

Projet minier Arnaud



Complément n° 13
à l'étude d'impact sur l'environnement

RÉPONSES À LA QUATRIÈME SÉRIE DE
QUESTIONS ET COMMENTAIRES DU MDDEF

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Mine Arnaud

Directeur de projet : François Biron, ing.

Directrice environnement : Caroline Hardy, ing.

GENIVAR

Chargé de projet : Bernard Massicotte, Biologiste, M. Sc.

Chargée de projet adjointe : Marie-Hélène Brisson, Biologiste

Collaborateurs : Andréanne Hamel, ing. M.Sc.
: Daniel Lemaire, ing. M.Sc.
Marc Gauthier, Biologiste, Ph.D.
Simon Latulippe, ing.
Jean-François Poulin, Biologiste, M.Sc.

Édition : Linette Poulin

Référence à citer :

GENIVAR. 2013. *Complément n° 13 à l'étude d'impact sur l'environnement*. Réponses à la quatrième série de questions du ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. Rapport de GENIVAR à Mine Arnaud inc. 23 p. et annexes.

TABLE DES MATIÈRES

Page

INTRODUCTION	1
1. COMPLÉMENT N° 8 - RÉPONSES À LA DEUXIÈME SÉRIE DE QUESTIONS ET COMMENTAIRES AINSI QUE L'ADDENDA 1	3
2. COMPLÉMENT NO 7 RAPPORT DE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE (MARS 2013).....	4
3. ANNEXE 15 DU COMPLÉMENT NO 4 ATMOSPHERIQUE (JUN 2013) MODÉLISATION	19

ANNEXE 1 Coordonnées géographiques du contour de la fosse projetée

INTRODUCTION

Le présent document comprend des questions et des commentaires (quatrième série) adressés à Mine Arnaud inc. à la suite de l'analyse de recevabilité et de la décision de rendre publique l'étude d'impact sur l'environnement pour le projet d'exploitation d'un gisement d'apatite sur le territoire de la municipalité de Sept-Îles.

1. COMPLÉMENT N° 8 - RÉPONSES À LA DEUXIÈME SÉRIE DE QUESTIONS ET COMMENTAIRES AINSI QUE L'ADDENDA 1

- QC-1** **Les documents suivants n'ont pas été transmis par J'initiateur :**
- 1. Réserves minérales en conformité avec les règles de l'instrument national IN-43-101;**
 - 2. Résultats de la campagne de forage de condamnation.**
- L' initiateur doit fournir ces documents.**

Réponse :

1. Le rapport sur les réserves minérales (NI-43-101) a été déposé au MDDEFP sous pli séparé.
2. La campagne de forage de condamnation prévue à l'hiver 2013 n'a pas eu lieu. Il n'y a donc aucun résultat qui puisse être présenté.

2. COMPLÉMENT NO 7 RAPPORT DE MODÉLISATION HYDROGÉOLOGIQUE (MARS 2013)

QC-2 L'initiateur réfère à un rapport d'Ausenco Vector daté de juillet 2011, sans faire mention du rapport de Genivar daté de novembre 2012. L'initiateur doit préciser si les résultats du rapport de Genivar daté de novembre 2012, ont été utilisés dans le cadre des travaux de modélisation numérique.

Réponse :

Les résultats de GENIVAR (2012) ont été considérés pour l'élaboration du modèle conceptuel. Les forages réalisés en 2012 ont permis de préciser l'épaisseur des dépôts meubles et la conductivité hydraulique du roc dans le secteur au sud de la fosse et dans les futurs parcs à résidus. Les valeurs de niveaux d'eau présentées dans le rapport de GENIVAR (2012) ont été utilisées pour calibrer le modèle.

QC-3 Il est difficile de distinguer l'origine des valeurs de certains paramètres et de faire le lien avec les unités hydrostratigraphiques décrites dans les autres études hydrogéologiques fournies par l'initiateur. Dans ce contexte, l'initiateur doit fournir un tableau synthèse relatif aux 13 unités hydrostratigraphiques du modèle conceptuel, de même que:

- mentionner l'unité ou les unités géologiques correspondantes à chacune des unités hydrostratigraphiques;
- indiquer la plage de valeur mesurée et/ou estimée pour chacun des paramètres des unités hydrostratigraphiques et préciser l'origine (référence) de ces plages de valeur épaisseur, pente, conductivité hydraulique, paramètres d'emménagement et autres paramètres d'entrée ayant servi lors des modélisations avec différents logiciels (HELP, MODFLOW, Zone budget et MODPATH);
- élaborer sur les liens hydrauliques entre les différentes unités hydrostratigraphiques, les eaux de surface (incluant la baie de Sept-Îles) et les types d'aquifères (libre, captif, semi-captif).

Réponse :

Le modèle ne contient pas 13 unités hydrostratigraphiques, mais bien quatre unités hydrostratigraphiques. Lors de la construction du maillage du modèle, celui-ci a été subdivisé (raffiné) en 13 sous-couches pour permettre une plus grande précision (résolution).

- **mentionner l'unité ou les unités géologiques correspondantes à chacune des unités hydrostratigraphiques;**

La correspondance des unités géologiques et hydrostratigraphiques est présentée à la section 4.4 du rapport de modélisation hydrogéologique, révision 1 (GENIVAR, 2013) :

Quatre zones de conductivité hydraulique furent attribuées dans ce modèle. Ces zones comprenaient l'horizon de dépôts meubles au site de la mine, le substrat rocheux, la couche d'argile sous-jacente à la baie des Sept Îles et au rivage, et les zones de faille au site minier. Les valeurs initiales de ces zones proviennent du rapport d'investigation hydraulique « Hydrogeologic Investigation Report » d'Ausenco Vector (juillet 2011) et des nouveaux résultats obtenus lors des travaux de terrain menés par GENIVAR en 2012. Une valeur initiale de la conductivité hydraulique du substrat rocheux de $1,39 \times 10^{-2}$ m/j a été initialement utilisée et ensuite modifiée pendant le processus de calibration afin d'obtenir le meilleur jumelage entre les charges observées et simulées. La valeur de la conductivité hydraulique des dépôts meubles était la même que celle utilisée dans le modèle d'Ausenco Vector. La conductivité hydraulique des failles dans la zone du puits et la couche d'argile sous la baie des Sept-Îles et le rivage étaient basées sur l'expérience technique.

La calibration du modèle a donné de meilleurs résultats lorsqu'une anisotropie verticale de 1 :10 est appliquée à l'horizon de dépôts meubles et d'argile sous la Baie.

- **indiquer la plage de valeur mesurée et/ou estimée pour chacun des paramètres des unités hydrostratigraphiques et préciser l'origine (référence) de ces plages de valeur épaisseur, pente, conductivité hydraulique, paramètres d'emmagasinement et autres paramètres d'entrée ayant servi lors des modélisations avec différents logiciels (HELP, MODFLOW, Zone budget et MODPATH);**

La plage de valeur mesurée et/ou estimée pour chacun des paramètres des unités hydrostratigraphiques est décrite dans les paragraphes 8, 9 et 10 de la section 4.3 et à la section 4.4 du rapport de modélisation hydrogéologique, révision 1 (GENIVAR, 2013) (voir question précédente). Le tableau 3-1 précise la source des conductivités hydrauliques utilisées.

Tableau 3-1 (Tableau 3 modifié)

Description	Zone	Conductivité hydraulique					Référence
		minimum (modèle conceptuel)	maximum (modèle conceptuel)	Horizontale initiale (modèle conceptuel)	Horizontale calibré	Anisotropie verticale	
		m/d	m/d	m/d	m/d		
Dépôts meubles au site minier	1	3,95x10 ⁻³	12,4	3,0x10 ⁻³	3,0x10 ⁻³	1:10	GENIVAR (2012)
Substrat rocheux	2	3,2x10 ⁻⁴	1,1	1,39x10 ⁻²	2,1x10 ⁻²	1:1	Ausenco Vector (2011) GENIVAR (2012)
Faïlles au site minier	3	9,1x10 ⁻³	1,1	0,1	0,1	1:1	Freeze and Cherry (1979)
Argile sous la baie de Sept Îles et le rivage	4	8,64x10 ⁻⁶	8,64x10 ⁻⁴	8,64x10 ⁻⁴	8,64x10 ⁻⁴	1:10	Freeze and Cherry (1979)

Le tableau 3-2 ci-dessous présente une synthèse des paramètres d'entrée pour le logiciel HELP. Toutes les valeurs de précipitations utilisées proviennent des données de la station météorologique de Sept-Îles d'Environnement Canada.

Tableau 3-2 Synthèse des paramètres d'entrée pour le logiciel HELP

Zone	Pente	Couche 1 épaisseur	Couche 1 Conductivité hydraulique vertical	Couche 2 épaisseur	Couche 2 Conductivité hydraulique vertical	Référence
1	0	2 m	3.0x10 ⁻⁴ m/d	8 m	1.3x10 ⁻² m/d	GENIVAR, 2012 Ausenco Vector, (2011)
2	5.24 %	2 m	3.0x10 ⁻⁴ m/d	8 m	1.3x10 ⁻² m/d	GENIVAR 2012 Ausenco Vector, (2011)

Le tableau 3-3 présente les valeurs de recharge initiales utilisées et les résultats de la calibration. Des données provenant de la région de Sept-Îles furent utilisées pour faire l'estimation de la valeur de recharge avec le logiciel HELP model (US EPA, 1994). Les détails de la provenance des valeurs initiales sont présentés à la section 4.3 du rapport de modélisation hydrogéologique, révision 1 (GENIVAR, 2013). Il faut noter qu'une troisième zone de recharge (environ 956 mm/an et/ou 0,0026 m/j) fut attribuée à la mine pendant les simulations,

lesquelles comprenaient une mine à ciel ouvert. Cette recharge était basée sur l'hypothèse que la mine ne générerait aucun ruissellement et que la quantité de précipitation (1 156 mm/an pour une période de 30 ans), moins l'évaporation (environ 200 mm/an) serait une quantité supplémentaire d'eau qui devra être pompée hors de la mine pendant le processus de dénoyage.

Tableau 3-3 Valeurs des zones de recharge (tableau 2 modifié)

Description	Zone	Recharge initiale mm/an	Recharge calibrée mm/an
Recharge du substrat rocheux	1	178	168
Dépôts meubles au site de la mine	2	122	110
À la mine pendant les simulations d'excavation seulement	3	n/a	956*

* Trente années de précipitation moins l'évaporation. Données d'environnement Canada
n/a Cette valeur n'a pas été utilisée durant la calibration, mais seulement lors de la simulation de la mine à ciel ouvert (paragraphe 11 section 4.3).

Les paramètres de porosité totale, de porosité effective et d'emménagement sont résumés au tableau 3-4. En régime permanent, les paramètres d'emménagement des aquifères ne sont pas requis pour modéliser l'écoulement d'eau souterraine. Toutefois, une simulation de trajectoire des particules est requise pour cette étude, laquelle requiert une porosité effective pour simuler la vitesse d'écoulement de l'eau souterraine. La porosité effective a été estimée en se basant sur les paramètres obtenus dans la littérature et à partir de travaux antérieurs effectués pour des unités géologiques similaires.

Tableau 3-4 Paramètres d'emménagement

Couche	Description	Zone	Porosité totale --	Porosité effective --	Emménagement 1/m
1-13	Domaine du modèle	1	0.01 ⁽¹⁾	0.1 ⁽¹⁾	1.2x10 ⁻⁶ ⁽¹⁾

Source: ⁽¹⁾ July 2011 Hydrogeologic Investigation Report - Ausenco Vector

- **élaborer sur les liens hydrauliques entre les différentes unités hydrostratigraphiques, les eaux de surface (incluant la baie de Sept-Îles) et les types d'aquifères (libre, captif, semi-captif).**

Liens hydrauliques

Les informations récoltées au cours des différentes campagnes de terrain ont permis d'établir que les liens hydrauliques entre les eaux souterraines et les eaux de surface sont faibles. Les détails des informations compilées sont présentés dans le rapport hydrogéologique de GENIVAR (GENIVAR 2013 *Projet minier Arnaud. Rapport sectoriel. Hydrogéologie, révision 1.* Rapport de GENIVAR à Mine Arnaud inc. 73 p. et annexes). De façon générale, les éléments suivants nous permettent d'établir cette conclusion :

- les dépôts meubles, lorsque présents, sont constitués de matériaux peu perméables (silt argileux), ce qui limite les échanges entre les eaux souterraines et les eaux de surface.
- le mauvais drainage observé dans le secteur des aires d'accumulation de résidus témoigne d'un écoulement lent et d'un faible taux d'infiltration au roc.

Type d'aquifère

MODFLOW a quatre différentes façons pour décrire les types d'aquifère. Pour le modèle de mine Arnaud, toutes les couches ont été considérées de type 3 (confiné/non confiné) afin de permettre au niveau d'eau de varier entre les couches et assurer l'utilisation des bonnes valeurs de transmissivité dans les calculs. Plus précisément, en utilisant le type 3, la transmissivité de chacune des couches varie selon l'épaisseur saturée et la conductivité hydraulique.

Ainsi, les dépôts meubles et l'unité de roc sous-jacent (dans certains cas) ont été modélisés en tant qu'aquifère de type nappe libre. Les dépôts argileux et l'unité de roc sous-jacent ont été modélisés en tant qu'aquiclude et aquifère de type captif.

QC-4 **L'initiateur doit fournir un tableau synthèse des conditions limites. Également, l'initiateur doit élaborer sur les critères qui ont conduit à attribuer des conditions limites de type rivière versus des conditions limites de type cellules drainantes pour les différents cours d'eau.**

Réponse :

Les conditions sont présentées à la figure 1 du rapport de modélisation hydrogéologique, révision 1 (GENIVAR, 2013) et expliquées à la section 4.3 du rapport. Les tableaux 4-1 et 4-2 résument les valeurs utilisées.

Tableau 4-1 Les valeurs des charges constantes

Description	Élévation constante de la charge mASL
Limite ouest	60 m nord à 0 m sud
Limite nord	245 m est à 60 m ouest
Limite est	245 m nord à 0 m sud
Limite sud	0 m

Tableau 4-2 Valeurs des zones de recharge (tableau 2 modifié)

Description	Zone	Recharge initiale mm/an	Recharge calibrée mm/an
Recharge du substrat rocheux	1	178	168
Dépôts meubles au site de la mine	2	122	110
À la mine pendant les simulations d'excavation seulement	3	n/a	956*

* Trente années de précipitation moins l'évaporation. Données d'environnement Canada

n/a Cette valeur n'a pas été utilisée durant la calibration, mais seulement lors de la simulation de la mine à ciel ouvert (paragraphe 11 section 4.3).

Les ruisseaux de type cellules drainantes ont été considérés comme eau de résurgence et ne participent donc pas à la recharge de l'eau souterraine. Pour les rivières tel que la rivière Saint-Marguerite, on a utilisé les conditions limites de type rivière puisque celles-ci participent à la recharge des eaux souterraines.

QC-5 L'initiateur doit fournir un tableau synthèse des paramètres d'entrée (précipitation, évapotranspiration, taux d'infiltration, etc.) ainsi que des références (ex. données climatiques et météorologiques).

Réponse :

Le tableau synthèse des paramètres d'entrée a été présenté à la QC-3. Les paramètres météorologiques proviennent des données de la station de Sept-Îles compilées par Environnement Canada :

ENVIRONNEMENT CANADA. 2012. Archives nationales d'information et de données climatologiques. Fichiers IDF.
<ftp://arcdm20.tor.ec.gc.ca/pub/dist/IDF/>

ENVIRONNEMENT CANADA. 2012. *Normales et moyennes climatiques au Canada 1971-2000.*
www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/climate_normals/index_f.html.

QC-6 Les zones de recharges décrites dans le tableau 2 ne correspondent pas exactement au texte qui les accompagne à la page 12. L'initiateur doit fournir un tableau synthèse comprenant une description plus détaillée des différentes zones de recharge (ou encore spécifier les unités hydrostratigraphiques concernées), les valeurs de recharge calculées avec HELP et les valeurs de recharge calibrées avec MODFLOW.

Réponse :

Voir réponse question QC-3.

QC-7 Le tableau 3 présente des valeurs de conductivité hydraulique calibrées pour chacune des zones. L'initiateur doit y ajouter une plage de conductivités hydrauliques mesurées et présenter une discussion relative aux valeurs calibrées par rapport aux valeurs mesurées ainsi que sur l'anisotropie.

Réponse :

La correspondance des unités géologiques et hydrostratigraphiques est présentée à la section 4.4 du rapport de modélisation hydrogéologique, révision 1 (GENIVAR, 2013)

Le tableau 7.1 présente les plages de conductivités hydrauliques, la valeur calibrée et la référence associée. La calibration du modèle a donné de meilleurs résultats lorsqu'une anisotropie verticale de 1 :10 est appliquée à l'horizon de dépôts meubles et d'argile sous la Baie.

Les valeurs calibrées se trouvent dans la plage de valeurs mesurées ayant servi à l'élaboration du modèle conceptuel.

Tableau 7-1 (Tableau 3 modifié)

Description	Zone	Conductivité hydraulique					Référence
		minimum	maximum	Horizontale		Anisotropie	
		(modèle conceptuel)	(modèle conceptuel)	initiale (modèle conceptuel)	Horizontale calibré		
m/d	m/d	m/d	m/d				
Dépôts meubles au site minier	1	3,95x10 ⁻³	1,2x10	3,0x10 ⁻³	3,0x10 ⁻³	1:10	GENIVAR (2012)

Tableau 7-1 (suite) (Tableau 3 modifié)

Description	Zone	Conductivité hydraulique				Anisotropie verticale	Référence
		minimum (modèle conceptuel)	maximum (modèle conceptuel)	Horizontale initiale (modèle conceptuel)	Horizontale calibré		
		m/d	m/d	m/d	m/d		
Substrat rocheux	2	3,2x10 ⁻⁴	1,1	1,39x10 ⁻²	2,1x10 ⁻²	1:1	Ausenco Vector (2011) GENIVAR (2012)
Failles au site minier	3	9,1x10 ⁻³	1,1	0,1	0,1	1:1	Freeze and Cherry (1979)
Argile sous la baie de Sept Îles et le rivage	4	8,64x10 ⁻⁴	8,64x10 ⁻⁶	8,64x10 ⁻⁴	8,64x10 ⁻⁴	1:10	Freeze and Cherry (1979)

QC-8 L'initiateur doit fournir un tableau synthèse présentant les élévations d'eau souterraine mesurées et simulées, leur pourcentage d'écart, l'unité hydrostratigraphique correspondante ainsi qu'une discussion sur la représentativité des résultats simulés.

Réponse :

Les tableaux 8.1 et 8.2 présentent la synthèse des valeurs obtenues ainsi que les écarts associés.

Tableau 8-1

Nom	X	Y	couche	Unité Hydrostratigraphique	Observées	Simulées	Écart	Pourcentage (%)
PO-1R	677681	5569271	9	roc	23.2	30.02	-6.82	29
PO-2R	678622.3	5569763	9	roc	7.451	23.76	-16.31	219
PO-3R	678631.7	5569554	9	roc	6.42	16.43	-10.01	156
PO-4R	674521.4	5568705	2	roc	97.914	90.42	7.49	8
PO-5R	674189	5569485	2	roc	86.784	95.77	-8.99	10
PO-6R	673704.6	5568978	2	roc	96.41	90.42	5.99	6
PO-7R	672756.4	5569798	2	roc	102.898	110.23	-7.34	7
PO-8R	675622	5570820	2	roc	83.435	89.83	-6.40	8
PO-9R	675096.5	5570314	2	roc	70.54	79.90	-9.36	13
PO-10R	677970.9	5569019	9	Roc et dépôt meuble	4.879	15.65	-10.77	221
PO-1S	677683.9	5569267	1	Dépôt meuble	26.61	29.90	-3.29	12
PO-2S	678623.1	5569762	5	Dépôt meuble	7.82	23.54	-15.72	201
PO-5S	674190	5569482	1	Dépôt meuble	86.88	95.83	-8.95	10
PO-9S	675097	5570312	1	Dépôt meuble	70.173	78.50	-8.32	12

Tableau 8-2 Statistiques de calibration

Mesure statistique	Unité	Résultat du modèle calibré
Résiduel maximum	m	11,03
Résiduel minimum	m	-16,31
Écart type des résiduels	m	7,74
Moyenne absolue des résidus	m	9,12
Racine de l'erreur quadratique moyenne	m	9,71
Racine de l'erreur quadratique moyenne à l'échelle (Scaled RMS)	%	9,9

Les statistiques de calibration présentées aux tableaux (b) et 6 montrent que le modèle, lequel se trouve à l'intérieur de la plage de NRMS acceptée par l'industrie, est bien calibré. Les niveaux de l'eau souterraine sont très sensibles à la conductivité hydraulique des zones utilisées dans ce modèle, de même qu'à la conductance des rivières et du drainage.

Bien que les statistiques de calibration montrent que le modèle se trouve à l'intérieur de la plage de NRMS pour l'étendue du modèle à l'échelle régionale, les pourcentages d'écart entre les niveaux d'eau mesurés et simulés montrent que localement le modèle conceptuel pourrait être amélioré.

QC-9 L'initiateur doit fournir la localisation exacte de la future fosse. Aussi, l'initiateur doit expliquer pourquoi les débits de base des cours d'eau situés entre les zones 3 et 13 n'ont pas été pris en compte et ce, considérant que ces cours d'eau sont localisés directement en amont hydraulique de la future fosse.

Réponse :

Les coordonnées de la future fosse sont présentées à l'annexe 1.

La station J51 se trouvant entre les zones 3 et 13 correspond à un ruisseau intermittent. Les ruisseaux intermittents correspondent à l'écoulement de l'eau de surface et non à une résurgence d'eau souterraine. Il ne faut donc pas utiliser ces valeurs pour la calibration du modèle correspondant à des conditions d'écoulement d'eau souterraine en régime permanent.

QC-10 Le débit mesuré pour le site n° 73 (172,8 m³/dl n'est pas le même que celui reporté au tableau 8 (17,8 m³/d). L'initiateur doit vérifier ces données et, au besoin, les corriger.

Réponse :

Une erreur s'est glissée dans le tableau présenté initialement dans le tableau 8 du rapport. Le tableau 10-1 présente la valeur corrigée.

Tableau 10-1 Les débits d'eau de surface mesurés comparativement aux débits simulés

Zone #	Zone modèle #	Valeurs des débits mesurés (m ³ /d)	Valeurs des débits simulés (m ³ /d)
1	2	34,6	33,9
2	3	380,26	1077,8
3	4	172,8	364,7
4	5	172,8	374,9
5	6	8,6	196,8

Tableau 10-1 Les débits d'eau de surface mesurés comparativement aux débits simulés (suite)

Zone #	Zone modèle #	Valeurs des débits mesurés (m ³ /d)	Valeurs des débits simulés (m ³ /d)
6	7	86,4	54,5
7	8	43,2	271,7
8	9	345,6	428,1
9	10	259,2	318,2
10	11	17,3	692,8
11	12	181,4	821,3
12	13	155,5	92,1
13	14	17,38	109,7
14	15	181,4	437,3
15	16	492,58	505,6
16	17	8,6	47,0
17	18	17,38	47,2
18	19	60,5	195,7
19	20	354,2	276,3
20	21	43,2	426,4
21	22	95,0	942,3
22	23	60,5	83,8
23	25	34,6	187,5

QC-11 Dans le rapport hydrogéologique, les résultats de statistique de calibration présentés au tableau 6 et les résultats du bilan hydrique présentés au tableau 7 seraient satisfaisants. Toutefois, il est difficile d'avoir une vue d'ensemble des valeurs mesurées versus les valeurs simulées pour les différents paramètres. Entre autres, il n'y a pas de tableau synthèse permettant de comparer les élévations d'eau souterraine mesurées et simulées. L'initiateur doit s'assurer que les résultats de calibration et de bilan hydrique représentent des résultats simulés.

Réponse :

Voir question QC-5.

QC-12 La figure 5 présente des résultats de calibration relatifs aux élévations d'eau souterraine pour les couches I,S et 9. L'initiateur doit élaborer sur les résultats de calibration pour les autres couches puisque 13 unités hydrostratigraphiques ont été modélisées.

Réponse :

Le modèle ne contient pas 13 unités hydrostratigraphiques, mais bien quatre unités hydrostratigraphiques. Lors de la construction du maillage du modèle, celui-ci a été subdivisé en 13 sous-couches pour permettre une plus grande précision.

Comme les puits d'observation sont situés que dans les unités de roc et de dépôts meubles, seules ces valeurs observées peuvent être comparées aux valeurs calibrées.

QC-13 Les résultats présentés au tableau 8 permettent de calculer que la valeur d'un débit simulé peut être jusqu'à 40 fois plus élevée que la valeur d'un débit mesuré (zone modèle no 11), ce qui se traduit par un pourcentage d'écart de l'ordre de 95 %. Par ailleurs, environ 17 % des valeurs de débits simulés sont sous-évaluées avec un pourcentage d'écart atteignant ± 25 % (zone modèle no 13). Afin de faciliter la comparaison des débits, l'initiateur doit ajouter une colonne indiquant le pourcentage d'écart entre les valeurs de débits mesurés et les valeurs de débits simulés, de même que fournir une discussion sur la représentativité des résultats simulés.

Réponse :

Zone #	Modèle Zone #	Valeurs de débit mesurées (m ³ /d)	Valeurs de débit simulées (m ³ /d)	Différence de débit (m ³ /d)	Pourcentage de différence relative (%)
1	2	34.6	33.9	-0.7	2
2	3	380.26	1077.8	697.54	183
3	4	172.8	364.7	191.9	111
4	5	172.8	374.9	202.1	117
5	6	8.6	196.8	188.2	2188
6	7	86.4	54.5	-31.9	37
7	8	43.2	271.7	228.5	529
8	9	345.6	428.1	82.5	24
9	10	259.2	318.2	59	23
10	11	17.3	692.8	675.5	3905
11	12	181.4	821.3	639.9	353
12	13	155.5	92.1	-63.4	41
13	14	17.38	109.7	92.32	531
14	15	181.4	437.3	255.9	141
15	16	492.58	505.6	13.02	3
16	17	8.6	47	38.4	447
17	18	17.38	47.2	29.82	172
18	19	60.5	195.7	135.2	223
19	20	354.2	276.3	-77.9	22
20	21	43.2	426.4	383.2	887
21	22	95	942.3	847.3	892
22	23	60.5	83.8	23.3	39
23	25	34.6	187.5	152.9	442

Les débits des stations d'eau de surface sont généralement surestimés par le modèle. Le modèle n'a pas réussi à reproduire certains débits. Ceci pourrait être expliqué en partie par le fait que la recharge est basée sur des conditions normales moyennes sur une période de 30 ans et que les débits utilisés pour la calibration ont été mesurés lors d'une période anormalement sèche. Les données de débits ne sont pas nécessairement représentatives des débits de base moyens (la période de mesure des débits est courte), la calibration de ces données devient donc difficile.

- QC-14** Pour expliquer les écarts entre les valeurs de débits mesurés et les valeurs de débits simulés, Genivar mentionne à la page 37 que « Les débits d'étiage pour les stations d'eau de surface sont modérément surestimés par le modèle. Ceci est normal considérant que la recharge est basée sur des conditions normales moyennes sur une période de 30 ans et que les débits utilisés pour la calibration ont été mesurés lors d'une période anormalement sèche ». Il aurait été intéressant de procéder en deux étapes :
1. calibrer le modèle à partir d'une recharge correspondant à la période anormalement sèche, au lieu des conditions normales moyennes sur une période de 30 ans;
 2. prédire des débits normaux moyens et des élévations normales moyennes d'élévation d'eau souterraine à partir d'une recharge correspondant à des conditions normales moyennes sur une période de 30 ans.
- L'initiateur doit se prononcer sur cette démarche.

Réponse :

Pour obtenir une bonne calibration du modèle de l'écoulement de l'eau souterraine, il est préférable d'utiliser la valeur moyenne de tous les niveaux d'eau disponibles pour chacun des puits afin d'être le plus représentatif du régime permanent. Il est donc nécessaire d'utiliser les valeurs de recharge moyenne (régime permanent) afin de permettre de calibrer avec les niveaux d'eau moyens utilisés. L'utilisation de faible recharge et de niveau d'eau en condition sèche ne serait pas représentative d'un régime permanent.

- QC-15** Selon les figures 1 et 4, des conditions limites de type cellules drainantes auraient été attribuées à toutes les zones, sauf à la zone modèle n°2 pour laquelle des conditions limites de type rivière ont été attribuées. L'initiateur doit préciser si la répartition des conditions limites a été utilisée seulement pour le modèle prédictif (résultats du tableau 9) ou aussi pour le modèle calibré (résultats du tableau 8).

Réponse :

Le modèle prédictif a utilisé les mêmes conditions limites que le modèle calibré. Pour le secteur de la fosse, les ruisseaux de type cellules drainantes ont été remplacés par d'autres cellules de type drainant correspondant à la fosse.

QC-16 **L'initiateur doit indiquer quelle est la fiabilité des valeurs de débit simulées à partir du modèle prédictif puisque les valeurs de débit du modèle calibré peuvent être jusqu'à 40 fois plus élevées que les débits mesurés.**

Réponse :

Chaque modèle a son degré d'incertitude relié généralement à la quantité d'information disponible. Dans notre cas, l'objectif est d'évaluer le débit de dénoyage de fosse et ses impacts sur l'aquifère et le milieu environnant. La surestimation des débits des cours d'eau suggère une approche conservatrice et estime à la hausse les débits de dénoyage à prévoir. Les résultats des débits simulés comprennent une plus grande incertitude étant donné le niveau de calibration obtenu. Les résultats des débits simulés devraient être interprétés avec prudence. Ils peuvent être utilisés afin de prévoir s'il existe un risque d'impact et ainsi déterminer l'ampleur de l'impact attendu (impact faible, modéré ou élevé). Par contre, le pourcentage de diminution pourrait varier considérablement avec l'apport au modèle de données additionnelles. La modélisation numérique permet d'établir la zone d'influence du dénoyage de la fosse. Par la suite, la connaissance géologique du milieu combinée aux résultats obtenus permet de mieux définir l'ampleur des impacts attendus.

3. ANNEXE 15 DU COMPLÉMENT NO 4 ATMOSPHERIQUE (JUIN 2013) MODÉLISATION

QC-17 Selon les données aux tableaux 11 et 12, la fosse serait exploitée en deux zones, ce qui introduit deux zones de forage (FOR 1 et 2) et deux zones de sautage (SAUT 1 et 2). L'initiateur doit préciser si ces deux zones seront utilisées simultanément ou en alternance. Il doit aussi démontrer quel est l'impact de ces changements. La question vise particulièrement les activités de sautage puisqu'il est assumé que l'exploitation des zones se fait simultanément.

Réponse :

La fosse est effectivement exploitée en deux zones distinctes comme le présente les tableaux 11 et 12. Deux zones de forage ont donc été considérées, soit FOR1 et FOR2. Toutefois, il n'y a qu'une seule source de sautage, soit SAUT1. La source SAUT2 n'a jamais existée.

Pour cette étude de modélisation, les deux zones d'exploitation de la fosse fonctionnent de façon simultanée. Les sources FOR1, LOAD1, et SAUT1 à l'ouest de la fosse et les sources FOR2 et LOAD4 à l'est de la fosse, tel que présenté aux figures 7 et 8, émettent des poussières en même temps pour chacun des scénarios. Les taux des sources liées aux opérations présentes dans la fosse ont été ajustés en conséquence. En effet, un banc de sautage par jour est prévu dans le plan d'exploitation. Donc, avec deux sites de forages distincts, chacune des foreuses produit 0,5 banc par jour, divisant par deux le taux d'émission obtenu lorsqu'un seul site de forage est présent dans la fosse. Les taux des sources de chargement (LOAD1 et LOAD4) ont quant à eux été ajustés en fonction de la nouvelle répartition du tonnage extrait de la fosse. Enfin, il est important de noter que le sautage est effectif seulement une heure par jour, correspondant au pas de temps minimal disponible dans le modèle. Cette double exploitation de la fosse constitue une répartition plus réaliste des opérations dans la fosse.

QC-18 Concernant les calculs des émissions de NOx et de SO2, l'initiateur doit clarifier les unités pour démontrer la concordance des informations fournies dans le but de préciser les unités retenues. (ex : quantité d'explosif annuelle; 5 076 tonnes/trou (par trou ou par an?) Quantités d'explosifs par sautage : 13,9 tonnes/sautage). Dans le contexte de la modélisation atmosphérique, l'initiateur doit aussi préciser le nombre de trous par sautage qu'il a retenu.

Réponse :

Les unités présentées dans le tableau 13 (scénario 1 – année 6) concernant les calculs d'émissions de NO_x et SO₂ ont été clarifiées et le tableau 18-1 remplace désormais le tableau 13 du rapport de modélisation. Le tableau 18-2 (scénario 2 – année 10) remplace le tableau 14 du rapport de modélisation. Dans ces tableaux, les taux d'émissions de NO₂ et SO₂ (respectivement TNO₂ et TSO₂) représente une évaluation du taux pour un sautage dont le pas de temps dans le modèle numérique est de 1 heure (pas de temps minimal disponible). Par la suite, ce taux est ramené en gramme par seconde afin d'être intégré en tant que paramètre d'entrée du modèle.

Comme le mentionne le rapport à la section 2.8.3.1, section Forage de la page 17, un nombre de 110 trous par banc de sautage a été considéré pour le forage du minéral et du stérile (1 banc/jour).

Tableau 18-1 Taux d'émissions des contaminants gazeux lors des sautages pour chacun des scénarios modélisés – Scénario 1 (année 6) (Remplace le tableau 13 du rapport de modélisation)

Dioxyde d'azote (NO ₂) - Dioxyde de soufre (SO ₂)				
Item	Unité	Variable	Valeur	Références
Facteur d'émission NO ₂ (ANFO)	kg/tonne	Ena	8.0	
Facteur d'émission NO ₂ (Émulsion)	kg/tonne	Ene	0.2	National Pollutant Inventory, January 2012
Facteur d'émission SO ₂ (ANFO)	kg/tonne	Esa	0.06	
Facteur d'émission SO ₂ (Émulsion)	kg/tonne	Ese	0.06	Hypothese (identique à ANFO)
Quantité d'explosif annuelle	tonne/an	Qt	5076	Hugo Latulippe, RE: 121-17926-00: 2012-11-02
Quantité d'explosif par sautage	tonne/sautage	Qe	13.9	1 sautage par jour donc Qe = Qt / 365
Ratio Émulsion vs ANFO	%	R	100.00	Pierre Groleau FW: 121-17926-00: 2012-11-12
Émission totale de NO ₂	kg/sautage	TNO ₂	2.8	$TNO_2 = Ena \cdot Qe \cdot (1-R) + Ene \cdot Qe \cdot R$
Émission totale de SO ₂	kg/sautage	TSO ₂	0.8	$TSO_2 = Esa \cdot Qe \cdot (1-R) + Ese \cdot Qe \cdot R$
Taux d'émission NO ₂	g/s	NO ₂	7.726E-01	Émission totale NO ₂ moyennée une heure $NO_2 = TNO_2 \times 1000 / 3600$
Taux d'émission SO ₂	g/s	SO ₂	2.318E-01	Émission totale SO ₂ moyennée une heure $SO_2 = TSO_2 \times 1000 / 3600$

Note : la durée du sautage dans la modélisation correspond au pas de temps minimal disponible dans le modèle soit 1 heure.

Tableau 18-2 Taux d'émissions des contaminants gazeux lors des sautages pour chacun des scénarios modélisés – Scénario 2 (année 10) (Remplace le tableau 14 du rapport de modélisation)

Dioxyde d'azote (NO ₂) - Dioxyde de soufre (SO ₂)				
Item	Unité	Variable	Valeur	Références
Facteur d'émission NO ₂ (ANFO)	kg/tonne	Ena	8.0	
Facteur d'émission NO ₂ (Émulsion)	kg/tonne	Ene	0.2	National Pollutant Inventory, January 2012
Facteur d'émission SO ₂ (ANFO)	kg/tonne	Esa	0.06	
Facteur d'émission SO ₂ (Émulsion)	kg/tonne	Ese	0.06	Hypothese (identique à ANFO)
Quantité d'explosif annuelle	tonne/an	Qt	5725	Hugo Latulippe, RE: 121-17926-00: 2012-11-02
Quantité d'explosif par sautage	tonne/sautage	Qe	15.7	1 sautage par jour donc Qe = Qt / 365
Ratio Émulsion vs ANFO	%	R	100.00	Pierre Groleau FW: 121-17926-00: 2012-11-12
Émission totale de NO ₂	kg/sautage	TNO2	3.1	$TNO_2 = Ena \cdot Qe \cdot (1-R) + Ene \cdot Qe \cdot R$
Émission totale de SO ₂	kg/sautage	TSO2	0.9	$TSO_2 = Esa \cdot Qe \cdot (1-R) + Ese \cdot Qe \cdot R$
Taux d'émission NO ₂	g/s	NO2	8.714E-01	Émission totale NO ₂ moyennée une heure $NO_2 = TNO_2 \times 1000 / 3600$
Taux d'émission SO ₂	g/s	SO2	2.614E-01	Émission totale SO ₂ moyennée une heure $SO_2 = TSO_2 \times 1000 / 3600$

Note : la durée du sautage dans la modélisation correspond au pas de temps minimal disponible dans le modèle soit 1 heure.

QC-19 Comme deux zones de forage sont maintenant présentes, l'initiateur doit préciser si le nombre de trous forés par zone de forage (sautage) est aussi réduit de moitié.

Réponse :

Le nombre de trous forés pour établir le taux d'émission du forage demeure à 110 forages par banc. Toutefois, puisqu'il y a maintenant deux sites, ce taux est réduit de moitié.

QC-20 Les informations sur les émissions présentent dans certains cas les déplacements par jour et par segment, tandis que d'autres tableaux présentent les allers et les retours. Pour établir la correspondance entre un déplacement et un aller et un retour, il faut tenir compte que le véhicule fait l'aller (1 fois) et le retour

(1 autre fois). Ainsi, dans le calcul, il faut considérer que le camion passe donc deux fois sur un segment. Pour simplifier le calcul, le poids moyen du véhicule est généralement utilisé puisqu'il fait l'aller et le retour et la distance totale parcourue (aller + retour). L'initiateur doit indiquer si la méthodologie pour ces calculs correspond à ce raisonnement.

Réponse :

Le raisonnement mentionné ci-dessus correspond à la méthodologie utilisée. De façon générale, la notion de « Transport par jour (aller-retour) » est associée aux trajets alors que la notion de « Déplacement total par jour » est associée aux segments. Enfin, un segment peut intervenir dans différents trajets.

QC-21 Il ne semble pas y avoir de correspondance entre les taux d'émission atténués et le taux d'émission utilisé (et atténué) pour la modélisation du routage aux différents segments. L'initiateur doit corriger les valeurs utilisées pour la modélisation.

Réponse :

Dans un premier temps, les tableaux 17 et 19 présentent les taux d'émissions avant et après l'atténuation de 91,04 % dû aux moyens d'atténuation présentés dans le rapport. Les tableaux 21-1 et 21-2 remplacent les tableaux 17 et 18 du rapport. Les corrections apportées se situent au niveau de la précision du pourcentage d'atténuation appliqué mais les taux d'émissions demeurent identiques).

Dans un deuxième temps, les taux présentés aux tableaux 17 et 18 (mis à jour par tableaux 21-1 et 21-2) sont des taux pour les segments entiers (taux de poussière émis sur toute la longueur du segment). Ces segments sont divisés en de multiples sources individuelles possédant un taux d'émission et des caractéristiques qui leurs sont propres. Les tableaux 19 et 20 présentent ces taux et ces caractéristiques pour chaque source de routage. En prenant l'exemple du segment A à l'année 6 : celui-ci a un taux d'émission de PM_{tot} atténué de $3,94E+00$ g/s (tableau 17). En regardant le tableau 19, celui-ci indique que le segment A est subdivisé en 19 sources individuelles (A6_1 à A6_19) ayant chacune un taux d'émission atténué de $2,07E-01$ g/s. Si on additionne ces 19 taux, le résultat correspond à celui présenté dans le tableau 17, soit $3,94E+00$ g/s. La correspondance entre les taux des tableaux 17 et 18 versus les taux présentés aux tableaux 19 et 20 est démontrée.

Tableau 21-1 Taux d'émission par segment – Scénario 1 (année 6)
(Remplace le tableau 17 du rapport de modélisation)

Segments	Déplacement total par jour par segment	Atténuation (%)	Taux d'émission (g/s)		Taux d'émission atténués (g/s)	
			PM _{tot}	PM _{2.5}	PM _{tot}	PM _{2.5}
A	533	91.04	4.40E+01	1.25E+00	3.94E+00	1.12E-01
B	1000	91.04	3.73E+01	1.06E+00	3.34E+00	9.51E-02
C	327	91.04	1.85E+01	5.26E-01	1.66E+00	4.71E-02
D	88	91.04	3.87E+00	1.10E-01	3.47E-01	9.86E-03
E	418	91.04	6.36E+01	1.81E+00	5.70E+00	1.62E-01
F	473	91.04	8.30E+00	2.36E-01	7.44E-01	2.12E-02
G	66	91.04	1.29E+01	3.68E-01	1.16E+00	3.29E-02
H	533	91.04	4.42E+01	1.26E+00	3.96E+00	1.13E-01

Tableau 21-2 Taux d'émission par segment – Scénario 2 (année 10)
Remplace le tableau 18 du rapport de modélisation.

Segments	Déplacement total par jour par segment	Atténuation (%)	Taux d'émission (g/s)		Taux d'émission atténués (g/s)	
			PM _{tot}	PM _{2.5}	PM _{tot}	PM _{2.5}
A	512	91.04	7.96E+01	2.26E+00	7.13E+00	2.03E-01
B	1024	91.04	3.82E+01	1.09E+00	3.42E+00	9.74E-02
C	40	91.04	2.26E+00	6.43E-02	2.03E-01	5.76E-03
D	36	91.04	1.58E+00	4.50E-02	1.42E-01	4.03E-03
E	590	91.04	8.98E+01	2.55E+00	8.04E+00	2.29E-01
F	474	91.04	8.32E+00	2.37E-01	7.46E-01	2.12E-02
H	512	91.04	6.93E+01	1.97E+00	6.21E+00	1.77E-01

QC-22 L'initiateur doit procéder à la vérification des émissions de NOx.

Réponse :

Les émissions de NOx proviennent essentiellement des sautages et gaz d'échappement des véhicules présents sur les segments de routes de la mine, ainsi que de la machinerie présente sur les différentes piles et dans la fosse. Les taux d'émissions ont été calculés conformément aux directives émises par les documents de références produits par le National Pollutant Inventory « Emission estimation technique manual for Explosives detonation and firing ranges – Version 3.0 » (janvier 2012) pour le sautage et l'US-EPA « Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling – Compression – Ignition » (juillet 2010) pour les gaz d'échappement.

ANNEXE 1

Coordonnées géographiques du
contour de la fosse projetée

Coordonnées géographiques (UTM, zone 6)	
Est	Nord
676 274,79	5 569 270,74
676 264,87	5 569 435,86
676 319,88	5 569 545,89
676 458,55	5 569 726,75
676 526,31	5 569 857,76
676 717,18	5 569 913,92
676 855,40	5 569 994,03
677 013,56	5 570 089,72
677 086,66	5 570 182,92
677 181,98	5 570 239,96
677 408,00	5 570 400,55
677 739,30	5 570 627,03
677 949,08	5 570 788,50
678 115,83	5 570 907,60
678 473,15	5 571 074,35
678 813,45	5 571 176,44
679 055,07	5 571 186,65
679 186,67	5 571 194,25
679 272,25	5 571 159,61
679 341,53	5 571 092,37
679 357,83	5 571 010,87
679 334,12	5 570 890,59
679 238,83	5 570 754,47
679 085,69	5 570 594,52
678 735,18	5 570 369,92
678 466,34	5 570 192,96
678 112,43	5 570 101,08
677 857,20	5 569 845,85
677 812,96	5 569 760,78
677 574,75	5 569 651,88
677 394,38	5 569 580,42
677 094,92	5 569 525,97
676 938,38	5 569 321,79
676 815,87	5 569 229,90
676 709,05	5 569 140,42
676 574,57	5 569 085,41
676 465,36	5 569 090,38
676 319,03	5 569 209,49
676 274,79	5 569 270,74

