the Tailings Storage Facility (TSF) area of the Malarctic Project (Golder, 2014a), outside of the area of influence of the TSF in terms of groundwater and surface water flow. This sample was used in analytical testing in order to calculate Kd values for the clay.

Two samples of TSF pore water were collected for analysis from two monitoring wells located in the TSF and approximately 1750 m apart, including:

- PO-13-01 – 5.7 - 10.1 mbgs; and,
- PO-13-02 – 5.2 - 7.2 mbgs.

Samples were collected by Golder technicians under the supervision of Christian Boyaud (Golder, 2014b).

3.0 ANALYTICAL TESTING

The clay sample was subjected to the following tests:

- Trace metal analysis by ICP-MS (4 acid digest);
- Total organic carbon;
- Semi-quantitative mineralogical analyses by x-ray diffraction (XRD) and evaluation of the XRD patterns by the Rietveld method;
- Sequential Extraction tests following Tessier (1979); and,
- Batch adsorption tests, where the groundwater sample was used as the leach solution.

All testing was completed at SGS Canada Inc. (Lakefield, Ontario).

3.1 Sequential Extraction Tests

Sequential extraction tests were completed following Tessier (1979). The test was conducted for all prescribed steps, including the following: Soluble; Exchangeable and Adsorbed; Metal Carbonates; Easily Reducible and Iron Oxides; Organic matter; and Residual metals. Leachates were analyzed at each stage metals, reported as µg/g as calculated based on the leachate concentration, sample weight and volume for each step.

3.2 Batch Adsorption Tests

The procedure followed for the equilibrium batch adsorption tests is attached.

The water collected from PO-13-01 was selected for use in the equilibrium batch test because of the higher cyanide concentrations in it compared with the sample from PO-13-02, which appeared to have high concentrations of particulates (especially aluminum, iron, manganese) and associated metals (i.e. chromium, titanium).

4.0 RESULTS

Soil chemistry, mineralogy, sequential extraction and batch test results are attached.

A summary of the composition of the clay sample is provided in Table 1, for data relevant to sorption surfaces (i.e. clay minerals, iron oxides, and organic carbon).

Table 1: Summary of Composition of Clay Sample

Solid Composition		TE-14-03
Potential Sorption Surfaces	Total Organic Carbon	0.17%
	Clay Minerals (chlorite)	13%
	Iron-Reducible Phase as FeOOH[1]	8.6%

Notes:
1 - Calculated from Tessier extraction results for the Easily Reducible/Iron Oxide phase, assuming all Fe content is FeOOH

A summary of distribution coefficients and supporting information is provided in Table 2.

Attachments: Batch Sorption Test Procedure Tabulated Results: Soil Chemistry, Mineralogy, Sequential Extraction and Batch Test
SGS Certificates of Analysis

References

Golder, 2014a. Rapport Factuel D'Investigation – Bassin de Pompage Nord-est. Présenté à: Canadian Malartic GP. Décembre 2014. N° de référence: 013-14-03061-3000-RF-RevA.

Golder, 2014b. Rapport de caractérisation de l'eau interstitielle des résidus de la mine Canadian Malartic. Présenté à : Canadian Malartic General Partnership. Novembre 2014. N° de référence: 070-13-1221-0020-2020-RF-Rev0.

Tessier, Al, Campbell, P.G.C., and M. Bisson. 1979. Sequential Extraction Procedure for the Speciation of Particulate Trace Metals. Analytical Chemistry Vol. 51(7):844-851.

Table 2: Summary of Tessier Results, Batch Test Results, and Distribution Coefficients

	Tessier Extraction Results						Initial Leach Solution (mg/L)[2]	Batch Test Results Range for Stages 1-5 (mg/L)[2]	Average Calculated Kd (mL/g)[3]
	Fraction 1	Fraction 2	Fraction 3	Fraction 4	Fraction 5	Fraction 6			
Parameters	Water Soluble Metals	Exchan-geable Metals	Metals Bound to Carbonates	Metals Bound to Fe and Mn Oxides	Bound to Organic Material	Residual Metals			
pH	-	-	-	-	-	-	9.3	9.1 - 9.4	-
Cyanide (total)	-	-	-	-	-	-	20	17 - 22	4
Cyanide (WAD)	-	-	-	-	-	-	0.51	0.3 - 0.4	21
Calcium	1.0%	5.2%	6.1%	2.2%	4.8%	81%	137	27 - 47	207
Copper	3.7%	0.4%	8.6%	19%	33%	35%	0.18	0.02 - 0.03	485
Sodium	0.1%	0.01%	87%	0.9%	0.04%	12%	508	506 - 523	0.5
Nickel	2.0%	0.3%	3.7%	18%	6.2%	70%	0.16	0.002 - 0.003	4140
Zinc	1.8%	0.3%	0.6%	15%	9.6%	73%	0.21	0.001 - 0.02	2243

Notes:
1 - As proportion per fraction of total extracted concentration
2 - Except pH which is unitless
3 - Average of the Kd values calculated for each leach stage

BATCH ADSORPTION TEST PROCEDURES

To be carried out at room temperature, approximately 20^{o}C using a procedure whereby the fresh contaminated groundwater is successively equilibrated with the same specimen of natural, uncontaminated soil, while keeping track of the cumulative incremental adsorbed concentration and equilibrium solution phase concentration at the end of each equilibration. Five equilibrations will be completed for each sample, to yield a five-point adsorption isotherm from which can be calculated an adsorption coefficient (Kd value) and the total adsorption capacity of the soil.

1. Measure approximately 15 g (dry weight) of natural soils provided by Golder and place it in a 500 ml glass centrifuge bottle;
2. Add approximately 300 ml of the leachate provided by Golder to the bottle containing the soil and allow the mixture to equilibrate for a period of 24 hours with periodic agitation;
3. After 24 hours equilibration period, separate the solution by centrifuging (and filter (45µm filter) for dissolved metals analysis);
4. Analyze the solution for:
    a. pH, Eh, conductivity, alkalinity, sulphate, F;
    b. ICP-MS for low level detection for the suite of dissolved parameters to include, as a minimum: Ag, Al, As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, U, Zn;
5. Add another 300 ml of fresh leachate (measure pH, Eh of leachate before addition to soil) to the same natural soil and let equilibrate for 24 hours with periodic agitation;
6. Repeat steps 3 and 4;
7. Repeat steps 5 and 6 for a total of 5 extractions, analyzing the solution after equilibration for each of the 5 times; and,
8. Report water chemistry and leachate volume added after each step, report soil dry weight measured before and after the test.

Parameter	Units	PO-13-01	PO-13-02
pH	no unit	9.3	9.2
Alkalinity	mg/L as $CaCO_3$	94	74
Conductivity	µS/cm	3060	2890
Redox Potential	mV	-86	48
Fluoride	mg/L	2.5	1.3
Sulphate	mg/L	1200	1300
Cyanide (total)	mg/L	20	1.4
Cyanide (free)	mg/L	< 2	< 2
Cyanide (WAD)	mg/L	0.51	0.020
Silver	mg/L	0.00033	0.0024
Aluminum	mg/L	48	148
Arsenic	mg/L	0.016	0.017
Barium	mg/L	0.61	2.0
Beryllium	mg/L	0.0020	0.0048
Boron	mg/L	0.072	0.072
Bismuth	mg/L	0.0030	0.0092
Calcium	mg/L	137	312
Cadmium	mg/L	0.0011	0.0021
Cobalt	mg/L	0.092	0.18
Chromium	mg/L	0.44	1.3
Copper	mg/L	0.18	0.81
Iron	mg/L	82	306
Potassium	mg/L	182	309
Lithium	mg/L	0.052	0.17
Magnesium	mg/L	41	142
Manganese	mg/L	1.7	5.2
Molybdenum	mg/L	0.21	0.16
Sodium	mg/L	508	483
Nickel	mg/L	0.16	0.58
Lead	mg/L	0.061	0.17
Antimony	mg/L	0.0036	< 0.0002
Selenium	mg/L	< 0.01	< 0.01
Tin	mg/L	0.0014	0.0023
Strontium	mg/L	1.6	4.3
Titanium	mg/L	4.0	14
Thallium	mg/L	0.00080	0.0032
Uranium	mg/L	0.0054	0.014
Vanadium	mg/L	0.18	0.57
Tungsten	mg/L	0.11	0.093
Yttrium	mg/L	0.033	0.075
Zinc	mg/L	0.21	0.76

Mineral/ Compound	Formula	TE-14-03 OCT4500-01 (wt %)
Quartz	SiO_2	24.1
Albite	$NaAlSi_3O_8$	31.2
Microcline	$KAlSi_3O_8$	8.1
Anorthite	$CaAl_2Si_2O_8$	6.3
Chlorite	$(Fe,(Mg,Mn)_5Al)(Si_3Al)O_{10}(OH)_8$	12.7
Muscovite	$KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$	6.3
Tremolite	$Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$	7.3
Dolomite	$CaMg(CO_3)_2$	3.8
Calcite	$CaCO_3$	0.1
	Total	99.9

Parameter	Units	TE-14-03					
		Fraction 1 Water Soluble Metals	Fraction 2 Exchangeable Metals	Fraction 3 Metals Bound to Carbonates	Fraction 4 Metals Bound to Fe and Mn Oxides	Fraction 5 Bound to Organic Material	Fraction 6 Residual metals
Ag	µg/g	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.010	< 0.01	0.15
Al	µg/g	640	64	170	1200	2000	76000
As	µg/g	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Ba	µg/g	5.6	0.50	42	16	6.8	440
Be	µg/g	0.010	< 0.01	0.020	0.12	0.020	0.97
B	µg/g	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	12
Bi	µg/g	< 2	< 2	< 2	5.0	< 2	57
Ca	µg/g	250	1300	1500	540	1200	20000
Cd	µg/g	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.030	0.020	0.080
Co	µg/g	0.19	0.020	0.49	2.9	0.98	7.5
Cr	µg/g	1.4	< 0.5	0.80	2.3	2.8	69
Cu	µg/g	0.90	0.10	2.1	4.6	8.1	8.6
Fe	µg/g	460	41	280	3200	1200	32000
K	µg/g	200	420	890	220	140	22000
Li	µg/g	< 0.3	< 0.3	< 0.3	1.1	1.1	15
Mg	µg/g	210	150000	2900	920	520	15000
Mn	µg/g	11	26	51	120	32	440
Na	µg/g	140	32	200000	2000	81	28000
Ni	µg/g	0.70	< 0.1	1.3	6.4	2.2	25
Pb	µg/g	0.19	< 0.05	< 0.05	0.74	2.2	8.9
P	µg/g	8.0	< 3	< 3	59	440	110
Si	µg/g	900	210	320	1100	1500	18000
U	µg/g	0.039	< 0.002	0.28	0.22	0.22	0.62
V	µg/g	1.5	0.30	0.50	3.9	3.9	75
Y	µg/g	< 0.2	< 0.2	1.0	1.0	2.1	< 2
Zn	µg/g	1.2	< 0.2	0.40	9.9	6.3	48

Parameter	Units	PO-13-01	TE-14-03				
		Initial Leach Solution	Batch Adsorption Test				
			Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Stage 5
Sample weight	g	not applicable	15	15	15	15	15
Volume Leach Solution Added	mL		294	294	294	294	294
Volume Leach Solution Recovered	mL		287	289	286	288	280
% Moisture (wet wt) Before	%		29	not applicable			
Initial pH	no unit		9.8	9.9	9.8	9.9	9.8
Final pH	no unit		9.3	9.5	9.5	9.5	9.5
pH	no unit	9.3	9.1	9.3	9.4	9.4	9.3
Conductivity	µS/cm	3060	2910	2940	3010	3060	3080
Alkalinity	mg/L as $CaCO_3$	94	73	80	87	89	91
Redox Potential	mV	-86	112	96	95	94	98
Fluoride	mg/L	2.5	2.3	2.5	2.5	2.5	2.4
Sulphate	mg/L	1200	1100	1100	1200	1200	1200
Cyanide (total)	mg/L	20	22	18	17	19	18
Cyanide (free)	mg/L	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Cyanide (WAD)	mg/L	0.51	0.37	0.41	0.39	0.33	0.39
Silver	mg/L	0.00033	0.000010	0.000017	0.000018	0.000029	0.000051
Aluminum	mg/L	48	0.40	0.93	0.93	0.61	0.67
Arsenic	mg/L	0.016	0.0091	0.0094	0.0084	0.0087	0.0084
Barium	mg/L	0.61	0.26	0.22	0.19	0.19	0.17
Boron	mg/L	0.072	0.043	0.040	0.045	0.068	0.064
Beryllium	mg/L	0.0020	< 0.000007	0.0000070	< 0.000007	< 0.000007	< 0.000007
Bismuth	mg/L	0.0030	< 0.000007	< 0.000007	0.000022	< 0.000007	< 0.000007
Calcium	mg/L	137	47	33	29	28	27
Cadmium	mg/L	0.0011	< 0.000003	< 0.000003	0.00017	< 0.000003	< 0.000003
Cobalt	mg/L	0.092	0.067	0.069	0.066	0.077	0.076
Chromium	mg/L	0.44	0.00068	0.0016	0.0018	0.00098	0.0011
Copper	mg/L	0.18	0.017	0.016	0.015	0.017	0.035
Iron	mg/L	82	6.1	6.4	6.4	6.5	6.5
Potassium	mg/L	182	104	117	129	142	144
Lithium	mg/L	0.052	0.0054	0.0038	0.0033	0.0040	0.0037
Magnesium	mg/L	41	4.7	2.5	1.7	1.2	1.1
Manganese	mg/L	1.7	0.030	0.024	0.020	0.016	0.016
Molybdenum	mg/L	0.21	0.29	0.29	0.27	0.31	0.31
Sodium	mg/L	508	506	519	523	513	522
Nickel	mg/L	0.16	0.0025	0.0027	0.0027	0.0021	0.0021
Lead	mg/L	0.061	0.00029	0.00054	0.00063	0.00040	0.00036
Antimony	mg/L	0.0036	0.0058	0.0058	0.0057	0.0060	0.0057
Selenium	mg/L	< 0.01	0.0030	0.0030	0.0030	0.0020	0.0020
Tin	mg/L	0.0014	0.00012	0.00012	0.000070	0.00024	0.00017
Strontium	mg/L	1.6	0.73	0.67	0.68	0.75	0.80
Titanium	mg/L	4.0	0.015	0.034	0.036	0.023	0.024
Thallium	mg/L	0.00080	0.000028	0.000032	0.000036	0.000024	0.000024
Uranium	mg/L	0.0054	0.00095	0.00063	0.00066	0.0011	0.00092
Vanadium	mg/L	0.18	0.053	0.058	0.058	0.056	0.051
Tungsten	mg/L	0.11	0.11	0.11	0.11	0.13	0.13
Yttrium	mg/L	0.033	0.00089	0.0017	0.0014	0.0011	0.00082
Zinc	mg/L	0.21	0.0010	0.0060	0.015	0.0060	0.0080

SGS Canada Inc.
P.O. Box 4300 - 185 Concession St.
Lakefield - Ontario - KOL 2HO
Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

01-October-2014

Golder Associates Limited
Attn : Jennifer Cole

32 Steacie Drive
Kanata, ON
K2K 2A9,

Phone: 613-592-9600
Fax:613-592-9601

Date Rec. : 23 September 2014
LR Report: **CA12642-SEP14**
Reference: CMPG/Osisko
PO#14-03061

Copy: #1

CERTIFICATE OF ANALYSIS
Final Report

Analysis	3: Analysis Approval Date	4: Analysis Approval Time	5: PO-13-01	6: PO-13-02
Sample Date & Time			18-Sep-14 15:30	18-Sep-14 16:45
Temperature Upon Receipt [°C]	---	---	8.0	8.0
pH [no unit]	29-Sep-14	15:18	9.34	9.16
Alkalinity [mg/L as CaCO3]	29-Sep-14	15:18	94	74
Conductivity [µS/cm]	29-Sep-14	15:18	3060	2890
Redox Potential [mV]	29-Sep-14	15:43	-86	48
Fluoride [mg/L]	25-Sep-14	16:24	2.48	1.32
Sulphate [mg/L]	01-Oct-14	09:35	1200	1300
Cyanide (total) [mg/L]	24-Sep-14	08:39	19.9	1.35
Cyanide (free) [mg/L]	24-Sep-14	08:30	< 2	< 2
Cyanide (WAD) [mg/L]	24-Sep-14	08:30	0.51	0.02
Silver (total) [mg/L]	25-Sep-14	13:01	0.00033	0.00241
Aluminum (total) [mg/L]	24-Sep-14	16:04	48.1	148
Arsenic (total) [mg/L]	25-Sep-14	13:01	0.016	0.017
Barium (total) [mg/L]	25-Sep-14	13:01	0.612	1.95
Beryllium (total) [mg/L]	25-Sep-14	13:01	0.0020	0.0048
Boron (total) [mg/L]	25-Sep-14	13:01	0.072	0.072
Bismuth (total) [mg/L]	25-Sep-14	13:01	0.0030	0.0092
Calcium (total) [mg/L]	24-Sep-14	16:04	137	312
Cadmium (total) [mg/L]	25-Sep-14	13:01	0.00113	0.00213
Cobalt (total) [mg/L]	25-Sep-14	13:01	0.0922	0.183
Chromium (total) [mg/L]	25-Sep-14	13:01	0.441	1.30
Copper (total) [mg/L]	25-Sep-14	13:01	0.178	0.811
Iron (total) [mg/L]	24-Sep-14	16:04	82.1	306
Potassium (total) [mg/L]	24-Sep-14	16:04	182	309
Lithium (total) [mg/L]	25-Sep-14	13:01	0.0518	0.171
Magnesium (total) [mg/L]	24-Sep-14	16:04	40.6	142
Manganese (total) [mg/L]	25-Sep-14	13:01	1.74	5.21
Molybdenum (total) [mg/L]	25-Sep-14	13:01	0.209	0.164
Sodium (total) [mg/L]	24-Sep-14	16:04	508	483

OnLine LIMS

00025489

Data reported represents the sample submitted to SGS. Reproduction of this analytical report in full or in part is prohibited without prior written approval. Please refer to SGS General Conditions of Services located at http://www.sgs.com/terms_and_conditions_service.htm. (Printed copies are available upon request.)
Test method information available upon request. "Temperature Upon Receipt" is representative of the whole shipment and may not reflect the temperature of individual samples.

SGS Canada Inc.
P.O. Box 4300 - 185 Concession St.
Lakefield - Ontario - KOL 2HO
Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

08-October-2014

Golder Associates
Attn : Christian Boyaud

1170, boulevard Lebourgneuf, bureau 200
Quebec, QC
G2K 2E3,

Phone: +1 418 781 0285
Fax:+1 418 781 0290

Date Rec. : 23 September 2014
LR Report: **CA12634-SEP14**
Reference: CMPG/Osisko
PO#14-03061

Copy: #1

CERTIFICATE OF ANALYSIS
Final Report

Analysis	3: Analysis Approval Date	4: Analysis Approval Time	5: TE-14-03
Sample Date & Time			18-Sep-14 15:30
Total Organic Carbon [%]	08-Oct-14	09:07	0.170
Mercury [µg/g]	07-Oct-14	14:02	< 0.05
Silver [µg/g]	07-Oct-14	09:00	0.26
Aluminum [µg/g]	07-Oct-14	10:43	77000
Arsenic [µg/g]	07-Oct-14	09:00	1.2
Barium [µg/g]	07-Oct-14	09:00	580
Beryllium [µg/g]	07-Oct-14	09:00	1.2
Bismuth [µg/g]	07-Oct-14	09:00	0.17
Calcium [µg/g]	07-Oct-14	10:43	22000
Cadmium [µg/g]	07-Oct-14	09:00	0.22
Cobalt [µg/g]	07-Oct-14	09:00	14
Chromium [µg/g]	07-Oct-14	09:00	60
Copper [µg/g]	07-Oct-14	09:00	26
Iron [µg/g]	07-Oct-14	10:43	37000
Potassium [µg/g]	07-Oct-14	10:43	20000
Lithium [µg/g]	07-Oct-14	09:00	32
Magnesium [µg/g]	07-Oct-14	10:43	17000
Manganese [µg/g]	07-Oct-14	09:00	600
Molybdenum [µg/g]	07-Oct-14	09:00	0.4
Nickel [µg/g]	07-Oct-14	09:00	42
Lead [µg/g]	07-Oct-14	09:00	11
Antimony [µg/g]	07-Oct-14	09:00	< 0.8
Selenium [µg/g]	07-Oct-14	09:00	4.9
Tin [µg/g]	07-Oct-14	09:00	1.3
Strontium [µg/g]	07-Oct-14	09:00	290

OnLine LIMS

Data reported represents the sample submitted to SGS. Reproduction of this analytical report in full or in part is prohibited without prior written approval. Please refer to SGS General Conditions of Services located at http://www.sgs.com/terms_and_conditions_service.htm. (Printed copies are available upon request.)
Test method information available upon request. "Temperature Upon Receipt" is representative of the whole shipment and may not reflect the temperature of individual samples.

00002608981

SGS Canada Inc.
P.O. Box 4300 - 185 Concession St.
Lakefield - Ontario - KOL 2HO
Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

LR Report : **CA12634-SEP14**

Analysis	3: Analysis Approval Date	4: Analysis Approval Time	5: TE-14-03
Titanium [µg/g]	07-Oct-14	09:00	2300
Thallium [µg/g]	07-Oct-14	09:00	0.47
Uranium [µg/g]	07-Oct-14	09:00	1.4
Vanadium [µg/g]	07-Oct-14	09:00	80
Yttrium [µg/g]	07-Oct-14	09:00	9.6
Zinc [µg/g]	07-Oct-14	09:00	62

Brian Graham B.Sc.
Project Specialist
Environmental Services, Analytical

OnLine LIMS

00002608

Data reported represents the sample submitted to SGS. Reproduction of this analytical report in full or in part is prohibited without prior written approval. Please refer to SGS General Conditions of Services located at http://www.sgs.com/terms_and_conditions_service.htm. (Printed copies are available upon request.)
Test method information available upon request. "Temperature Upon Receipt" is representative of the whole shipment and may not reflect the temperature of individual samples.

SGS Canada Inc.
P.O. Box 4300 - 185 Concession St.
Lakefield - Ontario - KOL 2HO
Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

LR Report : **CA12642-SEP14**

Analysis	3: Analysis Approval Date	4: Analysis Approval Time	5: PO-13-01	6: PO-13-02
Nickel (total) [mg/L]	25-Sep-14	13:01	0.164	0.578
Lead (total) [mg/L]	25-Sep-14	13:01	0.0614	0.167
Antimony (total) [mg/L]	25-Sep-14	13:01	0.0036	< 0.0002
Selenium (total) [mg/L]	25-Sep-14	13:01	< 0.01	< 0.01
Tin (total) [mg/L]	25-Sep-14	13:01	0.0014	0.0023
Strontium (total) [mg/L]	24-Sep-14	16:04	1.58	4.31
Titanium (total) [mg/L]	25-Sep-14	13:01	4.03	13.9
Thallium (total) [mg/L]	25-Sep-14	13:01	0.00080	0.00322
Uranium (total) [mg/L]	25-Sep-14	13:01	0.00543	0.0139
Vanadium (total) [mg/L]	25-Sep-14	13:01	0.179	0.567
Tungsten (total) [mg/L]	25-Sep-14	13:01	0.114	0.0928
Yttrium (total) [mg/L]	25-Sep-14	13:01	0.0327	0.0750
Zinc (total) [mg/L]	24-Sep-14	16:04	0.207	0.757

Brian Graham B.Sc.
Project Specialist
Environmental Services, Analytical

OnLine LIMS

00002554B9

Data reported represents the sample submitted to SGS. Reproduction of this analytical report in full or in part is prohibited without prior written approval. Please refer to SGS General Conditions of Services located at http://www.sgs.com/terms_and_conditions_service.htm. (Printed copies are available upon request.)
Test method information available upon request. "Temperature Upon Receipt" is representative of the whole shipment and may not reflect the temperature of individual samples.

SGS Canada Inc.
P.O. Box 4300 - 185 Concession St.
Lakefield - Ontario - KOL 2HO
Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

29-October-2014

Golder Associates Ltd
Attn : Christian Boyaud

1170, boul, Lebourgneuf, bureau 200
Quebec, ON
G2K 2E3,

Phone: +1 418 781 0285
Fax:+1 418 781 0290

Date Rec. : 23 September 2014
LR Report: **CA12636-SEP14**
Reference: Tessier Leach
CMPG/Osisko
PO#14-03061

Copy: #1

CERTIFICATE OF ANALYSIS
Final Report

Analysis	3: Analysis Approval Date	4: Analysis Approval Time	5: TE-14-03
Sample Date & Time			18-Sep-14 15:30
Silver [µg/g]	29-Oct-14	09:44	< 0.01
Aluminum [µg/g]	29-Oct-14	09:19	640
Arsenic [µg/g]	29-Oct-14	09:44	< 0.5
Barium [µg/g]	29-Oct-14	09:19	5.6
Beryllium [µg/g]	29-Oct-14	09:19	0.01
Boron [µg/g]	29-Oct-14	09:19	< 1
Bismuth [µg/g]	29-Oct-14	09:19	< 2
Calcium [µg/g]	29-Oct-14	09:19	250
Cadmium [µg/g]	29-Oct-14	09:44	< 0.02
Cobalt [µg/g]	29-Oct-14	09:44	0.19
Chromium [µg/g]	29-Oct-14	09:44	1.4
Copper [µg/g]	29-Oct-14	09:44	0.9
Iron [µg/g]	29-Oct-14	09:19	460
Potassium [µg/g]	29-Oct-14	09:19	200
Lithium [µg/g]	29-Oct-14	09:18	< 0.3
Magnesium [µg/g]	29-Oct-14	09:18	210
Manganese [µg/g]	29-Oct-14	09:18	11
Molybdenum [µg/g]	29-Oct-14	09:18	< 1
Sodium [µg/g]	29-Oct-14	09:18	140
Nickel [µg/g]	29-Oct-14	09:44	0.7
Lead [µg/g]	29-Oct-14	09:44	0.19
Phosphorus (total) [µg/g]	29-Oct-14	09:18	8
Antimony [µg/g]	29-Oct-14	09:44	< 0.8
Selenium [µg/g]	29-Oct-14	09:44	< 0.7
Tin [µg/g]	29-Oct-14	09:18	< 1
Silicon [ug/L]	29-Oct-14	09:18	900

OnLine LIMS

00002759B8

Data reported represents the sample submitted to SGS. Reproduction of this analytical report in full or in part is prohibited without prior written approval. Please refer to SGS General Conditions of Services located at http://www.sgs.com/terms_and_conditions_service.htm. (Printed copies are available upon request.)
Test method information available upon request. "Temperature Upon Receipt" is representative of the whole shipment and may not reflect the temperature of individual samples.

SGS Canada Inc.
P.O. Box 4300 - 185 Concession St.
Lakefield - Ontario - KOL 2HO
Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

LR Report : **CA12636-SEP14**

Analysis	3: Analysis Approval Date	4: Analysis Approval Time	5: TE-14-03
Thallium [µg/g]	29-Oct-14	09:18	< 2
Uranium [µg/g]	29-Oct-14	09:44	0.039
Vanadium [µg/g]	29-Oct-14	09:18	1.5
Tungsten [µg/g]	29-Oct-14	09:18	< 1
Yttrium [µg/g]	29-Oct-14	09:18	< 0.2
Zinc [µg/g]	29-Oct-14	09:18	1.2

Brian Graham B.Sc.
Project Specialist
Environmental Services, Analytical

OnLine LIMS

00002759988

Data reported represents the sample submitted to SGS. Reproduction of this analytical report in full or in part is prohibited without prior written approval. Please refer to SGS General Conditions of Services located at http://www.sgs.com/terms_and_conditions_service.htm. (Printed copies are available upon request.)
Test method information available upon request. "Temperature Upon Receipt" is representative of the whole shipment and may not reflect the temperature of individual samples.

SGS Canada Inc.
P.O. Box 4300 - 185 Concession St.
Lakefield - Ontario - KOL 2HO
Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

29-October-2014

Golder Associates Ltd
Attn : Christian Boyaud

1170, boul, Lebourgneuf, bureau 200
Quebec, ON
G2K 2E3,

Phone: +1 418 781 0285
Fax:+1 418 781 0290

Date Rec. : 23 September 2014
LR Report: **CA12637-SEP14**
Reference: Tessier Leach
CMPG/Osisko
PO#14-03061

Copy: #1

CERTIFICATE OF ANALYSIS
Final Report

Analysis	3: Analysis Approval Date	4: Analysis Approval Time	5: TE-14-03
Sample Date & Time			18-Sep-14 15:30
Silver [µg/g]	29-Oct-14	09:44	< 0.01
Aluminum [µg/g]	29-Oct-14	09:20	64
Arsenic [µg/g]	29-Oct-14	09:44	< 0.5
Barium [µg/g]	29-Oct-14	09:20	0.5
Beryllium [µg/g]	29-Oct-14	09:20	< 0.01
Boron [µg/g]	29-Oct-14	09:20	< 1
Bismuth [µg/g]	29-Oct-14	09:20	< 2
Calcium [µg/g]	29-Oct-14	09:20	1300
Cadmium [µg/g]	29-Oct-14	09:44	< 0.02
Cobalt [µg/g]	29-Oct-14	09:44	0.02
Chromium [µg/g]	29-Oct-14	09:44	< 0.5
Copper [µg/g]	29-Oct-14	09:44	0.1
Iron [µg/g]	29-Oct-14	09:20	41
Potassium [µg/g]	29-Oct-14	09:20	420
Lithium [µg/g]	29-Oct-14	09:20	< 0.3
Magnesium [µg/g]	29-Oct-14	09:20	150000
Manganese [µg/g]	29-Oct-14	09:20	26
Molybdenum [µg/g]	29-Oct-14	09:20	< 1
Sodium [µg/g]	29-Oct-14	09:20	32
Nickel [µg/g]	29-Oct-14	09:44	< 0.1
Lead [µg/g]	29-Oct-14	09:45	< 0.05
Phosphorus (total) [µg/g]	29-Oct-14	09:45	< 3
Antimony [µg/g]	29-Oct-14	09:45	< 0.8
Selenium [µg/g]	29-Oct-14	09:45	< 0.7
Tin [µg/g]	29-Oct-14	09:19	< 1
Silicon [ug/L]	29-Oct-14	09:19	210

OnLine LIMS

00002759

Data reported represents the sample submitted to SGS. Reproduction of this analytical report in full or in part is prohibited without prior written approval. Please refer to SGS General Conditions of Services located at http://www.sgs.com/terms_and_conditions_service.htm. (Printed copies are available upon request.)
Test method information available upon request. "Temperature Upon Receipt" is representative of the whole shipment and may not reflect the temperature of individual samples.

SGS Canada Inc.
P.O. Box 4300 - 185 Concession St.
Lakefield - Ontario - KOL 2HO
Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

LR Report : **CA12637-SEP14**

Analysis	3: Analysis Approval Date	4: Analysis Approval Time	5: TE-14-03
Thallium [µg/g]	29-Oct-14	09:19	< 2
Uranium [µg/g]	29-Oct-14	09:45	< 0.002
Vanadium [µg/g]	29-Oct-14	09:19	0.3
Tungsten [µg/g]	29-Oct-14	09:19	< 1
Yttrium [µg/g]	29-Oct-14	09:19	< 0.2
Zinc [µg/g]	29-Oct-14	09:19	< 0.2

Brian Graham B.Sc.
Project Specialist
Environmental Services, Analytical

OnLine LIMS

Data reported represents the sample submitted to SGS. Reproduction of this analytical report in full or in part is prohibited without prior written approval. Please refer to SGS General Conditions of Services located at http://www.sgs.com/terms_and_conditions_service.htm. (Printed copies are available upon request.)
Test method information available upon request. "Temperature Upon Receipt" is representative of the whole shipment and may not reflect the temperature of individual samples.

00002759

SGS Canada Inc.
P.O. Box 4300 - 185 Concession St.
Lakefield - Ontario - KOL 2HO
Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

29-October-2014

Golder Associates Ltd
Attn : Christian Boyaud

1170, boul, Lebourgneuf, bureau 200
Quebec, ON
G2K 2E3,

Phone: +1 418 781 0285
Fax:+1 418 781 0290

Date Rec. : 23 September 2014
LR Report: **CA12638-SEP14**
Reference: Tessier Leach
CMPG/Osisko
PO#14-03061

Copy: #1

CERTIFICATE OF ANALYSIS
Final Report

Analysis	3: Analysis Approval Date	4: Analysis Approval Time	5: TE-14-03
Sample Date & Time			18-Sep-14 15:30
Silver [µg/g]	29-Oct-14	09:45	< 0.01
Aluminum [µg/g]	29-Oct-14	09:20	170
Arsenic [µg/g]	29-Oct-14	09:45	< 0.5
Barium [µg/g]	29-Oct-14	09:20	42
Beryllium [µg/g]	29-Oct-14	09:20	0.02
Boron [µg/g]	29-Oct-14	09:20	< 1
Bismuth [µg/g]	29-Oct-14	09:20	< 2
Calcium [µg/g]	29-Oct-14	09:20	1500
Cadmium [µg/g]	29-Oct-14	09:45	< 0.02
Cobalt [µg/g]	29-Oct-14	09:45	0.49
Chromium [µg/g]	29-Oct-14	09:45	0.8
Copper [µg/g]	29-Oct-14	09:45	2.1
Iron [µg/g]	29-Oct-14	09:20	280
Potassium [µg/g]	29-Oct-14	09:20	890
Lithium [µg/g]	29-Oct-14	09:20	< 0.3
Magnesium [µg/g]	29-Oct-14	09:20	2900
Manganese [µg/g]	29-Oct-14	09:20	51
Molybdenum [µg/g]	29-Oct-14	09:20	< 1
Sodium [µg/g]	29-Oct-14	09:20	200000
Nickel [µg/g]	29-Oct-14	09:45	1.3
Lead [µg/g]	29-Oct-14	09:45	< 0.05
Phosphorus (total) [µg/g]	29-Oct-14	09:20	< 3
Antimony [µg/g]	29-Oct-14	09:45	< 0.8
Selenium [µg/g]	29-Oct-14	09:45	< 0.7
Tin [µg/g]	29-Oct-14	09:20	< 1
Silicon [ug/L]	29-Oct-14	09:20	320

OnLine LIMS

00002759944

Data reported represents the sample submitted to SGS. Reproduction of this analytical report in full or in part is prohibited without prior written approval. Please refer to SGS General Conditions of Services located at http://www.sgs.com/terms_and_conditions_service.htm. (Printed copies are available upon request.)
Test method information available upon request. "Temperature Upon Receipt" is representative of the whole shipment and may not reflect the temperature of individual samples.

SGS Canada Inc.
P.O. Box 4300 - 185 Concession St.
Lakefield - Ontario - KOL 2HO
Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

LR Report : **CA12638-SEP14**

Analysis	3: Analysis Approval Date	4: Analysis Approval Time	5: TE-14-03
Thallium [µg/g]	29-Oct-14	09:20	< 2
Uranium [µg/g]	29-Oct-14	09:45	0.28
Vanadium [µg/g]	29-Oct-14	09:20	0.5
Tungsten [µg/g]	29-Oct-14	09:20	< 1
Yttrium [µg/g]	29-Oct-14	09:20	1.0
Zinc [µg/g]	29-Oct-14	09:20	0.4

Brian Graham B.Sc.
Project Specialist
Environmental Services, Analytical

OnLine LIMS

00002759944

Data reported represents the sample submitted to SGS. Reproduction of this analytical report in full or in part is prohibited without prior written approval. Please refer to SGS General Conditions of Services located at http://www.sgs.com/terms_and_conditions_service.htm. (Printed copies are available upon request.)
Test method information available upon request. "Temperature Upon Receipt" is representative of the whole shipment and may not reflect the temperature of individual samples.

SGS Canada Inc.
P.O. Box 4300 - 185 Concession St.
Lakefield - Ontario - KOL 2HO
Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

29-October-2014

Golder Associates Ltd
Attn : Christian Boyaud

1170, boul, Lebourgneuf, bureau 200
Quebec, ON
G2K 2E3,

Phone: +1 418 781 0285
Fax:+1 418 781 0290

Date Rec. : 23 September 2014
LR Report: **CA12639-SEP14**
Reference: Tessier Leach
CMPG/Osisko
PO#14-03061

Copy: #1

CERTIFICATE OF ANALYSIS
Final Report

Analysis	3: Analysis Approval Date	4: Analysis Approval Time	5: TE-14-03
Sample Date & Time			18-Sep-14 15:30
Silver [µg/g]	29-Oct-14	09:45	0.01
Aluminum [µg/g]	29-Oct-14	09:21	1200
Arsenic [µg/g]	29-Oct-14	09:21	< 0.5
Barium [µg/g]	29-Oct-14	09:21	16
Beryllium [µg/g]	29-Oct-14	09:21	0.12
Boron [µg/g]	29-Oct-14	09:21	< 1
Bismuth [µg/g]	29-Oct-14	09:21	5
Calcium [µg/g]	29-Oct-14	09:21	540
Cadmium [µg/g]	29-Oct-14	09:45	0.03
Cobalt [µg/g]	29-Oct-14	09:45	2.9
Chromium [µg/g]	29-Oct-14	09:45	2.3
Copper [µg/g]	29-Oct-14	09:45	4.6
Iron [µg/g]	29-Oct-14	09:21	3200
Potassium [µg/g]	29-Oct-14	09:21	220
Lithium [µg/g]	29-Oct-14	09:21	1.1
Magnesium [µg/g]	29-Oct-14	09:21	920
Manganese [µg/g]	29-Oct-14	09:21	120
Molybdenum [µg/g]	29-Oct-14	09:21	< 1
Sodium [µg/g]	29-Oct-14	09:21	2000
Nickel [µg/g]	29-Oct-14	10:50	6.4
Lead [µg/g]	29-Oct-14	09:46	0.74
Phosphorus (total) [µg/g]	29-Oct-14	09:21	59
Antimony [µg/g]	29-Oct-14	09:45	< 0.8
Selenium [µg/g]	29-Oct-14	09:45	< 0.7
Tin [µg/g]	29-Oct-14	09:21	< 1
Silicon [ug/L]	29-Oct-14	09:21	1100

OnLine LIMS

00002759

Data reported represents the sample submitted to SGS. Reproduction of this analytical report in full or in part is prohibited without prior written approval. Please refer to SGS General Conditions of Services located at http://www.sgs.com/terms_and_conditions_service.htm. (Printed copies are available upon request.)
Test method information available upon request. "Temperature Upon Receipt" is representative of the whole shipment and may not reflect the temperature of individual samples.

SGS Canada Inc.
P.O. Box 4300 - 185 Concession St.
Lakefield - Ontario - KOL 2HO
Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

LR Report : **CA12639-SEP14**

Analysis	3: Analysis Approval Date	4: Analysis Approval Time	5: TE-14-03
Thallium [µg/g]	29-Oct-14	09:21	< 2
Uranium [µg/g]	29-Oct-14	09:46	0.22
Vanadium [µg/g]	29-Oct-14	09:21	3.9
Tungsten [µg/g]	29-Oct-14	09:21	< 1
Yttrium [µg/g]	29-Oct-14	09:21	1.0
Zinc [µg/g]	29-Oct-14	09:21	9.9

Brian Graham B.Sc.
Project Specialist
Environmental Services, Analytical

OnLine LIMS

00002759

Data reported represents the sample submitted to SGS. Reproduction of this analytical report in full or in part is prohibited without prior written approval. Please refer to SGS General Conditions of Services located at http://www.sgs.com/terms_and_conditions_service.htm. (Printed copies are available upon request.)
Test method information available upon request. "Temperature Upon Receipt" is representative of the whole shipment and may not reflect the temperature of individual samples.

SGS Canada Inc.
P.O. Box 4300 - 185 Concession St.
Lakefield - Ontario - KOL 2HO
Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

29-October-2014

Golder Associates Ltd
Attn : Christian Boyaud

1170, boul, Lebourgneuf, bureau 200
Quebec, ON
G2K 2E3,

Phone: +1 418 781 0285
Fax:+1 418 781 0290

Date Rec. : 23 September 2014
LR Report: **CA12640-SEP14**
Reference: Tessier Leach
CMPG/Osisko
PO#14-03061

Copy: #1

CERTIFICATE OF ANALYSIS
Final Report

Analysis	3: Analysis Approval Date	4: Analysis Approval Time	5: TE-14-03
Sample Date & Time			18-Sep-14 15:30
Silver [µg/g]	29-Oct-14	09:46	< 0.01
Aluminum [µg/g]	29-Oct-14	09:22	2000
Arsenic [µg/g]	29-Oct-14	09:46	< 0.5
Barium [µg/g]	29-Oct-14	09:22	6.8
Beryllium [µg/g]	29-Oct-14	09:22	0.02
Boron [µg/g]	29-Oct-14	09:22	< 1
Bismuth [µg/g]	29-Oct-14	09:22	< 2
Calcium [µg/g]	29-Oct-14	09:22	1200
Cadmium [µg/g]	29-Oct-14	09:46	0.02
Cobalt [µg/g]	29-Oct-14	09:46	0.98
Chromium [µg/g]	29-Oct-14	09:46	2.8
Copper [µg/g]	29-Oct-14	09:46	8.1
Iron [µg/g]	29-Oct-14	09:22	1200
Potassium [µg/g]	29-Oct-14	09:22	140
Lithium [µg/g]	29-Oct-14	09:22	1.1
Magnesium [µg/g]	29-Oct-14	09:22	520
Manganese [µg/g]	29-Oct-14	09:22	32
Molybdenum [µg/g]	29-Oct-14	09:22	< 1
Sodium [µg/g]	29-Oct-14	09:22	81
Nickel [µg/g]	29-Oct-14	09:46	2.2
Lead [µg/g]	29-Oct-14	09:46	2.2
Phosphorus (total) [µg/g]	29-Oct-14	09:22	440
Antimony [µg/g]	29-Oct-14	09:46	< 0.8
Selenium [µg/g]	29-Oct-14	09:46	< 0.7
Tin [µg/g]	29-Oct-14	09:21	< 1
Silicon [ug/L]	29-Oct-14	09:21	1500

OnLine LIMS

00002760000

Data reported represents the sample submitted to SGS. Reproduction of this analytical report in full or in part is prohibited without prior written approval. Please refer to SGS General Conditions of Services located at http://www.sgs.com/terms_and_conditions_service.htm. (Printed copies are available upon request.)
Test method information available upon request. "Temperature Upon Receipt" is representative of the whole shipment and may not reflect the temperature of individual samples.

SGS Canada Inc.
P.O. Box 4300 - 185 Concession St.
Lakefield - Ontario - KOL 2HO
Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

LR Report : **CA12640-SEP14**

Analysis	3: Analysis Approval Date	4: Analysis Approval Time	5: TE-14-03
Thallium [µg/g]	29-Oct-14	09:21	< 2
Uranium [µg/g]	29-Oct-14	09:46	0.22
Vanadium [µg/g]	29-Oct-14	09:21	3.9
Tungsten [µg/g]	29-Oct-14	09:21	< 1
Yttrium [µg/g]	29-Oct-14	09:21	2.1
Zinc [µg/g]	29-Oct-14	09:21	6.3

Brian Graham B.Sc.
Project Specialist
Environmental Services, Analytical

OnLine LIMS

00002760000

Data reported represents the sample submitted to SGS. Reproduction of this analytical report in full or in part is prohibited without prior written approval. Please refer to SGS General Conditions of Services located at http://www.sgs.com/terms_and_conditions_service.htm. (Printed copies are available upon request.)
Test method information available upon request. "Temperature Upon Receipt" is representative of the whole shipment and may not reflect the temperature of individual samples.

SGS Canada Inc.
P.O. Box 4300 - 185 Concession St.
Lakefield - Ontario - KOL 2HO
Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

29-October-2014

Golder Associates Ltd
Attn : Christian Boyaud

1170, boul, Lebourgneuf, bureau 200
Quebec, ON
G2K 2E3,

Phone: +1 418 781 0285
Fax:+1 418 781 0290

Date Rec. : 23 September 2014
LR Report: **CA12641-SEP14**
Reference: Tessier Leach - CMPG/Osisko PO#14-03061

Copy: #1

CERTIFICATE OF ANALYSIS
Final Report

Analysis	3: Analysis Approval Date	4: Analysis Approval Time	5: TE-14-03
Sample Date & Time			18-Sep-14 15:30
Silver [µg/g]	29-Oct-14	09:46	0.15
Aluminum [µg/g]	29-Oct-14	09:23	76000
Arsenic [µg/g]	29-Oct-14	09:46	< 0.5
Barium [µg/g]	29-Oct-14	09:23	440
Beryllium [µg/g]	29-Oct-14	09:23	0.97
Boron [µg/g]	29-Oct-14	09:23	12
Bismuth [µg/g]	29-Oct-14	09:23	57
Calcium [µg/g]	29-Oct-14	09:22	20000
Cadmium [µg/g]	29-Oct-14	09:46	0.08
Cobalt [µg/g]	29-Oct-14	09:46	7.5
Chromium [µg/g]	29-Oct-14	09:46	69
Copper [µg/g]	29-Oct-14	09:46	8.6
Iron [µg/g]	29-Oct-14	09:22	32000
Potassium [µg/g]	29-Oct-14	09:22	22000
Lithium [µg/g]	29-Oct-14	09:22	15
Magnesium [µg/g]	29-Oct-14	09:22	15000
Manganese [µg/g]	29-Oct-14	09:22	440
Molybdenum [µg/g]	29-Oct-14	09:22	< 1
Sodium [µg/g]	29-Oct-14	09:22	28000
Nickel [µg/g]	29-Oct-14	09:46	25
Lead [µg/g]	29-Oct-14	09:46	8.9
Phosphorus (total) [µg/g]	29-Oct-14	09:22	110
Antimony [µg/g]	29-Oct-14	09:46	< 0.8
Selenium [µg/g]	29-Oct-14	09:46	< 0.7
Tin [µg/g]	29-Oct-14	09:22	2
Silicon [ug/L]	29-Oct-14	09:22	18000

OnLine LIMS

00002760003

Data reported represents the sample submitted to SGS. Reproduction of this analytical report in full or in part is prohibited without prior written approval. Please refer to SGS General Conditions of Services located at http://www.sgs.com/terms_and_conditions_service.htm. (Printed copies are available upon request.)
Test method information available upon request. "Temperature Upon Receipt" is representative of the whole shipment and may not reflect the temperature of individual samples.

SGS Canada Inc.
P.O. Box 4300 - 185 Concession St.
Lakefield - Ontario - KOL 2HO
Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

LR Report : **CA12641-SEP14**

Analysis	3: Analysis Approval Date	4: Analysis Approval Time	5: TE-14-03
Thallium [µg/g]	29-Oct-14	09:22	< 2
Uranium [µg/g]	29-Oct-14	09:46	0.62
Vanadium [µg/g]	29-Oct-14	09:22	75
Tungsten [µg/g]	29-Oct-14	09:22	1
Yttrium [µg/g]	29-Oct-14	09:22	< 2
Zinc [µg/g]	29-Oct-14	09:22	48

Brian Graham B.Sc.
Project Specialist
Environmental Services, Analytical

OnLine LIMS

0000276003

Data reported represents the sample submitted to SGS. Reproduction of this analytical report in full or in part is prohibited without prior written approval. Please refer to SGS General Conditions of Services located at http://www.sgs.com/terms_and_conditions_service.htm. (Printed copies are available upon request.)
Test method information available upon request. "Temperature Upon Receipt" is representative of the whole shipment and may not reflect the temperature of individual samples.

SGS Canada Inc.
P.O. Box 4300 - 185 Concession St.
Lakefield - Ontario - KOL 2HO
Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

24-October-2014

Golder Associates Ltd
Attn : Christian Boyaud

1170, boul, Lebourgneuf, bureau 200
Quebec, ON
G2K 2E3,

Phone: +1 418 781 0285
Fax:+1 418 781 0290

Date Rec. : 02 October 2014
LR Report: **CA15039-OCT14**
Reference: CMPG/Osisko
PO#14-03061

Copy: #1

CERTIFICATE OF ANALYSIS
Final Report

Analysis	3: Analysis Approval Date	4: Analysis Approval Time	5: TE-14-03
Sample Date & Time			18-Sep-14 15:30
Sample weight [g]	16-Oct-14	09:21	15
Volume Leach Solution Added [mL]	16-Oct-14	09:26	294
Volume Leach Solution Recovered [mL]	16-Oct-14	09:21	287
Initial pH	16-Oct-14	09:21	9.80
Final pH	16-Oct-14	09:21	9.33
% Moisture (wet wt) Before [%]	16-Oct-14	09:23	29.1
pH [no unit]	21-Oct-14	15:23	9.07
Conductivity [µS/cm]	21-Oct-14	15:23	2910
Alkalinity [mg/L as CaCO3]	21-Oct-14	15:23	73
Redox Potential [mV]	22-Oct-14	08:48	112
Fluoride [mg/L]	17-Oct-14	13:28	2.28
Sulphate [mg/L]	23-Oct-14	13:08	1100
Cyanide (total) [mg/L]	21-Oct-14	14:01	21.7
Cyanide (free) [mg/L]	21-Oct-14	13:07	< 2
Cyanide (WAD) [mg/L]	21-Oct-14	13:07	0.37
Silver [mg/L]	22-Oct-14	10:40	0.000010
Aluminum [mg/L]	16-Oct-14	10:35	0.40
Arsenic [mg/L]	22-Oct-14	10:40	0.0091
Barium [mg/L]	22-Oct-14	10:40	0.260
Boron [mg/L]	22-Oct-14	10:40	0.0429
Beryllium [mg/L]	22-Oct-14	10:40	< 0.000007
Bismuth [mg/L]	22-Oct-14	10:40	< 0.000007
Calcium [mg/L]	16-Oct-14	10:35	46.7
Cadmium [mg/L]	22-Oct-14	10:39	< 0.000003
Cobalt [mg/L]	22-Oct-14	10:39	0.0667
Chromium [mg/L]	22-Oct-14	10:39	0.00068
Copper [mg/L]	22-Oct-14	10:39	0.0169
Iron [mg/L]	16-Oct-14	10:44	6.10
Potassium [mg/L]	17-Oct-14	09:37	104

OnLine LIMS

0000273550

Data reported represents the sample submitted to SGS. Reproduction of this analytical report in full or in part is prohibited without prior written approval. Please refer to SGS General Conditions of Services located at http://www.sgs.com/terms_and_conditions_service.htm. (Printed copies are available upon request.)
Test method information available upon request. "Temperature Upon Receipt" is representative of the whole shipment and may not reflect the temperature of individual samples.

SGS Canada Inc.
P.O. Box 4300 - 185 Concession St.
Lakefield - Ontario - KOL 2HO
Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

LR Report : **CA15039-OCT14**

Analysis	3: Analysis Approval Date	4: Analysis Approval Time	5: TE-14-03
Lithium [mg/L]	22-Oct-14	10:39	0.00540
Magnesium [mg/L]	16-Oct-14	10:44	4.66
Manganese [mg/L]	22-Oct-14	10:39	0.0301
Molybdenum [mg/L]	22-Oct-14	10:39	0.290
Sodium [mg/L]	17-Oct-14	09:37	506
Nickel [mg/L]	22-Oct-14	10:39	0.0025
Lead [mg/L]	22-Oct-14	10:39	0.00029
Antimony [mg/L]	22-Oct-14	10:39	0.0058
Selenium [mg/L]	22-Oct-14	10:39	0.003
Tin [mg/L]	22-Oct-14	10:39	0.00012
Strontium [mg/L]	16-Oct-14	10:44	0.725
Titanium [mg/L]	22-Oct-14	10:39	0.0148
Thallium [mg/L]	22-Oct-14	10:39	0.000028
Uranium [mg/L]	22-Oct-14	10:39	0.000947
Vanadium [mg/L]	22-Oct-14	10:39	0.0533
Tungsten [mg/L]	22-Oct-14	10:39	0.112
Yttrium [mg/L]	22-Oct-14	10:39	0.000886
Zinc [mg/L]	22-Oct-14	10:39	0.001

Brian Graham B.Sc.
Project Specialist
Environmental Services, Analytical

OnLine LIMS

0000273550

Data reported represents the sample submitted to SGS. Reproduction of this analytical report in full or in part is prohibited without prior written approval. Please refer to SGS General Conditions of Services located at http://www.sgs.com/terms_and_conditions_service.htm. (Printed copies are available upon request.)
Test method information available upon request. "Temperature Upon Receipt" is representative of the whole shipment and may not reflect the temperature of individual samples.

SGS Canada Inc.
P.O. Box 4300 - 185 Concession St.
Lakefield - Ontario - KOL 2HO
Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

24-October-2014

Golder Associates Ltd
Attn : Christian Boyaud

1170, boul, Lebourgneuf, bureau 200
Quebec, ON
G2K 2E3,

Phone: +1 418 781 0285
Fax:+1 418 781 0290

Date Rec. : 02 October 2014
LR Report: **CA15040-OCT14**
Reference: CMPG/Osisko
PO#14-03061

Copy: #1

CERTIFICATE OF ANALYSIS
Final Report

Analysis	3: Analysis Approval Date	4: Analysis Approval Time	5: TE-14-03
Sample Date & Time			18-Sep-14 15:30
Sample weight [g]	16-Oct-14	09:22	15
Volume Leach Solution Added [mL]	16-Oct-14	09:25	294
Volume Leach Solution Recovered [mL]	16-Oct-14	09:22	289
Initial pH	16-Oct-14	09:22	9.89
Final pH	16-Oct-14	09:22	9.46
pH [no unit]	21-Oct-14	15:23	9.29
Conductivity [µS/cm]	21-Oct-14	15:23	2940
Alkalinity [mg/L as CaCO3]	21-Oct-14	15:23	80
Redox Potential [mV]	22-Oct-14	08:49	96
Fluoride [mg/L]	17-Oct-14	13:28	2.48
Sulphate [mg/L]	23-Oct-14	13:09	1100
Cyanide (total) [mg/L]	21-Oct-14	14:01	17.6
Cyanide (free) [mg/L]	21-Oct-14	13:07	< 2
Cyanide (WAD) [mg/L]	21-Oct-14	13:07	0.41
Silver [mg/L]	22-Oct-14	10:40	0.000017
Aluminum [mg/L]	16-Oct-14	10:45	0.93
Arsenic [mg/L]	22-Oct-14	10:40	0.0094
Barium [mg/L]	22-Oct-14	10:40	0.215
Boron [mg/L]	22-Oct-14	10:40	0.0402
Beryllium [mg/L]	22-Oct-14	10:40	0.000007
Bismuth [mg/L]	22-Oct-14	10:40	< 0.000007
Calcium [mg/L]	16-Oct-14	10:45	32.5
Cadmium [mg/L]	22-Oct-14	10:40	< 0.000003
Cobalt [mg/L]	22-Oct-14	10:40	0.0687
Chromium [mg/L]	22-Oct-14	10:40	0.00164
Copper [mg/L]	22-Oct-14	10:40	0.0158
Iron [mg/L]	16-Oct-14	10:45	6.36
Potassium [mg/L]	17-Oct-14	09:38	117
Lithium [mg/L]	22-Oct-14	10:40	0.00377

OnLine LIMS

0000273553

Data reported represents the sample submitted to SGS. Reproduction of this analytical report in full or in part is prohibited without prior written approval. Please refer to SGS General Conditions of Services located at http://www.sgs.com/terms_and_conditions_service.htm. (Printed copies are available upon request.)
Test method information available upon request. "Temperature Upon Receipt" is representative of the whole shipment and may not reflect the temperature of individual samples.

SGS Canada Inc.
P.O. Box 4300 - 185 Concession St.
Lakefield - Ontario - KOL 2HO
Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

LR Report : **CA15040-OCT14**

Analysis	3: Analysis Approval Date	4: Analysis Approval Time	5: TE-14-03
Magnesium [mg/L]	16-Oct-14	10:45	2.49
Manganese [mg/L]	22-Oct-14	10:40	0.0235
Molybdenum [mg/L]	22-Oct-14	10:40	0.287
Sodium [mg/L]	17-Oct-14	09:38	519
Nickel [mg/L]	22-Oct-14	10:40	0.0027
Lead [mg/L]	22-Oct-14	10:40	0.00054
Antimony [mg/L]	22-Oct-14	10:40	0.0058
Selenium [mg/L]	22-Oct-14	10:40	0.003
Tin [mg/L]	22-Oct-14	10:40	0.00012
Strontium [mg/L]	16-Oct-14	10:45	0.670
Titanium [mg/L]	22-Oct-14	10:40	0.0342
Thallium [mg/L]	22-Oct-14	10:40	0.000032
Uranium [mg/L]	22-Oct-14	10:40	0.000632
Vanadium [mg/L]	22-Oct-14	10:40	0.0580
Tungsten [mg/L]	22-Oct-14	10:40	0.113
Yttrium [mg/L]	22-Oct-14	10:40	0.00173
Zinc [mg/L]	22-Oct-14	10:40	0.006

Brian Graham B.Sc.
Project Specialist
Environmental Services, Analytical

OnLine LIMS

0000273553

Data reported represents the sample submitted to SGS. Reproduction of this analytical report in full or in part is prohibited without prior written approval. Please refer to SGS General Conditions of Services located at http://www.sgs.com/terms_and_conditions_service.htm. (Printed copies are available upon request.)
Test method information available upon request. "Temperature Upon Receipt" is representative of the whole shipment and may not reflect the temperature of individual samples.

SGS Canada Inc.
P.O. Box 4300 - 185 Concession St.
Lakefield - Ontario - KOL 2HO
Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

24-October-2014

Golder Associates Ltd
Attn : Christian Boyaud

1170, boul, Lebourgneuf, bureau 200
Quebec, ON
G2K 2E3,

Phone: +1 418 781 0285
Fax:+1 418 781 0290

Date Rec. : 02 October 2014
LR Report: **CA15041-OCT14**
Reference: CMPG/Osisko
PO#14-03061

Copy: #1

CERTIFICATE OF ANALYSIS
Final Report

Analysis	3: Analysis Approval Date	4: Analysis Approval Time	5: TE-14-03
Sample Date & Time			18-Sep-14 15:30
Sample weight [g]	16-Oct-14	09:22	15
Volume Leach Solution Added [mL]	16-Oct-14	09:25	294
Volume Leach Solution Recovered [mL]	16-Oct-14	09:22	286
Initial pH	16-Oct-14	09:22	9.76
Final pH	16-Oct-14	09:22	9.54
pH [no unit]	21-Oct-14	15:23	9.35
Conductivity [µS/cm]	21-Oct-14	15:23	3010
Alkalinity [mg/L as CaCO3]	21-Oct-14	15:23	87
Redox Potential [mV]	22-Oct-14	08:49	95
Fluoride [mg/L]	17-Oct-14	13:28	2.48
Sulphate [mg/L]	23-Oct-14	13:09	1200
Cyanide (total) [mg/L]	21-Oct-14	14:01	16.5
Cyanide (free) [mg/L]	21-Oct-14	13:07	< 2
Cyanide (WAD) [mg/L]	21-Oct-14	13:07	0.39
Silver [mg/L]	22-Oct-14	15:43	0.000018
Aluminum [mg/L]	15-Oct-14	13:43	0.93
Arsenic [mg/L]	22-Oct-14	15:43	0.0084
Barium [mg/L]	22-Oct-14	15:43	0.192
Boron [mg/L]	22-Oct-14	15:43	0.0445
Beryllium [mg/L]	22-Oct-14	15:43	< 0.000007
Bismuth [mg/L]	22-Oct-14	15:43	0.000022
Calcium [mg/L]	15-Oct-14	13:43	28.6
Cadmium [mg/L]	22-Oct-14	15:43	0.000166
Cobalt [mg/L]	22-Oct-14	15:43	0.0664
Chromium [mg/L]	22-Oct-14	15:43	0.00182
Copper [mg/L]	22-Oct-14	15:43	0.0150
Iron [mg/L]	15-Oct-14	13:43	6.41
Potassium [mg/L]	16-Oct-14	11:52	129
Lithium [mg/L]	22-Oct-14	15:43	0.00325

OnLine LIMS

0000273547

Data reported represents the sample submitted to SGS. Reproduction of this analytical report in full or in part is prohibited without prior written approval. Please refer to SGS General Conditions of Services located at http://www.sgs.com/terms_and_conditions_service.htm. (Printed copies are available upon request.)
Test method information available upon request. "Temperature Upon Receipt" is representative of the whole shipment and may not reflect the temperature of individual samples.

SGS Canada Inc.
P.O. Box 4300 - 185 Concession St.
Lakefield - Ontario - KOL 2HO
Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

LR Report : **CA15041-OCT14**

Analysis	3: Analysis Approval Date	4: Analysis Approval Time	5: TE-14-03
Magnesium [mg/L]	15-Oct-14	13:43	1.67
Manganese [mg/L]	22-Oct-14	15:43	0.0200
Molybdenum [mg/L]	22-Oct-14	15:43	0.273
Sodium [mg/L]	16-Oct-14	11:52	523
Nickel [mg/L]	22-Oct-14	15:43	0.0027
Lead [mg/L]	22-Oct-14	15:43	0.00063
Antimony [mg/L]	22-Oct-14	15:43	0.0057
Selenium [mg/L]	22-Oct-14	15:43	0.003
Tin [mg/L]	22-Oct-14	15:43	0.00007
Strontium [mg/L]	15-Oct-14	13:43	0.682
Titanium [mg/L]	22-Oct-14	15:43	0.0358
Thallium [mg/L]	22-Oct-14	15:43	0.000036
Uranium [mg/L]	22-Oct-14	15:43	0.000663
Vanadium [mg/L]	22-Oct-14	15:43	0.0575
Tungsten [mg/L]	22-Oct-14	15:43	0.113
Yttrium [mg/L]	22-Oct-14	15:43	0.00138
Zinc [mg/L]	22-Oct-14	15:43	0.015

Brian Graham B.Sc.
Project Specialist
Environmental Services, Analytical

OnLine LIMS

0000273547

Data reported represents the sample submitted to SGS. Reproduction of this analytical report in full or in part is prohibited without prior written approval. Please refer to SGS General Conditions of Services located at http://www.sgs.com/terms_and_conditions_service.htm. (Printed copies are available upon request.)
Test method information available upon request. "Temperature Upon Receipt" is representative of the whole shipment and may not reflect the temperature of individual samples.

SGS Canada Inc.
P.O. Box 4300 - 185 Concession St.
Lakefield - Ontario - KOL 2HO
Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

29-October-2014

Golder Associates Ltd
Attn : Christian Boyaud

1170, boul, Lebourgneuf, bureau 200
Quebec, ON
G2K 2E3,

Phone: +1 418 781 0285
Fax:+1 418 781 0290

Date Rec. : 02 October 2014
LR Report: **CA15042-OCT14**
Reference: CMPG/Osisko
PO#14-03061

Copy: #1

CERTIFICATE OF ANALYSIS
Final Report

Analysis	3: Analysis Approval Date	4: Analysis Approval Time	5: TE-14-03
Sample Date & Time			18-Sep-14 15:30
Sample weight [g]	16-Oct-14	09:22	15
Volume Leach Solution Added [mL]	16-Oct-14	09:26	294
Volume Leach Solution Recovered [mL]	16-Oct-14	09:22	288
Initial pH	16-Oct-14	09:22	9.87
Final pH	16-Oct-14	09:22	9.50
pH [no unit]	21-Oct-14	15:23	9.35
Conductivity [µS/cm]	21-Oct-14	15:23	3060
Alkalinity [mg/L as CaCO3]	21-Oct-14	15:23	89
Redox Potential [mV]	22-Oct-14	08:49	94
Fluoride [mg/L]	17-Oct-14	13:29	2.49
Sulphate [mg/L]	23-Oct-14	13:09	1200
Cyanide (total) [mg/L]	21-Oct-14	14:01	19.2
Cyanide (free) [mg/L]	21-Oct-14	13:07	< 2
Cyanide (WAD) [mg/L]	21-Oct-14	13:07	0.33
Silver [mg/L]	29-Oct-14	15:14	0.000029
Aluminum [mg/L]	24-Oct-14	13:52	0.61
Arsenic [mg/L]	29-Oct-14	15:14	0.0087
Barium [mg/L]	29-Oct-14	15:14	0.185
Boron [mg/L]	29-Oct-14	15:14	0.0675
Beryllium [mg/L]	29-Oct-14	15:14	< 0.000007
Bismuth [mg/L]	29-Oct-14	15:14	< 0.000007
Calcium [mg/L]	24-Oct-14	13:52	27.5
Cadmium [mg/L]	29-Oct-14	15:14	< 0.000003
Cobalt [mg/L]	29-Oct-14	15:14	0.0770
Chromium [mg/L]	29-Oct-14	15:14	0.00098
Copper [mg/L]	29-Oct-14	15:14	0.0169
Iron [mg/L]	24-Oct-14	13:52	6.49
Potassium [mg/L]	27-Oct-14	14:36	142
Lithium [mg/L]	29-Oct-14	15:14	0.00395

OnLine LIMS

00002761961

Data reported represents the sample submitted to SGS. Reproduction of this analytical report in full or in part is prohibited without prior written approval. Please refer to SGS General Conditions of Services located at http://www.sgs.com/terms_and_conditions_service.htm. (Printed copies are available upon request.)
Test method information available upon request. "Temperature Upon Receipt" is representative of the whole shipment and may not reflect the temperature of individual samples.

SGS Canada Inc.
P.O. Box 4300 - 185 Concession St.
Lakefield - Ontario - KOL 2HO
Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

LR Report : **CA15042-OCT14**

Analysis	3: Analysis Approval Date	4: Analysis Approval Time	5: TE-14-03
Magnesium [mg/L]	24-Oct-14	13:52	1.20
Manganese [mg/L]	29-Oct-14	15:14	0.0159
Molybdenum [mg/L]	29-Oct-14	15:14	0.306
Sodium [mg/L]	27-Oct-14	14:36	513
Nickel [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.0021
Lead [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.00040
Antimony [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.0060
Selenium [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.002
Tin [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.00024
Strontium [mg/L]	24-Oct-14	13:53	0.750
Titanium [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.0232
Thallium [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.000024
Uranium [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.00108
Vanadium [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.0561
Tungsten [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.127
Yttrium [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.00111
Zinc [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.006

Brian Graham B.Sc.
Project Specialist
Environmental Services, Analytical

OnLine LIMS

0000276196

Data reported represents the sample submitted to SGS. Reproduction of this analytical report in full or in part is prohibited without prior written approval. Please refer to SGS General Conditions of Services located at http://www.sgs.com/terms_and_conditions_service.htm. (Printed copies are available upon request.)
Test method information available upon request. "Temperature Upon Receipt" is representative of the whole shipment and may not reflect the temperature of individual samples.

SGS Canada Inc.
P.O. Box 4300 - 185 Concession St.
Lakefield - Ontario - KOL 2HO
Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

29-October-2014

Golder Associates Ltd
Attn : Christian Boyaud

1170, boul, Lebourgneuf, bureau 200
Quebec, ON
G2K 2E3,

Phone: +1 418 781 0285
Fax:+1 418 781 0290

Date Rec. : 02 October 2014
LR Report: **CA15043-OCT14**
Reference: CMPG/Osisko
PO#14-03061

Copy: #1

CERTIFICATE OF ANALYSIS
Final Report

Analysis	3: Analysis Approval Date	4: Analysis Approval Time	5: TE-14-03
Sample Date & Time			18-Sep-14 15:30
Sample weight [g]	16-Oct-14	09:22	15
Volume Leach Solution Added [mL]	16-Oct-14	09:26	294
Volume Leach Solution Recovered [mL]	16-Oct-14	09:22	280
Initial pH	16-Oct-14	09:22	9.76
Final pH	16-Oct-14	09:22	9.50
% Moisture (wet wt) After [%]	16-Oct-14	09:22	47.8
pH [no unit]	21-Oct-14	15:23	9.29
Conductivity [µS/cm]	21-Oct-14	15:23	3080
Alkalinity [mg/L as CaCO3]	21-Oct-14	15:23	91
Redox Potential [mV]	22-Oct-14	08:49	98
Fluoride [mg/L]	17-Oct-14	13:29	2.43
Sulphate [mg/L]	23-Oct-14	13:09	1200
Cyanide (total) [mg/L]	21-Oct-14	14:01	18.3
Cyanide (free) [mg/L]	21-Oct-14	13:08	< 2
Cyanide (WAD) [mg/L]	21-Oct-14	13:08	0.39
Silver [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.000051
Aluminum [mg/L]	24-Oct-14	13:53	0.67
Arsenic [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.0084
Barium [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.166
Boron [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.0637
Beryllium [mg/L]	29-Oct-14	15:15	< 0.000007
Bismuth [mg/L]	29-Oct-14	15:15	< 0.000007
Calcium [mg/L]	24-Oct-14	13:53	27.4
Cadmium [mg/L]	29-Oct-14	15:15	< 0.000003
Cobalt [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.0757
Chromium [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.00113
Copper [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.0346
Iron [mg/L]	24-Oct-14	13:53	6.50
Potassium [mg/L]	27-Oct-14	14:36	144

OnLine LIMS

0000276200

Data reported represents the sample submitted to SGS. Reproduction of this analytical report in full or in part is prohibited without prior written approval. Please refer to SGS General Conditions of Services located at http://www.sgs.com/terms_and_conditions_service.htm. (Printed copies are available upon request.)
Test method information available upon request. "Temperature Upon Receipt" is representative of the whole shipment and may not reflect the temperature of individual samples.

SGS Canada Inc.
P.O. Box 4300 - 185 Concession St.
Lakefield - Ontario - KOL 2HO
Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

LR Report : **CA15043-OCT14**

Analysis	3: Analysis Approval Date	4: Analysis Approval Time	5: TE-14-03
Lithium [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.00369
Magnesium [mg/L]	24-Oct-14	13:53	1.08
Manganese [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.0160
Molybdenum [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.308
Sodium [mg/L]	27-Oct-14	14:36	522
Nickel [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.0021
Lead [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.00036
Antimony [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.0057
Selenium [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.002
Tin [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.00017
Strontium [mg/L]	24-Oct-14	13:53	0.803
Titanium [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.0238
Thallium [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.000024
Uranium [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.000915
Vanadium [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.0508
Tungsten [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.129
Yttrium [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.000824
Zinc [mg/L]	29-Oct-14	15:15	0.008

Brian Graham B.Sc.
Project Specialist
Environmental Services, Analytical

OnLine LIMS

0000276200

Data reported represents the sample submitted to SGS. Reproduction of this analytical report in full or in part is prohibited without prior written approval. Please refer to SGS General Conditions of Services located at http://www.sgs.com/terms_and_conditions_service.htm. (Printed copies are available upon request.)
Test method information available upon request. "Temperature Upon Receipt" is representative of the whole shipment and may not reflect the temperature of individual samples.

Quantitative X-Ray Diffraction by Rietveld Refinement

Report Prepared for:	*Environmental -Analytical*
Project Number/ LIMS No.	*Custom XRD/MI4500-OCT14*
Sample Receipt:	*October 1, 2014*
Sample Analysis:	*October 3, 2014*
Reporting Date:	*October 9, 2014*

Instrument:	BRUKER AXS D8 Advance Diffractometer
Test Conditions:	Co radiation, 40 kV, 35 mA Regular Scanning: Step: 0.02°, Step time: 1s, 2θ range: 3-80°
Interpretations:	PDF2/PDF4 powder diffraction databases issued by the International Center for Diffraction Data (ICDD). DiffracPlus Eva and Topas software.
Detection Limit:	0.5-2%. Strongly dependent on crystallinity.

Contents:

1) Method Summary
2) Summary of Mineral Asemblages
3) Quantitative XRD Results
4) XRD Pattern(s)

Kim Gibbs, H.B.Sc., P.Geo.
Senior Mineralogist

for Huyun Zhou, Ph.D., P.Geo.
Senior Mineralogist

ACCREDITATION: SGS Minerals Services Lakefield is accredited to the requirements of ISO/IEC 17025 for specific tests as listed on our scope of accreditation, including geochemical, mineralogical and trade mineral tests. To view a list of the accredited methods, please visit the following website and search SGS Canada - Minerals Services - Lakefield: http://palcan.scc.ca/SpecsSearch/GLSearchForm.do.

Method Summary

The Rietveld Method of Mineral Identification by XRD (ME-LR-MIN-MET-MN-D05) method used by SGS Minerals Services is accredited to the requirements of ISO/IEC 17025.

Mineral Identification and Interpretation:

Mineral identification and interpretation involves matching the diffraction pattern of an unknown material to patterns of single-phase reference materials. The reference patterns are compiled by the Joint Committee on Powder Diffraction Standards - International Center for Diffraction Data (JCPDS-ICDD) database and released on software as Powder Diffraction Files (PDF).

Interpretations do not reflect the presence of non-crystalline and/or amorphous compounds, except when internal standards have been added by request. Mineral proportions may be strongly influenced by crystallinity, crystal structure and preferred orientations. Mineral or compound identification and quantitative analysis results should be accompanied by supporting chemical assay data or other additional tests.

Quantitative Rietveld Analysis:

Quantitative Rietveld Analysis is performed by using Topas 4.2 (Bruker AXS), a graphics based profile analysis program built around a non-linear least squares fitting system, to determine the amount of different phases present in a multicomponent sample. Whole pattern analyses are predicated by the fact that the X-ray diffraction pattern is a total sum of both instrumental and specimen factors. Unlike other peak intensity-based methods, the Rietveld method uses a least squares approach to refine a theoretical line profile until it matches the obtained experimental patterns.

Rietveld refinement is completed with a set of minerals specifically identified for the sample. Zero values indicate that the mineral was included in the refinement calculations, but the calculated concentration was less than 0.05wt%. Minerals not identified by the analyst are not included in refinement calculations for specific samples and are indicated with a dash.

DISCLAIMER: This document is issued by the Company under its General Conditions of Service accessible at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law.

WARNING: The sample(s) to which the findings recorded herein (the "Findings") relate was(were) drawn and / or provided by the Client or by a third party acting at the Client's direction. The Findings constitute no warranty of the sample's representativeness of any goods and strictly relate to the sample(s). The Company accepts no liability with regard to the origin or source from which the sample(s) is/are said to be extracted.

SGS Minerals
a division of SGS Canada Inc.
P.O. Box 4300, 185 Concession Street, Lakefield, Ontario, Canada K0L 2H0
Tel: (705) 652-2000 Fax: (705) 652-6365 www.sgs.com www.sgs.com/met
Member of the SGS Group (SGS SA)

Summary of Rietveld Quantitative Analysis X-ray Diffraction Results

Quantitative X-ray Diffraction Results

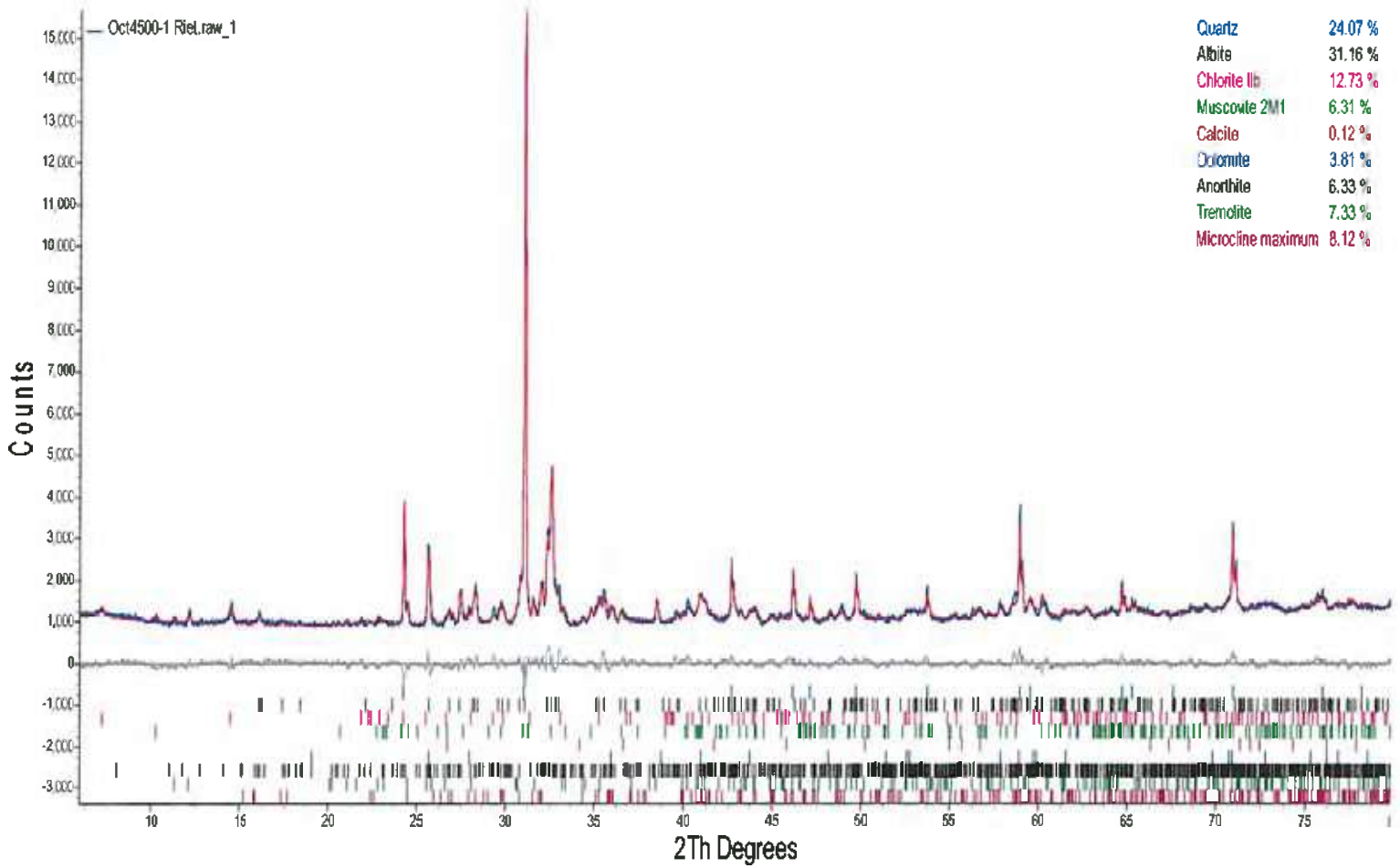
Mineral/Compound	TE-14-03 OCT4500-01 (wt %)
Quartz	24.1
Albite	31.2
Chlorite	12.7
Muscovite	6.3
Calcite	0.1
Dolomite	3.8
Anorthite	6.3
Tremolite	7.3
Microcline	8.1
TOTAL	100

Zero values indicate that the mineral was included in the refinement, but the calculated concentration is below a measurable value.

Dashes indicate that the mineral was not identifed by the analyst and not included in the refinement calculation for the sample.

Mineral/Compound	Formula
Quartz	SiO_2
Albite	$NaAlSi_3O_8$
Chlorite	$(Fe,(Mg,Mn)_5,Al)(Si_3Al)O_{10}(OH)_8$
Muscovite	$KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$
Calcite	$CaCO_3$
Dolomite	$CaMg(CO_3)_2$
Anorthite	$CaAl_2Si_2O_8$
Tremolite	$Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$
Microcline	$KAlSi_3O_8$

TE-14-03


Oct4500-1 Riet.raw_1
Counts
2Th Degrees
Quartz 24.07 %
Albite 31.16 %
Chlorite IIb 12.73 %
Muscovite 2M1 6.31 %
Calcite 0.12 %
Dolomite 3.81 %
Anorthite 6.33 %
Tremolite 7.33 %
Microcline maximum 8.12 %

ANNEXE C

Conditions générales et limitations – Modélisation numérique

CONDITIONS GÉNÉRALES ET LIMITATIONS
RAPPORT DE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE

UTILISATION DU RAPPORT ET DE SON CONTENU

Ce rapport a été préparé pour l'usage exclusif du Client ou de ses agents. Les données factuelles, les interprétations, les commentaires, les recommandations et les fichiers électroniques qu'il contient sont spécifiques à l'étude qu'il couvre et ne s'appliquent à aucun autre projet ou autre site. Ces informations ne doivent en aucun cas être utilisées à d'autres fins que celles spécifiées aux objectifs du mandat à moins que cela ne soit clairement indiqué dans le texte de ce rapport ou formellement autorisé par Golder. Ce rapport doit être lu dans son ensemble, puisque des sections pourraient être faussement interprétées lorsque prises individuellement ou hors contexte. Par ailleurs, le texte de la version finale de ce rapport prévaut sur tout autre texte, opinion ou version préliminaire émis par Golder.

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

Les références aux lois et règlements contenues dans ce rapport sont fournies à titre indicatif, sur une base technique. Comme les lois et règlements sont sujets à interprétation, Golder recommande au Client de consulter ses conseillers juridiques afin d'obtenir les avis appropriés.

MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE

Un modèle numérique utilise des lois scientifiques et des hypothèses dictées par le jugement professionnel pour intégrer les données disponibles à l'intérieur d'une représentation mathématique conceptualisant les caractéristiques essentielles d'un système hydrogéologique existant. Bien qu'un modèle numérique ne puisse représenter toute la réalité détaillée d'un système hydrogéologique existant, un modèle numérique valide est un outil capable d'en simuler de façon raisonnable le comportement sous diverses contraintes et conditions. La validité du modèle ainsi que sa précision dépendent de la quantité, de la qualité et de la distribution des données disponibles de même que de la complexité du contexte géologique, la géochimie du milieu et la nature des composés dissous. Ainsi, chaque modélisation hydrogéologique est une simplification d'un système réel et les résultats obtenus doivent donc être interprétés et utilisés avec précaution et discernement. Le modèle décrit dans ce rapport ne fait pas exception.

Les travaux de modélisation hydrogéologique effectués par Golder et décrits dans ce rapport furent réalisés conformément aux règles et pratiques professionnelles reconnues et acceptées au moment de leur réalisation. À moins d'avis contraire, les résultats de travaux antérieurs ou simultanés, provenant d'autres sources que Golder, cités et/ou utilisés dans ce rapport furent considérés comme ayant été obtenus en respectant les règles et pratiques professionnelles reconnues et acceptées et, conséquemment, comme étant valides. Ce modèle constitue un outil scientifique de prédiction permettant d'évaluer les impacts de modifications imposées à un système hydrogéologique existant et/ou permettant de comparer divers scénarios dans le cadre d'un processus décisionnel. Cependant, la précision du modèle demeure liée à l'incertitude normale inhérente aux travaux de modélisation hydrogéologique et, même si une attention professionnelle a été apportée lors de sa construction et des simulations, aucune garantie directe ou indirecte n'est donnée.

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

Pour en savoir plus, visitez golder.com

Afrique	+ 27 11 254 4800
Asie	+ 86 21 6258 5522
Océanie	+ 61 3 8862 3500
Europe	+ 44 1628 851851
Amérique du Nord	+ 1 800 275 3281
Amérique du Sud	+ 56 2 2616 2000

solutions@golder.com
www.golder.com

Golder Associés Ltée
9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal (Québec) H4N 2T2
Canada
T: +1 (514) 383 0990

Golder Associés

ANNEXE 2

Conditions générales et limitations

CONDITIONS GÉNÉRALES ET LIMITATIONS
RAPPORT DE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE

UTILISATION DU RAPPORT ET DE SON CONTENU

Ce rapport a été préparé pour l'usage exclusif du Client ou de ses agents. Les données factuelles, les interprétations, les commentaires, les recommandations et les fichiers électroniques qu'il contient sont spécifiques à l'étude qu'il couvre et ne s'appliquent à aucun autre projet ou autre site. Ces informations ne doivent en aucun cas être utilisées à d'autres fins que celles spécifiées aux objectifs du mandat à moins que cela ne soit clairement indiqué dans le texte de ce rapport ou formellement autorisé par Golder. Ce rapport doit être lu dans son ensemble, puisque des sections pourraient être faussement interprétées lorsque prises individuellement ou hors contexte. Par ailleurs, le texte de la version finale de ce rapport prévaut sur tout autre texte, opinion ou version préliminaire émis par Golder.

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

Les références aux lois et règlements contenues dans ce rapport sont fournies à titre indicatif, sur une base technique. Comme les lois et règlements sont sujets à interprétation, Golder recommande au Client de consulter ses conseillers juridiques afin d'obtenir les avis appropriés.

MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE

Un modèle numérique utilise des lois scientifiques et des hypothèses dictées par le jugement professionnel pour intégrer les données disponibles à l'intérieur d'une représentation mathématique conceptualisant les caractéristiques essentielles d'un système hydrogéologique existant. Bien qu'un modèle numérique ne puisse représenter toute la réalité détaillée d'un système hydrogéologique existant, un modèle numérique valide est un outil capable d'en simuler de façon raisonnable le comportement sous diverses contraintes et conditions. La validité du modèle ainsi que sa précision dépendent de la quantité, de la qualité et de la distribution des données disponibles de même que de la complexité du contexte géologique, la géochimie du milieu et la nature des composés dissous. Ainsi, chaque modélisation hydrogéologique est une simplification d'un système réel et les résultats obtenus doivent donc être interprétés et utilisés avec précaution et discernement. Le modèle décrit dans ce rapport ne fait pas exception.

Les travaux de modélisation hydrogéologique effectués par Golder et décrits dans ce rapport furent réalisés conformément aux règles et pratiques professionnelles reconnues et acceptées au moment de leur réalisation. À moins d'avis contraire, les résultats de travaux antérieurs ou simultanés, provenant d'autres sources que Golder, cités et/ou utilisés dans ce rapport furent considérés comme ayant été obtenus en respectant les règles et pratiques professionnelles reconnues et acceptées et, conséquemment, comme étant valides. Ce modèle constitue un outil scientifique de prédiction permettant d'évaluer les impacts de modifications imposées à un système hydrogéologique existant et/ou permettant de comparer divers scénarios dans le cadre d'un processus décisionnel. Cependant, la précision du modèle demeure liée à l'incertitude normale inhérente aux travaux de modélisation hydrogéologique et, même si une attention professionnelle a été apportée lors de sa construction et des simulations, aucune garantie directe ou indirecte n'est donnée.

ANNEXE-C

Conditions Générales et Limitations

CONDITIONS GÉNÉRALES ET LIMITATIONS
RAPPORT DE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE

UTILISATION DU RAPPORT ET DE SON CONTENU

Ce rapport a été préparé pour l'usage exclusif du Client ou de ses agents. Les données factuelles, les interprétations, les commentaires, les recommandations et les fichiers électroniques qu'il contient sont spécifiques à l'étude qu'il couvre et ne s'appliquent à aucun autre projet ou autre site. Ces informations ne doivent en aucun cas être utilisées à d'autres fins que celles spécifiées aux objectifs du mandat à moins que cela ne soit clairement indiqué dans le texte de ce rapport ou formellement autorisé par Golder. Ce rapport doit être lu dans son ensemble, puisque des sections pourraient être faussement interprétées lorsque prises individuellement ou hors contexte. Par ailleurs, le texte de la version finale de ce rapport prévaut sur tout autre texte, opinion ou version préliminaire émis par Golder.

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

Les références aux lois et règlements contenues dans ce rapport sont fournies à titre indicatif, sur une base technique. Comme les lois et règlements sont sujets à interprétation, Golder recommande au Client de consulter ses conseillers juridiques afin d'obtenir les avis appropriés.

MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE

Un modèle numérique utilise des lois scientifiques et des hypothèses dictées par le jugement professionnel pour intégrer les données disponibles à l'intérieur d'une représentation mathématique conceptualisant les caractéristiques essentielles d'un système hydrogéologique existant. Bien qu'un modèle numérique ne puisse représenter toute la réalité détaillée d'un système hydrogéologique existant, un modèle numérique valide est un outil capable d'en simuler de façon raisonnable le comportement sous diverses contraintes et conditions. La validité du modèle ainsi que sa précision dépendent de la quantité, de la qualité et de la distribution des données disponibles de même que de la complexité du contexte géologique, la géochimie du milieu et la nature des composés dissous. Ainsi, chaque modélisation hydrogéologique est une simplification d'un système réel et les résultats obtenus doivent donc être interprétés et utilisés avec précaution et discernement. Le modèle décrit dans ce rapport ne fait pas exception.

Les travaux de modélisation hydrogéologique effectués par Golder et décrits dans ce rapport furent réalisés conformément aux règles et pratiques professionnelles reconnues et acceptées au moment de leur réalisation. À moins d'avis contraire, les résultats de travaux antérieurs ou simultanés, provenant d'autres sources que Golder, cités et/ou utilisés dans ce rapport furent considérés comme ayant été obtenus en respectant les règles et pratiques professionnelles reconnues et acceptées et, conséquemment, comme étant valides. Ce modèle constitue un outil scientifique de prédiction permettant d'évaluer les impacts de modifications imposées à un système hydrogéologique existant et/ou permettant de comparer divers scénarios dans le cadre d'un processus décisionnel. Cependant, la précision du modèle demeure liée à l'incertitude normale inhérente aux travaux de modélisation hydrogéologique et, même si une attention professionnelle a été apportée lors de sa construction et des simulations, aucune garantie directe ou indirecte n'est donnée.

ANNEXE

K

ÉTUDE DE MODÉLISATION DE DISPERSION ATMOSPHÉRIQUE

CANADIAN MALARTIC GP

PROJET D'EXPLOITATION DES ZONES SOUTERRAINES MINÉRALISÉES DU PROJET ODYSSEY

ÉTUDE DE MODÉLISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHÉRIQUE

FÉVRIER 2021

PROJET D'EXPLOITATION DES ZONES SOUTERRAINES MINÉRALISÉES DU PROJET ODYSSEY

ÉTUDE DE MODÉLISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHÉRIQUE

CANADIAN MALARTIC GP

RAPPORT TECHNIQUE

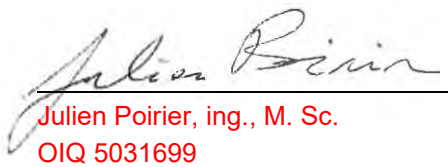
PROJET N^{O} : 171-08287-03
DATE : FÉVRIER 2021

3535, BOULEVARD L.-P.-NORMAND, 2E ÉTAGE
TROIS-RIVIÈRES (QUÉBEC) G9B 0G8
CANADA

T: +1 819 375-1292
WSP.COM

SIGNATURES

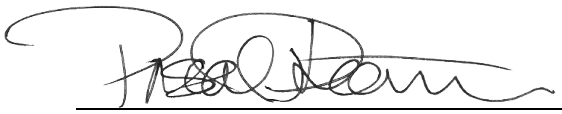
PRÉPARÉ PAR



Julien Poirier, ing., M. Sc.
OIQ 5031699
Chargé de projet - Modélisation

9 février 2021
Date

RÉVISÉ PAR



Pascal Rhéaume, P. Eng., M. Sc. A.
OIQ 138370
Chef d'équipe – Qualité de l'air

9 février 2021
Date

Le présent rapport a été préparé par WSP CANADA INC. pour le destinataire, CANADIAN MALARTIC GP, conformément à l'entente de services professionnels. La divulgation de tout renseignement faisant partie du présent rapport relève uniquement de la responsabilité du destinataire visé. Le contenu et les opinions se trouvant dans le présent rapport sont basés sur les observations et informations disponibles pour WSP au moment de sa préparation. Si un tiers utilise, se fie, ou prend des décisions ou des mesures basées sur ce rapport, ledit tiers en est le seul responsable. WSP n'accepte aucune responsabilité quant aux dommages que pourrait subir un tiers en conséquence de l'utilisation de ce rapport ou à la suite d'une décision ou mesure prise basé sur le présent rapport. Ces limitations sont considérées comme faisant partie intégrante du présent rapport.

L'original du fichier technologique que nous vous transmettons sera conservé par WSP pour une période minimale de dix ans. Étant donné que le fichier transmis au destinataire n'est plus sous le contrôle de WSP, son intégrité n'est pas garantie. Ainsi, aucune garantie n'est donnée sur les modifications qui peuvent y être apportées ultérieurement à sa transmission au destinataire visé.

ÉQUIPE DE RÉALISATION

CANADIAN MALARTIC GP

Directeur Évaluation de projets	Richard Harrisson
Ingénieure senior évaluation de projets	Sylvie Lampron
Directeur Développement durable et Environnement	Martin Duclos
Coordonnatrice développement durable	Stéphanie Lafrenière

WSP CANADA INC. (WSP)

Directrice de projet	Marilyn Sigouin
Coordonnatrice de l'étude	Émilie D'Astous
Chef d'équipe, Qualité de l'air	Pascal Rhéaume, P. Eng., M. Sc. A.
Chargé de projet de la modélisation	Julien Poirier, ing., M. Sc.
Cartographie et géomatique	Alain Lemay, cartographe
Réviseure	Christine Martineau
Traitement de texte et édition	Nancy Laurent, DEC

TABLE DES MATIÈRES

1 INTRODUCTION 1

1.1 Mise en contexte 1

1.2 Objectifs de l'étude 1

1.3 Zone d'étude 2

2 CADRE RÉGLEMENTAIRE 3

2.1 Normes et critères de qualité de l'atmosphère 3

2.2 Substances modélisées 4

2.3 Limite et domaine d'application 4

2.4 Niveaux ambiants 5

3 CONTEXTE DE MODÉLISATION 7

3.1 Description sommaire des opérations 7

3.2 Identification des sources et des substances émises 8

3.3 Scénarios de modélisation 8

3.3.1 Variation des opérations 8

3.3.2 Scénarios d'opérations sélectionnés 13

3.3.3 Configuration des scénarios en fonction des périodes 15

4 CARACTÉRISATION DES SOURCES D'ÉMISSIONS 17

4.1 Scénario 1 17

4.1.1 Mine Canadian Malartic 17

4.1.2 Projet Odyssey 28

4.2 Scénario 2 32

4.2.1 Projet Odyssey 32

4.3 Autres sources 38

4.4 Bilan des émissions 38

5 MÉTHODOLOGIE 41

5.1 Choix du modèle de dispersion 41

5.2 Description du modèle de dispersion AERMOD 41
5.3 Domaine de modélisation 42
5.4 Topographie 42
5.5 Préparation des données météorologiques 42
5.5.1 Données météorologiques de surface 42
5.5.2 Données météorologiques aérologiques, radiation et couverture nuageuse 43
5.5.3 Classification du territoire et utilisation du sol 43
5.5.4 Configuration d'aermet 44
5.5.5 Échantillon météorologique 44
5.6 Récepteurs 47
5.6.1 Grille de récepteurs 47
5.6.2 Récepteurs à la limite d'application 47
5.6.3 Récepteurs sensibles 47
5.6.4 Récepteurs du domaine d'application 49
5.7 Effet des bâtiments 49
5.8 Configuration d'AERMOD 49
5.9 Méthodes spécifiques 49
5.9.1 Estimation de la déposition des matières particulaires 49
5.9.2 Estimation des taux d'émissions de PM_4 50
5.9.3 Estimation des concentrations pour une période inférieure à une heure 50
5.9.4 Estimation des concentrations en no_2 51
5.9.5 Évaluation des émissions de métaux et de métalloïdes (autre que la silice cristalline) 51
5.9.6 Évaluation des émissions de silice cristalline 57
6 RÉSULTATS DE MODÉLISATION 63
6.1 Scénario 1 63
6.1.1 Scénario 1 de base 63
6.1.2 Scénario 1 optimisé 67
6.2 Scénario 2 69
6.2.1 Scénario 2 de base 69
6.2.2 Scénario 2 optimisé 73

7 CONSERVATISME ET LIMITATION 76
7.1 Conservatisme de l'approche 76
7.2 Incertitudes et limitation du modèle 76
7.2.1 Facteurs d'émissions 76
7.2.2 Émissions de la ventilation de la mine souterraine 76
7.2.3 Dispersion des matières particulaires 78
7.2.4 Variation spatiale et temporelle du scénario 78
7.2.5 Modèle météorologique et modèle de dispersion 78
7.2.6 Autres 79
7.3 Discussion et réserves 79
8 SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'AIR 81
9 CONCLUSION 83
10 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 87

TABLEAUX

TABLEAU 1 : VALEURS DE RÉFÉRENCE – CADRE DE DÉTERMINATION ET D'APPLICATION DES NORMES ET CRITÈRES 4
TABLEAU 2 : CONCENTRATIONS INITIALES ET SEUILS APPLICABLES POUR LES SUBSTANCES MODÉLISÉES 6
TABLEAU 3 : DESCRIPTION DES SCÉNARIOS MODÉLISÉS ET LEURS VARIANTES 14
TABLEAU 4 : PARAMÈTRES DÉCRIVANT LES ACTIVITÉS DE FORAGE ET DE SAUTAGE DE PRODUCTION – MCM 18
TABLEAU 5 : DESCRIPTION DU CAMION DE TRANSPORT CONSIDÉRÉ – MCM 20
TABLEAU 6 : DESCRIPTION DU SCÉNARIO DE ROUTAGE CONSIDÉRÉ – MCM 21
TABLEAU 7 : DESCRIPTION ET TAUX D'ÉMISSIONS CALCULÉS POUR LES VÉHICULES HORS ROUTE – MCM 24
TABLEAU 8 : DESCRIPTION DU SCÉNARIO MODÉLISÉ POUR LES GAZ D'ÉCHAPPEMENT – MCM 25
TABLEAU 9 : RÉPARTITION DES TAUX D'ÉMISSION DES GAZ D'ÉCHAPPEMENT – MCM 26

TABLEAU 10 : DESCRIPTION DES CAMIONS DE TRANSPORT CONSIDÉRÉS – ODYSSEY ... 28
TABLEAU 11 : DESCRIPTION DU SCÉNARIO DE ROUTAGE CONSIDÉRÉ – ODYSSEY 29
TABLEAU 12 : DESCRIPTION ET TAUX D'ÉMISSIONS CALCULÉS POUR LES VÉHICULES HORS ROUTE – ODYSSEY 29
TABLEAU 13 : DESCRIPTION DU SCÉNARIO MODÉLISÉ POUR LES GAZ D'ÉCHAPPEMENT – ODYSSEY..... 30
TABLEAU 14 : RÉPARTITION DES TAUX D'ÉMISSION DES GAZ D'ÉCHAPPEMENT – ODYSSEY... 30
TABLEAU 15 : DESCRIPTION DU SCÉNARIO DE ROUTAGE CONSIDÉRÉ – ODYSSEY 34
TABLEAU 16 : DESCRIPTION ET TAUX D'ÉMISSIONS CALCULÉS POUR LES VÉHICULES HORS ROUTE – ODYSSEY 35
TABLEAU 17 : DESCRIPTION DU SCÉNARIO MODÉLISÉ POUR LES GAZ D'ÉCHAPPEMENT – ODYSSEY..... 35
TABLEAU 18 : RÉPARTITION DES TAUX D'ÉMISSION DES GAZ D'ÉCHAPPEMENT – ODYSSEY... 36
TABLEAU 19 : STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES DE SURFACE CONSIDÉRÉES 43
TABLEAU 20 : PARAMÈTRES D'UTILISATION DU SOL CONSIDÉRÉS POUR LES STATIONS DE L'AÉROPORT DE VAL-D'OR..... 44
TABLEAU 21 : ANALYSE DES DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES MANQUANTES PAR ANNÉE (STATION VAL-D'OR) 45
TABLEAU 22 : ANALYSE DES DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES MANQUANTES PAR ANNÉE (STATION VAL-D'OR A)..... 45
TABLEAU 23 : DESCRIPTION DE LA VITESSE DES VENTS DE L'ÉCHANTILLON MÉTÉOROLOGIQUE 45
TABLEAU 24 : COORDONNÉES DES RÉCEPTEURS SENSIBLES 48
TABLEAU 25 : DESCRIPTION DES REGROUPEMENTS DE SOURCES UTILISÉS POUR L'ESTIMATION DES CONCENTRATIONS DE MÉTAUX – SCÉNARIO 1 53
TABLEAU 26 : DESCRIPTION DES REGROUPEMENTS DE SOURCES UTILISÉS POUR L'ESTIMATION DES CONCENTRATIONS DE MÉTAUX – SCÉNARIO 2 54
TABLEAU 27 : TENEUR EN MÉTAUX PAR TYPE DE ROCHE POUR CHACUN DES SECTEURS.. 55

TABLEAU 28 : PROPORTIONS ANNUELLES DES LITHOLOGIES ASSOCIÉES AUX GROUPES DE SOURCES UTILISÉS POUR L'ESTIMATION DES MÉTAUX ET MÉTALLOÏDES – SCÉNARIO 1 56
TABLEAU 29 : PROPORTIONS ANNUELLES DES LITHOLOGIES ASSOCIÉES AUX GROUPES DE SOURCES UTILISÉS POUR L'ESTIMATION DES MÉTAUX ET MÉTALLOÏDES – SCÉNARIO 2 56
TABLEAU 30 : TENEURS EN SILICE CRISTALLINE SELON LA TAILLE DES PARTICULES POUR CHAQUE SITE ÉCHANTILLONNÉ 58
TABLEAU 31 : DESCRIPTION DES ÉCHANTILLONS ASSOCIÉS À CHACUN DES GROUPES DE SOURCES D'ÉMISSION MODÉLISÉES – MINE CANADIAN MALARTIC 60
TABLEAU 32 : DESCRIPTION DES ÉCHANTILLONS ASSOCIÉS À CHACUN DES GROUPES DE SOURCES D'ÉMISSION MODÉLISÉES – PROJET ODYSSEY 60
TABLEAU 33 : TENEUR MOYENNE EN SILICE CRISTALLINE EN FONCTION DE LA TAILLE DE PARTICULES CONSIDÉRÉE POUR CHAQUE GROUPE DE SOURCES D'ÉMISSION MODÉLISÉES – MINE CANADIAN MALARTIC 61
TABLEAU 34 : TENEUR MAXIMALE EN SILICE CRISTALLINE EN FONCTION DE LA TAILLE DE PARTICULES CONSIDÉRÉE POUR CHAQUE GROUPE DE SOURCES D'ÉMISSION MODÉLISÉES – MINE CANADIAN MALARTIC 61
TABLEAU 35 : TENEUR MOYENNE EN SILICE CRISTALLINE EN FONCTION DE LA TAILLE DE PARTICULES CONSIDÉRÉE POUR CHAQUE GROUPE DE SOURCES D'ÉMISSION MODÉLISÉES – PROJET ODYSSEY 62
TABLEAU 36 : TENEUR MAXIMALE EN SILICE CRISTALLINE EN FONCTION DE LA TAILLE DE PARTICULES CONSIDÉRÉE POUR CHAQUE GROUPE DE SOURCES D'ÉMISSION MODÉLISÉES – PROJET ODYSSEY 62
TABLEAU 37 : SÉQUENCE D'OPÉRATION OPTIMALE SELON LA MODÉLISATION – SCÉNARIO 1 OPTIMISÉ 68

TABLEAU 38 : SÉQUENCE D'OPÉRATION OPTIMALE SELON LA MODÉLISATION – SCÉNARIO 2 OPTIMISÉ 74
TABLEAU 39 : ANALYSE STATISTIQUE DU SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'AIR POUR LES PARTICULES TOTALES ET FINES (JANVIER 2019 À SEPTEMBRE 2020) 82
TABLEAU 40 : SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DE MODÉLISATION 85

FIGURES

FIGURE 1 : TONNAGE TOTAL ANNUEL EXTRAIT SELON LA PLANIFICATION MINIÈRE 2020 DE LA MINE CANADIAN MALARTIC – SANS LE PROJET ODYSSEY 9
FIGURE 2 : TONNAGE EXTRAIT VERS LA SURFACE SELON LA PLANIFICATION MINIÈRE 2020 DU PROJET ODYSSEY 11
FIGURE 3 : TONNAGE EXTRAIT DE LA MINE CANADIAN MALARTIC COMBINÉ AU PROJET ODYSSEY SELON LA PLANIFICATION MINIÈRE 2020 12
FIGURE 4 : ÉQUIPEMENTS MINIERS SOUTERRAINS PRINCIPAUX SELON LA PLANIFICATION MINIÈRE 2020 DU PROJET ODYSSEY 13
FIGURE 5 : BILAN ANNUEL DES ÉMISSIONS À LA SOURCE DES PRINCIPAUX COMPOSÉS POUR CHACUN DES SCÉNARIOS DE BASE 39
FIGURE 6 : RÉPARTITION DES ÉMISSIONS À LA SOURCE DES PRINCIPAUX COMPOSÉS POUR LE SCÉNARIO 2 DE BASE 40
FIGURE 7 : ROSES DES VENTS 46

ANNEXES

A TABLEAUX

A-1 Caractérisation des sources – Scénario 1

A-1-1 Caractéristiques physiques et taux d'émissions - Sautage – MCM

A-1-2 Caractéristiques physiques et taux d'émissions - Forage – MCM

A-1-3 Caractéristiques physiques et taux d'émissions – Chargements et déchargements – MCM

A-1-4 Caractéristiques physiques et taux d'émissions – Boutage – MCM

A-1-5 Caractéristiques physiques et taux d'émissions – Concasseur mobile permanent – MCM

A-1-6 Caractéristiques physiques et taux d'émissions – Segments de routage – MCM

A-1-7 Coordonnées et élévation des sources de routage – MCM

A-1-8 Paramètres physiques et taux d'émission utilisés pour la modélisation des gaz d'échappement des équipements localisés – MCM

A-1-9 Caractéristiques physiques et taux d'émission des sources ponctuelles de l'usine de traitement du minerai – MCM

A-1-10 Caractéristiques et taux d'émission des sources surfaciques – MCM

A-1-11 Caractéristiques physiques et taux d'émissions – Chargements et déchargements – Odyssey

A-1-12 Caractéristiques physiques et taux d'émissions – Segments de routage – Odyssey

A-1-13 Coordonnées et élévation des sources de routage additionnelles – Odyssey

A-1-14 Paramètres physiques et taux d'émission utilisés pour la modélisation des gaz d'échappement des équipements localisés – Odyssey

A-1-15 Caractéristiques physiques des sources de ventilation de la mine souterraine – Odyssey

A-1-16 Description et taux d'émissions calculés pour les véhicules hors route utilisés dans la mine souterraine – Odyssey

A-1-17 Taux d'émission moyen des gaz d'échappement des équipements miniers souterrains considérés à la source de ventilation de la mine souterraine – Odyssey

A-1-18 Taux d'émission des sautages souterrains considérés – ventilation de la mine souterraine – Odyssey

A-1-19 Taux d'émission estimés pour le chauffage de l'air frais pour la ventilation de la mine souterraine – Odyssey

A-1-20 Taux d’émission pour chaque type d’émission estimés pour la ventilation de la mine souterraine – Odyssey

A-1-21 Caractéristiques physiques et Taux d’émission pour le dépoussiéreur de l’usine de remblai en pâte – Odyssey

A-1-22 Caractéristiques et taux d’émission des sources surfaciques – Odyssey

A-2 Caractérisation des sources – Scénario 2

A-2-1 Caractéristiques physiques et taux d'émissions – Chargements et déchargements – Odyssey

A-2-2 Caractéristiques physiques et taux d'émissions – Boutage – Odyssey

A-2-3 Caractéristiques physiques et taux d'émissions – Segments de routage – Odyssey

A-2-4 Coordonnées et élévation des sources de routage – Odyssey

A-2-5 Paramètres physiques et taux d’émission utilisés pour la modélisation des gaz d’échappement des équipements localisés – Odyssey

A-2-6 Caractéristiques physiques des sources de ventilation de la mine souterraine – Odyssey

A-2-7 Taux d'émission moyen des gaz d'échappement des équipements miniers souterrains considérés – ventilation de la mine souterraine – Odyssey

A-2-8 Taux d'émission des sautages souterrains considérés – ventilation de la mine souterraine – Odyssey

A-2-9 Taux d’émission estimés pour le chauffage de l’air frais – ventilation de la mine souterraine – Odyssey

A-2-10 Taux d’émission pour chaque type d’émission estimés – ventilation de la mine souterraine – Odyssey

A-2-11 Caractéristiques physiques et Taux d’émission pour les dépoussiéreurs de l’usine de remblai en pâte – Odyssey

A-2-12 Caractéristiques et taux d’émission des sources surfaciques – Odyssey

A-3 Tableaux de résultats

A-3-1 Résultats de la modélisation dans le domaine d'application - scénario 1 avec et sans Odyssey

A-3-2 Résultats de la modélisation aux récepteurs sensibles - scénario 1 avec et sans Odyssey

A-3-3 Résultats de la modélisation dans le domaine d'application - scénario 1 optimisé

A-3-4 Résultats de la modélisation aux récepteurs sensibles - scénario 1 optimisé

A-3-5 Résultats de la modélisation dans le domaine d'application - scénario 2

A-3-6 Résultats de la modélisation aux récepteurs sensibles - scénario 2

A-3-7 Résultats de la modélisation dans le domaine d'application - scénario 2 optimisé

A-3-8 Résultats de la modélisation aux récepteurs sensibles - scénario 2 optimisé

A-4 Suivi de la qualité de l'air

A-4-1 Résultats du Suivi de la qualité de l'air des particules totales

A-4-2 Résultats du Suivi de la qualité de l'air des particules fines

B CARTES

B-1 Générales

B-1-1 Localisation du projet

B-1-2 Domaine de modélisation et limite d'application

B-1-3 Grille de récepteurs

B-1-4 Récepteurs sensibles

B-1-5 Catégories d'utilisation du sol dans un rayon d'un kilomètre autour de la station météorologique de l'aéroport de Val D'Or

B-2 Scénario 1

B-2-1 Sources d'émissions utilisées pour la modélisation de la dispersion atmosphérique - Scénario 1

B-2-1a Sources d'émissions utilisées pour la modélisation de la dispersion atmosphérique - Scénario 1 (Fosse Barnat)

B-2-1b Sources d'émissions utilisées pour la modélisation de la dispersion atmosphérique - Scénario 1 (Secteur Odyssey)

B-2-2 Trajets de transport – Scénario 1

B-2-2a Transport du minerai – Mine Canadian Malartic

B-2-2b Transport du stériles – Mine Canadian Malartic

B-2-2c Transport du minerai – Projet Odyssey

B-2-2d Transport du stériles – Projet Odyssey

B-2-3 Concentrations maximales modélisées - Particules totales (PMT) - 24 heures - Scénario 1

B-2-4 Concentrations maximales modélisées - Particules totales (PMT) - 24 heures - Scénario 1 - Sans Odyssey

B-2-5 Concentrations maximales modélisées - Particules fines (PM2,5) - 24 heures - Scénario 1

B-2-6 Concentrations maximales modélisées - Particules fines (PM2,5) - 24 heures - Scénario 1 - Sans Odyssey

B-2-7 Concentrations maximales modélisées - Dioxyde d'azote (NO2) - 1 heure - Scénario 1

B-2-8 Concentrations maximales modélisées - Dioxyde d'azote (NO2) - 1 heure - Scénario 1 - Sans Odyssey

B-2-9 Concentrations maximales modélisées - Dioxyde d'azote (NO2) - 24 heures - Scénario 1

B-2-10 Concentrations maximales modélisées - Dioxyde d'azote (NO2) - 24 heures - Scénario 1 - Sans Odyssey

B-2-11 Concentrations maximales modélisées - Manganèse (Mn) - 1 an - Scénario 1

B-2-12 Concentrations maximales modélisées - Manganèse (Mn) - 1 an - Scénario 1 - Sans Odyssey

B-2-13 Concentrations maximales modélisées - Nickel (Ni) - 24 heures - Scénario 1

B-2-14 Concentrations maximales modélisées - Nickel (Ni) - 24 heures - Scénario 1 - Sans Odyssey

B-2-15 Concentrations maximales modélisées - Silice cristalline (SiO2) - 1 heure - Scénario 1

B-2-16 Concentrations maximales modélisées - Silice cristalline (SiO2) - 1 heure - Scénario 1 - Sans Odyssey

B-2-17 Concentrations maximales modélisées - Silice cristalline (SiO2) - 1 an - Scénario 1

B-2-18 Concentrations maximales modélisées - Silice cristalline (SiO2) - 1 an - Scénario 1 - Sans OdysseY

B-2-19 Variation des concentrations maximales modélisées - Particules totales (PMT) - 24 heures - Scénario 1 - Augmentation Odyssey

B-2-20 Variation des concentrations maximales modélisées - Particules fines (PM2,5) - 24 heures - Scénario 1 - Augmentation Odyssey

B-2-21 Variation des concentrations maximales modélisées - Dioxyde d'azote (NO2) - 1 heure - Scénario 1 - Augmentation Odyssey

B-2-22 Variation des concentrations maximales modélisées - Dioxyde d'azote (NO2) - 24 heures - Scénario 1 - Augmentation Odyssey

B-3 Scénario 1 optimisé

B-3-1 Concentrations maximales modélisées - Particules totales (PMT) - 24 heures - Scénario 1 - Optimisé

B-3-2 Concentrations maximales modélisées - Particules fines (PM2,5) - 24 heures - Scénario 1 - Optimisé

B-3-3 Concentrations maximales modélisées - Dioxyde d'azote (NO2) - 1 heure - Scénario 1 - Optimisé

B-3-4 Concentrations maximales modélisées - Dioxyde d'azote (NO2) - 24 heures - Scénario 1 - Optimisé

B-3-5 Concentrations maximales modélisées - Manganèse (Mn) - 1 an - Scénario 1 - Optimisé

B-3-6 Concentrations maximales modélisées - Nickel (Ni) - 24 heures - Scénario 1 - Optimisé

B-3-7 Concentrations maximales modélisées - Silice cristalline (SiO2) - 1 heure - Scénario 1 - Optimisé

B-3-8 Concentrations maximales modélisées - Silice cristalline (SiO2) - 1 an - Scénario 1 - Optimisé

B-3-9 Concentrations maximales modélisées - Silice cristalline (SiO2) - 1 an - Scénario 1 - Optimisé - Sans Odyssey

B-4 Scénario 2

B-4-1 Sources d'émissions utilisées pour la modélisation de la dispersion atmosphérique - Scénario 2

B-4-1A Sources d'émissions utilisées pour la modélisation de la dispersion atmosphérique - Scénario 2 (Secteur Odyssey)

B-4-2 Trajets de transport – Scénario 2

B-4-2a Transport du minerai – Projet Odyssey

B-4-2b Transport du stériles – Projet Odyssey

B-4-3 Concentrations maximales modélisées - Particules totales (PMT) - 24 heures - Scénario 2

B-4-4 Concentrations maximales modélisées - Particules fines (PM2,5) - 24 heures - Scénario 2

B-4-5 Concentrations maximales modélisées - Dioxyde d'azote (NO2) - 1 heure - Scénario 2

B-4-6 Concentrations maximales modélisées - Dioxyde d'azote (NO2) - 24 heures - Scénario 2

B-4-7 Concentrations maximales modélisées - Manganèse (Mn) - 1 an - Scénario 2

B-4-8 Concentrations maximales modélisées - Nickel (Ni) - 24 heures - Scénario 2

B-4-9 Concentrations maximales modélisées - Silice cristalline (SiO2) - 1 heure - Scénario 2

B-4-10 Concentrations maximales modélisées - Silice cristalline (SiO2) - 1 an - Scénario 2

B-4-11 Variation des concentrations maximales modélisées - Particules totales (PMT) - 24 heures - Scénario 2 - Augmentation Odyssey

B-4-12 Variation des concentrations maximales modélisées - Particules fines (PM2,5) - 24 heures - Scénario 2 - Augmentation Odyssey

B-4-13 Variation des concentrations maximales modélisées - Dioxyde d'azote (NO2) - 1 heure - Scénario 2 - Augmentation Odyssey

B-4-14 Variation des concentrations maximales modélisées - Dioxyde d'azote (NO2) - 24 heures - Scénario 2 - Augmentation Odyssey

B-5 Scénario 2 optimisé

B-5-1 Concentrations maximales modélisées - Particules totales (PMT) - 24 heures - Scénario 2 - Optimisé

B-5-2 Concentrations maximales modélisées - Particules fines (PM2,5) - 24 heures - Scénario 2 - Optimisé

B-5-3 Concentrations maximales modélisées - Dioxyde d'azote (NO2) - 1 heure - Scénario 2 - Optimisé

B-5-4 Concentrations maximales modélisées - Dioxyde d'azote (NO2) - 24 heures - Scénario 2 - Optimisé

B-5-5 Concentrations maximales modélisées - Manganèse (Mn) - 1 an - Scénario 2 - Optimisé

B-5-6 Concentrations maximales modélisées - Nickel (Ni) - 24 heures - Scénario 2 - Optimisé

B-5-7 Concentrations maximales modélisées - Silice cristalline (SiO2) - 1 heure - Scénario 2 - Optimisé

B-5-8 Concentrations maximales modélisées - Silice cristalline (SiO2) - 1 an - Scénario 2 - Optimisé

1 INTRODUCTION

1.1 MISE EN CONTEXTE

Dans le cadre du projet Odyssey, Canadian Malartic GP (CMGP) projette d'exploiter quatre zones minéralisées, soit East Malartic, East Gouldie, Odyssey Sud et Odyssey Nord. Il est prévu que ces zones soient exploitées au moyen de galeries souterraines à proximité de la mine Canadian Malartic (MCM). Ce projet nécessitera, entre autres, l'aménagement d'un puits et d'une rampe pour accéder aux gisements.

Le projet Odyssey est situé dans l'empreinte existante du projet d'extension présenté par Canadian Malartic GP (CMGP) en 2015 au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) et autorisé par décret émis par le gouvernement du Québec en 2017 (décret 388-2017). Le 28 novembre 2018, le décret 1370-2018 a été adopté, modifiant le décret n° 388-2017 de la mine Canadian Malartic et autorisant CMGP à réaliser son projet Odyssey. La présente demande de modification du décret vise l'ajout de l'exploitation souterraine des zones East Malartic et East Gouldie au projet Odyssey. Cette modification de décret permettrait une production d'environ 20 000 tonnes de minerai par jour.

Dans ce contexte, CMGP a mandaté WSP afin de procéder à l'analyse de la qualité de l'air projetée à l'aide d'une modélisation de la dispersion atmosphérique dans la zone affectée par le projet.

1.2 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Ce rapport est déposé en tant qu'étude complémentaire évaluant l'impact sur la qualité de l'air des émissions provenant des opérations futures au site minier soit le projet Odyssey, et ce, sur la base des normes du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA).

La démarche de modélisation préconisée dans la présente étude s'appuie sur la méthodologie proposée par le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC)[1] dans le *Guide de modélisation de la dispersion atmosphérique* (MDDEP, 2005) et dans le *Guide d'instruction – Préparation et réalisation d'une modélisation de la dispersion des émissions atmosphériques – Projets miniers* (MDDELCC, 2017a). L'étude prend en compte les données fournies et des informations obtenues auprès des responsables de la planification des opérations et de la conception des installations de MCM.

Le présent document doit également être interprété dans le contexte d'une modification de décret, et donc, relativement aux modélisations antérieures qui ont été effectuées; notamment celles présentées dans le cadre de l'étude d'impact du Projet Extension Canadian Malartic et Déviation de la 117 (modélisation 2015) et de celles de 2018, dans le cadre du projet Odyssey menant à l'obtention du décret 1370-2018 (modélisation 2018). En effet, la méthode de détermination des taux d'émission et la méthode d'élaboration des scénarios de modélisation demeurent identiques depuis 2015.

L'étude propose la caractérisation des situations maximisant l'impact sur la qualité de l'air. Deux situations ont été retenues, soit l'année où l'exploitation combinée des fosses à ciel ouvert de MCM conjointement au projet Odyssey est maximale et l'année où l'exploitation du projet Odyssey est maximale survenant à la suite de la fin de l'exploitation des fosses à ciel ouvert de MCM. Ces scénarios sont ensuite modélisés sur un ensemble de données météorologiques de cinq années afin d'estimer l'impact du projet sur la qualité de l'air lors des conditions de

[1] Les dénominations ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP), ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) et ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) sont également utilisées dans le présent rapport bien que ce ministère ait été renommé ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) depuis octobre 2018, et ce, afin d'éviter la confusion dans les références.

dispersion les plus défavorables. Les résultats du présent rapport correspondent donc à des situations modélisées sur des années météorologiques passées, à partir de taux d'émission estimés selon les opérations prévues dans les plans miniers et informations techniques actuellement disponibles.

Les sections suivantes décrivent la procédure suivie pour modéliser les concentrations des composés particulaires et gazeux dans l'air ambiant. Les niveaux ambiants retenus ainsi que les normes et critères de qualité de l'atmosphère considérés pour évaluer la conformité des concentrations modélisées à la réglementation québécoise sont aussi exposés. Enfin, les résultats détaillés sont présentés et interprétés en fonction des hypothèses retenues pour la modélisation. Il convient finalement de spécifier que toutes les cartes techniques de la modélisation mentionnées dans ce rapport sont regroupées à l'annexe B.

1.3 ZONE D'ÉTUDE

Le site de MCM se situe à la latitude 48°7'22,50" Nord et à la longitude 78°6'38,83" Ouest. Dans le système de projection UTM (Zone 17, NAD83), le site a pour coordonnées X = 715 000 m et Y = 5 334 000 m. Le projet Odyssey, pour sa part, se situe à la latitude 48°7'30,53" Nord et à la longitude 78°4'8,74" Ouest et a pour coordonnées X = 718 093 m et Y = 5 334 365 m dans la projection UTM17.

La mine à ciel ouvert est située au sud de la ville de Malartic, tandis que le projet Odyssey est situé au sud-est de la ville de Malartic. La carte B-1-1 présente la localisation du projet.

2 CADRE RÉGLEMENTAIRE

2.1 NORMES ET CRITÈRES DE QUALITÉ DE L'ATMOSPHÈRE

Au Québec, les normes et critères de qualité de l'atmosphère ont été établis par le MELCC afin de faciliter l'évaluation de la qualité de l'air ambiant. Ils peuvent être utilisés pour analyser les résultats de mesures effectuées dans le cadre de différents programmes de suivi, pour établir l'indice de la qualité de l'air ou pour juger les résultats des études de modélisation de la dispersion atmosphérique réalisées dans le cadre des demandes d'autorisation et des études d'impact sur l'environnement.

L'application de normes de qualité de l'atmosphère est encadrée par le Titre IV du RAA (chapitre Q-2, r. 4.1). Pour les substances ne faisant pas l'objet d'une norme dans le RAA, des critères de qualité de l'atmosphère sont aussi déterminés et sont appliqués en vertu de l'article 20 de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE).

La détermination d'une norme ou d'un critère de qualité de l'atmosphère exige des étapes d'évaluation et de gestion des risques qui doivent être encadrées par un ensemble de principes et de lignes directrices. En effet, il est nécessaire de maintenir une certaine cohérence dans le traitement de la multitude d'effets potentiels des contaminants sur la santé et l'environnement, dans l'application administrative des exigences requises pour le respect des normes et des critères de qualité de l'atmosphère et dans la gestion des risques auxquels seront exposés la population et l'environnement.

Les normes et critères de qualité de l'atmosphère sont définis dans le document *Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère* (MELCC, 2018) et décrits dans le document *Normes et critères de qualité de l'atmosphère du Québec : Cadre de détermination et d'application* (MDDELCC, 2017b). Deux types de critères y sont définis par le MELCC :

1. Le **critère de qualité de l'atmosphère** est le résultat de l'évaluation scientifique des risques et représente la concentration limite dans l'air ambiant établie en considérant seulement les arguments scientifiques et méthodologiques. Le critère de qualité de l'atmosphère est établi à un niveau de risque négligeable. Il est placé volontairement à un niveau inférieur à plusieurs risques rencontrés dans la vie courante. L'intention est de fixer des critères qui assurent une protection de la santé des populations et du milieu et qui favorisent la mise en place des meilleures technologies de production et d'épuration des émissions atmosphériques.
   Des concentrations sans effet peuvent être déterminées pour quatre grands types d'effets : les effets par exposition directe (p. ex., inhalation), les effets par exposition indirecte (p. ex., ingestion des contaminants), les nuisances (p. ex., odeurs) et les effets écotoxicologiques. Pour chaque contaminant, les critères de qualité de l'atmosphère sont établis à partir des concentrations sans effet les plus contraignantes parmi celles ayant été déterminées en fonction de l'information disponible. Ceci permet d'assurer la protection de tous les usages d'un milieu qui sont couverts par chacune des quatre concentrations sans effet.
   Enfin, le critère de qualité de l'atmosphère sert notamment à baliser la notion de susceptibilité de causer un effet qui est prévue à l'article 20 de la LQE.
2. Le **critère provisoire de gestion** est une valeur qui prend en compte d'autres éléments que les effets, tels que les coûts et les bénéfices en santé publique et en environnement ou la faisabilité technologique. Les critères provisoires de gestion de qualité de l'atmosphère peuvent donc être établis à des valeurs correspondant à un risque supérieur à celui dit négligeable. Un risque peut être considéré comme acceptable même s'il est supérieur au niveau de risque négligeable à la condition qu'il ne dépasse pas les niveaux de risques, environnementaux ou autres, auxquels une personne est normalement exposée dans la vie courante. Ces risques supplémentaires doivent aussi être contrebalancés par des bénéfices sociaux et de santé publique en matière d'emploi, d'élévation du niveau de vie ou autre. Enfin, ces risques considérés comme acceptables doivent être acceptés par une grande majorité de la population.

Finalement, lorsqu'un critère ou un critère provisoire de gestion est intégré dans le RAA, il devient une **norme de qualité de l'atmosphère** (norme). Les normes sont normalement basées sur les critères de qualité de l'atmosphère, mais, dans certains cas, elles peuvent être basées sur des critères de gestion en raison de difficultés d'application.

Ces définitions sont résumées au tableau 2 du document *Normes et critères de qualité de l'atmosphère du Québec : Cadre de détermination et d'application*, qui est repris ci-contre au tableau 1.

Tableau 1 : Valeurs de référence – Cadre de détermination et d'application des normes et critères

Critère de qualité de l'atmosphère	Critère provisoire de gestion	Norme de qualité de l'atmosphère
Seuil de référence correspondant à la valeur la plus contraignante parmi les quatre concentrations sans effet.	Seuil de référence déterminé à partir de la concentration sans effet la plus contraignante et de considérations scientifiques, techniques ou socioéconomiques.	Critère de qualité de l'atmosphère ou critère provisoire de gestion ayant été intégré au Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère.
Niveau de risque : négligeable	Niveau de risque : acceptable	Niveau de risque : négligeable ou acceptable

Dans ce contexte, le respect des normes et critères permet d'assurer un environnement sécuritaire pour la santé humaine et pour l'environnement. Par conséquent, les effets appréhendés des composés particulaires et gazeux sur la santé humaine et sur l'environnement peuvent être considérés comme négligeables ou acceptables lorsque les normes et critères sont respectés.

2.2 SUBSTANCES MODÉLISÉES

Les substances considérées dans cette étude sont les substances émises identifiées à la section 3.2 et pour lesquelles une norme ou un critère est défini dans le document *Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère* du MELCC.

La présente étude concerne donc les **matières particulaires (PMT et $PM_{2,5}$)**, le **monoxyde de carbone (CO)**, le **dioxyde d'azote (NO_2)**, le **dioxyde de soufre (SO_2)**. De plus, les métaux contenus dans les matières particulaires sont également considérés. Un ensemble de 19 **métaux et métalloïdes** est donc pris en considération. Parmi ces métaux, 14 possèdent une norme de qualité de l'atmosphère définie dans le RAA. Il s'agit de l'antimoine (Sb), l'argent (Ag), l'arsenic (As), le baryum (Ba), le béryllium (Be), le cadmium (Cd), le chrome trivalent (Cr(III)), le cuivre (Cu), le mercure (Hg), le nickel (Ni), le plomb (Pb), le thallium (Tl), le vanadium (V) et le zinc (Z). Enfin, des critères ont été établis par le MELCC pour le cobalt (Co), le manganèse (Mn), le sélénium (Se), la silice cristalline[2] (SiO_2) et le titane (Ti). Les normes et critères des métaux sont définis sur les PMT, à l'exception du manganèse, du nickel, de la silice cristalline 1 heure et du titane qui sont définis sur les PM_{10} et de la silice cristalline annuelle qui est définie sur les PM_4.

L'ensemble des normes et critères considérés sont présentés au tableau 2.

2.3 LIMITE ET DOMAINE D'APPLICATION

Afin de vérifier la conformité des opérations vis-à-vis des normes et critères de qualité de l'atmosphère, une limite géographique à partir de laquelle ces valeurs limites s'appliquent doit être définie. Cette limite est appelée « **limite d'application des normes et critères** » (ci-après limite d'application) et est définie par la limite de propriété ou de la zone industrielle projetée lorsqu'une telle limite existe. Dans le cas où le projet se trouve en totalité ou en partie sur des terres publiques, le MELCC définit les exigences d'évaluation dans le guide d'instruction pour une modélisation d'un projet minier (MDDELCC, 2017a). La section 4.3 stipule que les normes et critères soient évalués à partir d'une distance de 300 m des différentes installations. Le promoteur est ensuite tenu de respecter par

[2] Dans la présente étude, la silice cristalline est regroupée dans les métaux. Or, même si le silicium est souvent mentionné comme un métal, il possède autant les caractéristiques d'un métal que d'un non-métal.

modélisation les normes et critères aux récepteurs sensibles tandis que la limite d'application à 300 m est plutôt utilisée comme guide afin de s'assurer que les mesures d'atténuation courantes sont appliquées.

Dans le cas du présent projet, les installations sont situées en partie sur des terres privées, mais elle comprend également des installations en territoire public ou en bordure d'une zone industrielle. Par conséquent, la limite d'application a été tracée sur la limite de propriété dans les zones privées, sur la limite des zones industrielles adjacentes au site minier et à 300 m autour des installations en territoire public. Puisque les infrastructures de surfaces du projet Odyssey sont similaires à celles déjà considérées dans l'étude 2018 du projet Odyssey (WSP, 2018a), la même limite d'application a été utilisée. La limite d'application est présentée à la carte B-1-2.

L'utilisation d'une même limite d'application offre également l'avantage d'obtenir une même base comparative avec les diverses études de dispersion atmosphérique réalisées dans le passé pour l'exploitation de MCM.

La vérification du respect des valeurs limites se fait à cette limite d'application et au-delà. Les concentrations des contaminants modélisées dans l'air ambiant à l'intérieur de cette limite ne sont donc pas prises en compte lors de la vérification du respect des normes et critères de la qualité de l'air. En résumé, seuls les résultats de modélisations dans le « **domaine d'application des normes et critères** » (ci-après domaine d'application), constitué de la limite d'application et de la zone au-delà de celle-ci, seront comparés aux normes et critères de qualité de l'atmosphère en vigueur.

2.4 NIVEAUX AMBIANTS

Le niveau ambiant (ou concentration initiale) représente la concentration préexistante d'un contaminant dans l'air ambiant. Or, conformément au guide de modélisation du MELCC (MDDEP, 2005), les concentrations obtenues par modélisation doivent être additionnées à des niveaux ambiants représentatifs de la région étudiée. Afin de vérifier le respect des normes et critères, la somme de la concentration initiale et des concentrations modélisées doit ainsi être inférieure à la norme ou au critère pour chacune des substances.

Pour déterminer les niveaux ambiants des contaminants, différentes approches peuvent être envisagées. Les concentrations initiales peuvent être déterminées à partir :

- de mesures effectuées sur le site dans le but d'obtenir des valeurs réelles;
- de mesures effectuées par les stations du Réseau de surveillance de la qualité de l'air du MELCC;
- de concentrations initiales génériques définies par le MELCC.

Toutefois, en ce qui concerne la présente étude, le MELCC considère que les concentrations initiales des particules provenant du RAA surestiment les concentrations réelles susceptibles d'être rencontrées dans le secteur à l'étude.

Des concentrations initiales ont donc été fournies par le MELCC pour les matières particulaires (PMT et $PM_{2,5}$) et le NO_2. En revanche, les concentrations initiales pour le CO, le SO_2 et les métaux et métalloïdes correspondent à celles publiées dans le document *Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère* (MELCC, 2018). Le tableau 2 présente les concentrations initiales des contaminants modélisés.

Tableau 2 : Concentrations initiales et seuils applicables pour les substances modélisées

Paramètres	Acronyme	Période	Statistique	Valeur limite ($\mu g/m^3$)	Concentration initiale ($\mu g/m^3$)	Référence
Particules totales	PMT	24 heures	1er maximum	120	**40** [3]	Normes (RAA)
Particules fines	$PM_{2,5}$	24 heures	1er maximum	30	**15** [3]	
Monoxyde de carbone	CO	1 heure	1er maximum	34000	2650	
		8 heures	1er maximum	12700	1750	
Dioxyde d'azote	NO_2	1 heure	1er maximum	414	**40** [3]	
		24 heures	1er maximum	207	**30** [3]	
		Annuelle	1er maximum	103	**10** [3]	
Dioxyde de soufre	SO_2	4 minutes	1er maximum	1310	150	
		4 minutes	99.5e percentile	1050	150	
		24 heures	1er maximum	288	50	
		Annuelle	1er maximum	52	20	
Antimoine	Sb	Annuelle	1er maximum	0,17	0,007	
Argent	Ag	Annuelle	1er maximum	0,23	0,005	
Arsenic	As	Annuelle	1er maximum	0,003	0,002	
Baryum	Ba	Annuelle	1er maximum	0,05	0,025	
Béryllium	Be	Annuelle	1er maximum	0,0004	0	
Cadmium	Cd	Annuelle	1er maximum	0,0036	0,003	Normes (RAA)
Chrome (trivalent)	Cr(III)	Annuelle	1er maximum	0,1	0,01	
Cobalt	Co	Annuelle	1er maximum	0,1	0	Critère (MELCC, 2018)
Cuivre	Cu	24 heures	1er maximum	2,5	0,2	Normes (RAA)
Manganèse [1]	Mn	Annuelle	1er maximum	0,025	0,02	Critère (MELCC, 2018)
Mercure	Hg	Annuelle	1er maximum	0,005	0,002	Normes (RAA)
Nickel [1]	Ni	24 heures	1er maximum	0,014	0,002	
Plomb	Pb	Annuelle	1er maximum	0,1	0,025	
Sélénium	Se	1 heure	1er maximum	2	0,15	Critère (MELCC, 2018)
Silice cristalline [1,2]	SiO_2	1 heure	1er maximum	23	6	
		Annuelle	1er maximum	0,07	0,04	
Thallium	Tl	Annuelle	1er maximum	0,25	0,05	Normes (RAA)
Titane [1]	Ti	24 heures	1er maximum	2,5	0	Critère (MELCC, 2018)
Vanadium	V	Annuelle	1er maximum	1	0,01	Normes (RAA)
Zinc	Zn	24 heures	1er maximum	2,5	0,1	

[1] Mesuré dans les PM_{10}.
[2] Mesuré dans les PM_4.
[3] Communication par courriel, MDDEFP, 11 avril 2012 et 19 novembre 2013.

3 CONTEXTE DE MODÉLISATION

Dans le cadre d'une étude de dispersion atmosphérique, il est important, en premier lieu, de définir le ou les scénarios de modélisation. Pour ce faire, il faut identifier les principales sources d'émissions, les substances émises ainsi que les normes en vigueur pour ces différentes substances. Plus spécifiquement, les substances considérées et les périodes des normes définies pour celles-ci vont influencer le choix des scénarios de modélisation.

3.1 DESCRIPTION SOMMAIRE DES OPÉRATIONS

Bien que le projet Odyssey fera partie intégrante des installations de MCM, dans cette étude, une distinction est faite entre les opérations liées aux infrastructures actuelles de MCM et celles du projet Odyssey, et ce, dans l'objectif de mettre en évidence la contribution du projet Odyssey. Lors de la description des opérations, les activités de MCM font donc référence à l'exploitation des fosses à ciel ouvert et des infrastructures actuelles existantes, telles que l'usine de traitement du minerai. Enfin, lorsque l'exploitation des fosses à ciel ouvert est terminée, l'ensemble des activités est alors associé au projet Odyssey.

Les principales opérations prévues pour le présent projet peuvent donc être regroupées de la façon suivante :

MINE CANADIAN MALARTIC

Un total de deux fosses sont prévues être actives sur le site de la mine à divers moments : les fosses Canadian Malartic et Barnat. Du minerai et des stériles sont extraits de ces fosses. Les matériaux sont sautés avant d'être chargés dans les camions miniers à l'aide d'excavatrices.

Le minerai est transporté soit vers les concasseurs ou bien entreposé sur les piles de minerai. Les stériles sont, quant à eux, entreposés sur la halde à stériles jusqu'à environ 2023-2024 et, par la suite, ils seront déposés dans la fosse Canadian Malartic dont l'exploitation sera alors terminée.

Des bouteurs sont également utilisés dans les aires de chargement, près du concasseur primaire et sur la halde afin de préparer les matériaux et d'aménager les stériles. Enfin, une partie des stériles est revalorisée notamment pour la construction des routes et du parc à résidus.

Une fois déchargé au concasseur, le minerai est concassé, broyé et acheminé à l'usine de traitement afin de produire des lingots. Le traitement du minerai s'effectue de manière continue. Enfin, les résidus produits par le procédé sont entreposés dans un parc à résidus. À la fin de l'exploitation de la fosse Canadian Malartic, il est planifié de déposer les résidus dans la fosse.

PROJET ODYSSEY

Le projet Odyssey prévoit l'exploitation d'une mine souterraine. Le projet comprend quatre secteurs, soit les zones Odyssey Nord, Odyssey Sud, East-Malartic et East-Gouldie. Pour les zones Odyssey Sud et la partie moins profonde de East-Malartic (0-600m), le minerai sera acheminé à la surface à l'aide de camion minier par une rampe d'accès. Pour les zones Odyssey Nord, la partie plus profonde de East-Malartic (600-2000m) et East-Gouldie, le minerai sera acheminé à la surface par un puits d'accès équipé d'un chevalement. Une portion des stériles manipulés sous terre sera également acheminée à la surface, et ce, de manière plus importante lors des premières années.

Pour les matériaux extraits par la rampe, les matériaux seront déposés sur des haldes temporaires avant d'être chargés dans les camions miniers de surface. Pour les matériaux extraits par le chevalement, le minerai sera entreposé dans un silo et les stériles sur une pile tampon pour être ensuite chargés dans les camions miniers de surface. Dans les deux cas, les matériaux seront acheminés aux mêmes secteurs que les matériaux extraits des fosses actuelles.

3.2 IDENTIFICATION DES SOURCES ET DES SUBSTANCES ÉMISES

L'exploitation d'une mine à ciel ouvert implique plusieurs types d'activités susceptibles de générer des émissions fugitives. Plus spécifiquement, les opérations de forage ainsi que le chargement et le déchargement des camions de transport sont reconnus comme des sources fugitives de matières particulaires (PMT et les $PM_{2,5}$). Le sautage représente également une source fugitive de particules et de gaz de combustion (CO, le NO_2 et le SO_2). L'entraînement de la poussière lors du passage des véhicules lourds sur le réseau de routes non pavées de la mine représente pour sa part une source de particules. En effet, le routage des différentes matières est habituellement le principal contributeur parmi toutes les sources fugitives d'un complexe minier.

Les opérations souterraines du projet Odyssey, dont la manipulation de matériaux, l'utilisation de machinerie et les sautages, sont susceptibles de générer des émissions de matières particulaires et de gaz d'échappement. Ces émissions sont canalisées à la surface par les cinq sorties de ventilation prévues (incluant la rampe d'accès). Les infrastructures du projet Odyssey prévoient également deux phases d'une usine à pâte pour le remblai des chantiers souterrains, dont l'utilisation de dépoussiéreurs est prévue pour les silos de liant. Ces derniers représentent des sources ponctuelles de matières particulaires.

Les poussières de minerai concassé sont captées lors du procédé à l'usine de traitement du minerai par plusieurs dépoussiéreurs. Parmi ceux-ci, ceux possédant une sortie à l'atmosphère représentent des sources ponctuelles de particules. Plus précisément, il s'agit des dépoussiéreurs du concasseur giratoire, du dôme, des fours à induction et du réservoir de sulfate de cuivre. Les dépoussiéreurs ne possédant pas de sortie vers l'extérieur ou qui présentent des émissions considérées comme négligeables ont été écartés de la liste des sources ponctuelles.

Les gaz d'échappement des divers équipements utilisés pour l'exploitation de MCM représentent des sources ponctuelles de gaz de combustion et de particules. Les chaudières de gaz naturel #1 et #2 ainsi que les fours de réactivation – combustion #1 et #2 installés à l'usine de traitement représentent également des sources de gaz de combustion et de particules.

Finalement, les diverses haldes et piles de stockage sont quant à elles sujettes à l'érosion éolienne et sont considérées comme des sources surfaciques de matière particulaire.

3.3 SCÉNARIOS DE MODÉLISATION

Afin de satisfaire aux exigences du MELCC, la modélisation vise à représenter les conditions qui maximiseront les répercussions sur la qualité de l'air. Pour ce faire, des « scénarios pires cas » doivent être considérés. Dans le cas où la modélisation de ces scénarios conservateurs respecte les normes de qualité de l'air, il est fort probable que les normes soient respectées en tout temps au cours de la durée de vie du projet.

La sélection des scénarios de modélisation dépend de la variabilité des opérations durant toute la durée de vie du projet. Ainsi, une description détaillée des variantes des opérations est donnée à la section suivante.

3.3.1 *VARIATION DES OPÉRATIONS*

3.3.1.1 MINE CANADIAN MALARTIC

L'exploitation de la mine prévoit l'extraction de matériaux des différentes fosses, soit Canadian Malartic et Barnat. La figure 1 présente le tonnage extrait par année en fonction des fosses selon la planification minière 2020. La quantité de matériaux extraits pour chacune des fosses varie au cours des années. Ainsi, la position des opérations, de même que leur élévation, varieront au cours de la durée de vie de la mine. La fosse Canadian Malartic devrait être exploitée jusqu'en 2023 et la fosse Barnat jusqu'à la fin de la durée de vie de la mine à ciel ouvert. À partir de l'année 2025, le tonnage extrait chutera considérablement (diminution de près de 50 % par rapport à 2021).

L'opération de la mine est effectuée en continu à un rythme de 24 heures par jour. Les sautages de production ont lieu à raison d'environ deux sautages par jour, quatre jours par semaine. Lorsque les vents sont défavorables, c'est-à-dire en direction de la ville de Malartic, les sautages sont reportés.

Le minerai extrait est soit acheminé au concasseur primaire, aux piles de minerai ou au concasseur mobile permanent. Du minerai est également remanipulé, c'est-à-dire déposé temporairement sur les piles de minerai avant d'être réacheminé au concasseur primaire. La quantité de minerai acheminé au concasseur primaire et au concasseur mobile permanent est constante pour la durée de vie de la mine, alors que celle déposée ou retirée des piles de minerai est variable selon la production de minerai des fosses.

La portion du minerai concassée au concasseur mobile permanent est acheminée à l'usine de traitement du minerai sans transiter par le concasseur primaire, soit près de 11 000 tonnes par jour. Le concasseur mobile permanent (*concasseur Barette*) est situé au nord du parc à résidus et à l'est de l'usine de traitement. Le minerai préconcassé est ensuite acheminé à une trémie qui est située au sud du concasseur primaire. Ce point de dépôt constitue un point d'accès au convoyeur d'alimentation de l'usine.

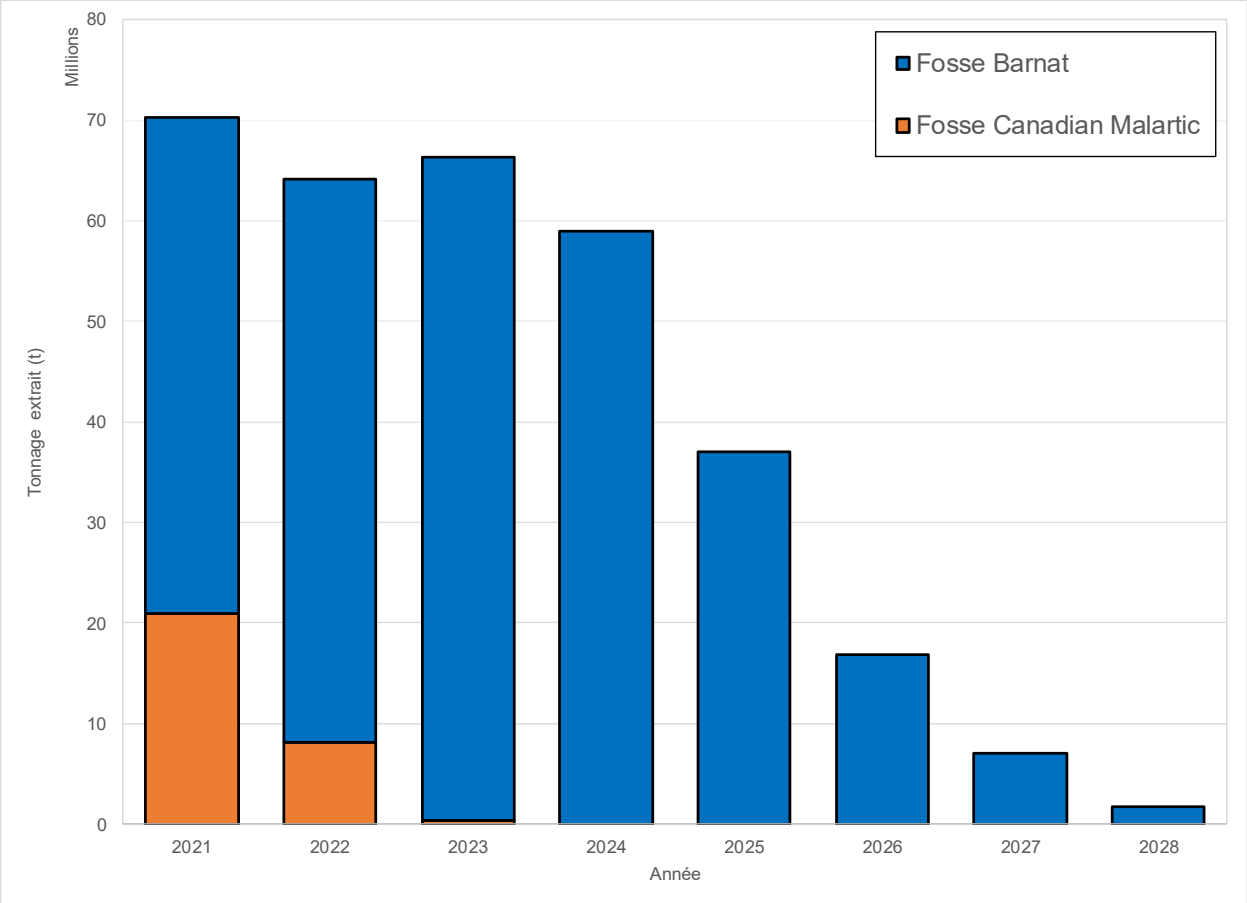


Figure 1 : Tonnage total annuel extrait selon la planification minière 2020 de la mine Canadian Malartic – sans le projet Odyssey

Les stériles extraits sont acheminés et entreposés sur la halde à stériles. Une portion des stériles est revalorisée comme bourre de sautage et d'abrasif pour les routes. La déposition des stériles se fera également dans la fosse Canadian Malartic une fois l'exploitation terminée. Le remblai de la fosse débuterait au cours de l'année 2023.

Enfin, l'opération de l'usine de traitement du minerai est effectuée en continu à un taux d'alimentation de 57 000 tonnes par jour. L'année 2025 est la dernière année prévue d'opération de l'usine à pleine capacité. Par la suite, la production sera alors réduite au tiers.

3.3.1.2 PROJET ODYSSEY

Le projet Odyssey prévoit l'exploitation d'une mine souterraine. Selon les zones d'exploitation, les matériaux extraits seront acheminés à la surface soit par camion via la rampe ou hissés par le puits. La figure 2 présente le tonnage extrait vers la surface, selon la planification minière du projet Odyssey, en fonction des années du projet, et ce, en fonction du type de matériaux et du point de sortie. Pour les années 2023 à 2026, le minerai sera exclusivement acheminé à la surface par la rampe, à un rythme d'environ 3 000 tonnes par jour, tandis qu'à partir de l'année 2027 du minerai sera également acheminé à la surface par le puits à un rythme pouvant atteindre 18 000 tonnes par jour. La production totale de minerai pourrait atteindre environ 20 000 tonnes par jour. La première année du projet où l'exploitation de la première zone, Odyssey Sud, sera en pleine production correspond à l'année 2024, tandis que l'année 2035 représente l'année d'extraction maximale vers la surface. Enfin, la figure 3 présente la combinaison des planifications minières de la mine Canadian Malartic combinée à celle du projet Odyssey.

Pour le minerai extrait par la rampe, celui-ci sera remanipulé une fois sur la halde temporaire près du portail, dans le secteur Odyssey, et livré directement au concasseur primaire. Pour celui hissé par le puits, celui-ci sera accumulé dans un silo attenant au chevalement avant d'être chargé dans les camions par la chute sous le silo et transporté directement au concasseur primaire sans autre transit. Contrairement au minerai extrait des fosses, ce minerai ne fera donc pas l'objet de remanipulation sur des piles dans le secteur du concasseur primaire et aucun préconcassage en surface ne sera requis.

La flotte d'équipements miniers souterrains, dont les émissions seront évacuées par les sorties de ventilation, variera selon les années d'exploitation. La figure 4 présente les équipements miniers souterrains principaux en fonction des années du projet. Les années 2032 et 2033 y présentent le plus grand nombre d'équipements miniers prévus en utilisation.

Les opérations prévues au projet Odyssey seront effectuées en continu. Des sautages de production sont prévus pour chaque zone d'exploitation et des sautages de développement pourront également être effectués simultanément.

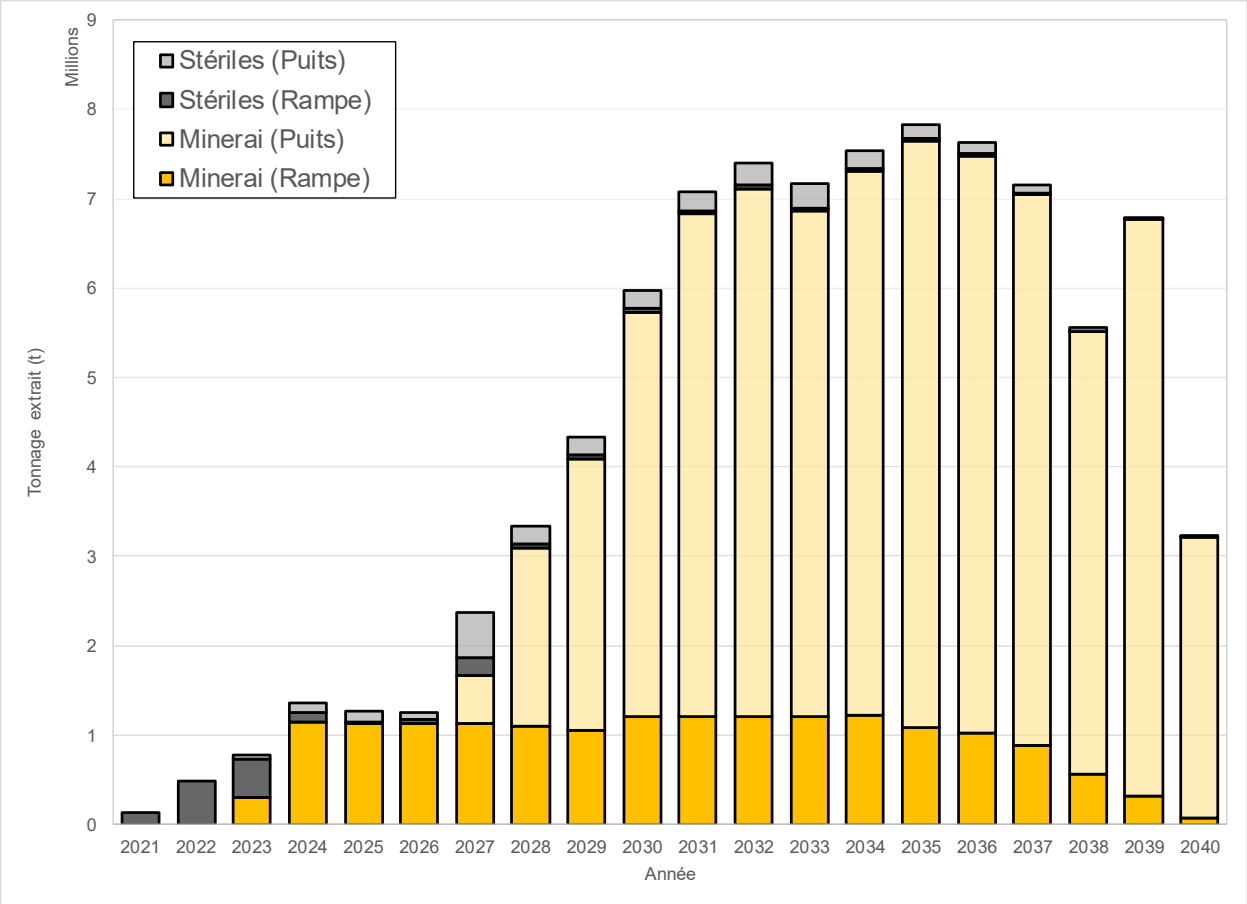


Figure 2 : Tonnage extrait vers la surface selon la planification minière 2020 du projet Odyssey

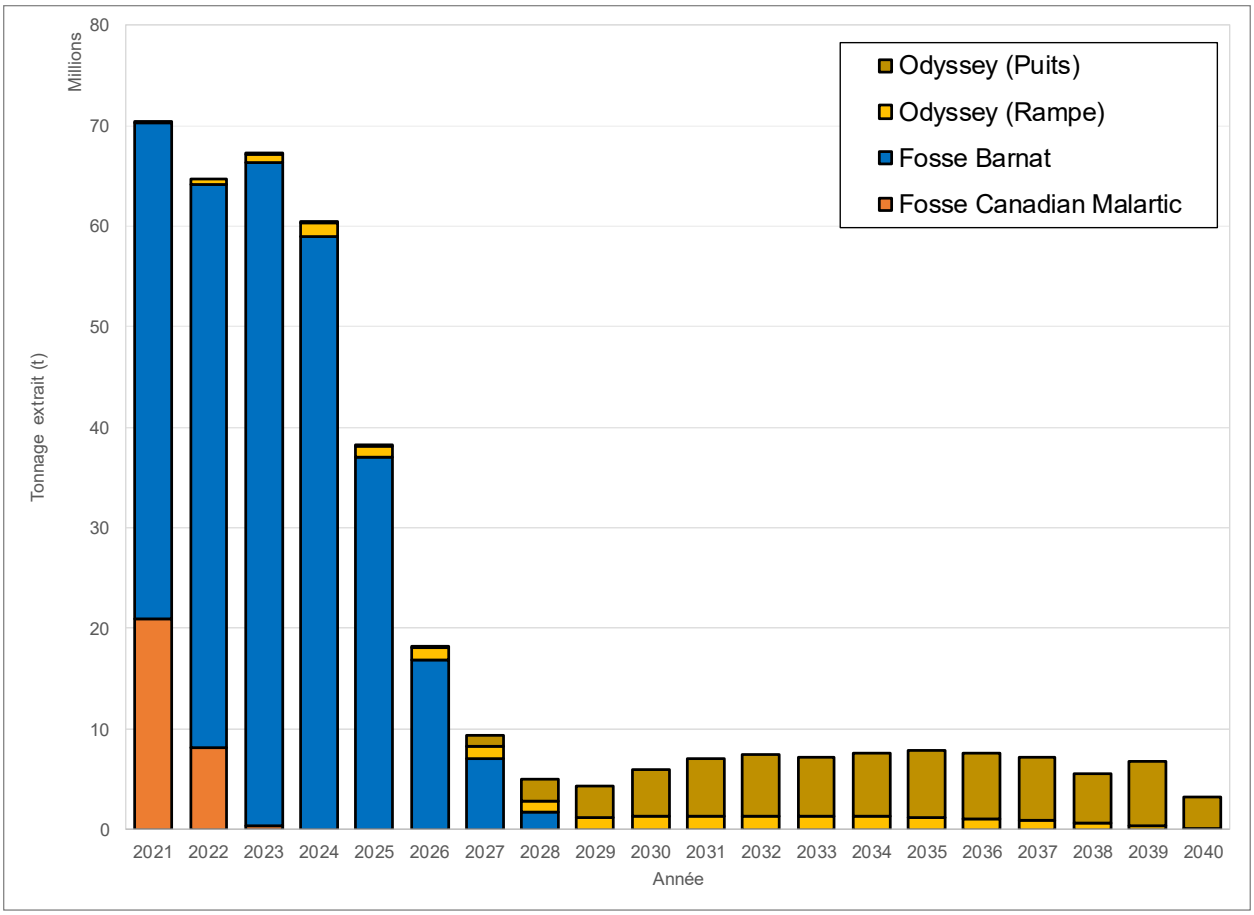


Figure 3 : Tonnage extrait de la mine Canadian Malartic combiné au projet Odyssey selon la planification minière 2020

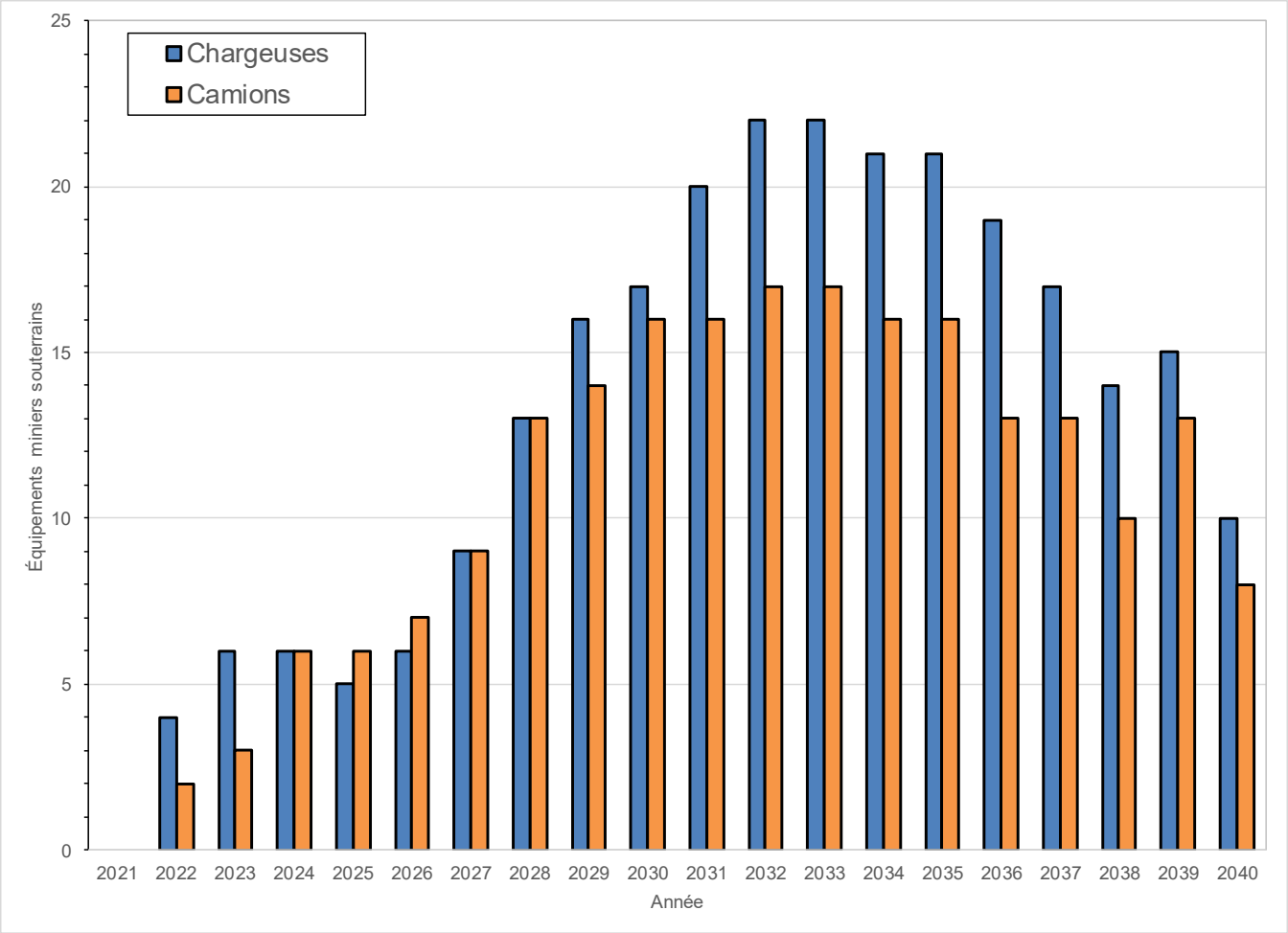


Figure 4 : Équipements miniers souterrains principaux selon la planification minière 2020 du projet Odyssey

3.3.2 *SCÉNARIOS D'OPÉRATIONS SÉLECTIONNÉS*

Suivant les pratiques actuelles en modélisation de la dispersion atmosphérique, le principal enjeu pour les sites miniers concerne les émissions de matières particulaires dont le routage est normalement le principal contributeur. Les gaz d'échappement sont également un important contributeur notamment de particules fines. La sélection du scénario modélisé est donc normalement orientée en ce sens. Le tonnage extrait est généralement un excellent indicateur pour déterminer les conditions maximales d'exploitation. En effet, les émissions liées au routage des matériaux et la quantité de machinerie requise sur le site sont généralement proportionnels au tonnage extrait. Selon les variantes des opérations décrites ci-dessus, deux scénarios ont été sélectionnés (scénario 1 et 2). En plus du scénario 1 de base, deux variantes ont été définies, soit le scénario 1 sans Odyssey et scénario 1 optimisé. Également, en plus du scénario 2 de base la variante du scénario 2 optimisé est également considérée. Le tableau 3 résume l'ensemble des scénarios modélisés. Ces scénarios et leurs variantes sont décrits ci-dessous.

Tableau 3 : Description des scénarios modélisés et leurs variantes

Variante modélisée	Scénario 1 (2024)	Scénario 2 (2035)
Scénario de base	✓	✓
Scénario sans le projet Odyssey	✓	*Non applicable*
Scénario optimisé	✓	✓

3.3.2.1 SCÉNARIO 1

SCÉNARIO 1 DE BASE

Le scénario 1 vise à représenter l'année du projet Odyssey où la combinaison entre l'exploitation des infrastructures actuelles de la mine Canadian Malartic et du projet Odyssey présentera l'extraction maximale. Puisque les opérations de MCM seront en décroissance, cette situation surviendrait en début d'exploitation du projet Odyssey. Ainsi, l'année 2024 est choisie pour représenter cette situation. En effet, l'année 2024 correspond à la première année du projet où l'exploitation de la première zone, Odyssey Sud, est en pleine production avant la décroissance significative des fosses. Pour les années subséquentes, l'augmentation de l'intensité de l'exploitation du projet Odyssey est plus faible que la décroissance de l'exploitation de MCM.

L'exploitation de MCM prévoit, pour l'année 2024, l'extraction de matériaux de la fosse Barnat uniquement. Un total de 59 Mt sera extrait de la fosse, soit 13,6 Mt de minerai et 45,4 Mt des stériles. Pour cette année, les stériles seront déposés dans la fosse Canadian Malartic. L'alimentation de l'usine se fera en combinaison du minerai extrait de la fosse et du minerai prélevé à la pile de minerai acheminé au concasseur primaire et, également, du minerai préconcassé ajouté via la trémie.

Pour fins de modélisations, deux sautages par jour ont été considérés dans la fosse Barnat à condition que les directions de vents soient favorables (le vent ne doit pas souffler en direction de la ville de Malartic) conformément à la méthode d'exploitation de MCM.

Enfin, l'opération de l'usine de traitement du minerai s'effectuera en continu.

L'exploitation du projet Odyssey, pour l'année 2024, prévoit l'extraction d'un total de 1,35 Mt, soit 1,15 Mt de minerai et 0,2 Mt de stériles. Lors de cette année, seule la zone Odyssey Sud sera en production. Le minerai sera acheminé au concasseur primaire. Les stériles extraits seront déposés dans la fosse Canadian Malartic.

De plus, des sautages de production ont été considérés dans la mine souterraine chaque jour.

Enfin, il a été considéré que l'opération de l'usine de remblai en pâte et la ventilation de la mine souterraine fonctionneraient en continu.

SCÉNARIO 1 SANS ODYSSEY

Pour cette variante, le scénario 1 est repris en conservant uniquement les sources liées à l'exploitation des infrastructures actuelles de MCM; les sources liées au projet Odyssey ne sont donc pas considérées. Cette variante a pour but d'offrir un comparatif au scénario 1 afin de mettre en évidence l'effet du projet Odyssey.

SCÉNARIO 1 OPTIMISÉ

Cette variante correspond à la même période d'exploitation que le scénario 1 de base. Ce scénario consiste en une fluctuation des activités de manipulation de stériles et du minerai et à l'arrêt occasionnel du sautage et du forage. Les activités de manipulation de stériles et du minerai comprennent les chargements et déchargements dans les fosses, le transport de stériles et du minerai et le boutage. Cette fluctuation des activités concerne uniquement les opérations effectuées en surface et ne concerne pas les activités souterraines et la ventilation de la mine du projet Odyssey, lesquelles sont toujours considérées en continu.

Cette variante a été retenue afin de déterminer par modélisation un mode d'exploitation qui permet de respecter les normes et critères du MELCC lorsque les conditions de dispersions sont défavorables. Ceci correspond à

l'application par MCM du programme de gestion adaptative des opérations supporté par le suivi de la qualité de l'air. Ainsi, lorsque par modélisation des conditions de dispersion favorables sont obtenues, le mode d'opération est selon le scénario 1 de base (mode d'exploitation normal) alors qu'une variation des opérations est modélisée lorsque les conditions de dispersion sont défavorables. La fluctuation des tonnages manipulés et l'arrêt de certaines opérations étant directement reliés aux concentrations maximales modélisées à la limite d'application.

3.3.2.2 SCÉNARIO 2

SCÉNARIO 2 DE BASE

Cette variante correspond à la période d'exploitation 2035.

Le scénario 2 vise à représenter l'année du projet Odyssey où les opérations présenteront l'extraction maximale, et ce, indépendamment des opérations actuelles de MCM. L'année 2035 est choisie pour représenter cette situation. En effet, l'année 2035 correspond à l'année du projet où l'exploitation sera la plus importante.

Il est prévu que **l'exploitation de MCM** soit terminée en 2035. Ainsi, aucune émission n'est attribuable à MCM pour ce scénario.

L'exploitation du projet Odyssey, pour l'année 2035, prévoit l'extraction de 7,6 Mt de minerai et 0,2 Mt de stériles. Lors de cette année, trois zones seront en production, soit les zones East-Gouldie, Odyssey Nord et East-Malartic. Le minerai sera alors acheminé au concasseur primaire. Les stériles extraits seront déposés dans les fosses Canadian Malartic et Barnat. L'opération de l'usine de traitement du minerai sera effectuée en continu. Bien que la capacité de l'usine de traitement sera réduite pour cette année, les émissions des sources ponctuelles sont tout de même considérées au maximum de leur capacité par conservatisme.

De plus, en fonction de la planification minière, la flotte d'équipements souterrains sera maximale pour les années 2032 et 2033 (voir la figure 4). Dans le but de représenter un scénario « pire cas », la flotte d'équipements pour l'année 2033 est considérée pour ce scénario, bien qu'il ne s'agisse pas directement de l'année de modélisation.

De plus, des sautages de production ont été considérés dans la mine souterraine chaque jour.

Enfin, l'opération de l'usine de remblai en pâte et la ventilation de la mine souterraine fonctionneraient en continu.

Pour ce scénario, puisqu'aucune émission n'est attribuable à MCM, la variante du **scénario 2 sans Odyssey** n'est pas applicable et n'est donc pas modélisée.

SCÉNARIO 2 OPTIMISÉ

Cette variante correspond à la même période d'exploitation que le scénario 2 de base. Ce scénario consiste en une fluctuation des activités de manipulation de stériles et du minerai en surface selon la même méthodologie que le scénario 1 optimisé. Les activités de manipulation de stériles et du minerai comprennent les chargements et déchargements de camions, le transport de stériles et du minerai et le boutage. Cette fluctuation des activités concerne uniquement les opérations effectuées en surface et ne concerne pas les activités souterraines et la ventilation de la mine du projet Odyssey, lesquelles sont toujours considérées en continu.

3.3.3 *CONFIGURATION DES SCÉNARIOS EN FONCTION DES PÉRIODES*

Les substances modélisées possèdent des normes définies sur différentes périodes (4 minutes, 1 heure, 8 heures, 24 heures et 1 an). Dans la mesure du possible, les scénarios modélisés tentent de maximiser les émissions en fonction de ces périodes, pour chacun des types de sources.

Par exemple, des sautages ne sont pas effectués tous les jours. Cependant, afin de modéliser le pire cas 24 heures relativement aux matières particulaires et le pire cas 1 heure pour les composés gazeux, le scénario avec deux sautages dans la fosse et des sautages souterrains de production sont considérés tous les jours dans les modélisations. De façon conservatrice, ce scénario d'émission est ainsi testé sur l'ensemble de l'échantillon météorologique à la recherche des pires conditions de dispersion.

4 CARACTÉRISATION DES SOURCES D'ÉMISSIONS

Les sections suivantes présentent la description et les caractéristiques des sources d'émissions considérées dans cette étude.

Les informations générales, les hypothèses et la description des scénarios modélisés sont présentées sous forme de tableaux dans la présente section en support au texte. Pour leur part, la description des sources utilisées dans le modèle est fournie sous forme de tableaux à l'annexe A afin de simplifier la lecture de la présente section. De plus, sauf indication contraire, les taux d'émissions fournis sont présentés sans atténuation.

4.1 SCÉNARIO 1

La localisation des sources d'émissions considérées pour le scénario 1 est présentée aux cartes B-2-1, B-2-1a et B-2-1b, tandis que les trajets de transport sont présentés sur les cartes B-2-2a à d. L'annexe A-1 regroupe quant à elle les tableaux présentant les descriptions, les caractéristiques physiques et les taux d'émissions de chacune des sources. Enfin, les sous-sections suivantes décrivent les sources par type d'opération. Pour ce scénario, une portion des émissions est attribuable aux installations actuelles de MCM tandis qu'une autre portion est attribuable au projet Odyssey.

4.1.1 *MINE CANADIAN MALARTIC*

4.1.1.1 SAUTAGE

Le tonnage de matériaux sauté annuellement pour le scénario 1 est de 59 027 099 tonnes. Deux sautages par jour sont considérés dans le modèle vers 11h et 15h. Pour le scénario modélisé, ceux-ci sont positionnés dans la fosse Barnat. Les paramètres utilisés pour la modélisation des sautages sont détaillés au tableau 4.

Il importe de rappeler que ces sautages sont conditionnels à la direction du vent puisque ce dernier ne doit pas souffler en direction de la ville de Malartic. Dans le cas où à l'heure prévue du sautage, la direction du vent favoriserait la dispersion des émissions de sautage vers Malartic, le sautage serait alors annulé, et donc non modélisé. Les angles de restrictions considérés dépendent directement de la position des sautages. Pour le scénario modélisé, ces angles varient de 94 à 185 degrés pour la position de la source « saut1 » et de 105 à 178 degrés pour la position de la source « saut2 ». À ce sujet, il faut spécifier qu'une procédure interne a été mise en place par MCM. Il s'agit d'une rose des vents dynamique qui détermine en fonction de la position de chaque sautage dans la fosse, les angles de restriction réellement effectifs.

La superficie de la surface sautée modélisée est de 5 092 m^2, pour un total de 10 184 m^2 par jour lorsque les deux sautages journaliers auraient lieu, ce qui représente le pire cas. La hauteur du souffle est estimée à environ 20 m. Les taux d'émission pour les matières particulaires (PMT, PM_{10}, $PM_{2,5}$) ont été établis à partir de l'AP-42 de l'U.S. EPA (US-EPA, 1995). Ce document consiste en une compilation de facteurs d'émission à l'atmosphère pour divers secteurs d'activité industrielle. Plus spécifiquement, ils ont été estimés suivant la section 11.9 de l'AP-42. Les taux d'émission pour le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azote (NO_x) et le dioxyde de soufre (SO_2), quant à eux, ont été estimés suivant le *NPI - Emission Estimation Technique Manual for Explosives Detonation and Firing Ranges* (DSEWPaC, 2012a) pour des explosifs composés d'émulsion à 70 % et d'ANFO à 30 %.

Ces émissions sont représentées dans la modélisation à l'aide d'une source volumique. Les caractéristiques et les taux d'émissions de cette source sont présentés en annexe au tableau A-1-1.

Tableau 4 : Paramètres décrivant les activités de forage et de sautage de production – MCM

Paramètres de forage/sautage	Unité	Variable	Valeur	Référence
Tonnage extrait par année	tonne/an	T	59 027 099	Planification minière 2020, année 2024
Facteur de poudre	kg/tonne	PWD	0,291	Moyenne entre les patrons de forage de minerai et stérile, 350KG-9.0-M/S-P
Densité de l'explosif	tonne/m^3	Erho	1,2	Valeur moyenne, Orica, Fiche technique 2018-08-27
Quantité d'explosif requis par année	tonne/an	EQy	17 164	t · PWD / 1000
Volume d'explosif requis par année	m^3/an	EVy	14 304	EQy / Erho
Diamètre du trou foré	m	D	0,229	Patron minerai et stérile, 350KG-9.0-M/S-P
Hauteur de banc	m	BH	10	Patron minerai et stérile, 350KG-9.0-M/S-P
Hauteur de bourre	m	SL	4,768	Hypothèse, selon la quantité d'explosif requis
Sous forage	m	SD	0,9	Patron minerai et stérile, 350KG-9.0-M/S-P
Hauteur de forage	m	HL	10,9	BH + SD
Hauteur de la colonne d'explosif	m	C	6,132	HL - SL
Volume d'explosif par forage	m^3/trou	EVh	0,252	Pi · $(D/2)^2$ · C
Quantité d'explosif par forage	tonne/trou	EQh	0,302	EVh · Erho
Nombre de forages par sautage	trous/saut.	NHb	137	NHy / NBy
Nombre de forages requis par année	trous/an	NHy	56 836	EVy / EVh
Nombre de sautages par année	saut./an	NBy	416	Basé sur 4 jours de sautage par semaine et 2 sautages par jour
Quantité d'explosif par sautage	tonne/saut.	EQb	41.3	EQh · NHb
Fardeau	m	B	6,1	Moyenne entre les patrons de forage de minerai et stérile, 350KG-9.0-M/S-P
Espacement	m	S	6,1	Moyenne entre les patrons de forage de minerai et stérile, 350KG-9.0-M/S-P
Surface de sautage par forage	m^2/trou	BAh	37,27	B · S
Surface de sautage totale	m^2/saut.	BA	5 092	BAh · NHb
Ratio d'ANFO de l'explosif	%	Ra	30%	Orica, Fiche technique 2018-08-27
Ratio d'émulsion de l'explosif	%	Re	70%	100% - Ra

4.1.1.2 FORAGE

Les opérations de forage ont été considérées dans la modélisation. Pour le scénario 1, huit foreuses de production à une cadence combinée de forage d'environ 190 trous par jour est estimée selon la description des opérations. En plus de celles de la production, quatre foreuses supplémentaires pour le prédécoupage sont utilisées. Une cadence de forage de 16 trous par jour est estimée selon la description des opérations. Pour estimer ces cadences de forage, un facteur de 10 % de reforage a été supposé.

Les taux d'émission pour les matières particulaires (PMT, PM_{10}, $PM_{2,5}$) ont été estimés à l'aide du tableau 11.9-4 de la section 11.9 *Western Surface Coal Mining* de l'AP-42. Des facteurs d'échelle de 0,9 et 0,5 ont été considérés respectivement pour les PM_{10} et $PM_{2,5}$. Un facteur d'atténuation de 70 % des poussières de forage (DSEWPaC, 2012b) est également considéré afin de tenir compte du système de forage à l'eau installé sur les foreuses.

Les opérations de forage sont représentées dans les modélisations à l'aide d'une source volumique. Les paramètres physiques et le taux d'émissions utilisés dans le modèle sont présentés en annexe au tableau A-1-2. Les foreuses ont

été positionnées dans la fosse Barnat conformément à la description du scénario de modélisation. La caractérisation de la source a été établie en fonction des caractéristiques physiques des foreuses, soit des foreuses A. Copco Pit Viper 235 pour la production et des foreuses Cubez QXR-920 pour le prédécoupage.

4.1.1.3 CHARGEMENTS ET DÉCHARGEMENT

La manutention des divers matériaux représente une source fugitive de matière particulaire. Les opérations de chargements et de déchargement ont donc été considérées dans la modélisation et elles ont été modélisées à l'aide de sources volumiques.

Les opérations de chargement se produiront principalement dans la fosse Barnat, mais surviendront également au concasseur mobile et à la pile de minerai. Le minerai sera en majorité déchargé au concasseur. Une fraction sera déchargée au concasseur mobile et sur la pile de minerai. Les stériles seront déposés dans la fosse Canadian Malartic. Finalement, une quantité de stériles sera également déposée au concasseur mobile afin de préparer le matériel pour l'entretien des routes. En somme, un point de chargement et de déchargement a été considéré pour chacun des trajets décrits au tableau 6.

Les taux d'émission pour chacune des sources liées aux chargements et déchargements du minerai et des stériles ont été estimés suivant la section 13.2.4 *Aggregate Handling and Storage Piles* de l'AP-42. Les quantités de matériel chargées et déchargées sont distribuées également sur les 24 heures de la journée. L'humidité des différentes matières a été fixée à 5,4 % suivant les valeurs données à la section 13.2.4 de l'AP-42, tableau 13.2.4-1. Enfin, les facteurs d'émissions ont été déterminés heure par heure, en fonction de la vitesse du vent, et les taux d'émission ont été obtenus en multipliant le facteur d'émission par le tonnage manipulé.

Au concasseur primaire, des systèmes de dépoussiérage seront présents, un facteur d'atténuation de 90 % a donc été considéré.

Les pelles hydrauliques Terex RH340, Hitachi EX5600-6 et Caterpillar 6050 ont été considérées dans la fosse alors que les chargeuses Létourneau L-1850-2 ont été considérées sur la pile de minerai et au concasseur mobile. La largeur des pelles a été utilisée afin de caractériser la dispersion initiale horizontale. La hauteur de relâche et la dispersion initiale verticale ont pour leur part été caractérisées suivant les caractéristiques des camions de transports associés. Pour les sources liées au déchargement, ces trois paramètres ont été caractérisés en fonction des caractéristiques des camions de transports. Les paramètres physiques utilisés dans le modèle sont présentés en annexe au tableau A-1-3. Ce tableau présente également le tonnage manipulé par heure pour chacune des sources et une estimation des taux d'émission calculée spécifiquement pour la présentation dans ce rapport avec la vitesse moyenne du vent de l'échantillon météorologique modélisé.

4.1.1.4 BOUTAGE

Un total de cinq bouteurs sur chenille de type Caterpillar D10T et trois bouteurs sur roues de type Caterpillar 854H seront utilisés pour le placement des matériaux : quatre bouteurs sont associés au placement des stériles dans la fosse Canadian Malartic, un bouteur est considéré à l'aire du concasseur primaire et trois bouteurs sont considérés dans la fosse Barnat.

Les taux d'émission ont été estimés pour ces opérations suivant la section 11.9 *Western Surface Coal Mining* de l'AP-42 alors que, dans le cadre de la présente étude, le facteur d'émission proposé pour le mort-terrain a été jugé plus représentatif que le facteur d'émission proposé pour le charbon. Le facteur d'émission proposé dépend du taux d'humidité et du taux de silt du matériel manipulé. Ces derniers ont été fixés à 5,4 % et 3,9 %, respectivement, suivant les valeurs données à la section 13.2.4 de l'AP -42, tableau 13.2.4-1.

Les opérations de boutage sont représentées dans les modélisations à l'aide de sources volumiques. Les paramètres physiques et les taux d'émissions utilisés dans le modèle sont présentés en annexe au tableau A-1-4. La caractérisation de cette source a été ajustée en fonction du modèle et des caractéristiques physiques des équipements. Enfin, une atténuation de 50 % a été appliquée afin de représenter le taux d'utilisation et le caractère intermittent de ce type d'opération.

4.1.1.5 CONCASSEUR MOBILE PERMANENT

Le concasseur mobile pour le préconcassage de minerai et pour la préparation de bourre de sautage et d'abrasif pour les routes est modélisé. La quantité de minerai préconcassé prévu est de 4 Mt par année, ce qui correspond à un taux moyen de 458 t/h de minerai. La quantité de stériles revalorisés a été estimée, par conservatisme, à partir de la capacité nominale du concasseur. Le concasseur prévoit deux lignes d'une capacité de 600 t/h chacune. Les stériles concassés modélisés correspondent donc à 742 t/h. Pour les besoins de la modélisation, ces taux sont considérés comme en continu. Le taux d'émission a été estimé suivant la section 11.19.2 *Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing* de l'AP-42. De façon conservatrice, le facteur d'émission proposé pour le concassage tertiaire non contrôlé a été utilisé.

Un déchargement à partir des convoyeurs du concasseur sur les piles temporaires d'entreposage est également modélisé. Cette source a été considérée parmi les *chargements et déchargements* décrits à la section 4.1.1.3.

L'opération de concassage des matières est représentée dans les modélisations à l'aide de sources volumiques. Les caractéristiques physiques et le taux d'émission pour cette source volumique sont présentés au tableau A-1-5.

4.1.1.6 ROUTAGE

Le soulèvement de la poussière lors du transport des différentes matières sur le réseau de routes non pavées est habituellement le principal contributeur parmi les sources fugitives d'un complexe minier. Or, puisque l'intensité des émissions est directement proportionnelle à la quantité de matériel transporté, au type de véhicule utilisé et à la teneur en limon (silt) contenue dans les matériaux utilisés pour la construction et l'entretien des surfaces de roulement, les différents trajets empruntés sur le réseau routier du complexe minier (fosse vers concasseurs, fosse vers halde à stériles, etc.) doivent donc être suffisamment détaillés pour permettre d'établir un taux d'émissions spécifique à chacun des tronçons de route.

La description des opérations ainsi que les caractéristiques physiques des routes, telles que l'emplacement et les dimensions (longueur et largeur), ont été compilées à partir des informations fournies par MCM. Les caractéristiques du camion considéré sont détaillées au tableau 5.

Tableau 5 : Description du camion de transport considéré – MCM

Véhicule	Hauteur (m)	Largeur (m)	Poids du véhicule (t)	Charge utile (t)
Caterpillar 793F	6,6	7,6	159,2	226,8

Le scénario de routage est présenté au tableau 6. Ce scénario comprend 14 trajets décrivant la gestion du transport du minerai et du stériles sur le site de MCM. Les camions hors route Caterpillar 793F sont attitrés au transport du minerai et du stérile. Un total de 13,6 Mt de minerai sera extrait depuis la fosse Barnat. Pour ce qui est du stérile, un total de 45,4 Mt sera extrait de la fosse Barnat. Pour les besoins de la modélisation, deux positions d'extraction sont considérées dans la fosse Barnat et deux positions de déposition des stériles sont considérées dans la fosse Canadian Malartic.

Ces trajets ont été subdivisés en 17 segments, formant un réseau d'environ 11,5 km. Ces segments sont détaillés au tableau A-1-6. Les trajets et segments sont identifiés par leur point de départ et d'arrivée et peuvent être localisés sur les cartes B-2-2a et B-2-2b. Dans la modélisation, chacun de ces segments est représenté par une série de sources volumiques alternées. Les coordonnées de chacune de ces sources sont données au tableau A-1-7. Pour chacun des segments, le poids moyen et la hauteur moyenne des camions ainsi que la distance parcourue (VKT) ont été déterminés en fonction du nombre de déplacements. La hauteur de relâche et la dispersion initiale verticale ont été estimées en fonction de la hauteur moyenne des camions sur le segment tandis que la dispersion initiale horizontale a été estimée en fonction de la largeur des routes. La largeur des routes est identifiée à environ 30 m sur l'ensemble du site. Dans les modélisations, trois mètres additionnels sont considérés de chaque côté de la route afin de tenir compte des émissions de poussières susceptibles de se produire par turbulence. Une largeur totale de 36 m est donc utilisée. Ces différents paramètres sont les mêmes pour chacune des sources d'un même segment et sont également donnés au tableau A-1-6.

Les taux d'émissions de particules associées à chacun des segments ont finalement été estimés de façon conservatrice à partir des facteurs d'émission proposés dans la section 13.2.2 *Unpaved Roads* de l'AP-42. Les différentes informations utilisées pour le calcul des taux d'émissions sont regroupées au tableau A-1-6. En l'absence de donnée spécifique au site à l'étude, une teneur en silt de 8,3 % a été sélectionnée, correspondant à la valeur moyenne tabulée à la section 13.2.2 de l'AP-42 pour la catégorie *Stone quarrying and processing, Haul road to/from pit*.

Il est également important de préciser qu'une atténuation de 86 % a été considérée sur le segment non pavé, découlant d'une atténuation par arrosage régulier des routes (eau et abats poussières) de 75 % (MDDELCC, 2017a) combinée à une atténuation de 44 % reliée à une limitation de la vitesse à 40 km/h de tous les camions de transport impliqués dans la manutention des stériles et du minerai.

En ce qui concerne l'atténuation découlant de la vitesse des véhicules, le facteur de 44 % provient du WRAP Fugitive Dust Handbook (WRAP, 2006). Or, bien que la section 13.2.2 de l'AP-42 mentionne que la plage d'application de l'équation de détermination des taux d'émission sur route non pavée correspond à des véhicules circulant à des vitesses entre 8 et 69 km/h, et donc que la formule d'estimation des émissions du routage tient déjà compte de la vitesse des véhicules, le WRAP a spécifiquement sélectionné des mesures afin d'ajuster la corrélation pour des vitesses limitées à 40 km/h. Ainsi, lorsque la plage d'application est entre 8 et 40 km/h, les émissions seraient plus faibles de 44 %.

Concernant le facteur d'atténuation associé au routage, prendre note que ce dernier est supérieur à l'atténuation maximale suggérée dans le *Guide d'instruction – Préparation et réalisation d'une modélisation de la dispersion des émissions atmosphériques – Projets miniers* (MDDELCC, 2017a). Ce facteur est tout de même modélisé puisqu'il a été démontré dans le cadre de la phase de recevabilité de l'étude d'impact de 2016 (modélisation de 2015), que le programme de gestion par arrosage de MCM permet d'atteindre un tel taux d'atténuation. De plus, l'utilisation de ce facteur permet une base de comparaison valable avec les résultats des modélisations antérieures.

Le choix de conserver ce taux d'atténuation se justifie également par le fait que CMGP s'engage à maintenir minimalement une intensité d'arrosage de la même envergure que pour ses opérations actuelles, et ce, pour la durée complète du projet Odyssey. En cas de dépassement appréhendé des normes de particules, l'intensité d'arrosage sera augmentée ou encore il y aura application de mesures d'atténuation additionnelles, telles qu'actuellement pratiquées aux opérations minières (réduction de la vitesse de la machinerie, ciblage des opérations, arrêt des équipements de production).

Tableau 6 : Description du scénario de routage considéré – MCM

Trajets	Description	Longueur du trajet (aller-retour) (m)	Quantité de matériel déplacé (tm/an)	Nombre de déplacements[1] ($jour^{-1}$)
			Caterpillar 793F	Caterpillar 793F
P01_P10	Minerai: Barnat #1 vers Pile Minerai LG	13 695	2 039 760	49
P01_P08	Minerai: Barnat #1 vers Concasseur primaire	13 221	2 753 961	67
P01_P14	Minerai: Barnat #1 vers Concasseur mobile permanent	13 833	2 005 479	48
P03_P10	Minerai: Barnat #2 vers Pile Minerai LG	13 218	2 039 760	49
P03_P08	Minerai: Barnat #2 vers Concasseur Primaire	12 743	2 753 961	67
P03_P14	Minerai: Barnat #2 vers Concasseur mobile permanent	13 355	2 005 479	48
P10_P08	Minerai: Pile Minerai LG vers Concasseur primaire	2 186	10 194 623	246
P24_P13	Minerai: Concasseur mobile permanent vers dépôt H2	3 713	4 010 959	97
P01_P26	Stériles: Barnat #1 vers Dépôt dans la Fosse #1	3 722	9 731 915	235
P03_P26	Stériles: Barnat #2 vers Dépôt dans la Fosse #1	3 244	9 731 915	235
P01_P27	Stériles: Barnat #1 vers Dépôt dans la Fosse #2	4 131	9 731 915	235

Trajets	Description	Longueur du trajet (aller-retour) (m)	Quantité de matériel déplacé (tm/an)	Nombre de déplacements[1] ($jour^{-1}$)
			Caterpillar 793F	Caterpillar 793F
P03_P27	Stériles: Barnat #2 vers Dépôt dans la Fosse #2	3 653	9 731 915	235
P01_P14	Stériles: Barnat #1 vers Concasseur mobile permanent	13 833	3 250 521	79
P03_P14	Stériles: Barnat #2 vers Concasseur mobile permanent	13 355	3 250 521	79
[1] Un aller-retour correspond à 2 déplacements.				

4.1.1.7 GAZ D'ÉCHAPPEMENT DES ÉQUIPEMENTS MINIERS

Les émissions provenant des gaz d'échappement (PMT, $PM_{2,5}$, NO_x, SO_2 et CO) des différents véhicules actifs sur le site minier ont été prises en compte lors de la modélisation. Les équipements considérés ont été déterminés à partir des informations transmises par MCM.

Pour des véhicules hors route, les facteurs d'émissions (g/hp.hr) ont été estimés suivant la méthode proposée dans le document *Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling - Compression-Ignition* (US-EPA, 2010). Les taux d'émission pour chacun des modèles de véhicule ont ensuite été calculés en considérant la puissance des moteurs (hp), la certification des moteurs (*tier*) ainsi que le facteur de chargement en fonction du type d'équipement. Ces différents paramètres sont donnés avec les taux d'émission calculés pour chacun des véhicules au tableau 7.

Pour la présente étude, la teneur en soufre dans le diesel a été fixée à 15 ppm, soit la limite prescrite par le *Règlement sur le soufre dans le carburant diesel* (Canada, 2013) pour les carburants diesel pour les moteurs hors route. Il est important de préciser que suivant la méthode utilisée, toutes les particules émises par les systèmes d'échappement sont assumées inférieures à 10 microns (PM_{10}) de sorte que les taux d'émission pour les PMT et les PM_{10} sont égaux. De plus, la fraction de particules fines ($PM_{2,5}$) sur l'ensemble des particules émises est estimée à 97 %. Finalement, puisque l'âge spécifique de la flotte de véhicules est inconnu, l'augmentation des émissions due à la dégradation des moteurs a été maximisée afin de considérer le scénario « pire cas ».

Basés sur la description des activités d'exploitation, les équipements considérés sont détaillés au tableau 8. Ce tableau, incluant le nombre d'équipements et le positionnement de ceux-ci, définit le scénario modélisé pour les gaz d'échappement. Il est important de noter que certaines excavatrices dans la fosse sont électriques et ne présentent donc pas d'émission de gaz d'échappement.

Afin de caractériser ces sources d'émission, la méthode de modélisation prévoit de séparer les machines présentes sur le site en trois catégories distinctes : les équipements de transport, les équipements de support (camion d'arrosage, etc.) et les équipements localisés (excavatrices, bouteurs, etc.). Cette catégorisation est donnée au tableau 8 pour chaque équipement du présent scénario.

Équipements localisés

En ce qui concerne les équipements localisés, la dispersion des émissions n'est pas influencée de façon importante par le mouvement des véhicules puisque les déplacements ont lieu à de faibles vitesses et que les émissions sont propulsées vers le haut à des vitesses relativement grandes. Les caractéristiques physiques réelles (tels que la vitesse et la température des émissions, la hauteur et le diamètre du point d'émission) ont toutes été utilisées pour ces types de véhicules. Celles-ci ont été déterminées en fonction du numéro de modèle de l'équipement considéré. Ceux-ci sont donc modélisés comme des sources ponctuelles. La caractérisation des sources utilisées pour représenter les gaz d'échappement des équipements localisés est donnée en annexe au tableau A-1-8. Les taux d'émission utilisés y sont également présentés.

Équipements de transport

Dans le cas des véhicules de transport, les tuyaux d'échappement sont parfois positionnés horizontalement et/ou sur le côté des véhicules. La dispersion des émissions sera ainsi affectée de façon plus importante par le mouvement et la turbulence créée par les camions. De façon conservatrice, l'effet de flottabilité est négligé et les émissions des gaz

d’échappement pour les camions de transport sont représentées dans la modélisation à l’aide de sources volumiques. Ces émissions ont été réparties sur les différents segments en fonction du temps moyen passé sur chacun d’eux (tableau 9). Ces proportions ont été estimées à partir du type d’opération associé à chaque segment (chargement, déchargement), de la longueur et de la topographie du segment (terrain plat ou en pente) et du nombre de déplacements requis pour transporter le tonnage prévu entre les différents points. Afin d’éviter d’alourdir inutilement le modèle, les sources associées au routage (voir section 4.1.1.6) ont été utilisées pour la modélisation de ces gaz d’échappement.

Équipements de support minier

Pour la modélisation des gaz d’échappement des véhicules de support, les sources associées au routage ont également été utilisées. Les taux d’émissions calculés pour les véhicules de support ont été répartis sur les segments de routage dans la même proportion que les véhicules de transport.

La répartition du temps passé sur chacun des segments par les véhicules de transport est présentée au tableau 9. Les taux d’émissions sont finalement calculés en fonction du nombre d’équipements et du temps passé sur chacun des segments. Les taux d’émissions par segment y sont également présentés.

Tableau 7 : Description et taux d'émissions calculés pour les véhicules hors route – MCM

Véhicule	Type	Puissance (hp)	Tier	Facteur de chargement [1]	Taux d'émission par véhicule (g/s)				
					PM_{10} [2]	$PM_{2,5}$	CO	NO_x	SO_2
Équipements de production :									
A. Copco PV 235	Foreuse	800	T2	0,43	1,36E-02	1,31E-02	8,04E-02	3,95E-01	4,66E-04
Cubex QXR-920	Foreuse	540	T3	0,43	1,09E-02	1,06E-02	6,25E-02	1,63E-01	3,15E-04
Terex RH340	Excavatrice	*Électrique, aucune émission*							
Caterpillar 6050	Excavatrice	2520	T2	0,59	7,68E-02	7,45E-02	5,32E-01	1,62E+00	2,03E-03
Hitachi EX5600-6	Excavatrice	3000	T2	0,59	9,14E-02	8,87E-02	6,33E-01	1,93E+00	2,42E-03
Létourneau L-1850-2	Chargeuse sur roues	2000	T1	0,59	8,64E-02	8,38E-02	4,22E-01	1,96E+00	1,61E-03
Caterpillar 793F	Camion de transport hors route	2478	T2	0,59	7,55E-02	7,32E-02	5,23E-01	1,60E+00	2,00E-03
Caterpillar 16M	Niveleuse	332	T3	0,59	1,48E-02	1,44E-02	8,07E-02	1,43E-01	2,68E-04
Caterpillar 14M	Niveleuse	294	T3	0,59	1,31E-02	1,27E-02	6,34E-02	1,26E-01	2,37E-04
Caterpillar 777D	Camion de transport hors route	938	T1	0,59	4,05E-02	3,93E-02	1,98E-01	9,20E-01	7,57E-04
Caterpillar 854K	Bouteur sur roues	801	T2	0,59	2,44E-02	2,37E-02	1,69E-01	5,16E-01	6,47E-04
Caterpillar D10T	Bouteur à chenilles	603	T3	0,59	2,69E-02	2,61E-02	2,31E-01	2,59E-01	4,87E-04
Équipements de support :									
A. Copco Mustang 5-P4D	Foreuse	150	T2	0,43	3,82E-03	3,70E-03	1,71E-02	7,41E-02	8,73E-05
Caterpillar 345C-L	Excavatrice	345	T3	0,59	1,54E-02	1,49E-02	8,39E-02	1,48E-01	2,78E-04
Caterpillar 374D-L	Excavatrice	476	T3	0,59	2,12E-02	2,06E-02	1,16E-01	2,04E-01	3,84E-04
Caterpillar 980K	Chargeuse sur roues	369	T4i	0,59	8,20E-04	7,95E-04	5,85E-03	1,52E-01	2,11E-04
Caterpillar IT62H	Chargeuse sur roues	211	T3	0,59	9,42E-03	9,13E-03	4,55E-02	9,06E-02	1,70E-04
Caterpillar 914K	Chargeuse sur roues	92	T4i	0,59	2,04E-04	1,98E-04	4,11E-03	4,56E-02	5,85E-05
Caterpillar 972M	Chargeuse sur roues	299	T4N	0,59	6,64E-04	6,44E-04	4,23E-03	1,36E-02	1,71E-04
Caterpillar IT62H	Chargeuse sur roues	211	T3	0,59	9,42E-03	9,13E-03	4,55E-02	9,06E-02	1,70E-04
Komatsu WA250-6	Chargeuse sur roues	138	T3	0,59	9,59E-03	9,30E-03	3,45E-02	5,93E-02	1,11E-04
Komatsu WA900-3	Chargeuse sur roues	856	T2	0,59	2,61E-02	2,53E-02	1,81E-01	5,51E-01	6,91E-04
Caterpillar 740	Camion de transport hors route	458	T3	0,59	2,04E-02	1,98E-02	1,11E-01	1,97E-01	3,70E-04
Caterpillar 745C	Camion de transport hors route	504	T4N	0,59	1,12E-03	1,09E-03	7,99E-03	2,30E-02	2,88E-04
Caterpillar D6	Bouteur à chenilles	254	T4N	0,59	5,64E-04	5,47E-04	3,59E-03	1,16E-02	1,45E-04

[1] Appendix A, (US-EPA, 2004)
[2] Toutes les émissions de particules sont considérées plus petites que 10 µm, et donc PMT = PM_{10}.

Tableau 8 : Description du scénario modélisé pour les gaz d'échappement – MCM

Équipement	Disponibilité mécanique (%)	Nombre d'équipement		Catégorie	Source(s) associée(s) pour le positionnement
		Total dans la flotte	Total considéré		
A. Copco PV 235	76%	8	8	Localisé	drill1x, drill2x, drill3x, drill4x, drill5x, drill6x, drill7x, drill8x
Cubex QXR-920	68%	4	4	Localisé	drill9x, drill10x, drill11x, drill12x
Caterpillar 6050	63%	1	1	Localisé	ldp03bx
Hitachi EX5600-6	71%	2	2	Localisé	ldp03ax
Létourneau L-1850-2	72%	3	3	Localisé	ldp10x, ldp24x
Caterpillar 793F	84%	25	21	Transport	Sources de routage
Caterpillar 16M	78%	4	4	Support	Sources de routage
Caterpillar 14M	78%	1	1	Support	Sources de routage
Caterpillar 777D	78%	2	2	Support	Sources de routage
Caterpillar 854K	78%	3	3	Localisé	wdoz01x, wdoz02x, wdoz03x
Caterpillar D10T	78%	5	5	Localisé	tdoz01x, tdoz02x, tdoz03x, tdoz04x, tdoz05x
A. Copco Mustang 5-P4D	78%	2	2	Support	Sources de routage
Caterpillar 345C-L	78%	2	2	Support	Sources de routage
Caterpillar 374D-L	78%	3	3	Support	Sources de routage
Caterpillar 980K	78%	2	2	Support	Sources de routage
Caterpillar IT62H	78%	1	1	Support	Sources de routage
Caterpillar 914K	78%	1	1	Support	Sources de routage
Caterpillar 972M	78%	1	1	Support	Sources de routage
Caterpillar IT62H	78%	2	2	Support	Sources de routage
Komatsu WA250-6	78%	4	4	Support	Sources de routage
Komatsu WA900-3	78%	1	1	Support	Sources de routage
Caterpillar 740	78%	3	3	Support	Sources de routage
Caterpillar 745C	78%	3	3	Support	Sources de routage
Caterpillar D6	78%	2	2	Support	Sources de routage

Tableau 9 : Répartition des taux d'émission des gaz d'échappement – MCM

Nom du segment	Temps passé sur chaque segment (%)		Taux d'émission (transport + support) (g/s)				
	Caterpillar 793F	Véhicules de Support	PM_{10} [1]	$PM_{2,5}$	CO	NOx	SO_2
P01_P02	8,6	8,6	1,73E-01	1,68E-01	1,14E+00	3,39E+00	4,43E-03
P02_P04	21,1	21,1	4,23E-01	4,11E-01	2,78E+00	8,29E+00	1,08E-02
P03_P02	6,3	6,3	1,27E-01	1,23E-01	8,34E-01	2,49E+00	3,25E-03
P04_P05	1,7	1,7	3,36E-02	3,26E-02	2,21E-01	6,59E-01	8,61E-04
P04_P06	12,0	12,0	2,40E-01	2,32E-01	1,57E+00	4,69E+00	6,13E-03
P05_P26	4,8	4,8	9,71E-02	9,42E-02	6,38E-01	1,90E+00	2,49E-03
P05_P27	6,0	6,0	1,19E-01	1,16E-01	7,83E-01	2,33E+00	3,05E-03
P06_P11	15,8	15,8	3,15E-01	3,06E-01	2,07E+00	6,18E+00	8,08E-03
P07_P08	3,9	3,9	7,81E-02	7,57E-02	5,13E-01	1,53E+00	2,00E-03
P09_P07	0,6	0,6	1,18E-02	1,14E-02	7,75E-02	2,31E-01	3,02E-04
P10_P09	5,1	5,1	1,01E-01	9,83E-02	6,65E-01	1,98E+00	2,59E-03
P11_P09	3,0	3,0	6,05E-02	5,87E-02	3,98E-01	1,19E+00	1,55E-03
P11_P12	2,1	2,1	4,14E-02	4,01E-02	2,72E-01	8,11E-01	1,06E-03
P12_P13	1,7	1,7	3,46E-02	3,36E-02	2,27E-01	6,78E-01	8,86E-04
P12_P25	2,9	2,9	5,82E-02	5,65E-02	3,82E-01	1,14E+00	1,49E-03
P25_P14	3,3	3,3	6,53E-02	6,34E-02	4,29E-01	1,28E+00	1,67E-03
P25_P24	1,1	1,1	2,28E-02	2,21E-02	1,50E-01	4,46E-01	5,83E-04

[1] Toutes les particules émises sont supposées être plus petites que 10 microns donc PMT = PM_{10}.

4.1.1.8 USINE DE TRAITEMENT DU MINERAI

DÉPOUSSIÉREURS

En tout, quatre dépoussiéreurs sont considérés lors du traitement du minerai et leurs émissions sont constituées de particules uniquement. Leurs taux d'émissions sont calculés à partir des capacités nominales des équipements extraites des demandes de certificat d'autorisation d'exploitation de l'usine.

Le premier dépoussiéreur [**CONCA1**] considéré est un épurateur à venturi associé au concasseur giratoire. Le second dépoussiéreur [**DOME**] est un filtre à manches situé sous le dôme lors de la récupération du minerai. Bien qu'il y ait trois dépoussiéreurs situés dans le dôme, il est considéré dans la modélisation qu'un seul dépoussiéreur fonctionne à la fois. Le troisième [**FOUR_IND**] et le quatrième [**RES_CU**] sont des épurateurs à voie humide situés à la sortie d'un des deux fours à induction et dans le réservoir de sulfate de cuivre. Pour ce qui est des fours à induction, un seul des deux fours est considéré actif dans le scénario de modélisation. En effet, ces équipements ne fonctionnent pas en continu et, typiquement, il n'y a pas plus d'un four actif au même moment. Un autre dépoussiéreur est situé dans le silo d'entreposage de la chaux, mais celui-ci n'a pas été considéré dans la modélisation, car les émissions de poussières associées ont été estimées négligeables.

Pour les deux premiers cas, les émissions de poussières sont estimées à partir des émissions fugitives provenant des manipulations de minerai. À celles-ci, une efficacité typique de filtration des dépoussiéreurs, tirée de l'AP-42, a été appliquée. Les efficacités sont fournies pour chaque tranche de taille de particule, ce qui permet d'estimer les émissions pour chaque taille de particules considérée (PMT, PM_{10} et $PM_{2,5}$).

Pour les trois autres cas, les taux d'émissions des composés particulaires ont été fixés à 30 mg/m^{3}R. Les taux d'efficacité de filtration des dépoussiéreurs ont été utilisés afin d'estimer les ratios de PM_{10}/PMT et $PM_{2,5}$/PMT.

Ces sources ont été modélisées comme des sources ponctuelles. Les caractéristiques physiques des points d'émissions, telles que l'emplacement (coordonnées et élévation), les dimensions (hauteur et diamètre), la température et la vitesse de sortie des gaz ont été compilées à partir des informations contenues dans les demandes de certificat d'autorisation d'exploitation de l'usine. Celles-ci sont présentées au tableau A-1-9.

CHAUDIÈRES ET FOURS DE RÉACTIVATION DU CHARBON

À l'usine de traitement du minerai, deux chaudières et deux fours à réactivation du charbon sont en opération. Ceux-ci utilisent le gaz naturel comme combustible et sont donc considérés comme des sources de particules et de gaz de combustion (CO, NO_x et SO_2). Les taux d'émissions sont calculés à partir des capacités nominales et des données fournies dans les demandes de certificat d'autorisation d'exploitation de l'usine.

Pour le cas des chaudières, les taux d'émission de particules, de CO et de NO_x sont calculés à partir des données du fabricant et de leur puissance nominale. Pour les fours à réactivation, les taux d'émissions de particules, de CO et de NO_x qui ont été fournis dans les demandes de certificat d'autorisation pour l'exploitation de l'usine sont utilisés. Pour chaque source, le taux d'émission en SO_2 est calculé par un bilan de masse à partir de la capacité nominale de chaque source et de la teneur en soufre du gaz naturel de fournisseurs canadiens.

Ces sources ont été modélisées comme des sources ponctuelles. Les caractéristiques physiques des points d'émissions, telles que l'emplacement (coordonnées et élévation), les dimensions (hauteur et diamètre), la température et la vitesse de sortie des gaz ont été compilées à partir des informations contenues dans les demandes de certificat d'autorisation pour l'exploitation de l'usine. Celles-ci sont également présentées tableau A-1-9.

4.1.1.9 ÉROSION ÉOLIENNE

Dans la modélisation du présent scénario, l'érosion éolienne des aires de dépôt du stériles, de la pile de minerai et de l'aire de stockage du minerai préconcassé a été prise en compte.

Afin de quantifier les émissions de matière particulaire dues à l'érosion éolienne, l'équation (8.11) du *Guide pour les carrières et sablières* de l'Inventaire national des rejets de polluants (INRP, 2016) a été utilisée sur une base horaire, comme prescrit par le MELCC. Pour ce faire, la vitesse du vent chaque heure a été utilisée et comparée à la vitesse seuil de 19,3 km/h à partir de laquelle l'érosion éolienne apparaît. Le taux d'émission est alors effectif lorsque la vitesse du vent est supérieure à cette vitesse seuil et nul lorsque la vitesse du vent est inférieure à celle-ci.

De plus, comme l'équation est considérée sur une base horaire, le facteur d'atténuation dû aux précipitations n'est pas pris en compte. Il est également important de mentionner que, outre l'omission du facteur d'atténuation lié aux précipitations, le total des émissions annuelles calculées suivant la formulation horaire est identique au total calculé suivant la formulation traditionnelle de l'équation de l'INRP. Seule la répartition des émissions est affectée.

Dans le secteur de la mine, pour les années météorologiques de modélisation choisies, la vitesse du vent est supérieure au seuil d'émission pour environ 14 % du temps, ce qui correspond au temps où l'érosion éolienne sera active sur le site, selon la méthodologie exigée par le MELCC.

Par ailleurs, certaines infrastructures d'entreposage considérées sont de grandes dimensions; toutefois, seule une fraction de leur surface est véritablement « active », ce terme étant utilisé pour signifier que des opérations de déchargement y sont effectuées et engendrent l'émission de particules dans l'air, et ce, autant lors de sa construction que de son opération. En effet, de telles opérations ont lieu dans des secteurs bien précis et celles-ci sont en grande partie complétées ou ne font l'objet d'aucune opération de déchargement pendant de longues périodes. Par conséquent, une fois le potentiel d'érosion éolienne devenu inexistant à la suite de forts vents, la portion de l'infrastructure sur laquelle les opérations sont terminées ou interrompues à long terme n'émettra plus de poussières. D'autre part, les précipitations et l'humidité contribuent au lavage des surfaces et à la cimentation des particules fines. Il s'avère donc irréaliste de considérer toute la surface de ces infrastructures comme active et émettant sans arrêt des particules dans l'air. Ainsi, pour chacune des zones de déchargement lors du dépôt du stériles dans la fosse et à la pile de minerai, la surface où s'effectuent des opérations de déchargement au cours d'un mois d'activité a été estimée et utilisée comme surface active.

Ces sources ont été considérées comme des sources surfaciques. Les caractéristiques physiques des différentes sources surfaciques ont été compilées à partir des informations fournies sur les infrastructures prévues par MCM et sont présentées au tableau A-1-10, avec les taux d'émission calculés.

4.1.2 PROJET ODYSSEY

4.1.2.1 CHARGEMENTS ET DÉCHARGEMENT

La manutention des divers matériaux du projet Odyssey acheminés à la surface représente une source fugitive de matière particulaire. Les opérations de chargements et de déchargement ont donc été considérées dans la modélisation et elles ont été modélisées à l'aide de sources volumiques.

Les opérations de chargement de minerai et de stériles se produiront aux aires de chargement des camions miniers de surface dans le secteur Odyssey. Les matériaux extraits par la rampe seront déchargés par les camions souterrains sur des haldes temporaires en surface pour ensuite être chargés dans les camions miniers. Les matériaux extraits par le chevalement seront, quant à eux, chargés dans les camions miniers directement à partir d'un silo, pour le minerai, et à partir d'une pile temporaire pour les stériles. À l'exception du minerai chargé à partir du silo, les chargements seront effectués par une excavatrice. Ensuite, le minerai sera déchargé au concasseur primaire et les stériles seront déposés dans la fosse Canadian Malartic. En somme, un point de chargement et de déchargement a été considéré pour chacun des trajets décrits au tableau 11.

La méthode utilisée pour déterminer les taux d'émission est la même que celle présentée à la section 4.1.1.3.

Les chargeuses Létourneau L-1850-2 ont été considérées pour le chargement des matériaux. La largeur des pelles et les dimensions du chargement par le silo ont été utilisées afin de caractériser la dispersion initiale horizontale. La hauteur de relâche et la dispersion initiale verticale ont pour leur part été caractérisées suivant les caractéristiques des camions de transports associés. Pour les sources liées au déchargement, ces trois paramètres ont été caractérisés en fonction des caractéristiques des camions de transports. Les paramètres physiques utilisés dans le modèle sont présentés au tableau A-1-11. Ce tableau présente également le tonnage manipulé par heure pour chacune des sources et une estimation des taux d'émission calculée spécifiquement pour la présentation dans ce rapport avec la vitesse moyenne du vent de l'échantillon météorologique modélisé.

4.1.2.2 ROUTAGE

Le transport en surface des matériaux du projet Odyssey est considéré dans la modélisation. Les véhicules utilisés pour le transport des différentes matières ainsi que leurs principales caractéristiques sont présentés au tableau 10.

Tableau 10 : Description des camions de transport considérés – Odyssey

Véhicule	Hauteur (m)	Largeur (m)	Poids du véhicule (t)	Charge utile (t)
Caterpillar 793F	6,6	7,6	159,2	226,8
Sandvik TH663	2,9	3,2	43,0	63,0

Le scénario de routage considéré est présenté au tableau 11. Ce scénario comprend cinq trajets décrivant la gestion du transport en surface du minerai et du stériles acheminé à la surface par la rampe et par le chevalement. Les camions hors route Caterpillar 793F sont considérés pour le transport du minerai et du stérile sur le site de la mine. Un total de 1,15 Mt de minerai sera extrait par la rampe et acheminé au concasseur. Pour ce qui est du stérile, un total de 0,2 Mt sera extrait par la rampe et le chevalement. Ces stériles seront déposés dans la fosse Canadian Malartic.

Ces trajets ont été subdivisés en 14 segments, formant un réseau d'environ 8,4 km. Ces segments sont détaillés au tableau A-2-3. Les trajets et segments sont identifiés par leur point de départ et d'arrivée et peuvent être localisés sur les cartes B-4-2a et B-4-2b. Les coordonnées de chacune de ces sources additionnelles associées aux nouveaux segments sont données au tableau A-1-13.

Le nombre de passages par segment a été estimé à partir des quantités de matière transportées sur chacun des trajets et de la charge utile des camions utilisés. Ces informations ont également permis de déterminer le poids moyen et la hauteur moyenne des camions sur chaque segment. Enfin, la méthode utilisée pour déterminer les taux d'émission est la même que celle présentée à la section 4.1.1.6. Les différentes informations utilisées pour le calcul des taux d'émissions sont regroupées au tableau A-1-12.

Tableau 11 : Description du scénario de routage considéré – Odyssey

Trajets	Description	Longueur du trajet (aller-retour) (m)	Quantité de matériel déplacé (tm/an)		Nombre de déplacements[1] (jour^{-1})	
			Caterpillar 793F	Sandvik TH663	Caterpillar 793F	Sandvik TH663
P16_P19	Minerai : Rampe vers Halde Minerai Temporaire	613	0	1 148 497	0	100
P16_P23	Stériles : Rampe vers Halde Stériles Temporaire	781	0	102 619	0	9
P22_P08	Minerai : Halde Minerai Temporaire vers Concasseur Primaire	11 169	1 148 497	0	28	0
P22_P26	Stériles : Halde Stériles Temporaire vers Dépôt dans la Fosse #1	7 551	102 619	0	2	0
P21_P27	Stériles : Pile Chevalement vers Dépôt dans la Fosse #2	7 999	100 281	0	2	0

[1] Un aller-retour correspond à 2 déplacements.

4.1.2.3 GAZ D'ÉCHAPPEMENT DES ÉQUIPEMENTS MINIERS

Les émissions provenant des gaz d'échappement des différents véhicules actifs en surface pour le projet Odyssey ont été prises en compte lors de la modélisation. La méthode utilisée pour déterminer les taux d'émission est la même que celle présentée à la section 4.1.1.7. Les taux d'émission moyens estimés pour chacun des véhicules considérés à la surface sont présentés au tableau 12. La puissance des moteurs, les tiers et les facteurs de chargement moyens y sont également présentés. Le nombre de véhicules et la classification sont regroupés au tableau 13.

La portion du temps passé sur chacun des segments par les véhicules de transport est présentée au tableau 14. Les paramètres physiques et les taux d'émission par segment y sont également présentés. Les paramètres physiques et les taux d'émission pour les équipements localisés sont, quant à eux, donnés au tableau A-1-14.

Tableau 12 : Description et taux d'émissions calculés pour les véhicules hors route – Odyssey

Véhicule	Type	Puissance (hp)	Tier	Facteur de chargement [1]	Taux d'émission par véhicule (g/s)				
					PM_{10} [2]	$PM_{2,5}$	CO	NO_x	SO_2
Létourneau L-1850-2	Chargeuse sur roues	2000	T1	0,59	8,64E-02	8,38E-02	4,22E-01	1,96E+00	1,61E-03
Caterpillar 793F	Camion de transport hors route	2478	T2	0,59	7,55E-02	7,32E-02	5,23E-01	1,60E+00	2,00E-03
Sandvik TH663i (option T4)	Camion de transport hors route	810	T4N	0,59	5,40E-03	5,24E-03	1,16E-02	3,20E-01	4,64E-04

[1] Appendix A, (US-EPA, 2004)
[2] Toutes les émissions de particules sont considérées plus petites que 10 µm, et donc PMT = PM_{10}.

Tableau 13 : Description du scénario modélisé pour les gaz d'échappement – Odyssey

Équipement	Disponibilité mécanique (%)	Nombre d'équipement		Catégorie	Source(s) associée(s) pour le positionnement
		Total dans la flotte	Total considéré		
Létourneau L-1850-2	70%	1	1	Localisé	ldop22x, ldop21x
Caterpillar 793F	84%	1	1	Transport	Sources de routage
Sandvik TH663i	83%	1	1	Transport	Sources de routage

Tableau 14 : Répartition des taux d'émission des gaz d'échappement – Odyssey

Nom du segment	Temps passé sur chaque segment (%)		Taux d'émission (transport) (g/s)				
	Caterpillar 793F	Sandvik TH663i	PM_{10} [1]	$PM_{2,5}$	CO	NOx	SO_2
P04_P05	0,3	0	2,39E-04	2,32E-04	1,65E-03	5,05E-03	6,33E-06
P04_P06	3,0	0	2,29E-03	2,23E-03	1,59E-02	4,85E-02	6,08E-05
P05_P26	0,9	0	6,98E-04	6,77E-04	4,83E-03	1,48E-02	1,85E-05
P05_P27	1,1	0	8,37E-04	8,12E-04	5,80E-03	1,77E-02	2,22E-05
P06_P11	32,5	0	2,46E-02	2,38E-02	1,70E-01	5,19E-01	6,51E-04
P07_P08	10,3	0	7,79E-03	7,55E-03	5,39E-02	1,65E-01	2,06E-04
P09_P07	1,6	0	1,18E-03	1,14E-03	8,14E-03	2,49E-02	3,12E-05
P11_P09	13,1	0	9,89E-03	9,59E-03	6,85E-02	2,09E-01	2,62E-04
P15_P06	28,5	0	2,16E-02	2,09E-02	1,49E-01	4,56E-01	5,71E-04
P16_P18	0	35,3	1,90E-03	1,85E-03	4,09E-03	1,13E-01	1,63E-04
P17_P15	0,1	0	8,95E-05	8,68E-05	6,20E-04	1,89E-03	2,37E-06
P18_P19	0	58,7	3,17E-03	3,07E-03	6,82E-03	1,88E-01	2,72E-04
P18_P23	0	6,0	3,26E-04	3,16E-04	7,01E-04	1,93E-02	2,80E-05
P21_P17	0,6	0	4,34E-04	4,21E-04	3,01E-03	9,18E-03	1,15E-05
P22_P15	7,9	0	5,94E-03	5,76E-03	4,11E-02	1,25E-01	1,57E-04

[1] Toutes les particules émises sont supposées être plus petites que 10 microns donc PMT = PM_{10}.

4.1.2.4 VENTILATION DE LA MINE SOUTERRAINE

Pour le projet Odyssey, la ventilation de la mine souterraine sera effectuée à l'aide de ventilateurs axiaux souterrains. Au total, pour la durée du projet, cinq points de sorties d'air vicié sont identifiés incluant une sortie via la rampe d'accès du projet Odyssey. Les débits prévus de chacune des sorties varient de 148 kcfm à 546 kcfm, pour un total de 2 295 kcfm pour l'ensemble des points d'émissions. Ces sorties sont identifiées comme des sources d'émissions de matières particulaires et de gaz de combustion.

Lors de l'année 2024, uniquement deux points de sorties seront actifs, correspondant à un débit maximal d'environ 1 063 kcfm. Les caractéristiques physiques des sources sont présentées au tableau A-1-15. Les émissions ont également été caractérisées spécifiquement pour la phase d'exploitation associée à ce scénario.

Les émissions sont liées à **l'utilisation d'équipements miniers**, à la **manipulation de matériaux**, à l'**utilisation d'explosif** dans la mine souterraine et au **chauffage de l'air** frais entrant dans la mine. Les taux d'émission ont donc été estimés en quatre étapes décrites ci-dessous. Les émissions totales sont ensuite réparties sur chacune des sorties d'émission proportionnellement au débit des sorties.

GAZ D'ÉCHAPPEMENT DES ÉQUIPEMENTS MINIERS

L'utilisation de machineries fonctionnant au diesel constitue une source d'émissions de gaz d'échappement (PMT, $PM_{2,5}$, NO_x, SO_2 et CO). La flotte prévue pour l'année 2024 du projet Odyssey a été considérée.

La méthode utilisée pour déterminer les taux d'émission est la même que celle présentée à la section 4.1.1.7 pour les gaz d'échappement des équipements miniers. Les taux d'émissions ainsi estimés pour chacun des véhicules sont présentés au tableau A-1-16. De plus, en raison du mélange des gaz d'échappement et de l'air avant d'atteindre les sorties de ventilation, les facteurs d'utilisation des machineries ont été considérés dans l'évaluation des taux. Les taux d'émissions moyens considérés pour l'ensemble des véhicules considérés pour ce scénario sont présentés au tableau A-1-17.

Les taux d'émission estimés ainsi correspondent à une concentration en $PM_{2,5}$ à la sortie de 0,18 mg/Nm^3. Cette concentration est relativement faible en comparaison avec les concentrations estimées lors de la modélisation 2018, bien que celle-ci ait été estimée selon la même méthodologie. L'écart entre les deux études peut s'expliquer par le fait que le débit de ventilation est maintenant plus élevé et que les principaux équipements de production souterrains additionnels présentent maintenant une certification Tier 4. La somme de ces émissions considérées est présentée au tableau A-1-20 pour la catégorie *gaz d'échappement*.

MANIPULATION DE MATÉRIAUX

L'estimation des émissions de matières particulaires liées à la manipulation de matériaux dans une mine souterraine est très complexe. En effet, l'humidité élevée des matériaux manipulés et des parois de la mine contribue à la déposition et à l'atténuation des émissions lorsque ces dernières sont acheminées vers les sorties de ventilation. Malgré tout, les émissions de matières particulaires liées à la manipulation de matériaux ont pu être estimées.

La méthode de calcul employé est la même que celle utilisée lors de la modélisation 2018. L'estimation est alors basée sur une étude (McDonald et coll., 2003) qui présente des échantillonnages d'air ambiant pour des mines d'or souterraines. Dans cette étude, le ratio des $PM_{2,5}$ associées aux gaz d'échappement est estimé à 80 %. Or, selon ce ratio et la concentration en $PM_{2,5}$ estimée pour les gaz d'échappement, une concentration de 0,05 mg/Nm^3 directement associée aux émissions de matières particulaires découlant de la manipulation de matériaux a donc été calculée. Encore une fois, cette concentration est relativement faible en comparaison avec les concentrations estimées lors de la modélisation 2018. Ceci s'explique par les mêmes raisons que pour les gaz d'échappement.

Les émissions en PMT et PM_{10} ont ensuite été calculées à partir des distributions de tailles des particules de la catégorie 3 (*Unprocessed Ore*) de l'annexe B.2 de l'AP-42. Les émissions ainsi estimées sont présentées au tableau A-1-20 pour la catégorie *manipulation de matériaux*.

SAUTAGE

Les émissions de matières particulaires et de composés gazeux liés au sautage ont été estimées à partir des sautages prévus. Dans le scénario de modélisation, les sautages sont considérés à 17h. Pour le scénario de l'année 2024, un sautage de production dans la zone Odyssey Sud est considéré, soit la seule zone qui sera en production. Pour ce sautage d'un tonnage de 25 kt, la quantité d'explosif typique utilisé sera de 20,4 tonnes et la surface est estimée à 400 m^2. Les explosifs seront composés d'émulsion à 100 %. La méthode utilisée pour déterminer les taux d'émission est la même que celle présentée à la section 4.1.1.1. Les caractéristiques des sautages considérées ainsi que les émissions estimées sont présentées au tableau A-1-18. De plus, ceux-ci sont également présentés au tableau A-1-20 pour la catégorie *sautage*. Un événement de sautage est considéré dans le modèle tous les jours de la modélisation.

La durée d'évacuation des émissions liées au sautage par la ventilation dépend de la configuration de la mine, du réseau de ventilation, des débits de ventilation et des zones en exploitation. Des simulations de ventilation effectuées par MCM ont permis de conclure qu'un délai d'évacuation d'une heure est approprié pour l'exploitation de la zone Odyssey Sud en 2024. Les émissions de sautage sont donc réparties sur une durée d'une heure dans le modèle.

CHAUFFAGE

Les émissions liées au chauffage de l'air frais entrant dans la mine ont été considérées dans la modélisation. En effet, le chauffage de l'air frais en hiver est effectué à l'aide de gaz naturel. La consommation en gaz naturel a été estimée pour chacun des mois, en fonction des températures moyennes. Ce chauffage est alors considéré actif pour les mois de novembre à avril.

Les taux d'émission liée à cette combustion ont été estimés à partir de la consommation en gaz naturel et à partir de la section 1.4 de l'AP 42. Les taux d'émission pour de petites bouilloires (< 100 MMBTU/h) et un brûleur à faible émission de NO_x ont été utilisés. Les taux d'émission estimés sont présentés au tableau A-1-19, et ce, pour chacun des mois. Les émissions sont également présentées au tableau A-1-20 pour la catégorie *chauffage* pour la situation maximale, soit le mois de janvier. Enfin, ces émissions sont considérées en continu lors de chacun des mois estimés.

4.1.2.5 USINE DE REMBLAI EN PÂTE

Pour les infrastructures du projet Odyssey, un dépoussiéreur est considéré à la phase I de l'usine de remblai en pâte de la mine souterraine. Ses émissions sont constituées uniquement de particules.

Les taux d'émissions des composés particulaires ont été fixés à 30 mg/m^{3}R, soit la limite prescrite à l'article 10 du RAA. Des taux d'efficacité de filtration des dépoussiéreurs ont été utilisés afin d'estimer les ratios de PM_{10}/PMT et $PM_{2,5}$/PMT.

Cette source a été modélisée comme une source ponctuelle. Les caractéristiques physiques du point d'émission, telles que l'emplacement (coordonnées et élévation), les dimensions (hauteur et diamètre), la température et la vitesse de sortie des gaz ont été estimés à partir de l'information fournie par l'ingénierie de CMGP et WSP. De plus, puisque la conception finale n'est pas arrêtée à ce stade-ci, ces informations ont été complétées par des hypothèses. Les caractéristiques et les taux d'émission de cette source sont présentés au tableau A-1-21.

4.1.2.6 ÉROSION ÉOLIENNE

Les émissions de particules dues à l'érosion éolienne des haldes temporaires et la pile tampon de stériles liées au projet Odyssey ont été considérées dans la modélisation. Deux haldes temporaires (pour le minerai et le stériles) sont considérées pour les matériaux extraits par la rampe et une pile de stériles est considérée près du chevalement, soit trois surfaces au total. Puisqu'il s'agit de piles de petite surface, les surfaces totales des piles ont été considérées comme actives.

Ces trois sources ont été modélisées comme des sources surfaciques. Les caractéristiques physiques des différentes sources surfaciques ont été compilées à partir des informations fournies pour le projet Odyssey et sont présentées au tableau A-1-22, avec les taux d'émission calculés.

La méthode utilisée pour déterminer les taux d'émission est la même que celle présentée à la section 4.1.1.9.

4.2 SCÉNARIO 2

La localisation des sources d'émissions considérées pour le scénario 2 est présentée aux cartes B-4-1 et B-4-1a, tandis que les trajets de transport sont présentés sur les cartes B-4-2a à b. L'annexe A-2 regroupe quant à elle les tableaux présentant les descriptions, les caractéristiques physiques et les taux d'émissions de chacune des sources. Enfin, les sous-sections suivantes décrivent les sources par type d'opération. Pour ce scénario, l'ensemble des émissions sont seulement attribuables au projet Odyssey.

4.2.1 *PROJET ODYSSEY*

4.2.1.1 CHARGEMENTS ET DÉCHARGEMENT

De manière similaire à la section 4.1.2.1, la manutention des divers matériaux du projet Odyssey acheminés à la surface représente une source fugitive de matière particulaire et ces opérations ont donc été considérées dans la

modélisation. Les opérations de chargement et de déchargement considéré pour le présent scénario sont également similaires à celle considérée pour le scénario 1. Un point de chargement et de déchargement a été considéré pour chacun des trajets décrits au tableau 15.

La méthode utilisée pour déterminer les taux d'émission et les caractéristiques physiques est la même que celle présentée à la section 4.1.2.1. Ceux-ci sont présentés au tableau A-2-1. Ce tableau présente également le tonnage manipulé par heure pour chacune des sources et une estimation des taux d'émission calculée spécifiquement pour la présentation dans ce rapport avec la vitesse moyenne du vent de l'échantillon météorologique modélisé.

4.2.1.2 BOUTAGE

Pour le scénario 2, un seul bouteur sur chenille de type Caterpillar D10T a été considéré. Celui-ci est positionné à l'aire du concasseur primaire.

La méthode utilisée pour déterminer les taux d'émission et les caractéristiques physiques est la même que celle présentée à la section 4.1.1.4. Ceux-ci sont présentés au tableau A-2-2.

4.2.1.3 ROUTAGE

Le transport en surface des matériaux du projet Odyssey est considéré dans la modélisation. Les véhicules utilisés pour le transport des différentes matières sont les mêmes que pour le scénario 1 et sont présentés au tableau 10.

Le scénario de routage est présenté au tableau 15. Ce scénario comprend huit trajets décrivant la gestion du transport en surface du minerai et du stériles acheminé à la surface par la rampe et par le chevalement. Les camions hors route Caterpillar 793F sont attitrés au transport du minerai et du stérile sur le site de la mine. Un total de 7,65 Mt de minerai sera extrait par la rampe et par le chevalement. De ce total, 6,84 Mt de minerai seront acheminés au concasseur primaire et 0,80 Mt de minerai sera acheminé à la pile de minerai. Pour ce qui est du stérile, un total de 0,2 Mt sera extrait par la rampe et le chevalement. Ces stériles seront déposés dans la fosse Canadian Malartic ou la fosse Barnat.

Ces trajets ont été subdivisés en 15 segments, formant un réseau d'environ 8,6 km, dont 2,4 km est utilisé exclusivement par le projet Odyssey. Ces segments sont détaillés au tableau A-2-3. Les trajets et segments sont identifiés par leur point de départ et d'arrivée et peuvent être localisés sur les cartes B-2-2c et B-2-2d. Les coordonnées de chacune de ces sources associées aux segments sont données au tableau A-2-4.

Le nombre de passages par segment a été estimé à partir des quantités de matière transportées sur chacun des trajets et de la charge utile des camions utilisés. Ces informations ont également permis de déterminer le poids moyen et la hauteur moyenne des camions sur chaque segment. Enfin, la méthode utilisée pour déterminer les taux d'émission est la même que celle présentée à la section 4.1.1.6. Les différentes informations utilisées pour le calcul des taux d'émissions sont regroupées au tableau A-2-3.

Tableau 15 : Description du scénario de routage considéré – Odyssey

Trajets	Description	Longueur du trajet (aller-retour) (m)	Quantité de matériel déplacé (tm/an)		Nombre de déplacements[1] (jour^{-1})	
			Caterpillar 793F	Sandvik TH663	Caterpillar 793F	Sandvik TH663
P16_P19	Minerai : Rampe vers Halde Minerai Temporaire	613	0	1 088 496	0	95
P16_P23	Stériles : Rampe vers Halde Stériles Temporaire	781	0	26 072	0	2
P22_P10	Minerai :Halde Minerai Temporaire vers Pile Minerai HG	11 643	114 511	0	3	0
P22_P08	Minerai :Halde Minerai Temporaire vers Concasseur Primaire	11 169	973 986	0	24	0
P22_P04	Stériles :Halde Stériles Temporaire vers Dépôt dans la Fosse	6 741	26 072	0	1	0
P20_P10	Minerai :Silo chevalement vers Pile Minerai HG	11 678	690 192	0	17	0
P20_P08	Minerai :Silo chevalement vers Concasseur Primaire	11 204	5 870 514	0	142	0
P21_P04	Stériles : Pile chevalement vers Dépôt dans la Fosse	6 779	157 580	157 580	0	4

[1] Un aller-retour correspond à 2 déplacements.

4.2.1.4 GAZ D'ÉCHAPPEMENT DES ÉQUIPEMENTS MINIERS

Les émissions provenant des gaz d'échappement des différents véhicules actifs en surface pour le projet Odyssey ont été prises en compte lors de la modélisation. La méthode utilisée pour déterminer les taux d'émission est la même que celle présentée à la section 4.1.1.7. Les taux d'émission moyens estimés pour chacun des véhicules considérés à la surface sont présentés au tableau 16. La puissance des moteurs, les tiers et les facteurs de chargement moyens y sont également présentés. Le nombre de véhicules et la classification sont regroupés au tableau 17. Des hypothèses ont été posées pour les équipements de support et d'entretien des routes.

La portion du temps passé sur chacun des segments par les véhicules de transport est présentée au tableau 18. Les paramètres physiques et les taux d'émission par segment y sont également présentés. Les paramètres physiques et les taux d'émission pour les équipements localisés sont, quant à eux, donnés au tableau A-2-5.

Tableau 16 : Description et taux d'émissions calculés pour les véhicules hors route – Odyssey

Véhicule	Type	Puissance (hp)	Tier	Facteur de chargement [1]	Taux d'émission par véhicule (g/s)				
					PM_{10} [2]	$PM_{2,5}$	CO	NO_x	SO_2
Létourneau L-1850-2	Chargeuse sur roues	2000	T1	0,59	8,64E-02	8,38E-02	4,22E-01	1,96E+00	1,61E-03
Caterpillar 793F	Camion de transport hors route	2478	T2	0,59	7,55E-02	7,32E-02	5,23E-01	1,60E+00	2,00E-03
Sandvik TH663i (option T4)	Camion de transport hors route	810	T4N	0,59	5,40E-03	5,24E-03	1,16E-02	3,20E-01	4,64E-04
Caterpillar 16M	Niveleuse	332	T3	0.59	1.48E-02	1.44E-02	8.07E-02	1.43E-01	2.68E-04
Caterpillar 777D	Camion de transport hors route	938	T1	0.59	4.05E-02	3.93E-02	1.98E-01	9.20E-01	7.57E-04
Caterpillar D10T	Bouteur à chenilles	603	T3	0.59	2.69E-02	2.61E-02	2.31E-01	2.59E-01	4.87E-04

[1] Appendix A, (US-EPA, 2004)
[2] Toutes les émissions de particules sont considérées plus petites que 10 µm, et donc PMT = PM_{10}.

Tableau 17 : Description du scénario modélisé pour les gaz d'échappement – Odyssey

Équipement	Disponibilité mécanique (%)	Nombre d'équipement		Catégorie	Source(s) associée(s) pour le positionnement
		Total dans la flotte	Total considéré		
Létourneau L-1850-2	70%	2	2	Localisé	ldop22x
Caterpillar 793F	84%	4	4	Transport	Sources de routage
Sandvik TH663i	83%	1	1	Transport	Sources de routage
Caterpillar 16M	78%	1	1	Support	Sources de routage
Caterpillar 777D	78%	1	1	Support	Sources de routage
Caterpillar D10T	78%	1	1	Localisé	tdoz01x

Tableau 18 : Répartition des taux d'émission des gaz d'échappement – Odyssey

Nom du segment	Temps passé sur chaque segment (%)			Taux d'émission (transport + support) (g/s)				
	Caterpillar 793F	Sandvik TH663i	Véhicules de Support	PM_{10} [1]	$PM_{2,5}$	CO	NOx	SO_2
P04_P06	0.6	0	0.6	2.19E-03	2.13E-03	1.46E-02	4.57E-02	5.55E-05
P06_P11	35.7	0	33.7	1.26E-01	1.23E-01	8.40E-01	2.64E+00	3.20E-03
P07_P08	10.1	0	9.6	3.58E-02	3.48E-02	2.38E-01	7.47E-01	9.07E-04
P09_P07	1.5	0	1.4	5.41E-03	5.25E-03	3.60E-02	1.13E-01	1.37E-04
P10_P09	1.7	0	1.6	6.14E-03	5.95E-03	4.08E-02	1.28E-01	1.55E-04
P11_P09	14.4	0	13.6	5.09E-02	4.93E-02	3.38E-01	1.06E+00	1.29E-03
P15_P06	27.2	0	25.7	9.65E-02	9.36E-02	6.41E-01	2.01E+00	2.44E-03
P16_P18	0	35.5	1.9	2.99E-03	2.90E-03	9.53E-03	1.34E-01	1.84E-04
P17_P15	1.3	0	1.2	4.63E-03	4.49E-03	3.08E-02	9.66E-02	1.17E-04
P18_P19	0	62.8	3.4	5.29E-03	5.13E-03	1.69E-02	2.38E-01	3.26E-04
P18_P23	0	1.7	0.1	1.46E-04	1.42E-04	4.65E-04	6.55E-03	9.00E-06
P20_P17	6.2	0	5.8	2.18E-02	2.12E-02	1.45E-01	4.55E-01	5.53E-04
P21_P17	0.1	0	0.1	5.27E-04	5.11E-04	3.50E-03	1.10E-02	1.33E-05
P22_P15	1.2	0	1.1	4.08E-03	3.96E-03	2.71E-02	8.51E-02	1.03E-04
[1] Toutes les particules émises sont supposées être plus petites que 10 microns donc PMT = PM_{10}.								

4.2.1.5 VENTILATION DE LA MINE SOUTERRAINE

Pour le scénario 2, toutes les cinq sorties de ventilation de la mine souterraine ont été considérées actives. Les caractéristiques physiques des sources sont présentées au tableau A-2-6. Les émissions ont également été caractérisées spécifiquement pour l'année du scénario de modélisation.

Les émissions sont liées à **l'utilisation d'équipements miniers**, à la **manipulation de matériaux**, à l'**utilisation d'explosif** dans la mine souterraine et au **chauffage de l'air** frais entrant dans la mine. Les taux d'émission ont donc été estimés en quatre étapes décrites ci-dessous. Les émissions totales sont ensuite réparties sur chacune des sorties d'émission proportionnellement au débit des sorties.

GAZ D'ÉCHAPPEMENT DES ÉQUIPEMENTS MINIERS

L'utilisation de machineries fonctionnant au diesel constitue une source d'émissions de gaz d'échappement (PMT, $PM_{2,5}$, NO_x, SO_2 et CO). La flotte prévue pour l'année 2033 du projet Odyssey a été considérée. En effet, dans l'objectif de caractériser une situation « pire cas », la flotte d'équipement maximale est considérée, celle-ci survenant pour les années 2032 et 2033.

La méthode utilisée pour déterminer les taux d'émission est la même que celle présentée à la section 4.1.1.7 pour les gaz d'échappement des équipements miniers. Les taux d'émissions ainsi estimés pour chacun des véhicules sont les mêmes que pour le scénario 1 et ils sont présentés au tableau A-1-16. De plus, en raison du mélange des gaz d'échappement et de l'air avant d'atteindre les sorties de ventilation, les facteurs d'utilisation des machineries ont été considérés dans l'évaluation des taux. Les taux d'émissions moyens considérés pour l'ensemble des véhicules considérés pour ce scénario sont présentés au tableau A-2-7.

Les taux d'émission estimés ainsi correspondent à une concentration en $PM_{2,5}$ à la sortie de 0,38 mg/Nm^3. Cette concentration est relativement faible en comparaison avec les concentrations estimées lors de la modélisation 2018.

L'écart entre les deux études peut s'expliquer par le fait que le débit de ventilation est maintenant beaucoup plus élevé et que les principaux équipements de production souterrains additionnels présentent maintenant une certification Tier 4. Cependant, le taux d'émission (évalué à 4.11E-01 g/s) est, quant à lui, du même ordre de grandeur, et même supérieur, à celui estimé lors de la modélisation 2018. Or, ces émissions ont été estimées selon la même méthodologie. La somme de ces émissions considérées est présentée au tableau A-2-10 pour la catégorie *gaz d'échappement*.

MANIPULATION DE MATÉRIAUX

L'estimation des émissions de matières particulaires liées à la manipulation de matériaux est évaluée selon la même méthode que la section 4.1.2.4.

Une concentration d'émission en $PM_{2,5}$ est alors estimée à 0,09 mg/Nm^3. La concentration totale des émissions de $PM_{2,5}$ se sommant alors de 0,47 mg/Nm^3. Encore une fois, cette concentration est faible en comparaison avec les concentrations estimées lors de la modélisation 2018, ce qui peut s'expliquer pour les mêmes raisons que les gaz d'échappement. Cependant, le taux d'émission est, quant à lui, du même ordre de grandeur, et même supérieur, à celui estimé lors de la modélisation 2018.

Les émissions en PMT et PM_{10} ont ensuite été calculées à partir des distributions de tailles des particules de la catégorie 3 (*Unprocessed Ore*) de l'annexe B.2 de l'AP-42. Les émissions ainsi estimées sont présentées au tableau A-2-10 pour la catégorie *manipulation de matériaux*.

SAUTAGE

Les émissions de matières particulaires et de composés gazeux liés au sautage ont été estimées à partir des sautages prévus. Dans le scénario de modélisation, les sautages sont considérés à 17h. Pour le scénario de l'année 2035, un sautage de production dans chacune des zones actives est considéré. Un total de quatre sautages sont donc considérés lors de cette situation « pire cas ». La méthode utilisée pour déterminer les taux d'émission est la même que celle présentée à la section 4.1.1.1. Les caractéristiques des sautages considérées ainsi que les émissions estimées sont présentées au tableau A-2-8. De plus, celles-ci sont également présentées au tableau A-2-10 pour la catégorie *sautage*. Un événement de sautage est considéré dans le modèle tous les jours de la modélisation.

De manière similaire au scénario 1, des simulations de ventilation effectuées par MCM, de même que l'analyse de la configuration de la mine, ont permis de conclure que le délai pourrait atteindre quatre heures pour l'évacuation des gaz de certains chantiers des zones actives lors de l'année 2035. Néanmoins, les émissions de sautage ont été réparties, par conservatisme, sur une durée de deux heures dans le modèle.

CHAUFFAGE

Les émissions liées au chauffage de l'air frais entrant dans la mine ont été considérées dans la modélisation. La méthode utilisée pour déterminer la consommation en gaz naturel et pour déterminer les taux d'émission est la même que celle présentée à la section 4.1.2.4. La consommation en gaz naturel a néanmoins été estimée spécifiquement pour le scénario de l'année 2035.

Les taux d'émission estimés sont présentés au tableau A-2-9, et ce, pour chacun des mois. Les émissions sont également présentées au tableau A-2-10 pour la catégorie *chauffage* pour la situation maximale, soit le mois de janvier. Enfin, ces émissions sont considérées en continu lors de chacun des mois estimés.

4.2.1.6 USINE DE REMBLAI EN PÂTE

Pour les infrastructures du projet Odyssey, un dépoussiéreur est considéré les phases I et II de l'usine de remblai en pâte de la mine souterraine. La caractérisation de ces sources est à la même qu'à la section 4.1.2.5. Les caractéristiques et les taux d'émission de cette source sont présentés au tableau A-2-11.

4.2.1.7 USINE DE TRAITEMENT DU MINERAI

Bien que la capacité de l'usine de traitement du minerai soit réduite pour cette année, les émissions des sources ponctuelles sont tout de même considérées à pleine capacité par conservatisme. Ainsi, les sources d'émissions du scénario 1, présentées au tableau A-1-9, sont donc reprises de façon identique.

4.2.1.8 ÉROSION ÉOLIENNE

Les émissions de particules dues à l'érosion éolienne des haldes temporaires et les piles de matériaux liées au projet Odyssey ont été considérées dans la modélisation. Les mêmes sources qu'à la section 4.1.2.6 sont donc considérées également dans ce scénario. De plus, deux surfaces supplémentaires, correspondantes au dépôt du minerai sur la pile de minerai et au dépôt du stériles dans la fosse, ont été considérées. La méthode utilisée pour déterminer les taux d'émission et les caractéristiques est la même que celle présentée à la section 4.1.1.9.

Ces cinq sources ont été modélisées comme des sources surfaciques. Les caractéristiques physiques des différentes sources surfaciques sont présentées au tableau A-2-12, avec les taux d'émission calculés.

4.3 AUTRES SOURCES

Les sources d'émissions occasionnelles ou présentant une contribution marginale aux émissions totales n'ont pas été prises en compte pour la modélisation de la dispersion atmosphérique, par exemple les déplacements pour la manutention de faibles volumes (camionnette, etc.), et ce, pour chacun des scénarios de modélisation.

4.4 BILAN DES ÉMISSIONS

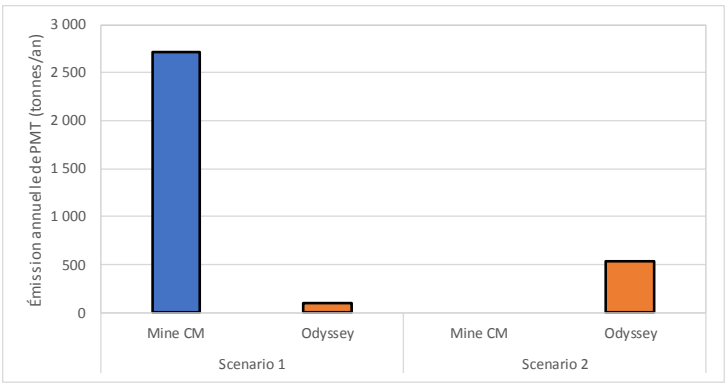
Une analyse du bilan annuel des émissions des scénarios 1 et 2 est présentée ci-dessous, et ce, pour les principaux composés d'intérêt, soit les particules totales, les particules fines et le dioxyde d'azote.

Ces bilans d'émissions correspondent directement à l'annualisation des scénarios tels qu'ils sont configurés dans les sections précédentes. Or, ces scénarios sont typiquement configurés de manière à représenter une situation « pire cas » selon les périodes des normes d'intérêt, soit une situation journalière pour les particules et une situation horaire pour les composés gazeux. Par conséquent, certaines configurations ont pour effet de surestimer les émissions annuelles. Par exemple, l'effet des précipitations n'est pas pris en compte sur les émissions des sources fugitives; leur effet réduirait potentiellement les émissions annuelles. Aussi, les sautages (surface et souterrain) sont considérés tous les jours de la modélisation. Or, les fréquences réelles de sautage sont plus faibles. Ainsi, ces bilans ne correspondent pas directement aux émissions annuelles réelles attendues. Néanmoins, leur analyse permet la comparaison entre les scénarios et l'identification des sources principales.

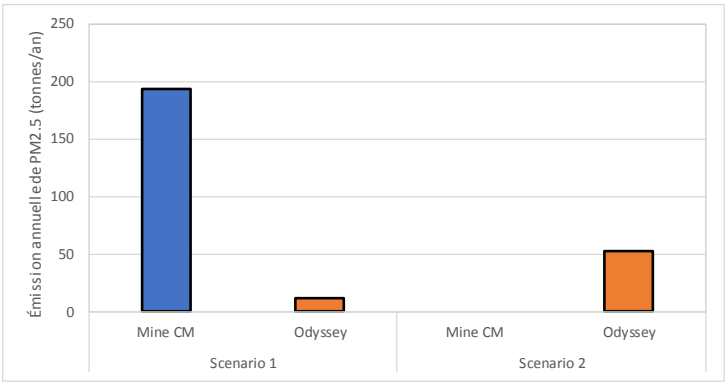
D'abord, la figure 5 montre les bilans d'émissions totales pour chacun des scénarios, et ce, distinctivement selon les émissions attribuables à MCM et au projet Odyssey. Pour le scénario 1, le projet Odyssey contribue faiblement aux émissions totales. En effet, celui-ci contribue alors à 4 %, 6 % et 11 % des émissions totales annuelles attribuables à MCM, et ce, pour les PMT, $PM_{2,5}$ et NO_2, respectivement. Pour le scénario 2, représentant l'année du projet Odyssey où les émissions sont maximales, aucune émission n'est attribuable à MCM. En comparaison aux émissions attribuables à MCM lors du scénario 1, le projet Odyssey contribue alors à 20 %, 27 % et 36 %, et ce, pour les PMT, $PM_{2,5}$ et NO_x, respectivement. Ainsi, même lors de l'exploitation maximale, il est prévu que les émissions du projet Odyssey soient plus faibles que celles de MCM attendues à l'année 2024.

Ensuite, la répartition à la source des émissions lors du scénario 2 est présentée à la figure 6. Pour les PMT, le routage est identifié comme la source principale alors que la ventilation de la mine souterraine contribue à 7 % des émissions totales. Pour les $PM_{2,5}$ et les NO_2, les gaz d'échappement en surface sont identifiés comme les sources principales alors que la ventilation de la mine souterraine contribue à 32 % et 44 % des émissions totales, respectivement. Pour ces derniers composés, les gaz d'échappement souterrains représentent la portion majoritaire des émissions de la ventilation de la mine souterraine.

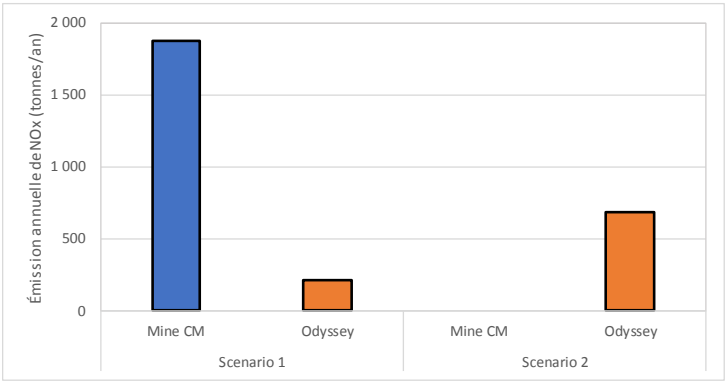
Les gaz d'échappement en surface représentent donc une portion importante des émissions malgré que le nombre d'équipements en surface soit plus faible que le nombre des équipements souterrains. Leur plus grande contribution s'explique en partie parce que les équipements de surface sont considérés de type Tier 1 et Tier 2, alors que plusieurs équipements souterrains sont considérés de type Tier 4, lesquels présentent typiquement des émissions plus faibles pour une même puissance.



(a) Particules totales (PMT)

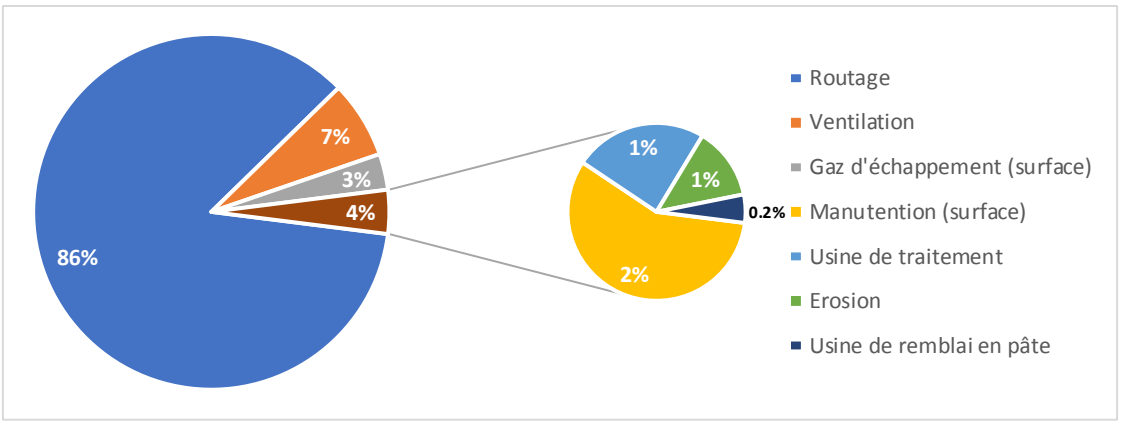


(b) Particules fines ($PM_{2,5}$)

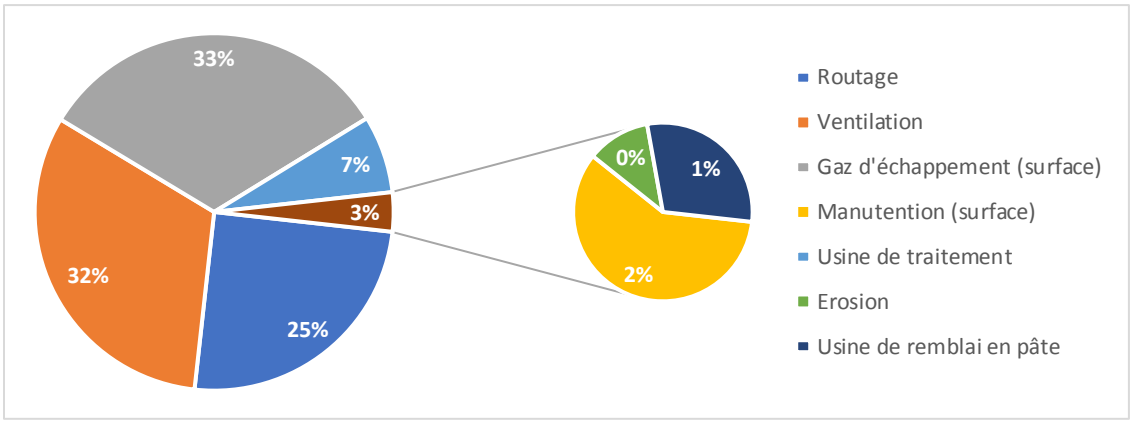


(c) Dioxyde d'azote (NO_2)

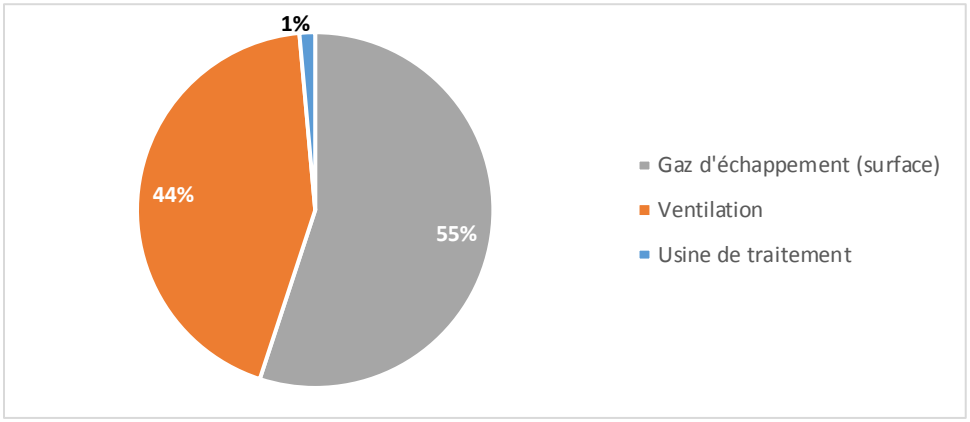
Figure 5 : Bilan annuel des émissions à la source des principaux composés pour chacun des scénarios de base



(a) Particules totales (PMT)



(b) Particules fines ($PM_{2,5}$)



(c) Dioxyde d'azote (NO_2)

Figure 6 : Répartition des émissions à la source des principaux composés pour le scénario 2 de base

5 MÉTHODOLOGIE

La démarche de modélisation préconisée dans la présente étude s'appuie sur la méthodologie proposée par le MELCC dans le *Guide de modélisation de la dispersion atmosphérique* (MDDEP, 2005) et le *Guide d'instruction – Préparation et réalisation d'une modélisation de la dispersion des émissions atmosphériques – Projets miniers* (MDDELCC, 2017a). Lorsque pertinent, les recommandations additionnelles publiées par d'autres provinces canadiennes telles que l'Ontario (MOECC, 2017), l'Alberta (ESRD, 2013) et la Colombie-Britannique (BCMOE, 2015) ainsi que par l'U.S. EPA (US-EPA, 2017) ont été considérées.

5.1 CHOIX DU MODÈLE DE DISPERSION

La modélisation vise à documenter la portée et l'ampleur des rejets atmosphériques du projet, et à vérifier la conformité des concentrations potentielles avec la réglementation québécoise applicable.

L'approche de modélisation choisie est basée sur l'utilisation du logiciel météorologique diagnostique AERMET version 19191 (US-EPA, 2019a) et du modèle de dispersion AERMOD version 19191 (US-EPA, 2019b; US-EPA, 2019c), deux programmes informatiques recommandés par le MELCC (MDDEP, 2005, section 8.2.3).

5.2 DESCRIPTION DU MODÈLE DE DISPERSION AERMOD

Le programme AERMOD permet de réaliser des études de 2^{e} niveau (MDDEP, 2005). Ce type d'étude est exigé lorsque l'une des conditions suivantes est rencontrée :

- projet situé dans un parc industriel;
- présence de sources émettrices multiples;
- somme des concentrations simulées et ambiantes (bruit de fond) égale ou supérieure à 80 % de la norme applicable;
- projet situé en bordure d'un plan d'eau;
- sources émettant des polluants toxiques ou dangereux.

Le programme AERMOD est un modèle gaussien de dispersion permettant de calculer les concentrations de composés gazeux ou de matières particulaires résultant des émissions de sources ponctuelles, surfaciques ou volumiques en milieu urbain ou rural. Le programme comporte les caractéristiques suivantes :

- utilisation de données météorologiques horaires;
- création de profils de température, de vent et de turbulence afin de déterminer une hauteur de mélange mécanique et convective;
- fonction de distribution des probabilités s'adaptant aux conditions de stabilité de l'atmosphère (gaussienne ou non);
- intégration de caractéristiques de surface du terrain telles que la rugosité, l'albédo et le ratio de Bowen;
- grille de points-calcul (récepteurs) flexible;
- incorporation de termes d'ajustement permettant de tenir compte des propriétés physico-chimiques pouvant affecter le comportement de certains composés.

Le programme utilise des données météorologiques horaires afin d'estimer les concentrations de particules ou substances gazeuses dans l'air ambiant à différents points-calcul pour différentes périodes (ex. : horaire, 8 heures, 24 heures, annuelle, etc.). Il intègre également le module BPIP-PRIME (*Building Profile Input Program*) (US-EPA, 1993) permettant de tenir compte de l'effet de sillage (turbulence) induit par la présence de bâtiments. Cette option est particulièrement importante dans le cas où des édifices susceptibles de modifier l'écoulement de l'air se retrouvent à proximité des sources d'émissions ponctuelles.

5.3 DOMAINE DE MODÉLISATION

Le domaine de modélisation détermine les limites géographiques dans lesquelles s'insère la modélisation de la dispersion atmosphérique.

Dans le cadre de la présente étude, le domaine de modélisation est situé dans la zone UTM 17 de l'hémisphère nord et s'étend de part et d'autre des installations du promoteur sur une distance de 10 km par 10 km. Le coin sud-ouest du domaine est situé au point X = 710 500 m; Y = 5 330 250 m dans la projection Mercator (UTM) avec le Datum de référence NAD83. Le domaine couvre ainsi une superficie suffisante afin d'inclure l'ensemble des premières zones d'utilisation du territoire susceptibles d'être exposées aux émissions atmosphériques. Ce domaine est présenté à la carte B-1-2.

5.4 TOPOGRAPHIE

La topographie future à l'intérieur du domaine de modélisation a été générée pour chacun des scénarios étudiés, soit les années 2024 et 2035. En ordre de priorité, les trois sources de données suivantes ont été utilisées pour générer une topographie spécifique de la mine :

- les dessins techniques des infrastructures pour l'année du scénario étudié (fosses, haldes, piles de minerai, etc.);
- le LIDAR, en date de juin 2020, couvrant les infrastructures principales actuelles et le voisinage immédiat des futures installations;
- le modèle numérique de terrain (MNT) 1:20 000 produit par Direction générale de l'information géospatiale du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN) du Québec, offrant une résolution de 0,324 seconde d'arc en coordonnées géographiques, soit environ 10 mètres sur le terrain. Cette base topographique couvre la totalité de la portion restante du domaine de modélisation.

La topographie générée est utilisée pour le positionnement des récepteurs et des sources d'émission. De plus, celle-ci est intégrée dans le modèle de dispersion à l'aide du préprocesseur AERMAP. Le tout de manière spécifique à chacun des scénarios modélisés.

5.5 PRÉPARATION DES DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES

L'échantillon météorologique utilisé pour la modélisation avec le programme AERMOD (version 19191) a été préparé à l'aide du module AERMET (version 19191) de l'U.S. EPA. Le module AERMET permet de créer un format de fichier météorologique horaire compatible avec l'exécution du programme AERMOD en combinant les données météorologiques avec la caractérisation de l'utilisation du sol.

5.5.1 *DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES DE SURFACE*

Les données météorologiques de surface utilisées dans le cadre de cette étude proviennent des stations météorologiques Val-d'Or (CGVO, WMO #71725) et Val-d'Or A (CYVO, WMO #71941)), tous deux situées sur le site de l'aéroport de Val-d'Or et opérées, respectivement, par Environnement et Changement Climatique Canada – Service météorologique du Canada (ECCC - SMC) et NAV Canada (NAVCAN) (EC, 2020). Les coordonnées et l'élévation des deux stations sont données au tableau 19. Situées à environ 25 km au sud-est du site du projet visé par cette étude, ces stations sont les plus proches et plus représentatives du site à l'étude.

Plus spécifiquement, les variables météorologiques horaires des stations de surface fournies à AERMET sont la direction et la vitesse du vent, la température et la pression atmosphérique.

Tableau 19 : Stations météorologiques de surface considérées

Nom	Coordonnées UTM (NAD83)			Élévation (m)	ID Climat	WMO	ID TC
	Zone	X (m)	Y (m)				
Val-d'Or	18	292 383	5 326 324	338,9	7098603	71725	GVO
Val-d'Or A	18	292 640	5 325 974	337,4	7098605	71941	YVO

5.5.2 *DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES AÉROLOGIQUES, RADIATION ET COUVERTURE NUAGEUSE*

Dans le cadre de la présente modélisation, les données météorologiques aérologiques ainsi que les données de rayonnement net et de couverture nuageuse requises pour l'exécution d'AERMET ont été extraites des réanalyses météorologiques ERA5, produites par le *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF).

Les réanalyses ERA5 sont réputées pour produire les champs météorologiques sur grille les plus précis à ce jour et sont utilisées dans plusieurs sciences et industries telles que la climatologie, l'agronomie, les énergies renouvelables, l'hydrologie, la qualité de l'air, l'océanographie, etc. Celles-ci sont produites à partir d'un modèle météorologique qui combine plusieurs types d'observations météorologiques, tels que des stations de surfaces, des radiosondages, des avions et des satellites, et ce, avec une fréquence temporelle d'une heure. Ce modèle calcule l'état de l'atmosphère même sur les régions où les stations météorologiques ne sont pas disponibles. Les données téléchargées à partir du magasin de données (data store) du Copernicus[3] offre une résolution spatiale (latitude, longitude) de 0,25° × 0,25°, ce qui correspond à une résolution de 27,8 km × 27,8 km à l'équateur et d'environ 18 km × 27,8 km au Québec.

Les variables météorologiques en altitude ayant été considérées pour la modélisation sont l'élévation à partir du sol, la pression atmosphérique ainsi que la température. De plus, les paramètres de turbulence de la couche limite planétaire sont calculés par le module AERMET à partir du rayonnement net durant les conditions de couche limite convective (généralement le jour) et de la couverture nuageuse durant les conditions de couche limite stable (généralement la nuit) (US-EPA, 2019a).

Les données ont été extraites au point de grille le plus proche du site minier, soit à environ 15 km au sud-est du projet Odyssey et à environ 17 km à l'est des stations de l'aéroport de Val-d'Or. Cette approche offre un échantillon de données complet ainsi qu'une bonne représentativité du site à l'étude.

5.5.3 *CLASSIFICATION DU TERRITOIRE ET UTILISATION DU SOL*

Le module AERMET utilise trois paramètres d'entrée liés aux caractéristiques du sol : le ratio de Bowen, l'albédo et la rugosité. Le ratio de Bowen est une mesure de l'humidité disponible pour l'évaporation, alors que l'albédo représente la portion de luminosité qui est reflétée du sol. La rugosité du sol est associée au frottement et à la variation, à petite échelle, du relief du terrain.

Comme recommandé dans le guide d'implémentation d'AERMOD (US-EPA, 2019c), l'évaluation de la rugosité est basée sur une moyenne géométrique pondérée par l'inverse de la distance, et ce, pour une zone de 1 km de rayon définie autour du site de mesure. Cette zone est découpée en plusieurs secteurs, dont la largeur n'est jamais inférieure à 30 degrés. La rugosité varie donc d'un secteur à un autre pour tenir compte des variations de la couverture terrestre. L'évaluation du ratio de Bowen et de l'albédo est effectuée sur un domaine de 10 km par

[3] https://cds.climate.copernicus.eu/
Copernicus est le programme d'observation de la Terre de l'Union européenne. Le programme est coordonné et géré par la Commission européenne. Il est mis en œuvre en partenariat avec les États membres, l'Agence spatiale européenne (ESA), l'Organisation européenne pour l'exploitation de satellites météorologiques (EUMETSAT), le Centre européen de prévisions météorologiques à moyen terme (ECMWF), les agences de l'UE et Mercator Océan.

10 km, centré sur le site de mesure. Une moyenne géométrique non pondérée (indépendante de la direction ou de la distance) est utilisée pour le ratio de Bowen alors qu'une moyenne arithmétique est utilisée pour l'albédo. Pour chacune des saisons et chacun des types de couvertures, les valeurs de rugosité, d'albédo et de ratio de Bowen sont tirées du guide de AERSURFACE (US-EPA, 2013).

Suivant les recommandations du MELCC, quatre saisons ont été considérées pour l'évaluation des caractéristiques de surface soit l'hiver (décembre à mars inclusivement), le printemps (avril et mai), l'été (juin à septembre inclusivement) et l'automne tardif (octobre et novembre).

Les valeurs estimées pour les différents paramètres sont présentées pour chacune des saisons au tableau 20 pour les stations de l'aéroport de Val-d'Or. Les catégories d'utilisation du sol définies dans un rayon de 1 km autour du site de mesure sont pour leur part illustrées à la carte B-1-5.

Tableau 20 : Paramètres d'utilisation du sol considérés pour les stations de l'aéroport de Val-d'Or

Saison	Albédo	Bowen	Rugosité (m) par secteur				
			A	B	C	D	E
			(349° - 23°)	(23° - 147°)	(147° - 177°)	(177° - 264°)	(264° - 349°)
Été (Juin, Juillet, Août, Septembre)	0,142	0,378	0,026	0,158	0,029	0,424	0,362
Automne tardif (Octobre, Novembre)	0,145	0,784	0,015	0,115	0,017	0,248	0,243
Hiver (Janvier, Février, Mars, Décembre)	0,411	0,500	0,008	0,076	0,010	0,202	0,193
Printemps (Avril, Mai)	0,142	0,638	0,020	0,139	0,023	0,350	0,307

5.5.4 CONFIGURATION D'AERMET

L'ensemble des paramètres par défaut du modèle AERMET sont utilisés. Depuis la version 16216 d'AERMET, l'option du modèle *ADJ_U** n'est plus une option bêta et a donc été intégrée dans la présente étude. Cette option ajuste la vitesse de friction de surface (u*) lors de faibles vents sous les conditions stables.

De plus, l'option UASELECT est activée pour traiter les données aérologiques horaires, ce qui permet à AERMET de choisir le profil vertical optimal suivant l'heure locale du lever de soleil.

5.5.5 ÉCHANTILLON MÉTÉOROLOGIQUE

Conformément aux demandes du MELCC dans le cadre d'une modélisation de la dispersion atmosphérique de 2e niveau (MDDEP, 2005), un échantillon météorologique couvrant les cinq années les plus récentes et représentatif de la région a été considéré. Suite à l'analyse des données disponibles, les années météorologiques 2015 à 2019 ont été sélectionnées.

Les données météorologiques manquantes à la station Val-d'Or, pour chaque paramètre et chaque année, sont illustrées au tableau 21. Les données sont complètes à plus de 99,7 % pour chacune des années individuellement alors que le pourcentage de données manquantes est inférieur à 0,26 % sur l'ensemble des cinq années. Les données météorologiques manquantes à la station Val-d'Or A, pour chaque paramètre et chaque année, sont quant à eux illustrées au tableau 22. Cette station présente un pourcentage de données manquantes de 1,13 % sur l'ensemble des cinq années. Finalement, AERMET est configuré de façon à utiliser les données de surface de la station Val-d'Or A en complément aux données de la station Val d'Or.

Il est important de rappeler que les données de rayonnement net et de couverture nuageuse ainsi que les données aérologiques (ERA5) sont pour leur part complètes à 100 %.

Les roses des vents de l'échantillon météorologique sont présentées par année à la figure 7. Les vents dominants à la station considérée soufflent majoritairement en provenance de deux secteurs : soit du nord-ouest et du sud au sud-sud-ouest. Les données de vitesse des vents sont également décrites au tableau 23.

Finalement, il faut souligner que la topographie n'est pas prise en compte par le modèle météorologique AERMET et que les paramètres météorologiques sont considérés comme identiques en tout point à l'intérieur du domaine de modélisation.

Tableau 21 : Analyse des données météorologiques manquantes par année (station Val-d'Or)

Paramètres		2015	2016	2017	2018	2019
Nombre de données manquantes	Vitesse du vent	42	22	15	16	14
	Direction du vent	42	22	15	16	14
	Température (dry)	63	25	15	17	14
	Pression	42	22	15	17	14
Nombre total de données manquantes		189	91	60	66	56
Pourcentage de données manquantes (%)		0,54%	0,26%	0,17%	0,19%	0,16%

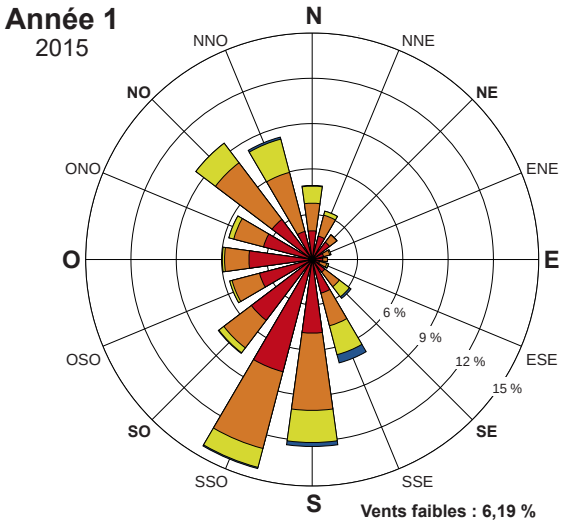
Tableau 22 : Analyse des données météorologiques manquantes par année (station Val-d'Or A)

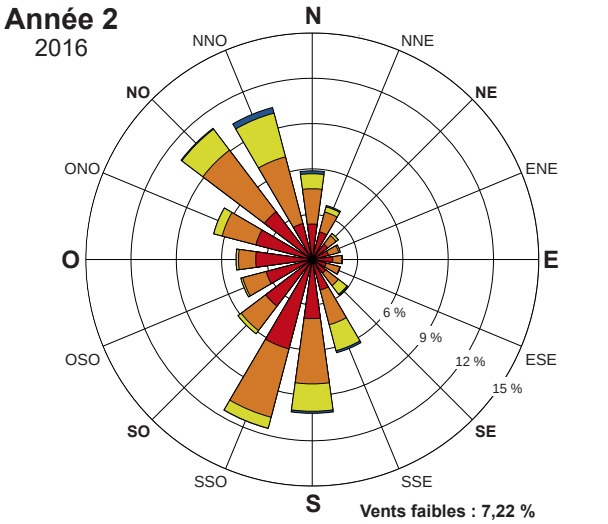
Paramètres		2015	2016	2017	2018	2019
Nombre de données manquantes	Vitesse du vent	26	31	19	45	45
	Direction du vent	279	313	329	301	342
	Température (dry)	27	18	17	36	24
	Pression	27	18	17	43	25
Nombre total de données manquantes		359	380	382	425	436
Pourcentage de données manquantes (%)		1,02%	1,08%	1,09%	1,21%	1,24%

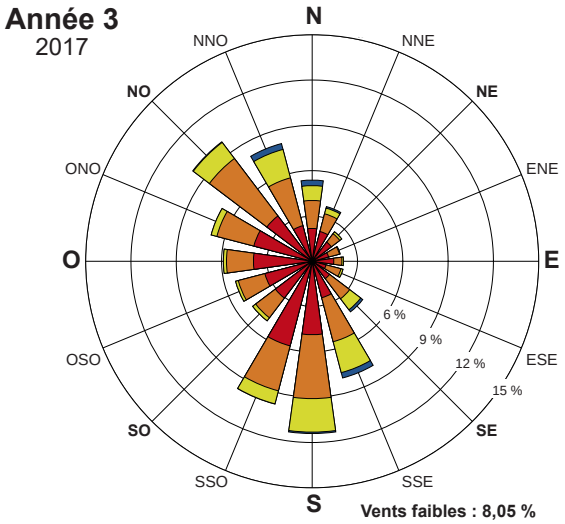
Tableau 23 : Description de la vitesse des vents de l'échantillon météorologique

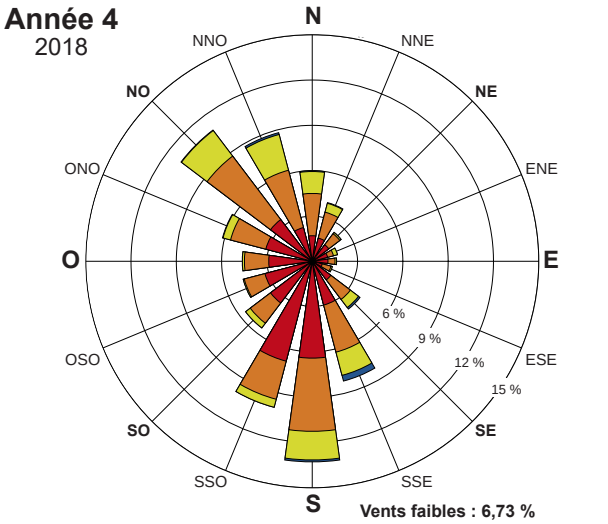
Paramètre	Valeur
Fréquence de vents faibles[4]	6,89 %
Fréquence de vents calmes	1,58 %
Vitesse moyenne	12,2 km/h (3,40 m/s)
Vitesse enregistrée la plus faible (différente de zéro)	1 km/h (0,28 m/s)
Vitesse enregistrée la plus élevée	50 km/h (13,9 m/s)

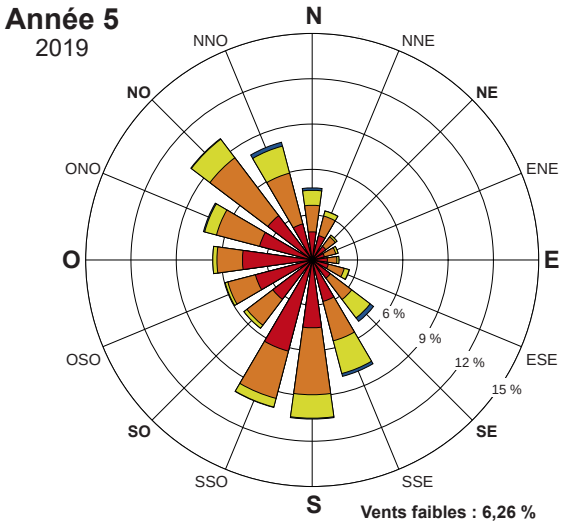
[4] Le seuil utilisé ici pour définir les vents faibles est de 3,5 km/h, ou 0,97 m/s. Ce choix est d'abord justifié par le fait que les vitesses de vent fournies pour les stations d'Environnement Canada sont données en valeur entière de km/h. De plus, le seuil de vent calme, en deçà duquel une vitesse de 0 km/h est rapportée, varie entre 1 et 4 km/h en fonction des stations et des équipements en place. L'utilisation ici d'un seuil de 3,5 km/h permet donc d'uniformiser la comparaison entre des stations présentant des seuils différents et/ou des données pronostiques. Enfin, la terminologie de « vent calme » est réservée pour les valeurs de vents explicitement rapportés comme égales à zéros dans les données d'origines et qui ne sont notamment pas traités par les modèles de dispersion.











Note :
Diagramme de la fréquence de provenance du vent, par exemple, le vent souffle du nord 6,5 % du temps.

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Figure 7
Rose des vents

Source :
Données AERMET v19191 (.SFC) d'après la station VAL-D'OR (GVO, 7098603) de Environnement Canada

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume
171-08287-03_f5_wspT009_roses_201215.ai

wsp

5.6 RÉCEPTEURS

Les récepteurs (points de calculs) sont séparés en trois catégories, soit la grille de récepteurs, les récepteurs de la limite d'application et les récepteurs sensibles. Ceux-ci sont décrits dans les sous-sections suivantes et leur position est présentée aux cartes B-1-3 et B-1-4. L'élévation des récepteurs a été établie en tenant compte de la topographie du terrain (voir section 5.4) à l'aide du préprocesseur AERMAP, et ce, pour chacun des scénarios.

5.6.1 *GRILLE DE RÉCEPTEURS*

La grille de récepteurs est constituée de 3 715 points de calcul (récepteurs) dont la résolution varie de 100 m, 250 m et 500 m selon la proximité du site et le type de secteur. Les densités de récepteur suivantes ont été en fonction de la distance par rapport au centre du domaine :

- une résolution de 200 m est utilisée à l'intérieur de la limite d'application
- une résolution de 100 m est utilisée jusqu'à une distance de 500 m à l'extérieur de la limite d'application;
- une résolution de 200 m est utilisée pour l'ensemble restant du domaine.

De plus, un secteur résidentiel dans la ville de Malartic, à proximité des infrastructures minières, fait l'objet d'une attention particulière et une grille de résolution au 100 mètres a été utilisée afin de raffiner les résultats dans ce secteur. Ce secteur est considéré comme sensible et est décrit plus en détail à la section 5.6.3.

La densité de la grille de récepteurs utilisée permet de générer suffisamment de valeurs modélisées de manière à obtenir une bonne représentativité des concentrations estimées (répartition spatiale) dans l'air ambiant. La grille de récepteurs est présentée à la carte B-1-3.

5.6.2 *RÉCEPTEURS À LA LIMITE D'APPLICATION*

Afin de satisfaire les exigences du MELCC, une séquence de récepteurs ponctuels, espacés au 50 m, a été placée le long des limites d'application définies à la section 2.3. Un total de 522 récepteurs a ainsi été ajouté.

Les récepteurs sur la limite d'application sont illustrés à carte B-1-3.

5.6.3 *RÉCEPTEURS SENSIBLES*

Cinq récepteurs ont été ajoutés afin de représenter divers milieux sensibles tels que des établissements d'enseignement (primaire, secondaire et éducation pour adultes), des établissements de soins de santé et des services de garde.

Un secteur résidentiel relativement dense a également été identifié comme récepteur sensible. Le secteur visé est la portion de la ville de Malartic située à proximité des infrastructures minières, soit le « secteur résidentiel au nord » du site minier. Une grille de récepteurs y est considérée, pour un total de 220 récepteurs. Ce secteur regroupe diverses utilisations du territoire, incluant entre autres des résidences, des parcs et des terrains de jeux.

En plus de ce secteur résidentiel, un total de 11 récepteurs sensibles discrets a été ajouté pour représenter des résidences isolées situées au sud du site minier, et ce, dans le but d'avoir une bonne représentation dans toutes les directions autour du projet. Ces résidences sont situées sur le chemin des Merles.

Finalement, un ensemble de 15 baux de location du territoire public pour un usage récréatif est identifié à l'intérieur du domaine de modélisation. Ceux-ci ont été identifiés comme récepteurs sensibles. Parmi ceux-ci, 13 consistent en un usage pour fins d'abris sommaires en forêt et deux consistent en un usage récréatif communautaire sans but lucratif.

Le tableau 24 présente ces récepteurs sensibles de même que leurs coordonnées respectives. Ces récepteurs sont illustrés à carte B-1-4.

Tableau 24 : Coordonnées des récepteurs sensibles

Description	Identifiant	X (m)	Y (m)	Élévation (m)	Distance de la limite (m)	Catégorie
CPE Bambins et Câlin	CPE1	714 060	5 335 717	319,7	338	Établissement d'enseignement et service de garde
École des Explorateurs	ECO1	714 043	5 336 512	328,7	764	
École Secondaire Le Tremplin	ECO2	714 162	5 335 998	320,3	521	
Centre Le Trait d'Union	ECO3	713 902	5 336 491	329,8	621	
CLSC Malartic (GMF) / CHSLD de Malartic / Hôpital psychiatrique	SAN1	713 607	5 336 004	320,1	257	Établissement de soin de santé
Résidence sud	RESS01	712 895	5 330 290	318,1	842	Résidence au sud
Résidence sud	RESS02	713 256	5 330 261	317,7	885	
Résidence sud	RESS03	713 493	5 330 376	319,6	778	
Résidence sud	RESS04	713 691	5 330 404	320,5	757	
Résidence sud	RESS05	714 241	5 330 338	319,9	844	
Résidence sud	RESS06	715 014	5 330 377	316,3	833	
Résidence sud	RESS07	715 128	5 330 381	315,4	834	
Résidence sud	RESS08	715 245	5 330 389	314,4	830	
Résidence sud	RESS09	715 486	5 330 446	314,1	782	
Résidence sud	RESS10	715 642	5 330 472	314,4	762	
Résidence sud	RESS11	716 173	5 330 473	311,2	780	
Fins d'abri sommaire en forêt	BAUX001	711 515	5 334 945	328,0	1 039	Bail de location de terre publique
Fins d'abri sommaire en forêt	BAUX009	716 609	5 337 504	309,9	2 080	
Fins d'abri sommaire en forêt	BAUX010	717 376	5 339 364	308,3	4 089	
Fins d'abri sommaire en forêt	BAUX013	719 261	5 338 843	320,9	3 879	
Fins d'abri sommaire en forêt	BAUX016	711 134	5 332 935	346,7	1 632	
Fins d'abri sommaire en forêt	BAUX017	720 030	5 333 539	309,8	254	
Fins d'abri sommaire en forêt	BAUX018	711 334	5 331 335	339,8	1 491	
Fins d'activités de camping pour un usage communautaire sans but lucratif	BAUX019	716 928	5 329 732	304,1	1 549	
Fins d'abri sommaire en forêt	BAUX020	718 762	5 337 221	319,5	2 228	
Fins d'activités récréatives, sportives ou éducatives pour un usage communautaire sans but lucratif	BAUX021	712 697	5 337 207	324,0	876	
Fins d'abri sommaire en forêt	BAUX023	719 195	5 330 351	314,2	1 022	
Fins d'abri sommaire en forêt	BAUX027	716 220	5 338 609	302,0	3 011	
Fins d'abri sommaire en forêt	BAUX030	718 007	5 329 986	304,6	1 335	
Fins d'abri sommaire en forêt	BAUX036	710 542	5 334 084	354,0	2 079	
Fins d'abri sommaire en forêt	BAUX040	720 131	5 329 838	307,8	1 876	

5.6.4 *RÉCEPTEURS DU DOMAINE D'APPLICATION*

Les récepteurs du domaine d'application sont les récepteurs de la grille (section 5.6.1) situés à l'extérieur de la limite d'application, ceux situés sur cette même limite (section 5.6.2) ainsi que les récepteurs sensibles (section 5.6.3).

Les autres récepteurs, soit les récepteurs de la grille à l'intérieur de la limite d'application, n'ont, quant à eux, pas été pris en compte pour évaluer la conformité des concentrations modélisées aux normes et critères de qualité de l'air.

5.7 EFFET DES BÂTIMENTS

Étant donné la proximité de certaines sources ponctuelles par rapport aux différents bâtiments, l'effet de rabattement du panache de dispersion a été calculé. Pour ce faire, le programme « *Building Profile Input Program* » [BPIP] (US-EPA, 1993) a été utilisé afin de déterminer l'effet des bâtiments. Les résultats du calcul ont par la suite été incorporés au modèle AERMOD qui applique les corrections requises pour l'estimation des concentrations dans l'air ambiant à l'aide du module PRIME.

Pour calculer l'effet de rabattement du panache, les infrastructures du site ont été tracées. Les coordonnées géographiques, l'élévation des bâtiments et la position des sources d'émissions ont été déterminées à partir des plans techniques fournis par MCM.

5.8 CONFIGURATION D'AERMOD

Les sources ponctuelles horizontales ont été exécutées à l'aide de l'option POINTHOR. Enfin, pour la modélisation des matières particulaires, les options de déposition sèches sont utilisées (DRYDPLT, NOWETDPLT).

Toutes les autres options par défaut du modèle AERMOD ont été considérées pour son exécution en conformité avec les exigences indiquées dans le guide de modélisation du MELCC.

5.9 MÉTHODES SPÉCIFIQUES

Cette section décrit les méthodologies spécifiques adoptées pour la modélisation de certains composés.

5.9.1 *ESTIMATION DE LA DÉPOSITION DES MATIÈRES PARTICULAIRES*

Il est d'abord important de souligner que la déposition n'a pas été considérée pour les particules émises dans les gaz de combustion (par exemple, gaz d'échappement des véhicules mobiles). En effet, le diamètre aérodynamique de ces particules est très petit (majoritairement inférieur à 1 µm) et ces particules se déposent que très peu.

Afin de modéliser la déposition sèche avec le modèle AERMOD, le mot clé « DDEP » doit être ajouté aux options du modèle. Cette option active à la fois la déposition sèche (DRYDPLT) et humide (WETDPLT). L'option NOWETDPLT doit être également ajoutée afin de ne pas considérer la déposition humide.

La granulométrie et la densité des particules émises par chacune des sources doivent être spécifiées. Afin de décrire cette granulométrie, celle-ci doit être divisée en catégories de taille de particule à l'aide du diamètre aérodynamique des particules et de la fraction de la masse correspondante. La densité de chacune des catégories doit également être spécifiée.

La méthode choisie afin de modéliser la déposition sèche des particules est tirée du *Guideline for Plume Dispersion Modelling* du gouvernement de Terre-Neuve et du Labrador (NLDEC, 2012). Ce guide propose de séparer les particules en trois fractions (P1, P2 et P3) représentant des tailles aérodynamiques spécifiques : la fraction P1

représentant les particules de diamètre inférieur à 2,5 µm, la fraction P2 représentant les particules de diamètre situé entre 2,5 et 10 µm et la fraction P3 représentant les particules de diamètre supérieur à 10 µm. Les taux d'émission de chacune de ces fractions sont établis, pour chacune des sources d'émissions, à partir des taux d'émission de PMT, PM_{10} et $PM_{2,5}$ selon les équations suivantes :

$$P1 = PM_{2,5}$$
$$P2 = PM_{10} - PM_{2,5}$$
$$P3 = PMT - PM_{10}$$

Les résultats de modélisation pour P1, P2 et P3 sont finalement recombinés afin d'estimer les concentrations et les flux de déposition pour chacune des tailles de particules :

$$\text{PMT avec déposition} = P1 + P2 + P3$$
$$\text{PM10 avec déposition} = P1 + P2$$
$$\text{PM2,5 avec déposition} = P1$$

Le guide propose également une distribution de la granulométrie pour chacune de ces trois fractions. Celles-ci sont présentées au tableau 2.6.1 du guide et ont été utilisées dans la présente modélisation afin de décrire P1, P2 et P3.

La densité utilisée est de 2,77 g/cm^3 et est basée sur les caractéristiques du minerai et des stériles spécifiques au site de la mine. Cette densité a été utilisée pour toutes les sources de matières particulaires (à l'exception des matières particulaires de combustion) et toutes les tailles de particules. Bien que la densité puisse être ajustée en fonction des sources, il s'agit d'une hypothèse jugée acceptable puisque la majorité des particules totales émises dans les scénarios considérés proviennent d'opérations de manipulation et transformation de matériaux, telles que les chargements et déchargements, le forage, le sautage et le transport sur des routes non pavées.

Finalement, bien que les paramètres de granulométrie et que la densité de chacune des fractions P1, P2 et P3 sont identiques pour toutes les sources, il est important de rappeler que la proportion de chacune de ces fractions est spécifique à chaque source puisque leurs taux d'émissions sont basés sur les taux de PMT, PM_{10} et $PM_{2,5}$, qui sont eux, spécifiques à chaque source.

5.9.2 ESTIMATION DES TAUX D'ÉMISSIONS DE PM_4

L'évaluation du critère de qualité de l'air sur une période annuelle de la silice cristalline doit être effectuée sur particule de taille inférieure à 4 µm (PM_4). Or, les taux d'émission en particules utilisées pour la présente étude sont uniquement disponibles pour les tailles de particules PMT, PM_{10} et $PM_{2,5}$. Pour les émissions en particules de PM_4, étant donné qu'aucun taux n'est disponible, ceux-ci sont estimés à partir d'une régression linéaire entre les taux d'émission de $PM_{2,5}$ et PM_{10}, selon la formule suivante :

$$ER_{PM4} = ER_{PM2,5} + \frac{(4\ \mu m - 2{,}5\ \mu m)}{(10\ \mu m - 2{,}5\ \mu m)} \times \left(ER_{PM10} - ER_{PM2,5}\right) = 0{,}8\ ER_{PM2,5} + 0{,}2\ ER_{PM10}$$

Ces émissions de particules de PM_4 sont ensuite combinées aux teneurs en silice cristalline afin d'évaluer le critère de qualité de l'air sur une période annuelle.

5.9.3 ESTIMATION DES CONCENTRATIONS POUR UNE PÉRIODE INFÉRIEURE À UNE HEURE

L'annexe H du RAA prévoit que dans le cas d'un contaminant pour lequel la valeur limite est établie sur une période inférieure à 1 heure, la concentration est calculée sur cette période à l'aide de la formule suivante :

$$C(T) = C_{MAX-H} \times 0{,}97 \times T^{-0{,}25}$$

où T est la période exprimée en heure et C_{MAX-H} est la concentration maximale sur 1 heure.

Ainsi, cette équation est utilisée dans la présente étude afin d'estimer les concentrations 4 minutes de dioxyde de soufre (SO_2) et d'en permettre la comparaison avec les normes associées. Dans le cas présent, les maximums sur une période d'une heure de chacun des récepteurs du domaine sont donc multipliés par un facteur 1,91 pour obtenir leur équivalent 4 minutes.

5.9.4 *ESTIMATION DES CONCENTRATIONS EN NO_2*

Concernant l'estimation des concentrations de NO_2 dans l'air ambiant la méthode OLM (*Ozone Limiting Method*) a été appliquée selon les recommandations du MELCC (MDDEP, 2008). Cette méthode permet de calculer la conversion du NO en NO_2, en fonction du ratio NO_2/NO_x à la source et de l'ozone disponible dans l'air ambiant. Pour ce faire, des concentrations d'ozone représentatives de la région ont été fournies par le MELCC[5]. Il s'agit de 80 ppb (horaire), de 60 ppb (quotidienne) et de 30 ppb (annuelle). La méthode a été appliquée pour tous les scénarios et pour les périodes 1 heure et 24 heures. Pour la période annuelle, une conversion totale du NO_x en NO_2 a été utilisée.

En ce qui concerne le ratio NO_2/NO_x, les différentes sources de NO_x présentent des ratios à la source de NO_2/NO_x (*in-stack ratio*) différents. Pour les moteurs diesel, une valeur de 20 % est normalement suggérée (NLDEC, 2012). Pour les sautages par contre, une valeur autour de 4 % est plutôt attendue (Attalla et coll., 2008). Or, le ratio de 20 % a été sélectionné puisqu'il est représentatif des émissions provenant des gaz d'échappement de la machinerie, et conservateur par rapport aux émissions lors des sautages.

5.9.5 *ÉVALUATION DES ÉMISSIONS DE MÉTAUX ET DE MÉTALLOÏDES (AUTRE QUE LA SILICE CRISTALLINE)*

Les émissions de métaux et métalloïdes ont été déterminées à partir des émissions de particules modélisées et de la caractérisation géochimique des lithologies rencontrées sur le site. Il est alors assumé que la teneur en métaux dans les matières particulaires émises est semblable à la teneur en métaux dans les matériaux excavés. Bien que cette hypothèse présente une grande incertitude, elle permet néanmoins d'estimer les métaux émis à l'atmosphère liés aux matières particulaires en suspension.

Afin de déterminer la teneur en métaux dans les matières particulaires émises, les sources d'émissions sont d'abord regroupées en fonction des types d'opérations et des lithologies impliquées. Ceux-ci sont décrits brièvement aux tableaux 25 et 26 pour chacun des scénarios et des exemples de sources y sont donnés. La teneur en métaux dans les particules émises pour chacun de ces groupes est ensuite estimée en fonction de la proportion annuelle des lithologies associées à ces groupes et de leurs teneurs en métaux respectives.

Le calcul de la teneur en métaux effectué dépend de la période étudiée. En fait, deux calculs différents sont utilisés, soit pour une période de 1 an et pour une période inférieure à 1 an.

- Lorsque la période de référence est **égale à 1 an**, l'utilisation des émissions moyennes d'un groupe est justifiée. Ainsi, la teneur en métaux d'un groupe est obtenue par **la moyenne des teneurs en métaux de chaque lithologie associée** pondérée par la proportion annuelle des lithologiques.
- Lorsque la période de référence est **inférieure à 1 an**, il n'est plus justifié de considérer les émissions moyennes, car sur une courte période, les activités d'un groupe pourraient être associées aux lithologies concernées dans des proportions différentes. Ainsi, par conservatisme, pour chacun des métaux indépendamment, **la teneur en métaux maximale des lithologies associées** est considérée.

Pour chacun des métaux et des périodes, le taux d'émission de chacune des sources est finalement obtenu en multipliant la teneur déterminée par le taux d'émission de particules. Comme prescrit par le MELCC (voir section 2), les concentrations de métaux sont calculées sur les PMT, à l'exception du manganèse, du nickel, de la silice cristalline et du titane, où les PM_{10} et les PM_4 sont plutôt utilisées.

[5] MDDEFP, Communication par courriel, 5 avril 2012.

La teneur moyenne en métaux des différentes lithologies est basée sur la caractérisation géochimique réalisée par Golder (Golder Associés, 2013) pour le secteur Barnat et, pour le projet Odyssey, sur la caractérisation géochimique des différents secteurs de la mine souterraine, soit les zones Odyssey et East Malartic (EcoMetrix, 2017; EcoMetrix, 2019) et de la zone East Gouldie (CMGP, 2020). Dans un premier temps, le pourcentage de chaque lithologie pour chaque secteur a été déterminé, et ce, à la fois pour le minerai et pour les stériles. Ensuite, à partir des teneurs moyennes des lithologies et des distributions dans chaque secteur pour les différentes lithologies, teneurs effectives pour le minerai et les stériles sont estimées pour chacun des secteurs, celles-ci sont présentées au tableau 27.

Enfin, la proportion annuelle des lithologies associées à chacun des groupes de sources est donnée aux tableaux 28 et 29. Ces proportions, propres à chacun des scénarios de modélisation considérés, sont utilisées afin d'effectuer le calcul des émissions en métaux pour chacune des sources, selon la méthode décrite précédemment.

Tableau 25 : Description des regroupements de sources utilisés pour l'estimation des concentrations de métaux – Scénario 1

Groupe	Description	Exemple de sources
Concasseur mobile	Manipulation de matériaux liée au concasseur mobile	Concassage et déposition de matériaux concassés
Routage	Ressupension des routes liées au transport	Routage en surface
Barnat - Tout matériaux	Opérations de la fosse Barnat pour tous les matériaux	Boutage, forage et sautage dans la fosse Barnat
Barnat - Minerai	Opérations de la fosse Barnat liées à la manipulation de minerai	Boutage, chargement et déchargement et érosion des aires d'entreposage de minerai
Barnat - Stériles	Opérations de la fosse Barnat liées à la manipulation de stériles	Boutage, chargement et déchargement et érosion des aires d'entreposage de stériles
Odyssey - Tout matériaux	Opérations du projet Odyssey pour tous les matériaux	Émission par la ventilation de particules liée à la manipulation souterraine de matériaux
Odyssey - Minerai	Opérations du projet Odyssey pour le minerai	Chargement et déchargement et érosion des aires d'entreposage temporaire de minerai
Odyssey - Stériles	Opérations du projet Odyssey pour le stériles acheminé à la surface	Chargement et déchargement et érosion des aires d'entreposage temporaire de stériles
Minerai	Manipulation de minerai, peu importe la provenance	Sources de particules liées au traitement du minerai
Sans métaux	Opération sans émission de métaux	Gaz d'échappement des équipements miniers

Tableau 26 : Description des regroupements de sources utilisés pour l'estimation des concentrations de métaux – Scénario 2

Groupe	Description	Exemple de sources
Routage	Ressupension des routes liées au transport	Routage en surface
Odyssey - Tout matériaux	Opérations du projet Odyssey pour tous les matériaux	Émission par la ventilation de particules liée à la manipulation souterraine de matériaux
Odyssey - Minerai	Opérations du projet Odyssey pour le minerai	Boutage, chargement et déchargement et sources de particules liées au traitement du minerai
Odyssey - Stériles	Opérations du projet Odyssey pour le stériles acheminé à la surface	Chargement et déchargement et érosion des aires d'entreposage temporaire de stériles
Sans métaux	Opération sans émission de métaux	Gaz d'échappement des équipements miniers

Tableau 27 : Teneur en métaux par type de roche pour chacun des secteurs

Métaux	Teneur par lithologie (mg/mg)									
	Barnat		Odyssey Nord		Odyssey Sud		East Malartic		East Gouldie	
	Minerai	Stériles	Minerai	Stériles	Minerai	Stériles	Minerai	Stériles	Minerai	Stériles
Antimoine (Sb)	1.20E-07	1.41E-07	4.00E-07	5.93E-07	4.82E-07	4.00E-07	4.00E-07	4.00E-07	5.35E-08	5.43E-08
Argent (Ag)	1.04E-06	5.08E-07	5.50E-07	3.13E-07	8.47E-07	4.61E-07	1.39E-06	2.08E-07	1.36E-06	4.33E-07
Arsenic (As)	2.28E-06	2.59E-06	1.30E-06	9.17E-07	2.27E-06	3.34E-06	7.95E-07	1.92E-06	1.52E-06	1.25E-06
Baryum (Ba)	2.22E-04	1.65E-04	1.85E-04	2.35E-04	9.35E-05	1.81E-04	1.37E-04	3.24E-04	1.70E-04	4.03E-04
Béryllium (Be)	3.67E-07	2.47E-07	5.61E-07	6.83E-07	3.17E-07	3.42E-07	1.29E-06	3.55E-07	5.54E-07	2.52E-07
Cadmium (Cd)	2.63E-07	1.60E-07	1.28E-07	1.15E-07	1.18E-07	1.06E-07	1.40E-07	4.60E-08	7.54E-08	7.83E-08
Chrome (Crt)	3.34E-04	3.42E-04	6.77E-05	6.16E-04	3.89E-05	9.28E-05	3.94E-04	5.43E-04	1.69E-04	1.90E-04
Cobalt (Cob)	3.02E-05	2.94E-05	8.13E-06	2.97E-05	8.97E-06	1.91E-05	2.74E-05	3.88E-05	2.08E-05	2.53E-05
Cuivre (Cu)	4.66E-05	4.53E-05	1.12E-05	3.50E-05	1.48E-05	3.91E-05	3.82E-05	5.94E-05	4.79E-05	4.87E-05
Manganèse (Mn)	5.72E-04	4.49E-04	2.91E-04	6.98E-04	2.79E-04	4.47E-04	6.23E-04	6.36E-04	6.05E-04	5.79E-04
Mercure (Hg)	3.30E-08	1.47E-08	2.50E-08	2.50E-08	2.50E-08	2.50E-08	2.50E-08	2.50E-08	6.08E-09	5.96E-09
Nickel (Ni)	1.27E-04	1.72E-04	3.12E-05	2.31E-04	2.51E-05	6.79E-05	1.69E-04	2.78E-04	7.59E-05	9.23E-05
Plomb (Pb)	9.57E-06	5.54E-06	2.85E-05	2.76E-05	1.84E-05	1.32E-05	2.24E-05	4.94E-06	7.45E-06	1.41E-05
Sélénium (Se)	5.40E-07	6.09E-07	3.50E-07	3.50E-07	3.50E-07	3.50E-07	3.50E-07	3.50E-07	4.78E-07	6.33E-07
Thallium (Tl)	4.13E-07	2.65E-07	1.49E-07	3.23E-07	7.21E-08	3.44E-07	2.90E-07	3.43E-07	3.94E-07	5.23E-07
Titane (Ti)	1.27E-03	9.09E-04	7.20E-04	1.09E-03	3.51E-04	1.31E-03	1.40E-03	2.08E-03	2.07E-03	2.16E-03
Vanadium (V)	6.28E-05	5.29E-05	4.78E-05	1.00E-04	1.95E-05	4.59E-05	9.18E-05	8.54E-05	9.68E-05	1.03E-04
Zinc (Zn)	4.96E-05	4.03E-05	5.05E-05	6.93E-05	5.12E-05	6.64E-05	7.03E-05	7.64E-05	7.19E-05	8.23E-05

Tableau 28 : Proportions annuelles des lithologies associées aux groupes de sources utilisés pour l'estimation des métaux et métalloïdes – Scénario 1

Groupe	Barnat		Odyssey Sud		East Gouldie	
	Minerai	Stériles	Minerai	Stériles	Minerai	Stériles
Concasseur mobile	38%	62%	-	-	-	-
Routage	-	100%	-	-	-	-
Barnat - Tout matériaux	23%	77%	-	-	-	-
Barnat - Minerai	100%	-	-	-	-	-
Barnat - Stériles	-	100%	-	-	-	-
Odyssey - Tout matériaux	-	-	85%	8%	-	7%
Odyssey - Minerai	-	-	100%	-	-	-
Odyssey - Stériles	-	-	-	51%	-	49%
Minerai	94%	-	6%	-	-	-
Sans métaux	-	-	-	-	-	-

Tableau 29 : Proportions annuelles des lithologies associées aux groupes de sources utilisés pour l'estimation des métaux et métalloïdes – Scénario 2

Groupe	Odyssey Nord		East Malartic		East Gouldie	
	Minerai	Stériles	Minerai	Stériles	Minerai	Stériles
Routage	-	33%	-	24%	-	42%
Odyssey - Tout matériaux	22%	5%	12%	3%	51%	6%
Odyssey - Minerai	26%	-	14%	-	60%	-
Odyssey - Stériles	-	33%	-	24%	-	42%
Sans métaux	-	-	-	-	-	-

5.9.6 ÉVALUATION DES ÉMISSIONS DE SILICE CRISTALLINE

Les émissions de silice cristalline ont été déterminées à partir des émissions de particules modélisées et de la teneur en silice cristalline des lithologies rencontrées sur le site de manière similaire à l'évaluation des métaux (voir section 5.9.5).

La méthode de détermination des teneurs en silice cristalline utilisée dans la présente étude est la même que celle utilisée dans la modélisation 2015 et 2018 et qui a présentée dans deux mémos techniques (WSP, 2016, 2018b). Dans ces mémos, les teneurs en silice cristalline *in situ* des lithologies ne correspondaient pas au teneur de silice cristalline observée dans le suivi de la qualité de l'air dans les PM_4. En effet, il a été démontré que la silice cristalline est présente en plus faible quantité dans les particules plus fines que globalement dans les matériaux. Il est alors supposé que la silice soit présente en plus faible quantité dans les tailles de particules plus fines (poussière), parce qu'il s'agit d'un matériau d'une grande dureté (7 sur l'échelle de Mohs) et peu friable (index d'abrasion faible). La méthode d'évaluation des teneurs est présentée dans les sous-sections suivantes.

5.9.6.1 MÉTHODOLOGIE D'ÉCHANTILLONNAGE ET ANALYSE DES ÉCHANTILLONS

Une campagne d'échantillonnage des poussières au sol a été réalisée en 2016 sur différents sites de la mine dans le but d'obtenir un portrait des teneurs en silice cristalline, en fonction de la taille des particules, et ce, dans les poussières générées par les principales sources de la mine. La caractérisation a donc visé les activités suivantes :

- Sites de forage;
- Sites de sautage;
- Sites de déchargement sur une halde active;
- Routes non pavées sur le site de la mine.

Au total, 10 sites ont été analysés. Pour chaque site, trois échantillons de surface ont été prélevés à l'aide d'une méthode de prélèvement basée sur celle de Appendix C.1 de l'AP-42. Enfin, leur teneur en silice cristalline en fonction de la granulométrie a été analysée par le laboratoire RJ Lee Group, laboratoire qui détient l'accréditation de l'American Industrial Hygiene Association – Laboratory Accreditation Program (AIHA-LAP, LLC) pour l'analyse de la silice cristalline. La silice cristalline respirable a été quantifiée par diffraction des rayons X (XRD) et par microscopie électronique assistée par ordinateur (CCSEM). Les proportions de silice cristalline respirables ont ainsi été déterminées sur les différentes fractions suivantes :

- Particules de taille inférieure à 45 µm;
- Particules de taille inférieure à 10 µm;
- Particules de taille inférieure à 4 µm;
- Particules de taille inférieure à 2,5 µm.

Le tableau 30 présente les teneurs en silice cristalline pour chaque site analysé. Les valeurs indiquées correspondent à la moyenne des valeurs mesurées pour chaque site (trois échantillons par site).

De manière générale, la teneur en silice cristalline diminue avec la taille de particules. Par exemple, la teneur en silice cristalline moyenne de tous les échantillons analysés passe de 19,86 % au total à 5,92 % sur les PM_4, soit environ le tiers.

Tableau 30 : Teneurs en silice cristalline selon la taille des particules pour chaque site échantillonné

Échantillon	Description	Moyenne par site Teneur en SiO_2 (en %) pour chaque taille de particule (en µm)				
		< 2,5 µm	< 4 µm	< 10 µm	< 45 µm	Ensemble de l'échantillon
SIL1	Halde à stériles	2,99	4,26	6,85	15,01	24,30
SIL2	Forage 220-666	2,70	4,54	7,29	8,71	12,97
SIL3	Forage 220-621	6,39	10,48	19,17	13,50	22,30
SIL4	Sautage	1,32	3,14	8,71	9,42	12,47
SIL5	Route non pavée : route 117	1,32	2,48	5,96	14,41	21,33
SIL6	Route non pavée : route 640	1,03	2,03	3,68	8,70	23,40
SIL7	Forage 210-751	3,97	6,05	7,59	12,12	19,90
SIL8	Forage 210-750	10,21	16,37	25,16	21,71	18,93
SIL9	Sautage 210-034 CGR	1,76	2,87	6,19	23,89	16,97
SIL10	Sautage 210-034 AGR	4,77	6,99	14,75	20,36	26,03
Moyenne sur tous les échantillons		**3,65**	**5,92**	**10,53**	**14,78**	**19,86**

5.9.6.2 TENEURS EN SILICE UTILISÉES POUR LA MODÉLISATION

La méthodologie employée pour intégrer ces teneurs en silice dans la modélisation est la même que celle utilisée dans les mémos 2016 et 2018; elle a cependant été actualisée pour les sources des scénarios de la présente étude.

Étant donné que les teneurs en silice cristalline découlant de la campagne d'échantillonnage sont obtenues par type de source plutôt que par lithologie, une méthodologie différente de celle présentée pour les métaux (voir section 5.9.5) doit être utilisée afin de déterminer une teneur pour chacune des sources d'émission de la modélisation.

Les sources doivent d'abord être regroupées par type d'activité. Les groupes de sources suivants ont été établis :

- Mine Canadian Malartic :
  - Érosion éolienne : les haldes actives et les piles d'entreposage;
  - Manutention : les déchargements, les chargements et le concasseur mobile;
  - Routage : la resuspension liées à la circulation minière;
  - Sautage : les sautages;
  - Forage : les forages;
  - Boutage : les boutages;
  - Usine : les sources ponctuelles du traitement du minerai (par exemple : dépoussiéreur du concasseur);
  - Gaz de combustion : les chaudières et les gaz d'échappement des équipements miniers mobiles et localisés.
- Projet Odyssey :
  - Érosion éolienne : les piles d'entreposage à la surface;
  - Manutention : les déchargements et les chargements en surface;

- Routage : la resuspension liées à la circulation minière à la surface;
- Ventilation de la mine souterraine : les trois sorties d'air de ventilation de la mine souterraine dont les émissions sont estimées selon trois catégories :
  - Manutention : la manutention souterraine de matériau;
  - Gaz de combustion : gaz d'échappement des équipements miniers souterrains et le chauffage au gaz naturel.
  - Sautage : les sautages souterrains;
- Gaz de combustion : gaz d'échappement des équipements miniers mobiles et localisés utilisées en surface.

Puis, différents échantillons sont associés à chacun de ces groupes de sources en fonction de la localisation des échantillons et du type d'opération qu'ils représentent. Les tableaux 31 et 32 présentent cette association pour les sources de la mine Canadian Malartic et du projet Odyssey, respectivement.

Ensuite, la teneur de chaque groupe de sources est déterminée pour chaque taille de particule en combinant les échantillons qui lui sont associés. Pour les sources de la mine Canadian Malartic, ces teneurs sont présentées aux tableaux 33 et 34 pour les teneurs moyennes et maximales, respectivement.

Pour les sources du projet Odyssey, ces teneurs sont présentées aux tableaux 35 et 36 pour les teneurs moyennes et maximales, respectivement. Pour les particules totales, l'utilisation de la teneur pour les particules inférieures à 45 µm est utilisée.

La même méthode que pour les métaux (voir section 5.9.5) est utilisée pour le calcul des taux d'émission en silice cristalline. Le choix de l'utilisation des valeurs moyennes ou maximales dépend alors de la période du critère de qualité de l'air.

Les valeurs en gras représentent celles qui sont associées à un critère de qualité de l'air.

Tableau 31 : Description des échantillons associés à chacun des groupes de sources d'émission modélisées – Mine Canadian Malartic

Échantillon	Description	Groupes de sources modélisées							
		Érosion éolienne	Manutention	Routage	Sautage	Forage	Boutage	Usine	Gaz de combustion
SIL1	Halde à stériles	x	x				x		Aucune émission de SiO_2 considérée
SIL2	Forage 220-666					x			
SIL3	Forage 220-621					x			
SIL4	Sautage		x		x		x	x	
SIL5	Route non pavée : route 117			x					
SIL6	Route non pavée : route 640			x					
SIL7	Forage 210-751					x			
SIL8	Forage 210-750					x			
SIL9	Sautage 210-034 CGR		x		x		x	x	
SIL10	Sautage 210-034 AGR		x		x		x	x	

Tableau 32 : Description des échantillons associés à chacun des groupes de sources d'émission modélisées – Projet Odyssey

Échantillon	Description	Groupes de sources modélisées						
		Érosion éolienne	Manutention	Routage	Ventilation de la mine			Gaz de combustion
					Manutention	Gaz de combustion	Sautage	
SIL1	Halde à stériles	x	x		x	Aucune émission de SiO_2 considérée		Aucune émission de SiO_2 considérée
SIL2	Forage 220-666				x			
SIL3	Forage 220-621				x			
SIL4	Sautage		x		x		x	
SIL5	Route non pavée : route 117			x	x			
SIL6	Route non pavée : route 640			x	x			
SIL7	Forage 210-751				x			
SIL8	Forage 210-750				x			
SIL9	Sautage 210-034 CGR		x		x		x	
SIL10	Sautage 210-034 AGR		x		x		x	

Tableau 33 : Teneur moyenne en silice cristalline en fonction de la taille de particules considérée pour chaque groupe de sources d'émission modélisées – Mine Canadian Malartic

Groupe de sources	Teneur moyenne en SiO_2 (en %) pour chaque taille de particule			
	< 2,5 µm	**< 4 µm**	< 10 µm	< 45 µm - PMT
Érosion éolienne	2,99	**4,26**	6,85	15,01
Manutention	2,71	**4,32**	9,12	17,17
Routage	1,18	**2,26**	4,82	11,56
Sautage	2,62	**4,34**	9,88	17,89
Forage	5,82	**9,36**	14,80	14,01
Bouteur	2,71	**4,32**	9,12	17,17
Usine	2,62	**4,34**	9,88	17,89

Tableau 34 : Teneur maximale en silice cristalline en fonction de la taille de particules considérée pour chaque groupe de sources d'émission modélisées – Mine Canadian Malartic

Groupe de sources	Teneur maximale en SiO_2 (en %) pour chaque taille de particule			
	< 2,5 µm	< 4 µm	**< 10 µm**	< 45 µm - PMT
Érosion éolienne	2,99	4,26	**6,85**	15,01
Manutention	4,77	6,99	**14,75**	23,89
Routage	1,32	2,48	**5,96**	14,41
Sautage	4,77	6,99	**14,75**	23,89
Forage	10,21	16,37	**25,16**	21,71
Bouteur	4,77	6,99	**14,75**	23,89
Usine	4,77	6,99	**14,75**	23,89

Tableau 35 : Teneur moyenne en silice cristalline en fonction de la taille de particules considérée pour chaque groupe de sources d'émission modélisées – Projet Odyssey

Groupe de sources	Teneur moyenne en SiO_2 (en %) pour chaque taille de particule			
	< 2,5 µm	**< 4 µm**	< 10 µm	< 45 µm - PMT
Érosion éolienne	2,99	**4,26**	6,85	15,01
Manutention	2,71	**4,32**	9,12	17,17
Routage	1,18	**2,26**	4,82	11,56
Ventilation : Manutention	3,65	**5,92**	10,53	14,78
Ventilation : Sautage	2,62	**4,34**	9,88	17,89

Tableau 36 : Teneur maximale en silice cristalline en fonction de la taille de particules considérée pour chaque groupe de sources d'émission modélisées – Projet Odyssey

Groupe de sources	Teneur maximale en SiO_2 (en %) pour chaque taille de particule			
	< 2,5 µm	< 4 µm	**< 10 µm**	< 45 µm – PMT
Érosion éolienne	2,99	4,26	**6,85**	15,01
Manutention	4,77	6,99	**14,75**	23,89
Routage	1,32	2,48	**5,96**	14,41
Ventilation : Manutention	10,21	16,37	**25,16**	23,89
Ventilation : Sautage	4,77	6,99	**14,75**	23,89

6 RÉSULTATS DE MODÉLISATION

Les sections qui suivent présentent les résultats de la modélisation réalisée pour les scénarios de modélisation et leurs variantes. Afin de comparer les concentrations modélisées aux normes et critères en vigueur pour chacune des substances, celles-ci sont additionnées aux concentrations initiales applicables dans le secteur. **Il est important de prendre note que les concentrations totales présentées dans cette section ne représentent pas des concentrations réelles mesurées, mais plutôt des concentrations obtenues par la simulation des activités planifiées par MCM et le projet Odyssey.** Ces concentrations modélisées doivent être interprétées selon le conservatisme et les limitations de la méthode de modélisation, lesquels sont décrits à la section 7.

Les cartes illustrent les courbes d'isoconcentration associées aux résultats. Les données chiffrées apparaissant sur ces cartes correspondent à la contribution des opérations du complexe minier seulement. La couleur des courbes indique si les concentrations totales, incluant les concentrations initiales, dépassent ou non les normes et critères de qualité de l'atmosphère. Les courbes présentées illustrent la concentration maximale calculée à chaque récepteur pour la période et l'ensemble des années météorologiques modélisés. Ainsi, il faut noter que ces maximums présentés pour chacun des points de calcul considérés ne se produisent pas nécessairement au cours de la même heure, de la même journée ou de la même année.

En somme, **les courbes d'isoconcentration présentent des situations hypothétiques où les conditions de dispersion les plus défavorables sont combinées simultanément sur la même carte**. Ces courbes, exigées par le MELCC, permettent néanmoins de bien visualiser pour une zone donnée du domaine de modélisation la concentration maximale des cinq années météorologiques considérées.

Les tableaux de résultats de la modélisation sont présentés à l'annexe A-3. Pour chacun des scénarios et des variantes, les résultats sont présentés en deux volets, soit pour les valeurs maximales dans le domaine d'application des normes et critères pour les valeurs maximales aux récepteurs sensibles. Les cartes de résultats sont, quant à elles, présentées à l'annexe B.

6.1 SCÉNARIO 1

6.1.1 *SCÉNARIO 1 DE BASE*

Les tableaux de résultats de la modélisation pour le scénario 1 de base sont présentés au tableau A-3-1 pour le domaine d'application des normes et critères et au tableau A-3-2 pour les récepteurs sensibles, alors que les cartes de résultats sont à l'annexe B-2. De plus, afin de mettre ces résultats en perspective, les résultats pour la variante du scénario 1 sans Odyssey sont également présentés pour certains composés d'importance.

6.1.1.1 PARTICULES TOTALES

Les concentrations de particules totales modélisées dépassent la norme 24 heures pour le scénario modélisé à la fois dans le domaine d'application et aux récepteurs sensibles.

La concentration totale maximale de particules totales modélisées dans le domaine d'application est de 241 µg/m^3, en considérant la concentration initiale, soit 201 % de la norme 24 heures. Ce maximum survient dans le secteur à l'ouest du concasseur primaire. Des dépassements sont également modélisés au nord des fosses. Néanmoins, aucun dépassement n'est modélisé directement au nord du secteur Odyssey. Aux récepteurs sensibles, la concentration totale maximale de particules totales modélisées est de 179 µg/m^3, soit 149 % de la norme. Ce maximum se produit dans le secteur résidentiel au nord du site, dans la ville de Malartic. Pour les autres catégories de récepteurs sensibles, les résultats montrent un respect de la norme en tout temps. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte B-2-3.

Ces concentrations modélisées ne découlent que partiellement des activités du projet Odyssey. Afin de mettre ces résultats en perspective, les concentrations de particules totales ont été compilées pour la variante du scénario 1 sans

Odyssey. Pour cette variante, les concentrations modélisées montrent un portrait similaire au précédent et il est identifié que les opérations du projet Odyssey contribuent à une augmentation de moins de 4 % de la concentration maximale à la limite d'application. Aux récepteurs sensibles, les opérations du projet Odyssey contribuent seulement à une augmentation de moins de 1 % des concentrations maximales. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte B-2-4.

Dans le secteur résidentiel au nord du site, les dépassements de la norme représentent au plus 6 jours par année, et ce, autant pour les scénarios avec et sans Odyssey. Le projet Odyssey ne contribue donc pas à l'augmentation des fréquences de dépassements aux récepteurs sensibles.

En raison des dépassements modélisés, les concentrations modélisées de particules totales sont présentées à la section 6.1.2 selon l'application du scénario 1 optimisé.

6.1.1.2 PARTICULES FINES

Les concentrations de particules fines modélisées dépassent la norme 24 heures pour le scénario modélisé dans le domaine d'application. La norme est cependant respectée pour l'ensemble des récepteurs sensibles.

La concentration totale maximale de particules fines modélisées dans le domaine d'application est de 53,2 µg/m^3, en considérant la concentration initiale, soit 177 % de la norme 24 heures. Ce maximum survient dans le secteur à l'ouest du concasseur primaire. Il s'agit d'ailleurs du seul secteur où des dépassements sont modélisés. Il est important de noter qu'il s'agit d'un secteur en territoire public. Aux récepteurs sensibles, la concentration totale maximale de particules fines modélisées est de 28,8 µg/m^3, en considérant la concentration initiale. Ce qui représente 96 % de la norme. Ce maximum se produit dans le secteur résidentiel au nord du site. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte B-2-5.

Pour la variante du scénario 1 sans Odyssey, les concentrations modélisées montrent un portrait similaire au précédent et il est identifié que les opérations du projet Odyssey contribuent à une augmentation d'environ 3 % de la concentration maximale à la limite d'application. Aux récepteurs sensibles, les opérations du projet Odyssey contribuent seulement à une augmentation d'environ 1 % des concentrations maximales. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte B-2-6.

En raison des dépassements modélisés, bien que ceux-ci soient limités à des territoires publics sans atteindre de récepteurs sensibles, les concentrations modélisées de particules fines sont présentées à la section 6.1.2 selon l'application du scénario 1 optimisé.

6.1.1.3 MONOXYDE DE CARBONE

Les concentrations de monoxyde de carbone modélisées rencontrent les normes 1 heure et 8 heures pour le scénario modélisé.

La concentration totale maximale de monoxyde de carbone modélisée dans le domaine d'application représente 30 % et 21 % des normes 1 heure et 8 heures, respectivement. Aux récepteurs sensibles, les concentrations modélisées représentent 10 % et 14 % des normes 1 heure et 8 heures, respectivement. En raison des faibles concentrations modélisées pour le monoxyde de carbone, les courbes d'isoconcentration n'ont pas été cartographiées.

6.1.1.4 DIOXYDE D'AZOTE

Les concentrations de dioxyde d'azote modélisées présentent des dépassements dans le domaine d'application des normes 1 heure et 24 heures établies par le MELCC, mais rencontrent la norme annuelle. Les normes sont cependant respectées pour l'ensemble des récepteurs sensibles, et ce, pour toutes les périodes.

En raison des dépassements modélisés, bien que ceux-ci soient limités à des territoires publics sans atteindre de récepteurs sensibles, les concentrations modélisées de dioxyde d'azote sont présentées à la section 6.1.2 selon l'application du scénario 1 optimisé.

PÉRIODE DE 1 HEURE

Dans le domaine d'application, la concentration totale maximale de dioxyde d'azote modélisée sur une période de 1 heure est de 620 µg/m^3, en considérant la concentration initiale, soit 150 % de la norme. Ce maximum survient à la limite d'application au nord du secteur Odyssey. Aux récepteurs sensibles, la concentration maximale modélisée est de 270 µg/m^3, en considérant la concentration initiale. Ce qui représente 65 % de la norme. Les courbes d'isoconcentration pour la période 1 heure sont illustrées à la carte B-2-7.

Pour la variante du scénario 1 sans Odyssey, les résultats montrent un respect de la norme 1 heure pour tout le domaine d'application. Les dépassements modélisés précédemment à la limite d'application au nord du secteur Odyssey sont donc principalement causés par les opérations du projet Odyssey. Il s'agit néanmoins de dépassements de faible ampleur limités à moins de 300 m de la limite d'application. De plus, il convient de rappeler qu'il s'agit d'un secteur en territoire public où aucun récepteur sensible n'est localisé. Aux récepteurs sensibles, il est identifié que les opérations du projet Odyssey contribuent à une augmentation d'environ 4 % des concentrations maximales. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte B-2-8.

PÉRIODE DE 24 HEURES

Dans le domaine d'application, la concentration totale maximale de dioxyde d'azote modélisée sur une période de 24 heures est de 212 µg/m^3, en considérant la concentration initiale, soit 103 % de la norme. Ce dépassement survient dans le secteur à l'ouest du concasseur primaire et celui-ci se produit uniquement une journée pour l'ensemble des cinq années de modélisation. Aux récepteurs sensibles, la concentration maximale modélisée est de 140 µg/m^3, en considérant la concentration initiale. Ce qui représente 68 % de la norme. Les courbes d'isoconcentration pour la période 24 heures sont illustrées à la carte B-2-9.

Pour la variante du scénario 1 sans Odyssey, la concentration totale maximale modélisée dans le domaine d'application atteint la valeur limite de la norme sans la dépasser. Le dépassement modélisé précédemment est donc causé en partie par l'ajout des opérations du projet Odyssey. Néanmoins, celles-ci ne contribuent qu'à 3 % de la concentration maximale et il s'agit d'un dépassement de faible ampleur limité à environ 50 m de la limite d'application. De plus, il convient de rappeler qu'il s'agit d'un secteur en territoire public où aucun récepteur sensible n'est localisé. Aux récepteurs sensibles, il est identifié que les opérations du projet Odyssey contribuent donc à une augmentation d'environ 3 % des concentrations maximales. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte B-2-10.

PÉRIODE ANNUELLE

Les concentrations totales maximales de dioxyde d'azote modélisées sur une période annuelle représentent, respectivement, 39 % et 31 % de la norme pour le domaine d'application et les récepteurs sensibles.

En raison des faibles concentrations modélisées, les courbes d'isoconcentration pour la période annuelle n'ont pas été cartographiées.

6.1.1.5 DIOXYDE DE SOUFRE

Les concentrations de dioxyde de soufre modélisées respectent les normes établies par le MELCC pour toutes les périodes dans le domaine d'application et aux récepteurs sensibles. Les concentrations maximales représentent 15%, 39 %, 20 % et 39 % des normes 4 minutes (1er maximum et 99,5^{e} centile), 24 heures et annuelle, respectivement. En raison des faibles concentrations modélisées pour le dioxyde de soufre, les courbes d'isoconcentration n'ont pas été cartographiées.

6.1.1.6 MÉTAUX ET MÉTALLOÏDES

Les concentrations modélisées de tous les métaux et métalloïdes considérés respectent les normes et critères établis par le MELCC à l'exception du critère annuel sur le manganèse, de la norme 24 heures sur le nickel et des critères 1 heure et annuel de la silice cristalline. Les résultats de ces composés sont donc discutés plus en détail ci-dessous.

De plus, en raison des dépassements modélisés, les concentrations modélisées pour ces composés sont présentées à la section 6.1.2 selon l'application du scénario 1 optimisé.

MANGANÈSE

Dans le domaine d'application, la concentration totale maximale de manganèse modélisée sur une période annuelle est de 0,0267 µg/m^3, soit 107 % du critère. Ces dépassements sont modélisés au nord des fosses. Aux récepteurs sensibles, la concentration maximale modélisée représente 101 % du critère. Ce maximum se produit au secteur résidentiel au nord du site, dans la ville de Malartic. Pour les autres catégories de récepteurs sensibles, les résultats montrent un respect du critère. Les courbes d'isoconcentration pour la période annuelle sont illustrées à la carte B-2-11.

Pour la variante du scénario 1 sans Odyssey, les concentrations modélisées montrent un portrait similaire au précédent et il est identifié que les opérations du projet Odyssey contribuent à une augmentation d'environ 1 % des concentrations maximales. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte B-2-12.

Il est important de noter que la concentration initiale considérée (0,02 µg/m^3) représente à elle seule 80 % du critère. Celle-ci provient du document du MELCC applicable à tout le territoire québécois (MELCC, 2018). Or, dans le guide d'instruction minier (MDDELCC, 2017a), le MELCC suggère des concentrations initiales pour les projets miniers nordiques éloignés des autres sources d'émission. Cette concentration suggérée pour le manganèse est de 0,005 µg/m^3, ce qui porterait les concentrations modélisées à 47% et 41 % du critère au domaine d'application et aux récepteurs sensibles, respectivement, assurant ainsi le respect du critère pour tout le domaine d'application.

NICKEL

Dans le domaine d'application, la concentration totale maximale de nickel modélisée sur une période 24 heures est de 0,0259 µg/m^3, soit 185 % de la norme. Ce maximum survient dans le secteur à l'ouest du concasseur primaire. Il s'agit d'ailleurs du seul secteur où des dépassements sont modélisés. Il convient de rappeler qu'il s'agit d'un secteur en territoire public. Aux récepteurs sensibles, la concentration maximale modélisée représente 79 % de la norme. Les résultats montrent donc un respect de la norme en tout temps aux récepteurs sensibles. Les courbes d'isoconcentration pour la période 24 heures sont illustrées à la carte B-2-13.

Pour la variante du scénario 1 sans Odyssey, les concentrations modélisées montrent un portrait similaire au précédent et il est identifié que les opérations du projet Odyssey contribuent à une augmentation d'environ 6 % des concentrations maximales. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte B-2-14.

SILICE CRISTALLINE

Les résultats de la modélisation montrent que les concentrations susceptibles d'être rencontrées dans l'air ambiant dans le domaine d'application dépassent les deux critères du MELCC pour la silice cristalline.

Pour le critère horaire, des dépassements sont modélisés dans les secteurs à l'ouest du concasseur primaire, au nord des fosses et au nord du secteur Odyssey. La concentration totale maximale, modélisée au nord du secteur Odyssey, représente 154 % du critère horaire. La principale source contributrice à cette concentration maximale est la ventilation de la mine souterraine, dont les sautages souterrains. Ces résultats doivent donc être interprétés selon l'incertitude et le conservatisme discutés à la section 7.2.2. Aux récepteurs sensibles, les résultats montrent un respect du critère en tout temps et la concentration maximale y représente 76 % du critère. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte B-2-15.

Pour la variante du scénario 1 sans Odyssey, les concentrations modélisées montrent un portrait similaire au précédent et il est alors identifié que les opérations du projet Odyssey contribuent faiblement à l'augmentation des concentrations maximales pour les secteurs à l'ouest du concasseur primaire et au nord des fosses. Cependant, pour le secteur au nord du secteur Odyssey, les opérations du projet Odyssey contribuent majoritairement aux dépassements. Il convient de rappeler qu'il s'agit d'un secteur en territoire public. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte B-2-16.

Pour le critère annuel, des dépassements sont modélisés dans plusieurs secteurs aux alentours du site minier. Aux récepteurs sensibles, les résultats montrent des dépassements pour les récepteurs situés dans la ville de Malartic. Pour les autres récepteurs sensibles, les résultats montrent un respect du critère. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte B-2-17.

Pour la variante du scénario 1 sans Odyssey, les concentrations modélisées montrent un portrait similaire au précédent et il est identifié que les opérations du projet Odyssey contribuent à une augmentation d'environ 2 % de la

concentration maximale. Pour le secteur directement au nord du secteur Odyssey, des dépassements supplémentaires sont observés. Les opérations du projet Odyssey y contribuent majoritairement. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte B-2-16.

6.1.1.7 CONTRIBUTION ODYSSEY

Les résultats de modélisation du scénario 1 de base présentés précédemment correspondent à l'opération prévue du projet Odyssey et de la mine Canadian Malartic simultanément. À la limite d'application, les résultats présentent un respect de l'ensemble des normes et critères considéré à l'exception des particules totales, des particules fines, du dioxyde d'azote (1 heure et 24 heures), du manganèse, du nickel et de la silice cristalline.

Comme discuté précédemment, ces concentrations modélisées ne proviennent pas uniquement de l'opération du projet Odyssey, mais proviennent également de l'opération de la mine Canadian Malartic et les résultats de la variante du scénario sans Odyssey ont alors été présentés pour ces composés d'importance. Or, afin de mettre en évidence la contribution du projet Odyssey, les résultats de modélisation sont repris et présentés d'une nouvelle façon pour ces composés.

Ainsi, l'augmentation des maximums modélisés par l'ajout des opérations du projet Odyssey est présentée aux cartes B-2-19 à B-2-22 pour les particules totales, les particules fines et le dioxyde d'azote. Cette augmentation est obtenue par la différence des maximums modélisés pour le scénario 1 avec et sans Odyssey, et ce, à chacun des récepteurs. C'est-à-dire que pour quantifier l'augmentation de la concentration maximale à un récepteur donné, le maximum de chacun des deux scénarios est comparé et ceux-ci peuvent survenir à des heures ou des journées différentes.

Il est important de mentionner que cette méthode de présentation des résultats ne constitue pas une exigence réglementaire. En fait, les concentrations présentées sur les cartes ne peuvent être directement comparées aux normes de qualité de l'atmosphère dans un contexte de conformité. Néanmoins, cette méthode permet de mettre en perspective les résultats de modélisation liés à l'opération prévue du projet Odyssey.

Ceci dit, ces cartes mettent en évidence que l'augmentation des concentrations liées aux opérations du projet Odyssey est principalement située au nord du secteur Odyssey. Ce secteur correspond à un territoire public où aucun récepteur sensible n'a été identifié.

6.1.2 SCÉNARIO 1 OPTIMISÉ

Dans le but de présenter un scénario alternatif d'opération permettant de s'assurer au maximum le respect des normes et critères du MELCC, une fluctuation des activités de manipulation de stériles et de minerai et un arrêt occasionnel du forage et du boutage ont été appliqués. Aucune fluctuation n'est considérée pour les opérations souterraines du projet Odyssey.

Les résultats de la modélisation indiquent que pour éliminer au maximum les dépassements de particules, il faut réduire le tonnage manipulé sur l'ensemble du site 40 % du temps, arrêter les opérations de boutage et de forage 11 % du temps et également restreindre plusieurs sautages, et ce, en plus de ceux déjà annulés lorsque le vent souffle en direction de la ville de Malartic. Théoriquement, le tonnage annuel effectif découlant des résultats de la modélisation passe donc de 60 Mt à 49 Mt, soit 81 % du tonnage modélisé au scénario 1. La séquence d'opération optimisée selon la modélisation est présentée au tableau 37. Or, tel que présenté dans le cadre de la modélisation 2015, le modèle ne reflète pas adéquatement la réalité locale. Par exemple, en 2016 et en 2017, les tonnages annuels extraits ont été d'environ 63 Mt et 67 Mt respectivement, alors qu'aucun dépassement de norme directement occasionné par les opérations de MCM n'a été mesuré. Ceci démontre clairement que tout en respectant les normes de qualité de l'atmosphère, CMGP est en mesure d'opérer à des capacités plus importantes que celles prédites par le modèle de dispersion.

De plus, ces restrictions d'opération ne proviennent pas entièrement des activités du projet Odyssey. Afin de mettre ces résultats en perspective, le scénario optimisé a également été compilé pour la variante du scénario 1 sans Odyssey. En comparant la séquence de restriction, il est possible de déduire que l'ajout du projet Odyssey augmente les arrêts requis pendant seulement 1 % du temps, soit, plus précisément, 63 heures par année. De plus, aucun arrêt supplémentaire du sautage n'est requis par l'ajout du projet Odyssey.

Les tableaux de résultats de la modélisation pour ce scénario alternatif sont présentés au tableau A-3-3 pour le domaine d'application des normes et critères et au tableau A-3-4 pour les récepteurs sensibles. Les cartes de résultats sont, quant à elles, présentées à l'annexe B-3, pour les particules totales, les particules fines, le dioxyde d'azote, le manganèse, le nickel et la silice cristalline, respectivement.

Tableau 37 : Séquence d'opération optimale selon la modélisation – Scénario 1 optimisé

Pourcentage du tonnage prévu manipulé considéré (%)	Nombre heures simulées dans le modèle		Pourcentage des heures totale simulées (%)	
	Pour les cinq années météorologiques de modélisation	Moyen par année		
100% (sans arrêt de manipulation du tonnage)	26 161	5 229	60%	
90%	1 610	322	4%	40%
80%	2 090	418	5%	
70%	2 351	470	5%	
60%	2 831	566	6%	
50%	2 562	512	6%	
40%	2 394	479	5%	
30%	2 103	420	5%	
20%	649	130	1%	
10%	186	37	0%	
0%	887	177	2%	
Arrêt complet forage et boutage (indépendamment du tonnage manipulé)	4 805	960	11%	

6.1.2.1 PARTICULES TOTALES

Dans l'application du scénario optimisé, les concentrations de particules totales modélisées respectent la norme 24 heures à la fois dans le domaine d'application et aux récepteurs sensibles. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte B-3-1.

6.1.2.2 PARTICULES FINES

Dans l'application du scénario optimisé, les concentrations de particules fines modélisées respectent la norme 24 heures à la fois dans le domaine d'application et aux récepteurs sensibles. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte B-3-2.

6.1.2.3 DIOXYDE D'AZOTE

Dans l'application du scénario optimisé, les concentrations de dioxyde d'azote modélisées respectent les normes 1 heure, 24 heures et annuelle aux récepteurs sensibles. Dans le domaine de modélisation, des dépassements sont toujours modélisés au nord du secteur Odyssey pour la norme 1 heure, mais la norme 24 heures est maintenant respectée. Il convient de rappeler qu'il s'agit néanmoins de dépassements de faible ampleur limités à moins de 300 m de la limite d'application et que celui-ci est situé dans un secteur en territoire public où aucun récepteur sensible n'est localisé. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées aux cartes B-3-3 et B-3-4 pour les périodes 1 heure et 24 heures.

6.1.2.4 MÉTAUX ET MÉTALLOÏDES

En ce qui concerne les dépassements de métaux susceptibles d'être observés en mode d'exploitation normal (scénario 1), les résultats de métaux ont été repris à partir de la même séquence d'altération des opérations nécessaires pour respecter en tout temps les normes de particules.

Pour le cas du manganèse et du nickel, la séquence d'altération des opérations permet indirectement d'éliminer tous les dépassements. Les normes sont alors respectées dans tout le domaine d'application et aux récepteurs sensibles. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées aux cartes B-3-5 et B-3-6, pour le manganèse et le nickel, respectivement.

Pour le cas du critère horaire de la silice cristalline, la séquence d'altération des opérations permet indirectement d'éliminer les dépassements dans le secteur à l'ouest du concasseur primaire. Pour ce qui est des dépassements au nord du secteur Odyssey, ceux-ci sont toujours observés. En effet, les sources de ventilation de la mine souterraine contribuent majoritairement à ces dépassements et ces sources ne sont pas altérées dans le scénario d'optimisation. Il convient néanmoins de rappeler qu'il s'agit d'un secteur en territoire public où aucun récepteur sensible n'est localisé. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte B-3-7 pour le critère horaire de la silice cristalline.

Pour le cas du critère annuel de la silice cristalline, la séquence d'altération des opérations permet indirectement de réduire de façon importante les concentrations modélisées. La réduction des concentrations totales maximales représente plus de 25 %, et ce, autant à la limite d'application qu'aux récepteurs sensibles. Néanmoins, les dépassements sont toujours modélisés. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte B-3-8 pour le critère annuel de la silice cristalline.

À titre indicatif, les courbes d'isoconcentration pour le scénario 1 optimisé sans Odyssey sont illustrées à la carte B-3-9 pour le critère annuel. Les concentrations modélisées montrent alors un portrait similaire au scénario avec Odyssey et il est alors identifié que les opérations du projet Odyssey contribuent faiblement à l'augmentation des concentrations maximales, et ce, en particulier pour les récepteurs sensibles. Par exemple, au secteur résidentiel au nord du site, il est identifié que les opérations du projet Odyssey contribuent à une augmentation de moins de 0,2 % des concentrations maximales.

6.2 SCÉNARIO 2

6.2.1 SCÉNARIO 2 DE BASE

Les tableaux de résultats de la modélisation pour le scénario 2 de base sont présentés au tableau A-3-5 pour le domaine d'application des normes et critères et au tableau A-3-6 pour les récepteurs sensibles. Les cartes de résultats sont, quant à elles, présentées à l'annexe B-4.

6.2.1.1 PARTICULES TOTALES

Les concentrations de particules totales modélisées dépassent la norme 24 heures pour le scénario modélisé dans le domaine d'application. La norme est cependant respectée pour l'ensemble des récepteurs sensibles.

La concentration totale maximale de particules totales modélisées dans le domaine d'application est de 120 µg/m^3, soit 100 % de la norme 24 heures. Ce maximum survient dans le secteur à l'ouest du concasseur primaire et celui-ci se produit uniquement pendant une journée pour l'ensemble des cinq années de modélisation. Il s'agit d'ailleurs du seul secteur où un dépassement est modélisé et ce dépassement de faible ampleur se retrouve à moins de 50 m de la limite d'application. De plus, il est important de rappeler qu'il s'agit d'un secteur en territoire public.

Aux récepteurs sensibles, la concentration totale maximale de particules totales modélisées est de 64 µg/m^3, soit 53 % de la norme. Ce maximum se produit au secteur résidentiel au nord du site, dans la ville de Malartic. Les résultats montrent donc un respect de la norme en tout temps pour tous les récepteurs sensibles. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte B-4-3.

Afin de mettre ces résultats en perspective, les concentrations de particules totales ont été comparées aux résultats de la modélisation pour le scénario 1 sans Odyssey. En effet, ce scénario peut être interprété comme un scénario de référence montrant une situation avant la mise en exploitation du projet Odyssey. La comparaison des résultats montre que les concentrations de particules totales attendues lors de l'exploitation maximale du projet Odyssey seront inférieures aux concentrations attendues en 2024. En particulier, au secteur résidentiel au nord du site, les concentrations totales maximales modélisées seraient réduites de près de 65% par rapport au scénario de référence.

En raison du dépassement modélisé, bien que celui-ci soit limité à des territoires publics sans atteindre de récepteurs sensibles, les concentrations modélisées de particules totales sont présentées à la section 6.2.2 selon l'application du scénario 2 optimisé.

6.2.1.2 PARTICULES FINES

Les concentrations de particules fines modélisées dépassent la norme 24 heures pour le scénario modélisé dans le domaine d'application. La norme est cependant respectée pour l'ensemble des récepteurs sensibles.

La concentration totale maximale de particules fines modélisées dans le domaine d'application est de 36,9 µg/m^3 soit 123 % de la norme 24 heures. Ce maximum survient au nord du secteur Odyssey. En comparaison avec le scénario 1, ce secteur présente une augmentation des concentrations de particules fines. Néanmoins, les dépassements se retrouvent à moins de 200 m de la limite d'application et n'atteignent aucun récepteur sensible. Des dépassements de faible ampleur sont également modélisés au secteur à l'ouest du concasseur primaire.

Aux récepteurs sensibles, la concentration totale maximale de particules fines modélisées est de 18,2 µg/m^3, en considérant la concentration initiale. Ce qui représente 61 % de la norme. Ce maximum se produit au secteur résidentiel au nord du site. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte B-4-4.

En comparaison avec le scénario de référence (scénario 1 sans Odyssey), les résultats montrent que les concentrations de particules fines attendues lors de l'exploitation maximale du projet Odyssey seront inférieures aux concentrations attendues en 2024. En particulier, au secteur résidentiel au nord du site, les concentrations totales maximales modélisées seraient réduites d'environ 36% par rapport au scénario de référence.

En raison des dépassements modélisés, bien que ceux-ci soient limités à des territoires publics sans atteindre de récepteurs sensibles, les concentrations modélisées de particules totales sont présentées à la section 6.2.2 selon l'application du scénario 2 optimisé.

6.2.1.3 MONOXYDE DE CARBONE

Les concentrations de monoxyde de carbone modélisées rencontrent les normes 1 heure et 8 heures pour le scénario modélisé.

La concentration totale maximale de monoxyde de carbone modélisée dans le domaine d'application représente 33 % et 22 % des normes 1 heure et 8 heures, respectivement. Les concentrations maximales sont modélisées au nord du secteur Odyssey. Aux récepteurs sensibles, les concentrations modélisées représentent 9 % et 14 % des normes 1 heure et 8 heures, respectivement. En raison des faibles concentrations modélisées pour le monoxyde de carbone, les courbes d'isoconcentration n'ont pas été cartographiées.

6.2.1.4 DIOXYDE D'AZOTE

Les concentrations de dioxyde d'azote modélisées présentent des dépassements dans le domaine d'application des normes 1 heure et 24 heures établies par le MELCC, mais rencontrent la norme annuelle. Les normes sont cependant respectées pour l'ensemble des récepteurs sensibles, et ce, pour toutes les périodes.

En raison des dépassements modélisés, bien que ceux-ci soient limités à des territoires publics sans atteindre de récepteurs sensibles, les concentrations modélisées de dioxyde d'azote sont présentées à la section 6.2.2 selon l'application du scénario 2 optimisé.

PÉRIODE DE 1 HEURE

Dans le domaine d'application, la concentration totale maximale de dioxyde d'azote modélisée sur une période de 1 heure est de 1 022 µg/m^3, soit 247 % de la norme. Ce maximum survient à la limite d'application au nord du

secteur Odyssey. Il s'agit d'une augmentation des concentrations modélisées pour ce secteur. Néanmoins, les dépassements modélisés demeurent à proximité du site sans atteindre les récepteurs sensibles. Aux récepteurs sensibles, la concentration maximale modélisée est de 265 µg/m^3, soit 64 % de la norme. Les courbes d'isoconcentration pour la période 1 heure sont illustrées à la carte B-4-5.

PÉRIODE DE 24 HEURES

Dans le domaine d'application, la concentration totale maximale de dioxyde d'azote modélisée sur une période de 24 heures est de 221 µg/m^3, soit 107 % de la norme. Ce dépassement survient au nord du secteur Odyssey celui-ci se produit aux plus deux journées par année. Aux récepteurs sensibles, la concentration maximale modélisée est de 63 µg/m^3, soit 31 % de la norme. Les courbes d'isoconcentration pour la période 24 heures sont illustrées à la carte B-4-6.

PÉRIODE ANNUELLE

Les concentrations totales maximales de dioxyde d'azote modélisées sur une période annuelle représentent, respectivement, 50 % et 16 % de la norme pour le domaine d'application et les récepteurs sensibles.

En raison des faibles concentrations modélisées, les courbes d'isoconcentration pour la période annuelle n'ont pas été cartographiées.

6.2.1.5 DIOXYDE DE SOUFRE

Les concentrations de dioxyde de soufre modélisées respectent les normes établies par le MELCC pour toutes les périodes dans le domaine d'application et aux récepteurs sensibles. Les concentrations maximales représentent 15%, 42 %, 21 % et 39 % des normes 4 minutes (1er maximum et 99,5^{e} centile), 24 heures et annuelle, respectivement. En raison des faibles concentrations modélisées pour le dioxyde de soufre, les courbes d'isoconcentration n'ont pas été cartographiées.

6.2.1.6 MÉTAUX ET MÉTALLOÏDES

Les concentrations modélisées de tous les métaux et métalloïdes considérés respectent les normes et critères établis par le MELCC à l'exception de la norme 24 heures sur le nickel et des critères 1 heure et annuel de la silice cristalline. Contrairement aux résultats du scénario 1, les résultats du scénario 2 montrent un respect du critère de manganèse. Les résultats de ces composés sont donc discutés plus en détail ci-dessous.

De plus, en raison des dépassements modélisés, les concentrations modélisées pour ces composés sont présentées à la section 6.2.2 selon l'application du scénario 2 optimisé.

MANGANÈSE

Dans le domaine d'application, la concentration totale maximale de manganèse modélisée sur une période annuelle est de 0,0242 µg/m^3, soit 97 % du critère. Aux récepteurs sensibles, la concentration maximale modélisée représente 87 % du critère. Les courbes d'isoconcentration pour la période annuelle sont illustrées à la carte B-4-7.

En comparaison avec le scénario de référence (scénario 1 sans Odyssey), les résultats montrent que les concentrations de manganèse attendues lors de l'exploitation maximale du projet Odyssey seront inférieures aux concentrations attendues en 2024. En particulier, au secteur résidentiel au nord du site, les concentrations totales maximales modélisées seraient réduites de près de 15 % par rapport au scénario de référence.

Il convient de rappeler, comme discuté à la section 6.1.1.6, que la concentration initiale considérée représente à elle seule 80 % du critère. L'utilisation de la concentration initiale recommandée par le MELCC pour les projets miniers nordiques éloignés des autres sources d'émission porterait les concentrations modélisées à 37% et 27 % du critère au domaine d'application et aux récepteurs sensibles, respectivement.

NICKEL

Dans le domaine d'application, la concentration totale maximale de nickel modélisée sur une période 24 heures est de 0,0169 µg/m^3, soit 121 % de la norme. Ce maximum survient dans le secteur à l'ouest du concasseur primaire. Il s'agit d'ailleurs du seul secteur où des dépassements sont modélisés et que ceux-ci surviennent uniquement deux journées pour l'ensemble des cinq années de modélisation. Il faut également rappeler qu'il s'agit d'un secteur en

territoire public. Aux récepteurs sensibles, la concentration maximale modélisée représente 45 % de la norme. Les résultats montrent donc un respect de la norme en tout temps aux récepteurs sensibles. Les courbes d'isoconcentration pour la période 24 heures sont illustrées à la carte B-4-8.

En comparaison avec le scénario de référence (scénario 1 sans Odyssey), les résultats montrent que les concentrations de nickel attendues lors de l'exploitation maximale du projet Odyssey seront inférieures aux concentrations attendues en 2024. En particulier, au secteur résidentiel au nord du site, les concentrations totales maximales modélisées seraient réduites d'environ 40 % par rapport au scénario de référence.

SILICE CRISTALLINE

Les résultats de la modélisation montrent que les concentrations susceptibles d'être rencontrées dans l'air ambiant dans le domaine d'application dépassent les deux critères du MELCC pour la silice cristalline. Les critères sont cependant respectés pour l'ensemble des récepteurs sensibles, et ce, pour les deux périodes.

Pour le critère horaire, des dépassements sont modélisés au nord du secteur Odyssey. La concentration totale maximale représente 250 % du critère horaire. La principale source contributrice à cette concentration maximale est la ventilation de la mine souterraine, dont les sautages souterrains. Ces résultats doivent donc être interprétés selon l'incertitude et le conservatisme discutés à la section 7.2.2. Ces dépassements sont circonscrits sur des territoires publics sans atteindre de récepteurs sensibles et ceux-ci sont limités à moins de 500 m de la limite d'application. Aux récepteurs sensibles, les résultats montrent un respect du critère en tout temps et la concentration maximale y représente 47 % du critère. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte B-4-9.

Pour le critère annuel, des dépassements sont modélisés au nord du secteur Odyssey. Aux récepteurs sensibles, les résultats montrent un respect du critère. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte B-4-10.

En comparaison avec le scénario de référence (scénario 1 sans Odyssey), les résultats montrent que les concentrations de silice cristalline attendues au secteur résidentiel au nord du site lors de l'exploitation maximale du projet Odyssey seront inférieures aux concentrations attendues en 2024. En particulier, les concentrations totales maximales modélisées seraient réduites de près de 41% et 53 % par rapport au scénario de référence, et ce, pour le critère horaire et annuel, respectivement.

6.2.1.7 CONTRIBUTION ODYSSEY

Les résultats de modélisation du scénario 2 de base présentée précédemment correspondent à l'opération prévue du projet Odyssey lors de l'exploitation maximale. Afin de mettre ces résultats en perspective, les résultats peuvent être comparés aux résultats de la modélisation pour le scénario 1 sans Odyssey. En effet, ce scénario peut être interprété comme un scénario de référence montrant une situation avant la mise en exploitation du projet Odyssey.

Ainsi, afin de mettre en évidence la contribution du projet Odyssey, la variation des maximums modélisés par la simulation des opérations du projet Odyssey est présentée aux cartes B-4-11 à B-4-14 pour les particules totales, les particules fines et le dioxyde d'azote. Cette variation est obtenue par la différence des maximums modélisés pour le scénario 2 et le scénario 1 sans Odyssey, et ce, à chacun des récepteurs. C'est-à-dire que pour quantifier la variation de la concentration maximale à un récepteur donné, le maximum de chacun des deux scénarios est comparé et ceux-ci peuvent survenir à des heures ou des journées différentes. Une variation positive représente une augmentation, tandis qu'une variation négative représente une diminution par rapport à la situation de référence.

Il est important de mentionner que cette méthode de présentation des résultats ne constitue pas une exigence réglementaire. En fait, les concentrations présentées sur les cartes ne peuvent être directement comparées aux normes de qualité de l'atmosphère. Néanmoins, cette méthode permet de mettre en perspective les résultats de modélisation liés à l'opération prévue du projet Odyssey lors de l'exploitation maximale.

Ceci dit, ces cartes mettent en évidence qu'une augmentation des concentrations maximales pour les particules totales et fines est observée au nord du secteur Odyssey, sans atteindre de récepteurs sensibles. Pour tous les récepteurs sensibles, il y a une diminution des concentrations modélisées. Pour le dioxyde d'azote, des augmentations et des diminutions sont observées à travers tout le domaine de modélisation. Les augmentations le plus importantes sont observées au nord du secteur Odyssey. Les augmentations au niveau des récepteurs sensibles sont quant à elles bien inférieures à la concentration initiale, à l'exception des augmentations au niveau de certains baux de location en terre publique.

6.2.2 *SCÉNARIO 2 OPTIMISÉ*

Bien qu'aucun dépassement ne soit modélisé aux récepteurs sensibles pour le scénario 2 de base et que les dépassements modélisés dans le domaine d'application se trouvent en territoires publics, la modélisation du scénario 2 est reprise en appliquant la même méthode d'altération des opérations que celle présentée pour le scénario 1 (section 6.1.2). Ce scénario 2 optimisé a pour but d'offrir un comparatif équivalent au scénario 1 optimisé.

Ainsi, dans le but de présenter un scénario alternatif d'opération permettant de s'assurer au maximum le respect des normes et critères du MELCC, une fluctuation des activités de manipulation en surface de stériles et de minerai et un arrêt occasionnel du boutage ont été appliqués. Aucune fluctuation n'est considérée pour les opérations souterraines du projet Odyssey.

Les résultats de la modélisation indiquent que pour éliminer au maximum les dépassements de particules, il faut réduire le tonnage manipulé sur l'ensemble du site 7 % du temps et arrêter les opérations de boutage 5 % du temps. Théoriquement, le tonnage annuel effectif découlant des résultats de la modélisation passe donc de 7,8 Mt à 7,5 Mt, soit 96 % du tonnage modélisé au scénario 2. La séquence d'opération optimisée selon la modélisation est présentée au tableau 38. La séquence de fluctuation des opérations obtenue par la modélisation du scénario 2 optimisé est beaucoup plus fréquente que les dépassements de particules modélisés pour le scénario de base. En effet, il s'avère que l'application de la méthode d'optimisation basée sur un critère horaire est plus restrictive que les normes journalières elles-mêmes. Ainsi, cette méthode produit des arrêts horaires des opérations lors de journée qui ne présenterait pas de dépassement.

En comparaison à la séquence d'opération obtenue pour le scénario 1 optimisé, l'altération des activités obtenue pour le scénario 2 est beaucoup moins fréquente. Ceci est un indicateur des plus faibles concentrations de particules modélisées pour ce scénario.

Les tableaux de résultats de la modélisation pour ce scénario alternatif sont présentés au tableau A-3-7 pour le domaine d'application des normes et critères et au tableau A-3-8 pour les récepteurs sensibles. Les cartes de résultats sont, quant à elles, présentées à l'annexe B-5, pour les particules totales, les particules fines, le dioxyde d'azote, le manganèse, le nickel et la silice cristalline, respectivement.

Tableau 38 : Séquence d'opération optimale selon la modélisation – Scénario 2 optimisé

Pourcentage du tonnage prévu manipulé considéré (%)	Nombre heures simulées dans le modèle		Pourcentage des heures totale simulées (%)	
	Pour les cinq années météorologiques de modélisation	Moyen par année		
100% (sans arrêt de manipulation du tonnage)	40 710	8 138	93%	
90%	352	70	0,8%	7%
80%	346	69	0,8%	
70%	329	66	0,8%	
60%	258	52	0,6%	
50%	210	42	0,5%	
40%	151	30	0,3%	
30%	87	17	0,2%	
20%	58	12	0,1%	
10%	55	11	0,1%	
0%	1 265	253	3%	
Arrêt complet forage et boutage (indépendamment du tonnage manipulé)	2 101	420	5%	

6.2.2.1 PARTICULES TOTALES

Dans l'application du scénario optimisé, les concentrations de particules totales modélisées respectent la norme 24 heures à la fois dans le domaine d'application et aux récepteurs sensibles. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte B-5-1.

6.2.2.2 PARTICULES FINES

Dans l'application du scénario optimisé, les concentrations de particules fines modélisées respectent la norme 24 heures dans le secteur à l'ouest du concasseur primaire. Néanmoins, les dépassements modélisés au nord du secteur Odyssey demeurent. La norme est cependant respectée pour l'ensemble des récepteurs sensibles. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte B-5-2.

6.2.2.3 DIOXYDE D'AZOTE

Dans l'application du scénario optimisé, les concentrations de dioxyde d'azote modélisées respectent les normes 1 heure, 24 heures et annuelle aux récepteurs sensibles. Dans le domaine de modélisation, des dépassements sont toujours modélisés au nord du secteur Odyssey pour les normes 1 heure et 24 heures. Le portait des résultats est donc similaire à celui du scénario de base. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées aux cartes B-5-3 et B-5-4 pour les périodes 1 heure et 24 heures.

6.2.2.4 MÉTAUX ET MÉTALLOÏDES

En ce qui concerne les dépassements de métaux susceptibles d'être observés en mode d'exploitation normal (scénario 2), les résultats de métaux ont été repris à partir de la même séquence d'altération des opérations nécessaires pour respecter en tout temps les normes de particules.

Pour le cas du manganèse et du nickel, la séquence d'altération des opérations permet indirectement de réduire les concentrations modélisées. Pour le cas du nickel, cette diminution des concentrations permet le respect de la norme

en tout temps à la fois dans le domaine d'application et aux récepteurs sensibles. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées aux cartes B-5-5 et B-5-6, pour le manganèse et le nickel, respectivement.

Pour le cas du critère horaire de la silice cristalline, la séquence d'altération des opérations permet indirectement de réduire légèrement les concentrations modélisées. Par contre, des dépassements sont toujours observés au nord du secteur Odyssey. En effet, les ventilations de la mine souterraine contribuent majoritairement à ces dépassements et ces sources ne sont pas altérées dans le scénario d'optimisation. Il convient néanmoins de rappeler qu'il s'agit d'un secteur en territoire public. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte B-5-7 pour le critère horaire de la silice cristalline.

Pour le cas du critère annuel de la silice cristalline, la séquence d'altération des opérations permet indirectement de réduire de façon importante les concentrations modélisées. La réduction des concentrations totales maximales représente environ 10 % à la limite d'application et environ 8 % aux récepteurs sensibles. Néanmoins, les dépassements sont toujours modélisés dans le domaine d'application dans un secteur correspondant à des territoires publics sans atteindre de récepteurs sensibles. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte B-5-8 pour le critère annuel de la silice cristalline.

7 CONSERVATISME ET LIMITATION

7.1 CONSERVATISME DE L'APPROCHE

La modélisation de la dispersion atmosphérique strictement réalisée selon les exigences du MELCC a pour objectif d'évaluer les concentrations potentielles maximales dans l'air ambiant et de s'assurer que les normes seront respectées en tout temps. En effet, selon le *Guide de modélisation de la dispersion atmosphérique* du MELCC, les résultats présentés doivent toujours correspondre aux maximums obtenus, pour chacune des périodes, à chacun des récepteurs identifiés. Il s'agit donc d'une approche très conservatrice puisqu'aucune valeur modélisée n'est retirée de l'analyse et qu'aucun traitement par centiles n'est effectué, à l'exception de certaines normes bien spécifiques.

De plus, pour évaluer les impacts d'un projet à l'aide de la modélisation, des scénarios conservateurs doivent être considérés. Par conséquent, des « scénarios pires cas » doivent être modélisés afin de bien représenter les maximums pouvant survenir pendant toute la durée de vie du projet, et ce, même si une fluctuation importante des opérations est planifiée.

Finalement, des concentrations initiales conservatrices sont ajoutées aux résultats de modélisation. Les valeurs utilisées sont des valeurs fixes alors que les concentrations initiales réelles varient dans le temps et sont en moyenne plus basses que les valeurs utilisées.

7.2 INCERTITUDES ET LIMITATION DU MODÈLE

7.2.1 *FACTEURS D'ÉMISSIONS*

Les taux d'émission utilisés pour représenter les différentes sources fugitives sont estimés à l'aide d'équations empiriques visant à donner un ordre de grandeur des émissions plutôt qu'un chiffre exact. De plus, l'efficacité de l'atténuation appliquée dans le but de contrôler ces émissions ne peut qu'être estimée grossièrement. En effet, les principaux contributeurs d'une mine sont des sources fugitives dont la caractérisation demeure un exercice difficile puisque leurs émissions varient, entre autres, en fonction des conditions météorologiques, de l'heure de la journée et de la variation des opérations.

L'estimation des taux d'émissions est d'ailleurs majoritairement basée sur des facteurs d'émissions provenant de l'AP-42, souvent déterminés à partir d'ensembles relativement petits de mesures et entachés de grandes incertitudes. Ces équations ont également été développées à l'aide de mesures effectuées dans des contextes et des climats variés. Par exemple, aucune de ces équations ne prend en compte les conditions hivernales et la couverture de neige, qui est pourtant une réalité importante au Québec.

À titre indicatif, Golder Associates a déterminé, suite à une campagne d'échantillonnage sur deux sites miniers canadiens, que les conditions hivernales peuvent atténuer naturellement les émissions de particules générées par le transport sur route non pavées de 94 % et 96 % (Golder Associates, 2012). L'étude a également permis de démontrer une forte dépendance entre les concentrations de particules mesurées et l'humidité relative de l'air, paramètre qui n'est pas considéré dans l'équation suggérée par l'AP-42 pour déterminer les taux d'émissions de matières particulaires de resuspension découlant du routage. Prendre note que ces atténuations en conditions hivernales n'ont pas été considérées dans la présente modélisation, mais sont données pour appuyer l'argumentaire sur les incertitudes et limitations.

7.2.2 *ÉMISSIONS DE LA VENTILATION DE LA MINE SOUTERRAINE*

La caractérisation des émissions de la ventilation de la mine souterraine présente une grande incertitude et plus particulièrement au niveau des émissions de matières particulaires et de métaux.

La méthode retenue pour la présente étude n'est pas basée sur des facteurs d'émissions directement associés aux activités souterraines. En effet, il n'existe pas de taux d'émission documenté pour ces activités souterraines. Par exemple, pour les activités de sautage souterrain, les émissions ont été déterminées à partir de l'AP-42 pour le cas correspondant à la description de ces activités survenant en surface. Or, ces taux d'émissions ne sont pas nécessairement valides pour les activités souterraines où le taux d'humidité est élevé. Ceci contribue généralement à réduire la mise en suspension des particules et donc à diminuer les émissions. Néanmoins, cette méthode conservatrice a été utilisée dans la modélisation.

Ensuite, les émissions caractérisées à l'intérieur de la mine souterraine sont considérées être transportées à l'atmosphère en totalité, et ce, par conservatisme. Cette hypothèse ne tient pas compte de la déposition des particules pendant leur transport vers les sorties de la ventilation. En effet, la durée d'évacuation peut s'étendre sur plusieurs heures et alors que l'humidité des parois de la mine est élevée. Ces facteurs contribuent à la déposition et à l'atténuation des émissions lorsque ces dernières sont acheminées vers les sorties de la ventilation.

7.2.3 DISPERSION DES MATIÈRES PARTICULAIRES

Il est reconnu depuis un bon nombre d'années que la modélisation des sources fugitives de particules surestime substantiellement les concentrations réelles dans l'atmosphère (AISI, 2015; Pace, 2005). Il s'avère également que les mesures prises afin de déterminer les facteurs d'émission ont généralement été effectuées près des sources, typiquement entre 5 et 10 mètres, alors qu'en moyenne, environ 2/3 du nuage de poussière était à moins de 2 mètres du sol. Ainsi, puisque les nuages étaient turbulents et près du sol, d'importantes réductions sont susceptibles de survenir sur une distance de quelques dizaines ou centaines de mètres pour ce type d'émission.

Il s'avère en effet que la dispersion des matières particulaires est un procédé physique complexe et actuellement mal représenté par les modèles de dispersion. Il est maintenant reconnu que différents phénomènes affectent la dispersion des particules : la déposition sèche (due à la force de gravité et la masse des particules), la déposition humide (due aux précipitations), la filtration des émissions par la couverture du sol (herbe, arbres, bâtiments, etc.) lorsque les émissions sont émises près du sol, ainsi que les forces électrostatiques, la thermophorèse et l'agglomération des particules qui peuvent accroitre la déposition au sol. Des phénomènes qui s'ajoutent à la déposition sèche déjà supportée par les modèles de dispersion et prise en considération dans la présente étude.

De plus, la filtration des émissions par la couverture du sol n'est actuellement pas supportée par les modèles de dispersion. Ces phénomènes physiques contribuent à réduire de façon considérable les concentrations réelles de particules dans l'air, et particulièrement par vent faible, alors que la dispersion est faible. Lors de tests sur le terrain, il a en effet été démontré que l'effet de filtration peut être très variable, allant de très faible, de jour, dans un environnement dénudé jusqu'à un taux de 85 %, de nuit, alors que des structures étaient présentes entre la route et les équipements de mesures (Pace, 2005).

7.2.4 VARIATION SPATIALE ET TEMPORELLE DU SCÉNARIO

Les scénarios de modélisation considérés sont des scénarios statiques, c'est-à-dire que les sources d'émission ont les mêmes positions au cours de l'année. Or, la majorité des émetteurs se déplacent au fil des heures et de l'année. Les tronçons de route utilisés s'allongent et se déplacent tandis que d'autres sont abandonnés, les haldes à minerai s'étendent, les bouteurs, les chargeuses et les foreuses se déplacent, les sautages sont effectués dans diverses régions sur le site, etc. Le scénario réel d'opération est ainsi beaucoup plus complexe et variable que le scénario de modélisation.

En fait, vu la complexité et la variabilité des opérations d'un complexe minier, un scénario moyen est considéré. C'est donc dire que l'ensemble des opérations est moyenné sur chacune des heures de l'année.

7.2.5 MODÈLE MÉTÉOROLOGIQUE ET MODÈLE DE DISPERSION

Les modèles de dispersion sont conçus pour représenter le plus fidèlement possible la réalité, tout en restant conservateurs. Or, ceux-ci sont des modèles mathématiques avec leurs limites, considérant un ensemble fini de paramètres. Ces modèles seront donc toujours entachés d'une certaine incertitude.

7.2.5.1 VENTS COMPLEXES

Le modèle AERMOD ne prend pas en compte les champs de vents complexes susceptibles d'être rencontrés en région accidentée ou dans une région où l'utilisation du sol n'est pas uniforme. En effet, les paramètres météorologiques utilisés par le modèle sont les mêmes en tout point du domaine de modélisation, autant horizontalement que verticalement. Le champ de vent considéré par le modèle est donc le même au creux d'une vallée, au sommet d'une montagne, en ville ainsi qu'au milieu d'un lac.

7.2.5.2 TOPOGRAPHIE ET LIGNE DE MIRE

Le modèle AERMOD est un modèle gaussien qui est valide lorsque la dispersion en ligne de mire est représentative. Plus précisément, AERMOD peut calculer assez fidèlement la dispersion à l'intérieur d'une vallée, mais ne peut

représenter adéquatement le transport des contaminants à l'extérieur de celle-ci. Ainsi, il n'est pas approprié lorsque des obstacles topographiques importants doivent être traversés.

Le traitement de la topographie du modèle AERMOD met justement ce phénomène en évidence. En effet, la topographie est traitée via l'utilisation du préprocesseur AERMAP, qui assigne une valeur de *zhill* à chacun des récepteurs en fonction de la topographie locale, et ce, sans tenir compte de la position des sources et donc, de la provenance des émissions. Ainsi pour un récepteur donné, AERMAP et AERMOD ne peuvent distinguer si l'obstacle se trouve devant ou derrière le récepteur, par rapport à la source. Un autre point important concernant la valeur attribuée au *zhill* est que celle-ci dépend uniquement de l'environnement local. Les obstacles topographiques rencontrés en amont n'ont donc aucun effet sur la dispersion aux récepteurs d'intérêt.

Il est important de souligner que le modèle de dispersion AERMOD n'est pas apte à représenter les concentrations susceptibles d'être observées dans l'atmosphère de l'autre côté d'obstacles topographiques importants. Dans le cadre de la présente étude, par exemple, le modèle AERMOD ne peut pas représenter adéquatement l'effet sur la dispersion des émissions de la butte-écran séparant le site minier des récepteurs sensibles de la ville de Malartic. Les concentrations modélisées à ces récepteurs sont donc susceptibles d'être surestimées.

7.2.5.3 TRAITEMENT DES VENTS FAIBLES

Dans les conditions actuelles de modélisation pour les projets miniers, les concentrations maximales sont obtenues par vent faible. Ceci s'explique par les conditions de modélisation : taux d'émission indépendant du vent pour la majorité des sources, sources volumiques situées près du sol, etc. Pour cette raison, le traitement des vents calmes est primordial, d'autant plus que seules les valeurs maximales sont présentées et utilisées pour l'analyse des impacts des projets.

De par leur formulation théorique, les modèles gaussiens, pour lesquels la solution à l'état stationnaire diverge par vent faible, produisent des concentrations excessivement élevées dans de telles conditions. Les guides de dispersion atmosphérique pour ces modèles recommandent d'ailleurs de retirer les vents inférieurs à 0,5 m/s et certaines conditions de vents sont donc écartées de l'analyse.

Bien que les problèmes de performance du modèle AERMOD par vent faible soient historiquement bien connus, de nouvelles options de traitement ont été proposées et sont maintenant acceptées comme option par défaut afin de contrôler cette problématique. L'importance des conditions de vents faibles, couplée à la formulation problématique du modèle dans de telles conditions, soulève néanmoins d'importantes incertitudes sur les résultats.

7.2.6 AUTRES

Parmi les autres sources d'erreur qui peuvent avoir un impact sur les résultats de modélisation, il faut noter :

- La topographie, qui possède une incertitude typiquement de l'ordre d'environ plus ou moins cinq mètres. L'élévation réelle des récepteurs est ainsi approximative.
- Les paramètres de dispersion initiale et de hauteur de relâche, qui sont des paramètres approximatifs visant à représenter grossièrement le comportement typique des émissions à la source.

7.3 DISCUSSION ET RÉSERVES

L'article 197 du RAA prescrit l'utilisation de la modélisation de la dispersion atmosphérique dans le but d'évaluer et d'autoriser les projets. Or, il est important de réitérer au lecteur l'ampleur des différentes incertitudes et limitations connues du modèle dans la représentation de la dispersion des émissions d'un projet minier, alors que les sources fugitives de particules sont prédominantes. Dr Cowherd, contributeur important de l'AP-42 et de l'élaboration des facteurs d'émission pour les sources fugitives, prônait d'ailleurs en 2012 le développement et le raffinement des méthodes de modélisation avant d'imposer l'utilisation de la modélisation pour l'application des standards de qualité de l'air aux États-Unis (Cowherd, 2012).

Il est en fait reconnu depuis un bon nombre d'années que la modélisation des sources fugitives de particules surestime substantiellement les concentrations réelles dans l'atmosphère (AISI, 2015; Pace, 2005). Les analyses

suggèrent que ces surestimations peuvent aller jusqu'à un ordre de grandeur. Dans le milieu des années 90, le U.S. EPA Office of Air Quality Planning and Standards (OAQPS) a d'ailleurs commencé à utiliser systématiquement un facteur « divide by four » afin « d'ajuster » les estimations d'émissions de particules et d'obtenir de meilleurs accords entre les modélisations et les données d'échantillonnage.

Dans ce contexte, il est important de rappeler que les maximums modélisés et présentés à la section 6 surviennent par vent faible, alors que d'expérience, les évènements de poussière d'une mine se produisent plutôt par vent fort. L'évaluation des conditions météorologiques lors de dépassements modélisés est donc contradictoire et démontre bien l'incapacité actuelle du modèle à représenter fidèlement la réalité d'un site minier.

De plus, puisque la granulométrie des émissions varie grandement d'un type de source à l'autre, la magnitude de la déposition et son effet attendu sont différents en fonction des sources d'émission. La contribution des sources d'émission modélisée est donc également faussée, ce qui peut placer l'accent sur des sources qui ne sont en réalité pas nécessairement problématiques et vice-versa.

Finalement, il faut souligner que les périodes de vents faibles sont plus fréquentes que celles de vents forts. Les occurrences de dépassements et les moyennes annuelles modélisées sont par conséquent surestimées. Ainsi, puisque les concentrations modélisées pour les différents métaux sont calculées à partir des concentrations modélisées pour les particules, la surestimation des concentrations de particules peut également engendrer une surestimation des concentrations modélisées pour les métaux.

8 SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'AIR

Le programme de surveillance de la qualité de l'atmosphère de MCM prévoit la mesure de la qualité de l'air à trois stations situées dans la ville de Malartic.

La première station (station Nord A1) se trouve dans le quartier nord de Malartic, dans le parc Stoykovitch sur la rue Authier. La deuxième station (station Sud A2) se trouve au sud de la ville dans le parc Belvédère, sur la rue Frontenac. Cette station est située à proximité de la butte-écran bordant la partie nord de la propriété de Mine Canadian Malartic. La troisième station (station Est A3) se trouve à l'est de la ville dans le quadrilatère des avenues Villeneuve et Champlain et de la rue Laurier. La carte B-1-2 indique la position des stations du réseau de suivi de la qualité de l'atmosphère à Malartic. Une station météorologique est également en opération. Celle-ci permet l'interprétation des résultats du suivi de la qualité de l'air. La position de cette station est également indiquée à la carte précédente.

Les équipements de mesure et les composés suivis varient selon les stations. D'abord, des mesures en continu pour chacune des trois stations sont effectuées pour les composés suivants :

— Particules totales (PMT)
— Particules fines ($PM_{2,5}$)
— Oxydes d'azote (NO_x)

Ensuite, des mesures sur filtre sont effectuées aux stations A2 et A3 pour les composés suivants :

— Particules totales
— Composition en métaux
— Silice cristalline

Pour les particules totales, les mesures en continu sont effectuées à l'aide d'analyseurs en continu de type BAM, tandis que les mesures sur filtre sont effectuées à l'aide d'échantillonneur de type Hi-Vol. Pour les particules fines, les mesures en continu sont effectuées à l'aide d'analyseurs en continu de type BAM.

Les équipements utilisés pour effectuer l'échantillonnage sont basés sur l'autorisation pour l'exploitation de l'établissement industriel Mine Canadian Malartic (20 novembre 2018). Les analyseurs en continu (BAM) ne sont pas des équipements reconnus par le US-EPA pour la mesure des PMT et, de ce fait, ils ne sont pas utilisés pour le suivi de la conformité des opérations de la minière. Par contre, comme ces équipements fournissent des mesures en continu, ils servent à ajuster les activités sur le site afin de contrôler les émissions provenant de la mine.

Tous les autres équipements mentionnés dans l'autorisation pour l'exploitation de l'établissement industriel Mine Canadian Malartic (20 novembre 2018) servent également au suivi de la conformité.

Une analyse des résultats du suivi de la qualité de l'air pour la période de janvier 2019 à septembre 2020 pour les PMT et les $PM_{2,5}$ est présentée ci-dessous. Le tableau 39 présente un résumé de l'analyse statistique de ces mesures, tandis que la série temporelle des mesures est présentée aux figures de l'annexe A-4. Pour cette période, les données valides disponibles représentent environ 635 journées pour les mesures en continu (BAM) et environ 100 journées pour les mesures d'échantillonnage (Hi-Vol), et ce, pour chacune des stations.

Pour les particules totales, la station A2 est celle qui présente les concentrations les plus élevées, tandis que la station A1 présente les concentrations les plus faibles. Les données présentent un haut niveau de conformité. Par exemple, les concentrations correspondant au 99^{e} centile représentent au plus 82 % de la norme, et ce, pour toutes les stations. Pour l'ensemble de la période, un seul dépassement de la valeur limite de la norme a été mesuré. Ce dépassement, mesuré à l'aide d'un équipement non réglementaire de type BAM, est survenu le 16 mars 2020 à la station A2, où une concentration moyenne de 125 µg/m^3 a été mesurée, soit 104 % de la valeur limite. Pour ce cas précis, selon les informations transmises par MCM, l'analyse des conditions météorologiques observées et les inspections réalisées dans la ville de Malartic a permis de conclure que les concentrations mesurées ne sont pas entièrement attribuables à MCM et que des sources provenant de la ville de Malartic ont contribué aux valeurs élevées enregistrées.

Pour les particules fines, la station A3 est celle qui présente les concentrations les plus élevées, tandis que la station A2 présente les concentrations les plus faibles. Les données présentent un haut niveau de conformité. Par exemple, les concentrations correspondant au 99^{e} centile représentent au plus 73 % de la norme, et ce, pour toutes les stations. Pour l'ensemble de la période, un seul dépassement de la norme a été mesuré. Ce dépassement est survenu le 2 décembre 2019 à la station A3, où une concentration moyenne de 42 µg/m^3 a été mesurée, soit 140 % de la valeur limite. Pour ce cas précis, selon les informations transmises par MCM, les observations terrain, l'analyse des conditions météorologiques ainsi que des concentrations mesurées aux stations de qualité de l'atmosphère ont permis d'écarter les opérations de MCM comme étant la cause des valeurs horaires excédant la norme journalière.

Tableau 39 : Analyse statistique du suivi de la qualité de l'air pour les particules totales et fines (janvier 2019 à septembre 2020)

Composé	Station	Equipment	Nombre de mesure	Concentration moyenne[1] (µg/m^3)	Concentration moyenne 24 heures (µg/m^3)				
					50^{e} centile	90^{e} centile	98^{e} centile	99^{e} centile	Maximum
PMT	A1	BAM	629	15,6	12,0	31,0	48,0	53,7	90,0
	A2	BAM	631	26,3	21,0	49,0	79,3	95,1	125,0
		Hi-Vol	103	33,5	27,4	70,0	96,4	98,9	100,2
	A3	BAM	623	18,7	14,0	37,8	59,4	70,8	91,0
		Hi-Vol	102	27,9	21,4	56,2	88,4	94,9	98,2
$PM_{2,5}$	A1	BAM	629	5,8	5,0	10,0	15,4	17,0	22,0
	A2		631	4,7	4,0	8,0	12,0	13,0	21,0
	A3		633	6,4	5,0	10,8	17,4	22,0	42,0

[1] : La concentration moyenne présentée ici correspond à la moyenne de l'ensemble des concentrations 24 heures disponibles sur la période d'intérêt, et ce, même lorsque les opérations de MCM étaient en arrêt en raison d'une directive gouvernementale provinciale pour limiter la propagation de la COVID-19 au printemps 2020.

9 CONCLUSION

Dans le cadre du projet Odyssey, Canadian Malartic GP (CMGP) projette d'exploiter quatre zones minéralisées, soit East Malartic, East Gouldie, Odyssey Sud et Odyssey Nord. Il est prévu que ces zones soient exploitées au moyen de galeries souterraines à proximité de la mine Canadian Malartic (MCM). Ce projet nécessitera, entre autres, l'aménagement d'un puits et d'une rampe pour accéder aux gisements.

Le projet Odyssey est situé dans l'empreinte existante du projet d'extension présenté par Canadian Malartic GP (CMGP) en 2015 au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) et autorisé par décret émis par le gouvernement du Québec en 2017 (décret 388-2017). Le 28 novembre 2018, le décret 1370-2018 a été adopté, modifiant le décret n° 388-2017 de la mine Canadian Malartic et autorisant CMGP à réaliser son projet Odyssey. La présente demande de modification du décret vise l'ajout de l'exploitation souterraine des zones East Malartic et East Gouldie au projet Odyssey. Cette modification de décret permettrait une production d'environ 20 000 tonnes de minerai par jour.

Dans ce contexte, la modélisation de la dispersion atmosphérique s'inscrit en tant qu'étude complémentaire à la demande de modification de décret et a pour objectif d'évaluer l'impact des émissions provenant des opérations du projet Odyssey sur la qualité de l'atmosphère, et ce, sur la base du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère*.

La démarche de modélisation préconisée dans la présente étude s'appuie sur la méthodologie proposée dans le *Guide de modélisation de la dispersion atmosphérique* et le *Guide d'instruction – Préparation et réalisation d'une modélisation de la dispersion des émissions atmosphériques – Projets miniers* du MELCC. L'étude s'appuie également sur les informations techniques fournies par CMGP.

L'étude propose la caractérisation des situations maximisant l'impact sur la qualité de l'air. Deux situations ont été retenues, soit l'année où l'exploitation combinée des installations actuelles de MCM conjointement au projet Odyssey est maximale (scénario 1) et l'année où l'exploitation du projet Odyssey est maximale (scénario 2), survenant à la suite de la fin de l'exploitation des fosses à ciel ouvert actuelles.

La modélisation a été effectuée à l'aide du logiciel AERMOD (version 19191) sur cinq années de données météorologiques. Les données de la station météorologique de l'aéroport de Val-d'Or, située à environ 25 km au sud-est du site du projet visé, ont été utilisées. L'option du modèle *ADJ_U**, qui n'est plus une option bêta, a été intégrée dans la présente étude. De plus, la déposition sèche des particules a été considérée dans le modèle. Concernant le traitement des résultats, l'approche est très conservatrice puisqu'aucune valeur modélisée n'est retirée lors de l'analyse des normes.

Les substances retenues pour les modélisations sont les matières particulaires en suspension, soit les particules totales (PMT) et les particules fines ($PM_{2,5}$), ainsi que 19 métaux et métalloïdes pour lesquels une norme ou un critère de qualité de l'atmosphère a été établi par le MELCC. Trois composés gazeux, le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde d'azote (NO_2) et le dioxyde de soufre (SO_2) ont également été modélisés. Le tableau 40 présente la synthèse des résultats de modélisation, et ce, pour chacune des situations caractérisées.

Les résultats de modélisation du scénario 1 indiquent que les concentrations modélisées de PMT, de $PM_{2,5}$, de NO_2, de certains métaux et de la silice cristalline dépassent les normes et critères du MELCC à la limite d'application. À l'exception des PMT et de la silice cristalline, ces dépassements n'atteignent pas les récepteurs sensibles et sont limités à des territoires publics. De plus, il est démontré que ces dépassements ne surviennent pas uniquement en raison de la contribution du projet Odyssey, mais découlent principalement des opérations de la mine Canadian Malartic. En fait, les sources liées à l'exploitation d'Odyssey contribuent à augmenter les concentrations maximales modélisées au secteur résidentiel au nord du site d'au plus 2 % pour les PMT et la silice cristalline.

Dans ce contexte, un scénario d'opération alternatif a été modélisé pour identifier les conditions d'exploitation permettant de s'assurer du respect des normes et critères. Théoriquement, le tonnage annuel effectif découlant des résultats de la modélisation du scénario optimisé correspond à 81 % du tonnage prévu au plan minier actuel (année 2024). L'altération des opérations prévue par la modélisation pour le présent scénario est en fait plus faible en fréquence et en intensité que dans tous les scénarios de modélisation présentés lors des études de dispersion de 2015 et 2018. De plus, il est démontré que le projet Odyssey n'augmente cette fréquence que de 1 % du temps.

Les résultats de modélisation du scénario 2, pour leur part, indiquent que les concentrations modélisées dépassent les normes et critères du MELCC à la limite d'application, et ce, pour les mêmes composés que ceux du scénario précédent. Par contre, ces dépassements n'atteignent pas les récepteurs sensibles et ils sont limités à des territoires publics. De plus, il est démontré en comparant avec le scénario de référence sans Odyssey qu'une diminution des concentrations est modélisée lors de la situation d'exploitation maximale du projet Odyssey, et ce, pour le secteur résidentiel au nord du site, dans la ville Malartic.

Un scénario d'opération alternatif a également été modélisé pour ce scénario. Théoriquement, le tonnage annuel effectif découlant des résultats de la modélisation de ce scénario optimisé correspond à 96 % du tonnage prévu. L'altération des activités obtenue pour le scénario 2 est cependant beaucoup moins fréquente que celle découlant de l'optimisation du scénario 1. Ceci est un indicateur important que de plus faibles concentrations de particules sont modélisées pour ce scénario. Néanmoins, même en considérant l'optimisation, des dépassements résiduels surviennent au nord du secteur Odyssey, un secteur en territoire public où aucun récepteur sensible n'est localisé.

Enfin, il est important de rappeler l'ampleur des incertitudes et limitations de la dispersion atmosphérique des émissions d'un projet minier, alors que les sources fugitives de particules sont prédominantes. En effet, tel que présenté dans le cadre de la modélisation 2015, le modèle ne reflète pas adéquatement la réalité. Par exemple, en 2016 et en 2017, les tonnages annuels extraits ont été d'environ 63 Mt et 67 Mt respectivement, alors qu'aucun dépassement de norme directement occasionné par les opérations de MCM n'a été mesuré. D'ailleurs, l'analyse détaillée du résultat du suivi de la qualité de l'air pour la période 2019-2020 témoigne de cette conformité pour les normes de particules. Ceci démontre clairement que CMGP est en mesure d'opérer à des capacités plus importantes que celles prédites par le modèle de dispersion tout en respectant les normes de qualité de l'atmosphère applicables.

Tableau 40 : Synthèse des résultats de modélisation

Substance	Période	Type de seuil	Limite d'application				Récepteurs sensibles			
			Scénario 1	Scénario 1 optimisé	Scénario 2	Scénario 2 optimisé	Scénario 1	Scénario 1 optimisé	Scénario 2	Scénario 2 optimisé
Particules totales PMT	24 heures	Norme	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓
Particules fines $PM_{2,5}$	24 heures	Norme	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓
Dioxyde d'azote NO_2	1 heure	Norme	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓
	24 heures	Norme	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓
	1 an	Norme	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Autres composés gazeux (CO, SO_2)	Variable	Normes	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Manganèse	1 an	Critère	✗ ✓ avec la CI pour les PN[1]	✓	✓	✓	✗ ✓ avec la CI pour les PN[1]	✓	✓	✓
Nickel	24 heures	Norme	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
Silice cristalline	1 heure	Critère	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓
	1 an	Critère	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓
Autres Métaux	Variable	Normes et critères	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Note :

✓ : La concentration totale est inférieure à la valeur limite.

✗ : La concentration totale est supérieure à la valeur limite.

✗ : La concentration totale est supérieure à la valeur limite uniquement pour des secteurs correspondant à des territoires publics sans récepteur sensible.

[1] : Respect de la valeur limite en considérant la concentration initiale recommandée par le MELCC pour les projets nordiques.

10 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALBERTA, ENVIRONMENT AND SUSTAINABLE RESOURCE DEVELOPMENT (ESRD). 2013. *Air Quality Model Guideline*. Air Policy Section.

AMERICAN IRON AND STEEL INSTITUTE (AISI). 2015. *AISI Comments on EPA's Proposed Revision to the Guideline on Air Quality Models*.

ATTALLA, M.I., S.J. DAY, T. LANGE, W. LILLEY et S. MORGAN. 2008. « NOx emissions from blasting operations in open-cut coal mining ». *Atmospheric Environment*, vol. 42 nº 34. DOI 10.1016/j.atmosenv.2008.07.008. p. 7874‑7883.

AUSTRALIAN GOUVERNMENT, DEPARTMENT OF SUSTAINABILITY, ENVIRONMENT, WATER, POPULATION AND COMMUNITIES (DSEWPaC). 2012a. *National Polluant Inventory (NPI) - Emission Estimation Technique Manual for Explosives Detonation and Firing Ranges*. Version 3.0.

AUSTRALIAN GOUVERNMENT, DEPARTMENT OF SUSTAINABILITY, ENVIRONMENT, WATER, POPULATION AND COMMUNITIES (DSEWPaC). 2012b. *National Polluant Inventory (NPI) - Emission Estimation Technique Manual for Mining*. Version 3.1.

BRITISH COLUMBIA, MINISTRY OF ENVIRONMENT (BCMOE). 2015. *British Columbia air quality dispersion modelling guideline.* Victoria, British Columbia. Environmental Protection Division, Environmental Standards Branch, Clean Air Section. 92 p. et annexes.

CANADA. 2013. *Règlement sur le soufre dans le carburant diesel*.

CANADIAN MALARTIC GP (CMGP). 2020. « East Gouldie, Geochemical analysis, Analysis Summary ». p. Fichier excel transmis par Canadian Malartic GP.

COWHERD, C. 2012. *Modeling Concerns for Fugitive Sources in the Iron, Steel and Mining Industries*. Research Triangle Park, North Carolina.

ECOMETRIX INCORPORATED (EcoMetrix). 2019. *East Malartic and Sheenan Deposits - Geochemical Characterization*. Rapport produit pour Mine Canadian Malartic.

ECOMETRIX INCORPORATED (EcoMetrix). 2017. *Odyssey Project - Geochemical Characterization*. Rapport produit pour Mine Canadian Malartic.

ENVIRONNEMENT CANADA (EC). 2020. *Données climatiques historiques*. En ligne: www.climat.meteo.gc.ca.

GOLDER ASSOCIATES. 2012. *Determination of Natural Winter Mitigation of Road Dust Emissions from Mining Operations in Northern Canada*.

GOLDER ASSOCIÉS. 2013. *Programme de caractérisation géochimique 2012-2013, Mine Canadian Malartic, Malartic, Québec. Ref. 046-13-1221-0020-5010-RF-Rev0*.

INVENTAIRE NATIONAL DES REJETS DE POLLUANTS (INRP). 2016. *Guide pour les carrières et sablières*.

MCDONALD, J.D., B. ZIELINSKA, J.C. SAGEBIEL, M.R. MCDANIEL et P. MOUSSET-JONES. 2003. « Source Apportionment of Airborne Fine Particulate Matter in an Underground Mine ». *Journal of the Air & Waste Management Association*, vol. 53 nº 4. Taylor & Francis. DOI 10.1080/10473289.2003.10466178. p. 386‑395.

NEWFOUNDLAND AND LABRADOR, DEPARTEMENT OF ENVIRONNEMENT AND CONSERVATION (NLDEC). 2012. *Guideline for Plume Dispersion Modelling*. Saint John's, NL. 2nd Revision.

ONTARIO, MINISTRY OF THE ENVIRONMENT AND CLIMATE CHANGE (MOECC). 2017. *Air dispersion modelling guideline for Ontario*. Version 3.0. 130 p. et annexes.

PACE, T.G. 2005. *Methodology to Estimate the Transportable Fraction (TF) of Fugitive Dust Emissions for Regional and Urban Scale Air Quality Analyses US EPA*. 8/2/2005 Revision.

QUÉBEC, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). 2018. *Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère*. Québec. Direction des avis et des expertises. Version 6, ISBN 978-2-550-82698-9.

QUÉBEC, MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2017a. *Guide d'instructions – Préparation et réalisation d'une modélisation de la dispersion des émissions atmosphériques – Projets miniers*.

QUÉBEC, MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2017b. *Cadre de détermination et d'application des Normes et critères de qualité de l'atmosphère du Québec*.

QUÉBEC, MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP). 2008. *Guide d'estimation de la concentration de dioxyde d'azote (NO2) dans l'air ambiant lors de l'application des modèles de dispersion atmosphérique*.

QUÉBEC, MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP). 2005. *Guide de la modélisation de la dispersion atmosphérique*. Direction du suivi de l'état de l'environnement. Envirodoq no ENV/2005/0072. 22 p. et annexes.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US-EPA). 2019a. *User's Guide for the AERMOD Meteorological Preprocessor (AERMET)*. Research Triangle Park, North Carolina. Office of Air Quality Planning and Standards, Air Quality Assessment Division, Air Quality Modeling Group.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US-EPA). 2019b. *User's Guide for the AMS/EPA Regulatory Model (AERMOD)*. Research Triangle Park, North Carolina. Office of Air Quality Planning and Standards, Air Quality Assessment Division, Air Quality Modeling Group.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US-EPA). 2019c. *AERMOD Implementation Guide*. Research Triangle Park, North Carolina. Office of Air Quality Planning and Standards, Air Quality Assessment Division, AERMOD Implementation Workgroup.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US-EPA). 2017. *Guideline on Air Quality Models*. 40 CFR Part 51, Appendix W.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US-EPA). 2013. *Aersurface User's Guide*. Research Triangle Park, North Carolina. Office of Air Quality Planning and Standards. EPA-454/B-08-001, January 2008, Revised 01/16/2013.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US-EPA). 2010. *Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling - Compression-Ignition*.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US-EPA). 2004. *Median life, annual activity, and load factor values for nonroad engine emissions modeling*. Office of Transportation and Air Quality. EPA-420-P-04-005.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US-EPA). 1995. *Compilation of Air Pollutant Emission Factors: AP 42*. Fifth Edition, Volume I: Stationary Point and Area Sources.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US-EPA). 1993. *User's guide to the building profile input program*. Research Triangle Park, North Carolina. Office of Air Quality Planning and Standards. EPA-454/R-93-038, Revised February 1995.

WESTERN REGIONAL AIR PARTNERSHIP (WRAP). 2006. *Fugitive Dust Handbook*.

WSP. 2018a. *Modification du décret 388-2017 de la mine Canadian Malartic - Projet Odyssey - Modélisation de la dispersion atmosphérique, Révision 1*. Trois-Rivières, Québec. Rapport produit pour Canadian Malartic GP.

WSP. 2018b. *Modification du décret 388-2017 de la mine Canadian Malartic - Projet Odyssey - Modélisation des concentrations de silice cristalline*. Trois-Rivières, Québec. Mémo technique produit pour Canadian Malartic GP.

WSP. 2016. *Modélisation des concentrations de silice cristalline, Projet d'extension de la mine aurifère Canadian Malartic*. Trois-Rivières, Québec. Mémo technique produit pour Canadian Malartic GP.

ANNEXE

A TABLEAUX

ANNEXE

A-1 *CARACTÉRISATION DES SOURCES – SCÉNARIO 1*

A-1-1 CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET TAUX D'ÉMISSIONS - SAUTAGE – MCM

Identifiant	Description	X (m)	Y (m)	Élévation (m)	Hauteur de relâche (m)	Sigma Y (m)	Sigma Z (m)	Taux d'émission (g/s)					
								PMT	PM_{10}	$PM_{2.5}$	CO	NO_x	SO_2
saut1	Sautage Barnat - 137 trous – À 11h	715 239	5 334 970	150.0	10.0	16.59	9.30	2.22E+01	1.15E+01	6.66E-01	1.35E+02	2.91E+01	6.88E-01
saut2	Sautage Barnat - 137 trous – À 15h	715 418	5 334 607	170.0	10.0	16.59	9.30	2.22E+01	1.15E+01	6.66E-01	1.35E+02	2.91E+01	6.88E-01

A-1-2 CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET TAUX D'ÉMISSIONS - FORAGE – MCM

Identifiant	Description	X (m)	Y (m)	Élévation (m)	Hauteur de relâche (m)	Sigma Y (m)	Sigma Z (m)	Méthode d'atténuation	Atténuation (%)	Taux d'émission - avec atténuation (g/s)		
										PMT	PM_{10}	$PM_{2.5}$
drill1	Foreuse de production #1	715 379	5 334 602	170.0	3.2	1.49	2.98	Jets d'eau	70%	4.87E-02	4.38E-02	2.43E-02
drill2	Foreuse de production #2	715 418	5 334 586	170.0	3.2	1.49	2.98	Jets d'eau	70%	4.87E-02	4.38E-02	2.43E-02
drill3	Foreuse de production #3	715 472	5 334 581	170.0	3.2	1.49	2.98	Jets d'eau	70%	4.87E-02	4.38E-02	2.43E-02
drill4	Foreuse de production #4	715 210	5 335 013	150.0	3.2	1.49	2.98	Jets d'eau	70%	4.87E-02	4.38E-02	2.43E-02
drill5	Foreuse de production #5	715 210	5 334 969	150.0	3.2	1.49	2.98	Jets d'eau	70%	4.87E-02	4.38E-02	2.43E-02
drill6	Foreuse de production #6	715 228	5 334 933	150.0	3.2	1.49	2.98	Jets d'eau	70%	4.87E-02	4.38E-02	2.43E-02
drill7	Foreuse de production #7	716 103	5 334 764	160.0	3.2	1.49	2.98	Jets d'eau	70%	4.87E-02	4.38E-02	2.43E-02
drill8	Foreuse de production #8	716 140	5 334 754	160.0	3.2	1.49	2.98	Jets d'eau	70%	4.87E-02	4.38E-02	2.43E-02
drill9	Foreuse de prédécoupage #1	715 640	5 334 927	180.0	1.8	0.81	1.63	Jets d'eau	70%	8.19E-03	7.37E-03	4.09E-03
drill10	Foreuse de prédécoupage #2	715 705	5 334 899	180.0	1.8	0.81	1.63	Jets d'eau	70%	8.19E-03	7.37E-03	4.09E-03
drill11	Foreuse de prédécoupage #3	715 754	5 334 878	180.0	1.8	0.81	1.63	Jets d'eau	70%	8.19E-03	7.37E-03	4.09E-03
drill12	Foreuse de prédécoupage #4	715 803	5 334 852	180.0	1.8	0.81	1.63	Jets d'eau	70%	8.19E-03	7.37E-03	4.09E-03

A-1-3 CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET TAUX D'ÉMISSIONS – CHARGEMENTS ET DÉCHARGEMENTS – MCM

Identifiant	Description	Tonnage manipulé (ktm/h)	Humidité du matériel (%)	X (m)	Y (m)	Élévation (m)	Hauteur de relâche (m)	Sigma Y (m)	Sigma Z (m)	Atténuation (%)	Taux d'émission (g/s) [1]		
											PMT	PM_{10}	$PM_{2,5}$
ldp01o	Chargement à P01 (minerai)	0.776	5.4	715 988	5 334 710	160.0	4.9	1.16	0.76	0	1.12E-01	5.28E-02	8.00E-03
ldp03o	Chargement à P03 (minerai)	0.776	5.4	715 330	5 334 730	160.0	4.9	1.12	0.76	0	1.12E-01	5.28E-02	8.00E-03
ldp10o	Chargement à P10 (minerai)	1.164	5.4	713 713	5 333 658	350.0	4.9	1.49	0.76	0	1.67E-01	7.92E-02	1.20E-02
ldp24o	Chargement à P24 (minerai)	0.458	5.4	714 171	5 332 687	350.4	4.9	1.49	0.76	0	6.59E-02	3.12E-02	4.72E-03
ldp01w	Chargement à P01 (stériles)	2.593	5.4	715 988	5 334 710	160.0	4.9	1.16	0.76	0	3.73E-01	1.77E-01	2.67E-02
ldp03w	Chargement à P03 (stériles)	2.593	5.4	715 330	5 334 730	160.0	4.9	0.94	0.76	0	3.73E-01	1.77E-01	2.67E-02
dpp10o	Déchargement à P10 (minerai)	0.466	5.4	713 713	5 333 658	350.0	1.3	1.62	6.45	0	6.70E-02	3.17E-02	4.80E-03
dpp08o	Déchargement à P08 (minerai)	1.793	5.4	713 076	5 334 062	345.4	1.3	1.62	6.45	90	2.58E-02	1.22E-02	1.85E-03
dpp14o	Déchargement à P14 (minerai)	0.458	5.4	714 302	5 332 798	355.6	1.3	1.62	6.45	0	6.59E-02	3.12E-02	4.72E-03
dpp13o	Déchargement à P13 (minerai)	0.458	5.4	713 232	5 333 645	348.1	1.3	1.62	6.45	0	6.59E-02	3.12E-02	4.72E-03
dpp26w	Déchargement à P26 (stériles)	2.222	5.4	714 728	5 334 489	210.0	1.3	1.62	6.45	0	3.20E-01	1.51E-01	2.29E-02
dpp27w	Déchargement à P27 (stériles)	2.222	5.4	714 417	5 334 615	200.0	1.3	1.62	6.45	0	3.20E-01	1.51E-01	2.29E-02
dpp14w	Déchargement à P14 (stériles)	0.742	5.4	714 302	5 332 798	355.6	1.3	1.62	6.45	0	1.07E-01	5.05E-02	7.65E-03
conv1	Chute du concasseur mobile	1.200	5.4	714 194	5 332 697	350.8	13.0	0.35	0.47	0	1.73E-01	8.17E-02	1.24E-02

[1] Taux d'émission calculés heure par heure en fonction de la vitesse du vent suivant la méthode de l'AP-42, section 13.2.4 Aggregate Handling And Storage Piles. Le taux d'émission est présenté pour un vent d'une vitesse de 3.40 m/s

A-1-4 CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET TAUX D'ÉMISSIONS – BOUTAGE – MCM

Identifiant	Description	Équipement	X (m)	Y (m)	Élévation (m)	Hauteur de relâche (m)	Sigma Y (m)	Sigma Z (m)	Teneur en silt (%)	Humidité du matériel (%)	Atténuation (%)	Taux d'émission avec atténuation (g/s)		
												PMT	PM_{10}	$PM_{2,5}$
tdoz01	Bouteur sur chenilles 1	Caterpillar D10T	714 715	5 334 536	210.0	1.1	1.22	1.05	3.9	5.4	50	2.06E-01	3.41E-02	2.17E-02
tdoz02	Bouteur sur chenilles 2	Caterpillar D10T	714 680	5 334 433	210.0	1.1	1.22	1.05	3.9	5.4	50	2.06E-01	3.41E-02	2.17E-02
tdoz03	Bouteur sur chenilles 3	Caterpillar D10T	712 989	5 334 061	342.0	1.1	1.22	1.05	3.9	5.4	50	2.06E-01	3.41E-02	2.17E-02
tdoz04	Bouteur sur chenilles 4	Caterpillar D10T	714 358	5 334 665	200.0	1.1	1.22	1.05	3.9	5.4	50	2.06E-01	3.41E-02	2.17E-02
tdoz05	Bouteur sur chenilles 5	Caterpillar D10T	714 511	5 334 607	200.0	1.1	1.22	1.05	3.9	5.4	50	2.06E-01	3.41E-02	2.17E-02
wdoz01	Bouteur sur roues 1	Caterpillar 854H	715 298	5 334 917	150.0	1.1	1.47	1.01	3.9	5.4	50	2.06E-01	3.41E-02	2.17E-02
wdoz02	Bouteur sur roues 2	Caterpillar 854H	715 359	5 334 636	170.0	1.1	1.47	1.01	3.9	5.4	50	2.06E-01	3.41E-02	2.17E-02
wdoz03	Bouteur sur roues 3	Caterpillar 854H	716 084	5 334 735	160.0	1.1	1.47	1.01	3.9	5.4	50	2.06E-01	3.41E-02	2.17E-02

A-1-5 CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET TAUX D'ÉMISSIONS – CONCASSEUR MOBILE PERMANENT – MCM

Identifiant	Description	X (m)	Y (m)	Élévation (m)	Hauteur de relâche (m)	Sigma Y (m)	Sigma Z (m)	Taux d'alimentation (t/h)	Référence du facteur d'émission utilisé	Atténuation (%)	Taux d'émission (g/s)		
											PMT	PM_{10}	$PM_{2,5}$ [1]
crush1	Concasseur mobile	714 317	5 332 773	352.8	3.5	1.25	0.74	1 200	AP-42 11.19.2 - Tertiary Crushing	0	9.00E-01	4.00E-01	4.00E-01

[1] Puisque non spécifié par la référence, par conservatisme un facteur d'échelle de 100% est considéré par rapport aux PM_{10}.

A-1-6 CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET TAUX D'ÉMISSIONS – SEGMENTS DE ROUTAGE – MCM

Segment	Longueur du segment (m)	Largeur du segment (m)	Hauteur moyenne des véhicules (m)	Hauteur de relâche (m)	Sigma Y (m)	Sigma Z (m)	Teneur en limon (%)	Poids moyen des véhicules (tons)	Facteur d'émission (g/VKT)			Nombre de déplacement (jour^{-1})	VKT (jour^{-1})	Taux d'émission sans atténuation (g/s)		
									PMT	PM_{10}	$PM_{2,5}$			PMT	PM_{10}	$PM_{2,5}$
P06_P11	2 328	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	485.6	1130.5	1.11E+02	3.16E+01	3.16E+00
P11_P09	967	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	231.6	224.0	2.20E+01	6.25E+00	6.25E-01
P09_P07	91	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	379.4	34.4	3.38E+00	9.61E-01	9.61E-02
P07_P08	337	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	379.4	127.9	1.26E+01	3.57E+00	3.57E-01
P10_P09	665	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	344.9	229.4	2.25E+01	6.40E+00	6.40E-01
P11_P12	603	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	254.0	153.1	1.50E+01	4.28E+00	4.28E-01
P12_P13	841	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	96.9	81.5	8.00E+00	2.27E+00	2.27E-01
P01_P02	474	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	713.0	338.0	3.32E+01	9.44E+00	9.44E-01
P03_P02	235	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	713.0	167.6	1.65E+01	4.68E+00	4.68E-01
P02_P04	943	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	1 426.1	1344.8	1.32E+02	3.75E+01	3.75E+00
P04_P06	1 470	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	485.6	714.1	7.01E+01	1.99E+01	1.99E+00
P04_P05	104	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	940.5	98.1	9.63E+00	2.74E+00	2.74E-01
P25_P24	445	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	96.9	43.1	4.24E+00	1.20E+00	1.20E-01
P12_P25	570	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	350.9	200.2	1.97E+01	5.59E+00	5.59E-01
P25_P14	528	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	254.0	134.0	1.32E+01	3.74E+00	3.74E-01
P05_P27	544	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	470.2	256.0	2.51E+01	7.15E+00	7.15E-01
P05_P26	340	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	470.2	159.7	1.57E+01	4.46E+00	4.46E-01

A-1-7 COORDONNÉES ET ÉLÉVATION DES SOURCES DE ROUTAGE – MCM

Identifiant	X (m)	Y (m)	Élévation (m)	Identifiant	X (m)	Y (m)	Élévation (m)
P06_P11_01	716 263	5 334 319	324.3	P11_P09_10	713 603	5 334 188	340.0
P06_P11_02	716 191	5 334 315	324.1	P11_P09_11	713 532	5 334 199	340.8
P06_P11_03	716 120	5 334 321	325.0	P11_P09_12	713 460	5 334 201	341.6
P06_P11_04	716 048	5 334 327	325.1	P11_P09_13	713 388	5 334 201	341.7
P06_P11_05	715 976	5 334 328	325.7	P09_P07_1	713 326	5 334 237	340.3
P06_P11_06	715 905	5 334 318	329.4	P07_P08_1	713 283	5 334 273	340.2
P06_P11_07	715 837	5 334 296	334.5	P07_P08_2	713 216	5 334 247	342.1
P06_P11_08	715 770	5 334 269	338.7	P07_P08_3	713 157	5 334 207	342.4
P06_P11_09	715 704	5 334 242	339.0	P07_P08_4	713 111	5 334 152	343.3
P06_P11_10	715 634	5 334 222	338.8	P07_P08_5	713 084	5 334 086	344.4
P06_P11_11	715 565	5 334 203	337.5	P10_P09_1	713 684	5 333 691	350.0
P06_P11_12	715 496	5 334 181	335.2	P10_P09_2	713 636	5 333 745	350.0
P06_P11_13	715 429	5 334 155	334.8	P10_P09_3	713 588	5 333 799	350.0
P06_P11_14	715 363	5 334 127	334.3	P10_P09_4	713 544	5 333 855	350.0
P06_P11_15	715 298	5 334 097	332.9	P10_P09_5	713 524	5 333 924	350.0
P06_P11_16	715 232	5 334 067	333.8	P10_P09_6	713 477	5 333 977	350.0
P06_P11_17	715 172	5 334 029	334.3	P10_P09_7	713 429	5 334 030	350.0
P06_P11_18	715 159	5 333 961	334.7	P10_P09_8	713 387	5 334 088	350.0
P06_P11_19	715 149	5 333 891	334.7	P10_P09_9	713 356	5 334 153	343.4
P06_P11_20	715 087	5 333 859	335.2	P11_P12_1	714 218	5 333 930	334.1
P06_P11_21	715 018	5 333 839	334.6	P11_P12_2	714 186	5 333 868	333.1
P06_P11_22	714 946	5 333 836	334.1	P11_P12_3	714 163	5 333 799	333.0
P06_P11_23	714 874	5 333 839	333.5	P11_P12_4	714 141	5 333 731	332.9
P06_P11_24	714 803	5 333 832	333.7	P11_P12_5	714 119	5 333 662	333.8
P06_P11_25	714 735	5 333 809	333.8	P11_P12_6	714 090	5 333 597	333.7
P06_P11_26	714 668	5 333 784	336.2	P11_P12_7	714 041	5 333 545	333.8
P06_P11_27	714 596	5 333 783	338.8	P11_P12_8	713 989	5 333 495	334.3
P06_P11_28	714 524	5 333 783	338.9	P12_P13_01	713 937	5 333 471	335.0
P06_P11_29	714 454	5 333 793	339.1	P12_P13_02	713 870	5 333 481	338.3
P06_P11_30	714 394	5 333 831	338.8	P12_P13_03	713 814	5 333 437	340.3
P06_P11_31	714 342	5 333 881	337.7	P12_P13_04	713 745	5 333 418	340.2
P06_P11_32	714 290	5 333 931	334.8	P12_P13_05	713 676	5 333 432	340.3
P11_P09_01	714 220	5 334 001	334.4	P12_P13_06	713 610	5 333 458	340.1
P11_P09_02	714 158	5 334 035	334.5	P12_P13_07	713 539	5 333 469	340.5
P11_P09_03	714 089	5 334 056	334.6	P12_P13_08	713 469	5 333 487	340.0
P11_P09_04	714 019	5 334 073	335.3	P12_P13_09	713 404	5 333 516	339.9
P11_P09_05	713 950	5 334 092	337.0	P12_P13_10	713 333	5 333 518	340.3
P11_P09_06	713 881	5 334 112	337.8	P12_P13_11	713 281	5 333 565	341.7
P11_P09_07	713 812	5 334 132	337.9	P12_P13_12	713 240	5 333 622	347.0
P11_P09_08	713 743	5 334 152	338.8	P01_P02_1	715 967	5 334 712	160.0
P11_P09_09	713 673	5 334 171	339.2	P01_P02_2	715 895	5 334 717	160.0

A-1-7 COORDONNÉES ET ÉLÉVATION DES SOURCES DE ROUTAGE – MCM (suite)

Identifiant	X (m)	Y (m)	Élévation (m)	Identifiant	X (m)	Y (m)	Élévation (m)
P01_P02_3	715 823	5 334 719	160.0	P04_P05_1	714 998	5 334 738	210.0
P01_P02_4	715 751	5 334 722	160.0	P25_P24_1	713 893	5 332 864	352.5
P01_P02_5	715 684	5 334 746	160.0	P25_P24_2	713 918	5 332 797	350.8
P01_P02_6	715 618	5 334 774	160.0	P25_P24_3	713 939	5 332 728	348.8
P01_P02_7	715 553	5 334 806	160.0	P25_P24_4	713 992	5 332 683	350.8
P03_P02_1	715 375	5 334 735	160.0	P25_P24_5	714 060	5 332 661	350.1
P03_P02_2	715 447	5 334 741	160.0	P25_P24_6	714 131	5 332 673	350.2
P03_P02_3	715 502	5 334 783	160.0	P12_P25_1	713 940	5 333 429	334.0
P02_P04_01	715 509	5 334 846	160.0	P12_P25_2	713 910	5 333 364	333.8
P02_P04_02	715 464	5 334 902	160.0	P12_P25_3	713 899	5 333 293	334.3
P02_P04_03	715 420	5 334 959	160.0	P12_P25_4	713 900	5 333 221	336.2
P02_P04_04	715 380	5 335 019	160.0	P12_P25_5	713 906	5 333 150	338.8
P02_P04_05	715 311	5 335 039	163.3	P12_P25_6	713 903	5 333 078	343.5
P02_P04_06	715 241	5 335 056	170.4	P12_P25_7	713 890	5 333 007	347.8
P02_P04_07	715 172	5 335 075	177.5	P12_P25_8	713 877	5 332 937	350.4
P02_P04_08	715 103	5 335 078	180.0	P25_P14_1	713 919	5 332 881	351.8
P02_P04_09	715 108	5 335 011	180.2	P25_P14_2	713 990	5 332 866	352.0
P02_P04_10	715 138	5 334 946	187.1	P25_P14_3	714 055	5 332 879	354.0
P02_P04_11	715 150	5 334 877	193.3	P25_P14_4	714 119	5 332 910	355.8
P02_P04_12	715 119	5 334 816	199.4	P25_P14_5	714 190	5 332 916	356.5
P02_P04_13	715 064	5 334 771	206.3	P25_P14_6	714 259	5 332 903	356.2
P04_P06_01	715 072	5 334 689	210.0	P25_P14_7	714 297	5 332 843	356.4
P04_P06_02	715 118	5 334 634	210.0	P05_P27_1	714 926	5 334 733	210.1
P04_P06_03	715 172	5 334 587	216.9	P05_P27_2	714 857	5 334 718	205.0
P04_P06_04	715 228	5 334 542	224.1	P05_P27_3	714 787	5 334 703	200.0
P04_P06_05	715 286	5 334 500	231.1	P05_P27_4	714 716	5 334 688	200.0
P04_P06_06	715 347	5 334 464	237.7	P05_P27_5	714 646	5 334 674	200.0
P04_P06_07	715 417	5 334 447	244.6	P05_P27_6	714 576	5 334 656	200.0
P04_P06_08	715 487	5 334 436	251.6	P05_P27_7	714 506	5 334 638	200.0
P04_P06_09	715 559	5 334 434	258.2	P05_P27_8	714 437	5 334 620	200.0
P04_P06_10	715 629	5 334 444	265.1	P05_P26_1	714 926	5 334 721	210.4
P04_P06_11	715 695	5 334 473	272.1	P05_P26_2	714 870	5 334 675	210.0
P04_P06_12	715 759	5 334 504	279.1	P05_P26_3	714 814	5 334 630	210.0
P04_P06_13	715 825	5 334 532	285.3	P05_P26_4	714 766	5 334 579	210.0
P04_P06_14	715 896	5 334 528	291.6	P05_P26_5	714 738	5 334 513	210.0
P04_P06_15	715 963	5 334 506	297.0				
P04_P06_16	716 022	5 334 466	304.8				
P04_P06_17	716 083	5 334 427	310.8				
P04_P06_18	716 144	5 334 390	317.0				
P04_P06_19	716 215	5 334 381	321.4				
P04_P06_20	716 284	5 334 367	323.8				

A-1-8 PARAMÈTRES PHYSIQUES ET TAUX D'ÉMISSION UTILISÉS POUR LA MODÉLISATION DES GAZ D'ÉCHAPPEMENT DES ÉQUIPEMENTS LOCALISÉS – MCM

Identifiant	Description	X (m)	Y (m)	Élévation (m)	Hauteur de relâche (m)	Température (K)	Vitesse (m/s)	Diamètre (m)	Type de source	Taux d'émission (g/s)				
										PM_{10} [1]	$PM_{2.5}$	CO	NOx	SO_2
drill1x	Foreuse de production #1 - Exhaust (A. Copco PV 235)	715 379	5 334 602	170.0	3.8	773.8	30.1	0.3	Vertical	1.36E-02	1.31E-02	8.04E-02	3.95E-01	4.66E-04
drill2x	Foreuse de production #2 - Exhaust (A. Copco PV 235)	715 418	5 334 586	170.0	3.8	773.8	30.1	0.3	Vertical	1.36E-02	1.31E-02	8.04E-02	3.95E-01	4.66E-04
drill3x	Foreuse de production #3 - Exhaust (A. Copco PV 235)	715 472	5 334 581	170.0	3.8	773.8	30.1	0.3	Vertical	1.36E-02	1.31E-02	8.04E-02	3.95E-01	4.66E-04
drill4x	Foreuse de production #4 - Exhaust (A. Copco PV 235)	715 210	5 335 013	150.0	3.8	773.8	30.1	0.3	Vertical	1.36E-02	1.31E-02	8.04E-02	3.95E-01	4.66E-04
drill5x	Foreuse de production #5 - Exhaust (A. Copco PV 235)	715 210	5 334 969	150.0	3.8	773.8	30.1	0.3	Vertical	1.36E-02	1.31E-02	8.04E-02	3.95E-01	4.66E-04
drill6x	Foreuse de production #6 - Exhaust (A. Copco PV 235)	715 228	5 334 933	150.0	3.8	773.8	30.1	0.3	Vertical	1.36E-02	1.31E-02	8.04E-02	3.95E-01	4.66E-04
drill7x	Foreuse de production #7 - Exhaust (A. Copco PV 235)	716 103	5 334 764	160.0	3.8	773.8	30.1	0.3	Vertical	1.36E-02	1.31E-02	8.04E-02	3.95E-01	4.66E-04
drill8x	Foreuse de production #8 - Exhaust (A. Copco PV 235)	716 140	5 334 754	160.0	3.8	773.8	30.1	0.3	Vertical	1.36E-02	1.31E-02	8.04E-02	3.95E-01	4.66E-04
drill9x	Foreuse de prédécoupage #1 - Exhaust (Cubex QXR-920)	715 640	5 334 927	180.0	1.9	785.4	46.5	0.2	Vertical	1.09E-02	1.06E-02	6.25E-02	1.63E-01	3.15E-04
drill10x	Foreuse de prédécoupage #2 - Exhaust (Cubex QXR-920)	715 705	5 334 899	180.0	1.9	785.4	46.5	0.2	Vertical	1.09E-02	1.06E-02	6.25E-02	1.63E-01	3.15E-04
drill11x	Foreuse de prédécoupage #3 - Exhaust (Cubex QXR-920)	715 754	5 334 878	180.0	1.9	785.4	46.5	0.2	Vertical	1.09E-02	1.06E-02	6.25E-02	1.63E-01	3.15E-04
drill12x	Foreuse de prédécoupage #4 - Exhaust (Cubex QXR-920)	715 803	5 334 852	180.0	1.9	785.4	46.5	0.2	Vertical	1.09E-02	1.06E-02	6.25E-02	1.63E-01	3.15E-04
tdoz01x	Bouteur sur chenilles 1 - Exhaust (Caterpillar D10T)	714 715	5 334 536	210.0	4.5	755.4	31.2	0.2	Vertical	2.69E-02	2.61E-02	2.31E-01	2.59E-01	4.87E-04
tdoz02x	Bouteur sur chenilles 2 - Exhaust (Caterpillar D10T)	714 680	5 334 433	210.0	4.5	755.4	31.2	0.2	Vertical	2.69E-02	2.61E-02	2.31E-01	2.59E-01	4.87E-04
tdoz03x	Bouteur sur chenilles 3 - Exhaust (Caterpillar D10T)	712 989	5 334 061	342.0	4.5	755.4	31.2	0.2	Vertical	2.69E-02	2.61E-02	2.31E-01	2.59E-01	4.87E-04
tdoz04x	Bouteur sur chenilles 4 - Exhaust (Caterpillar D10T)	714 358	5 334 665	200.0	4.5	755.4	31.2	0.2	Vertical	2.69E-02	2.61E-02	2.31E-01	2.59E-01	4.87E-04
tdoz05x	Bouteur sur chenilles 5 - Exhaust (Caterpillar D10T)	714 511	5 334 607	200.0	4.5	755.4	31.2	0.2	Vertical	2.69E-02	2.61E-02	2.31E-01	2.59E-01	4.87E-04
wdoz01x	Bouteur sur roues 1 - Exhaust (Caterpillar 854K)	715 298	5 334 917	150.0	5.2	755.4	32.7	0.2	Vertical	2.44E-02	2.37E-02	1.69E-01	5.16E-01	6.47E-04
wdoz02x	Bouteur sur roues 2 - Exhaust (Caterpillar 854K)	715 359	5 334 636	170.0	5.2	755.4	32.7	0.2	Vertical	2.44E-02	2.37E-02	1.69E-01	5.16E-01	6.47E-04
wdoz03x	Bouteur sur roues 3 - Exhaust (Caterpillar 854K)	716 084	5 334 735	160.0	5.2	755.4	32.7	0.2	Vertical	2.44E-02	2.37E-02	1.69E-01	5.16E-01	6.47E-04
ldp03ax	Chargement à P03 - Exhaust (Hitachi EX5600-6)	715 330	5 334 730	160.0	8.6	755.4	25.0	0.5	Vertical	1.83E-01	1.77E-01	1.27E+00	3.86E+00	4.84E-03
ldp03bx	Chargement à P03 - Exhaust (Caterpillar 6050)	715 330	5 334 730	160.0	6.5	667.2	22.7	0.4	Vertical	7.68E-02	7.45E-02	5.32E-01	1.62E+00	2.03E-03
ldp10x	Chargement à P10 - Exhaust (Létourneau L-1850-2)	713 713	5 333 658	350.0	5.8	733.2	41.0	0.4	Vertical	1.73E-01	1.68E-01	8.44E-01	3.92E+00	3.23E-03
ldp24x	Chargement à P24 - Exhaust (Létourneau L-1850-2)	714 171	5 332 687	350.4	5.8	733.2	41.0	0.4	Vertical	8.64E-02	8.38E-02	4.22E-01	1.96E+00	1.61E-03

[1] Toutes les particules émises sont supposées être plus petites que 10 microns donc PMT = PM_{10}.

A-1-9 CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET TAUX D'ÉMISSION DES SOURCES PONCTUELLES DE L'USINE DE TRAITEMENT DU MINERAI – MCM

Identifiant	Description	Numéro d'équipement	X (m)	Y (m)	Élévation (m)	Hauteur de relâche (m)	Température (K)	Vitesse (m/s)	Diamètre (m)	Type de source	Taux d'émission (g/s)					
											PMT	PM_{10}	$PM_{2,5}$	CO	NO_x	SO_2
conca1	Dépoussièreur Concasseur giratoire	603-575-01	713 041	5 334 047	342.8	20.2	285.9	18.3	0.7	Vertical	8.48E-02	7.14E-02	4.09E-02	0	0	0
dome	Dépoussièreur Dome #1-2-3	605-575-01 / 02 / 03	713 140	5 332 864	350.8	4.6	294.2	16.9	0.4	Vertical	6.77E-03	5.99E-03	3.12E-03	0	0	0
cha1	Chaudière gaz naturel #1	625-430-001	713 446	5 332 878	350.8	18.2	423.2	1.9	0.6	Vertical	5.80E-03	5.80E-03	5.80E-03	8.00E-02	6.96E-02	3.91E-04
cha2	Chaudière gaz naturel #2	625-430-002	713 446	5 332 877	350.8	18.2	423.2	1.9	0.6	Vertical	5.80E-03	5.80E-03	5.80E-03	8.00E-02	6.96E-02	3.91E-04
four1	Four de réactivation combustion #1	625-269-001	713 446	5 332 868	350.8	18.2	423.2	4.3	0.4	Vertical	3.51E-03	3.51E-03	3.51E-03	1.20E-02	8.48E-02	3.14E-04
four2	Four de réactivation combustion #2	625-269-002	713 446	5 332 867	350.8	18.2	423.2	4.3	0.4	Vertical	3.51E-03	3.51E-03	3.51E-03	1.20E-02	8.48E-02	3.14E-04
fourind	Four à induction (Dépoussiéreur humide)	625-575-001	713 396	5 332 845	350.8	15.8	326.2	24.0	0.2	Vertical	2.07E-02	2.05E-02	1.96E-02	0	0	0
rescu	Dépoussiéreur humide du réservoir de sulfate de cuivre	630-575-001	713 435	5 332 845	350.8	15.8	293.2	37.5	0.2	Vertical	3.54E-02	3.54E-02	3.54E-02	0	0	0

A-1-10 CARACTÉRISTIQUES ET TAUX D'ÉMISSION DES SOURCES SURFACIQUES – MCM

Identifiant	Description	Élévation (m)	Hauteur de relâche (m)	Sigma Z (m)	Surface considérée (m^2)	Teneur en limon (%)	Taux d'émission ($g/s.m^2$)		
							PMT	PM_{10}	$PM_{2.5}$
pcmw1	Dépot du stériles #1	210.0	5.0	2.33	68 300	3.9	5.93E-05	2.97E-05	4.45E-06
pcmw2	Dépot du stériles #2	200.0	5.0	2.33	68 300	3.9	5.93E-05	2.97E-05	4.45E-06
pcmo	Pile de minerai	350.0	5.0	2.33	23 600	3.9	5.93E-05	2.97E-05	4.45E-06
pcrush	Aire de stockage de minerai pré-concassé	350.0	4.3	2.02	1 600	3.9	5.93E-05	2.97E-05	4.45E-06
Note: Le taux d'émission est égal à zéro lorsque la vitesse du vent est inférieure à 5,36 m/s (19,3 km/h).									

A-1-11 CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET TAUX D'ÉMISSIONS – CHARGEMENTS ET DÉCHARGEMENTS – ODYSSEY

Identifiant	Description	Tonnage manipulé (ktm/h)	Humidité du matériel (%)	X (m)	Y (m)	Élévation (m)	Hauteur de relâche (m)	Sigma Y (m)	Sigma Z (m)	Atténuation (%)	Taux d'émission (g/s) [1]		
											PMT	PM_{10}	$PM_{2,5}$
ldop22o	Chargement à P22 (Minerai)	0.131	5.4	717 782	5 334 419	308.9	4.9	1.49	0.76	0	1.89E-02	8.92E-03	1.35E-03
ldop22w	Chargement à P22 (Stériles)	0.012	5.4	717 782	5 334 419	308.9	4.9	1.49	0.76	0	1.69E-03	7.97E-04	1.21E-04
ldop21w	Chargement à P21 (Stériles)	0.011	5.4	717 909	5 334 291	309.4	4.9	1.49	0.76	0	1.65E-03	7.79E-04	1.18E-04
dpop19o	Déchargement à P19 (Minerai)	0.131	5.4	717 728	5 334 493	308.4	1.0	0.74	3.26	0	1.89E-02	8.92E-03	1.35E-03
dpop08o	Déchargement à P08 (Minerai)	0.131	5.4	713 076	5 334 062	345.4	1.3	1.62	6.45	90	1.89E-03	8.92E-04	1.35E-04
dpop23w	Déchargement à P23 (Stériles)	0.012	5.4	717 828	5 334 457	308.7	1.0	0.74	3.26	0	1.69E-03	7.97E-04	1.21E-04
dpop26w	Déchargement à P26 (Stériles)	0.012	5.4	714 728	5 334 489	210.0	1.3	1.62	6.45	0	1.69E-03	7.97E-04	1.21E-04
dpop27w	Déchargement à P27 (Stériles)	0.011	5.4	714 417	5 334 615	200.0	1.3	1.62	6.45	0	1.65E-03	7.79E-04	1.18E-04
dpwchev	Chute du stériles au chevalement	0.011	5.4	717 916	5 334 286	309.0	12.4	3.30	17.53	0	1.65E-03	7.79E-04	1.18E-04

[1] Taux d'émission calculés heure par heure en fonction de la vitesse du vent suivant la méthode de l'AP-42, section 13.2.4 Aggregate Handling And Storage Piles. Le taux d'émission est présenté pour un vent d'une vitesse de 3.40 m/s

A-1-12 CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET TAUX D'ÉMISSIONS – SEGMENTS DE ROUTAGE – ODYSSEY

Segment	Longueur du segment (m)	Largeur du segment (m)	Hauteur moyenne des véhicules (m)	Hauteur de relâche (m)	Sigma Y (m)	Sigma Z (m)	Teneur en limon (%)	Poids moyen des véhicules (tons)	Facteur d'émission (g/VKT)			Nombre de déplacement (jour^{-1})	VKT (jour^{-1})	Taux d'émission sans atténuation (g/s)		
									PMT	PM_{10}	$PM_{2,5}$			PMT	PM_{10}	$PM_{2,5}$
P16_P18	264	30.0	2.9	2.5	33.49	2.30	8.3	82.1	4 731.7	1 345.5	134.6	108.8	28.7	1.57E+00	4.47E-01	4.47E-02
P17_P15	79	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	2.4	0.2	1.88E-02	5.35E-03	5.35E-04
P06_P11	2 328	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	27.7	64.6	6.34E+00	1.80E+00	1.80E-01
P11_P09	967	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	27.7	26.8	2.63E+00	7.49E-01	7.49E-02
P09_P07	91	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	27.7	2.5	2.47E-01	7.03E-02	7.03E-03
P07_P08	337	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	27.7	9.4	9.19E-01	2.61E-01	2.61E-02
P04_P06	1 470	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	4.9	7.2	7.08E-01	2.01E-01	2.01E-02
P04_P05	104	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	4.9	0.5	5.02E-02	1.43E-02	1.43E-03
P22_P15	109	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	30.2	3.3	3.22E-01	9.17E-02	9.17E-03
P15_P06	1 752	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	32.6	57.2	5.62E+00	1.60E+00	1.60E-01
P18_P23	127	30.0	2.9	2.5	33.49	2.30	8.3	82.1	4 731.7	1 345.5	134.6	8.9	1.1	6.19E-02	1.76E-02	1.76E-03
P18_P19	43	30.0	2.9	2.5	33.49	2.30	8.3	82.1	4 731.7	1 345.5	134.6	99.9	4.3	2.34E-01	6.67E-02	6.67E-03
P21_P17	49	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	2.4	0.1	1.16E-02	3.31E-03	3.31E-04
P05_P27	544	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	2.4	1.3	1.29E-01	3.68E-02	3.68E-03
P05_P26	340	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	2.5	0.8	8.27E-02	2.35E-02	2.35E-03

A-1-13 COORDONNÉES ET ÉLÉVATION DES SOURCES DE ROUTAGE ADDITIONNELLES – ODYSSEY

Identifiant	X (m)	Y (m)	Élévation (m)	Identifiant	X (m)	Y (m)	Élévation (m)
P16_P18_1	717 941	5 334 595	308.4	P15_P06_12	717 151	5 334 616	320.0
P16_P18_2	717 869	5 334 595	309.1	P15_P06_13	717 079	5 334 613	320.0
P16_P18_3	717 797	5 334 595	309.3	P15_P06_14	717 008	5 334 610	321.0
P16_P18_4	717 749	5 334 551	309.0	P15_P06_15	716 936	5 334 606	321.4
P17_P15_1	717 860	5 334 348	309.5	P15_P06_16	716 865	5 334 593	321.5
P22_P15_1	717 798	5 334 410	309.0	P15_P06_17	716 806	5 334 552	322.3
P22_P15_2	717 831	5 334 352	309.0	P15_P06_18	716 748	5 334 510	322.7
P15_P06_01	717 795	5 334 297	309.8	P15_P06_19	716 686	5 334 474	322.8
P15_P06_02	717 747	5 334 289	317.7	P15_P06_20	716 620	5 334 446	323.0
P15_P06_03	717 690	5 334 333	318.0	P15_P06_21	716 550	5 334 431	323.0
P15_P06_04	717 637	5 334 381	318.4	P15_P06_22	716 480	5 334 413	323.2
P15_P06_05	717 583	5 334 429	318.7	P15_P06_23	716 414	5 334 385	323.9
P15_P06_06	717 531	5 334 479	319.0	P15_P06_24	716 354	5 334 345	324.3
P15_P06_07	717 479	5 334 529	319.3	P18_P23_1	717 760	5 334 516	308.8
P15_P06_08	717 427	5 334 579	319.7	P18_P23_2	717 821	5 334 478	308.9
P15_P06_09	717 367	5 334 616	319.9	P18_P19_1	717 725	5 334 513	308.5
P15_P06_10	717 295	5 334 616	320.0	P21_P17_1	717 896	5 334 310	309.3
P15_P06_11	717 223	5 334 616	320.0				

A-1-14 PARAMÈTRES PHYSIQUES ET TAUX D'ÉMISSION UTILISÉS POUR LA MODÉLISATION DES GAZ D'ÉCHAPPEMENT DES ÉQUIPEMENTS LOCALISÉS – ODYSSEY

Identifiant	Description	X (m)	Y (m)	Élévation (m)	Hauteur de relâche (m)	Température (K)	Vitesse (m/s)	Diamètre (m)	Type de source	Taux d'émission (g/s)				
										PM_{10} [1]	$PM_{2.5}$	CO	NOx	SO_2
ldop22x	Chargement à P22 - Exhaust (Létourneau L-1850-2)	717 782	5 334 419	308.9	5.8	733.2	41.0	0.4	Vertical	4.32E-02	4.19E-02	2.11E-01	9.81E-01	8.07E-04
ldop21x	Chargement à P21 - Exhaust (Létourneau L-1850-2)	717 909	5 334 291	309.4	5.8	733.2	41.0	0.4	Vertical	4.32E-02	4.19E-02	2.11E-01	9.81E-01	8.07E-04
[1] Toutes les particules émises sont supposées être plus petites que 10 microns donc PMT = PM_{10}.														

A-1-15 CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES DES SOURCES DE VENTILATION DE LA MINE SOUTERRAINE – ODYSSEY

Identifiant	Description	X (m)	Y (m)	Élévation (m)	Hauteur de relâche (m)	Température (K)	Vitesse (m/s)	Diamètre (m)	Type de source	Proportion du débit (%)
vent1	Évacuation d'air vicié - Portail	717 871	5 334 595	309.0	1.0	288.2	8.3	6.1	Horizontal	49 %
vent2	Évacuation d'air vicié - #1	717 946	5 334 512	308.5	1.0	288.2	8.9	6.1	Vertical	51 %

A-1-16 DESCRIPTION ET TAUX D'ÉMISSIONS CALCULÉS POUR LES VÉHICULES HORS ROUTE UTILISÉS DANS LA MINE SOUTERRAINE – ODYSSEY

Véhicule	Type	Puissance (hp)	Tier	Facteur de chargement [1]	Taux d'émission par véhicule (g/s)				
					PM_{10} [2]	$PM_{2.5}$	CO	NO_x	SO_2
Sandvik DD422i	Foreuse	160	T3	0.43	5.20E-03	5.04E-03	1.91E-02	4.82E-02	9.32E-05
MacLean CS3	Camion de transport hors-route	138	T3	0.59	9.59E-03	9.30E-03	3.45E-02	5.93E-02	1.11E-04
MacLean BT3	Camion de transport hors-route	147	T3	0.59	1.02E-02	9.91E-03	3.68E-02	6.31E-02	1.19E-04
MacLean 928	Camion de transport hors-route	154	T2	0.59	6.91E-03	6.70E-03	3.68E-02	9.92E-02	1.24E-04
MacLean SL3	Camion de transport hors-route	138	T3	0.59	9.59E-03	9.30E-03	3.45E-02	5.93E-02	1.11E-04
Putzmeister PM407	Camion de transport hors-route	73.4	T4i	0.59	3.54E-03	3.44E-03	3.28E-02	3.64E-02	4.67E-05
Sandvik DU412I	Foreuse	173	T3	0.43	5.62E-03	5.45E-03	2.06E-02	5.21E-02	1.01E-04
Caterpillar 140M	Niveleuse	223	T3	0.59	9.95E-03	9.65E-03	4.81E-02	9.58E-02	1.80E-04
Sandvik LH621	Chargeuse sur roues	475	T2	0.59	1.45E-02	1.40E-02	1.10E-01	3.23E-01	3.83E-04
Sandvik LH517 (option T4)	Chargeuse sur roues	400	T4i	0.59	8.88E-04	8.62E-04	6.34E-03	1.65E-01	2.29E-04
Sandvik TH663i (option T4)	Camion de transport hors-route	810	T4N	0.59	5.40E-03	5.24E-03	1.16E-02	3.20E-01	4.64E-04
Sandvik TH551 (option T4)	Camion de transport hors-route	691	T4i	0.59	1.53E-03	1.49E-03	1.73E-02	2.85E-01	3.95E-04
MacLean WS3	Équipement de construction divers	147	T3	0.59	1.02E-02	9.91E-03	3.68E-02	6.31E-02	1.19E-04
Sandvik LH307	Chargeuse sur roues	215	T3	0.59	9.58E-03	9.29E-03	4.63E-02	9.22E-02	1.73E-04
Sandvik DS421	Foreuse	148	T3	0.43	4.81E-03	4.67E-03	1.76E-02	4.45E-02	8.62E-05

[1] Appendix A, (US-EPA, 2004)
[2] Toutes les émissions de particules sont considérées plus petites que 10 µm, et donc PMT = PM10.

A-1-17 TAUX D'ÉMISSION MOYEN DES GAZ D'ÉCHAPPEMENT DES ÉQUIPEMENTS MINIERS SOUTERRAINS CONSIDÉRÉS À LA SOURCE DE VENTILATION DE LA MINE SOUTERRAINE – ODYSSEY

Véhicule	Nombre d'équipements	Facteur d'utilisation[1] (%)	Modèle équivalent	Taux d'émission total (g/s)				
				PM_{10}[2]	$PM_{2,5}$	CO	NO_x	SO_2
Jumbo	1	69%	Sandvik DD422i	3.60E-03	3.49E-03	1.32E-02	3.33E-02	6.45E-05
Emulsion loader - production	1	41%	MacLean CS3	3.97E-03	3.85E-03	1.43E-02	2.46E-02	4.62E-05
Boom truck	1	51%	MacLean BT3	5.22E-03	5.06E-03	1.88E-02	3.23E-02	6.06E-05
Scissor - bolter	2	48%	MacLean 928	6.68E-03	6.48E-03	3.56E-02	9.59E-02	1.20E-04
Scissor lift	4	21%	MacLean SL3	7.94E-03	7.71E-03	2.86E-02	4.91E-02	9.23E-05
Emulsion loader dev	1	21%	Putzmeister PM407	7.34E-04	7.12E-04	6.79E-03	7.54E-03	9.67E-06
ITH drill	2	73%	Sandvik DU412I	8.18E-03	7.93E-03	3.00E-02	7.57E-02	1.47E-04
Grader	1	52%	Caterpillar 140M	5.22E-03	5.07E-03	2.53E-02	5.03E-02	9.45E-05
Fuel-lube cassette	1	41%	MacLean CS3	3.97E-03	3.85E-03	1.43E-02	2.46E-02	4.62E-05
LHD LH621	2	67%	Sandvik LH621	1.94E-02	1.88E-02	1.48E-01	4.34E-01	5.14E-04
LHD LH 517	3	67%	Sandvik LH517 (option T4)	1.79E-03	1.73E-03	1.27E-02	3.32E-01	4.60E-04
Truck 663i	5	70%	Sandvik TH663i (option T4)	1.89E-02	1.83E-02	4.07E-02	1.12E+00	1.62E-03
Truck 551i	1	70%	Sandvik TH551 (option T4)	1.07E-03	1.04E-03	1.21E-02	2.00E-01	2.77E-04
Water canon	1	24%	MacLean WS3	2.47E-03	2.40E-03	8.90E-03	1.53E-02	2.87E-05
Sandvick LH307	1	67%	Sandvik LH307	6.42E-03	6.23E-03	3.10E-02	6.18E-02	1.16E-04
			Total :	9.56E-02	9.27E-02	4.40E-01	2.56E+00	3.70E-03

[1] Inclus le pourcentage d'utilisation et le pourcentage d'efficacité.
[2] Toutes les émissions de particules sont considérées comme plus petites que 10 µm, et donc PMT = PM_{10}.

A-1-18 TAUX D'ÉMISSION DES SAUTAGES SOUTERRAINS CONSIDÉRÉS – VENTILATION DE LA MINE SOUTERRAINE – ODYSSEY

Zones	Chantier	Tonnage (kt)	Surface (m^2)	Quantité d'explosif (t)	Taux d'émission total (g/s)					
					PMT	PM_{10}	$PM_{2,5}$	CO	NO_x	SO_2
Odyssey Sud	50 m	25	400	20,4	4.89E-01	2.54E-01	1.47E-02	1.31E+01	1.14E+00	3.41E-01

A-1-19 TAUX D'ÉMISSION ESTIMÉS POUR LE CHAUFFAGE DE L'AIR FRAIS POUR LA VENTILATION DE LA MINE SOUTERRAINE – ODYSSEY

Mois	Alimentation en gaz naturel (m^3/h)	Puissance (kW)	Taux de souffre (grains/10^6 scf)	Taux d'émission (g/s)					
				PMT	PM_{10}	$PM_{2.5}$	CO	NO_x	SO_2
Janvier	1 678	17 662	2 000	5.67E-02	5.67E-02	5.67E-02	6.27E-01	3.73E-01	4.48E-03
Février	1 494	15 728	2 000	5.05E-02	5.05E-02	5.05E-02	5.58E-01	3.32E-01	3.98E-03
Mars	983	10 345	2 000	3.32E-02	3.32E-02	3.32E-02	3.67E-01	2.18E-01	2.62E-03
Avril	240	2 523	2 000	8.10E-03	8.10E-03	8.10E-03	8.95E-02	5.33E-02	6.39E-04
Novembre	583	6 140	2 000	1.97E-02	1.97E-02	1.97E-02	2.18E-01	1.30E-01	1.56E-03
Décembre	1 366	14 382	2 000	4.62E-02	4.62E-02	4.62E-02	5.10E-01	3.04E-01	3.64E-03

A-1-20 TAUX D'ÉMISSION POUR CHAQUE TYPE D'ÉMISSION ESTIMÉS POUR LA VENTILATION DE LA MINE SOUTERRAINE – ODYSSEY

Type d'émission	Taux d'émission (g/s)					
	PMT	PM_{10}	$PM_{2,5}$	CO	NO_x	SO_2
Gaz d'échappements	9.56E-02	9.56E-02	9.27E-02	4.40E-01	2.56E+00	3.70E-03
Manipulation de matériaux	1.52E-01	7.75E-02	2.28E-02	-	-	-
Sautage (durant 1 heure)	4.89E-01	2.54E-01	1.47E-02	1.31E+01	1.14E+00	3.41E-01
Chauffage (situation maximale : mois de janvier)	5.67E-02	5.67E-02	5.67E-02	6.27E-01	3.73E-01	4.48E-03

A-1-21 CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET TAUX D'ÉMISSION POUR LE DÉPOUSSIÉREUR DE L'USINE DE REMBLAI EN PÂTE – ODYSSEY

Identifiant	Description	X (m)	Y (m)	Élévation (m)	Hauteur de relâche (m)	Température (K)	Vitesse (m/s)	Diamètre (m)	Débit normalisé (Nm^3/h)	Concentration PMT (mg/Nm^3)	Ratio PM_{10}/PMT (%)	Ratio $PM_{2,5}$/PMT (%)	Taux d'émission (g/s)		
													PMT	PM10	PM2,5
dc1	Usine de remblai en pâte Phase 1	718 183	5 334 557	307.0	21.1	Ambiante	11.1	0.3	1 954	30	95	50	1.63E-02	1.54E-02	8.12E-03

A-1-22 CARACTÉRISTIQUES ET TAUX D'ÉMISSION DES SOURCES SURFACIQUES – ODYSSEY

Identifiant	Description	Élévation (m)	Hauteur de relâche (m)	Sigma Z (m)	Surface considérée (m^2)	Teneur en limon (%)	Taux d'émission ($g/s.m^2$)		
							PMT	PM_{10}	$PM_{2.5}$
podo	Halde de minerai - Odyssey	308.0	2.5	1.16	4 000	3.9	5.93E-05	2.97E-05	4.45E-06
podw1	Halde de stériles - Odyssey	308.0	2.5	1.16	2 500	3.9	5.93E-05	2.97E-05	4.45E-06
podw2	Pile de stériles au chevalement - Odyssey	308.0	2.3	1.09	200	3.9	5.93E-05	2.97E-05	4.45E-06
Note: Le taux d'émission est égal à zéro lorsque la vitesse du vent est inférieure à 5,36 m/s (19,3 km/h).									

ANNEXE

A-2 CARACTÉRISATION DES SOURCES – SCÉNARIO 2

A-2-1 CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET TAUX D'ÉMISSIONS – CHARGEMENTS ET DÉCHARGEMENTS – ODYSSEY

Identifiant	Description	Tonnage manipulé (ktm/h)	Humidité du matériel (%)	X (m)	Y (m)	Élévation (m)	Hauteur de relâche (m)	Sigma Y (m)	Sigma Z (m)	Atténuation (%)	Taux d'émission (g/s) [1]		
											PMT	PM_{10}	$PM_{2,5}$
ldop22o	Chargement à P22 (Minerai)	0.124	5.4	717 782	5 334 419	308.9	4.9	1.49	0.76	0	1.79E-02	8.46E-03	1.28E-03
ldop20o	Chargement à P20 (Minerai)	0.749	5.4	717 925	5 334 298	309.3	4.9	0.35	0.76	0	1.08E-01	5.10E-02	7.72E-03
ldop22w	Chargement à P22 (Stériles)	0.003	5.4	717 782	5 334 419	308.9	4.9	1.49	0.76	0	4.28E-04	2.03E-04	3.07E-05
ldop21w	Chargement à P21 (Stériles)	0.018	5.4	717 909	5 334 291	309.4	4.9	1.49	0.76	0	2.59E-03	1.22E-03	1.85E-04
dpop19o	Déchargement à P19 (Minerai)	0.124	5.4	717 728	5 334 493	308.4	1.0	0.74	3.26	0	1.79E-02	8.46E-03	1.28E-03
dpop10o	Déchargement à P10 (Minerai)	0.092	5.4	713 713	5 333 658	350.0	1.3	1.62	6.45	0	1.32E-02	6.25E-03	9.47E-04
dpop08o	Déchargement à P08 (Minerai)	0.781	5.4	713 076	5 334 062	345.4	1.3	1.62	6.45	90	1.12E-02	5.32E-03	8.05E-04
dpop23w	Déchargement à P23 (Stériles)	0.003	5.4	717 828	5 334 457	308.7	1.0	0.74	3.26	0	4.28E-04	2.03E-04	3.07E-05
dpop04w	Déchargement à P04 (Stériles)	0.021	5.4	715 050	5 334 734	209.9	1.3	1.62	6.45	0	3.02E-03	1.43E-03	2.16E-04
dpwchev	Chute du stériles au chevalement	0.018	5.4	717 916	5 334 286	309.0	12.4	3.30	17.53	0	2.59E-03	1.22E-03	1.85E-04

[1] Taux d'émission calculés heure par heure en fonction de la vitesse du vent suivant la méthode de l'AP-42, section 13.2.4 Aggregate Handling And Storage Piles. Le taux d'émission est présenté pour un vent d'une vitesse de 3.40 m/s

A-2-2 CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET TAUX D'ÉMISSIONS – BOUTAGE – ODYSSEY

Identifiant	Description	Équipement	X (m)	Y (m)	Élévation (m)	Hauteur de relâche (m)	Sigma Y (m)	Sigma Z (m)	Teneur en silt (%)	Humidité du matériel (%)	Atténuation (%)	Taux d'émission avec atténuation (g/s)		
												PMT	PM_{10}	$PM_{2,5}$
tdoz01	Bouteur sur chenilles	Caterpillar D10T	712 989	5 334 061	342.0	1.1	1.22	1.05	3.9	5.4	50	2.06E-01	3.41E-02	2.17E-02

A-2-3 CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET TAUX D'ÉMISSIONS – SEGMENTS DE ROUTAGE – ODYSSEY

Segment	Longueur du segment (m)	Largeur du segment (m)	Hauteur moyenne des véhicules (m)	Hauteur de relâche (m)	Sigma Y (m)	Sigma Z (m)	Teneur en limon (%)	Poids moyen des véhicules (tons)	Facteur d'émission (g/VKT)			Nombre de déplacement (jour^{-1})	VKT (jour^{-1})	Taux d'émission sans atténuation (g/s)		
									PMT	PM_{10}	$PM_{2,5}$			PMT	PM_{10}	$PM_{2,5}$
P16_P18	264	30.0	2.9	2.5	33.49	2.30	8.3	82.1	4 731.7	1 345.5	134.6	96.9	25.6	1.40E+00	3.98E-01	3.98E-02
P17_P15	79	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	162.3	12.8	1.26E+00	3.58E-01	3.58E-02
P06_P11	2 328	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	184.8	430.2	4.22E+01	1.20E+01	1.20E+00
P11_P09	967	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	184.8	178.7	1.75E+01	4.99E+00	4.99E-01
P09_P07	91	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	165.4	15.0	1.47E+00	4.19E-01	4.19E-02
P07_P08	337	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	165.4	55.8	5.48E+00	1.56E+00	1.56E-01
P04_P06	1 509	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	4.4	6.7	6.57E-01	1.87E-01	1.87E-02
P22_P15	109	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	26.9	2.9	2.87E-01	8.17E-02	8.17E-03
P15_P06	1 752	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	189.2	331.6	3.26E+01	9.26E+00	9.26E-01
P18_P23	127	30.0	2.9	2.5	33.49	2.30	8.3	82.1	4 731.7	1 345.5	134.6	2.3	0.3	1.57E-02	4.47E-03	4.47E-04
P18_P19	43	30.0	2.9	2.5	33.49	2.30	8.3	82.1	4 731.7	1 345.5	134.6	94.7	4.1	2.22E-01	6.32E-02	6.32E-03
P21_P17	49	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	3.8	0.2	1.83E-02	5.19E-03	5.19E-04
P20_P17	47	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	158.5	7.5	7.38E-01	2.10E-01	2.10E-02
P10_P09	665	30.0	6.6	5.6	33.49	5.22	8.3	300.5	8 482.8	2 412.2	241.2	19.4	12.9	1.27E+00	3.61E-01	3.61E-02

A-2-4 COORDONNÉES ET ÉLÉVATION DES SOURCES DE ROUTAGE – ODYSSEY

Identifiant	X (m)	Y (m)	Élévation (m)	Identifiant	X (m)	Y (m)	Élévation (m)
P16_P18_1	717 941	5 334 595	308.4	P11_P09_05	713 950	5 334 092	337.0
P16_P18_2	717 869	5 334 595	309.1	P11_P09_06	713 881	5 334 112	337.8
P16_P18_3	717 797	5 334 595	309.3	P11_P09_07	713 812	5 334 132	337.9
P16_P18_4	717 749	5 334 551	309.0	P11_P09_08	713 743	5 334 152	338.8
P17_P15_1	717 860	5 334 348	309.5	P11_P09_09	713 673	5 334 171	339.2
P06_P11_01	716 263	5 334 319	324.3	P11_P09_10	713 603	5 334 188	340.0
P06_P11_02	716 191	5 334 315	324.1	P11_P09_11	713 532	5 334 199	340.8
P06_P11_03	716 120	5 334 321	325.0	P11_P09_12	713 460	5 334 201	341.6
P06_P11_04	716 048	5 334 327	325.1	P11_P09_13	713 388	5 334 201	341.7
P06_P11_05	715 976	5 334 328	325.7	P09_P07_1	713 326	5 334 237	340.3
P06_P11_06	715 905	5 334 318	329.4	P07_P08_1	713 283	5 334 273	340.2
P06_P11_07	715 837	5 334 296	334.5	P07_P08_2	713 216	5 334 247	342.1
P06_P11_08	715 770	5 334 269	338.7	P07_P08_3	713 157	5 334 207	342.4
P06_P11_09	715 704	5 334 242	339.0	P07_P08_4	713 111	5 334 152	343.3
P06_P11_10	715 634	5 334 222	338.8	P07_P08_5	713 084	5 334 086	344.4
P06_P11_11	715 565	5 334 203	337.5	P04_P06_01	715 063	5 334 703	210.0
P06_P11_12	715 496	5 334 181	335.2	P04_P06_02	715 106	5 334 645	210.0
P06_P11_13	715 429	5 334 155	334.8	P04_P06_03	715 160	5 334 598	215.2
P06_P11_14	715 363	5 334 127	334.3	P04_P06_04	715 215	5 334 552	222.4
P06_P11_15	715 298	5 334 097	332.9	P04_P06_05	715 272	5 334 509	229.5
P06_P11_16	715 232	5 334 067	333.8	P04_P06_06	715 331	5 334 469	236.2
P06_P11_17	715 172	5 334 029	334.3	P04_P06_07	715 400	5 334 450	242.9
P06_P11_18	715 159	5 333 961	334.7	P04_P06_08	715 471	5 334 438	250.0
P06_P11_19	715 149	5 333 891	334.7	P04_P06_09	715 542	5 334 432	256.7
P06_P11_20	715 087	5 333 859	335.2	P04_P06_10	715 613	5 334 441	263.6
P06_P11_21	715 018	5 333 839	334.6	P04_P06_11	715 680	5 334 465	270.5
P06_P11_22	714 946	5 333 836	334.1	P04_P06_12	715 745	5 334 497	277.5
P06_P11_23	714 874	5 333 839	333.5	P04_P06_13	715 809	5 334 528	284.0
P06_P11_24	714 803	5 333 832	333.7	P04_P06_14	715 880	5 334 532	290.3
P06_P11_25	714 735	5 333 809	333.8	P04_P06_15	715 950	5 334 515	295.8
P06_P11_26	714 668	5 333 784	336.2	P04_P06_16	716 009	5 334 475	301.2
P06_P11_27	714 596	5 333 783	338.8	P04_P06_17	716 069	5 334 436	306.9
P06_P11_28	714 524	5 333 783	338.9	P04_P06_18	716 128	5 334 399	310.0
P06_P11_29	714 454	5 333 793	339.1	P04_P06_19	716 186	5 334 383	317.0
P06_P11_30	714 394	5 333 831	338.8	P04_P06_20	716 232	5 334 380	322.1
P06_P11_31	714 342	5 333 881	337.7	P04_P06_21	716 296	5 334 356	323.8
P06_P11_32	714 290	5 333 931	334.8	P22_P15_1	717 798	5 334 410	309.0
P11_P09_01	714 220	5 334 001	334.4	P22_P15_2	717 831	5 334 352	309.0
P11_P09_02	714 158	5 334 035	334.5	P15_P06_01	717 795	5 334 297	309.8
P11_P09_03	714 089	5 334 056	334.6	P15_P06_02	717 747	5 334 289	317.7
P11_P09_04	714 019	5 334 073	335.3	P15_P06_03	717 690	5 334 333	318.0

A-2-4 COORDONNÉES ET ÉLÉVATION DES SOURCES DE ROUTAGE – ODYSSEY (suite)

Identifiant	X (m)	Y (m)	Élévation (m)	Identifiant	X (m)	Y (m)	Élévation (m)
P15_P06_04	717 637	5 334 381	318.4	P15_P06_22	716 480	5 334 413	323.2
P15_P06_05	717 583	5 334 429	318.7	P15_P06_23	716 414	5 334 385	323.9
P15_P06_06	717 531	5 334 479	319.0	P15_P06_24	716 354	5 334 345	324.3
P15_P06_07	717 479	5 334 529	319.3	P18_P23_1	717 760	5 334 516	308.8
P15_P06_08	717 427	5 334 579	319.7	P18_P23_2	717 821	5 334 478	308.9
P15_P06_09	717 367	5 334 616	319.9	P18_P19_1	717 725	5 334 513	308.5
P15_P06_10	717 295	5 334 616	320.0	P21_P17_1	717 896	5 334 310	309.3
P15_P06_11	717 223	5 334 616	320.0	P20_P17_1	717 908	5 334 314	309.3
P15_P06_12	717 151	5 334 616	320.0	P10_P09_1	713 684	5 333 691	350.0
P15_P06_13	717 079	5 334 613	320.0	P10_P09_2	713 636	5 333 745	350.0
P15_P06_14	717 008	5 334 610	321.0	P10_P09_3	713 588	5 333 799	350.0
P15_P06_15	716 936	5 334 606	321.4	P10_P09_4	713 544	5 333 855	350.0
P15_P06_16	716 865	5 334 593	321.5	P10_P09_5	713 524	5 333 924	350.0
P15_P06_17	716 806	5 334 552	322.3	P10_P09_6	713 477	5 333 977	350.0
P15_P06_18	716 748	5 334 510	322.7	P10_P09_7	713 429	5 334 030	350.0
P15_P06_19	716 686	5 334 474	322.8	P10_P09_8	713 387	5 334 088	350.0
P15_P06_20	716 620	5 334 446	323.0	P10_P09_9	713 356	5 334 153	343.4
P15_P06_21	716 550	5 334 431	323.0				

A-2-5 PARAMÈTRES PHYSIQUES ET TAUX D'ÉMISSION UTILISÉS POUR LA MODÉLISATION DES GAZ D'ÉCHAPPEMENT DES ÉQUIPEMENTS LOCALISÉS – ODYSSEY

Identifiant	Description	X (m)	Y (m)	Élévation (m)	Hauteur de relâche (m)	Température (K)	Vitesse (m/s)	Diamètre (m)	Type de source	Taux d'émission (g/s)				
										PM_{10} [1]	$PM_{2.5}$	CO	NOx	SO_2
ldop22x	Chargement à P22 - Exhaust (Létourneau L-1850-2)	717 782	5 334 419	308.9	5.8	733.2	41.0	0.4	Vertical	1.73E-01	1.68E-01	8.44E-01	3.92E+00	3.23E-03
tdoz01x	Bouteur sur chenilles - Exhaust (Caterpillar D10T)	712 989	5 334 061	342.0	4.5	755.4	31.2	0.2	Vertical	2.69E-02	2.61E-02	2.31E-01	2.59E-01	4.87E-04

[1] Toutes les particules émises sont supposées être plus petites que 10 microns donc PMT = PM_{10}.

A-2-6 CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES DES SOURCES DE VENTILATION DE LA MINE SOUTERRAINE – ODYSSEY

Identifiant	Description	X (m)	Y (m)	Élévation (m)	Hauteur de relâche (m)	Température (K)	Vitesse (m/s)	Diamètre (m)	Type de source	Proportion du débit (%)
vent1	Évacuation d'air vicié - Portail	717 871	5 334 595	309.0	1.0	288.2	8.3	6.1	Horizontal	23 %
vent2	Évacuation d'air vicié - #1	717 946	5 334 512	308.5	1.0	288.2	8.9	6.1	Vertical	24 %
vent3	Évacuation d'air vicié - #2	717 680	5 334 515	308.5	1.0	288.2	13.1	6.1	Vertical	24 %
vent4	Évacuation d'air vicié - #3	717 680	5 334 534	308.5	1.0	288.2	13.1	6.1	Vertical	24 %
vent5	Évacuation d'air vicié - #4	716 743	5 334 644	313.3	1.0	288.2	9.2	3.0	Vertical	6 %

A-2-7 TAUX D'ÉMISSION MOYEN DES GAZ D'ÉCHAPPEMENT DES ÉQUIPEMENTS MINIERS SOUTERRAINS CONSIDÉRÉS – VENTILATION DE LA MINE SOUTERRAINE – ODYSSEY

Véhicule	Nombre d'équipements	Facteur d'utilisation[1] (%)	Modèle équivalent	Taux d'émission total (g/s)				
				PM_{10}[2]	$PM_{2,5}$	CO	NO_x	SO_2
Jumbo	9	69%	Sandvik DD422i	3.24E-02	3.14E-02	1.19E-01	3.00E-01	5.80E-04
Emulsion loader - production	4	41%	MacLean CS3	1.59E-02	1.54E-02	5.72E-02	9.82E-02	1.85E-04
Blockhole drill	1	41%	MacLean CS3	3.97E-03	3.85E-03	1.43E-02	2.46E-02	4.62E-05
Boom truck	4	51%	MacLean BT3	2.09E-02	2.02E-02	7.52E-02	1.29E-01	2.43E-04
Scissor - bolter	18	48%	MacLean 928	6.01E-02	5.83E-02	3.21E-01	8.63E-01	1.08E-03
Scissor lift	19	21%	MacLean SL3	3.77E-02	3.66E-02	1.36E-01	2.33E-01	4.38E-04
Emulsion loader dev	3	21%	Putzmeister PM407	2.20E-03	2.14E-03	2.04E-02	2.26E-02	2.90E-05
ITH drill	9	73%	Sandvik DU412I	3.68E-02	3.57E-02	1.35E-01	3.41E-01	6.59E-04
Grader	3	52%	Caterpillar 140M	1.57E-02	1.52E-02	7.58E-02	1.51E-01	2.83E-04
Fuel-lube cassette	4	41%	MacLean CS3	1.59E-02	1.54E-02	5.72E-02	9.82E-02	1.85E-04
LHD LH621	9	67%	Sandvik LH621	8.73E-02	8.47E-02	6.66E-01	1.95E+00	2.31E-03
LHD LH517	8	67%	Sandvik LH517 (option T4)	4.76E-03	4.62E-03	3.40E-02	8.86E-01	1.23E-03
Truck 663i	13	70%	Sandvik TH663i (option T4)	4.91E-02	4.77E-02	1.06E-01	2.91E+00	4.22E-03
Truck 551i	4	70%	Sandvik TH551 (option T4)	4.30E-03	4.17E-03	4.86E-02	7.99E-01	1.11E-03
Water canon	1	24%	MacLean WS3	2.47E-03	2.40E-03	8.90E-03	1.53E-02	2.87E-05
Sandvick LH307	5	67%	Sandvik LH307	3.21E-02	3.11E-02	1.55E-01	3.09E-01	5.80E-04
Cable bolter	2	28%	Sandvik DS421	2.66E-03	2.58E-03	9.74E-03	2.46E-02	4.76E-05
			Total :	4.24E-01	4.11E-01	2.04E+00	9.16E+00	1.33E-02

[1] Inclus le pourcentage d'utilisation et le pourcentage d'efficacité.
[2] Toutes les émissions de particules sont considérées comme plus petites que 10 µm, et donc PMT = PM_{10}.

A-2-8 TAUX D'ÉMISSION DES SAUTAGES SOUTERRAINS CONSIDÉRÉS – VENTILATION DE LA MINE SOUTERRAINE – ODYSSEY

Zones	Chantier	Tonnage (kt)	Surface (m^2)	Quantité d'explosif (t)	Taux d'émission total (g/s)					
					PMT	PM_{10}	$PM_{2,5}$	CO	NO_x	SO_2
East Malartic (0-600m)	40 m	20	400	16,2	4.89E-01	2.54E-01	1.47E-02	1.03E+01	9.00E-01	2.70E-01
Odyssey Nord	50 m	25	400	20,4	4.89E-01	2.54E-01	1.47E-02	1.31E+01	1.14E+00	3.41E-01
East Gouldie	50 m	25	400	20,4	4.89E-01	2.54E-01	1.47E-02	1.31E+01	1.14E+00	3.41E-01
	30 m	15	500	14,0	6.83E-01	3.55E-01	2.05E-02	8.94E+00	7.78E-01	2.33E-01

A-2-9 TAUX D'ÉMISSION ESTIMÉS POUR LE CHAUFFAGE DE L'AIR FRAIS – VENTILATION DE LA MINE SOUTERRAINE – ODYSSEY

Mois	Alimentation en gaz naturel (m^3/h)	Puissance (kW)	Taux de souffre (grains/10^6 scf)	Taux d'émission (g/s)					
				PMT	PM_{10}	$PM_{2.5}$	CO	NO_x	SO_2
Janvier	1 849	19 462	2 000	6.25E-02	6.25E-02	6.25E-02	6.90E-01	4.11E-01	4.93E-03
Février	1 647	17 331	2 000	5.56E-02	5.56E-02	5.56E-02	6.15E-01	3.66E-01	4.39E-03
Mars	1 083	11 399	2 000	3.66E-02	3.66E-02	3.66E-02	4.04E-01	2.41E-01	2.89E-03
Avril	264	2 780	2 000	8.92E-03	8.92E-03	8.92E-03	9.86E-02	5.87E-02	7.04E-04
Novembre	643	6 765	2 000	2.17E-02	2.17E-02	2.17E-02	2.40E-01	1.43E-01	1.71E-03
Décembre	1 506	15 848	2 000	5.09E-02	5.09E-02	5.09E-02	5.62E-01	3.35E-01	4.02E-03

A-2-10 TAUX D'ÉMISSION POUR CHAQUE TYPE D'ÉMISSION ESTIMÉS – VENTILATION DE LA MINE SOUTERRAINE – ODYSSEY

Type d'émission	Taux d'émission (g/s)					
	PMT	PM_{10}	$PM_{2,5}$	CO	NO_x	SO_2
Gaz d'échappements	4.24E-01	4.24E-01	4.11E-01	2.04E+00	9.16E+00	1.33E-02
Manipulation de matériaux	6.75E-01	3.44E-01	1.01E-01	-	-	-
Sautage (durant 2 heures)	1.07E+00	5.59E-01	3.22E-02	2.27E+01	1.97E+00	5.92E-01
Chauffage (situation maximale : mois de janvier)	6.25E-02	6.25E-02	6.25E-02	6.90E-01	4.11E-01	4.93E-03

A-2-11 CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET TAUX D'ÉMISSION POUR LES DÉPOUSSIÉREURS DE L'USINE DE REMBLAI EN PÂTE – ODYSSEY

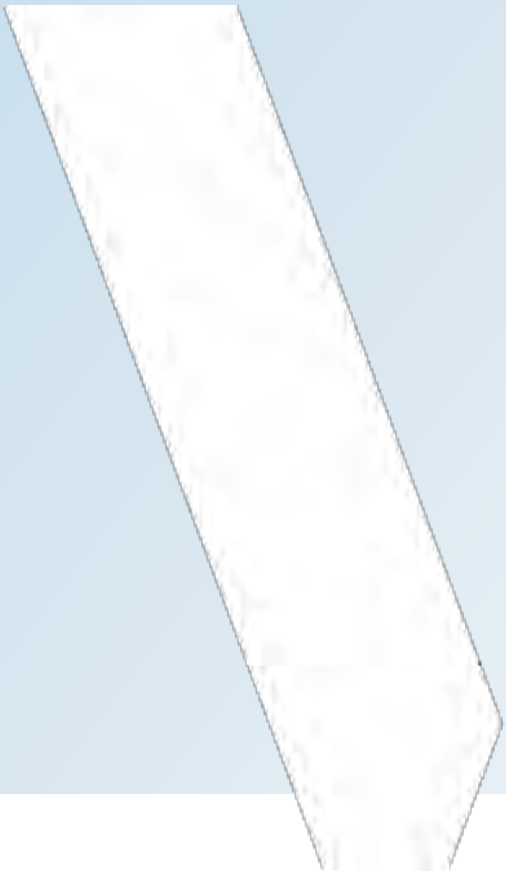
Identifiant	Description	X (m)	Y (m)	Élévation (m)	Hauteur de relâche (m)	Température (K)	Vitesse (m/s)	Diamètre (m)	Débit normalisé (Nm^3/h)	Concentration PMT (mg/Nm^3)	Ratio PM_{10}/PMT (%)	Ratio $PM_{2,5}$/PMT (%)	Taux d'émission (g/s)		
													PMT	PM10	PM2,5
dc1	Usine de remblai en pâte Phase I	718 183	5 334 557	307.0	21.1	Ambiante	11.1	0.3	1 954	30	95	50	1.63E-02	1.54E-02	8.12E-03
dc2	Usine de remblai en pâte Phase II	718 183	5 334 557	307.0	21.1	Ambiante	11.1	0.3	1 954	30	95	50	1.63E-02	1.54E-02	8.12E-03

A-2-12 CARACTÉRISTIQUES ET TAUX D'ÉMISSION DES SOURCES SURFACIQUES – ODYSSEY

Identifiant	Description	Élévation (m)	Hauteur de relâche (m)	Sigma Z (m)	Surface considérée (m^2)	Teneur en limon (%)	Taux d'émission ($g/s.m^2$)		
							PMT	PM_{10}	$PM_{2.5}$
podo	Halde de minerai - Odyssey	308.0	2.5	1.16	4 000	3.9	5.93E-05	2.97E-05	4.45E-06
podw1	Halde de stériles - Odyssey	308.0	2.5	1.16	2 500	3.9	5.93E-05	2.97E-05	4.45E-06
podw2	Pile de stériles au chevalement - Odyssey	308.0	2.3	1.09	200	3.9	5.93E-05	2.97E-05	4.45E-06
podhg	Pile de minerai haute teneur	350.0	2.5	1.16	3 300	3.9	5.93E-05	2.97E-05	4.45E-06
podhw	Dépot de stériles	210.0	2.5	1.16	1 000	3.9	5.93E-05	2.97E-05	4.45E-06
Note: Le taux d'émission est égal à zéro lorsque la vitesse du vent est inférieure à 5,36 m/s (19,3 km/h).									

ANNEXE

A-3 TABLEAUX DE RÉSULTATS



A-3-1 RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION DANS LE DOMAINE D'APPLICATION - SCÉNARIO 1 AVEC ET SANS ODYSSEY

Description de la norme ou du critère							Description des valeurs modélisées	Concentrations modélisées dans le domaine d'application des normes et critères (µg/m³)						Concentration totale modélisée (µg/m³)	Contribution du projet (%)	Pourcentage de la valeur limite (%)
								Maximum par année de l'échantillon météorologique					Maximum			
Substance	Acronyme	Type de seuil	Période	Statistique	Valeur limite (µg/m³)	Concentration initiale (µg/m³)	Scénario	A1	A2	A3	A4	A5				
Particules totales	PMT	Norme	24 heures	1er maximum	120	40	1	201	190	156	151	132	201	241	83	201
							1 - Sans Odyssey	192	181	154	149	131	192	232	83	193
Particules fines	$PM_{2,5}$	Norme	24 heures	1er maximum	30	15	1	38.2	28.7	17.3	14.5	14.8	38.2	53.2	72	177
							1 - Sans Odyssey	36.4	27.3	16.4	13.7	14.1	36.4	51.4	71	171
Monoxyde de carbone	CO	Norme	1 heure	1er maximum	34000	2650	1	1598	1882	7506	1398	1724	7506	10156	74	30
			8 heures	1er maximum	12700	1750		246	252	943	184	241	943	2693	35	21
Dioxyde d'azote	NO_2	Norme	1 heure	1er maximum	414	40	1	539	427	580	522	473	580	620	94	150
							1 - Sans Odyssey	313	291	296	315	297	315	355	89	86
			24 heures	1er maximum	207	30	1	182	168	145	147	147	182	212	86	103
							1 - Sans Odyssey	177	164	137	121	118	177	207	85	100
			1 an	1er maximum	103	10	1	31	27	28	29	28	31	41	75	39
Dioxyde de soufre	SO_2	Norme	4 minutes	99.5e percentile	1050	150	1	4	3	4	3	2	4	154	3	15
				1er maximum	1310	150		68	92	365	36	76	365	515	71	39
			24 heures	1er maximum	288	50		2	2	8	< 1	2	8	58	14	20
			1 an	1er maximum	52	20		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	20.1	< 1	39
Argent	Ag	Norme	1 an	1er maximum	0.23	0.005	1	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.005	< 1	2
Arsenic	As	Norme	1 an	1er maximum	0.003	0.002	1	0.00008	0.00007	0.00007	0.00007	0.00007	0.00008	0.00208	4	69
Baryum	Ba	Norme	1 an	1er maximum	0.05	0.025	1	0.0049	0.0043	0.0045	0.0047	0.0045	0.0049	0.0299	16	60
Béryllium	Be	Norme	1 an	1er maximum	0.0004	0	1	7.41E-06	6.45E-06	6.75E-06	7.05E-06	6.73E-06	7.41E-06	7.41E-06	100	2
Cadmium	Cd	Norme	1 an	1er maximum	0.0036	0.003	1	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	0.00300	< 1	83
Cobalt	Co	Critère	1 an	1er maximum	0.1	0	1	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	100	< 1
Chrome (composés de chrome trivalent)	Cr(III)	Norme	1 an	1er maximum	0.1	0.01	1	0.010	0.009	0.009	0.010	0.009	0.010	0.020	50	20
Cuivre	Cu	Norme	24 heures	1er maximum	2.5	0.2	1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.21	4	8
Mercure	Hg	Norme	1 an	1er maximum	0.005	0.002	1	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	0.00200	< 1	40
Manganèse	Mn	Critère	1 an	1er maximum	0.025	0.02	1	0.0066	0.0058	0.0062	0.0067	0.0061	0.0067	0.0267	25	107
							1 - Sans Odyssey	0.0063	0.0056	0.0060	0.0064	0.0059	0.0064	0.0264	24	106
Nickel	Ni	Norme	24 heures	1er maximum	0.014	0.002	1	0.0239	0.0197	0.0117	0.0116	0.0095	0.0239	0.0259	92	185
							1 - Sans Odyssey	0.0225	0.0185	0.0114	0.0113	0.0091	0.0225	0.0245	92	175
Plomb	Pb	Norme	1 an	1er maximum	0.1	0.025	1	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.025	< 1	25
Antimoine	Sb	Norme	1 an	1er maximum	0.17	0.007	1	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.007	< 1	4
Sélénium	Se	Critère	1 heure	1er maximum	2	0.15	1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.15	< 1	8
Silice cristalline	SiO_2	Critère	1 heure	1er maximum	23	6	1	23.0	22.2	29.4	23.3	25.1	29.4	35.4	83	154
							1 - Sans Odyssey	22.7	20.9	21.7	22.2	25.1	25.1	31.1	81	135
			1 an	1er maximum	0.07	0.04	1	0.114	0.101	0.105	0.112	0.104	0.114	0.154	74	220
							1 - Sans Odyssey	0.111	0.098	0.102	0.108	0.100	0.111	0.151	73	215
Titane	Ti	Critère	24 heures	1er maximum	2.5	0	1	0.13	0.11	0.06	0.06	0.05	0.13	0.13	100	5
Thallium	Tl	Norme	1 an	1er maximum	0.25	0.05	1	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.050	< 1	20
Vanadium	V	Norme	1 an	1er maximum	1	0.01	1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	14	1
Zinc	Zn	Norme	24 heures	1er maximum	2.5	0.1	1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.11	7	4

A-3-2 RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION AUX RÉCEPTEURS SENSIBLES - SCÉNARIO 1 AVEC ET SANS ODYSSEY

Description de la norme ou du critère							Description des valeurs modélisées	Concentrations modélisées aux récepteurs sensibles (µg/m³)								
								Maximum par catégorie								
Substance	Acronyme	Type de seuil	Période	Statistique	Valeur limite (µg/m³)	Concentration initiale (µg/m³)	Scénario	Secteur résidentiel au nord	Résidences au sud	Établissements scolaires et CPE	Établissements de santé	Baux de terre publiques	Maximum	Concentration totale modélisée (µg/m³)	Contribution du projet (%)	Pourcentage de la valeur limite (%)
Particules totales	PMT	Norme	24 heures	1er maximum	120	40	1	139	41	60	55	41	139	179	78	149
							1 - Sans Odyssey	138	40	58	53	40	138	178	77	148
Particules fines	$PM_{2,5}$	Norme	24 heures	1er maximum	30	15	1	13.8	7.7	9.9	9.9	8.6	13.8	28.8	48	96
							1 - Sans Odyssey	13.4	7.5	9.6	9.6	8.3	13.4	28.4	47	95
Monoxyde de carbone	CO	Norme	1 heure	1er maximum	34000	2650	1	505	636	250	183	329	636	3286	19	10
			8 heures	1er maximum	12700	1750		73	83	38	43	55	83	1833	5	14
Dioxyde d'azote	NO_2	Norme	1 heure	1er maximum	414	40	1	214	206	193	197	230	230	270	85	65
							1 - Sans Odyssey	212	205	189	195	221	221	261	85	63
			24 heures	1er maximum	207	30	1	110	53	70	72	79	110	140	79	68
							1 - Sans Odyssey	106	51	66	69	75	106	136	78	66
			1 an	1er maximum	103	10	1	22	6	14	12	8	22	32	69	31
Dioxyde de soufre	SO_2	Norme	4 minutes	99.5e percentile	1050	150	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	151	< 1	14
				1er maximum	1310	150		5	6	6	3	16	16	166	10	13
			24 heures	1er maximum	288	50		< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	50	< 1	17
			1 an	1er maximum	52	20		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	20.0	< 1	39
Argent	Ag	Norme	1 an	1er maximum	0.23	0.005	1	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.005	< 1	2
Arsenic	As	Norme	1 an	1er maximum	0.003	0.002	1	0.00006	< 0.00001	0.00003	0.00002	0.00001	0.00006	0.00206	3	69
Baryum	Ba	Norme	1 an	1er maximum	0.05	0.025	1	0.0036	0.0006	0.0019	0.0015	0.0009	0.0036	0.0286	13	57
Béryllium	Be	Norme	1 an	1er maximum	0.0004	0	1	5.47E-06	9.44E-07	2.92E-06	2.26E-06	1.36E-06	5.47E-06	5.47E-06	100	1
Cadmium	Cd	Norme	1 an	1er maximum	0.0036	0.003	1	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	0.00300	< 1	83
Cobalt	Co	Critère	1 an	1er maximum	0.1	0	1	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	100	< 1
Chrome (composés de chrome trivalent)	Cr(III)	Norme	1 an	1er maximum	0.1	0.01	1	0.008	0.001	0.004	0.003	0.002	0.008	0.018	43	18
Cuivre	Cu	Norme	24 heures	1er maximum	2.5	0.2	1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.21	3	8
Mercure	Hg	Norme	1 an	1er maximum	0.005	0.002	1	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	0.00200	< 1	40
Manganèse	Mn	Critère	1 an	1er maximum	0.025	0.02	1	0.0052	0.0011	0.0032	0.0026	0.0014	0.0052	0.0252	21	101
							1 - Sans Odyssey	0.0050	0.0011	0.0030	0.0025	0.0013	0.0050	0.0250	20	100
Nickel	Ni	Norme	24 heures	1er maximum	0.014	0.002	1	0.0091	0.0044	0.0061	0.0063	0.0057	0.0091	0.0111	82	79
							1 - Sans Odyssey	0.0088	0.0043	0.0058	0.0061	0.0055	0.0088	0.0108	81	77
Plomb	Pb	Norme	1 an	1er maximum	0.1	0.025	1	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.025	< 1	25
Antimoine	Sb	Norme	1 an	1er maximum	0.17	0.007	1	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.007	< 1	4
Sélénium	Se	Critère	1 heure	1er maximum	2	0.15	1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.15	< 1	8
Silice cristalline	SiO_2	Critère	1 heure	1er maximum	23	6	1	11.5	10.4	8.5	7.6	9.0	11.5	17.5	66	76
							1 - Sans Odyssey	11.1	10.3	8.3	7.4	8.4	11.1	17.1	65	75
			1 an	1er maximum	0.07	0.04	1	0.096	0.024	0.060	0.049	0.026	0.096	0.136	70	194
							1 - Sans Odyssey	0.093	0.024	0.059	0.048	0.025	0.093	0.133	70	190
Titane	Ti	Critère	24 heures	1er maximum	2.5	0	1	0.05	0.02	0.03	0.03	0.03	0.05	0.05	100	2
Thallium	Tl	Norme	1 an	1er maximum	0.25	0.05	1	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.050	< 1	20
Vanadium	V	Norme	1 an	1er maximum	1	0.01	1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	10	1
Zinc	Zn	Norme	24 heures	1er maximum	2.5	0.1	1	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.11	5	4

A-3-3 RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION DANS LE DOMAINE D'APPLICATION - SCÉNARIO 1 OPTIMISÉ

Description de la norme ou du critère							Description des valeurs modélisées	Concentrations modélisées dans le domaine d'application des normes et critères (µg/m³)						Concentration totale modélisée (µg/m³)	Contribution du projet (%)	Pourcentage de la valeur limite (%)
								Maximum par année de l'échantillon météorologique								
Substance	Acronyme	Type de seuil	Période	Statistique	Valeur limite (µg/m³)	Concentration initiale (µg/m³)	Scénario	A1	A2	A3	A4	A5	Maximum			
Particules totales	PMT	Norme	24 heures	1er maximum	120	40	1 - Optimisé	63	64	66	56	60	66	106	62	88
Particules fines	$PM_{2,5}$	Norme	24 heures	1er maximum	30	15	1 - Optimisé	7.4	6.3	6.4	7.0	7.1	7.4	22.4	33	75
Dioxyde d'azote	NO_2	Norme	1 heure	1er maximum	414	40	1 - Optimisé	530	414	563	514	467	563	603	93	146
			24 heures	1er maximum	207	30		147	137	118	146	146	147	177	83	85
			1 an	1er maximum	103	10	1 - Optimisé	19	17	17	18	16	19	29	66	28
Manganèse	Mn	Critère	1 an	1er maximum	0.025	0.02	1 - Optimisé	0.0039	0.0035	0.0036	0.0037	0.0036	0.0039	0.0239	16	96
Nickel	Ni	Norme	24 heures	1er maximum	0.014	0.002	1 - Optimisé	0.0049	0.0046	0.0055	0.0047	0.0043	0.0055	0.0075	73	54
Silice cristalline	SiO_2	Critère	1 heure	1er maximum	23	6	1 - Optimisé	12.8	9.3	27.8	12.1	11.0	27.8	33.8	82	147
			1 an	1er maximum	0.07	0.04	1 - Optimisé	0.069	0.062	0.063	0.064	0.062	0.069	0.109	63	156

A-3-4 RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION AUX RÉCEPTEURS SENSIBLES - SCÉNARIO 1 OPTIMISÉ

Description de la norme ou du critère							Description des valeurs modélisées	Concentrations modélisées aux récepteurs sensibles (µg/m³)						Concentration totale modélisée (µg/m³)	Contribution du projet (%)	Pourcentage de la valeur limite (%)
								Maximum par catégorie								
Substance	Acronyme	Type de seuil	Période	Statistique	Valeur limite (µg/m³)	Concentration initiale (µg/m³)	Scénario	Secteur résidentiel au nord	Résidences au sud	Établissements scolaires et CPE	Établissements de santé	Baux de terre publiques	Maximum			
Particules totales	PMT	Norme	24 heures	1er maximum	120	40	1 - Optimisé	65	28	30	24	24	65	105	62	88
Particules fines	$PM_{2,5}$	Norme	24 heures	1er maximum	30	15	1 - Optimisé	5.8	4.2	3.9	4.2	3.8	5.8	20.8	28	69
Dioxyde d'azote	NO_2	Norme	1 heure	1er maximum	414	40	1 - Optimisé	100	120	83	67	154	154	194	79	47
			24 heures	1er maximum	207	30		46	31	32	30	39	46	76	60	37
			1 an	1er maximum	103	10	1 - Optimisé	12	4	8	6	5	12	22	55	22
Manganèse	Mn	Critère	1 an	1er maximum	0.025	0.02	1 - Optimisé	0.0030	0.0008	0.0017	0.0013	0.0009	0.0030	0.0230	13	92
Nickel	Ni	Norme	24 heures	1er maximum	0.014	0.002	1 - Optimisé	0.0055	0.0024	0.0026	0.0026	0.0026	0.0055	0.0075	73	53
Silice cristalline	SiO_2	Critère	1 heure	1er maximum	23	6	1 - Optimisé	4.9	6.6	2.6	2.3	4.4	6.6	12.6	52	55
			1 an	1er maximum	0.07	0.04	1 - Optimisé	0.060	0.016	0.033	0.025	0.018	0.060	0.100	60	143

A-3-5 RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION DANS LE DOMAINE D'APPLICATION - SCÉNARIO 2

Description de la norme ou du critère							Description des valeurs modélisées	Concentrations modélisées dans le domaine d'application des normes et critères (µg/m³)						Concentration totale modélisée (µg/m³)	Contribution du projet (%)	Pourcentage de la valeur limite (%)
								Maximum par année de l'échantillon météorologique					Maximum			
Substance	Acronyme	Type de seuil	Période	Statistique	Valeur limite (µg/m³)	Concentration initiale (µg/m³)	Scénario	A1	A2	A3	A4	A5				
Particules totales	PMT	Norme	24 heures	1er maximum	120	40	2	80	76	61	53	55	80	120	67	100
Particules fines	$PM_{2,5}$	Norme	24 heures	1er maximum	30	15	2	19.6	17.8	18.7	21.9	21.2	21.9	36.9	59	123
Monoxyde de carbone	CO	Norme	1 heure	1er maximum	34000	2650	2	1954	2222	8660	6130	1870	8660	11310	77	33
			8 heures	1er maximum	12700	1750		320	307	1095	803	311	1095	2845	38	22
Dioxyde d'azote	NO_2	Norme	1 heure	1er maximum	414	40	2	805	789	982	889	882	982	1022	96	247
			24 heures	1er maximum	207	30		183	177	181	191	190	191	221	86	107
			1 an	1er maximum	103	10	2	35	32	35	42	32	42	52	81	50
Dioxyde de soufre	SO_2	Norme	4 minutes	99.5e percentile	1050	150	2	9	9	9	7	6	9	159	6	15
				1er maximum	1310	150		91	103	403	285	87	403	553	73	42
			24 heures	1er maximum	288	50		3	2	9	8	2	9	59	16	21
			1 an	1er maximum	52	20		0.1	0.1	0.2	0.1	< 0.1	0.2	20.2	< 1	39
Argent	Ag	Norme	1 an	1er maximum	0.23	0.005	2	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.005	< 1	2
Arsenic	As	Norme	1 an	1er maximum	0.003	0.002	2	0.00002	0.00001	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00202	< 1	67
Baryum	Ba	Norme	1 an	1er maximum	0.05	0.025	2	0.0038	0.0035	0.0039	0.0040	0.0038	0.0040	0.0290	14	58
Béryllium	Be	Norme	1 an	1er maximum	0.0004	0	2	5.08E-06	4.62E-06	5.23E-06	5.34E-06	5.10E-06	5.34E-06	5.34E-06	100	1
Cadmium	Cd	Norme	1 an	1er maximum	0.0036	0.003	2	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	0.00300	< 1	83
Cobalt	Co	Critère	1 an	1er maximum	0.1	0	2	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	100	< 1
Chrome (composés de chrome trivalent)	Cr(III)	Norme	1 an	1er maximum	0.1	0.01	2	0.005	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005	0.015	34	15
Cuivre	Cu	Norme	24 heures	1er maximum	2.5	0.2	2	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.20	2	8
Mercure	Hg	Norme	1 an	1er maximum	0.005	0.002	2	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	0.00200	< 1	40
Manganèse	Mn	Critère	1 an	1er maximum	0.025	0.02	2	0.0039	0.0037	0.0042	0.0042	0.0040	0.0042	0.0242	17	97
Nickel	Ni	Norme	24 heures	1er maximum	0.014	0.002	2	0.0149	0.0124	0.0083	0.0074	0.0077	0.0149	0.0169	88	121
Plomb	Pb	Norme	1 an	1er maximum	0.1	0.025	2	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.025	< 1	25
Antimoine	Sb	Norme	1 an	1er maximum	0.17	0.007	2	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.007	< 1	4
Sélénium	Se	Critère	1 heure	1er maximum	2	0.15	2	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.15	< 1	8
Silice cristalline	SiO_2	Critère	1 heure	1er maximum	23	6	2	29.2	28.8	51.4	40.6	31.6	51.4	57.4	90	250
			1 an	1er maximum	0.07	0.04	2	0.0521	0.0471	0.0540	0.0594	0.0513	0.0594	0.0994	60	142
Titane	Ti	Critère	24 heures	1er maximum	2.5	0	2	0.12	0.10	0.06	0.06	0.06	0.12	0.12	100	5
Thallium	Tl	Norme	1 an	1er maximum	0.25	0.05	2	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.050	< 1	20
Vanadium	V	Norme	1 an	1er maximum	1	0.01	2	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	11	1
Zinc	Zn	Norme	24 heures	1er maximum	2.5	0.1	2	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.11	6	4

A-3-6 RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION AUX RÉCEPTEURS SENSIBLES - SCÉNARIO 2

Description de la norme ou du critère							Description des valeurs modélisées	Concentrations modélisées aux récepteurs sensibles (µg/m³)								
								Maximum par catégorie								
Substance	Acronyme	Type de seuil	Période	Statistique	Valeur limite (µg/m³)	Concentration initiale (µg/m³)	Scénario	Secteur résidentiel au nord	Résidences au sud	Établissements scolaires et CPE	Établissements de santé	Baux de terre publiques	Maximum	Concentration totale modélisée (µg/m³)	Contribution du projet (%)	Pourcentage de la valeur limite (%)
Particules totales	PMT	Norme	24 heures	1er maximum	120	40	2	24	7	15	13	13	24	64	37	53
Particules fines	$PM_{2,5}$	Norme	24 heures	1er maximum	30	15	2	3.2	1.5	2.5	2.1	2.8	3.2	18.2	18	61
Monoxyde de carbone	CO	Norme	1 heure	1er maximum	34000	2650	2	338	207	360	266	545	545	3195	17	9
			8 heures	1er maximum	12700	1750		54	31	72	55	75	75	1825	4	14
Dioxyde d'azote	NO_2	Norme	1 heure	1er maximum	414	40	2	210	199	207	213	225	225	265	85	64
			24 heures	1er maximum	207	30		33	23	21	19	31	33	63	53	31
			1 an	1er maximum	103	10	2	6	2	4	3	4	6	16	39	16
Dioxyde de soufre	SO_2	Norme	4 minutes	99.5e percentile	1050	150	2	< 1	< 1	< 1	< 1	1	1	151	< 1	14
				1er maximum	1310	150		15	9	16	12	25	25	175	14	13
			24 heures	1er maximum	288	50		< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	51	1	18
			1 an	1er maximum	52	20		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	20.0	< 1	38
Argent	Ag	Norme	1 an	1er maximum	0.23	0.005	2	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.005	< 1	2
Arsenic	As	Norme	1 an	1er maximum	0.003	0.002	2	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	0.00201	< 1	67
Baryum	Ba	Norme	1 an	1er maximum	0.05	0.025	2	0.0016	0.0003	0.0009	0.0007	0.0005	0.0016	0.0266	6	53
Béryllium	Be	Norme	1 an	1er maximum	0.0004	0	2	2.09E-06	3.59E-07	1.21E-06	9.82E-07	6.97E-07	2.09E-06	2.09E-06	100	< 1
Cadmium	Cd	Norme	1 an	1er maximum	0.0036	0.003	2	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	0.00300	< 1	83
Cobalt	Co	Critère	1 an	1er maximum	0.1	0	2	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	100	< 1
Chrome (composés de chrome trivalent)	Cr(III)	Norme	1 an	1er maximum	0.1	0.01	2	0.002	< 0.001	0.001	< 0.001	< 0.001	0.002	0.012	17	12
Cuivre	Cu	Norme	24 heures	1er maximum	2.5	0.2	2	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.20	< 1	8
Mercure	Hg	Norme	1 an	1er maximum	0.005	0.002	2	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	0.00200	< 1	40
Manganèse	Mn	Critère	1 an	1er maximum	0.025	0.02	2	0.0019	0.0004	0.0012	0.0010	0.0007	0.0019	0.0219	9	87
Nickel	Ni	Norme	24 heures	1er maximum	0.014	0.002	2	0.0043	0.0015	0.0028	0.0024	0.0027	0.0043	0.0063	68	45
Plomb	Pb	Norme	1 an	1er maximum	0.1	0.025	2	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.025	< 1	25
Antimoine	Sb	Norme	1 an	1er maximum	0.17	0.007	2	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.007	< 1	4
Sélénium	Se	Critère	1 heure	1er maximum	2	0.15	2	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.15	< 1	8
Silice cristalline	SiO_2	Critère	1 heure	1er maximum	23	6	2	4.2	2.3	3.4	2.7	4.8	4.8	10.8	44	47
			1 an	1er maximum	0.07	0.04	2	0.0218	0.0047	0.0137	0.0116	0.0089	0.0218	0.0618	35	88
Titane	Ti	Critère	24 heures	1er maximum	2.5	0	2	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	100	1
Thallium	Tl	Norme	1 an	1er maximum	0.25	0.05	2	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.050	< 1	20
Vanadium	V	Norme	1 an	1er maximum	1	0.01	2	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01	5	1
Zinc	Zn	Norme	24 heures	1er maximum	2.5	0.1	2	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.10	2	4

A-3-7 RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION DANS LE DOMAINE D'APPLICATION - SCÉNARIO 2 OPTIMISÉ

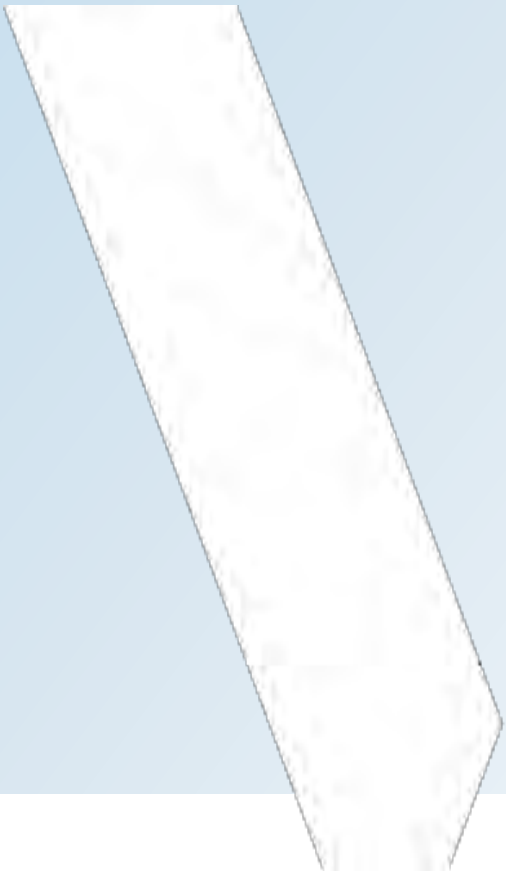
Description de la norme ou du critère							Description des valeurs modélisées	Concentrations modélisées dans le domaine d'application des normes et critères (µg/m³)								
Substance	Acronyme	Type de seuil	Période	Statistique	Valeur limite (µg/m³)	Concentration initiale (µg/m³)	Scénario	Maximum par année de l'échantillon météorologique					Maximum	Concentration totale modélisée (µg/m³)	Contribution du projet (%)	Pourcentage de la valeur limite (%)
								A1	A2	A3	A4	A5				
Particules totales	PMT	Norme	24 heures	1er maximum	120	40	2 - Optimisé	42	41	45	46	44	46	86	53	71
Particules fines	$PM_{2,5}$	Norme	24 heures	1er maximum	30	15	2 - Optimisé	17.5	16.0	16.8	19.6	19.4	19.6	34.6	57	115
Dioxyde d'azote	NO_2	Norme	1 heure	1er maximum	414	40	2 - Optimisé	785	759	927	856	840	927	967	96	234
			24 heures	1er maximum	207	30		177	172	175	185	184	185	215	86	104
			1 an	1er maximum	103	10	2 - Optimisé	32	29	31	38	29	38	48	79	46
Manganèse	Mn	Critère	1 an	1er maximum	0.025	0.02	2 - Optimisé	0.0036	0.0033	0.0037	0.0037	0.0036	0.0037	0.0237	16	95
Nickel	Ni	Norme	24 heures	1er maximum	0.014	0.002	2 - Optimisé	0.0069	0.0064	0.0071	0.0066	0.0061	0.0071	0.0091	78	65
Silice cristalline	SiO_2	Critère	1 heure	1er maximum	23	6	2 - Optimisé	27	26	47	38	28	47	53	89	231
			1 an	1er maximum	0.07	0.04	2 - Optimisé	0.0455	0.0416	0.0460	0.0498	0.0434	0.0498	0.0898	55	128

A-3-8 RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION AUX RÉCEPTEURS SENSIBLES - SCÉNARIO 2 OPTIMISÉ

Description de la norme ou du critère							Description des valeurs modélisées	Concentrations modélisées aux récepteurs sensibles (µg/m³)								
Substance	Acronyme	Type de seuil	Période	Statistique	Valeur limite (µg/m³)	Concentration initiale (µg/m³)	Scénario	Maximum par catégorie					Maximum	Concentration totale modélisée (µg/m³)	Contribution du projet (%)	Pourcentage de la valeur limite (%)
								Secteur résidentiel au nord	Résidences au sud	Établissements scolaires et CPE	Établissements de santé	Baux de terre publiques				
Particules totales	PMT	Norme	24 heures	1er maximum	120	40	2 - Optimisé	19	7	12	10	13	19	59	32	49
Particules fines	$PM_{2,5}$	Norme	24 heures	1er maximum	30	15	2 - Optimisé	2.6	1.5	2.0	1.7	2.5	2.6	17.6	15	59
Dioxyde d'azote	NO_2	Norme	1 heure	1er maximum	414	40	2 - Optimisé	200	179	196	202	216	216	256	84	62
			24 heures	1er maximum	207	30		27	18	19	15	31	31	61	51	30
			1 an	1er maximum	103	10	2 - Optimisé	5	2	3	3	4	5	15	33	15
Manganèse	Mn	Critère	1 an	1er maximum	0.025	0.02	2 - Optimisé	0.0016	0.0004	0.0010	0.0008	0.0006	0.0016	0.0216	7	86
Nickel	Ni	Norme	24 heures	1er maximum	0.014	0.002	2 - Optimisé	0.0033	0.0015	0.0022	0.0018	0.0023	0.0033	0.0053	62	38
Silice cristalline	SiO_2	Critère	1 heure	1er maximum	23	6	2 - Optimisé	3.4	2.3	2.6	2.0	4.2	4.2	10.2	41	44
			1 an	1er maximum	0.07	0.04	2 - Optimisé	0.0171	0.0045	0.0107	0.0088	0.0069	0.0171	0.0571	30	82

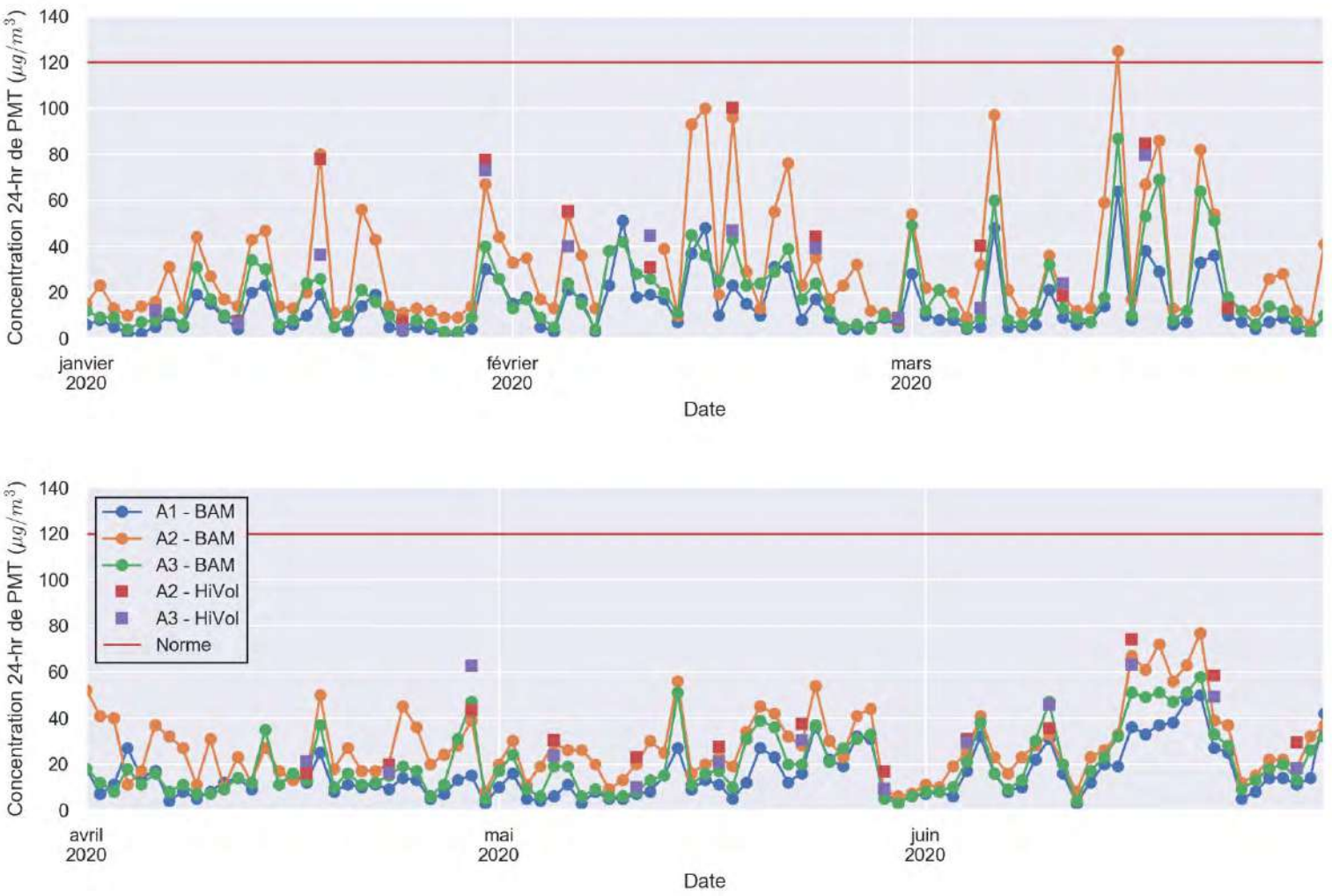
ANNEXE

A-4 *SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'AIR*

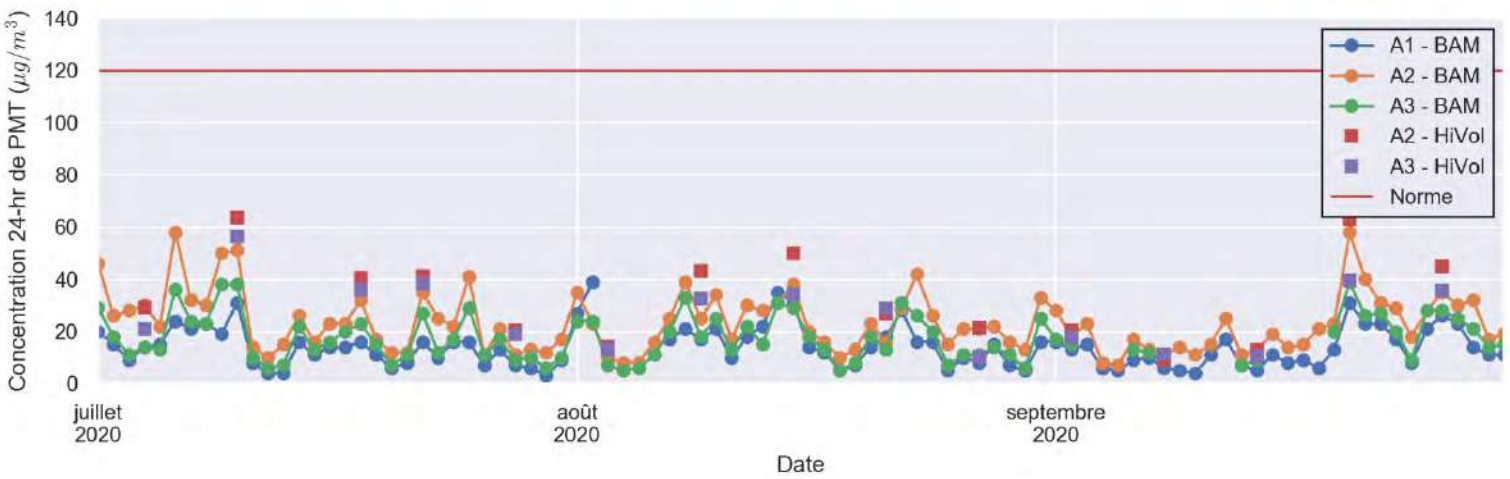


A-4-1 RÉSULTATS DU SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'AIR DES PARTICULES TOTALES

A-4-1 RÉSULTATS DU SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'AIR DES PARTICULES TOTALES (SUITE)

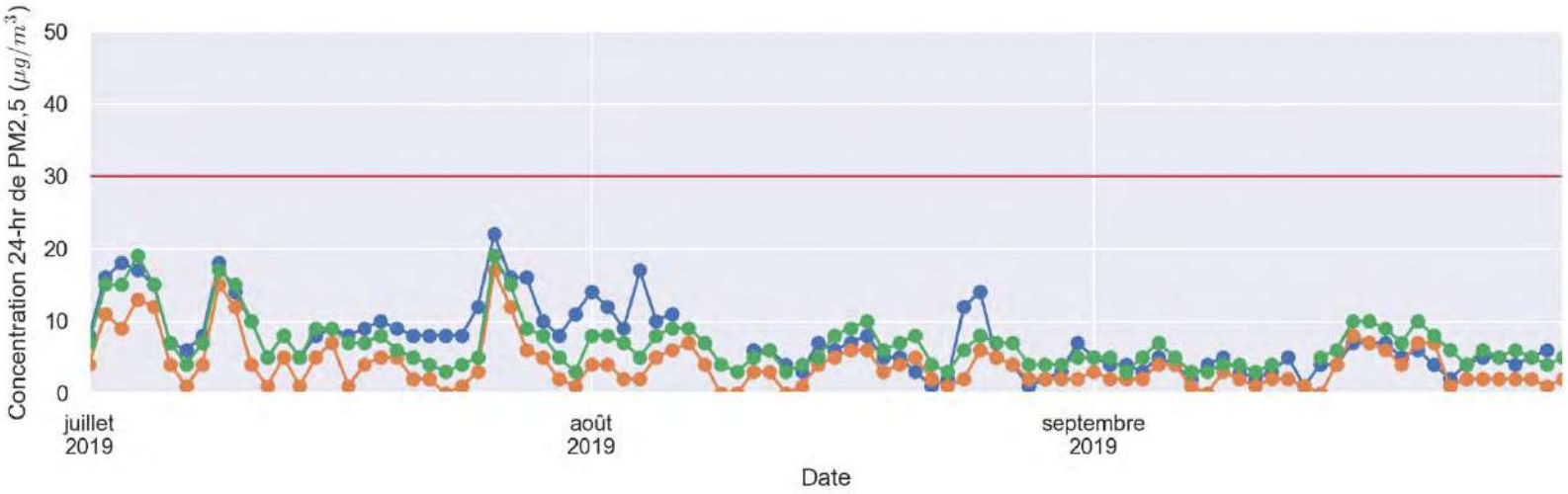


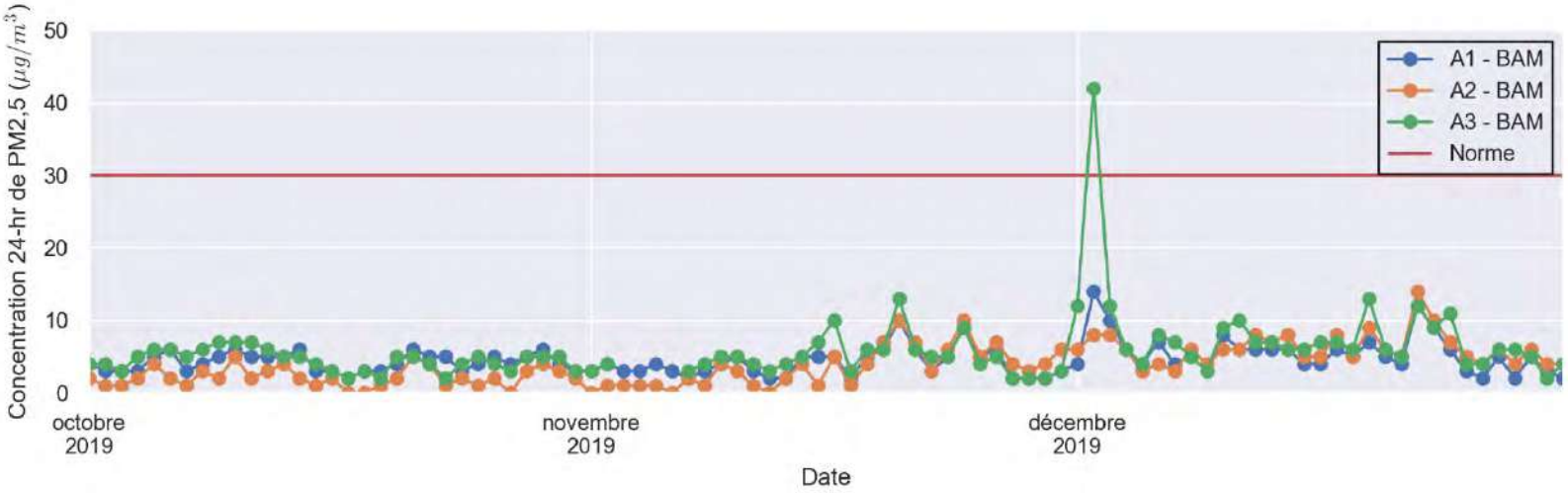
A-4-1 RÉSULTATS DU SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'AIR DES PARTICULES TOTALES (SUITE)



A-4-1 RÉSULTATS DU SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'AIR DES PARTICULES TOTALES (SUITE)

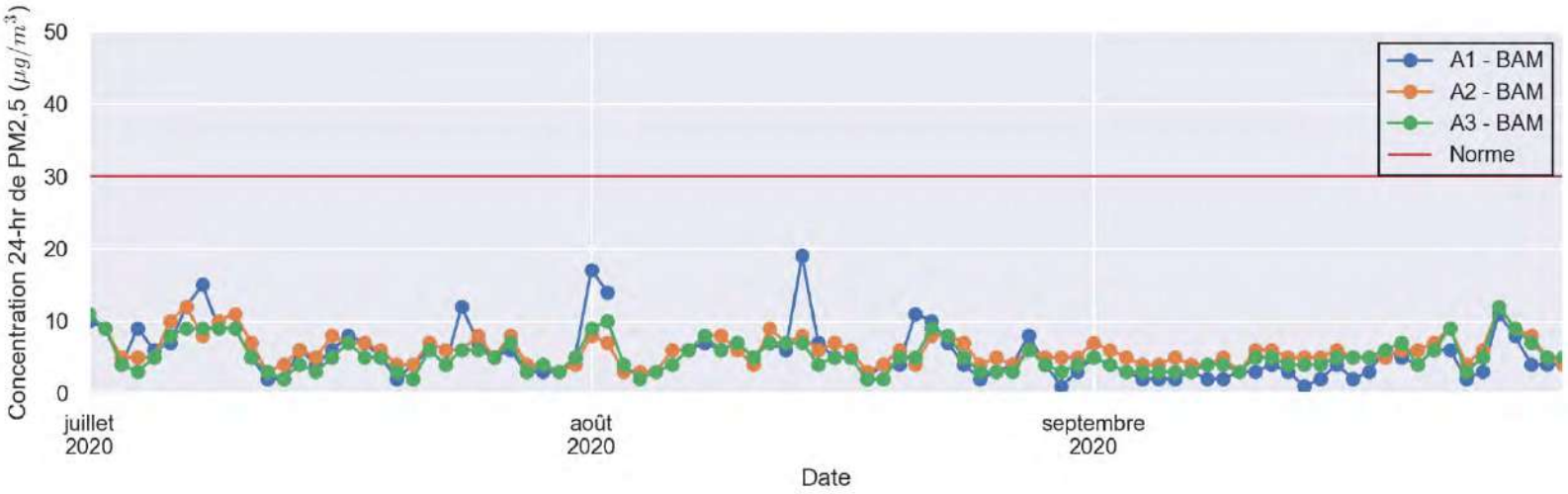
A-4-2 RÉSULTATS DU SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'AIR DES PARTICULES FINES





A-4-2 RÉSULTATS DU SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'AIR DES PARTICULES FINES (SUITE)

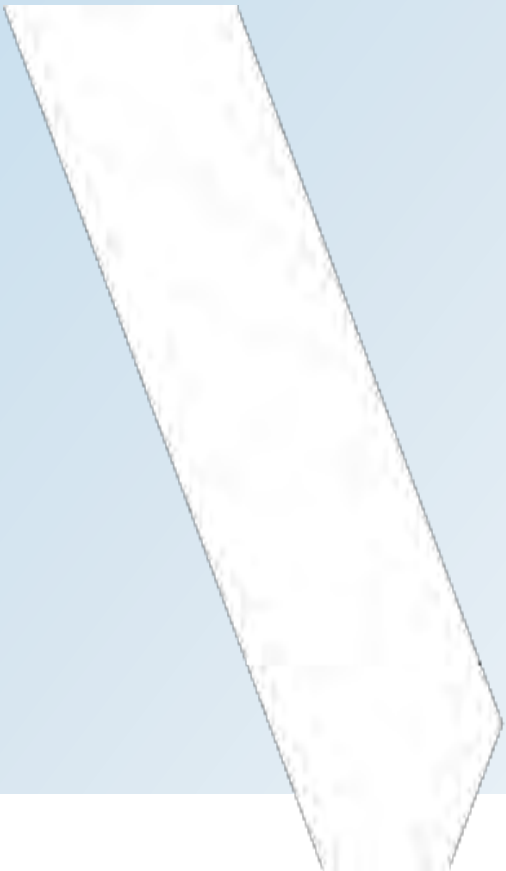
A-4-2 RÉSULTATS DU SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'AIR DES PARTICULES FINES (SUITE)



A-4-2 RÉSULTATS DU SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'AIR DES PARTICULES FINES (SUITE)

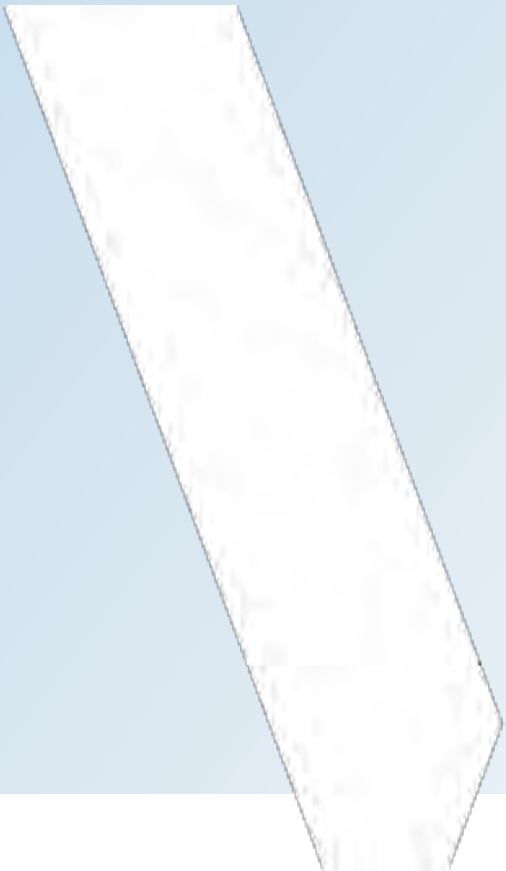
ANNEXE

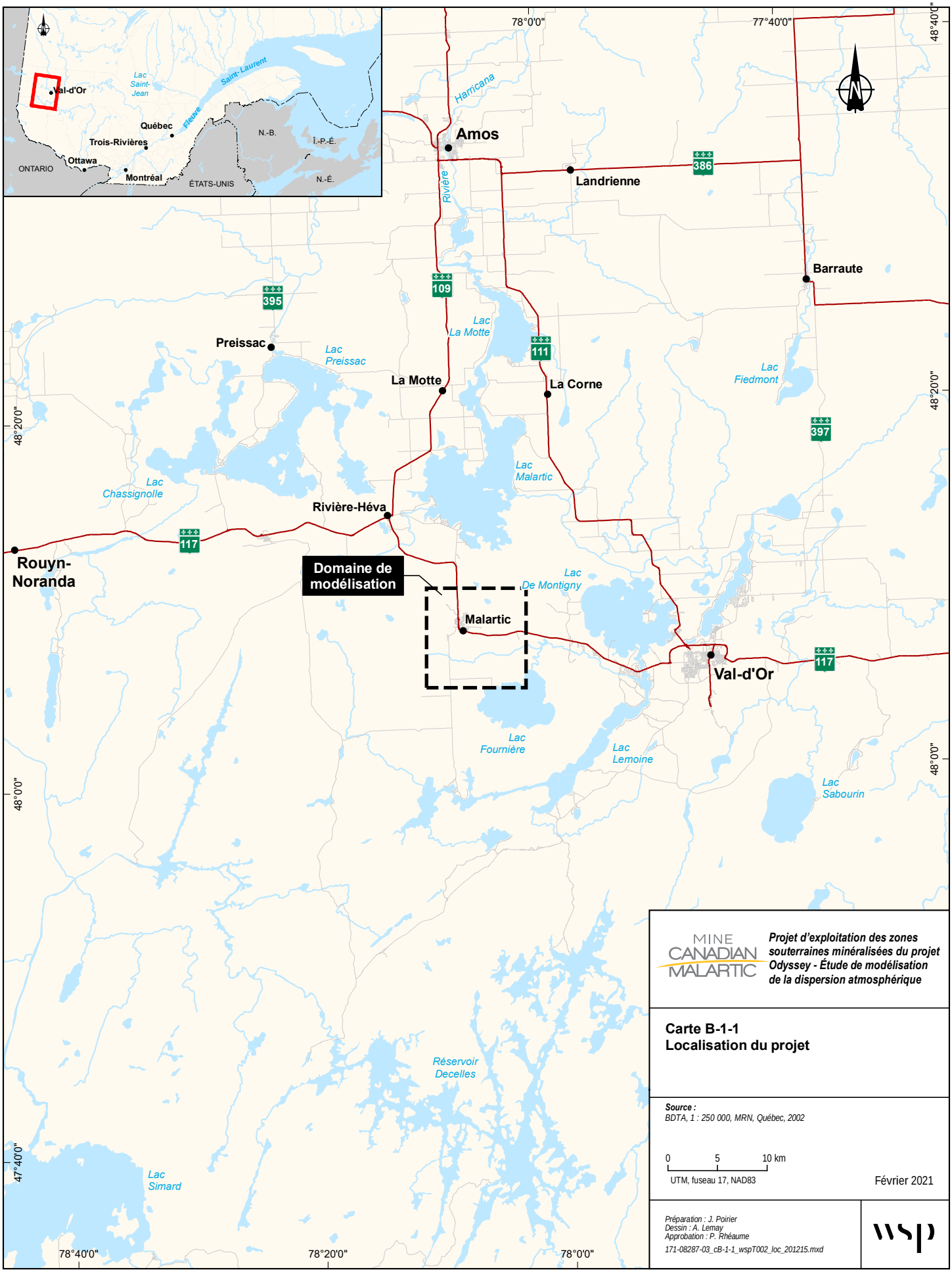
B CARTES



ANNEXE

B-1 *GÉNÉRALES*





MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-1-1
Localisation du projet

Source :
BDTA, 1 : 250 000, MRN, Québec, 2002

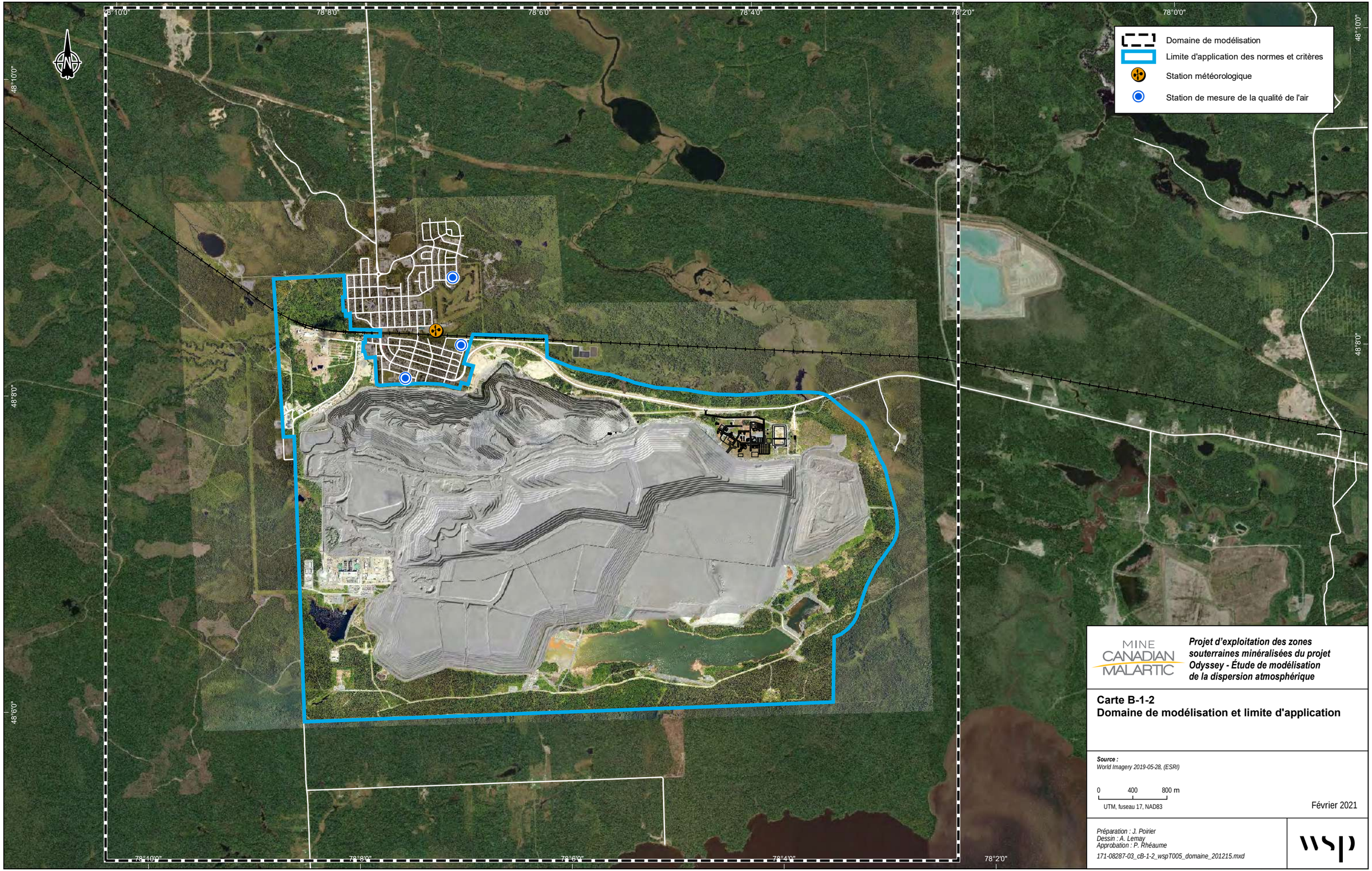
0 5 10 km

UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume
171-08287-03_cB-1-1_wspT002_loc_201215.mxd

wsp



MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-1-2
Domaine de modélisation et limite d'application

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-1-2_wspT005_domaine_201215.mxd

wsp

78°10'0"
78°8'0"
78°6'0"
78°4'0"
78°2'0"
48°10'0"
48°8'0"
48°6'0"

A

78°0'0"

Station A1
Station A3
Station A2

Échelle : 1 : 15 000
0 150 300 m

Domaine de modélisation
Limite d'application des normes et critères
Station météorologique
Station de mesure de la qualité de l'air
Grille de récepteurs
Récepteurs sur la limite d'application des normes et critères

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-1-3
Grille de récepteurs

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-1-3_wspT006_grille_201215.mxd

wsp

78°10'0" 78°8'0" 78°6'0" 78°4'0" 78°2'0" 78°0'0"

48°10'0" 48°8'0" 48°6'0"

BAUX010 BAUX013 BAUX027 BAUX009 BAUX020 BAUX021 BAUX001 BAUX036 BAUX016 BAUX017 BAUX018 BAUX023 BAUX030 BAUX040 BAUX019

ECO1 ECO3 ECO2 SAN1 CPE1

RESS01 RESS02 RESS03 RESS04 RESS05 RESS06 RESS07 RESS08 RESS09 RESS10 RESS11

A

Station A1 Station A2 Station A3

Échelle : 1 : 15 000
0 150 300 m

Domaine de modélisation
Limite d'application des normes et critères
Station météorologique
Station de mesure de la qualité de l'air

Récepteurs sensibles
Bail de location de terre publique
Centre de la petite enfance
Établissement d'enseignement
Établissement de soin de santé
Résidence au sud
Secteur résidentiel au nord

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-1-4
Récepteurs sensibles

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-1-4_wspT007_sensible_201215.mxd

wsp

77°48'0"
77°47'0"
77°46'0"
48°40'0"
48°39'0"

N

Secteur A

349°

23°

Secteur E

Secteur B

264°

Station météorologique
AÉROPORT_VAL_D'OR (GVO),
ID Climat : 7098603

Aéroport régional
de Val-d'Or

Secteur D

147°

Secteur C

177°

Code	Description
11	Eau
12	Neige/glace éternelle
21	Résidentiel clairsemé
22	Résidentiel dense
23a	Commercial/industriel/transport - Site d'aéroport
23b	Commercial/industriel/transport - Autre
31a	Sol rocheux/sableux/argileux (région aride)
31b	Sol rocheux/sableux/argileux (région non-aride)
32	Carrière/mines/gravier
33	Zone de transition entre 2 catégories
41	Forêt de feuillus
42	Forêt de conifères
43	Forêt mixte
51a	Fruticées (arbustes) - région aride
51b	Fruticées (arbustes) - région non aride
71	Prairies/herbacé
61	Vergers/vignobles
81	Paturage/foins
82	Champs de culture en rang
83	Champs de culture de graminées (blé, riz etc.)
84	Champs avec alternance culture/travail au sol
85	Végétation artificiel (parcs, golf, herbes d'aéroport, etc.)
91	Zones humides boisées
92	Herbacées en milieu humide
	Non défini

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-1-5
Catégories d'utilisation du sol dans un rayon d'un kilomètre autour de la station météorologique de l'aéroport de Val d'Or

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 100 200 m
UTM, fuseau 17, NAD83

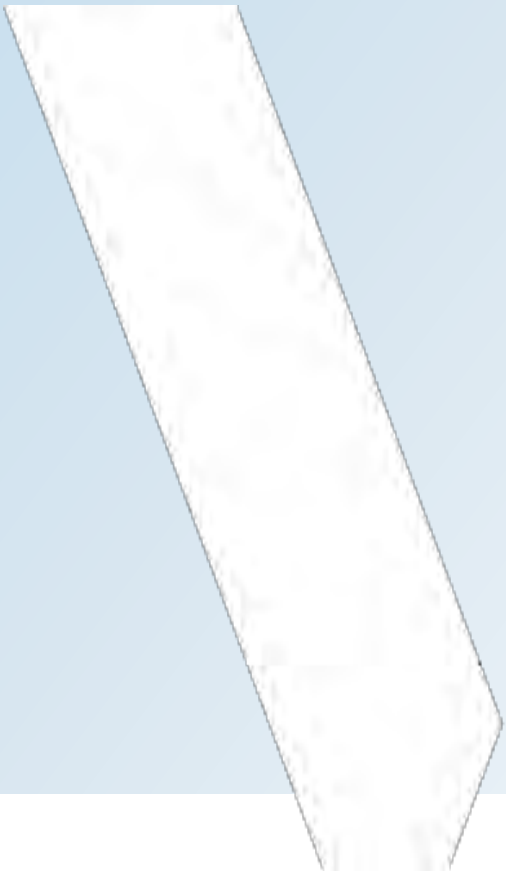
Février 2021

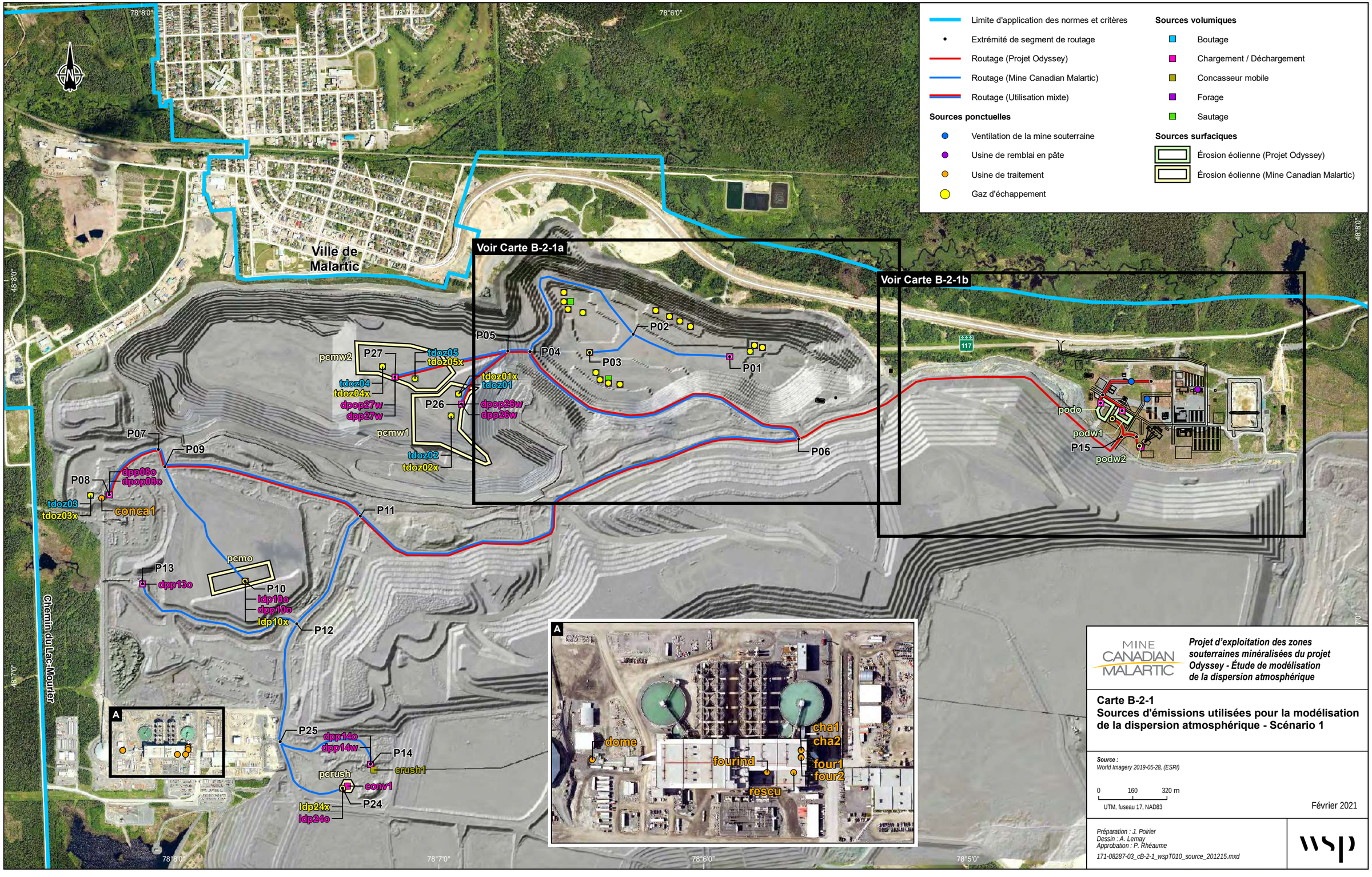
Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume
171-08287-03_cB-1-5_wspT008_utilsol_201215.mxd

wsp

ANNEXE

B-2 *SCÉNARIO 1*





MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-2-1
Sources d'émissions utilisées pour la modélisation de la dispersion atmosphérique - Scénario 1

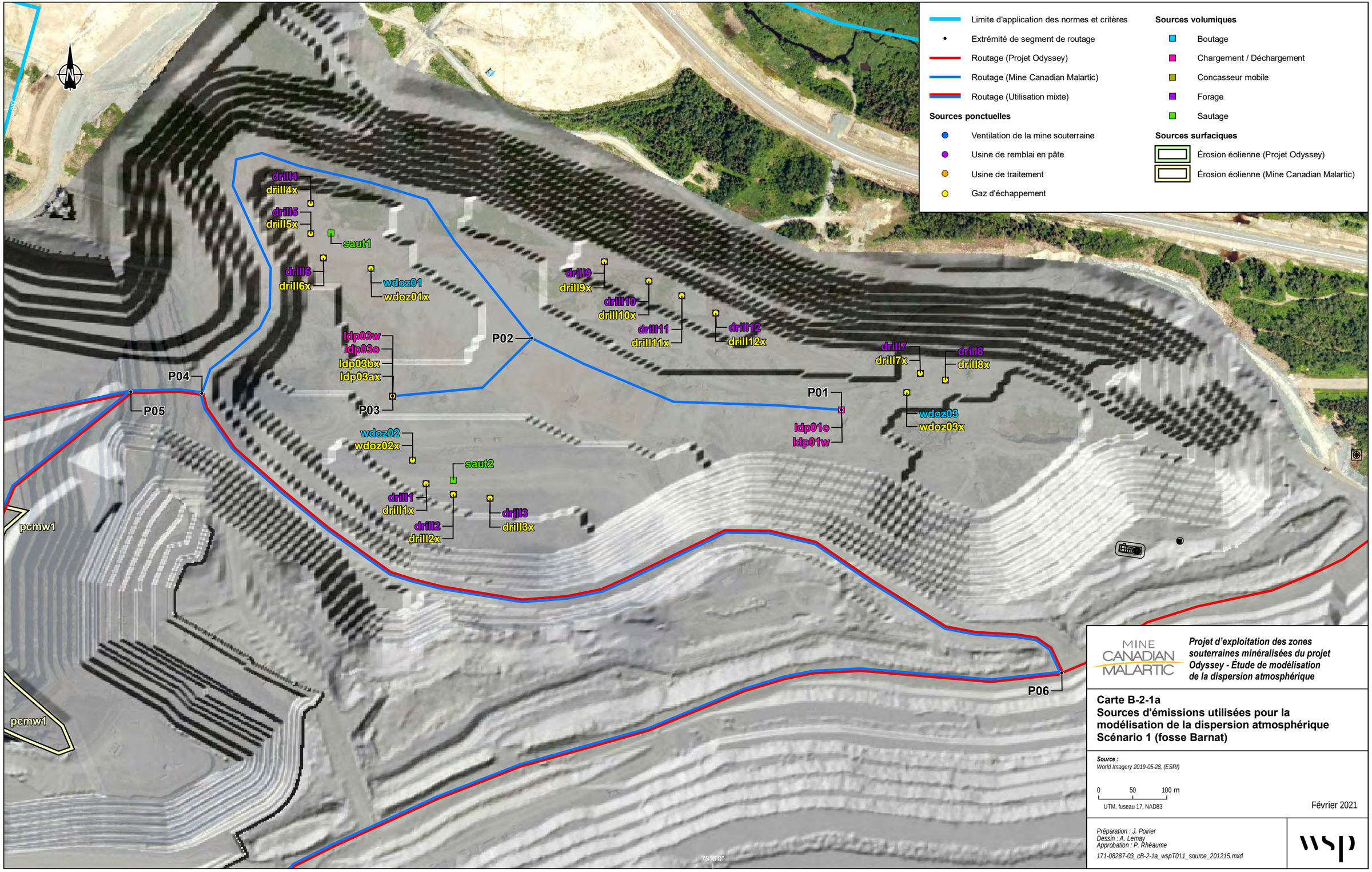
Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 160 320 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume
171-08287-03_cB-2-1_wspT010_source_201215.mxd

wsp



MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-2-1a
Sources d'émissions utilisées pour la modélisation de la dispersion atmosphérique
Scénario 1 (fosse Barnat)

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 50 100 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-2-1a_wspT011_source_201215.mxd

wsp

78°5'0"

117

P16
vent1
vent2
P18
dc1
dpop19o
P19
P23
dpop23w
podo
podw1
P22
ldop22o
ldop22w
ldop22x
P17
ldop21w
ldop21x
P15
P21
podw2
dpwchev

78°5'0"

Limite d'application des normes et critères
Extrémité de segment de routage
Routage (Projet Odyssey)
Routage (Mine Canadian Malartic)
Routage (Utilisation mixte)

Sources ponctuelles

Ventilation de la mine souterraine
Usine de remblai en pâte
Usine de traitement
Gaz d'échappement

Sources volumiques

Boutage
Chargement / Déchargement
Concasseur mobile
Forage
Sautage

Sources surfaciques

Érosion éolienne (Projet Odyssey)
Érosion éolienne (Mine Canadian Malartic)

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-2-1b
Sources d'émissions utilisées pour la modélisation de la dispersion atmosphérique
Scénario 1 (secteur Odyssey)

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 50 100 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume
171-08287-03_cB-2-1b_wspT012_source_201215.mxd

wsp

78°8'0" 78°7'0" 78°6'0" 78°5'0" 78°4'0"

48°8'0"

48°7'0"

Limite d'application des normes et critères

Modèle de dispersion atmosphérique

Intersection de segment de routage

Routage

Trajets

P01_P08 et P03_P08

P01_P10 et P03_P10

P01_P14 et P03_P14

P10_P08

P24_P13

P01 P02 P03 P04 P05 P06 P07 P08 P09 P10 P11 P12 P13 P14 P15 P16 P17 P18 P19 P21 P22 P23 P24 P25 P26 P27

Chemin du Lac-Mourier

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-2-2a
Trajets de transport - Scénario 1
Transport du minerai - Mine Canadian Malartic

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 160 320 m

UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume
171-08287-03_cB-2-2a_wspT013_trajets_201215.mxd

wsp

78°8'0"
78°7'0"
78°6'0"
78°5'0"
78°4'0"
48°8'0"
48°7'0"

Limite d'application des normes et critères

Modèle de dispersion atmosphérique

Intersection de segment de routage

Routage

Trajets

P01_P14 et P03_P14

P01_P26 et P03_P26

P01_P27 et P03_P27

P01
P02
P03
P04
P05
P06
P07
P08
P09
P10
P11
P12
P13
P14
P15
P16
P17
P18
P19
P21
P22
P23
P24
P25
P26
P27

Chemin du Lac-Mourier

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-2-2b
Trajets de transport - Scénario 1
Transport du stériles - Mine Canadian Malartic

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 160 320 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume
171-08287-03_cB-2-2b_wspT014_trajets_201215.mxd

wsp

78°8'0"
78°7'0"
78°6'0"
78°5'0"
78°4'0"
48°8'0"
48°7'0"

Limite d'application des normes et critères

Modèle de dispersion atmosphérique

Intersection de segment de routage

Routage

Trajets

P16_P19

P22_P08

P01
P02
P03
P04
P05
P06
P07
P08
P09
P10
P11
P12
P13
P14
P15
P16
P17
P18
P19
P21
P22
P23
P24
P25
P26
P27

Chemin du Lac-Mourier

A

0 80 160 m

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-2-2c
Trajets de transport - Scénario 1
Transport du minerai - Projet Odyssey

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 160 320 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume
171-08287-03_cB-2-2c_wspT015_trajets_201215.mxd

wsp

78°8'0"
78°7'0"
78°6'0"
78°5'0"
78°4'0"
48°8'0"
48°7'0"

Limite d'application des normes et critères

Modèle de dispersion atmosphérique

Intersection de segment de routage

Routage

P16_P23

P21_P27

P22_P26

P01 P02 P03 P04 P05 P06 P07 P08 P09 P10 P11 P12 P13 P14 P15 P16 P17 P18 P19 P21 P22 P23 P24 P25 P26 P27

Chemin du Lac-Mourier

A

0 80 160 m

0 160 320 m

UTM, fuseau 17, NAD83

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

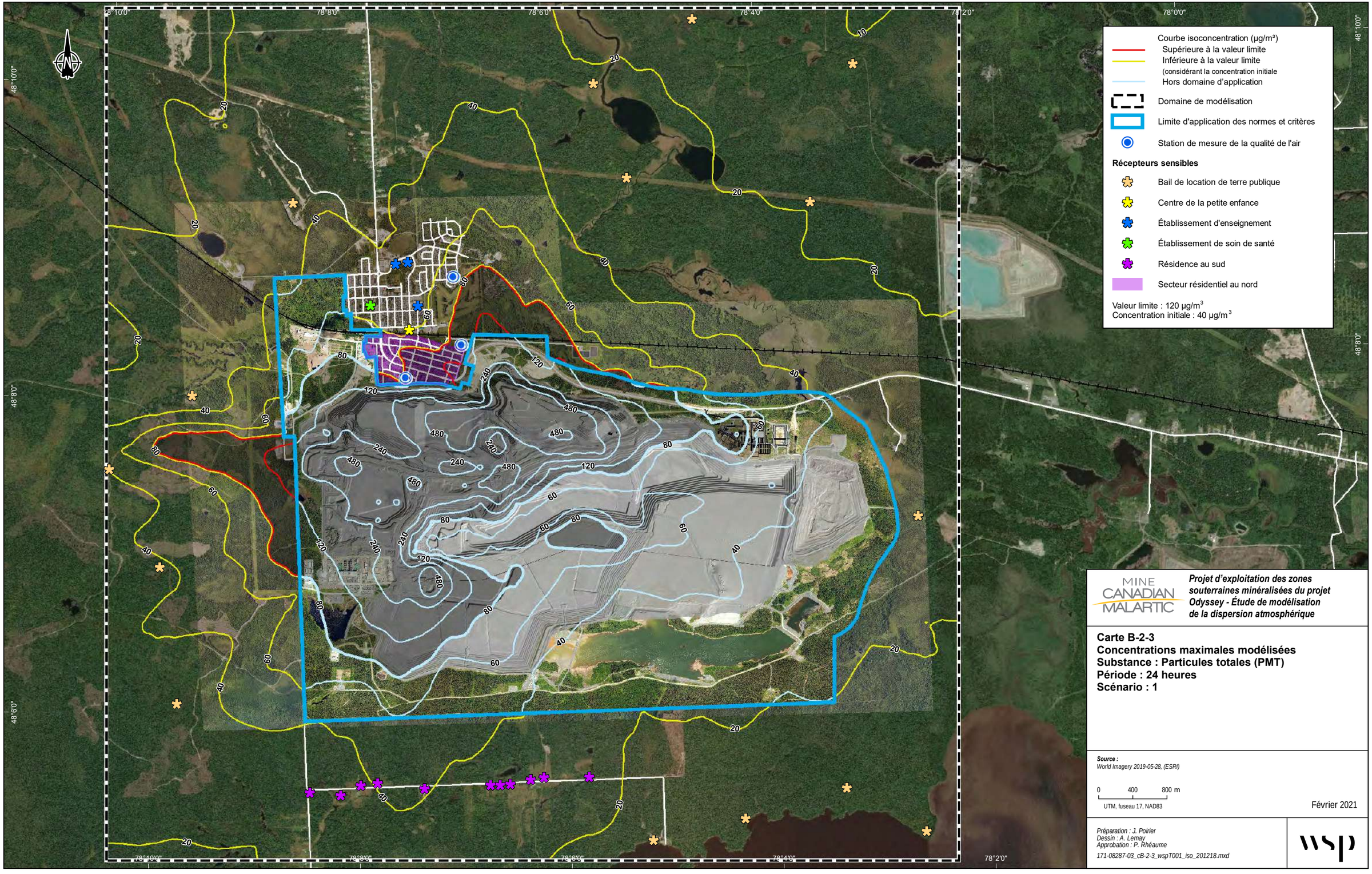
Carte B-2-2d
Trajets de transport - Scénario 1
Transport du stériles - Projet Odyssey

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume
171-08287-03_cB-2-2d_wspT016_trajets_201215.mxd

wsp



MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-2-3
Concentrations maximales modélisées
Substance : Particules totales (PMT)
Période : 24 heures
Scénario : 1

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

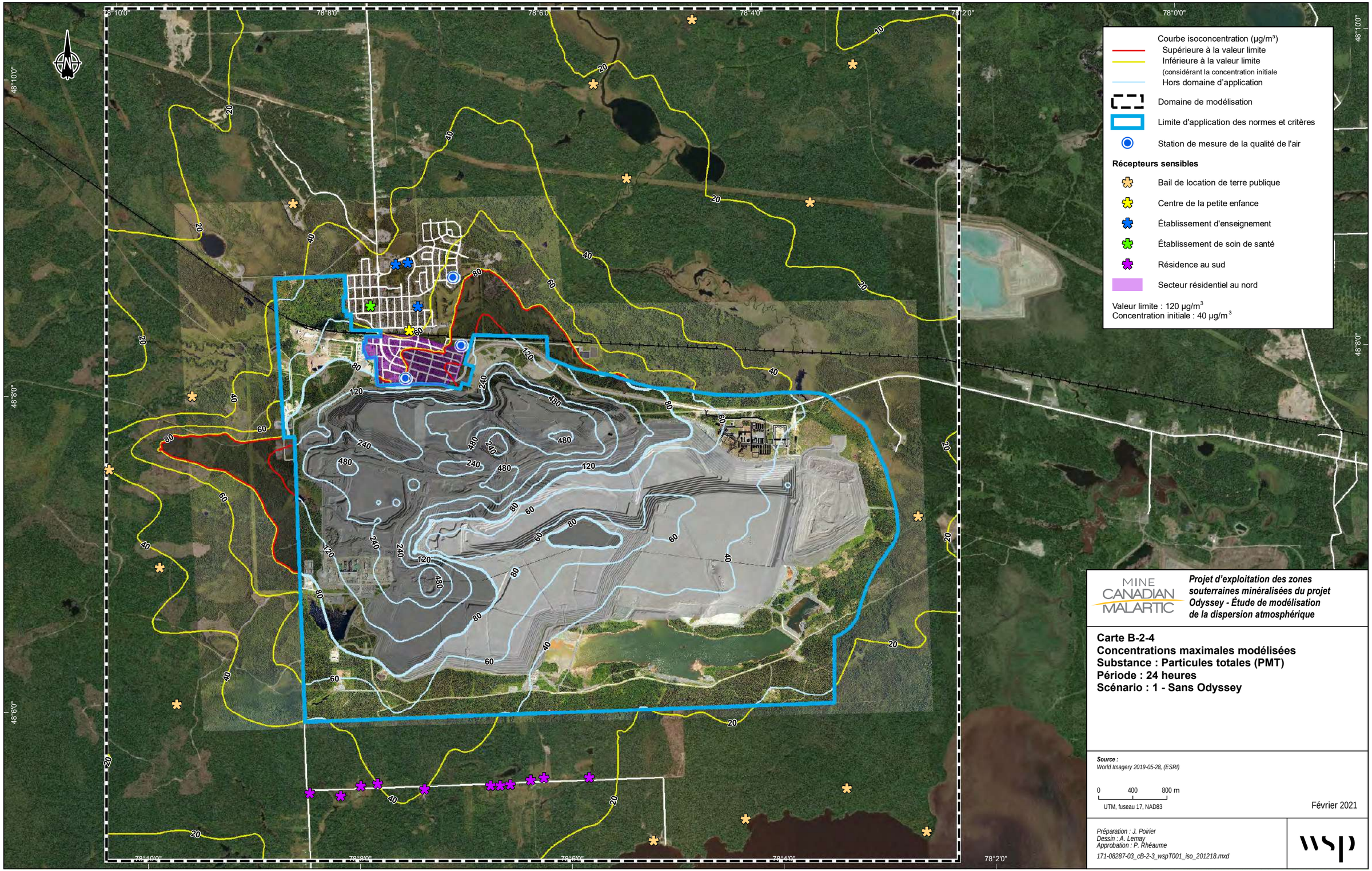
0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-2-3_wspT001_iso_201218.mxd

wsp



MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-2-4
Concentrations maximales modélisées
Substance : Particules totales (PMT)
Période : 24 heures
Scénario : 1 - Sans Odyssey

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-2-3_wspT001_iso_201218.mxd

wsp

78°10'0" 78°8'0" 78°6'0" 78°4'0" 78°2'0" 78°0'0"

48°10'0" 48°8'0" 48°6'0"

Courbe isoconcentration (µg/m³)
- Supérieure à la valeur limite
- Inférieure à la valeur limite
- (considérant la concentration initiale
- Hors domaine d'application

Domaine de modélisation

Limite d'application des normes et critères

Station de mesure de la qualité de l'air

Récepteurs sensibles

- Bail de location de terre publique
- Centre de la petite enfance
- Établissement d'enseignement
- Établissement de soin de santé
- Résidence au sud

Secteur résidentiel au nord

Valeur limite : 30 µg/m^3
Concentration initiale : 15 µg/m^3

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-2-5
Concentrations maximales modélisées
Substance : Particules fines ($PM_{2,5}$)
Période : 24 heures
Scénario : 1

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

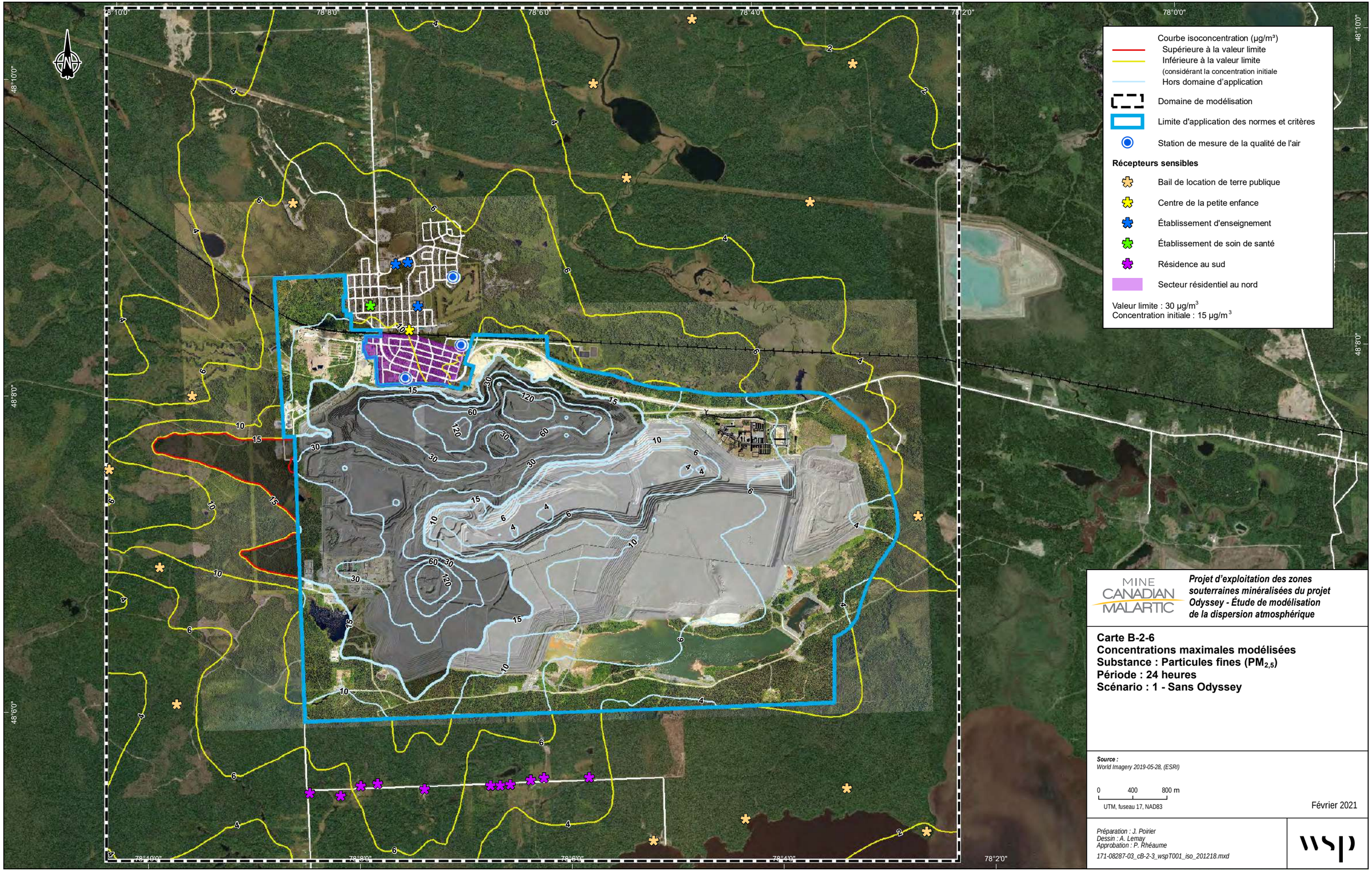
0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-2-3_wspT001_iso_201218.mxd

wsp



MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-2-6
Concentrations maximales modélisées
Substance : Particules fines ($PM_{2,5}$)
Période : 24 heures
Scénario : 1 - Sans Odyssey

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-2-3_wspT001_iso_201218.mxd

wsp

78°10'0" 78°8'0" 78°6'0" 78°4'0" 78°2'0" 78°0'0"

48°10'0" 48°8'0" 48°6'0"

Courbe isoconcentration (µg/m³)
- Supérieure à la valeur limite
- Inférieure à la valeur limite (considérant la concentration initiale
- Hors domaine d'application

Domaine de modélisation

Limite d'application des normes et critères

Station de mesure de la qualité de l'air

Récepteurs sensibles

- Bail de location de terre publique
- Centre de la petite enfance
- Établissement d'enseignement
- Établissement de soin de santé
- Résidence au sud

Secteur résidentiel au nord

Valeur limite : 414 µg/m^3
Concentration initiale : 40 µg/m^3

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-2-7
Concentrations maximales modélisées
Substance : Dioxyde d'azote (NO_2)
Période : 1 heure
Scénario : 1

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-2-3_wspT001_iso_201218.mxd

wsp

78°10'0" 78°8'0" 78°6'0" 78°4'0" 78°2'0" 78°0'0"

48°10'0" 48°8'0" 48°6'0"

Courbe isoconcentration (µg/m³)
- Supérieure à la valeur limite
- Inférieure à la valeur limite (considérant la concentration initiale
- Hors domaine d'application

Domaine de modélisation

Limite d'application des normes et critères

Station de mesure de la qualité de l'air

Récepteurs sensibles

- Bail de location de terre publique
- Centre de la petite enfance
- Établissement d'enseignement
- Établissement de soin de santé
- Résidence au sud

Secteur résidentiel au nord

Valeur limite : 414 µg/m^3
Concentration initiale : 40 µg/m^3

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-2-8
Concentrations maximales modélisées
Substance : Dioxyde d'azote (NO_2)
Période : 1 heure
Scénario : 1 - Sans Odyssey

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-2-3_wspT001_iso_201218.mxd

wsp

78°10'0" 78°8'0" 78°6'0" 78°4'0" 78°2'0" 78°0'0"

48°10'0" 48°8'0" 48°6'0"

Courbe isoconcentration (µg/m³)
Supérieure à la valeur limite
Inférieure à la valeur limite
(considérant la concentration initiale
Hors domaine d'application

Domaine de modélisation

Limite d'application des normes et critères

Station de mesure de la qualité de l'air

Récepteurs sensibles

Bail de location de terre publique

Centre de la petite enfance

Établissement d'enseignement

Établissement de soin de santé

Résidence au sud

Secteur résidentiel au nord

Valeur limite : 207 µg/m^3
Concentration initiale : 30 µg/m^3

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-2-9
Concentrations maximales modélisées
Substance : Dioxyde d'azote (NO_2)
Période : 24 heures
Scénario : 1

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

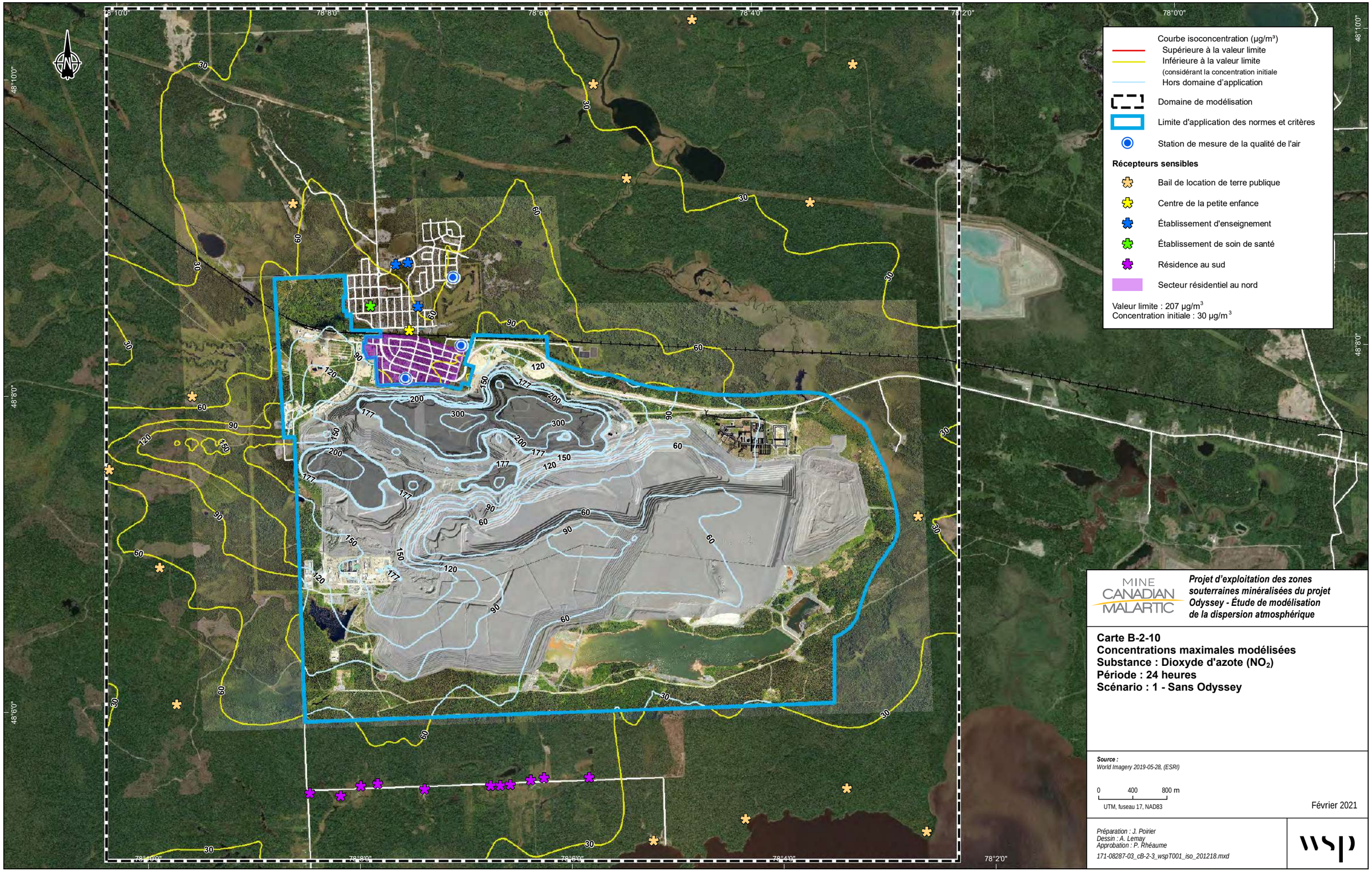
0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-2-3_wspT001_iso_201218.mxd

wsp



MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-2-10
Concentrations maximales modélisées
Substance : Dioxyde d'azote (NO_2)
Période : 24 heures
Scénario : 1 - Sans Odyssey

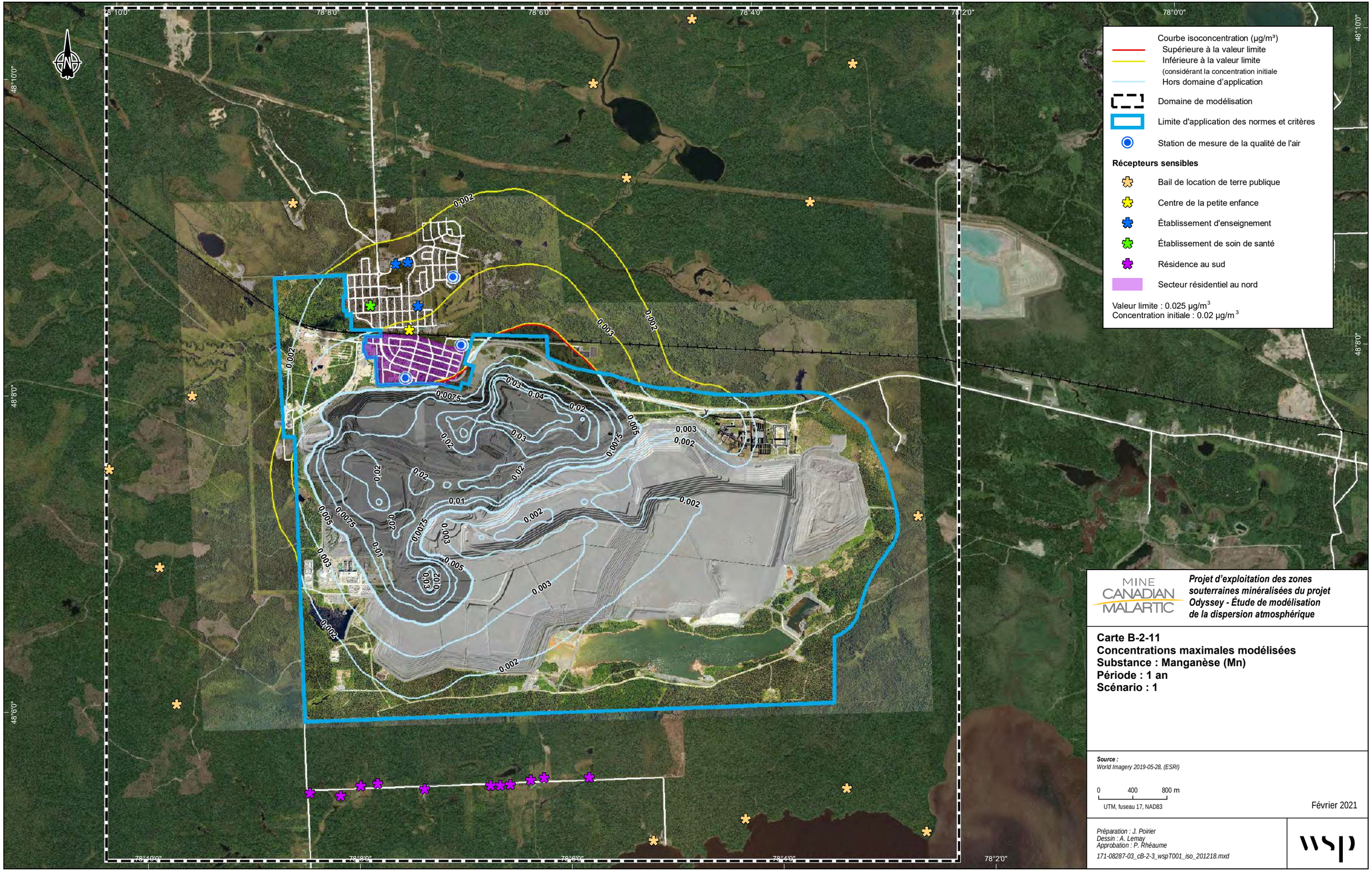
Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume
171-08287-03_cB-2-3_wspT001_iso_201218.mxd

wsp



MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-2-11
Concentrations maximales modélisées
Substance : Manganèse (Mn)
Période : 1 an
Scénario : 1

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

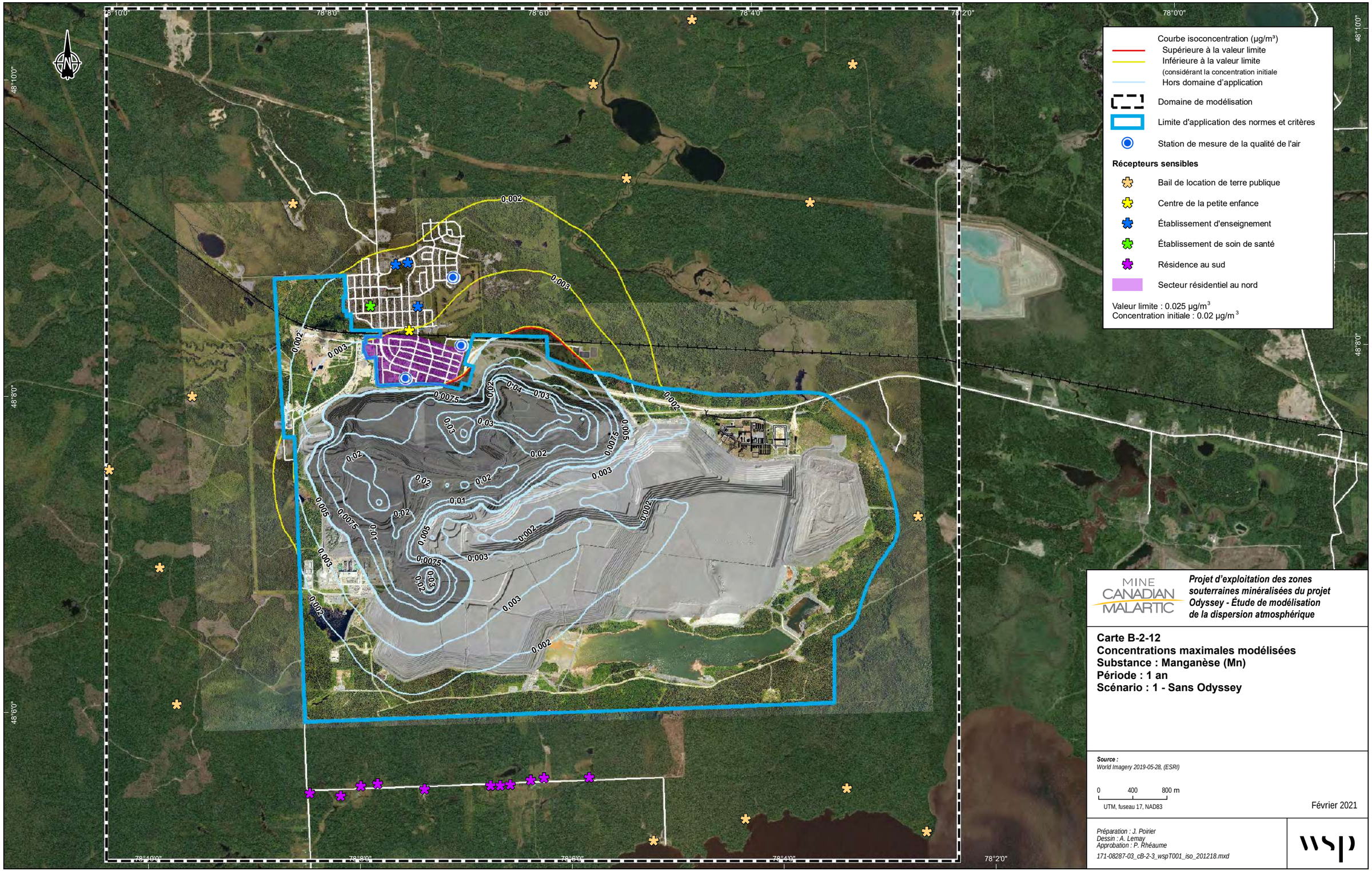
0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-2-3_wspT001_iso_201218.mxd

wsp



MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-2-12
Concentrations maximales modélisées
Substance : Manganèse (Mn)
Période : 1 an
Scénario : 1 - Sans Odyssey

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

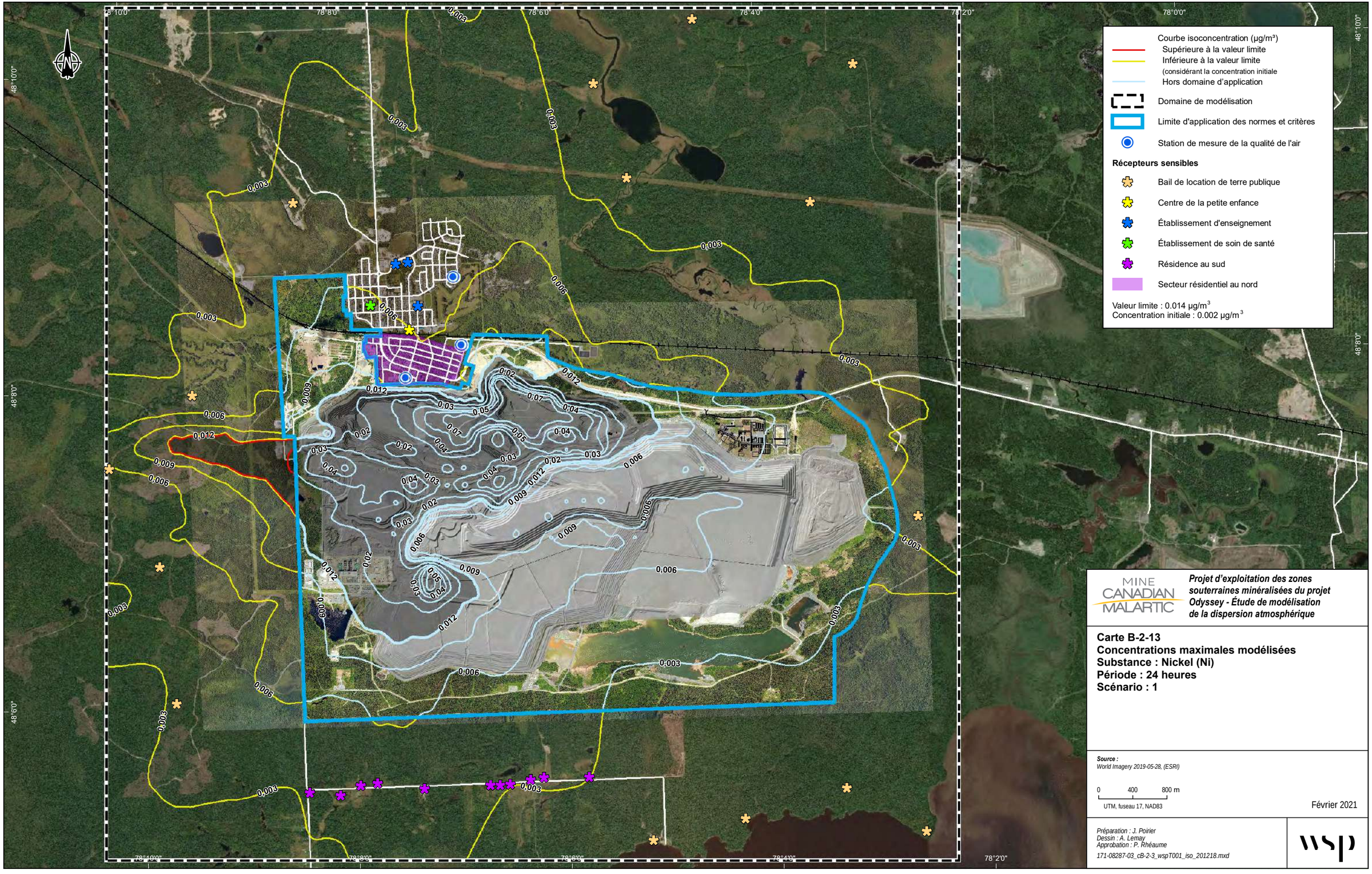
0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-2-3_wspT001_iso_201218.mxd

wsp



MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-2-13
Concentrations maximales modélisées
Substance : Nickel (Ni)
Période : 24 heures
Scénario : 1

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-2-3_wspT001_iso_201218.mxd

wsp

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-2-14
Concentrations maximales modélisées
Substance : Nickel (Ni)
Période : 24 heures
Scénario : 1 - Sans Odyssey

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-2-3_wspT001_iso_201218.mxd

wsp

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-2-15
Concentrations maximales modélisées
Substance : Silice cristalline (SiO_2)
Période : 1 heure
Scénario : 1

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

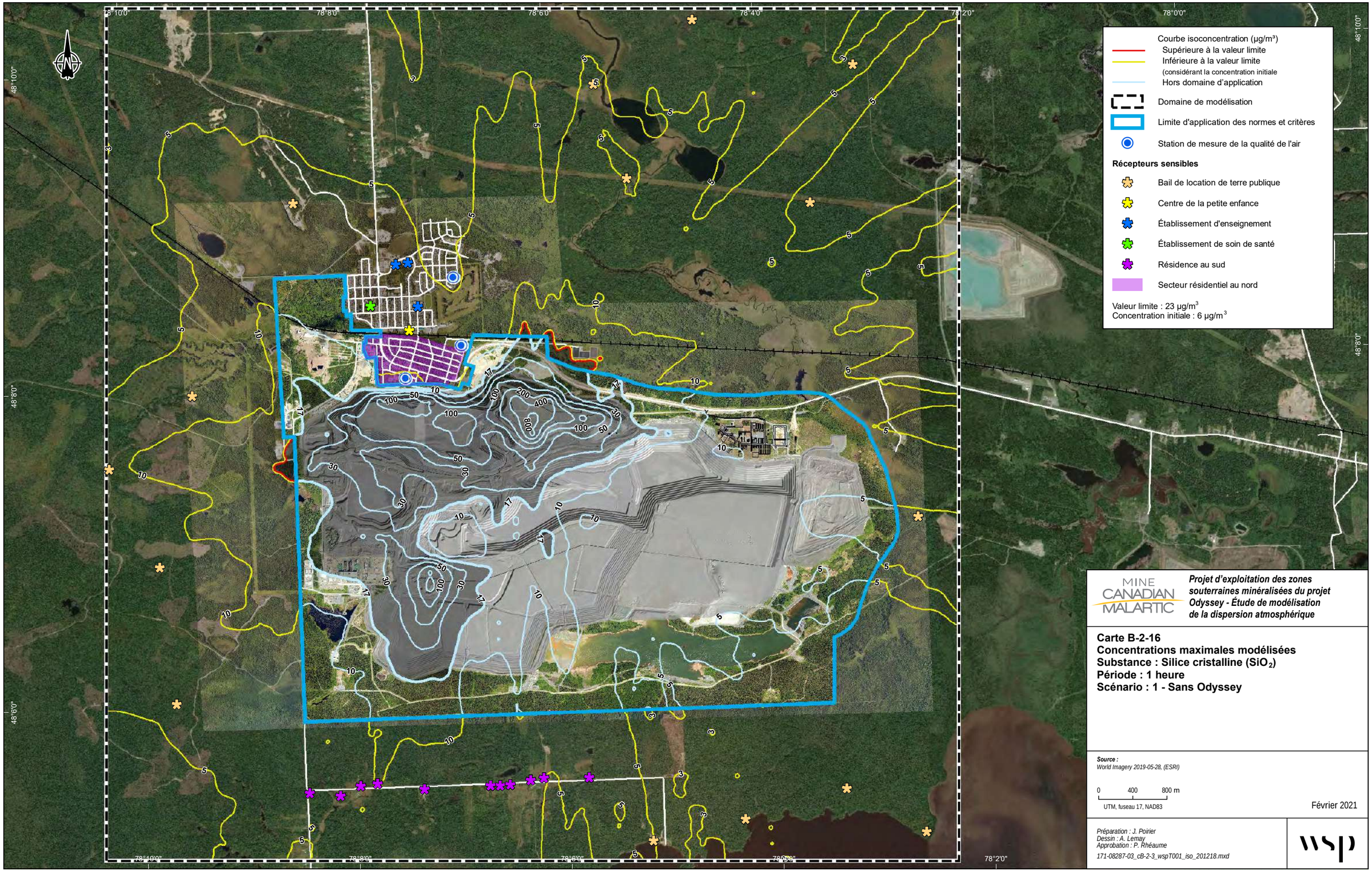
0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-2-3_wspT001_iso_201218.mxd

wsp



MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-2-16
Concentrations maximales modélisées
Substance : Silice cristalline (SiO_2)
Période : 1 heure
Scénario : 1 - Sans Odyssey

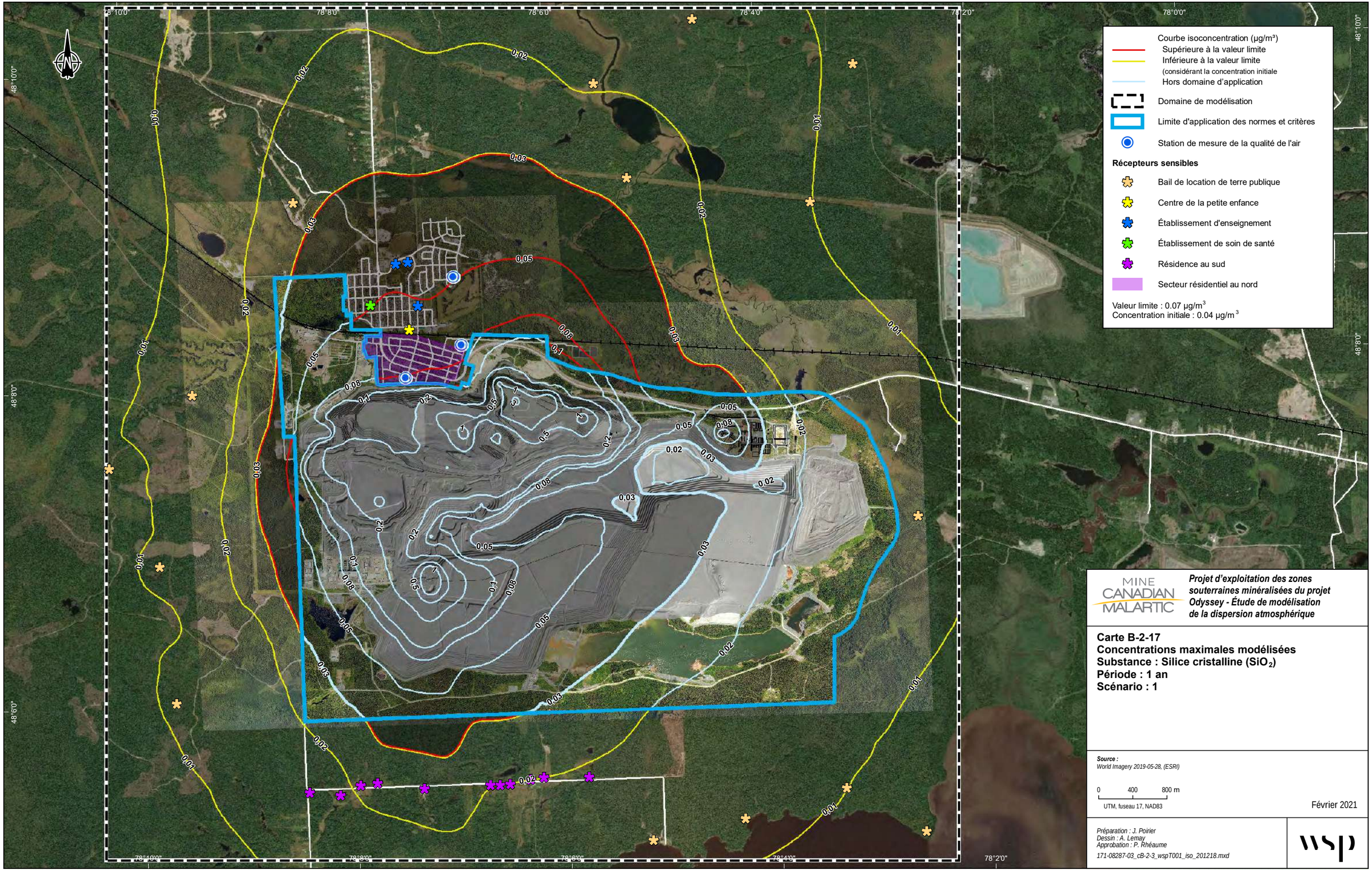
Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume
171-08287-03_cB-2-3_wspT001_iso_201218.mxd

wsp



MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-2-17
Concentrations maximales modélisées
Substance : Silice cristalline (SiO_2)
Période : 1 an
Scénario : 1

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

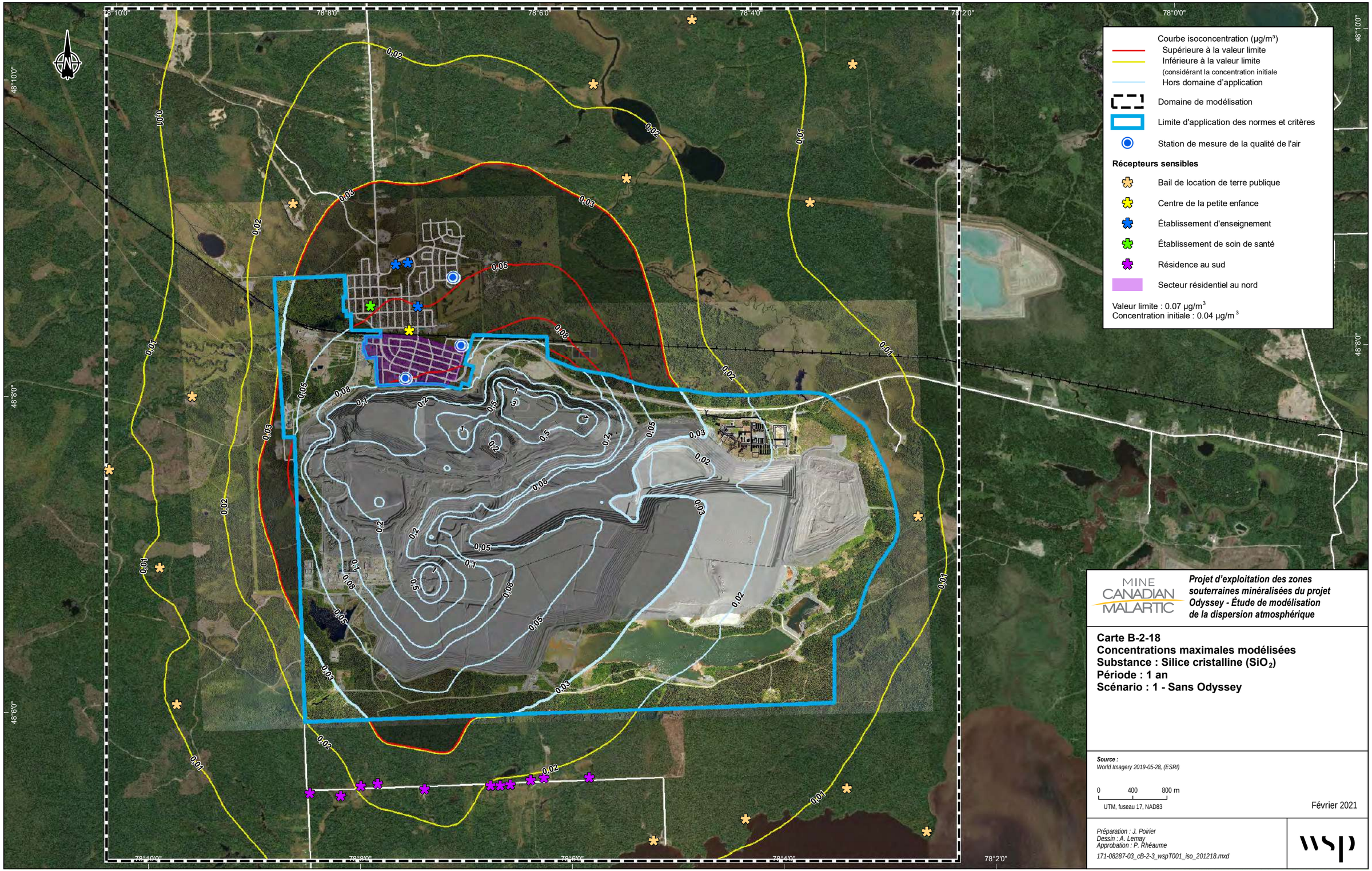
0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-2-3_wspT001_iso_201218.mxd

wsp



MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-2-18
Concentrations maximales modélisées
Substance : Silice cristalline (SiO_2)
Période : 1 an
Scénario : 1 - Sans Odyssey

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

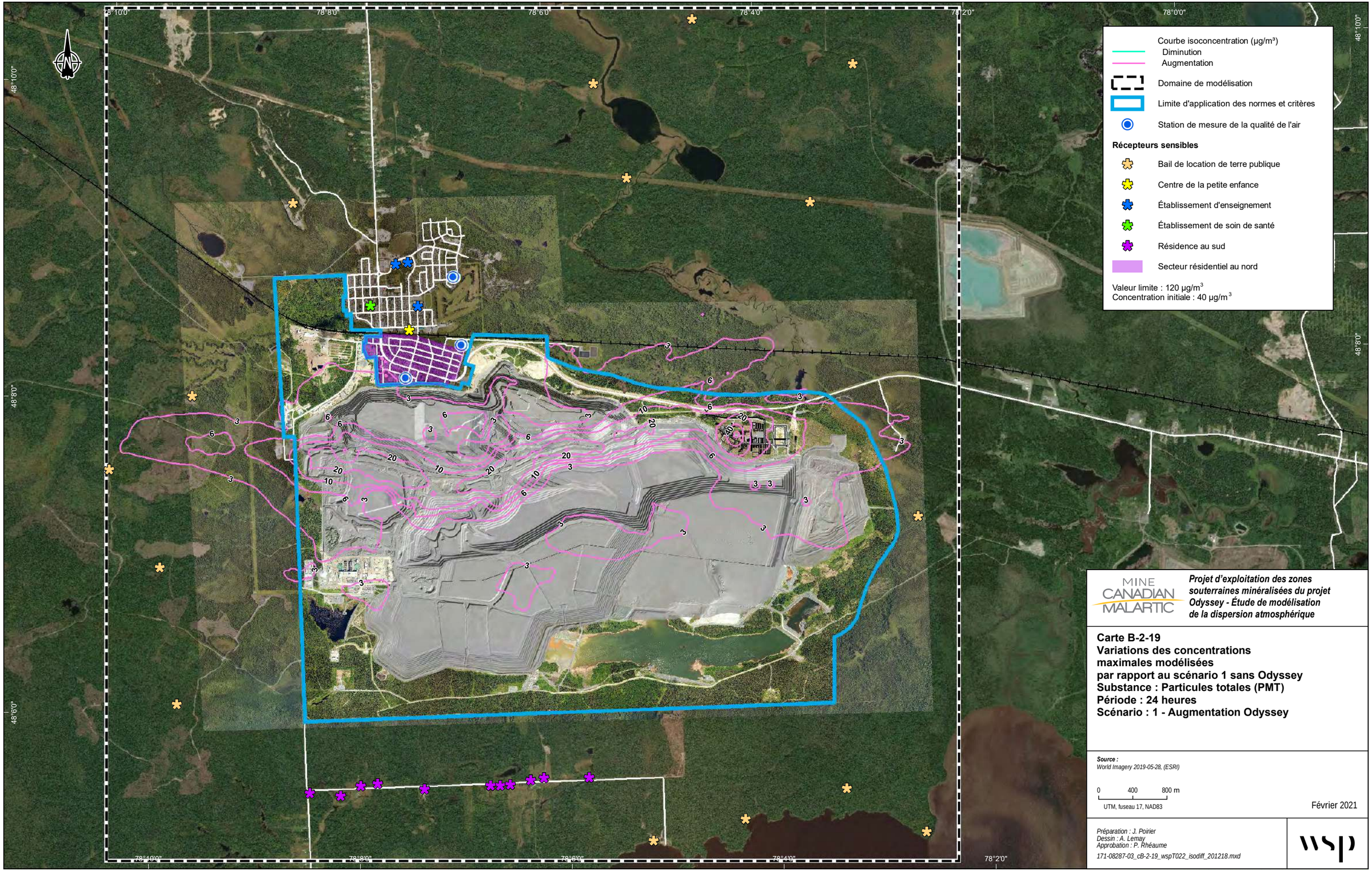
0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-2-3_wspT001_iso_201218.mxd

wsp



MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-2-19
Variations des concentrations maximales modélisées par rapport au scénario 1 sans Odyssey
Substance : Particules totales (PMT)
Période : 24 heures
Scénario : 1 - Augmentation Odyssey

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-2-19_wspT022_isodiff_201218.mxd

wsp

78°10'0" 78°8'0" 78°6'0" 78°4'0" 78°2'0" 78°0'0"

48°10'0" 48°8'0" 48°6'0"

Courbe isoconcentration (µg/m³)
Diminution
Augmentation
Domaine de modélisation
Limite d'application des normes et critères
Station de mesure de la qualité de l'air

Récepteurs sensibles

Bail de location de terre publique
Centre de la petite enfance
Établissement d'enseignement
Établissement de soin de santé
Résidence au sud
Secteur résidentiel au nord

Valeur limite : 30 µg/m^3
Concentration initiale : 15 µg/m^3

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-2-20
Variations des concentrations maximales modélisées par rapport au scénario 1 sans Odyssey
Substance : Particules fines ($PM_{2,5}$)
Période : 24 heures
Scénario : 1 - Augmentation Odyssey

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-2-19_wspT022_isodiff_201218.mxd

wsp

78°10'0" 78°8'0" 78°6'0" 78°4'0" 78°2'0" 78°0'0"

48°10'0" 48°8'0" 48°6'0"

Courbe isoconcentration (µg/m³)
Diminution
Augmentation
Domaine de modélisation
Limite d'application des normes et critères
Station de mesure de la qualité de l'air

Récepteurs sensibles

Bail de location de terre publique
Centre de la petite enfance
Établissement d'enseignement
Établissement de soin de santé
Résidence au sud
Secteur résidentiel au nord

Valeur limite : 414 µg/m^3
Concentration initiale : 40 µg/m^3

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-2-21
Variations des concentrations maximales modélisées par rapport au scénario 1 sans Odyssey
Substance : Dioxyde d'azote (NO_2)
Période : 1 heure
Scénario : 1 - Augmentation Odyssey

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-2-19_wspT022_isodiff_201218.mxd

wsp

78°10'0" 78°8'0" 78°6'0" 78°4'0" 78°2'0" 78°0'0"

48°10'0" 48°8'0" 48°6'0"

15 30 60 90 150 177

Courbe isoconcentration (µg/m³)
Diminution
Augmentation
Domaine de modélisation
Limite d'application des normes et critères
Station de mesure de la qualité de l'air

Récepteurs sensibles

Bail de location de terre publique
Centre de la petite enfance
Établissement d'enseignement
Établissement de soin de santé
Résidence au sud
Secteur résidentiel au nord

Valeur limite : 207 µg/m^3
Concentration initiale : 30 µg/m^3

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-2-22
Variations des concentrations maximales modélisées par rapport au scénario 1 sans Odyssey
Substance : Dioxyde d'azote (NO_2)
Période : 24 heures
Scénario : 1 - Augmentation Odyssey

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

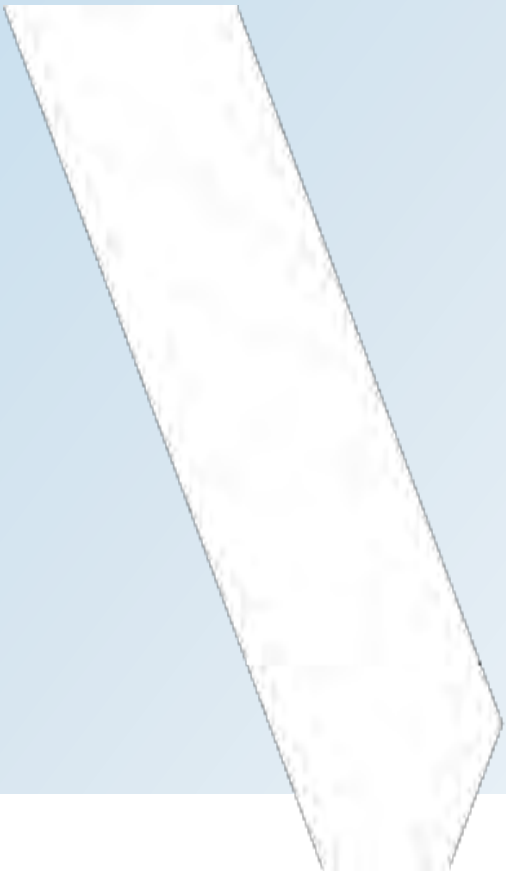
Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

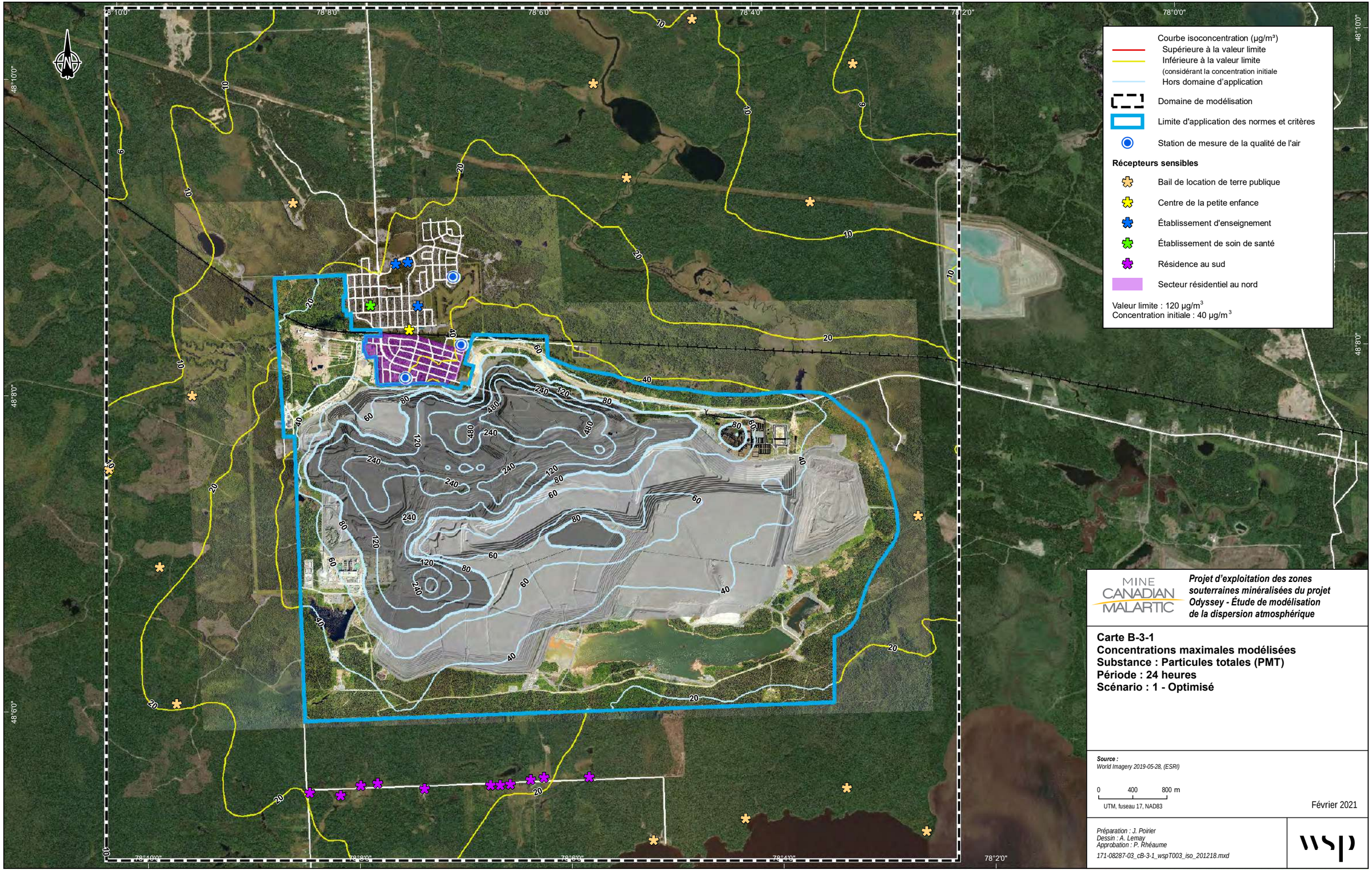
171-08287-03_cB-2-19_wspT022_isodiff_201218.mxd

wsp

ANNEXE

B-3 *SCÉNARIO 1 OPTIMISÉ*





MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-3-1
Concentrations maximales modélisées
Substance : Particules totales (PMT)
Période : 24 heures
Scénario : 1 - Optimisé

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-3-1_wspT003_iso_201218.mxd

wsp

78°10'0" 78°8'0" 78°6'0" 78°4'0" 78°2'0" 78°0'0"

48°10'0" 48°8'0" 48°6'0"

Courbe isoconcentration (µg/m³)
Supérieure à la valeur limite
Inférieure à la valeur limite
(considérant la concentration initiale
Hors domaine d'application

Domaine de modélisation

Limite d'application des normes et critères

Station de mesure de la qualité de l'air

Récepteurs sensibles

Bail de location de terre publique

Centre de la petite enfance

Établissement d'enseignement

Établissement de soin de santé

Résidence au sud

Secteur résidentiel au nord

Valeur limite : 30 µg/m^3
Concentration initiale : 15 µg/m^3

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-3-2
Concentrations maximales modélisées
Substance : Particules fines ($PM_{2,5}$)
Période : 24 heures
Scénario : 1 - Optimisé

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-3-1_wspT003_iso_201218.mxd

wsp

78°10'0" 78°8'0" 78°6'0" 78°4'0" 78°2'0" 78°0'0"

48°10'0" 48°8'0" 48°6'0"

Courbe isoconcentration (µg/m³)
- Supérieure à la valeur limite
- Inférieure à la valeur limite
- (considérant la concentration initiale
- Hors domaine d'application

Domaine de modélisation

Limite d'application des normes et critères

Station de mesure de la qualité de l'air

Récepteurs sensibles

- Bail de location de terre publique
- Centre de la petite enfance
- Établissement d'enseignement
- Établissement de soin de santé
- Résidence au sud
- Secteur résidentiel au nord

Valeur limite : 414 µg/m^3
Concentration initiale : 40 µg/m^3

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-3-3
Concentrations maximales modélisées
Substance : Dioxyde d'azote (NO_2)
Période : 1 heure
Scénario : 1 - Optimisé

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-3-1_wspT003_iso_201218.mxd

wsp

78°10'0" 78°8'0" 78°6'0" 78°4'0" 78°2'0" 78°0'0"

48°10'0" 48°8'0" 48°6'0"

Courbe isoconcentration (µg/m³)
Supérieure à la valeur limite
Inférieure à la valeur limite
(considérant la concentration initiale
Hors domaine d'application

Domaine de modélisation

Limite d'application des normes et critères

Station de mesure de la qualité de l'air

Récepteurs sensibles

Bail de location de terre publique

Centre de la petite enfance

Établissement d'enseignement

Établissement de soin de santé

Résidence au sud

Secteur résidentiel au nord

Valeur limite : 207 µg/m^3
Concentration initiale : 30 µg/m^3

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-3-4
Concentrations maximales modélisées
Substance : Dioxyde d'azote (NO_2)
Période : 24 heures
Scénario : 1 - Optimisé

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

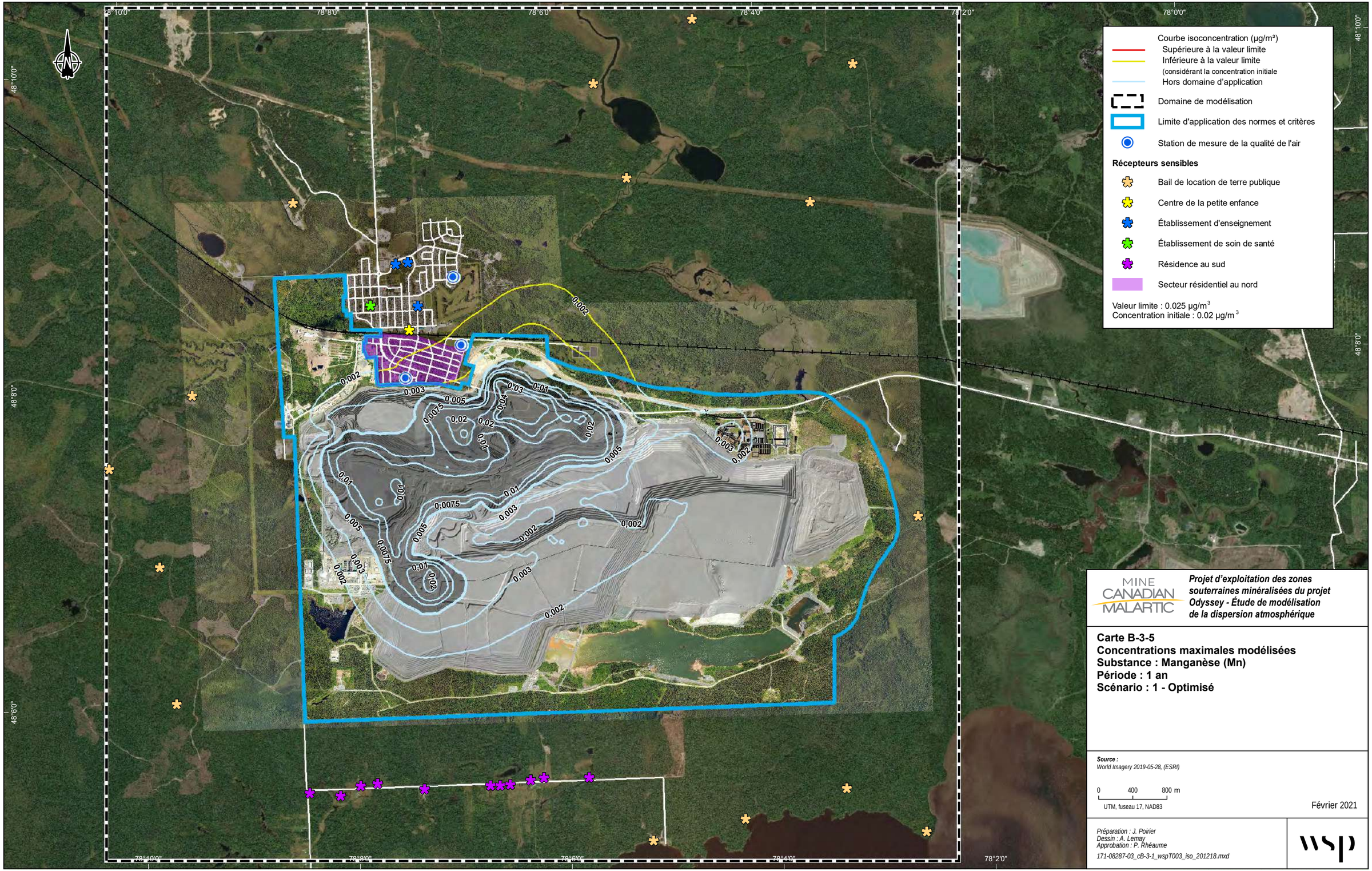
0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-3-1_wspT003_iso_201218.mxd

wsp



MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-3-5
Concentrations maximales modélisées
Substance : Manganèse (Mn)
Période : 1 an
Scénario : 1 - Optimisé

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

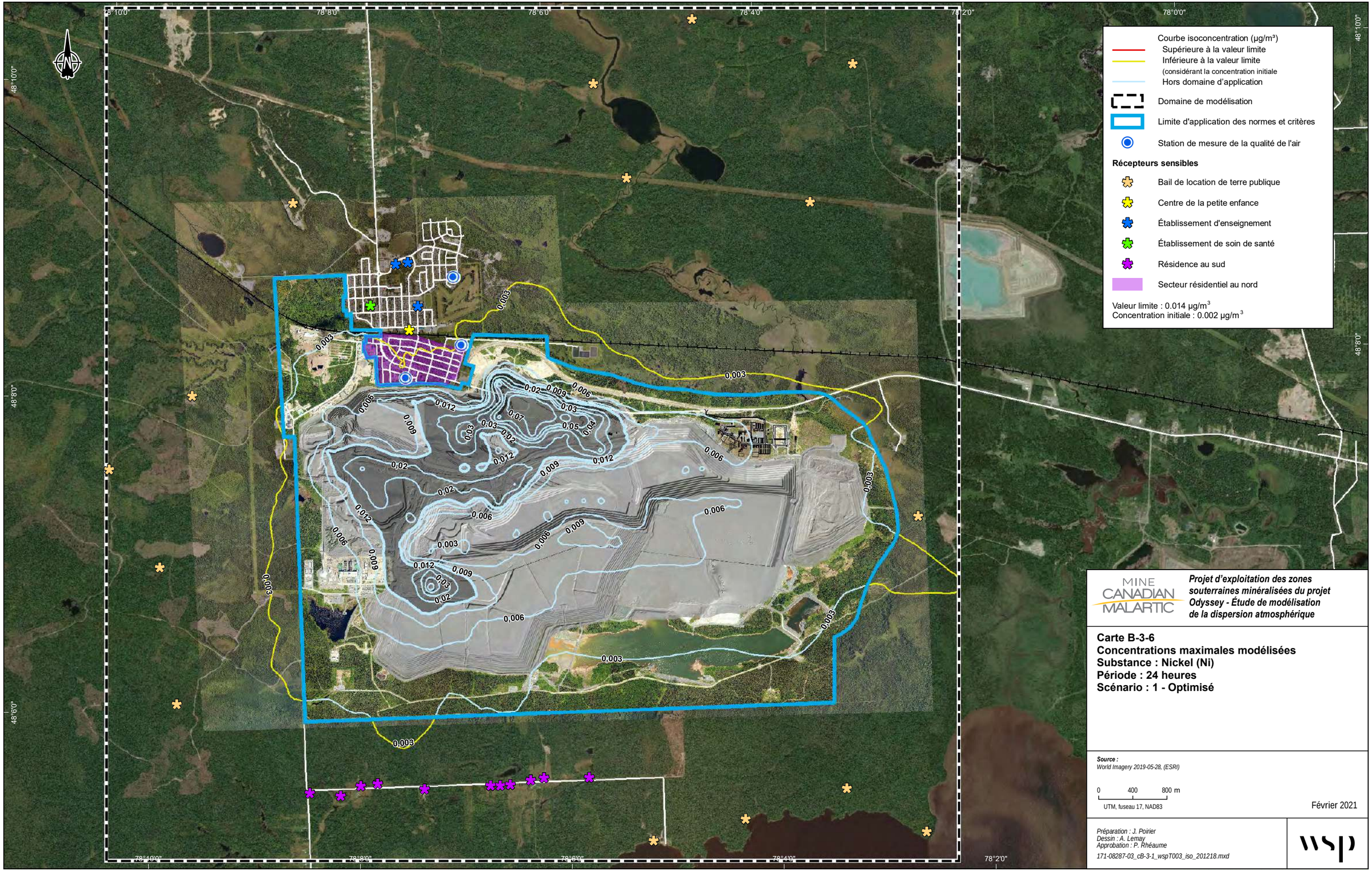
0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-3-1_wspT003_iso_201218.mxd

wsp



MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-3-6
Concentrations maximales modélisées
Substance : Nickel (Ni)
Période : 24 heures
Scénario : 1 - Optimisé

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-3-1_wspT003_iso_201218.mxd

wsp

78°10'0" 78°8'0" 78°6'0" 78°4'0" 78°2'0" 78°0'0"

48°10'0" 48°8'0" 48°6'0"

Courbe isoconcentration (µg/m³)
- Supérieure à la valeur limite
- Inférieure à la valeur limite (considérant la concentration initiale
- Hors domaine d'application

Domaine de modélisation

Limite d'application des normes et critères

Station de mesure de la qualité de l'air

Récepteurs sensibles

- Bail de location de terre publique
- Centre de la petite enfance
- Établissement d'enseignement
- Établissement de soin de santé
- Résidence au sud
- Secteur résidentiel au nord

Valeur limite : 23 µg/m^3
Concentration initiale : 6 µg/m^3

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-3-7
Concentrations maximales modélisées
Substance : Silice cristalline (SiO_2)
Période : 1 heure
Scénario : 1 - Optimisé

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-3-1_wspT003_iso_201218.mxd

wsp

78°10'0" 78°8'0" 78°6'0" 78°4'0" 78°2'0" 78°0'0"

48°10'0" 48°8'0" 48°6'0"

Courbe isoconcentration (µg/m³)
- Supérieure à la valeur limite
- Inférieure à la valeur limite
- (considérant la concentration initiale
- Hors domaine d'application

Domaine de modélisation

Limite d'application des normes et critères

Station de mesure de la qualité de l'air

Récepteurs sensibles

- Bail de location de terre publique
- Centre de la petite enfance
- Établissement d'enseignement
- Établissement de soin de santé
- Résidence au sud
- Secteur résidentiel au nord

Valeur limite : 0.07 µg/m^3
Concentration initiale : 0.04 µg/m^3

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-3-8
Concentrations maximales modélisées
Substance : Silice cristalline (SiO_2)
Période : 1 an
Scénario : 1 - Optimisé

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume
171-08287-03_cB-3-1_wspT003_iso_201218.mxd

wsp

78°10'0" 78°8'0" 78°6'0" 78°4'0" 78°2'0" 78°0'0"

48°10'0" 48°8'0" 48°6'0"

Courbe isoconcentration (µg/m³)
- Supérieure à la valeur limite
- Inférieure à la valeur limite (considérant la concentration initiale
- Hors domaine d'application

Domaine de modélisation

Limite d'application des normes et critères

Station de mesure de la qualité de l'air

Récepteurs sensibles

- Bail de location de terre publique
- Centre de la petite enfance
- Établissement d'enseignement
- Établissement de soin de santé
- Résidence au sud
- Secteur résidentiel au nord

Valeur limite : 0.07 µg/m^3
Concentration initiale : 0.04 µg/m^3

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-3-9
Concentrations maximales modélisées
Substance : Silice cristalline (SiO_2)
Période : 1 an
Scénario : 1 - Optimisé - Sans Odyssey

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

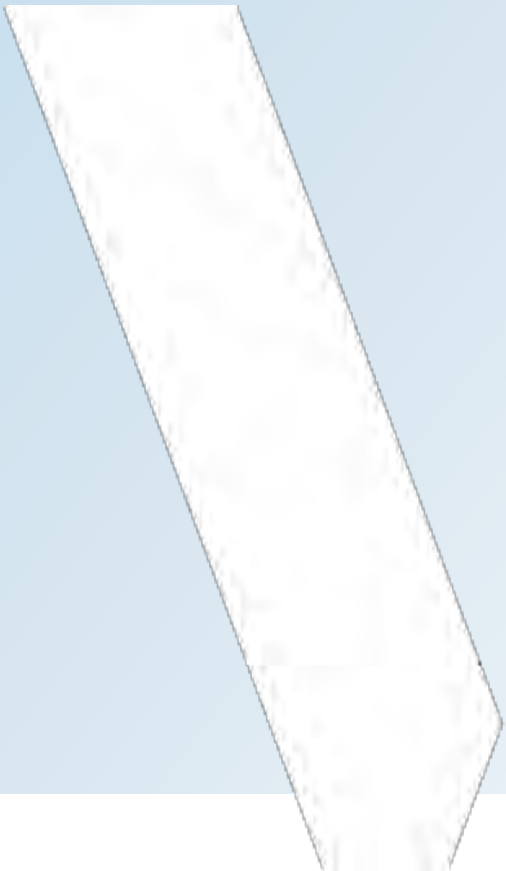
Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-3-1_wspT003_iso_201218.mxd

wsp

ANNEXE

B-4 *SCÉNARIO 2*



78°8'0"
78°7'0"
78°6'0"
48°8'0"
48°7'0"

Limite d'application des normes et critères
Extrémité de segment de routage
Routage (Projet Odyssey)

Sources ponctuelles
Ventilation de la mine souterraine
Usine de remblai en pâte
Usine de traitement
Gaz d'échappement

Sources volumiques
Boutage
Chargement / Déchargement

Sources surfaciques
Érosion éolienne (Projet Odyssey)

Ville de Malartic

Voir Carte B-4-1a

dpop04w
podhw
P04
P06
P07
P09
P08
dpop08o
tdoz03
tdoz03x
conca1
P11
podhg
P10
dpp10o
Chemin du Lac-Mourier

vent5
117
podo
podw1
P15
podw2

A
dome
cha1
cha2
fourind
four1
four2
rescu

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-4-1
Sources d'émissions utilisées pour la modélisation de la dispersion atmosphérique - Scénario 2

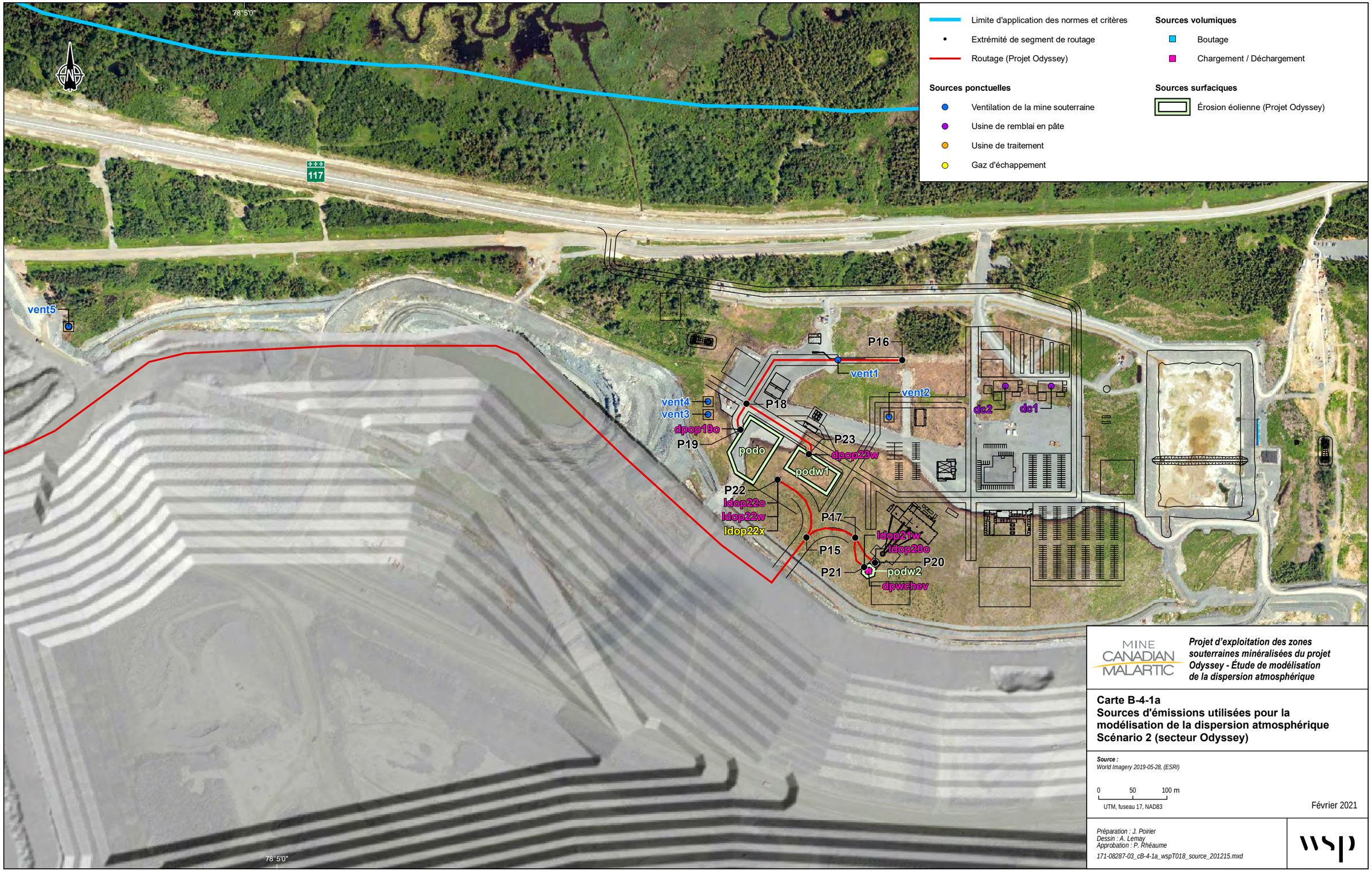
Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 160 320 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume
171-08287-03_cB-4-1_wspT017_source_201215.mxd

wsp



MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-4-1a
Sources d'émissions utilisées pour la modélisation de la dispersion atmosphérique
Scénario 2 (secteur Odyssey)

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 50 100 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-4-1a_wspT018_source_201215.mxd

wsp

78°8'0"
78°7'0"
78°6'0"
78°5'0"
78°4'0"
48°8'0"
48°7'0"

Limite d'application des normes et critères

Modèle de dispersion atmosphérique

Intersection de segment de routage

Routage

Trajets

P20_P08 et P22_P08

P20_P10 et P22_P10

P16_P19

P04
P06
P07
P08
P09
P10
P11
P15
P16
P17
P18
P19
P20
P21
P22
P23

A

Chemin du Lac-Mourier

0 80 160 m

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-4-2a
Trajets de transport - Scénario 2
Transport du minerai - Projet Odyssey

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 160 320 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume
171-08287-03_cB-4-2a_wspT019_trajets_201215.mxd

wsp

78°8'0"
78°7'0"
78°6'0"
78°5'0"
78°4'0"
48°8'0"
48°7'0"

Limite d'application des normes et critères

Modèle de dispersion atmosphérique

Intersection de segment de routage

Routage

Trajets

P21_P04 et P22_P04

P16_P23

P04
P06
P07
P08
P09
P10
P11

Chemin du Lac-Mourier

A

P16
P18
P19
P23
P22
P17
P20
P15
P21

0 80 160 m

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-4-2b
Trajets de transport - Scénario 2
Transport du stériles - Projet Odyssey

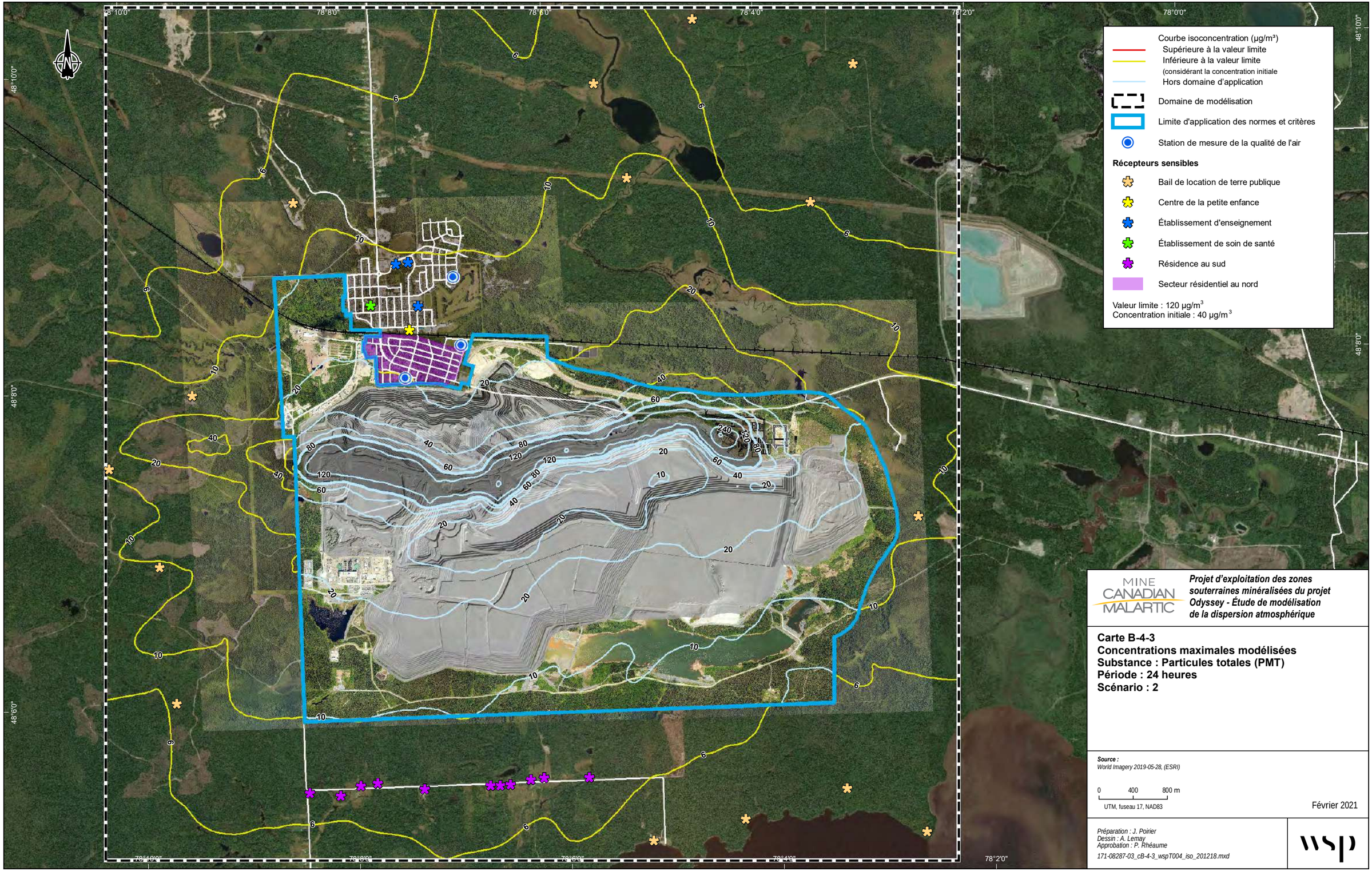
Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 160 320 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume
171-08287-03_cB-4-2b_wspT020_trajets_201215.mxd

wsp



MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-4-3
Concentrations maximales modélisées
Substance : Particules totales (PMT)
Période : 24 heures
Scénario : 2

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-4-3_wspT004_iso_201218.mxd

wsp

78°10'0" 78°8'0" 78°6'0" 78°4'0" 78°2'0" 78°0'0"

48°10'0" 48°8'0" 48°6'0"

Courbe isoconcentration (µg/m³)
- Supérieure à la valeur limite
- Inférieure à la valeur limite
- (considérant la concentration initiale
- Hors domaine d'application

Domaine de modélisation

Limite d'application des normes et critères

Station de mesure de la qualité de l'air

Récepteurs sensibles

- Bail de location de terre publique
- Centre de la petite enfance
- Établissement d'enseignement
- Établissement de soin de santé
- Résidence au sud

Secteur résidentiel au nord

Valeur limite : 30 µg/m^3
Concentration initiale : 15 µg/m^3

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-4-4
Concentrations maximales modélisées
Substance : Particules fines ($PM_{2,5}$)
Période : 24 heures
Scénario : 2

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

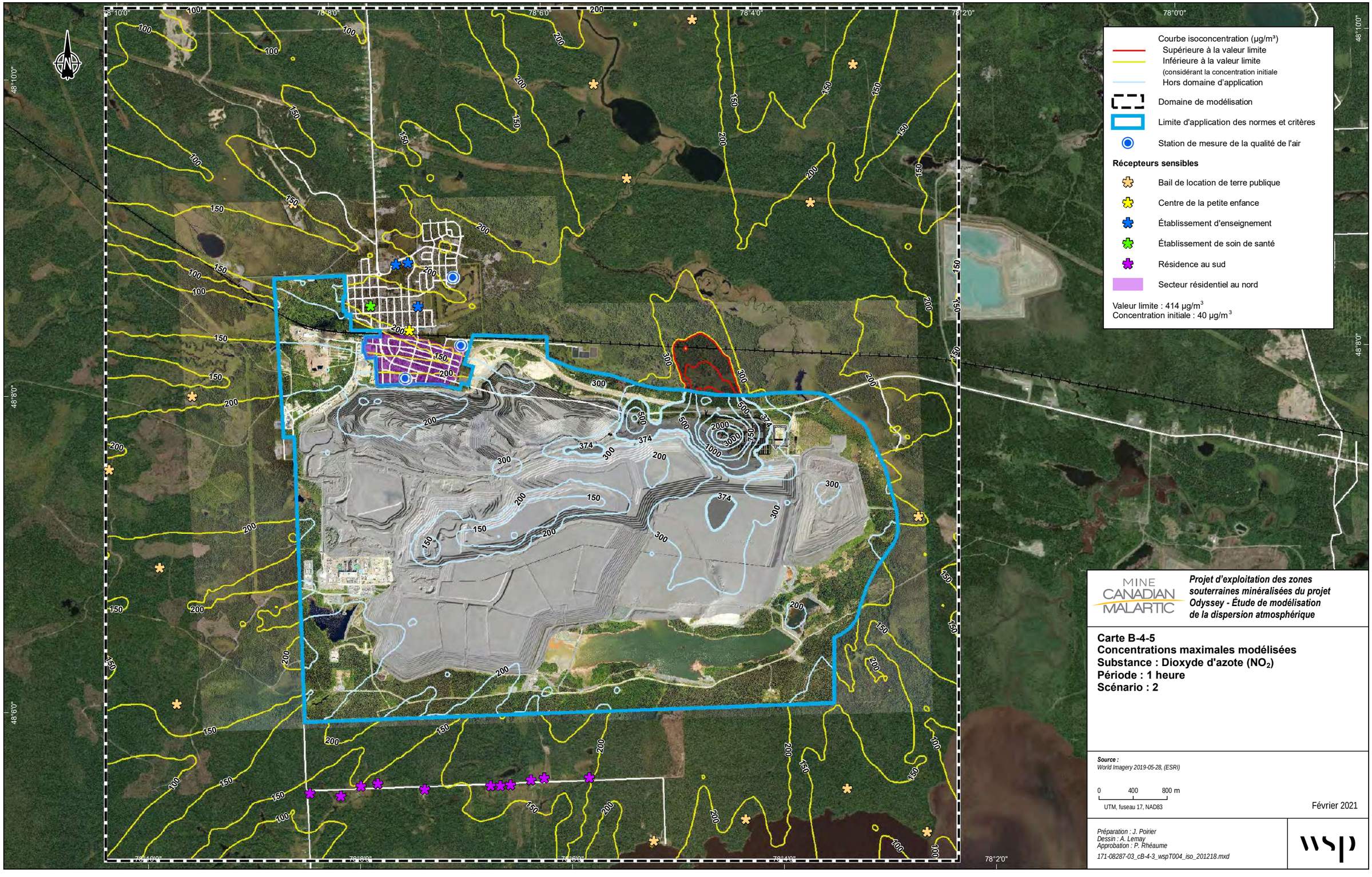
0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-4-3_wspT004_iso_201218.mxd

wsp



MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-4-5
Concentrations maximales modélisées
Substance : Dioxyde d'azote (NO_2)
Période : 1 heure
Scénario : 2

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume
171-08287-03_cB-4-3_wspT004_iso_201218.mxd

wsp

78°10'0"
78°8'0"
78°6'0"
78°4'0"
78°2'0"
78°0'0"
48°10'0"
48°8'0"
48°6'0"

Courbe isoconcentration (µg/m³)
Supérieure à la valeur limite
Inférieure à la valeur limite
(considérant la concentration initiale
Hors domaine d'application
Domaine de modélisation
Limite d'application des normes et critères
Station de mesure de la qualité de l'air

Récepteurs sensibles

Bail de location de terre publique
Centre de la petite enfance
Établissement d'enseignement
Établissement de soin de santé
Résidence au sud
Secteur résidentiel au nord

Valeur limite : 207 µg/m^3
Concentration initiale : 30 µg/m^3

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-4-6
Concentrations maximales modélisées
Substance : Dioxyde d'azote (NO_2)
Période : 24 heures
Scénario : 2

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

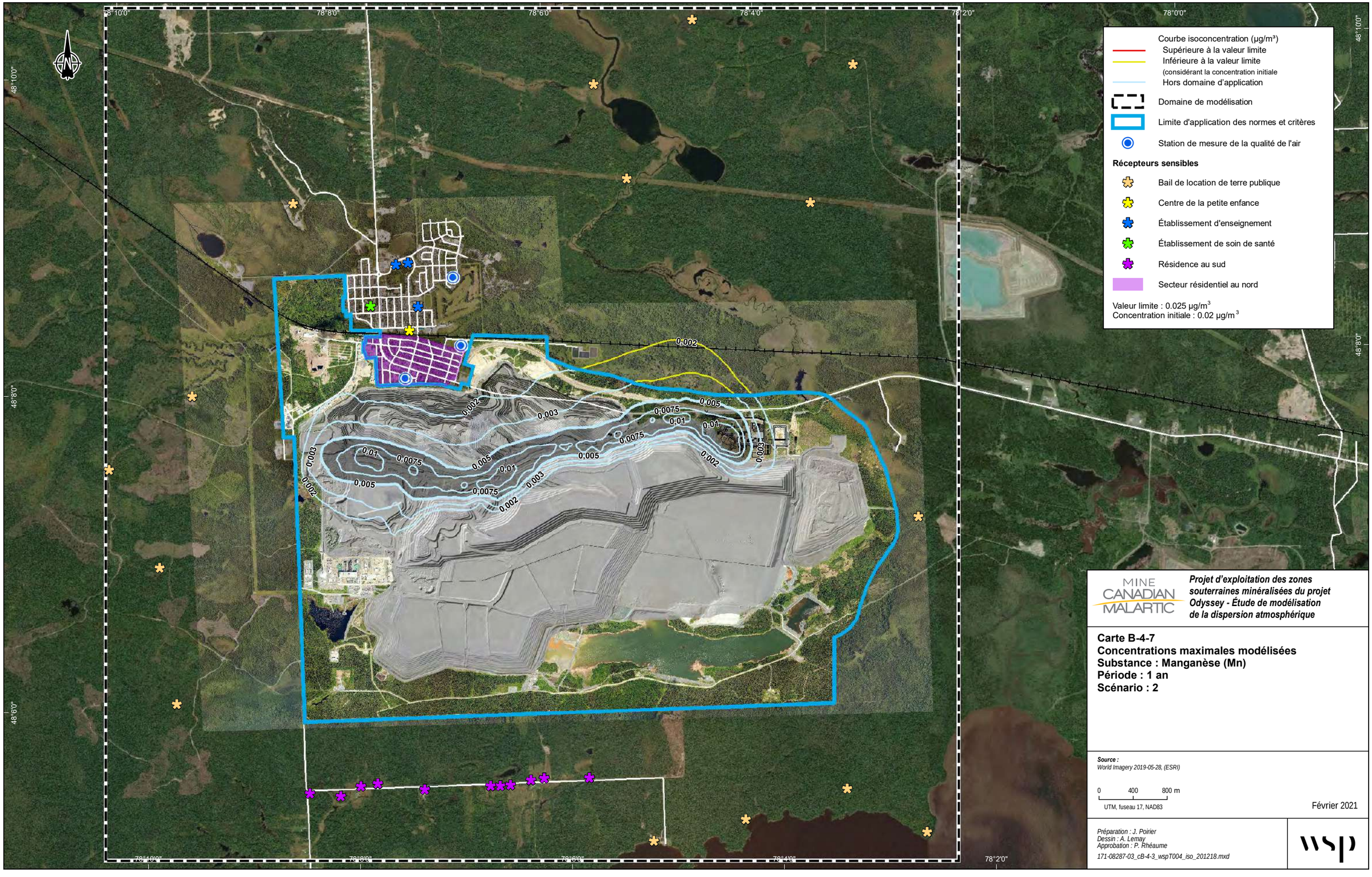
0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-4-3_wspT004_iso_201218.mxd

wsp



MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-4-7
Concentrations maximales modélisées
Substance : Manganèse (Mn)
Période : 1 an
Scénario : 2

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

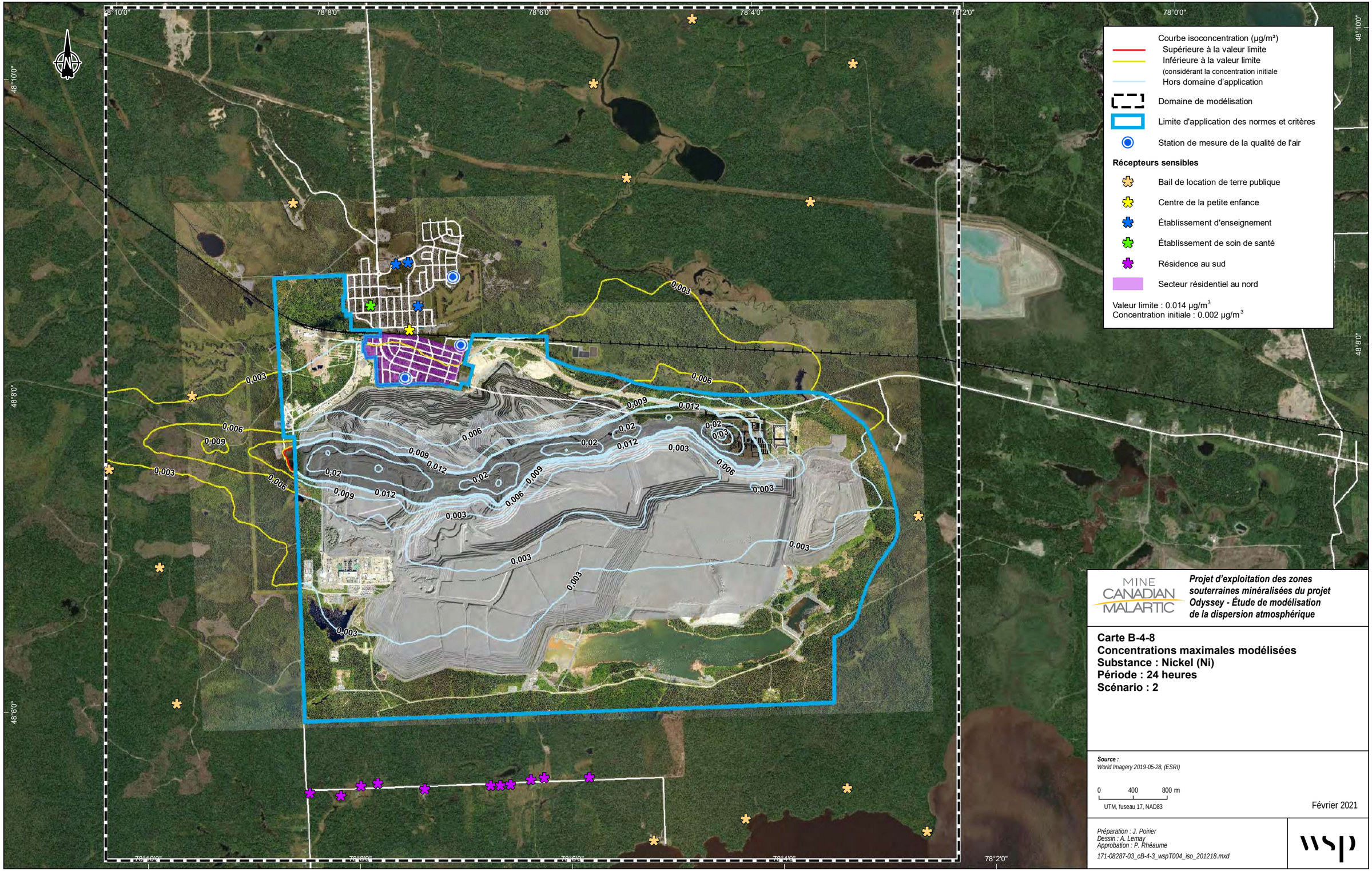
0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-4-3_wspT004_iso_201218.mxd

wsp



MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-4-8
Concentrations maximales modélisées
Substance : Nickel (Ni)
Période : 24 heures
Scénario : 2

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-4-3_wspT004_iso_201218.mxd

wsp

78°10'0"
78°8'0"
78°6'0"
78°4'0"
78°2'0"
78°0'0"
48°10'0"
48°8'0"
48°6'0"

Courbe isoconcentration (µg/m³)
Supérieure à la valeur limite
Inférieure à la valeur limite
(considérant la concentration initiale
Hors domaine d'application
Domaine de modélisation
Limite d'application des normes et critères
Station de mesure de la qualité de l'air

Récepteurs sensibles

Bail de location de terre publique
Centre de la petite enfance
Établissement d'enseignement
Établissement de soin de santé
Résidence au sud
Secteur résidentiel au nord

Valeur limite : 23 µg/m^3
Concentration initiale : 6 µg/m^3

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-4-9
Concentrations maximales modélisées
Substance : Silice cristalline (SiO_2)
Période : 1 heure
Scénario : 2

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

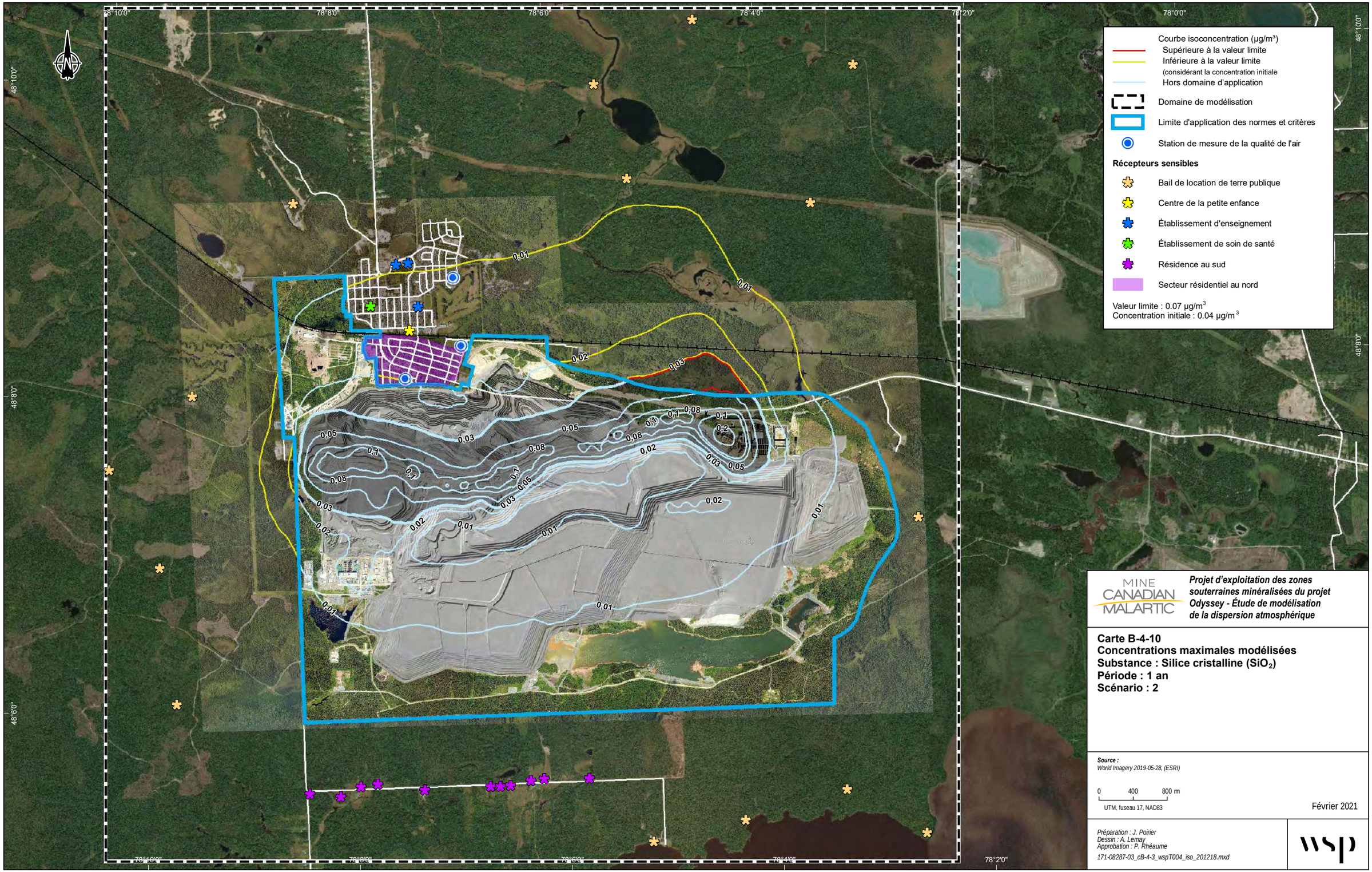
0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-4-3_wspT004_iso_201218.mxd

wsp



MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-4-10
Concentrations maximales modélisées
Substance : Silice cristalline (SiO_2)
Période : 1 an
Scénario : 2

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

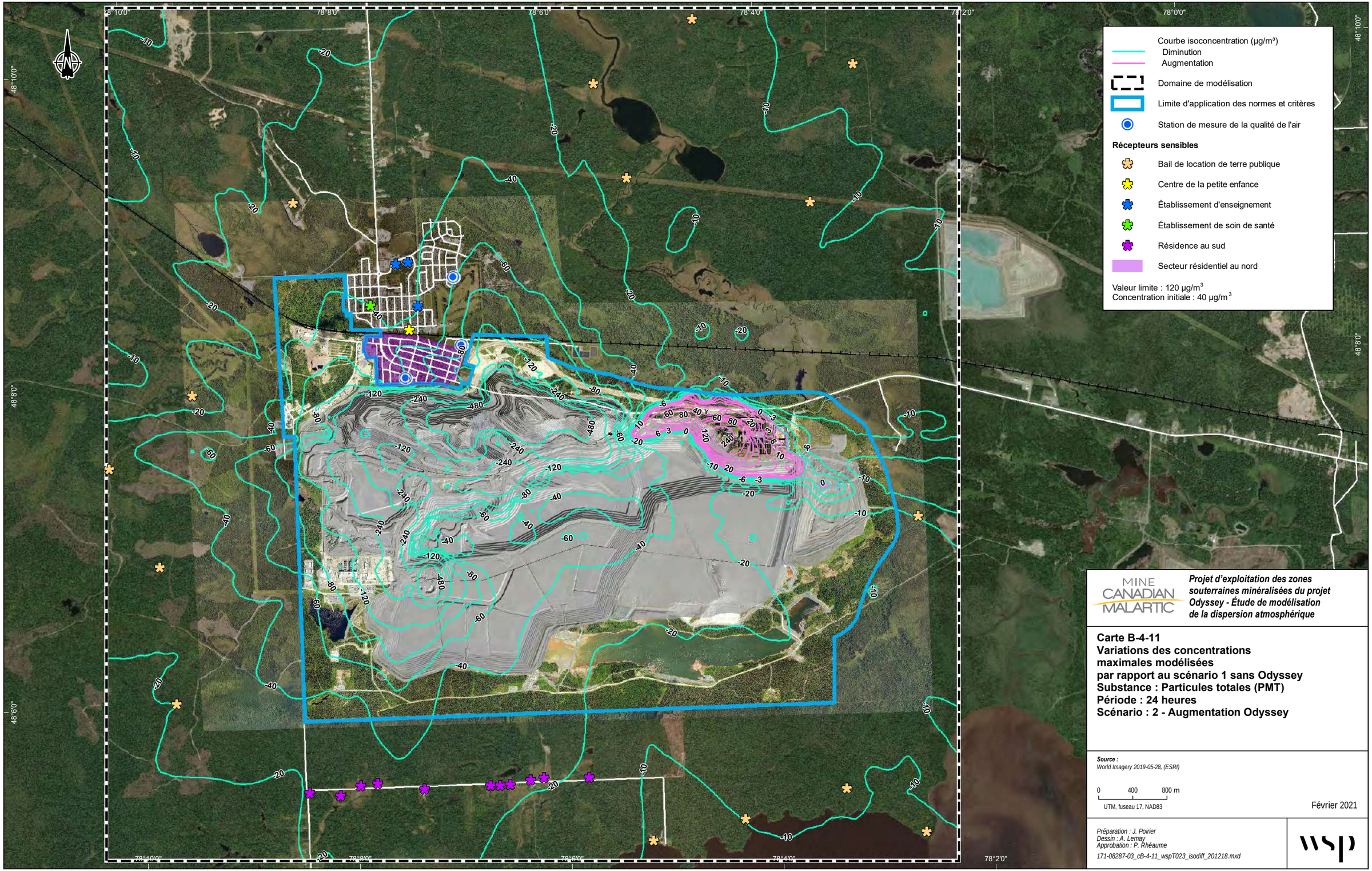
0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-4-3_wspT004_iso_201218.mxd

wsp



MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-4-11
Variations des concentrations maximales modélisées par rapport au scénario 1 sans Odyssey
Substance : Particules totales (PMT)
Période : 24 heures
Scénario : 2 - Augmentation Odyssey

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

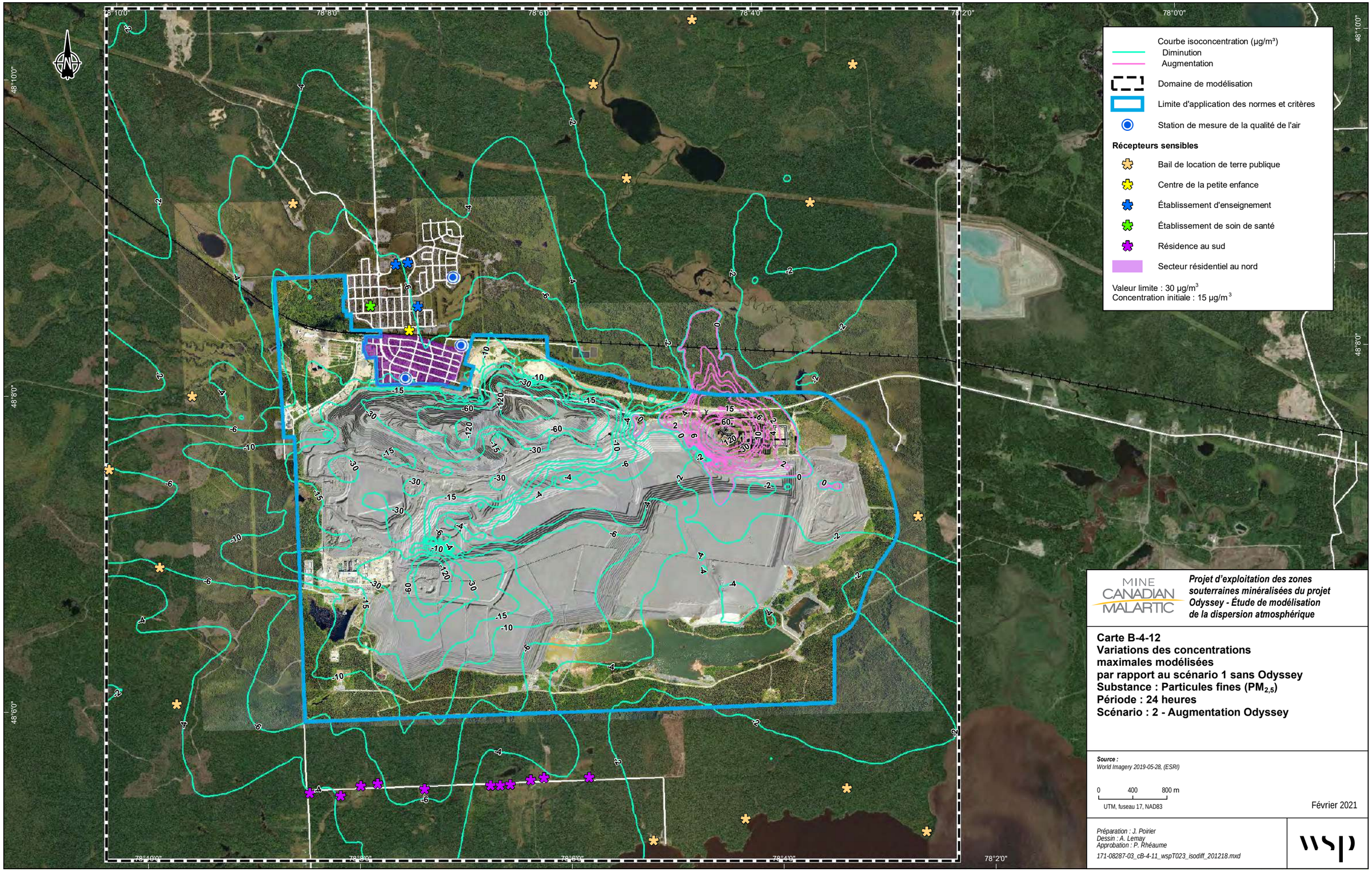
0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-4-11_wspT023_isodiff_201218.mxd

wsp



MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-4-12
Variations des concentrations maximales modélisées par rapport au scénario 1 sans Odyssey
Substance : Particules fines ($PM_{2,5}$)
Période : 24 heures
Scénario : 2 - Augmentation Odyssey

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

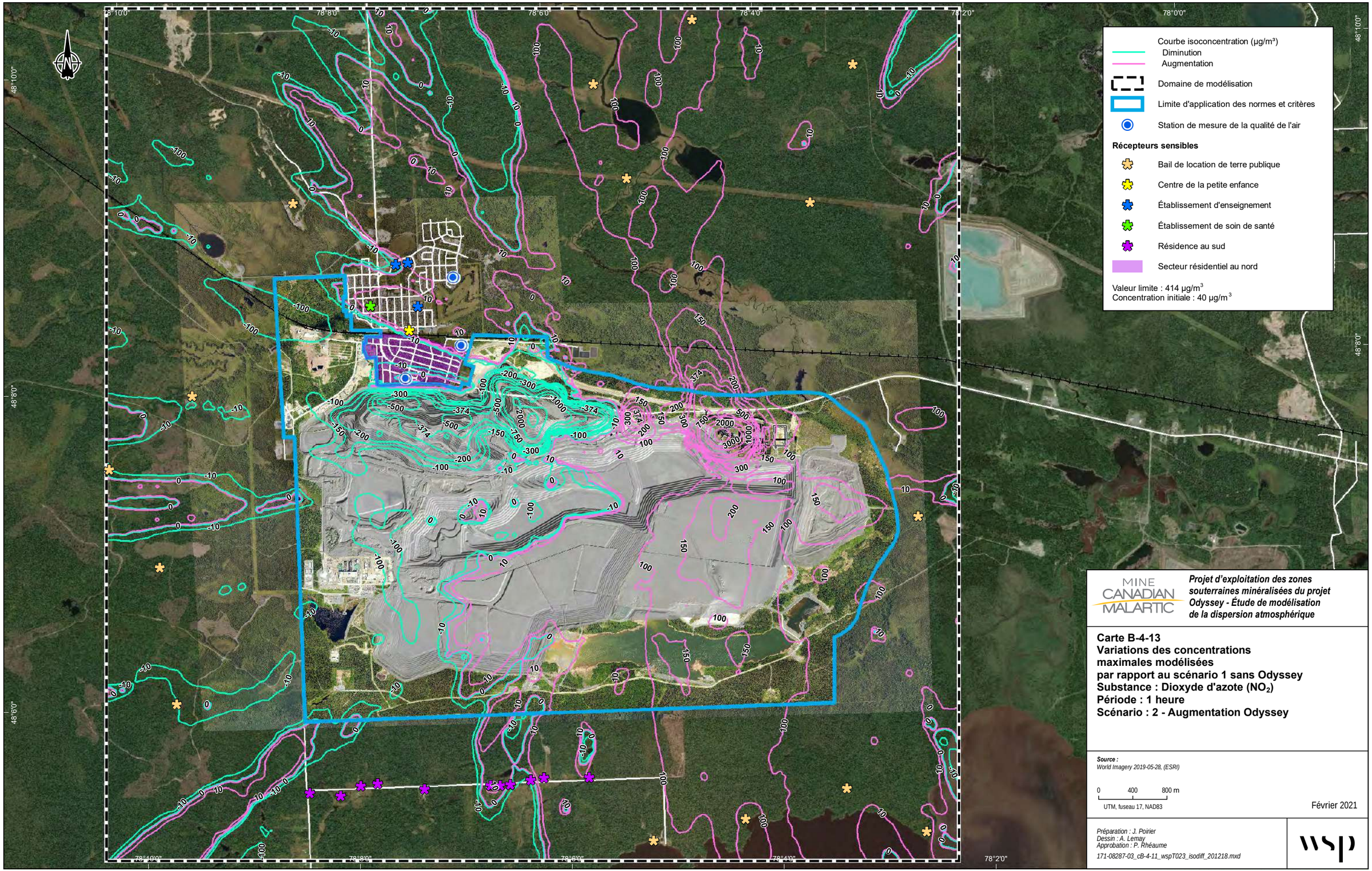
0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-4-11_wspT023_isodiff_201218.mxd

wsp



MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-4-13
Variations des concentrations maximales modélisées par rapport au scénario 1 sans Odyssey
Substance : Dioxyde d'azote (NO_2)
Période : 1 heure
Scénario : 2 - Augmentation Odyssey

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

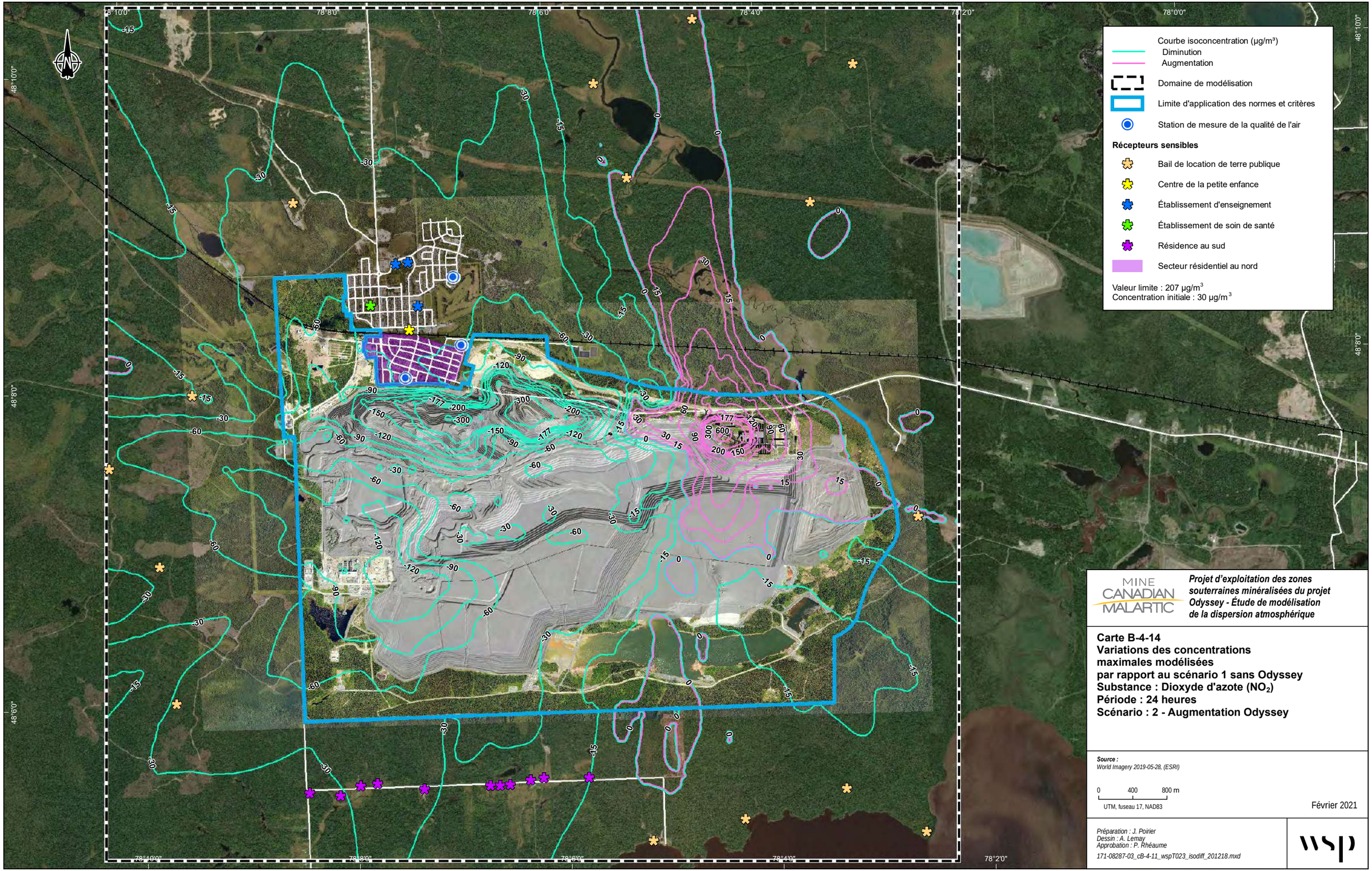
0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-4-11_wspT023_isodiff_201218.mxd

wsp



MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-4-14
Variations des concentrations maximales modélisées par rapport au scénario 1 sans Odyssey
Substance : Dioxyde d'azote (NO_2)
Période : 24 heures
Scénario : 2 - Augmentation Odyssey

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

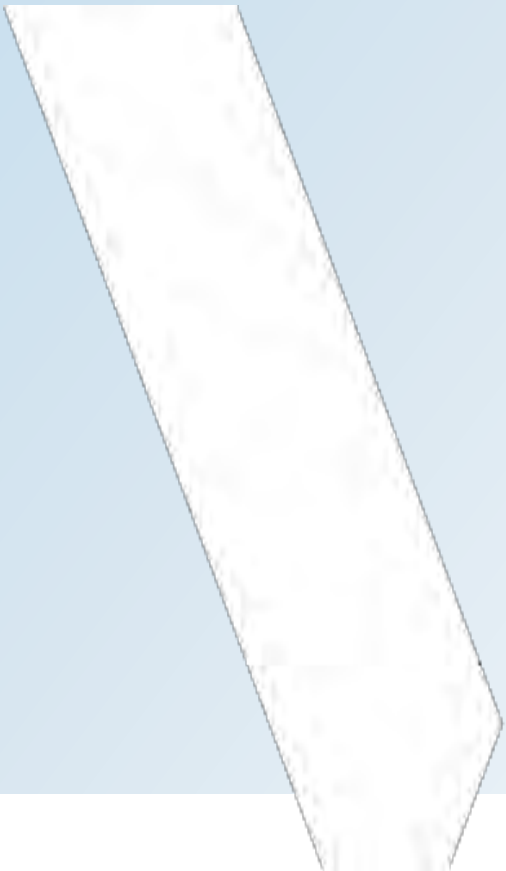
Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-4-11_wspT023_isodiff_201218.mxd

wsp

ANNEXE

B-5 *SCÉNARIO 2 OPTIMISÉ*



78°10'0"
78°8'0"
78°6'0"
78°4'0"
78°2'0"
78°0'0"
48°10'0"
48°8'0"
48°6'0"

Courbe isoconcentration (µg/m³)
Supérieure à la valeur limite
Inférieure à la valeur limite
(considérant la concentration initiale
Hors domaine d'application
Domaine de modélisation
Limite d'application des normes et critères
Station de mesure de la qualité de l'air

Récepteurs sensibles

Bail de location de terre publique
Centre de la petite enfance
Établissement d'enseignement
Établissement de soin de santé
Résidence au sud
Secteur résidentiel au nord

Valeur limite : 120 µg/m^3
Concentration initiale : 40 µg/m^3

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-5-1
Concentrations maximales modélisées
Substance : Particules totales (PMT)
Période : 24 heures
Scénario : 2 - Optimisé

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-5-1_wspT021_iso_201218.mxd

wsp

78°10'0"
78°8'0"
78°6'0"
78°4'0"
78°2'0"
78°0'0"
48°10'0"
48°8'0"
48°6'0"

Courbe isoconcentration (µg/m³)
Supérieure à la valeur limite
Inférieure à la valeur limite
(considérant la concentration initiale
Hors domaine d'application
Domaine de modélisation
Limite d'application des normes et critères
Station de mesure de la qualité de l'air

Récepteurs sensibles

Bail de location de terre publique
Centre de la petite enfance
Établissement d'enseignement
Établissement de soin de santé
Résidence au sud
Secteur résidentiel au nord

Valeur limite : 30 µg/m^3
Concentration initiale : 15 µg/m^3

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-5-2
Concentrations maximales modélisées
Substance : Particules fines ($PM_{2,5}$)
Période : 24 heures
Scénario : 2 - Optimisé

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

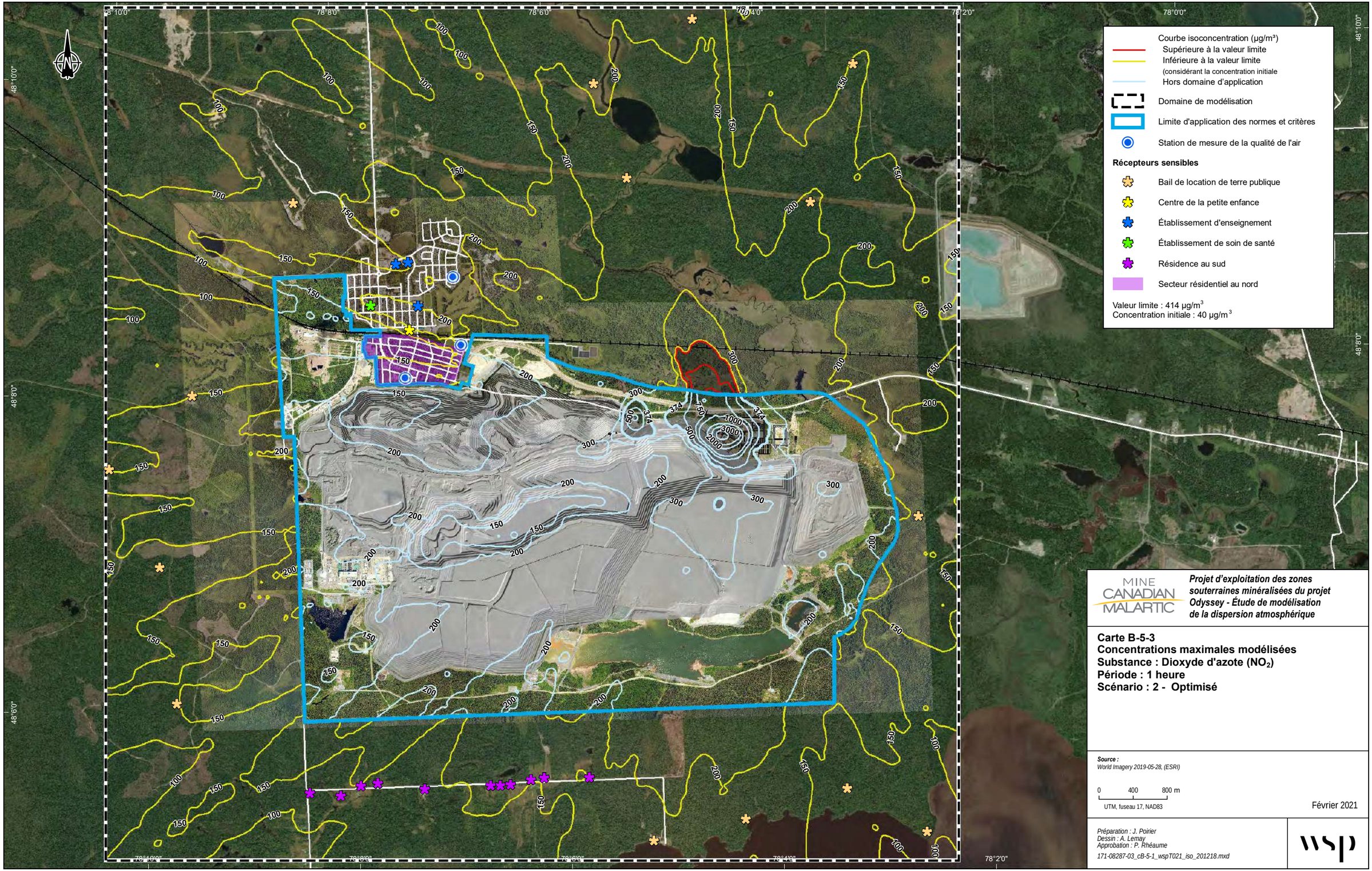
0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-5-1_wspT021_iso_201218.mxd

wsp



MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-5-3
Concentrations maximales modélisées
Substance : Dioxyde d'azote (NO_2)
Période : 1 heure
Scénario : 2 - Optimisé

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-5-1_wspT021_iso_201218.mxd

wsp

78°10'0"
78°8'0"
78°6'0"
78°4'0"
78°2'0"
78°0'0"
48°10'0"
48°8'0"
48°6'0"

Courbe isoconcentration (µg/m³)
Supérieure à la valeur limite
Inférieure à la valeur limite
(considérant la concentration initiale
Hors domaine d'application
Domaine de modélisation
Limite d'application des normes et critères
Station de mesure de la qualité de l'air

Récepteurs sensibles

Bail de location de terre publique
Centre de la petite enfance
Établissement d'enseignement
Établissement de soin de santé
Résidence au sud
Secteur résidentiel au nord

Valeur limite : 207 µg/m^3
Concentration initiale : 30 µg/m^3

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-5-4
Concentrations maximales modélisées
Substance : Dioxyde d'azote (NO_2)
Période : 24 heures
Scénario : 2 - Optimisé

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

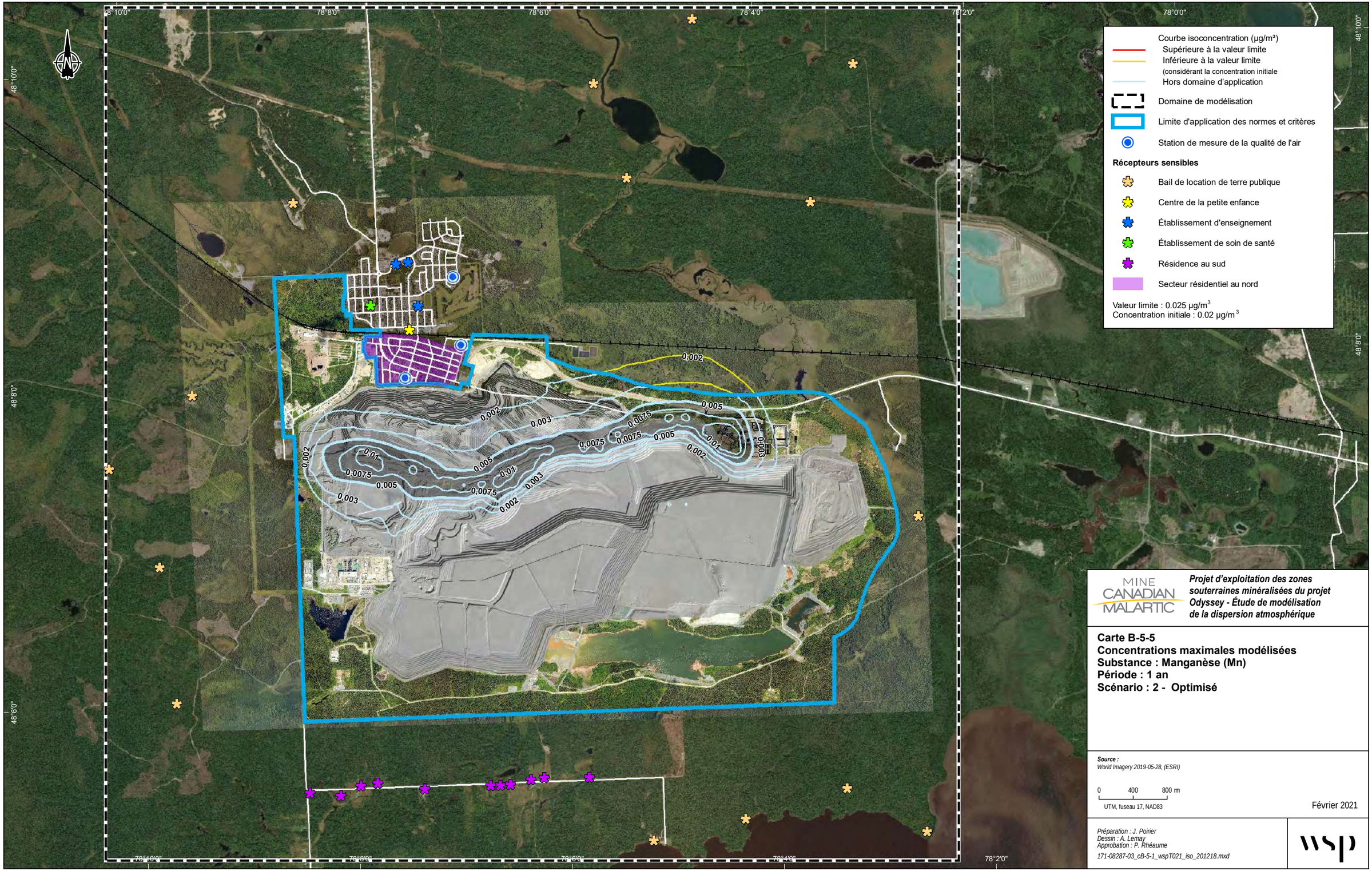
0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-5-1_wspT021_iso_201218.mxd

wsp



MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-5-5
Concentrations maximales modélisées
Substance : Manganèse (Mn)
Période : 1 an
Scénario : 2 - Optimisé

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-5-1_wspT021_iso_201218.mxd

wsp

78°10'0"
78°8'0"
78°6'0"
78°4'0"
78°2'0"
78°0'0"
48°10'0"
48°8'0"
48°6'0"

Courbe isoconcentration (µg/m³)
Supérieure à la valeur limite
Inférieure à la valeur limite
(considérant la concentration initiale
Hors domaine d'application
Domaine de modélisation
Limite d'application des normes et critères
Station de mesure de la qualité de l'air

Récepteurs sensibles

Bail de location de terre publique
Centre de la petite enfance
Établissement d'enseignement
Établissement de soin de santé
Résidence au sud
Secteur résidentiel au nord

Valeur limite : 0.014 µg/m^3
Concentration initiale : 0.002 µg/m^3

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-5-6
Concentrations maximales modélisées
Substance : Nickel (Ni)
Période : 24 heures
Scénario : 2 - Optimisé

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume
171-08287-03_cB-5-1_wspT021_iso_201218.mxd

wsp

78°10'0"
78°8'0"
78°6'0"
78°4'0"
78°2'0"
78°0'0"
48°10'0"
48°8'0"
48°6'0"

Courbe isoconcentration (µg/m³)
Supérieure à la valeur limite
Inférieure à la valeur limite
(considérant la concentration initiale
Hors domaine d'application
Domaine de modélisation
Limite d'application des normes et critères
Station de mesure de la qualité de l'air

Récepteurs sensibles

Bail de location de terre publique
Centre de la petite enfance
Établissement d'enseignement
Établissement de soin de santé
Résidence au sud
Secteur résidentiel au nord

Valeur limite : 23 µg/m^3
Concentration initiale : 6 µg/m^3

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-5-7
Concentrations maximales modélisées
Substance : Silice cristalline (SiO_2)
Période : 1 heure
Scénario : 2 - Optimisé

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

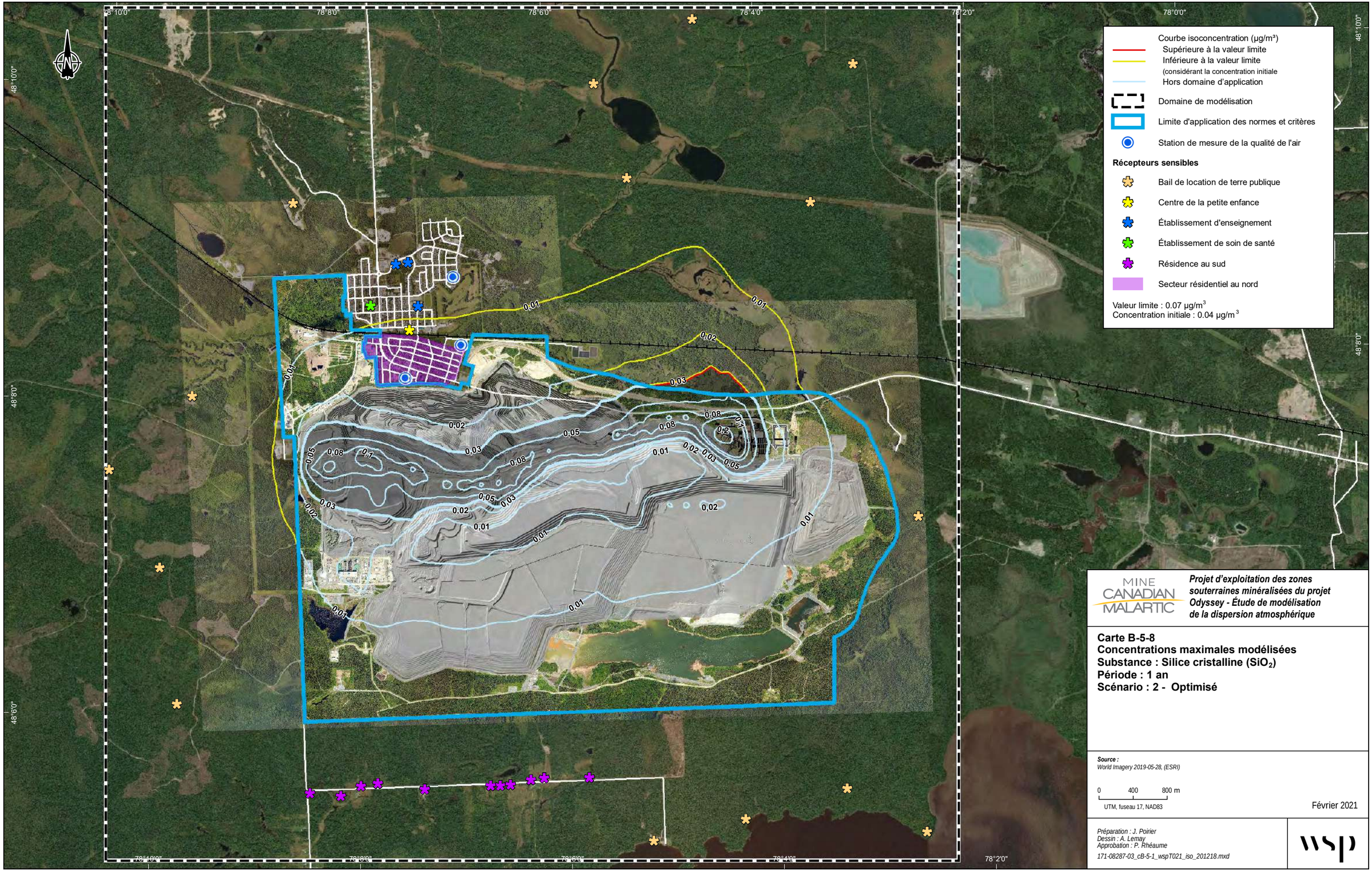
0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume

171-08287-03_cB-5-1_wspT021_iso_201218.mxd

wsp



MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique

Carte B-5-8
Concentrations maximales modélisées
Substance : Silice cristalline (SiO_2)
Période : 1 an
Scénario : 2 - Optimisé

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : J. Poirier
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume
171-08287-03_cB-5-1_wspT021_iso_201218.mxd

wsp

ANNEXE

L

MODÉLISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHÉRIQUE DE LA VAPEUR D'EAU ÉMISE PAR LE PORTAIL ET LES SORTIES D'AIR VICIÉ DU PROJET ODYSSEY ET PRÉDICTION DES ÉPISODES DE BROUILLARD ET DE GIVRE SUR LA ROUTE 117

NOTE TECHNIQUE

CLIENT :	Canadian Malartic GP		
PROJET :	Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey	**Réf. WSP :**	171-08287-03 Rev0
OBJET :	Modélisation de la dispersion atmosphérique de la vapeur d'eau émise par le portail et les sorties d'air vicié du projet Odyssey et prédiction des épisodes de brouillard et de givre sur la route 117	**DATE :**	4 février 2021
DESTINATAIRE :	Richard Harrisson, Sylvie Lampron, Martin Duclos et Stéphanie Lafrenière (CMGP)		

Dans le cadre du projet Odyssey, Canadian Malartic GP (CMGP) projette d'exploiter quatre zones minéralisées, soit East Malartic, East Gouldie, Odyssey Sud et Odyssey Nord. Il est prévu que ces zones soient exploitées au moyen de galeries souterraines à proximité de la mine Canadian Malartic (la Mine). Ce projet nécessitera, entre autres, l'aménagement d'un puits et d'une rampe pour accéder aux gisements.

Le projet Odyssey est situé dans l'empreinte existante du projet d'extension présenté par CMGP en 2015 au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) et autorisé par décret émis par le gouvernement du Québec en 2017 (décret 388-2017). Le 28 novembre 2018, le décret 1370-2018 a été adopté, modifiant le décret n° 388-2017 de la mine Canadian Malartic et autorisant CMGP à réaliser son projet Odyssey. La présente demande de modification du décret vise l'ajout de l'exploitation souterraine des zones East Malartic et East Gouldie au projet Odyssey. Cette modification de décret permettrait une production d'environ 20 000 tonnes de minerai et potentiellement 5 000 tonnes de stérile par jour.

Dans le cadre du projet, la ventilation de la mine souterraine est effectuée à l'aide de ventilateurs axiaux souterrains. Les cinq points de sorties d'air vicié prévus, incluant le portail de la rampe d'accès, sont identifiés comme des sources d'émissions de vapeur d'eau. Considérant les débits d'air impliqués ainsi que la proximité des sources par rapport à la route 117, CMGP a mandaté WSP Canada inc. (WSP) pour évaluer le potentiel de formation de brouillard et de givre sur la route 117, afin notamment de répondre aux préoccupations du ministère des Transports (MTQ).

Pour ce faire, le modèle de dispersion atmosphérique CALPUFF a été utilisé. Celui-ci comprend des algorithmes spécialisés permettant de modéliser le transport et la dispersion de la vapeur d'eau émise par un ensemble de sources ponctuelles, afin d'étudier la formation de panache visible et d'évaluer la formation de brouillard et de givre.

Il est important de préciser que la démarche de modélisation préconisée dans la présente étude n'est pas abordée dans le *Guide de modélisation de la dispersion atmosphérique* du MELCC (MDDEP, 2005). L'étude a donc été effectuée selon l'expérience de l'équipe de modélisation et suivant les meilleures pratiques dans le domaine.

Les sections suivantes décrivent la procédure de modélisation. Enfin, les résultats détaillés sont présentés et interprétés en fonction des hypothèses retenues pour la modélisation.

WSP Canada Inc.
3535, BOULEVARD L.-P.-NORMAND, 2E ÉTAGE
TROIS-RIVIÈRES (QUÉBEC) G9B 0G8
CANADA

T: +1 819 375-1292

wsp.com

1 CONTEXTE DE MODÉLISATION

Les émissions atmosphériques contenant une teneur élevée en humidité, telles que celles émanant du portail de la rampe d'accès et les sorties des monteries d'air vicié du projet Odyssey, peuvent provoquer des panaches visibles sous certaines conditions météorologiques. En effet, ces panaches deviennent visibles lorsque la vapeur d'eau qu'ils contiennent se condense. De plus, lorsqu'un panache visible se retrouve au niveau du sol, celui-ci induit un évènement de brouillard. Finalement, lorsque la température du sol est inférieure à 0 °C, il peut alors y avoir formation de givre au sol. La fréquence et les dimensions des panaches visibles ainsi que la probabilité de formation de brouillard et de givre au niveau du sol, varient donc en fonction des caractéristiques des sources d'émissions ainsi que des conditions météorologiques.

2 MÉTHODOLOGIE

2.1 CHOIX DU MODÈLE DE DISPERSION

L'approche de modélisation choisie afin d'évaluer les dimensions des panaches visibles, ainsi que la probabilité d'épisodes de brouillard et de formation de givre sur la route 117 est basée sur l'utilisation du logiciel météorologique diagnostique AERMET version 19191 (US-EPA, 2019) et du modèle de dispersion CALPUFF version 7.2.1 (Scire et coll., 2000).

Le programme CALPUFF a été développé par des scientifiques de la firme Exponent inc. Il est également maintenu et distribué par Exponent. CALPUFF comprend notamment des algorithmes spécialisés, issus du modèle FOG (Scire, 1997), permettant de modéliser le transport et la dispersion de la vapeur d'eau émise par un ensemble de sources ponctuelles. Le modèle peut être exécuté en deux modes :

- En mode « panache » (*plume mode*), une description détaillée des panaches est générée pour chacune des heures modélisées, incluant notamment la longueur et la hauteur des panaches visibles.
- En mode « récepteur » (*receptor mode*), l'impact des sources d'émissions est évalué à différents points d'intérêt spécifiques, définis par l'utilisateur, afin de déterminer si des conditions de brouillard et de givre sont induites par le panache. Ce mode permet notamment d'estimer la fréquence à laquelle de telles conditions sont générées.

2.2 DOMAINE DE MODÉLISATION

Le domaine de modélisation détermine les limites géographiques dans lesquelles s'insère la modélisation de la dispersion atmosphérique.

Dans le cadre de la présente étude, le domaine de modélisation est situé dans la zone UTM 17 de l'hémisphère nord et il est centré au point X = 717 700 m; Y = 5 334 600 m. Il s'étend de part et d'autre des installations du projet Odyssey sur une distance de 10 km par 10 km (voir la carte 1). À l'intérieur du domaine de modélisation, une résolution spatiale horizontale de calcul au 100 m est utilisée. Finalement, par l'utilisation du modèle CALPUFF en mode brouillard, le domaine est limité à une seule couche verticale. Celle-ci s'étend entre le niveau du sol (0 m) et 2 500 m d'altitude.

2.3 RÉCEPTEURS

Pour l'exécution de CALPUFF en mode « récepteur », une séquence de 323 récepteurs ponctuels (points de calculs), espacés aux 20 m, a été placée le long de la route 117 (voir la carte 1) afin d'estimer les occurrences d'épisodes de

brouillard et de givre. Afin de bien représenter la situation sur la route, l'élévation des récepteurs correspond à l'élévation de la route et la hauteur de ceux-ci par rapport au sol est considérée comme nulle.

L'élévation des récepteurs a été principalement établie à l'aide du LiDAR (Light Detection and Ranging), en date de juin 2020, fourni par CMGP et couvrant notamment la récente déviation de la route 117. Pour les récepteurs plus à l'est et non couvert par ce LiDAR, le Modèle Numérique de Terrain (MNT) fourni par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP), a été utilisé. Ce produit dérivé du LiDAR offre une résolution spatiale de 1 m.

2.4 CARACTÉRISATION DES SOURCES D'ÉMISSIONS

La ventilation de la mine souterraine est effectuée à l'aide de ventilateurs axiaux souterrains. Cinq points de sorties d'air vicié, incluant le portail de la rampe d'accès, sont identifiés comme des sources d'émissions de vapeur d'eau.

Les caractéristiques physiques des sources ont été déterminées suivant les informations reçues par CMGP et sont présentées au tableau 1. Les sources modélisées sont également localisées à la carte 1.

En mode brouillard, CALPUFF utilise deux éléments : La vapeur d'eau (H_2O), avec des taux d'émissions en g/s, et la chaleur excédentaire (TXS), avec des taux d'émissions en K.m³/s, défini comme la différence entre la température des gaz et la température extérieure, multipliée par le débit des gaz. Pour une source à température et débit constants, telle que les sources à l'étude, la chaleur excédentaire varie donc à chaque heure en fonction de la température extérieure. Des fichiers de taux variables PTEMARB.DAT ont donc été préparés et fournis à CALPUFF pour la modélisation.

Pour leur part, les taux d'émissions de vapeur d'eau ont été déterminés, de façon conservatrice, en considérant une humidité relative de 100 % (saturation) aux cinq sorties. Les débits et les taux d'émissions de vapeur d'eau sont considérés comme constants et sont également présentés, pour chacune des sources, au tableau 1.

2.5 EFFET DES BÂTIMENTS

Étant donné la proximité de certaines sources ponctuelles par rapport aux différents bâtiments, l'effet de rabattement du panache de dispersion a été calculé. Pour ce faire, le programme « *Building Profile Input Program* » [BPIP] (US-EPA, 1993) a été utilisé afin de déterminer l'effet des bâtiments. Les résultats du calcul ont par la suite été incorporés aux modèles de dispersion, qui appliquent les corrections requises pour l'estimation des concentrations dans l'air ambiant à l'aide de la méthode ISC.

Pour calculer l'effet de rabattement du panache, les infrastructures du site ont été tracées. Les coordonnées géographiques, l'élévation des bâtiments et la position des sources d'émissions ont été déterminées à partir des plans techniques fournis par CMGP (voir la carte 1).

Tableau 1 : Caractéristiques des sources d'émissions

Identifiant	Description	X (m)	Y (m)	Élévation (m)	Hauteur de relâche (m)	Température (K)	Vitesse (m/s)	Diamètre (m)	Orientation de la source	Taux d'humidité (%)	Débit (m^3/s)	Taux d'émission de vapeur d'eau (g/s)
vent1	Évacuation d'air vicié - Portail	717 871	5 334 595	309,0	1,0	288,15	8,3	6,12	Horizontal	100%	244,0	3,12E+03
vent2	Évacuation d'air vicié - #1	717 946	5 334 512	308,5	1,0	288,15	8,9	6,10	Vertical	100%	260,1	3,32E+03
vent3	Évacuation d'air vicié - #2	717 680	5 334 515	308,5	1,0	288,15	13,1	6,10	Vertical	100%	382,8	4,89E+03
vent4	Évacuation d'air vicié - #3	717 680	5 334 534	308,5	1,0	288,15	13,1	6,10	Vertical	100%	382,8	4,89E+03
vent5	Évacuation d'air vicié - #4	716 743	5 334 644	313,3	1,0	288,15	9,2	3,00	Vertical	100%	65,0	8,31E+02

2.6 ÉCHANTILLON MÉTÉOROLOGIQUE

Conformément aux demandes du MELCC dans le cadre d'une modélisation de la dispersion atmosphérique de 2e niveau (MDDEP, 2005), un échantillon météorologique couvrant les cinq années les plus récentes et représentatif de la région a été considéré. Celui-ci a été généré de façon similaire à l'échantillon météorologique préparé pour la modélisation de la dispersion atmosphérique du Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées de la mine Odyssey (WSP, 2021) et couvre les années météorologiques 2015 à 2019.

Les données météorologiques de surface utilisées dans le cadre de cette étude proviennent de la station météorologique Val-d'Or (CGVO, WMO #71725) et Val-d'Or A (CYVO, WMO #71941), toutes deux situées sur le site de l'aéroport de Val-d'Or et opérées respectivement par Environnement et Changement climatique Canada – Service météorologique du Canada (ECCC - SMC) et NAV Canada (NAVCAN) (EC, 2020). Situées à environ 25 km au sud-est du projet visé par cette étude, les deux stations sont les plus proches et les plus représentatives du site à l'étude. Finalement, il est important de noter qu'AERMET est configuré de façon à utiliser les données de surface de la station Val d'Or A en complément aux données de la station Val d'Or.

Pour leur part, les données météorologiques aérologiques ainsi que les données de rayonnement net et de couverture nuageuse requises pour l'exécution d'AERMET ont été extraites des réanalyses météorologiques ERA5, produites par le *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF).

Dans le cadre de la présente modélisation, avec le modèle CALPUFF, l'échantillon météorologique utilisé doit être complet à 100 % et ne doit pas inclure de vents calmes (vitesse et direction de vent rapportées à 0). Les données ERA5 ont alors été utilisées afin de compléter l'échantillon météorologique lorsque les données sont manquantes ou que les vents sont calmes simultanément aux deux stations de surface. Pour ce faire, les données manquantes ainsi que les vents calmes de la station de surface Val d'Or A ont été complétées en utilisant les données de surfaces des réanalyses ERA5, extraites au point le plus près entre la station et le projet.

L'ensemble de données météorologiques produit à l'aide d'AERMET a ensuite été converti vers le format ISC (Industrial Source Complex), qui est requis pour l'exécution du modèle CALPUFF en mode brouillard. Le format ISC étendu est utilisé et contient notamment, en plus des paramètres météorologiques standards, des données d'humidité relative requises pour la modélisation.

Les roses des vents de l'échantillon météorologique sont présentées par année à la figure 1. Les vents dominants soufflent majoritairement en provenance de deux secteurs : soit du nord-ouest et du sud au sud-sud-ouest. Les données de vitesse des vents sont également décrites au tableau 2.

La fréquence des observations de brouillard naturel à la station Val-d'Or A, pour la période de 2015 et 2019, est également illustrée aux figures 2 et 3, respectivement, en fonction du mois et de l'heure de la journée. En moyenne, du brouillard est rapporté pour 2,0 % des heures.

Finalement, il est important de souligner que la topographie n'est pas prise en compte par le modèle météorologique AERMET et que les paramètres météorologiques sont considérés comme identiques en tout point à l'intérieur du domaine de modélisation.

Tableau 2 : Description de la vitesse des vents de l'échantillon météorologique

Paramètre	Valeur
Fréquence de vents faibles[1]	5,43 %
Fréquence de vents calmes	0 %
Vitesse moyenne (tous les vents)	12,3 km/h (3,42 m/s)
Vitesse enregistrée la plus faible (différente de zéro)	1 km/h (0,28 m/s)
Vitesse enregistrée la plus élevée	50 km/h (13,9 m/s)

2.7 CONFIGURATION DU MODÈLE DE DISPERSION

La modélisation CALPUFF a été effectuée en mode « panache » (MFOG = 1) ainsi qu'en mode « récepteur » (MFOG = 2). En général, les options par défaut de CALPUFF ont été sélectionnées. Les paramètres dont la valeur sélectionnée est différente de celle par défaut sont présentés au tableau 3.

Tableau 3 : Paramètres CALPUFF spécifiques

Option CALPUFF	Variable	Valeur sélectionnée	Description de la valeur sélectionnée
Rabattement du panache dû à la cheminée (*Stack tip downwash*)	MTIP	0	Non modélisée
Méthode utilisée pour calculer les coefficients de dispersion (*Dispersion coefficients*)	MDISP	2	Calculés à partir de sigma v et sigma w calculés à l'interne en utilisant les variables micro-météorologiques (u*, w*, L, etc.)

2.8 POST-TRAITEMENT

Le post-traitement des fichiers de sortie du modèle de dispersion a été effectué à l'aide de différents outils fournis dans la suite CALPUFF.

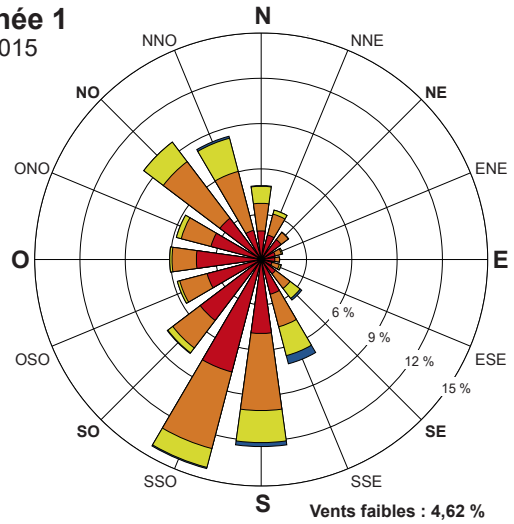
Les résultats de la modélisation CALPUFF en mode « panache » ont été extraits à l'aide du post-processeur POSTPM. Le fichier de sortie comprend une description détaillée des panaches pour chacune des heures modélisées, incluant notamment la longueur et la hauteur des panaches visibles.

Les résultats de la modélisation CALPUFF en mode « récepteur » ont été extraits à l'aide du post-processeur POSTRM. Le fichier de sortie comprend une description détaillée pour chacune des occurrences où des conditions de brouillard et de givre sont induites par le panache, et ce, pour chacun des récepteurs modélisés.

Les résultats découlant de ce post-traitement sont présentés à la section 3.

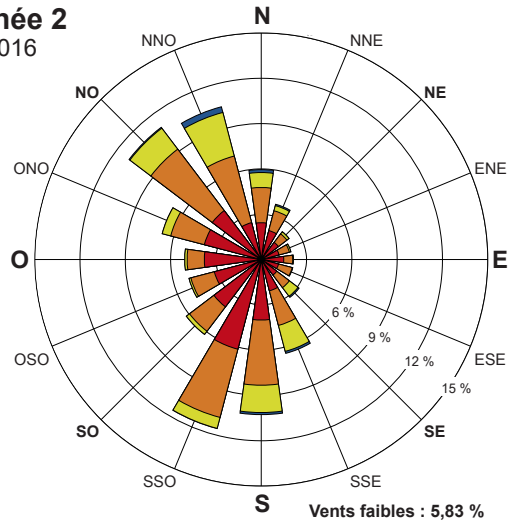
[1] Le seuil utilisé ici pour définir les vents faibles est de 3,5 km/h, ou 0,97 m/s. Ce choix est d'abord justifié par le fait que les vitesses de vent fournies pour les stations d'Environnement Canada sont données en valeur entière de km/h. De plus, le seuil de vent calme, en deçà duquel une vitesse de 0 km/h est rapportée, varie entre 1 et 4 km/h en fonction des stations et des équipements en place. L'utilisation ici d'un seuil de 3,5 km/h permet donc d'uniformiser la comparaison entre des stations présentant des seuils différents et/ou des données pronostiques. Enfin, la terminologie de « vent calme » est réservée pour les valeurs de vents explicitement rapportés comme égales à zéros dans les données d'origines et qui ne sont notamment pas traités par les modèles de dispersion.

Année 1
2015



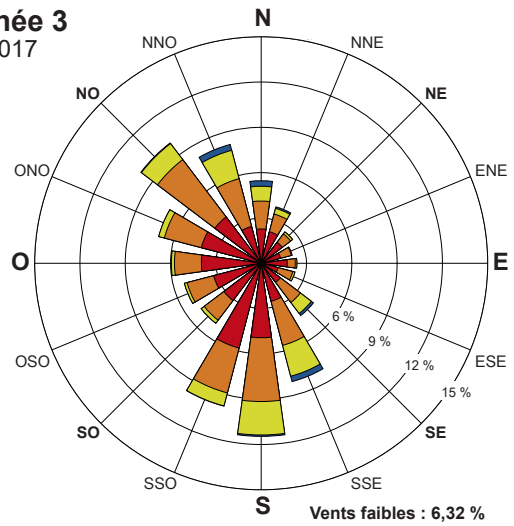
Vents faibles : 4,62 %
Vitesse moyenne : 12,42 km/h

Année 2
2016



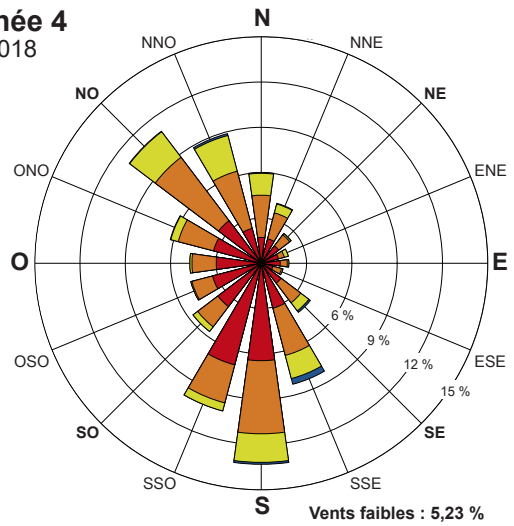
Vents faibles : 5,83 %
Vitesse moyenne : 12,33 km/h

Année 3
2017



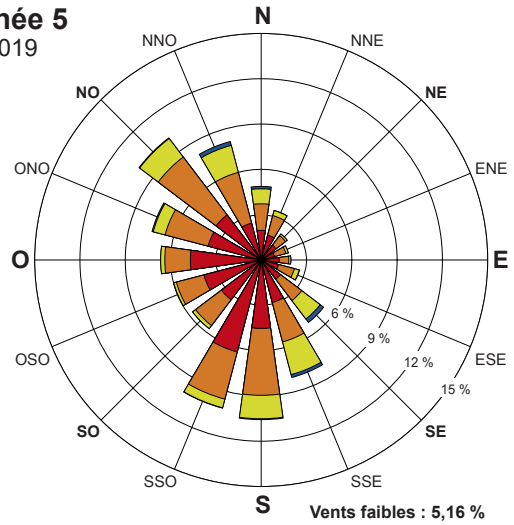
Vents faibles : 6,32 %
Vitesse moyenne : 12,15 km/h

Année 4
2018



Vents faibles : 5,23 %
Vitesse moyenne : 12,31 km/h

Année 5
2019



Vents faibles : 5,16 %
Vitesse moyenne : 12,35 km/h

Vitesse des vents

- > à 30,5 km/h
- 19,5 à 30,5 km/h
- 11,5 à 19,5 km/h
- 3,5 à 11,5 km/h

Note :
Diagramme de la fréquence de provenance du vent, par exemple, le vent souffle du nord 6,5 % du temps.

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Modélisation de la dispersion atmosphérique de la vapeur d'eau émise par le portail et les sorties d'air vicié du projet Odyssey et prédiction des épisodes de brouillard et de givre sur la route 117

Figure 1
Rose des vents

Source :
Données AERMET v19191 (.SFC) d'après la station VAL-D'OR (GVO, 7098603) de Environnement Canada

Février 2021

Préparation : P. Lachance
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume
171-08287-03_f1_wspT024_roses_210119.ai

wsp

Figure 2 : Fréquences des observations de brouillard à la station Val-d'Or A en fonction du mois

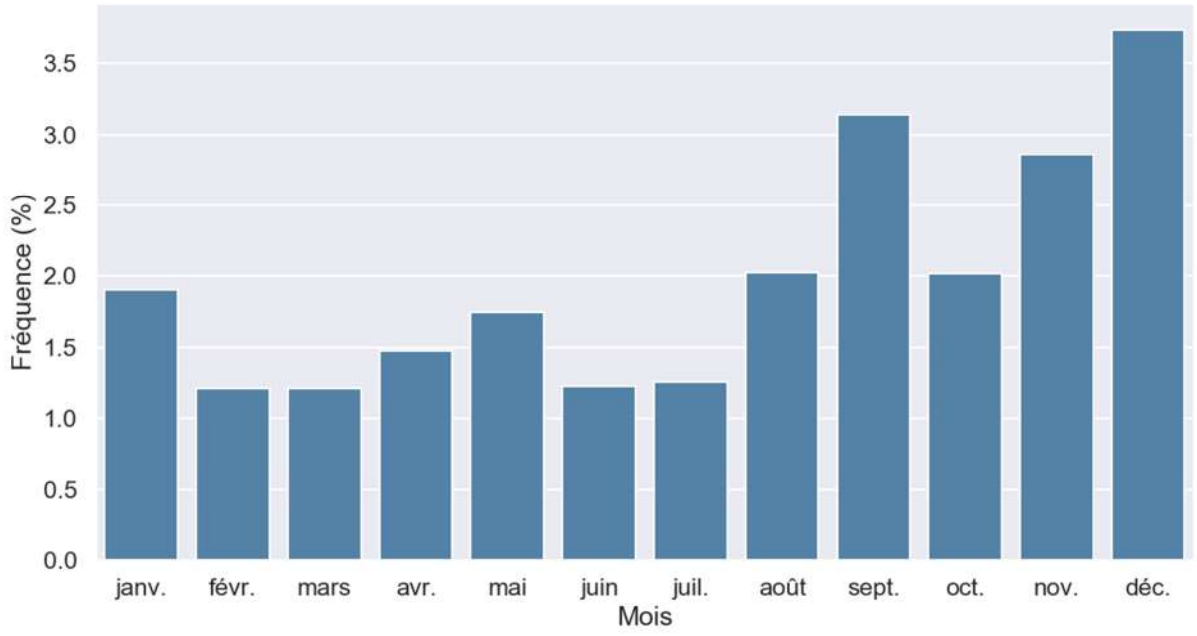
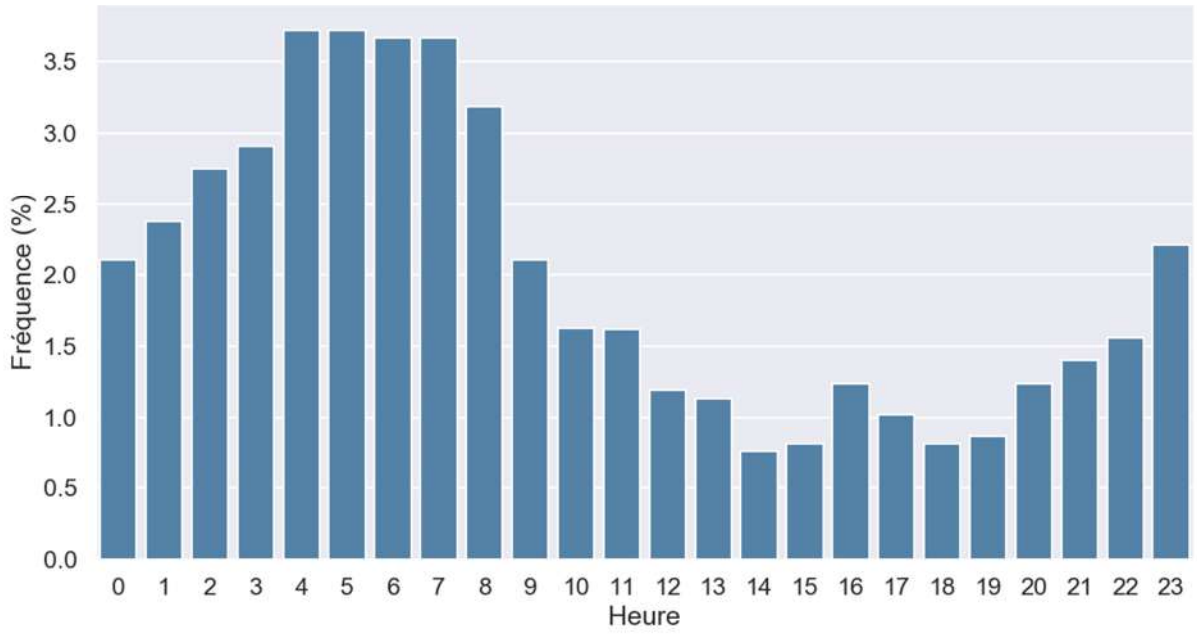


Figure 3 : Fréquences des observations de brouillard à la station Val-d'Or A en fonction de l'heure



3 RÉSULTATS DE MODÉLISATION

3.1 DIMENSIONS DES PANACHES VISIBLES

Les émissions de vapeurs d'eau évacuées par les sorties d'airs ont été estimées et modélisées en mode « panache » afin d'évaluer les longueurs et hauteurs des panaches visibles ainsi que pour en prédire la fréquence. La visibilité des panaches est une préoccupation durant le jour et par conséquent, l'évaluation est présentée pour les heures de jour uniquement.

La distribution de la hauteur et de la longueur des panaches visibles, respectivement, est présentée aux figures 4 et 5, en fonction du mois, pour les heures de jour. De façon générale, les mois de décembre, janvier et février présentent les fréquences les plus élevées de panaches visibles tandis que les mois de juin, juillet et août présentent les plus faibles fréquences.

Finalement, les fréquences modélisées auxquelles les panaches sont visibles et non visibles sont présentées au tableau 4 en fonction du mois.

Tableau 4 : Fréquence d'occurrence de panache visible et non visible modélisée en fonction du mois

Mois	Fréquence (%)	
	Panache visible	Panache non visible
Janvier	98,1	1,9
Février	87,0	13,0
Mars	54,1	45,9
Avril	38,2	61,8
Mai	31,4	68,6
Juin	27,2	72,8
Juillet	26,2	73,8
Août	37,8	62,2
Septembre	34,6	65,4
Octobre	50,0	50,0
Novembre	77,0	23,0
Décembre	92,4	7,6

3.2 OCCURRENCES D'ÉPISODES DE BROUILLARD ET DE GIVRE

Les émissions de vapeurs d'eau évacuées par les sorties d'airs ont été estimées et modélisées en mode « récepteur » afin d'évaluer la fréquence à laquelle des conditions de brouillard sont induites par le panache au niveau de la route 117. La formation de givre est également rapportée par le modèle lorsqu'il y a du brouillard et que la température ambiante est inférieure ou égale à 0 °C. Cette portion de l'évaluation se penche donc plus particulièrement sur les préoccupations par rapport au transport public, incluant la réduction potentielle de la visibilité ainsi que la formation de givre.

Il est important de noter que, selon les informations à la disposition de WSP, il semble n'exister aucun critère d'évaluation du MTQ quant à la fréquence de formation de brouillard et de givre au niveau de la route. Les résultats sont donc présentés sans comparaison à des seuils.

Les occurrences et fréquences calculées sur une base horaire sont présentées, par année de l'échantillon météorologique, au tableau 5, tandis que le nombre d'épisodes moyens par année est illustré aux cartes 2 et 3, respectivement, pour le brouillard et le givre. En moyenne, des évènements de brouillard et de givre sont induits par les sources modélisées sur la route 117 avec une fréquence de 1,41 % et 0,12 % respectivement.

La fréquence des épisodes de brouillard et de givre induits par le panache, calculée sur une base horaire, est également illustrée aux figures 6 et 7, respectivement, en fonction du mois et de l'heure de la journée[2]. Ces résultats indiquent que les conditions sont plus propices à la formation de brouillard au courant de la nuit, tandis que les occurrences sont à leur minimum au milieu de la journée. Les résultats montrent également que les mois de juillet, août et septembre sont plus propices à la formation de brouillard induit par les sources de ventilation. En ce qui concerne la formation de givre, des évènements sont modélisés entre le mois d'octobre et le mois de mars, alors que la fréquence maximale est obtenue au mois de décembre. Les résultats montrent que les conditions sont plus propices à la formation de givre le matin, entre 4 et 9 heures.

En complément, les occurrences et fréquences calculées sur une base journalière sont présentées au tableau 6.

Finalement, bien que les modélisations considèrent l'effet cumulatif de l'ensemble des sources et que celles-ci ne puissent être séparées, des modélisations source par source ont été effectuées afin d'évaluer si certaines sources se distinguent. Les résultats de ces modélisations source par source sont synthétisés au tableau 7. Ces résultats montrent que le portail (vent1) et la sortie de la monterie d'air vicié d'Odyssey Sud (vent2) sont les plus susceptibles, individuellement, de générer des évènements de brouillard, tandis que la sortie de la monterie d'air vicié d'Odyssey Sud (vent2) est la plus susceptible, individuellement, de générer des évènements de givre.

[2] Plus précisément, ces fréquences sont calculées individuellement pour chaque mois (figure 6) ou chaque heure (figure 7). Pour le mois d'août par exemple, à la figure 6, une fréquence de 4 % est obtenue pour la formation de brouillard sans givre. Ce chiffre doit être interprété comme la probabilité d'occurrence de brouillard induit par les sources d'émissions à une heure donnée au mois d'août.

Tableau 5 : Occurrence et fréquence de brouillard induit par le panache modélisé sur la route 117, sur une base horaire

Année	Nombre d'heures	Occurrence de brouillard (h/an)			Fréquence de brouillard (%)		
		Sans givre	Avec givre	Total	Sans givre	Avec givre	Total
A1	8760	158	29	187	1,80	0,33	2,13
A2	8784	96	7	103	1,09	0,08	1,17
A3	8760	97	11	108	1,11	0,13	1,23
A4	8760	162	2	164	1,85	0,02	1,87
A5	8760	52	3	55	0,59	0,03	0,63
Moyenne annuelle		113	10,4	123	1,29	0,12	1,41
Maximum annuel		162	29	187	1,85	0,33	2,13

Tableau 6 : Occurrence et fréquence de brouillard induit par le panache modélisé sur la route 117, sur une base journalière

Année	Nombre de jours	Occurrence de brouillard (j/an)			Fréquence de brouillard (%)		
		Sans givre	Avec givre	Total	Sans givre	Avec givre	Total
A1	365	61	13	72	16,7	3,6	19,7
A2	366	34	4	36	9,3	1,1	9,8
A3	365	40	4	44	11,0	1,1	12,1
A4	365	48	2	50	13,2	0,5	13,7
A5	365	23	1	24	6,3	0,3	6,6
Moyenne annuelle		41	5	45	11,3	1,3	12,4
Maximum annuel		61	13	72	16,7	3,6	19,7

Tableau 7 : Occurrence moyenne de brouillard induit par le panache modélisé sur la route 117, pour chacune des sources individuellement et pour l'ensemble des sources

Source(s)	Occurrence de brouillard (h/an)		
	Sans givre	Avec givre	Total
vent1	64,4	0	64,4
vent2	33	8,4	41,4
vent3	0,4	0	0,4
vent4	1,2	0	1,2
vent5	0	0	0
vent1 à 5	113	10,4	123,4

Figure 4 : Distribution de la hauteur du panache visible en fonction du mois, pour les heures de jour

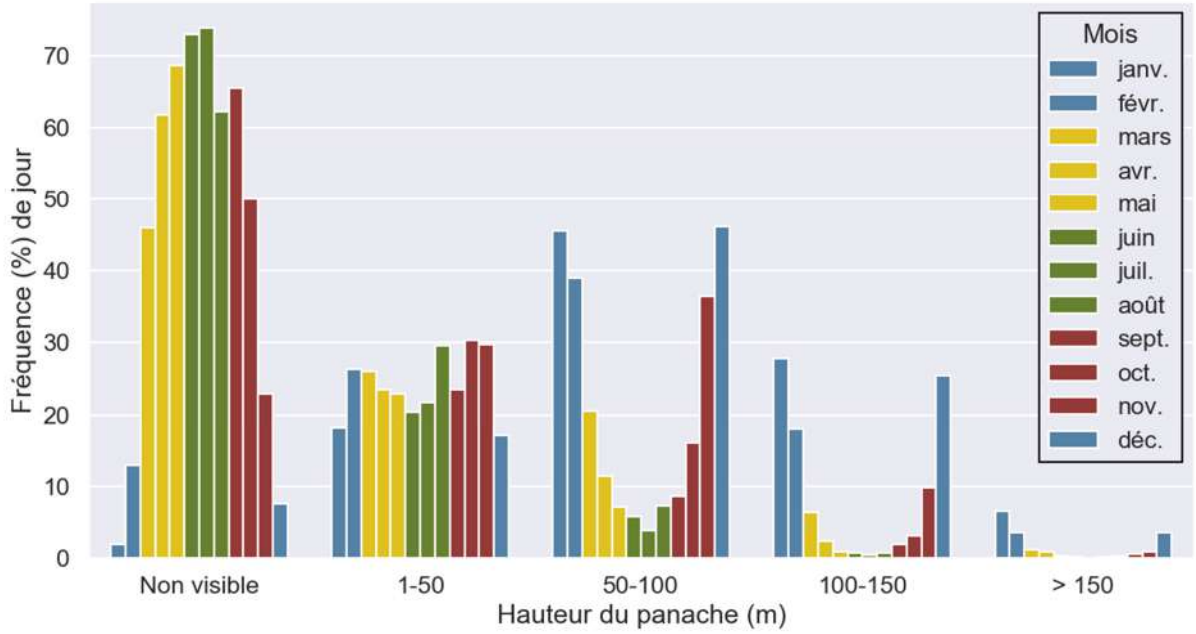


Figure 5 : Distribution de la longueur du panache visible en fonction du mois, pour les heures de jour

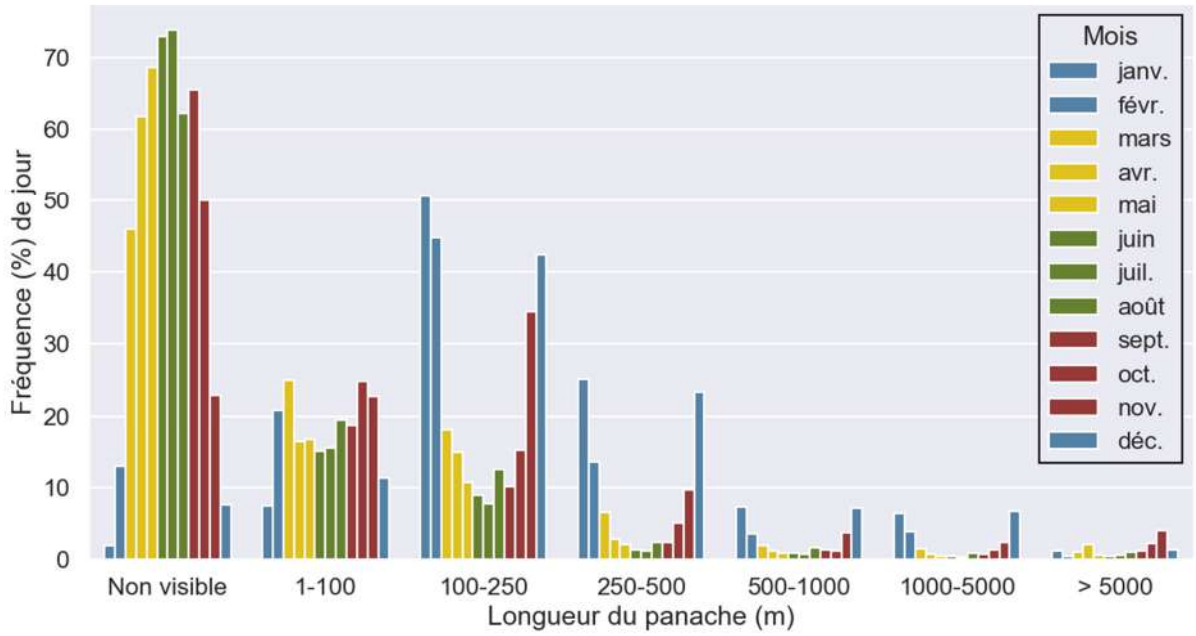


Figure 6 : Fréquence des épisodes de brouillard induits par le panache en fonction du mois

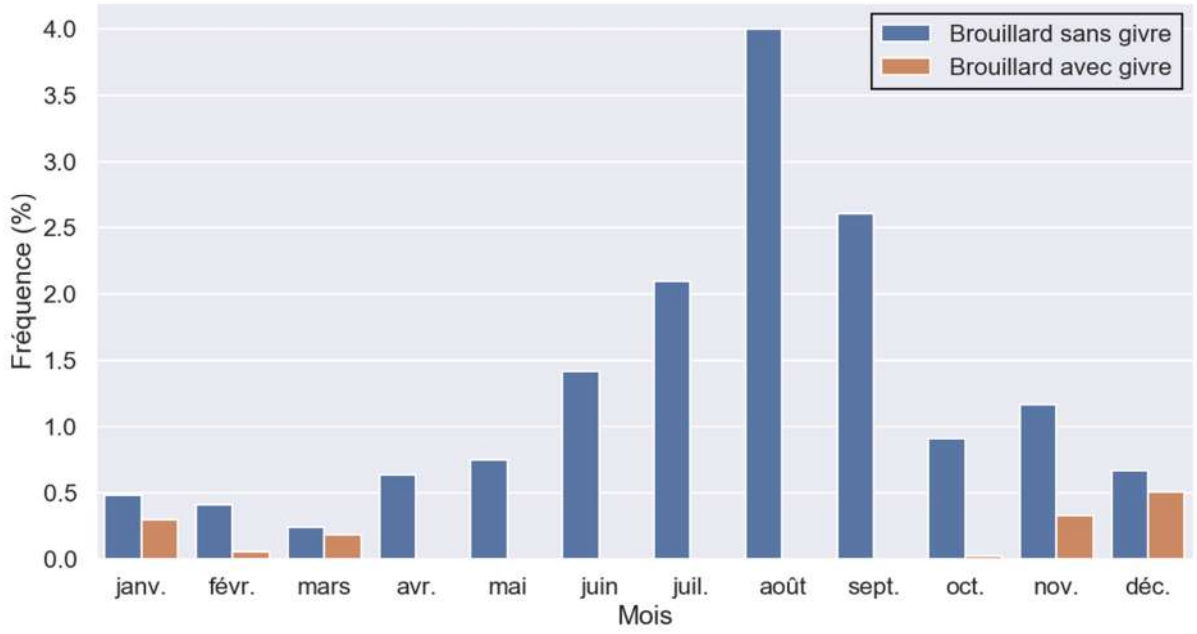
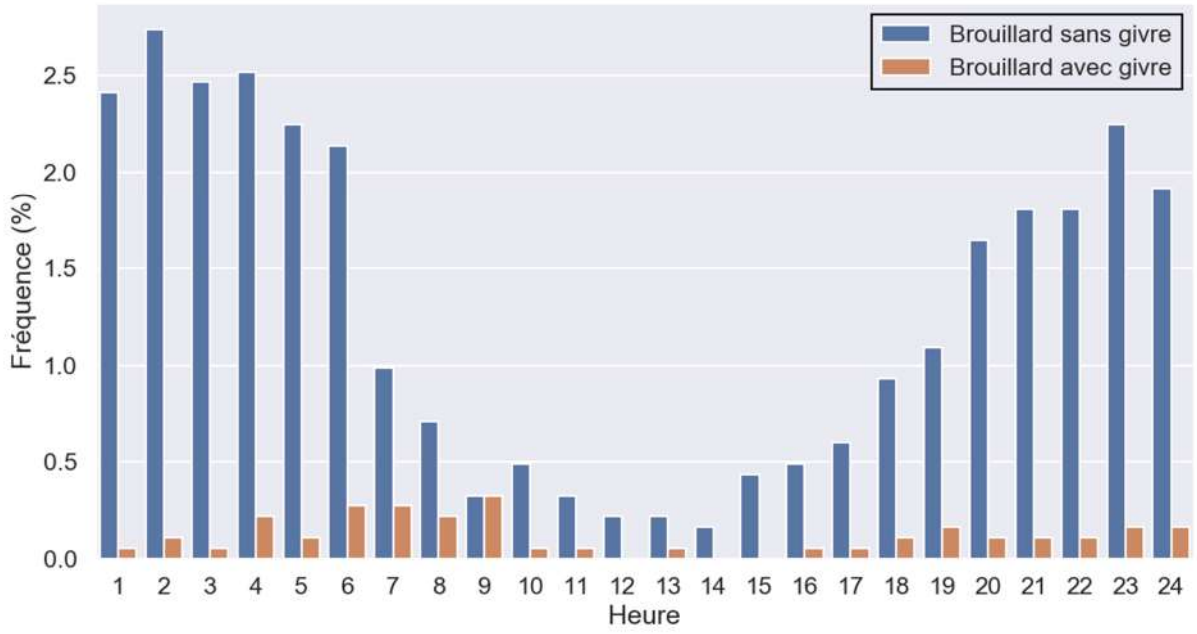


Figure 7 : Fréquence des épisodes de brouillard induits par le panache en fonction de l'heure



4 CONCLUSION

Dans le cadre du projet Odyssey, Canadian Malartic GP (CMGP) projette d'exploiter quatre zones minéralisées au moyen de galeries souterraines à proximité de la mine Canadian Malartic.

Dans le cadre du projet, la ventilation de la mine souterraine est effectuée à l'aide de ventilateurs axiaux souterrains. Les cinq points de sorties d'air vicié prévus, incluant le portail de la rampe d'accès, sont identifiés comme des sources d'émissions de vapeur d'eau. Considérant les débits d'air impliqués ainsi que la proximité des sources par rapport à la route 117, CMGP a mandaté WSP Canada inc. (WSP) pour évaluer le potentiel de formation de brouillard et de givre sur la route 117, afin notamment de répondre aux préoccupations du ministère des Transports (MTQ).

Pour ce faire, le modèle de dispersion atmosphérique CALPUFF a été utilisé. Celui-ci comprend des algorithmes spécialisés permettant de modéliser le transport et la dispersion de la vapeur d'eau émise par un ensemble de sources ponctuelles, afin d'étudier la formation de panache visible et d'évaluer la formation de brouillard et de givre au niveau du sol.

Il est important de préciser que la démarche de modélisation préconisée dans la présente étude n'est pas abordée dans le *Guide de modélisation de la dispersion atmosphérique* du MELCC (MDDEP, 2005). L'étude a donc été effectuée selon l'expérience de l'équipe de modélisation et suivant les meilleures pratiques dans le domaine. Aussi, selon les informations à la disposition de WSP, il semble n'exister aucun critère d'évaluation du MTQ quant à la fréquence de formation de brouillard et de givre au niveau de la route. Les résultats sont donc présentés sans comparaison à des seuils.

Selon les résultats de la modélisation, la formation de brouillard et de givre associée au système de ventilation est probable sur la route 117. Cependant, les fréquences d'occurrence sont relativement faibles. En effet, la fréquence moyenne des épisodes modélisés, en excès des occurrences naturelles, est de 1,41 % (123 h/an) pour le brouillard et de 0,12 % (10,4 h/an) pour le givre. À titre indicatif, l'analyse des données d'observation à la station Val-d'Or A (section 2.6) montre une fréquence d'occurrence de brouillard naturel de 2,0 % pour la période de 2015 à 2019. Finalement, la variation des occurrences de brouillard, avec ou sans formation de givre, a également été discutée en fonction des mois et de l'heure de la journée.

Il est important de rappeler que, de façon conservatrice, l'humidité relative des gaz émis par la ventilation a été fixée à saturation (100 %). Par conséquent, les fréquences calculées dans cette étude représentent une situation « pire cas ». Dans l'éventualité où l'humidité réelle des gaz émis par les sources de ventilation était inférieure, les occurrences prévues par le modèle seraient alors réduites.

5 RÉFÉRENCES

ENVIRONNEMENT CANADA (EC). 2020. *Données climatiques historiques*. En ligne: www.climat.meteo.gc.ca.

QUÉBEC, MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP). 2005. *Guide de la modélisation de la dispersion atmosphérique*. Direction du suivi de l'état de l'environnement. Envirodoq no ENV/2005/0072. 22 p. et annexes.

SCIRE, J., D.G. STRIMAITIS et R.J. YAMARTINO. 2000. *A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model*. Earth Tech Inc. Version 5.

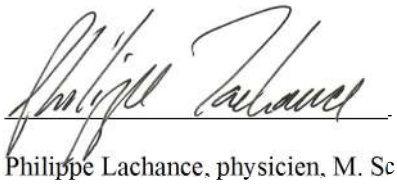
SCIRE, J.S. 1997. *Technical Description and User's Guide for the FOG Model*. (Revised May 1998).

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US-EPA). 2019. *User's Guide for the AERMOD Meteorological Preprocessor (AERMET)*. Research Triangle Park, North Carolina. Office of Air Quality Planning and Standards, Air Quality Assessment Division, Air Quality Modeling Group.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US-EPA). 1993. *User's guide to the building profile input program*. Research Triangle Park, North Carolina. Office of Air Quality Planning and Standards. EPA-454/R-93-038, Revised February 1995.

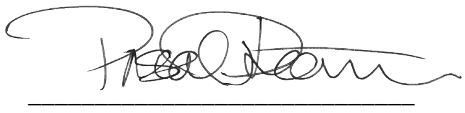
WSP. 2021. *Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude de modélisation de la dispersion atmosphérique*. Trois-Rivières, Québec. Rapport produit pour Canadian Malartic GP.

PRÉPARÉ PAR



Philippe Lachance, physicien, M. Sc.
Spécialiste en qualité de l'air

RÉVISÉ PAR



Pascal Rhéaume, P. Eng., M. Sc. A.
OIQ 138370
Chef d'équipe – Qualité de l'air

ANNEXE A

CARTES

78°8'0"
78°6'0"
78°4'0"
78°2'0"
78°0'0"
77°58'0"
48°10'0"
48°8'0"
48°6'0"

vent5
vent3
vent4
vent1
vent2
Projet Odyssey

Récepteurs
Sources ponctuelles
Domaine de modélisation
Voie ferrée

Note :
Distance de 20 m entre les récepteurs sur la route 117

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Modélisation de la dispersion atmosphérique de la vapeur d'eau émise par le portail et les sorties d'air vicié du projet Odyssey et prédiction des épisodes de brouillard et de givre sur la route 117

Carte 1
Domaine de modélisation, récepteurs et sources ponctuelles

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 400 800 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : P. Lachance
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume
171-08287-03_c1_wspT021_domaine_210119.mxd

wsp

78°6'0"
78°4'0"
78°2'0"
48°8'0"
48°8'0"

vent5
vent1
vent3
vent2
vent4
Projet Odyssey

Fréquence de brouillard modélisée sur la route 117 (heures/année)

- 0
-]0, 1]
-]1, 2]
-]2, 5]
-]5, 25]
-]25, 54]
- Sources ponctuelles
- Voie ferrée

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Modélisation de la dispersion atmosphérique de la vapeur d'eau émise par le portail et les sorties d'air vicié du projet Odyssey et prédiction des épisodes de brouillard et de givre sur la route 117

Carte 2
Prédiction des épisodes de brouillard induits par les sorties d'air du projet Odyssey

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 160 320 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : P. Lachance
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume
171-08287-03_c2_wspT022_fog_210119.mxd

wsp

78°6'0"
78°4'0"
78°2'0"
48°8'0"
48°8'0"

vent5
vent1
vent2
vent3
vent4
Projet Odyssey

Fréquence de givre modélisée
sur la route 117
(heures/année)

- 0
-]0, 1]
-]1, 2]
-]2, 3]
-]3, 4]
- Sources ponctuelles
- Voie ferrée

MINE CANADIAN MALARTIC

Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Modélisation de la dispersion atmosphérique de la vapeur d'eau émise par le portail et les sorties d'air vicié du projet Odyssey et prédiction des épisodes de brouillard et de givre sur la route 117

Carte 3
Prédiction des épisodes de givre induits par les sorties d'air du projet Odyssey

Source :
World Imagery 2019-05-28, (ESRI)

0 160 320 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Février 2021

Préparation : P. Lachance
Dessin : A. Lemay
Approbation : P. Rhéaume
171-08287-03_c3_wspT023_icing_210119.mxd

wsp

ANNEXE

M ESTIMATION DES GAZ À EFFET DE SERRE

CANADIAN MALARTIC GP

PROJET D'EXPLOITATION DES ZONES SOUTERRAINES MINÉRALISÉES DU PROJET ODYSSEY

ESTIMATION DES GAZ À EFFET DE SERRE

MALARTIC, QUÉBEC

RÉF. WSP : 171-08287-03

DATE : 9 FÉVRIER 2021

CONFIDENTIEL

CANADIAN MALARTIC GP

PROJET D'EXPLOITATION DES ZONES SOUTERRAINES MINÉRALISÉES DU PROJET ODYSSEY

ESTIMATION DES GAZ À EFFET DE SERRE

MALARTIC, QUÉBEC

CONFIDENTIEL

RÉF. WSP : 171-08287-03
DATE : 9 FÉVRIER 2021

RAPPORT FINAL

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

T : +1-418-780-9444
F : +1-418-780-9434

WSP.COM

GESTION DE LA QUALITÉ

VERSION	DATE	DESCRIPTION
0003	2020-10-01	Version préliminaire
01	2020-10-30	Version préliminaire révisée
02	2020-12-18	Version préfinale
03	2021-02-09	Version finale

SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR

Sylvain Marcoux, ing., MBA
Coordonnateur Air et GES

11 février 2021
Date

RÉVISÉ PAR

Benjamin Parys
Spécialiste en qualité de l'air

11 février 2021
Date

Référence à citer :

WSP. 2021. *Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet odyssey, Estimation des gaz à effet de serre, Malartic, Québec*. Rapport produit pour Canadian Malartic GP. Réf. WSP : 171-08287-03. 23 pages et annexes.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

CLIENT

CANADIAN MALARTIC GP

Directeur Évaluation de projets	Richard Harrisson
Ingénieure senior évaluation de projets	Sylvie Lampron
Directeur Développement durable et Environnement	Martin Duclos
Coordonnatrice développement durable	Stéphanie Lafrenière

ÉQUIPE DE RÉALISATION

WSP CANADA INC. (WSP)

Directrices de projet	Marilyn Sigouin Christine Martineau
Coordonnatrice des travaux	Emilie D'Astous
Chargé de discipline	Sylvain Marcoux
Réviseur	Benjamin Parys
Géomaticien et cartographe	Dominic Delorme
Professionnelle en relecture et édition	Mélanie Quenneville

TABLE DES MATIÈRES

1 INTRODUCTION 1
1.1 Mise en contexte 1
1.2 Objectifs de l'étude 1
2 MÉTHODOLOGIE 3
2.1 Activités du projet 3
2.2 Limites opérationnelles et organisationnelles 4
2.3 GES considérés 5
2.4 Sources d'émissions 5
2.5 Méthode de quantification 6
2.5.1 Sources fixes 6
2.5.2 Équipements mobiles (construction et exploitation) 6
2.5.3 Électricité 6
2.5.4 Explosifs 6
2.5.5 Sources existantes 6
2.5.6 Facteurs d'émissions 7
3 RÉSULTATS 9
3.1 Construction 9
3.1.1 Machinerie 9
3.1.2 Transport des matériaux et consommables de construction 9
3.2 Exploitation 10
3.2.1 Sources fixes 10
3.2.2 Machinerie 11
3.2.3 Énergie électrique consommée par les installations projetées en phase d'exploitation 11
3.2.4 Explosifs 13
3.2.5 Logistique, transport et approvisionnement 13
3.3 Fermeture 14
3.4 Sources existantes 15
3.5 Sommaire des émissions 16
4 IMPORTANCE DES ÉMISSIONS DU PROJET 17
4.1 Au Québec 17
4.2 Au Canada 17

4.3 Méthodes et pratiques mises en place pour minimiser les ÉMISSIONS de GES 18

4.4 Compensation des impacts résiduels 18

4.5 Programme préliminaire de suivi environnemental des émissions de GES 19

4.5.1 Contexte et objectifs 19
4.5.2 Responsabilités 19
4.5.3 Activités incluses au suivi 19
4.5.4 Méthodologie de calcul 20
4.5.5 Données et paramètres principaux 21
4.5.6 Paramètres suivis 21
4.5.7 Calendrier d'exécution 21

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 23

TABLEAUX

TABLEAU 1 POTENTIELS DE RÉCHAUFFEMENT PLANÉTAIRE 5
TABLEAU 2 FACTEURS D'ÉMISSION UTILISÉS 7
TABLEAU 3 ÉMISSIONS DE GES – CONSTRUCTION INITIALE – COMBUSTION DE DIESEL 9
TABLEAU 4 ÉMISSIONS DE GES ANNUELLES – COMBUSTION DU GAZ NATUREL PAR LES SOURCES FIXES 10
TABLEAU 5 ÉMISSIONS DE GES ANNUELLES – COMBUSTION DU DIESEL PAR LA MACHINERIE 11
TABLEAU 6 ÉMISSIONS DE GES ANNUELLES – UTILISATION DE L'ÉLECTRICITÉ 12
TABLEAU 7 ÉMISSIONS DE GES ANNUELLES – UTILISATION D'EXPLOSIFS 13
TABLEAU 8 ÉMISSIONS DE GES ANNUELLES – COMBUSTION DU DIESEL POUR LE TRANSPORT DES INTRANTS 14
TABLEAU 9 ESTIMATION DES ÉMISSIONS DE GES ASSOCIÉES AUX SOURCES EXISTANTES 15
TABLEAU 10 SOMMAIRE DES ÉMISSIONS DE GES ASSOCIÉES AU PROJET 16
TABLEAU 11 PARAMÈTRES SUIVIS DANS LE CADRE DU PLAN DE SURVEILLANCE 22

ANNEXES

A SCÉNARIO DE LOGISTIQUE

B SCÉNARIO D'USAGE DE MACHINERIE

1 INTRODUCTION

1.1 MISE EN CONTEXTE

Dans le cadre du projet Odyssey, Canadian Malartic GP (CMGP) projette d'exploiter quatre zones minéralisées, soit East Malartic, East Gouldie, Odyssey Sud et Odyssey Nord. Il est prévu que ces zones soient exploitées au moyen de galeries souterraines à proximité de la mine Canadian Malartic (la Mine). Ce projet nécessitera, entre autres, l'aménagement d'un puits et d'une rampe pour accéder aux gisements.

Le projet Odyssey est situé dans l'empreinte existante du projet d'extension présenté par Canadian Malartic GP (CMGP) en 2015 au Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) et autorisé par décret émis par le gouvernement du Québec en 2017 (décret 388-2017). Le 28 novembre 2018, le décret 1370-2018 a été adopté, modifiant le décret n° 388-2017 de la mine Canadian Malartic et autorisant CMGP à réaliser son projet Odyssey. La présente demande de modification du décret vise l'ajout de l'exploitation souterraine des zones East Malartic et East Gouldie au projet Odyssey. Cette modification de décret permettrait une production d'environ 20 000 tonnes de minerai et de potentiellement 5 000 tonnes de stériles par jour.

Afin de quantifier les émissions de gaz à effets de serre (GES) du projet Odyssey (ci-après, le projet), CMGP a mandaté WSP Canada Inc. (WSP) pour réaliser l'inventaire des émissions de GES.

Ainsi, cette étude inclut toutes les activités du projet Odyssey susceptibles d'émettre des gaz à effets de serre (GES). Il importe de noter qu'aucun procédé de traitement du minerai ne sera réalisé sur le site du projet Odyssey. Tout le minerai extrait du projet Odyssey sera transporté jusqu'au concentrateur existant de la mine Canadian Malartic. Les résidus issus du traitement du minerai seront également gérés aux installations existantes de la mine Canadian Malartic.

1.2 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Ce rapport est déposé en tant qu'étude complémentaire évaluant les émissions de GES provenant des opérations futures au site minier du projet Odyssey, et ce, sur la base des exigences en matière d'autorisation environnementale de la *Loi sur la qualité de l'environnement* du Québec.

Les principaux objectifs de cette étude sont de :

- déterminer la limite opérationnelle et organisationnelle du projet;
- déterminer les sources directes et indirectes d'émissions de GES du projet en fonction des définitions de limite de projet;
- estimer les émissions de GES des sources identifiées, par GES et en équivalent CO_2 (CO_2eq) en utilisant les potentiels de réchauffement planétaire (PRP) de chaque GES;
- caractériser l'importance de ces émissions en comparaison des émissions nationales et provinciales.

2 MÉTHODOLOGIE

Le présent rapport a été élaboré conformément au *Guide de déclaration des émissions de gaz à effet de serre* du Ministère de l'environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC, 2019) et est cohérent avec les méthodes de quantification d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) telles que présentées dans le rapport d'inventaire national (ECCC, 2020).

La méthodologie suivante a été suivie :

- Analyse des éléments et activités du projet;
- Détermination des limites du projet en fonction des activités incluses;
- Identification des sources de GES à l'intérieur des limites du projet;
- Estimation des émissions de GES en fonction des paramètres du projet et des méthodologies de quantification du *Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère* (RDOCECA, Gouvernement du Québec, 2014) du guide de quantification des émissions de gaz à effet de serre et des méthodologies d'Environnement et Changement climatique Canada dans le rapport d'inventaire national (ECCC, 2020);
- Comparaison des émissions estimées pour le projet aux émissions de 2017 de la province du Québec et des émissions de 2018 du Canada, soit les inventaires les plus récents disponibles de ces deux juridictions.

2.1 ACTIVITÉS DU PROJET

Le projet Odyssey vise la construction, l'exploitation et la fermeture d'une mine souterraine.

Les activités de construction du projet, d'une durée de trois ans, sont les suivantes :

- Préparation du site;
- Construction des infrastructures de projet :
  - Aires de stationnements;
  - Aires d'entreposage;
  - Guérite;
  - Deux bâtiments administratifs;
  - Garages d'entretien mécanique, dont un pour les entrepreneurs;
  - Bâtiment des compresseurs;
  - Mégas dômes d'entreposage;
  - Sous-station électrique 120 kV et ligne électrique;
  - Tapis de mise à la terre;
  - Un réservoir d'entreposage de diesel d'une capacité d'au moins 50 000 litres et deux réservoirs d'une capacité de 40 000 litres;
  - Un réservoir pour transfert automatique sous terre d'une capacité de 3 000 litres (près de la salle des treuils);
  - Un réservoir d'entreposage d'essence (capacité d'au moins 1 000 litres);

- Portail de la rampe souterraine;
- Chevalement et bâtiment des treuils;
- Monteries de ventilation en air frais (trois plus le puits) et sorties d'air vicié (quatre plus le portail);
- Deux usines de remblai en pâte pour le remblayage souterrain (ou agrandissement de la première en phase 2);
- Aire de chargement des camions 240 tonnes;
- Halde à minerai temporaire de 20 000 tonnes;
- Halde à stériles temporaire de 10 000 tonnes;
- Fossé de drainage des eaux vers le bassin nord-est (infrastructures actuelles);
- Un système de traitement des eaux usées (Ecoflo);
- Une usine de production d'eau potable;
- Un puits d'eau potable;
- Deux sorties de secours.

Les activités en exploitation du projet sont les suivantes :

- Utilisation d'explosifs;
- Extraction d'environ 20 000 tonnes de minerai et d'environ 5000 tonnes de stérile par jour;
- Transport du minerai vers l'usine;
- Transport des stériles;
- Production et déploiement de remblai en pâte pour le remblayage.

Les activités de fermeture du projet sont les suivantes :

- Démantèlement des installations;
- Remise à l'état naturel du site.

Les activités suivantes sont associées au projet même si elles n'ont pas lieu sur le site du projet. Ce sont des sources d'émissions indirectes de GES :

- Transport des matériaux et du matériel au site du projet pour sa construction;
- Machinerie utilisée pour la construction des installations;
- Transport des intrants et consommables requis vers le site du projet;
- Transport des produits expédiés.

2.2 LIMITES OPÉRATIONNELLES ET ORGANISATIONNELLES

CMGP est le propriétaire exploitant du projet. En ce sens, les limites opérationnelles du projet sont l'ensemble des activités de construction et d'exploitation effectuées dans les installations de CMGP au site du projet.

Le transport associé à la logistique requise par l'exploitation du projet (intrants, réactifs, combustibles entrants, produits sortants) est inclus à l'évaluation.

Dans le cadre des exigences du guide de déclaration du MELCC, les émissions associées à la construction du projet, incluant la machinerie, mais aussi le transport des matériaux et le matériel initial vers le site, sont incluses.

2.3 GES CONSIDÉRÉS

Les GES et leurs potentiels de réchauffement planétaires (PRP) considérés dans cette évaluation sont présentés au tableau 1. Conformément aux exigences du guide de déclaration provincial, les PRP du 4e rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 2014) ont été utilisés pour sommer les émissions des GES considérés en CO_2eq.

Tableau 1 Potentiels de réchauffement planétaire

GES	Potentiels de réchauffement planétaire
CO_2	1
CH_4	25
N_2O	298

2.4 SOURCES D'ÉMISSIONS

Les sources d'émissions de GES ont été évaluées sur l'exploitation annuelle du projet.

Les sources directes considérées sont :

- la combustion des carburants fossiles, notamment le diesel, dans les véhicules et la machinerie;
- la combustion du gaz naturel spécifique au projet, notamment le chauffage de l'air sous terre;
- la combustion du gaz naturel dans les sources fixes de type dispositifs de combustion (four et chaudières) des installations de traitement du minerai, considéré à titre indicatif sur la période 2021-2028 et directement applicable au projet après 2028;
- l'utilisation d'explosifs.

Les émissions indirectes considérées sont la combustion du diesel dans :

- les camions et les trains amenant les matériaux et le matériel vers le site du projet;
- la machinerie hors-route utilisée pour la construction;
- les camions et les trains amenant les intrants et les consommables vers le site en exploitation;
- les véhicules associés à l'expédition des produits finis.

Les émissions indirectes associées à l'utilisation de l'énergie électrique ont été estimées à titre indicatif.

Les sources exclues sont :

- les émissions fugitives de réfrigérants des unités de climatisation et de refroidissement utilisées dans les installations du projet Odyssey (les équipements actuels de climatisation sont inclus dans l'estimation des sources existantes présentées à la section 3.4);
- les émissions de GES issues du déboisement puisqu'aucun déboisement significatif n'est réalisé.

2.5 MÉTHODE DE QUANTIFICATION

2.5.1 SOURCES FIXES

Le projet inclut des appareils de combustion au gaz naturel pour générer de la chaleur pour le chauffage de l'air dans la ventilation des mines, des bâtiments et des infrastructures de surface. Les données de projet incluent les consommations projetées de gaz naturel pour chacune des sources sur une base volumique (m^3 de gaz naturel).

Les facteurs d'émission du RDOCECA pour usage industriel ont été utilisés pour estimer les émissions de GES.

2.5.2 ÉQUIPEMENTS MOBILES (CONSTRUCTION ET EXPLOITATION)

La consommation de diesel par la machinerie en construction et en exploitation a été estimée en fonction du scénario de construction établi par CMGP définissant le nombre et le type d'équipements utilisés, de même que le programme d'utilisation de ceux-ci. La consommation en diesel de ces véhicules a été estimée en fonction de la puissance de moteur et de la méthodologie présentée par l'EPA américaine (EPA, 2010).

Les facteurs d'émissions du *Rapport d'inventaire national 1990-2018* d'Environnement et Changements climatiques Canada (ECCC, 2020) pour les véhicules et routier ont été utilisés. Les facteurs d'émissions du RDOCECA ont été utilisés pour la machinerie hors-route fonctionnant au diesel.

Les consommations de diesel par les camions associés à la logistique entrante et sortante en construction et en exploitation ont été estimées en fonction des déplacements et des approvisionnements projetés, et en considérant des camions dont la consommation est de 40 L/100 km, selon les indications des directives du ministère des Transports du Québec (MTQ) (MTMDET, 2015). Le détail des calculs d'estimation est présenté en annexe.

2.5.3 ÉLECTRICITÉ

La consommation globale en électricité a été estimée en 2020 par CMGP. Les facteurs d'émissions du rapport d'inventaire national 1990-2018 (ECCC, 2020) pour l'utilisation d'énergie électrique au Québec ont été utilisés.

2.5.4 EXPLOSIFS

Les quantités d'explosifs utilisées annuellement sur la durée du projet ont été estimées par CMGP. Le facteur d'émission de CO_2 pour usage d'explosifs du document de référence *Energy and Greenhouse Gas Emissions Management* (2014) de l'Association minière du Canada a été utilisé.

2.5.5 SOURCES EXISTANTES

Les émissions de GES de l'usine existante traitant le minerai sont connues puisque ces émissions sont quantifiées et déclarées à l'inventaire québécois des émissions atmosphériques (IQEA) en fonction des exigences du RDOCECA. Les émissions déclarées pour l'année 2019 sont indiquées à titre de référence dans ce rapport puisque l'usine de traitement du minerai, dont les infrastructures sont actuellement en opération, est déjà en opération et est initialement indépendante du projet Odyssey. À partir de 2028, l'exploitation du projet de la mine Odyssey implique le prolongement de l'activité de l'usine de traitement et les émissions de cette usine seront alors directement reliées

au projet Odyssey. À partir de 2029, seul le minerai venant d'Odyssey sera acheminé à l'usine de traitement du minerai.

2.5.6 FACTEURS D'ÉMISSIONS

Le tableau 2 présente les facteurs d'émissions utilisés pour quantifier les émissions par type de source. Le type d'explosifs projeté est l'émulsion, mais d'autres types d'explosifs pourront être employés. Le facteur d'émission de l'émulsion est le plus élevé et a donc été utilisé pour quantifier de manière conservatrice les émissions dues à l'usage d'explosifs.

Tableau 2 Facteurs d'émission utilisés

Source	Facteur d'émission				
	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2eq	Référence
Électricité	-	-	-	1,7 g/kWh	Rapport d'inventaire national (ECCC 2020, Table A13-6 – PT3)
Gaz naturel	1,878 kg/m^3	0,000037 kg/m^3	0,000035 kg/m^3	-	RDOCECA, Tableau 1-4 (CO_2) et 1-7, usage institutionnel (CH_4 et N_2O)
Diesel, véhicules hors-route	2,663 kg/L	0,00015 kg/L	0,0011 kg/L	-	RDOCECA, tableau 27-1
Diesel, véhicules lourds (HDDV)	2 681 g/L	0,011 g/L	0,151 g/L	-	Rapport d'inventaire national (ECCC 2020 Table A6.1-13)
Explosifs, émulsions	0,189 tonnes CO_2/tonnes émulsions	-	-	-	Mining association of Canada, Energy and Greenhouse Gas Emissions Management, 2014
Transport ferroviaire	-	-	-	13,47 kg/ 1 000 tonne-km	Programme de surveillance des émissions des locomotives 2016, Association des chemins de fer du Canada

3 RÉSULTATS

3.1 CONSTRUCTION

3.1.1 MACHINERIE

Le tableau 3 montre les émissions de GES associées à la combustion du diesel par la machinerie utilisée dans les différentes phases de construction du projet, soit la préparation du site et la construction des infrastructures. Une période de trois ans a été considérée pour le scénario de construction. Les activités de construction étant différentes pour chacune des trois années, les consommations et émissions varient donc dans chacune des trois années. Le scénario d'utilisation de machinerie est disponible à l'annexe B.

Ces émissions incluent le transport de mobilisation de la machinerie vers le site puisque le scénario établi par CMGP considère de la machinerie déjà disponible sur le site. Cette évaluation présume de façon conservatrice que le carburant utilisé par la machinerie non électrique est le diesel, puisque ce type de carburant sera majoritairement utilisé contrairement à l'essence. La consommation de la machinerie électrique est incluse dans l'énergie électrique consommée définie à la section 3.2.2.

Tableau 3 Émissions de GES – Construction initiale – Combustion de diesel

Année	Quantité de diesel	Émissions de GES en tonnes			
	L	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2eq
Construction année 1	1 589 696	4 233	0,2	1,7	4 760
Construction année 2	4 240 752	11 293	0,6	4,7	12 699
Construction année 3	1 597 805	4255	0,2	1,8	4 785
Total	**7 428 252**	**19 781**	**1**	**8**	**22 244**

3.1.2 TRANSPORT DES MATÉRIAUX ET CONSOMMABLES DE CONSTRUCTION

Le scénario de logistique des matériaux requis pour la construction n'est pas disponible à ce point du projet. Le transport des intrants s'effectuera par camion et par train sur la durée de construction projetée de trois ans. L'ordre de grandeur des émissions annuelles de gaz à effet de serre occasionnées par le transport est considéré de façon conservatrice comme similaire à valeur maximale de ceux présentés à la section 3.2.4 pour le transport en exploitation, soit environ 600 tonnes de CO_2eq par année de construction. Avec une période de construction de trois ans, les émissions de GES dues à la logistique en construction sont donc de 1 800 tonnes de CO_2eq.

3.2 EXPLOITATION

3.2.1 SOURCES FIXES

Du gaz naturel est utilisé somme combustible pour le chauffage de l'air de ventilation et le chauffage des bâtiments et infrastructures de surface. L'usage du gaz naturel est variable annuellement puisque le besoin de chauffage augmente au fur et à mesure que les infrastructure et installations seront graduellement mises en service. Le secteur Odyssey Sud sera opérationnel en 2023 alors que East Malartic ne sera opérationnel qu'en 2029. La mise en service d'Odyssey Nord commencera en 2027 avec une augmentation progressive jusqu'à l'atteinte de la pleine capacité de chauffage en 2031. Le tableau 4 détaille les quantités de gaz naturel consommé par les équipements de combustion associés au projet et les émissions de GES associées.

Tableau 4 Émissions de GES annuelles – Combustion du gaz naturel par les sources fixes

Année	Utilisation (m^3/an)	Émissions de GES (tonnes/année)			
		CO_2	CH_4	N_2O	CO_2eq
2022	217 854	1 214	0,02	0,02	1 222
2023	646 560	3 308	0,07	0,06	3 328
2024	1 761 210	3 308	0,07	0,06	3 328
2025	1 761 210	3 872	0,08	0,07	3 895
2026	2 061 560	4 230	0,08	0,08	4 255
2027	2 252 136	7 496	0,15	0,14	7 541
2028	3 991 461	9 129	0,18	0,17	9 184
2029	4 861 123	12 102	0,24	0,23	12 175
2030	6 443 859	12 102	0,24	0,23	12 175
2031	6 443 859	13 735	0,27	0,26	13 818
2032	7 313 521	13 735	0,27	0,26	13 818
2033	7 313 521	13 735	0,27	0,26	13 818
2034	7 313 521	13 735	0,27	0,26	13 818
2035	7 313 521	13 735	0,27	0,26	13 818
2036	7 313 521	13 735	0,27	0,26	13 818
2037	7 313 521	13 735	0,27	0,26	13 818
2038	7 313 521	13 735	0,27	0,26	13 818
2039	7 313 521	12 102	0,24	0,23	12 175
2040	6 443 859	12 102	0,24	0,23	12 175
Total	**101 836 719**	191 249	3,77	3,56	192 406

3.2.2 MACHINERIE

Du diesel est utilisé pour alimenter la machinerie de surface de même que celle opérant dans la mine souterraine. Le tableau 5 détaille les quantités de diesel utilisées par la machinerie spécifiquement dédiée au projet et les émissions de GES associées. Le scénario d'utilisation de machinerie est présent à l'annexe A.

Tableau 5 Émissions de GES annuelles – Combustion du diesel par la machinerie

Année	Utilisation (l/an)	Émissions de GES (tonnes/année)			
		CO_2	CH_4	N_2O	CO_2eq
2022	12 477 127	33 227	1,9	13,7	37 363
2023	13 914 363	37 054	2,1	15,3	41 667
2024	15 777 537	42 016	2,4	17,4	47 247
2025	15 504 818	41 289	2,3	17,1	46 430
2026	16 599 366	44 204	2,5	18,3	49 708
2027	21 106 970	56 208	3,2	23,2	63 206
2028	25 473 921	67 837	3,8	28,0	76 283
2029	26 877 920	71 576	4,0	29,6	80 487
2030	28 562 609	76 062	4,3	31,4	85 532
2031	29 437 616	78 392	4,4	32,4	88 152
2032	30 858 113	82 175	4,6	33,9	92 406
2033	30 858 113	82 175	4,6	33,9	92 406
2034	29 872 817	79 551	4,5	32,9	89 456
2035	29 791 644	79 335	4,5	32,8	89 213
2036	27 226 089	72 503	4,1	29,9	81 530
2037	26 389 689	70 276	4,0	29,0	79 025
2038	23 199 014	61 779	3,5	25,5	69 471
2039	25 333 206	67 462	3,8	27,9	75 862
2040	19 829 389	52 806	3,0	21,8	59 380
Total	**449 090 322**	**1 195 928**	**67**	**494**	**1 344 823**

3.2.3 ÉNERGIE ÉLECTRIQUE CONSOMMÉE PAR LES INSTALLATIONS PROJETÉES EN PHASE D'EXPLOITATION

Les installations du projet, incluant les deux usines de remblai en pâte, sont alimentées en électricité directement du réseau d'Hydro-Québec. CMGP a estimé la consommation en énergie électrique consommée annuellement par le projet en fonction de l'extraction projetée. Comme cette énergie électrique est consommée, mais non produite par l'installation, il s'agit donc d'émissions indirectes.

Les émissions indirectes de GES dues à l'utilisation de l'électricité ont été estimées en multipliant cette quantité d'énergie par le facteur d'émission pour la consommation d'énergie électrique au Québec rapporté par ECCC (ECCC, 2020). Ce facteur ne couvre que les émissions de CO_2eq.

Tableau 6 Émissions de GES annuelles – Utilisation de l'électricité

Année	Utilisation (KWh)	Émissions de GES (tonnes/année)
		CO_2eq
2022	1 373	0,00
2023	1 983	0,00
2024	7 144 011	12
2025	7 145 452	12
2026	7 145 788	12
2027	7 146 821	12
2028	25 211 233	43
2029	25 211 258	43
2030	25 211 567	43
2031	25 211 632	43
2032	25 211 917	43
2033	25 220 482	43
2034	25 220 332	43
2035	25 220 183	43
2036	25 220 034	43
2037	25 219 592	43
2038	25 219 158	43
2039	25 219 408	43
2040	25 218 139	43
Total	**356 400 363**	**606**

3.2.4 EXPLOSIFS

L'extraction du minerai s'effectue à l'aide d'explosifs de type émulsion, mais de l'ANFO pourra aussi être utilisé. Le plan minier du promoteur détaille la quantité annuelle d'explosifs utilisée à partir de l'année 2022. Le tableau 7 décrit les quantités d'explosifs utilisées et les émissions de CO_2 associées.

Tableau 7 Émissions de GES annuelles – Utilisation d'explosifs

Année	Utilisation (kg)	Émissions de GES (tonnes/année)
		CO_2
2022	225 801	43
2023	898 296	170
2024	895 842	169
2025	895 842	169
2026	1 826 789	345
2027	3 284 254	621
2028	4549433	860
2029	4 944 572	935
2030	5 627 030	1 064
2031	6 037 001	1 141
2032	6 057 722	1 145
2033	6 364 634	1 203
2034	6 318 105	1 194
2035	6 173 679	1 167
2036	5 083 048	961
2037	4 003 726	757
2038	5 485 428	1 037
2039	840 692	159
2040	225 801	43
Total	**69 511 894**	**13 138**

3.2.5 LOGISTIQUE, TRANSPORT ET APPROVISIONNEMENT

Les activités en exploitation du projet requièrent des intrants et des consommables sur une base journalière. Cette logistique implique du transport par camions et par trains consommant du diesel et génère donc des émissions indirectes de GES.

À partir de l'année 3 du projet (2024), l'usine de remblai en pâte entre en production, nécessitant une quantité de ciment estimée par CMGP à 97 tonnes par jour de 2024 à 2027 et de 477 tonnes par jour de 2028 à 2040.

Pour le transport par train entre le port de Montréal et Val-d'Or, une distance conservatrice de 750 km a été utilisée. Le diesel et le ciment sont ensuite transportés par camion entre Val-d'Or et le site du projet. Le tableau 8 détaille les émissions indirectes de GES associées à l'approvisionnement en diesel et en ciment requis pour le projet, sous

l'hypothèse de l'usage de camions-citernes de 20 000 L de capacité. Les mêmes hypothèses ont été prises en considération concernant la distance nécessaire au transport et à l'usage de camions de 25 tonnes de capacité entre la gare de Val-d'Or et le site du projet.

Tableau 8 Émissions de GES annuelles – Combustion du diesel pour le transport des intrants

Année	Émissions de GES – train CO_2eq	Émissions de GES (tonnes/année – camions)				Émissions de GES totales
		CO_2	CH_4	N_2O	CO_2eq	CO_2eq
2022	107	36	0,001	0,002	37	144
2023	119	40	0,002	0,002	41	161
2024	136	127	0,005	0,007	129	266
2025	134	126	0,005	0,007	129	263
2026	144	130	0,005	0,007	132	275
2027	182	143	0,006	0,008	145	327
2028	220	470	0,019	0,026	478	698
2029	232	474	0,019	0,027	483	714
2030	246	479	0,020	0,027	488	734
2031	254	482	0,020	0,027	490	744
2032	266	486	0,020	0,027	494	760
2033	266	486	0,020	0,027	494	760
2034	258	483	0,020	0,027	491	749
2035	257	483	0,020	0,027	491	748
2036	235	475	0,019	0,027	484	718
2037	228	473	0,019	0,027	481	709
2038	200	463	0,019	0,026	472	672
2039	219	470	0,019	0,026	478	697
2040	171	454	0,019	0,025	462	633
Total	**3 873**	**6 779**	**0,3**	**0,4**	**6 899**	**10773**

3.3 FERMETURE

Les autres activités projetées à la fin de l'exploitation incluent l'excavation des boues de bassin, le démantèlement et le remplissage des bassins, la restauration des haldes et le profilage final du site. La machinerie utilisée considérée à la section 3.2.2 et présente à l'annexe A inclut donc celle utilisée dans le cadre des activités de fermeture. La fermeture est considérée être effectuée sur une période de deux ans, ensuite a lieu une période de suivi (suivi de l'intégrité des ouvrages, suivi environnemental, etc.). Les émissions associées à l'ensemble des activités de démantèlement/restauration des installations en fin de projet ne peuvent pas être estimées avec précision puisque les caractéristiques des sources d'émission (machinerie et camions de transport) utilisées à cette étape ne sont pas définies. Il est estimé que l'ordre de grandeur des émissions produites en phase de fermeture est équivalent ou moindre à celui de la construction (22 kt CO_2eq sur la période de fermeture de deux ans). Les émissions associées au suivi post-fermeture sont considérées négligeables.

3.4 SOURCES EXISTANTES

Le projet Odyssey est la continuité des opérations existantes à la mine de Canadian Malartic. En fonction du plan minier actuel, l'utilisation annuelle de l'usine de traitement du minerai diminue après 2026. Le tableau 9 détaille les émissions estimées pour les sources existantes de l'installation de CMGP qui ne font pas parties du projet en fonction des émissions déclarées de 2019, au prorata de la quantité totale de minerai, de mort-terrain et de stériles traités. Ces sources existantes incluent les appareils de réfrigération actuellement en service. Les sources associées à ces émissions étant externes au projet Odyssey, les émissions de GES sont présentées à titre indicatif pour la période 2021-2028. Après 2028, les activités de l'usine cesseront en l'absence du projet Odyssey et les émissions de l'usine de traitement deviendront donc des émissions directes du projet.

Tableau 9 Estimation des émissions de GES associées aux sources existantes

Année	Traitement de matière	Émissions de GES
	Tonnes	Tonnes CO_2eq
2019 (déclarées)	70 372 758	228 467
2021	68 278 408	221 668
2022	64 149 506	208 263
2023	66 676 823	216 468
2024	60 175 597	195 362
2025	38 101 781	123 698
2026	18 031 938	58 541
2027	8 627 845	28 011
2028	4 783 413	15 529
2029	4 083 794	13 258
2030	5 734 587	18 617
2031	6 831 400	22 178
2032	7113548	23 094
2033	6 858 955	22 268
2034	7 310 358	23 733
2035	7 649 204	24 833
2036	7 483 699	24 296
2037	7 054 889	22 904
2038	5 512 593	17 897
2039	6 765 759	21 965
2040	3 212 207	10 429

3.5 SOMMAIRE DES ÉMISSIONS

Le sommaire des émissions de GES associées au projet est présenté au tableau 10. Les émissions directes et indirectes estimées pour les périodes de construction et d'exploitation y sont détaillées. L'ordre de grandeur des émissions de GES de la phase de fermeture présentée à la section 3.3 n'est par contre pas inclus au sommaire. Les émissions associées à l'exploitation de l'usine de traitement du minerai ne sont pas incluses au total du projet de 2020 à 2028 puisque l'usine existante traite le minerai provenant des fosses actuellement en exploitation.

Tableau 10 Sommaire des émissions de GES associées au projet

Année	Émissions de GES (tonnes CO_2eq)						
	Machinerie	Logistique	Explosifs	Sources fixes	Usine de traitement et sources existantes	Total	Électricité
Construction	22 244	1 800	-	-	exclues	24 044	-
2022	37 363	144	-	1 222	exclues	38 729	0,02
2023	41 667	161	43	3 328	exclues	45 198	0,02
2024	47 247	266	170	3 328	exclues	51 198	12
2025	46 430	263	169	3 895	exclues	50 946	12
2026	49 708	275	169	4 255	exclues	54 596	12
2027	63 206	327	345	7 541	exclues	71 608	12
2028	76 283	698	621	9 184	exclues	86 654	43
2029	80 487	714	860	12 175	13 258	107 363	43
2030	85 532	734	935	12 175	18 617	117 861	43
2031	88 152	744	1 064	13 818	22 178	125 824	43
2032	92 406	760	1 141	13 818	23 094	131 088	43
2033	92 406	760	1 145	13 818	22 268	130 265	43
2034	89 456	749	1 203	13 818	23 733	128 827	43
2035	89 213	748	1 194	13 818	24 833	129 674	43
2036	81 530	718	1 167	13 818	24 296	121 397	43
2037	79 025	709	961	13 818	22 904	117 285	43
2038	69 471	672	757	13 818	17 897	102 482	43
2039	75 862	697	1 037	12 175	21 965	111 603	43
2040	59 380	633	159	12 175	10 429	82 643	43

4 IMPORTANCE DES ÉMISSIONS DU PROJET

L'importance des émissions du projet peut être qualifiée en les comparant aux inventaires des émissions de la province de Québec et du Canada. En exploitation, les émissions du projet seront ajoutées à ces inventaires. La comparaison s'effectue sur les plus récents inventaires disponibles, soit 2017 pour le Québec et 2018 pour le Canada.

Les activités liées à l'exploitation du projet produiront en moyenne 95 kt de CO_2eq/an et un maximum de 131 kt de CO_2eq en 2032 en raison de la plus grande production de minerai durant ces années. Les sources d'émissions de GES en exploitation (machinerie, sources fixes et explosifs) sont sous le contrôle opérationnel de CMGP. Ces émissions sont considérées comme directes. Les émissions dues à l'utilisation d'électricité et celles de la logistique sont des émissions indirectes.

4.1 AU QUÉBEC

En 2017, les émissions totales de GES au Québec se chiffraient à 78,6 Mt de CO_2eq (MELCC, 2019), soit 10,0 t par habitant, représentant 11 % des émissions canadiennes, lesquelles atteignaient 706 Mt de CO_2eq pour cette même année (ECCC, 2020).

Le secteur qui produisait le plus d'émissions de GES au Québec, en 2017, était celui du transport (routier, aérien, maritime, ferroviaire et hors route) avec 43,3 % des émissions. Le secteur de l'industrie arrivait en deuxième place avec 24 Mt de CO_2eq, soit 30,5 % des émissions totales. Ces émissions se répartissaient comme suit : 46,8 % provenaient de la consommation énergétique, 52,6 % des procédés industriels et 0,6 % des émissions fugitives et de l'utilisation de solvants et d'autres produits (MELCC, 2018).

Le projet étudié fait partie du secteur industriel. Durant l'exploitation, les émissions de GES seraient en moyenne d'environ 95 kt CO_2eq/an. Ces émissions représenteraient 0,4 % des émissions provenant de ce secteur et 0,1 % des émissions totales à l'échelle provinciale. L'apport des émissions de GES du projet serait donc significatif, mais faible.

Par contre, puisque les émissions annuelles du projet dépassent le seuil déclencheur de déclaration de 10 000 tonnes de CO_2eq, l'installation de CMGP continuera de quantifier ses émissions annuelles de GES pour les déclarer en conformité au *Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants atmosphériques* (RDOCECA) du gouvernement du Québec.

4.2 AU CANADA

Selon le rapport national des émissions de GES 1990-2018 (Environnement Canada, 2020), les émissions totales de GES en 2018 au Canada atteignaient 729 Mt de CO_2eq.

Selon les secteurs d'activité définis dans le sommaire exécutif du rapport d'inventaire national 1990-2018, les activités de métallurgie sont classées dans la catégorie des « Industries lourdes ». Ce secteur a émis pour 78 Mt de CO_2eq en 2018. La contribution estimée du projet par ses émissions se chiffrerait à 0,13 % des émissions liées à ce secteur d'activité.

Les émissions annuelles provenant des activités du projet représentent 0,01 % des émissions totales à l'échelle fédérale. L'apport des émissions indirectes liées à l'exploitation du projet est donc faible.

En vertu de l'article 46 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*, l'installation en exploitation devra rapporter ses émissions de GES au *Programme de déclaration des émissions de gaz à effet de serre* puisque ses émissions projetées dépassent le seuil de déclaration actuel de 10 000 tonnes de CO_2eq.

4.3 MÉTHODES ET PRATIQUES MISES EN PLACE POUR MINIMISER LES ÉMISSIONS DE GES

Les méthodes et pratiques suivantes seront mises de l'avant pour minimiser les émissions de GES du projet en phase d'exploitation :

- L'utilisation d'équipements motorisés en bon état de fonctionnement. Selon l'agence américaine de l'énergie (Department of Energy, 2002), des économies d'énergie de 5 à 20 % sont atteignables sans investissements majeurs par le biais de mesure de maintenance. Sous l'hypothèse d'économie d'énergie de 10 %, ceci se traduirait par des réductions d'émissions annuelles potentielles de GES de 7 ktonnes de CO_2eq en exploitation par rapport aux émissions moyennes de 71 ktonnes de CO_2eq associées à la machinerie;
- L'entretien préventif des équipements de production et des systèmes de combustion;
- Éviter de laisser tourner inutilement les moteurs au ralenti. La marche au ralenti du moteur est également un facteur de consommation de carburant important sur lequel le conducteur a un contrôle direct. Le Bureau de l'efficacité et de l'innovation énergétiques (BEIE) estime que l'écoconduite représente un potentiel d'économie de carburant d'environ 10 % lorsqu'elle est pratiquée de façon assidue. Ceci se traduirait par des réductions d'émissions annuelles de GES de 7 ktonnes de CO_2eq en exploitation par rapport aux émissions moyennes de 71 ktonnes de CO_2eq associées à la machinerie;
- Électrification et automatisation :
  - CMGP étudie la faisabilité de l'électrification de certains équipements et reconnaît que les véhicules électriques offrent des avantages, notamment la diminution des émissions de GES, la réduction des besoins de ventilation souterraine, une consommation moindre en carburant et huiles, une maintenance réduite, etc.;
  - Si le projet est autorisé, l'acquisition de la flotte d'équipements de production s'échelonnera sur quelques années. Les avancées dans le domaine de l'électrification des équipements miniers sont constantes. CMGP se tient au fait de l'évolution technologique et continuera de considérer la possibilité d'acquérir, voire même privilégier, certains équipements s'ils offrent les capacités requises. Si un équipement est équivalent en termes de sécurité, de performance et de coûts, alors l'équipement électrique sera favorisé. D'ailleurs, dans la flotte sélectionnée pour les travaux de la rampe d'exploration, on compte déjà un véhicule de service électrique;
  - Actuellement, les projections de l'ingénierie préliminaire du réseau électrique du projet souterrain tiennent compte des structures requises pour permettre le déploiement d'une flotte d'équipements électriques. Elles prévoient également l'extension du réseau télécom de communication de données pour maximiser les opportunités d'automatisation et de télé-opération des activités sous terre;
  - Les bénéfices d'une telle structure se répercutent non seulement sur les performances d'opération en optimisant l'utilisation des équipements, mais également sur la santé et sécurité des travailleurs. Ils permettent, entre autres, le travail depuis la surface en environnement contrôlé.

4.4 COMPENSATION DES IMPACTS RÉSIDUELS

Les mesures mentionnées à la section précédente permettront de réduire les émissions de GES. Il est attendu que, malgré ces mesures, l'exploitation du projet générera des émissions de GES. Comme les émissions de GES annuelles du projet sont majoritairement dues aux véhicules hors-route et routiers, la réalisation du projet ne sera pas

initialement assujettie au marché du carbone québécois, soit le Système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de GES (SPEDE), en fonction du *Règlement concernant le système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre* (Québec, Q-2, r. 46.1). CMGP devra par contre continuer de s'acquitter des frais d'utilisation des carburants auprès des fournisseurs qui seront ensuite détournés vers le Fonds vert.

Le gouvernement du Québec permet à certaines personnes morales la participation volontaire au SPEDE. Dans le cadre de sa participation volontaire au SPEDE depuis 2020, CMGP est en mesure de réaliser ou de financer des projets de réduction des émissions de GES.

Selon l'estimation des émissions annuelles du projet, il est attendu que les émissions des sources fixes et de procédés de l'installation de MCM, incluant les émissions du projet associées aux explosifs et au chauffage de l'air au gaz naturel, dépassent le seuil de 25 000 tonnes de CO_2eq, entraînant ainsi la participation obligatoire de MCM au SPEDE.

4.5 PROGRAMME PRÉLIMINAIRE DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL DES ÉMISSIONS DE GES

MCM quantifie annuellement ses émissions dans le cadre de sa déclaration aux inventaires fédéraux (PDGES) et provinciaux (IQEA tels que définis par le RDOCECA) et dispose d'un plan de suivi pour recueillir les données et les paramètres requis pour ces quantifications.

Dans le but de quantifier les émissions réelles de GES du projet qui s'ajouteront à celles des activités en cour, lorsque le projet sera en exploitation, MCM ajoutera le suivi des activités, des données et des paramètres associés aux sources de GES du projet au suivi de ses sources d'émissions de GES actuellement réalisé. Plus spécifiquement, MCM intégrera les activités du projet à son inventaire actuel des émissions de GES réalisé dans le cadre de sa déclaration aux inventaires fédéraux et provinciaux.

4.5.1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

Le plan de surveillance actuel de MCM sera mis à jour afin d'établir les responsabilités et les moyens pour recueillir, analyser et documenter les données et les informations relatives au projet. Ces données seront utilisées pour produire les rapports d'émissions de GES requis par le RDOCECA.

Le plan de surveillance spécifie les sources des informations et des données à utiliser, les méthodes, les instruments et la fréquence de surveillance, de même que le mode de traitement et d'enregistrement de ces informations. Dans le cas d'utilisation d'équipements de surveillance, le plan de surveillance prévoit de façon intrinsèque le respect des procédures d'utilisation et d'étalonnage prévues par le fabricant de ces équipements.

4.5.2 RESPONSABILITÉS

L'application du plan de surveillance et des activités régulières qui y sont présentées sera la responsabilité de MCM. MCM verra donc à s'assurer de l'utilisation des outils, instruments, moyens, structures logistiques et administratives requis pour le calcul annuel et la déclaration des émissions de GES reliées au projet.

4.5.3 ACTIVITÉS INCLUSES AU SUIVI

Les activités du projet qui ont été identifiées comme émettrices de GES et qui sont donc incluses dans le suivi des émissions de GES sont présentées dans cette section.

Il s'agit des activités pour lesquelles les sources d'émissions directes de GES sont sujettes au RDOCECA. En ce sens, les émissions indirectes de GES associées à la logistique d'approvisionnement et à la consommation d'énergie électrique du réseau d'Hydro-Québec ne sont pas incluses au suivi. Ainsi, les activités comprises dans le suivi sont les suivantes :

- Consommation de carburant (diesel, essence, propane) de la machinerie et de l'équipement en phase de construction;
- Consommation d'explosifs (ANFO, émulsion, TNT) utilisés pour les sautages;
- Consommation de carburant (diesel, essence, propane) de la machinerie et de l'équipement en phase d'exploitation;
- Consommation de carburant (diesel, gaz naturel, propane) des sources fixes en phase d'exploitation;
- Pertes de réfrigérant dans les unités de réfrigération/climatisation industrielle.

4.5.4 MÉTHODOLOGIE DE CALCUL

Pour chaque équipement, les résultats obtenus en utilisant chacun des protocoles sur le calcul des émissions seront sommés en convertissant les émissions de CH_4, N_2O et de réfrigérant en tonnes équivalentes de CO_2 par l'utilisation du facteur Potentiel de réchauffement planétaire (PRP) de ces gaz. Ces valeurs de PRP sont citées à l'annexe 1 du RDOCECA. Si le règlement est amendé en cours de projet, la valeur du calcul pour l'année applicable sera ajustée.

4.5.4.1 SOURCES FIXES

Les protocoles cités dans la section QC-1 du RDOCECA (R.R.Q., c. Q-2, r.15) seront utilisés pour les sources fixes utilisant le gaz naturel, le diesel ou le propane. Le calcul des émissions de CO_2 sera effectué selon le protocole QC.1.3. De plus, pour l'inventaire et le calcul des émissions de CH_4 et N_2O sur ces mêmes équipements, le protocole QC.1.4 sera utilisé. Les facteurs d'émissions seront tirés des tableaux de la section QC.1.7 du même règlement dans la même section.

4.5.4.2 ÉQUIPEMENTS MOBILES

Les protocoles cités dans la section QC-27 du RDOCECA (R.R.Q., c. Q-2, r.15) seront utilisés pour les équipements mobiles. Le calcul des émissions de CO_2 sera effectué selon le protocole QC.27.3.1. De même, pour l'inventaire et le calcul des émissions de CH_4 et N_2O sur ces mêmes équipements, le protocole QC.27.4.1 sera utilisé. Les facteurs d'émissions seront tirés du tableau 27-1 du même règlement dans la même section.

4.5.4.3 EXPLOSIFS

Les émissions de GES associées à l'usage d'explosifs seront estimées en utilisant les facteurs d'émissions les plus appropriés. Les facteurs d'émissions de l'Association minière du Canada (AMC) seront privilégiés.

4.5.4.4 RÉFRIGÉRANTS

Les émissions de GES associées à l'usage d'unités de climatisation/réfrigération industrielle seront estimées en fonction des quantités de réfrigérant déclarées lors de la maintenance de ces équipements.

4.5.5 DONNÉES ET PARAMÈTRES PRINCIPAUX

4.5.5.1 DONNÉES DE BASE

Les paramètres opérationnels principaux du projet sont :

- les consommations en litres de carburant fossile en phase de construction;
- les consommations annuelles en litres ou m^3 de carburant fossile en phase d'exploitation;
- selon le cas, la teneur en biodiesel du diesel consommé;
- les quantités et types d'explosifs utilisés;
- les quantités de réfrigérants ajoutés aux unités de climatisation lors des maintenances.

4.5.5.2 PARAMÈTRES INTERMÉDIAIRES

Les données et paramètres suivants sont des intermédiaires requis par l'évaluation pour traiter, obtenir ou valider les données de surveillance :

- Les facteurs d'émissions de GES des camions et des équipements;
- Les facteurs d'émissions de GES des sources fixes;
- Les potentiels de réchauffement planétaire en raison des GES émis par le projet.

4.5.5.3 PARAMÈTRE FINAL

Le paramètre de sortie de l'évaluation des réductions d'émissions de GES est la tonne de CO_2 équivalent (t CO_2eq).

4.5.6 PARAMÈTRES SUIVIS

Les tâches du plan de surveillance de chacune des étapes du projet sont présentées au tableau 11.

4.5.7 CALENDRIER D'EXÉCUTION

L'estimation des émissions annuelles sera réalisée après la fin de chaque année civile. Elle sera effectuée de manière à respecter les échéances de déclaration applicables au RDOCECA.

Tableau 11 Paramètres suivis dans le cadre du plan de surveillance

Élément	Méthode	Unité	Source	Stockage	Fréquence	Données de rechange élément de vérification
Quantité de carburant consommée en construction	Documentée	L	Clé carburant	Papier et informatique	Mensuelle	Facture/bon de transport
Quantité de carburant liquide consommée en exploitation	Documentée	L	Clé carburant	Papier et informatique	Mensuelle	Facture/bon de transport
Teneur en biodiesel du diesel	Documentée	%	Fiche technique du combustible diesel	Papier et informatique	Annuelle	
Quantité de gaz naturel	Documentée	M^3	Facturation	Papier et informatique	Mensuelle	Facture/bon de transport
Quantité d'explosifs	Documenté	kg	Rapport de sautage	Papier et informatique	Annuelle	
Quantité de réfrigérant	Documenté	kg	Rapport d'entretien	Papier et informatique	Annuelle	Facture d'entretien
Facteur d'émissions de la combustion de carburant dans les sources fixes	Documentée	Kg CO_2/L Kg CH_4/L Kg N_2O/L	Environnement Canada ou RDOCECA	Informatique	Annuelle	
Facteur d'émissions de la combustion de carburant dans les sources mobiles	Documentée	Kg CO_2/L Kg CH_4/L Kg N_2O/L	Environnement Canada ou RDOCECA	Informatique	Annuelle	
Potentiel de réchauffement planétaire des GES	Documentée		Environnement Canada ou RDOCECA	Informatique	Annuelle	

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ASSOCIATION MINIÈRE DU CANADA, 2014, *Energy and Greenhouse Gas Emissions Management Reference guide* (2014), 110p.
- ASSOCIATION DES CHEMINS DE FER DU CANADA, 2016, *Programme de surveillance des émissions des locomotives*, 53p.
- ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES CANADA. 2020. Rapport d'inventaire national 1990-2018 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada – Sommaire. Site Internet : https://www.ec.gc.ca/ges-ghg/default.asp?lang=Fr&n=662F9C56-1.
- EPA. 2010. Exhaust and Crankcase Emission Factors For Nonroad Engine Modeling Compression Ignition, EPA420-R-10-018, Assessment and Standard Division, 25 pages.
- GOUVERNEMENT DU QUÉBEC. Q-2, r. 15 - Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère. Site Internet : http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2015.
- GOUVERNEMENT DU QUÉBEC, Q-2, r. 46.1 - Règlement concernant le système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre, en ligne http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2046.1
- GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT (GIEC). 2006. Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, préparé par le Programme pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. et Tanabe K. (eds). Publié : IGES, Japon.
- GIEC, 2014: Changements climatiques 2014: Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]. GIEC, Genève, Suisse, 161 p.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). Guide de quantification des émissions de gaz à effet de serre, 2019, 107 p.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). 2018. Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2017 et leur évolution depuis 1990. Québec, Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale de la réglementation carbone et des données d'émission, 44 p. Site Internet : http://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/ges/2017/inventaire1990-2017.pdf .
- MINISTÈRE DES TRANSPORT, DE LA MOBILITÉ DURABLE, ET ÉLECTRIFICATION DES TRANSPORTS (MTMDET). 2015. Directives aux quantificateurs et aux vérificateurs, programme PREGTI et PETMAF. 3 p.
- UNITED STATES ENVIRONNEMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). 2002. Exhaust and crankcase emission factors for nonroad engine modeling – compression-ignition, EPA420-P02-016.
- U.S. DEPARTMENT OF ENEERGY, 2002, Operations & Maintenance Best Practices A Guide to Achieving Operational Efficiency.

ANNEXE

A SCÉNARIO DE LOGISTIQUE

Transport du ciment

	2024-2027	2028+		
tonnage transporté	97	477	tonnes ciment/jour	
capacité de camion	25	26	tonnes	hypothèse
nombre de voyage	4	19	voyages par jour	calcul
distance par voyage	54	54	km	aller-retour Malartic - Val d'oR
distante parcouru total	75600	359100	km	calcul
consommation	40	41	L/100km	MTQ, directives aux quantificateurs
consommation totale	30240	147231	L/an	calcul

	Émissions transport du ciment (tonnes)			
Année	CO2	CH4	N2O	Co2eq
2024-2027	81	0,0033	0,0046	83
2028+	396	0,016	0,022	403

Tansport du diesel

capacité de camion citerne 20000

Année	L diesel requis	nombre de voyage	distance	Consommation, L	CO2	CH4	N2O	Co2eq	masse transporté pa	CO2eq	CO2eq total
2022	12477127	624	33696	13478	36	0,001	0,002	37	10606	107	144
2023	13914363	696	37584	15034	40	0,002	0,002	41	11827	119	161
2024	15777537	789	42606	17042	127	0,005	0,007	129	13508	136	266
2025	15504818	776	41904	16762	126	0,005	0,007	129	13276	134	263
2026	16599366	830	44820	17928	130	0,005	0,007	132	14206	144	275
2027	21106970	1056	57024	22810	143	0,006	0,008	145	18038	182	327
2028	25473921	1274	68796	27518	470	0,019	0,026	478	21750	220	698
2029	26877920	1344	72576	29030	474	0,019	0,027	483	22943	232	714
2030	28562609	1429	77166	30866	479	0,020	0,027	488	24375	246	734
2031	29437616	1472	79488	31795	482	0,020	0,027	490	25119	254	744
2032	30858113	1543	83322	33329	486	0,020	0,027	494	26326	266	760
2033	30858113	1543	83322	33329	486	0,020	0,027	494	26326	266	760
2034	29872817	1494	80676	32270	483	0,020	0,027	491	25489	258	749
2035	29791644	1490	80460	32184	483	0,020	0,027	491	25420	257	748
2036	27226089	1362	73548	29419	475	0,019	0,027	484	23239	235	718
2037	26389689	1320	71280	28512	473	0,019	0,027	481	22528	228	709
2038	23199014	1160	62640	25056	463	0,019	0,026	472	19816	200	672
2039	25333206	1267	68418	27367	470	0,019	0,026	478	21630	219	697
2040	19829389	992	53568	21427	454	0,019	0,025	462	16952	171	633
total	449090322				6779	0,3	0,4	6899	383376	3873	10773

ANNEXE

B

SCÉNARIO D'USAGE DE MACHINERIE

Scénario de machinerie, construction

Activité		mois-unité, année 1	heures-unité, année 1	mois-unité, année 2	heures-unité, année 2	mois-unité, année 3	heures-unité, année 3	facteur de charge	consommation L/h	Machine type	Diesel L Total, année1	Diesel, L Total, année2	Diesel, L Total, année3
Excavatrice/Compacteur/manutention de matériel	Jour	17	4335	24	6120	0	0	0,59	101,9	CAT 390 FL	441737	623628	0
	Nuit	0	0	0	0	0	0	0,59	101,9	CAT 390 FL	0	0	0
Chargeuse/Bouteur manutention de matériel	Jour	10	2550	23	5865	0	0	0,59	25,4	Sandvik LH307	64770	148971	0
	Nuit	0	0	0	0	0	0	0,59	25,4	Sandvik LH307	0	0	0
Transport équipement Surface	Jour	32	8160	69	17595	0	0	0,59	94,8	ndvik TH663i (option T4	773568	1668006	0
	Nuit	0	0	0	0	0	0	0,59	94,8	ndvik TH663i (option T4	0	0	0
Transport/Mouvement équipement Mine	Jour	14	3570	20	5100	12	3060	0,59	18,2	MacLean 928	64974	92820	55692
	Nuit	6	1530	16	4080	12	3060	0,59	18,2	MacLean 928	27846	74256	55692
ForageForeuse automotrice	Jour	2	510	3	765	0	0	0,59	14,8	Sandvik DU412I	7548	11322	0
	Nuit	0	0	0	0	0	0	0,59	14,8	Sandvik DU412I	0	0	0
Sautage	Jour	9	2295	36	9180	42	10710	0,59		-	0	0	0
	Nuit	0	0	0	0	0	0	0,59		-	0	0	0
Remblais contrôléPlaque/Rouleau vibrateur	Jour	4	1020	32	8160	13	3315	0,59	26,4	Caterpillar 140M	26928	215424	87516
	Nuit	0	0	0	0	0	0	0,59	26,4	Caterpillar 140M	0	0	0
Support de terrain1 équipe = Ciseaux + 2 foreuse à béquille	Jour	4	1020	26	6630	22	5610	0,59		électrique	0	0	0
	Nuit	0	0	0	0	0	0	0,59		électrique	0	0	0
Appareil de levage (GRUES)(typ. 3 = 2 pickers (±60t) + heavy one (+100t	Jour	4	1020	2	510	15	3825	0,25	25,4	camion grue T800	25908	12954	97155
	Nuit	0	0	0	0	0	0	0,25	25,4	camion grue T801	0	0	0
Travaux bétonArmature, coffrage, pompe à béton, vibrateur	Jour	4	1020	7	1785	24	6120	0,59	35,8	Schwing 42M	36516	63903	219096
	Nuit	0	0	0	0	0	0	0,59	35,8	Schwing 42M	0	0	0
Structure érection (Alignment et boulonnage)Nacelle téléscopique/Cise	Jour	4	1020	3	765	18	4590	0,25	3,2	Skyjack	3264	2448	14688
	Nuit	0	0	0	0	0	0	0,25	3,2	Skyjack	0	0	0
Métal/CharpentierCoupe, Soudure, Meulage, marteaux pneumatique et	Jour	2	510	9	2295	0	0	0,59	0	électrique	0	0	0
	Nuit	0	0	0	0	0	0	0,59	0	électrique	0	0	0
Architecture installationNacelle téléscopique / Ciseaux /Vissage	Jour	8	2040	7	1785	11	2805	0,25	3,2	Skyjack	6528	5712	8976
	Nuit	0	0	0	0	0	0	0,25	3,2	Skyjack	0	0	0
Tuyauterie extérieur (Exterieur)Camion flèche, Soudure, Meulage, Coup	Jour	7	1785	203	51765	163,5	41692,5	0,25	25,4	camion grue T800	45339	1314831	1058990
	Nuit	0	0	0	0	0	0	0,25	25,4	camion grue T800	0	0	0
Electricité (Exterieur)Camion flèche	Jour	10	2550	1	255	0	0	0,59	25,4	camion grue T800	64770	6477	0
	Nuit	0	0	0	0	0	0	0,59	25,4	camion grue T800	0	0	0
Total											1589696	4240752	1597805

Scénarion d'utilisation de machinerie de surface

ID	Description	Family	Category	Fuel	Tier	Fuel Consumption per machine (L/h)	Nb in Fleet	% d'util.	Shift Efficiency	% Daily Usage (h/day)	% Yearly Usage (day/year)	Total Fuel Consumption (L/year)
1	Létourneau L-1850-2	Wheel Loader	OffRoad	Diesel	T1	236,5	2	70%	100%	100%	100%	2 900 444
2	Caterpillar 793F	Off-Highway Truck	OffRoad	Diesel	T2	293,0	4	84%	100%	100%	100%	8 573 422

Scénarion d'utilisation de machinerie souterraine

ID	Description	Family	Category	Fuel	Tier	Fuel Consumption per machine (L/h)	Nb in Fleet	% d'util.	Shift Efficiency	% Daily Usage (h/day)	% Yearly Usage (day/year)	Total Fuel Consumption (L/year)
1	Sandvik DD422i	Drill Rig	OffRoad	Diesel	T3	13,7	9	85%	81%	83%	99%	615 312
2	MacLean CS3	Off-Highway Truck	OffRoad	Diesel	T3	16,3	9	80%	52%	83%	99%	440 601
3	MacLean BT3	Off-Highway Truck	OffRoad	Diesel	T3	17,4	4	80%	64%	83%	99%	257 265
4	MacLean 928	Off-Highway Truck	OffRoad	Diesel	T2	18,2	18	80%	60%	83%	99%	1 147 265
5	MacLean SL3	Off-Highway Truck	OffRoad	Diesel	T3	16,3	19	80%	26%	83%	99%	465 078
6	Putzmeister PM407	Off-Highway Truck	OffRoad	Diesel	T4i	9,6	3	80%	26%	83%	99%	42 992
7	Sandvik DU412I	Drill Rig	OffRoad	Diesel	T3	14,8	9	85%	86%	83%	99%	699 373
8	Caterpillar 140M	Grader	OffRoad	Diesel	T3	26,4	3	80%	66%	83%	99%	300 616
9	Sandvik LH621	Wheel Loader	OffRoad	Diesel	T2	56,2	10	83%	81%	100%	99%	3 270 925
10	Sandvik LH517	Wheel Loader	OffRoad	Diesel	T4i	46,8	8	83%	81%	100%	99%	2 181 753
11	Sandvik TH663i (option T4	Off-Highway Truck	OffRoad	Diesel	T4N	94,8	14	83%	84%	100%	99%	8 078 434
12	Sandvik TH551 (option T4	Off-Highway Truck	OffRoad	Diesel	T4i	80,9	4	83%	84%	100%	99%	1 969 029
13	MacLean WS3	Other Construction Equipm	OffRoad	Diesel	T3	17,4	1	80%	30%	83%	99%	30 455
14	Sandvik LH307	Wheel Loader	OffRoad	Diesel	T3	25,4	5	83%	81%	100%	99%	738 759
15	Sandvik DS421	Drill Rig	OffRoad	Diesel	T3	12,6	2	80%	35%	83%	99%	50 515

ANNEXE

N

MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DES IMPACTS

10.1.3 Évaluation des impacts

10.1.3.1 Importance de l'impact

L'évaluation des impacts consiste à déterminer l'importance des impacts anticipés sur les milieux physique, biologique et humain, aux différentes étapes du Projet. Cette évaluation tient compte des mesures intégrées dès la conception du projet, de même que des mesures d'atténuation et de bonification applicables, et porte sur les impacts qui persistent après l'application de ces mesures.

Intensité de l'impact

L'intensité de l'impact indique le degré de perturbation subi par la composante environnementale étudiée.

Cette analyse tient compte des caractéristiques de la composante environnementale, notamment sa sensibilité et sa résilience face au changement, ainsi que de la valorisation dont elle fait l'objet. La valeur associée à la composante environnementale prend en considération son rôle écosystémique (milieu biologique seulement) et/ou socioéconomique, de même que la valeur qui lui est accordée par les parties prenantes consultées. Les composantes environnementales qui font l'objet de protection légale ou réglementaire, dont la protection fait l'objet d'un consensus ou qui jouent un rôle essentiel dans leur environnement (écosystème, milieux socioculturels ou économiques, etc.) sont jugées de grande valeur. Au contraire, les composantes environnementales qui suscitent peu d'intérêt et dont la conservation et la protection préoccupent peu le milieu sont considérées de faible valeur.

On distingue trois degrés d'intensité de l'impact :

- Intensité forte : l'impact détruit ou compromet significativement l'intégrité de la composante touchée ou modifie fortement ou de façon irréversible sa répartition ou son utilisation dans le milieu;

- Intensité moyenne : l'impact modifie la qualité, la répartition ou l'utilisation de la composante dans le milieu sans toutefois mettre en cause son intégrité;

- Intensité faible : l'impact altère faiblement la composante touchée sans modifier véritablement sa qualité, sa répartition ou son utilisation dans le milieu.

En ce qui concerne le paysage, l'intensité de l'impact est fonction des degrés d'absorption et d'insertion des équipements et des ouvrages du Projet dans son milieu.

Étendue de l'impact

L'étendue de l'impact est fonction de la superficie du territoire ou de la proportion des habitants touchés. L'étendue peut être régionale, locale ou ponctuelle :

- Étendue régionale : l'impact est ressenti dans toute la zone d'étude (ou dans une aire plus grande que la zone d'étude) ou par la majeure partie de sa population;

- Étendue locale : l'impact touche une portion limitée de la zone d'étude ou de sa population;

- Étendue ponctuelle : l'impact affecte un espace réduit ou quelques individus de la zone d'étude.

Pour le paysage, l'étendue de l'impact est liée au degré de perception des équipements et ouvrages dans le paysage par les observateurs.

Durée de l'impact

La durée de l'impact fait référence à la période durant laquelle l'effet du Projet sera ressenti dans le milieu. Ce critère prend en compte le caractère d'intermittence de l'impact. La durée d'un impact peut être longue, moyenne ou courte :

- Longue durée : l'impact est ressenti de façon continue ou discontinue durant toute la durée du Projet. Il s'agit le plus souvent d'un impact à caractère permanent et irréversible;

- Moyenne durée : l'impact est ressenti de façon temporaire (de manière continue ou discontinue) durant toute la phase de construction, ou encore durant certaines périodes de l'exploitation ou de la fermeture du Projet;

- Courte durée : l'impact est ressenti de façon temporaire (de manière continue ou discontinue) pendant une portion limitée de la période des travaux durant la phase de construction, ou encore en des moments précis et limités durant l'exploitation ou la fermeture du Projet.

Pour la composante paysage, les indicateurs de durée sont les mêmes que ceux utilisés pour les autres composantes.

Mesures d'atténuation, de bonification et de compensation

Il est important de rappeler que l'intégration harmonieuse du Projet dans son milieu est favorisée dès l'étape de planification et de conception, grâce à la mise en œuvre de critères ou d'optimisations visant la protection de l'environnement.

Ainsi, les mesures d'atténuation visent à diminuer les effets négatifs du Projet sur le milieu, alors que les mesures de bonification permettent au contraire d'en augmenter les effets positifs. Les mesures de compensation, quant à elles, sont instaurées pour compenser la perte ou la perturbation permanente de certaines composantes environnementales.

Les différentes mesures sont identifiées lors de l'exercice d'évaluation des impacts pour chacune des composantes environnementales et permettent d'évaluer avec plus d'exactitude l'importance des impacts.

Un impact peut être de nature positive ou négative. Cependant, seule l'importance d'un impact négatif est évaluée. Cette importance est fonction de l'intensité de la perturbation, de son étendue et de sa durée. Au terme de l'évaluation, l'importance est qualifiée de mineure, moyenne ou majeure. Si l'évaluation conclut à une importance moindre, l'impact est qualifié de négligeable.

Évaluation de l'importance de l'impact

Tel que mentionné précédemment, l'importance de l'impact est la résultante d'un jugement global portant sur l'effet d'une source d'impact sur une composante environnementale, après application des mesures d'atténuation ou de bonification. Par contre, l'évaluation de l'importance ne tient pas compte de l'application de mesures de compensation, le cas échéant.

L'importance d'un impact intègre les critères d'intensité, d'étendue, de durée et elle peut être majeure, moyenne ou mineure, comme le montre le tableau 10-4. La grille d'évaluation de l'importance de l'impact est symétrique puisqu'elle compte autant de possibilités d'impact d'importance majeure que mineure (7 dans chaque cas) et 13 possibilités d'impact d'importance moyenne.

En ce qui concerne le paysage, bien que les indicateurs d'intensité et d'étendue soient différents des autres composantes, la même grille d'évaluation de l'importance de l'impact est cependant utilisée.

Par ailleurs, lorsqu'un cadre normatif existe pour encadrer certaines composantes physiques, celui-ci est pris en compte dans l'analyse de l'impact, bien qu'il fasse abstraction aux notions d'intensité, de durée et d'étendue. Par exemple, l'analyse de l'ambiance sonore sur le bruit routier en phase exploitation s'appuie sur la grille d'analyse standard établie par le MTQ dans le cadre de sa *Politique sur le bruit routier*. Néanmoins, selon le milieu récepteur, les critères d'évaluation menant à établir l'importance d'un impact ne seront pas jugés de façon unique. Au final, l'analyse se base sur la même méthode que celle exposée ci-haut.

10.1.3.2 Probabilité d'occurrence de l'impact

L'évaluation de l'impact porte également sur sa probabilité d'occurrence, soit la probabilité que l'impact puisse toucher la composante environnementale. La probabilité peut être élevée, moyenne ou faible :

- Probabilité d'occurrence élevée : l'impact se manifestera de façon certaine;

- Probabilité d'occurrence moyenne : l'impact pourrait se manifester, sans qu'on en soit assuré;

- Probabilité d'occurrence faible : il est peu probable que l'impact survienne ou il ne pourrait survenir qu'en cas d'accident.

Notons que l'analyse de la probabilité d'occurrence de l'impact est menée séparément de celle de l'importance, puisqu'il s'agit de deux critères indépendants qui ne s'influencent pas. Ce critère n'est donc pas intégré dans la grille d'évaluation de l'importance de l'impact. Pour faciliter la lecture sur l'évaluation des impacts, l'analyse de ces deux critères est néanmoins présentée conjointement, tant pour la description détaillée de l'impact que pour son évaluation finale.

Tableau 10-4 Grille d'évaluation de l'importance de l'impact

Critères d'analyse			Importance
Intensité	**Étendue***	**Durée**	
Forte	Régionale	Longue	Majeure
		Moyenne	Majeure
		Courte	Majeure
	Locale	Longue	Majeure
		Moyenne	Majeure
		Courte	Moyenne
	Ponctuelle	Longue	Majeure
		Moyenne	Moyenne
		Courte	Moyenne
Moyenne	Régionale	Longue	Majeure
		Moyenne	Moyenne
		Courte	Moyenne
	Locale	Longue	Moyenne
		Moyenne	Moyenne
		Courte	Moyenne
	Ponctuelle	Longue	Moyenne
		Moyenne	Moyenne
		Courte	Mineure
Faible	Régionale	Longue	Moyenne
		Moyenne	Moyenne
		Courte	Mineure
	Locale	Longue	Moyenne
		Moyenne	Mineure
		Courte	Mineure
	Ponctuelle	Longue	Mineure
		Moyenne	Mineure
		Courte	Mineure

Note : * En ce qui concerne le paysage, l'étendue régionale correspond à une grande étendue, l'étendue locale correspond à une étendue moyenne et l'étendue ponctuelle une faible étendue.

10.1.3.3 Présentation de l'évaluation des impacts

Pour chaque composante environnementale analysée et pour chaque phase, si appropriée, du Projet, l'évaluation est présentée comme suit :

- Déclaration de l'impact;
- Source(s) de l'impact;
- Élément(s) de conception permettant de limiter l'impact, s'il y a lieu;
- Mesure(s) d'atténuation ou de bonification;
- Mesure de compensation, s'il y a lieu;
- Description détaillée de l'impact;
- Évaluation de l'impact, si la nature de l'impact est négative;
- Tableau synthèse de l'évaluation, si la nature de l'impact est négative.

Afin de simplifier la lecture, les mesures d'atténuation applicables à chacune des composantes du Projet sont identifiées par un code distinct selon la nature de la mesure d'atténuation. Les définitions de ces mesures d'atténuation sont détaillées dans le tableau récapitulatif des résultats présenté ci-après, dénommé le *Tableau des impacts et des mesures d'atténuation* (voir tableau 10-5). De plus, dans ce même tableau une colonne spécifie si la mesure est applicable au volet Extension Canadian Malartic (Mine), au volet Déviation, ou encore aux deux volets du Projet, et la phase du Projet à laquelle cette mesure est prévue. Le résultat de l'importance de l'impact y est aussi présenté pour chaque phase du Projet, et ce, selon que l'impact se rapporte à la Mine ou à la Déviation (la phase fermeture n'étant toutefois applicable qu'à la Mine). Cette importance considère l'application des mesures d'atténuation identifiées dans ce tableau.

Les paramètres d'intensité, d'étendue et de durée ayant mené à la détermination de l'importance des impacts figurent également au tableau 10-5. Une seule composante du milieu est traitée par page du tableau, de sorte que l'évaluation de l'importance de chacun des impacts se rapportant à cette composante se trouve dans le bas de chacune des pages. Les impacts de nature positive y sont identifiés, bien qu'ils n'aient pas fait l'objet d'une évaluation avec les paramètres d'intensité, d'étendue et de durée comme mentionné précédemment.

Bien que la question de la surveillance des travaux et du suivi environnemental soit parfois abordée à l'étape de l'évaluation des impacts, ces sujets sont traités plus spécifiquement au chapitre 12. Il en va de même avec le programme de compensation des pertes de milieux humides, de cours d'eau et d'habitats du poisson traité au chapitre 13.

Pour connaître tous les détails de l'analyse des impacts en fonction de chaque volet du Projet, il faut se rapporter à la section 10.2 pour les impacts du volet Mine et à la section 10.3 pour le volet Déviation. La section 10.4 présente, quant à elle, un bilan des principaux impacts du Projet et examine les possibilités d'effets cumulatifs qui y sont associés.

ANNEXE

O

ESTIMATION DES VIBRATIONS DE SAUTAGE – PUITS PRINCIPAL

NOTE TECHNIQUE

CLIENT :	Canadian Malartic GP		
PROJET :	Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey	**Réf. WSP :**	171-08287-03
OBJET :	Estimation des vibrations de sautage - Puits principal	**DATE :**	5 février 2021
DESTINATAIRE :	Richard Harrison		
C.C. :	Sylvie Lampron, Martin Duclos, Stéphanie Lafrenière		

1 MISE EN CONTEXTE

Dans le cadre du projet Odyssey, Canadian Malartic GP (CMGP) projette d'exploiter quatre zones minéralisées, soit East Malartic, East Gouldie, Odyssey Sud et Odyssey Nord. Il est prévu que ces zones soient exploitées au moyen de galeries souterraines à proximité de la mine Canadian Malartic (la Mine). Ce projet nécessitera, entre autres, l'aménagement d'un puits et d'une rampe pour accéder aux gisements.

Le projet Odyssey est situé dans l'empreinte existante du projet d'extension présenté par CMGP en 2015 au Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) et autorisé par décret émis par le gouvernement du Québec en 2017 (décret 388-2017). Le 28 novembre 2018, le décret 1370-2018 a été adopté, modifiant le décret n° 388-2017 de la Mine et autorisant CMGP à réaliser son projet Odyssey. La demande de modification du décret vise l'ajout de l'exploitation souterraine des zones East Malartic et East Gouldie au projet Odyssey. Cette modification de décret permettrait une production d'environ 20 000 tonnes de minerai et potentiellement 5 000 tonnes de stériles par jour.

WSP Canada Inc. (WSP) a été mandatée par CMGP afin de réaliser une étude visant à l'estimation des vibrations de sautage dans le cadre du projet Odyssey.

La présente analyse vise à compléter les estimations des vibrations de sautage pour l'excavation du puits principal du projet Odyssey en complément aux analyses précédentes présentées pour les sautages de la construction de la rampe d'accès et de l'exploitation des gisements souterrains.

Cette analyse vise à s'assurer que les vibrations émises par les sautages pour l'excavation du puits sont sécuritaires pour les structures limitrophes à la future exploitation minière et que celles-ci respectent en tout point la nouvelle Directive 019 du MELCC.

2 MÉTHODOLOGIE

Cette étude est réalisée en considération des pratiques de sautage prévues pour l'excavation du puits principal.

WSP Canada Inc.
11e étage
1600, boulevard René-Lévesque Ouest
Montréal (Québec) H3H 1P9
Canada

T : +1-514-340-0046
F : +1-514-340-1337

wsp.com

Les points visés dans l'analyse des futurs sautages sont la route provinciale 117 ainsi que les maisons les plus rapprochées de la Ville de Malartic (annexe A) et situées sur le chemin des Merles.

Dans le cadre de cette étude, l'option ultime a été considérée. Ce dernier considère la charge explosive maximale initiée par délai de mise à feu et selon les distances les plus rapprochées des structures voisines par rapport aux zones des futurs sautages de fonçage du puits principal. Ces caractéristiques correspondent à la phase de construction du puits principal.

Les détails de paramètres de sautage pour le puits principal sont présentés à l'annexe B du présent rapport.

Le diamètre de forage prévu pour la construction du puits principal est de 45 mm.

La profondeur des avancées par sautage est de 2,4 m.

Le chargement des explosifs sera effectué avec l'utilisation d'explosifs encartouchés de type émulsion de format 40 x 400 mm.

En considération de la séquence de mise à feu proposée, la charge maximale par délai de mise à feu est établie à 78 kg.

3 DISTANCES CRITIQUES

Les distances critiques considérées dans l'analyse sont définies comme suit :

Tableau 1 Sautage pour le puits principal

Localisation	**Distance minimale (m)**
Route 117	400
Maisons Malartic	3 442
Maisons chemin des Merles	4 025

4 VIBRATIONS DE SAUTAGE

Pour les calculs de prévision des vibrations, la formule reconnue suivante a été utilisée :

$$V = K\,(d/w^{1/2})^{\eta}$$

Où :

- V = vitesse de particules (mm/s);
- w = charge maximale par délai (kg);
- d = distance (m);
- K = constante de confinement du sautage;
- η = constante d'atténuation dans le sol.

Pour l'établissement des valeurs des constantes K et η, l'ensemble des courbes de résultats sismiques enregistrées lors de l'exploitation de la fosse actuelle de Malartic a été considéré afin d'adapter les estimations selon le contexte local. Il est entendu que ces valeurs devront faire l'objet de réactualisation en fonction des résultats obtenus lors des travaux de sautage du Projet Odyssey.

Ainsi, les courbes de régression linéaire de vibrations faisant référence à cette analyse sont présentées à l'annexe C de la présente note technique.

Tableau 2 Résumé des courbes de régression linéaire de vibrations

Localisation	Constante de sautage (K)	Constante d'atténuation (η)
Musée Malartic	61	-0,86
Royale	108	-1,01
Jacques-Cartier	173	-1,09
Abitibi	134	-1,06
LaSalle	26	-0,68
Renaud	55	-0,88
Des Saules	37	-0,77
Résultante	**81,6**	**-0,93**

Dans la présente étude, trois (3) scénarios sont considérés pour l'estimation des vibrations, soit le scénario Jacques-Cartier où la valeur K est maximale à 173, le scénario LaSalle où la valeur η est minimale et dernier scénario préconisant les valeurs résultantes moyennes des deux constantes.

Le scénario Jacques-Cartier présente la valeur K maximale, soit le scénario où le degré de confinement du sautage serait maximal et propice à générer des vibrations supérieures.

Le scénario LaSalle présente la valeur η la plus faible, soit le scénario où l'atténuation des vibrations de sautage serait la plus faible en fonction de la distance.

Le troisième scénario préconise les valeurs moyennes des constantes K et η issues de l'ensemble des points d'enregistrement des mesures de vibrations de sautage.

Pour chacun de ces scénarios, les estimations de vibrations définies au tableau ci-dessous ont été obtenues.

Tableau 3 Sautage pour le puits principal

Charge max./délai = 78,0 kg				
Localisation	**Distance min. (m)**	**Scénario 1 K = 173 η = -1.09 (mm/sec)**	**Scénario 2 K = 26 η = -0.68 (mm/sec)**	**Scénario 3 K = 81,6 η = -0.93 (mm/sec)**
Route 117	400	2,71	1,94	2,35
Maisons Malartic	3 442	0,26	0,45	0,43
Maisons chemin des Merles	4 025	0,22	0,40	0,27

5 CONCLUSION

Cette étude valide que les vibrations anticipées pour les futurs sautages du puits principal sont faibles et n'auront aucun impact sur les structures les plus rapprochées des zones de sautage.

De plus, les vibrations maximales anticipées aux résidences les plus rapprochées de Malartic et sur le chemin des Merles sont estimées à 0,45 mm/sec (selon le scénario 2), soit pratiquement imperceptibles pour les résidents. De plus, il est à noter que les vibrations perçues en surface diminueront progressivement en fonction du fonçage du puits.

Cette étude considère également la présence de la route 117, puisque des conduits de gaz naturel de la compagnie Énergir sont enfouis le long de la route. La vibration maximale estimée à cette structure est de 2,71 mm/sec, donc très faible et des plus sécuritaires. Les vibrations de sautage estimées, telles que présentées, respectent le document de référence fournissant les directives sécuritaires pour les infrastructures souterraines développé par les grands propriétaires d'infrastructures souterraines : *Directives pour les travaux à proximité de nos infrastructures souterraines* (Info-excavation, 2020)[1].

La méthodologie de sautage prévue par Canadian Malartic GP est ainsi conforme et respecte en tout point la Directive 019 du MELCC applicable pour tout point d'impact, tel que les habitations et tout autre bâtiment.

PRÉPARÉ PAR

Pierre Groleau, ing. (OIQ nº 39115)
Expert en forage et sautage

RÉVISÉ PAR

Francis Trépanier, ing. (OIQ nº115941)
Expert en forage, sautage et vibrations

[1] Info-Excavation, 2020. *Directives pour les travaux à proximité de nos infrastructures souterraines.* Document développé par Énergir, Gazifère, Commission des services électrique de Montréal, Hydro-Québec, Bell, Videotron et Telus. Version 1. Avril 2020.

Annexe A

Vue en plan
Installations de surface – Projet Odyssey

Projet Odyssey

- Chemin d'accès aux insfrastructures
- Bâtiment
- Autres infrastructures
- Entreposage
- Portail de la rampe
- Puits
- Stationnement
- Surface de dépôt
- Bassin de pompage Nord-Est (bassin Odyssey)
- Fosse Jeffrey (Remblayée)
- Habitation la plus proche du puits et du portail de la rampe

PARTENARIAT CANADIAN MALARTIC

Projet d èxploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey - Étude des vibrations générées par le fonçage du puits

Carte 1
Localisation du projet

Sources :
Plan Infrastructures Site Odyssey_vent_préliminaire_04aout.dwg
Orthophotos, résolution 50 cm, 200629

0 180 360 m
UTM, fuseau 17N, NAD83

02 février 2021

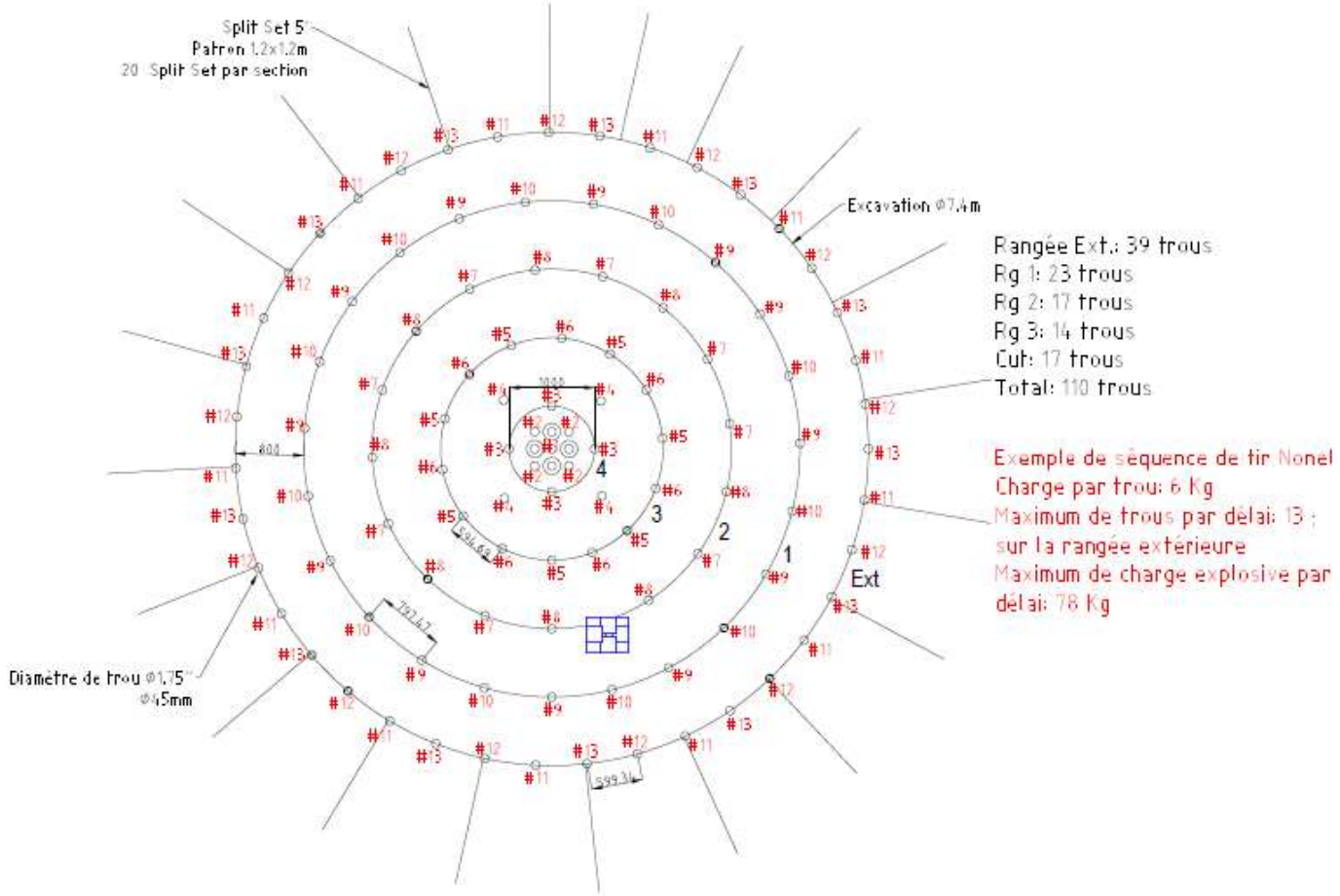
Préparée par : É. D'Astous
Dessinée par : A. Monnard
Vérifiée par : M. Sigouin

171_08287_03_EVC1_010_locProjet_210202.mxd

wsp

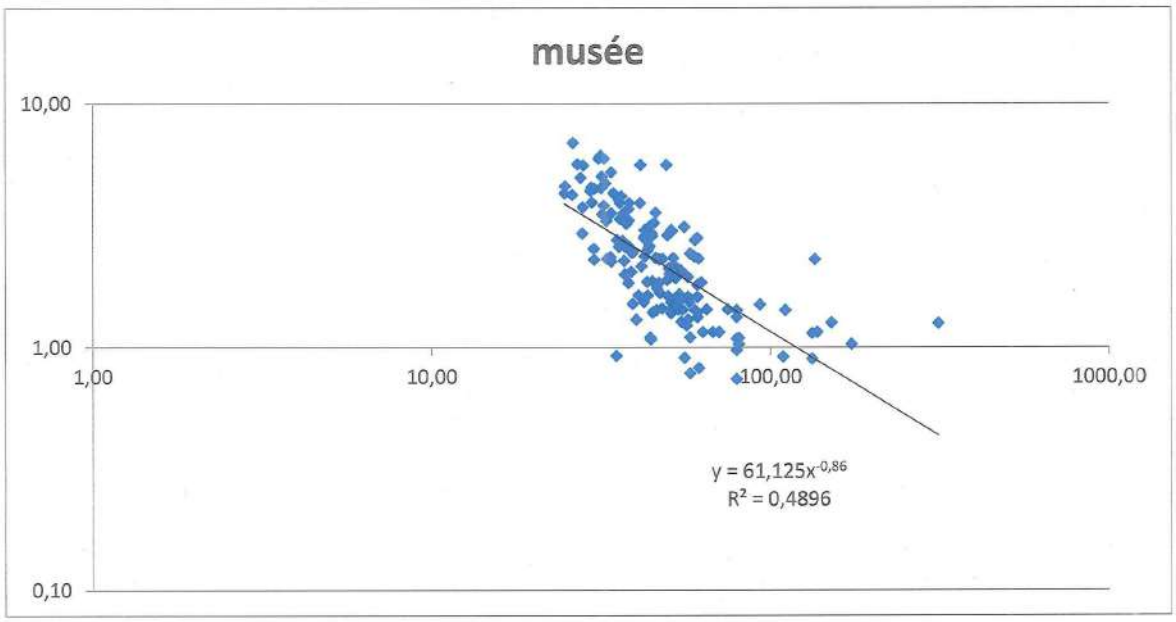
Annexe B

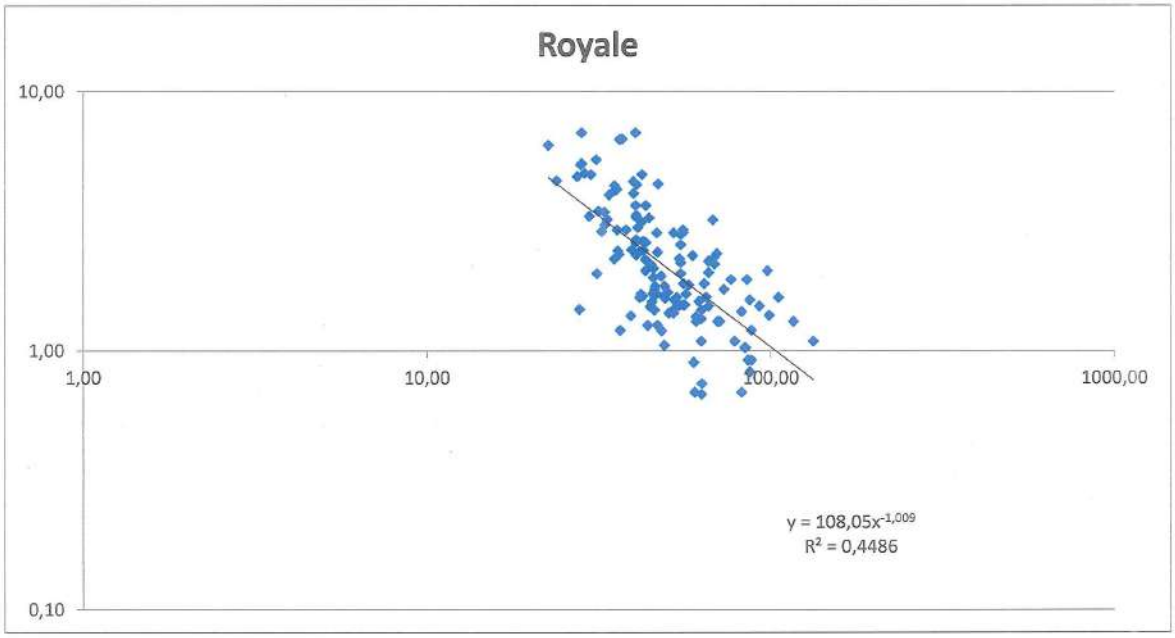
Vue en plan
Paramètres de sautage pour le puits principal – Projet Odyssey

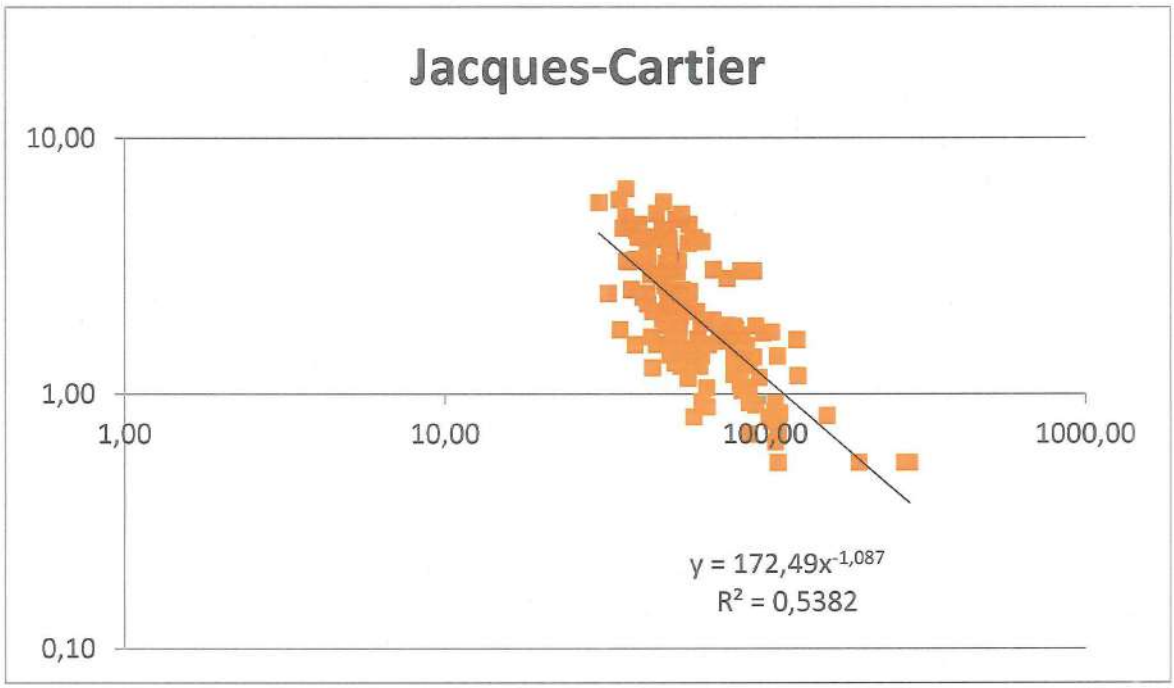

Split Set 5'
Patron 1.2x1.2m
20 Split Set par section
Excavation Ø7.4m
Rangée Ext.: 39 trous
Rg 1: 23 trous
Rg 2: 17 trous
Rg 3: 14 trous
Cut: 17 trous
Total: 110 trous
Exemple de séquence de tir Nonel
Charge par trou: 6 Kg
Maximum de trous par délai: 13 ; sur la rangée extérieure
Maximum de charge explosive par délai: 78 Kg
Diamètre de trou Ø1.75"
Ø45mm
Ext
1
2
3
4

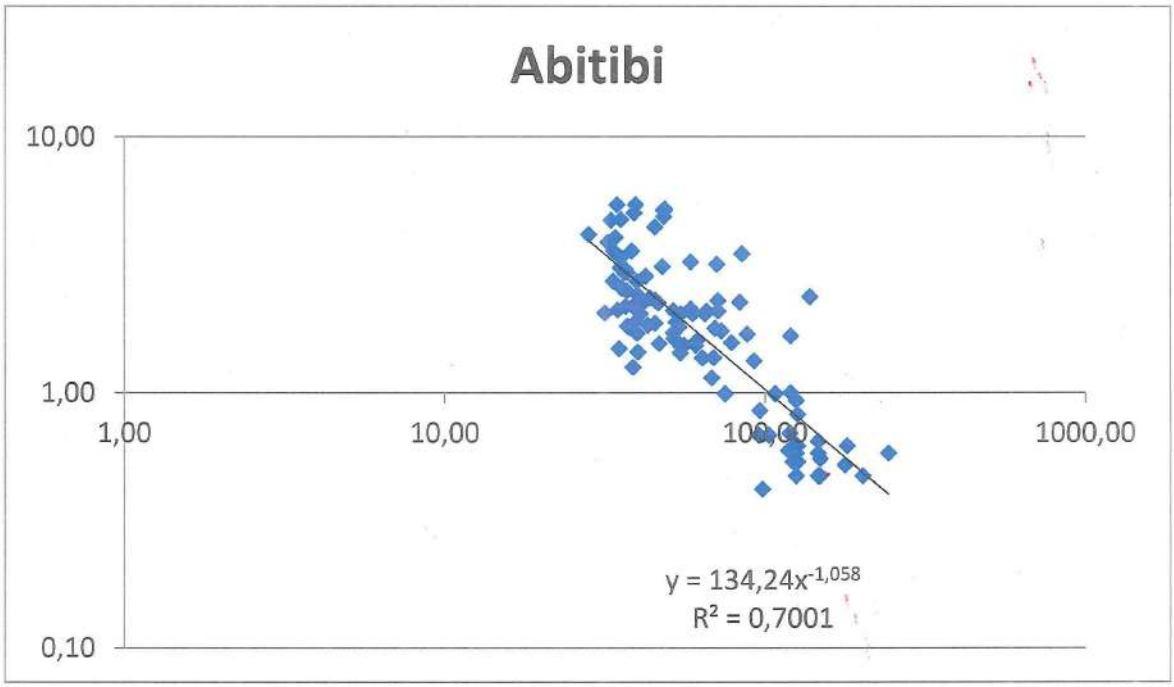
Annexe C

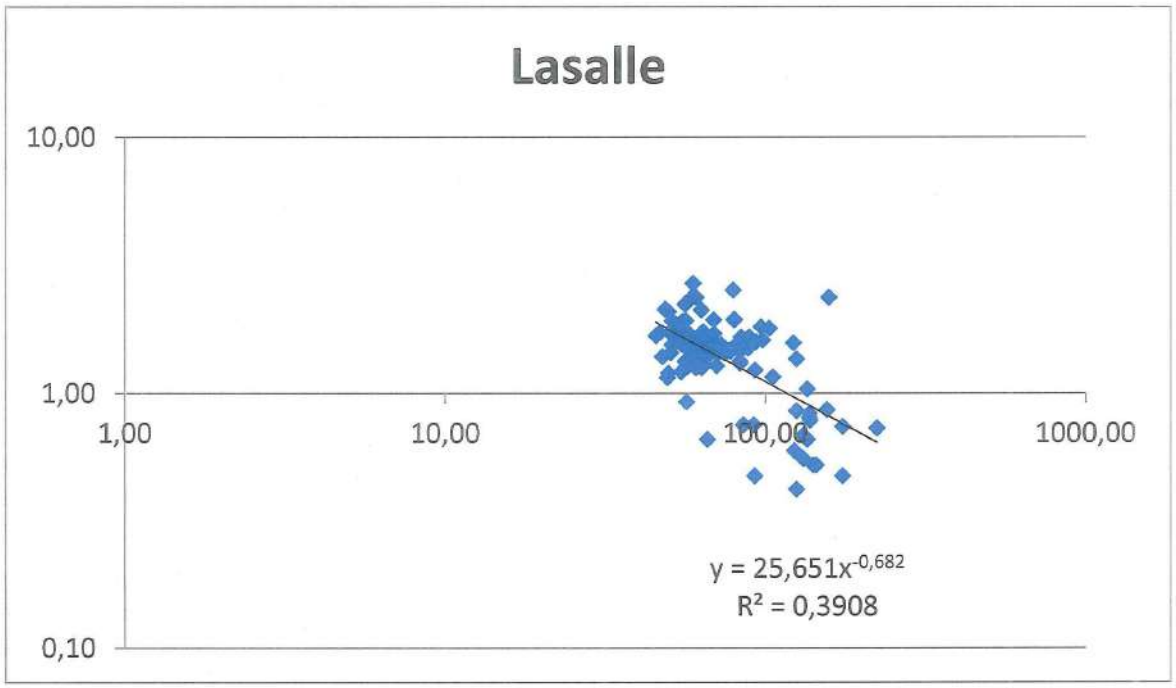
Courbes de régressions linéaires de sautage - Opération minière de Malartic à ciel ouvert

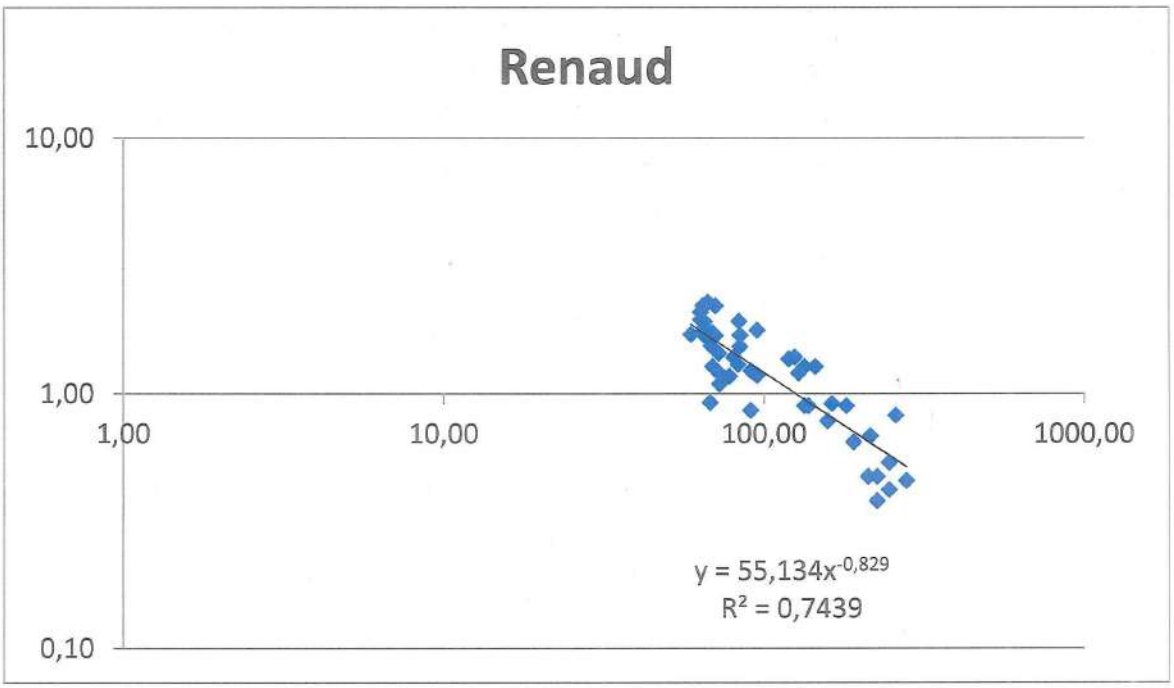

musée
10,00
1,00
0,10
1,00
10,00
100,00
1000,00
y = 61,125x-0,86
R² = 0,4896

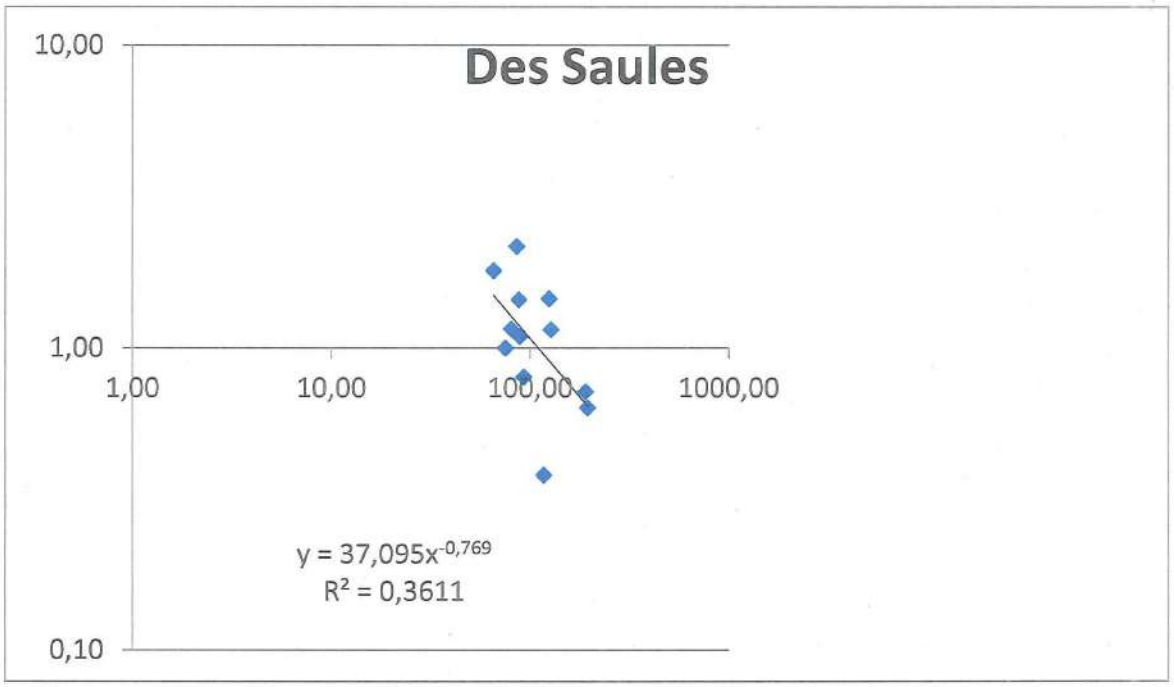

Royale
10,00
1,00
0,10
1,00
10,00
100,00
1000,00
y = 108,05x-1,009
R² = 0,4486

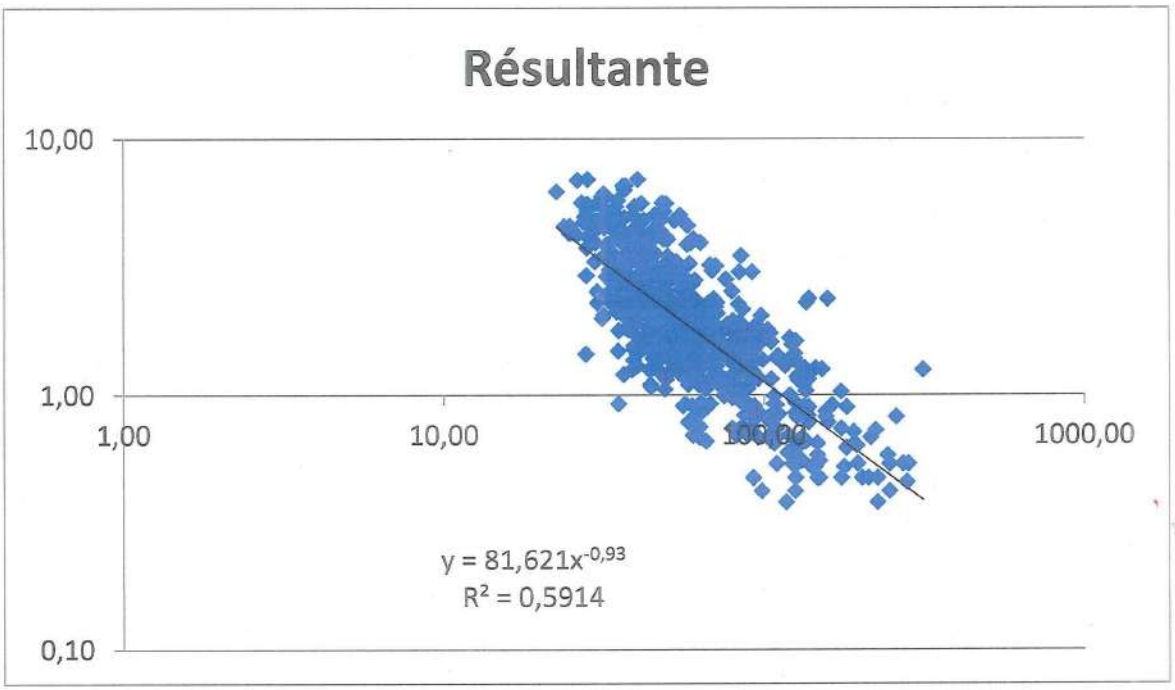

Jacques-Cartier
10,00
1,00
0,10
1,00
10,00
100,00
1000,00
y = 172,49x-1,087
R2 = 0,5382


Abitibi
10,00
1,00
0,10
1,00
10,00
100,00
1000,00
y = 134,24x-1,058
R2 = 0,7001


Lasalle
10,00
1,00
0,10
1,00
10,00
100,00
1000,00
y = 25,651x-0,682
R² = 0,3908


Renaud
10,00
1,00
0,10
1,00
10,00
100,00
1000,00
y = 55,134x-0,829
R² = 0,7439


Des Saules
10,00
1,00
0,10
1,00
10,00
100,00
1000,00
y = 37,095x-0,769
R² = 0,3611


Résultante
10,00
1,00
0,10
1,00
10,00
100,00
1000,00
y = 81,621x-0,93
R² = 0,5914

ANNEXE

P

ESTIMATION DES VIBRATIONS DE SAUTAGE – DÉVELOPPEMENT DE LA RAMPE D'ACCÈS ET EXPLOITATION DU GISEMENT SOUTERRAIN

NOTE TECHNIQUE

CLIENT :	Canadian Malartic GP		
PROJET :	Projet d'exploitation des zones souterraines minéralisées du projet Odyssey	**Réf. WSP :**	171-08287-03
OBJET :	Estimation des vibrations de sautage - Construction de la rampe d'accès et exploitation du gisement souterrain	**DATE :**	5 février 2021
DESTINATAIRE :	Richard Harrison		
C.C. :	Sylvie Lampron, Martin Duclos, Stéphanie Lafrenière		

1 MISE EN CONTEXTE

Dans le cadre du projet Odyssey, Canadian Malartic GP (CMGP) projette d'exploiter quatre zones minéralisées, soit East Malartic, East Gouldie, Odyssey Sud et Odyssey Nord. Il est prévu que ces zones soient exploitées au moyen de galeries souterraines à proximité de la mine Canadian Malartic (la Mine). Ce projet nécessitera, entre autres, l'aménagement d'un puits et d'une rampe pour accéder aux gisements.

Le projet Odyssey est situé dans l'empreinte existante du projet d'extension présenté par Canadian Malartic GP (CMGP) en 2015 au Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) et autorisé par décret émis par le gouvernement du Québec en 2017 (décret 388-2017). Le 28 novembre 2018, le décret 1370-2018 a été adopté, modifiant le décret n° 388-2017 de la mine Canadian Malartic et autorisant CMGP à réaliser son projet Odyssey. La demande de modification du décret vise l'ajout de l'exploitation souterraine des zones East Malartic et East Gouldie au projet Odyssey. Cette modification de décret permettrait une production d'environ 20 000 tonnes de minerai et potentiellement 5 000 tonnes de stériles par jour.

WSP Canada Inc. (WSP) a été mandatée par Canadian Malartic GP (CMGP) afin de réaliser une étude visant l'estimation des vibrations de sautage anticipées pour les tirs futurs de développement requis pour la construction de la rampe d'accès et l'exploitation du gisement souterrain du projet Odyssey.

Cette analyse vise à s'assurer que les vibrations émises par les sautages sur ce projet sont sécuritaires pour les structures limitrophes à la future exploitation minière et que celles-ci respectent en tout point la nouvelle Directive 019 du MELCC.

2 MÉTHODOLOGIE

Cette étude est divisée en deux scénarios distincts, soit pour les travaux de construction de la rampe d'accès aux futurs chantiers souterrains et pour l'exploitation des gisements souterrains par méthode de chantier de type long trou.

WSP Canada Inc.
11e étage
1600, boulevard René-Lévesque Ouest
Montréal (Québec) H3H 1P9
Canada

T : +1-514-340-0046
F : +1-514-340-1337

wsp.com

Les points visés dans l'analyse des futurs sautages sont la route provinciale 117 ainsi que les maisons les plus rapprochées de la Ville de Malartic et situées sur le chemin des Merles.

Dans le cadre de cette étude, le scénario ultime a été considéré, soit en fonction de la charge explosive maximale initiée par délai de mise à feu et selon les distances les plus rapprochées des structures voisines par rapport aux zones des futurs sautages dans la rampe et dans les chantiers d'exploitation souterrains.

3 RAMPE D'ACCÈS

Le diamètre de forage prévu pour la construction de la future rampe d'accès est de 45 mm.

Pour fins d'analyse, des profondeurs de forage de 4,3 m pour des avancées par sautage de 4,0 m ont été considérées.

Ce scénario établi une charge explosive par trou de 6,58 kg.

La séquence de tir planifiée prévoit la mise à feu d'un maximum de six (6) trous par délai, ce qui résulte en une charge explosive maximale par délai de 39,5 kg.

4 CHANTIER LONG TROU

Le diamètre de forage prévu pour l'exploitation des chantiers de type long trou est de 165 mm.

Pour fins d'analyse, les chantiers les plus profonds ont été considérés, soit de l'ordre de 50 m.

L'explosif prévu pour le chargement de ce type de trou correspond à de l'émulsion en vrac d'une densité moyenne de 1,15 g/cc. Pour fins d'analyse, cette étude considère ainsi une charge maximale par délai de mise à feu de 800 kg.

5 DISTANCES CRITIQUES

Les distances critiques considérées dans l'analyse sont définies comme suit :

Tableau 1 Sautage pour la rampe d'accès

Localisation	Distance minimale (m)
Route 117	200
Maisons Malartic	1 643
Maisons chemin des Merles	3 172

Tableau 2 Sautage pour les chantiers long trou

Localisation	Distance minimale (m)
Route 117	310
Maisons Malartic	1 460
Maisons chemin des Merles	3 063

6 VIBRATIONS DE SAUTAGE

Pour les calculs de prévisions des vibrations, la formule reconnue suivante a été utilisée :

$$V = K\,(d/w^{1/2})^{\eta}$$

Où :

- V : Vitesse de particules (mm/s);
- w : Charge maximale par délai (kg);
- d : Distance (m);
- K : Constante de confinement du sautage;
- η : Constante d'atténuation dans le sol.

Pour l'établissement des valeurs des constantes K et η, l'ensemble des courbes des résultats sismiques enregistrés lors de l'exploitation de la fosse actuelle de Malartic a été considéré afin d'adapter les estimations selon le contexte local. Il est entendu que ces valeurs devront faire l'objet d'une réactualisation en fonction des résultats obtenus lors des travaux de sautage de la mine Odyssey.

Ainsi, les courbes de régression linéaire de vibration faisant référence à cette analyse sont présentées à l'annexe A de la présente note technique.

Le résumé de ces courbes est indiqué dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3 Résumé des courbes de régression linéaire de vibrations

Localisation	Constante de sautage (K)	Constante d'atténuation (η)
Musée Malartic	61	-0,86
Royale	108	-1,01
Jacques-Cartier	173	-1,09
Abitibi	134	-1,06
LaSalle	26	-0,68
Renaud	55	-0,88
Des Saules	37	-0,77
Résultante	**81,6**	**-0,93**

Dans la présente étude, trois (3) scénarios sont considérés pour l'estimation des vibrations, soit le scénario Jacques-Cartier où la valeur K est maximale à 173, le scénario LaSalle où la valeur η est minimale et un dernier scénario préconisant les valeurs résultantes moyennes des deux constantes.

Le scénario Jacques-Cartier présente la valeur K maximale, soit le scénario où le degré de confinement du sautage serait maximal et propice à générer des vibrations supérieures.

Le scénario LaSalle présente la valeur η la plus faible, soit le scénario où l'atténuation des vibrations de sautage serait la plus faible en fonction de la distance.

Pour chacun de ces scénarios et selon le sautage de la rampe et le sautage des chantiers long trou, les estimations de vibrations définies dans les tableaux ci-dessous ont été obtenues.

Tableau 4 Sautage pour la rampe d'accès

Charge max./délai = 39,5 kg				
Localisation	**Distance min. (m)**	**Scénario 1 K = 173 η = -1.09 (mm/sec)**	**Scénario 2 K = 26 η = -0.68 (mm/sec)**	**Scénario 3 K = 81,6 η = -0.93 (mm/sec)**
Route 117	200	3,98	2,47	3,27
Maisons Malartic	1 643	0,40	0,59	0,46
Maisons chemin des Merles	3 172	0,20	0,38	0,25

Tableau 5 Sautage pour les chantiers long trou

Charge max./délai = 800 kg				
Localisation	**Distance min. (m)**	**Scénario 1 K = 173 η = -1.09 (mm/sec)**	**Scénario 2 K = 26 η = -0.68 (mm/sec)**	**Scénario 3 K = 81,6 η = -0.93 (mm/sec)**
Route 117	310	12,72	5,10	8,80
Maisons Malartic	1 460	2,35	1,78	2,08
Maisons chemin des Merles	3 063	1,05	1,08	1,05

7 CONCLUSION

Cette étude valide que les vibrations anticipées pour les futurs sautages de la rampe d'accès et de l'exploitation des futurs gisements souterrains par méthode de chantier long trou sont faibles et n'auront aucun impact sur les structures les plus rapprochées des zones de sautage.

De plus, la vibration anticipée à la résidence de Malartic la plus rapprochée du gisement Odyssey (1 460 m) est estimée à 2,35 mm/sec dans le scénario le plus défavorable, donc faible et largement sécuritaire.

Cette étude considère également la présence de la route 117, puisque des conduits de gaz naturel de la compagnie Énergir sont enfouis le long de la route. La vibration maximale estimée à 12,72 mm/sec demeure conforme et sécuritaire pour ces installations. Les vibrations de sautage estimées, telles que présentées, respectent le document de référence fournissant les directives sécuritaires pour les infrastructures souterraines développées par les grands

propriétaires d'infrastructures souterraines : *Directives pour les travaux à proximité de nos infrastructures souterraines* (Info-excavation, 2020)[1].

La méthodologie de sautage prévue par CMGP est ainsi conforme et respecte en tout point la Directive 019 du MELCC, applicable pour tout point d'impact tel qu'habitation et tout autre bâtiment.

PRÉPARÉ PAR

Pierre Groleau, ing (OIQ nº 39115)
Expert en forage et sautage

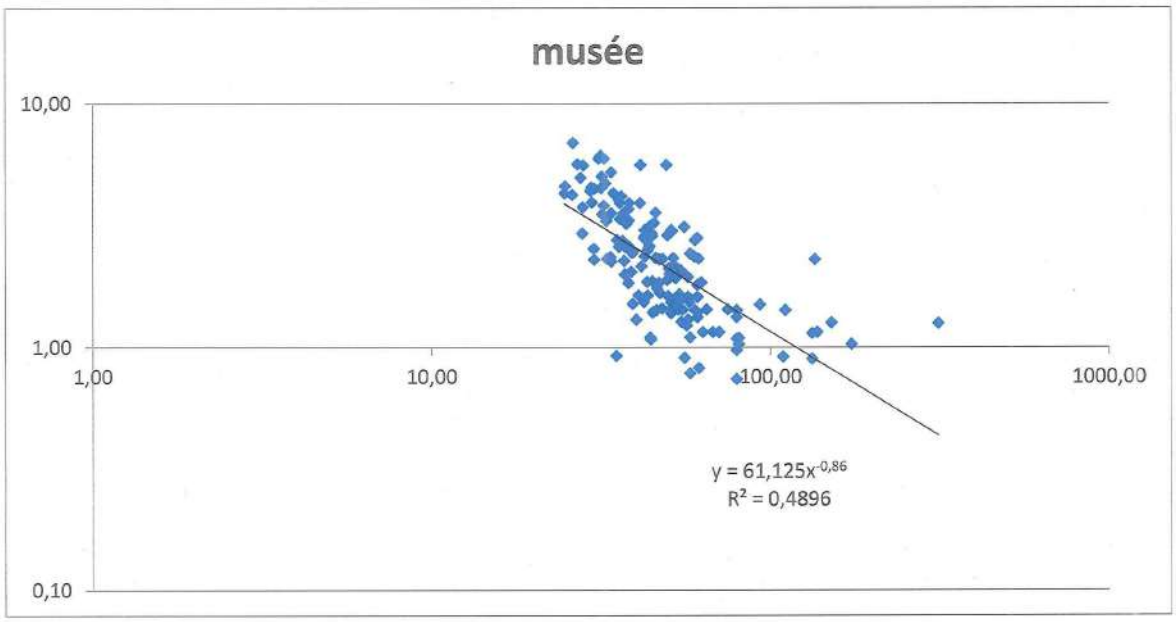
RÉVISÉ PAR

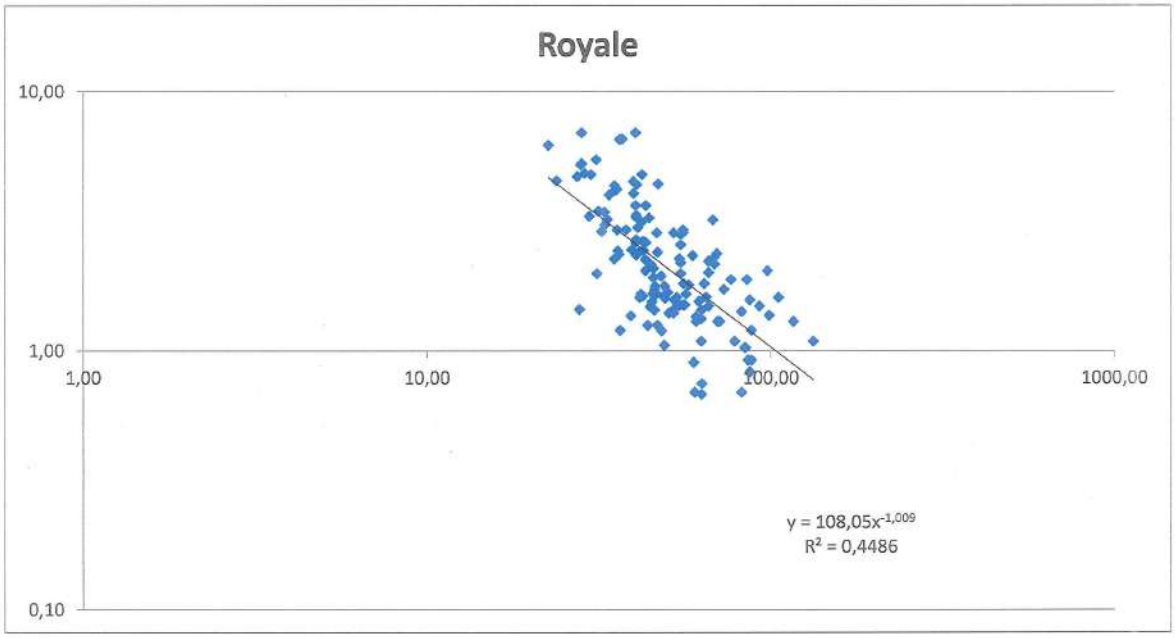
Francis Trépanier, ing (OIQ nº115941)
Expert en forage, sautage et vibrations

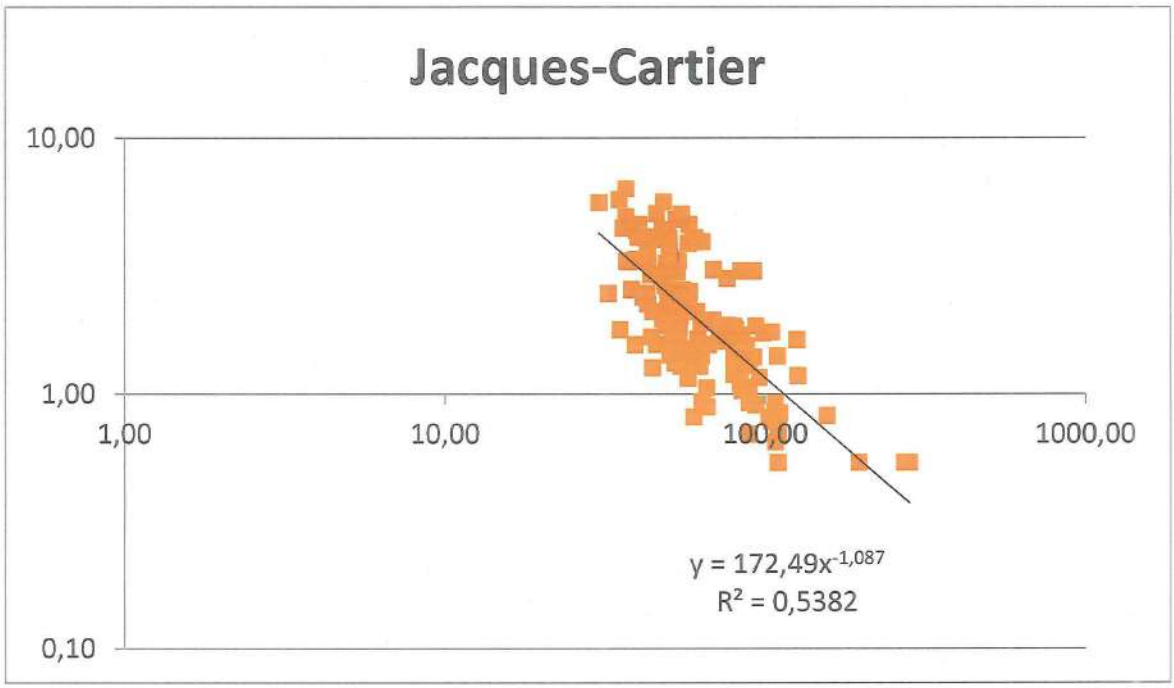
[1] Info-Excavation, 2020. *Directives pour les travaux à proximité de nos infrastructures souterraines*. Document développé par Énergir, Gazifère, Commission des services électrique de Montréal, Hydro-Québec, Bell, Videotron et Telus. Version 1. Avril 2020.

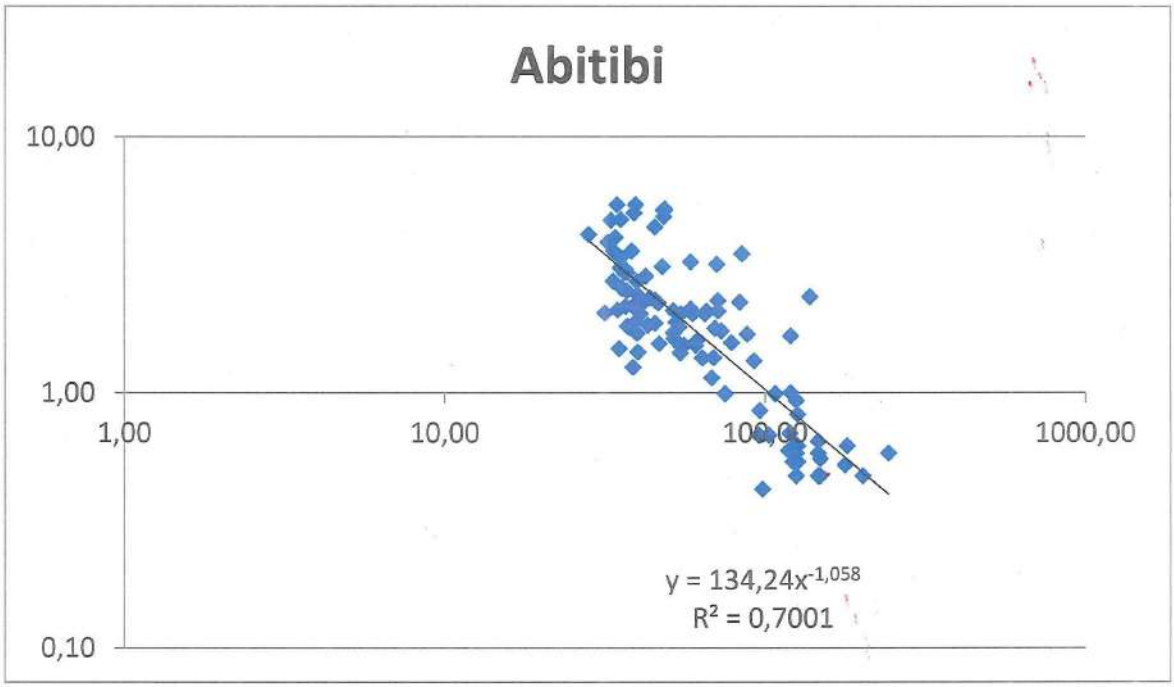
Annexe A

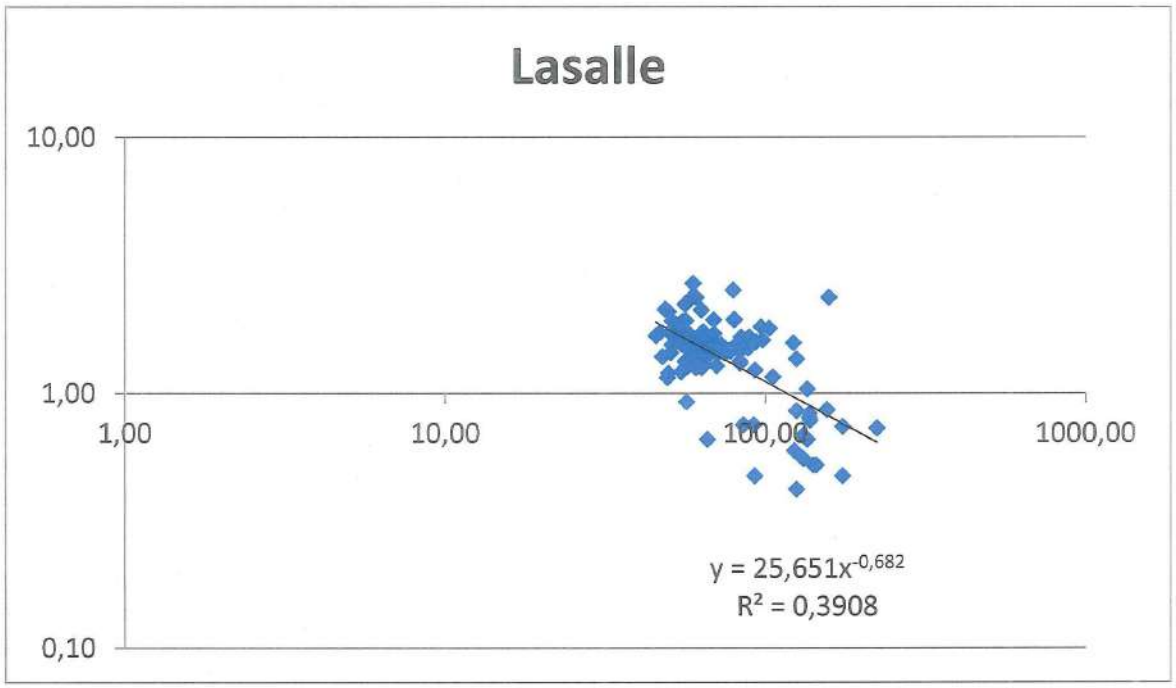
Courbes de régressions linéaires de sautage - Opération minière de Malartic à ciel ouvert

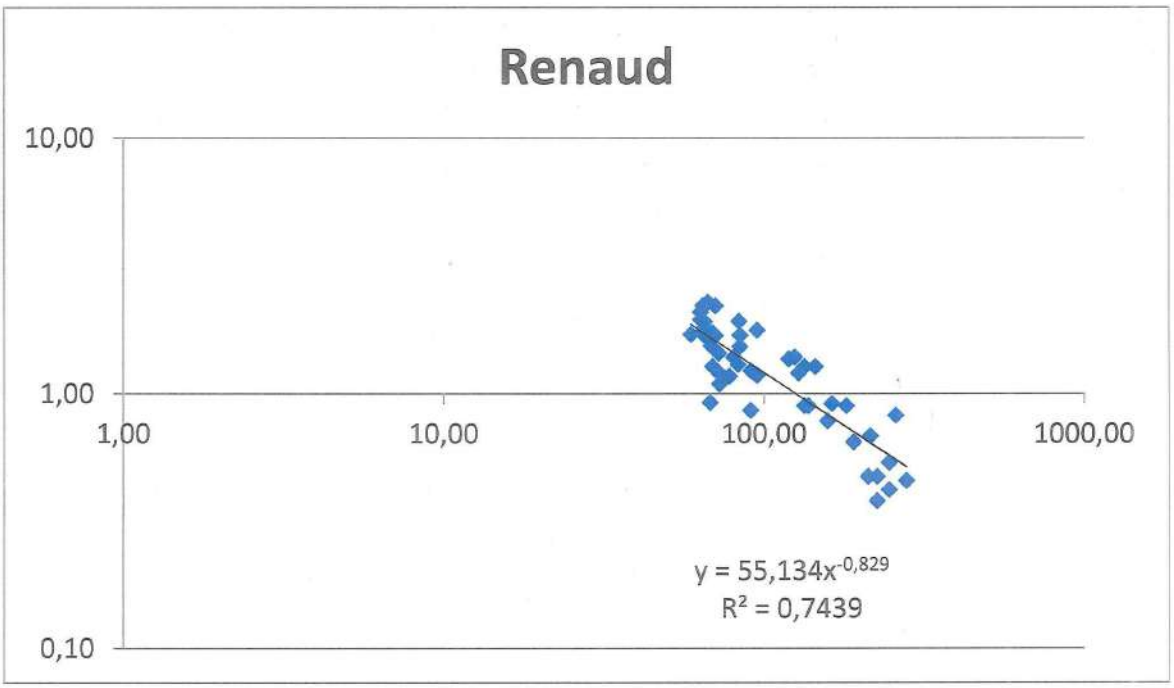

musée
10,00
1,00
0,10
1,00
10,00
100,00
1000,00
y = 61,125x-0,86
R² = 0,4896

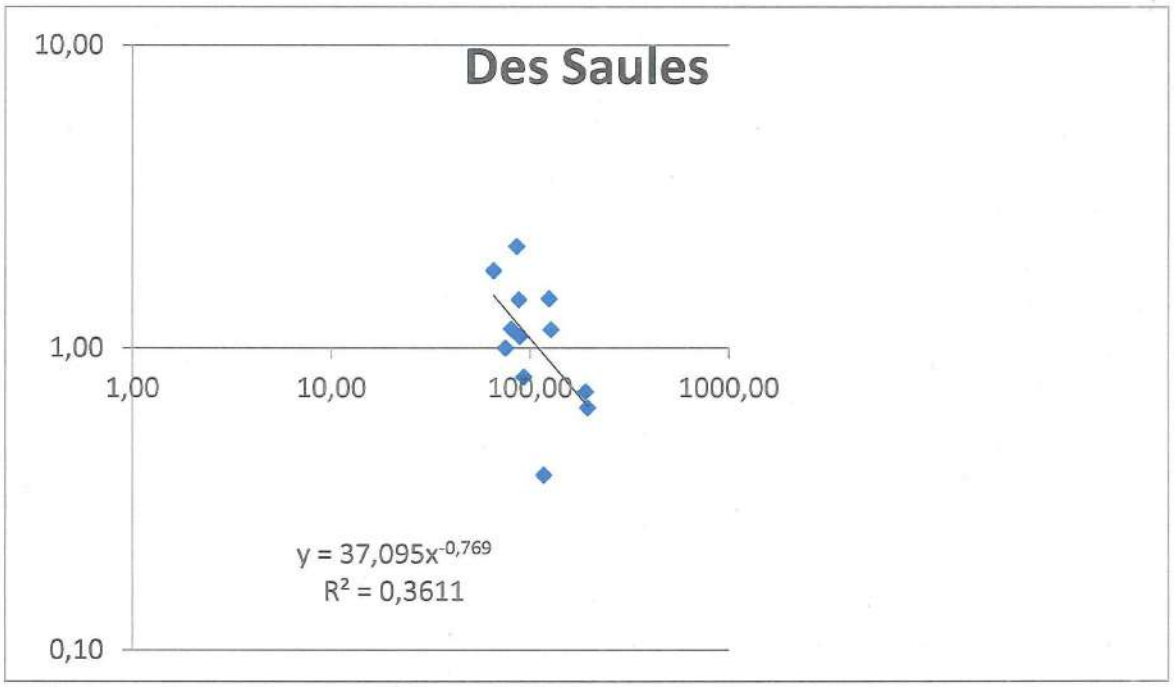

Royale
10,00
1,00
0,10
1,00
10,00
100,00
1000,00
y = 108,05x-1,009
R² = 0,4486

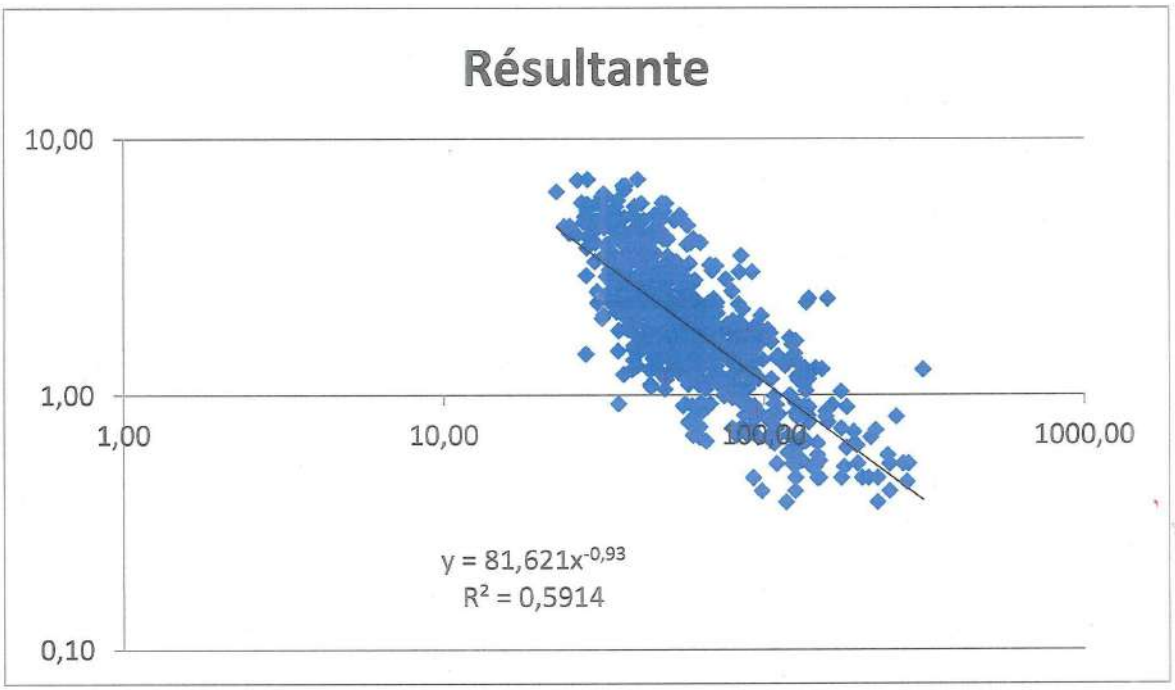

Jacques-Cartier
10,00
1,00
0,10
1,00
10,00
100,00
1000,00
y = 172,49x-1,087
R2 = 0,5382


Abitibi
10,00
1,00
0,10
1,00
10,00
100,00
1000,00
y = 134,24x-1,058
R2 = 0,7001


Lasalle
10,00
1,00
0,10
1,00
10,00
100,00
1000,00
y = 25,651x-0,682
R² = 0,3908


Renaud
10,00
1,00
0,10
1,00
10,00
100,00
1000,00
y = 55,134x-0,829
R² = 0,7439


Des Saules
10,00
1,00
0,10
1,00
10,00
100,00
1000,00
y = 37,095x-0,769
R² = 0,3611


Résultante
10,00
1,00
0,10
1,00
10,00
100,00
1000,00
y = 81,621x-0,93
R² = 0,5914

ANNEXE

Q ÉTUDE SONORE

CANADIAN MALARTIC GP

PROJET D'EXPLOITATION DE ZONES SOUTERRAINES MINÉRALISÉES DU PROJET ODYSSEY

ÉTUDE SONORE

MALARTIC, QUÉBEC

RÉF. WSP : 171-08287-03

DATE: 1ER FÉVRIER 2021

CONFIDENTIEL

CANADIAN MALARTIC GP

PROJET D'EXPLOITATION DE ZONES SOUTERRAINES MINERALISEES DU PROJET ODYSSEY

ÉTUDE SONORE

MALARTIC, QUÉBEC

CONFIDENTIEL

REF. WSP : 171-08287-03
DATE: 1ER FÉVRIER 2021

RAPPORT FINAL

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

T : +1-514-340-0046
F : +1-514-340-1337

WSP.COM

GESTION DE LA QUALITE

VERSION	DATE	DESCRIPTION
00	28 septembre 2020	Version préliminaire
01	21 décembre 2020	Version pré-finale
02	1er février 2021	Version finale

SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR

Mathieu Lessard, ing. (OIQ nº 5005004)
Chargé de projet
Acoustique

RÉVISÉ ET APPROUVÉ PAR

10 février 2021

Marc Deshaies, ing., M. Ing. (OIQ nº 115236)
Chef d'équipe
Acoustique, vibrations et qualité de l'air

Référence à citer :

WSP. 2021. *Projet d'exploitation de zones souterraines minéralisées du projet Odyssey, Étude sonore, Malartic, Québec*. Rapport produit pour CANADIAN MALARTIC GP. Réf. WSP : 171-08287-03. 19 pages et annexes.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Les recommandations fournies dans ce rapport s'appliquent uniquement au projet et aux zones décrites dans le texte, et uniquement si elles sont construites conformément aux détails indiqués dans le présent rapport. Les commentaires fournis dans ce rapport sur les problèmes potentiels pouvant subvenir lors de la construction et sur les différentes méthodologies possibles sont uniquement destinés à guider le concepteur. Le nombre d'emplacements de prélèvement et/ou d'échantillonnage peut ne pas être suffisant pour évaluer l'ensemble des facteurs pouvant affecter la construction, les méthodologies et les coûts. WSP nie toute responsabilité pouvant découler de décisions ou

actions prises découlant de ce rapport, sauf si WSP en est spécifiquement informé et y participe. Advenant une telle situation, la responsabilité de WSP sera déterminée et convenue à ce moment.

Les conditions générales d'un site ne peuvent être extrapolées au-delà des zones définies et des emplacements de prélèvement et d'échantillonnage. Les conditions d'un site entre les emplacements de prélèvement et d'échantillonnage peuvent différer des conditions réelles. La précision et l'exactitude de toute extrapolation et spéculation au-delà des emplacements des prélèvements et d'échantillonnage dépendent des conditions naturelles, de l'historique de développement du site et des changements entraînés par la construction et des autres activités sur le site. De plus, l'analyse a été effectuée pour les paramètres chimiques et physiques déterminés seulement, et il ne peut pas être présumé que d'autres substances chimiques ou conditions physiques ne sont pas présentes. WSP ne fournit aucune garantie et ne fait aucune représentation contre les risques environnementaux non décelés ou contre des effets négatifs causés à l'extérieur de la zone définie.

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

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

CLIENT

CANADIAN MALARTIC GP

Directeur Évaluation de projets	Richard Harrisson
Ingénieure senior évaluation de projets	Sylvie Lampron
Directeur Développement durable et Environnement	Martin Duclos
Coordonnatrice développement durable	Stéphanie Lafrenière

ÉQUIPE DE RÉALISATION

WSP CANADA INC. (WSP)

Directrice de projet	Marilyn Sigouin
Coordonnatrice de l'étude	Emilie D'Astous
Chef d'équipe, acoustique	Marc Deshaies
Chargé de projet	Mathieu Lessard
Réviseure	Christine Martineau
Professionnelle à la relecture et à l'édition	Mélanie Quenneville

TABLE DES MATIÈRES

1 DESCRIPTION DE L'ÉTUDE 1
1.1 Mise en contexte 1
1.2 Objectifs 1
2 RÉGLEMENTATION ET NORME 3
3 BRUIT AMBIANT 5
4 PROJET ODYSSEY 9
5 RÉSULTATS DES SIMULATIONS 13
6 CONCLUSION 19

TABLEAUX

TABLEAU 1 NIVEAUX DE BRUIT HORAIRES MINIMUMS MESURÉS LORSQUE LE BRUIT DE LA MINE N'EST PAS AUDIBLE AUX POINTS RÉCEPTEURS 7
TABLEAU 2 QUANTITÉ, TAUX D'UTILISATION ET PUISSANCE ACOUSTIQUE DES ÉQUIPEMENTS POUR LE PROJET ODYSSEY[A] 10
TABLEAU 3 QUANTITÉ, TAUX D'UTILISATION ET PUISSANCE ACOUSTIQUE DES ÉQUIPEMENTS POUR LES FOSSES EN 2024[A] 11
TABLEAU 4 CONTRIBUTION SONORE GLOBALE DE NUIT DE MCM EN INCLUANT LE PROJET MINIER ODYSSEY[A] 13

FIGURES

FIGURE 1 LOCALISATION DES POINTS DE MESURE DE BRUIT ENVIRONNEMENTAL AUTORISÉS 6

FIGURE 2 DISPOSITION DES ÉQUIPEMENTS SUR L'ENSEMBLE DES SITES CANADIAN MALARTIC 12

FIGURE 3 DISPOSITION DES ÉQUIPEMENTS DANS LA PORTION DU PROJET ODYSSEY 12

FIGURE 4 SIMULATION DES ÉMISSIONS SONORES EN 2024 15

FIGURE 5 SIMULATION DES ÉMISSIONS SONORES EN 2029 16

FIGURE 6 SIMULATION DES ÉMISSIONS SONORES EN 2035 17

ANNEXES

A CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DE LA STATION DE VAL-D'OR

B GRAPHIQUES DES NIVEAUX SONORES ENREGISTRÉS

1 DESCRIPTION DE L'ÉTUDE

1.1 MISE EN CONTEXTE

Dans le cadre du projet Odyssey, Canadian Malartic GP (CMGP) projette d'exploiter quatre zones minéralisées, soit East Malartic, East Gouldie, Odyssey Sud et Odyssey Nord. Il est prévu que ces zones soient exploitées au moyen de galeries souterraines à proximité de la mine Canadian Malartic (MCM ou la Mine). Ce projet nécessitera, entre autres, l'aménagement d'un puits et d'une rampe pour accéder aux gisements.

Le projet Odyssey est situé dans l'empreinte existante du projet d'extension présenté par Canadian Malartic GP (CMGP) en 2015 au Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) et autorisé par décret émis par le gouvernement du Québec en 2017 (décret 388-2017). Le 28 novembre 2018, le décret 1370-2018 a été adopté, modifiant le décret n° 388-2017 de la mine Canadian Malartic et autorisant CMGP à réaliser son projet Odyssey. La présente demande de modification du décret vise l'ajout de l'exploitation souterraine des zones East Malartic et East Gouldie au projet Odyssey. Cette modification de décret permettrait une production d'environ 20 000 tonnes de minerai et de potentiellement 5 000 tonnes de stériles par jour.

Afin de quantifier les niveaux sonores émis par le projet Odyssey, CMGP a mandaté WSP Canada Inc. (WSP) pour réaliser une étude de dispersion sonore.

1.2 OBJECTIFS

L'objectif de la présente étude de dispersion sonore consiste à réaliser des simulations dans les conditions où le pire scénario de bruit est envisagé. Les situations retenues prennent donc en compte l'exploitation des fosses conjointement à l'exploitation du projet Odyssey dans son ensemble. Trois années d'exploitation ont été simulées (trois scénarios) afin de couvrir les périodes où la projection de bruit risque d'être à son maximum (tonnage élevé de roc déplacé, grande quantité d'équipements, utilisation élevée d'équipements, etc.). La première année choisie est 2024, étant donné que c'est la dernière année où la majorité des équipements seront encore en opération dans la fosse actuelle (pour déposition du stérile) et dans l'extension de la fosse Barnat, et que c'est la première année où le tonnage déplacé du projet Odyssey sera suffisamment significatif pour être considéré. La deuxième année sélectionnée pour faire l'objet d'un scénario est 2029, puisque c'est une année où le tonnage déplacé du projet Odyssey sera significatif et que l'exploitation des fosses sera terminée. La troisième année ciblée est 2035, puisque c'est l'année où le tonnage déplacé du projet Odyssey sera à son niveau le plus élevé. Il est à noter qu'en parallèle de l'exploitation, des activités de construction du projet Odyssey seront présentes durant certaines années. Ces activités ne sont pas intégrées aux trois années simulées, étant donné que le bruit émis par celles-ci est très faible comparativement au bruit émanant lors de l'exploitation simultané de MCM et du projet Odyssey, et donc des scénarios sélectionnés pour cette étude.

L'étude des trois scénarios d'exploitation évaluera la contribution sonore des activités minières à partir du plan minier (« Life of mine », LOM) reçu de MCM. Ces simulations permettront d'étudier l'impact sonore potentiel du projet Odyssey dans son ensemble et d'identifier des mesures d'atténuation, si nécessaires.

Pour mener à bien cette étude de dispersion sonore, les étapes suivantes ont été réalisées :

- Analyse des informations techniques, plans, topographies et scénarios d'exploitation[1] relatifs au plan minier le plus à jour pour l'exploitation par MCM;
- Évaluation du climat sonore existant dans la Ville de Malartic à partir des mesures sonores enregistrées par les stations de mesure de bruit installées dans le cadre du programme de surveillance environnemental de la mine;
- Obtention des plans de minage de la mine;
- Évaluation des puissances acoustiques des équipements;
- Calculs théoriques de la propagation sonore des activités d'exploitation de trois scénarios dans la Ville de Malartic;
- Identification de mesures d'atténuation sonore, si nécessaires.

[1] Les informations concernant les scénarios d'exploitation simulés sont celles datant de 2020.

2 RÉGLEMENTATION ET NORME

Le décret 388-2017 reçu par CMGP pour l'extension stipule que :

> « CONDITION 3 - ENCADREMENT DU CLIMAT SONORE PENDANT L'EXPLOITATION
>
> Canadian Malartic GP doit respecter, pendant l'exploitation de la mine, le niveau acoustique d'évaluation le plus élevé entre le niveau de bruit résiduel et le niveau maximal de 50 dBA le jour (7 h à 19 h) et 45 dBA la nuit (19 h à 7 h), en moyenne 88 % du temps. Les niveaux sonores sont mesurés à la station B3, telle qu'identifiée dans le document Extension de la mine aurifère Canadian Malartic et déviation de la route 117 à l'entrée est de la Ville de Malartic – Étude d'impact sur l'environnement – Rapport principal de janvier 2015, qui représente l'emplacement optimal pour s'assurer d'un climat sonore acceptable aux lieux les plus sensibles de la Ville de Malartic. Dans le cas où la station de mesure des niveaux sonores doit être déplacée, l'emplacement doit être convenu avec le ministre du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (aujourd'hui MELCC). Les niveaux sonores générés par l'exploitation de la mine ne doivent jamais dépasser 55 dBA ($L_{Ar,,\ 1h}$) le jour (7 h à 19 h) et 50 dBA ($L_{Ar,\ 1h}$) la nuit (19 h à 7 h). »

3 BRUIT AMBIANT

Quatre mesures en continu de 24 heures ont été réalisées aux points de mesure de la mine, lesquels ont été autorisés par le MELCC, soit B1, B2, B3 et Br (figure 1) :

- B1 – Rue des Érables;
- B2 – Rue Abitibi;
- B3 – Rue LaSalle;
- Br – Avenue du Docteur-Brousseau.

Ces mesures ont été prises entre 7 h le 8 juin 2013 et 7 h le 9 juin 2013 à B1; et entre 7 h le 16 juin 2013 et 7 h le 17 juin 2013 à B2, B3 et Br. Afin d'enlever le bruit des activités minières, les plages de mesures ont été choisies lorsque le vent était non porteur (vent du nord-est). Ces mesures ont été effectuées afin de quantifier le niveau de bruit ambiant sans l'influence du bruit provenant de la mine (bruit résiduel).

Pour effectuer les mesures sonores requises, les instruments suivants ont été utilisés :

- Sonomètres (3) intégrateurs Larson Davis, modèle LXT, type 1[2] SN 1868, 3094 et 3026;
- Sonomètre intégrateur Larson Davis, modèle 831, type 13, SN 02447;
- Source sonore étalon Larson Davis, modèle CA 200 (1000 Hz);
- Enregistreuses (4) vocales numériques;
- Écran anti-vent en tout temps.

Les sonomètres ont été étalonnés avant et après les mesures. Aucune déviation supérieure à 0,5 dBA n'a été observée lors de l'étalonnage. De plus, les instruments sont vérifiés annuellement par un laboratoire indépendant. Le microphone des sonomètres et des enregistreuses était installé sur un trépied situé à une hauteur de 1,5 m à partir du sol.

[2] Conformément aux critères de la norme CEI 651.

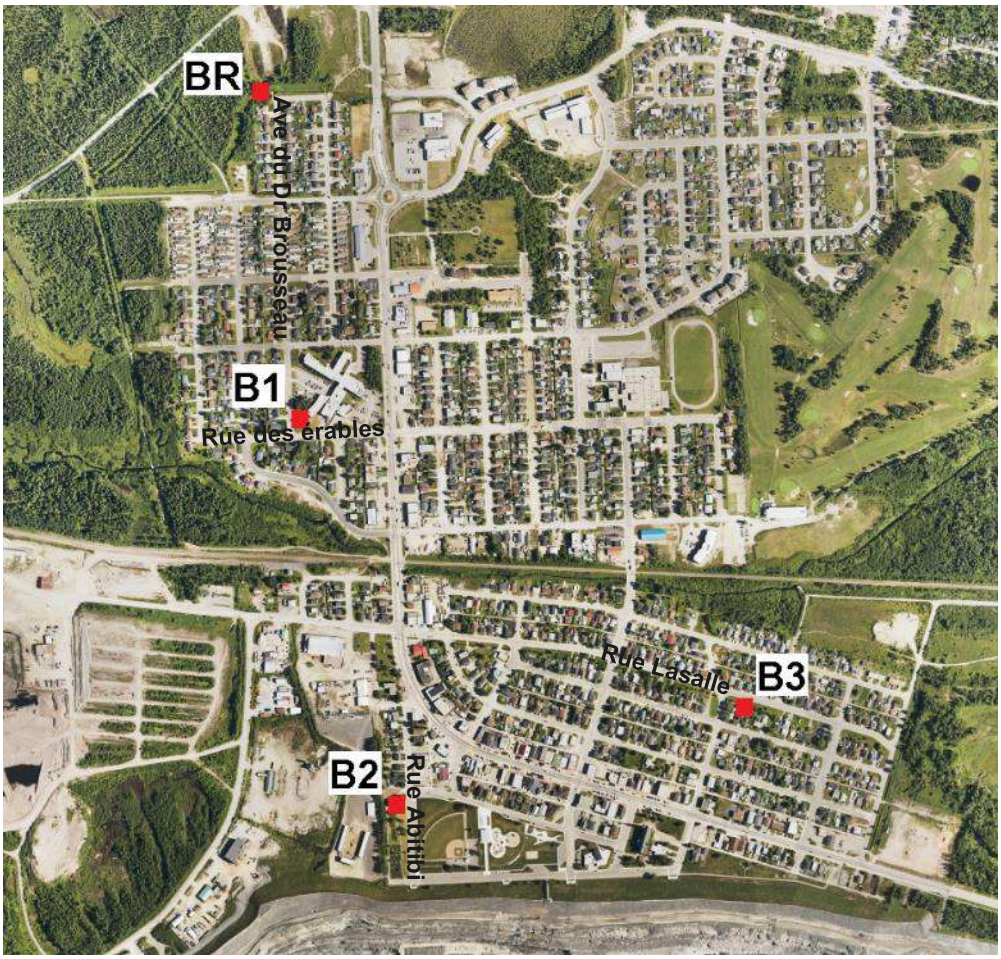


Figure 1 Localisation des points de mesure de bruit environnemental autorisés

Les conditions météorologiques propices aux mesures sonores sont les suivantes :

- Vitesse du vent inférieure à 20 km/h;
- Température supérieure à -10 °C;
- Taux d'humidité relative inférieur à 90 %;
- Aucune précipitation;
- Chaussée sèche.

Pendant toute la période, les conditions météorologiques étaient favorables à la prise de mesure, excepté certaines périodes où l'humidité relative était supérieure à 90 %. Il est à noter que cette humidité n'a pas influencé les résultats des mesures (aucune déviation de plus de 0,5 dBA n'a été enregistrée lors de l'étalonnage). Les détails concernant les conditions météorologiques de la station de Val-d'Or sont présentés à l'annexe A. Les graphiques illustrant les relevés sonores et les moyennes sont disponibles à l'annexe B.

Le tableau 1 présente les niveaux de bruit horaire minimum (ou bruit résiduel) durant la nuit (19 h à 7 h) et durant le jour (7 h à 19 h) pour chaque point de mesure.

Tableau 1 Niveaux de bruit horaires minimums mesurés lorsque le bruit de la mine n'est pas audible aux points récepteurs

Points de mesures sonores	Niveaux sonores (dBA) réf. $2x10^{-5}$ Pa[a]	
	Niveaux de bruit horaire minimums mesurés de jour (7 h à 19 h)	Niveaux de bruit horaire minimums mesurés de nuit (19 h à 7 h)
B1	43	38
B2	44	39
B3	50	37
Br	39	39

Note : [a] Valeurs arrondies à 1 dBA et référencées à $20x10^{-6}$ Pa.

Une vérification a été réalisée quant à la présence de bruits tonals, porteurs d'informations, de basses fréquences ou d'impacts. Étant donné que la source de bruit principale (hors de l'influence des activités minières) est la route 117, aucune caractéristique de bruits tonals ou de basses fréquences n'a été observée (au sens de la note d'instructions 98-01 sur le bruit). Cependant, lorsque le bruit de la mine n'est pas audible, des bruits d'impacts sont perçus à tous les points récepteurs : les soustractions arithmétiques des $L_{AFTm5\text{-}1h}$ et des $L_{aeq\text{-}1h}$ sont souvent entre 6 et 9 dBA pour tous les points récepteurs lorsqu'il y a de la circulation routière dans la Ville de Malartic (incluant le jour et une partie de la nuit). Lorsque les opérations de la mine sont audibles aux points de mesure, cette différence peut varier entre 1 et 3 dBA la plupart du temps. Il est donc possible de démontrer que les activités de la mine n'engendrent que très peu de bruits d'impact par rapport à la circulation routière dans la Ville de Malartic.

4 PROJET ODYSSEY

Pour l'évaluation des émissions sonores du projet Odyssey, des simulations de propagation sonore par vent porteur (20 km/h de vent partant de chacune des sources de bruit jusqu'à chacun des points récepteurs dans la Ville) ont été évaluées afin de couvrir les périodes où la projection de bruit par MCM risque d'être à son maximum (tonnage élevé de roc déplacé, grande quantité d'équipements, utilisation d'équipements élevée, etc.). Il est à noter que le chemin des Merles (au sud de la Mine) n'est pas inclus dans les tableaux de résultats étant donné que les niveaux sonores en provenance de CMGP à partir de 2024 y seront relativement négligeables (35 dBA et moins). Toutefois, les cartographies sonores incluent le chemin des Merles. Les trois années sélectionnées sont les suivantes :

- **2024** : Dernière année où la majorité des équipements seront encore en opération dans la fosse actuelle (pour déposition du stérile) et dans l'extension de la fosse Barnat. Première année où le tonnage déplacé du projet Odyssey sera suffisamment significatif pour être considéré;
- **2029** : Le tonnage déplacé du projet Odyssey sera significatif. L'exploitation des fosses sera terminée;
- **2035** : Le tonnage déplacé du projet Odyssey sera à son niveau le plus élevé.

Il est à noter qu'en parallèle à l'exploitation, des activités de construction du projet Odyssey se dérouleront durant certaines années. Ces activités ne sont pas intégrées aux trois années simulées, étant donné que le bruit émis par celles-ci est très faible comparativement au bruit d'exploitation émis par MCM dans son ensemble.

Au total, environ une vingtaine de types de source de bruit feront partie des opérations de la mine. Le tableau 2 dresse la liste des équipements de l'ensemble du projet Odyssey (quantités, taux d'utilisation et puissances acoustiques). La liste des équipements utilisés dans les simulations se trouvant dans les fosses (actuelle et extension de la fosse Barnat) est présentée au tableau 3. Les équipements fixes du secteur de l'usine ainsi que les concasseurs et les marteaux ne sont pas présentés dans les tableaux, mais sont inclus dans les simulations sonores. Par exemple, le concasseur mobile permanent (Barrette), les convoyeurs et les chutes de roches sont modélisés, mais non présentés dans le rapport, afin d'alléger le contenu. Les puissances acoustiques ont été obtenues lors de campagnes de mesures réalisées dans le cadre d'un plan d'assainissement sonore des équipements de production pour la mine Canadian Malartic. Les puissances acoustiques des ventilateurs d'extraction d'air et d'aspiration d'air du projet Odyssey (situés sous terre) ont été calculées à partir de spécifications techniques du manufacturier et fournies par MCM. Il est à noter que l'atténuation sonore due aux conduits entre les ventilateurs et les sorties et les entrées d'air n'a pas été considérée afin de demeurer conservateur dans les résultats.

Les temps d'utilisation présentés aux tableaux 2 et 3 proviennent de moyennes mensuelles. Or, il est possible qu'un équipement fonctionne plus que le pourcentage présenté dans ce tableau si l'on considère le fonctionnement sur cet équipement sur une base horaire. Cela dit, puisque la mine comporte un nombre important d'équipements, les relevés terrain à l'intérieur de la Ville de Malartic ont démontré que la proportion moyenne de l'utilisation des équipements demeure représentative des activités globales de la mine sur une base horaire. Le taux d'utilisation de certains équipements a été mesuré sur une période mensuelle. Les autres équipements ont reçu un pourcentage d'utilisation à partir des données de maintenance des équipements ou d'autres types d'analyses réalisées par l'équipe de la mine.

Les figures 2 et 3 représentent respectivement la disposition des équipements dans l'ensemble de la mine Canadian Malartic et dans le projet Odyssey. Pour alléger le contenu du rapport, tous les équipements simulés sont présentés sur ces figures pour les trois années d'étude confondues (2024, 2029 et 2035). Il faut se référer aux tableaux 2 et 3 pour connaître les équipements simulés pour chacune de ces années.

Tableau 2 Quantité, taux d'utilisation et puissance acoustique des équipements pour le projet Odyssey[a]

Équipement (modèle)	Quantité	Utilisation (%) (incluant « Idle »)	Opération réelle (%) (en opération)	Puissance acoustique (dBA)
Commun à 2029 – 2035				
Ventilateur aspiration 1033 KCFM	1	100	100	123
Ventilateur extraction 542 KCFM 1	1	100	100	120
Ventilateur extraction 542 KCFM 2	1	100	100	120
Ventilateur RAR 546 KCFM	1	100	100	122
Ventilateur FAR (puits) 544 KCFM	1	100	100	129
Ventilateur 517 KCFM	1	100	100	126
Ventilateur aspiration 470 KCFM	1	100	100	120
Ventilateur FAR 331 KCFM	1	100	100	120
Ventilateur extraction 148 KCFM	1	100	100	115
Spécifique à 2024				
Ventilateur RAR 546 KCFM	1	100	100	122
Ventilateur tempo. FAR (puits) 544 KCFM	1	100	100	120
Ventilateur 517 KCFM	1	100	100	126
Ventilateur FAR 331 KCFM	1	100	100	120
Camions Caterpillar 793F	1	85	78	115
Chargeur Létourneau L-1850	1	80	78	113
Chariot Manitou-MHT-10130	1	80	78	107
Spécifique à 2029				
Camions Caterpillar 793F	2	85	78	115
Chargeur Létourneau L-1850	2	80	78	113
Chariot Manitou-MHT-10130	2	80	78	107
Spécifique à 2035				
Camions Caterpillar 793F	4	85	78	115
Chargeur Létourneau L-1850	2	80	78	113
Chariot Manitou-MHT-10130	2	80	78	107

Note : [a] Données fournies par MCM en 2017 et en 2020. Certaines données ont été estimées.

Les trajectoires des camions hors route (figures 2 et 3) ont été déterminées en fonction du plan minier fourni par MCM. Une répartition uniforme des camions a été effectuée sur les différents trajets. Une répartition plus précise en fonction des tonnages exacts jusqu'au concasseur et aux haldes n'est pas nécessaire étant donné que les simulations sonores ont démontré que ces différents trajets de camions génèrent environ autant de bruit jusqu'aux différents points récepteurs dans la Ville de Malartic. Les différences de bruit émis selon les différentes trajectoires et perçues aux résidences sont négligeables.

Tableau 3 Quantité, taux d'utilisation et puissance acoustique des équipements pour les fosses en 2024[a]

Équipement (modèle)	Quantité	Utilisation (%) (incluant « Idle »)	Opération réel (%) (en opération)	Puissance acoustique (dBA)
Bouteur CAT D10T	5	85	68	123
Foreuse Cubex QXR-920	4	75	60	120
Foreuse DC122	1	80	64	120
Foreuse PitViper P-235	8	80	64	119
Foreuse Mustang	2	80	64	119
Foreuse Leroy	2	80	64	119
Camion hors route CAT 793 F	25	85	78	115
Camion CAT 777	2	85	78	114
Chargeuse LeTourneau L-1850	3	85	78	113
Pelle RH340	3	85	78	113
Chargeur sur roue 980	2	85	78	113
Pelle CAT6050	1	75	71	112
Pelle Hitachi EX5600	2	80	64	112
Camion CAT 740	3	85	68	111
Camion CAT 745	3	85	68	111
Niveleuse CAT 16M	4	85	60	111
Niveleuse CAT 14M	1	85	60	111
Bouteur sur chenille D6	2	85	68	110
Bouteur CAT 854H	3	85	68	110
Pelle CAT 345	2	85	68	110
Chargeur sur roue WA900	1	85	78	109
Chargeur sur roue 972	1	85	78	109
Chargeur sur roue IT62	2	85	78	109
Chariot Manitou-MHT-10130	7	85	78	107
Chargeur sur roue WA200	4	85	78	105
Chargeur sur roue IT38	1	85	68	105
Chargeur sur roue 914	1	85	78	105
Pelle CAT 374	3	85	68	105
Chariot élévateur au propane	7	85	78	100

Note : [a] Données fournies par OSISKO en février 2013 et par MCM en 2017 et 2020. Certaines données ont été estimées.

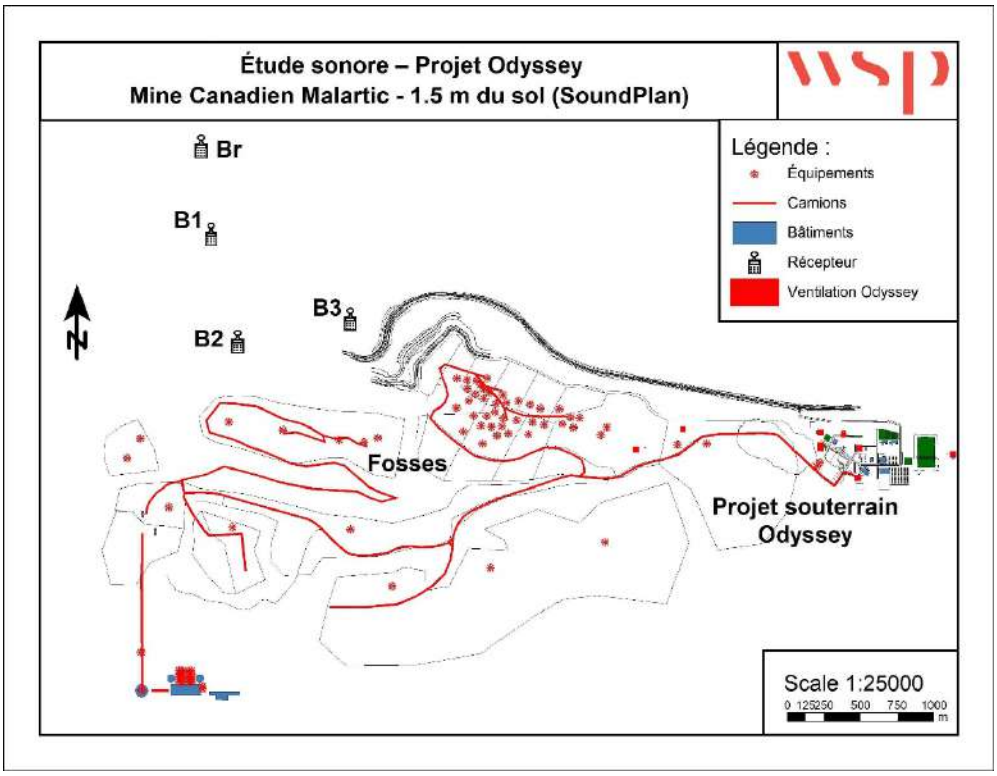


Figure 2 **Disposition des équipements sur l'ensemble des sites Canadian Malartic**

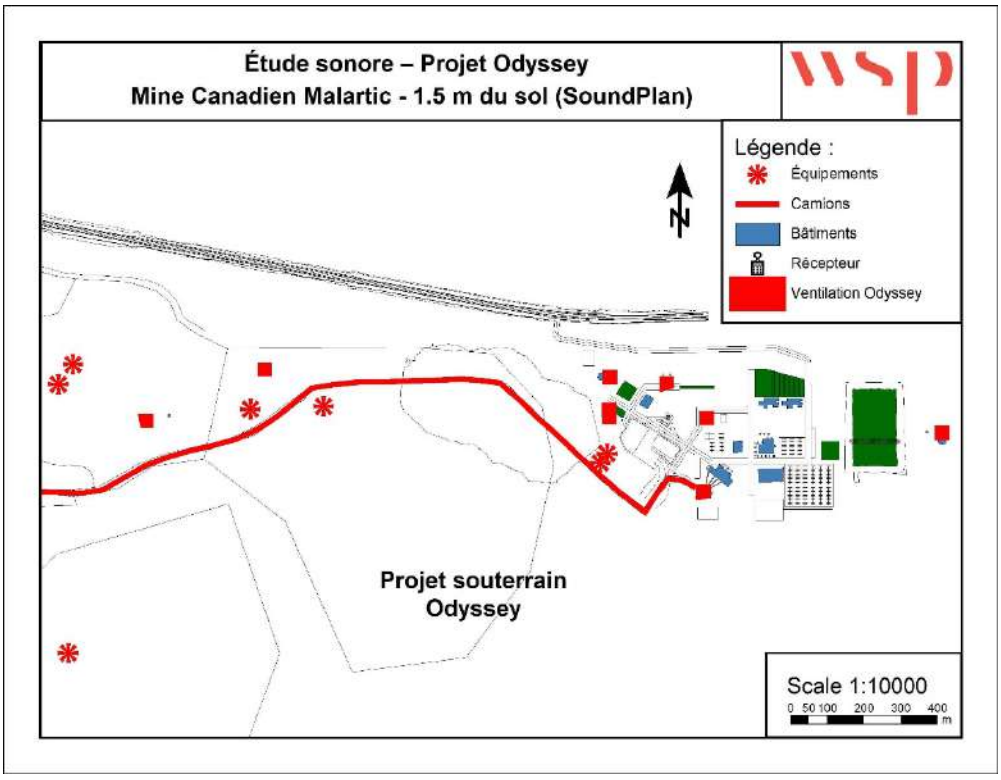


Figure 3 **Disposition des équipements dans la portion du projet Odyssey**

5 RÉSULTATS DES SIMULATIONS

Un modèle de propagation sonore a été développé à l'aide du logiciel SoundPLAN (www.soundplan.com) en tenant compte des puissances sonores mesurées et de la topographie du site à l'étude. Ce logiciel trace des rayons sonores entre les sources de bruit et les récepteurs, calcule l'atténuation procurée par la distance ainsi que l'absorption de l'air, et tient compte des effets de sol et de réduction sonore des écrans de longueurs finies (bâtiments, écrans, topographie). De plus, il considère l'effet des réflexions sur les surfaces entourant les sources sonores. Ces calculs sont réalisés selon la norme ISO 9613 Parties 1 et 2 intitulées « Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre ». Cette norme suppose des conditions climatiques favorables à la propagation du bruit : les simulations considèrent un vent en direction des points récepteurs.

Il est à noter que ce modèle a été mis à jour de façon constante depuis sa création en 2010 et qu'il a été calibré à plusieurs reprises à partir de relevés terrain. Les derniers efforts de calibration ont démontré la capacité d'obtenir des résultats théoriques se rapprochant à moins de 1 dBA des mesures terrain. Ces mesures ont été réalisées sous des conditions climatiques favorables à la propagation sonore (vent porteur), tel que requis par le MELCC et la méthode de calcul mentionnée ci-haut.

Les topographies du site utilisées pour les simulations sont celles projetées pour les années 2024, 2029 et 2035 (carte topographique avec courbes d'élévation d'une résolution d'un mètre).

Les équipements miniers présents dans les simulations ont été positionnés de façon à générer le plus de bruit au point récepteur B3 à Malartic, mais tout en respectant des scénarios d'opération plausibles de se réaliser. Les installations utilisées dans le développement du modèle ont été obtenues sur des fichiers numériques à jour et ont été mises en plan.

Comme il est mentionné au début de cette section, les simulations présentées sont par vent porteur pour toutes les sources de bruit et pour tous les points récepteurs (vent dirigé de chaque source sonore jusqu'à chaque point récepteur). Selon les analyses réalisées sur le terrain, ces conditions ne surviennent que de 15 % à 30 % du temps en période nocturne. Ces résultats peuvent donc être considérés comme le pire scénario.

Les résultats des modèles de propagation sonore sont présentés au tableau 4. Celui-ci dévoile la contribution sonore globale des activités minières de jour et de nuit pour les trois années analysées (2024, 2029 et 2035). Le nombre d'équipements considéré est le même de jour comme de nuit, un seul scénario est donc présenté par année.

Tableau 4 Contribution sonore globale de nuit de MCM en incluant le projet minier Odyssey[a]

Points récepteurs	2024	2029	2035	Limites sonores 88 % du temps[b]	Limites sonores 100 % du temps[c]
B1	45	37	37	n. a.	n. a.
B2	48	39	40	n. a.	n. a.
B3	48	41	41	45	50
Br	41	34	34	n. a.	n. a.

Note : [a] Niveaux sonores horaires arrondis à 1 dBA et réf. : 20x10-6 Pa;
[b] Limite sonore qui doit être respectée à au moins 88 % du temps. Voir la section 2 du présent rapport;
[c] Limite sonore qui doit être respectée à 100 % du temps. Voir la section 2 du présent rapport.

Les résultats présentés au tableau 4 permettent de constater qu'il n'y aura pas de dépassement des limites sonores de jour et de nuit si l'on considère tous les équipements de la mine incluant ceux du projet Odyssey. Le seul élément à prendre en considération est que le niveau sonore au point récepteur B3, pour l'année 2024, est supérieur à la limite sonore qui doit être respectée au moins 88 % du temps. Le suivi sonore en temps réel permettra de s'assurer du respect de cette limite sonore. Il est à noter que la position des équipements des simulations représente le pire

scénario probable de bruit. Advenant des dépassements sonores de 3 dBA (48 dBA à B3) et considérant qu'il y a un suivi sonore en permanence de nuit à Malartic, il sera facile de simplement repositionner les équipements afin de ramener les niveaux sonores à 45 dBA à B3. Un simple repositionnement des équipements à l'intérieur de la fosse Barnat suffira à ramener la conformité sonore. Les niveaux sonores prévus en 2024 sont plus élevés, car les fosses seront encore en opération. Cependant, en 2024, la contribution sonore du Projet Odyssey n'est que de 38 dBA à B3, alors que celle des fosses se situe entre 47 et 48 dBA dans le pire des scénarios probables.

Il est à noter que les valeurs mentionnées au tableau 4 sont la résultante des scénarios les plus bruyants: les simulations de propagation sonore supposent un vent porteur en direction de la Ville. Or, les résultats sonores seront significativement inférieurs lorsque le vent viendra d'une autre direction.

La figure 4 présente le résultat sonore global pour l'année 2024 pour les opérations minières dans les fosses (dernière année où la majorité des équipements sont encore en fonction) et pour le projet Odyssey. Les figures 5 et 6 présentent quant à elles le résultat des émissions sonores du projet Odyssey pour les années 2029 et 2035 respectivement. Rappelons qu'en 2029 et 2035, il n'y aura plus d'opérations minières dans les fosses. Le tonnage déplacé du projet Odyssey sera à son niveau le plus élevé en 2035. Les résultats sont présentés sous forme d'isophones, soit des courbes unissant des points de même intensité sonore.

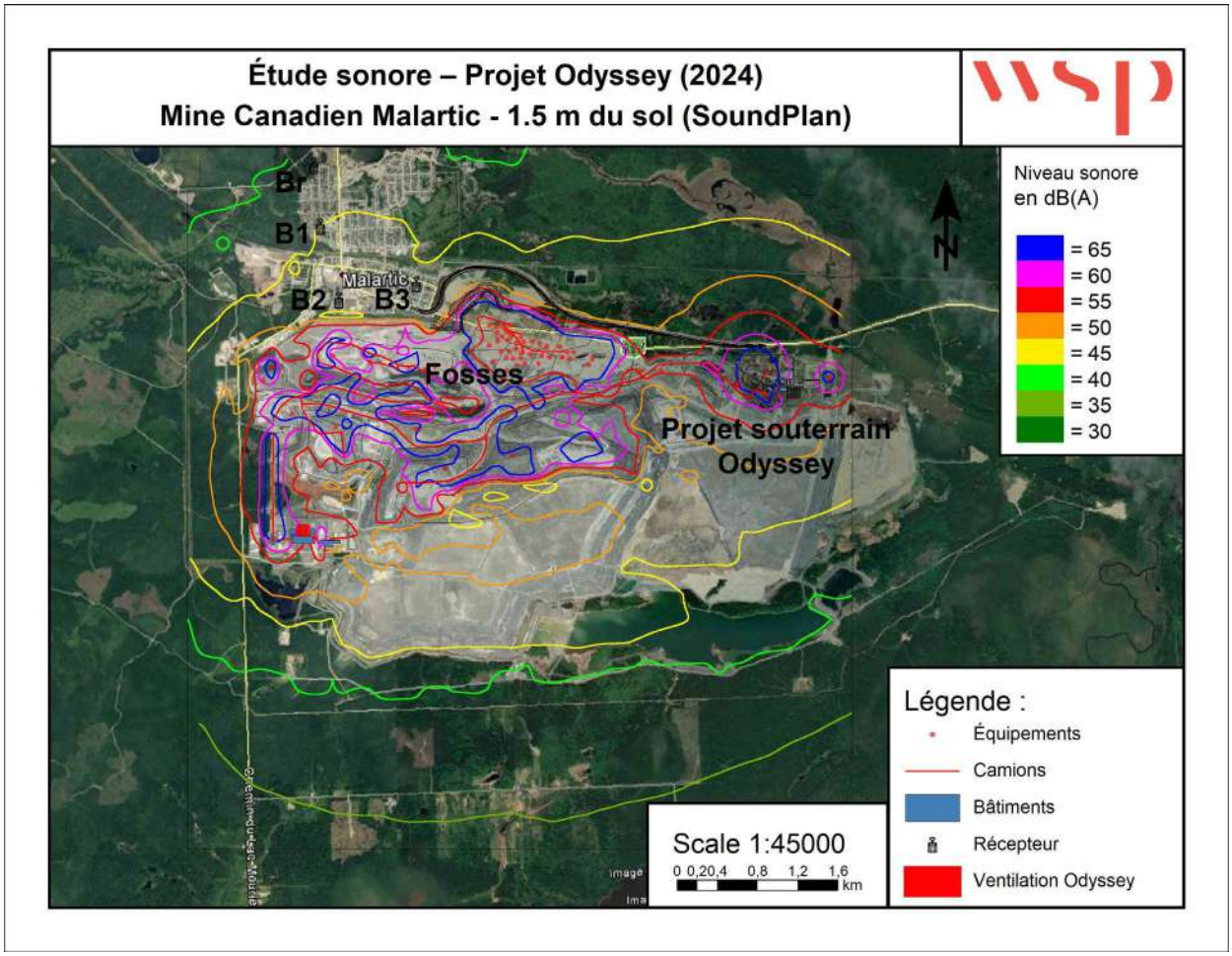


Figure 4 **Simulation des émissions sonores en 2024**

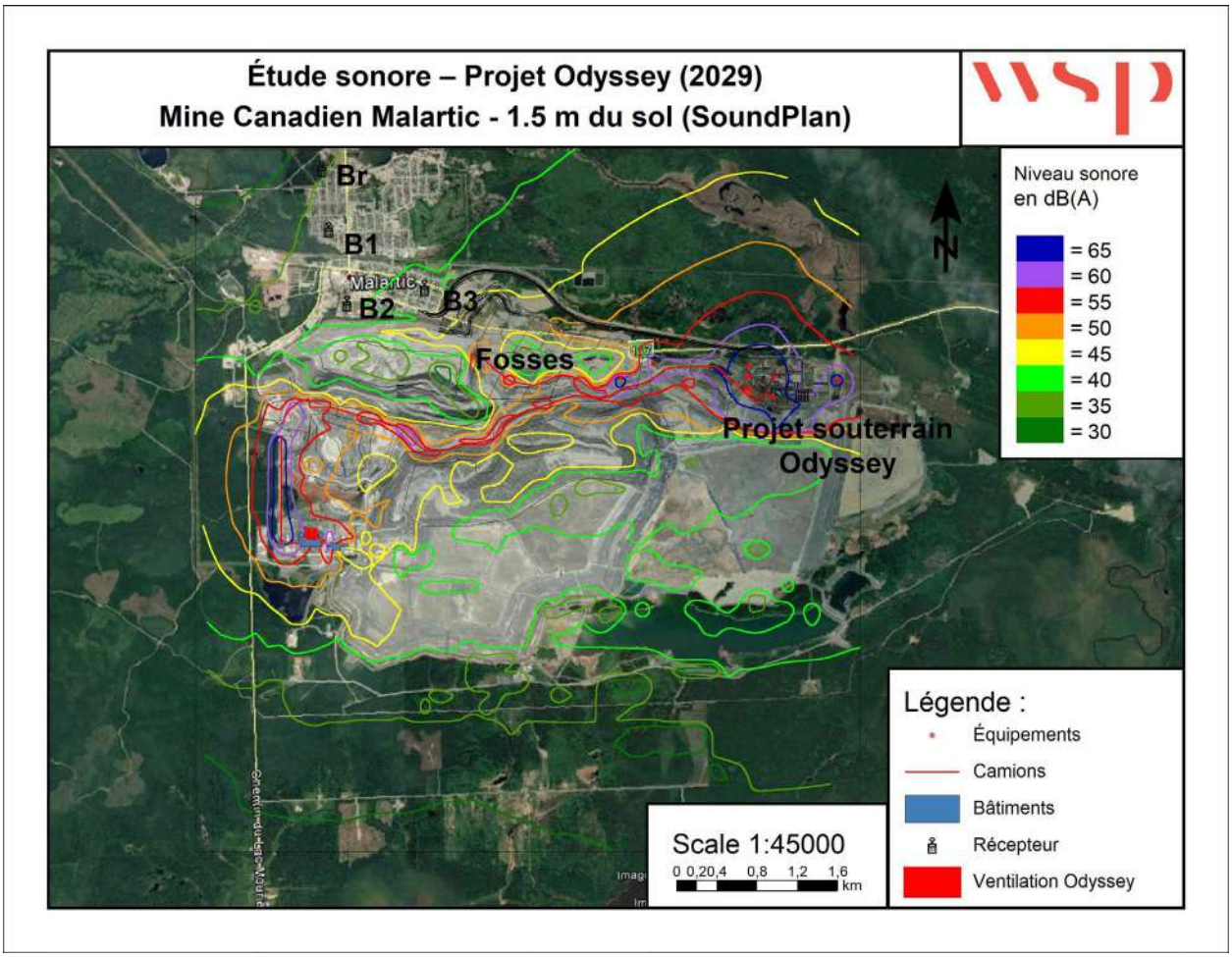


Figure 5 **Simulation des émissions sonores en 2029**

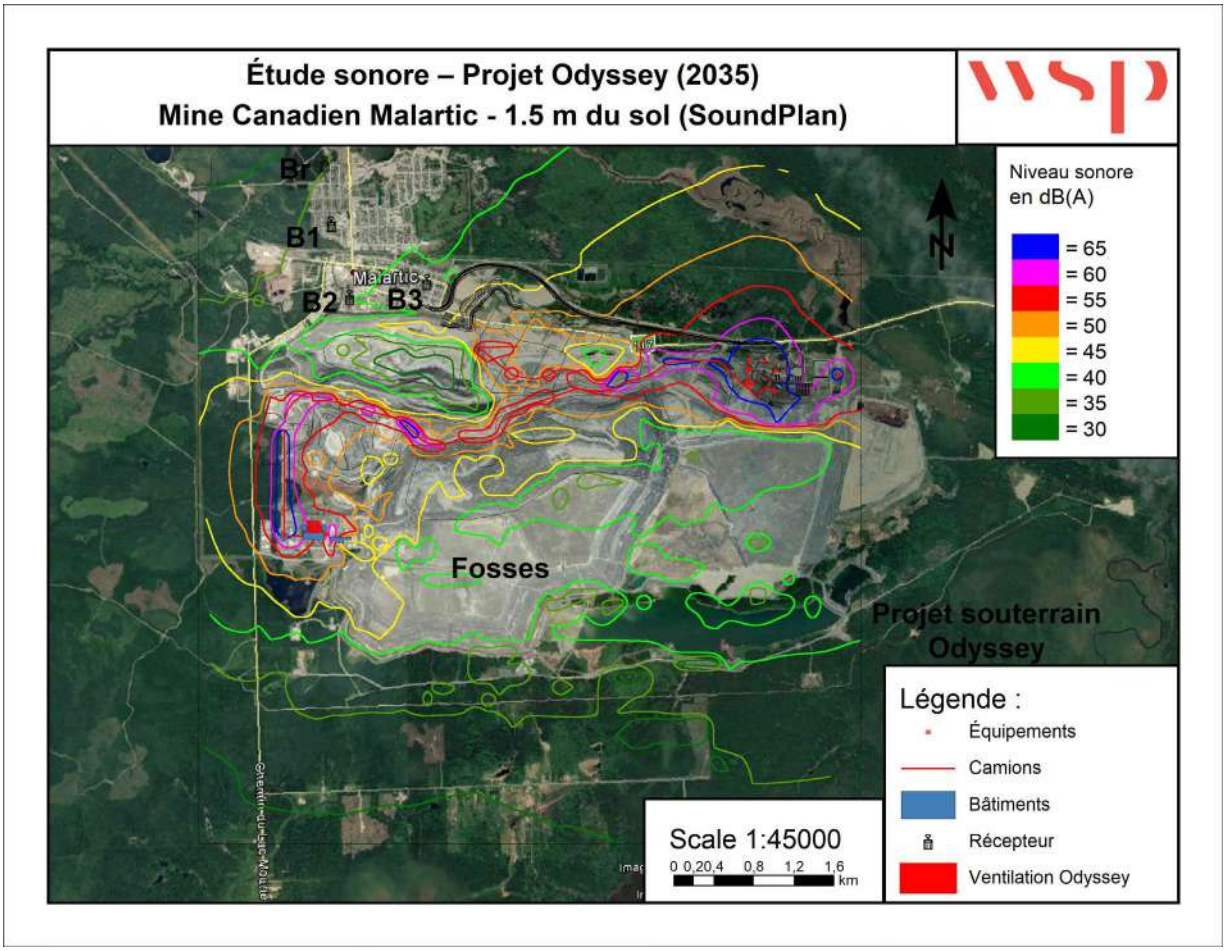


Figure 6 Simulation des émissions sonores en 2035

6 CONCLUSION

L'objectif de la présente étude était d'évaluer la contribution sonore des activités minières du projet Odyssey de la mine Canadian Malartic à l'ambiance sonore de la Ville de Malartic. Pour ce faire, les activités minières des années 2024, 2029 et 2035 ont été simulées en incluant les activités minières dans les fosses et associées au projet Odyssey.

Les principales sources de bruit reliées aux opérations minières ont été caractérisées par des mesures *in situ*. De plus, certaines puissances acoustiques ont été fournies par MCM. Les topographies utilisées sont celles planifiées pour les années 2024, 2029 et 2035 et la localisation des équipements est celle prévue à l'intérieur du plan minier.

Ces informations ont permis d'évaluer, par simulations de propagation sonore, la contribution sonore générée par le projet Odyssey dans la Ville de Malartic selon trois scénarios. Suivant ces simulations, en période de jour comme de nuit, tous les niveaux sonores respectent la condition 3 du décret 388-2017. Le seul élément à prendre en considération est que le niveau sonore du point récepteur B3 en 2024 est supérieur à la limite sonore devant être respectée au moins 88 % du temps. Le suivi sonore en temps réel permettra de s'assurer du respect de cette limite sonore.

ANNEXE

A CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DE LA STATION DE VAL-D'OR

Environnement Canada Environment Canada Canada

Rapport de données horaires pour le 08 juin 2013

Toutes les heures sont exprimées en heure normale locale (HNL). Pour convertir l'heure locale en heure avancée, ajoutez 1 heure s'il y a lieu.

VAL-D'OR A
QUEBEC

Latitude: 48°03'23,000" N Longitude: 77°47'12,000" O Altitude: 336,10 m
Identification Climat: 7098603 Identification OMM: 71725 Identification TC: GVO

Rapport de données horaires pour le 8 juin 2013

Heure	Temp. °C	Point de rosée °C	Hum. rel. %	Dir. du vent 10s deg	Vit. du vent km/h	Visibilité km	Pression à la station kPa	Hmdx	Refroid. éolien	Temps
00:00	11,9	8,4	79	7	6		97,36			ND
01:00	11,7	8,4	80	7	4		97,35			ND
02:00	11,6	8,3	80	8	6		97,34			ND
03:00	11,1	8,4	83	2	4		97,30			ND
04:00	11,2	8,3	82	2	4		97,28			ND
05:00	11,3	8,7	84	1	6		97,30			ND
06:00	11,7	8,8	82	2	9		97,32			ND
07:00	12,1	9,1	82	1	11		97,34			ND
08:00	13,5	9,2	75	5	7		97,37			ND
09:00	14,2	8,6	69	8	11		97,37			ND
10:00	15,4	8,5	63	5	15		97,35			ND
11:00	16,2	8,2	59	4	15		97,34			ND
12:00	17,7	8,7	56	2	15		97,31			ND
13:00	18,4	7,8	50	7	13		97,29			ND
14:00	19,3	7,1	45	3	9		97,27			ND
15:00	20,3	6,6	41	8	15		97,22			ND
16:00										
17:00	19,8	8,0	46	10	13		97,26			ND
18:00	19,2	8,3	49	16	13		97,29			ND
19:00	17,8	9,8	59	21	6		97,34			ND
20:00	15,8	9,7	67	21	4		97,38			ND
21:00	13,9	10,2	78	20	6		97,44			ND
22:00	14,5	9,4	71	22	6		97,46			ND
23:00	11,5	8,9	84	6	4		97,48			ND

Légende
M = Données manquantes
E = Valeur estimée
ND = non disponible
ǂ = Données fournies par un partenaire, non assujetties à un révision par les Archives climatiques nationales du Canada

Nous aimerions connaître votre opinion! Veuillez s.v.p. cliquer sur « Contactez-nous » pour nous faire part de vos commentaires et de vos suggestions.

Date de modification : 2013-02-04

Environnement Canada Environment Canada Canada

Rapport de données horaires pour le 09 juin 2013

Toutes les heures sont exprimées en heure normale locale (HNL). Pour convertir l'heure locale en heure avancée, ajoutez 1 heure s'il y a lieu.

VAL-D'OR A
QUEBEC

Latitude: 48°03'23,000" N Longitude: 77°47'12,000" O Altitude: 336,10 m
Identification Climat: 7098603 Identification OMM: 71725 Identification TC: GVO

Rapport de données horaires pour le 9 juin 2013

Heure	Temp. °C	Point de rosée °C	Hum. rel. %	Dir. du vent 10s deg	Vit. du vent km/h	Visibilité km	Pression à la station kPa	Hmdx	Refroid. éolien	Temps
00:00	10,2	8,7	90	23	2		97,50			ND
01:00	10,6	8,7	88	1	6		97,52			ND
02:00	9,5	8,5	93	27	4		97,54			ND
03:00	8,4	7,2	92		0		97,55			ND
04:00	7,3	6,2	93	15	2		97,58			ND
05:00	7,8	6,4	91	23	2		97,62			ND
06:00	11,4	9,5	88	18	4		97,67			ND
07:00	15,3	9,8	70	25	6		97,71			ND
08:00	17,8	9,0	56	22	4		97,73			ND
09:00	20,0	8,5	47	27	2		97,75			ND
10:00	22,4	7,0	37	12	6		97,72			ND
11:00	23,3	5,4	31	26	11		97,73			ND
12:00	24,9	3,3	25	27	11		97,70			ND
13:00	23,5	2,4	25	18	11		97,69			ND
14:00	24,6	2,7	24	29	11		97,68			ND
15:00	24,9	0,6	20	25	11		97,66			ND
16:00	25,0	2,0	22	29	11		97,66			ND
17:00	24,8	3,7	25	32	11		97,68			ND
18:00	23,3	5,4	31	31	2		97,69			ND
19:00	22,7	5,5	33	9	11		97,71			ND
20:00	19,1	8,4	50	13	9		97,73			ND
21:00	17,9	8,4	54	14	7		97,77			ND
22:00	15,0	8,7	66	4	2		97,79			ND
23:00	13,9	8,6	70	18	6		97,80			ND

Légende
M = Données manquantes
E = Valeur estimée
ND = non disponible
‡ = Données fournies par un partenaire, non assujetties à un révision par les Archives climatiques nationales du Canada

Nous aimerions connaître votre opinion! Veuillez s.v.p. cliquer sur « Contactez-nous » pour nous faire part de vos commentaires et de vos suggestions.

Date de modification : 2013-02-04

Environnement Canada Environment Canada Canada

Rapport de données horaires pour le 16 juin 2013

Toutes les heures sont exprimées en heure normale locale (HNL). Pour convertir l'heure locale en heure avancée, ajoutez 1 heure s'il y a lieu.

VAL-D'OR A
QUEBEC

Latitude: 48°03'23,000" N Longitude: 77°47'12,000" O Altitude: 336,10 m

Identification Climat: 7098603 Identification OMM: 71725 Identification TC: GVO

Rapport de données horaires pour le 16 juin 2013

Heure	Temp. °C	Point de rosée °C	Hum. rel. %	Dir. du vent 10s deg	Vit. du vent km/h	Visibilité km	Pression à la station kPa	Hmdx	Refroid. éolien	Temps
00:00	12,0	2,3	51	6	7		96,97			ND
01:00	11,0	2,0	54	7	6		96,93			ND
02:00	10,4	2,6	58	7	6		96,89			ND
03:00	10,7	2,2	56	8	6		96,85			ND
04:00	9,9	4,4	69	4	7		96,87			ND
05:00	8,7	5,4	80	3	13		96,87			ND
06:00	8,1	6,1	87	12	13		96,75			ND
07:00	8,6	6,6	87	13	11		96,76			ND
08:00	9,3	7,3	87	15	9		96,70			ND
09:00	11,2	9,0	86	13	11		96,65			ND
10:00	11,8	9,8	88	13	11		96,59			ND
11:00	12,2	10,5	89	13	9		96,55			ND
12:00	12,8	10,6	86	11	6		96,51			ND
13:00	14,4	11,7	84	17	11		96,42			ND
14:00	13,9	11,0	83	19	7		96,41			ND
15:00	13,0	11,8	92	20	7		96,46			ND
16:00	13,3	12,2	93	20	11		96,41			ND
17:00	13,2	12,3	94	23	7		96,42			ND
18:00	13,3	12,3	94	22	6		96,43			ND
19:00	13,4	12,4	94	21	6		96,38			ND
20:00	13,3	12,2	93	22	7		96,42			ND
21:00	13,1	12,2	94	21	7		96,44			ND
22:00	12,7	11,5	92	22	6		96,42			ND
23:00	11,4	10,3	93	31	20		96,48			ND

Légende
M = Données manquantes
E = Valeur estimée
ND = non disponible
ǂ = Données fournies par un partenaire, non assujetties à un révision par les Archives climatiques nationales du Canada

Environnement Canada Environment Canada Canada

Rapport de données horaires pour le 17 juin 2013

Toutes les heures sont exprimées en heure normale locale (HNL). Pour convertir l'heure locale en heure avancée, ajoutez 1 heure s'il y a lieu.

VAL-D'OR A
QUEBEC

Latitude: 48°03'23,000" N Longitude: 77°47'12,000" O Altitude: 336,10 m

Identification Climat: 7098603 Identification OMM: 71725 Identification TC: GVO

Rapport de données horaires pour le 17 juin 2013

Heure	Temp. °C	Point de rosée °C	Hum. rel. %	Dir. du vent 10s deg	Vit. du vent km/h	Visibilité km	Pression à la station kPa	Hmdx	Refroid. éolien	Temps
00:00	9,4	8,5	94	33	22		96,55			ND
01:00	8,4	7,5	94	33	22		96,61			ND
02:00	7,9	6,6	91	34	19		96,68			ND
03:00	7,5	6,1	91	33	19		96,74			ND
04:00	7,2	5,8	91	33	19		96,83			ND
05:00	7,2	5,6	90	33	17		96,92			ND
06:00	7,4	5,5	88	33	19		96,97			ND
07:00	7,8	6,0	88	32	11		97,02			ND
08:00	8,9	6,3	84	32	15		97,06			ND
09:00	9,8	6,4	79	31	13		97,08			ND
10:00	11,4	5,6	67	33	15		97,09			ND
11:00	12,8	4,1	55	31	19		97,11			ND
12:00	14,6	5,1	53	31	17		97,12			ND
13:00	15,0	4,7	50	32	17		97,14			ND
14:00	15,8	4,0	45	33	17		97,18			ND
15:00	15,6	3,8	45	31	19		97,20			ND
16:00	16,4	4,4	45	32	15		97,22			ND
17:00	15,9	3,1	42	33	22		97,22			ND
18:00	14,5	3,4	47	32	13		97,26			ND
19:00	14,0	3,7	50	32	13		97,30			ND
20:00	12,9	4,3	56	33	11		97,34			ND
21:00	12,3	4,3	58	34	13		97,41			ND
22:00	11,1	4,4	63	35	17		97,43			ND
23:00	9,8	2,8	62	36	19		97,48			ND

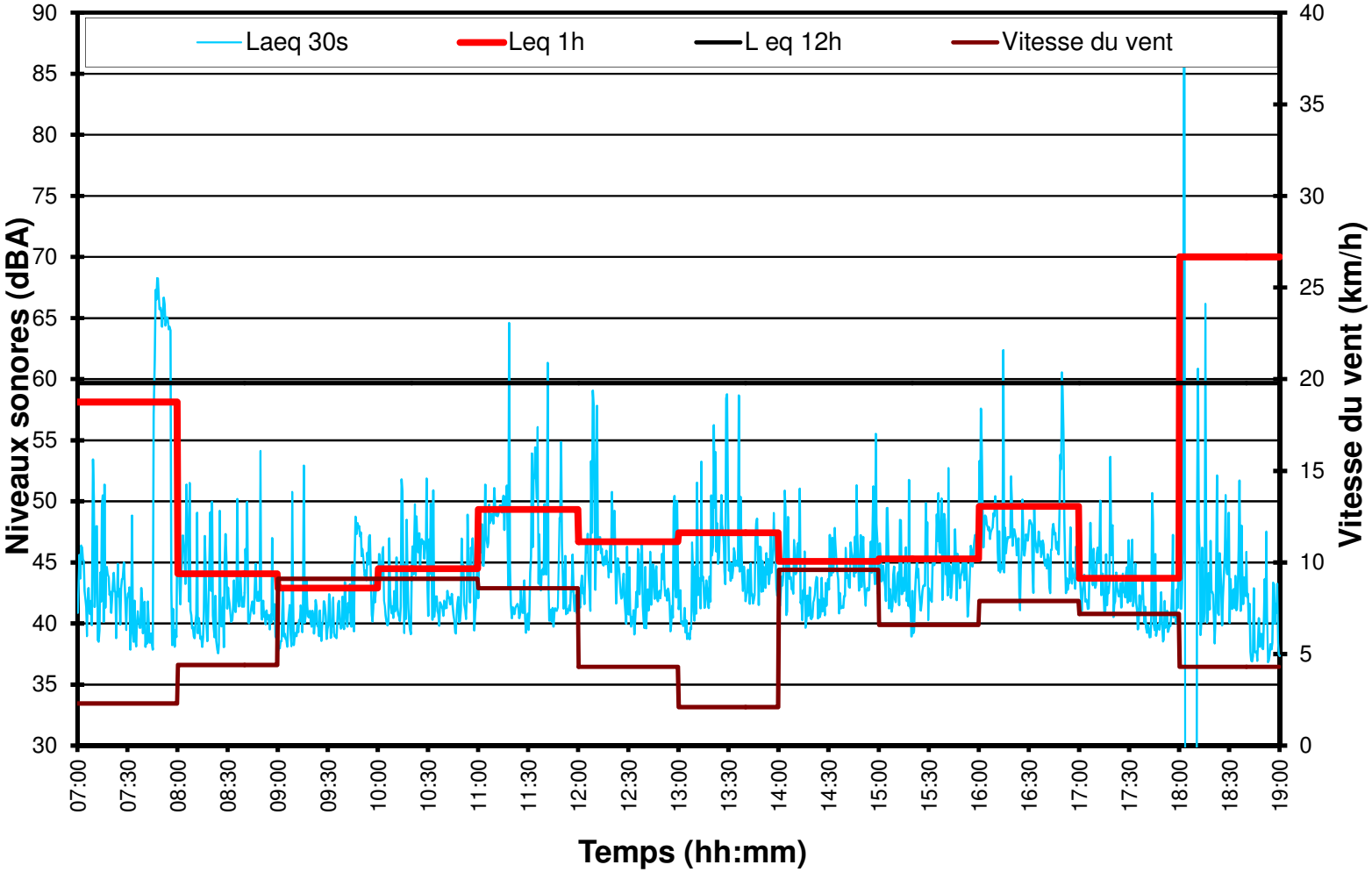
Légende
M = Données manquantes
E = Valeur estimée
ND = non disponible
ǂ = Données fournies par un partenaire, non assujetties à un révision par les Archives climatiques nationales du Canada

ANNEXE

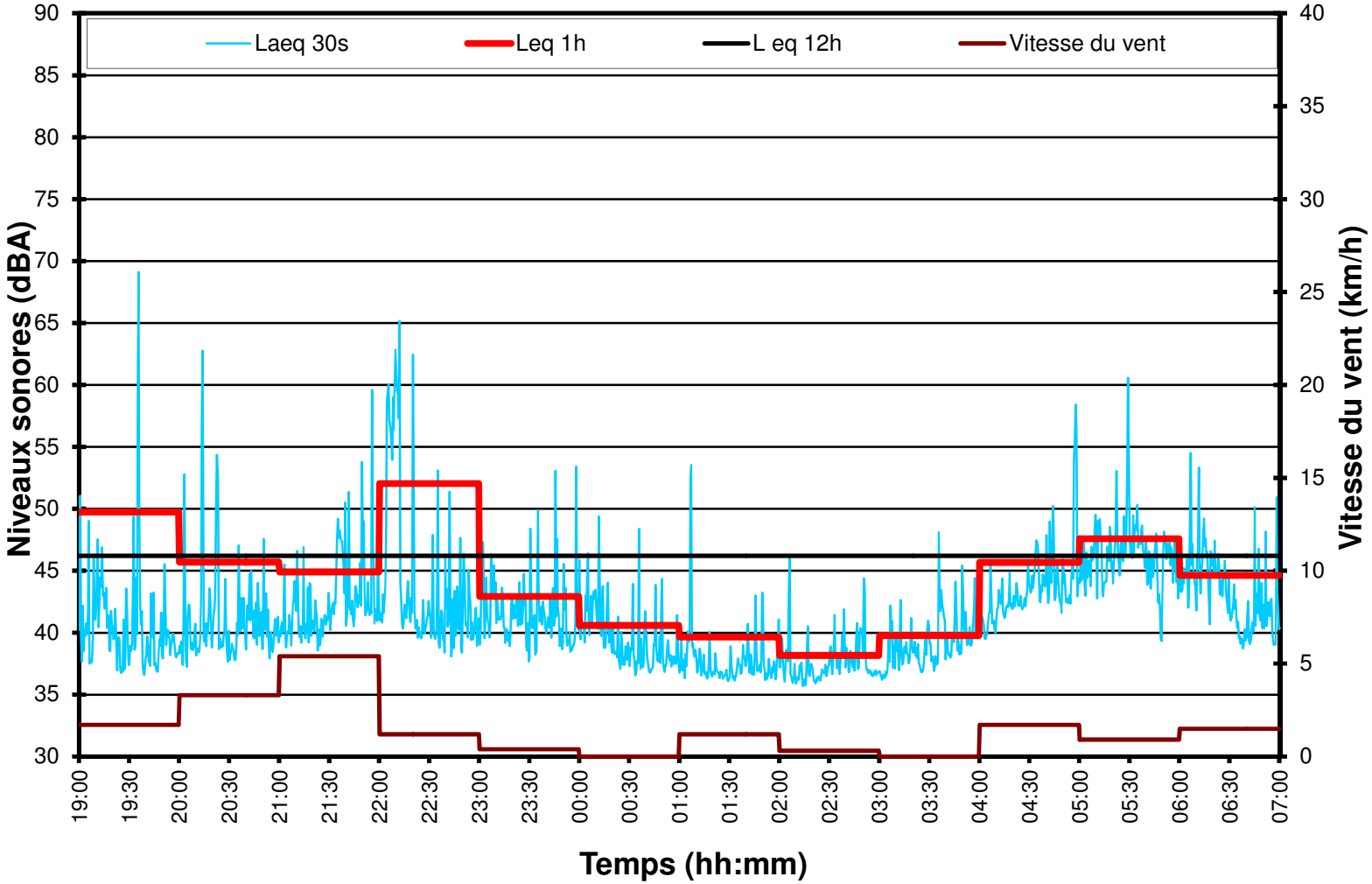
B

GRAPHIQUES DES NIVEAUX SONORES ENREGISTRÉS

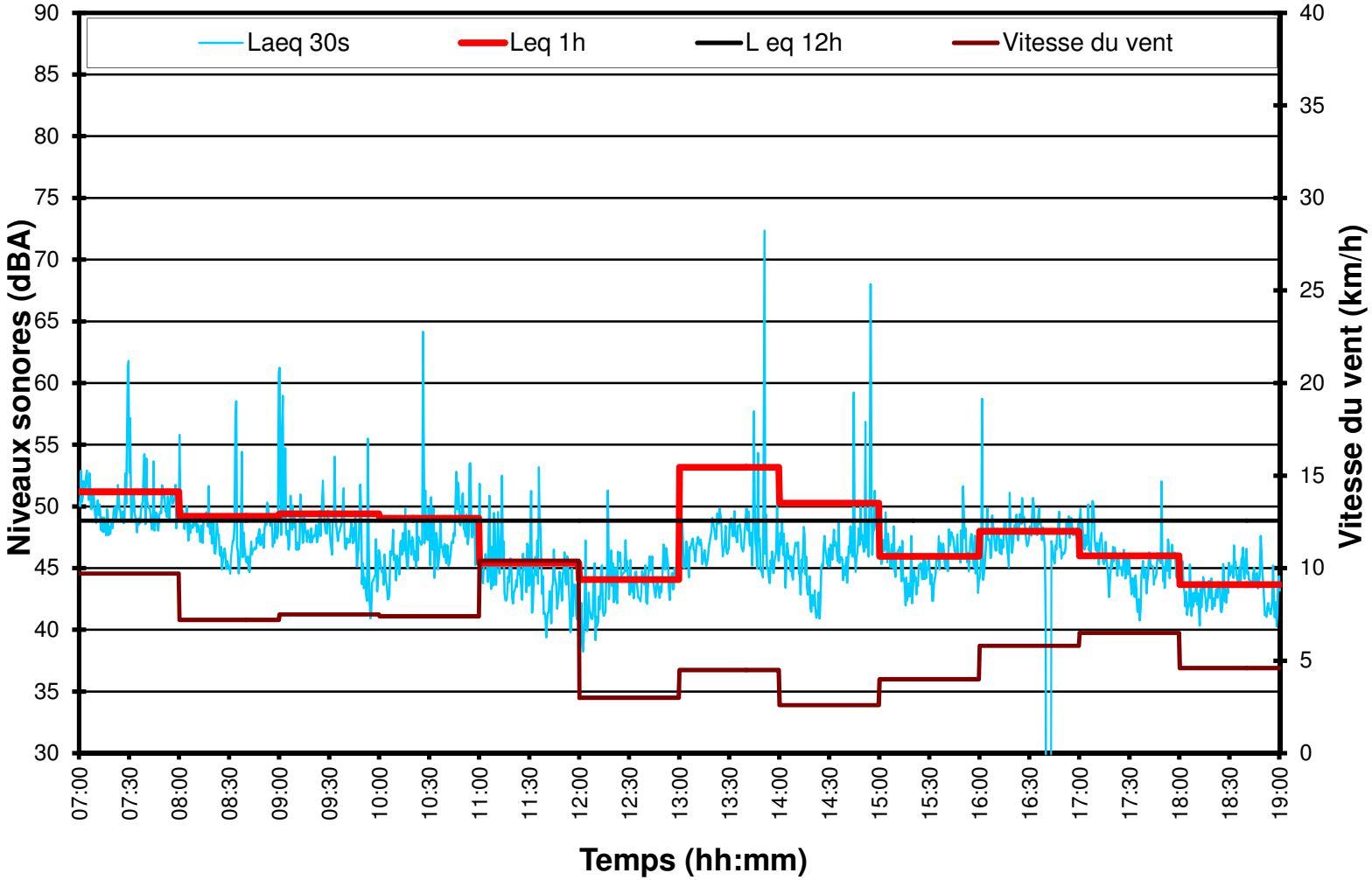
Mesure sonore – Rue des Érables(B1)
2013/06/08



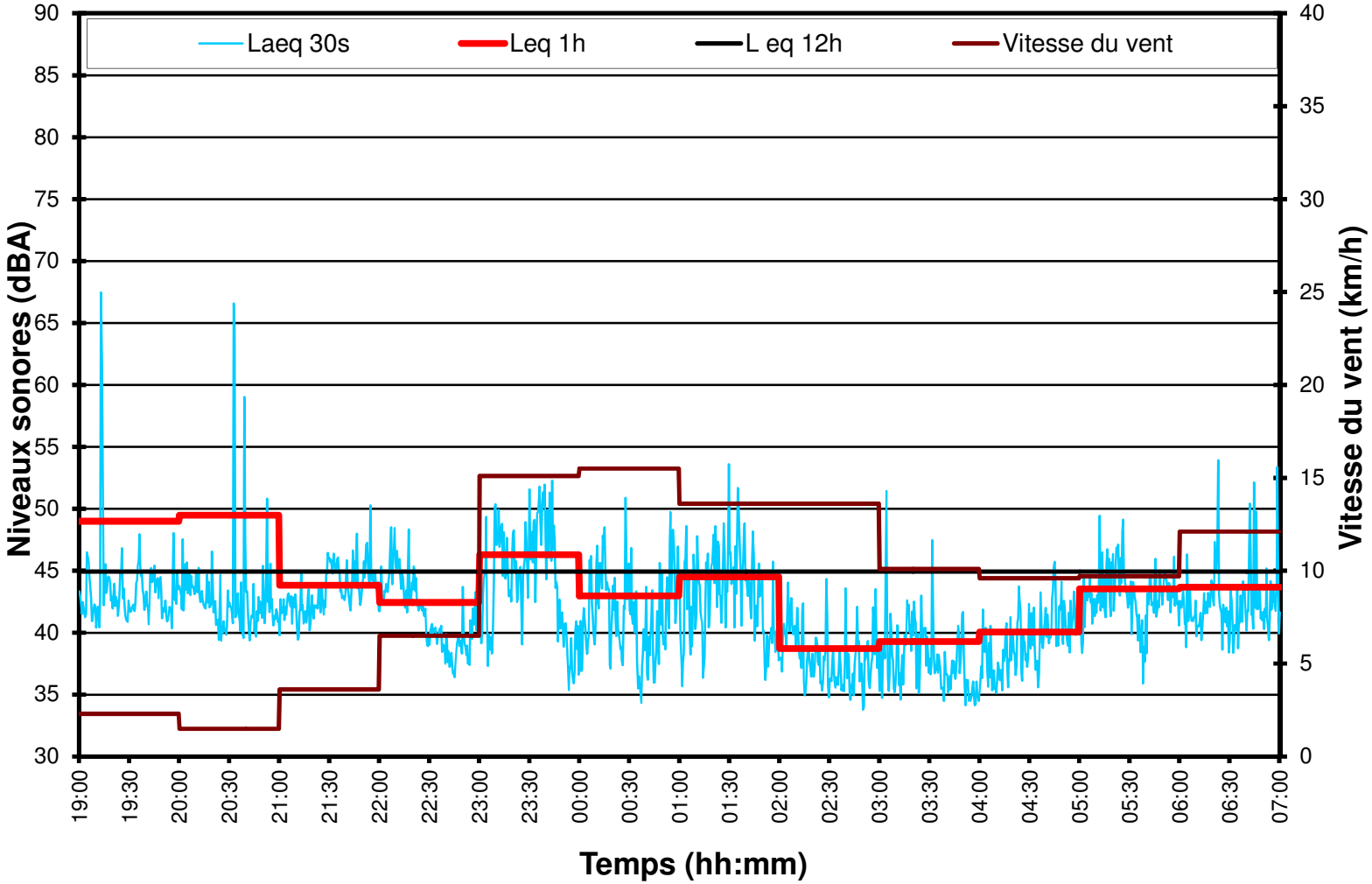
Mesure sonore – Rue des Érables (B1)
2013/06/08 au 2013/06/09



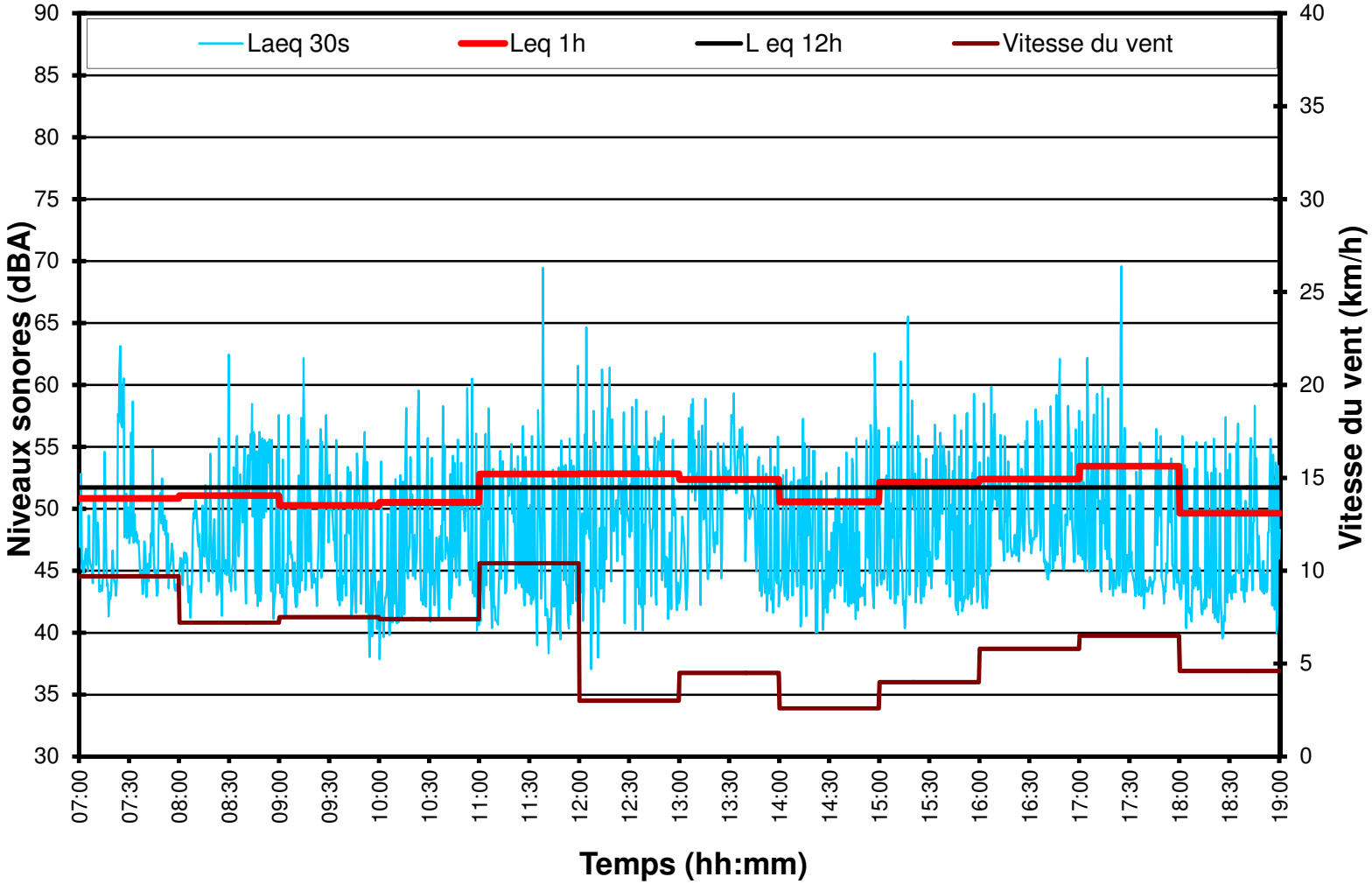
Mesure sonore – Rue Abitibi (B2)
2013/06/16

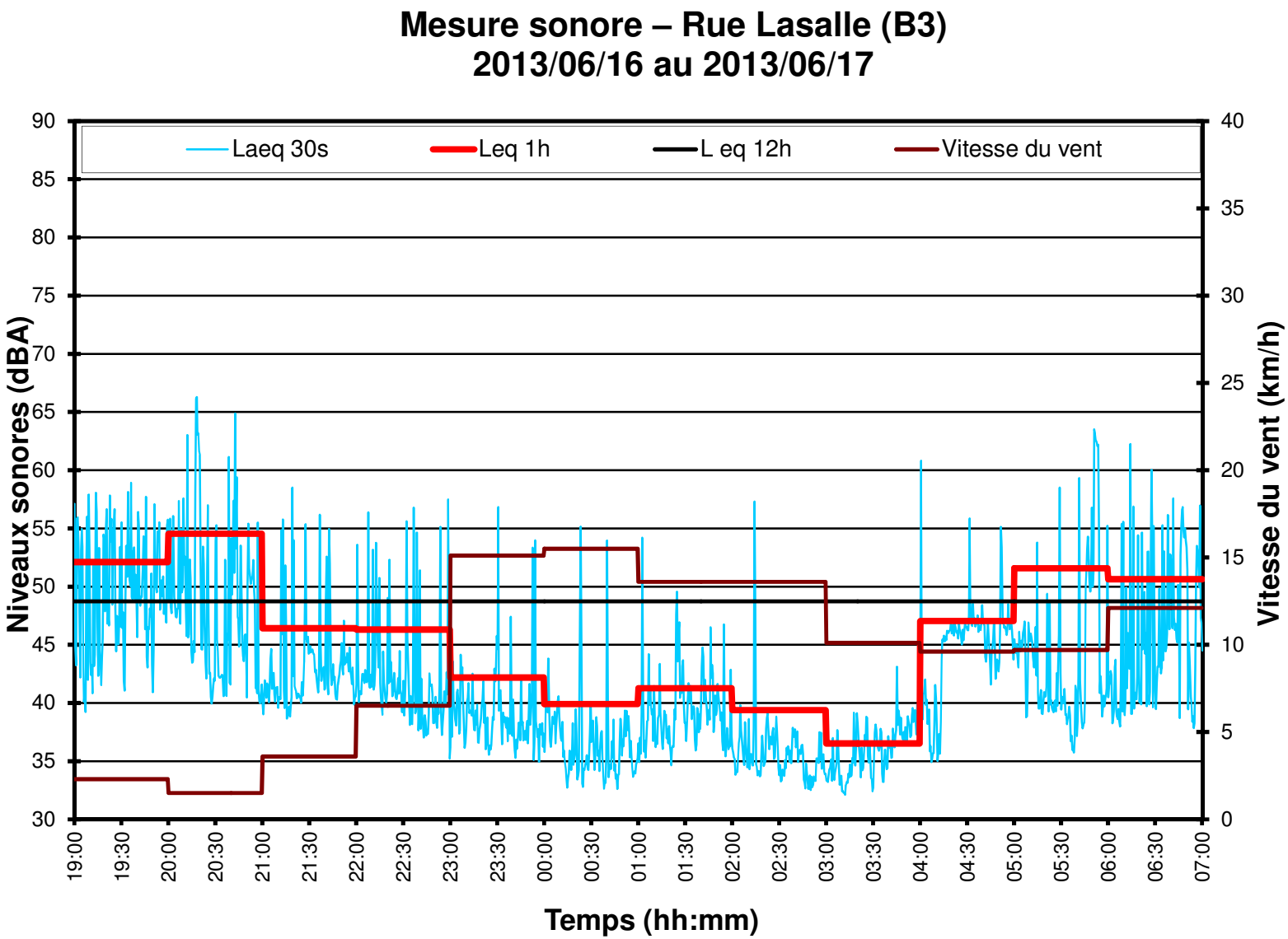


Mesure sonore – Rue Abitibi (B2)
2013/06/16 au 2013/06/17

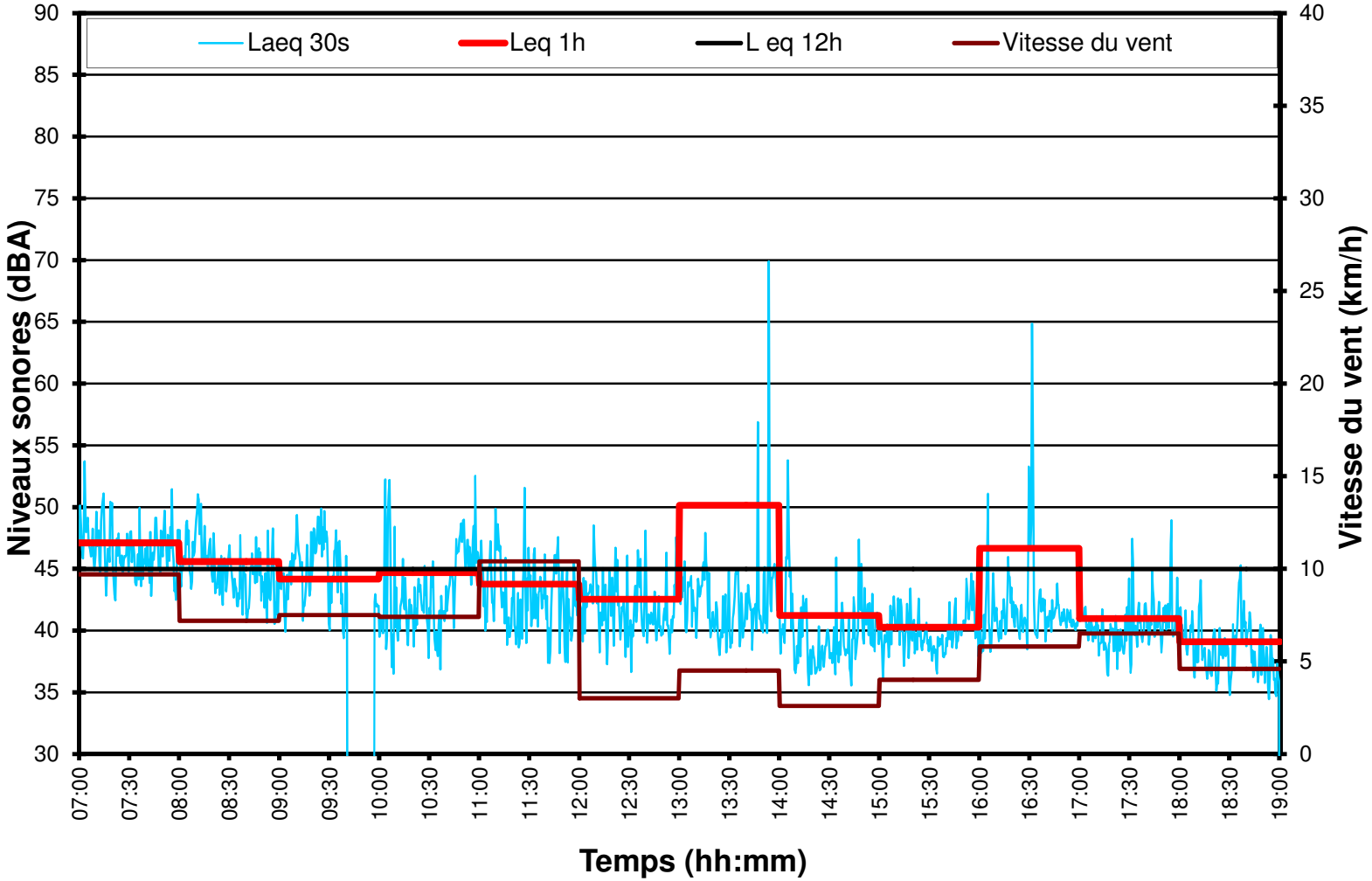


Mesure sonore – Rue Lasalle (B3)
2013/06/16

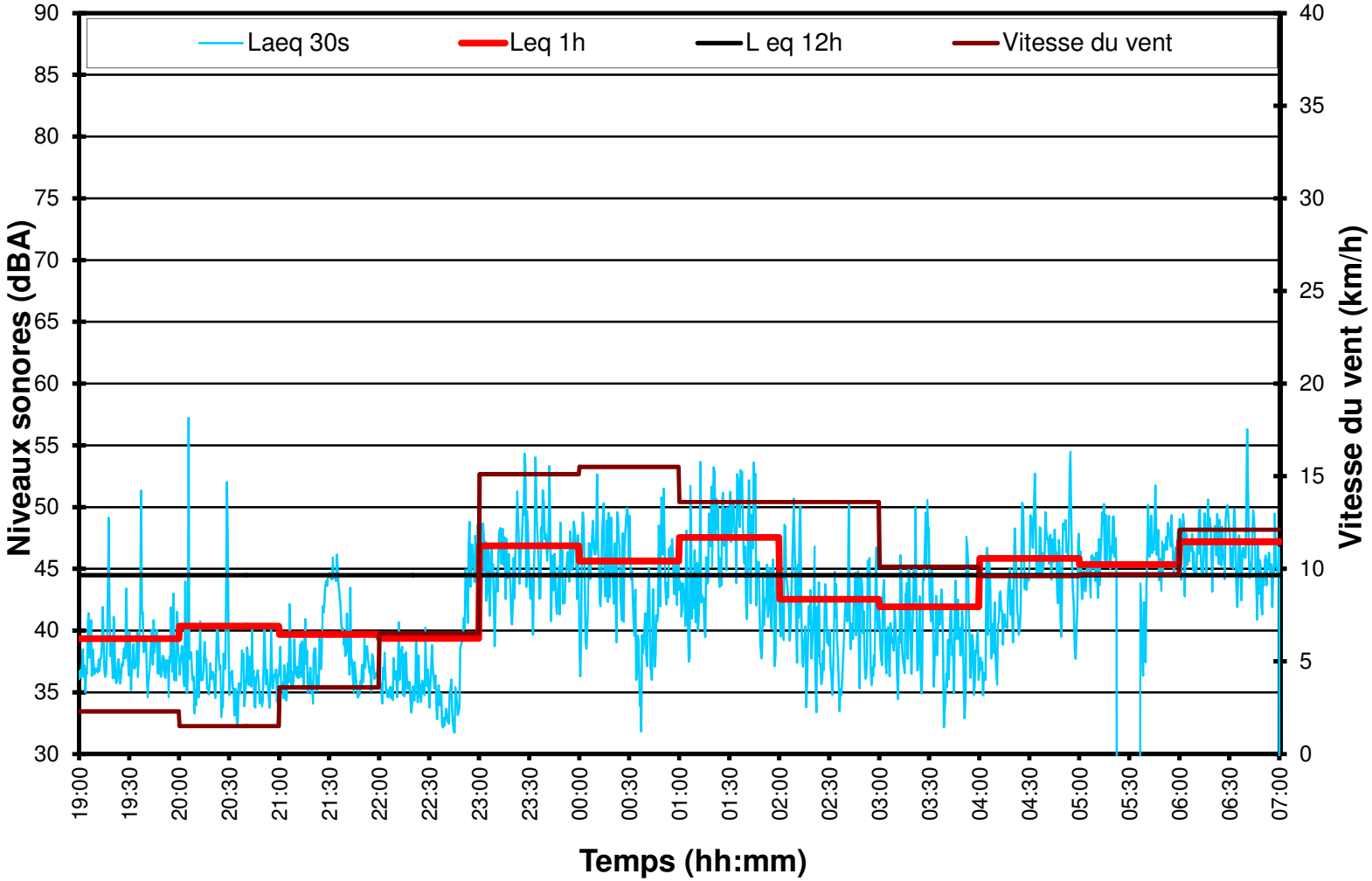



Mesure sonore – Rue Lasalle (B3)
2013/06/16 au 2013/06/17
Laeq 30s
Leq 1h
L eq 12h
Vitesse du vent
Niveaux sonores (dBA)
Vitesse du vent (km/h)
Temps (hh:mm)
90
85
80
75
70
65
60
55
50
45
40
35
30
40
35
30
25
20
15
10
5
0
19:00
19:30
20:00
20:30
21:00
21:30
22:00
22:30
23:00
23:30
00:00
00:30
01:00
01:30
02:00
02:30
03:00
03:30
04:00
04:30
05:00
05:30
06:00
06:30
07:00

Mesure sonore – Avenue du Docteur Brousseau (BR)
2013/06/16



Mesure sonore – Avenue du Docteur Brousseau (BR)
2013/06/16 au 2013/06/17



ANNEXE

R

TASSEMENTS POTENTIELS DUS AU RABATTEMENT DES EAUX SOUTERRAINES

GOLDER

CONFIDENTIEL

MEMORANDUM TECHNIQUE

DATE 13 novembre 2020 **N° de référence GAL085-1776338-MTF-Rev0**

À Martin Duclos, Directeur Développement durable et Environnement
Mine Canadian Malartic

C.C Stéphanie Lafrenière, Coordonnatrice Développement durable

DE Pierre Groleau

Adresse courriel **pgroleau@golder.com**

PARTENARIAT CANADIAN MALARTIC – PROJET ODYSSEY – TASSEMENTS POTENTIELS DUS AU RABATTEMENT DES EAUX SOUTERRAINES DANS LE SECTEUR DE LA ROUTE 117, MALARTIC

1.0 INTRODUCTION

1.1 Mise en contexte

Dans le cadre du projet Odyssey, le partenariat Canadian Malartic (CMPG) projette d'exploiter par mine souterraine l'extension des zones minéralisées actuellement exploitées par mine à ciel ouvert. Ainsi, la continuité des zones East Malartic, Sladen, Barnat, Sheehan et Jeffrey sera exploitée au moyen de galeries souterraines situées à proximité de la mine Canadian Malartic (MCM). Ce projet nécessitera, entre autres, l'aménagement d'un puits et d'une rampe afin d'accéder au gisement.

La figure A (après le texte) illustre la position du gisement et des principales infrastructures de surface projetées pour Odyssey. Pour plus de clarté, les zones minéralisées sont regroupées selon quatre zones (East Malartic, Odyssey Nord et Sud, et East Gouldie).

Le ministère des Transports du Québec (MTQ) évoque les tassements des sols qui pourraient être engendrés par le rabattement des eaux souterraines dans le secteur de la route 117, dans sa portion à l'est de la déviation construite dans le cadre de l'Extension de MCM. Ce mémorandum technique présente un avis technique à ce sujet.

1.2 Localisation du projet Odyssey

La propriété de MCM est entièrement située dans le Canton de Fournière, au sud de la ville de Malartic et à environ 25 km à l'ouest de la ville de Val-d'Or. La figure A présente une vue d'ensemble des principales infrastructures du projet Odyssey. Il est à noter que l'empreinte du projet Odyssey est entièrement située à l'intérieur du secteur du projet Extension Canadian Malartic (l'Extension), lequel a été approuvé par décret au début de 2017.

Golder Associés Ltée
7250, rue du Mile End, 3e étage Montréal (Québec) H2R 3A4 Canada T: +1 514 383 0990 +1 514 383 5332

Golder et le concept G sur son logo sont des marques de commerce de Golder Associates Corporation

2.0 REVUE DOCUMENTAIRE

Dans le cadre de la demande de modification de décret pour le projet Odyssey, Golder Associés Ltée (Golder) a réalisé une étude hydrogéologique afin d'évaluer les impacts potentiels du projet sur les niveaux des eaux souterraines par l'entremise d'une modélisation numérique (Golder, 6 novembre 2020). Cette étude, jointe à l'annexe 1, indique notamment que la zone de rabattement potentiel des eaux souterraines qui serait généré dans le roc par l'exploitation s'étend vers l'est, sur plusieurs centaines de mètres le long de la route 117, au-delà de la déviation de la route 117. Il est important de noter que l'étude des rabattements utilise une approche prudente dans le but de surestimer les impacts potentiels. Ainsi les rabattements simulés dans le roc sont généralement surestimés dans cette étude, comme le démontre le suivi des niveaux d'eau souterraine réalisé depuis le début de l'exploitation (Golder, mars 2020). La figure 1 illustre les rabattements modélisés dans l'étude hydrogéologique (Golder, 6 novembre 2020).

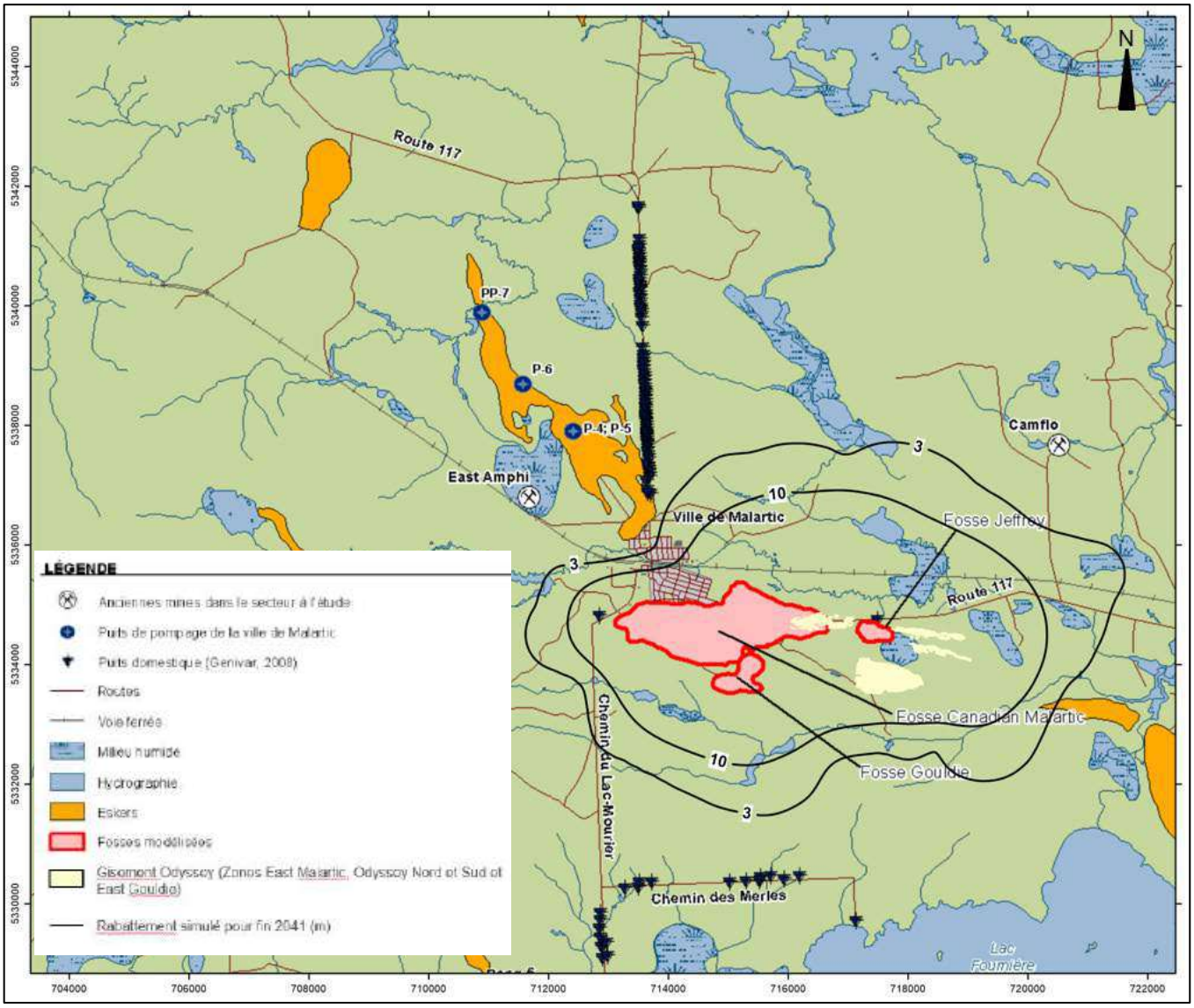


Figure 1 - Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines en 2041 – Scénario réaliste

Par ailleurs, Golder a évalué les tassements potentiels des dépôts meubles dans le secteur de la déviation de la route 117 (Golder, 18 décembre 2013). Selon cette étude, également jointe à l'annexe 1, l'abaissement de la nappe dans le secteur de la déviation causera une augmentation des contraintes effectives dans les dépôts meubles de surface. Sous l'effet d'augmentation des contraintes, par la construction de la déviation de la route 117, il est possible qu'une argile développe des tassements puisqu'elle sera exposée à un chargement accru. Toutefois, selon cette étude, il est peu probable que des tassements d'importance se développent dans l'argile sous l'effet du rabattement de la nappe uniquement.

Selon les recommandations de Golder, un suivi des niveaux d'eau souterraine du roc est réalisé dans la zone de rabattement potentiel. Ce suivi est réalisé par MCM depuis 2010, dans le cadre de son exploitation. Les résultats du suivi des niveaux d'eau réalisé dans le roc indiquent que ces niveaux sont en baisse dans les puits d'observation localisés dans l'alignement de la faille Cadillac (ce qui inclut le secteur de la déviation de la route 117), en lien avec le dénoyage des infrastructures minières incluant la fosse et les ouvertures souterraines (Golder, mars 2020). Dans le secteur de la déviation de la route 117, les puits d'observation indiquent de faibles rabattements de l'ordre de 2 à 3 m de novembre 2009 à novembre 2019. De plus, le puits minier n°1 (figure 2) génère un rabattement plus élevé dans le toit du roc de ce secteur lié à un effet local de drainage (vers le bas) de ce puits minier et ses galeries d'exploration causé par les activités de dénoyage de MCM. De tels rabattements ne sont toutefois pas observés plus à l'est pour l'instant.

3.0 AVIS SUR LES RABATTEMENTS ET LES TASSEMENTS POTENTIELS À L'EST DE LA DÉVIATION DE LA ROUTE 117

Golder est d'avis qu'un rabattement significatif (abaissement de plusieurs mètres) du niveau des eaux souterraines dans le roc à l'est de la déviation de la route 117 est possible, même si de tels rabattements ne sont pas observés dans ce secteur pour l'instant. La figure 2 illustre l'historique des ouvertures souterraines dans le secteur de la déviation. On remarque la quasi-absence d'ouvertures souterraines à l'est de la déviation. Comme ces ouvertures favorisent le drainage des eaux souterraines, leur absence devrait également limiter l'étendue des rabattements plus à l'est. Cependant, le projet Odyssey créera de nouvelles ouvertures souterraines plus à l'est. Si des structures géologiques drainantes sont présentes, notamment des failles ou des contacts géologiques connectés vers la surface, cela pourrait favoriser le rabattement des eaux souterraines plus à l'est.

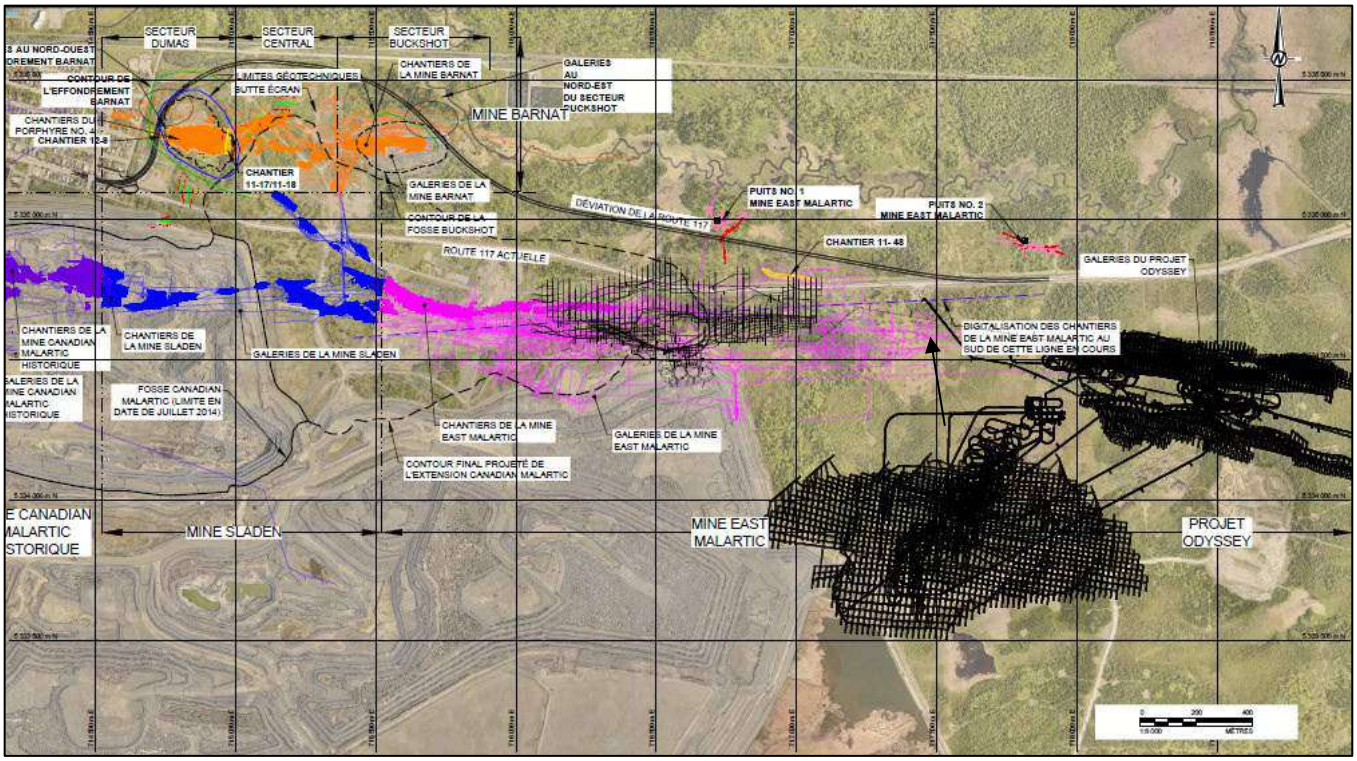


Figure 2 - Historique des ouvertures souterraines dans le secteur de la déviation de la route 117

Par ailleurs, la géologie des dépôts meubles peut aussi avoir une incidence sur les rabattements des niveaux d'eau dans le roc. La figure 3 illustre les épaisseurs de sols cohérents (notamment des argiles) dans le secteur du projet Odyssey. On note sur cette figure un important dépôt de sable et gravier qui est affleurant et qui s'étend à l'est des infrastructures de surface du projet Odyssey (encerclé en bleu). Ce dépôt orienté nord-sud, qui est connecté à d'autres dépôts de sable et gravier plus au sud, est une zone de recharge importante des eaux souterraines du roc dans ce secteur. La perméabilité de ces dépôts, qui est de plusieurs ordres de grandeur supérieure à celle du roc, devrait limiter l'étendue du rabattement de l'eau dans le roc vers l'est.

On note également sur cette figure 3 d'importants dépôts de sols cohérents plus à l'est, sous la route 117, d'une épaisseur pouvant atteindre jusqu'à 15 m. En fonction des conditions, ces dépôts pourraient être sujets à des tassements dans le futur.

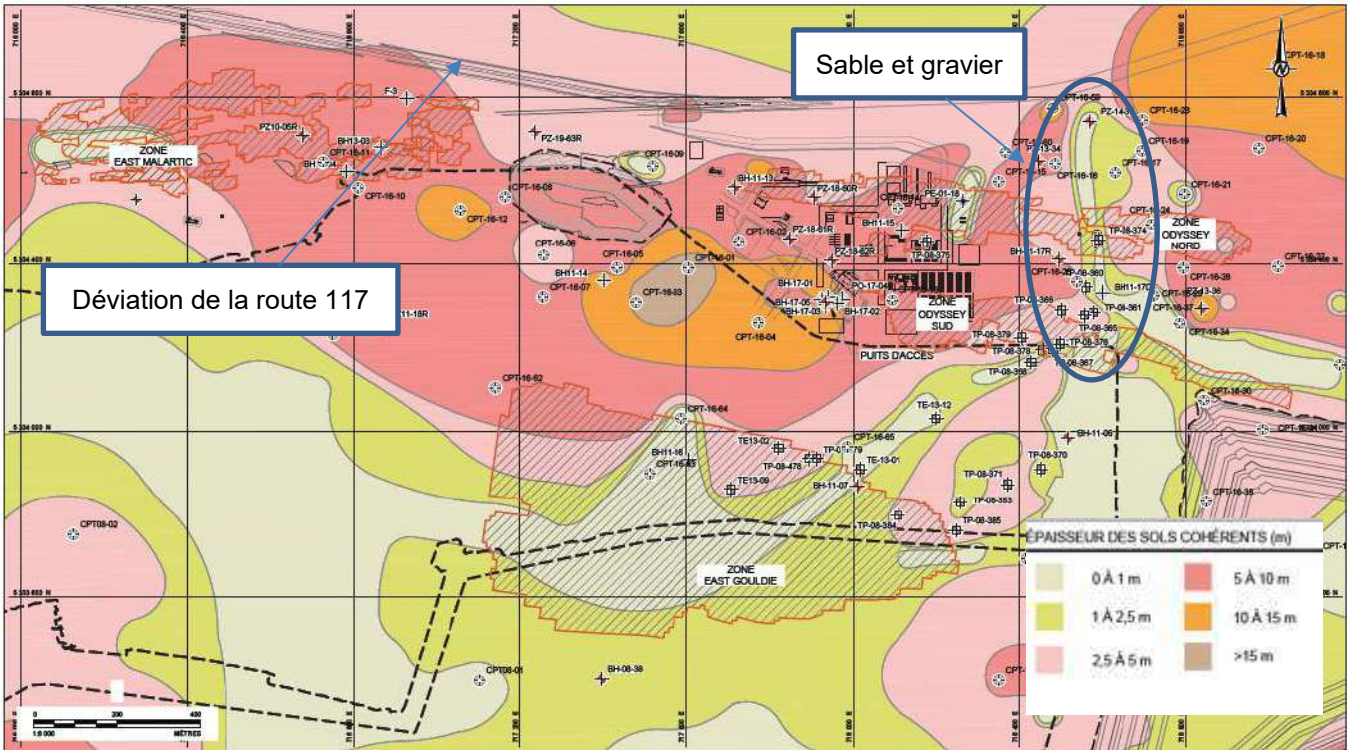


Figure 3 - Épaisseur des sols cohérents dans le secteur du projet Odyssey

Ainsi, même si le suivi des niveaux d'eau souterraine n'indique pas pour le moment de rabattement significatif à l'est de la déviation de la route 117, il est possible que de tels rabattements se produisent dans ce secteur dans le futur, en considérant l'exploitation du projet Odyssey. Il est toutefois peu probable que des tassements d'importance se développent dans l'argile sous l'effet du rabattement de la nappe dans le roc uniquement. Par conséquent, le suivi des niveaux d'eau souterraine dans le roc est pour l'instant jugé suffisant pour prévenir cette problématique. Il est toutefois recommandé d'étendre ce suivi dans des puits d'observation additionnels présents à l'est de la déviation de la route 117. La figure 4 illustre trois puits qui pourraient être ajoutés au suivi de MCM (PZ13-34, PZ-14-37 et PZ-16-12R, encerclés en bleu). D'autres puits pourraient être aménagés, au besoin.

Dans le cas où des rabattements significatifs seraient observés dans le roc, particulièrement à l'est du dépôt de sable et gravier illustré sur la figure 3, il sera alors recommandé de mettre en place un suivi des tassements potentiels des argiles sous la route 117.

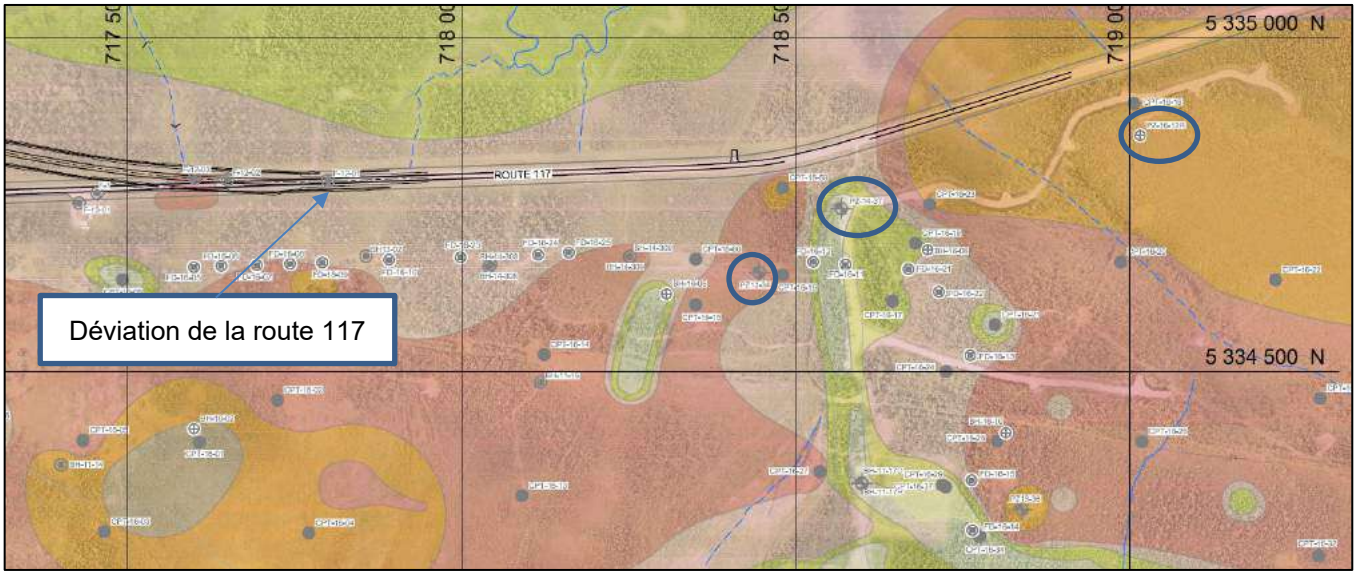


Figure 4 - Puits d'observation proposés (cercles bleu) pour le suivi des niveaux d'eau souterraine à l'est de la déviation de la route 117

4.0 LIMITATIONS

Les conditions générales ainsi que les limitations de la présente étude sont jointes à l'annexe 2.

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE

Youri Brochu, géo., M.Sc.A.
Associé

Pierre Groleau, ing., M.Sc.
Associé principal

PG/YB/

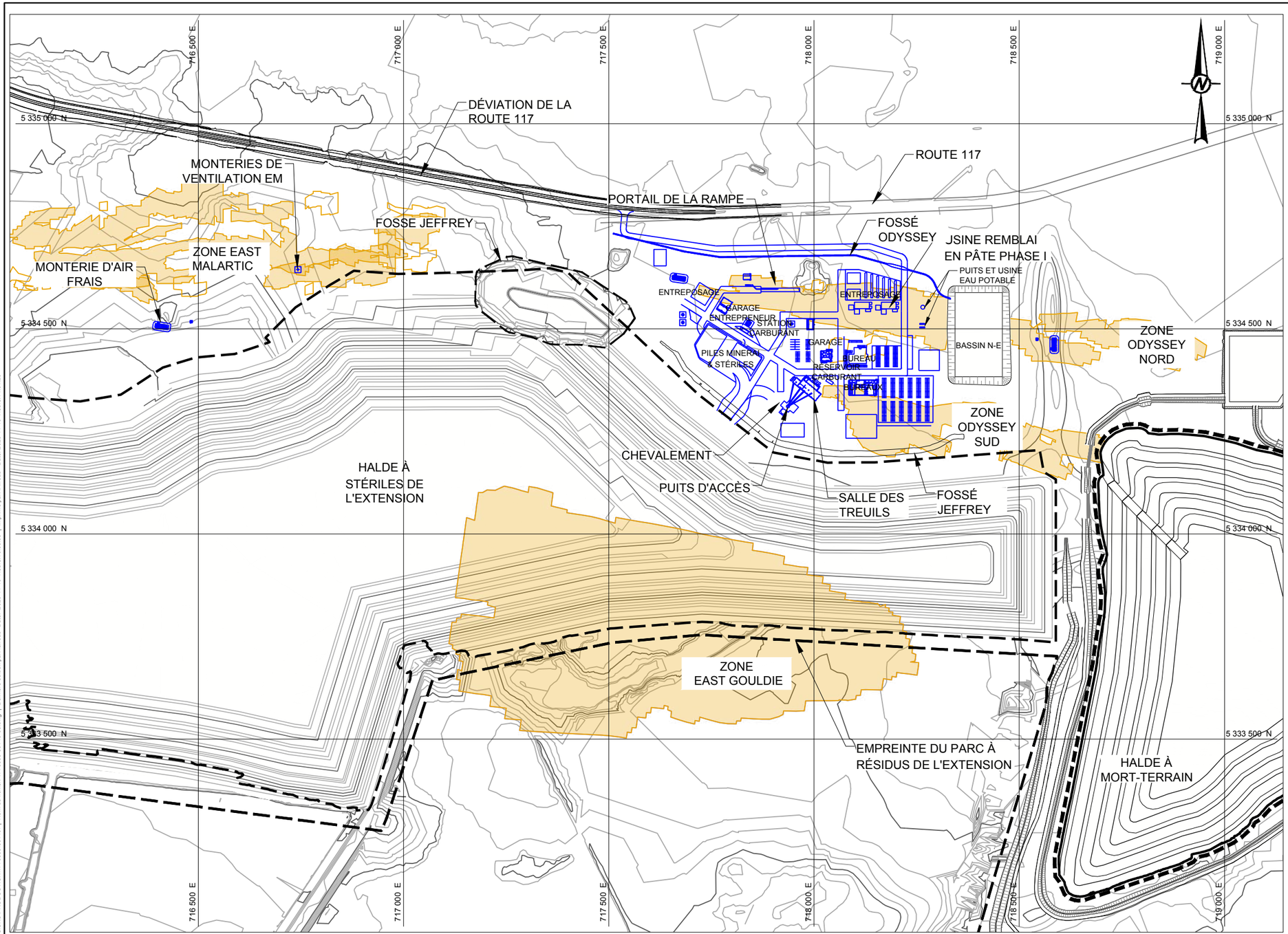
P.J. : Figure A
Annexe 1 – Rapports antérieurs
Annexe 2 – Conditions générales et limitations

5.0 RÉFÉRENCES

Golder, 18 décembre 2013. *Mine Canadian Malartic – Impacts potentiels du rabattement des eaux souterraines dans le secteur de la déviation de la route 117, Malartic (Québec)*. Réf. 006-13-1221-0009-7004-Rev1.

Golder, mars 2020. *Suivi des eaux souterraines 2019 à la Mine Canadian Malartic, Malartic (Québec)*. Réf. 029-1525739-2400-RF-Rev0.

Golder, 6 novembre 2020. *Évaluation des débits d'exhaure et des impacts potentiels sur les niveaux des eaux souterraines du projet Odyssey, Malartic (Québec)*. Réf. Gal101-1776338-MTF-Rev0.



LÉGENDE

- COURBES TOPOGRAPHIQUES
- EMPREINTE DES INFRASTRUCTURES PROJETÉES DE L'EXTENSION DE LA MINE CANADIAN MALARTIC
- GISEMENT ODYSSEY (ZONES EAST MALARTIC, ODYSSEY NORD ET SUD ET EAST GOULDIE)
- INFRASTRUCTURES DE SURFACE PROJETÉES DU PROJET ODYSSEY

NOTE

- SYSTÈME DE COORDONNÉES: UTM, NAD 83, ZONE 17

RÉFÉRENCES

1. L'EMPREINTE DE LA FOSSE JEFFREY PROVIENT DE MCM (AVRIL 2017).
2. LES EMPREINTES DES HALDES DE L'EXTENSION PROVIENNENT DE MCM (JUILLET 2017).
3. LES INFRASTRUCTURES DU PROJET ODYSSEY PROVIENNENT DU DESSIN "Site Odyssey_16oct.dwg" FOURNI PAR MCM.
4. LE GISEMENT ODYSSEY PROVIENT DES DESSINS:
   - Export_DetailledPEA20ktp_STOPES_ODN_07-2020.dxf;
   - Export_DetailledPEA20ktp_STOPES_EM_0-600_07-2020.dxf;
   - Export_DetailledPEA20ktp_STOPES_EM_600-+07-2020.dxf;
   - Export_DetailledPEA20ktp_STOPES_ODS_07-2020.dxf;

   FOURNIS PAR MCM (AOUT 2020)

0 250 500
1:10 000 MÈTRES

CLIENT
MINE CANADIAN MALARTIC

PROJET
TASSEMENTS POTENTIELS DUS AU RABATTEMENT DES EAUX SOUTERRAINES DANS LE SECTEUR DE LA ROUTE 117, MALARTIC.

CONSULTANT
GOLDER

AAAA-MM-JJ	2020-11-10
DESSINÉ	A. Annoual
PROJETÉ	J. Lallier
RÉVISÉ	J. Lallier
APPROUVÉ	P. Groleau

TITRE
VUE D'ENSEMBLE DES PRINCIPALES INFRASTRUCTURES DE SURFACE DU PROJET ODYSSEY

N° PROJET	PHASE	RÉV.	PLAN
1776338	30140	0	A

Chemin: \\golder.gds\gal\Montreal\SIG\CAD\PROJETS\OSISKO\PRODUCTION\1776338\30140\ | Nom du fichier: 1776338-30140-05.dwg | Dernière édition par: iarroub Date: 2020-11-10 Heure:10:36:35 | Imprimé par: IArroub Date: 2020-11-10 Heure:11:01:26
SI LA MESURE NE CORRESPOND PAS À L'ÉCHELLE, LA TAILLE DE LA FEUILLE A ÉTÉ MODIFIÉ: ANSI B
25 mm

ANNEXE 1

Rapports antérieurs

MÉMORANDUM TECHNIQUE

Date: 18 décembre 2013
CONFIDENTIEL

N° de référence: 006-13-1221-0009-7004-Rev1

À: M. François Fortin, ing.
Corporation minière Osisko

c.c: Luc Lessard

De: Mayana Kissiova, Pierre Groleau

Adresse courriel: mkissiova@golder.com

OBJET : MINE CANADIAN MALARTIC - IMPACTS POTENTIELS DU RABATTEMENT DES EAUX SOUTERRAINES DANS LE SECTEUR DE LA DÉVIATION DE LA ROUTE 117, MALARTIC, QUÉBEC

Monsieur Fortin,

Corporation minière Osisko (Osisko) a reçu une lettre du ministère des Transports du Québec (MTQ) datée du 1er octobre 2013. Dans cette lettre, le MTQ évoque les tassements des sols qui pourraient être engendrés par le rabattement des eaux souterraines dans le secteur de la déviation de la route 117 projetée. Ce mémorandum technique présente un avis à ce sujet.

1.0 REVUE DOCUMENTAIRE

Dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement pour le projet Canadian Malartic, Golder Associés Ltée (Golder) a réalisé une étude hydrogéologique afin d'évaluer les impacts potentiels du projet sur les niveaux des eaux souterraines en 2008 (Golder, 2008a). Cette étude concluait notamment que la zone de rabattement significatif potentiel des eaux souterraines généré par l'exploitation s'étend jusqu'à une distance de 3 km au nord de la fosse proposée. Il a été également identifié que les argiles comprises dans cette zone de rabattement pourraient être drainées et, par conséquent, subir des tassements. Les recommandations de l'étude incluaient la réalisation de l'inventaire des secteurs montrant de fortes épaisseurs d'argiles dans les zones de rabattement significatif et l'implantation d'un suivi des niveaux d'eau du roc dans ces zones. Cet inventaire ainsi que le suivi des niveaux d'eau ont été réalisés par Golder à la suite de ces recommandations.

L'inventaire des zones sensibles aux tassements des sols fins a identifié la route 117 existante comme secteur situé sur des dépôts argileux susceptibles aux tassements (Golder, 2008b). Présentement, les résultats du suivi des niveaux d'eau réalisé dans le roc indiquent que ces niveaux sont en baisse dans les puits d'observation localisés dans l'alignement de la faille Cadillac (ce qui inclut le secteur de la route 117), en lien avec le dénoyage des infrastructures minières incluant la fosse et les ouvrages souterrains (Golder, 2013a). Dans le secteur de la déviation de la route 117, les puits d'observation indiquaient des rabattements de l'ordre de 2 à 3 m de novembre 2009 à novembre 2012.

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

Par ailleurs, le Groupe Qualitas Inc. (Qualitas) a réalisé des études pédologiques et géotechniques dans le secteur de la déviation de la route 117 (Qualitas, 2011, 2012 et 2013). Ces études ont identifié la présence de dépôts d'argile d'épaisseurs variant de 0,60 à 8,39 m dans l'alignement proposé de la route.

2.0 ÉVALUATION DU POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT DES TASSEMENTS LIÉS AU RABATTEMENT DES EAUX SOUTERRAINES

En se basant sur les résultats de l'étude hydrogéologique et compte tenu des épaisseurs d'argile, il est probable que la nappe phréatique dans les dépôts meubles sous l'empreinte de la déviation subira un rabattement équivalent ou supérieur à l'épaisseur complète du mort terrain. Tel que conclu en 2008, les dépôts argileux se verraient alors drainés. En effet, les dépôts argileux se trouvent généralement soit près de la surface, soit sous une couche de silt et/ou de sols organiques de faible épaisseur.

Selon notre interprétation des conditions présentes sur le site, il existe deux zones distinctes le long du tracé proposé de la déviation de la route 117 :

Zone ouest

Cette zone correspond au secteur adjacent à l'effondrement Barnat (secteur Dumas), approximativement à l'ouest du chaînage 20+900 de la déviation. Les données collectées et analysées par Golder depuis 2011 dans le secteur (Golder, 2013b) indiquent que les dépôts argileux ont déjà subi un abaissement du niveau de la nappe phréatique. Aucune variation dans les pressions interstitielles mesurées dans les piézomètres n'a été enregistrée depuis le début des observations. Ces données sont corroborées par les quelques forages réalisés par Qualitas dans le secteur et dans lesquels le niveau mesuré de la nappe phréatique se trouve sous la couche d'argile. On peut raisonnablement supposer aussi que les dépôts argileux dans le secteur ont subi une certaine désaturation suite au développement de l'effondrement et qu'ils ont été exposés au drainage depuis une longue période (des dizaines d'années). À notre avis, si des tassements dus à un drainage devaient apparaître dans ce secteur, ils se seraient probablement déjà développés. Il est important de noter qu'il est prévu d'enlever toutes les couches d'argile présentes sous l'alignement de la déviation, à l'intérieur des limites des mesures de contrôle telles que présentées dans notre rapport (Golder, 2013c), dans cette zone afin de faciliter les travaux de mise en place de la route.

Il est aussi important de noter que, selon les résultats des sondages de Qualitas, des dépôts argileux n'ont pas été observés dans le secteur à l'entrée de la ville.

Zone nord et est

Cette zone correspond à un secteur plus grand longeant l'extrémité nord de la fosse projetée de l'Extension Canadian Malartic, essentiellement à l'est du chaînage 20+900. L'investigation conduite par Qualitas a permis d'identifier qu'un dépôt naturel d'argile varvée est généralement présent sous une mince couche de sol organique ou de remblai dans l'ensemble de cette zone et dans l'alignement de la déviation de la route plus particulièrement.

De façon générale, l'abaissement de la nappe dans le secteur causera une augmentation des contraintes effectives dans les dépôts meubles de surface. Sous l'effet d'augmentation des contraintes, il est possible qu'une argile développe des tassements puisqu'elle sera exposée à un chargement accru. Toutefois, si l'augmentation des contraintes ne dépasse pas d'une façon marquée la contrainte de pré-consolidation d'une

argile, il est peu probable que des tassements d'importance se développent uniquement sous l'effet de la désaturation.

En nous basant sur les informations disponibles dans l'étude de Qualitas (Qualitas, 2013), nous avons compilé les données provenant des quelques forages ayant enregistré la présence de dépôts d'argile parmi les plus importants en termes d'épaisseur et se trouvant sous la couche de remblai parmi les plus épaisses dans le tracé de la déviation, et ce, afin de réaliser une évaluation prudente. En supposant le cas peu probable d'une désaturation complète du dépôt d'argile, la figure 1 présente le développement des contraintes en profondeur avant et après le rabattement de la nappe dans les dépôts de surface. La figure 1 présente aussi, sur le même graphique, les contraintes de pré-consolidation des argiles observées dans les forages cités, telles que calculées par Qualitas à partir des essais de consolidation (œdométriques) ainsi qu'à partir des mesures de la résistance au cisaillement *in situ* et en laboratoire.

L'interprétation des données à la figure 1 indique que de façon générale, les contraintes effectives développées suite à une désaturation complète des dépôts argileux ne dépasseront pas ou très peu les contraintes de pré-consolidation en place, et ce, seulement dans des couches isolées en profondeur. À notre avis, cette interprétation permet de conclure qu'il est peu probable que des tassements d'importance se développent dans l'argile sous l'effet du rabattement de la nappe uniquement.

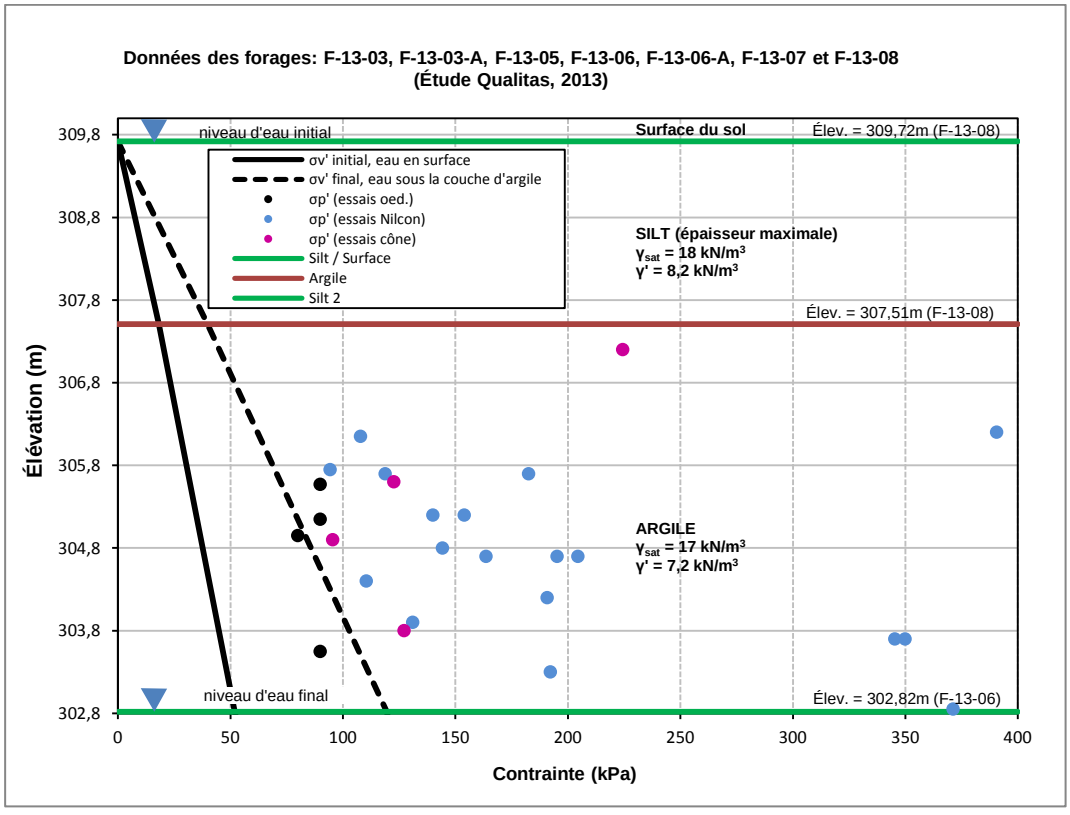


Figure 1: Graphique des contraintes effectives avant et après le rabattement de la nappe dans les dépôts meubles et les contraintes de pré-consolidation en place (données tirées du rapport de Qualitas, 2013)

Par ailleurs, les études de Qualitas ont identifié les tassements des argiles sous le poids des remblais comme un facteur limitant l'épaisseur de ceux-ci et nécessitant une vitesse de mise en place et des méthodes de travail particulières. L'ordre de grandeur des tassements potentiels, primaires et secondaires, a aussi été estimé tout

en spécifiant que la variabilité des argiles est grande dans le secteur et que l'ampleur des tassements dépend de plusieurs facteurs différents et difficiles à estimer. Le rabattement de la nappe pourrait accélérer la vitesse de développement de ces tassements. Toutefois, les mesures proposées par Qualitas dans le cadre du contrôle des remblais et le suivi de la performance des dépôts argileux devraient capter les mouvements et les tassements de l'argile, à la fois provoqués par le poids du remblai et potentiellement influencés par le rabattement. Selon nous, ces mesures semblent adéquates pour ce type de projet et devraient être appliquées.

Une revue des données et de cette opinion devrait être faite par le concepteur de la route afin de tenir compte de l'ensemble des conditions dans le secteur de la déviation projetée de la route 117.

En espérant le tout conforme à vos attentes, veuillez agréer, Monsieur Fortin, nos salutations distinguées.

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE

Pierre Groleau, ing., M.Sc.
Hydrogéologue, associé principal

Mayana Kissiova, ing., M.Ing.
Associée

PG/MK/mf

\\golder.gds\gal\montreal\actif\2013\1221\13-1221-0009 osisko - contournement de la 117 - malartic\6 livrables émis\006-13-1221-0009-7004 mtf rev1.docx

RÉFÉRENCES

Golder, 2013a. *Suivi des eaux souterraines 2012 - Mine Canadian Malartic, Malartic (Québec)*. Juillet 2013. Réf. 004-10-1221-0107-4002-RF-Rev0, 272 p.

Golder, 2013b. *Rapport de suivi des piézomètres et inclinomètres (Juillet 2012 à août 2013).* Octobre 2013. No.005-12-1221-0003-4000-RF-RevA, 75p.

Golder, 2013c. *Plan de conception et d'optimisation – remblayage de l'effondrement Barnat et de la fosse Buckshot*. Novembre 2013. Réf. 005-13-1221-0009-7001-RevC, 29 p.

Golder, 2008a. *Évaluation du débit d'exhaure et des impacts potentiels sur les niveaux des eaux souterraines.* Juillet 2008. Réf. 07-1221-0028-2400, 197 p.

Golder, 2008b. *Évaluation de la qualité de l'eau souterraine du projet Canadian Malartic*. 15 décembre 2009. No. 07-1221-0028-3000. 128 p.

Qualitas, 2011. *Étude pédologique et géotechnique - Déviation de la route 117 entre les P.K. 0+000 et 3+360 – Malartic, Québec.* Le 15 février 2011. Réf. 2004-R (G10239-B-rap-1), 88 p.

Qualitas, 2012. *Étude pédologique et géotechnique - Déviation de la route 117 entre les P.K. 17+700 et 21+600 – Malartic, Québec.* Le 19 juin 2012. Réf. 2004-01T (G12143-B-rap-1), 85 p.

Qualitas, 2013. *Étude géotechnique complémentaire - Déviation de la route 117 entre les P.K. 17+700 et 21+600 – Malartic, Québec.* Juillet 2013. Réf. 2004-02U (G13113-B-rap-2), 208 p.

CONFIDENTIEL

MÉMORANDUM TECHNIQUE

DATE 6 novembre 2020 GAL101-1776338-MTF-Rev0

À Richard Harrison - Directeur de l'évaluation de projets
Mine Canadian Malartic

C.C Stéphanie Lafrenière, coordonnatrice au Développement durable

DE Michel Mailloux **ADRESSE COURRIEL mmailloux@golder.com**

ÉVALUATION DES DÉBITS D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES DU PROJET ODYSSEY, MALARTIC (QUÉBEC)

1.0 INTRODUCTION

1.1 Mise en contexte

Dans le cadre du projet Odyssey, Mine Canadian Malartic (MCM) projette d'exploiter par mine souterraine l'extension des zones minéralisées actuellement exploitées par mine à ciel à ouvert. Ainsi, la continuité des zones East Malartic, Sladen, Barnat, Sheehan et Jeffrey sera exploitée au moyen de galeries souterraines situées à proximité de la mine Canadian Malartic (MCM). Ce projet nécessitera, entre autres, l'aménagement d'un puits et d'une rampe afin d'accéder au gisement.

La figure A (après le texte) illustre la position du gisement et des principales infrastructures de surface projetées pour Odyssey. Pour plus de clarté, les zones minéralisées sont regroupées selon quatre zones (East Malartic, Odyssey Nord et Sud et East-Gouldie). La figure B (après le texte) présente une vue isométrique de ces zones minéralisées du projet Odyssey.

Dans le cadre d'une demande de modification de décret pour le projet Odyssey à la suite de changements apportés au projet, Golder Associés Ltée (Golder) a été mandatée pour réaliser cette étude qui comprend l'évaluation des débits d'exhaure et des impacts potentiels sur les niveaux des eaux souterraines.

1.2 Localisation du projet Odyssey

La propriété de MCM est entièrement située dans le canton de Fournière, au sud de la ville de Malartic et à environ 25 km à l'ouest de la ville de Val-d'Or. La figure A (après le texte) présente une vue d'ensemble des principales infrastructures du projet Odyssey. Il est à noter que l'empreinte du projet Odyssey est entièrement située à l'intérieur du secteur du projet Extension Canadian Malartic (l'Extension), lequel a été approuvé par décret au début de 2017.

Golder et le concept G sur son logo sont des marques de commerce de Golder Associates Corporation golder.com

1.3 Objectifs de l'étude

L'étude comprend les objectifs suivants :

1) Mettre à jour le modèle numérique d'écoulement d'eau souterraine développé pour MCM en 2019 en introduisant les nouveaux développements souterrains du projet Odyssey.

2) Réaliser des simulations prédictives, à l'aide du modèle numérique mis à jour, afin d'évaluer :

   i) les débits d'exhaure pour le dénoyage des développements souterrains du projet;

   ii) le rabattement maximal anticipé des niveaux d'eau souterraine relié à l'ensemble des activités de dénoyage de MCM.

3) Présenter le mode de gestion des eaux d'exhaure.

4) Évaluer les impacts potentiels des infrastructures existantes de MCM sur la qualité des eaux d'exhaure du projet Odyssey.

Il est à noter que les prédictions du modèle hydrogéologique ont été réalisées en utilisant des hypothèses prudentes pour évaluer les impacts potentiels du projet. Ainsi, les prédictions des débits d'exhaure et du rabattement des niveaux d'eau souterraine présentent une estimation des valeurs maximales anticipées.

Les sections suivantes présentent la paramétrisation du modèle, sa calibration effectuée en 2019 sur les données réelles, les simulations prédictives et les résultats obtenus. Le mode de gestion des eaux d'exhaure du projet Odyssey et les impacts potentiels des infrastructures existantes de MCM sur la qualité de ces eaux d'exhaure sont également présentés.

2.0 PARAMÉTRISATION DU MODÈLE HYDROGÉOLOGIQUE

Les principaux ajustements apportés au modèle hydrogéologique – par rapport au modèle mis à jour pour la version précédente projet Odyssey en 2019 – concernent l'intégration des développements souterrains de la zone East-Gouldie et la mise à jour des autres zones (Odyssey Nord et Sud, et East-Malartic) selon le plan minier transmis par MCM en août 2020. La figure B (après le texte) présente une vue isométrique des ouvertures souterraines du projet Odyssey et des fosses intégrées au modèle.

Les limites du modèle numérique et les principales conditions spécifiées aux limites du modèle sont demeurées les mêmes par rapport au modèle de 2019. La paramétrisation du modèle hydrogéologique est présentée au tableau 1.

Tableau 1 : Propriétés hydrauliques des unités hydrostratigraphiques du modèle hydrogéologique calibré (Scénario réaliste)

Unité (profondeur)	Conductivité hydraulique, Kx (m/s)	Anisotropie verticale (Kx/Kz)	Emmagasinement spécifique (1/m)	Porosité de drainage	Recharge (mm/an)
Roc (0-50 m)	4×10^{-7}	10	1×10^{-5}	0,01	10
Roc (50-100 m)	1×10^{-7}	10	1×10^{-5}	0,01	*
Roc (100-300 m)	1×10^{-8}	10	1×10^{-5}	0,01	*
Roc (plus de 300 m)	5×10^{-9}	10	1×10^{-5}	0,01	*
Till	$4,8 \times 10^{-7}$	10	1×10^{-4}	0,10	20
Résidus miniers	1×10^{-7}	1	1×10^{-5}	0,10	75
Sable	1×10^{-5}	10	1×10^{-4}	0,10	50
Esker	1×10^{-3}	10	1×10^{-4}	0,15	300
Marécage	1×10^{-6}	1	1×10^{-3}	0,01	100
Argile	1×10^{-8}	10	1×10^{-3}	0,01	2
Stériles remplissant la fosse Gouldie	5×10^{-4}	1	1×10^{-5}	0,30	170

* La recharge a été assignée seulement à l'unité de roc qui est présente à la surface du modèle, soit le roc (0-50m)

3.0 CALAGE DU MODÈLE NUMÉRIQUE

La calibration du modèle a été revue lors de la mise à jour faite en 2019 (Golder, 2019). La calibration du modèle n'a pas été modifiée dans le cadre de la présente étude. Les paragraphes suivants expliquent la démarche suivie lors de la calibration du modèle effectuée en 2019.

Le calage d'un modèle numérique est une démarche visant à démontrer la capacité du modèle à reproduire des données réelles acquises sur le terrain, notamment des charges hydrauliques et des flux volumétriques comme des débits d'exhaure. Le modèle a été calé en régime permanent en utilisant comme valeurs cibles les niveaux d'eau souterraine mesurés en mars 2008. Les mesures de 2008 sont jugées représentatives des conditions pré-développements de MCM. Une vérification a également été effectuée en condition dynamique afin de s'assurer que le modèle peut reproduire le pompage dans le puits de l'ancienne mine East Malartic en 1979, alors que les mines souterraines étaient complètement développées, ainsi que la zone de rabattement de la nappe d'eau souterraine causé par le dénoyage de la fosse Canadian Malartic en 2018. La figure 1 ci-dessous illustre l'ajustement entre les charges hydrauliques mesurées et simulées pour le modèle d'écoulement calé.

En régime permanent sous condition pré-développement de MCM, le modèle initial a été jugé calibré lorsque l'erreur quadratique normalisée devenait inférieure à 10 % de la variation totale des niveaux d'eau observés à l'intérieur du domaine modélisé qui est de 55 m (350 m au lac Milhaut - 295 m au lac Malartic). La racine de l'erreur quadratique moyenne (RMS) est de 5,4 m, soit 9,8 % (NRMS) par rapport à la différence entre les charges hydrauliques minimales et maximales observées à l'intérieur du domaine modélisé. Sur la figure 1, les lignes bleues illustrent l'erreur moyenne absolue et les lignes rouges, l'erreur quadratique moyenne.

Le débit d'exhaure historique de la mine East-Malartic en 1979 serait de l'ordre de 750 GPM(UK), soit environ 4 900 m³/jour lorsque cette mine était complètement dénoyée (Osisko, communication verbale). À titre indicatif, le débit d'exhaure obtenu avec le modèle hydrogéologique en régime permanent lorsque les ouvertures historiques sont toutes dénoyées est de 5 500 m³/jour, ce qui représente bien le débit historique.

Une vérification avait été faite afin de comparer le rabattement simulé de la nappe d'eau souterraine du roc supérieur avec la zone de rabattement établie à partir des données de suivi piézométrique en 2018 (figure C, après le texte). Ces données étaient les plus récentes disponibles lors de la calibration du modèle faite en 2019. La même comparaison a également été faite avec la zone de rabattement obtenue, avec la version précédente du modèle. La figure C montre que l'étendue de la zone de rabattement de la nappe phréatique simulée avec le modèle mis à jour s'étend au-delà de la zone définie à partir des données du suivi piézométrique, ce qui signifie que les résultats obtenus avec le modèle mis à jour sont jugés prudents et permettent d'atteindre les objectifs de l'étude.

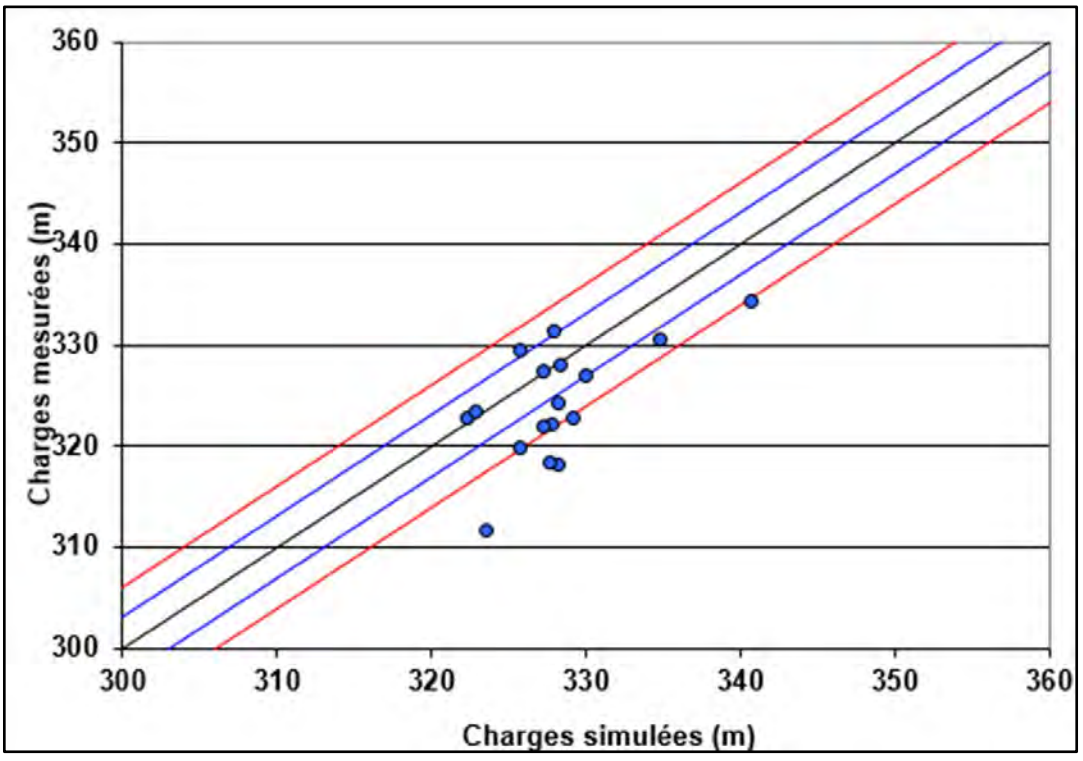


Figure 1 : Comparaison entre les charges hydrauliques simulées et mesurées en 2008 en condition pré-développement de MCM. Les lignes bleues illustrent l'erreur moyenne absolue et les lignes rouges, l'erreur quadratique moyenne

4.0 SIMULATIONS PRÉDICTIVES

4.1 Scénarios modélisés

À la suite du calage du modèle, des simulations prédictives ont été réalisées selon deux scénarios, soit :

- **le scénario réaliste** dont la paramétrisation (tableau 1) correspond au modèle calibré en 2019 (Golder, 2019) joint à l'Annexe A;
- **le scénario prudent** dont la paramétrisation (tableau 2) correspond au modèle précédent réalisé pour l'Extension de MCM (Golder, 2014) joint à l'Annexe B.

Tableau 2 : Propriétés hydrauliques des unités hydrostratigraphiques – Scénario prudent

Unité (profondeur)	Conductivité hydraulique, Kx (m/s)	Anisotropie verticale (Kx/Kz)	Emmagasinement spécifique (1/m)	Porosité de drainage
Roc (0-50 m)	3×10^{-6}	10	1×10^{-5}	0,01
Roc (50-100 m)	1×10^{-7}	10	1×10^{-5}	0,01
Roc (100-300 m)	1×10^{-8}	10	1×10^{-5}	0,01
Roc (plus de 300 m)	5×10^{-9}	10	1×10^{-5}	0,01
Till	$4,8 \times 10^{-7}$	10	1×10^{-4}	0,10
Résidus miniers	1×10^{-7}	1	1×10^{-5}	0,10
Sable	1×10^{-5}	10	1×10^{-4}	0,10
Esker	1×10^{-3}	10	1×10^{-4}	0,15
Marécage	1×10^{-6}	1	1×10^{-3}	0,01
Argile	1×10^{-8}	10	1×10^{-3}	0,01
Stériles remplissant la fosse Gouldie	5×10^{-4}	1	1×10^{-5}	0,30

Note : la cellule en grisé indique le changement par rapport au Scénario réaliste (Tableau 1)

Ces deux scénarios ont été sélectionnés dans le but d'obtenir un intervalle de résultats, afin que l'approche de modélisation soit prudente pour l'atteinte des objectifs.

La géométrie des ouvertures historiques et des fosses Canadian Malartic, Barnat et Jeffrey proviennent de fichiers fournis par MCM en août 2018. L'exploitation de l'extension de la fosse Canadian Malartic (secteur Barnat) se terminera en 2028. Celle-ci demeurera dénoyée jusqu'à la fin du projet Odyssey alors que la fosse Canadian Malartic sera en partie remblayée par des résidus miniers et des stériles.

Le projet Odyssey est prévu se dérouler entre 2023 et 2041. La géométrie des ouvertures minières du projet Odyssey provient de fichiers fournis par MCM en août 2020. La chronologie considérée pour le projet Odyssey est la suivante :

Tableau 3 : Chronologie d'exploitation des zones minéralisées du projet Odyssey

Zone minéralisée	Début d'exploitation	Fin d'exploitation
Odyssey Sud	2023	2029
Odyssey Nord	2031	2041
East-Malartic	2029	2041
East Gouldie	2027	2041

Le modèle prend en compte le dénoyage des ouvertures historiques jusqu'à une élévation correspondant à - 50 m sous le chantier le plus bas de la Zone East-Malartic, soit à une élévation de 50 m sous le niveau 600 m.

Le dénoyage des fosses et des galeries souterraines a été simulé à l'aide de conditions limites de type face de suintement, c'est-à-dire des conditions limites pour lesquelles la charge constante assignée est égale à l'élévation du niveau excavé (h = z). Une contrainte a été assignée à ces conditions limites afin que celles-ci n'injectent pas d'eau dans le modèle lorsque l'élévation simulée de la nappe devient inférieure à celle du nœud sur lesquelles elles sont assignées. Enfin, l'état piézométrique initial correspond aux conditions de régime permanent, obtenues pour les deux scénarios, avant le début de l'exploitation de MCM.

4.2 Résultats

4.2.1 Débit d'infiltration d'eau souterraine (débit d'exhaure)

Les débits d'infiltration d'eau souterraine futurs ont été prédits avec le modèle pour les fosses, le projet Odyssey et les ouvertures minières historiques dénoyées. Le débit d'infiltration d'eau souterraine calculé par le modèle numérique correspond à l'eau souterraine faisant résurgence dans les parois des fosses et dans les ouvertures souterraines dénoyées. Il s'agit donc d'une partie du débit d'exhaure, car cette valeur de débit n'inclut pas les précipitations directes et le ruissellement des eaux de précipitation dans les fosses ainsi que les pertes par évaporation. De plus, les valeurs de débit pour les ouvertures historiques représentent les venues d'eau en provenance du massif rocheux une fois ces galeries complètement dénoyées.

Les débits d'infiltration d'eau souterraine calculés pour les scénarios réaliste et prudent sont présentés au tableau 4. Il s'agit des débits maximaux prédits par le modèle sur la durée d'exploitation des zones minéralisées du projet Odyssey (2023-2041). Les valeurs de débit d'infiltration d'eau souterraine présentées pour le scénario réaliste sont celles attendues dans les fosses et les ouvertures souterraines. Les valeurs de débit d'infiltration d'eau souterraine obtenues pour le scénario prudent visent à évaluer les impacts potentiels du dénoyage sur les utilisateurs d'eau souterraine.

Pour le scénario réaliste, le débit maximum d'infiltration d'eau souterraine dans les fosses et les ouvertures minières (historiques et projet Odyssey) prédit par le modèle est de 11 750 m^3/jour. Pour le scénario prudent, le débit maximum prédit est de 17 350 m^3/jour. La principale différence entre les scénarios réaliste et prudent est que ce dernier considère une conductivité hydraulique du roc (0-50 m) environ huit fois plus élevée. Étant donné que cette différence est pour l'intervalle du roc (0-50 m), l'impact de ce changement de valeur de conductivité hydraulique est surtout observé pour les fosses.

Tableau 4 : Débit maximum d'infiltration d'eau souterraine de 2023 à 2041 (m³/jour)

Scénario	Fosses	Recharge ouvertures souterraines historiques	Zones minéralisées d'Odyssey				Débit maximum total
			East-Malartic	Odyssey Nord	Odyssey Sud	East-Gouldie	
Réaliste	2 000	3 500	850	1 600	700	3 100	11 750
Prudent	6 300	3 800	1 500	1 600	1 000	3 150	17 350

4.2.2 Rabattements des niveaux des eaux souterraines

Les figures D et E (après le texte) illustrent les rabattements des niveaux des eaux souterraines simulés dans le roc respectivement pour les scénarios réalistes et prudents à l'année 2041, soit à la fin de l'exploitation du projet Odyssey. En considérant les hypothèses utilisées et la précision du modèle, un rabattement est jugé important lorsqu'il excède trois mètres dans le roc. Ainsi, les figures D à E illustrent les rabattements de 3 et de 10 mètres dans le roc.

Les résultats de la modélisation indiquent que pour chacun des scénarios simulés, les rabattements n'atteindraient pas les puits d'approvisionnement de la Ville de Malartic, lesquels sont aménagés dans un esker au nord-ouest de la ville. Pour le scénario réaliste, les résultats de la modélisation montrent que les rabattements n'atteindraient pas cet esker ni les puits résidentiels situés au nord de la ville (figure D). Les rabattements atteindraient cet esker et les puits résidentiels pour le scénario prudent seulement (figure E).

5.0 GESTION PROPOSÉE DES EAUX D'EXHAURE DU PROJET ODYSSEY

MCM a mis en œuvre une gestion des eaux d'exhaure pour son exploitation des fosses. Ces eaux sont actuellement pompées vers le bassin Sud-est ou le bassin de polissage de MCM, selon leur qualité et les besoins en eau pour l'opération de l'usine de traitement du minerai. Il est prévu de maintenir cette même gestion des eaux pour la durée du projet Odyssey. Les eaux d'exhaure d'Odyssey pourraient également transiter par le bassin de pompage Nord-est, avant d'être pompées vers le bassin Sud-est ou le bassin de polissage, car le bassin de pompage Nord-est a des capacités d'emmagasinement (46 900 m³) et de pompage (69 120 m³/jour) (Golder, 2020) largement suffisantes pour la gestion de ces eaux.

Les détails de conception du bassin de pompage Nord-est ont été présentés dans le cadre du projet pour l'Extension de MCM. L'objectif de ce bassin est de collecter les eaux de ruissellement de l'extension vers l'est de la halde à stériles. Avant le démarrage de l'opération d'Odyssey, de nouveaux fossés draineront l'eau de ruissellement de l'extension à l'est de la halde à stériles vers la fosse Jeffrey, après son remblayage. Par la suite, il est prévu que le bassin de pompage Nord-est reste en activité comme bassin collecteur des eaux associées au développement du projet Odyssey seulement. Ce bassin servira principalement à l'emmagasinement des eaux de surface du projet, notamment celles de la crue de récurrence 1:100 ans pour laquelle un volume d'emmagasinement de 6 400 m³ est requis, ce qui correspond à moins de 15 % de la capacité du bassin.

Les résultats du modèle hydrogéologique ont été utilisés pour estimer l'impact de l'ajout des eaux d'exhaure du projet Odyssey sur le débit de l'effluent final de MCM. Selon le scénario réaliste du modèle, le débit total maximum d'infiltration d'eau souterraine dans les fosses et les ouvertures minières (historiques et projet Odyssey)

sera de 11 700 m³/jour. Ce débit inclut les infiltrations d'eau souterraine dans les fosses, les ouvertures minières historiques et les ouvertures minières du projet Odyssey. Si on retire le projet Odyssey du modèle, le débit total maximum d'infiltration d'eau souterraine est de 6 500 m³/jour, ce qui résulte en une contribution maximale pour Odyssey de 5 200 m³/jour.

Le bilan d'eau de MCM pour l'année 2018 (Figure F) indique un rejet à l'effluent final de 9,3 Mm³, soit 25 500 m³/jour. En fonction de la gestion des eaux de MCM, si on suppose que le débit d'eau d'exhaure généré par le projet Odyssey est intégralement dirigé vers l'effluent final, ce qui est une hypothèse prudente, le débit de l'effluent final pourrait augmenter au maximum de 5 200 m³/jour, soit une augmentation d'environ 20 % sur la base du bilan d'eau de 2018.

Comme mentionné ci-dessus, il est prévu que les eaux d'exhaure d'Odyssey soient pompées vers le bassin Sud-est ou le bassin de polissage de MCM, selon leur qualité et les besoins en eau pour l'opération de l'usine de traitement du minerai. Ainsi, si la qualité de ces eaux ne satisfait pas les critères de rejet à l'effluent final, ces eaux seront dirigées vers le bassin Sud-est pour être traitées avant d'être rejetées à l'environnement. Par conséquent, l'ajout des eaux d'exhaure d'Odyssey ne causera pas de dégradation à la qualité de l'effluent final.

6.0 IMPACTS POTENTIELS DES INFRASTRUCTURES DE MCM SUR LA QUALITÉ DES EAUX D'EXHAURE DU PROJET ODYSSEY

Une évaluation des impacts potentiels des infrastructures de MCM sur la qualité des eaux d'exhaure du projet Odyssey, notamment du parc à résidus situé en amont hydraulique du projet, a été réalisée. Sur la base des informations et modélisations hydrogéologiques dans le secteur de l'Extension, les observations suivantes sont notables :

- La perméabilité du roc de surface est plus élevée que le roc en profondeur et favorise la migration des contaminants dans cet horizon de surface. Comme l'exploitation d'Odyssey se fera dans le roc profond, le temps de migration d'un panache de contamination vers les ouvertures souterraines d'Odyssey, qui se situent de 0,5 à 1 km du parc à résidus, serait considérablement plus long que pour le roc de surface.
- Bien que le puits d'accès et les rampes recoupent l'horizon de roc plus perméable en surface, le temps de migration d'une contamination entre le parc à résidus et ces infrastructures plus superficielles serait de plusieurs dizaines d'années. En effet, selon les prédictions du modèle hydrogéologique réalisé pour le projet de l'Extension, il faudra environ 250 ans avant que des concentrations en cyanures ne soient détectées dans le roc de surface à 1 km en aval du parc à résidus.
- Le rabattement des niveaux d'eau souterraine généré par le dénoyage d'Odyssey est considéré comme négligeable vers l'amont du projet. Ainsi, le dénoyage des ouvertures souterraines d'Odyssey devrait peu augmenter la vitesse des eaux souterraines entre le parc à résidus de l'Extension et Odyssey. Cette hypothèse est basée sur les observations du dénoyage de la fosse Canadian Malartic qui n'indiquent pas de rabattement important vers le sud de la fosse, après plus de huit ans d'exploitation.

Ainsi, en considérant la durée actuelle d'exploitation du projet Odyssey (18 ans), aucune contamination en provenance du parc à résidus de l'Extension affectant la qualité des eaux d'exhaure d'Odyssey n'est anticipée.

7.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Les travaux de modélisation numérique visaient notamment à évaluer les débits d'exhaure ainsi que les impacts potentiels des activités de dénoyage de MCM, y compris le projet Odyssey, sur les niveaux des eaux souterraines. Une mise à jour du modèle hydrogéologique a été réalisée pour inclure le projet Odyssey et le dénoyage des ouvertures.

Les conclusions portant spécifiquement sur les résultats des simulations numériques prédictives à la suite de la mise à jour du modèle numérique sont les suivantes :

- Pour le scénario réaliste, le débit maximum d'infiltration d'eau souterraine serait de 11 750 m^3/jour. Ce débit inclut les infiltrations d'eau souterraine dans les fosses, les ouvertures minières historiques et les ouvertures minières du projet Odyssey. Pour le scénario prudent, ce débit maximum serait de 17 350 m^3/jour;
- Les résultats de la modélisation indiquent que pour chacun des scénarios simulés, les rabattements n'atteindraient pas les puits d'approvisionnement de la ville de Malartic, aménagés dans un esker au nord-ouest de la ville. Toutefois, les rabattements atteindraient cet esker et certains puits résidentiels situés au nord, selon les prédictions du scénario prudent. Pour le scénario réaliste, les résultats de la modélisation montrent que les rabattements importants n'atteindraient pas cet esker ni les puits résidentiels.

Les recommandations à la suite de la mise à jour du modèle numérique et de la réalisation des simulations prédictives sont les suivantes :

- Le plan de contingence relatif à l'approvisionnement en eau de la ville de Malartic devrait être maintenu. À ce titre, l'implantation d'un nouveau puits d'approvisionnement en eau pour la ville de Malartic a été réalisée en 2010. Ce nouveau puits a été aménagé dans le même esker que les puits d'approvisionnement existants, mais à une plus grande distance de MCM;
- Certains puits domestiques (le long du chemin des Merles et le long de la route 117 au nord de la ville de Malartic) pourraient voir leur débit de production affecté à la baisse par le dénoyage de MCM. La contingence prévue à cet effet devrait être maintenue, notamment pour l'implantation de puits domestiques plus profonds le cas échéant.

En considérant que les prédictions du modèle présentent une estimation prudente du rabattement des eaux souterraines, il est recommandé de poursuivre le suivi en continu des niveaux d'eau souterraine, comme réalisé par MCM depuis 2008, afin de valider ces prédictions et de prévenir une perte d'usage de la ressource en eau, le cas échéant.

Par ailleurs, la gestion proposée des eaux d'exhaure du projet Odyssey prévoit le pompage de ces eaux vers le bassin Sud-est ou le bassin de polissage de MCM, selon leur qualité et les besoins pour l'usine de traitement du minerai. En fonction de la gestion des eaux qui sera réalisée par MCM, les eaux d'exhaure du projet Odyssey pourraient augmenter le débit maximum de l'effluent final d'environ 20 % sur la base du bilan d'eau de 2018. Comme ces eaux d'exhaure seront traitées au besoin, cet apport d'eau additionnel ne causera pas de dégradation de la qualité de l'effluent final. De plus, aucune contamination en provenance du parc à résidus de l'Extension affectant la qualité des eaux d'exhaure d'Odyssey n'est anticipée.

8.0 LIMITATIONS

Les conditions générales ainsi que les limitations de la présente étude sont jointes à l'annexe C.

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE

Jennifer Lallier, ing. jr
Chargée de projet

Michel Mailloux, ing., M.Sc.
Associé

Pierre Groleau, ing., M.Sc.
Associé principal

MM/PG/eq

Pièces jointes :

Figure A : Vue d'ensemble des principales infrastructures de surface du projet Odyssey

Figure B : Vue isométrique montrant les zones minéralisées du projet Odyssey et les galeries souterraines projetées

Figure C : Calibration du modèle – Comparaison des rabattements simulés et observés – fin 2017 (tiré de Golder 2019)

Figure D : Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans le roc supérieur à l'année 2041 – Scénario réaliste

Figure E : Rabattements simulés au roc supérieur à l'année 2041 (fin du projet Odyssey) – Scénario prudent

Figure F : Bilan d'eau 2018 – Mine Canadian Malartic

Annexe A : Évaluation des débits d'exhaure et des impacts potentiels sur les niveaux des eaux souterraines du projet Odyssey.GAL012- 1776338-MTF-Rev4

Annexe B : *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 (Québec)*.002-12-1221-0025-2000-MTF-Rev4.

Annexe C : Conditions générales et limitations

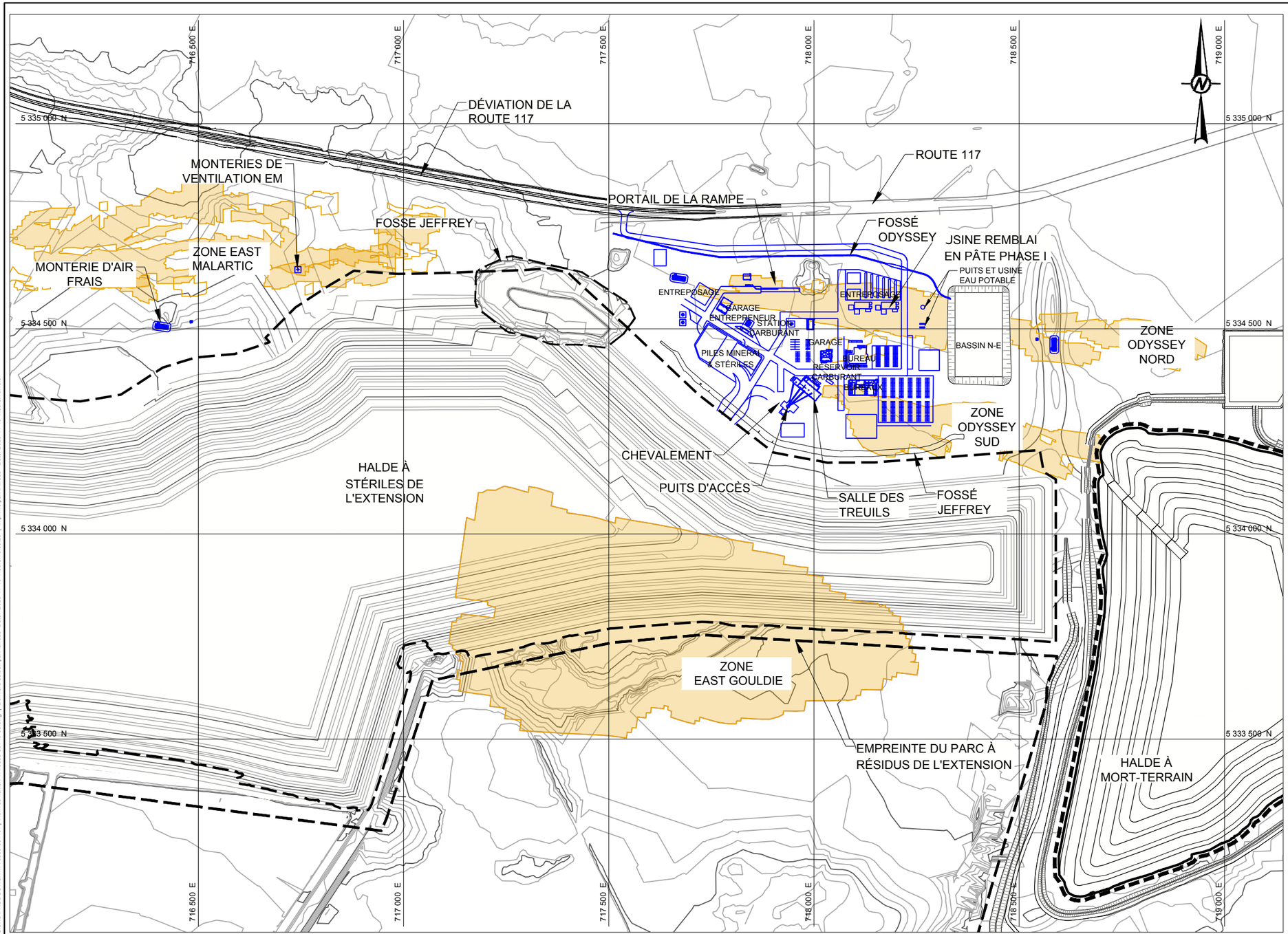
9.0 RÉFÉRENCES

Golder Associés Ltée, 2014. *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 (Québec)*. N/Réf. : 002-12-1221-0025-2000-MTF-Rev4.

Golder Associés, 2019. *Évaluation des débits d'exhaure et des impacts potentiels sur les niveaux des eaux souterraines du projet Odyssey, Malartic (Québec)*, 14 pages + Annexes, Juillet 2020, N/Réf. GAL012-1776338-MTF-Rev4.

Golder Associés, 2020. *Projet Odyssey-Étude géotechnique et hydrologique-Aménagement des haldes et des structures de drainage de surface* 7 pages + Annexes, Novembre 2020, N/Réf. GAL013-1776338-30140-Rev3.

https://golderassociates.sharepoint.com/sites/13306g/deliverables/preparation of deliverables/101 mise à jour modèle hydro/rev0/gal101-1776338-mtf-rev0-mise à jour étude hydrogéologie.docx



LÉGENDE

- COURBES TOPOGRAPHIQUES
- EMPREINTE DES INFRASTRUCTURES PROJETÉES DE L'EXTENSION DE LA MINE CANADIAN MALARTIC
- GISEMENT ODYSSEY (ZONES EAST MALARTIC, ODYSSEY NORD ET SUD ET EAST GOULDIE)
- INFRASTRUCTURES DE SURFACE PROJETÉES DU PROJET ODYSSEY

NOTE

- SYSTÈME DE COORDONNÉES: UTM, NAD 83, ZONE 17

RÉFÉRENCES

1. L'EMPREINTE DE LA FOSSE JEFFREY PROVIENT DE MCM (AVRIL 2017).
2. LES EMPREINTES DES HALDES DE L'EXTENSION PROVIENNENT DE MCM (JUILLET 2017).
3. LES INFRASTRUCTURES DU PROJET ODYSSEY PROVIENNENT DU DESSIN "Site Odyssey_16oct.dwg" FOURNI PAR MCM.
4. LE GISEMENT ODYSSEY PROVIENT DES DESSINS:
   - Export_DetailledPEA20ktp_STOPES_ODN_07-2020.dxf;
   - Export_DetailledPEA20ktp_STOPES_EM_0-600_07-2020.dxf;
   - Export_DetailledPEA20ktp_STOPES_EM_600-+07-2020.dxf;
   - Export_DetailledPEA20ktp_STOPES_ODS_07-2020.dxf;

   FOURNIS PAR MCM (AOUT 2020)

0 250 500
1:10 000 MÈTRES

CLIENT
MINE CANADIAN MALARTIC

CONSULTANT
GOLDER

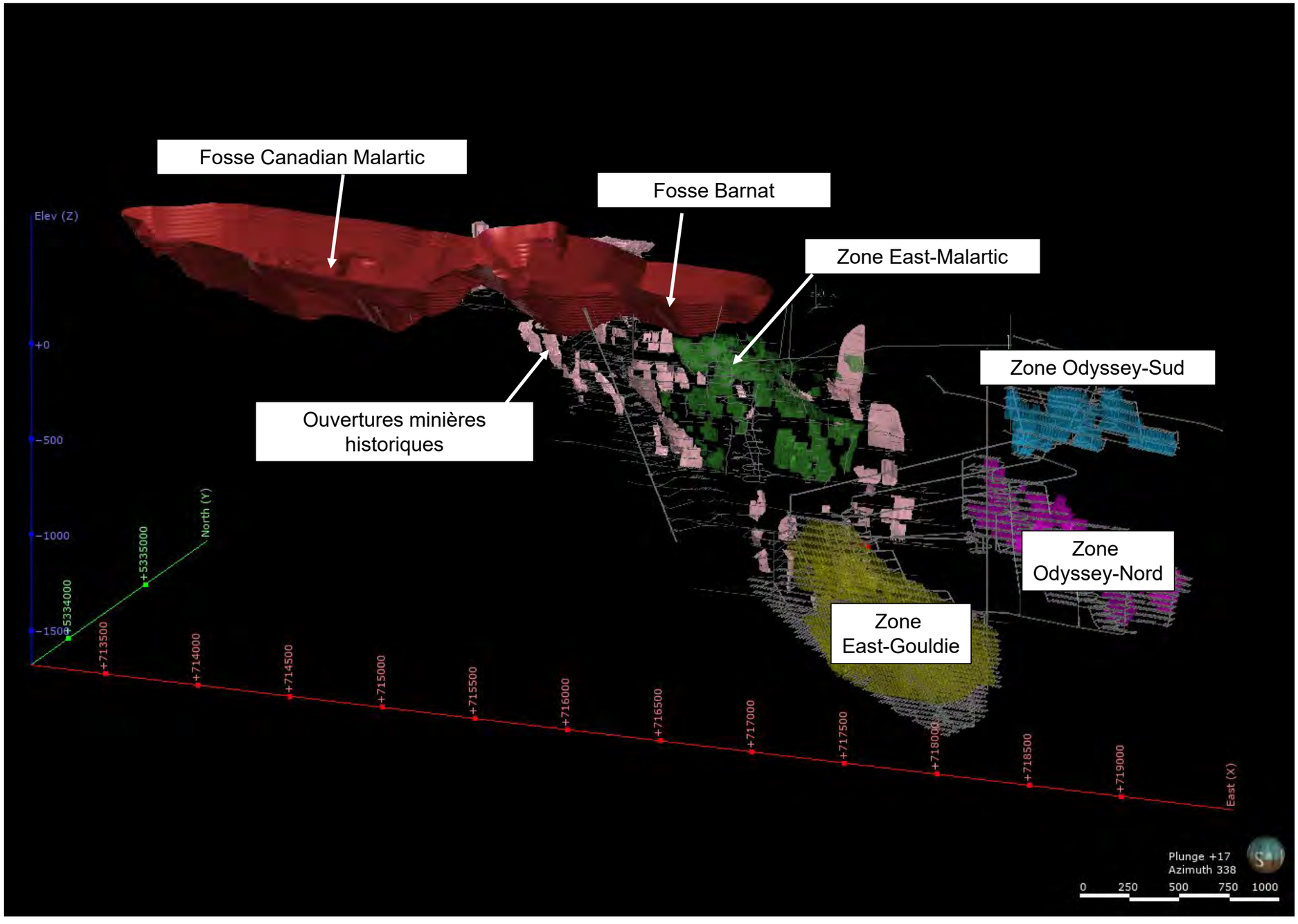
PROJET
ÉVALUATION DES DÉBITS D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES DU PROJET ODYSSEY

AAAA-MM-JJ	2020-11-10
DESSINÉ	A. Annoual
PROJETÉ	J. Lallier
RÉVISÉ	J. Lallier
APPROUVÉ	P. Groleau

TITRE
VUE D'ENSEMBLE DES PRINCIPALES INFRASTRUCTURES DE SURFACE DU PROJET ODYSSEY

N° PROJET	PHASE	RÉV.	PLAN
1776338	30140	0	A

Chemin: \\golder.gds\gal\Montreal\SIG\CAD\PROJETS\SISKO\PRODUCTION\1776338\30140\ | Nom du fichier: 1776338-30140-05.dwg | Dernière édition par: iarroub Date: 2020-11-10 Heure:10:06:29 | Imprimé par: IArroub Date: 2020-11-10 Heure:10:15:37
SI LA MESURE NE CORRESPOND PAS À L'ÉCHELLE, LA TAILLE DE LA FEUILLE A ÉTÉ MODIFIÉ: ANSI B
0 25 mm



CLIENT
CANADIAN MALARTIC

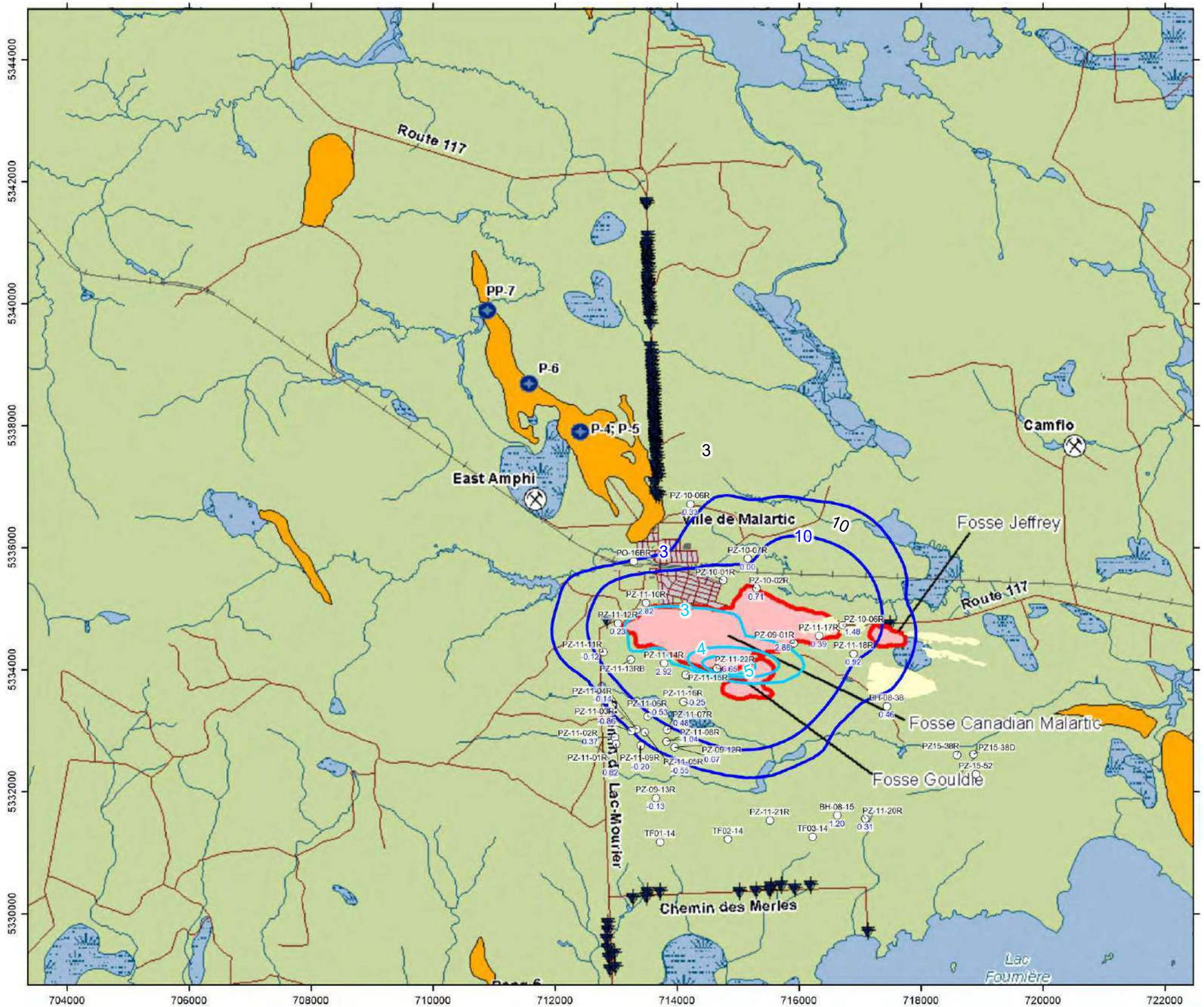
CONSULTANT
GOLDER

YYYY-MM-DD	2019-02-16
PREPARED	NB
DESIGN	NB
REVIEW	MM
APPROVED	PG

PROJECT
ÉVALUATION DES DÉBITS D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES DU PROJET ODYSSEY, MALARTIC (QUÉBEC)

TITLE
VUE ISOMÉTRIQUE MONTRANT LES ZONES MINÉRALISÉES DU PROJET ODYSSEY ET LES GALERIES SOUTERRAINES PROJETÉES

PROJECT No. GAL101- 1776338 | Rev. 0 | FIGURE B



LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic
- Puits domestique (Genivar, 2008)
- Routes
- Voie ferrée
- Milieu humide
- Hydrographie
- Eskers
- Fosses modélisées
- Gisement Odyssey (Zones East Malartic, Odyssey Nord et Sud et East Gouldie)
- Rabattement simulé pour fin 2018
- Courbe inférée de rabattement observé (m) depuis le début de l'exploitation de la Mine (entre 2011 et l'automne 2017)
- Puits d'observation

CLIENT
CANADIAN MALARTIC

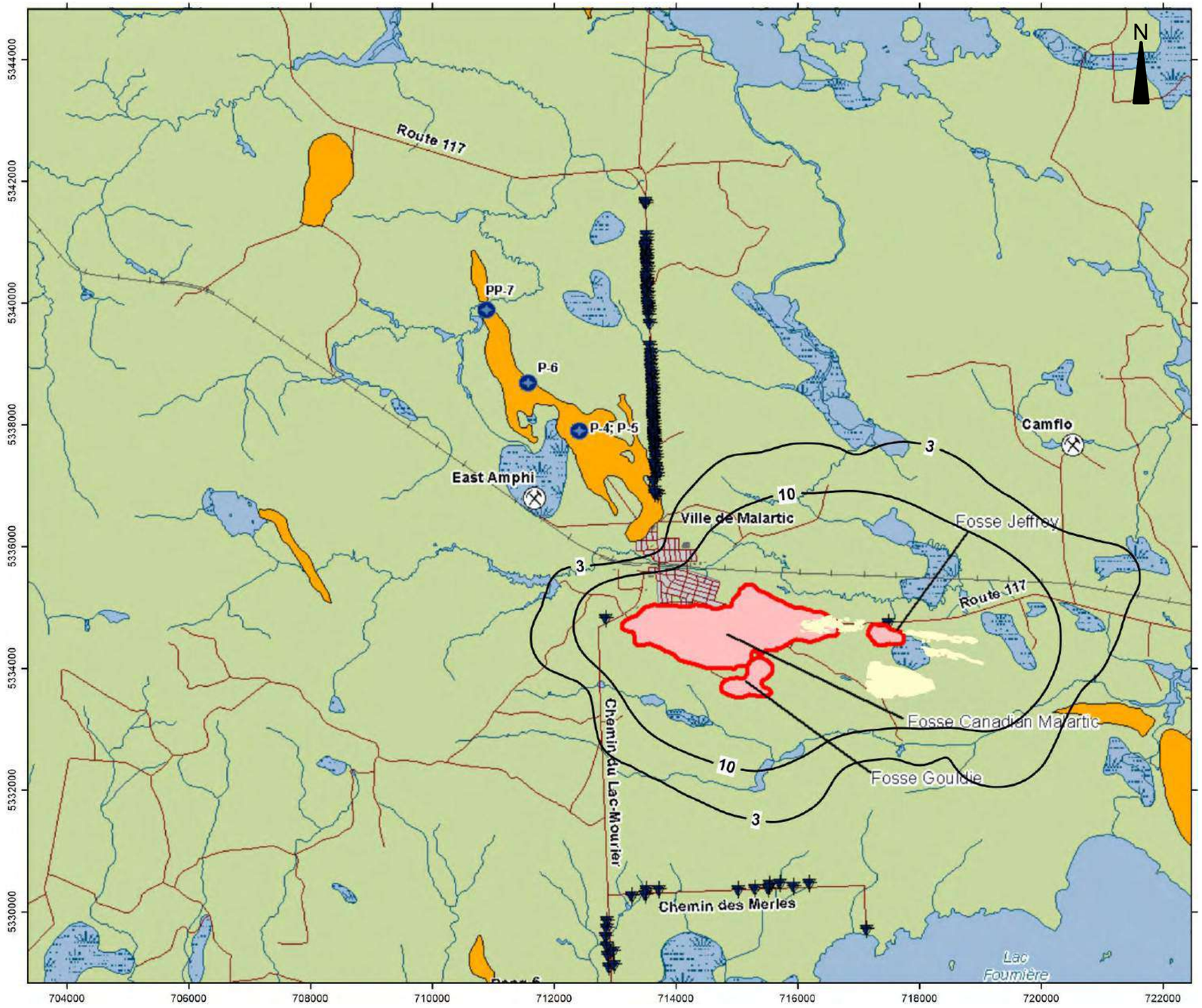
CONSULTANT
GOLDER

YYYY-MM-DD	2019-02-16
PREPARED	NB
DESIGN	NB
REVIEW	MM
APPROVED	PG

PROJECT
ÉVALUATION DES DÉBITS D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES DU PROJET ODYSSEY, MALARTIC (QUÉBEC)

TITLE
CALIBRATION DU MODÈLE – COMPARAISON DES RABATTEMENTS SIMULÉS ET OBSERVÉS FIN 2017

PROJECT No.	Rev.	FIGURE
GAL101- 1776338	0	C



LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic
- Puits domestique (Genivar, 2008)
- Routes
- Voie ferrée
- Milieu humide
- Hydrographie
- Eskers
- Fosses modélisées
- Gisement Odyssey (Zones East Malartic, Odyssey Nord et Sud et East Gouldie)
- Rabattement simulé pour fin 2041 (m)

CLIENT
MINE CANADIAN MALARTIC

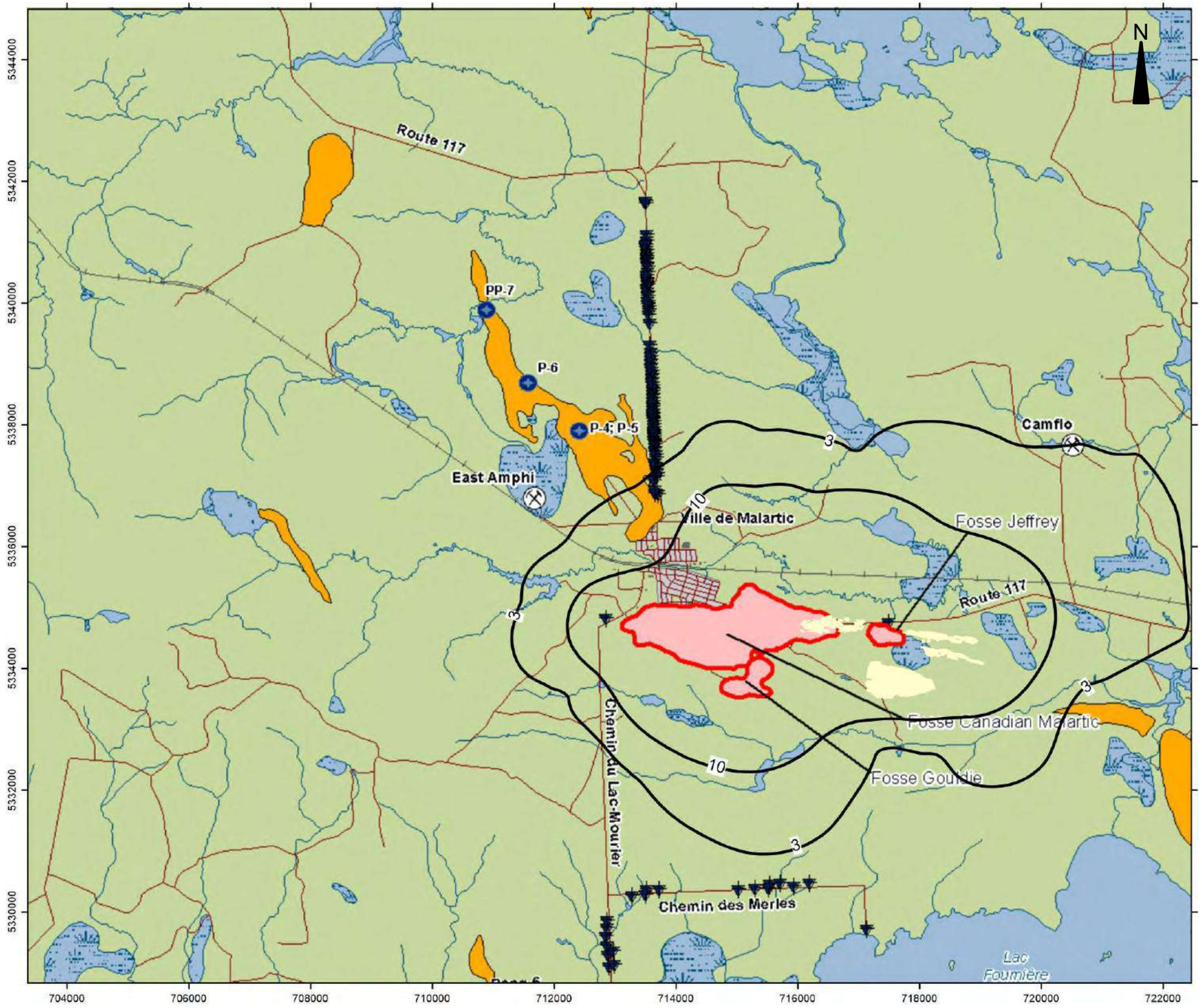
CONSULTANT
GOLDER

YYYY-MM-DD	2020-10-06
PREPARED	NB
DESIGN	NB
REVIEW	MM
APPROVED	PG

PROJECT
ÉVALUATION DES DÉBITS D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES DU PROJET ODYSSEY, MALARTIC (QUÉBEC)

TITLE
RABATTEMENTS SIMULÉS AU ROC SUPÉRIEUR À L'ANNÉE 2041 – SCÉNARIO RÉALISTE

PROJECT No. GAL101 - 1776338 | Rev. 0 | FIGURE D



LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic
- Puits domestique (Genivar, 2008)
- Routes
- Voie ferrée
- Milieu humide
- Hydrographie
- Eskers
- Fosses modélisées
- Gisement Odyssey (Zones East Malartic, Odyssey Nord et Sud et East Gouldie)
- Rabattement simulé pour fin 2041 (m)

CLIENT
MINE CANADIAN MALARTIC

CONSULTANT
GOLDER

YYYY-MM-DD	2020-10-06
PREPARED	NB
DESIGN	NB
REVIEW	MM
APPROVED	PG

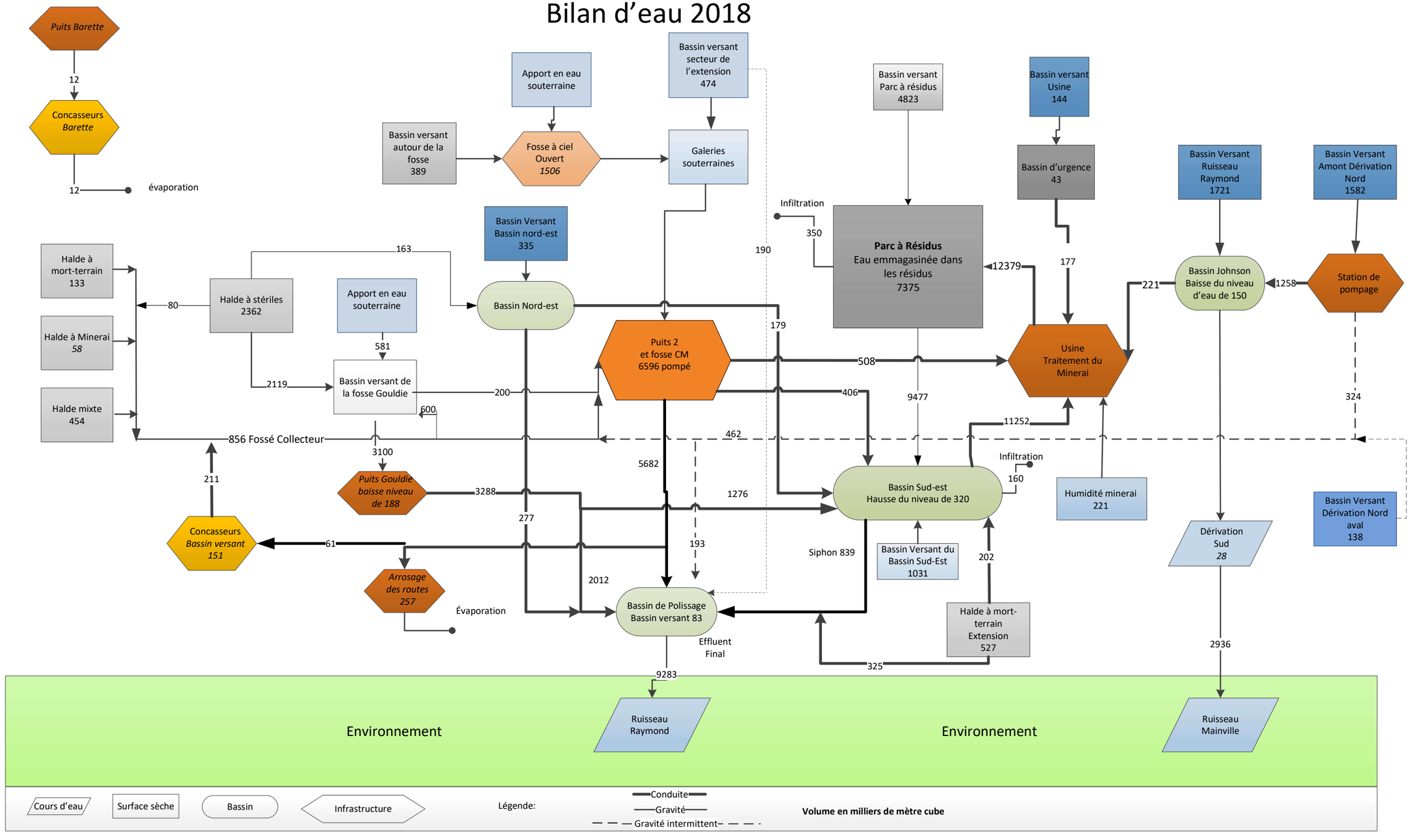
PROJECT
ÉVALUATION DES DÉBITS D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES DU PROJET ODYSSEY, MALARTIC (QUÉBEC)

TITLE
RABATTEMENTS SIMULÉS AU ROC SUPÉRIEUR À L'ANNÉE 2041 – SCÉNARIO PRUDENT

PROJECT No. GAL101 - 1776338 | Rev. 0 | FIGURE E

CONFIDENTIEL

Mine Canadian Malartic
Bilan d'eau 2018



ANNEXE-A

*Évaluation des débits d'exhaure et des impacts potentiels sur les niveaux des eaux souterraines du projet Odyssey.*GAL012- 1776338-MTF-Rev4

MÉMORANDUM TECHNIQUE

Date: 25 novembre 2014
CONFIDENTIEL

N° de référence: 002-12-1221-0025-2000-MTF-Rev4

À: Denis Cimon
Canadian Malartic GP

c.c: Christine Baribeau et Michel Julien

De: Pierre Groleau **Adresse courriel:** pgroleau@golder.com

Objet : **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)**

1.0 INTRODUCTION

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.

1.1 Mise en contexte

Dans le cadre de l'exploitation de la Mine, Osisko a mandaté Golder Associés Ltée (Golder) afin de mettre à jour l'étude de modélisation hydrogéologique visant à évaluer les débits d'exhaure et les impacts potentiels sur les niveaux des eaux souterraines générés par l'exploitation. La présente étude constitue une mise à jour de l'étude hydrogéologique réalisée en 2008 (Golder, 2008).

Cette mise à jour est nécessaire à la suite des changements dans la configuration de la fosse et dans le plan de minage. Le plan de minage modifié par Osisko en 2012 prévoyait l'agrandissement de la fosse Canadian Malartic vers l'est dans le secteur Barnat et aussi au sud-est (la fosse Gouldie). C'est ce plan de minage qui a été utilisé pour la présente évaluation des débits d'exhaure et des impacts potentiels sur les niveaux des eaux souterraines. Les figures jointes à la suite du texte illustrent les empreintes des fosses, telles qu'utilisées pour la mise à jour de l'évaluation.

Il est à noter que le plan de minage a de nouveau été modifié par Osisko en 2013 et par CMGP en 2014. Ces changements incluent une empreinte de la fosse Canadian Malartic légèrement différente; une empreinte de la fosse Gouldie plus petite; et l'exploitation d'une troisième fosse vers l'est, soit la fosse Jeffrey. Toutefois, ces changements sont jugés avoir peu d'impact sur la présente évaluation. Les figures à la suite du texte illustrent également les empreintes des fosses projetées dans le plan de minage de 2014.

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

1.2 Objectifs de l'étude

L'étude comprend les objectifs suivants :

1) Mettre à jour le modèle numérique d'écoulement d'eau souterraine en introduisant le plan de minage du 8 juin 2012 (Osisko, 2012) qui inclut l'agrandissement de la fosse Canadian Malartic vers l'est (secteur Barnat) et la fosse Gouldie.

2) À l'aide du modèle numérique mis à jour, réaliser des simulations prédictives afin d'évaluer :

   i) les débits d'exhaure pour le dénoyage de la fosse Canadian Malartic projetée;

   ii) le rabattement maximal anticipé des niveaux d'eau souterraine généré par le dénoyage de la fosse projetée et, de ce fait, les impacts potentiels sur le niveau d'eau des puits d'alimentation en eau (résidentiels et municipaux) présents autour de la Mine.

Il est à noter que les prédictions du modèle hydrogéologique ont été réalisées en utilisant des hypothèses prudentes pour évaluer les impacts potentiels du projet. Ainsi, les prédictions des débits d'exhaure et du rabattement des niveaux d'eau souterraine présentent une estimation des valeurs maximales anticipées.

Les sections suivantes présentent les ajustements apportés au modèle hydrogéologique, le calage du modèle sur les données réelles, les simulations prédictives et les résultats obtenus, ainsi que les conclusions et les recommandations qui en découlent.

2.0 AJUSTEMENTS APPORTÉS AU MODÈLE HYDROGÉOLOGIQUE

Les principaux ajustements apportés au modèle hydrogéologique (par rapport au modèle original basé sur le projet Canadian Malartic en 2008) concernent la mise à jour du plan de minage et donc prennent en compte les nouvelles surfaces et profondeurs des fosses projetées. Ainsi, les limites du modèle numérique et les principales conditions spécifiées aux limites du modèle sont demeurées les mêmes, car l'agrandissement proposé est toujours à l'intérieur de ces limites.

Afin d'intégrer le plan de minage de 2012 au modèle numérique, la densité du maillage a été modifiée pour inclure l'agrandissement de la fosse Canadian Malartic et la fosse Gouldie. Le maillage compte maintenant 194 766 éléments finis pour représenter la stratigraphie de la zone d'étude et l'exploitation de la Mine. Le tableau 1 expose les principaux ajustements au modèle.

La distribution des dépôts meubles a été précisée à partir des nouvelles informations obtenues lors des travaux de caractérisation et selon la carte des dépôts de surface (Veillette, 2003) pour inclure le sable sublittoral et certains eskers de petites dimensions et les zones de marécages. Certains paramètres hydrauliques ont été ajustés en tenant compte des nouvelles informations (voir tableau 1). Les propriétés hydrauliques du roc sont demeurées identiques à celles du modèle initial. Enfin, la distribution des zones de recharge a été précisée et les valeurs ont été assignées selon les différents types de dépôts meubles retrouvés en surface.

Le plan de minage de 2012 de la fosse présente une exploitation sur une durée totale de 16 ans. L'exploitation débute tout d'abord dans le secteur ouest de la fosse Canadian Malartic et s'étend vers l'est dans le secteur Barnat. Quant à la fosse Gouldie, le plan de minage utilisé pour la modélisation prévoyait une exploitation sur une période de 5 ans à partir de la deuxième année. Le plan de minage de 2014 prévoit une période d'exploitation de 2,5 ans. Le plan de minage inclut le remplissage de la fosse Gouldie avec des stériles, ce qui a

également été intégré au modèle numérique à partir de l'année 8, tel que spécifié dans le plan de minage de 2012.

Le plan de minage réel qui sera réalisé dans les prochaines années pourra varier par rapport à celui préparé en 2012 et utilisé dans ce document. Ces modifications sont normales pour des opérations minières et ne devraient pas affecter de façon significative l'essentiel des observations et des commentaires présentés dans ce document.

Tableau 1: Ajustements apportés au modèle hydrogéologique initial

Paramétrisation du modèle et conditions limites		
	Modèle initial (2008)	**Modèle mis à jour**
Domaine de modélisation	225 km^2	225 km^2
Hydrographie	Ruisseaux principaux	Tout le réseau de drainage incluant les fossés autour du parc à résidus
Maillage	480 129 éléments avec discrétisation plus dense autour de la géométrie des anciennes mines souterraines	171 535 éléments avec discrétisation plus dense autour de la géométrie des fosses projetées
Stratigraphie	Argile, esker principal, till et roc	Ajout des zones de sable sublittoral, petits eskers et marécages selon carte des dépôts meubles
Conductivité hydraulique du till	$1,0x10^{-7}$ m/s	$4,8x10^{-7}$ m/s
Porosité de drainage	Esker : 0,3 Argile : 0,1	Esker : 0,15 Argile : 0,01
Emmagasinement spécifique (1/m)	argile à $1x10^{-5}$ till à $1x10^{-5}$	argile à $1x10^{-3}$ till à $1x10^{-4}$
Assignation de la recharge	Zones à 25 mm/an, 50 à 75 mm/an, définies selon le type de matériau, la méthode du bilan hydrique et l'évaluation des coefficients de ruissellement par la méthode SCS modifiée (SCS, 1975)	Des valeurs de 5 mm/an, 75 mm/an, 75 mm/an, 200 mm/an et 300 mm/an ont respectivement été attribuées à l'argile, le till, le roc affleurant, le sable sublittoral et l'esker.

3.0 CALAGE DU MODÈLE NUMÉRIQUE

Le calage d'un modèle numérique constitue une démarche visant à démontrer la capacité du modèle à reproduire des données réelles acquises sur le terrain, notamment des charges hydrauliques et des flux volumétriques tels que des débits d'exhaure. Le modèle a été calé en régime permanent en utilisant comme valeurs cibles les niveaux d'eau souterraine mesurés en mars 2008.

Plusieurs simulations ayant chacune un ensemble de paramètres différents ont été faites jusqu'à ce que la différence entre les charges hydrauliques simulées et observées soit minimisée. La conductivité hydraulique de chacune des unités hydrostratigraphiques et les taux de recharge sont les paramètres qui ont été ajustés lors du

processus de calibration. Ces paramètres ont été sélectionnés soit en raison de leur variabilité spatiale intrinsèque ou de l'incertitude sur la valeur de ces paramètres.

Le modèle a été considéré calibré lorsque l'erreur absolue devenait inférieure à 10 % de la variation totale des niveaux d'eau observés à l'intérieur du domaine modélisé. La différence entre la charge hydraulique minimale et celle maximale observée, à l'intérieur du domaine modélisé, étant de 60 m, l'erreur absolue ciblée est donc de 6 m. L'erreur absolue du modèle calibré est de 3,59 m, soit moins de 6 % par rapport à la différence entre les charges hydrauliques minimales et maximales observées à l'intérieur du domaine modélisé.

La figure A illustre l'ajustement entre les charges hydrauliques mesurées et simulées pour le modèle d'écoulement calé.

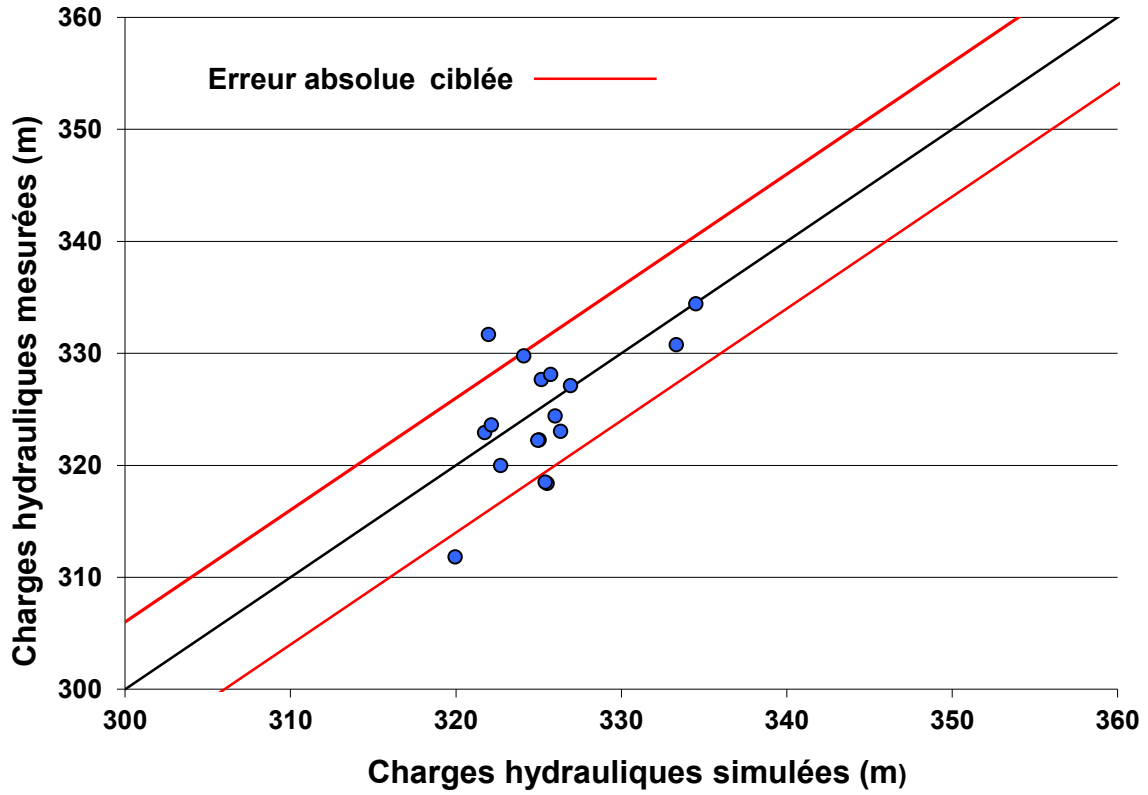


Figure A : Comparaison entre les charges hydrauliques simulées et mesurées – modèle d'écoulement calibré

4.0 SIMULATIONS PRÉDICTIVES

4.1 Scénarios modélisés

À la suite du calage du modèle, des simulations prédictives ont été réalisées pour deux scénarios déjà établis (Golder, 2008) : un premier scénario pessimiste où le roc supérieur (0-50 m) a une conductivité hydraulique plus

élevée (K_{xy} = 9x10^{-6} m/s); et un second scénario réaliste où le roc supérieur (0-50 m) a une conductivité hydraulique plus faible (K_{xy} = 3x10^{-6} m/s). Ces deux scénarios ont été sélectionnés dans le but d'obtenir un intervalle de résultats (un scénario réaliste simulant l'impact probable et un pessimiste simulant l'impact moins probable, mais possible), afin que l'approche de modélisation soit prudente pour l'atteinte des objectifs.

Les paramètres hydrauliques du modèle ont été ajustés afin de représenter les deux scénarios et de simuler deux conditions transitoires connues, soit le pompage dans le puits de la mine Est Malartic en 2006 et 2007, ainsi que le dénoyage des ouvrages souterrains, tel que décrit par Osisko, par le pompage dans le puits de la mine East Malartic en 1979, alors que les mines souterraines étaient complètement développées. Le scénario de conductivité hydraulique plus élevé pour le roc supérieur est cependant jugé pessimiste puisque la valeur de conductivité hydraulique du roc (K_{xy} = 9x10^{-6} m/s) qui a été utilisée est élevée par rapport aux valeurs de conductivités hydrauliques mesurées en moyenne dans le roc peu profond.

La méthodologie générale pour la réalisation des simulations prédictives est similaire à celle de l'étude précédente (Golder, 2008). Le plan de minage de juin 2012 a été utilisé afin de simuler la fosse Canadian Malartic incluant la fosse Gouldie, et ce, à quatre périodes correspondant aux étapes du minage, soit de 0 à 4 ans, de 4 à 8 ans, de 8 à 12 ans et de 12 à 16 ans.

Lors des simulations prédictives, un niveau d'eau à au moins 50 mètres sous la base de la fosse a été imposé pour chacune des périodes simulées. Cette hypothèse est prudente, car elle surestime le rabattement des niveaux des eaux souterraines. Les fosses projetées ont été simulées à l'aide de conditions limites de premier type (charges imposées) et contraintes à un flux sortant du modèle. Ces conditions ont été assignées au pourtour des fosses projetées pour quatre périodes de développement distinctes, soit aux années 3, 7, 11 et 15 de développement. Enfin, l'état piézométrique initial correspond aux conditions de régime permanent, avant l'inclusion de la fosse, obtenues pour les deux scénarios.

Le tableau 2 présente les différentes périodes simulées alors que le tableau 3 présente un sommaire des propriétés hydrauliques assignées à chaque unité hydrostratigraphique pour les deux scénarios simulés.

Tableau 2 : Description des périodes de simulation

Propriétés du modèle	Périodes de simulation			
	0-4 ans	4-8 ans	8-12 ans	12-16 ans
Stade de développement de la fosse Canadian Malartic	Année 3	Année 7	Année 11	Année 15
Stade de développement de la fosse Gouldie	Année 3	Année 4 *	Fosse remplie de stériles	Fosse remplie de stériles
Charges initiales	Simulation initiale avant l'inclusion des fosses, régime permanent	Simulation à 4 ans, régime transitoire	Simulation à 8 ans, régime transitoire	Simulation à 12 ans, régime transitoire

Note : * Le plan de minage utilisé pour la modélisation prévoyait une exploitation de la fosse Gouldie sur 5 ans à partir de la deuxième année sans approfondissement et à partir de la quatrième année d'exploitation selon les informations obtenues auprès d'Osisko. Le plan de minage de 2014 prévoit une exploitation sur 2,5 ans.

Tableau 3 : Propriétés hydrauliques des unités hydrostratigraphiques

Unité	Conductivité hydraulique (m/s)	Anisotropie verticale	Emmagasinement spécifique (1/m)	Porosité de drainage
Roc (0-50 m)	$3x10^{-6}$ (Scénario K_{xy} faible) $9x10^{-6}$ (Scénario K_{xy} élevée)	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (50-100 m)	$1x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (100-300 m)	$1x10^{-8}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (300 m et +)	$1x10^{-9}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Till	$4,8x10^{-7}$	10	$1x10^{-4}$	0,10
Résidus miniers	$3x10^{-6}$	1	$1x10^{-4}$	0,10
Sable	$1x10^{-5}$	10	$1x10^{-4}$	0,10
Esker	$1x10^{-3}$	10	$1x10^{-4}$	0,15
Marécage	$1x10^{-6}$	1	$1x10^{-3}$	0,01
Argile	$1x10^{-8}$	10	$1x10^{-3}$	0,01
Stériles remplissant la fosse Gouldie	$1x10^{-3}$	1	$1x10^{-4}$	0,3

4.2 Résultats

4.2.1 Débit d'exhaure

Le débit d'exhaure estimé par le modèle numérique correspond à l'eau souterraine faisant résurgence dans les parois des fosses projetées et dans les ouvertures souterraines dénoyées. Cette valeur de débit n'inclut donc pas l'eau devant être initialement pompée pour dénoyer les ouvertures souterraines, les précipitations directes et le ruissellement des eaux de précipitation dans la fosse, ainsi que les pertes par évaporation.

Pour le scénario où le roc supérieur est de faible perméabilité, les débits d'exhaure prédits pour la fosse Canadian Malartic projetée sont compris entre 7 000 m^3/j et 9 000 m^3/j, ce qui est similaire aux précédentes prédictions (Golder, 2008). Pour le scénario où le roc supérieur est de forte perméabilité, les débits d'exhaure prédits sont compris entre 13 000 m^3/j et 18 000 m^3/j, ce qui est également similaire aux prédictions obtenues en 2008.

Concernant la fosse Gouldie, le scénario où le roc supérieur est de faible perméabilité prédit des débits d'exhaure compris entre 1 400 m^3/j et 1 500 m^3/j, alors que pour le scénario où le roc supérieur est de forte perméabilité, les débits d'exhaure simulés sont compris entre 4 100 m^3/j et 4 700 m^3/j.

En considérant l'approche prudente de modélisation et les nombreuses hypothèses, ces prédictions des débits d'exhaure doivent être considérées en termes d'ordre de grandeur. Toutefois, l'estimation basée sur le scénario de faible perméabilité du roc supérieur, où les débits d'exhaure varient de 7 000 m^3/j à 9 000 m^3/j pour la fosse Canadian Malartic projetée et de 1 400 m^3/j à 1 500 m^3/j pour la fosse Gouldie, est jugée plus réaliste.

4.2.2 Rabattements des niveaux des eaux souterraines

Les figures 1 à 4 illustrent les rabattements des niveaux des eaux souterraines simulés dans le roc et dans les dépôts meubles à l'année 16, qui correspond à la durée d'exploitation de la fosse Canadian Malartic projetée. Les rabattements à l'année 16 sont illustrés pour les deux scénarios modélisés, soit pour le scénario de faible perméabilité du roc supérieur (figures 1 et 2) et pour le scénario de forte perméabilité du roc supérieur (figures 3 et 4). L'évolution temporelle du rabattement est présentée pour le scénario de faible perméabilité relativement à

un point d'observation localisé au nord de la fosse en direction de Rivière-Héva sur la Route 117, et pour un second point d'observation localisé sur le chemin des Merles (anciennement connu sous le nom de 7e Rang) tel qu'illustré aux figures 1 et 2). En considérant les hypothèses utilisées et la précision du modèle, un rabattement est jugé significatif lorsqu'il excède un mètre dans les dépôts meubles et trois mètres dans le roc. Ainsi, les figures 1 et 3 illustrent les rabattements d'un et de trois mètres simulés dans les dépôts meubles; et les figures 2 et 4, les rabattements de trois et de dix mètres dans le roc.

Ces résultats indiquent que les rabattements significatifs pourraient s'étendre sur d'importantes distances pour chacun des scénarios simulés. En ce qui a trait au scénario le plus prudent de forte perméabilité du roc supérieur, le rabattement dans le roc pourrait atteindre les puits domestiques le long de la Route 117 et du chemin des Merles, tel qu'illustré à la figure 4. Ce scénario plus prudent indique également que certains puits d'approvisionnement de la ville de Malartic pourraient être affectés par le rabattement des eaux souterraines dans les dépôts meubles et dans le roc, tel qu'illustré aux figures 3 et 4. Toutefois, l'impact au puits d'approvisonnement de la ville le plus éloigné (PP-7) est modéré. De plus, le scénario de faible perméabilité du roc supérieur, jugé plus réaliste, indique des impacts faibles aux puits domestiques et aux puits d'approvisionnement de la ville de Malartic (figures 1 et 2).

Les graphiques de l'évolution temporelle du rabattement simulé pour le point d'observation localisé sur la Route 117 au nord de la fosse Canadian Malartic projetée (figures 1 et 2) indiquent qu'une période d'environ un an, suivant le début de l'exploitation, serait nécessaire avant d'atteindre 1 m de rabattement dans les dépôts meubles, et 4 ans avant d'atteindre 3 m de rabattement au roc. De même, pour le point d'observation localisé sur le chemin des Merles, une période de 10 ans serait nécessaire avant d'atteindre 1 m de rabattement dans les dépôts meubles tandis que le seuil de 3 m de rabattement au roc ne serait jamais atteint dans la période simulée.

La comparaison des cônes de rabattement obtenus pour chacun des scénarios avec les résultats du modèle précédent (Golder, 2008) indique que les rabattements obtenus dans le cadre de cette étude sont légèrement plus étendus. Cette différence est principalement attribuable à l'agrandissement de la fosse vers le secteur Barnat et, dans une moindre mesure, au développement de la fosse Gouldie.

5.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Les travaux de modélisation numérique réalisés visaient notamment à évaluer les débits d'exhaure ainsi que les impacts potentiels sur les niveaux des eaux souterraines de la Mine. Une mise à jour du modèle hydrogéologique a été réalisée pour inclure l'agrandissement de la fosse Canadian Malartic ainsi que le développement de la fosse Gouldie, selon le plan de minage de juin 2012.

À la suite de la mise à jour du modèle hydrogéologique, les conclusions et les recommandations présentées dans l'étude précédente (Golder, 2008) sont toujours valides. Les conclusions portant spécifiquement sur les résultats des simulations numériques prédictives à la suite de la mise à jour du modèle numérique sont les suivantes :

- Selon l'estimation, les débits d'exhaure pour le scénario réaliste varient de 7 000 m^3/j à 9 000 m^3/j pour la fosse Canadian Malartic projetée et de 1 400 m^3/j à 1 500 m^3/j pour la fosse Gouldie. Pour le scénario pessimiste, ces débits pourraient atteindre 18 000 m^3/j pour la Mine et 4 700 m^3/j pour la fosse Gouldie;

- La zone de rabattement significatif potentiel des niveaux des eaux souterraines pourrait s'étendre sur d'importantes distances selon les scénarios simulés. Le scénario réaliste indique des impacts faibles aux puits d'alimentation, alors que le scénario pessimiste indique des impacts potentiels à certains puits domestiques et à certains puits de la ville de Malartic. Toutefois, l'impact au puits de la ville le plus éloigné (PP-7) demeure modéré pour le scénario pessimiste.

En considérant les changements proposés au plan de minage en 2013 et en 2014, les conclusions de cette évaluation sont toujours valides. Les débits d'exhaure de la fosse Canadian Malartic projetée et de la fosse Gouldie seront similaires à ceux du plan de minage de 2012. L'évaluation des impacts liés au rabattement significatif potentiel des niveaux d'eau souterraine sera également similaire à celle du plan de minage de 2012 et peu influencée par la nouvelle fosse Jeffrey.

Les recommandations à la suite de la mise à jour du modèle numérique et de la réalisation des simulations prédictives sont les suivantes :

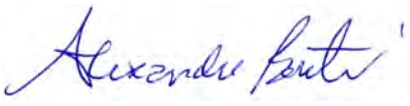
- Le plan de contingence relatif à l'approvisionnement en eau de la ville de Malartic devrait être maintenu. À ce titre, l'implantation d'un nouveau puits d'approvisionnement en eau pour la ville de Malartic a été complétée en 2010. Ce nouveau puits a été aménagé dans le même esker que les puits d'approvisionnement existants, mais à une plus grande distance du projet;
- Certains puits domestiques (le long du chemin des Merles et le long de la Route 117 au nord de la ville de Malartic) pourraient voir leur débit de production affecté à la baisse par le dénoyage de la Mine. Une contingence devra être prévue à cet effet, notamment pour l'implantation de puits domestiques plus profonds. Un inventaire des puits domestiques dans le secteur du chemin des Merles et le long de la Route 117 est en cours de réalisation afin de documenter les caractéristiques des puits (profondeur, diamètre, type d'aquifère, etc);
- En considérant que les prédictions du modèle présentent une estimation prudente du rabattement des eaux souterraines, il est recommandé de poursuivre le suivi en continu des niveaux d'eau souterraine, tel que réalisé par la Mine depuis 2008, afin de valider ces prédictions et de prévenir une perte d'usage de la ressource en eau, le cas échéant.

6.0 LIMITATIONS

Les conditions générales ainsi que les limitations de la présente étude sont jointes à la fin de ce mémo.

Veuillez agréer, Monsieur Cimon, l'expression de nos sentiments distingués.

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE



Alexandre Boutin, ing., M.Sc.
Hydrogéologue

Pierre Groleau, ing., M.Sc.
Hydrogéologue, associé principal

PG/AB/ch/tca

\\golder.gds\gal\montreal\actif\2012\1221\12-1221-0025 osisko-modélisation-malartic\5 préparation livrables\2000_modèle rabattement\rev4\002-12-1221-0025-2000-mtf-rev4.docx

p.j. Figure 1 Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans les dépôts meubles à l'année 16 – Scénario faible perméabilité du roc supérieur

Figure 2 Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans le roc supérieur à l'année 16 – Scénario faible perméabilité du roc supérieur

Figure 3 Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans les dépôts meubles à l'année 16 – Scénario forte perméabilité du roc supérieur

Figure 4 Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans le roc à l'année 16 – Scénario forte perméabilité du roc supérieur

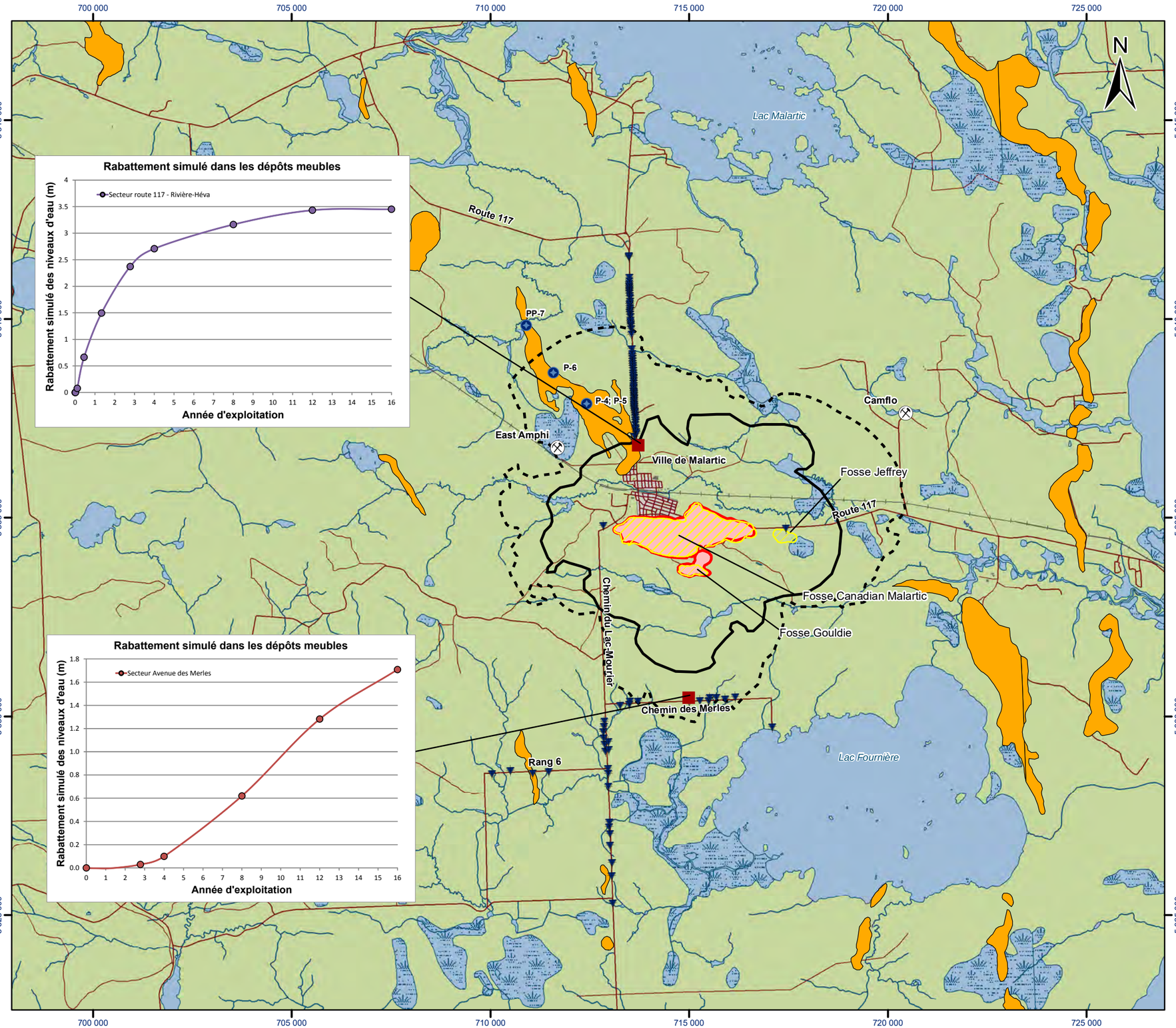
Conditions générales et limitations

RÉFÉRENCES

Golder Associés Ltée, 2008. *Évaluation du débit d'exhaure et des impacts potentiels sur les niveaux des eaux souterraines, Osisko Exploration Malartic, Québec, Canada*. No réf. : 07-1221-0028-2400.

Golder Associés Ltée, 2012. *Suivi des eaux souterraines 2011 - Mine Canadian Malartic*. No. réf. :003-10-1221-0107-4001.

Osisko, 2012. Transmission du plan de minage par courriel le 8 juin 2012.



LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic
- Puits domestique (Genivar, 2008)
- Routes
- Voie ferrée
- Milieu humide
- Hydrographie
- Eskers
- Fosses modélisées
- Fosses projetées
- Rabattement (1 m) simulé à l'année 16
- Rabattement (3 m) simulé à l'année 16
- Points d'observation de l'évolution temporelle des rabattements simulés

0 1 250 2 500 5 000 Mètres

1:100 000

CONFIDENTIEL

RÉFÉRENCE

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17

Sources: Données vectorielles de la BNDT à l'échelle 1 : 50 000

Veillette, 2003. Les cartes de formations en surface de l'Abitibi, Québec. Commission géologique du Canada, Dossier public 1523

PROJET

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)

TITRE

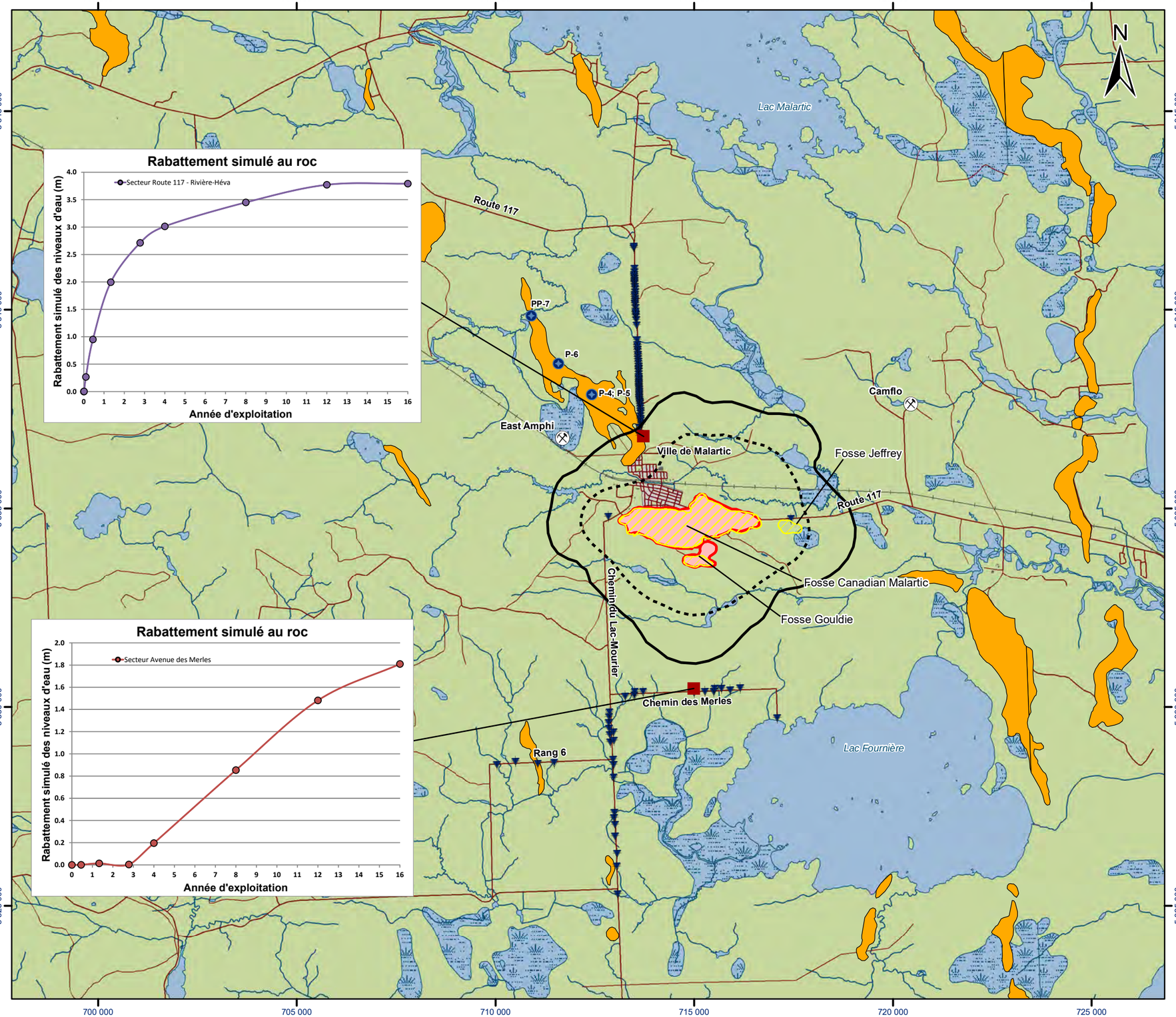
Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans les dépôts meubles à l'année 16 - Scénario faible perméabilité du roc supérieur

Golder Associés
Montréal, Québec

PROJET No.12-1221-0025-2000			Échelle respective	REV. 4
GIS	RG	12 Août 2013		
Conception	MNR	12 Août 2013		
Vérification	AB	12 Août 2013		
Révision	PG	12 Août 2013		

FIGURE 1

N:\Actif\2012\1221\12-1221-0025 Osisko-Modélisation-Malartic\4 CAD-GIS\SIG\2000 Modèle Rabattement\Figure 1 -DM_Scenario_LK_16ans_2012_20140214.mxd



LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic
- Puits domestique (Genivar, 2008)
- Routes
- Voie ferrée
- Milieu humide
- Hydrographie
- Eskers
- Fosses modélisées
- Fosses projetées
- Rabattement (3 m) simulé à l'année 16
- Rabattement (10 m) simulé à l'année 16
- Points d'observation de l'évolution temporelle des rabattements simulés

0 1 250 2 500 5 000 Mètres

1:100 000

CONFIDENTIEL

RÉFÉRENCE

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17

Source: Données vectorielles de la BNDT à l'échelle 1 : 50 000
Veillette, 2003. Les cartes de formations en surface de l'Abitibi, Québec. Commission géologique du Canada, Dossier public 1523

PROJET

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)

TITRE

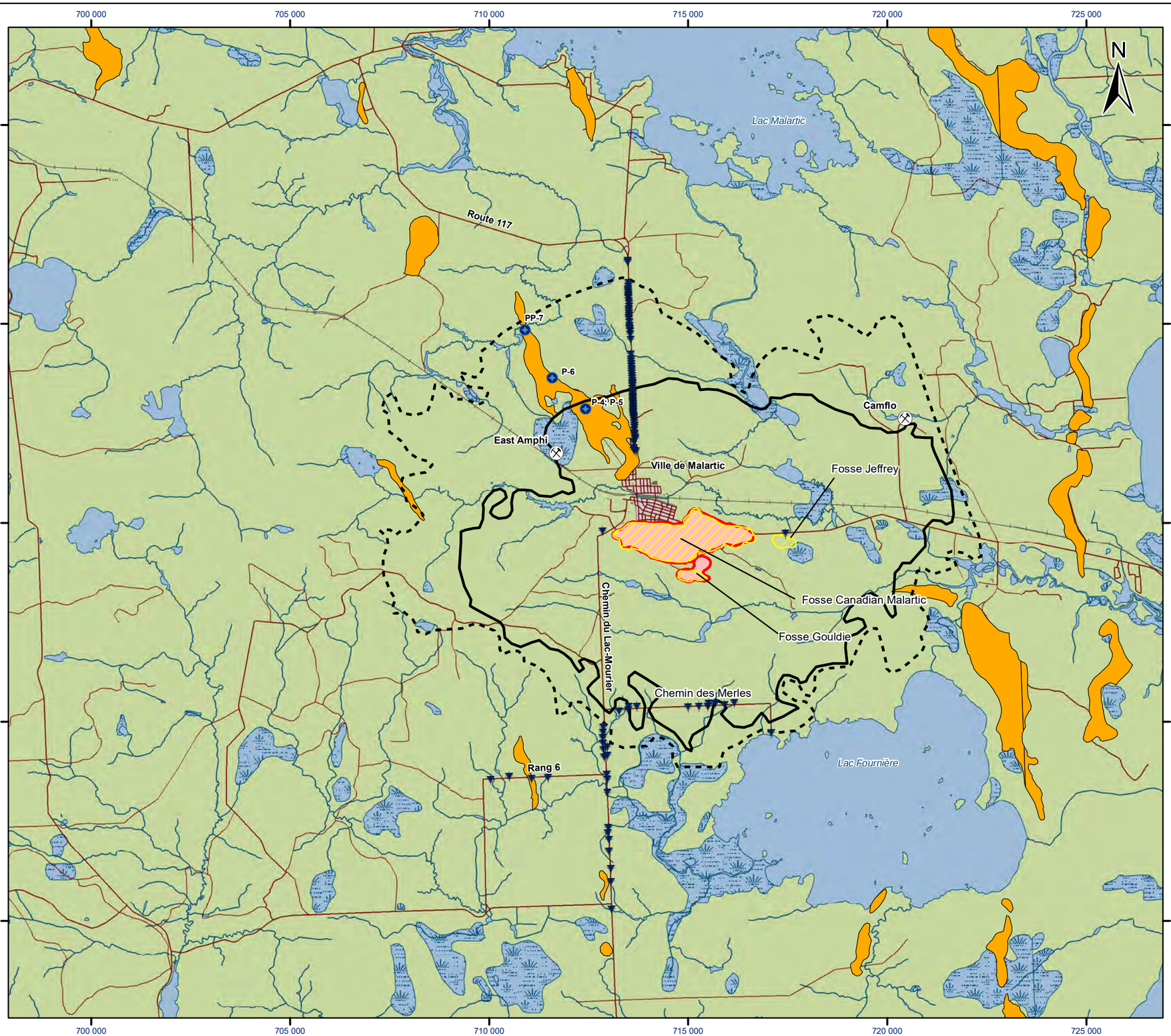
Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans le roc à l'année 16
Scénario faible perméabilité du roc supérieur

Golder Associés
Montréal, Québec

PROJET No. 12-1221-0025-2000			Échelle respective	REV. 4
GIS	RG	12 Août 2013		
Conception	MNR	12 Août 2013		
Vérification	AB	12 Août 2013		
Révision	PG	12 Août 2013		

FIGURE 2

N:\Actif\2012\1221\12-1221-0025 Osisko-Modélisation-Malartic\4 CAD-GIS\SIG\2000 Modèle Rabattement\Figure 2 -Roc_Scenario_LK_16ans_2012_20140214.mxd



LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic
- Puits domestique (Genivar, 2008)
- Routes
- Voie ferrée
- Milieu humide
- Hydrographie
- Eskers
- Fosses modélisées
- Fosses projetées
- Rabattement (1 m) simulé à l'année 16
- Rabattement (3 m) simulé à l'année 16

0 1 250 2 500 5 000 Mètres

1:100 000

CONFIDENTIEL

RÉFÉRENCE

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17

Sources: Données vectorielles de la BNDT à l'échelle 1 : 50 000

Veillette, 2003. Les cartes de formations en surface de l'Abitibi, Québec. Commission géologique du Canada, Dossier public 1523

PROJET

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)

TITRE

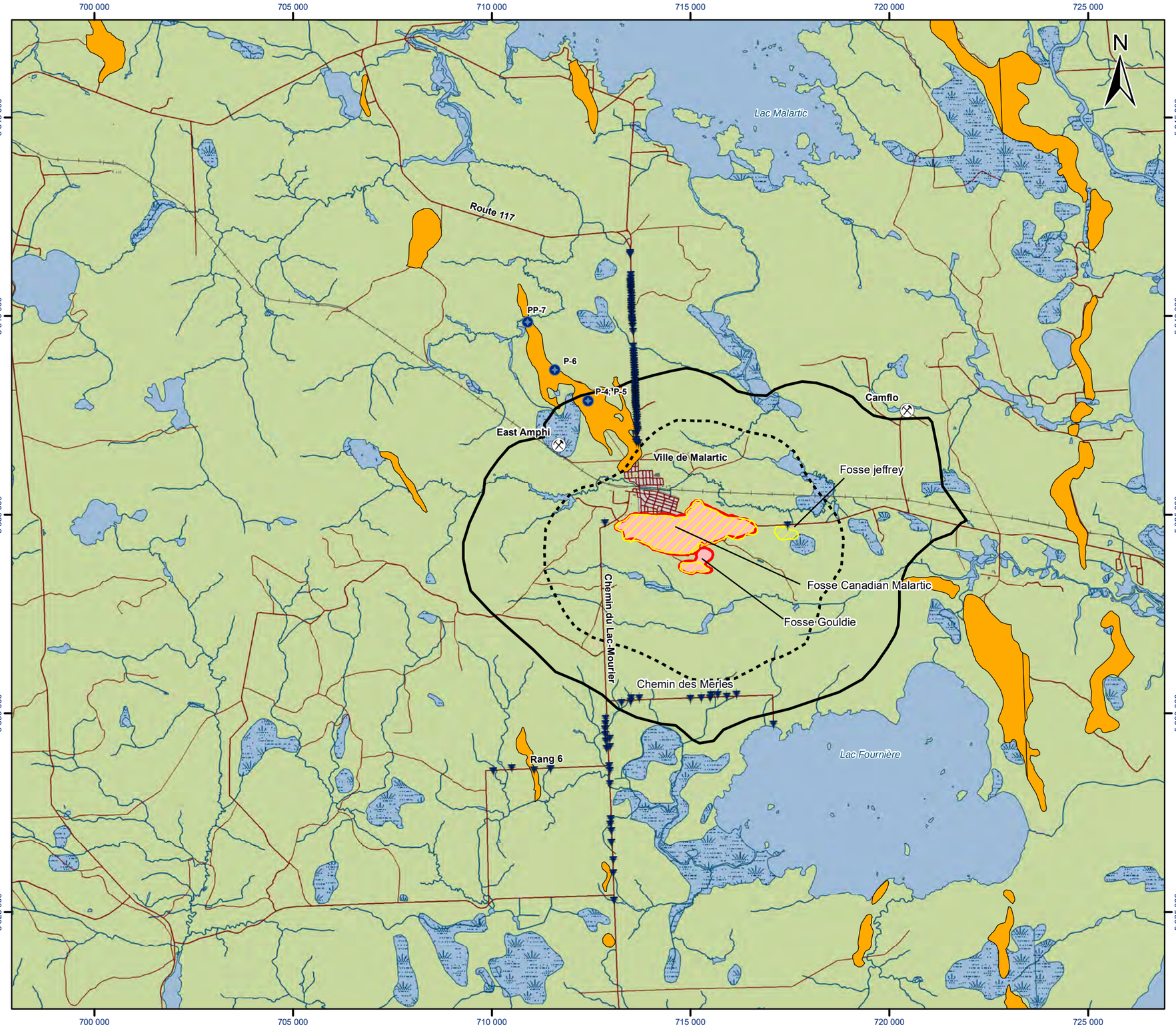
Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans les dépôts meubles à l'année 16 - Scénario forte perméabilité du roc supérieur

Golder Associés
Montréal, Québec

PROJET No. 12-1221-0025-2000			Échelle respective	REV. 4
GIS	RG	10 sept 2012		
Conception	MNR	10 sept 2012		
Vérification	AB	10 sept 2012		
Révision	PG	10 sept 2012		

FIGURE 3

N:\Actif\2012\1221\12-1221-0025 Osisko-Modélisation-Malartic\4 CAD-GIS\SIG\2000 Modele Rabattement\Figure 3 -DM_Scenario_HK_16ans_2012_20140214.mxd



LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic
- Puits domestique (Genivar, 2008)
- Routes
- Voie ferrée
- Milieu humide
- Hydrographie
- Eskers
- Fosses modélisées
- Fosses projetées
- Rabattement (3 m) simulé à l'année 16
- Rabattement (10 m) simulé à l'année 16

0 1 250 2 500 5 000 Mètres

1:100 000

CONFIDENTIEL

RÉFÉRENCE

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17

Sources: Données vectorielles de la BNDT à l'échelle 1 : 50 000

Veillette, 2003. Les cartes de formations en surface de l'Abitibi, Québec. Commission géologique du Canada, Dossier public 1523

PROJET

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)

TITRE

Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans le roc à l'année 16
Scénario forte perméabilité du roc supérieur

Golder Associés
Montréal, Québec

PROJET No. 12-1221-0025-2000			Échelle respective	REV. 4
GIS	RG	10 sept 2012		
Conception	MNR	10 sept 2012		
Vérification	AB	10 sept 2012		
Révision	PG	10 sept 2012		

FIGURE 4

N:\Actif\2012\1221\12-1221-0025 Osisko-Modélisation-Malartic\4 CAD-GIS\SIG\2000 Modèle Rabattement\Figure 4 -Roc_Scenario_HK_16ans_2012_20140214.mxd

CONDITIONS GÉNÉRALES ET LIMITATIONS
RAPPORT DE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE

UTILISATION DU RAPPORT ET DE SON CONTENU

Ce rapport a été préparé pour l'usage exclusif du Client ou de ses agents. Les données factuelles, les interprétations, les commentaires, les recommandations et les fichiers électroniques qu'il contient sont spécifiques à l'étude qu'il couvre et ne s'appliquent à aucun autre projet ou autre site. Ces informations ne doivent en aucun cas être utilisées à d'autres fins que celles spécifiées aux objectifs du mandat à moins que cela ne soit clairement indiqué dans le texte de ce rapport ou formellement autorisé par Golder. Ce rapport doit être lu dans son ensemble, puisque des sections pourraient être faussement interprétées lorsque prises individuellement ou hors contexte. Par ailleurs, le texte de la version finale de ce rapport prévaut sur tout autre texte, opinion ou version préliminaire émis par Golder.

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

Les références aux lois et règlements contenues dans ce rapport sont fournies à titre indicatif, sur une base technique. Comme les lois et règlements sont sujets à interprétation, Golder recommande au Client de consulter ses conseillers juridiques afin d'obtenir les avis appropriés.

MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE

Un modèle numérique utilise des lois scientifiques et des hypothèses dictées par le jugement professionnel pour intégrer les données disponibles à l'intérieur d'une représentation mathématique conceptualisant les caractéristiques essentielles d'un système hydrogéologique existant. Bien qu'un modèle numérique ne puisse représenter toute la réalité détaillée d'un système hydrogéologique existant, un modèle numérique valide est un outil capable d'en simuler de façon raisonnable le comportement sous diverses contraintes et conditions. La validité du modèle ainsi que sa précision dépendent de la quantité, de la qualité et de la distribution des données disponibles de même que de la complexité du contexte géologique, la géochimie du milieu et la nature des composés dissous. Ainsi, chaque modélisation hydrogéologique est une simplification d'un système réel et les résultats obtenus doivent donc être interprétés et utilisés avec précaution et discernement. Le modèle décrit dans ce rapport ne fait pas exception.

Les travaux de modélisation hydrogéologique effectués par Golder et décrits dans ce rapport furent réalisés conformément aux règles et pratiques professionnelles reconnues et acceptées au moment de leur réalisation. À moins d'avis contraire, les résultats de travaux antérieurs ou simultanés, provenant d'autres sources que Golder, cités et/ou utilisés dans ce rapport furent considérés comme ayant été obtenus en respectant les règles et pratiques professionnelles reconnues et acceptées et, conséquemment, comme étant valides. Ce modèle constitue un outil scientifique de prédiction permettant d'évaluer les impacts de modifications imposées à un système hydrogéologique existant et/ou permettant de comparer divers scénarios dans le cadre d'un processus décisionnel. Cependant, la précision du modèle demeure liée à l'incertitude normale inhérente aux travaux de modélisation hydrogéologique et, même si une attention professionnelle a été apportée lors de sa construction et des simulations, aucune garantie directe ou indirecte n'est donnée.

ANNEXE-B

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-002-12-1221-0025-2000-MTF-Rev4

GOLDER

CONFIDENTIEL

MEMORANDUM TECHNIQUE

DATE 2 octobre 2019 **N° de référence GAL012-1776338-MTF-Rev4**

À Richard Harrisson, Directeur Évaluation de projets
Mine Canadian Malartic:

C.C Stéphanie Lafrenière, Coordonnatrice Développement durable

DE Pierre Groleau Adresse courriel **pgroleau@golder.com**

ÉVALUATION DES DÉBITS D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES DU PROJET ODYSSEY, MALARTIC (QUÉBEC)

1.0 INTRODUCTION

1.1 Mise en contexte

Dans le cadre du projet Odyssey, le partenariat Canadian Malartic (CMPG) projette d'exploiter par mine souterraine l'extension des zones minéralisées actuellement exploitées par mine à ciel ouvert. Ainsi, la continuité des zones East Malartic, Sladen, Barnat, Sheehan et Jeffrey serait exploitée au moyen de galeries souterraines situées à proximité de la mine Canadian Malartic (MCM). Ce projet nécessitera, entre autres installations, l'aménagement d'un puits et de rampes afin d'accéder au gisement.

La figure A (après le texte) illustre la position du gisement et des principales infrastructures de surface projetées pour Odyssey. Pour plus de clarté, les zones minéralisées sont regroupées selon trois zones (East Malartic, Nord et Sud).

Dans le cadre d'une demande de modification de décret pour le projet Odyssey, Golder Associés Ltée (Golder) a été mandatée pour effectuer une évaluation des débits d'exhaure et des impacts potentiels sur les niveaux des eaux souterraines du projet.

1.2 Localisation du projet Odyssey

La propriété de MCM est entièrement située dans le Canton de Fournière, au sud de la ville de Malartic et à environ 25 km à l'ouest de la ville de Val-d'Or. La figure A présente une vue d'ensemble des principales infrastructures du projet Odyssey. Il est à noter que l'empreinte du projet Odyssey est entièrement située à l'intérieur du secteur du projet Extension Canadian Malartic (l'Extension), lequel a été approuvé par décret au début de 2017.

1.3 Objectifs de l'étude

L'étude comprend les objectifs suivants :

1) Mettre à jour le modèle numérique d'écoulement d'eau souterraine développé pour MCM en 2008 en introduisant les développements souterrains du projet Odyssey.

2) À l'aide du modèle numérique mis à jour, réaliser des simulations prédictives afin d'évaluer :

Golder et le concept G sur son logo sont des marques de commerce de Golder Associates Corporation golder.com

i) les débits d'exhaure pour le dénoyage des développements souterrains du projet;

ii) le rabattement maximal anticipé des niveaux d'eau souterraine lié à l'ensemble des activités de dénoyage de MCM.

3) Décrire la gestion proposée des eaux d'exhaure du projet.

4) Évaluer les impacts potentiels des infrastructures existantes de MCM sur la qualité des eaux d'exhaure du projet Odyssey.

Il est à noter que les prédictions du modèle hydrogéologique ont été réalisées en utilisant des hypothèses prudentes pour évaluer les impacts potentiels du projet. Ainsi, les prédictions des débits d'exhaure et du rabattement des niveaux d'eau souterraine présentent une estimation des valeurs maximales anticipées.

Les sections suivantes présentent les ajustements apportés au modèle hydrogéologique de 2008 et revue en 2015, le calage du modèle sur les données réelles, les simulations prédictives et les résultats obtenus. La gestion proposée des eaux d'exhaure et l'évaluation des impacts potentiels des infrastructures existantes de MCM sur la qualité des eaux d'exhaure du projet Odyssey sont également présentées.

2.0 AJUSTEMENTS APPORTÉS AU MODÈLE HYDROGÉOLOGIQUE

Les principaux ajustements apportés au modèle hydrogéologique (par rapport au modèle original basé sur le projet Canadian Malartic en 2008 et revu en 2015 dans le cadre de l'Extension de MCM, voir l'annexe 1) concernent l'intégration des développements souterrains du projet Odyssey et l'ajustement de certains paramètres du modèle. Ces derniers ajustements ont été effectués afin de réaliser une prédiction plus réaliste des rabattements qui sont observés dans le cadre des opérations.

Les modifications effectuées au plan de minage intégré dans le modèle hydrogéologique sont les suivantes :

- Dénoyage des galeries historiques jusqu'à une profondeur de 900 m, soit l'élévation -590m, environ 50 m sous l'ouverture la plus basse du projet Odyssey;
- Intégration du projet Odyssey selon le plan de minage fourni par MCM en décembre 2018.

Le tableau 1 présente la paramétrisation actualisée du modèle hydrogéologique afin de mieux simuler les rabattements observés en 2018 dans le cadre du programme de surveillance des eaux souterraines. Les modifications faites à la paramétrisation du modèle sont les suivantes :

- Diminution de la conductivité hydraulique du roc supérieur (0-50 m) de 3×10^{-6} m/s à 4×10^{-7} m/s;
- Augmentation de la conductivité hydraulique du roc profond (plus de 300 m) de 1×10^{-9} m/s à 5×10^{-9} m/s;
- Baisse du taux de recharge sur les unités de sable, de till, d'argile et de roc supérieur.

Tableau 1 : Propriétés hydrauliques des unités hydrostratigraphiques

Unité	Modèle original		Modèle mis à jour	
	Conductivité hydraulique (m/s)	Recharge (mm/an)	Conductivité hydraulique (m/s)	Recharge (mm/an)
Esker	1×10^{-3}	300	1×10^{-3}	300
Sable	1×10^{-5}	200	1×10^{-5}	50
Till	$4{,}8 \times 10^{-7}$	75	$4{,}8 \times 10^{-7}$	20
Argile	1×10^{-8}	5	1×10^{-8}	2
Roc supérieur (0-50m)	3×10^{-6}	75	4×10^{-7}	10
Roc intermédiaire (50-100 m)	1×10^{-7}	-	1×10^{-7}	-
Roc intermédiaire (100-300 m)	1×10^{-8}	-	1×10^{-8}	-
Roc profond (plus de 300 m)	1×10^{-9}	-	5×10^{-9}	-

Note : les cellules en grisé indiquent les changements

3.0 CALAGE DU MODÈLE NUMÉRIQUE

Le calage d'un modèle numérique est une démarche visant à démontrer la capacité du modèle à reproduire des données réelles acquises sur le terrain, notamment des charges hydrauliques et des flux volumétriques comme des débits d'exhaure. Le modèle a été calé en régime permanent en utilisant comme valeurs cibles les niveaux d'eau souterraine mesurés en mars 2008. Les mesures de 2008 sont jugées représentatives des conditions pré-développements de MCM. Une vérification a également été effectuée en condition dynamique afin de s'assurer que le modèle peut reproduire le pompage dans le puits de l'ancienne mine East Malartic en 1979, alors que les mines souterraines étaient complètement développées, ainsi que la zone de rabattement de la nappe d'eau souterraine causé par le dénoyage de la fosse Canadian Malartic en 2018. La figure 1 illustre l'ajustement entre les charges hydrauliques mesurées et simulées pour le modèle d'écoulement calé.

En régime permanent en condition pré-développement de MCM, le modèle initial a été jugé calibré lorsque l'erreur quadratique normalisée devenait inférieure à 10 % de la variation totale des niveaux d'eau observés à l'intérieur du domaine modélisé qui est de 55 m (350 m au Lac Milhaut - 295 m au Lac Malartic). La racine de l'erreur quadratique moyenne (RMS) est de 5,4 m, soit 9,8 % (NRMS) par rapport à la différence entre les charges hydrauliques minimales et maximales observées à l'intérieur du domaine modélisé. Sur la figure 1, les lignes bleues illustrent l'erreur moyenne absolue et les lignes rouges l'erreur quadratique moyenne.

Le débit d'exhaure historique de la mine East-Malartic en 1979 serait de l'ordre de 750 GPM(UK), soit environ 4 900 m³/jour lorsque cette mine était complètement dénoyée (Osisko, communication verbale). À titre indicatif, le

débit d'exhaure obtenu avec le modèle hydrogéologique en régime permanent lorsque les ouvertures historiques sont toutes dénoyées est de 5 500 m³/jour ce qui représente bien le débit historique.

Une vérification a été faite afin de comparer le rabattement simulé de la nappe d'eau souterraine du roc supérieur avec la zone de rabattement établie à partir des données de suivi piézométrique en 2018 (figure B, après le texte). La même comparaison a également été faite avec la zone de rabattement obtenue avec la version précédente du modèle. La figure B montre que l'étendue de la zone de rabattement de la nappe phréatique simulée avec le modèle mis à jour s'étend au-delà de la zone définie à partir des données du suivi piézométrique. L'étendue de la zone de rabattement de la nappe d'eau souterraine simulée avec le modèle mis à jour est toutefois moindre par rapport au résultat obtenu avec la version précédente du modèle. Les prédictions de rabattement de la nappe d'eau souterraine faites avec le modèle mis à jour se rapprochent donc plus des observations piézométriques, mais demeurent surestimées par rapport à la réalité, ce qui signifie que les résultats obtenus avec le modèle mis à jour sont jugés prudents et permettent d'atteindre les objectifs de l'étude.

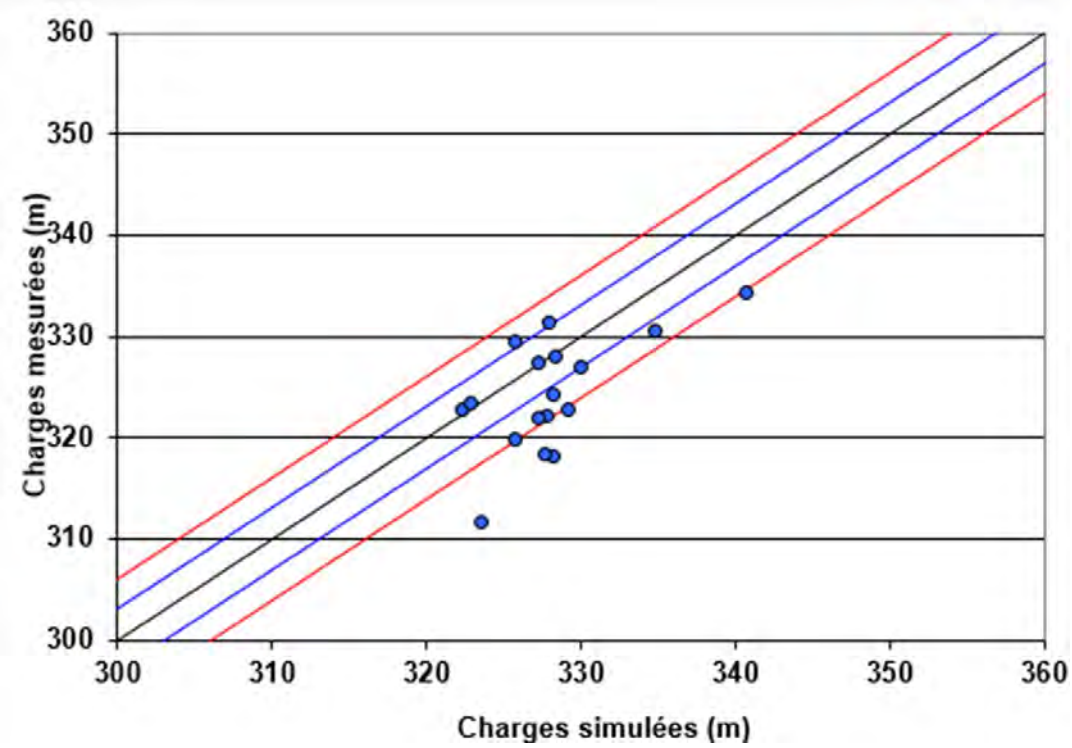


Figure 1 : Comparaison entre les charges hydrauliques simulées et mesurées en 2008 en condition pré-développement de MCM

4.0 SIMULATIONS PRÉDICTIVES

4.1 Scénarios modélisés

À la suite du calage du modèle, des simulations prédictives ont été réalisées selon trois scénarios, soit :

- **Scénario Réaliste** dont la paramétrisation (tableau 2) correspond au modèle calibré;
- **Scénario Réaliste avec effet des ouvertures historiques** sur la conductivité hydraulique verticale du roc au droit des ouvertures souterraines historiques. Pour ce scénario, la paramétrisation est la même que le scénario Réaliste (tableau 2) à l'exception de la conductivité hydraulique verticale du roc qui a été augmentée de deux ordres de grandeur sur toute l'épaisseur du roc au-dessus de toutes les ouvertures historiques afin de représenter la possible augmentation de la conductivité hydraulique du roc dans le secteur de ces ouvertures;
- **Scénario Prudent** dont la paramétrisation (tableau 3) correspond au modèle de l'Extension de MCM.

Tableau 2 : Propriétés hydrauliques des unités hydrostratigraphiques – Scénario Réaliste

Unité	Conductivité hydraulique, Kx (m/s)	Anisotropie verticale (Kx/Kz)	Emmagasinement spécifique (1/m)	Porosité de drainage
Roc (0-50 m)	4×10^{-7}	10	1×10^{-5}	0,01
Roc (50-100 m)	1×10^{-7}	10	1×10^{-5}	0,01
Roc (100-300 m)	1×10^{-8}	10	1×10^{-5}	0,01
Roc (plus de 300 m)	5×10^{-9}	10	1×10^{-5}	0,01
Till	$4,8 \times 10^{-7}$	10	1×10^{-4}	0,10
Résidus miniers	3×10^{-6}	1	1×10^{-4}	0,10
Sable	1×10^{-5}	10	1×10^{-4}	0,10
Esker	1×10^{-3}	10	1×10^{-4}	0,15
Marécage	1×10^{-6}	1	1×10^{-3}	0,01
Argile	1×10^{-8}	10	1×10^{-3}	0,01
Stériles remplissant la fosse Gouldie	1×10^{-3}	1	1×10^{-4}	0,30

Tableau 3 : Propriétés hydrauliques des unités hydrostratigraphiques – Scénario Prudent

Unité	Conductivité hydraulique, Kx (m/s)	Anisotropie verticale (Kx/Kz)	Emmagasinement spécifique (1/m)	Porosité de drainage
Roc (0-50 m)	3 x 10^{-6}	10	1 x 10^{-5}	0,01
Roc (50-100 m)	1 x 10^{-7}	10	1 x 10^{-5}	0,01
Roc (100-300 m)	1 x 10^{-8}	10	1 x 10^{-5}	0,01
Roc (plus de 300 m)	5 x 10^{-9}	10	1 x 10^{-5}	0,01
Till	4,8 x 10^{-7}	10	1 x 10^{-4}	0,10
Résidus miniers	3 x 10^{-6}	1	1 x 10^{-4}	0,10
Sable	1 x 10^{-5}	10	1 x 10^{-4}	0,10
Esker	1 x 10^{-3}	10	1 x 10^{-4}	0,15
Marécage	1 x 10^{-6}	1	1 x 10^{-3}	0,01
Argile	1 x 10^{-8}	10	1 x 10^{-3}	0,01
Stériles remplissant la fosse Gouldie	1 x 10^{-3}	1	1 x 10^{-4}	0,30

Note : la cellule en grisé indique le changement par rapport au scénario Réaliste

Ces trois scénarios ont été sélectionnés dans le but d'obtenir un intervalle de résultats, afin que l'approche de modélisation soit prudente pour l'atteinte des objectifs.

Les simulations ont été effectuées selon la chronologie d'exploitation suivante, en considérant que le « temps zéro » correspond au début de l'exploitation de la fosse Canadian Malartic en 2011 :

- 0-8 ans (de 2011 à 2019) : développement des fosses Canadian Malartic et Gouldie;
- 8-11 ans (de 2019 à 2022) : dénoyage des ouvertures souterraines existantes jusqu'à 600 m de profondeur et début du projet Odyssey;
- 11-22 ans (de 2022 à 2034) : dénoyage des ouvertures souterraines existantes jusqu'à 900 m de profondeur et poursuite du projet Odyssey. L'exploitation de l'extension de la fosse Canadian Malartic (secteur Barnat) se termine à la 16^{e} année (2027). Celle-ci demeurera dénoyée jusqu'à la fin du projet Odyssey alors que la fosse Canadian Malartic sera en partie remblayée par des résidus miniers et des stériles.

Le plan de minage d'août 2018 a été utilisé afin de simuler les fosses Canadian Malartic, Gouldie, l'extension de la fosse Canadian Malartic (Barnat) et Jeffrey (les fosses de MCM). Le plan de minage de décembre 2018 du projet Odyssey a été intégré dans le modèle. Finalement, la géométrie des ouvertures historiques provient de fichiers fournis par MCM en août 2018.

Le dénoyage des fosses et des galeries souterraines a été simulé à l'aide de conditions limites de type face de suintement, c'est-à-dire des conditions limites pour lesquelles la charge constante assignée est égale à l'élévation du niveau excavé (h = z). Une contrainte a été assignée à ces conditions limites afin que celles-ci n'injectent pas d'eau dans le modèle lorsque l'élévation simulée de la nappe devient inférieure à celle du nœud sur lesquelles elles sont assignées. Enfin, l'état piézométrique initial correspond aux conditions de régime permanent, avant le début de l'exploitation de MCM, obtenues pour les trois scénarios.

4.2 Résultats

4.2.1 Débit d'infiltration d'eau souterraine (débit d'exhaure)

Les débits d'infiltration d'eau souterraine futurs ont été prédits avec le modèle de l'année 8 à 22 (de 2019 à 2034) pour les fosses, le projet Odyssey et les ouvertures minières historiques dénoyées. Le débit d'infiltration d'eau souterraine calculé par le modèle numérique correspond à l'eau souterraine faisant résurgence dans les parois des fosses et dans les ouvertures souterraines dénoyées. Il s'agit donc d'une partie du débit d'exhaure, car cette valeur de débit n'inclut pas les précipitations directes et le ruissellement des eaux de précipitation dans les fosses ainsi que les pertes par évaporation. De plus, les valeurs de débit pour les ouvertures historiques représentent les venues d'eau en provenance du massif rocheux une fois ces galeries complètement dénoyées.

Les débits d'infiltration d'eau souterraine calculés pour le scénario Réaliste et le scénario Réaliste avec effets des ouvertures historiques sont présentés aux tableaux 4 et 5. Les valeurs de débit d'infiltration d'eau souterraine présentées dans ces deux tableaux sont celles obtenues à la suite de la mise à jour du modèle hydrogéologique et sont celles attendues dans les fosses et les ouvertures souterraines. Les valeurs de débit d'infiltration d'eau souterraine obtenues pour le scénario Prudent sont présentées au tableau 6. Ces tableaux présentent également les minimums et maximums des débits pour le projet Odyssey, pour les trois zones combinées (uniquement les zones East-Malartic, Nord et Sud).

Il est à noter que la contribution des ouvertures souterraines historiques à l'ensemble des débits d'infiltration d'eau souterraine est significative. Elle représente en moyenne 58 % des débits pour les scénarios Réaliste et Réaliste avec effets des ouvertures historiques. Pour le scénario Prudent, elle est moindre (moyenne de 36 %), car ce scénario génère plus d'infiltrations dans le roc supérieur, et donc dans les fosses.

Tableau 4 : Débit d'infiltration d'eau souterraine (m^3/jour) – Scénario Réaliste

Période	Fosses	Recharge ouvertures souterraines historiques	Odyssey, zone East-Malartic	Odyssey, zones Nord et Sud	Total
8-11 ans (de 2019 à 2022)	1 700 – 2 400	4 800 – 5 200	600 – 1 200	700 – 800	7 800 – 9 600
11-16 ans (de 2022 à 2027)	1 700 – 1 800	4 900 – 5 300	1 000 – 1 200	850 – 1 100	8 450 – 9 400
16-22 ans (de 2027 à 2034)	500 – 600	3 250 – 4 500	1 100 – 1 950	700 – 850	5 550 – 7 900
Minimum du projet Odyssey (période)			1 300 (2019 à 2022)		
Maximum du projet Odyssey (période)			2 800 (2027 à 2034)		

Tableau 5 : Débit d'infiltration d'eau souterraine (m^3/jour) – Scénario Réaliste avec effet des ouvertures historiques

Période	Fosses	Recharge ouvertures souterraines historiques	Odyssey, zone East-Malartic	Odyssey, zones Nord et Sud	Total
8-11 ans (de 2019 à 2022)	1 100 – 1 350	5 200 – 5 600	650 – 1 150	850 – 1 200	7 800 – 9 300
11-16 ans (de 2022 à 2027)	1 150 – 1 600	5 500 – 6 000	2 300 – 2 900	850 – 1 100	9 800 – 11 600
16-22 ans (de 2027 à 2034)	350 – 400	4 000 – 5 300	2 000 – 3 100	700 – 850	7 050 – 9 650
Minimum du projet Odyssey (période)			1 500 (2019 à 2022)		
Maximum du projet Odyssey (période)			4 000 (2022 à 2027)		

Tableau 6 : Débit d'infiltration d'eau souterraine (m^3/jour) – Scénario Prudent

Période	Fosses	Recharge ouvertures souterraines historiques	Odyssey, zone East-Malartic	Odyssey, zones Nord et Sud	Total
8-11 ans (de 2019 à 2022)	5 900 – 7 100	4 800 – 5 000	950 – 1 750	2 100 – 2 300	13 750 – 16 150
11-16 ans (de 2022 à 2027)	6 000 – 6 700	5 600 – 5 950	1 450 – 1 800	1 550 – 1 950	14 600 – 16 400
16-22 ans (de 2027 à 2034)	2 500 – 3 750	3 300 – 5 000	1 500 – 2 500	1 200 – 1 600	8 500 – 12 850
Minimum du projet Odyssey (période)			2 700 (2027 à 2034)		
Maximum du projet Odyssey (période)			4 100 (2027 à 2034)		

4.2.2 Rabattements des niveaux des eaux souterraines

Les figures C à E (après le texte) illustrent les rabattements des niveaux des eaux souterraines simulés dans le roc à l'année 2027, qui correspond à la fin de l'exploitation des fosses de MCM. Les figures F à H présentent les rabattements obtenus à l'année 2034, soit à la fin de l'exploitation du projet Odyssey.

Les rabattements sont illustrés pour les trois scénarios modélisés, soit pour le scénario Réaliste (figures C et F), le scénario Réaliste avec effets des ouvertures historiques (figures D et G) et le scénario Prudent (figures E et H). En considérant les hypothèses utilisées et la précision du modèle, un rabattement est jugé significatif lorsqu'il excède trois mètres dans le roc. Ainsi, les figures C à H illustrent les rabattements de trois et de dix mètres dans le roc.

De façon générale, la comparaison des cônes de rabattement obtenus pour chacun des scénarios avec les résultats du modèle original (Golder, 2008) indique que les rabattements obtenus dans le cadre de cette étude sont moins étendus. Cette différence est principalement attribuable à la diminution de la conductivité hydraulique de la portion supérieure du roc réalisée pour améliorer la calibration du modèle sur les rabattements observés dans le cadre du programme de surveillance des eaux souterraines de MCM.

Les résultats de la modélisation indiquent que pour chacun des scénarios simulés, les rabattements n'atteindraient pas les puits d'approvisionnement de la ville de Malartic, lesquels sont aménagés dans un esker au nord-ouest de la ville. Les rabattements atteindraient cet esker et certains puits résidentiels situés au nord de la ville pour le scénario Prudent seulement (figure E). Pour le scénario Réaliste, incluant celui Réaliste avec effet des ouvertures historiques, les résultats de la modélisation montrent que les rabattements n'atteindraient pas cet esker ni les puits résidentiels (figures C, D et F, G).

5.0 GESTION PROPOSÉE DES EAUX D'EXHAURE DU PROJET ODYSSEY

MCM a mis en œuvre une gestion des eaux d'exhaure pour son exploitation des fosses. Ces eaux sont actuellement pompées vers le bassin Sud-est ou le bassin de polissage de la mine, selon leur qualité et les besoins en eau pour l'opération de l'usine de traitement du minerai. Il est prévu de maintenir cette même gestion des eaux pour la durée du projet Odyssey. Une autre alternative serait que les eaux d'exhaure d'Odyssey transitent par le bassin de pompage Nord-est, avant d'être pompées vers le bassin Sud-est ou le bassin de polissage, car le bassin de pompage Nord-est a des capacités d'emmagasinement (46 900 m³) et de pompage (69 120 m³/jour) largement suffisantes pour la gestion de ces eaux.

Les détails de conception du bassin de pompage Nord-est ont été présentés dans le cadre du projet pour l'Extension de MCM. L'objectif de ce bassin est de collecter les eaux de ruissellement de l'extension vers l'est de la halde à stériles. Après août 2019, de nouveaux fossés draineront l'eau de ruissellement de l'extension à l'est de la halde à stériles vers la fosse Jeffrey, après son remblayage. Par la suite, il est prévu que le bassin de pompage Nord-est reste en activité comme bassin collecteur des eaux associées au développement du projet Odyssey seulement. Ce bassin servira principalement à l'emmagasinement des eaux de surface du projet, notamment celles de la crue de récurrence 1:100 ans pour laquelle un volume d'emmagasinement de 6 400 m³ est requis, ce qui correspond à moins de 15 % de la capacité du bassin.

Les résultats du modèle hydrogéologique ont été utilisés pour estimer l'impact de l'ajout des eaux d'exhaure du projet Odyssey sur le débit de l'effluent final de MCM. Pour cette évaluation, la période d'intérêt a été identifiée

comme étant celle où le débit d'exhaure total de MCM et du projet Odyssey était à sa valeur maximale. Selon le scénario Réaliste du modèle, le débit d'exhaure total maximum (9 600 m³/jour) est atteint durant la période 2019 à 2022 (tableau 4). Durant cette période, la contribution d'Odyssey aux eaux d'exhaure représente entre 1 300 et 2 000 m³/jour. Le bilan d'eau de MCM pour l'année 2018 (figure I) indique un rejet à l'effluent final de 9,3 millions de m³, soit 25 500 m³/jour. En fonction de la gestion des eaux de MCM, si on suppose que le débit d'eau d'exhaure généré par le projet Odyssey est intégralement dirigé vers l'effluent final, ce qui est une hypothèse prudente, le débit de l'effluent final pourrait augmenter au maximum de 2 000 m³/jour, soit une augmentation d'environ 8 % sur la base du bilan d'eau de 2018.

6.0 IMPACTS POTENTIELS DES INFRASTRUCTURES DE MCM SUR LA QUALITÉ DES EAUX D'EXHAURE DU PROJET ODYSSEY

Une évaluation des impacts potentiels des infrastructures de MCM sur la qualité des eaux d'exhaure du projet Odyssey, notamment du parc à résidus de l'Extension situé en amont hydraulique du projet, a été réalisée. Sur la base des informations et modélisations hydrogéologiques dans le secteur de l'Extension les observations suivantes sont notables :

- La perméabilité du roc de surface est plus élevée que le roc en profondeur et favorise la migration des contaminants dans cet horizon de surface. Comme l'exploitation d'Odyssey se fera dans le roc profond, le temps de migration d'un panache de contamination vers les ouvertures souterraines d'Odyssey, qui se situent de 0,5 à 1 km en aval hydraulique du parc à résidus de l'Extension, serait significativement plus long que pour le roc de surface.
- Bien que le puits d'accès et les rampes recoupent l'horizon de roc plus perméable en surface, le temps de migration d'une contamination entre le parc à résidus de l'Extension et ces infrastructures plus superficielles serait de plusieurs dizaines d'années. En effet, selon les prédictions du modèle hydrogéologique réalisé pour le projet de l'Extension, il faudra environ 250 ans avant que des concentrations en cyanures ne soient détectées dans le roc de surface à 1 km en aval du parc à résidus.
- Le rabattement des niveaux d'eau souterraine généré par le dénoyage d'Odyssey est considéré comme négligeable vers l'amont du projet. Ainsi, le dénoyage des ouvertures souterraines d'Odyssey devrait peu augmenter la vitesse des eaux souterraines entre le parc à résidus de l'Extension et Odyssey. Cette hypothèse est basée sur les observations du dénoyage de la fosse Canadian Malartic qui n'indiquent pas de rabattement significatif vers le sud de la fosse, après plus de sept ans d'exploitation.

Ainsi, en considérant la durée actuelle d'exploitation du projet Odyssey (moins de 15 ans), aucune contamination en provenance du parc à résidus de l'Extension affectant la qualité des eaux d'exhaure d'Odyssey n'est anticipée.

7.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Les travaux de modélisation numérique visaient notamment à évaluer les débits d'exhaure ainsi que les impacts potentiels des activités de dénoyage de MCM, y compris le projet Odyssey, sur les niveaux des eaux souterraines. Une mise à jour du modèle hydrogéologique a été réalisée pour inclure le projet Odyssey et le dénoyage des ouvertures historiques jusqu'à 900 m de profondeur. Un scénario de calibration plus réaliste a

également été intégré au modèle afin de mieux prédire l'étendue de la zone de rabattement de la nappe d'eau souterraine.

Les conclusions portant spécifiquement sur les résultats des simulations numériques prédictives à la suite de la mise à jour du modèle numérique sont les suivantes :

- Pour le scénario Réaliste, le débit d'infiltration provenant des ouvertures minières historiques serait entre 3 250 et 5 300 m^3/jour, alors que le débit provenant du projet Odyssey serait entre 1 300 et 2 800 m^3/jour. Le débit maximum d'infiltration d'eau souterraine dans le projet Odyssey serait atteint lors de la période 2027 à 2034, à la suite du dénoyage des ouvertures souterraines, jusqu'à 900 m de profondeur. Pour le scénario Prudent, le débit provenant du projet Odyssey serait entre 2 700 et 4 100 m^3/jour;
- Les résultats de la modélisation indiquent que pour chacun des scénarios simulés, les rabattements n'atteindraient pas les puits d'approvisionnement de la ville de Malartic aménagés dans un esker au nord-ouest de la ville. Toutefois, comme pour les versions précédentes du modèle numérique, les rabattements atteindraient cet esker et certains puits résidentiels situés au nord, selon les prédictions du scénario Prudent. Pour le scénario Réaliste, les résultats de la modélisation montrent que les rabattements significatifs n'atteindraient pas cet esker ni les puits résidentiels.

Les recommandations à la suite de la mise à jour du modèle numérique et de la réalisation des simulations prédictives sont les suivantes :

- Le plan de contingence relatif à l'approvisionnement en eau de la ville de Malartic devrait être maintenu. À ce titre, l'implantation d'un nouveau puits d'approvisionnement en eau pour la ville de Malartic a été réalisée en 2010. Ce nouveau puits a été aménagé dans le même esker que les puits d'approvisionnement existants, mais à une plus grande distance de MCM;
- Certains puits domestiques (le long du chemin des Merles et le long de la Route 117 au nord de la ville de Malartic) pourraient voir leur débit de production affecté à la baisse par le dénoyage de MCM. La contingence prévue à cet effet devrait être maintenue, notamment pour l'implantation de puits domestiques plus profonds.

En considérant que les prédictions du modèle présentent une estimation prudente du rabattement des eaux souterraines, il est recommandé de poursuivre le suivi en continu des niveaux d'eau souterraine, tel que réalisé par MCM depuis 2008, afin de valider ces prédictions et de prévenir une perte d'usage de la ressource en eau, le cas échéant.

Par ailleurs, la gestion proposée des eaux d'exhaure du projet Odyssey prévoit le pompage de ces eaux vers le bassin Sud-est ou le bassin de polissage de MCM, selon leur qualité et les besoins pour l'usine de traitement du minerai. En fonction de la gestion des eaux qui sera réalisée par MCM, les eaux d'exhaure du projet Odyssey pourraient augmenter le débit maximum de l'effluent final d'au plus 2 000 m^3/jour, soit environ 8 % sur la base du bilan d'eau de 2018. De plus, aucune contamination en provenance du parc à résidus de l'Extension affectant la qualité des eaux d'exhaure d'Odyssey n'est anticipée.

8.0 LIMITATIONS

Les conditions générales ainsi que les limitations de la présente étude sont jointes à l'annexe 2.

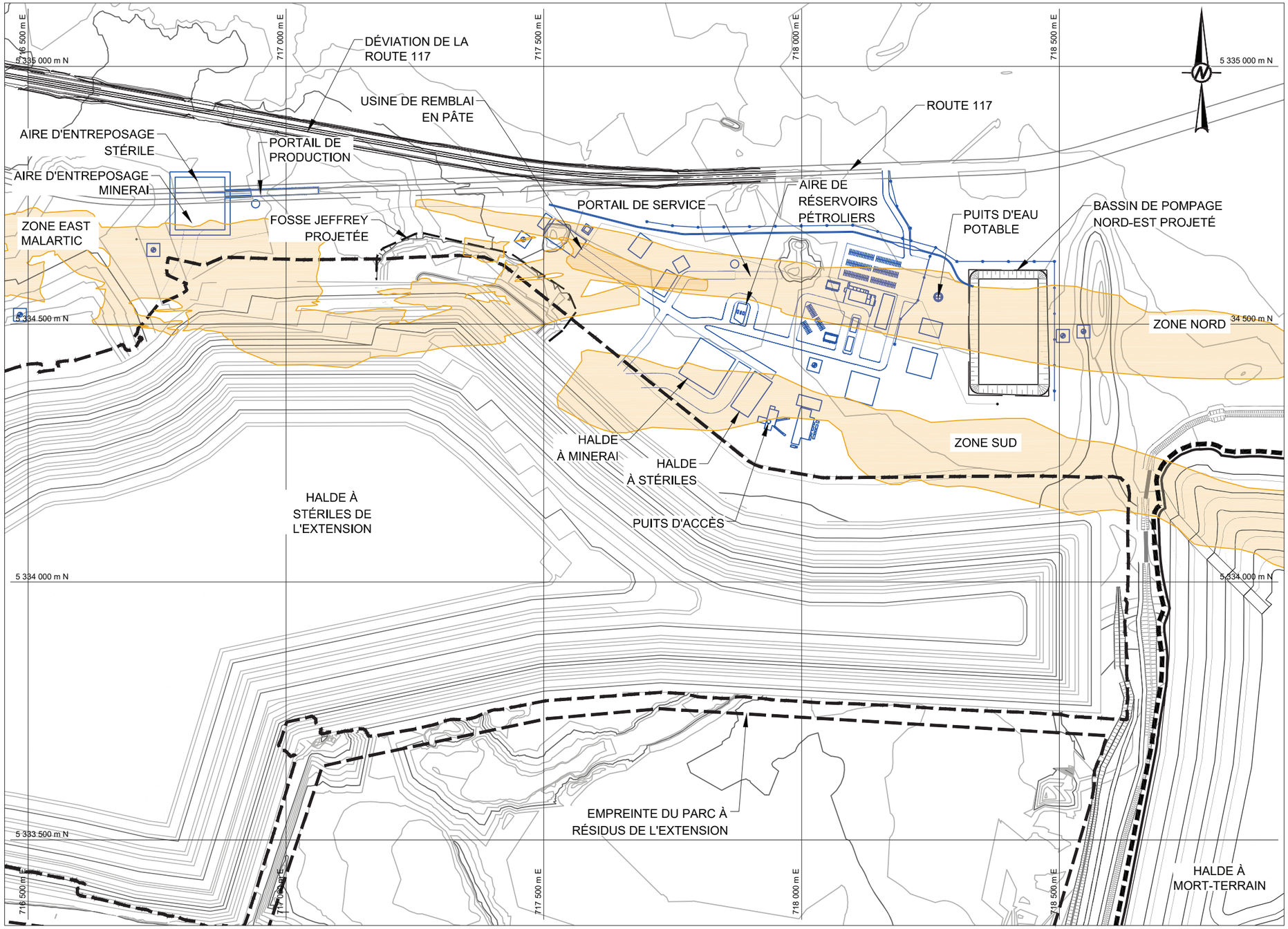
GOLDER ASSOCIÉS LTÉE

Marianne Nguyen, ing. jr
Chargée de projet

Pierre Groleau
Associé principal

MN/PG/cd

P. J. : Figures A à I
Annexe 1 – Rapports présentant les résultats du modèle original et de celui de l'Extension
Annexe 2 – Conditions générales et limitations



LÉGENDE

- COURBES TOPOGRAPHIQUES
- EMPREINTE DES INFRASTRUCTURES PROJETÉES DE L'EXTENSION DE LA MINE CANADIAN MALARTIC
- GISEMENT ODYSSEY (ZONES EAST MALARTIC, NORD ET SUD)
- INFRASTRUCTURES DE SURFACE PROJETÉES DU PROJET ODYSSEY

NOTE

- SYSTÈME DE COORDONNÉES: UTM, NAD 83, ZONE 17

RÉFÉRENCES

- L'EMPREINTE DE LA FOSSE JEFFREY PROVIENT DE MCM (AVRIL 2017).
- LES EMPREINTES DES HALDES DE L'EXTENSION PROVIENNENT DE MCM (JUILLET 2017).
- LES INFRASTRUCTURES DU PROJET ODYSSEY PROVIENNENT DU DESSIN "PlanInfrastruct_MCM.dwg" FOURNI PAR MCM (19 JUIN 2019)
- MINÉRALISATION, JANVIER 2019

0 200 400
1:8 000 MÈTRES

CLIENT
MINE CANADIAN MALARTIC - QUÉBEC

CONSULTANT
GOLDER

AAAA-MM-JJ	2019-07-05
DESSINÉ	A. Annoual
PROJETÉ	M. Nguyen
RÉVISÉ	M. Nguyen
APPROUVÉ	P. Groleau

PROJET
ÉVALUATION DES DÉBITS D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES DU PROJET ODYSSEY

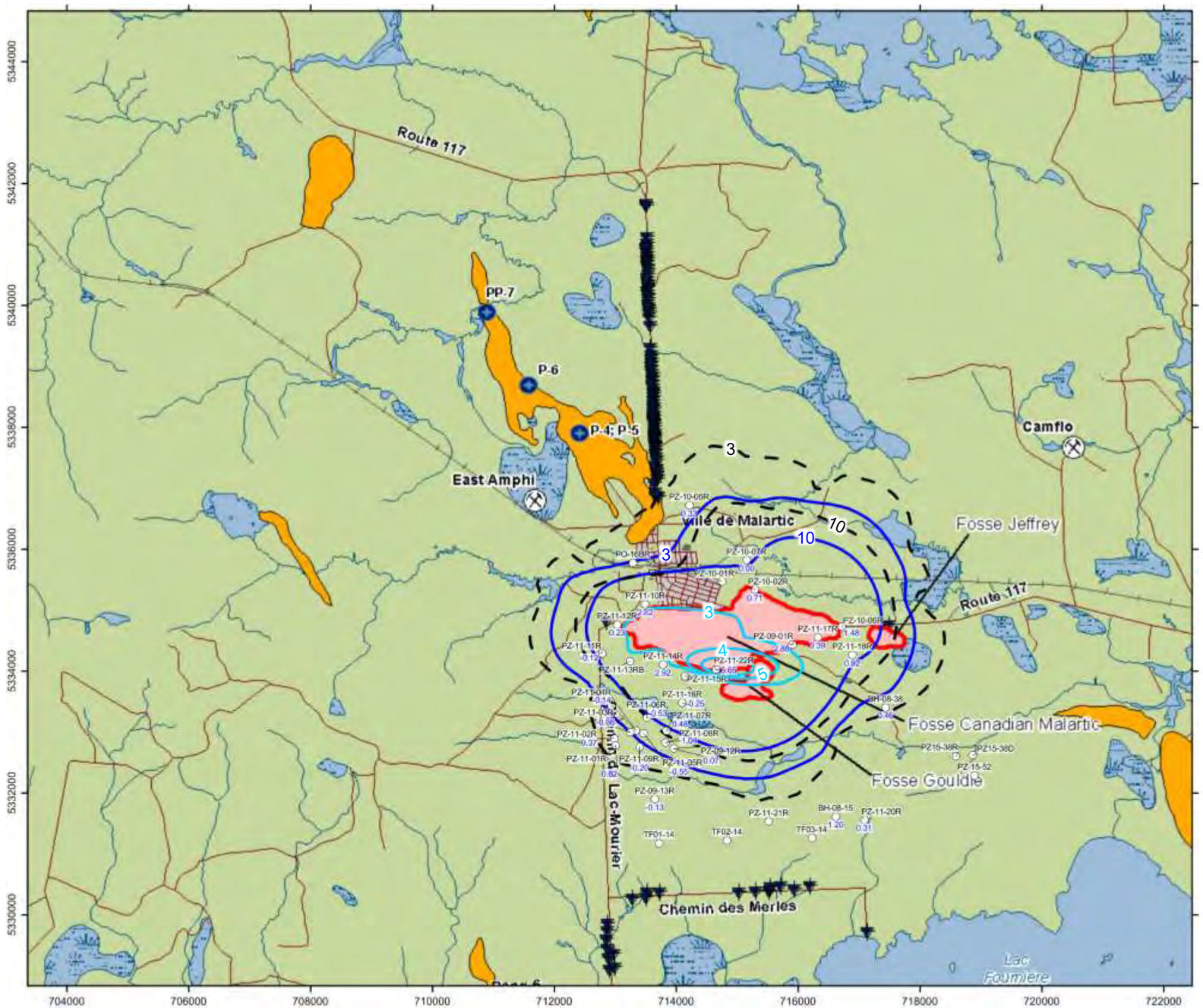
TITRE
VUE D'ENSEMBLE DES PRINCIPALES INFRASTRUCTURES DE SURFACE DU PROJET ODYSSEY

N° PROJET	PHASE	RÉV.	FIGURE
1776338	30130	4	A

SI LA MESURE NE CORRESPOND PAS À L'ÉCHELLE, LA TAILLE DE LA FEUILLE A ÉTÉ MODIFIÉE: ANSI B

0 25 mm

Chemin: C:\Autodesk\Temp-Dwg\A-Pub\ah_16436\ | Nom du fichier: 1776338-30130-02.dwg | Dernière édition par: aannoual Date: 2019-07-08 Heure:12:18:00 | Imprimé par: AAnnoual Date: 2019-07-08 Heure:2:11:22



LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic
- Puits domestique (Genivar, 2008)
- Routes
- Voie ferrée
- Milieu humide
- Hydrographie
- Eskers
- Fosses modélisées
- Rabattement simulé pour fin 2018, version pécédente du modèle
- Rabattement simulé pour fin 2018, modèle mis à jour
- Courbe inférée de rabattement observé (m) depuis le début de l'exploitation de la Mine (entre 2011 et l'automne 2018)
- Puits d'observation

CLIENT
MINE CANADIAN MALARTIC

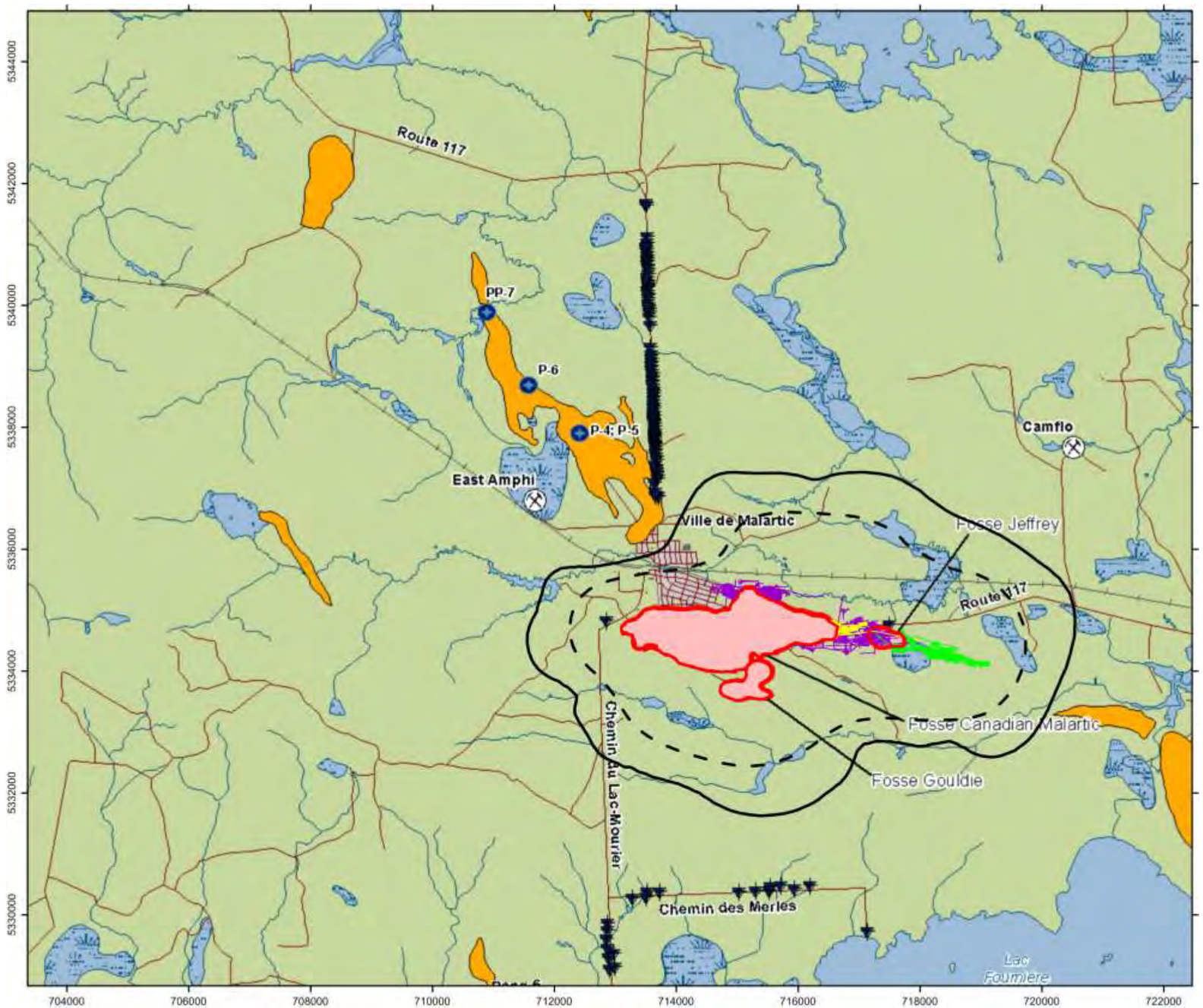
CONSULTANT
GOLDER

YYYY-MM-DD	2019-02-16
PREPARED	NB
DESIGN	NB
REVIEW	MM
APPROVED	PG

PROJECT
MODÈLISATION HYDROGÉOLOGIQUE POUR LE PROJET ODYSSEY

TITLE
Calibration du modèle – Comparaison des rabattements simulés et observés fin 2018

PROJECT No. 1776338 | Rev. 4 | FIGURE B



LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic
- Puits domestique (Genivar, 2008)
- Routes
- Voie ferrée
- Milieu humide
- Hydrographie
- Eskers
- Fosses modélisées
- Ouvertures Souterraines Historiques
- Odyssey East-Malartic
- Odyssey Nord et Sud
- Rabattement (3m) simulé pour fin 2027
- Rabattement (10m) simulé pour fin 2027

CLIENT
MINE CANADIAN MALARTIC

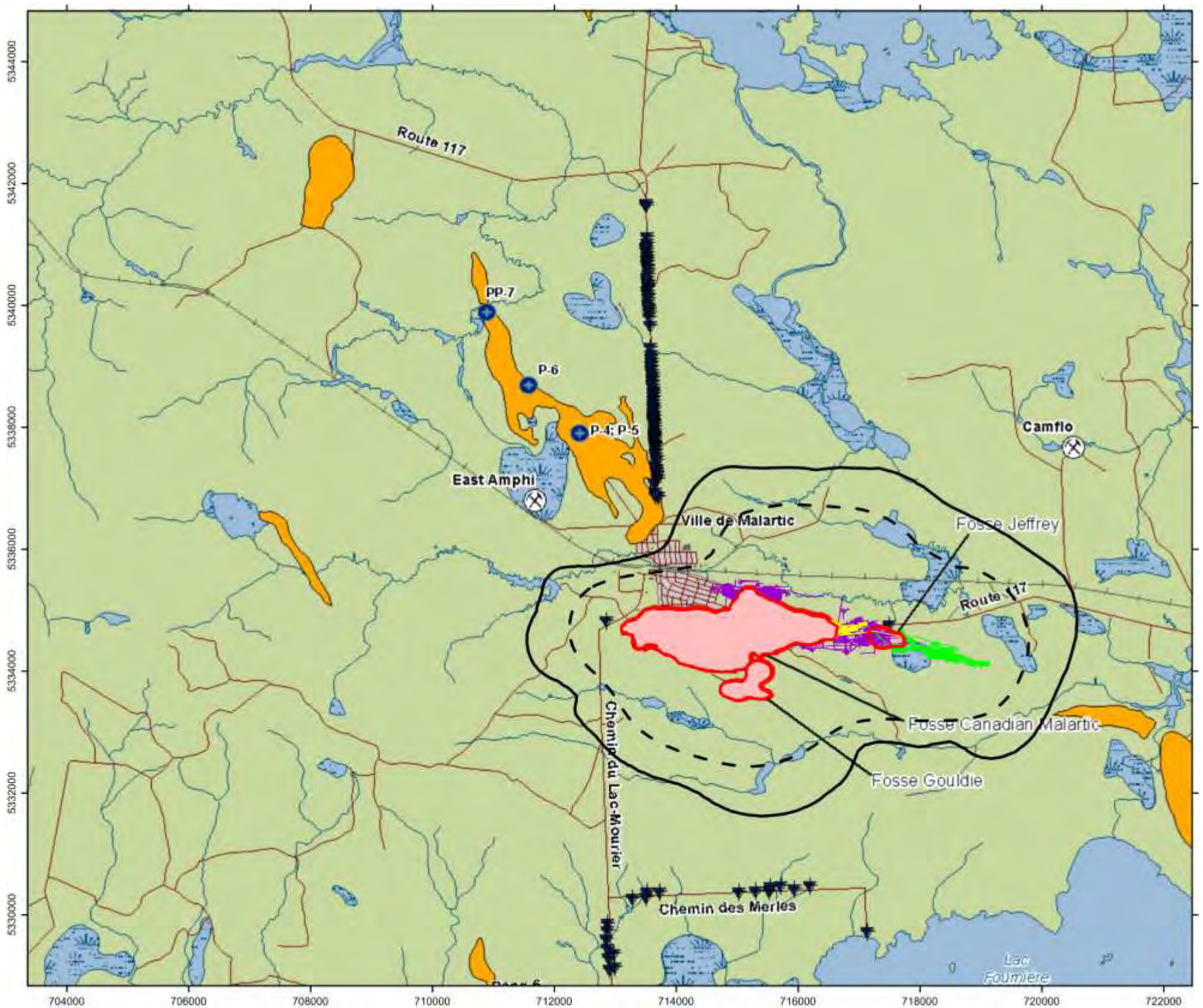
PROJECT
MODÈLISATION HYDROGÉOLOGIQUE POUR LE PROJET ODYSSEY

CONSULTANT
GOLDER

YYYY-MM-DD	2019-02-16
PREPARED	NB
DESIGN	NB
REVIEW	MM
APPROVED	PG

TITLE
Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans le roc supérieur à l'année 16 (2027 – fin de l'exploitation des fosses de MCM) – Scénario Réaliste

PROJECT No.	Rev.	FIGURE
1776338	4	C



LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic
- Puits domestique (Genivar, 2008)
- Routes
- Voie ferrée
- Milieu humide
- Hydrographie
- Eskers
- Fosses modélisées
- Ouvertures Souterraines Historiques
- Odyssey East-Malartic
- Odyssey Nord et Sud
- Rabattement (3m) simulé pour fin 2027
- Rabattement (10m) simulé pour fin 2027

CLIENT
MINE CANADIAN MALARTIC

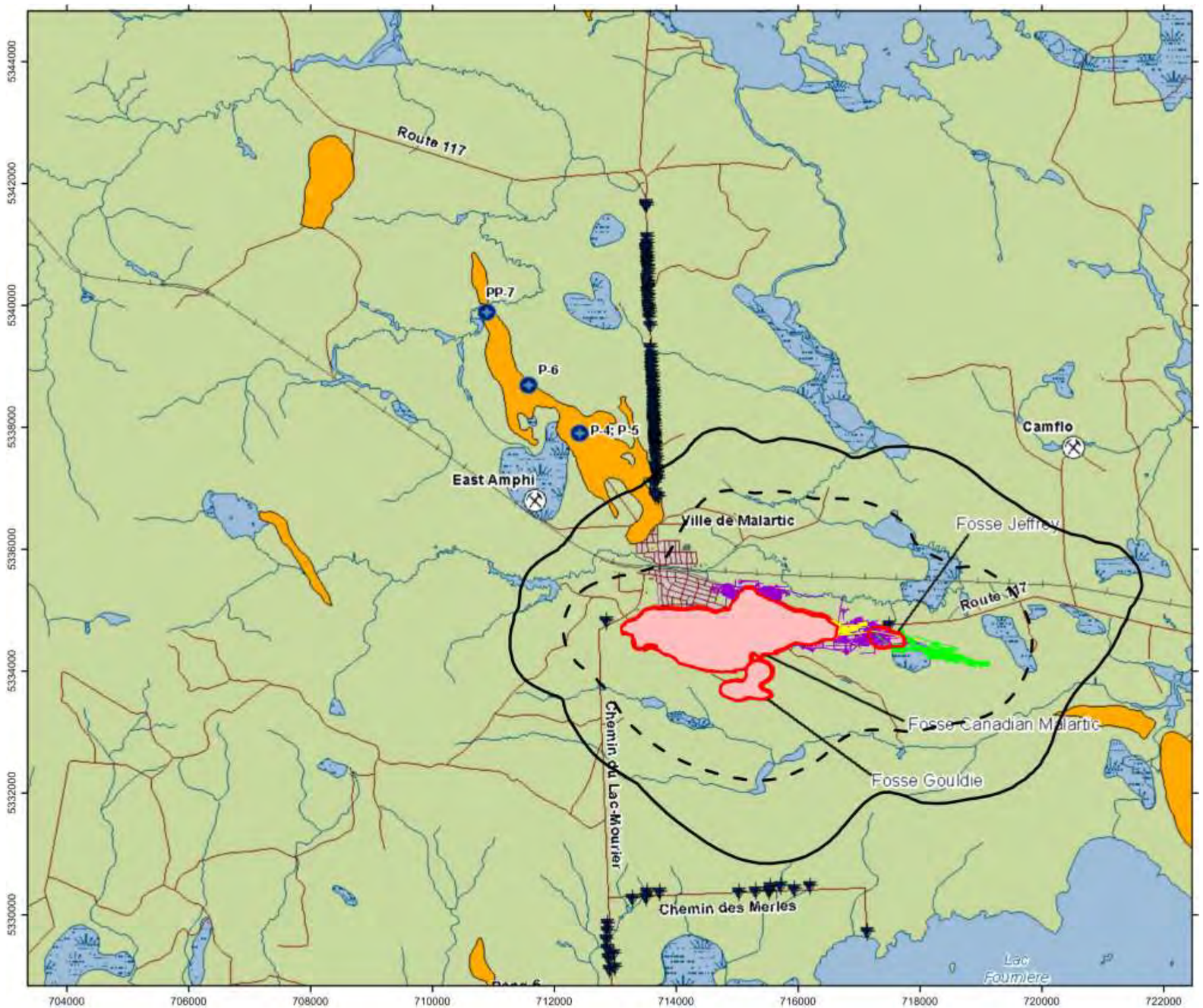
PROJECT
MODÈLISATION HYDROGÉOLOGIQUE POUR LE PROJET ODYSSEY

CONSULTANT
GOLDER

YYYY-MM-DD	2019-02-16
PREPARED	NB
DESIGN	NB
REVIEW	MM
APPROVED	PG

TITLE
Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans le roc supérieur à l'année 16 (2027 – fin de l'exploitation des fosses de MCM) – Scénario Réaliste avec effet des ouvertures historiques

PROJECT No.	Rev.	FIGURE
1776338	4	D



LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic
- Puits domestique (Genivar, 2008)
- Routes
- Voie ferrée
- Milieu humide
- Hydrographie
- Eskers
- Fosses modélisées
- Ouvertures Souterraines Historiques
- Odyssey East-Malartic
- Odyssey Nord et Sud
- Rabattement (3m) simulé pour fin 2027
- Rabattement (10m) simulé pour fin 2027

CLIENT
MINE CANADIAN MALARTIC

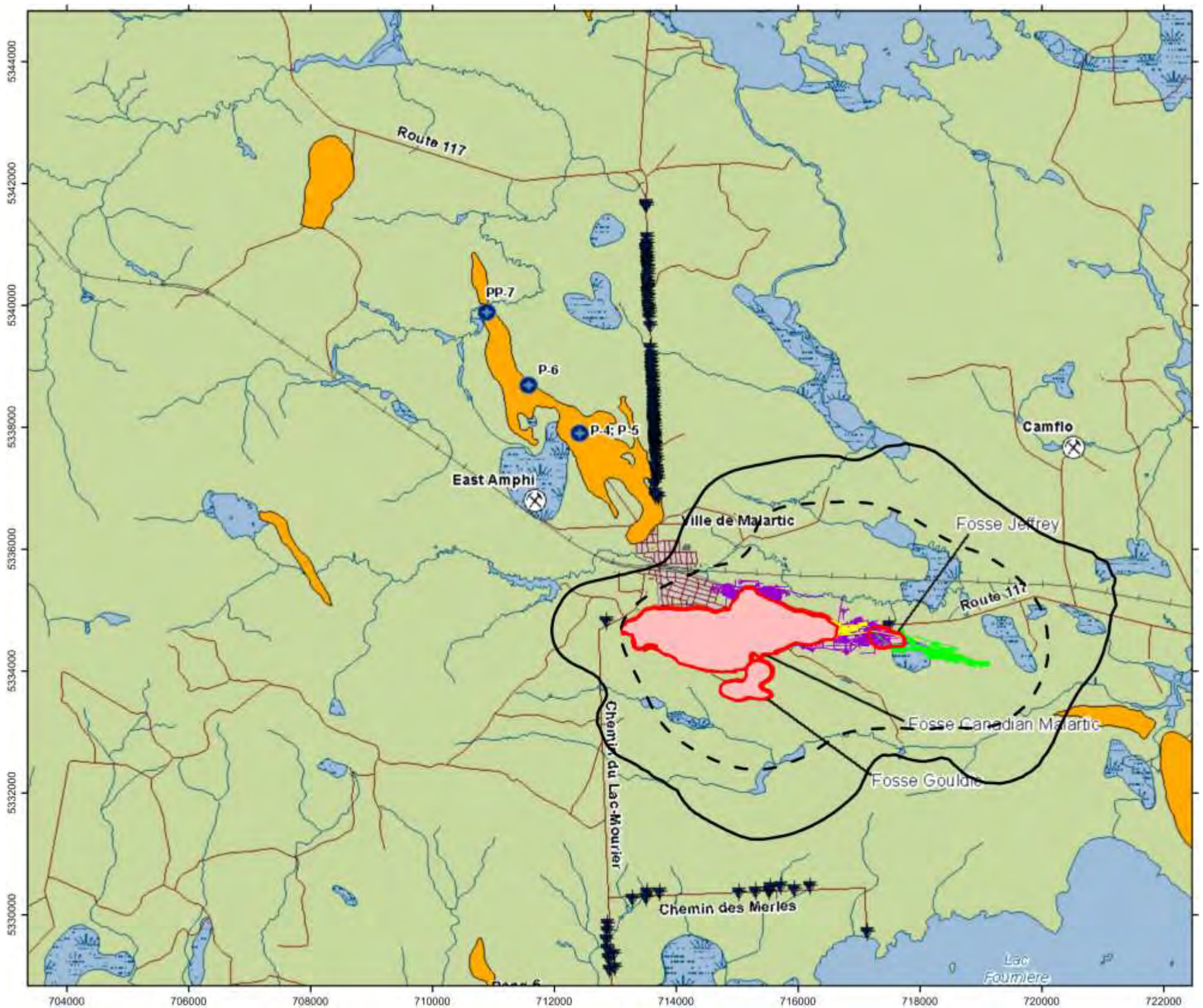
PROJECT
MODÈLISATION HYDROGÉOLOGIQUE POUR LE PROJET ODYSSEY

CONSULTANT
GOLDER

YYYY-MM-DD	2019-02-16
PREPARED	NB
DESIGN	NB
REVIEW	MM
APPROVED	PG

TITLE
Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans le roc supérieur à l'année 16 (2027 – fin de l'exploitation des fosses de MCM) – Scénario Prudent

PROJECT No. 1776338 | Rev. 4 | FIGURE E



LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic
- Puits domestique (Genivar, 2008)
- Routes
- Voie ferrée
- Milieu humide
- Hydrographie
- Eskers
- Fosses modélisées
- Ouvertures Souterraines Historiques
- Odyssey East-Malartic
- Odyssey Nord et Sud
- Rabattement (3m) simulé pour fin 2034
- Rabattement (10m) simulé pour fin 2034

CLIENT
MINE CANADIAN MALARTIC

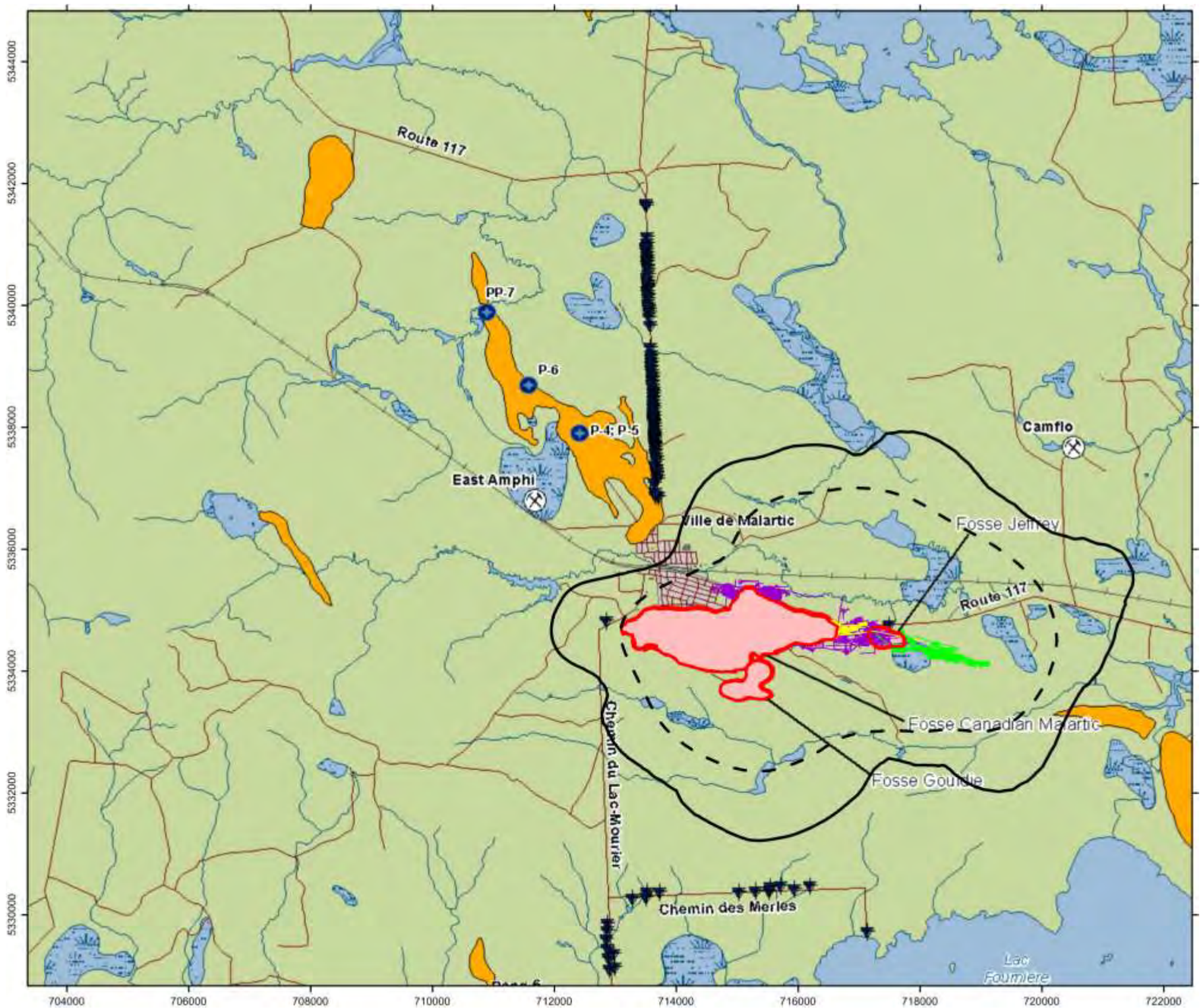
PROJECT
MODÈLISATION HYDROGÉOLOGIQUE POUR LE PROJET ODYSSEY

CONSULTANT
GOLDER

YYYY-MM-DD	2019-02-16
PREPARED	NB
DESIGN	NB
REVIEW	MM
APPROVED	PG

TITLE
Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans le roc supérieur à l'année 22 (2034) – Scénario Réaliste

PROJECT No.	Rev.	FIGURE
1776338	4	F



LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic
- Puits domestique (Genivar, 2008)
- Routes
- Voie ferrée
- Milieu humide
- Hydrographie
- Eskers
- Fosses modélisées
- Ouvertures Souterraines Historiques
- Odyssey East-Malartic
- Odyssey Nord et Sud
- Rabattement (3m) simulé pour fin 2034
- Rabattement (10m) simulé pour fin 2034

CLIENT
MINE CANADIAN MALARTIC

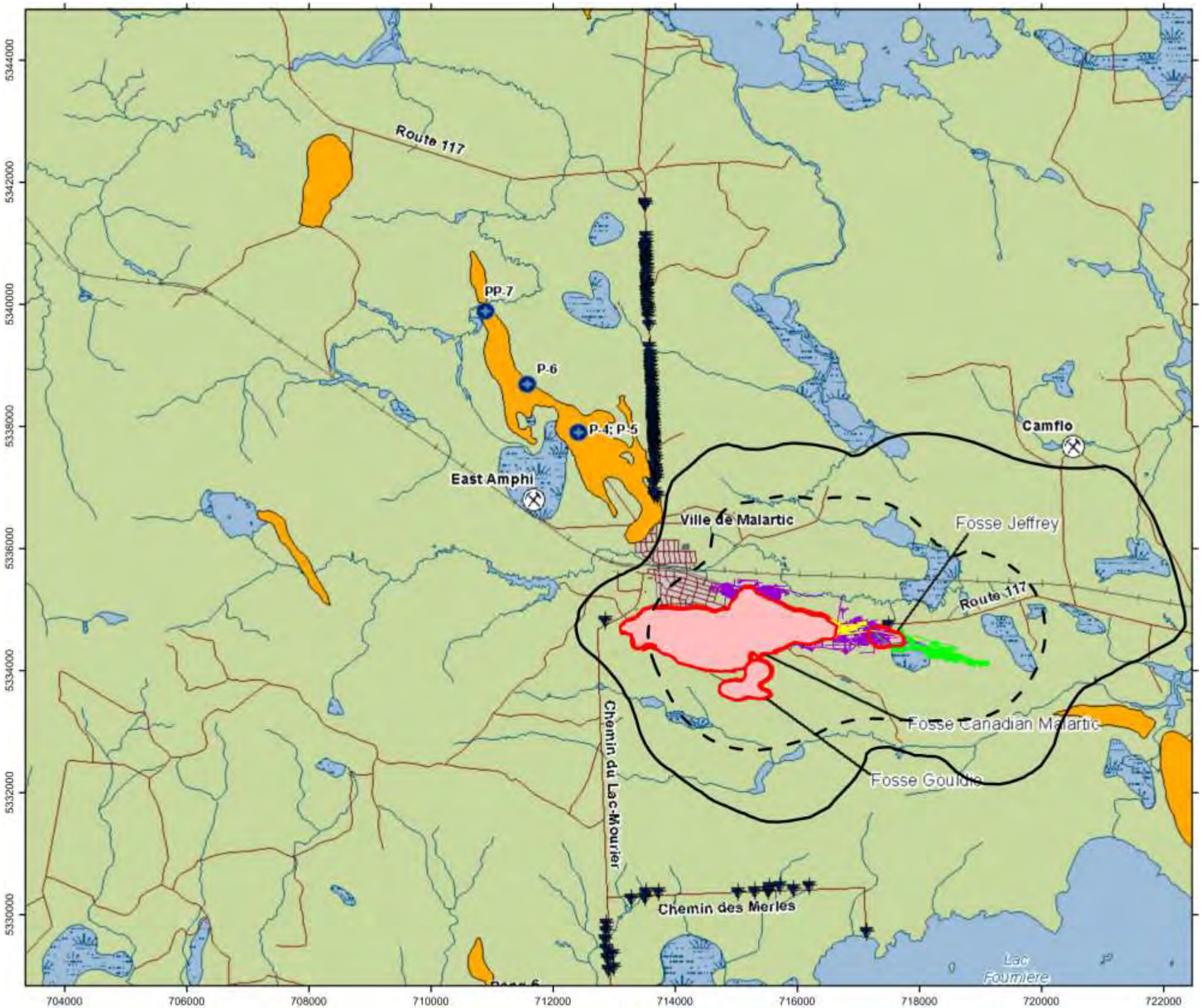
PROJECT
MODÈLISATION HYDROGÉOLOGIQUE POUR LE PROJET ODYSSEY

CONSULTANT
GOLDER

YYYY-MM-DD	2019-02-16
PREPARED	NB
DESIGN	NB
REVIEW	MM
APPROVED	PG

TITLE
Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans le roc supérieur à l'année 22 (2034) – Scénario Réaliste avec effet des ouvertures historiques

PROJECT No.	Rev.	FIGURE
1776338	4	G



LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits de pompage de la ville de Malartic
- Puits domestique (Genivar, 2008)
- Routes
- Voie ferrée
- Milieu humide
- Hydrographie
- Eskers
- Fosses modélisées
- Ouvertures Souterraines Historiques
- Odyssey East-Malartic
- Odyssey Nord et Sud
- Rabattement (3m) simulé pour fin 2034
- Rabattement (10m) simulé pour fin 2034

CLIENT
MINE CANADIAN MALARTIC

CONSULTANT
GOLDER

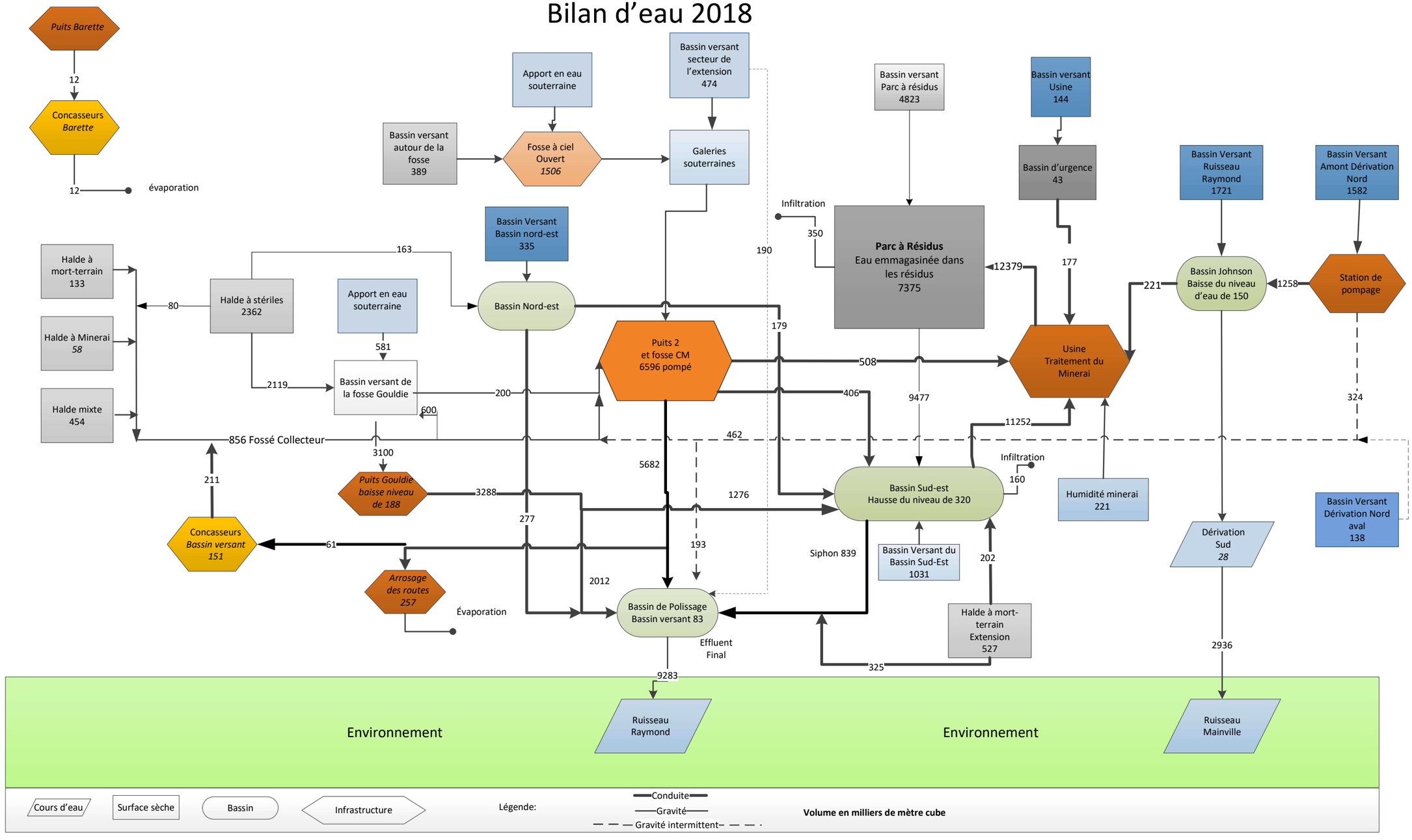
YYYY-MM-DD	2019-02-16
PREPARED	NB
DESIGN	NB
REVIEW	MM
APPROVED	PG

PROJECT
MODÈLISATION HYDROGÉOLOGIQUE POUR LE PROJET ODYSSEY

TITLE
Étendue du rabattement potentiel du niveau des eaux souterraines simulé dans le roc supérieur à l'année 22 (2034) – Scénario Prudent

PROJECT No.	Rev.	FIGURE
1776338	4	H

Mine Canadian Malartic
Bilan d'eau 2018



ANNEXE 1

Rapports présentant les résultats du modèle original et de celui de l'Extension

Golder Associés Ltée

9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal, QC, Canada H4N 2T2
Téléphone: (514) 383-0990
Télécopieur: (514) 383-5332

ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES, OSISKO EXPLORATION MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

CONFIDENTIEL

Rapport présenté à:

OSISKO Exploration Ltée
2140, rue Saint-Mathieu
Montréal, Québec
H3H 2J4

DISTRIBUTION:

3 exemplaires : Osisko Exploration Inc., Montréal, Québec
2 exemplaires : Golder Associés Ltée, Montréal, Québec

Juillet 2008 07-1221-0028-2400

Golder Associés Ltée

9200, boul. de l'Acadie, bureau 10
Montréal, QC, Canada H4N 2T2
Téléphone: (514) 383-0990
Télécopieur: (514) 383-5332

Le 21 juillet 2008 07-1221-0028-2400

Osisko Exploration Inc.
2140, rue Saint-Mathieu
Montréal, Québec
H3H 2J4

À l'attention de Monsieur Luc Lessard, ing., Vice-Président Ingénierie et Construction

OBJET: ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES, OSISKO EXPLORATION MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

Monsieur Lessard,

Vous trouverez ci-joint notre rapport concernant l'évaluation des débits d'exhaure et des impacts potentiels sur les niveaux des eaux souterraines du projet d'exploitation d'une mine d'or à ciel ouvert à Malartic.

Espérant le tout conforme à vos attentes, nous vous prions d'agréer, Monsieur Lessard, nos meilleures salutations.

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE

Normand D'Anjou, ing., M.Sc.
Associé principal
MNR/MG/AB/ND/jm

N:\ACTIF\2007\1221\07-1221-0028 OSISKO EST-MALARTIC\PHASE 2000 GÉOMÉCANIQUE ET HYDROGÉOLOGIE\2400 HYDROGÉOLOGIE\SECRÉTARIAT\RAPPORT ÉTUDE HYDROGÉOLOGIQUE 2400\FINAL\SECRÉTARIAT\RFF 07-1221-0028.DOC

TABLE DES MATIÈRES

SECTION PAGE

1.0 INTRODUCTION....1
1.1 Mise en situation....1
1.1.1 Le projet Osisko....1
1.1.2 Localisation du projet Osisko....1
1.1.3 Problématique....2
1.2 Mandat et objectifs de l'étude....3
2.0 MÉTHODOLOGIE....4
2.1 Revue des données existantes....4
2.2 Travaux de terrain....6
2.2.1 Essais hydrauliques en forages....6
2.2.2 Suivi piézométrique....10
2.2.3 Localisation et nivellement....11
2.2.4 Essais hydrauliques sur les résidus miniers....11
2.2.5 Échantillonnage et analyse de l'eau souterraine....11
2.3 Évaluation de la recharge....12
2.4 Modélisation numérique....14
3.0 DESCRIPTION DE LA RÉGION À L'ÉTUDE....18
3.1 Physiographie et hydrographie....18
3.2 Utilisation de l'eau souterraine....19
3.3 Géologie des dépôts meubles....20
3.4 Géologie du roc....21
3.5 Topographie du roc et épaisseur des dépôts meubles....22
4.0 HYDROGÉOLOGIE ET RÉSULTATS DES TRAVAUX DE TERRAIN....23
4.1 Écoulement de l'eau souterraine....23
4.1.1 Conditions d'écoulement de l'eau souterraine à l'échelle régionale....23
4.1.2 Conditions d'écoulement de l'eau souterraine dans les anciennes mines....26
4.2 Évaluation de la recharge....28
4.3 Suivi piézométrique....28

TABLE DES MATIÈRES (SUITE)

SECTION PAGE

4.4 Hydrostratigraphie et paramètres hydrauliques 30
4.4.1 Dépôts glaciolacustres 30
4.4.2 Esker 31
4.4.3 Till 31
4.4.4 Résidus miniers 31
4.4.5 Roc – Résultats des essais hydrauliques en forage 33
4.4.6 Coupes hydrostratigraphiques 34
4.5 Qualité de l'eau souterraine 35
5.0 MODÉLISATION NUMÉRIQUE 37
5.1 Description du modèle 37
5.1.1 Définition des conditions limites 38
5.1.2 Construction du maillage et assignation des paramètres hydrauliques 40
5.2 Calibration 44
5.2.1 Régime permanent (conditions statiques) 44
5.2.2 Régime transitoire – pompage au puits de la mine Est-Malartic (2006-2007) 46
5.2.3 Régime permanent –débit d'exhaure des mines souterraines (1979) 47
5.3 Simulations prédictives 48
5.3.1 Description des scénarios de simulation 49
5.3.2 Résultats des simulations prédictives 52
6.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS 54
7.0 LIMITATIONS 58
RÉFÉRENCES 62

TABLE DES MATIÈRES (SUITE)

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Liste des données existantes utilisées 5

Tableau 2 Sommaire des forages utilisés pour les essais packer. 7

Tableau 3 Source des données utilisées pour le calcul du bilan hydrologique 12

Tableau 4 Classes d'utilisation et types de sol utilisés pour le calcul du bilan hydrologique 14

Tableau 5 Localisation des points de mesure et données piézométriques obtenues en mars et en mai 2008 25

Tableau 6 Évaluation du volume d'eau dans les ouvertures minières à partir des tonnages minés..... 27

Tableau 7 Sommaire des différentes propriétés hydrauliques compilées et mesurées sur le terrain..... 32

Tableau 8 Résultats analytiques pour les échantillons prélevés au puits de la mine Est Malartic 36

Tableau 9 Sommaire des propriétés hydrauliques des unités hydrostratigraphiques assignées pour la calibration du modèle numérique d'écoulement..... 42

Tableau 10 Comparaison entre les volumes minés et les volumes d'ouvertures assignés au modèle numérique..... 44

Tableau 11 Comparaison entre les charges hydrauliques simulées et les charges hydrauliques mesurées pour la calibration sur les données piézométriques actuelles 45

TABLE DES MATIÈRES (SUITE)

Tableau 12 Sommaire des propriétés hydrauliques des unités hydrostratigraphiques assignées pour la calibration du modèle numérique d'écoulement et description des scénarios de la modélisation prédictive 51

Tableau 13 Débits d'exhaures estimés selon les différents scénarios de simulations prédictives 52

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Plan de localisation du projet Osisko
Figure 2 Localisation des informations géologiques
Figure 3 Localisation des informations hydrogéologiques
Figure 4 Localisation des sondes à pression
Figure 5 Carte des dépôts meubles
Figure 6 Géologie du roc
Figure 7 Piézométrie de l'aquifère de roc (mars 2008)
Figure 8 Évolution du niveau de l'eau dans le puits de la mine Est Malartic d'avril 2006 à décembre 2007
Figure 9 Distribution des conductivités hydrauliques pour l'ensemble des essais packer
Figure 10 Histogramme des conductivités hydrauliques pour l'ensemble des essais packer
Figure 11 Histogramme des conductivités hydrauliques pour l'ensemble des essais packer par unité lithologique
Figure 12 Distribution des conductivités hydrauliques pour les essais packer des forages GT07-02 et GT07-05
Figure 13 Histogramme des conductivités hydrauliques pour les essais packer des forages GT07-02 et GT07-05
Figure 14 Coupe hydrostratigraphique A-A'
Figure 15 Coupe hydrostratigraphique B-B'
Figure 16 Conditions aux limites du modèle (calibration 1)

TABLE DES MATIÈRES (SUITE)

Figure 17 Distribution spatiale de l'infiltration dans le modèle hydrogéologique
Figure 18 Comparaison entre les niveaux d'eau simulés et observés (simulation 1)
Figure 19 Carte piézométrique dans l'aquifère de roc profond (calibration 1)
Figure 20 Graphique du rabattement simulé et observé au puits de la mine Est Malartic - 2006 - 2007
Figure 21 Graphique des valeurs de débits d'exhaure estimés selon les différents scénarios de simulations prédictive
Figure 22 Étendue du rabattement simulé dans les dépôts meubles après 10 ans – scénario A de pompage dans les chantiers
Figure 23 Étendue du rabattement simulé dans les dépôts meubles après 10 ans – scénario B de pompage dans les chantiers
Figure 24 Étendue du rabattement simulé dans le roc superficiel après 10 ans – scénario A de pompage dans les chantiers
Figure 25 Étendue du rabattement simulé dans le roc superficiel après 10 ans – scénario B de pompage dans les chantiers
Figure 26 Étendue du rabattement simulé dans les dépôts meubles après 15 ans – scénario A de pompage dans les chantiers
Figure 27 Étendue du rabattement simulé dans les dépôts meubles après 15 ans – scénario B de pompage dans les chantiers
Figure 28 Étendue du rabattement simulé dans le roc superficiel après 15 ans – scénario A de pompage dans les chantiers
Figure 29 Étendue du rabattement simulé dans le roc superficiel après 15 ans – scénario B de pompage dans les chantiers

LISTE DES ANNEXES

Annexe A Sommaire des essais hydrauliques en forage
Annexe B Données brutes de suivi des niveaux d'eau de mars à mai 2008
Annexe C Données et interprétation de l'essai de perméabilité
Annexe D Certificats d'analyses chimiques

TABLE DES MATIÈRES (SUITE)

Annexe E Comparaison entre les volumes des chantiers des modèles géologiques et hydrogéologiques 3D
Annexe F Conditions et limitations

1.0 INTRODUCTION

1.1 Mise en situation

1.1.1 Le projet Osisko

Osisko Exploration Ltée (Osisko) projette l'exploitation du gisement d'or Canadian Malartic situé au sud de la zone de la faille Cadillac et de la ville de Malartic et incluant une portion de la zone résidentielle de celle-ci. Le gisement est localisé au cœur de la ceinture aurifère abitibienne du Québec. La compagnie Osisko Exploration (Osisko) a acquis un intérêt de 100% dans la propriété minière Canadian Malartic en novembre 2004. Le gisement Canadian Malartic fait partie d'un vaste complexe minéralisé qui s'étend sur plus de 3 000 m et qui peut être défini comme un système porphyrique aurifère archéen dont la minéralisation est disséminée (Génivar, 2007).

Une exploitation à ciel ouvert est prévue puisque le gisement est situé en surface et que sa teneur minérale est relativement basse (1-2 g/t Au). L'estimation des ressources inférées à ce jour est de 8,4 M oz d'or. Une série de forages de définition sont présentement en cours et permettront de convertir le potentiel de ressources inférées à la catégorie supérieure de ressources indiquées/mesurées (Génivar, 2007).

1.1.2 Localisation du projet Osisko

Osisko est titulaire de baux miniers émis par le ministère des Ressources naturelles du Québec, qui lui accorde le droit d'accès et d'usage d'une propriété de 13 km environ selon l'extension est-ouest et de 4 km environ selon l'extension nord-sud. La propriété est entièrement située dans le Canton de Fournière, immédiatement au sud du Canton et de la ville de Malartic, environ 25km à l'ouest de la ville de Val-d'Or (figure 1). La propriété est de forme rectangulaire et est centrée selon les coordonnées géographiques 5 333 000 N et 713 000 E selon le système de projection UTM NAD 83 zone 17, et 48° 7'45'' N, -78° 7' E selon le système de projection Lat/long NAD 83.

1.1.3 Problématique

Entre 1935 et 2003, quatre mines souterraines ont été exploitées à diverses périodes dans le secteur localisé au nord et au sud de la route 117 à Malartic soit :

- la mine Canadian Malartic (exploitation de 1935 à 1965, Génivar 2007);
- la mine Sladen (exploitation de 1938 à 1970, Génivar 2007);
- la mine Barnat (exploitation de 1938 à 2003, Génivar 2007), et
- la mine Est Malartic (exploitation de 1938 à 1979, Génivar, 2007)

Ces mines sont actuellement ennoyées et le niveau d'eau dans les ouvrages souterrains est contrôlé par l'opération, du printemps à l'automne, de deux pompes submersibles installées dans deux puits de pompage aménagés dans le puits de la mine Est Malartic. La projection en plan de ces anciennes mines est présentée à la figure 2.

Osisko vise la réalisation d'un projet d'exploitation d'une mine à ciel ouvert dans le secteur des anciennes mines Canadian Malartic et Sladen afin d'extraire du minerai d'or jusqu'à une profondeur de 380 m sous la surface actuelle du terrain.

L'exploitation de la fosse à ciel ouvert nécessitera de miner en partie les anciens ouvrages souterrains, ce qui amène un questionnement quant au taux d'infiltration d'eau dans la mine à ciel ouvert et aux volumes d'eau générés par la mine souterraine au cours du développement, de l'opération et de la fermeture de la mine à ciel ouvert.

Aussi, le pompage nécessaire au dénoyage de la mine et à l'exploitation de la fosse projetée va engendrer un rabattement du niveau d'eau de la nappe d'eau souterraine, ce qui peut engendrer des impacts sur les utilisateurs actuels de l'eau souterraine.

Osisko a mandaté Golder Associés Ltée (Golder), en décembre 2007, afin de réaliser une revue des effets potentiels du projet Osisko sur les niveaux des eaux souterraines, d'évaluer le débit d'exhaure lors de l'opération de la mine à ciel ouvert ainsi que d'évaluer les débits disponibles par pompages des anciennes mines souterraines.

1.2 Mandat et objectifs de l'étude

Les objectifs spécifiques du projet sont les suivants :

- définir le milieu dans le secteur potentiellement affecté par les opérations de dénoyage du projet Osisko en regard des utilisateurs d'eau souterraine;
- évaluer l'utilisation actuelle des eaux souterraines;
- définir les propriétés hydrauliques des différentes unités hydrostratigraphiques (till, argile, sable, porphyre, graywacke) et les conditions d'écoulement de l'eau souterraine dans le roc;
- caractériser la qualité de l'eau souterraine dans le puits de pompage de la mine Est Malartic;
- évaluer le débit d'exhaure de la mine à ciel ouvert projetée et évaluer le débit d'exhaure supplémentaire pouvant être obtenu à partir des anciennes mines souterraines;
- évaluer l'ampleur du cône de rabattement régional dans l'aquifère du roc suite aux opérations de minage de la fosse à ciel ouvert et de dénoyage des anciennes mines souterraines;
- évaluer les variations du niveau de l'eau souterraine dans l'aquifère localisé dans les dépôts meubles suite aux opérations de dénoyage de la mine et de pompage dans les anciennes mines souterraines; et
- identifier les problèmes potentiels associés au projet tel que l'abaissement du puits de la ville de Malartic et/ou de puits domestiques, les tassements des sols fins et la stabilité des piliers de surface dans la zone de rabattement modélisée.

2.0 MÉTHODOLOGIE

L'approche préconisée pour répondre aux objectifs consiste principalement à quantifier les processus hydrogéologiques par modélisation numérique afin de préciser les débits d'exhaure et les effets du projet d'exploitation de la fosse à ciel ouvert à Malartic sur la ressource en eau souterraine. Le développement du modèle numérique d'écoulement, incluant les anciennes mines souterraines, permet l'évaluation quantitative des débits et permet d'évaluer certains impacts potentiels sur la ressource en eau.

Les sections suivantes présentent la méthodologie employée pour la réalisation du présent mandat.

2.1 Revue des données existantes

Une importante quantité de données concernant le site à l'étude est disponible. Une revue exhaustive des données existantes a été effectuée afin de définir en détail le secteur. Ces données comprennent, entre autres, de l'information concernant les utilisateurs d'eau souterraine, la géologie des dépôts superficiels et du roc, l'utilisation du sol, les paramètres hydrauliques des matériaux géologiques, les conditions hydrogéologiques et la gestion des eaux dans les mines souterraines.

Le tableau 1 présente les données existantes consultées dans le cadre du présent mandat. Les figures 2 et 3 présentent respectivement la localisation des données à caractères géologique et hydrogéologique utilisées pour réaliser le mandat.

Tableau 1
Liste des données existantes utilisées

Données recueillies	Source de l'information
Carte de la géologie du roc et des données structurales (failles)	Grant M., Sanfaçon R. et Trudel P. (1987) : Géologie de la mine de Canadian Malartic – district de Malartic. Ministère des ressources naturelles, série des manuscrits bruts M.B. 87-41, 73 pages. Grant M., Fallara F., Rose P.S., et Sanfaçon R. (2003) : Carte géologique 32D01. Ministère des ressources naturelles et de la faune.
Carte des dépôts superficiels	Veillette, 2003. Les cartes de formations en surface de l'Abitibi, Québec. Commission géologique du Canada, Dossier public 1523.
Carte topographique	Cartes matricielles à l'échelle 1: 20 000 (32D01-0102 et 32D01-0202) provenant du ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec
Données sur les dépôts meubles et le roc	Données de forages du Système d'information hydrogéologique du MDDEP du Québec (site internet : 132.203.71.97/index.html.) Données de forages d'exploration minière d'Osisko Exploration Ltée (fournis par le client) Ministère des Ressources naturelles et Faune du Québec, e-sigéom examine, Forages au diamant, site internet : http://sigeom.mrnfp.gouv.qc.ca/signet/classes/I1102_index Données de forages de Golder, 2008 (rapport en cours) Développement domiciliaire à Malartic – Secteurs : Golf et chemin du camping, Lot 2 : Égouts, aqueduc et voirie. Génivar 2006, 175 pages. Étude hydrogéologique – Recherche en eau souterraine et implantation d'un puits de production, Ville de Malartic. Génivar 2006, 27 pages.
Topographie du sol	Modèle numérique d'altitude (32D01-0102 et 32D01-0202) provenant du ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec
Utilisation du territoire	MIR télédétection, Quickbird 2003/09/17 Veillette, 2003. Les cartes de formations en surface de l'Abitibi, Québec. Commission géologique du Canada, Dossier public 1523.
Données météorologiques	Données sur les normales climatiques de la station de Val-d'Or provenant des Archives climatiques nationales d'Environnement Canada, site internet : http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca
Données hydrauliques	Données provenant du Centre d'expertise hydrique du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec et de la Base de données fédérale HYDAT
Mines souterraines existantes	Plans en format électronique (fichiers .dxf) et en format papier d'Osisko Exploration Ltée (fournis par le client) Rapport portant sur la gestion de l'eau dans les ouvrages souterrains (Experts Enviroconseils Inc., année inconnue et Lac Mineral, 1984), informations sur les conditions de pompage dans les ouvrages souterrains fournis par Osisko
Paramètres hydrauliques et niveaux d'eau	*Rapport préliminaire*, Description du milieu récepteur. Génivar 2008a, 52 pages. Données de niveau d'eau dans le puits de la mine Est Malartic (fournies par le client) Étude hydrogéologique – Recherche en eau souterraine et implantation d'un puits de production, Ville de Malartic. Génivar 2006, 27 pages Golder – compilation des valeurs de conductivité hydraulique pour les argiles varvées abititbienne

2.2 Travaux de terrain

Différents travaux de terrain ont été réalisés entre le 5 novembre 2007 et la fin du mois de mai 2008. Les travaux de terrain ont permis de préciser les conditions d'écoulement de l'eau souterraine dans les dépôts meubles et le roc, de préciser les propriétés hydrauliques et la distribution des matériaux géologiques.

Les travaux de terrain réalisés sont les suivants:

- La réalisation de cinq forages (GT07-1 à GT07-5 et CM07-1540) orientés dans le roc et la réalisation d'essais hydrauliques en forages (essais packers) à l'intérieur de quatre de ceux-ci;
- La réalisation de 43 forages dans les dépôts meubles (BH-08-1 à BH-08-43);
- L'aménagement de neuf forages en puits d'observation;
- Le nivellement et la localisation des puits d'observation et forages réalisés;
- Le relevé piézométrique dans 30 puits d'observation et forages d'exploration ou de condamnation (21 dans le roc et 9 dans les dépôts meubles);
- Le relevé piézométrique dans quatre puits de mines souterraines;
- L'installation de 16 sondes à pression (dataloggers) pour le suivi du niveau d'eau dans les dépôts meubles et dans le roc pour l'étude de l'évolution des niveaux d'eau lors de la mise en fonction des deux pompes du puits de la mine Est Malartic; et
- L'échantillonnage et l'analyse de l'eau souterraine de l'eau du puits de la Est Malartic.

Les détails concernant la méthodologie de ces travaux sont décrits dans les paragraphes qui suivent.

2.2.1 Essais hydrauliques en forages

L'étude géotechnique de ce projet comprend cinq forages inclinés de diamètre NQ (GT07-01 à GT07-05) effectués à proximité de la zone minéralisée. Dans le but de réaliser une caractérisation hydrogéologique détaillée du massif rocheux, des essais de perméabilité à charge descendante et constante ont été effectués dans quatre de ces forages (GT07-02 à GT07-05) ainsi que dans un forage d'exploration (CM07-1540).

Les travaux de forages et les essais se sont déroulés du 5 novembre 2007 au 28 janvier 2008 et leur localisation est présentée à la figure 3. Les informations (coordonnées X-Y, profondeur, azimut et plongée) pour chacun des forages sont présentées au tableau 2.

Tableau 2
Sommaire des forages utilisés pour les essais packer.

Forage	Type d'essai packer	Coord. UTM (NAD 83)		Plongée (°)	Azimut (°)	Profondeur maximale testée (m)	
		X	Y			Parallèle au forage	Verticale
GT07-02	Simple	714820	5334725	60		279	242
GT07-03	Double	713580	5334900	60	45	226	196
GT07-04	Double	713910	5334447	70	315	369	347
GT07-05	Simple	714125	5334470	70	180	379	356
CM07-1540	Double	714307	5334883	55	180	124	101

Les essais hydrauliques en forage ont été réalisés à l'aide d'un système d'obturateurs pneumatiques descendus en utilisant un câble d'acier, reliés à un treuil et gonflés avec de l'azote gazeuse. Les forages GT07-02 et GT07-05 ont été testés avec un système de d'obturateur pneumatique simple tandis que les forages GT07-03, GT07-04 et CM07-1540 ont été testés avec un système d'obturateur double. Le système d'obturateur simple consiste à positionner un obturateur pneumatique à l'intérieur des tiges de forage au-dessus du trépan et un second sous le trépan. L'intervalle testé est situé entre le fond du forage (existant au moment du test) et la base de l'obturateur placé sous le trépan.

Les longueurs des intervalles testés sont déterminées selon la qualité du roc rencontrée au cours du forage. Lorsque le forage de la section à tester est complété, le carottier est retiré et le train de tiges de forage est remonté du fond du sondage pour exposer la section à tester. Le sondage à découvert est ensuite lavé avec de l'eau pour enlever les additifs et les résidus de forage. Dans le cas du système à double obturateur, un troisième obturateur pneumatique est ajouté à six mètres sous le second obturateur. Avant

l'utilisation du système à double obturateur, le sondage est d'abord nettoyé avec un trépan afin de s'assurer qu'il ne contient aucun débris, puis les essais sont effectués sur des intervalles de 6 mètres.

Les intervalles des essais à obturateur simple sont choisis de telle sorte qu'il existe un chevauchement avec l'essai précédent. Les intervalles testés ont été généralement de 12 à 25 mètres (mesurés verticalement) pour les profondeurs de 0 à 125 mètres et de 25 à 55 mètres pour les profondeurs de 125 mètres et plus. Lors de l'utilisation du système à double obturateurs, les intervalles de 6 mètres n'ont pas été chevauchés. Dans ce cas, les zones testées ont été sélectionnées selon les zones ayant soit très peu de fracturation (hautes valeurs de RQD) soit les fracturations les plus élevées (faibles valeurs de RQD).

Un sommaire des essais hydrauliques en forage incluant une description des intervalles testés est présenté à l'annexe A.

2.2.1.1 Essais à charge descendante

Un total de 49 essais à charge descendante a été effectué. Ces essais visent à déterminer la conductivité hydraulique du roc dans l'intervalle isolé. Une fois que le système d'obturateur est gonflé et que le niveau statique est mesuré, une charge hydraulique est appliquée sur le massif rocheux par le remplissage des tiges de forage en utilisant de l'eau propre. Une fois les tiges de forage remplies d'eau, la baisse du niveau d'eau est mesurée avec un piézomètre électrique placé au bas de l'intervalle testé et un autre près de la surface (à quelques mètres sous le sommet des tiges de forage). Les données de récupération de l'essai à charge descendante ont été analysées en utilisant la méthode à charge descendante de Bouwer-Rice (Bouwer et Rice, 1976) et celle de Hvorlsev (Hvorslev, 1951) pour calculer la conductivité hydraulique (K (m/s)) de l'intervalle testé.

La procédure détaillée de l'essai à charge descendante est la suivante :

1. Mesure du niveau d'eau statique avant d'insérer le système d'obturateurs pneumatiques;

2. Installation du piézomètre électrique à la base de l'obturateur du bas et ajustement de l'appareil à une fréquence de mesure aux deux secondes;

3. Installation d'un second piézomètre électrique sous le niveau statique aussi avec un ajustement de l'appareil à une fréquence de mesure aux deux secondes;

4. Mesure du niveau d'eau statique avant et après avoir gonflé les obturateurs pneumatiques;

5. Gonflement des obturateurs pneumatiques selon les recommandations du manufacturier (RST Instruments, 2007);

6. Remplissage des tiges de forage jusqu'à la surface avec de l'eau propre;

7. Mesure manuelle des niveaux d'eau de façon périodique pour le contrôle de la qualité des données enregistrées par les piézomètres électriques; et

8. Fin de l'essai lorsque le niveau d'eau atteint au moins 70% de remontée par rapport au niveau initial ou après 30 minutes (selon la première condition atteinte).

2.2.1.2 Essais à charge constante

Un total de 58 essais à charge constante a été effectué. Ce type d'essai implique l'application d'une charge et d'un débit constants dans l'intervalle testé à partir d'une pompe en surface. L'essai à charge constante est généralement effectué à la suite de l'essai à charge descendante. Les essais à charge constante ont été interprétés en utilisant la méthode à charge constante de Hvorslev (Hvorslev, 1951)

La procédure détaillée de l'essai à charge constante est la suivante :

1. Installation du second piézomètre électrique sur le système d'apport d'eau pour mesurer la pression d'eau injectée et ajustement de l'appareil à une fréquence de mesure aux deux secondes;

2. Mise en place du boîtier étanche, de la jauge de pression manuelle et du débitmètre à la tête du train de tige;

3. Injection de l'eau à une pression (maximale de 350 kPa) et à un débit constants durant 10 à 15 minutes avec les mesures du débit et de la pression à chaque minute; et

4. Dégonflement et retour au niveau d'eau statique.

2.2.2 Suivi piézométrique

Un relevé des niveaux d'eau a été réalisé à l'intérieur de 30 puits d'observation et de forages de définition ou de condamnation et de quatre puits de mines souterraines entre le 13 et le 16 mars 2008 et les 15 et 16 mai 2008.

La localisation de ces puits est présentée à la figure 3 et les données piézométriques recueillies ainsi qu'une description sommaire des puits sont présentées au tableau 5.

Afin de suivre l'évolution des niveaux d'eau sur une période prolongée lors de la recharge printanière de l'aquifère, un total de 16 sondes à pression (piézomètres électriques) a été installé à l'intérieur de puits d'observation et de forages d'exploration, de condamnation ou de définition. Des sondes ont aussi été installées dans trois puits de mines (Canadian Malartic, Barnat et Est Malartic). Deux modèles de sondes ont été installés dans les puits, les forages ou les ouvertures souterraines, soit des sondes à pression de marque *Solinst* modèle *Levellogger* et des sondes à pression de marque *Schlumberger* de modèle *Mini Diver*.

Les sondes ont été mises en place le 13 et le 14 mars 2008 avant le départ des pompes dans le puits de la mine Est Malartic et ont été retirées le 15 et le 16 mai 2008, soit deux mois après leur mise en place. Les données recueillies lors de cet essai sont utiles pour étudier l'impact du pompage sur les niveaux d'eau dans le roc et dans les dépôts meubles. La figure 4 présente la localisation des points de suivi des niveaux d'eau sur 2 mois.

Les données brutes de suivi des niveaux d'eau avec les sondes à pression sont présentées à l'annexe B.

2.2.3 Localisation et nivellement

La localisation et l'élévation du sol ainsi que du sommet du tubage à l'endroit de chaque puits d'observation ont été arpentées par les arpenteurs-géomètres de Osisko à l'aide d'un GPS (*Geographical Position System*) de marque *Sokkia*, modèle Radian IS avec un carnet Allegro CX. La précision de cet appareil est de 2 cm. Cette précision est jugée suffisante pour l'échelle de travail de la présente étude.

2.2.4 Essais hydrauliques sur les résidus miniers

Un essai de perméabilité à charge ascendante a été réalisé à l'intérieur du forage BH-08-03 le 14 mai 2008.

Ce type d'essai consiste à vider partiellement le puits d'observation à l'aide d'un échantillonneur à clapet et à mesurer le taux de remontée du niveau d'eau. L'intervalle crépiné d'une longueur de 1,5 m chevauche les résidus miniers La solution analytique utilisée pour l'interprétation des données est celle de Bouwer et Rice (Bouwer et Rice,1976).

Les données de terrain ainsi que le détail de l'interprétation de l'essai sont présentés à l'annexe C.

2.2.5 Échantillonnage et analyse de l'eau souterraine

L'échantillonnage de l'eau souterraine a été réalisé dans le puits de la mine Est Malartic, les 18 et 21 avril 2008 et le 3 juillet 2008. Les échantillons ont été analysés pour déterminer leur contenu en métaux, en hydrocarbures pétroliers C_{10}-C_{50}, en ions majeurs, et d'autres paramètres conventionnels tels l'azote ammoniacal, les cyanures, l'alcalinité totale, les matières en suspension et la dureté.

Les échantillons ont été prélevés directement sur la conduite d'eau de la pompe, laquelle pompait de façon continue depuis plusieurs jours. Les échantillons à analyser pour les métaux ont été filtrés au laboratoire.

Les analyses ont été réalisées par le laboratoire accrédité Maxxam Analytique Inc. de ville St-Laurent. Les procédures suivies lors de l'échantillonnage, du transport et de la conservation des échantillons respecte le *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales - Cahier 3: Échantillonnage des eaux souterraines* (MENV, 1994),

Les certificats d'analyses de Maxxam sont consignés à l'annexe D.

2.3 Évaluation de la recharge

L'utilisation du bilan hydrologique pour déterminer la recharge permet l'intégration de plusieurs paramètres tels que les précipitations, la température, le type de sol, les pentes du terrain, l'utilisation du sol et le type de culture. La méthode utilisée pour l'évaluation du coefficient de ruissellement est la méthode rationnelle décrite par le Soil Conservation Service (SCS, 1972 et 1975) et adaptée par le ministère des transports du Québec dans son manuel portant sur la conception des ponceaux (MTQ, 2004). Cette méthode permet de classifier chaque texture, utilisation du sol et classe de pente en fonction de sa réponse hydrologique potentielle en permettant la détermination du coefficient de ruissellement en fonction des différents paramètres mentionnés plus haut.

Le tableau 3 résume les sources des données utilisées pour le calcul du bilan hydrologique.

Tableau 3
Source des données utilisées pour le calcul du bilan hydrologique

Composante du bilan hydrologique	Source
Précipitations annuelles (1971 à 2000)	Station météorologique de Val-d'Or, Environnement Canada http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/
Évapotranspirations réelles (1971 à 2000)	Station météorologique de Val-d'Or, Environnement Canada http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/
Ruissellement, méthode rationnelle	Ministère des Transport du Québec, 2004. Manuel de conception des ponceaux
Utilisation du sol	MIR télédétection, Quickbird 2003/09/17
Type de sol	Veillette, 2003. Les cartes de formations en surface de l'Abitibi, Québec. Commission géologique du Canada, Dossier public 1523.
Classes de pentes	Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, modèles numériques d'altitude (32D01-0102 et 32D01-0202)

La recharge calculée à partir du bilan hydrologique est définie comme étant équivalente à l'infiltration dans le sol (Scanlon et al., 2002). Cette recharge est toutefois dite potentielle ou maximale, car beaucoup de processus peuvent intervenir dans la zone non-saturée et empêcher l'infiltration d'atteindre la nappe.

L'emmagasinement (S) définit la quantité d'eau qui est retenue par les plantes et qui ne s'infiltre pas dans le sol jusqu'à la nappe. Il varie principalement en fonction de deux paramètres : la profondeur des racines et la capacité de rétention du sol (Scanlon et al., 2002).

L'infiltration potentielle a été déterminée par bilan hydrologique pour tout le territoire à l'étude. L'infiltration potentielle est calculée en soustrayant des précipitations (P) les valeurs du ruissellement direct (R_d), de l'évapotranspiration réelle (ET) et de l'emmagasinement (S) (Banton et Bangoy, 1999).

$$I = P - R_d - ET - S \qquad \text{eq.1}$$

où I = infiltration (mm)
P = précipitation (mm)
R_d = ruissellement direct (mm)
ET = évapotranspiration réelle (mm)
S = emmagasinement (mm)

Les précipitations (P) ont été compilées pour la période de 1971 à 2000 à partir des données de normales climatiques des Archives climatiques nationales d'Environnement Canada pour la station de Val-d'Or (48° 3.600' N, 77° 47.400' O, 337,40 m d'altitude).

Le ruissellement direct (R_d) a été calculé en utilisant la méthode rationnelle telle que suggérée par le ministère des Transports du Québec (MTQ, 2004). Cette méthode permet de calculer le ruissellement direct en ce qui a trait à la hauteur d'eau pour une surface unitaire à partir de la hauteur de pluie tombée et du coefficient *Cp* qui, lui, prend en compte le type de sol, l'utilisation du sol et les pentes. Cette méthode permet de classifier l'utilisation du sol et le type de sol en fonction de sa réponse hydrologique potentielle. Le ruissellement ainsi calculé correspond au ruissellement direct suite à une précipitation. Suite à ce calcul, il a été possible de définir des zones correspondant à des coefficients de ruissellement faible, moyen et élevé.

Le type de sol utilisé pour le calcul du ruissellement a été déterminé à partir de la carte des dépôts meubles de Veillette (2003) présentée à la figure 5. Les classes de pentes ont, quant à elles, été déterminées à partir du modèle numérique d'altitude (MNA) à l'échelle du 1 :20 000 (MRNF, 2004). L'utilisation du sol a été déterminée par photo-interprétation à partir de la photo aérienne (MIR télédétection). La cartographie a été réalisée selon les classes d'utilisation du sol et de types de sol présentés au tableau 4.

Tableau 4
Classes d'utilisation et types de sol utilisés pour le calcul du bilan hydrologique

Utilisation du sol	Types de sol
Boisé	Roc
Imperméable	Till
Milieu humide, lacs et rivières	Esker
Sol à nu	Argile
Organique	Tourbière

L'évapotranspiration potentielle (ETP) a été calculée mensuellement selon la méthode de Thorntwaite et Mather (Thorntwaite et Mather, 1957), en utilisant les données de normales climatiques mensuelles pour la période de 1971 à 2000 pour la station de Val-d'Or. L'évapotranspiration réelle (ETR) a ensuite été déterminée mensuellement en comparant les valeurs d'ETP aux valeurs de précipitation et de ruissellement direct moyen. Lorsque la valeur mensuelle d'ETP excédait la balance de la précipitation moins le ruissellement direct (P–Rd) pour le même mois, l'ETR a été limitée à la valeur de (P-Rd). Lorsque l'ETP était inférieure à (P-Rd), l'ETP a été conservée comme valeur de ETR. La somme des 12 valeurs mensuelles d'ETR a ensuite été faite pour obtenir une valeur de ETR annuelle et ainsi obtenir l'évapotranspiration réelle.

2.4 Modélisation numérique

La modélisation numérique a été utilisée afin d'évaluer quantitativement le rabattement dans le roc et dans les dépôts meubles engendré par le pompage avant et lors de l'exploitation de la mine projetée. Cet outil mathématique a aussi été utilisé pour évaluer le débit d'exhaure engendré par le minage de la fosse à ciel ouvert et par le pompage des anciennes mines souterraines.

Plus spécifiquement, la modélisation permet d'évaluer de façon quantitative :

1) l'impact du pompage de l'eau souterraine dans l'aquifère du roc et le débit d'infiltration dans la fosse à ciel ouvert en plus des débits de pompage potentiels dans les ouvrages souterrains;

2) l'impact sur les niveaux d'eau dans l'esker, où a lieu le pompage d'eau potable par la ville de Malartic, et dans le roc superficiel, où des puits domestiques sont installés, et ainsi conclure sur la possibilité d'un conflit d'usage, et

3) la possibilité de drainage de l'argile (dépôts glaciolacustres).

Le logiciel utilisé pour la modélisation numérique est le logiciel Feflow - Finite Element Subsurface Flow System (Diersch 2004 a et b). Ce logiciel de simulation numérique de l'écoulement de l'eau souterraine permet également de modéliser le transport de contaminants en utilisant la méthode des éléments finis. Le logiciel est particulièrement approprié pour des systèmes aquifères complexes impliquant plusieurs unités hydrostratigraphiques et des conditions aux limites variables.

L'étendue du domaine modélisé couvre environ 225 km² et est contrainte au nord par le lac Malartic et au sud par le lac Fournière, tous les deux représentés par une limite à charge imposée. Les limites est et ouest respectent le réseau hydrographique de surface et sont perpendiculaires à l'écoulement de l'eau souterraine. Ces limites sont représentées par une limite imperméable (flux nul).

Pour la représentation des mines souterraines, le modèle numérique a été construit à partir du modèle tridimensionnel réalisé à l'aide du logiciel Gocad. Ce dernier a été développé à partir des plans des anciennes mines fournis par Osisko (Osisko, 2008b). Le modèle numérique intègre la géométrie complexe du modèle géologique 3D représentée par les galeries, les chantiers et les puits pour chacune des quatre mines existantes (Canadian Malartic, Sladen, Barnat et Est Malartic). Certaines simplifications ont été faites du point de vue du nombre de galeries souterraines, tout en s'assurant de respecter les connections hydrauliques principales entre les différents chantiers souterrains.

Une fois le modèle numérique construit, celui-ci a été calibré sur des données réelles telles que des niveaux d'eau et/ou des débits de pompage. La calibration a été effectuée selon trois jeux de données :

- condition sans pompage (régime permanent) en utilisant les données piézométriques mesurées dans plusieurs puits d'observation ou forages, en mars 2008;

- pompage réalisé à partir du puits de la mine Est Malartic, d'avril 2006 à décembre 2007 (régime transitoire) en utilisant les données de niveaux mesurées par Osisko dans le puits de la mine Est Malartic; et

- pompage des mines souterraines entièrement drainées en 1979 (régime permanent).

La calibration d'un modèle d'écoulement constitue la démarche visant à démontrer la capacité du modèle numérique à reproduire des charges hydrauliques et des flux volumétriques tels qu'observés dans la réalité (Anderson et Woessner, 1991).

La calibration a été réalisée par essais et erreurs en modifiant les paramètres hydrauliques (conductivité hydraulique, emmagasinement, etc.) et les valeurs de recharge. La réalisation de plusieurs simulations pour chacun des scénarios, en faisant varier un ensemble de paramètres hydrauliques, a pour but de minimiser la différence entre les charges hydrauliques, les rabattements et les débits simulés et mesurés et de représenter les conditions d'écoulement de l'eau souterraine. La réalisation d'une calibration selon trois scénarios, deux en régime permanent et un en régime transitoire, permet de réduire l'incertitude du modèle et d'assurer une plus grande validité aux résultats de prédiction.

Une fois les objectifs de calibration atteints, des simulations prédictives ont été conduites selon les stades de développement de la fosse et le taux de pompage de l'eau souterraine emmagasinée dans les ouvertures existantes.

La modélisation a été réalisée en régime transitoire pour représenter ces trois stades de développement, soit en 2013, en 2018 et en 2025. Le pompage est initié en 2010 au début du creusage de la fosse.

3.0 DESCRIPTION DE LA RÉGION À L'ÉTUDE

La région étudiée dans le cadre du présent mandat couvre une superficie de 225 km² et comprend une portion de la ville de Malartic, laquelle est située à 25 km à l'ouest de la ville de Val-d'Or. Le point central de la région étudiée correspond aux coordonnées géographiques 5 335 000 N et 715 000 E selon le système de projection UTM NAD 83 zone 17, et 48° 7' N, -78° 7' E selon le système de projection Lat/long NAD 83.

Les limites de la région à l'étude ont été déterminées en fonction de l'emplacement des rivières, des lacs et de la ligne de partage des eaux au sud du modèle. Cette région couvre entièrement le périmètre prévu pour la zone d'exploitation projetée (RSG Global, 2006) en plus d'inclure les quatre mines souterraines existantes.

3.1 Physiographie et hydrographie

Le territoire à l'étude est limité au sud-est par le lac Fournière (28 km^2) et au nord par le lac Malartic (76 km^2). La topographie de surface est relativement modérée et suit le relief du socle rocheux précambrien de la région. L'élévation moyenne du terrain est de 325 mètres au-dessus du niveau moyen de la mer (a.n.m.m.) avec quelques collines s'élevant à près de 400 mètres (a.n.m.m.) et s'étendant de l'ouest vers l'est dans la partie sud-ouest du territoire. La dénivellation verticale maximale pour la région couverte est d'environ 75 mètres.

La région est partiellement boisée et les espèces d'arbre dominantes sont l'épinette noire, le mélèze et le bouleau. La région à l'étude est située à la tête du bassin versant drainé par la rivière Harricana, qui fait elle-même partie du grand bassin hydrographique de la Baie-James. Un certain nombre de ruisseaux, de rivières, de marécages et de petits lacs partiellement connectés entre eux parsèment la zone à l'étude. La majorité du terrain se draine au nord vers le lac Malartic, par la Petite rivière Héva et la rivière Malartic, tandis que les eaux localisées dans le sud-ouest se drainent vers l'est par le ruisseau Raymond puis vers le sud vers le lac Fournière.

3.2 Utilisation de l'eau souterraine

La ville de Malartic est actuellement desservie en eau par trois sources d'alimentation souterraines situées à l'intérieur de la région à l'étude à environ 4 km au nord-ouest de la fosse proposée. La localisation de ces puits est présentée à la figure 3.

Selon les informations transmises par le directeur des travaux publiques de la Ville de Malartic, Monsieur Jean Brassard, un débit moyen de 1700 m^3/j est pompé selon une répartition de 80% prélevé dans le puits PP-6 localisé au nord-ouest et construit en 2006, et de 10% par chacun des deux autres puits, P-4 et P-5, situés dans un banc d'emprunt désaffecté au sud-est du puits PP-6. Les puits d'alimentation sont situés sur la crête d'un même esker au relief peu accentué.

Selon le rapport hydrogéologique disponible (GCE Consulteaux, 2006), le puits principal PP-6 n'est pas localisé en zone inondable et son élévation est de 330,6 mètres. Les eaux de surface et souterraines dans ce secteur s'écoulent vers le nord-nord-ouest, soit vers la Petite rivière Héva. Le niveau d'eau à ce puits est situé à l'élévation 310 mètres et provient d'un aquifère à nappe libre, qui est majoritairement situé à l'intérieur d'une zone réservée à l'eau potable par décret.[1]

Selon les informations obtenues, le sommaire historique de l'approvisionnement en eau à la ville de Malartic est le suivant :

- 1983 : L'approvisionnement en eau est effectué à partir du lac de la réserve (Golder, 1983);

- 1990 : Les puits P-4 et P-5 sont en production et des activités de recharge artificielle à partir de bassins d'infiltration sont réalisées (information verbale du directeur technique de Malartic, 1990);

[1] Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune, Contrainte Minière #6112, Soustraction à l'activité minière (jalonnement, désignation sur carte, à la recherche minière ou à l'exploitation minière d'un terrain nécessaire à l'alimentation de la prise d'eau potable de la ville de Malartic, MRC Vallée de l'Or, circonsription foncière d'Abitibi, www.gestim.mines.gouv.qc.ca).

- 2006 : Implantation du nouveau puits d'approvisionnement PP-6 et essai de pompage (Génivar, 2006), et

- 2008 : Nouveaux essais de pompage de longue durée au puits PP-6 (information verbale du directeur technique de Malartic, 2008) et travaux visant à implanter un nouveau puits environ 600 m au nord-nord-ouest de PP-6 (GCE Consulteaux, 2008)

L'historique de l'approvisionnement en eau des puits de la ville de Malartic indique donc que les capacités de production des puits ont eu de la difficulté à rencontrer les besoins en eau de la ville de Malartic, et ce, de façon réccurente depuis la construction du premier puits.

Aussi, au moins une cinquantaine de propriétés se situant à l'extérieur du réseau d'aqueduc municipal (résidentielles et/ou agricoles et/ou commerciales) ont été identifiées dans le secteur ciblé par l'étude comme étant alimentées par un puits domestique pour leur alimentation en eau potable installé dans les dépôts meubles ou dans le roc. Les propriétés se retrouvent principalement au sud, le long du 7^{e} rang et du chemin du Lac-Mourier tandis qu'au nord, elles longent la route 117 et le chemin de la rue du Lac-Malartic. La zone ici couverte inclut les limites du modèle hydrogéologique et le territoire de Rivière-Héva situé au nord-ouest.

3.3 Géologie des dépôts meubles

La zone à l'étude est principalement caractérisée par la présence de dépôts glaciaires. La figure 5 présente la carte géologique des dépôts meubles.

L'unité à la base de la colonne stratigraphique est le till. Il s'agit d'un dépôt résultant de l'érosion et du transport par le glacier en mouvement du roc sous-jacent. D'après la carte des dépôts meubles (Veillette et al., 2003), le till est présent sur les hauts topographiques (ou collines) selon une épaisseur de moins d'un mètre. Les pentes des collines sont couvertes par un dépôt continu de till d'épaisseur de plus de 1 m. Les tills de l'Abitibi ont une teneur moyenne de 60 à 70% en sable, de 20 à 25% en silt, de moins de 5% en argile et de moins de 5% de bloc (Veillette et al., 2003).

Le retrait glaciaire a mis à découvert les dépôts fluvioglaciaires, principalement les eskers, très présents dans la région. Ceux-ci sont principalement composés de sable et gravier et peuvent atteindre plus de 30 mètres d'épaisseur. La portion d'esker comprise dans la zone à l'étude présente un bon potentiel aquifère, puisque l'eau est retenue à l'intérieur par les dépôts glaciolacustres. Comme il a été mentionné précédemment, c'est dans ce type de dépôt de surface que sont aménagés les puits d'approvisionnement en eau potable de la ville de Malartic.

Les dépôts glaciolacustres sont les sédiments en suspension qui étaient présents dans le lac Barlow-Ojibway et qui se sont déposés sur les terres immergées. Les dépôts typiques d'un environnement glaciolacustre sont les argiles varvées composées de couches estivales en alternance avec les couches hivernales. La couche estivale est généralement plus épaisse, à granulométrie plus grossière, silteuse et de couleur plus claire. La couche hivernale est moins épaisse, à granulométrie plus fine, argileuse et de couleur plus foncée. Les dépôts glaciolacustres possèdent une épaisseur variable qui peut atteindre jusqu'à 20 mètres dans la zone à l'étude.

Suite au retrait du lac Barlow-Ojibway, les argiles et les sables littoraux ont été mis à découvert. C'est à ce moment que s'est développé le système de drainage suivant la pente du terrain. Les dépôts mis en place par le développement du système de drainage sont les alluvions. Ceux-ci sont principalement composés de sable silteux, de silt argileux, de sable et gravier, et leur épaisseur varie généralement de 1 à 5 mètres. Par la suite, les tourbières se sont formées. Les tourbières sont composées de dépôts organiques à décomposition très lente, puisqu'elles sont la plupart du temps submergées.

3.4 Géologie du roc

Le site à l'étude est localisé dans la ceinture de roches vertes archéennes située dans la partie sud-est de la province géologique du Supérieur dans le bouclier canadien (figure 6). La zone de la faille de Cadillac d'orientation est-ouest entrecoupe la région à l'étude. Plusieurs groupes lithologiques sont associés au faciès du schiste vert. La faille Raymond se situe au sud de la ville de Malartic et traverse la zone étudiée. Il existe une intrusion relativement étendue de granodiorite au sud-est de cette faille. Les roches méta-sédimentaires siliceuses situées de part et d'autre de la faille de Cadillac forment

l'assise géologique, en l'occurrence le conglomérat polygénique au nord et le grauwacke au sud. Le substratum est également composé de roches volcaniques, intrusives ultramafiques, mafiques (basalte) et intrusives felsiques (tonalite).

La majorité de la propriété de Malartic repose sur des roches méta-sedimentaires du Groupe de Pontiac au sud de la zone de faille Cadillac. La partie centrale nord de la propriété couvre une section de 3,5 km le long de la faille et est sous-jacente à des roches mafique-ultramafiques métavolcaniques du Groupe de Piché, entrecoupée par des intrusions de porphyre. Les deux structures majeures, les failles Cadillac et Sladen, définissent les limites nord et sud de la zone tectonique immédiate de la région de Malartic. Le gisement Canadian Malartic est constitué d'or disséminé dans un porphyre de diorite et un grauwacke comportant divers degrés d'altération en silice et en calcite.

3.5 Topographie du roc et épaisseur des dépôts meubles

Le calcul de l'épaisseur des dépôts meubles a été réalisé par interpolation des données disponibles. Il s'agit des données du système d'informations hydrogéologiques (SIH) du MDDEP (MDDEP, 2008), des données d'exploration minière compilées sur le site du Sigeom (MRNF, 2008), des données de Génivar (Génivar, 2006 et 2007), de Consulteaux (GCE Consulteaux, 2006) et de Golder (Golder, 2008 en rédaction).

La carte des dépôts superficiels de la Commission géologique du Canada (Veillette et al., 2003) a aussi été utilisée dans le but de localiser les affleurements rocheux (figure 5).

De façon générale, une épaisseur de dépôts plus importante est identifiée dans la partie ouest de la zone d'étude, là où se situe l'esker, et au centre de la zone où sont situés les parcs à résidus.

La carte de la topographie du roc est en relation directe avec celle de la topographie de surface et de la carte de l'épaisseur des dépôts meubles. En effet, celle-ci a été obtenue suite à la soustraction de la topographie de surface (modèle numérique de terrain) et de la carte de l'épaisseur des dépôts meubles obtenue par interpolation. C'est cette surface qui a été intégrée au modèle numérique d'écoulement de même que la surface topographique.

4.0 HYDROGÉOLOGIE ET RÉSULTATS DES TRAVAUX DE TERRAIN

4.1 Écoulement de l'eau souterraine

4.1.1 Conditions d'écoulement de l'eau souterraine à l'échelle régionale

La figure 7 présente une carte piézométrique de l'aquifère du roc réalisée à partir des données piézométriques relevées en mars 2008. Les données piézométriques recueillies ainsi qu'une description sommaire des puits sont présentées au tableau 5 ci-dessous. Il peut être observé que la plupart des données piézométriques se concentrent aux environs des mines souterraines, des parcs à résidus et du bassin d'entreposage d'eau proposé.

La carte piézométrique représente les conditions d'écoulement de l'eau souterraine dans l'aquifère de roc. L'intervalle des valeurs d'élévation de l'eau souterraine est compris entre 334,41 à 301,15 mètres. Les valeurs d'élévations de l'eau souterraine comprises entre 300 et 305 m sont essentiellement reliées à une galerie ou à un chantier de mine. Ces niveaux évoluent de la même façon lorsque soumis à une sollicitation telle que du pompage.

Afin de compléter la carte piézométrique, les données d'élévation du modèle numérique de terrain aux limites des lacs Malartic (294 m) et Fournière (304 m) ont été incluses aux fins de l'interprétation. La présence d'une ligne de partage des eaux au centre de la zone, au relief accentué au sud-ouest du site, a aussi été incluse au modèle conceptuel d'écoulement de l'eau souterraine dans le roc, bien que peu de données piézométriques ne soient disponibles pour l'instant dans ce secteur.

De façon générale, l'écoulement de l'eau souterraine s'effectue du sud vers le nord avec une tendance de l'écoulement de l'eau souterraine vers les anciennes mines dans le secteur plus immédiat de celles-ci. Au sud-ouest, dans le secteur des collines, le gradient hydraulique horizontal est plus important avec une valeur moyenne de 0,008. Près des anciennes mines souterraines Canadian Malartic, Sladen, Barnat et Est Malartic le gradient hydraulique horizontal est encore plus prononcé avec une valeur moyenne de 0,025 qui réflète l'influence des ouvrages souterrains dans le roc. Au nord de la ville de

Malartic, l'écoulement de l'eau souterraine est caractérisé par un plus faible gradient hydraulique horizontal avec une valeur moyenne de 0,0025.

La compréhension actuelle du site implique l'hypothèse que la contribution de l'aquifère de roc aux cours d'eau de surface est limitée aux plans d'eau majeurs tels que le lac Malartic et le lac Fournière. Les cours d'eau qui se retrouvent dans la zone à l'étude (rivière Malartic, lacs et ruisseaux superficiels) sont, quant à eux, considérés en connexion hydraulique avec les dépôts de surface.

La ville de Malartic s'approvisionne en eau potable à partir de trois puits aménagés dans un esker localisé au nord-ouest de la fosse proposée (figure 3). Selon les informations transmises par le directeur des travaux publiques de la Ville de Malartic, Monsieur Jean Brassard, un débit moyen de 1700 m^3/j est pompé selon une répartition de 80% par le puits PP-6, le plus au nord-ouest et construit en 2006, et de 10% par chacun des deux autres puits, P-4 et P-5, situés dans un banc d'emprunt désaffecté. Une étude hydrogéologique est présentement en cours dans le secteur du puits PP-6 afin d'étudier en conditions de pompage l'influence de ce puits sur les niveaux d'eau dans l'esker et afin d'évaluer la possibilité d'implanter un nouveau puits de pompage environ 600 m au nord-nord-ouest du puits existant PP-6.

Tableau 5

Localisation des points de mesure et données piézométriques obtenues en mars et en mai 2008

Puits	X (UTM NAD 83) (m)	Y (UTM NAD 83) (m)	Élévation du collet (m)	Unité	Profondeur eau (m)		Élévation eau (m)	
					14-15 mars 2008	15-16 mai 2008	14-15 mars 2008	15-16 mai 2008
BH-08-03	716488	5334031	320,67	sable/silt	3,56	2,31	317,11	318,36
BH-08-12	716947	5332581	321,21	roc	1,25	1,07	319,96	320,14
BH-08-15	716584	5331626	336,65	roc	4,78	4,40	331,87	332,25
BH-08-19	716502	5334491	319,78	roc	10,68	8,85	309,10	310,93
BH-08-38	717396	5333405	317,24	roc	5,10	4,61	312,14	312,63
CM06-851	714758	5334725	320,76	roc	13,20	11,63	307,56	309,13
CM06-852	714700	5334650	322,10	roc	17,30	14,03	304,80	308,07
CM06-863	714880	5334705	320,95	roc	9,35	8,62	311,60	312,33
CM07-1026	713412	5334835	331,87	roc	4,22	2,99	327,65	328,88
CM07-1102	713444	5334634	334,63	roc	10,22	9,05	324,41	325,58
CM07-1117	714186	5334351	323,92	roc	5,54	2,80	318,38	321,12
CM07-1147	714185	5334714	321,61	roc	18,17	14,63	303,44	306,98
CM07-1451	714580	5334510	326,12	roc	15,49	10,87	310,63	315,25
CM05-1624	713822	5334635	321,11	roc	17,14	13,74	303,97	307,37
CM07-1693	713880	5334571	321,15	roc	17,82	14,41	303,33	306,74
CM07-987	713702	5334619	323,38	roc	4,89	9,26	318,49	314,12
CM07-996	714215	5334155	327,79	roc	4,76	1,69	323,03	326,10
PO-2	714383	5334363	324,40	sable silteux	2,18	1,63	322,22	322,77
PO-3	714166	5334076	328,59	roc	1,51	1,40	327,08	327,19
PO-5	712862	5333503	331,81	roc	1,08	1,01	330,73	330,80
PO-7	712941	5332516	337,24	roc	2,88	2,83	334,36	334,41
PO-9	714851	5333827	330,20	dépôts	2,14	1,24	328,06	328,96
PO-10	717371	5333611	312,58	gravier	2,19	1,70	310,39	310,88
PO-11	713385	5335275	325,27	silt	3,39	2,61	321,88	322,66
PO-12	713170	5335290	328,06	m,organique	5,91	4,65	322,15	323,41
PO-13	712955	5335152	330,75	sable silteux	2,00	1,63	328,75	329,12
PO-16	713273	5335772	318,32	argile	1,57	1,29	316,75	317,03
PO-17	713463	5334885	327,66	Roc	5,62	1,52	322,04	326,14
D10	714098	5331750	331,07	roc	3,96	3,20	327,11	327,87
FE-12-06	715115	5335807	313,92	sable	-	9,50	-	304,42
Puits mine Sladen	715399	5334730	318,99	roc	15,48	13,57	303,51	305,42
Puits mine Barnat	715358	5335095	319,30	roc	15,56	13,70	303,74	305,60
Puits mine Canadian	714384	5334741	323,22	roc	21,24	17,94	301,98	305,28
Puits mine Est Malartic	715582	5334570	-	roc	-	-	301,15	-

4.1.2 Conditions d'écoulement de l'eau souterraine dans les anciennes mines

Du point de vue hydrogéologique, le secteur des anciens ouvrages souterrains (mines Canadian Malartic, Sladen, Barnat et Est Malartic) est caractérisé par une connectivité hydraulique dans la partie supérieure des anciennes mines et l'élévation de l'eau dans les puits ou les forages complétés dans les ouvertures souterraines sont très semblables, soit autour de 303 mètres (tableau 5 et figure 7). Il est cependant à noter que les différences d'élévation des niveaux entre les puits de la Canadian et de la Est Malartic, d'une part, et les puits de la Sladen et de la Barnat, d'autre part, ne sont pas expliquées. Étant donné les connections entre les parties supérieures des quatre mines, les différences d'élévation de l'eau pourraient être dues à des erreurs d'arpentage des points de référence utilisés pour les mesures de niveaux d'eau.

Un rapport interne produit par Lac Minerals indique des connections hydrauliques entre les quatres anciennes mines souterraines (Lac Minerals, 1984):

- La mine Canadian Malartic est connectée à la mine Sladen par un drain au niveau 625' (190 mètres);
- La mine Sladen est connectée à la mine Barnat par une galerie au niveau 725' (221 mètres), et,
- La mine Barnat est connectée à la mine Est Malartic par des galeries au niveau 1250' (381 mètres).

Ces informations permettent de supposer que, lorsque soumis à un pompage dans une ouverture souterraine, l'apport en eau provient de l'ensemble des anciennes mines souterraines pour les pompages situés au-dessus de 190 m de profondeur.

Évaluation du volume d'eau souterraine dans les ouvrages souterrains

L'évaluation du volume d'eau disponible dans les chantiers et les galeries souterraines a été réalisée à partir des valeurs de tonnages minés présentées au tableau 6. Ainsi, les volumes suivants ont été estimés à partir de ces valeurs (Génivar, 2007) et d'une valeur estimée de densité de 2500 kg/m^3 pour le minerai en place :

Tableau 6
Évaluation du volume d'eau dans les ouvertures minières
à partir des tonnages minés

Mines	Minerai exploité (tonnes)	Volume équivalent (m^3)
Canadian Malartic	9 930 000	3 972 000
Sladen	3 900 000	1 560 000
Barnat	4 600 000	1 840 000
Est Malartic	17 900 000	7 160 000
Total	**36 330 000**	**14 532 000**

Il est à noter que ces estimations de volumes supposent que les volumes des chantiers remblayés (présents principalement dans la mine Est Malartic) sont compensés entièrement par les volumes correspondant au développement souterrain (galeries et puits) restés ouverts. Aucune donnée n'étant disponible pour les volumes associés au développement souterrain, une certaine imprécision persiste en ce qui concerne les volumes de vides réellement présents dans les mines souterraines.

Contrôle du niveau d'eau dans les ouvrages souterrains par pompages

Afin de contrôler le niveau d'eau dans les ouvrages souterrains, et particulièrement lors de la recharge printanière, des activités de pompage sont réalisées par Osisko dans deux puits aménagés dans l'ancien puits de la mine Est Malartic. Typiquement, le pompage débute au début avril avec une première pompe mise en opération à un débit estimé à 180 m^3/h. Cette première pompe est en opération normalement jusqu'au début décembre. Vers la mi-avril une deuxième pompe est mise en fonction pour faciliter le rabattement en cette période de forte recharge. Cette pompe opère également à un débit de 180 m^3/h, mais pour une durée d'environ un mois et demi.

La figure 8 présente l'évolution du niveau d'eau dans le puits de la mine Est Malartic pour les années 2006 et 2007. Ces données ont été utilisées pour la calibration du modèle numérique.

4.2 Évaluation de la recharge

Une évaluation du bilan hydrologique de la zone à l'étude a été réalisée dans le cadre du présent mandat en utilisant la méthodologie présentée à la section 2.3.

L'intégration de plusieurs paramètres tels que les précipitations, la température, le type de sol, les pentes, l'utilisation du sol et le type de culture a été utilisée pour le calcul du bilan hydrologique et l'évaluation de la recharge de la nappe d'eau souterraine. Le territoire à l'étude a été divisé en différentes zones selon le coefficient de ruissellement variant de faible à élevé. La majorité du territoire est caractérisée par un coefficient de ruissellement moyen ou élevé. La portion du territoire où le coefficient de ruissellement est faible correspond à la portion de l'esker.

La valeur de recharge a été attribuée en fonction de ces coefficients de ruissellement (faible, moyen et élevé) et correspond respectivement à 25 mm/an, à 50 à 75 mm/an et à 300 mm/an pour les calibrations et de 25, 75 et 300 mm/an pour les simulations prédictives.

La détermination des valeurs de recharge a été réalisée en fonction des valeurs de précipitations qui ont été compilées pour la période de 1971 à 2000 à partir des données de normales climatiques des Archives climatiques nationales d'Environnement Canada pour la station de Val-d'Or (48° 3.600' N, 77° 47.400' O, 337,40 m d'altitude). Au cours de cette période, il est tombé en moyenne 914 mm de précipitations (pluie et neige combinées) annuellement. Les précipitations mensuelles les plus fortes tombent généralement au mois de juillet, alors que les plus faibles sont en février.

4.3 Suivi piézométrique

Un suivi des niveaux d'eau dans le secteur du projet Osisko a été initié en mars 2008. Ce suivi vise à préciser l'influence des activités de pompage dans le puits de la mine Est Malartic dans le roc et dans les dépôts meubles. Le tableau 5 présente les données de niveaux d'eau mesurées en mars et en mai 2008 dans ces puits et forages.

Au total, 16 sondes à pression ont été installées dans des puits d'observation, des forages d'exploration ou de condamnation ou des puits de mines afin de suivre l'évolution des niveaux d'eau avec le temps, avant et après le départ des pompes dans le puits de la mine Est Malartic. La figure 4 présente la localisation de celles-ci. Les données de mesure en continue des niveaux d'eau obtenus entre les 13 et 14 mars 2008 et les 15 et 16 mai 2008 sont présentées à l'annexe B.

Les figures B-1 et B-2 présentent les résultats du suivi sur deux mois des niveaux d'eau dans les seize points de mesure. De façon générale, il peut être observé qu'une hausse des niveaux d'eau est survenue lors de la fonte des neiges et de façon plus marquée à la mi-avril 2008. La hausse du niveau d'eau est variable d'un point de mesure à l'autre mais, en général, les plus fortes hausses sont notées pour les sondes aménagées dans les ouvertures souterraines (puits de la Barnat, puits de la Canadian Malartic, puits de la Est Malartic). L'évolution des niveaux d'eau mesurée dans les puits CM-06-852 et CM-07-1102 est plus instable (variations importantes des niveaux sur de courtes périodes de temps) ce qui suggère que de l'infiltration directe dans le tubage d'eau, suite à la fonte des neiges et à du ruissellement de surface, pourrait être survenue au cours de la période de suivi.

Le départ des pompes no.1 et no.2 est indiqué sur les deux graphiques de suivi des niveaux d'eau. Trois points de mesure révèlent une baisse des niveaux d'eau après le démarrage des pompes, soit le puits de la Est Malartic, le puits de la Barnat et le CM-06-852.

Les résultats de suivi des niveaux d'eau indiquent donc une connectivité hydraulique réelle entre la mine Est Malartic et la mine Barnat. Par contre, l'absence de baisse du niveau d'eau dans le puits de la mine Canadian Malartic après le démarrage des pompes suggère une connectivité hydraulique plus limitée entre cette mine et les mines Barnat et Est Malartic. D'autre part, la différence d'élévation de l'eau entre les puits Est Malartic et Barnat pourrait être due à l'arpentage du point de référence puisque la réponse dynamique de ces deux puits est pratiquement identique.

4.4 Hydrostratigraphie et paramètres hydrauliques

Les unités hydrostratigraphiques ont été définies sur la base d'une compilation des données stratigraphiques et hydrogéologiques existantes auxquelles se sont ajoutées les informations recueillies dans le cadre de la présente étude et de la réalisation par Golder de travaux de forage et d'aménagement de puits d'observation dont les détails seront présentés dans un rapport distinct (Golder, 2008, rapport en cours). Le tableau 7 présente un sommaire des paramètres hydrauliques disponibles pour la réalisation de l'étude hydrogéologique.

Six unités hydrostratigraphiques ont été identifiées, soit:

- les dépôts glaciolacustres;
- l'esker;
- le till glaciaire;
- les résidus miniers;
- le roc supérieur (0-100 m);
- le roc inférieur (plus de 100 m).

4.4.1 Dépôts glaciolacustres

Les dépôts glaciolacustres se retrouvent typiquement du till et du roc. Ceux-ci sont composés de matériaux fins, principalement d'argile et de silt.

D'après des données obtenues à partir d'essais in situ sur des argiles varvées d'Abitibi, la conductivité hydraulique des dépôts glaciolacustres est comprise entre $2x10^{-9}$ m/s à $2x10^{-7}$ m/s (Golder-compilation interne). La compilation de ces résultats d'essais de perméabilité réalisés révèle une valeur moyenne de $7x10^{-8}$ m/s. Les résultats d'essais en laboratoire sur les mêmes argiles varvées indiquent des conductivités hydrauliques d'un ordre de grandeur plus faible, soit près de $1x10^{-8}$ m/s. Un seul essai a été réalisé dans la zone à l'étude, soit un essai de pompage de courte durée réalisé lors de la purge pour échantillonnage du puits d'observation PO-16, et celui-ci révèle une valeur de conductivité hydraulique de $2x10^{-8}$ m/s (Génivar, 2008).

4.4.2 Esker

L'esker est un dépôt fluvioglaciaire principalement composé de sable et gravier. Il est possible d'y retrouver, par endroits, des lentilles de silt ou encore des blocs. Une partie de cet important complexe est exposé en surface; cependant, les flancs de l'esker sont enfouis sous les dépôts glaciolacustres. Les données existantes montrent qu'il ne semble pas y avoir de couche continue de till sous l'esker. Celui-ci reposerait donc directement sur le roc en certains endroits. Par contre, il est possible que du till lessivé par la déposition de l'esker soit présent sous l'esker et que les descriptions stratigraphiques disponibles n'aient pas fait de distinction quant à l'origine des matériaux décrits. D'après les données de compilation, la conductivité hydraulique de l'esker est de $1x10^{-3}$ m/s. Cette valeur a été obtenue suite à la réalisation d'un essai de pompage de longue durée sur une période de 99 heures (GCE Consulteaux, 2006).

4.4.3 Till

Le till est un dépôt glaciaire à granulométrie variable, mais il est principalement composé de sable et silt. Présent sur presque la totalité du territoire, sauf sous l'esker, il peut être considéré comme étant une unité peu perméable séparant la nappe de surface des dépôts meubles de la nappe profonde du roc. D'après les données de compilation, la conductivité hydraulique du till varie de $2x10^{-7}$ à $1x10^{-6}$ m/s (Génivar, 2008). Ces données ont été obtenues suite à des essais de pompage de courte durée réalisés lors de la purge pour échantillonnage des puits d'observation PO-2, PO-5, PO-11, PO-13 et PO-16.

4.4.4 Résidus miniers

Un esssai de perméabilité sur les résidus miniers indique une perméabilité de $7x10^{-6}$ m/s, ce qui est jugé typique des résidus miniers présents sur le site.

Tableau 7
Sommaire des différentes propriétés hydrauliques
compilées et mesurées sur le terrain

Unité stratigraphique	Conductivité hydraulique (m/s)	Type d'essai	Source
Dépôts glaciolacustres	2×10^{-8}	Pompage courte durée (purge de puits d'observation)	Étude Rang 7, Génivar, 2008, préliminaire
	Minimum : 2×10^{-9} Maximum : 2×10^{-7} Moyenne : 7×10^{-8}	Essai perméabilité	Compilation de résultats d'essais perméabilité réalisés dans des argiles varvées d'Abitibi dans le cadre de projets Golder
Esker	1×10^{-3}	Essai de pompage longue durée	Étude hydrogéologique, GCE Consulteaux, 2006
Till	Minimum : 2×10^{-7} Maximum : 1×10^{-6} Moyenne : 6×10^{-7}	Pompage courte durée (purge de puits d'observation)	Étude rang 7 Génivar, 2008 - préliminaire
Roc	Minimum : 5×10^{-9} Maximum : 6×10^{-6} Moyenne : 2×10^{-6}	Pompage courte durée (purge de puits d'observation)	Étude Rang 7, Génivar, 2008, préliminaire
Roc (0-100m)	4×10^{-7}	Simple et double obturateur	Essais hydraulique en forage, Golder 2008
Roc (100m et +)	7×10^{-9}	Simple et double obturateur	Essais hydraulique en forage, Golder 2008
Résidus miniers	7×10^{-6}	Essai perméabilité	Golder, 2008

4.4.5 Roc – Résultats des essais hydrauliques en forage

Les essais packer proviennent de quatre forages du programme géomécanique (GT07-02 à GT07 05) localisés principalement dans le grauwacke ainsi que d'un forage exploratoire (CM07-1540) dans le porphyre de diorite au nord de la propriété. Puisque les forages sont inclinés, une correction a été appliquée pour faire une interprétation conventionnelle pour les puits verticaux. La localisation de ces forages est présentée à la figure 2.

Les données de l'essai à charge descendante ont été analysées en utilisant la méthode à charge descendante de Bouwer-Rice (Bouwer et Rice, 1976; Bouwer, 1989) et celle de Hvorlsev (Hvorslev, 1951). Les données des essais à charge constante ont été interprétées en utilisant la méthode à charge constante de Hvorslev (Hvorslev, 1951) pour calculer la conductivité hydraulique (K (m/s)) de l'intervalle testé.

Les valeurs de conductivité hydraulique ont été calculées à partir de 59 intervalles testés et sont présentées à l'annexe A. Lorsque les deux types d'essais à charge descendante et à charge constante ont été effectués, les résultats obtenus par la méthode de Hvorslev à charge constante sont considérés les plus précis et sont ceux présentés à l'annexe A. Lorsque l'essai à charge descendante est le seul type utilisé, la valeur calculée en utilisant la méthode de Bouwer-Rice est alors présentée.

Afin de faciliter la compréhension, l'ensemble des essais (GT07-02 à GT07-05 et CM07-1540) est d'abord montré; puis, les essais dans les forages GT07-02 et GT07-05 sont montrés de façon isolée. Un total de 34 essais dans le roc peu profond (0-100 m) a été effectué et 25 autres dans celui plus profond (100 m et plus). La figure 9 montre les valeurs K selon la profondeur verticale du point milieu de l'intervalle. De plus, la figure 9 montre les valeurs K classifiées selon les intervalles verticaux dans le massif rocheux entre 0 et 100 m et ceux de 100 m et plus. Les valeurs K varient entre 10^{-10} et 10^{-5} m/s et une tendance de baisse des valeurs de K avec la profondeur peut être notée.

De façon similaire, la figure 10 montre un histogramme des valeurs de K pour le roc peu profond (0-100 m) et celui plus profond (100 m et plus). Les deux ensembles de données

sont relativement semblables et montrent une valeur K centrée de 10^{-8} m/s. Les valeurs moyennes calculées pour l'intervalle entre 0 et 100m est de $6x10^{-8}$ m/s et de $2x10^{-8}$ m/s pour les profondeurs de 100 m et plus.

Les conductivités hydrauliques pour les unités rocheuses principales sont présentées à la figure 11. Les intervalles comprenant les unités de graywacke avec des altérations en biotite, de graywacke avec des altérations en calcite-silice et de diorite avec des altérations de calcite-silice, montrent une valeur K moyenne de 10^{-8} m/s. Aucune unité rocheuse ne semble se démarquer des autres par ses propriétés hydrauliques.

Les essais effectués dans les forages GT07-02 et GT07-05 couvrent de façon continue le massif rocheux testé comparativement aux forages GT07-03, GT07-04 et CM07-1540, qui ont été testés par système à double packer, et ce, de façon discontinue sur des intervalles de 6 m. Les essais packer en continu sur le massif permettent de mieux couvrir l'ensemble des discontinuités pouvant y être présentes. Cela permet d'obtenir un profil précis des conductivités hydrauliques en fonction de la profondeur, plutôt que de seulement cerner les valeurs K extrêmes par un profil discontinu.

La figure 12 montre les valeurs K selon la profondeur verticale du point milieu de l'intervalle pour les forages GT07-02 et GT07-05. Les valeurs K varient entre 10^{-10} et 10^{-5} m/s avec une tendance marquée à diminuer avec la profondeur.

La figure 13 présente un histogramme des valeurs de K regroupées en ordre de grandeur pour le roc peu profond (0-100 m) et celui plus profond (100 m et plus) pour les forages GT07-02 et GT07-05. Les valeurs moyennes calculées pour l'intervalle entre 0 et 100 m est de $4x10^{-7}$ m/s et de $7x10^{-9}$ m/s pour les profondeurs de 100 m et plus.

4.4.6 Coupes hydrostratigraphiques

Deux coupes hydrostratigraphiques longitudinales sont présentées aux figures 14 et 15 alors que la position de ces coupes est présentée à la figure 2.

La coupe A-A' (figure 14) est orientée selon un axe nord-ouest/sud-est allant du secteur des puits de la ville de Malartic en passant par le secteur prévu pour l'implantation de la

fosse et le parc à résidus existant et se termine dans le secteur du lac Malartic. La coupe illustre d'abord, en partie, la géométrie de l'esker localisé au nord-ouest du site. L'épaisseur de l'esker est comprise entre quelques mètres et près de 40 mètres. Les sédiments glaciolacustres plus fins (silt et argile) se retrouvent en bordure et au-dessus de la limite sud de l'esker. L'épaisseur de ce type de matériel atteint 20 mètres dans le secteur des anciennes mines souterraines. La coupe indique aussi, vers le sud-est, une remontée du roc qui correspond au secteur au relief plus accentué et qui est recouvert à cet endroit par un mince couvert de till.

La coupe B-B' (figure 15) est orientée selon un axe nord-est/sud-ouest allant du secteur à relief plus accentué au sud-ouest de la fosse proposée et passant légèrement au nord de la mine Camflo. Encore une fois, au sud du site, dans le secteur au relief plus accentué une mince couche de till se retrouve sur le roc. La coupe indique la présence du parc à résidus qui repose sur des sédiments fins d'origine glaciolacustre. Les sédiments plus grossiers de l'esker sont aussi recoupés; mais dans l'extension sud de l'esker, ceux-ci sont recouverts par les sédiments glaciolacustres. Au nord-est, dans le secteur au relief plus accentué, le roc est découvert sans présence de till.

4.5 Qualité de l'eau souterraine

Des échantillons d'eau souterraine ont été prélevés dans le puits de la mine Est Malartic, le 18 et le 21 avril 2008 ainsi que le 3 juillet 2008.

Ces échantillons ont été soumis à l'analyse pour les paramètres analytiques suivants : hydrocarbures pétroliers C10-C50, métaux (mercure, aluminium, calcium, antimoine, magnésium, argent, arsenic, baryum, cadmium, chrome, cobalt, cuivre, plomb, manganèse, molybdène, nickel, sélénium, sodium, zinc, bore, fer, potatssium), azote ammoniacal, conductivité, cyanures libres, cyanures totaux, pH, alcalinité totale, bicarbonates, carbonate, chlorures, nitrate et nitrite, sulfate et matières en suspension.

Les résultats analytiques sont présentés au tableau 8. Les certificats d'analyses sont présentés à l'annexe D.

Tableau 8

Résultats analytiques pour les échantillons prélevés au puits de la mine Est Malartic

Paramètres	Unités	Dates d'échantillonnage	
		Avril 2008	Juillet 2008
Hydrocarbures pétroliers C_{10}-C_{50}	µg/L	<100	<100
Mercure (Hg)	µg/L	<0,1	<0,1
Aluminium (Al)	µg/L	<30	<30
Calcium (Ca)	µg/L	180000	190000
Antimoine (Sb)	µg/L	12	<6
Magnésium (Mg)	µg/L	58000	61000
Argent (Ag)	µg/L	<0,3	<0,3
Arsenic (As)	µg/L	<2	<2
Baryum (Ba)	µg/L	41	51
Cadmium (Cd)	µg/L	<1	<1
Chrome (Cr)	µg/L	<30	<30
Cobalt (Co)	µg/L	<30	<30
Cuivre (cu)	µg/L	3	<3
Plomb (Pb)	µg/L	<1	<1
Manganèse (Mn)	µg/L	1700	2000
Molybdène (Mo)	µg/L	<30	<30
Nickel (Ni)	µg/L	21	35
Sélénium (Se)	µg/L	<1	<1
Sodium (Na)	µg/L	23000	33000
Zinc (Zn)	µg/L	35	<3
Bore (B)	µg/L	66	94
Fer (Fe)	µg/L	<100	1000
Potassium (K)	µg/L	29000	35000
Azote ammoniacal (N-NH3)	mg/L	0,36	0,51
Conductivité	mmhos/cm	1,4	1,5
Cyanures libres (CN-)	mg/L	<0,01	<0,01
Cyanures totaux	mg/L	<0,01	<0,01
pH	pH	6,8	9,3
Alcalinité Totale (en CaCO3)	mg/L	260	260
Bicarbonates	mg/L	260	260
Carbonate	mg/L	<2	<2
Chlorures (Cl)	mg/L	24	27
Nitrate (N) et Nitrite (N)	mg/L	<0,02	<0,02
Sulfates (SO4)	mg/L	420	440
Matières en suspension (MES)	mg/L	5	6
Dureté totale	mg/L	700	730

Il est à noter que les résultats obtenus pour le fer, en particulier pour l'échantillon d'avril 2008, pourraient sous-estimer les concentrations réellement présentes. Ceci pourrait avoir été causé par la filtration de l'échantillon au laboratoire plutôt que sur le terrain.

5.0 MODÉLISATION NUMÉRIQUE

5.1 Description du modèle

Le modèle numérique employé est FEFLOW (Finite Element subsurface FLOW system). FEFLOW est un logiciel d'écoulement de l'eau souterraine, de transport des contaminants et de transfert de chaleur en éléments finis. Les détails concernant la formulation mathématique de FEFLOW peuvent être consultés sur le site internet de WASY GmbH (www.wasy.de), le développeur et le fournisseur de ce modèle mathématique.

Les simulations d'écoulement de l'eau souterraine ont d'abord été réalisées en régime permanent pour simuler les conditions initiales avant la mise en place de la fosse. Des simulations en régime transitoire ont aussi été réalisées au stade de la calibration sur les données de pompage de 2006-2007 dans le puits de la mine Est Malartic, et en régime permanent sur les données de pompage dans les mines en 1979. Enfin, des simulations en régime transitoire ont aussi été réalisées afin de simuler les différents stades de développement de la fosse en relation avec des activités de pompage dans les ouvrages souterrains.

L'ensemble des simulations a été réalisé en employant l'hypothèse du milieu poreux équivalent pour discrétiser l'aquifère du roc. Cette hypothèse est une alternative acceptable à l'emploi de fractures discrètes pour définir le roc, car l'échelle du modèle est importante (225 km^2), ce qui minimise l'impact de cette hypothèse simplificatrice sur les résultats obtenus.

Les prochaines sections présentent les détails concernant la description du modèle numérique d'écoulement de l'eau souterraine employé pour simuler les effets du dénoyage de la fosse à ciel ouvert et du pompage des anciennes mines souterraines sur les nappes profondes et de surface.

5.1.1 Définition des conditions limites

5.1.1.1 Modèle pour calibration en régime permanent (mars 2008)

Le domaine de modélisation inclut à la fois les dépôts meubles et le roc. Il couvre une surface correspondant à environ 225 km².

La discrétisation verticale comprend un total de 13 couches qui composent le modèle numérique d'écoulement. Les couches 1 à 3 représentent les dépôts meubles, les couches 4 et 5 le roc superficiel (0-50 m), alors que la couche 7 et les suivantes représentent le roc profond. Le nombre de couches a été sélectionné afin d'être en mesure de représenter avec suffisamment de détails les ouvrages souterrains (les chantiers et les galeries des anciennes mines) tout en permettant un temps de simulation raisonnable et une convergence optimale des solutions numériques.

Des conditions limites de charges imposées ont été appliquées au nord et au sud du modèle dans le but de représenter les lacs Malartic et Fournière ainsi que l'aquifère de surface au sud de la zone d'étude, et ceci, sur toute l'épaisseur du modèle (roc et dépôts meubles : couches 1 à 13). La charge hydraulique spécifiée pour les lacs Malartic et Fournière sont respectivement de 294 m et de 304 m, soit l'élévation du modèle numérique de terrain à ces deux endroits.

Des charges imposées ont également été assignées sur la première couche du modèle de façon à représenter les rivières et les ruisseaux superficiels présents dans la zone d'étude. Ces cours d'eau sont considérés en contact hydraulique seulement avec les dépôts de surface. Les valeurs de charges hydrauliques attribuées correspondent à l'élévation du modèle numérique de terrain.

Des conditions limites de flux nul ont été imposées aux limites est et ouest du modèle, et ce, pour toutes les couches. Ces limites sont suffisamment éloignées de l'emplacement de la mine à ciel ouvert proposée pour ne pas influencer de façon significative la quantité d'eau disponible à cet endroit.

La figure 16 présente les limites du modèle ainsi qu'une vue tridimensionnelle du maillage composé d'éléments finis.

Une recharge a été attribuée en fonction des coefficients de ruissellement calculés tel que discuté à la section 2.2. Des valeurs de 25 et de 50 mm/an ont été définies dans certaines zones selon le type de sol, l'utilisation du sol, la pente, etc. Une valeur de recharge équivalente à 300 mm/an a été attribuée à la zone couverte par l'esker. La distribution spatiale des taux d'infiltration par recharge est présentée à la figure 17.

5.1.1.2 Modèle pour calibration en régime dynamique de pompage (années 2006-2007)

Afin de calibrer le modèle avec les données de pompage dans le puits de la mine Est Malartic, un puits de pompage a été intégré au modèle dans le secteur immédiat du puits de la mine Est Malartic au sein des chantiers.

Le débit de pompage imposé à ce deuxième modèle varie entre des débits d'extraction nuls, de 180 m³/h (première pompe en fonction) ou 360 m³/h (deux pompes en fonction)[1]. Ces débits représentent l'opération d'une seule pompe, l'opération simultanée de deux pompes et la remontée hivernale du niveau d'eau lors de l'arrêt du pompage.

5.1.1.3 Modèle pour calibration du taux d'infiltration en régime permanent dans les ouvrages souterrains (année 1979)

Un débit d'exhaure de l'ordre de 750 gallons impériaux par minute (4900 m^3/j) représente la valeur de débit d'infiltration dans les ouvrages souterrains, en 1979, alors que la mine Est Malartic était complètement développée (Osisko, communications personnelles).

Afin de calibrer le modèle à partir de ce taux d'infiltration, les ouvrages souterrains ont été représentés dans le modèle à partir de conditions aux limites de type 1 (charges imposées, Dirichlet) contraintes à un flux sortant. L'élévation de ces charges correspond à la base des éléments, ce qui permet de simuler l'infiltration (*seepage faces*).

[1] Ces données ont été fournies par Osisko.

Ce modèle a été calibré par essais et erreurs par la modification des conductivités hydrauliques de l'aquifère du roc afin d'être en mesure d'obtenir un débit d'infiltration simulé sortant des charges imposées similaires aux observations de l'année 1979.

5.1.2 Construction du maillage et assignation des paramètres hydrauliques

5.1.2.1 Construction du maillage et assignation des paramètres hydrauliques initiaux

La construction du maillage tridimensionnel requiert d'abord qu'un maillage bidimensionnel soit construit. Ce dernier est, par la suite, étendu verticalement à travers les différentes unités hydrostratigraphiques des couches du modèle pour former le maillage tridimensionnel. Le maillage 3D utilisé est composé de 259 938 nœuds formant 480 129 éléments triangulaires. La taille des éléments dans le secteur des mines souterraines est minimale (10 m) dans le but de représenter le volume réel des chantiers existants. À distance de la zone des mines souterraines la dimension maximale des éléments est de 550 m.

Un sommaire des propriétés hydrauliques de chaque unité hydrostratigraphique considérée est présenté au tableau 9.

La partie supérieure du modèle est délimitée par la surface du sol, dont l'altitude a été déterminée d'après le modèle numérique d'altitude (MNA). La première couche à partir du sommet du modèle s'est vue assignée les paramètres hydrauliques des unités présentées sur la carte de la géologie des dépôts meubles (figure 5). Son épaisseur est de 1 m puisque la base de la couche équivaut au MNA moins 1 m. Les dépôts glaciolacustres, qui représentent la majorité des dépôts meubles présents en surface se sont vus assigner une valeur de conductivité hydraulique de $1x10^{-8}$ m/s. Cette première couche présente aussi du till, l'esker et le roc. Les valeurs de conductivités hydrauliques assignées à ces matériaux sont respectivement de $1x10^{-7}$ m/s, de $1x10^{-3}$ m/s et de $3x10^{-6}$ à $2x10^{-5}$ m/s.

La seconde couche du modèle présente une épaisseur variable qui est fonction de l'épaisseur des dépôts meuble. Elle représente aussi en partie des dépôts glaciolacustres,

l'esker, le till et du roc. Les valeurs de conductivités hydrauliques assignées aux dépôts de cette couche sont les mêmes que celles de la première couche.

La troisième couche correspond à la dernière couche de dépôts meubles. La base de cette couche représente donc la topographie du socle rocheux obtenue par l'interprétation des données stratigraphiques du secteur. Cette couche possède une épaisseur fixe de 1 m, soit la topographie du roc plus 1 m. Cette couche est caractérisée par la présence de l'esker, du till et du roc. Encore une fois, les valeurs de conductivités hydrauliques sont semblables à celles assignées aux deux premières couches.

Les couches 4 et 5 du modèle correspondent au roc superficiel. La valeur de conductivité hydraulique du roc à cette profondeur est de $3x10^{-6}$ à $2x10^{-5}$ m/s selon les calibrations (anisotropie verticale de 10).

Les couches 6 à 13 correspondent au roc intermédiaire et au roc profond. Les valeurs d'élévation de celles-ci correspondent à l'élévation des galeries principales des mines Canadien Malartic, Sladen, Barnat et Est Malartic.

En se basant sur les valeurs de conductivités hydrauliques obtenues suite à la réalisation des essais hydrauliques en forage et suite aux travaux de calibration du modèle, la valeur de conductivité hydraulique pour les couches 4 et 5 correspondant à l'intervalle 0 à 50 m est compris dans l'intervalle de $3x10^{-6}$ à $2x10^{-5}$ m/s. Une valeur plus faible de conductivité hydraulique, soit un intervalle de $1x10^{-7}$ à $5x10^{-7}$ m/s, a été spécifiée au modèle pour la portion du roc de profondeur intermédiaire (50-100 m), représentée par les couches 6 à 7, alors qu'une valeur comprise dans l'intervalle de $1x10^{-8}$ à $5x10^{-8}$ m/s a été assignée au roc profond, soit les couches 8 à 13. Pour la calibration du débit d'infiltration dans les mines souterraines, une zone de plus faible conductivité hydraulique a été assignée pour les couches 10 à 13 avec une valeur de $1x10^{-9}$ m/s.

Le tableau 9 présente les conductivités hydrauliques des différentes calibrations.

Tableau 9
Sommaire des propriétés hydrauliques des unités hydrostratigraphiques assignées pour la calibration du modèle numérique d'écoulement

	Conductivité hydraulique assignée au modèle (m/s)	Anisotropie verticale	Emmagasinement spécifique (1/m)	Porosité de drainage
Calibration 1 – régime permanent – conditions initiales				
Roc (0-50m)	$9x10^{-6}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (50-100m)	$5x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (100m et +)	$5x10^{-8}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Chantiers des anciennes mines souterraines	1 m/s	1	$1x10^{-7}$	-
Galeries des anciennes mines souterraines (aire équivalente à 10 m²)	1 m/s	-	$1x10^{-7}$	0,80
Till	$1x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,10
Résidus miniers (conductivité assignée similaire à celle du till puisque repose sur till et/ou argile)	$1x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,10
Esker	$1x10^{-3}$	10	$1x10^{-4}$	0,30
Dépôts glaciolacustres	$1x10^{-8}$	10	$1x10^{-5}$	0,10
Calibration 2 – pompage 2006-2007				
Roc (0-50m)	$2x10^{-5}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (50-100m)	$5x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (100-300m)	$5x10^{-8}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (300m et +)	$5x10^{-8}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Till	$1x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,10
Résidus miniers (conductivité assignée similaire à celle du till puisque repose sur till et/ou argile)	$1x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,10
Esker	$1x10^{-3}$	10	$1x10^{-4}$	0,30
Dépôts glaciolacustres	$1x10^{-8}$	10	$1x10^{-5}$	0,10
Calibration 3 – débit d'exhaure des mines souterraines en 1979				
Roc (0-50m)	$3x10^{-6}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (50-100m)	$1x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (100-300m)	$1x10^{-8}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (300m et +)	$1x10^{-9}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Till	$1x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,10
Résidus miniers (conductivité assignée similaire à celle du till puisque repose sur till et/ou argile)	$1x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,10
Esker	$1x10^{-3}$	10	$1x10^{-4}$	0,30
Dépôts glaciolacustres	$1x10^{-8}$	10	$1x10^{-5}$	0,10

5.1.2.2 Distribution des ouvertures souterraines existantes

La représentation des ouvrages miniers souterrains (Canadian Malartic, Barnat, Sladen et Est Malartic) a été réalisée à l'aide du modèle géologique Gocad développé à partir des plans des anciennes mines souterraines fournis par Osisko (Osisko, 2008b).

Pour la simulation en régime permanent des conditions initiales et la simulation du pompage (2006-2007), le modèle numérique intègre les galeries et les chantiers des quatre mines existantes : Canadian Malartic, Sladen, Barnat et Est Malartic. L'élévation des couches 4 à 13 correspond à l'élévation des galeries souterraines principales qui connectent hydrauliquement les chantiers.

Les figures E-1 à E-10 de l'annexe E présentent la comparaison des surfaces de chantiers intégrées au modèle Feflow en fonction des surfaces fournies par le modèle Gocad. Dans le but de simplifier la construction du modèle, les chantiers inclinés ont été considérés comme étant des chantiers verticaux. Le tableau 10 présente la comparaison entre les volumes minés et les volumes d'ouvertures assignés au modèle numérique. Les volumes des mines Canadian Malartic et Sladen intégrés au modèle Feflow sont, respectivement, 13% plus élevés et 14% moins élevés que les volumes minés. Pour ce qui est de la mine Barnat, son volume Feflow est 40% plus faible que le volume miné. Les données disponibles concernant la localisation des chantiers semblent incomplètes pour cette mine. Comme il est possible de le constater sur les figures de l'annexe E, un volume supplémentaire a été intégré dans le modèle Feflow dans le but de réduire cet écart qui était de 70% au départ. Ce volume ajouté correspond à l'emplacement connu d'effondrements. Comme le volume Feflow est inférieur au volume miné pour la mine Barnat, ce scénario reste conservateur en ce qui concerne le débit d'exhaure potentiellement disponible dans les ouvertures. Pour ce qui est de la mine Est Malartic, le volume Feflow surestime d'environ 15% le volume miné de la mine. Au total, le volume des ouvertures souterraines (chantiers) représenté dans Feflow est surestimé d'environ 4%.

Tableau 10
Comparaison entre les volumes minés et les volumes d'ouvertures assignés au modèle numérique

Mines	Volume miné, incluant les galeries (m^3)	Volume Feflow (m^3)	Écart
Canadian Malartic	3 960 000	4 484 218	+13%
Sladen	1 560 000	1 339 205	-14%
Barnat	1 840 000	1 105 027	-40%
Est Malartic	7 160 000	8 216 816	+14,7%
Total	14 520 000	15 145 266	+4,2 %

Les chantiers souterrains sont représentés par des éléments ayant des valeurs de conductivité hydraulique et de porosité très élevées tel qu'indiqué au tableau 9. Les galeries souterraines sont représentées à l'aide de *discrete feature element*. Ces éléments sont définis numériquement par une valeur de conductivité hydraulique, une valeur d'emmagasinement spécifique et une aire d'écoulement.

Un sommaire des propriétés hydrauliques des galeries et des chantiers est présenté au tableau 9.

5.2 Calibration

5.2.1 Régime permanent (conditions statiques)

Dans un premier temps, le modèle a été calibré en régime permanent en utilisant comme valeurs cibles les données piézométriques mesurées entre le 13 et le 16 mars 2008. La calibration a été réalisée en effectuant plusieurs simulations ayant chacune un ensemble de paramètres hydrauliques différents, jusqu'à ce que la différence entre les charges hydrauliques simulées et observées soit minimisée. La conductivité hydraulique du roc, de l'argile, du till glaciaire ainsi que du taux d'infiltration au niveau des zones de till et de roc sont les paramètres qui ont été modifiés au cours du processus de calibration. Les paramètres calibrés qui ont donné le meilleur ajustement entre les charges simulées et observées sont présentés au tableau 9.

Le modèle a été considéré calibré lorsque l'erreur absolue devenait inférieure à 5 % de la variation totale des niveaux d'eau observés à l'intérieur du domaine modélisé (Anderson et Woessner, 1991). La différence entre la charge hydraulique minimale et celle maximale observée à l'intérieur du domaine modélisé étant de 60 mètres (355 m-295 m), l'erreur absolue ciblée est donc de 3 m. L'erreur absolue du modèle calibré est de 3,36 m, soit 5,6 % par rapport à la différence entre les charges hydrauliques minimales et maximales observées à l'intérieur du domaine modélisé. Il est à mentionner que les valeurs de charges hydrauliques mesurées dans le secteur immédiat des anciennes mines souterraines n'ont pas été considérées pour cette calibration puisque ces valeurs ne sont pas représentatives de conditions en régime permanent. En effet, des activités de pompage sont réalisées depuis l'arrêt de l'opération des mines, ce qui entraîne des valeurs de charges hydrauliques transitoires dans ce secteur. À cet effet, calibration 2 a permis de calibrer le modèle spécifiquement pour le secteur des ouvrages souterrains. Le tableau 11 présente les charges hydrauliques mesurées et simulées pour la première calibration.

Tableau 11

Comparaison entre les charges hydrauliques simulées et les charges hydrauliques mesurées pour la calibration sur les données piézométriques actuelles

Puits	Charges hydrauliques simulées (m)	Charges hydrauliques mesurées (m)	Différence (m)
BH-08-12	323,97	319,96	-4,01
BH-08-15	322,71	331,67	8,97
BH-08-38	324,07	311,8	-12,27
CM07-1026	321,32	327,64	6,33
CM07-1102	322,29	324,42	2,13
CM07-1117	321,87	318,38	-3,48
CM07-987	320,59	318,49	-2,09
CM07-996	322,66	323,03	0,37
PO-2	322,52	322,22	-0,30
PO-3	323,86	327,08	3,22
PO-5	332,63	330,73	-1,90
PO-7	334,51	334,36	-0,15
PO-9	325,98	328,06	2,08
PO-11	320,36	321,88	1,52
PO-12	320,91	322,15	1,24
PO-13	322,66	328,75	6,09
PO-17	321,07	322,04	0,97

La figure 18 illustre la relation entre les charges observées et simulées en régime permanent. Les écarts les plus importants (5 m et plus) entre les charges simulées et observées sont notés aux puits BH-08-15, BH-08-38, CM07-1026 et PO-13.

La figure 19 illustre la piézométrie simulée pour l'aquifère du roc. Il est observé sur cette figure que la piézométrie simulée est similaire à celle définie à partir des données de terrain de mars 2008. La présence de la ligne de partage des eaux est bien représentée par le modèle numérique.

En considérant que l'erreur de calibration est de 5,6 % de la différence entre la charge hydraulique minimale et celle maximale observée à l'intérieur du domaine modélisé et que la piézométrie simulée est semblable à celle observée, on peut conclure que le modèle numérique, tel qu'élaboré, permet de représenter les conditions actuelles d'écoulement de l'eau souterraine.

5.2.2 Régime transitoire – pompage au puits de la mine Est-Malartic (2006-2007)

Une fois le modèle calibré en régime permanent, les opérations de pompage, du printemps à l'automne sur une base annuelle, pour contrôler le niveau de l'eau dans les ouvrages souterrains a été simulé afin de vérifier si le modèle permet de reproduire les rabattements dans le puits de la mine Est Malartic. Ces simulations ont été effectuées en utilisant les charges hydrauliques simulées en régime permanent comme conditions initiales.

Le coefficient d'emmagasinement spécifique du roc, la conductivité hydraulique du roc supérieur et profond ainsi que les valeurs de recharge sont les paramètres qui ont été ajustés au cours de la simulation. Plusieurs simulations ont été effectuées jusqu'à ce que la différence entre les rabattements simulés et observés à la fin des opérations de pompage et de remontée soit minimisée. Les paramètres qui ont engendré le meilleur ajustement entre les rabattements simulés et observés à la fin des essais de pompage sont ceux présentés au tableau 9. Puisque la variation du niveau d'eau dans les ouvertures souterraines en période printanière est reliée à une recharge ponctuelle accentuée par la présence d'ouvertures souterraines ouvertes sur la surface du terrain, une valeur de recharge ponctuelle supplémentaire de 100 000 m^3 a été assignée au modèle

(1670 m^3/j pour 60 jours au printemps). Cette valeur a été estimée sur la base de calculs simplifiés et révèle que l'incertitude quant à cette calibration demeure notable puisque dépendante de l'évaluation du taux d'infiltration ponctuel dans les ouvrages souterrains.

Les débits assignés pour la simulation sont de 180 m^3/h pour une pompe. Lorsque les deux pompes sont en opération, le débit combiné est de 360 m^3/h. Les dates de départ et d'arrêt des pompes no.1 et no.2 ainsi que les valeurs de débits ont été fournies par Osisko (Osisko, communications personnelles).

La figure 20 présente un graphique des rabattements observés et simulés pour la période comprise entre avril 2006 et décembre 2007. En général, le modèle représente avec une assez bonne précision les rabattements et la remontée mesurés dans le puits de la mine Est Malartic.

5.2.3 Régime permanent –débit d'exhaure des mines souterraines (1979)

Une troisième approche a été suivie afin de calibrer le modèle numérique d'écoulement de l'eau souterraine. Les débits d'exhaure des mines souterraines sont connus pour les conditions en fin d'opération de la mine Est Malartic. Ainsi, le débit d'exhaure était de 750 gallons impériaux par minutes (4900 m^3/j) (Osisko, communications personnelles).

Des simulations représentant les conditions de cette époque ont donc été réalisées en assignant des conditions limites représentant l'infiltration de l'eau souterraine dans les chantiers des anciennes mines (type 1, Dirichlet, charges imposées contraintes à un débit sortant). Les paramètres hydrauliques ont été modifiés afin d'obtenir un débit d'exhaure simulé comparable au débit d'exhaure observé.

Ainsi, pour les paramètres hydrauliques présentés au tableau 9 un débit d'exhaure de 5500 m^3/j a été obtenu lors des simulations représentant l'ensemble des chantiers des mines Canadian Malartic, Sladen, Barnat et Est Malartic alors qu'elles étaient dénoyés (conditions de 1979).

5.3 Simulations prédictives

La simulation du dénoyage de la fosse proposée et des ouvertures souterraines sur la propriété d'Osisko visait à :

- évaluer le débit d'exhaure à différentes périodes d'exploitation de la mine; et
- évaluer l'ampleur et l'étendue du rabattement dans le roc et les dépôts meubles.

Le modèle numérique d'écoulement de l'eau souterraine élaboré dans le cadre de ce projet a été employé à cette fin. Les simulations ont été conduites en considérant les paramètres hydrauliques calibrés et à partir de la piézométrie simulée actuelle comme condition initiale. Les propriétés hydrauliques obtenues lors de la calibration en régime permanent, visant à simuler le débit d'exhaure des mines souterraines en 1979, ont été retenues comme cas de base pour les simulations prédictives. Une variante incluant une conductivité hydraulique plus élevée pour le roc supérieur a été simulée afin d'évaluer une gamme de résultats (débits et rabattements) correspondant à une analyse de sensibilité du modèle.

L'infiltration par la recharge a été maintenue constante en fonction du temps, à l'exception de la zone occupée par la fosse proposée pour laquelle l'infiltration a été fixée à zéro.

Le dénoyage de la mine Osisko Malartic a été simulé selon la séquence de minage définie par Osisko à partir des plans présentant l'évolution de la fosse selon l'avancement du projet.

Il est important de noter que plusieurs hypothèses et simplifications ont été utilisées lors de la réalisation des différentes étapes menant aux résultats de la modélisation numérique. Toutefois, chaque étape a été réalisée selon les règles de l'art et en prenant compte des hypothèses conservatrices appuyées sur des données de littérature et de terrain. Les résultats présentés dans les sections suivantes doivent être considérés comme un outil servant de base à la planification de mesure de suivi et/ou de mitigation et comme un outil de prise de décision quant à la gestion de l'eau souterraine pour les besoins en eau du projet.

5.3.1 Description des scénarios de simulation

La calibration du modèle numérique d'écoulement a nécessité l'ajustement des paramètres hydrauliques afin d'être en mesure de représenter deux conditions transitoires connues, soit le pompage dans le puits de la mine Est Malartic en 2006 et en 2007 ainsi que le dénoyage des ouvrages souterrains, tel que décrit par Osisko, pour les conditions de l'année 1979, alors que la mine Est Malartic était complètement développée.

Deux ensembles de paramètres hydrauliques pour les simulations prédictives ont été identifiés. Ce choix de deux ensembles de paramètres hydrauliques permet d'évaluer sommairement la sensibilité du choix des paramètres hydrauliques sur la simulation prédictive des valeurs de débits et l'impact du rabattement dans le secteur de la fosse proposée.

Les mines souterraines ont été assignées pour le volume équivalent à leur ouverture par des conditions de type 1 de Dirichlet (charges imposées), mais contraintes à un écoulement sortant du modèle à l'élévation à laquelle celles-ci sont assignées. En d'autres termes, ces conditions simulent les faces de suintement des ouvertures souterraines dénoyées.

Tout comme pour les ouvertures souterraines, la fosse proposée a été simulée à l'aide de conditions limites de premier type (charges imposées, dirichlet) et contraintes à un flux sortant du modèle. Ces conditions ont été assignées au pourtour de la fosse proposée pour trois scénarios de développement distincts, soit la fosse à l'année 3, à l'année 8 et à l'année 15 d'exploitation. En plus des conditions limites assignées au pourtour de la fosse, toute la surface du plancher et des paliers de la fosse a été simulée par l'assignation de ce type de conditions limites.

Deux scénarios de pompage des ouvertures souterraines ont été retenus afin de simuler le dénoyage des chantiers :

- SCÉNARIO A: Pompage dans les ouvertures souterraines pour maintenir le niveau d'eau, généralement au moins 50 mètres sous la base de la fosse.

- SCÉNARIO B : Pompage permettant le dénoyage complet des ouvertures souterraines sur les 15 ans prévus d'exploitation de la fosse.

Le tableau 12 indique les valeurs des paramètres hydrauliques pour les deux simulations en régime transitoire ainsi qu'une description des scénarios de simulations considérés.

Tableau 12
Sommaire des propriétés hydrauliques des unités hydrostratigraphiques assignées pour la calibration du modèle numérique d'écoulement et description des scénarios de la modélisation prédictive

	Conductivité hydraulique assignée au modèle (m/s)	Anisotropie verticale	Emmagasinement spécifique (1/m)	Porosité de drainage
Scénario – faible perméabilité				
Roc (0-50m)	$3x10^{-6}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (50-100m)	$1x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (100-300m)	$1x10^{-8}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (300m et +)	$1x10^{-9}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Till	$1x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,10
Résidus miniers (conductivité assignée similaire à celle du till puisque repose sur till et/ou argile)	$1x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,10
Esker	$1x10^{-3}$	10	$1x10^{-4}$	0,30
Dépôts glaciolacustres	$1x10^{-8}$	10	$1x10^{-5}$	0,10
Scénario– forte perméabilité				
Roc (0-50m)	$9x10^{-6}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (50-100m)	$1x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (100-300m)	$1x10^{-8}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Roc (300m et +)	$1x10^{-9}$	10	$1x10^{-5}$	0,01
Till	$1x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,10
Résidus miniers (conductivité assignée similaire à celle du till puisque repose sur till et/ou argile)	$1x10^{-7}$	10	$1x10^{-5}$	0,10
Esker	$1x10^{-3}$	10	$1x10^{-4}$	0,30
Dépôts glaciolacustres	$1x10^{-8}$	10	$1x10^{-5}$	0,10

Scenario pompage ouvrages souterrains	0-5 ans	Valeurs K	5-10 ans	Valeurs K	10-15 ans	Valeurs K
SCENARIO A : niveau d'eau maintenenu 50 mètres sous la fosse	Stade de développement de la fosse (3 ans)	K élevé	Fosse (8 ans), charges initiales simulation à 5 ans	K élevé	Fosse (15 ans), charges initiales simulation à 10 ans	K élevé
		K faible		K faible		K faible
SCÉNARO B : pompage des ouvrages souterrains en entier sur 15 ans	Stade de développement de la fosse (3 ans)	K élevé	Fosse (8 ans), charges initiales simulation à 5 ans	K élevé	Fosse (15 ans), charges initiales simulation à 10 ans	K élevé
		K faible		K faible		K faible

5.3.2 Résultats des simulations prédictives

5.3.2.1 Débit d'exhaure

Le tableau 13 et la figure 21 présentent les valeurs de débits d'exhaures estimées à partir des résultats des simulations prédictives.

Le débit total inclut l'eau d'infiltration dans la fosse, l'eau d'infiltration dans les mines souterraines ainsi que l'eau provenant du dénoyage des ouvrages souterrains mais ne comprend pas le ruissellement, la précipitation directe et ne tient pas compte des pertes par évaporation. Les valeurs de débits sont présentées selon les scénarios de pompage des ouvrages souterrains et selon les paramètres hydrauliques assignés.

Le débit minimal simulé est de 7700 m^3/j alors que le débit maximal simulé est de 22 500 m^3/j.

Tableau 13
Débits d'exhaures estimés selon les différents scénarios de simulations prédictives

Scénarios simulés	Période (an) / Débits estimés (m^3/j)					
	2	**5**	**7**	**10**	**13**	**15**
Scénario A faible perméabilité	11 600	9300	9300	9400	12 100	8100
Scénario A forte perméabilité	13 000	16 000	13 600	12 200	22 500	14 600
Scénario B faible perméabilité	12 000	10 400	7700	8200	8800	11 400
Scénario B forte perméabilité	13 000	14 200	16 600	15 100	19 600	19 200

5.3.2.2 Rabattements

Les figures 22 à 29 présentent les rabattements après 10 ans et 15 ans d'exploitation de la fosse proposée selon les deux scénarios de pompage, soit les scénarios A et B, et pour les deux ensembles de paramètres hydrauliques.

Le rabattement significatif a été fixé à 3 mètres et celui-ci est présenté sur les cartes de rabattements ainsi que le rabattement de 10 mètres et plus.

Les cartes de rabattements indiquent que, pour chacun des scénarios, les rabattements significatifs potentiels (plus de 3 m) s'étendent sur d'importantes distances au sud de la fosse proposée. Vers le nord, les zones de rabattement significatif potentiel s'étendent généralement sur de plus faibles distances.

Les cartes de rabattements indiquent aussi que certains puits du SIH sont localisés à l'intérieur des zones de rabattement significatif potentiel tout autour de la fosse proposée.

Aussi, les puits de la ville de Malartic sont très rapprochés et/ou à l'intérieur des zones de rabattement significatif potentiel. Enfin, la ville de Malartic est comprise dans la zone de rabattement de plus de 10 m. Aussi, les zones de rabattements significatifs dans les dépôts meubles recoupent aussi des secteurs caractérisés par des sols fins ou par la présence de piliers miniers de surface.

6.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Les principales hypothèses appuyant les travaux de modélisation numérique visaient notamment à établir de façon conservatrice les débits d'exhaure disponibles ainsi que l'étendue du cône de rabattement significatif potentiel dans le secteur à l'étude. À cet effet, différents scénarios ont été simulés afin d'étudier dans une certaine mesure la sensibilité du modèle selon différents paramètres hydrauliques et identifier les résultats conservateurs.

Les conclusions portant sur les observations et les mesures de terrain des conditions hydrogéologiques ainsi que sur les résultats des simulations numériques prédictives sont les suivantes :

- La conductivité hydraulique du massif rocheux diminue avec la profondeur. Ceci est observé à la fois par les données obtenues par les essais hydrauliques en forage ainsi que par les données historiques de pompage;
- Les données piézométriques suggèrent que les mines souterraines sont interconnectées dans leur partie supérieure. Bien que les données piézométriques en conditions dynamiques de faible rabattement (mars 2008) ne permettent pas d'évaluer les interconnections en profondeur, les plans d'archives des mines Canadian Malartic, Sladen, Barnat et Est Malartic indiquent que ces quatre mines sont interconnectées jusqu'à une profondeur de 300 mètres environ. Les résultats du suivi des niveaux d'eau à partir de sondes à pression aménagées dans seize points de mesure indiquent l'existance d'une connectivité hydraulique entre les mines Est Malartic et Barnat, suite au départ des pompes no.1 et no.2 dans le puits de la mine Est Malartic. Par contre, l'effet du pompage dans le puits de la mine Est Malartic n'a pas été observé aussi clairement dans le puits de la mine Canadian Malartic, ce qui pourrait indiquer une connectivité hydraulique limitée ou une obstruction potentielle entre ces deux anciennes mines. D'autre part, les différences d'élévation de l'eau entre les puits Est Malartic, Sladen et Barnat suggèrent que les élévations des points de référence sont erronnées. Ceux-ci devraient être réarpentés par rapport au même système de référence;

- La calibration du pompage en 2006-2007 révèle une conductivité hydraulique de $2x10^{-5}$ m/s pour le roc superficiel, comparativement à $9x10^{-6}$ m/s pour la calibration avec les conditions piézométriques de mars 2008 et à $3x10^{-6}$ m/s pour la calibration du débit d'exhaure de 1979 dans les ouvrages souterrains. La valeur de $2x10^{-5}$ m/s est un cas extrême moins vraisemblable que les autres calibrations. Les différentes valeurs de conductivité reflètent en partie la difficulté à évaluer la recharge directe dans les mines via les chantiers dont les piliers de surface se sont effondrés;
- Les débits d'exhaure simulés en provenance du dénoyage des mines souterraines et de l'infiltration de la fosse à ciel ouvert proposés sont estimés entre 7700 et 22 500 m^3/j pour les scénarios simulés. Les débits maximums sont jugés les moins probables et ne devraient pas être utilisés pour les besoins du bilan hydrique du site/procédé. Selon les scénarios et les hypothèses considérés, l'intervalle de valeurs jugé vraisemblable est compris entre environ 7700 et 10 000 m^3/j.
- La zone de rabattement significatif potentiel (plus de 3 m) s'étend jusqu'à une distance de 5 km au sud et de 3 km au nord de la fosse proposée. Dans tous les cas, la ville de Malartic est touchée par le rabattement significatif potentiel;
- Les puits d'approvisionnement en eau de la ville de Malartic ont eu des difficultés à rencontrer la demande durant les deux dernières décennies. Selon les résultats des simulations prédictives, la mine projetée pourrait avoir un certain impact sur les niveaux d'eau de l'esker pompé par les puits de la ville, affectant à la baisse les débits de production, en particulier durant les périodes de recharge négligeables (étiage d'été et conditions hivernales);
- Les argiles comprises dans les zones de rabattements significatifs pourraient être drainées et subir des tassements alors que le drainage rapide du roc pourrait causer de l'instabilité à certains piliers de surface dans les zones de fort rabattement.
- Pour certains scénarios de simulation, la zone de rabattement significatif atteint la limite ouest du modèle. Ceci pourrait entraîner une certaine surestimation de l'amplitude de l'étendue du cône de rabattement dans le secteur. Une analyse de sensibilité spécifique à l'influence de cette condition limite sur l'étendue du rabattement pourrait permettre de préciser l'amplitude et l'étendue du rabattement dans le secteur ouest;

Les recommandations générales suite à la réalisation de l'étude hydrogéologique et des simulations numériques prédictives portant sur l'exploitation et l'impact potentiel du projet Osisko à Malartic sur l'eau souterraine sont les suivantes:

- Un plan de contingence relatif à l'approvisionnement en eau de la ville de Malartic devrait être élaboré. Celui-ci pourrait inclure :
    - Un projet de recharge artificielle de l'esker à partir de l'eau de surface; et/ou
    - Le maintien de la digue du lac de la réserve afin d'assurer une réserve d'eau à proximité de la ville; et/ou
    - L'utilisation de l'eau de cours d'eau présents dans la région (autres que le lac de la réserve); et/ou
    - L'implantation de puits additionnels dans les eskers situés dans la région.
- L'implantation d'un programme de suivi des niveaux d'eau dans l'esker dans un rayon de 50 à 150 m des puits de pompage dès 2009;
- Les puits domestiques compris dans la zone de rabattements significatifs verront vraisemblablement leur débit de production affecté à la baisse:
    - Une contingence devrait être prévue pour l'implantation de puits domestiques profonds et l'acheminement de l'eau pour des groupes de résidences;
    - Un inventaire de terrain des puits domestiques, complémentaire aux données du SIH et aux inventaires existants faits par Génivar, devrait être réalisé dans les prochains mois (Génivar, 2008b)

- Un programme de suivi des niveaux d'eau dans le roc dans les secteurs de rabattements jugés significatifs devrait être implanté dès maintenant et pour la durée du projet;

- Inventorier les zones montrant de fortes épaisseurs d'argiles sensibles dans les zones de rabattements significatifs en relation avec les infrastructures existantes et élaborer un programme de caractérisation géotechnique de ces argiles, si nécessaire;

- Inventorier les piliers de surface et évaluer le potentiel d'instabilité causé par le drainage éventuel du roc;

- Réaliser une étude de faisabilité technico-économique pour le pompage profond dans les ouvrages souterrains;

- Préciser le bilan d'eau global du site (eau de surface et eau souterraine); et

- Bien que l'impact du pompage de la mine souterraine et de la fosse proposée sur les débits d'étiage des cours d'eau devrait être très faible parce que la plupart des cours d'eau situés dans la zone de rabattement significatif sont vraisemblablement isolés du roc par des dépôts meubles peu perméables, cet aspect pourrait être évalué de façon plus précise par des modélisations localisées et spécifiques à ces cours d'eau.

7.0 LIMITATIONS

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

À moins d'avis contraires, les interprétations, les commentaires et les recommandations présentés dans ce rapport ont été formulés suite à une évaluation des conditions souterraines du site, conformément à la portée de l'étude et aux limitations générales décrites sur cette page, de même qu'à la lumière de nos connaissances concernant l'utilisation courante et/ou prévue du site, les règlements, les normes et les critères environnementaux en vigueur ainsi que les règles et les pratiques professionnelles reconnues et acceptées au moment de l'étude, en tenant compte dans tous les cas de l'emplacement du site. Les références aux lois et aux règlements contenues dans ce rapport sont fournies à titre indicatif, sur une base technique, comme les lois et les règlements sont sujets à interprétation. Golder recommande à Osisko de consulter ses conseillers juridiques afin d'obtenir les avis appropriés s'il y a lieu.

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

dans ce rapport. Les travaux de modélisation effectués par Golder et décrits dans ce rapport ont été réalisés conformément aux règles et aux pratiques professionnelles reconnues et acceptées au moment de leur réalisation. À moins d'avis contraires, les résultats de travaux antérieurs ou simultanés, provenant d'autres sources que celles de Golder, cités et/ou utilisés dans ce rapport sont considérés comme ayant été obtenus en respectant les règles et les pratiques professionnelles reconnues et acceptées et, par conséquent, comme étant valides.

Tout modèle informatique n'est qu'une simplification de la réalité et FEFLOW, de même que les logiciels associés, ne fait pas exception. Il est important de noter que des incertitudes sont associées aux simulations produites par de tels modèles. D'une façon particulière, la précision des simulations s'appuie sur la quantité des données de terrain disponibles en relation avec le degré d'hétérogénéité des formations géologiques, de même que du degré de précision des données considérées dans le modèle et des hypothèses simplificatrices mentionnées dans ce rapport. Si toutefois Osisko modifiait son plan d'exploitation par rapport aux hypothèses mentionnées dans ce rapport pour la simulation du dénoyage de la mine, les résultats obtenus avec le modèle devront être réévalués.

La précision des simulations est reliée aux incertitudes normales associées à la modélisation numérique. Toutefois, les résultats des simulations présentés dans ce rapport fournissent des indications utiles pour la comparaison des différents scénarios dans le cadre du processus décisionnel, en particulier la sélection des mesures de mitigation à être mises en place.

Les volumes d'eau de stockage dans la mine dépendent de la géométrie réelle des ouvertures. Les volumes d'eau de stockage ont été estimés à l'aide de données historiques et de plans d'archives. Ces volumes pourraient être moindres si l'information au sujet des ouvertures souterraines et/ou des remblais est inexacte ou encore si certaines interconnections souterraines sont colmatées et ne permettent pas de drainer l'eau de certaines ouvertures. Ultimement les volumes d'eau stockés récupérables dépendront des interconnections de mines qui seront sensibles aux emplacements sélectionnés pour les pompes.

De la même façon, même si la mine souterraine est dénoyée en avance de la fosse (c'est-à-dire, si le niveau d'eau de la mine souterraine est gardé inférieur à la base de la fosse), certaines venues d'eau soudaines pourraient être observées dans la fosse au fur et à mesure que celle-ci est exploitée.

D'autre part, si des conditions géologiques différentes de celles présentées dans ce rapport sont observées (par exemple si une partie de l'esker est intersectée par la fosse de la mine et/ou si des failles importantes sont rencontrées), les venues d'eau et l'étendue des rabattements pourraient être significativement plus élevés que ce qui est prédit par le modèle.

L'annexe F présente les conditions et limitations générales à l'étude.

GOLDER ASSOCIÉS LTÉE

Alexandre Boutin, ing., M.Sc.
Hydrogéologue

Marie-Noëlle Riverin, ing.jr., M.Sc.
Chargée discipline

Normand D'Anjou, ing., M.Sc.
Associé principal

Mathieu Gosselin, ing.jr., M.Sc.
Chargé discipline

MNR/MG/AB/ND/jm

n:\actif\2007\1221\07-1221-0028 osisko est-malartic\phase 2000 géomécanique et hydrogéologie\2400 hydrogéologie\secrétariat\rapport étude hydrogéologique 2400\final\secrétariat\rff 07-1221-0028.doc

RÉFÉRENCES

Anderson, M.P., Woessner, W.W., 1991. Applied Groundwater Modeling – Simulation of Flow and Advective Transport. Academic Press. San Diego. 381 pages.

Banton, O. et L.M. Bangoy, 1999, Hydrogéologie, multiscience environnementale des eaux souterraines. Presses de l'Université du Québec / AUPËLF. 460 p

Bouwer. H. et Rice, R.C., 1976. A slug test for determining hydraulic conductivity of unconfined aquifers with completely or partially penetrating wells. Water Resources Research, vol, 12, no 3, p. 423-428.

Dierch a et b, Feflow User Manual

Experts Enviroconseils Inc., année inconnue. Ennoiement des chantiers, Mines East Malartic, Canadian Malartic, Barnat et Sladen. 11 pages + annexes.

Grant M., Sanfaçon R. et Trudel P., 1987. Géologie de la mine de Canadian Malartic – district de Malartic. Ministère des ressources naturelles, série des manuscrits bruts M.B. 87-41, 73 pages.

Grant M., Fallara F., Rose P.S., et Sanfaçon R., 2003. Carte géologique 32D01. Ministère des ressources naturelles et de la faune.

Hvorslev, M.J., 1951. Time lag and soil permeability in groundwater observations, U,S, Army Corps of Engineers, Waterway Experiment Station, Vicksburg, MS, 50 p.

GCE Consulteaux, 2008. Rapport d'expertise – Étude hydrogéologique, Puits P-6 et FE-7. Rapport no. 1199-08-04, juillet 2008.

GCE Consulteaux pour Génivar, 2006. Étude hydrogéologique-Recherche en eau souterraine et implantation d'un puits de production – Ville de Malartic. 27 pages + tableaux + figures + annexes.

Génivar, 2008a. Rapport préliminaire – Description du milieu récepteur, 52 pages

Génivar, 2008b. Plan de localisation approximative des puits d'alimentation d'eau potable – Secteur TNO-Lac Fouillac.

Génivar, 2007. Avis de projet, Projet minier aurifère Canadian Malartic, déposé au ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec. AA106790, 48 pages.

Génivar, 2006. Développement domiciliaire à Malartic – Secteurs: Golf et chemin du camping, Lot 2: Égouts, aqueduct et voirie. Génivar 2006, 175 pages.

Golder, 2008, donnée de forage BH-08-1 à BH-08-43 (rapport en cours)

Golder, 2007. Proposed Work Plan, Feasibility Study Hydrogeological Study of Proposed Open Pit Osisko Project, Malartic. 8 pages.

Golder, 1983. Water Supply Sources East Malartic Mill, Memorandum, no.831-1253, 11 pages.

Grant M., Sanfaçon R. et Trudel P., 1987. Géologie de la mine de Canadian Malartic – district de Malartic. Ministère des ressources naturelles, série des manuscrits bruts M.B. 87-41, 73 pages.

Grant M., Fallara F., Rose P.S., et Sanfaçon R., 2003. Carte géologique 32D01. Ministère des ressources naturelles et de la faune.

Lac Minerals, 1984. A Study of Water Flow into Malartic Mines. 4 pages.

Ministère de l'Environnement du Canada, Archives climatiques nationales, site internet : http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/ - Station météorologique de Val-D'or

Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, 1994. Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales - Cahier 3: Échantillonnage des eaux souterraines, Direction des laboratoires, 100 pages.

Ministère des Ressources naturelles et Faune du Québec, 2008 e-sigéom examine, Forages au diamant, site internet : http://sigeom.mrnfp.gouv.qc.ca/signet/classes/I1102_index

Ministère des Ressources naturelles et Faune du Québec, 2004. Modèle numérique d'altitude 32D01-0102 et 32D01-0202.

Ministère des Ressources naturelles et Faune du Québec, cartes topographiques matricielles à l'échelle 1: 20 000 (32D01-0102 et 32D01-0202

Ministère des Transports du Québec, 2004, révision 2006. Manuel de conception des ponceaux, 541 p.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 2008 Système d'information hydrogéologique, site internet : 132.203.71.97/index,html.

MIR télédétection, Quickbird 2003/09/17

Osisko Exploration Ltée., 2008a. Données cartogaphiques diverses (fond cartes autocad, information sur la fosse à ciel ouvert, etc)

Osisko Exploration Ltée, 2008b. Données d'archives (plans des mines Canadian Malartic, Barnat, Sladen, East Malartic, figure consignant des données de remontée de l'eau souterraine après l'arrêt de l'opération de la mine Canadian Malartic, données de suivi de l'évolution des niveaux d'eau dans le puits de la mine Est Malartic.

RSG Global, 2006. Technical Report for the Canadian Malartic Gold Project, Canada. 86 pages + figures + annexes.

RST Instrument Ltd., 2007. Borehole Packers Instruction Manual. Document no. BPM0001E, borehole packer instruction manual.doc, mai 2007.

Scanlon, B.R., Healy, R.W. et Cook, P.G., 2002. Choosing appropriate techniques for quantifying groundwater recharge. Hydrogeology Journal, vol. 10, no 1, p. 18-39.

Soil Conservation Service (SCS), 1972. National Engineering handbook, section 4: Hydrology. US Department of Agriculture, NRCS, U,S, Government print office, Washington, DC.

Soil Conservation Service (SCS), 1975. Urban hydrology for small watersheds, TR-55. US Department of Agriculture, NRCS, U,S, Government print office, Washington, DC.

Thorntwaite, C.W. et Mather, J.R., 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Publication in Climatology, vol. 10, no 3, Drexel Institute of Technology Laboratory of Climatology, Centerton, New Jersey, 311 p.

Osisko, 2008c. Données de forages d'exploration minière d'Osisko Exploration Ltée

Veillette, 2003. Les cartes de formations en surface de l'Abitibi, Québec. Commission géologique du Canada, Dossier public 1523.

Ville de Malartic, 2008. Communication verbales, M. Michel Tessier et M. Jean Brassard. Informations relatives à l'exploitation de l'eau souterraine pour l'approvivionnement en eau potable pour la municipalité. Identification des usagers potentiels de l'eau souterraine dans le secteur.

Mètres
0 2 500 5 000

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17

Source: Photos @ 2007 ESRI, i-cubed

Date :	9 mai 2008	Échelle :	1: 200 000
SIG :	O. Delorme	Conception :	M.-N. Riverin
Vérification :	A. Boutin	Révision :	N. D'Anjou
No. de projet :	07-1221-0028		

PROJET

ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES
OSISKO EXPLORATION
MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

Golder Associés

OSISKO EXPLORATION

TITRE

Plan de localisation du projet Osisko

Figure 1

N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\Figure_1_Plan_Localisation.mxd

705 000 710 000 715 000 720 000

5 345 000 5 340 000 5 335 000 5 330 000

Lac Malartic

N

A A'

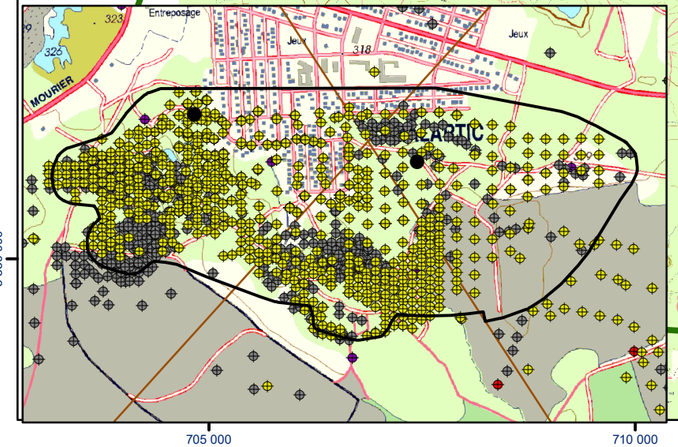
B B'

East Amphi

Camflo

Lac de la Réserve

Lac Fournière



LÉGENDE

- Puits de pompage de la ville de Malartic (P-4; P-5)
- Nouveau puits de pompage de la ville de Malartic (PP-6)
- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits des mines souterraines
- Puits d'observation (GCE Consulteaux, 2006)
- Forage et puits d'observation (Golder, 2008, en rédaction)
- Puits d'observation (Génivar, 2008a, préliminaire)
- Forages d'exploration minière (SIGEOM, MRN, 2008)
- Forages de définition et de condamnation (Osisko, 2008c)
- Forages et puits d'observation (Génivar, 2008b)
- Forages Système d'information hydrogéologique (MDDEP, 2008)
- Localisation des coupes hydrostratigraphiques
- Bassin d'entreposage d'eau de la mine (proposé)
- Limite du modèle numérique
- Fosse proposée
- Parc à résidus existants
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)

0 1 250 2 500 5 000 Mètres

1:70 000

CONFIDENTIEL

RÉFÉRENCE

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17

Source: Cartes matricielles de la BDTQ à l'échelle 1:20 000

PROJET
ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES
OSISKO EXPLORATION
MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

TITRE
Localisation des informations géologiques

Golder Associés
Montréal, Québec

PROJET No. 07-1221-0028			Échelle respective	REV. 0
Conception	MNR	15 avril 2008		
GIS	NZG	15 avril 2008		
Vérification	AB	16 avril 2008		
Révision	NDA	17 avril 2008		

FIGURE 2

Projet: N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\Figure_2_Infos_Geo.mxd

705 000 710 000 715 000 720 000

5 345 000 5 340 000 5 335 000 5 330 000

Lac Malartic

Lac de la Réserve

Lac Fournière

East Amphi

Camflo

Puits Barnat

Puits Canadian Malartic

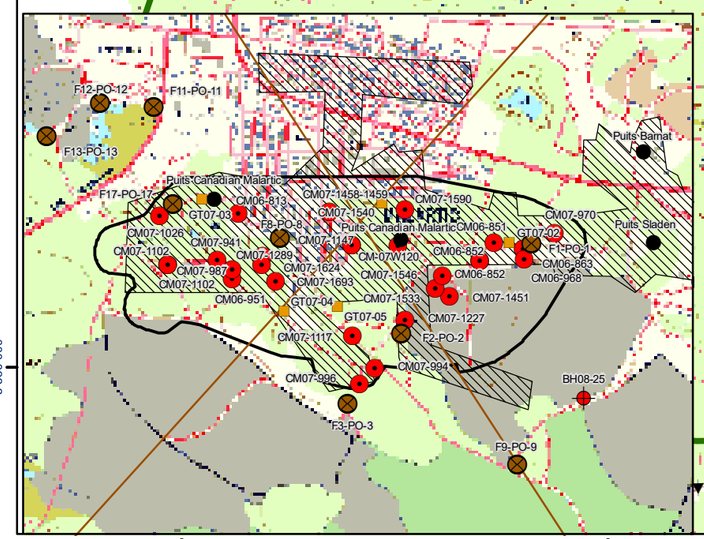
Puits Sladen

Puits Est Malartic

A A'

B B'

SIH-26 SIH-24 SIH-27 SIH-30 SIH-31 SIH-29 SIH-28 SIH-2 SIH-32 SIH-11 SIH-10 SIH-23 SIH-25 FE-04-06 SIH-18 FE-07-06 SIH-22 FE-11-06 FE-16-06 FE-18-06 FE-17-06 FE-14-06 SIH-20 FE-15-06 SIH-17 FE-01-06 SIH-19 SIH-4 SIH-7 SIH-8 SIH-5 SIH-9 SIH-21 SIH-12 SIH-16 SIH-13 SIH-15 SIH-14 FE-10-06 SIH-6 FE-06-06 FE-03-06 FE-09-06 FE-08-06 FE-05-06 FE-02-06 F16-PO-16 FE-13-06 FE-12-06 F12-PO-12 F11-PO-11 F13-PO-13 F17-PO-17 F15-PO-15 GT07-03 CM07-1540 F8-PO-8 GT07-02 F1-PO-1 SIH-35 SIH-36 SIH-37 SIH-38 GT07-05 SIH-34 F2-PO-2 GT07-04 F3-PO-3 BH08-25 BH08-03 F9-PO-9 F5-PO-5 F10-PO-10 F4-PO-4 BH08-38 F6-PO-6 A-4 F7-PO-7 BH08-12 BH08-36 D-10 BH08-15 BH08-08 N-11 SIH-33



N

0 1 250 2 500 5 000 Mètres

1:70 000

LÉGENDE

- Puits de pompage de la ville de Malartic (P-4; P-5)
- Nouveau puits de pompage de la ville de Malartic (PP-6)
- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Localisation des essais Packer réalisés
- Puits d'observation aménagés dans les dépôts meubles (Golder, 2008, en rédaction)
- Puits d'observation aménagés dans le roc (Golder, 2008, en rédaction)
- Forages de définition et/ou condamnation utilisés pour les levés piézométriques (Osisko, 2008c)
- Puits des mines souterraines
- Puits d'observation aménagés dans les dépôts meubles (GCE Consulteaux, 2008)
- Puits d'observation aménagés dans les dépôts meubles (Genivar, 2008b)
- Forages Système d'information hydrogéologique (MDDEP, 2008)
- Puits d'eau potable domestiques (Genivar, 2008)
- Coupes
- Bassin d'entreposage d'eau de la mine (proposé)
- Limite du modèle numérique
- Fosse proposée
- Parc à résidus existants
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)

CONFIDENTIEL

RÉFÉRENCE

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17

Source: Cartes matricielles de la BDTQ à l'échelle 1:20 000

PROJET
ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES
OSISKO EXPLORATION
MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

TITRE
Localisation des informations hydrogéologiques

Golder Associés
Montréal, Québec

PROJET No. 07-1221-0028			Échelle respective	REV. 0
Conception	MNR	15 avril 2008	FIGURE 3	
GIS	NZG	15 avril 2008		
Vérification	AB	16 avril 2008		
Révision	NDA	17 avril 2008		

Projet: N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\Figure_3_Carte_Localisation_Infos.mxd

705 000 710 000 715 000 720 000

5 345 000 5 340 000 5 335 000 5 330 000

Lac Malartic

Camflo

East Amphi

F16-PO-16

FE-12-06

Puits Canadian Malartic

Puits Barnat

CM07-1147

CM06-863

CM07-1102

CM06-852

Puits Est Malartic

BH08-19

BH08-38

F7-PO-7

BH08-12

BH08-03

D-10

BH08-15

Lac Fournière

N

0 1 250 2 500 5 000 Mètres

1:70 000

LÉGENDE

- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Puits d'eau potable domestiques (Genivar, 2008)

Puits et/ou forages dans lesquels le suivi piézométrique a été réalisé (mars à mai 2008)

- Puits d'observation aménagés dans les dépôts meubles (Golder, 2008)
- Puits d'observation aménagés dans le roc (Golder, 2008)
- Forages de définition et/ou de condamnation (Osisko, 2008c)
- Puits des mines souterraines
- Puits d'observation aménagés dans les dépôts meubles (GCE Consulteaux, 2008)
- Puits d'observation aménagés dans les dépôts meubles (Genivar, 2008b)
- Limite du modèle numérique
- Bassin d'entreposage d'eau de la mine (proposé)
- Fosse proposée
- Parc à résidus existants
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)

CONFIDENTIEL

RÉFÉRENCE

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17

Source: Cartes matricielles de la BDTQ à l'échelle 1:20 000

PROJET

ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS
SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES
OSISKO EXPLORATION
MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

TITRE

Localisation des sondes à pression

Golder Associés
Montréal, Québec

PROJET No. 07-1221-0028			Échelle respective	REV. 0
Conception	MNR	15 avril 2008		
GIS	NZG	15 avril 2008		
Vérification	AB	16 avril 2008		
Révision	NDA	17 avril 2008		

FIGURE 4

Projet: N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\Figure_4_Localisation_Sondes_Pression.mxd

705 000 710 000 715 000 720 000

5 345 000 5 340 000 5 335 000 5 330 000

Lac Malartic

N

A

A'

B

B'

East Amphi

Camflo

Lac Fournière

LÉGENDE

- Puits de pompage de la ville de Malartic (P-4; P-5)
- Nouveau puits de pompage de la ville de Malartic (PP-6)
- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Bassin d'entreposage d'eau de la mine (proposé)
- Limite du modèle numérique
- Localisation des coupes hydrostratigraphiques
- Rivières
- Routes principales
- Fosse proposée
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)
- Parc à résidus existants
- Milieu humide
- Hydrographie

Géologie des dépôts meubles

- 1a - Till - Couverture discontinue (< 1 m)
- 1b - Till - Couverture continue (> 1 m)
- 2a - Sédiments juxtaglaciaires
- 2b - Sédiments d'épandage proglaciaire
- 2c - Sédiments granulaires
- 3a - Sédiments d'eau profonde
- 3b - Sédiments sublittoraux et de plage
- 5 - Dépôts alluviaux
- 6 - Dépôts organiques
- R - Roc

0 1 250 2 500 5 000 Mètres

1:70 000

CONFIDENTIEL

RÉFÉRENCE

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17

Sources: Commission géologique du Canada (Veillette, 2003)
BNDT Ressources naturelles Canada

PROJET

ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS
SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES
OSISKO EXPLORATION
MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

TITRE

Carte des dépôts meubles

Golder Associés
Montréal, Québec

PROJET No. 07-1221-0028			Échelle respective	REV. 0
Conception	MNR	14 avril 2008	FIGURE 5	
GIS	NZG	14 avril 2008		
Vérification	AB	16 avril 2008		
Révision	NDA	17 avril 2008		

Projet: N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\Figure_5_Depots_Surface.mxd

705 000 710 000 715 000 720 000

5 345 000 5 340 000 5 335 000 5 330 000

Lac Malartic

N

A

B'

B

A'

Faille Raymond

Faille de Cadillac

Faille de Sladen

East Amphi

Camflo

Groupe de Cadillac

Groupe de Piché

Groupe de Pontiac

Lac Fournière

LÉGENDE

- Puits de pompage de la ville de Malartic (P-4; P-5)
- Nouveau puits de pompage de la ville de Malartic (PP-6)
- Anciennes mines dans le secteur à l'étude
- Bassin d'entreposage d'eau de la mine (proposé)
- Limite du modèle numérique
- Localisation des coupes hydrostratigraphiques
- Rivières
- Failles principales
- Routes principales
- Fosse proposée
- Parc à résidus existants
- Anciennes mines souterraines sur la propriété de Osisko (Canadian Malartic, Sladen, Barnat, Est Malartic)
- Milieu humide
- Hydrographie

Zones géologiques

- Péridotite
- Formation de fer oxydée
- Gabbro / Diabase
- Schiste à biotite et à chlorite
- Porphyre intermédiaire
- Wacke, Mudrock, Schiste
- Conglomérat polygénique
- Volcanique et intrusive ultramafique
- Basalte
- Volcanique
- Andésite
- Granodiorite
- Dacite

0 1 250 2 500 5 000 Mètres

1:70 000

CONFIDENTIEL

RÉFÉRENCE

Projection: Transverse universelle de Mercator
NAD 83 UTM Zone 17

Sources: Commission géologique du Canada; BNDT Ressources naturelles Canada; MRN - SIGEOM; Grant M., Sansfaçon R. et Trudel P. (1987) : Géologie de la mine Canadian Malartic - district de Malartic. Ministère des Ressources naturelles, série des manuscrits bruts M.B. 87-41, 73 pages.

PROJET
ÉVALUATION DU DÉBIT D'EXHAURE ET DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES NIVEAUX DES EAUX SOUTERRAINES
OSISKO EXPLORATION
MALARTIC, QUÉBEC, CANADA

TITRE
Géologie du roc

Golder Associés
Montréal, Québec

PROJET No. 07-1221-0028			Échelle respective	REV. 0
Conception	MNR	15 avril 2008		
GIS	NZG	15 avril 2008		
Vérification	AB	16 avril 2008		
Révision	NDA	17 avril 2008		

FIGURE 6

Projet: N:\Actif\2007\1221\07-1221-0028 Osisko Est-Malartic\GIS\Map\Figure_6_Geologie.mxd