

Chapitre 7

Milieu physique : description du milieu et
analyse des impacts

Table des matières

Table des matières	7-i
Liste des tableaux	7-ii
Liste des figures	7-ii
Liste des cartes en pochette	7-ii
Liste des cartes	7-iii
Liste des annexes	7-iii
7 Milieu physique : description du milieu et analyse des impacts.....	7-1
7.1 Description générale du milieu	7-1
7.1.1 Relief et topographie.....	7-1
7.1.2 Géologie	7-1
7.1.3 Hydrographie	7-2
7.1.4 Climat.....	7-2
7.2 Qualité de l'air	7-8
7.2.1 Description du milieu	7-8
7.2.2 Analyse des impacts.....	7-9
7.3 Climat sonore.....	7-26
7.3.1 Description du milieu	7-26
7.3.2 Analyse des impacts.....	7-27
7.4 Vibrations.....	7-31
7.4.1 Description du milieu	7-31
7.4.2 Analyse des impacts.....	7-32
7.5 Sols et dépôts de surface	7-34
7.5.1 Description du milieu	7-34
7.5.2 Analyse des impacts.....	7-35
7.6 Qualité et utilisations des eaux souterraines.....	7-41
7.6.1 Description du milieu	7-41
7.6.2 Analyse des impacts.....	7-51
7.7 Hydrologie et régime sédimentaire des cours d'eau	7-59
7.7.1 Description du milieu	7-59
7.7.2 Analyse des impacts.....	7-62
7.8 Qualité des eaux de surface et des sédiments.....	7-65
7.8.1 Description du milieu	7-65
7.8.2 Analyse des impacts.....	7-79

Liste des tableaux

Tableau 7.1.1	Normales et extrêmes climatiques pour la période 1971-2001, station météorologique de l'aéroport de Sept-Îles, Québec.....	7-5
Tableau 7.2.1	Normes de qualité de l'air ambiant.....	7-9
Tableau 7.2.2	Comparaison entre les sources d'émission de contaminants atmosphériques en phase de construction et en phase d'exploitation	7-10
Tableau 7.2.3	Concentrations maximales de particules calculées (incluant le niveau ambiant imposé par le règlement).....	7-17
Tableau 7.3.1	Puissances acoustiques des équipements utilisés pendant la période d'exploitation de la mine	7-27
Tableau 7.6.1	Bruit de fond de la qualité des eaux souterraines	7-49
Tableau 7.7.1	Débit mensuel moyen (m ³ /s)	7-60
Tableau 7.7.2	Intensité de pluie et débit de crue calculés selon diverses périodes de récurrence pour le ruisseau Clet et le ruisseau sans nom	7-62
Tableau 7.7.3	Impact du projet minier sur le débit moyen du ruisseau Clet	7-63
Tableau 7.8.1	Nomenclature des stations qui ont été échantillonnées pour la caractérisation de l'eau et des sédiments.....	7-66
Tableau 7.8.2	Résultats de qualité de l'eau de surface des échantillons prélevés entre le 10 et le 13 juillet 2011	7-67
Tableau 7.8.3	Résultats de la qualité des sédiments échantillonnés en 2011	7-75
Tableau 7.8.4	Critères de rejet pour les effluents miniers.....	7-82

Liste des figures

Figure 7.1.1	Rose des vents (sur une base annuelle) à la station météorologique de l'aéroport de Sept-Îles	7-7
Figure 7.3.1	Emplacement des mesures de bruit réalisées à Sept-Îles	7-27
Figure 7.3.2	Contribution des activités de la mine aux niveaux sonores pendant les deux premières années (calculs basés sur une exploitation de 40 000 tonnes/d).....	7-29
Figure 7.3.3	Contribution des activités de la mine aux niveaux sonores pendant la troisième année et les années subséquentes (calculs basés sur une exploitation de 55 000 tonnes/d).....	7-30

Liste des cartes en pochette

Carte 7.8.1	Limite des bassins versants et stations d'échantillonnage au sein de la zone d'étude – Secteur du site minier
-------------	---

Liste des cartes

Carte 7.1.1	Limite des bassins versants	7-3
Carte 7.2.1	Localisation des récepteurs sensibles et grille des points de calcul	7-13
Carte 7.2.2	Localisation des installations et des routes	7-15
Carte 7.2.3	Concentrations maximales de particules en suspension sur une base quotidienne	7-19
Carte 7.2.4	Deuxièmes concentrations les plus élevées de particules en suspension sur une base quotidienne	7-21
Carte 7.2.5	Concentrations maximales de particules fines (PM _{2,5}) sur une base quotidienne	7-23
Carte 7.5.1	Dépôts de surface au sein de la zone d'étude	7-37
Carte 7.6.1	Localisation des puits et forages aménagés sur le site du projet et répertoriés dans le système d'information hydrogéologique	7-43
Carte 7.6.2	Carte piézométrique régionale dans la région du projet	7-47
Carte 7.6.3	Rabattement maximal des niveaux de l'eau souterraine simulé à la fin de la période d'exploitation.....	7-55

Liste des annexes

Annexe 7.2.1	Évaluation de l'impact sur l'air ambiant des activités d'exploitation d'une future mine d'apatite
Annexe 7.3.1	Étude sonore de l'exploitation d'un gisement d'apatite près de la municipalité de Sept-Îles
Annexe 7.4.1	Expertise pour travaux de forage et de sautage en considération des impacts environnementaux
Annexe 7.6.1	Rapport d'étude hydrogéologique (« Draft Hydrogeologic Investigation Report »)
Annexe 7.6.2	Estimation par modélisation numérique du débit d'eau d'exfiltration du parc à résidus vers les eaux souterraines du roc
Annexe 7.8.1	Projet minier Arnaud – Caractérisation du milieu biophysique – Octobre 2010
Annexe 7.8.2	Projet minier Arnaud – Caractérisation du milieu biophysique – Été 2011

7 Milieu physique : description du milieu et analyse des impacts

7.1 Description générale du milieu

Situé dans la région de Sept-Îles, le projet se trouve sur un territoire dont différentes composantes du milieu physique sont susceptibles d'influencer sa conception. En effet, la topographie régionale, la géologie, le climat et l'hydrographie sont autant d'éléments qui peuvent influencer les effets du projet sur notamment la qualité de l'air, l'ambiance sonore, les régimes d'écoulement et la qualité des eaux de surface et souterraines. Ces éléments sont donc décrits dans les sous-sections suivantes afin de définir le contexte physique dans lequel s'insère le projet, ce qui permettra ensuite d'identifier les impacts potentiels sur les différents éléments du milieu physique.

7.1.1 Relief et topographie

Le site du projet est situé dans la région physiographique Laurentienne qui recouvre une vaste portion du territoire au nord du fleuve St-Laurent. Le site est localisé plus précisément à la limite de la plaine côtière de la baie des Sept Îles et du plateau laurentien (Carte 1.1.1).

La plaine côtière ceinture une baie d'une superficie d'environ 45 km². Elle constitue une mince bande de quelques centaines de mètres de large seulement autour de la baie. L'entrée de celle-ci sur le golfe St-Laurent est protégée par un groupe de 7 îles, qui ont donné le nom à la ville. Le relief de la plaine est relativement plat avec des élévations se situant près du niveau de la mer.

L'élévation du terrain augmente ensuite graduellement en direction du plateau laurentien. Le relief sur le plateau est plus accidenté et témoigne de l'existence d'un réseau de fractures régional bien développé. Il est composé de montagnes et collines aux sommets arrondis, avec des élévations qui se situent autour d'une centaine de mètres dans la région du projet.

7.1.2 Géologie

La région du projet appartient à la région géologique du Bouclier canadien, plus précisément la province du Grenville (Carte 5.2.1). Cette dernière constitue la plus jeune province du Bouclier. Elle comprend des roches métamorphiques datant entre 1 200 et 950 millions d'années. Ces roches ont subi plusieurs épisodes de déformation et de fracturation qui ont contribué à produire un vaste réseau de failles et fractures d'orientation principale nord-est – sud-ouest, avec un réseau secondaire orthogonal. Ce réseau de failles a influencé le relief de la région et la configuration du réseau hydrographique (Carte 1.1.1). Des roches d'origine ignée (plutoniques et volcaniques) se sont mises en place sous forme d'intrusions massives et de dykes plus tardivement à travers ce réseau de failles et fractures. Les formations rocheuses ont ensuite été recouvertes au Quaternaire dans la région du projet par des dépôts glaciaire (till), ainsi que des dépôts marins littoraux (sable et gravier).

La province du Grenville est reconnue pour ses importantes ressources minérales. On y trouve des mines de fer et d'ilménite, un fort potentiel en minéraux industriels et, dans une moindre mesure, des métaux usuels. C'est dans ce contexte géologique que se situe le projet. Le site se trouve plus précisément dans le complexe intrusif de Sept-Îles qui s'est mis en place plus tardivement au Cambrien (564 millions d'années). Le complexe de Sept-Îles se trouve en contact au nord avec les roches gneissiques du Grenville. Il est formé principalement d'une succession de roches gabbro-anorthositiques massives à granitiques dont les unités principales sont souvent stratifiées (Cogemat, 1997; Ausenco-Vector, 2011b). Certaines strates des roches gabbroïques sont enrichies de minéraux comme l'apatite, l'ilménite et la magnétite.

7.1.3 Hydrographie

La région du projet fait partie du grand bassin versant du fleuve St-Laurent et des Grands Lacs. Le site du projet est situé sur la côte nord, plus précisément dans la partie du golfe du St-Laurent. Le site est limité à l'ouest par le bassin de la rivière Sainte-Marguerite et à l'est par le bassin de la rivière Moisie. Ces dernières se jettent directement dans le golfe St-Laurent.

Le réseau hydrographique sur le plateau laurentien en amont du site du projet présente une configuration intimement liée à l'expression en surface des larges structures géologiques qui ont façonné le paysage caractéristique régional. On y retrouve un grand nombre de lacs et de cours d'eau qui s'écoulent en direction sud vers le golfe St-Laurent (Carte 7.1.1). Le plus grand lac identifié dans la région du projet, le lac Hall, se trouve au nord du site à environ à 1 km de distance des limites prévues du parc à résidus.

7.1.4 Climat

La région de Sept-Îles est située dans la zone climatique subarctique, dont le territoire s'étend entre les 50° et 58° degrés de latitude. Cette zone est caractérisée par des hivers froids et longs, et des étés plus courts et frais, avec des précipitations plus faibles.

Toutefois, la plaine côtière de la région de Sept-Îles connaît un climat maritime influencé par la proximité du golfe Saint-Laurent, notamment avec plus de précipitations. Cette situation confère à la région des hivers plus chauds et des étés plus doux, puisque les eaux du golfe contribuent à adoucir les températures et à réduire les amplitudes thermiques saisonnières et journalières. La région est également caractérisée par une forte fréquence de brouillards, ce qui réduit la visibilité.

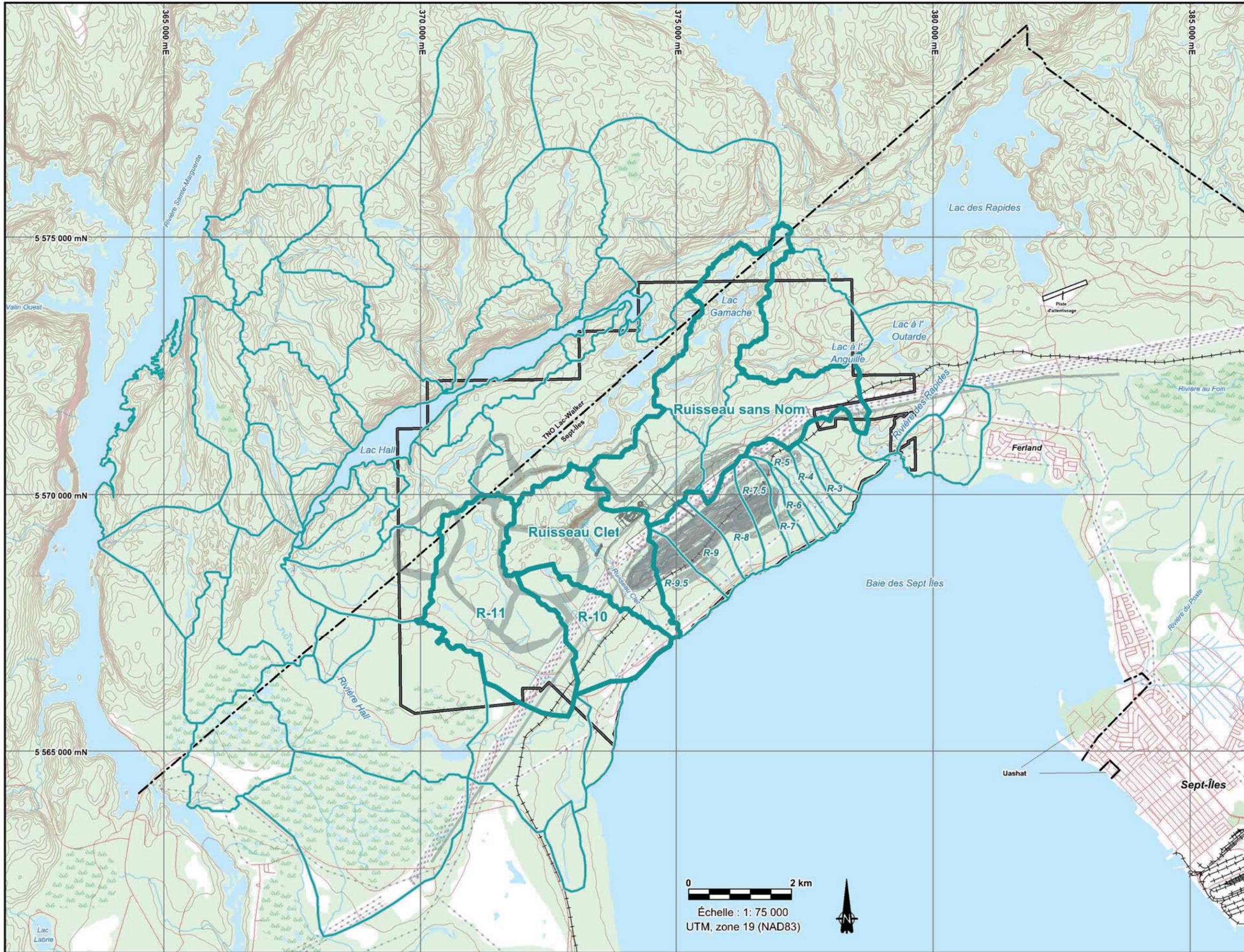
Les données climatiques qui ont été recueillies dans le cadre du projet proviennent principalement de la station météorologique de l'aéroport de Sept-Îles (Environnement Canada, 2010a). Les séries qui ont été retenues contenaient des données recueillies entre 1971 et 2000 sur la température, les précipitations et le vent. Le sommaire des résultats est présenté au tableau 7.1.1.

➤ Températures

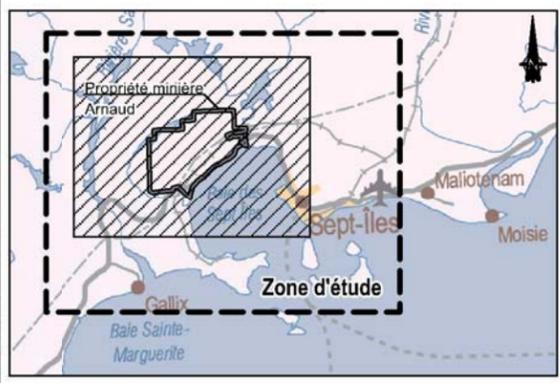
Les températures minimales, maximales et moyennes pour chaque mois sont présentées au tableau 7.1.1. La température moyenne annuelle est de 0,8 °C. La température moyenne mensuelle est inférieure ou égale à 0 °C de novembre à avril. Les mois le plus froid et le plus chaud sont janvier et juillet avec des températures moyennes respectives de -15,3 °C et de 15,3 °C. Les températures extrêmes qui ont été mesurées sont de -43,3 °C (21 janvier 1950) et de 32,2 °C (10 juillet 1955).

➤ Précipitations

Les normales et extrêmes de précipitations en pluie et en neige sont aussi présentés au tableau 7.1.1. Il tombe annuellement en moyenne 757 mm de pluie (65 %) et 412 cm de neige (35 %), pour des précipitations totales équivalentes en eau de 1 156 mm. Les maximums de précipitation qui ont été enregistrés au cours d'une seule journée sont de 114,6 mm de pluie (en 1996) et de 55,8 cm de neige (en 1966).



-  Limite municipale
-  Réseau routier
-  Chemin de fer
-  Ligne de transmission électrique
-  Sous-bassin versant
-  Bassin versant
-  Propriété minière Arnaud
-  Infrastructure projetée



0 2 km
 Échelle : 1: 75 000
 UTM, zone 19 (NAD83)

 **Projet minier Arnaud**
Mine Arnaud

Étude d'impact sur l'environnement

Limite des bassins versants

 Carte de base : BDTQ, 1: 20000, 22J01-22J02-22J07-22J08, 2008
 59858_EIES_C7-1-1_BassinVersant_120229wor
 Février 2012

Carte 7.1.1

Tableau 7.1.1 Normales et extrêmes climatiques pour la période 1971-2001, station météorologique de l'Aéroport de Sept-Îles, Québec

TEMPÉRATURE													
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Total année
Moyenne quotidienne (°C)	-15.3	-13.4	-7.1	0	5.9	11.7	15.3	14.2	9.3	3.4	-3.1	-11.3	0.8
Maximum quotidien (°C)	-9.8	-7.8	-2.1	3.8	10.3	16.4	19.6	18.8	13.6	7.4	0.7	-6.5	5.4
Minimum quotidien (°C)	-20.9	-19	-12.1	-3.8	1.5	7	10.9	9.6	4.8	-0.6	-7	-16.1	-3.8
Maximum extrême (°C)	22.2	10.6	11.8	19.2	28.3	32.2	32.2	31.1	29.4	22.2	16.9	9.4	
Date (aaaa/jj)	1992/19	1954/28	1999/28	1987/19	1959/26	1947/24	1955/10	1965/15	1946/19	1948/06+	1977/04	1950/04	
Minimum extrême (°C)	-43.3	-38.3	-31.7	-26.4	-11.7	-2.8	1.7	-0.6	-6.5	-12.8	-28.9	-36.5	
Date (aaaa/jj)	1950/21	1958/01	1945/12+	1994/02	1947/01	1950/12+	1950/18	1950/30	1978/30	1944/31	1946/29	1982/13	
PRÉCIPITATIONS													
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Total année
Chutes de pluie (mm)	9.3	10.9	26	61	83.1	99.3	99.8	91.1	113.2	97.5	48.3	18	757.4
Chutes de neige (cm)	87.3	59.7	64.7	37.5	9.1	0	0	0	0	7.9	49	96.9	412
Précipitation (mm)	87.4	67.2	88.8	102.8	94	99.3	99.8	91.1	113.2	106.5	97.7	108.1	1156
Extrême quot. de pluie (mm)	39.8	88.6	39.6	74.9	69.6	68.1	84.8	76.5	98.6	67	114.6	59.8	
Date (aaaa/jj)	1992/06	1968/03	1976/28	1973/29	1963/01	1958/14	1945/10	1952/16	1972/04	1995/28	1966/03	1987/01	
Extrême quot. de neige (cm)	52	49.4	50.8	44.6	29.2	0.5	0	0	0.6	28.2	45.4	55.8	
Date (aaaa/jj)	1996/27	1995/05	1955/27	1986/09	1974/01	1964/16	1945/01+	1945/01+	1997/25	1976/21	1980/29	1996/08	
Extrême quot. de préc. (mm)	52	94	50.8	74.9	69.6	68.1	84.8	76.5	98.6	67	114.6	69.8	
Date (aaaa/jj)	1996/27	1968/03	1955/27	1973/29	1963/01	1958/14	1945/10	1952/16	1972/04	1995/28	1966/03	1980/03	
VENT													
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Total année
Vitesse horaire moyenne du vent (km/h)	16	15.4	17	16.7	14.9	13.9	12.4	12	13.2	14.1	15.2	15.8	14.7
Direction dominante du vent	N	N	N	E	E	E	E	E	E	E	N	N	E
Vitesse extrême du vent (km/h)	97	90	80	93	83	89	64	68	80	80	89	101	
Date (aaaa/jj)	1962/04+	1958/09	1961/11+	1986/10	1997/16	1963/10	1959/25+	1963/15	1962/11	1960/25	1963/27	1960/17	
Vit. extrême des rafales de vent (km/h)	161	161	121	124	121	129	103	113	154	122	130	159	
Date (aaaa/jj)	1960/12	1958/08	1959/23+	1986/10	1960/14	1963/10	1962/10	1978/16	1960/13	1962/29	1963/27	1960/17	
Direction des rafales de vent extrême	NW	E	NW	E	E	NW	E	N	E	NW	NW	S	E

*Les données affichées sont basées sur au moins 15 années de prise de mesure.

Source : Environnement Canada. 2010. Site des Archives nationales d'information et de données climatologiques.

Données consultées le 10 novembre 2010. [En ligne]

http://www.climate.weatheroffice.gc.ca/climate_normals/results_f.html?Province=ALL&StationName=Sept%2D%C3%AEles&SearchType=BeginsWith&LocateBy=Province&Proximity=25&ProximityFrom=City&StationNumber=&IDType=MSC&CityName=&ParkName=&LatitudeDegrees=&LatitudeMinutes=&LongitudeDegrees=&LongitudeMinutes=&NormalsClass=A&SelNormals=&StnId=5742&&autofwd=1

➤ Vents

Durant la période 1971-2000, la vitesse moyenne des vents au cours d'un mois a varié de 12 km/h en août à 17 km/h en mars. Les vents dominants proviennent du nord pour les mois de novembre à mars et de l'est pour avril à octobre. La figure 7.1.1 présente la rose des vents, tel que mesurés à la station météorologique de l'aéroport de Sept-Îles. Ainsi, sur une base annuelle, les vents provenant de l'est sont les plus fréquents et soufflent à une vitesse moyenne d'un peu plus de 20 km/h.

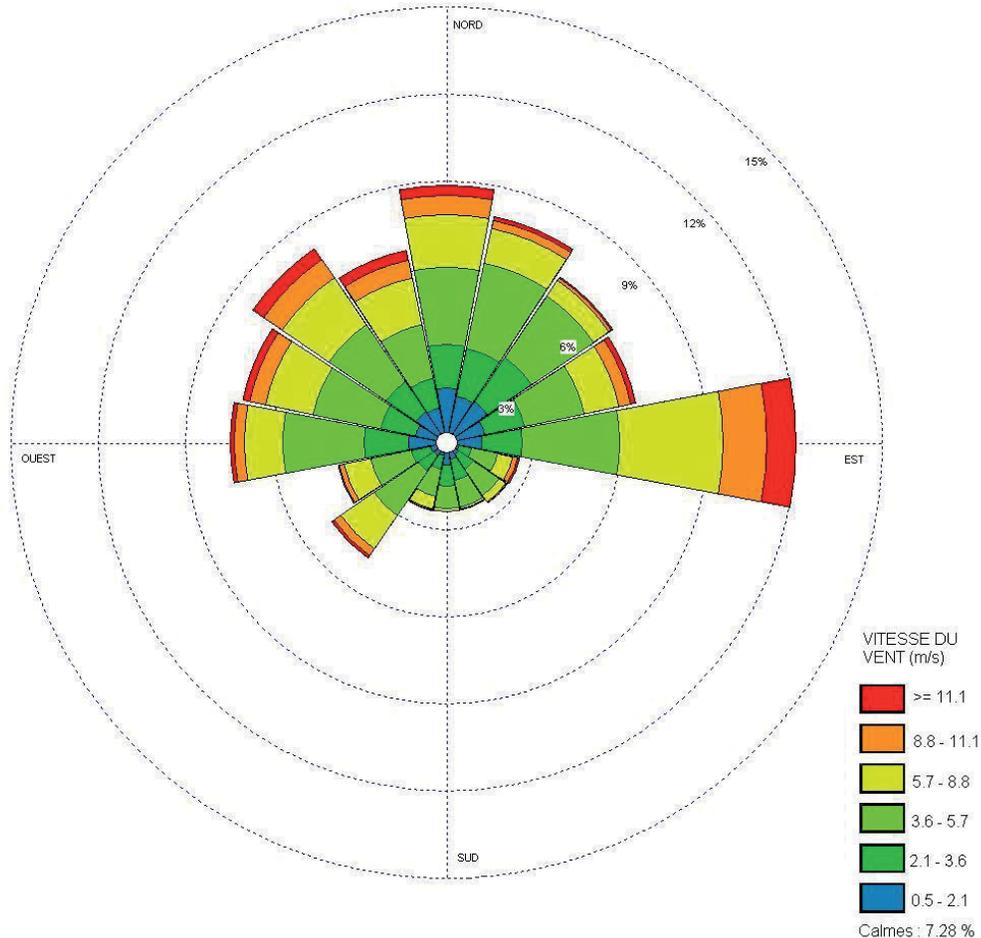


Figure 7.1.1 Rose des vents (sur une base annuelle) à la station météorologique de l'aéroport de Sept-Îles

Source: Environnement Canada - Archives nationales d'information et de données climatologiques (données 1953-2005). Données consultées le 20 janvier 2011. Fichiers météorologiques canadiens pour l'énergie et le génie (FMCEG). ftp://arcdm20.tor.ec.gc.ca/pub/dist/climate/CWEEDS_2005/ZIPPED%20FÎLES/ENGLISH/QUEBEC.ZIP

La vitesse maximum de vent mesurée à Sept-Îles est survenue en décembre 1960 et atteignait 101 km/h, tandis que des rafales de 161 km/h ont été enregistrées en février 1958. Les rafales de vents les plus violentes proviennent généralement du nord-ouest et de l'est.

7.2 Qualité de l'air

7.2.1 Description du milieu

➤ Qualité de l'air ambiant

Aucune station de mesure de la qualité de l'air ambiant dont les données sont publiques n'est présentement en opération dans la région de Sept-Îles. Par contre, une évaluation de la qualité de l'air a été réalisée par le MDDEP (Couture, 2010) à partir des sources de contamination présentes à Sept-Îles, soit les industries existantes œuvrant dans les domaines minier, métallurgique et pétrolier (Mines Wabush, Aluminerie Alouette, Pétrolière Impériale), le chauffage au bois et la circulation routière. Cette étude rappelle que des mesures de concentrations de poussières ont été réalisées au cours des années 1975 à 1983.¹

L'étude du MDDEP se base également sur les mesures réalisées en juin 2009 dans l'air ambiant par le laboratoire mobile du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), qui montraient que : « *Les concentrations de HAP, de dioxyde de soufre et d'oxydes d'azote mesurées dans le secteur à l'étude au cours de ce projet semblent relativement peu élevées. Aucun lien n'a pu être établi entre les sources industrielles de ce secteur et les concentrations mesurées dans l'air ambiant. Cette étude a permis de démontrer qu'en utilisant la moyenne des résultats obtenus pour le SO₂, le NO₂ et les particules fines aux différentes stations de prélèvement, l'indice de la qualité de l'air aurait toujours été bon, et ce, pour toute la période d'analyse* » (Tremblay, 2009).

L'Institut national de santé publique (Thibault, 2010) a toutefois critiqué la méthodologie employée par le CEAEQ, notamment en raison de la durée de l'échantillonnage, qui n'a été que de 4 jours, et a déploré que le laboratoire mobile n'ait pas mesuré certains hydrocarbures aromatiques polycycliques, malgré le fait que l'aluminerie Alouette soit un des plus grands émetteurs au Québec de ce type de polluants (Lévesque, 2011).

En raison de l'absence de données à Sept-Îles, le comité de vigilance mis sur pied par les citoyens, de même que les autorités de la ville de Sept-Îles, mènent une campagne pour que des stations d'échantillonnage soient implantées dans la ville (Racine, 2012).

➤ Gaz à effet de serre et changements climatiques

Les installations ayant déclaré des émissions de gaz à effet de serre au Programme de déclaration des émissions de GES d'Environnement Canada pour 2009 à Sept-Îles sont l'aluminerie Alouette (1 122 779 t éq. CO₂), Mines Wabush (417 177 t éq. CO₂) et l'Iron Ore Company of Canada (76 719 t éq. CO₂). Le seuil de déclaration des émissions était fixé à 50 000 tonnes par an en 2009.

➤ Normes applicables

Les travaux de construction, d'exploitation et de fermeture de la mine doivent se conformer aux normes précisées dans le *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (Q-2, r.4.1). Dans le cas du projet minier Arnaud, la concentration maximale des contaminants touchés par le règlement, ainsi que la période à laquelle ils sont assujettis sont indiquées au tableau 7.2.1. On doit noter que ces normes ne s'appliquent pas en zone industrielle. La propriété minière comprend l'ensemble des superficies couvertes par les claims miniers appartenant à Mine Arnaud. Cependant, afin de tenir

¹ La moyenne annuelle de concentration de particules à Sept-Îles se situait alors à 33 µg/m³, ce qui était nettement inférieur à la norme de 70 µg/m³ alors en vigueur. Des dépassements de la norme quotidienne avaient toutefois été observés à la plupart des stations, mais on doit considérer que les normes de qualité de l'air ambiant et les normes d'émission étaient moins sévères qu'elles le sont maintenant et que les émissions en provenance des sources mobiles étaient nettement plus élevées à l'époque où les stations d'échantillonnage étaient en opération. Comme le portrait industriel à Sept-Îles a changé de manière importante depuis cette époque, ces valeurs ne sont sans doute plus représentatives de la situation actuelle.

compte des lots privés situés en bordure de la route 138, la limite sud de la propriété peut être considérée comme se situant au niveau de la ligne électrique de 161 kV établie immédiatement au nord des résidences se trouvant le long de la route 138. Cette limite de propriété pourra être redéfinie lorsque les claims seront ultérieurement remplacés par des baux miniers. Les zones considérées pour l'application du règlement sont donc situées au nord de la limite de propriété minière (en zone forestière) et au sud de la mine (le long de la route 138).

Tableau 7.2.1 Normes de qualité de l'air ambiant

Contaminant	Concentration maximale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
	4 minutes	1 heure	8 heures	24 heures	1 an
Particules en suspension totales				120	
Particules fines ($\text{PM}_{2.5}$)				30	
Monoxyde de carbone (CO)		34 000	12 700		
Dioxyde d'azote (NO_2)		414		207	103
Dioxyde de soufre (SO_2)	1 050			288	52

7.2.2 Analyse des impacts

➤ Identification des sources d'impact

Les principaux impacts provenant des activités de construction seront liés à la circulation des camions de livraison des équipements et des matériaux qui seront utilisés pour la construction des installations, aux activités de construction des installations, des digues et des routes ainsi qu'au décapage de la fosse à exploiter et au transport des stériles vers la halde où ils seront emmagasinés. L'impact de ces travaux sera d'augmenter la concentration dans l'air des principaux contaminants relâchés par ces activités, soit les poussières et les particules fines, ainsi que des gaz d'échappement provenant des véhicules utilisés pour ces travaux.

En période d'exploitation, des sources d'émission de contaminants dans l'air viendront s'ajouter ou se substituer à celles qui étaient présentes en cours de construction. Pendant cette période, les principales sources d'impact sur la qualité de l'air seront liées au dynamitage, au transport du minerai et des stériles vers les piles d'entreposage et le concasseur et au parc à résidus. Le tableau 7.2.2 compare les opérations réalisées pendant la période de construction et d'exploitation.

Les impacts sur la qualité de l'air en période de fermeture seront similaires à ceux observés lors des activités de construction. Les activités qui s'y dérouleront comprendront le démantèlement des installations et la restauration des surfaces qui n'avaient pas été restaurées pendant la période d'exploitation. Les sources d'émission de contaminants dans l'atmosphère seront la machinerie utilisée pour réaliser ces opérations et le soulèvement de particules qu'elles produiront, ainsi que les émissions fugitives provenant de l'érosion éolienne des aires d'accumulation non encore restaurées. L'intensité des émissions sera nettement plus faible qu'en cours d'exploitation, de sorte que les concentrations de particules aux résidences les plus rapprochées seront inférieures aux concentrations observées en cours d'exploitation, ainsi qu'aux normes actuelles.

Tableau 7.2.2 Comparaison entre les sources d'émission de contaminants atmosphériques en phase de construction et en phase d'exploitation

Source de contamination	Contaminants émis	Phase de construction	Phase d'exploitation
Livraison de matériaux de construction et de produits consommables	PST, PM _{2.5} , CO, NO ₂ , SO ₂	Oui, sources de faible intensité (camions)	Oui, sources de faible intensité (livraison de carburant, de matières premières pour l'entretien, de consommables, d'explosifs et de colis divers)
Construction des installations	PST, PM _{2.5} , CO, NO ₂ , SO ₂	Oui, sources de faible intensité (camions, grues, chargeuses, niveleuses, etc.)	Non
Décapage des surfaces	PST, PM _{2.5} , CO, NO ₂ , SO ₂	Oui	Oui
Forage et sautage	PST, PM _{2.5} , CO, NO ₂	Faible intensité	Intensité normale
Construction de la digue	PST, PM _{2.5} , CO, NO ₂	Oui, sources de faible intensité (camions, chargeuses, niveleuses, etc.)	Oui
Fosse à ciel ouvert	PST, PM _{2.5}	Oui (il y aura décapage des surfaces en pré-production)	Oui
Concasseur	PST, PM _{2.5}	Petite capacité	Capacité normale
Transport du minerai	PST, PM _{2.5} , CO, NO ₂ , SO ₂	Camions de 40 t	Camions de 150 t
Séchoir pneumatique	PST, PM _{2.5}	Non	Oui
Tour de transfert	PST, PM _{2.5}	Non	Oui
Silos de chargements	PST, PM _{2.5}	Non	Oui
Stockage du minerai	PST, PM _{2.5}	Oui (constitution d'une réserve pour les trois premiers mois de production de l'usine)	Oui
Stockage des stériles	PST, PM _{2.5}	Oui	Oui
Parc à résidus	PST, PM _{2.5}	Non	Oui

PST : Particules en suspension totales

PM_{2.5} : Particules fines

CO : Monoxyde de carbone

NO₂ : Dioxyde d'azote

SO₂ : Dioxyde de soufre

➤ Description des impacts

Une étude de modélisation de la dispersion atmosphérique des contaminants (Genivar, 2012) a été réalisée dans le cadre de cette étude d'impact sur l'environnement pour calculer les impacts du projet sur la qualité de l'air. Cette étude est présentée à l'annexe 7.2.1.

Puisqu'il n'y a pas de données sur l'état de contamination de l'atmosphère, le niveau ambiant de la qualité de l'air qui a été utilisé lors de la modélisation des émissions atmosphériques est établi selon les valeurs imposées par le *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (Q-2, r.4.1), soit $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 24 heures pour les particules en suspension totales et $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les particules fines ($\text{PM}_{2.5}$ ou particules en suspension de moins de $2,5 \mu\text{m}$), ce qui correspond à un niveau de contamination représentatif de milieux industriels ou urbains à forte densité. Cette approche est conservatrice, car l'emplacement de la mine est en retrait par rapport à Sept-Îles et les seules sources apparentes d'émission de particules dans le secteur de la mine sont celles provenant de la circulation routière. Étant donné l'absence de données sur le niveau ambiant de contamination dans le secteur du projet, Mine Arnaud mesurera la concentration de particules en suspension totales et de particules fines à proximité des résidences les plus rapprochées du site des travaux au cours de l'année 2012. Ces mesures seront réalisées selon les recommandations des experts et du MDDEP et les résultats permettront une mise à jour de la modélisation des effets du projet sur la qualité de l'air. Cette mise à jour des résultats de la modélisation sera transmise aux autorités dès que possible après la fin de la prise des mesures sur le terrain.

Bien que les concentrations des contaminants liés aux activités de construction n'aient pas fait l'objet de calculs de modélisation, on peut s'attendre à ce que les concentrations au sol soient conformes aux normes d'air ambiant figurant au *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (Q-2, r. 4.1) aux premières résidences, compte tenu des résultats de la modélisation réalisée pour la phase d'exploitation. En effet, pendant la période de construction, les activités de transport du minerai de la fosse d'extraction vers la halde à stériles, de transport du minerai traité vers la halde à stériles et les activités de forage et de sautage, qui constituent les principales sources d'émission de poussières (environ 95 % du total des émissions de particules), seront beaucoup moins intenses que lorsque la mine sera en opération. De plus, le parc à résidus ne sera pas en fonction pendant cette période. Comme les concentrations les plus élevées en phase d'exploitation sont observées à proximité des lignes de transport d'Hydro-Québec, l'intensité beaucoup plus faible des travaux en phase de construction fera en sorte que les concentrations devraient être inférieures aux normes de concentration pour les particules totales et les particules fines. L'éloignement des zones de construction par rapport aux résidences situées le long de la route 138 et l'intensité plus faible des émissions devraient également permettre de maintenir les concentrations observées en-deçà des normes applicables à cet endroit.

L'étude de modélisation de la dispersion des contaminants atmosphériques réalisée par Genivar, en février 2012, a étudié les concentrations de particules en suspension totales et les concentrations de particules fines ($\text{PM}_{2.5}$) pour la sixième année d'exploitation de la mine, soit l'une des années où les activités de la mine sont susceptibles de causer les concentrations les plus élevées dans la zone d'étude. En effet, le taux d'extraction de minerai pour cette année sera de 70 000 tonnes/an, et la profondeur de la fosse d'extraction sera relativement faible, ce qui contribuera à favoriser la libération de particules dans l'air et leur dispersion dans la zone environnante. L'étude a été réalisée avec le modèle de dispersion CALPUFF, qui a été recommandé par le MDDEP pour cette étude en raison de la proximité du golfe St-Laurent. Ce modèle se prête particulièrement bien à l'analyse de la dispersion des polluants lorsque la source de contamination se trouve à proximité d'un plan d'eau important. Le MDDEP a recommandé que cinq années de données météorologiques soient utilisées pour la modélisation. Les résultats ont été obtenus en utilisant les données météorologiques pour les années 2004, 2005, 2006, 2007 et 2009².

² L'année 2008 a été exclue en raison d'un trop grand nombre de données manquantes.

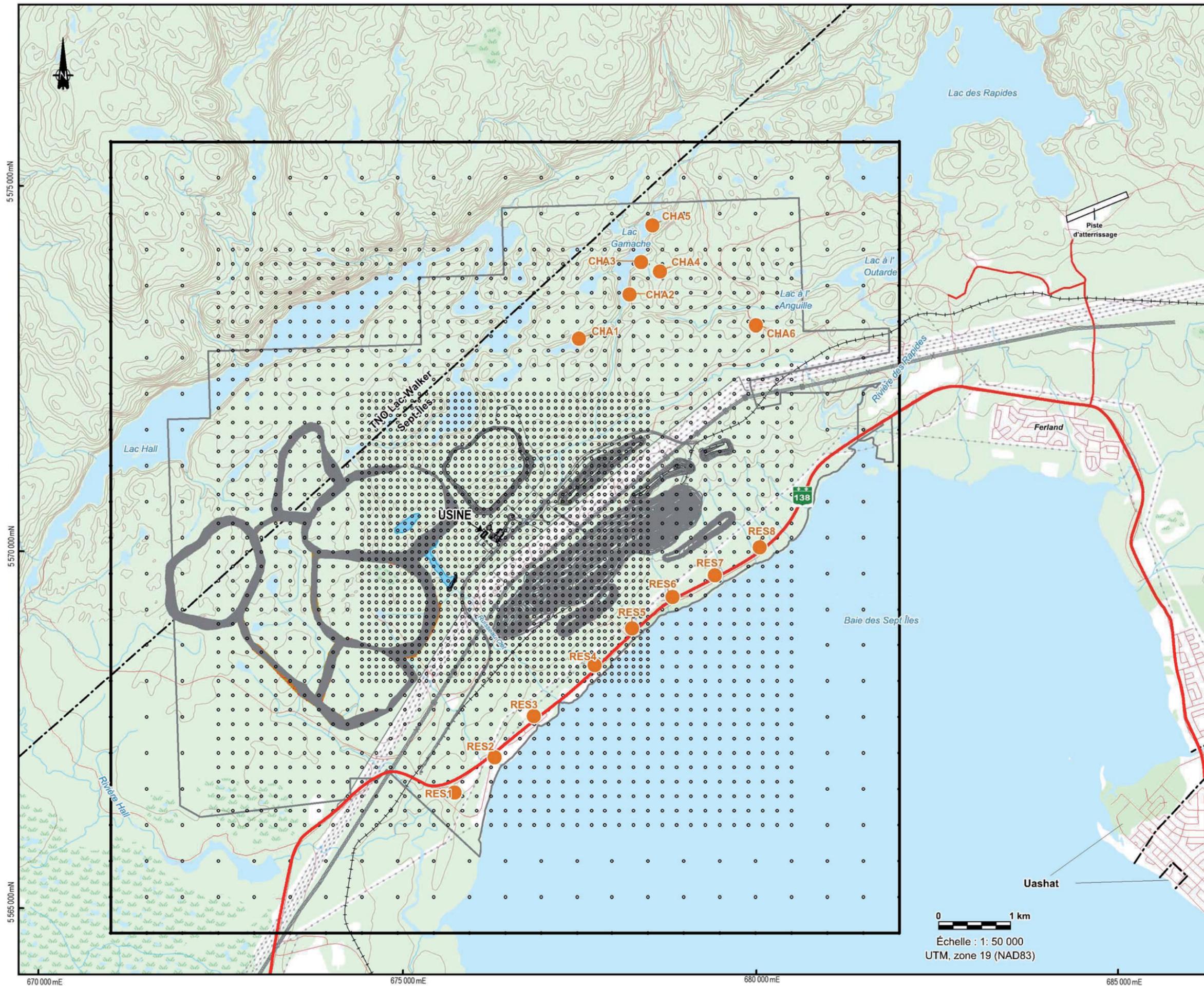
Dans le cadre de l'étude réalisée par Genivar, une zone d'étude extensive a été définie. Le domaine de la modélisation couvre une distance de 11 kilomètres par 11 kilomètres, centrée sur les installations de Mine Arnaud. Ce domaine de modélisation dépasse les limites de la propriété minière afin d'obtenir des résultats de calculs à l'extérieur de celle-ci, permettant ainsi de bien illustrer l'impact des opérations au-delà de la propriété minière. Des points de calcul, aussi appelés récepteurs dans la terminologie employée dans le cadre de l'utilisation des modèles de dispersion, ont été placés à tous les 100 m sur une distance s'étendant entre 0 et 2 km de l'usine projetée. De 2 à 4 km des installations, les points de calcul ont été espacés de 200 m, alors qu'à une distance située entre 4 et 5,5 km des installations, les points de calcul ont été espacés de 500 m. L'élévation de chacun des points de calcul a été déterminée à l'aide de données digitalisées. Au total, 3 161 points de calcul ont ainsi été définis. L'altitude maximale dans le domaine de modélisation se situe à 420 mètres, dans un secteur situé au nord de cette zone, alors que l'altitude minimale se situe au niveau de la mer. De plus, des points de calcul ponctuels ont été ajoutés à la grille pour calculer les concentrations à 14 emplacements jugés sensibles, soient 8 résidences situées en bordure de la route 138 et 6 chalets situés au nord de la fosse qui sera exploitée par Mine Arnaud, près du Lac Gamache. La carte 7.2.1 montre la zone d'étude ainsi que la grille comportant les points de calcul, localise les installations de Mine Arnaud (usine, fosse et piles de stockage) ainsi que l'emplacement des résidences et des chalets par rapport à celles-ci.

Les sources d'émission considérées dans le cadre des calculs reflètent la diversité des opérations qui auront cours sur la propriété de Mine Arnaud lorsque qu'elle sera en exploitation. Mine Arnaud comportera des installations fixes (concasseur, séchoir pneumatique, tour de transfert, silos de chargement, convoyeurs), une fosse à ciel ouvert où auront lieu des opérations de forage, de sautage et de chargement du minerai, des piles de stockage (minerai à basse teneur, minerai à haute teneur, stériles, résidus) et des routes sur lesquelles le minerai et les stériles seront transportés. La carte 7.2.2 montre l'emplacement de ces installations. Les détails des taux d'émission utilisés pour les calculs effectués par le logiciel CALPUFF figurent dans le rapport de Genivar inclus à l'annexe 7.2.1.

Les émissions de gaz d'échappement des véhicules utilisés dans le cadre des activités de construction ne devraient pas causer de problèmes en raison de la distance séparant le site de construction des premières résidences.

Particules en suspension totales (PST)

Les résultats de la modélisation sont présentés au tableau 7.2.3. L'étude arrive à la conclusion que les concentrations maximales de particules en suspension totales sur une base de 24 heures aux résidences les plus rapprochées sont inférieures à la norme de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, même en tenant compte d'un niveau de concentration ambiante de $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La concentration maximale due aux activités de la mine serait de $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ce qui donne une valeur maximale de $124 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en tenant compte du niveau de concentration ambiante imposé par le *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (Q-2, r.4.1). Cette concentration serait observée à la résidence la plus rapprochée des opérations, soit la résidence 5, qui est située à environ 1 km au sud de la fosse. Il est important de rappeler que la concentration initiale de $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ utilisée pour le niveau ambiant constitue le principal contributeur à la concentration totale calculée avec un apport de 73 %, alors que la contribution du projet minier Arnaud est de 27 %.



- ÉLÉMENTS**
- Récepteurs sensibles (résidences et chalets)
 - Limite du domaine de la modélisation
 - Points de calculs
 - Limite municipale
 - Réseau routier
 - Chemin de fer
 - Ligne de transmission électrique
 - Propriété minière Arnaud
 - Infrastructure projetée



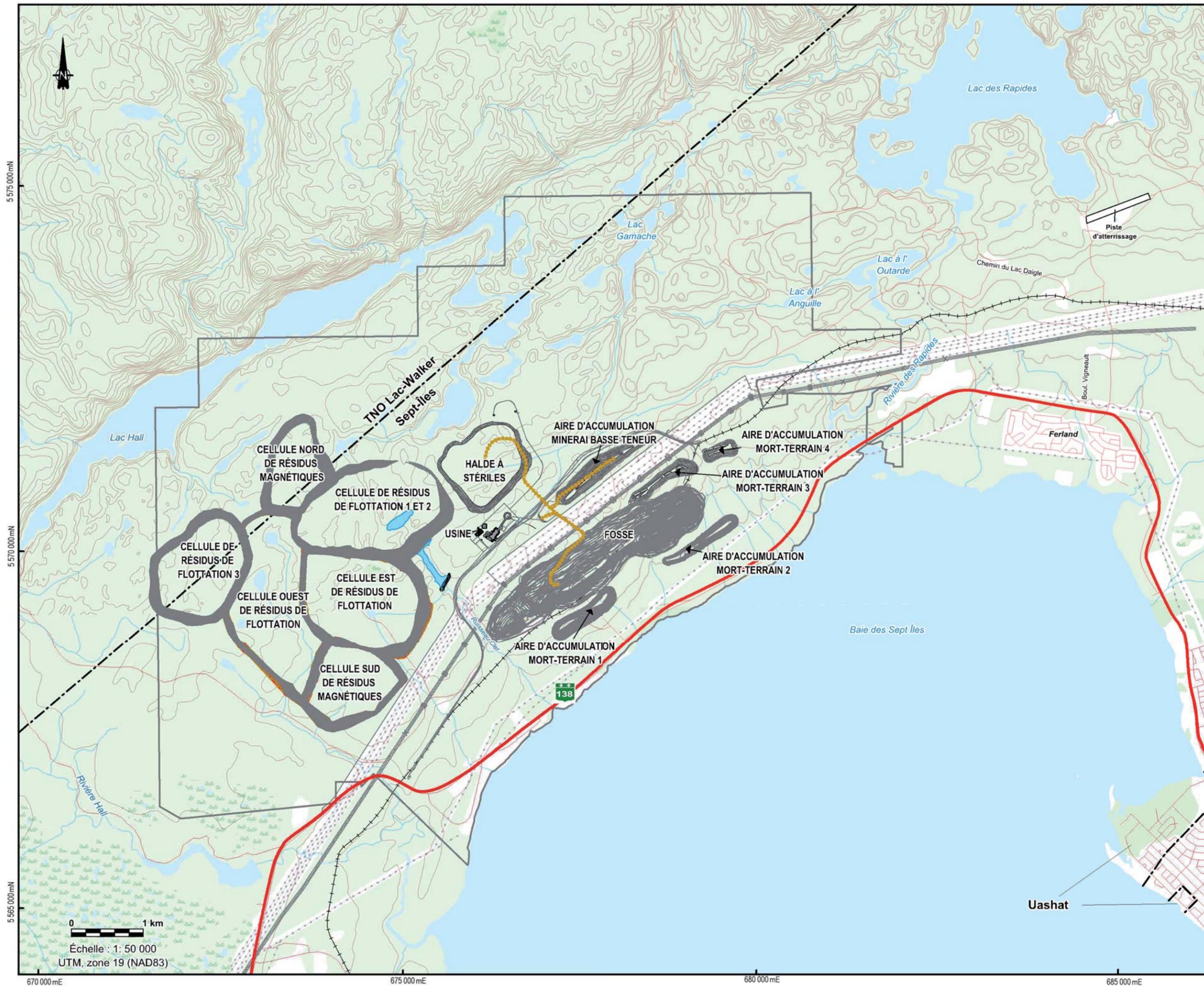
Projet minier Arnaud

Étude d'impact sur l'environnement

Localisation des récepteurs sensibles et grille des points de calcul

Carte de base : BDTQ, 1:20000, 22J01-22J02-22J07-22J08, 2008
 Fichier : 59858_EIES_C7-2-1_7-2-5_Recepteurs_120306.wor
 Mars 2012

0 1 km
 Échelle : 1: 50 000
 UTM, zone 19 (NAD83)



ÉLÉMENTS

-  Segment de route
-  Limite municipale
-  Réseau routier
-  Chemin de fer
-  Ligne de transmission électrique
-  Propriété minière Arnaud
-  Infrastructure projetée



 **Projet minier Arnaud**

Étude d'impact sur l'environnement

Localisation des installations et des routes

Tableau 7.2.3 Concentrations maximales de particules calculées (incluant le niveau ambiant imposé par le règlement)

Emplacement	Particules totales ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				Particules fines ($\text{PM}_{2,5}$) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
	Concentration obtenue	Niveau ambiant imposé	Total	Pourcentage de la norme	Concentration obtenue	Niveau ambiant imposé	Total	Pourcentage de la norme
Valeur maximale obtenue sur toute la grille	192	90	282	235%	14	20	34	114%
Valeur maximale obtenue au sud de la limite de propriété	38	90	128	106%	2,3	20	22	74%
Résidence 1	12	90	102	85%	0,7	20	21	69%
Résidence 2	11	90	101	84%	0,7	20	21	69%
Résidence 3	13	90	103	86%	0,8	20	21	69%
Résidence 4	21	90	111	92%	1,3	20	21	71%
Résidence 5	34	90	124	103%	2,1	20	22	74%
Résidence 6	21	90	111	92%	1,3	20	21	71%
Résidence 7	15	90	105	88%	1,2	20	21	71%
Résidence 8	11	90	101	84%	0,8	20	21	69%
Chalet 1	21	90	111	93%	1,5	20	21	72%
Chalet 2	18	90	108	90%	1,3	20	21	71%
Chalet 3	11	90	101	84%	0,8	20	21	69%
Chalet 4	14	90	104	87%	1,0	20	21	70%
Chalet 5	8,3	90	98	82%	0,6	20	21	69%
Chalet 6	10	90	100	83%	0,7	20	21	69%

Globalement, les calculs ont montré qu'une concentration maximale de $282 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été obtenue dans une zone inhabitée située à proximité du parc à résidus projeté, alors qu'une concentration de $128 \mu\text{g}/\text{m}^3$ serait observée à la limite sud de la propriété, près de la résidence 5 – ces résultats incluant une concentration ambiante de $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$. On doit rappeler que les normes de qualité de l'air sont applicables à l'extérieur de tout territoire non zoné industriel ou ayant une vocation de zone tampon adjacente à un territoire zoné industriel. La concentration maximale notée plus haut se situe en dehors de la limite de propriété de la mine. Cependant, comme il s'agit d'une zone non habitée en raison de la présence des lignes de transport d'Hydro-Québec, cette zone peut être considérée comme une zone tampon. La carte 7.2.3 montre les concentrations maximales de particules en suspension qui ont été obtenues par modélisation.

Lorsque la 2^e concentration maximale est considérée³, la concentration totale à la limite sud de la propriété est de $119 \mu\text{g}/\text{m}^3$, soit environ 1 % de moins que la valeur de la norme. Il est important de rappeler que ces valeurs maximales calculées incluent un niveau ambiant de $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et qu'elles sont donc fort probablement surestimées. La contribution des activités de la mine serait donc dans ce cas de $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ce qui ne représente que 24 % de la norme, de sorte qu'il est difficile de conclure que des dépassements seront observés en réalité, compte tenu que la concentration ambiante a été fixée à $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la modélisation et que cette valeur est probablement supérieure à celle caractérisant le secteur. La carte 7.2.4 montre les résultats de la modélisation en utilisant la 2^e concentration maximale (c.-à-d., la deuxième valeur la plus élevée des concentrations maximales) de particules en suspension.

³ La 2^e concentration maximale à un point de calcul donné correspond à une valeur telle que 99,7 % des concentrations calculées à ce point au cours de toute l'année lui sont inférieures.

Particules fines (PM_{2.5})

Les résultats maximaux obtenus par modélisation sont présentés au tableau 7.2.3 et à la carte 7.2.5. On doit noter que les résultats présentés incluent un niveau ambiant de 20 µg/m³ imposé par le *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (Q-2, r.4.1) lorsqu'il n'existe pas de données caractérisant le milieu. La valeur maximale des concentrations calculées pour l'ensemble de la grille de points (Carte 7.2.1) est de 34 µg/m³, ce qui est supérieur à la norme de 30 µg/m³, bien que la contribution de la mine ne soit que de 14 µg/m³, soit 47 % de la norme, le niveau ambiant comptant pour sa part pour 67 % de la norme. Cette valeur a été obtenue à proximité du parc à résidus, dans une zone inhabitée. Le résultat maximal calculé aux résidences les plus rapprochées est de 22 µg/m³ (à la résidence 5), ce qui représente 73 % de la norme applicable. Sur le boulevard Laure, au sud de la propriété minière, les concentrations maximales sont également inférieures à la norme.

Gaz à effet de serre (GES)

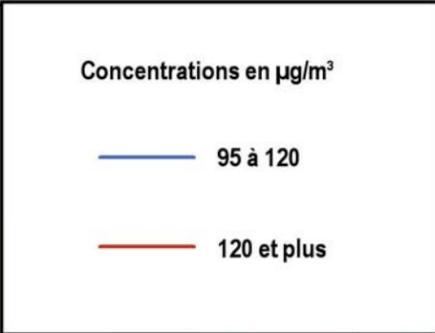
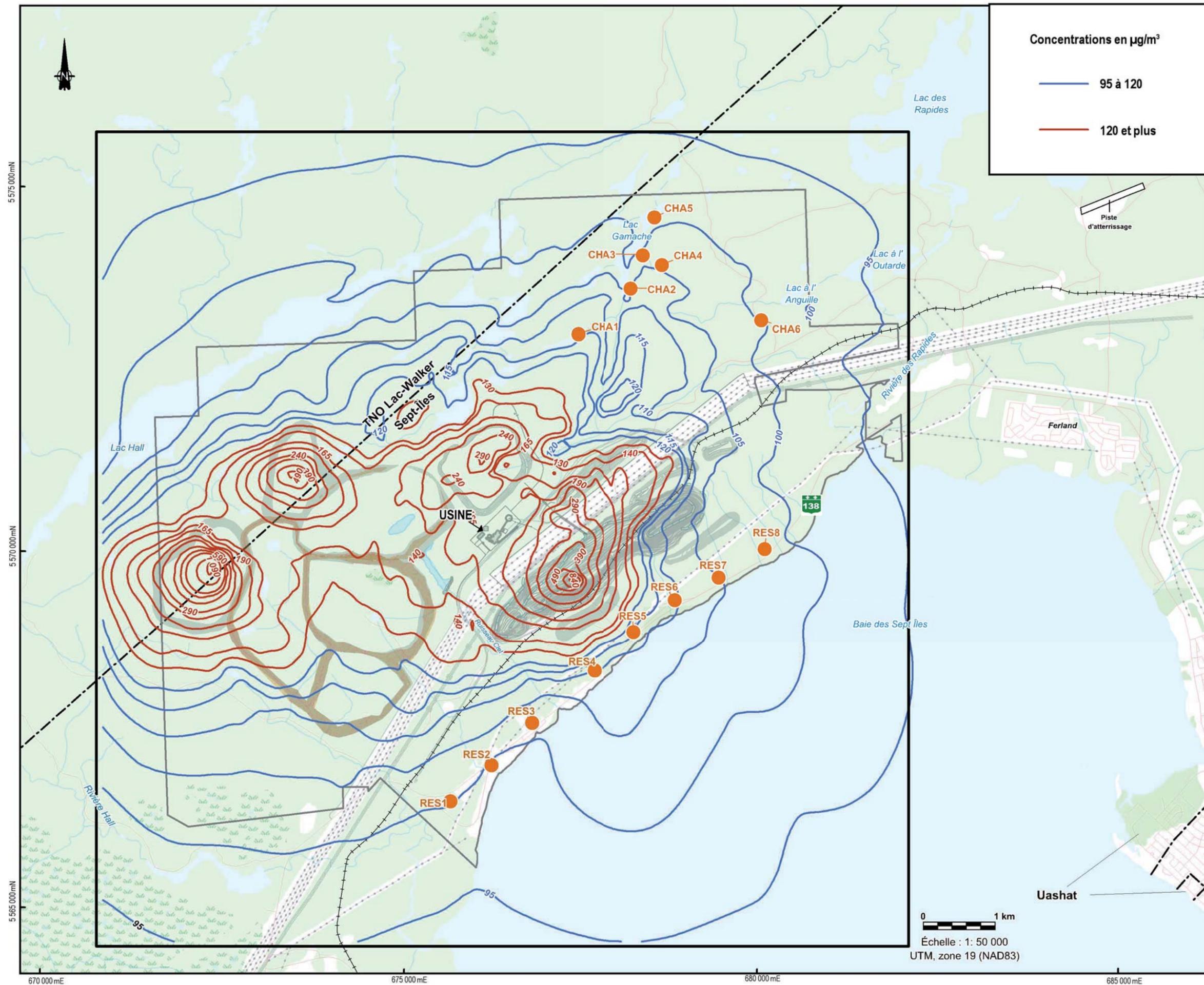
Les émissions de gaz à effet de serre ont été évaluées pour toute la durée du projet. En période de construction, les émissions de gaz à effet de serre culmineront à environ 14 000 t éq CO₂ (tonnes équivalent CO₂) pendant la dernière année de la construction. Le *Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère* (Q-2, r.15) prévoit que la quantité d'émissions doit être déclarée annuellement au MDDEP si ces émissions dépassent 10 000 t éq. CO₂ par an.

Les plus faibles émissions obtenues lors de l'exploitation de la mine seront observées pendant la première année d'opération, alors que 19 963 t éq CO₂ (tonnes équivalent CO₂) seront relâchées à l'atmosphère. Celles-ci augmenteront graduellement pour atteindre 43 448 t éq CO₂ à la 15^e année du projet, puis diminueront jusqu'à 26 513 t éq CO₂ à la fin de l'exploitation de la mine.

➤ Mesures de conception et d'atténuation

Les mesures mises en place par Mine Arnaud pour réduire l'impact du projet sur l'air ambiant sont les suivantes :

- Les routes reliant la fosse, le parc à résidus, les piles de stockage et l'usine de traitement du minerai seront arrosées régulièrement avec de l'eau et un abat-poussières approuvé par le MTQ y sera appliqué une ou deux fois par année pour éviter que des particules soient remises en suspension et entraînées par le vent ou amenées vers l'extérieur du site de la mine;
- Les foreuses seront munies de dispositifs d'arrosage et de dépoussiéreurs pour limiter les émissions de poussières;
- La vitesse des camions sera limitée pour minimiser le soulèvement de poussières;
- Les camions à benne qui transporteront des matériaux en vrac devront être munis d'une bâche lorsqu'ils circuleront sur le réseau routier public;
- Les camions et autres équipements feront l'objet d'un entretien régulier des moteurs et de leur système d'échappement pour s'assurer que les émissions à l'atmosphère soient minimisées. Dans la mesure du possible, on évitera de laisser tourner les moteurs au ralenti lorsque les véhicules ne sont pas utilisés pour réduire les émissions de poussières, de fumée et de gaz d'échappement;
- Une bonne partie du minerai, une fois concassé, sera entreposé sous un dôme et par la suite transporté dans des convoyeurs fermés;
- Tous les équipements (concasseur, la tour de transfert, les silos de chargement ainsi que les convoyeurs) seront équipés de dépoussiéreurs;
- L'usine sera alimentée par de l'électricité provenant de sources hydroélectriques, ce qui évite l'émission à l'atmosphère de contaminants qui auraient pu être relâchés si une autre source d'énergie que celle-là avait été utilisée (mazout, gaz);



- ÉLÉMENTS**
- Récepteurs sensibles (résidences et chalets)
 - ▭ Limite du domaine de la modélisation
 - - - Limite municipale
 - Réseau routier
 - ++++ Chemin de fer
 - - - Ligne de transmission électrique
 - ▭ Propriété minière Arnaud
 - Infrastructure projetée

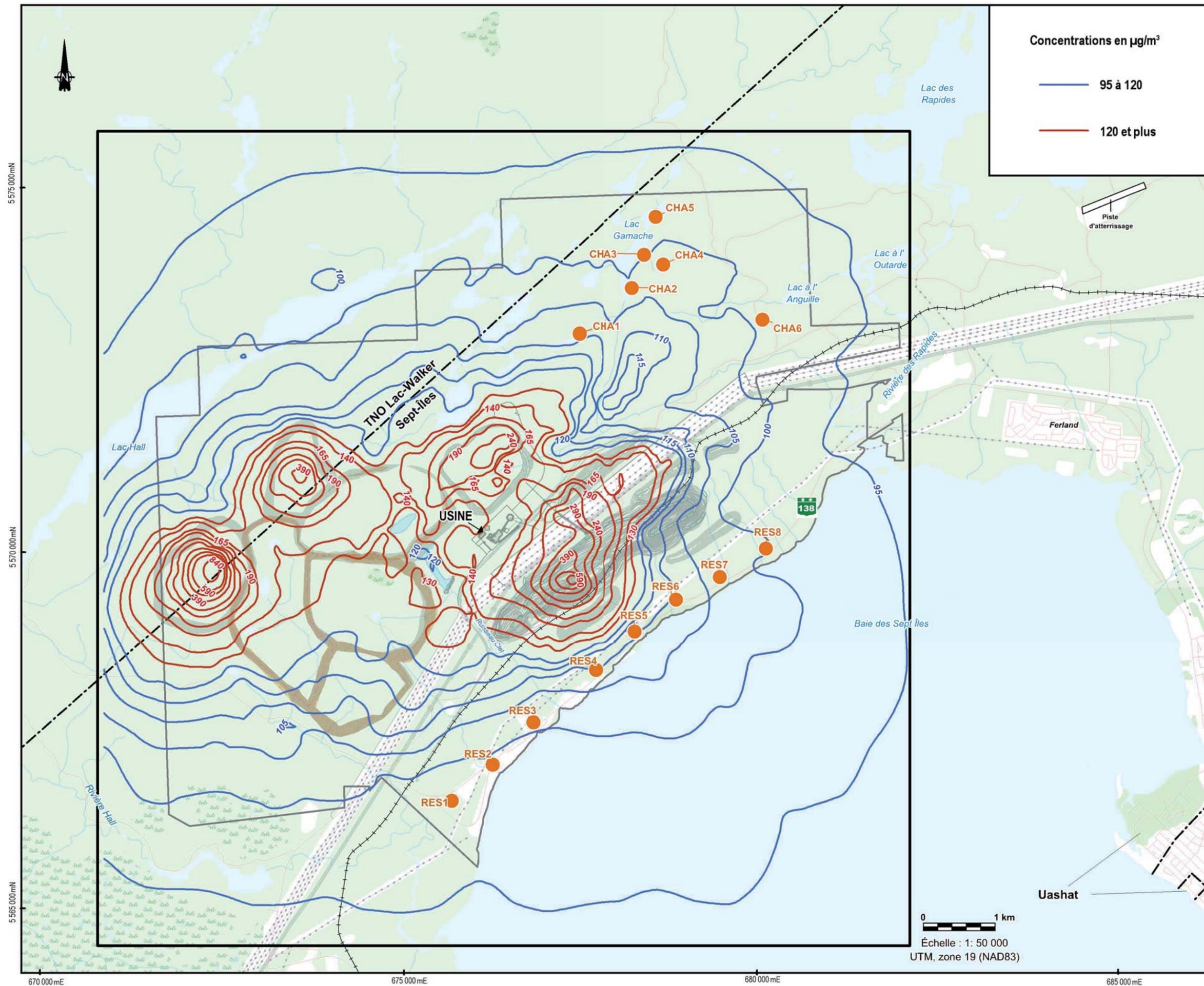
* Norme applicable : 120 mg/m³ (Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère, Q-2, r.4.1)
 Les résultats incluent une concentration ambiante de 90 mg/m³



Mine Arnaud **Projet minier Arnaud**

Étude d'impact sur l'environnement

Concentrations maximales de particules en suspension sur une base quotidienne



Concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

— 95 à 120

— 120 et plus

ÉLÉMENTS

- Récepteurs sensibles (résidences et chalets)
- Limite du domaine de la modélisation
- Limite municipale
- Réseau routier
- Chemin de fer
- Ligne de transmission électrique
- Propriété minière Arnaud
- Infrastructure projetée

* Norme applicable : $120 \text{ mg}/\text{m}^3$ (Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère, Q-2, r.4.1)

Les résultats incluent une concentration ambiante de $90 \text{ mg}/\text{m}^3$



Mine Arnaud **Projet minier Arnaud**

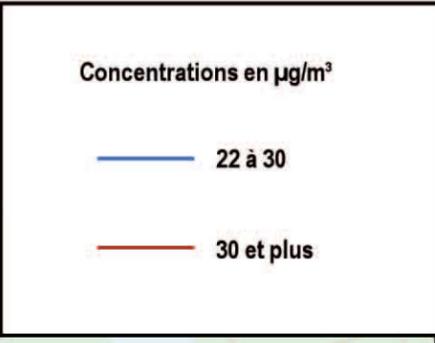
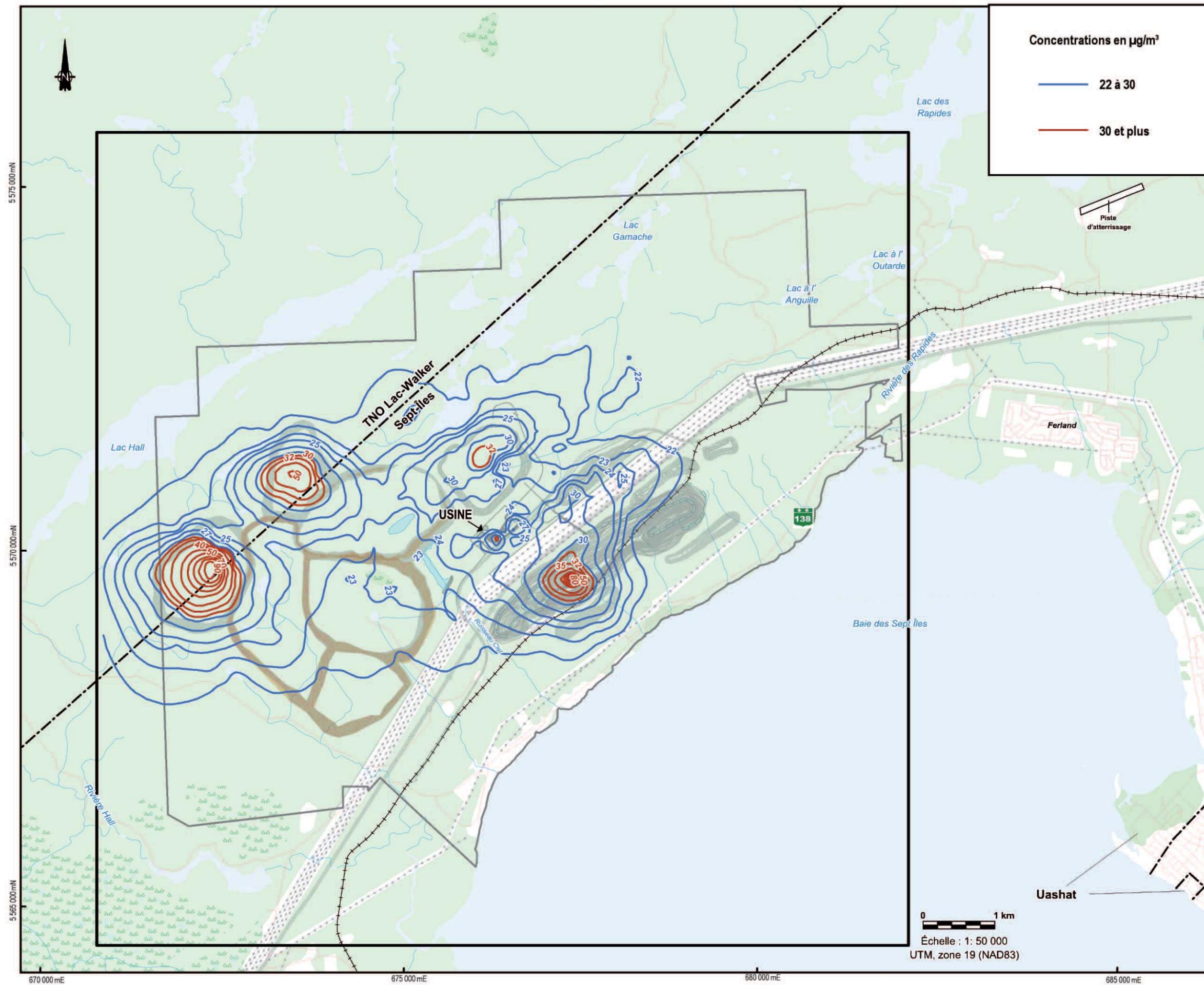
Étude d'impact sur l'environnement

Deuxièmes concentrations les plus élevées de particules en suspension sur une base quotidienne

Carte de base : BDTQ, 1:20000, 22/01-22/02-22/07-22/08, 2008
 Fichier : 59858_EIES_C7-2-1_7-2-5_Recepteurs_120306.wor
ROCHE
 Mars 2012

Carte 7.2.4

0 1 km
 Échelle : 1: 50 000
 UTM, zone 19 (NAD83)



- ÉLÉMENTS**
- Limite du domaine de la modélisation
 - Limite municipale
 - Réseau routier
 - Chemin de fer
 - Ligne de transmission électrique
 - Propriété minière Arnaud
 - Infrastructure projetée

* Norme applicable : 30 µg/m³ (Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère, Q-2, r.4.1)

Les résultats incluent une concentration ambiante de 20 µg/m³



Projet minier Arnaud

Étude d'impact sur l'environnement

Concentrations maximales de particules fines (PM_{2.5}) sur une base quotidienne

Carte de base : BDTQ, 1: 20000, 22.J01-22.J02-22.J07-22.J08, 2008
Fichier : 59858_EIES_C7-2-1_7-2-5_Recepteurs_120306.wor
Mars 2012

Carte 7.2.5

- Le traitement du minerai en usine se fera en milieu humide, limitant de ce fait les émissions de poussières;
- Les résidus générés par le procédé seront pompés vers les cellules par pipeline, limitant ainsi le transport par camion et l'érosion éolienne des résidus secs;
- Le parc à résidus sera maintenu humide en tout temps, ce qui permettra ainsi de limiter l'érosion éolienne;
- Une surveillance des haldes, du parc à résidus et de l'efficacité de l'arrosage sera effectuée lors de conditions météorologiques défavorables (température élevée, sécheresse, vitesses des vents élevées, etc.) pour éviter ou minimiser l'émission de poussières;
- Le parc à résidus sera aussi restauré progressivement pour réduire l'érosion éolienne;
- Les silos de concentré seront fermés;
- Le transport du concentré vers le port de Sept-Îles se fera dans des wagons fermés.

➤ **Évaluation des impacts résiduels**

Pour qualifier l'intensité de l'impact du projet sur la qualité de l'air, les critères suivants ont été utilisés :

- Intensité faible : une augmentation des concentrations des contaminants de moins de 10 % par rapport aux niveaux actuels;
- Intensité moyenne : une augmentation des concentrations des contaminants de 10 % à 25 % par rapport aux niveaux actuels sans que les normes d'air ambiant soient dépassées;
- Intensité forte : une augmentation des concentrations des contaminants de plus de 25 % par rapport aux niveaux actuels ou si les normes d'air ambiant sont dépassées.

La construction des installations du projet minier Arnaud n'aura pas d'impact au-delà de la limite de propriété de la mine. Bien que les concentrations n'aient pas fait l'objet de calculs de modélisation, les sources d'émission de contaminants atmosphériques auront une intensité nettement moindre pendant la période de construction par rapport à celles qui seront en place lors de l'exploitation du gisement minier. Par conséquent, elles ne devraient pas causer d'augmentations marquées de la concentration de particules au niveau des résidences et chalets les plus rapprochés. L'intensité de l'impact du projet peut donc être qualifiée de faible à moyenne pendant la période de construction. L'étendue des effets des travaux de construction se déroulant à l'intérieur de la limite de propriété du projet peut être qualifiée de ponctuelle. Les travaux de construction seront relativement courts par rapport à la durée de vie de projet. Pour toutes ces raisons, l'importance des travaux de construction sur la qualité de l'air peut donc être qualifiée de faible.

L'exploitation de la mine aura pour effet principal d'augmenter les concentrations de particules en suspension dans la zone entourant la mine. Selon la modélisation, l'impact le plus marqué serait au niveau des concentrations de particules totales, qui pourraient dépasser la norme de qualité de l'air figurant au *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA) (Q-2, r.4.1) dans une zone inhabitée située au nord-ouest des installations de la mine. Dans les zones habitées, la concentration de particules totales serait inférieure à la norme actuelle, même en tenant compte d'une concentration ambiante de $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ qui est imposée par le RAA en l'absence de valeurs de la concentration actuelle dans le secteur visé par le projet. Si la concentration ambiante était bien de $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$, l'intensité de l'impact du projet pourrait être qualifiée de forte pour une zone bien définie au nord-ouest de la propriété minière et à proximité de la résidence 5, et de moyenne aux résidences et aux chalets se trouvant dans la zone d'étude. L'étendue de l'effet sera locale puisqu'elle pourrait dépasser l'empreinte du projet. La durée des effets sur la qualité de l'air sera moyenne puisqu'elle sera ressentie pendant la période d'exploitation. Cependant, il est important de noter que la fréquence des dépassements prévus sera très basse, représentant les pires conditions environ quelques heures par années. Comme il est incertain quels sont réellement les niveaux ambiants de particules en suspension totales, Mine Arnaud mettra sur pied un programme de mesures pour confirmer les niveaux ambiants réels près des résidences situées le long de la route

138. En l'absence de telles données, il est difficile de déterminer avec certitude l'importance de l'impact sur la qualité de l'air à l'extérieur de la propriété minière. Cependant comme aucun dépassement n'a été relevé aux résidences situées les plus près de la mine, et ce, même en tenant compte d'une concentration ambiantes de $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$, concentration qui est fort probablement surestimée par rapport à la réalité, l'importance de l'effet sera probablement moyenne.

Les travaux de fermeture des installations du projet minier Arnaud seront aussi confinés à l'intérieur de la limite de propriété minière. Bien que les concentrations n'aient pas fait l'objet de calculs de modélisation, les sources d'émission de contaminants atmosphériques auront une intensité nettement moindre pendant la période de fermeture par rapport à celles qui seront en place lors de l'exploitation de la mine. Par conséquent, elles ne devraient pas causer d'augmentations marquées de la concentration de particules au niveau des résidences et chalets les plus rapprochés. L'intensité de l'impact du projet peut donc être qualifiée de faible à moyenne pendant la période de fermeture. L'étendue des travaux de fermeture se déroulant à l'intérieur de la limite de la propriété minière, elle peut être qualifiée de ponctuelle. Les travaux de fermeture seront relativement courts par rapport à la durée de vie de projet. Pour toutes ces raisons, l'importance des travaux de fermeture sur la qualité de l'air peut donc être qualifiée de faible.

7.3 Climat sonore

7.3.1 Description du milieu

Des mesures du niveau sonore ambiant réalisées par Genivar (2011) avant la réalisation du projet ont été réalisées en juillet 2011 sur des périodes de 24 heures le long de la route 138 et à Sept-Îles. Ces mesures ont été réalisées à deux endroits le long de la route 138 (points P1 et P2), ainsi qu'à un endroit situé en face du rond-point de l'avenue Arnaud (point P3). Les niveaux sonores prévalant le long de la route 138 sont passablement élevés. À proximité du 3685, route 138, (point P1), on observe des niveaux sonores L_{eq} sur 1 heure de l'ordre de 65 dBA le jour et de 54 dBA la nuit. Près de l'entrée de la Mine Arnaud sur la route 138 (point P2), ces niveaux sont respectivement de 63 dBA le jour et de 52 dBA la nuit, alors qu'en face du rond-point de l'avenue Arnaud, à Sept-Îles (point P3), ces niveaux sont de 56 dBA le jour et de 45 dBA la nuit. Le rapport de Genivar est présenté à l'annexe 7.3.1.

Les exigences de la Directive 019 du MDDEP prévoient que les activités de la mine doivent respecter un niveau de bruit de dépassant pas 40 dBA la nuit et 45 dBA le jour dans le secteur visé (en zone forestière et agricole), sauf si le niveau de bruit ambiant du secteur dépasse déjà ces niveaux. Les résidences à l'intérieur de la zone d'étude se situant près de la route 138 et étant influencées par cette source de bruit, le bruit causé par la circulation routière et le camionnage induit des niveaux sonores dépassant les exigences de la directive. Dans un tel cas, les activités provenant de la mine doivent générer un niveau de bruit égal ou inférieur à celui provenant du milieu ambiant, soit la route dans ce cas.

Bien que les mesures prises près de l'entrée de la mine montraient des niveaux de bruit de 63 dBA le jour et de 52 dBA la nuit, une correction de ces niveaux a été apportée pour tenir compte de l'éloignement des résidences par rapport à la route. Cette pondération a permis d'établir que le niveau moyen perçu aux résidences était de 57 dBA le jour et de 46 dBA la nuit. Ainsi, pour se conformer aux exigences de la Directive 019 du MDDEP, les opérations de Mine Arnaud ne devraient pas faire en sorte que l'on dépasse 57 dBA le jour et 46 dBA la nuit (à l'emplacement des résidences situées aux points P1 et P2) et 45 dBA le jour et 40 dBA la nuit (à l'emplacement des chalets). La figure 7.3.1 montre l'emplacement des points de mesure du bruit dans la zone de Sept-Îles. L'emplacement des points P1 et P2 correspond aux résidences les plus rapprochées du site de la mine.



Figure 7.3.1 Emplacement des mesures de bruit réalisées à Sept-Îles

7.3.2 Analyse des impacts

➤ Identification des sources d'impacts

Les principaux impacts provenant des activités de construction seront liés à la circulation des camions de livraison des équipements et des matériaux qui seront utilisés pour la construction des installations, des bruits d'impact liés aux activités de construction et du bruit généré par la machinerie utilisée pour construire les routes et pour décapier la fosse à exploiter. On doit noter que les camions utilisés pendant la période de construction auront une capacité de 40 tonnes, alors que ceux qui seront utilisés lors de l'exploitation de la mine auront une capacité de 150 tonnes. Ces derniers seront par conséquent plus bruyants. Les sources additionnelles (en plus des camions) de bruit liées à l'exploitation de la mine sont présentées au tableau 7.3.1.

Tableau 7.3.1 Puissances acoustiques des équipements utilisés pendant la période d'exploitation de la mine

Équipement	Nombre d'appareils	Puissance acoustique (dBA)
Pelles RH 120	2	118
Chargeuse CAT 993	1	116
Camions CAT 785D	7 (exploitation à 40 000 t/d) 10 (exploitation à 55 000 t/d)	121
Excavatrice CAT 390 D	1	109
Chargeuse CAT 980	1	112
Niveleuse CAT 16M	1	111
Bulldozer CAT D9T	1	119
Camion à eau	1	113
Foreuse SmartRig	1	113
Concasseur giratoire	1	126

Les équipements utilisés pendant la période de fermeture de la mine seront similaires à ceux utilisés pendant la période de construction. Les équipements les plus bruyants utilisés pendant l'exploitation de la mine (foreuses, concasseur) ainsi que les explosifs ne seront plus utilisés ou seront remplacés par des équipements de plus faible capacité et moins bruyants.

➤ Description des impacts

Les niveaux de bruit liés aux activités de construction n'ont pas fait l'objet de calculs; on peut toutefois s'attendre à ce que le niveau de bruit généré par ces travaux respecte les niveaux imposés par la Directive 019, compte tenu des résultats de la modélisation réalisée pour la période d'exploitation, de l'éloignement des premières résidences, et du fait que les équipements utilisés pendant la construction seront moins nombreux et moins bruyants que pendant la période d'exploitation. À l'exception des camions hors-route, la foreuse, le concasseur et les pelles sont les sources sonores les plus puissantes qui seront utilisées en cours d'exploitation, mais ces dernières seront peu ou pas utilisées pendant la phase de construction. Une attention particulière devra être apportée pour limiter l'émission de bruit lors des périodes où les résidents sont susceptibles de subir le plus de dérangements, soit entre 19 heures et 7 heures et les fins de semaine. Les activités génératrices de bruit devraient être concentrées le jour. De plus, les équipements munis de moteurs seront pourvus de silencieux performants, et les génératrices et autres outils à moteurs seront le plus possible maintenus éloignés des résidences.

En phase d'exploitation, les calculs réalisés par Genivar (2011) ont été basés sur 2 scénarios :

- Le premier scénario vérifiait les niveaux sonores sur la base d'une cadence d'exploitation de 40 000 tonnes/jour, soit celle qui correspondra au rythme d'exploitation des deux premières années;
- Le second scénario calculait les niveaux sonores sur la base d'une exploitation de 55 000 tonnes/jour, soit celle qui correspondra au rythme d'exploitation des années subséquentes.

Les calculs ont été effectués à l'aide du logiciel SoundPLAN 7.0 en tenant compte des puissances acoustiques des équipements et de la topographie du site étudié. Le logiciel trace des rayons sonores entre les sources de bruit et les points de calcul, calcule l'atténuation procurée par la distance ainsi que l'absorption de l'air, et tient compte des effets de sol et des effets de réduction sonore des écrans de longueurs finies (bâtiments, écrans, topographie). Ces calculs ont été réalisés selon la norme ISO 9613 Parties 1 et 2 intitulée « Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre. »

Les scénarios ont tenu compte de la présence des équipements suivants : 2 pelles RH 120, une chargeuse CAT 993, 7 camions (scénario 1) ou 10 camions (scénario 2) CAT 785D, une excavatrice CAT 390D, une chargeuse CAT 980, une niveleuse CAT 16M, un bouteur CAT D9T, un camion à eau, une foreuse Pit Viper 235 8" (utilisée seulement lorsque le plancher de la fosse sera à plus de 30 mètres de la surface du sol), une foreuse Roc L8-30LF 4" et un concasseur giratoire.

Les résultats obtenus pour les deux scénarios ont été calculés à partir des données provenant d'équipements qui pourraient, dans certains cas, différer de ceux que Mine Arnaud emploiera. C'est le cas notamment du concasseur, dont la puissance acoustique devrait être moindre que celle qui a été utilisée pour les calculs, puisqu'il sera de plus petite taille.

Les calculs ont été réalisés en utilisant certaines des mesures d'atténuation proposées, soit l'utilisation d'une foreuse dont la puissance acoustique ne dépasse pas 113 dBA, l'utilisation de silencieux réduisant le niveau sonore des pelles RH120 à 118 dBA et la mise en place d'un talus de 10 mètres autour du concasseur.

Scénario 1 : Exploitation pendant les deux premières années

Avec une production de 40 000 tonnes par jour, les niveaux sonores aux divers points de calculs se situent en deçà des limites permises, ceux-ci variant de 38 à 46 dBA. Ce sont les camions qui constituent la première source de bruit selon les résultats obtenus dans ce scénario. La figure 7.3.2 présente la répartition des niveaux sonores dans les environs de la mine pour les deux premières années.

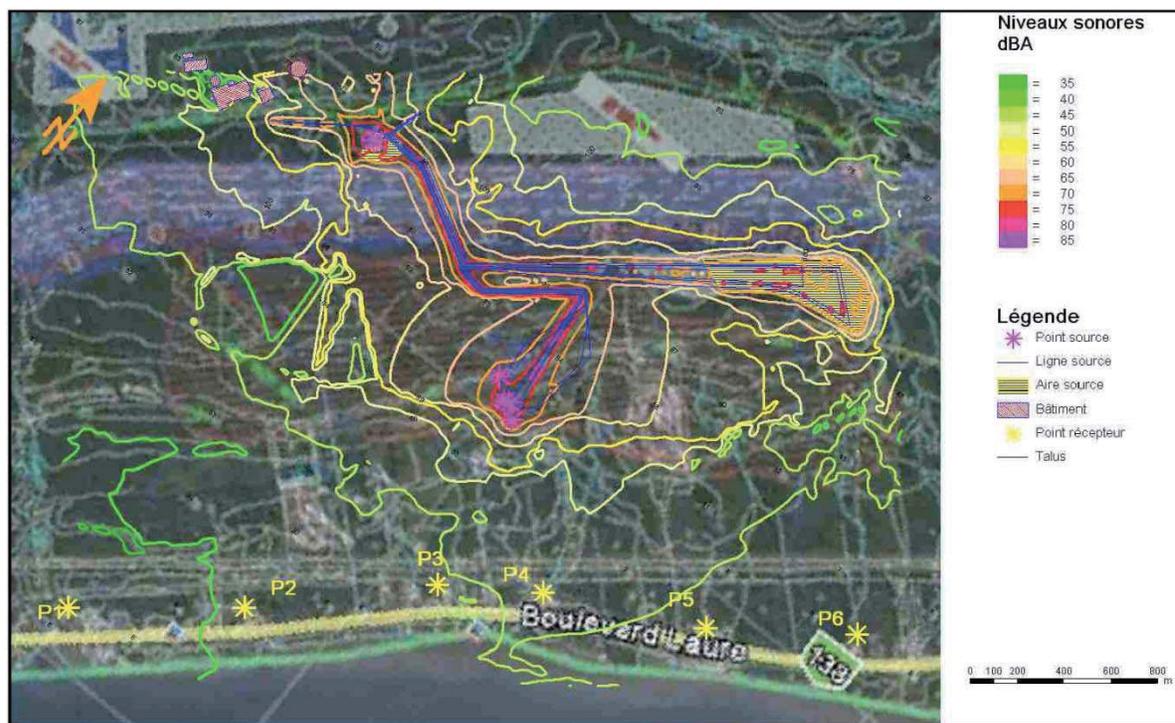


Figure 7.3.2 Contribution des activités de la mine aux niveaux sonores pendant les deux premières années (calculs basés sur une exploitation de 40 000 tonnes/d)

Source : Genivar (2011), Figure 5, page 18.

Scénario 2 : Exploitation pendant la troisième année et les années subséquentes

Avec une production de 55 000 tonnes par jour, les niveaux sonores aux divers points de calculs n'excèderaient la limite permise de 46 dBA qu'en un seul point sur la route 138 (identifié comme le point P4 sur la Figure 7.3.3), avec un niveau sonore la nuit de 47 dBA. Dans ce cas également, les camions sont la première source de bruit. Ces résultats ne tiennent toutefois pas compte de la possibilité de doter les camions et les foreuses de silencieux plus performants au moment où la mine sera construite et exploitée. Mine Arnaud s'engage à doter ses camions et foreuses de ces silencieux, ce qui permettra de réduire les niveaux de bruit en deçà de la limite permise. La figure 7.3.3 présente la répartition des niveaux sonores dans les environs de la mine pour la troisième année et les années subséquentes.

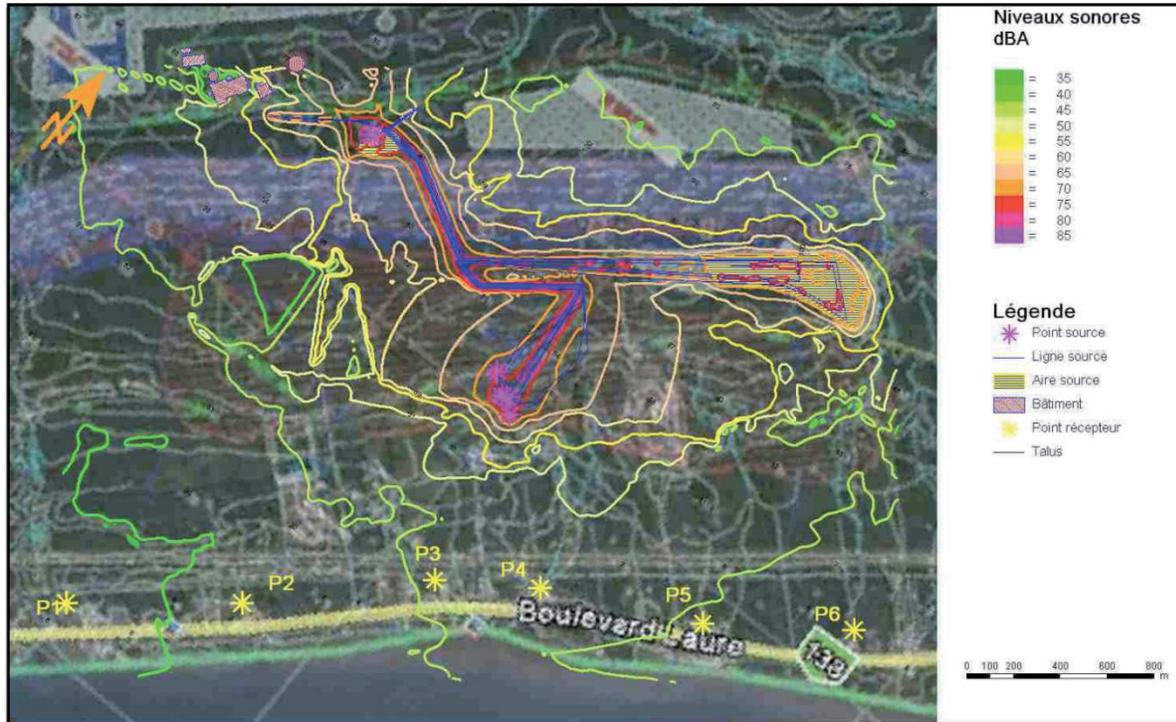


Figure 7.3.3 Contribution des activités de la mine aux niveaux sonores pendant la troisième année et les années subséquentes (calculs basés sur une exploitation de 55 000 tonnes/d)

Source : Genivar (2011), Figure 6, page 20.

➤ Conception du projet limitant l'impact et mesures d'atténuation

Pour limiter les niveaux de bruit perçus aux résidences les plus rapprochées, certaines mesures ont été intégrées à même le projet :

- Utiliser une foreuse dont la puissance acoustique n'excède pas 113 dBA;
- Installer des silencieux pour que la puissance acoustique des pelles RH120 ne dépasse pas 118 dBA;
- Positionner les infrastructures le plus loin possible des résidences;
- Ériger un talus d'une hauteur de 10 mètres autour du concasseur afin d'atténuer la propagation sonore de cet équipement.

Les principales sources de bruit occasionnant le dépassement du critère de 46 dBA à l'une des résidences les plus rapprochées (point P4) sont les camions hors route (CAT 785D). Ces camions peuvent être dotés d'un modèle de silencieux permettant de réduire les émissions sonores à un niveau inférieur à celui qui fut utilisé dans le cadre des simulations des niveaux de bruit. L'utilisation de ces silencieux, ainsi que les mesures énumérées ci-dessous, permettront de réduire les niveaux de bruit en deçà du critère de 46 dBA.

- Orienter les ouvertures du bâtiment abritant le concasseur et le marteau piqueur dans l'axe NE/SO pour minimiser la propagation du bruit vers les résidences;
- Éviter l'utilisation simultanée de la chargeuse CAT 993 et des deux pelles RH120 dans la fosse;

- Éviter l'utilisation simultanée de la foreuse et des deux pelles RH120 sur le même palier;
- Éviter le chargement des camions et des pelles RH120 au périmètre de la fosse du côté des résidences pendant la nuit;
- Doter les équipements mobiles d'alarmes de recul à bruit blanc;
- Doter les camions hors route CAT 785D des silencieux les plus performants disponibles;
- Doter les camions de bennes recouvertes de caoutchouc;
- Arrêter le forage de nuit au besoin si dépassement de la norme.

➤ **Évaluation de l'impact résiduel**

Pour qualifier l'intensité de l'impact du projet sur les niveaux sonores dans le secteur entourant la Mine Arnaud, les critères suivants ont été employés :

- Intensité faible : une augmentation du niveau de bruit de moins de 3 dBA;
- Intensité moyenne : une augmentation du niveau de bruit de 3 à 6 dBA sans que le niveau maximal de bruit permis dans le secteur soit dépassé;
- Intensité forte : une augmentation du niveau de bruit de plus de 6 dBA ou le niveau maximal de bruit permis dans le secteur est dépassé.

Puisque des mesures du niveau de bruit n'ont été réalisées qu'en bordure de la route 138, il est plus difficile de juger de l'importance de l'augmentation du niveau de bruit qui pourrait survenir à l'endroit des chalets, le climat sonore actuel n'y ayant pas été évalué. Cependant, si toutes les mesures d'atténuation proposées sont mises en place, sur la base des niveaux sonores calculés à environ 1 km de ceux-ci, on peut prévoir que le niveau sonore dans la zone des chalets devrait y respecter les critères applicables, soit 45 dBA le jour et 40 dBA la nuit.

Lors des deux premières années, lorsque le rythme de production sera de 40 000 tonnes/année, l'augmentation des niveaux de bruit sera inférieure à 3 dBA à tous les endroits où des calculs ont été réalisés. L'intensité de l'impact dans ce cas sera donc faible. Lors des années subséquentes, lorsque la cadence d'exploitation sera de 55 000 tonnes/année, si les mesures d'atténuation additionnelles sont mises en place, l'augmentation du niveau sonore sera également inférieure à 3 dBA partout. L'intensité de l'impact serait donc faible dans le secteur.

L'étendue de la zone perturbée par les concentrations provenant du site de la mine est faible et n'excède pas 1 km au-delà de la limite de propriété de la mine. Elle peut donc être qualifiée de ponctuelle.

La durée de la perturbation du climat sonore due aux activités de la mine s'étendra sur toute la durée de l'exploitation, et peut donc être qualifiée de moyenne.

Compte tenu de tous ces facteurs, l'importance de l'impact des émissions de bruit provenant des activités de la mine est donc qualifiée de moyenne (à l'endroit du point P4) à faible (pour le reste de la zone étudiée). Par contre, si les camions moins bruyants sont disponibles lors de l'achat de l'équipement par Mine Arnaud, l'importance de l'impact des activités de la mine serait faible partout.

7.4 Vibrations

7.4.1 Description du milieu

L'exploitation du gisement nécessitera le recours à des dynamitages pour y accéder. La proximité des résidences ainsi que des lignes de transport d'Hydro-Québec situées au nord de la fosse d'où le minerai sera extrait impose l'utilisation de précautions particulières pour éviter que ces sautages ne causent des dommages aux lignes de transports et aux résidences les plus rapprochées de la mine.

7.4.2 Analyse des impacts

➤ Identification des sources d'impact

Les sources de vibrations proviendront de l'utilisation d'explosifs et, dans une moindre mesure, de la circulation des poids lourds et la machinerie. Ceux-ci seront introduits dans le roc via des forages dont le diamètre, la profondeur et la quantité d'explosifs détermineront la quantité de minerai qui sera acheminé à l'usine de traitement du minerai après chaque sautage. L'utilisation de ces explosifs générera du bruit, des vibrations et des projections de roches.

➤ Conception du projet limitant l'impact

Le rapport de SNC-Lavalin Environnement (2011), présenté à l'annexe 7.4.1, précise les mesures à prendre pour éviter que les travaux de forage et de sautage n'entraînent des impacts sur les lignes de transport d'Hydro-Québec et sur les résidences avoisinantes. Ce rapport précise la hauteur des bancs à utiliser en fonction du secteur où se dérouleront les travaux, le diamètre des forages à effectuer et leur espacement pour limiter les niveaux de vibrations en deçà des limites acceptables (25 mm/s près des structures d'Hydro-Québec et 12.5 mm/s aux résidences). Un programme d'assurance-qualité des travaux de forage et de dynamitage devra être mis en place avant le début des travaux.

La communication avec Hydro-Québec sera primordiale pour les sautages près des lignes à haute tension. Mine Arnaud prévoit des tirs plus petits, avec des diamètres et des profondeurs de trou plus faibles près du corridor d'Hydro-Québec. L'utilisation des détonateurs électroniques sera systématique. Des sismographes seront positionnés principalement près des pylônes d'Hydro-Québec et près des habitations les plus rapprochées. L'utilisation des sismographes près des pylônes d'Hydro-Québec se fera pendant toute la durée de l'opération de la mine. Pour ceux situés près des résidences les plus rapprochés, ils seront en fonction pendant les deux premières années, après quoi, la nécessité de continuer les mesures sera réévaluée.

➤ Description des impacts

Les vibrations pendant les travaux de construction proviendront principalement des sautages, dont l'intensité sera toutefois moindre qu'en cours d'exploitation, ainsi que, dans une moindre mesure, de la circulation des poids lourds et la machinerie. L'accès au chantier se fera dans un secteur aussi éloigné que possible des résidences. Les sautages requis pour la construction des installations seront effectués de jour, en utilisant au besoin des matelas pour limiter les projections de roches. Si des enfoncements de pieux sont requis, ceux-ci seront également être réalisés le jour.

En période d'exploitation, les impacts liés à l'utilisation des explosifs consistent en la génération de vibrations, la projection de roches et l'émission de surpressions d'air. Le rapport de SNC-Lavalin Environnement donne les résultats de simulations réalisées avec le logiciel DNA-Blast Software en tenant compte des caractéristiques du roc se trouvant dans la fosse à exploiter, du type d'explosif qui sera utilisé, du diamètre et de la profondeur des forages utilisés et de la charge explosive requise.

Le niveau des vibrations maximal à proximité des lignes d'Hydro-Québec a été fixé à 25 mm/s. Du côté des résidences, les limites imposées au niveau des vibrations sont plus faibles, soit 12,5 mm/s. Les résidences les plus rapprochées se situent à environ 800 mètres de la zone à exploiter; or, les niveaux de vibrations diminuent en deçà de 12,5 mm/s au-delà d'une distance de 342 mètres du point de l'explosion, de sorte que les niveaux de vibrations seront inférieurs aux valeurs limites aux résidences les plus proches. Les distances de projections des roches ont également été calculées et ne dépassent pas 184 mètres, de sorte qu'elles ne risquent pas d'atteindre les plus proches habitations.

Les surpressions d'air dues aux sautages ont également été simulées par SNC-Lavalin. Une norme de 128 dB doit être respectée au niveau des résidences les plus rapprochées. Une attention particulière devra être apportée lorsque les sautages seront réalisés en se rapprochant des résidences. L'orientation des sautages devra être déterminée de manière à minimiser les surpressions, par exemple en évitant les sautages orientés en direction de la route 138, et tenir compte des conditions météorologiques au moment du tir pour limiter les niveaux de pression observés.

Si les paramètres des sautages, et plus particulièrement ceux réalisés à proximité des lignes d'Hydro-Québec et des résidences les plus rapprochées, respectent les conditions utilisées dans le cadre des simulations réalisées par SNC-Lavalin Environnement, les niveaux de vibrations observés devraient se situer à l'intérieur des limites acceptables et ne pas avoir d'impacts importants. Les hypothèses utilisées dans ce rapport devront par contre être confirmées par des mesures réalisées dans le cadre du programme de suivi des vibrations, décrit à la section 14.2.3.

Une fois l'exploitation de la mine terminée, les seules sources de vibrations proviendront des équipements chargés de la restauration du site. Les niveaux de vibrations causés par cette machinerie seront nettement inférieurs à ceux observés pendant l'exploitation de la mine et se situeront à des niveaux inférieurs aux normes fixées pour le projet, tant au niveau des pylônes d'Hydro-Québec qu'aux résidences les plus rapprochées.

➤ **Mesures d'atténuation**

Le programme de suivi des vibrations mis en place permettra de déterminer si des mesures correctrices au niveau de la puissance, de la profondeur et de la hauteur des bancs devront être mises en place pour diminuer l'impact de l'intensité des vibrations provoquées par les sautages.

L'intensité des sautages sera modulée en fonction de la distance séparant le banc de sautage des infrastructures sensibles, soit les pylônes d'Hydro-Québec ou les résidences les plus rapprochées. Cette intensité peut être modifiée par la profondeur de forage, le diamètre des trous forés et la quantité d'explosifs utilisés. Les sautages recourront à la charge par délai afin de moduler l'ampleur des vibrations, ce qui nécessitera l'utilisation de détonateurs électroniques permettant de contrôler cette charge par délai. La direction des tirs sera évaluée de manière à ne pas induire de vibrations vers les maisons ou les pylônes. La proximité des lignes d'Hydro-Québec imposera le recours à des sautages de plus faible intensité pour éviter d'une part que les vibrations causées par les sautages dépassent le critère requis pour ces structures, soit 25 mm/s, et d'autre part pour limiter la projection de roches vers les structures. Le programme de dynamitage inclura les précautions nécessaires pour éviter tout dommage à ces structures. Le fardeau de la première rangée devra être ajusté au besoin. Les dynamitages seront filmés pour permettre de les analyser a posteriori. Un spécialiste des dynamitages sera sur place afin de former le personnel pour les premières années. Les sautages réalisés au nord de la fosse auront une hauteur de 5 m au début pour limiter la vibration, et si des sautages sont effectués à moins de 50 mètres des lignes d'Hydro-Québec, la surface de sautage devra être recouverte de matelas pare-éclats et/ou de membranes géotextiles.

Des mesures sismiques seront effectuées lors des sautages à proximité des lignes de transport d'Hydro-Québec et près des résidences les plus proches, pour s'assurer que les valeurs limites de vibration proposées dans le rapport de SNC-Lavalin (25 mm/s près des structures d'Hydro-Québec et 12,5 mm/s aux résidences) soient respectées.

Mine Arnaud documentera l'état structural des résidences les plus rapprochées de la mine, et plus particulièrement l'état des fissures sur leurs fondations, pour être en mesure d'effectuer un suivi de leur évolution et d'y remédier, si de nouvelles fissures surviennent qui pourraient être attribuées aux activités de la mine. Un registre des tirs, incluant les mesures de vibration aux différents sites de mesures sera tenu à jour par le groupe d'ingénierie.

Des ajustements aux paramètres de sautage seront apportés, au besoin, si les mesures de vibrations se situent au-delà ou près des valeurs limites fixées pour le niveau de vibrations ou si les niveaux de pression acoustiques causent des inconvénients aux résidents du voisinage. Une attention particulière sera apportée aux conditions météorologiques prévalant lors des tirs.

➤ **Évaluation des impacts résiduels**

Selon la modélisation réalisée, les vibrations et les distances de projection des projectiles causées par les dynamitages respecteront les limites acceptables aux résidences les plus rapprochées et aux pylônes d'Hydro-Québec et ne devraient pas causer de dommages structuraux. Si des dommages pouvant être attribuables aux activités de la mine devaient survenir, Mine Arnaud en assumera alors le coût des réparations.

Considérant que les sautages seront réalisés conformément aux recommandations du rapport de SNC-Lavalin, les niveaux de vibrations et l'intensité des surpressions devraient être inférieurs aux critères fixés pour protéger les infrastructures. L'intensité de l'impact serait donc faible dans le secteur. L'étendue de la zone perturbée par les sautages provenant du site de la mine est faible et n'excède pas 1 km au-delà de la limite de propriété de la mine. Elle peut donc être qualifiée de locale, voire ponctuelle. La durée de la perturbation due aux activités de la mine s'étendra sur la toute la durée de l'exploitation de celle-ci, et peut donc être qualifiée de moyenne.

Compte tenu de tous ces facteurs, l'importance de l'impact des vibrations provenant des activités de la mine est donc qualifiée de faible pour la zone étudiée.

7.5 Sols et dépôts de surface

7.5.1 Description du milieu

Le site à l'étude étant localisé à proximité d'une zone urbaine, soit la ville de Sept-Îles, où des pressions sur l'usage des terres pourraient surgir suite au développement économique de la région, il est donc important d'examiner la valeur du sol et des terrains dans le secteur du projet (terres cultivables, bancs d'emprunts, etc.). Compte tenu des enjeux possibles, une connaissance de l'état initial et des caractéristiques des sols et des dépôts de surface est un pré-requis au projet. Ainsi, la définition du contexte pédologique et de la géologie des dépôts de surface a été réalisée pour la région du projet à l'aide de l'information disponible (rapports existants et observations dans les forages). Ces données sont discutées ci-après.

➤ **Sols**

D'après les documents cartographiques, la région du projet serait composée de sols peu propices aux activités agricoles (IRDA, 2007). On y identifie des sols agricoles de catégorie A qui consistent en des sols minéraux de classe 4 pour la grande culture. Ces sols présentent des limitations sévères qui vont influencer le type et/ou les méthodes de culture. Des sols de catégorie agricole O sont également rapportés dans la région. Ils sont typiquement formés de sols organiques et ne sont pas classés quant à leur aptitude pour la grande culture.

Les sols dans la région du projet ont fait l'objet d'une étude plus détaillée (MAQ, 1952). Ils consistent en deux principales séries. La première série est représentée par les Argiles des Sept-Îles qui forment une petite bande de quelques centaines de mètres le long de la baie dans la partie nord-est près du site du projet. Ces sols sont considérés comme un «gley» et sont typiquement mal drainés. La seconde série couvre majoritairement le reste du site du projet et est constituée des Sables des rapides. Ces derniers sont composés d'un sable granitique plutôt grossier associé à de nombreux affleurements rocheux. Ils présentent un horizon cimenté réputé imperméable, souvent appelé carapace ferrugineuse (« hardpan »), de 60 à 90 cm d'épaisseur, formé à la surface des dépôts de sable fluvio-deltaïque. Ces sols sont considérés comme pratiquement incultes.

Plusieurs tourbières caractérisent également la région. Celles-ci sont présentes surtout sur les dépôts de sable fluvio-deltaïque surmontés d'une carapace ferrugineuse. Elles ne présenteraient aucun intérêt pour l'agriculture.

➤ **Dépôts géologiques de surface**

Dans la région à l'étude, les dépôts géologiques de surface sont d'origine glaciaire, marine, littorale ou fluviale. Les deux premiers types de dépôts sont dominants sur le site du projet, et leur nature et distribution ont été évaluées suite aux différentes campagnes de forages et sondages effectuées sur le territoire (Ausenco/Vector, 2011b; Journeaux, 2011). La carte 7.5.1 présente la distribution spatiale des différents dépôts géologiques de surface dans la région du projet.

Les dépôts glaciaires sont des tills pouvant contenir des blocs de nature granitique dans une matrice hétérogène de sable, de silt et de gravier. Ces dépôts sont principalement affleurant dans la région nord-est du site du projet, reposeraient directement sur le roc et auraient une épaisseur maximale moyenne de 3 m. Certains de ces dépôts ont été lessivés et contiennent en conséquence des fractions plus importantes de matériaux de granulométrie plus grossière (sable et gravier). Les dépôts glaciaires couvrent environ le quart de la surface totale de la propriété minière.

Les données de forage indiquent un épaissement des dépôts en direction sud, soit vers la baie de Sept-Îles, tandis que le socle rocheux affleure à de nombreux endroits dans la partie nord du site et également au sud dans le secteur de Pointe-Noire.

Au sud de la propriété minière, les unités dominantes en surface sont constituées de dépôts marins de faciès d'eau peu profonde (silt), de dépôts fluviaux (sable et gravier), de dépôts d'origine littorale (sable et gravier) et de dépôts organiques. Les dépôts au sud peuvent atteindre des épaisseurs de 40 m. La fosse projetée et plusieurs des infrastructures minières sont aménagées sur ces unités.

7.5.2 Analyse des impacts

Les impacts potentiels du projet sur les sols, identifiés dans le cadre de l'étude, sont principalement liés aux activités d'aménagement et de fermeture du site, ainsi que, dans une moindre mesure, aux opérations courantes.

➤ **Identification des sources d'impacts**

Les principales activités du projet qui sont susceptibles d'affecter l'usage et la qualité des sols en phase de construction, d'exploitation et de fermeture sont :

- La préparation et l'aménagement des sites;
- L'utilisation et l'entretien de la machinerie;
- Le stockage et la gestion des matières dangereuses et des carburants;
- L'extraction, la manutention, le stockage et traitement du minerai;
- Le démantèlement et la revalorisation des installations minières;
- La restauration finale du site.

➤ **Conception du projet limitant l'impact**

La réalisation du projet va nécessairement perturber une certaine surface de sols pour l'aménagement des infrastructures minières (fosse, aires de stockage). Néanmoins, compte tenu de plusieurs des enjeux et contraintes liés à l'emplacement du site (proximité de Sept-Îles, impact visuel du fleuve, etc.), l'approche de conception a privilégié les façons de limiter l'empreinte du projet et de réutiliser le plus possible les sols et dépôts existants en place sur le site.

Les méthodes de travail sur le site vont respecter les procédures et aménagements prévus pour limiter l'érosion des sols et leur contamination. Ces mesures éprouvées sont couramment utilisées lors de la construction et l'aménagement de sites industriels ou miniers.

Finalement, le concept d'exploitation adopté prévoit la réhabilitation progressive du site afin de réduire par stabilisation le transport des matières en suspension. À la fermeture, les surfaces des infrastructures minières permanentes restantes (parc et haldes) seront revégétalisées et remodelées pour éviter l'érosion des sols et les infiltrations, et contrôler le ruissellement.

➤ **Description des impacts**

Les impacts sur les sols susceptibles de découler des activités du projet, décrites précédemment, sont pour les phases de construction, d'exploitation et de fermeture :

- La perte d'usages des sols du site suite à l'aménagement des infrastructures minières;
- La compaction et l'érosion des sols lors des travaux de construction et l'opération du site;
- La modification de la qualité des sols, également pendant la construction et l'opération du site, et à sa fermeture.

Perte d'usages des sols du site

L'extraction, la manipulation et à la gestion du minerai et des résidus miniers, des stériles et du mort-terrain nécessiteront l'aménagement d'infrastructures (bâtiments, parc, haldes, fosse, chemin de fer, silos, bassins, etc.) qui occuperont des superficies variables sur le site même du projet. Bien qu'une partie de ces surfaces sera réutilisable après la fermeture du site, elles demeureront non disponibles pour d'autres activités (commerciales, industrielles, agricoles, récréatives) pour la totalité de la période de réalisation du projet.

Une partie des sols et dépôts qui auront été déplacés pour l'aménagement des sites (terre arable, granulat) sera récupérée et conservée pour un usage ultérieur. Toutefois, les sols naturels laissés en place sous les aires de stockage ne seront plus quant à eux réutilisables. La superficie de terrain qui sera préparée et aménagée pour accueillir ces infrastructures sera d'environ 1 437 hectares.

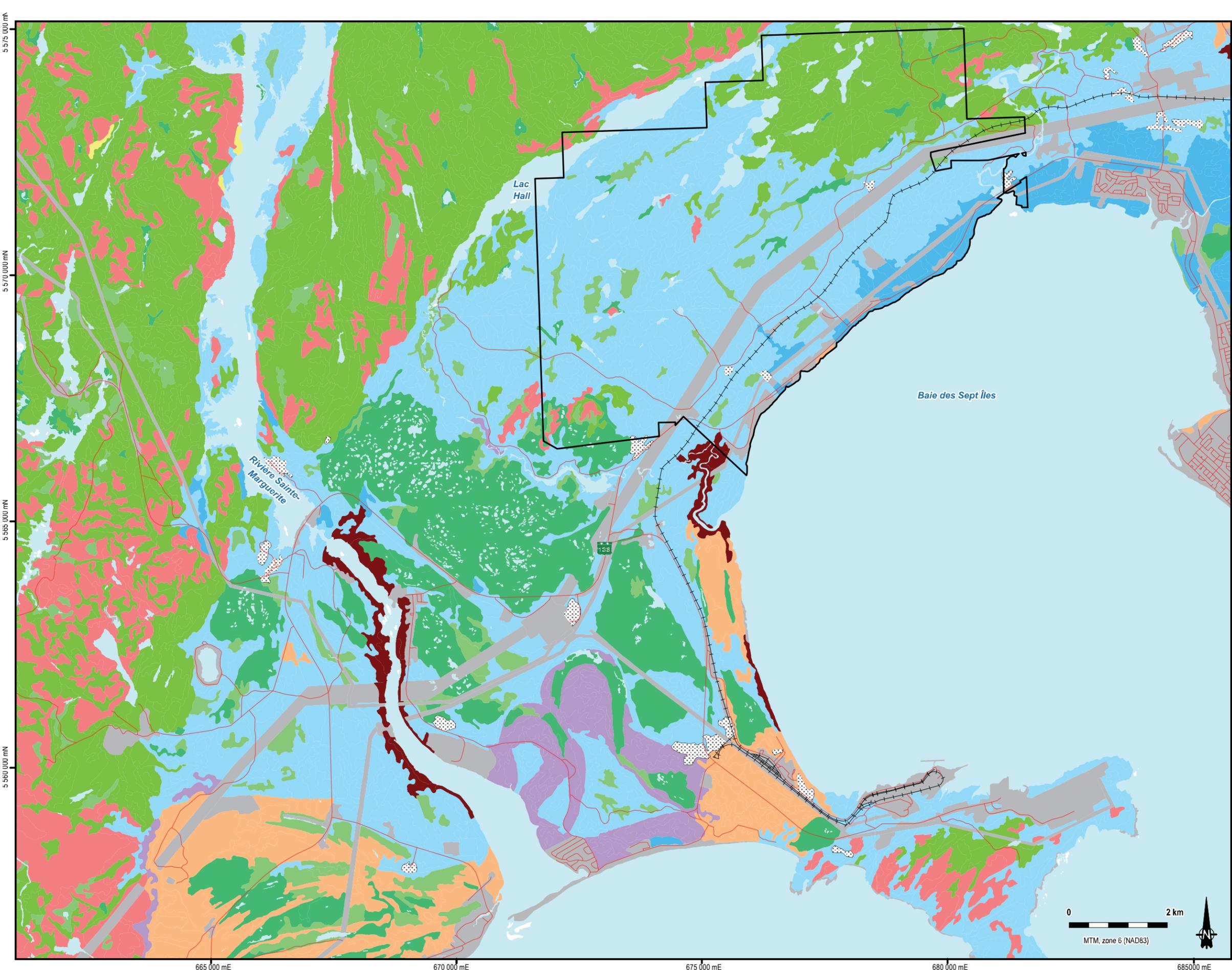
Compaction et érosion des sols

Les activités de préparation et d'aménagement des terrains qui vont accueillir les différentes infrastructures minières (bâtiments, silo, haldes, fosse, etc.) et l'opération du site produiront des effets sur l'intégrité des sols. Les activités de déboisement, de décapage, de remblai et déblai, de drainage, etc., vont provoquer la destruction ou le remaniement des sols naturels, ainsi que favoriser l'érosion des sols restants. Le passage de la machinerie pourrait provoquer le tassement des sols et aussi le soulèvement des particules fines favorisant aussi l'érosion.

Bien que le débit de l'effluent final soit faible selon le mode de gestion des eaux qui a été retenu pour le projet (section 4.7), l'aménagement des infrastructures de rejet pourrait représenter un risque d'érosion à l'embouchure du ruisseau Clet. Ce risque sera toutefois contrôlé par l'ajout d'un enrochement au point de rejet, ce qui permettra de dissiper l'énergie de l'eau rejetée.

Modification de la qualité des sols

L'aménagement des sites devant accueillir les différentes infrastructures du projet et leur opération nécessiteront l'utilisation de véhicules, d'équipement et de machinerie lourde. L'opération d'un parc d'entreposage de produits pétroliers (essence et diesel) et de substances dangereuses pour la machinerie et les activités minières, ainsi que la présence d'un atelier de mécanique représentent un risque potentiel sur la qualité chimique des sols.



DÉPÔTS DE SURFACE

Dépôts glaciaires

Till

Dépôts fluviaux

Dépôt alluvial

Dépôts marins

Faciès d'eau profonde

Faciès d'eau peu profonde

Dépôts littoraux marins

Plage soulevée

Dépôts organiques

Épais

Mince

Dépôts de pentes et d'altérations

Éboulis rocheux

Glissement de terrain

Substrat rocheux

Roc

Autres

Anthropique

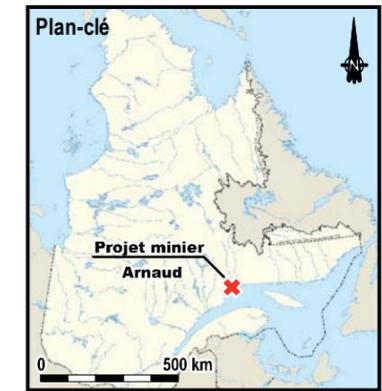
Gravière

Hydrographie

Réseau routier

Chemin de fer

Propriété minière



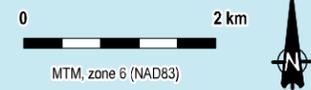
Projet minier Arnaud

Étude d'impact sur l'environnement

Dépôts de surface au sein de la zone d'étude

ROCHE
 Carte de base : Carte écoforestière, 1 : 20 000,
 MRNF Québec, troisième inventaire
 Fichier : 59858_EIES_C7-5.1 Dsurface_120111.WOR
 Janvier 2012

Carte
 7.5.1



5 575 000 mN
 5 570 000 mN
 5 565 000 mN
 5 560 000 mN

665 000 mE 670 000 mE 675 000 mE 680 000 mE 685 000 mE

Également, l'utilisation et la circulation de ces équipements émettront certaines substances dans l'environnement. La possibilité de fuites ou de déversements accidentels en cours d'utilisation augmente les risques de contamination des sols par les hydrocarbures ou autres contaminants. Malgré les mesures de précaution existantes, un tel déversement, s'il se produit, saturera un volume de sols en contaminants au site du déversement, s'il n'est pas confiné rapidement. Cet aspect est discuté de façon détaillée au chapitre 15.

En cas d'utilisation d'un abat-poussière sur les chemins, ce dernier sera conforme à la réglementation applicable. L'emploi de fondants pourrait occasionner une augmentation de la salinité de l'eau de ruissellement, dont une portion va s'infiltrer dans le sol. La salinité du sol serait susceptible d'augmenter localement. Cependant, considérant que l'usage des fondants sera plutôt limité et compte tenu des phénomènes de dilution et de dispersion, il est peu probable que la salinité des sols augmente de façon significative.

Au niveau des aires d'entreposage et des zones de transbordement, le sol pourrait être contaminé par le lessivage de métaux. L'eau de pluie s'écoulant au travers des amas de concentré, des résidus miniers, des stériles et du mort-terrain, pourrait lessiver des métaux qu'elle entraînera dans le sol. Les argiles contenues dans le till fixeront une partie de ces métaux. La concentration du sol en métaux serait donc susceptible d'augmenter localement. Toutefois, les résultats des essais géochimiques disponibles effectués sur des échantillons de minerai, de résidus miniers, de stériles et de mort-terrain ne semblent indiquer qu'une tendance à la lixiviation dans le cas du cuivre. Les valeurs mesurées lors des tests sont fréquemment de l'ordre de grandeur des limites de détection. Aucun de ces matériaux ne serait générateur d'acide.

➤ **Mesures d'atténuation des impacts**

Les mesures d'atténuation suivantes seront appliquées dans le cadre du projet afin de limiter la perte d'usage des sols, ainsi que leur dégradation et leur contamination résultant des différentes activités décrites précédemment :

Préparation et aménagement des sites

- La circulation de la machinerie et des autres équipements mobiles sera limitée principalement à l'emprise des chemins d'accès et des aires de travail qui auront été identifiées préalablement afin de limiter les aires de sols compactés, ce qui augmenterait le ruissellement. La vitesse des véhicules sur le site (notamment sur les chemins de halage) sera aussi limitée afin de réduire le soulèvement des particules fines. Le chemin d'accès sera toutefois pavé pour éviter le déplacement de poussières. Dans la mesure du possible, des abrasifs seront utilisés en hiver au lieu de fondants;
- Le mort-terrain sera réutilisé au maximum pour la conception des bermes. Il sera donc entreposé temporairement sur le site de façon à ne pas gêner les activités minières;
- Le rejet de l'effluent final dans le ruisseau Clet sera géré de façon à limiter les impacts sur le cours d'eau. Bien que le débit de rejet anticipé soit faible, le point de rejet sera aménagé à l'aide d'un enrochement afin de dissiper l'énergie lors du rejet pour éviter de perturber le milieu et de provoquer de l'érosion.

Utilisation et entretien de la machinerie

- L'entretien des véhicules et autres machineries mobiles sera effectué aux sites prévus à cette fin. Les aires d'entretien et de ravitaillement seront localisées à plus de 60 m d'un plan d'eau ou d'un cours d'eau. Elles seront conçues afin d'éviter la contamination du milieu dans le cas de fuites ou d'un déversement accidentel.

Stockage et gestion des matières dangereuses et des carburants

- Les exigences de la *Loi sur les produits pétroliers* (L.R.Q., c. P-30.01) et du *Règlement sur les produits pétroliers* (c. P-30.01, r.1) seront appliquées pour la gestion du matériel et des produits pétroliers;
- Le nombre de réservoirs d'hydrocarbures et de sites de ravitaillement de la machinerie sera limité au minimum pour réduire le nombre de sites à risque. Ils seront aménagés selon la réglementation en vigueur;
- Les aires d'entreposage des produits pétroliers neufs et usés seront munies d'une cuvette de rétention d'une capacité suffisante pour contenir les fuites et les déversements accidentels. Des bacs et séparateurs d'hydrocarbures et de graisses seront installés. Les procédures prévues en cas d'accidents sont discutées à la section 15;
- Les matières dangereuses seront gérées conformément au *Règlement sur les matières dangereuses* (c. Q-2, r. 32). Le transport des matières dangereuses sera réalisé conformément au *Règlement sur le transport des marchandises dangereuses* (c. C-24.2, r.43);
- Il y aura sur place des récipients étanches bien identifiés, destinés à recevoir les produits pétroliers et les déchets.

Extraction, manutention, stockage et traitement du minerai

- L'aire d'entreposage du minerai sera délimitée afin de bien la circonscrire. Les pertes de minerai aux sites de transbordements seront récupérées en cours d'opération. Les pertes de minerai aux sites de transfert et les convoyeurs seront minimisées en cours d'opération par l'emploi de protection contre l'érosion éolienne (couverture des convoyeurs et tours de transfert);
- L'aire d'entreposage du minerai, des résidus miniers, des stériles et du mort-terrain sera délimitée et équipée d'un système de drainage pour limiter les zones à risque de contamination.

Restauration finale du site

- Le parc à résidus et la halde à stériles seront restaurés en continu afin de réduire par stabilisation le transport des matières en suspension. Cette approche devrait limiter le lessivage des métaux le cas échéant et leur infiltration par ruissellement dans les sols;
- La surface du parc à résidus et de la halde à stériles sera restaurée par la mise en place d'espèce végétales indigènes, nécessitant peu d'entretien, en suivant les spécifications du plan de fermeture du site.

➤ **Évaluation de l'impact résiduel**

En phase de construction, l'intensité de l'impact sur les sols s'avère faible, puisque les sols qui seront perturbés et détruits par les travaux sur le site du projet présentent un potentiel limité pour l'agriculture et les autres usages. Les déversements accidentels seront minimisés par l'application des mesures d'atténuation axées sur la prévention grâce à un contrôle régulier des équipements et à l'ajout de dispositifs d'urgence qui permettront d'intervenir rapidement en cas d'accidents. L'étendue de l'impact sur les sols sera donc ponctuelle, car limitée aux activités et infrastructures de l'empreinte du projet. La perturbation sur les sols sera de durée moyenne, car elle persistera après la période de construction. L'impact résiduel sur les sols pendant la phase de construction sera donc négatif, mais de faible importance.

En phase d'exploitation, l'intensité de l'impact sur les sols s'avère également faible, puisque les sols qui seront perturbés sur le site du projet présentent un potentiel limité pour l'agriculture et les autres usages. Des mesures d'atténuation ont été prévues pour contrôler le risque de contamination potentielle du sol dans le cadre des activités courantes au site (manipulation du minerai, stockage des résidus et stériles, usages des véhicules et équipements, etc.). L'étendue de l'impact sur les

sols sera ponctuelle, car limitée aux activités et infrastructures de l’empreinte du projet. La perturbation sur les sols sera de durée moyenne car elle concerne l’ensemble de la période d’exploitation et tient compte des mesures de restauration du site. En somme, l’impact résiduel sur les sols pendant la phase d’exploitation sera négatif, mais de faible importance.

En phase de fermeture, l’intensité de l’impact sur les sols s’avère faible, puisque le potentiel de développement pour l’agriculture et les autres usages est plutôt limité malgré les travaux de restauration. L’étendue de l’impact sur les sols sera donc ponctuelle, car limitée à l’empreinte du projet. Les effets sur les sols pour une grande partie du site seront de durée moyenne, soit le temps nécessaire à la restauration du site. Globalement, l’impact résiduel sur les sols après la fermeture du site sera négatif, mais de faible importance.

7.6 Qualité et utilisations des eaux souterraines

7.6.1 Description du milieu

Compte tenu des enjeux qui pourraient leur être associés, la connaissance de l’état initial des eaux souterraines (profondeur des niveaux, direction d’écoulement, qualité) et des caractéristiques hydrogéologiques (stratigraphie, propriétés hydrauliques, zones de recharge et de résurgence) est un pré-requis à tout projet minier. Dans cette perspective, la définition du contexte hydrogéologique au site du projet a été réalisée dans le cadre de la présente étude en fonction de l’information disponible.

Une importante quantité de données sur les systèmes hydrogéologiques identifiés au site a été acquise lors de l’étude de faisabilité du projet en 2011. Peu de données étaient disponibles avant cette période sur les caractéristiques hydrogéologiques du site. Au cours de la phase actuelle du projet, des études géotechniques et hydrogéologiques détaillées ont été réalisées dans le secteur de la fosse (Ausenco/Vector, 2011b), ainsi que dans celui prévu pour l’aménagement des infrastructures minières associées (Journeaux, 2011). L’information sur les puits et forages répertoriés pour la région du projet dans le système d’information hydrogéologique du MDDEP a permis quant à elle d’obtenir une information supplémentaire, mais de caractère plus régional. La carte 7.6.1 montre la localisation des puits et forages réalisés dans le cadre de l’étude de faisabilité, ainsi que les puits et forages répertoriés dans le système d’information hydrogéologique.

Les données de terrain obtenues ont ensuite été utilisées pour la réalisation d’une étude de modélisation hydrogéologique dont le but était d’estimer les débits de dénoyage de la fosse minière et le rayon d’influence des activités de pompage (Ausenco/Vector, 2011b). Le rapport de modélisation est joint à l’annexe 7.6.1. Les résultats de la modélisation et des travaux de terrain ont permis d’établir un portrait réaliste des conditions hydrogéologiques au site du projet et d’identifier les problématiques anticipées concernant les eaux souterraines.

➤ Contexte hydrogéologique

L’information disponible sur la région du projet a permis d’identifier 2 principaux systèmes hydrogéologiques. Le premier système, de type confiné à semi-confiné, est observé en profondeur dans les formations rocheuses. Le second système est rencontré plus près de la surface du sol et serait de type semi-confiné à nappe libre. Il se trouve dans les horizons les plus perméables des dépôts géologiques de surface. Les principales caractéristiques de ces systèmes sont décrites, ci-après.

Systèmes hydrogéologiques dans les formations rocheuses

Le socle rocheux dans la région du projet consiste principalement en des roches métamorphiques datant de la période géologique du Précambrien. En général, ce type de formations rocheuses présente des propriétés hydrogéologiques plutôt limitées. En effet, ces roches possèdent une faible porosité primaire liée à la matrice, ce qui restreint leur capacité d’écoulement et d’emménagement de l’eau souterraine. Les caractéristiques hydrauliques de ces roches sont plutôt associées à une

porosité dite secondaire résultant de la fracturation de la roche. La densité et la connectivité du réseau de fractures contrôleront l'écoulement des eaux souterraines et pourront permettre, par endroits, l'accumulation de quantités d'eau importantes.

Au site même du projet, deux zones de failles sub-verticales présentant des orientations NE - SO et NO - SE ont été identifiées à la suite des campagnes d'exploration minière. L'extension en surface des failles ne peut être observée sur le site même du fait de la présence des dépôts superficiels. Bien que les propriétés hydrauliques de la masse rocheuse aient été bien documentées sur le site, les caractéristiques hydrauliques de ces zones de faille, ainsi que les possibles liens entre elles et certains cours d'eau ou plans d'eau, n'ont pas fait l'objet d'études détaillées sur le site. Toutefois, des travaux complémentaires de caractérisation hydrogéologique doivent être effectués dans ces secteurs en 2012 afin d'optimiser les opérations de gestion des eaux souterraines pour le dénoyage de la fosse.

Systèmes hydrogéologiques dans les formations de surface

Les dépôts géologiques de surface dans la région du projet sont d'origine glaciaire, marine ou fluviale. Parmi ces dépôts, les formations granulaires plus grossières (till glaciaire lessivé; dépôts fluviaux, marins littoraux et marins d'eau peu profonde) contenant du sable et gravier présentent des propriétés hydrogéologiques d'intérêt. En effet, la porosité primaire généralement élevée dans ce type de dépôts permet l'emmagasinement et la circulation d'importants volumes d'eau, en autant que les dépôts soient d'épaisseurs et d'étendues suffisantes. Ils peuvent également être en lien hydraulique avec certains éléments du réseau hydrographique.

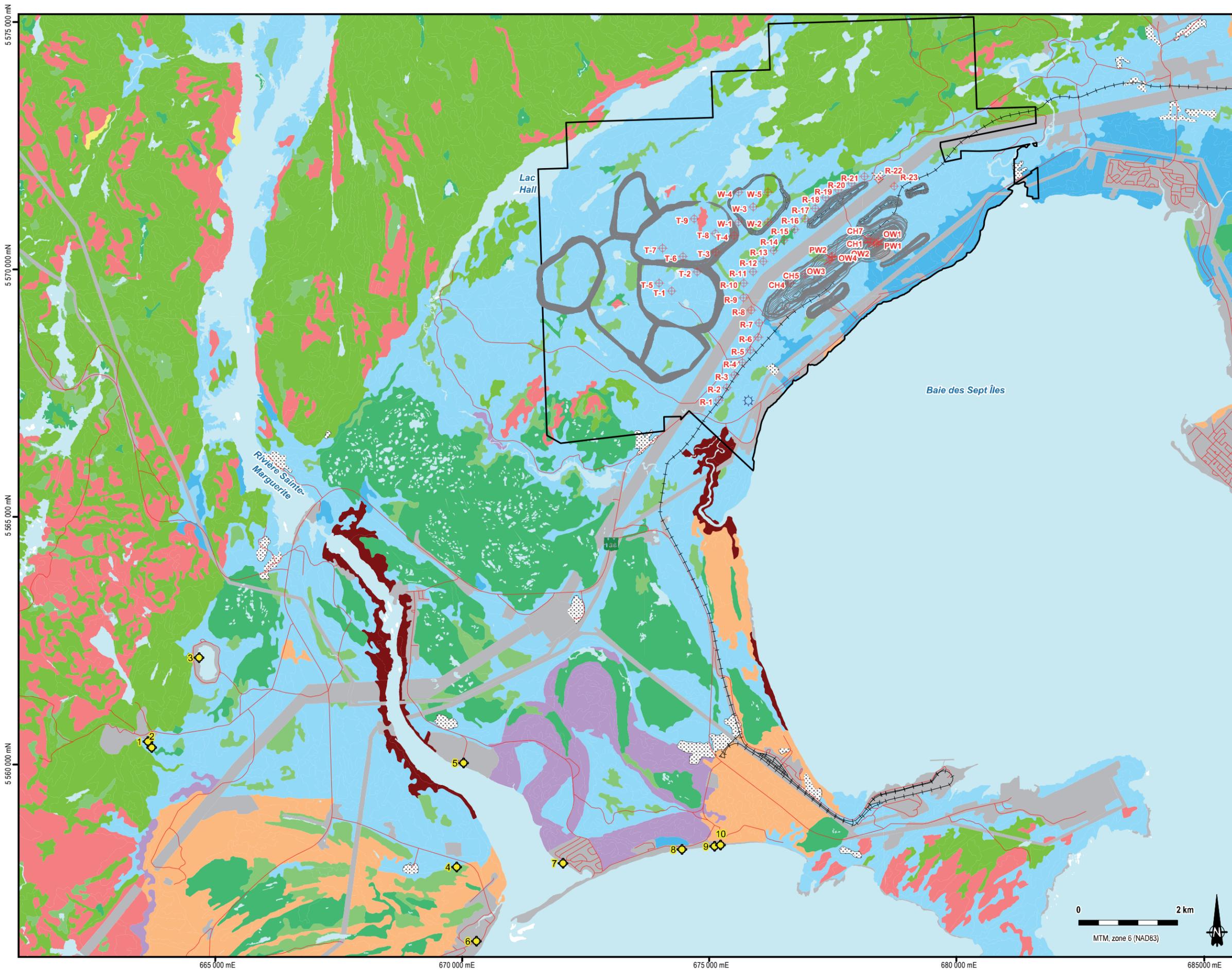
Les autres dépôts de nature plus silteuse et argileuse (till; dépôts marins d'eau profonde) quoique pouvant aussi contenir de l'eau, ne permettent pas de mobiliser facilement cette dernière et sont typiquement considérés comme imperméables. À cet égard, mentionnons que la présence d'une couverture de till surplombant le roc en plusieurs endroits du secteur étudié, accorde un degré de protection aux systèmes hydrogéologiques sous-jacents. Un effet similaire existe également où les dépôts argileux se retrouvent en surface.

➤ Propriétés hydrauliques

Les propriétés hydrauliques des différentes formations géologiques du secteur ont été estimées à partir des résultats des essais effectués dans les puits et forages aménagés sur le site (Ausenco/Vector, 2011b; Journeaux, 2011). De façon générale, les résultats confirment le faible potentiel hydraulique des formations de till et du roc et les valeurs sont comparables aux valeurs généralement rapportées dans la littérature pour les unités rencontrées (Freeze et Cherry, 1979).

Le système hydrogéologique des dépôts de surface présente des caractéristiques hydrauliques plutôt faibles. Les résultats indiquent des valeurs de conductivité hydraulique entre $8,2 \times 10^{-9}$ et $3,7 \times 10^{-7}$ m/s avec une moyenne géométrique de $3,5 \times 10^{-8}$ m/s. Des valeurs de transmissivité ont été estimées entre 0,02 et 1,09 m^2/j . Les valeurs du coefficient d'emmagasinement se situent entre $2,5 \times 10^{-4}$ et $1,1 \times 10^{-3}$, ce qui suggère des conditions captives à semi-captives pour les dépôts. La présence de dépôts délavés par endroits pourrait expliquer certaines des valeurs de conductivité hydraulique plus élevées (10^{-7} m/s et 10^{-6} m/s) obtenues lors de l'étude de Cogemat (1997).

Le système hydrogéologique du roc possède des caractéristiques hydrauliques plus aléatoires qui résultent du type d'essais hydrauliques effectués en fonction de l'échelle examinée. Les résultats des essais de pompage indiquent des valeurs de conductivité hydraulique de l'ordre de $1,5 \times 10^{-7}$ m/s pour le massif rocheux. Toutefois, la conductivité hydraulique du roc, déterminée à l'aide des essais de perméabilité avec obturateurs dans les forages, varie davantage en fonction des zones de fractures, soit entre $1,0 \times 10^{-10}$ et $8,9 \times 10^{-6}$ m/s avec une moyenne géométrique de $2,9 \times 10^{-8}$ m/s. Des valeurs de transmissivité ont été estimées entre 0,62 et 0,69 m^2/j pour le roc, ce qui correspond typiquement à des formations aquifères de faible potentiel. Finalement, les valeurs du coefficient d'emmagasinement se situent entre $5,0 \times 10^{-5}$ et $6,8 \times 10^{-5}$ pour le roc, ce qui suggère des conditions captives.



DÉPÔTS DE SURFACE

- Dépôts glaciaires**
 - Till
- Dépôts fluviaux**
 - Dépôt alluvial
- Dépôts marins**
 - Faciès d'eau profonde
 - Faciès d'eau peu profonde
- Dépôts littoraux marins**
 - Plage soulevée
- Dépôts organiques**
 - Épais
 - Mince
- Dépôts de pentes et d'altérations**
 - Éboulis rocheux
 - Glissement de terrain
- Substrat rocheux**
 - Roc

- Autres**
- Anthropique
 - Gravière
 - Hydrographie
 - Forage géotechnique
 - Puit SIH
 - Puit privé

- Réseau routier
- Chemin de fer
- Propriété minière

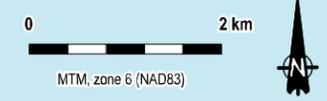


Mine **Arnaud** **Projet minier Arnaud**

Étude d'impact sur l'environnement

Localisation des puits et forages aménagés sur le site du projet et répertoriés dans le système d'information hydrogéologique (SIH)

Carte de base : Carte écoforestière, 1 : 20 000, MRNF Québec, troisième inventaire
 Fichier : 59858_EIES_C7-6-1 PuitForage_120220.WOR
 Février 2012



Les importants systèmes de failles observés sur le site pourraient constituer des corridors préférentiels d'écoulement des eaux souterraines, bien que cette hypothèse demande à être vérifiée. Les forages et puits d'essais ont d'abord été implantés sur le site pour obtenir une idée globale des propriétés hydrauliques du roc. Les caractéristiques hydrauliques des différents systèmes de fracturation seront mieux documentées dans les phases ultérieures du projet, notamment pour les besoins des études d'ingénierie avancée.

➤ **Écoulement des eaux souterraines**

Les travaux de caractérisation hydrogéologique effectués sur le site du projet ont servi à la définition des composantes de l'écoulement des eaux souterraines. Plusieurs puits sur le site ont permis la prise de mesures permettant de déterminer l'élévation du niveau de l'eau souterraine afin d'en déduire les directions d'écoulement. La connaissance des différentes composantes du réseau d'écoulement des eaux souterraines dans le secteur du projet doit permettre, entre autres, d'évaluer le transport de contaminants potentiels vers les différents milieux récepteurs.

Les forages réalisés en 1997 dans le secteur de la fosse avaient démontré des profondeurs d'eau souterraine comprises entre 2,4 et 7,9 m sous la surface du sol (Cogemat, 1997). Les données recueillies en 2011 dans les nouveaux puits indiquent également des profondeurs du niveau de l'eau souterraine comprises entre 2,4 et 7,7 m sous la surface, ce qui correspond avec un niveau piézométrique se situant à des élévations comprises entre 30 et 80 m dépendant du secteur. Également, la mesure d'un niveau d'eau plus élevé dans un forage profond par rapport à ceux mesurés dans les forages adjacents moins profonds suggère un gradient hydraulique vertical ascendant à partir du système hydrogéologique du roc profond. L'écoulement des eaux souterraines se ferait en direction de la baie des Sept Îles où elles devraient en partie faire résurgence.

Les données recueillies lors d'un relevé des niveaux d'eau réalisé le 28 février 2011 dans le cadre de l'étude de faisabilité ont servi à la production d'une carte piézométrique préliminaire des eaux souterraines (Ausenco/Vector, 2011b). La carte piézométrique confirme que l'écoulement de l'eau souterraine s'effectue principalement en direction de la baie des Sept Îles. Les lignes de courant tracées perpendiculairement aux équipotentielles montrent une direction d'écoulement vers le sud-est. Ces observations concordent avec les courbes piézométriques et les directions d'écoulement régionales de l'eau souterraine modélisées dans le cadre de l'étude d'Ausenco/Vector (2011b). La carte 7.6.2 présente pour le secteur du site à l'étude la surface piézométrique des eaux souterraines des systèmes hydrogéologiques des dépôts de surface et de la partie supérieure du roc, tel que modélisée.

À l'intérieur d'un tel patron, l'écoulement est contrôlé par le niveau des eaux souterraines, où la recharge se fait plus au nord du site par les précipitations dans les secteurs d'affleurements rocheux et de dépôts de surface perméables définissant des hauts topographiques et des collines, alors que la baie des Sept Îles agit probablement de zone de résurgence régionale. Le gradient hydraulique vertical ascendant observé sur le site suggère une résurgence régionale des eaux souterraines en direction de la baie.

➤ **Classification des formations hydrogéologiques**

Le statut de la ressource en eau souterraine et sa valeur relative varient en fonction de certains critères hydrogéologiques et des usages potentiels. Le système de classification des eaux souterraines du MDDEP est un outil qui permet d'assurer la conciliation des usages du territoire avec ceux de la ressource en eau souterraine selon les classes suivantes (MENV, 1999). Les principales classes définies à l'intérieur de ce système sont:

- I. Formation hydrogéologique aquifère qui constitue une source irremplaçable d'alimentation en eau (source unique d'alimentation en eau ou approvisionnant une communauté);
- II. Formation hydrogéologique aquifère qui constitue une source courante (II a) ou potentielle (II b) d'alimentation en eau de par sa qualité acceptable (eau potable avec traitement usuel) et quantité suffisante (transmissivité supérieure à 1 m²/j);
- III. Formation hydrogéologique qui, bien que saturée d'eau, ne peut constituer une source d'alimentation en eau (III a et b: qualité médiocre, quantité insuffisante ou extraction non économique).

Selon ces définitions, les formations aquifères du roc dans le secteur de la mine peuvent constituer une formation aquifère de classe II, c'est-à-dire pouvant servir à l'approvisionnement de puits de petits débits principalement. Des valeurs de transmissivité plus élevées pourraient être obtenues dans les secteurs plus fracturés.

Les dépôts de surface (alluvions, faciès marin littoraux ou d'eau peu profonde) pourraient constituer des formations aquifères de classe I ou II dans la mesure où ils sont d'étendue et d'épaisseur suffisantes pour servir de source d'approvisionnement en eau d'intérêt. Toutefois, ceci ne semble pas être le cas dans le secteur du projet, compte tenu de la variation spatiale des caractéristiques des dépôts. Il n'y aurait donc pas d'impact anticipé sur l'utilisation de la ressource puisqu'aucun puits n'est aménagé dans ces dépôts à proximité du site dans la zone susceptible d'être affectée par les opérations.

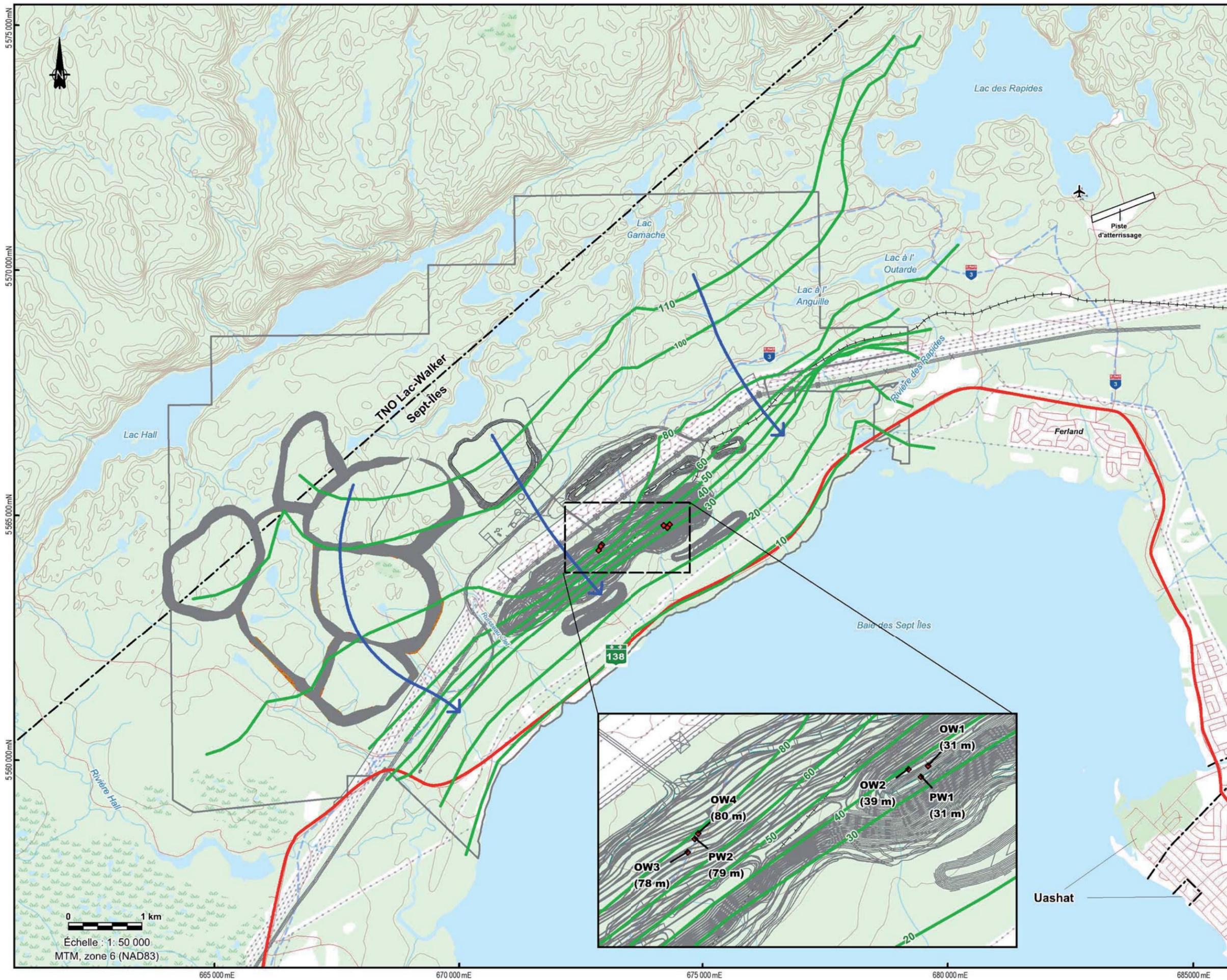
Les dépôts de till et les dépôts marins d'eau profonde (argile et silt) ne formeraient pas, quant à eux, de formations aquifères. Ils sont typiquement faiblement perméables. Ils représentent donc des formations de classe III.

➤ **Qualité des eaux souterraines**

Un portrait préliminaire des caractéristiques géochimiques et de la qualité des eaux souterraines a été établi à l'aide de données antérieures et suite à un échantillonnage complémentaire en 2011. Les échantillons d'eau souterraine analysés ont été recueillis par Cogemat (1997) et par Journeaux (2011). Plusieurs des autres puits d'observation qui seront installés en 2012 pour préciser l'information feront également l'objet d'un échantillonnage.

Deux forages réalisés par Cogemat en 1997 (P-6 et P-7) ont été échantillonnés en juillet de la même année afin d'évaluer la qualité des eaux souterraines. Ces deux forages sont localisés dans le secteur de la bordure sud de la fosse et interceptent les eaux souterraines des systèmes hydrogéologiques du roc. Un autre sondage (R-11) réalisé en 2011 pour une étude géotechnique a été échantillonné afin d'évaluer la qualité des eaux souterraines dans le secteur du corridor du chemin de fer. Ce forage capte les eaux souterraines des dépôts de surface.

Les résultats d'analyse chimique de ces échantillonnages sont présentés au tableau 7.6.1. Les critères de qualité de l'eau pour l'eau potable, de même que les critères s'appliquant aux situations où les eaux souterraines font résurgence dans les eaux de surface ont été utilisés à titre comparatif. Les concentrations en métaux lourds n'ont pas été ajustées en fonction de la dureté de l'eau, puisqu'aucune valeur de dureté n'a été mesurée.



ÉLÉMENTS

	Puit d'observation de l'eau souterraine (élévation en mètre)
	Courbe isopieze (m)
	Direction présumée d'écoulement de l'eau souterraine
Gradient hydraulique = 0,125 m/s	

	Hydrobase et aéroport
	Limite municipale
	Réseau routier
	Chemin de fer
	Ligne de transmission hydroélectrique
	Sentier de motoneige / quad
	Propriété minière



Projet minier Arnaud

Étude d'impact sur l'environnement

Carte piézométrique régionale dans la région du projet

0 1 km
Échelle : 1: 50 000
MTM, zone 6 (NAD83)

665 000 mE 670 000 mE 675 000 mE 680 000 mE 685 000 mE

5 575 000 mN
5 570 000 mN
5 565 000 mN
5 560 000 mN

Tableau 7.6.1 Bruit de fond de la qualité des eaux souterraines

Paramètre	Unité	Critères d'eau souterraine ⁽¹⁾		Stations et dates d'échantillonnage		
		Aux fins de consommation ^(2,3)	Résurgence dans les eaux de surface ou infiltration dans les égouts ⁽⁴⁾	Eau dans le roc		Eau dans les dépôts de surface
				P-6 ^(7b)	P-7 ^(7b)	R-11 ^(7a)
				juil-97	juil-97	nov-11
Paramètres physico-chimiques de base						
pH	-	-	-	9	8	6,94
Conductivité	µmhos/cm	-	-	na	na	597
Ions et nutriments majeurs						
Chlorures	µg/L	<u>250 000</u> ⁽³⁾	860 000	na	na	19 000
Fluorures	µg/L	<u>1 500</u>	4 000	340	60	na
Phosphore total	µg/L	-	3 000 ⁽⁶⁾	50	150	na
Phosphore inorganique (dissous)	µg/L	-	-	20	30	na
Sulfates	µg/L	-	-	na	na	26 000
Paramètres organiques						
Hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀	µg/L	-	-	na	na	1670
Métaux et métalloïdes						
Arsenic	µg/L	<u>25</u>	340	<1	<1	2,4
Cadmium	µg/L	<u>5</u>	2,1 ⁽⁵⁾	<0,5	<5	<0,8
Chrome	µg/L	<u>50</u>	-	<1	<1	<10
Cuivre	µg/L	<u>1 000</u> ⁽³⁾	7,3 ⁽⁵⁾	<10	30	<3
Fer	µg/L	-	-	120	30	<300
Mercure	µg/L	<u>1</u>	0,13	<0,1	<0,1	na
Nickel	µg/L	<u>20</u>	260 ⁽⁵⁾	<5	81	3,8
Plomb	µg/L	<u>10</u>	34 ⁽⁵⁾	<5	<5	<1
Sodium	µg/L	<u>200 000</u> ⁽³⁾	-	na	na	31 200
Titane	µg/L	-	-	<500	<500	na
Zinc	µg/L	<u>5 000</u> ⁽³⁾	67 ⁽⁵⁾	<10	<10	<3

Légende

- na Paramètre non analysé
- Critère non défini
- <1 Paramètre non détecté
- 50 Paramètre mesuré avec une valeur inférieure à tous les critères
- 81 Paramètre mesuré avec une valeur supérieure au critère aux fins de consommation
- 30 Paramètre mesuré avec une valeur supérieure au critère de résurgence

(1) Critères génériques du MDDEP pour les sols et pour les eaux souterraines de la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés : <http://www.mddep.gouv.qc.ca/sol/terrains/politique/ind> MDDEP, 1999. Modifié en 2000 et 2001. Beaulieu, M., Drouin, R. et Vézina, P., 1999. Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés, Publication du Québec, 124p.

(2) Les critères pour l'eau de consommation sont exprimés en concentrations maximales acceptables (CMA)

(3) Objectifs d'ordre esthétique

(4) Les critères de qualité lors de la résurgence de l'eau souterraine dans l'eau de surface ou à l'occasion de l'infiltration de l'eau souterraine dans les égouts sont tirés du document « Critères de qualité de l'eau de surface au Québec » (MENV, 2001 modifié en 2009) élaboré par la Direction des écosystèmes aquatiques du ministère de l'Environnement, ainsi que la mise à jour de 1998. MDDEP, 2009. Critères de qualité de l'eau de surface, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, 506 p. et 16 annexes.

(5) Le critère augmente avec la dureté. La valeur inscrite au tableau correspond à une dureté de 50 mg/L (CaCO₃). Voir « Critères de qualité de l'eau de surface au Québec » (MENV 2001). La dureté n'a pas été mesurée dans le cadre de cette étude

(6) Le critère de phosphore total vise à la base à limiter la croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques dans les cours d'eau. Un critère plus sévère s'appliquerait à l'occasion de la résurgence de l'eau souterraine dans un cours d'eau s'écoulant vers un lac ou à l'occasion de la résurgence de l'eau souterraine dans un lac.

(7) a) Échantillon prélevé et analysé dans le cadre de l'étude "Journeaux et Assoc., 2011. Mine Infrastructure, Relocated Rail ARNAUD MINE, Sept-Îles, Québec, Geotechnical and Hydrogeological investigation. Report No. L101411, August 2011". b) Échantillons prélevés et analysés dans le cadre de l'étude "Cogemat, 1997. Investigation géotechnique préliminaire, Canton Arnaud, Cep Duplessis, G-3708.

Selon les critères retenus, les paramètres physico-chimiques de l'eau des secteurs testés sont presque tous conformes aux critères du MDDEP. Seule la qualité des eaux souterraines du puits P-7 présente un dépassement du critère utilisé en ce qui a trait au nickel (pour des fins de consommation) et, dans une moindre mesure, au cuivre (pour la résurgence dans les eaux de surface). Il est à noter que les concentrations en phosphates et en phosphore total sont faibles dans les eaux souterraines du roc, ce qui correspond avec la faible solubilité attendue de l'apatite contenue dans les formations rocheuses. Notons qu'on observe la présence d'hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ dans le puits R-11.

Les valeurs de pH sont de l'ordre de 8 à 9 dans le roc, et de 6,9 dans les dépôts de surface. La valeur de conductivité électrique mesurée dans les dépôts est 597 µmhos/cm, ce qui représente une eau souterraine faiblement minéralisée. Il n'y a pas de critère de qualité pour ces paramètres.

➤ **Vulnérabilité des eaux souterraines**

L'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines face à une contamination potentielle provenant d'activités humaines réalisées à la surface du sol est une approche qui permet de mettre en place, si requis, des mesures de protection de la ressource. Cette activité est donc utile pour évaluer le risque engendré par des activités minières sur la qualité des eaux souterraines. Comme il a été discuté auparavant, le potentiel aquifère sur site est plutôt limité, et c'est pourquoi il n'a pas fait l'objet d'un développement particulier.

Une des méthodologies suggérées par le MDDEP pour évaluer la vulnérabilité des eaux souterraines est la méthode DRASTIC (Aller *et al.*, 1987). Présentement, peu d'information est disponible sur la distribution spatiale et la valeur de plusieurs des paramètres requis pour l'estimation de l'indice DRASTIC. Néanmoins, il est possible d'obtenir une première estimation qualitative de la vulnérabilité, notamment à l'aide de la carte de la répartition des dépôts de surface (Carte 7.5.1). Ainsi, selon cette dernière, les secteurs caractérisés par la présence de dépôts marins de faciès peu profond (matériau granulaire) présenteront typiquement une vulnérabilité plus élevée dans la mesure où le niveau d'eau est plus près de la surface. Une vulnérabilité plus élevée caractérisera également les secteurs d'affleurements rocheux et ceux où l'épaisseur des dépôts au-dessus du roc est plus faible. Les secteurs de l'aquifère rocheux présentant en surface des dépôts de till peu perméables seront typiquement moins vulnérables. Toutefois, rappelons qu'aucun puits n'est aménagé à proximité du site dans les différentes formations hydrogéologiques aquifères (classe II).

➤ **Utilisateurs de la ressource**

La population de la ville de Sept-Îles est alimentée par une prise d'eau de surface située dans le lac des Rapides. Cette prise d'eau se situe en amont du site du projet, à une distance suffisante du site pour ne pas être affectée par le projet. Aucun des bassins versants alimentant cette source n'est touché par le projet. Les résidences situées en aval et à proximité de la zone d'étude sont approvisionnées en eau potable par l'aqueduc municipal.

Différents secteurs plus éloignés de l'agglomération pourraient par contre être approvisionnés par des puits individuels mais à l'exception d'un puits situé à environ 2 km de la limite sud de la fosse projetée, aucun puits d'approvisionnement n'a été rapporté à proximité du site minier. Ce puits serait en fait un puits de faible profondeur aménagé dans les dépôts de sable reposant sur l'argile. Le contexte hydrogéologique suggère qu'il ne serait pas en lien hydraulique avec le système hydrogéologique du roc susceptible d'être affecté par les activités de pompage, compte tenu de la présence de la couche d'argile observée dans des forages effectués le long de la voie ferrée. Toutefois, le puits étant situé à la limite de la zone susceptible d'être influencée par les activités au site (pompage et parc à résidus), cet aspect pourrait être mieux documenté, notamment au cours des travaux complémentaires prévus en 2012. Les autres puits identifiés seraient localisés à plus de 8 km. Environ 25 puits ou forages ont fait l'objet d'un rapport et sont enregistrés dans le système d'informations hydrogéologiques du MDDEP pour la région de Sept-Îles. Leur usage n'est pas connu.

(eau potable, irrigation). Néanmoins, tous ces puits sont localisés à plus d'un kilomètre des limites du site minier.

7.6.2 Analyse des impacts

Certains des impacts potentiels jugés d'importance sur l'eau souterraine découlent des infrastructures (aires de stockage, fosse) qui seront aménagées sur le site. D'autres impacts de moindre envergure sont liés aux activités courantes qui seront réalisées sur le site.

➤ Identification des sources d'impact

Les principales composantes du projet susceptibles de constituer une source d'impact sur les eaux souterraines en phase de construction, d'exploitation et de fermeture sont :

- L'utilisation et l'entretien de la machinerie;
- Le stockage et la gestion des matières dangereuses et des carburants sur le site;
- L'extraction, la manutention, le stockage et traitement des matériaux issus de l'exploitation minière (minerai, mort-terrain, stériles);
- La gestion des eaux pour l'aménagement de la fosse et à la fin des activités de pompage qui produira la formation d'un lac dans la fosse;
- Le démantèlement des installations minières.

Les principaux impacts sur les eaux souterraines résultant de ces activités sont décrits dans les paragraphes qui suivent.

➤ Conception du projet limitant l'impact

De par l'importance des infrastructures inhérentes à tout projet minier, il est reconnu que ces dernières exerceront des impacts plus ou moins importants sur les eaux souterraines. Dans cette perspective, une approche de protection des eaux souterraines a été considérée lors de la conception des différentes installations du site.

La production d'un lixiviat suite à la percolation de l'eau à travers les résidus et les stériles constitue une des principales sources d'impact sur l'eau souterraine. L'aménagement des aires de stockage des matériaux issus de l'activité minière a donc été conçu selon les exigences de la Directive 019 afin de limiter les eaux pouvant s'exfiltrer des aires concernées. Finalement, une modélisation des débits d'exfiltration des aires a permis d'estimer leur valeur dans le but de déterminer le besoin d'imperméabilisation du fond des cellules.

L'étude de modélisation hydrogéologique de l'écoulement des eaux souterraines sur le site qui a été réalisée visait à optimiser les activités de dénoyage de la fosse. Les patrons d'écoulement obtenus à la suite des simulations ont permis d'identifier les zones où les eaux souterraines pourraient être le plus susceptibles d'être influencées. Cette information a permis de planifier les composantes du programme de suivi des eaux souterraines à mettre en place dans le cadre du projet, ainsi qu'à identifier au besoin des mesures spécifiques d'atténuation.

➤ Description des impacts

Les impacts sur les eaux souterraines susceptibles d'être générés par les activités du projet, décrites précédemment, sont pour les phases de construction, d'exploitation et de fermeture :

- La modification de la qualité des eaux souterraines;
- La modification du régime d'écoulement des eaux souterraines;
- La modification de la qualité des eaux de dénoyage de la fosse.

Les impacts identifiés sont associés à plusieurs sources. Ils sont décrits de façon détaillée dans les paragraphes qui suivent.

Modification de la qualité des eaux souterraines

Utilisation et entretien de la machinerie

Plusieurs sources d'impact sur l'eau souterraine seront liées à l'utilisation et l'entretien de la machinerie. L'aménagement des sites devant accueillir les différentes infrastructures du projet (usine, silo, parc, haldes, fosse, etc.) de même que l'opération normale du site nécessiteront l'utilisation de véhicules, d'équipements et de machinerie lourde. L'utilisation, l'entretien et la circulation de ces équipements émettront certaines substances dans l'environnement. Le décapage et le remaniement des sols par la machinerie pourraient ainsi faciliter l'infiltration vers les eaux souterraines de contaminants potentiels, tels que ceux impliqués dans l'usage de la machinerie. La possibilité de fuites ou de déversements accidentels en cours d'utilisation augmentera les risques de contamination des eaux souterraines par les hydrocarbures ou autres contaminants. Néanmoins, l'impact de ces fuites serait généralement limité à condition d'être repéré et contrôlé rapidement.

Dans le cas d'utilisation d'un abat-poussière sur les chemins ou de sels déglaçants, ces derniers pourraient occasionner une augmentation de la turbidité et de la salinité de l'eau de ruissellement, dont une portion va s'infiltrer dans le sol et rejoindre les eaux souterraines, en particulier dans les systèmes hydrogéologiques granulaires peu protégés en surface. Toutefois, considérant que l'usage des fondants sera plutôt limité et compte tenu des phénomènes de dilution et de dispersion, il est peu probable que la salinité des eaux souterraines augmente de façon significative.

Stockage et gestion des matières dangereuses et des carburants

Un autre impact potentiel sur la qualité des eaux souterraines provient de la présence sur le site d'une aire d'entreposage de produits pétroliers, ainsi que d'un atelier de mécanique. En effet, malgré les mesures adoptées, ces derniers constituent des aménagements qui pourraient contaminer les eaux souterraines suite à des fuites de produits pétroliers ou de matières diverses qui s'y trouvent, si ces dernières ne sont pas confinées rapidement.

Extraction, manutention, stockage et traitement des matériaux issus de l'exploitation minière

La gestion du minerai et des résidus miniers, des stériles et du mort-terrain sont des activités qui ont le potentiel de modifier la qualité des eaux souterraines. L'eau souterraine qui percolera au travers ou sous les aires de stockage pourrait contenir et transporter certains contaminants provenant de la dissolution des éléments chimiques des différents minéraux qui composent ces matériaux. Une partie des substances contenues dans les eaux souterraines pourrait faire ensuite résurgence à des concentrations supérieures aux valeurs de fond dans le réseau hydrique local. Les quelques petits cours d'eau qui bordent le site, les dépôts de surface et le roc, ainsi que la baie des Sept Îles représentent des milieux récepteurs potentiels. Par conséquent, il est d'usage d'évaluer les débits d'exfiltration et l'évolution des concentrations de contaminants potentiels dans l'eau à l'aide de tests géochimiques. D'après les résultats actuellement disponibles, les résultats des essais géochimiques effectués sur des échantillons de minerai, de résidus miniers, de stériles et de mort-terrain semblent indiquer qu'ils ne sont pas très propices à la lixiviation, ni à la génération d'acide. Seul le cuivre présente un potentiel à la lixiviation. En considérant les mesures d'atténuation prévues sur le site, les matériaux issus de l'exploitation minière devraient donc exercer un impact limité sur la qualité de l'eau souterraine.

Pour compléter l'évaluation de l'impact potentiel des eaux issues des aires de stockage, une étude visant à évaluer les débits d'exfiltration dans l'eau souterraine à l'aval des zones de stockage a été produite dans le cadre du projet (Annexe 7.6.2). L'évaluation a été réalisée par modélisation numérique en tenant compte des résultats des études précédentes. Le contexte hydrogéologique de la propriété est décrit en détail dans le rapport d'Ausenco/Vector (2011b).

La modélisation a été réalisée en utilisant deux coupes à travers le parc à résidus pour mettre en évidence la variabilité des épaisseurs de dépôts de surface et la topographie du roc. Le choix des paramètres hydrauliques des modèles, ainsi que la valeur de la recharge sur le terrain naturel sont similaires à ceux du modèle hydrogéologique d'Ausenco/Vector (2011b) et de l'étude de Cogemat (1997). Le choix de la position des coupes a été fait en fonction des données stratigraphiques disponibles dans le secteur des parcs et des données géotechniques de Journeaux (2011). Les simulations ont été réalisées en régime permanent, sans fluctuations saisonnières du niveau de la nappe. Le choix des conditions, telles que le profil anticipé des résidus, l'écoulement en régime permanent, les conditions post-ennoisement de la fosse, etc., permet de rester conservateur dans la détermination des débits d'eau d'exfiltration vers le roc.

Les résultats de modélisation des débits correspondent à la quantité d'eau provenant des résidus et qui atteint les eaux souterraines du roc. Les débits moyens d'eau d'exfiltration estimés sont de 0,25 et 0,28 l/m² par jour. Ces valeurs sont largement inférieures à la valeur maximale quotidienne de 3,3 l/m² par jour correspondant aux mesures d'étanchéité de niveau A pour la protection des eaux souterraines indiquées à la Directive 019 sur l'industrie minière. En considérant les variations d'épaisseurs dans les dépôts de surface et suite à une analyse de sensibilité des paramètres hydrauliques critiques (recharge et conductivité hydraulique), les valeurs estimées sont toutes inférieures au critère de 3,3 l/m² par jour imposé par la Directive 019 du MDDEP. Ces résultats suggèrent qu'il ne serait pas requis de prendre des mesures supplémentaires pour imperméabiliser le fond des cellules du parc à résidus.

Ces débits d'exfiltration vers l'aquifère du roc peuvent être extrapolés vers d'autres secteurs de la propriété étant donné que les caractéristiques hydrogéologiques sont similaires. Cependant, il est prévu en 2012 de compléter l'information hydrogéologique, notamment dans le secteur du parc à résidus. Des sondages et forages, ainsi que des essais granulométriques et hydrauliques seront alors réalisés.

Modification du régime d'écoulement des eaux souterraines

Gestion des eaux

Les activités de pompage nécessaires pour assurer le dénoyage de la fosse entraîneront des changements significatifs dans le régime d'écoulement des eaux souterraines, principalement à proximité de cette dernière, et potentiellement des modifications aux taux de recharge et résurgence dans certains cours d'eau situés à proximité du site. En effet, durant les différentes phases d'exploitation, le niveau de l'eau souterraine dans la fosse sera maintenu par pompage près du fond de l'excavation. La surface piézométrique des eaux souterraines sera ainsi abaissée progressivement pour permettre l'exploitation à sec de la fosse. La profondeur finale prévue pour la fosse est de 180-240 m dépendamment de la référence au nord ou au sud de la fosse, ce qui correspond dans la partie la plus profonde à une élévation d'environ -150 m sous le niveau moyen de la mer.

L'influence des activités de dénoyage sur le régime d'écoulement des eaux souterraines est contrôlée par les caractéristiques hydrogéologiques, soit les propriétés hydrauliques des formations géologiques et le lien entre elles et le réseau hydrique de surface. Ces caractéristiques sont particulièrement complexes dans le cas des systèmes hydrogéologiques en milieu de roches fissurées, tel que rencontré sur le site. C'est pour cette raison qu'il est d'usage de procéder par modélisation numérique pour représenter le système hydrogéologique et évaluer les impacts potentiels des activités de dénoyage.

Ainsi, un modèle hydrogéologique du site du projet a été élaboré par Ausenco/Vector (2011b) dans le but d'évaluer les débits de dénoyage et pour examiner les rabattements de la nappe provoqués par les activités de dénoyage (Annexe 7.6.1). Les résultats des simulations numériques ont permis d'obtenir une représentation spatiale de l'influence maximale du dénoyage des fosses sur la surface

piézométrique à la fin des opérations de la mine. La carte 7.6.3 présente l'étendue maximale modélisée du rabattement anticipé à la fin de l'exploitation.

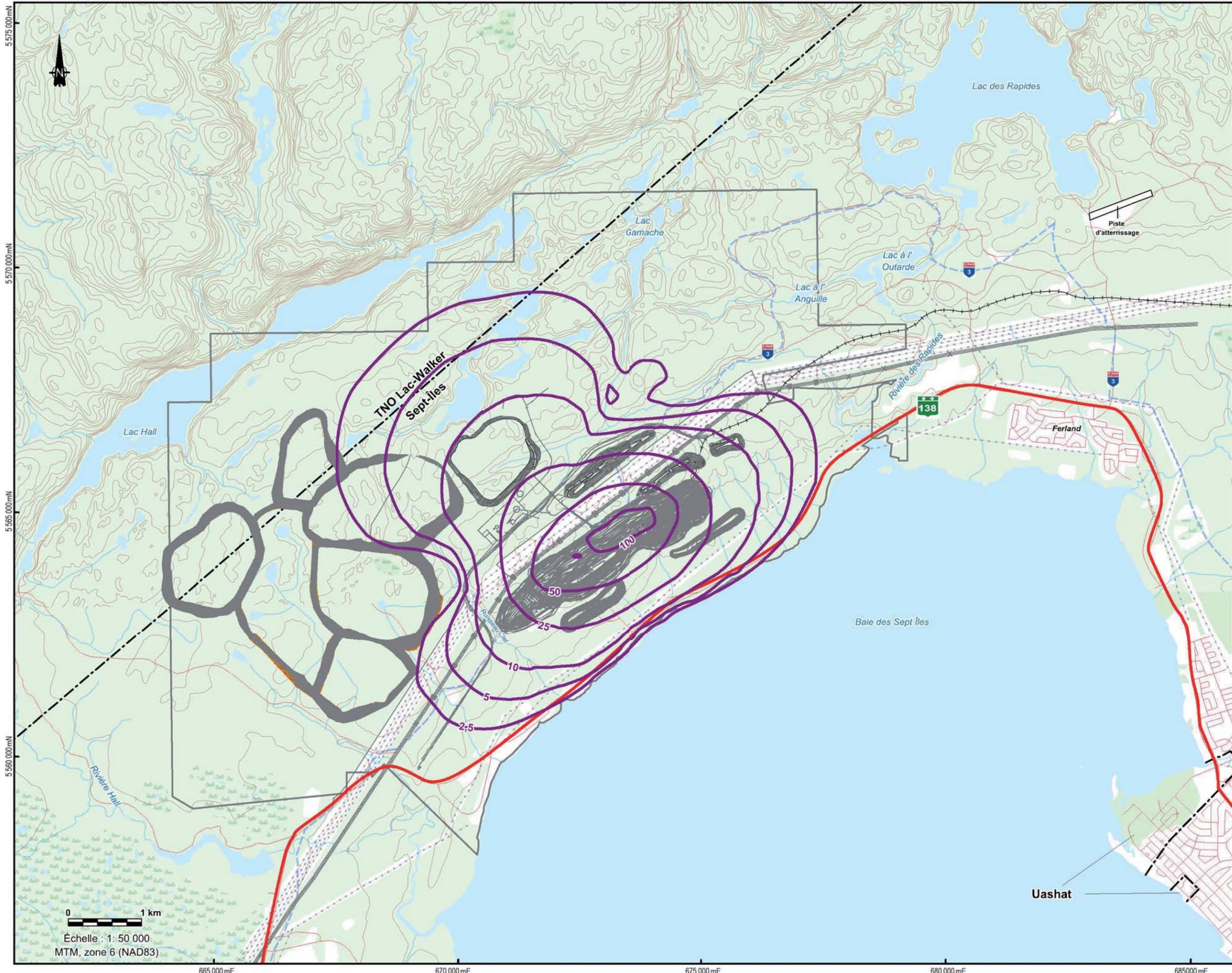
L'utilisation d'un modèle hydrogéologique demeure une représentation simplifiée du milieu naturel. Elle est donc dépendante d'hypothèses de base sur la géométrie et les propriétés hydrauliques des différentes unités hydrogéologiques qui ont été utilisées pour la conception du modèle, ainsi que du nombre et de la qualité des données disponibles pour intégration. Le modèle hydrogéologique a été élaboré dans le cas présent pour une profondeur de 115 m (élévation de -74 m) pour la fosse et une période d'exploitation de 30 ans. Ces valeurs ayant depuis été modifiées, tel que défini précédemment, elles ne modifieront toutefois pas la nature des impacts mais plutôt leur étendue. En effet, l'expérience acquise dans des projets miniers réalisés dans des environnements géologiques similaires démontre généralement des rabattements typiques de faibles étendues concentrés dans le secteur des fosses, ce qui est en accord avec les propriétés hydrogéologiques du type de roche de la région. Malgré tout, un programme complémentaire de travail est prévu en 2012 pour chercher de l'information additionnelle afin d'exercer une meilleure prédiction des activités de gestion des eaux durant les opérations de dénoyage.

D'après les résultats de la modélisation, le rabattement anticipé du niveau des eaux souterraines sera au maximum à proximité de la fosse et s'atténuera au fur et à mesure que l'on s'en éloigne. Les rabattements du niveau de l'eau souterraine pourraient être de l'ordre de 10 m de profondeur pour une distance variant entre 1 et 2 km des parois des fosses; l'étendue maximale étant en direction amont de la fosse.

L'étendue du rabattement implique que le niveau des eaux souterraines pourrait être abaissé sous quelques-uns des plans d'eau situés en amont des fosses. Il pourrait donc y avoir un écoulement vertical descendant des eaux de surface vers les eaux souterraines réduisant ainsi une partie de l'écoulement de base des cours d'eau. Il pourrait également y avoir un rabattement au niveau de la nappe phréatique dans les dépôts de surface qui pourrait affecter un puits peu profond aménagé dans ces derniers. Toutefois, dans les deux cas l'ampleur du drainage ou du rabattement dépendra du lien entre les deux milieux qui sera fonction des propriétés hydrauliques des formations superficielles et du roc dans ces secteurs. Les données disponibles sur la géologie de surface indiquent la présence de dépôts marins littoraux, probablement sableux, sous lesquels se prolongerait l'unité de till observée plus au nord. Les données hydrauliques régionales sur cette unité suggèrent qu'elle est généralement peu perméable, et qu'elle pourrait donc isoler le système hydrogéologique des dépôts de celui du roc. Les travaux complémentaires de caractérisation hydrogéologiques prévus en 2012 pour optimiser le design de la fosse permettront par la même occasion de mieux documenter cet aspect.

Dans une autre perspective, l'étendue du rabattement créé pour le dénoyage de la fosse englobera l'ensemble de l'aire occupée par le parc à résidus et la halde de stériles. Ceci aura pour conséquence d'entraîner vers la fosse toutes substances qui pourraient potentiellement s'exfiltrer des aires de stockage vers les eaux souterraines. Les eaux de dénoyage de la fosse seront re-circulées, ou traitées après un séjour dans le bassin de polissage, ce qui limitera le risque de contamination des eaux souterraines à l'extérieur du site.

L'arrêt des activités de dénoyage de la fosse à la fin du projet provoquera la remontée du niveau des eaux souterraines vers sa position initiale. La remontée finale du niveau des eaux souterraine sera fonction des conditions d'équilibre de la formation d'un lac à l'intérieur de la fosse. Ce dernier sera raccordé au réseau hydrique. Il est anticipé que le régime d'écoulement des eaux souterraines retrouvera sensiblement son état initial.



ÉLÉMENTS

-  Rabattement anticipé (m)

-  Limite municipale
-  Réseau routier
-  Chemin de fer
-  Ligne de transmission hydroélectrique
-  Sentier de motoneige / quad
-  Propriété minière



 **Projet minier Arnaud**

Étude d'impact sur l'environnement

Rabattement maximal des niveaux de l'eau souterraine simulé à la fin de la période d'exploitation

 Carte de base : BDTQ, 1, 20000, 22.J01-22.J02-22.J07-22.J08, 2008
Fichier : 59858_EIES_C7-8-3_rabattement_120131.WOR
Janvier 2012

Carte 7.6.3

Modification de la qualité des eaux de dénoyage

Gestion des eaux

La présence de dépôts de surface avec des épaisseurs pouvant atteindre plus de 40 m dans le secteur nord-est de la fosse pourrait constituer un lien hydraulique entre cette dernière et la baie des Sept Îles. Bien que limités à la périphérie de la fosse, les travaux de caractérisation dans ce secteur indiquent que ces dépôts sont constitués principalement d'une épaisse couche d'argile, sus-jacente à un horizon sableux de quelques mètres d'épaisseur reposant sur le roc. Cet horizon étant situé à une élévation correspondant environ au niveau moyen de la mer, il pourrait agir de chemin préférentiel d'écoulement au phénomène d'intrusion saline. À l'emplacement de la fosse, la présence de failles orientées perpendiculairement en direction de la baie pourrait également servir de corridor d'intrusion saline, mais leurs caractéristiques hydrauliques et leur extension n'ont pas été examinées en détails.

Dans les régions côtières, le processus d'intrusion saline dans un aquifère se produit lorsque le niveau de l'eau souterraine en un point donné sur la côte se trouve abaissé sous le niveau de la mer. Il se produit alors dans l'aquifère un déplacement vers l'intérieur des terres de la zone de transition entre l'eau douce et l'eau salée (interface). Cette situation peut se produire suite au pompage d'un puits, mais aussi par drainage d'une fosse comme dans le cas présent. Le risque d'intrusion saline diminue rapidement plus on s'éloigne de la côte, alors que l'élévation de la surface des eaux souterraines augmente par rapport au niveau de la mer. Rappelons que l'élévation piézométrique mesurée dans le secteur des fosses varie entre 30 et 80 m. La profondeur finale prévue pour la fosse étant d'environ 240 m dans la partie la plus profonde, ceci correspondrait donc à une élévation de rabattement potentiel de 150 m sous le niveau moyen de la mer. Ce rabattement important pourrait engendrer un mouvement de l'interface eau douce/eau salée. Néanmoins, sa progression sera fortement contrôlée par la géométrie du système hydrogéologique, soit dans le cas présent des caractéristiques hydrauliques des dépôts et des formations rocheuses rencontrés entre la fosse et la baie des Sept Îles.

Les travaux de modélisation hydrogéologique (Ausenco/Vector, 2011b) ont en partie servi à vérifier la configuration de l'aire de rabattement du drainage de la fosse, ainsi que son impact potentiel. Compte tenu des propriétés hydrauliques des formations hydrogéologiques, les résultats des simulations suggèrent que l'influence du drainage de la fosse ne se rendrait pas jusqu'à la côte, ce qui ne provoquerait pas de migration d'eau saline de cette dernière vers l'intérieur du territoire. De plus, l'excavation serait suffisamment éloignée de la côte pour éviter théoriquement une remontée d'eau saline des profondeurs dans la perspective d'un milieu hydrogéologique de type fissuré. Toutefois, tel que mentionné précédemment, des travaux de caractérisation hydrogéologique sont prévus en 2012 pour évaluer les caractéristiques hydrogéologiques en aval de la fosse et re-calibrer le modèle hydrogéologique.

De plus, puisqu'il n'y a pas d'utilisateurs d'eau souterraine qui pourraient être affectés par une possible intrusion saline, le seul impact concernerait une variation de la qualité des eaux d'exhaure à long terme. Compte tenu des volumes d'eau de précipitation et de ruissellement entrant dans la fosse et des apports d'eau souterraine par les parois de la fosse (autre que la paroi sud), la qualité de l'eau d'exhaure pourrait ne pas être modifiée de façon significative. Ainsi, le risque associé au phénomène d'intrusion est plutôt limité.

➤ Mesures d'atténuation

Les mesures d'atténuation et les méthodes de travail utilisées durant la construction et l'opération du site permettront de prévenir les risques de contamination de l'eau souterraine par des fuites ou déversements accidentels d'hydrocarbures ou d'autres sources possibles de contamination. Les mesures d'atténuation pour gérer les impacts potentiels sur les eaux souterraines produits par l'utilisation et l'entretien de la machinerie, ainsi que pour le stockage et la gestion des matières dangereuses et des carburants, sont les mêmes que pour la protection des sols. Ces mesures sont discutées aux sections 7.5.2 et 15.

Les mesures d'atténuation suivantes ont été élaborées afin d'adresser les autres impacts qui pourraient s'exercer sur la qualité et le régime d'écoulement des eaux souterraines.

Extraction, manutention, stockage et traitement des matériaux issus de l'exploitation minière

De façon générale, les mesures de gestion des matériaux issus de l'exploitation minière (minerai, résidus, stériles) utilisées sur le site pour la protection des eaux souterraines seront appliquées conformément à la Directive 019 du MDDEP :

- Seuls les résidus miniers et les stériles seront acceptés dans les aires d'accumulation qui leur sont attitrées;
- Toutes les mesures seront mises en place afin de capter et contrôler les eaux qui seront en contact avec les résidus miniers, incluant les eaux de l'usine de traitement du minerai, les eaux d'exhaure et des haldes de résidus et de stériles;
- Les eaux de ruissellement provenant des aires de stockage de minerai et de résidus seront gérées selon les dispositions prévues à la Directive 019. Des mesures environnementales de conception ont donc été adoptées afin de réduire au minimum le ruissellement provenant des aires de stockage qui représentent des sources potentielles de contamination (ex. en limitant les surfaces imperméables) et réduire le débit de rejet de pointe (ex. canaliser les eaux vers des bassins de rétention lors des débits de pointe). Un réseau de captage de l'eau de percolation, comprenant des fossés de drainage autour des haldes de stériles, sera installé afin de limiter les infiltrations et d'acheminer l'eau collectée vers les installations de traitement appropriées.

Gestion des eaux

Des mesures d'atténuation spécifiques ont été élaborées afin d'adresser les problématiques de gestion de l'eau. Elles comprennent :

- L'utilisation d'une stratégie de dénoyage pour minimiser le rabattement des eaux souterraines, soit uniquement le pompage des eaux de la fosse, sans l'aménagement d'une ceinture de puits autour de la fosse pour effectuer le rabattement;
- Dans le cas où un puits privé est affecté par les activités au site, il pourrait y avoir raccordement à l'aqueduc municipal ou approfondissement de ce puits;
- Afin de considérer des effets potentiels encore incertains et pouvoir appliquer des mesures d'atténuation additionnelles au besoin, un programme de travaux complémentaires sera réalisé en 2012. Il consistera en: l'aménagement de puits d'observation additionnels dans les secteurs où l'influence du rabattement de l'eau souterraine pourrait être plus élevée, la réalisation d'essais hydrauliques; le suivi du niveau d'eau dans des puits d'observation durant l'exploitation afin de valider les résultats du modèle; le suivi du débit dans certains cours d'eau pour vérifier l'influence potentielle sur les débits suite aux activités de dénoyage. Compte tenu des différentes problématiques, il est encore trop tôt pour préciser la nature des mesures d'atténuation additionnelles qui pourraient être appliquées, si requis.

➤ **Évaluation de l'impact résiduel**

En phase de construction, l'intensité de l'impact sur les eaux souterraines s'avère faible, puisque ces dernières ne sont pas utilisées pour l'approvisionnement et que les activités ne devraient pas provoquer de modification aux patrons d'écoulement ni à la qualité de l'eau. Les déversements accidentels seront minimisés par l'application des mesures d'atténuation axées sur la prévention. L'étendue de l'impact sur les eaux souterraines sera donc ponctuelle, car limitée aux activités et infrastructures de l'empreinte du projet. La perturbation sur les eaux souterraines serait de durée courte à moyenne (cas de contamination), principalement limitée à la période de construction. L'impact résiduel sur les eaux souterraines pendant la phase de construction sera donc négatif, mais de faible importance.

En phase d'exploitation, l'intensité de l'impact sur les eaux souterraines s'avère moyenne, principalement du fait des activités de dénoyage de la fosse. Les mesures d'atténuation des matériaux issus de l'activité minière permettront de contrôler les eaux d'exfiltration. De plus, la majorité des métaux présente un potentiel de lixiviation négligeable, à l'exception du cuivre. L'étendue de l'impact sur les eaux souterraines sera locale, car limitée près de la fosse. La perturbation sur les sols sera de durée moyenne car elle concerne l'ensemble de la période d'exploitation. En somme, l'impact résiduel sur les eaux souterraines pendant la phase d'exploitation sera négatif et de moyenne importance.

En phase de fermeture, l'intensité de l'impact sur les eaux souterraines s'avère faible, puisque ces dernières devraient retrouver leurs conditions d'origine et que l'aménagement des aires de stockage devrait assurer un contrôle à long terme sur les eaux d'exfiltration. De plus, à l'exception du cuivre qui montre un potentiel de lixiviation, les autres métaux sont plutôt inertes à long terme. L'étendue de l'impact sur les eaux souterraines sera donc ponctuelle, car limitée à l'empreinte du projet. Les effets sur les eaux souterraines seront de durée moyenne, soit le temps pour la nappe d'eau souterraine de retourner à ses niveaux d'origine et pour que les concentrations des métaux dans les eaux d'exfiltration se stabilisent avec le temps. En somme, l'impact résiduel sur les eaux souterraines après la fermeture du site sera négatif, mais de faible importance.

7.7 Hydrologie et régime sédimentaire des cours d'eau

7.7.1 Description du milieu

Le projet est localisé dans la région hydrographique⁴ numéro 7 à environ 3,8 km au nord-ouest du Canton-Arnaud.

La majeure partie du site se draine vers la baie des Sept Îles via une série de ruisseaux plus ou moins parallèles les uns par rapport aux autres. La portion occidentale du site minier se draine dans le ruisseau Clet qui se jette dans la baie des Sept Îles. La partie nord du site (incluant la halde de stériles et une partie du site industriel) se trouve dans le bassin versant d'un ruisseau sans nom qui se déverse dans la rivière des Rapides à environ 1 km en amont de la baie des Sept Îles. Les eaux de drainage de la halde de stériles s'accumuleront au pied d'une petite digue formée par le chemin d'accès aux dépôts d'explosifs et détonateurs et seront pompées vers le parc à résidus (cellule #2 de résidus de flottation).

La rivière des Rapides constitue l'exutoire du lac des Rapides. La prise d'eau de la ville est localisée dans le lac des Rapides (dans la baie des Crans dans la partie sud-ouest du lac) et est donc située en amont de la confluence du ruisseau sans nom et de la rivière des Rapides.

➤ Débits d'étiage

Selon la section 3.3.2.2 de la Directive 019 sur l'industrie minière, l'étude environnementale d'un projet minier nécessite la détermination des débits d'étiage annuels et estivaux (Q_{2-7} , Q_{5-30} , Q_{10-7})⁵ des cours d'eau au droit des éventuels points de rejet d'un effluent minier dans le milieu récepteur. Pour cette analyse, deux points ont été retenus⁶, soit :

⁴ http://www.cehq.gouv.qc.ca/hydrometrie/historique_donnees/default.asp

⁵ Ces débits représentent le débit d'étiage de récurrence deux ans calculé sur une plage de débits de sept jours consécutifs (Q_{2-7}), le débit d'étiage de récurrence cinq ans calculé sur une plage de débits de trente jours consécutifs (Q_{5-30}) et le débit d'étiage de récurrence dix ans calculé sur une plage de débits de sept jours consécutifs (Q_{10-7}).

⁶ Il est à noter cependant qu'il n'y a qu'un seul site de rejet d'un effluent minier, soit le point A dans le ruisseau Clet. Le point B avait été retenu à un moment dans le projet où il était considéré de rejeter les eaux de drainage superficiel en provenance de la halde à stériles dans le ruisseau sans nom. Il est maintenant considéré que ces eaux seront pompées dans le parc à résidus (cellule #2 permettant l'accumulation des résidus de flottation).

<p>Site A Point de rejet éventuel de l'effluent du parc à résidus</p> <p>Bassin versant: Ruisseau Clet</p> <p>Superficie du bassin versant : 373 ha (répartie en trois petits sous-bassins versants : 270 ha, 74 ha et 29 ha)</p> <p>Coordonnées UTM (Nad83, zone 19) : 675 598 mE et 5 569 579 mN</p>	<p>Site B Point situé en aval de la halde à stériles</p> <p>Bassin versant : Ruisseau sans nom se déversant dans la rivière des Rapides</p> <p>Superficie du bassin versant : 289 ha (répartie en deux petits sous-bassins versants : 203 ha et 86 ha)</p> <p>Coordonnées UTM (Nad83, zone 19) : 677 058 mE et 5 571 531 mN</p>
---	--

La station hydrométrique numéro 072201 du MDDEP, localisée à 3,1 km en amont de l'embouchure de la rivière des Rapides sert de station de référence pour la détermination des débits des cours d'eau dans le secteur minier. Elle draine un bassin versant d'une superficie de 557 km². La série de données de cette station couvre la période de 1947 à 1983. Cependant, il faut noter que la Ville de Sept-Îles a commencé à prélever de l'eau du lac des Rapides en 1962 pour ses besoins en eau potable. Pour cette raison, seules les mesures prises entre 1963 et 1983 tiennent compte du prélèvement. Les débits de la station 072201 sont transférés au site à l'étude au prorata de la superficie des bassins versants.

Le tableau 7.7.1 présente le débit mensuel moyen pour :

- La rivière des Rapides à la station hydrométrique⁷;
- Le ruisseau sans nom en aval de la confluence de l'exutoire du lac Gamache;
- Le ruisseau Gamache à son point de confluence avec le ruisseau sans nom.

Sur une base annuelle, au point de déversement du ruisseau sans nom dans la rivière des Rapides, le débit de la rivière est 126 fois plus grand que celui du ruisseau.

Tableau 7.7.1 Débit mensuel moyen (m³/s)

Cours d'eau	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
1	3,97	2,69	2,87	8,8	58,6	33,78	12,49	12,8	15,56	17,22	12,98	7,67	15,9
2	0,055	0,037	0,040	0,122	0,810	0,467	0,173	0,177	0,215	0,238	0,179	0,106	0,220
3	0,031	0,021	0,023	0,070	0,463	0,267	0,099	0,101	0,123	0,136	0,103	0,061	0,126

1: Rivière des Rapides à la station 072201 (bassin versant de 557 km²)

2: Ruisseau sans nom en aval de la confluence de l'exutoire du lac Gamache (bassin versant de 7,7 km²)

3: Exutoire du lac Gamache à l'embouchure du ruisseau sans nom (bassin versant de 4,4 km²)

Les bassins versants au droit des sites A et B sont de petites tailles (respectivement 3,7 km² et 2,9 km²) et ne sont pas jaugés. La détermination des débits d'étiage pour de tels bassins versants est difficile du fait qu'à une telle échelle, l'écoulement de base est souvent négligeable et de plus, les cours d'eau qui drainent de tels bassins versants sont généralement intermittents. Pour ces raisons, dans la pratique, on considère que les débits d'étiage sont négligeables ou tout simplement nuls. Dans le cadre du présent projet, les visites effectuées sur le terrain ont permis de constater que les cours d'eau qui drainent les sous-bassins sont permanents. Dans un tel cas, les débits d'étiage ne devraient pas être nuls. Trois méthodes, présentant chacune des limitations, ont tour à tour été utilisées afin de déterminer les débits d'étiage au droit des sites A et B.

⁷ La superficie du bassin versant au droit de la station hydrométrique est de 557 km².

Dans un premier temps, les débits spécifiques d'étiage de la zone hydrographique 7 (dans laquelle est situé le site minier) ont été analysés. L'étude du centre d'expertise hydrique du Québec (2005) a servi de base pour cette analyse. Les bassins versants analysés par le centre d'expertise hydrique du Québec ont des superficies supérieures à 500 km² alors que les deux bassins versants qui nous intéressent font moins de 4 km². Il n'est pas recommandé de transposer directement ces résultats au site minier Arnaud. Néanmoins, l'étude permet de constater que les débits spécifiques d'étiage annuel et estival dans cette zone hydrographique sont généralement supérieurs à 2 l/s/ha.

Dans une seconde approche, les débits d'étiage ont été déterminés par la méthode de régionalisation proposée par Ancil *et al.* (2000). Avec cette méthode, les débits d'étiage sont de l'ordre de 0,237 m³/s (0,80 l/s/ha) et 0,297 m³/s (0,82 l/s/ha) respectivement pour les bassins versants de 2,9 km² (site B sur ruisseau sans nom) et 3,7 km² (site A sur ruisseau Clet). Il faut noter que la méthode de régionalisation a été établie à partir des bassins versants de grande superficie (> 100 km²) et pour cette raison ne fournit pas de résultats fiables pour des petits bassins versants tel que ceux au droit des sites A et B.

Dans une troisième approche, l'analyse fréquentielle de la série de débits mesurés à la station hydrométrique 072201 de la rivière des Rapides a été réalisée. Cette station hydrométrique est située à 3,1 km de l'embouchure de la rivière des Rapides, immédiatement en aval du lac des Rapides. Elle draine une superficie de 557 km², son régime est influencé mensuellement. L'analyse fréquentielle des débits de crue a été réalisée au moyen du logiciel HYFRANPLUS, développé par l'équipe de la chaire en hydrologie statistique de l'institut national de la recherche scientifique. Afin de permettre l'utilisation des données de débit de la station 072201 pour l'analyse fréquentielle. Plusieurs lois statistiques ont été testées et de toutes ces lois, celles de Weibull, Gamma et Lognormale sont celles qui reflètent le mieux les données de débit de la station 072201. Les débits d'étiages à cette station sont obtenus en effectuant la moyenne pondérée des débits obtenus par les trois ajustements cités ci-dessus.

Ainsi, l'analyse des débits d'étiage à la station 072201 conduit aux débits d'étiage suivants :

Q ₂₋₇	1,052 m ³ /s	ou	0,0189 l/s/ha
Q ₅₋₃₀	0,855 m ³ /s	ou	0,0153 l/s/ha
Q ₁₀₋₇	0,571 m ³ /s	ou	0,0102 l/s/ha

Les sous-bassins au droit des sites A et B sont situés dans le bassin versant de la rivière des Rapides. Ainsi, on suppose que les débits spécifiques d'étiage de la rivière des Rapides s'appliquent aux sous-bassins A et B. Les superficies des sous-bassins des sites A et B étant respectivement de 3,7 km² et 2,9 km², les débits d'étiage sont les suivants :

	Site A		Site B	
Q ₂₋₇	0,0070	m ³ /s	0,0055	m ³ /s
Q ₅₋₃₀	0,0057	m ³ /s	0,0044	m ³ /s
Q ₁₀₋₇	0,0038	m ³ /s	0,0030	m ³ /s

Au terme de ces analyses, nous recommandons que les débits d'étiage issus de l'analyse fréquentielle soient retenus.

➤ Débits de crue

Considérant la petite taille des bassins versants présents, la méthode rationnelle a été utilisée afin de déterminer les débits de crue des cours d'eau drainant le site minier.

Le coefficient de ruissellement utilisé pour le calcul a été déterminé en se basant sur une étude des sols de la région de Sept-Îles réalisée suite à une série de levés pédologiques (Laverdière, 1952). Cette étude démontre que dans la zone d'étude, on retrouve essentiellement des argiles marines et

du sable des rapides; ainsi les sols sont de classe hydrologique « BC ». Ces sols sont occupés essentiellement par du boisé.

Les données d'intensité de pluie utilisées sont celles de la station météo située à l'aéroport de Sept-Îles (station numéro 7047910) pour la période 1969-1995. La courbe de régression exponentielle () proposée par Environnement Canada pour la station 7047910 a été utilisée pour déterminer les intensités de pluie () correspondant aux temps de concentration () des deux bassins étudiés. Les constantes de régression et sont présentées au tableau 7.7.2.

Le calcul des débits de crue, basé sur ces différents paramètres et hypothèses, donne les résultats suivants pour les différentes périodes de retour étudiées (Tableau 7.7.2).

Tableau 7.7.2 Intensité de pluie et débit de crue calculés selon diverses périodes de récurrence pour le ruisseau Clet et le ruisseau sans nom

Période de retour (ans)	Constantes de régression		Site A Point de rejet éventuel de l'effluent du parc à résidus dans le ruisseau Clet (bassin versant de 3,7 km ²)			Site B Point situé en aval de la halde à stériles dans le ruisseau sans nom (bassin versant de 2,9 km ²)		
	A	B	Intensité de pluie (mm/h)	Débit de crue (m ³ /s)	Débit spécifique de crue (l/s/ha)	Intensité de pluie (mm/h)	Débit de crue (m ³ /s)	Débit spécifique de crue (l/s/ha)
2	13,4	-0,529	9,1	2,2	5,9	10,9	2,0	6,9
5	17,6	-0,544	11,9	2,8	7,5	14,2	2,6	9,0
10	20,4	-0,55	13,7	3,3	8,8	16,4	3,1	10,7
25	23,9	-0,556	16,0	3,8	10,2	19,2	3,6	12,4
50	26,6	-0,559	17,8	4,2	11,2	21,4	4,0	13,8
100	29,2	-0,562	19,4	4,6	12,3	23,4	4,4	15,2

7.7.2 Analyse des impacts

➤ Identification des sources d'impact

Les composantes de projet susceptibles d'affecter le régime hydrologique sont :

- Préparation et aménagement des sites (déboisement, essouchement, sautages, remblai, déblai, drainage - Toutes les installations);
- Gestion des eaux (alimentation en eau, recirculation, ruissellement, drainage, eaux usées, eau potable);
- Extraction, manutention, stockage et traitement du minerai;
- Restauration finale du site.

➤ Description des impacts

Les travaux de préparation et d'aménagement des sites, tels que les travaux de déboisement, d'excavation, de terrassement ou de construction des chemins secondaires, d'aménagement des aires d'entreposage de matériaux et des bancs d'emprunt, engendreront des modifications au niveau des limites des sous-bassins versants et des propriétés des surfaces de ruissellement. Ainsi, en phase de construction de la mine, il est prévu le déboisement des surfaces où seront aménagées les composantes du projet suivantes : parc à résidus de flottation (cellules #1 et #2), parc à résidus magnétiques (cellule sud), bâtiments, un quart de l'aire d'entreposage du minerai à faible teneur, la halde de mort-terrain #1 et #2, la fosse à ciel ouvert, la route d'accès, un quart de l'aire

d'entreposage des stériles, le bassin de polissage et la voie ferrée. En tout, environ 642,6 ha seront déboisés (et 0,8 ha de plans d'eau seront affectés) en phase de construction, alors qu'en phase d'exploitation, une superficie d'environ 876,5 ha sera déboisée et 15,3 ha de plans d'eau seront affectés.

La digue entourant les bassins du parc à résidus coupera le ruisseau Clet dans sa partie amont. Ceci engendra une réduction de la superficie du bassin versant du ruisseau Clet de 263 ha, soit 42,9 %. Ainsi, en phase de construction, le débit drainé par le ruisseau Clet sera momentanément réduit. Le débit moyen à l'exutoire du bassin versant du ruisseau Clet passera de 15 132 m³/d à 6 495 m³/d. Cette réduction du drainé par le ruisseau Clet permettra l'accumulation, dans les cellules #1 et 2 du parc à résidus, d'une réserve d'eau qui sera utilisée pour le traitement du minerai.

Dès le début de l'exploitation de la mine, l'ensemble des eaux usées minières (qui proviennent essentiellement des diverses cellules du parc à résidus, de la halde à stériles et de la fosse) transiteront par le bassin de polissage et l'usine de traitement de l'eau avant d'être recyclées à l'usine ou rejetées dans le ruisseau Clet. Tel que le montrent les figures 5.6.1 à 5.6.3, le débit de rejet de l'effluent au ruisseau Clet variera tout au long de la mine. Ces débits de rejet viendront compenser la réduction du débit du ruisseau Clet résultant de la réduction de sa superficie de drainage. L'impact du projet en phase d'exploitation sur le ruisseau Clet est résumé au tableau 7.7.3. Ces impacts ont été déterminés en se basant sur le calendrier minier présenté au tableau 5.6.1 ainsi que le bilan en eau du site présenté aux figures 5.6.1 à 5.6.3. Tel qu'on peut le constater à la lecture du tableau 7.7.3, Suite à l'exploitation de la mine, le débit moyen journalier du ruisseau Clet augmentera de 8,5% dès l'an 0 de la mine 84,78 % à l'an 15 de la mine. À la fin de la mine, il est prévu que le débit du ruisseau Clet revienne approximativement à sa valeur du débit de la mine.

Tableau 7.7.3 Impact du projet minier sur le débit moyen du ruisseau Clet

Étapes	Réduction de la superficie du bassin versant (ha)	Pourcentage de réduction de la superficie (%)	Débit de rejet de l'effluent (m ³ /d)	Débit moyen résultant du ruisseau Clet (m ³ /d)	Variation moyenne relative du débit du ruisseau Clet (%)
An 0 à An 4	159	25,9	7 780	16 418	+ 8,5
An 5 à An 7	159	25,9	10 720	19 358	+ 27,9
An 8 à An 14	263	42,9	19 264	27 902	+ 84,4
An 15 à An 23	263	42,9	19 020	27 658	+ 82,8
Fermeture	57	9,3	0	13 727	- 9,3

L'aménagement du parc à résidus engendrera également des réductions de 31 % et 59 % de la superficie des sous-bassins versants R10 et R11 respectivement.

Les haldes à stériles et à minerai à faible teneur occuperont respectivement 9,1 % et 3,1 % de la superficie du bassin versant du ruisseau sans nom, plus précisément en tête de bassin. Ainsi, la présence de ces aires d'entreposage engendrera une diminution d'environ 12,2 % des débits du ruisseau sans nom.

L'aménagement de la fosse à ciel ouvert se fera d'ouest en est tout au long de l'exploitation de la mine et entraînera une réduction de 21,3 % de la superficie combinée des sous bassins R9.5, R9, R8, R7.5 et R7.

Les eaux de ruissellement provenant des bassins versants affectés par la mine seront dirigées vers l'étang de polissage, ou recueillies dans des bassins de décantation pour permettre le dépôt des particules en suspension, avant d'être pompées vers les parcs à résidus ou vers l'étang de polissage, puis l'usine de traitement de l'eau. Une partie de ces eaux sera recyclée pour les besoins

de la mine et l'autre partie sera retournée dans le ruisseau Clet après traitement et contrôle de la qualité.

Tel que le montre le tableau 5.6.1, certaines aires d'accumulation seront restaurées en cours d'exploitation de la mine. C'est notamment le cas des cellules #1, #3 et est du parc à résidu de flottation ainsi que du parc à résidu magnétiques nord. La restauration comprendra l'ensemble des activités qui viseront à stabiliser les surfaces de sols remaniées, restaurer le couvert de mort-terrain et de sols et revégétaliser les surfaces à l'aide d'espèces indigènes. En phase de fermeture, toutes les aires d'accumulation restantes seront restaurées. Ces activités modifieront la topographie et la surface d'écoulement des eaux des sous-bassins concernés et permettront dans la mesure du possible restituer le patron hydrologique naturel du site.

La halde à stériles sera laissée en place et revégétalisée, créant ainsi une colline permanente au sein du bassin versant du ruisseau sans. La présence de cette colline ne devrait pas modifier la superficie se drainant à l'exutoire du ruisseau sans nom.

La fosse à ciel ouvert se remplira graduellement pour former un plan d'eau dont le surplus ruissellera vers la baie via les ruisseaux R6 à R8.

➤ Mesures d'atténuation

Différentes mesures de conception ont été mises de l'avant afin de limiter les impacts de ces activités sur le régime hydrologique du site. Tout d'abord, les besoins en eau de la mine seront comblés en recirculant les eaux de drainage et de pompage accumulées dans le bassin de polissage plutôt que par une source d'eau de surface situé à l'extérieur du site. La diminution du débit du ruisseau Clet résultant de l'aménagement des cellules du parc à résidus sera largement compensée par les apports d'eaux usées minières qui seront traitées avant d'être rejetées dans le ruisseau Clet. En fait, étant donné l'apport d'eau en provenance d'autres bassins versants, principalement les eaux d'exhaure (fosse) et le drainage superficiel (halde à stériles), le débit du ruisseau Clet sera augmenté. Afin d'éviter l'érosion des berges du ruisseau Clet et les possibilités d'inondation, le rejet de l'effluent sera modulé pour suivre le patron hydrologique naturel du cours d'eau, avec un certain étalement des crues printanières.

Autant que possible, les eaux non contaminées provenant des sous-bassins non affectés par la mine seront détournées et dirigées directement dans les ruisseaux existants.

La restauration de certaines composantes de la mine se fera en cours d'exploitation, limitant ainsi leur impact sur l'écoulement de surface. C'est le cas des parcs de résidus de flottation et magnétiques ainsi que des aires d'entreposage du mort-terrain.

Le débit de l'effluent rejeté dans le ruisseau Clet sera modulé de façon à suivre le patron hydrologique naturel du ruisseau. Cette façon de faire permettra de préserver la forme de l'hydrogramme naturel du cours d'eau et de conserver une charge (associée au rejet de l'effluent) qui sera proportionnelle à la capacité de dilution du ruisseau Clet. Cependant, lors des crues printanières, le débit de l'effluent (qui sera normalement plus important à cause de la fonte de la neige dans les cellules du parc à résidus) sera modulé⁸ afin d'éviter d'éventuelles inondations en aval ou d'aggraver ces dernières.

➤ Évaluation de l'impact résiduel

Suite à l'application des mesures d'atténuation, la préparation et l'aménagement des sites en phase de construction aura un impact d'intensité faible, d'étendue spatiale ponctuelle et de durée considérée longue puisque l'impact s'étendra au-delà de la durée de vie de la mine. En conséquence, l'importance de l'impact résiduel est considérée faible.

⁸ Le débit de crue de l'effluent sera étalé dans le temps afin d'en adoucir les pointes de crues de l'hydrogramme résultant du cours d'eau.

La gestion des eaux aura un impact d'intensité moyenne, d'étendue spatiale ponctuelle et de durée longue puisque l'impact s'étendra au-delà de la durée de vie de la mine. En conséquence, l'importance de l'impact résiduel résultant de la gestion des eaux est considérée moyenne.

7.8 Qualité des eaux de surface et des sédiments

7.8.1 Description du milieu

La caractérisation de la qualité de l'eau de surface et des sédiments de l'aire d'étude a été faite à partir de données provenant de deux campagnes d'échantillonnage réalisées en octobre 2010 et en juillet 2011 et dont les résultats détaillés sont présentés dans le rapport de caractérisation du milieu biophysique - octobre 2010 (Roche et Ausenco Sandwell, 2011a) et dans le rapport du milieu biophysique - été 2011 (Roche, 2011a), tous deux présentés aux annexes 7.8.1 et 7.8.2. En 2010, des échantillons d'eau de surface et des sédiments ont été prélevés dans 14 stations dans l'aire d'étude comparativement à 21 stations en 2011. Les stations d'échantillonnage ont été positionnées de manière à obtenir une couverture spatiale représentative des lacs et des cours d'eau susceptibles d'être influencés par le projet ainsi que des stations témoins, situées à l'amont des infrastructures projetées.

La nomenclature des différentes stations d'échantillonnage dans les cours d'eau et les plans d'eau de l'aire d'étude est présentée au tableau 7.8.1. La position de chacune de ces stations, les limites des bassins versants, la localisation des lacs et des cours d'eau ainsi que leur sens d'écoulement sont présentés sur la carte 7.8.1 (en pochette). Les tableaux 7.8.2 et 7.8.3 résument les résultats de qualité de l'eau et des sédiments de 2010 et 2011 aux stations échantillonnées.

Les résultats obtenus dans le cadre de l'étude sectorielle sur la qualité de l'eau du projet du Complexe de la rivière Romaine ont été utilisés pour dresser un portrait régional de la qualité de l'eau et pour mettre en perspective les résultats obtenus dans l'aire d'étude du projet. Les résultats d'une campagne réalisée en 1997 sur le même site ont également été utilisés pour comparer les résultats.

Tableau 7.8.1 Nomenclature des stations qui ont été échantillonnées pour la caractérisation de l'eau et des sédiments

Cours d'eau ou plans d'eau	Nomenclature des stations	Localisation (UTM, zone 19) (mE, mN)	
Rivière Hall	Hall-Am	674794	5566339
Tributaire de la rivière Hall	R11-Am2	673427	5567825
	TR11-Am	673811	5567646
	R11	674442	5567232
Tributaire de la baie des Sept Îles	R10-Am	675403	5568115
Ruisseau Clet	Clet Am2a	675710	5569525
	Clet-Voie ferrée	676462	5568709
Tributaire de la baie des Sept Îles	R9 (2011)	677712	5569900
Tributaire de la baie des Sept Îles	R8 (2011)	678111	5570417
Tributaire de la baie des Sept Îles	R6 (2011)	679745	5570089
Tributaire de la baie des Sept Îles	R3 (2011)	680362	5570788
Exutoire du lac Gamache (station témoin)	EX-GA	677556	5571894
Ruisseau sans nom (tributaire de la rivière des Rapides)	Sans nom-Am3	677090	5571542
	Sans nom-Am2	679165	5572455
	Sans nom-Av	680709	5572087
Rivière des Rapides	RAPAM	680734	5572091
Plan d'eau sans nom	PE-1	674397	5569775
Plan d'eau sans nom	PE-2	674674	5569129
Plan d'eau sans nom	PE-3	674358	5569115
Lac à l'Anguille (station témoin)	ANG	680010	5573525

De manière à protéger les usages de l'eau, les résultats de qualité de l'eau ont été comparés aux recommandations canadiennes pour la protection de la vie aquatique (CCME, 2007) et aux critères québécois pour la protection de la vie aquatique et pour la prévention de la contamination (avec prise d'eau) (MDDEP, 2009b).

Les différents critères et recommandations établis par le MDDEP et le CCME ont été utilisés pour interpréter les résultats de la qualité de l'eau. Pour assurer une protection de tous les organismes aquatiques, deux critères de qualité de protection de la vie aquatique sont donnés par le MDDEP (2009b) : un critère de vie aquatique chronique et un critère de vie aquatique aigu.

- Critère de vie aquatique chronique : Concentration d'un contaminant à laquelle les organismes aquatiques peuvent être exposés indéfiniment sans subir d'effets néfastes;
- Critère de vie aquatique aigu : Concentration d'un contaminant à laquelle les organismes aquatiques peuvent être exposés pour une courte période de temps sans subir de mortalité (ou peu).

Les recommandations du CCME pour la protection de la vie aquatique (CCME, 2007) sont des critères numériques ou des énoncés établis dans le but de protéger toutes les formes de vie aquatique présentes dans les eaux de surface et tous les aspects de leur cycle vital aquatique pendant une période indéfinie contre les apports de produits chimiques ou une modification des paramètres physiques (ex: le pH, la température et la présence de débris).

Tableau 7.8.2 Résultats de qualité de l'eau de surface des échantillons prélevés entre le 10 et le 13 juillet 2011

Station d'échantillonnage	Unité	Limite de détection	Recommandations et critères pour la qualité de l'eau					Stations sur les plans d'eau					Stations sur les cours d'eau																	
			Fédéral (CCME)	Provincial (MDDEP)				PE-1	PE-2	PE-3	ANG	Hall-Am	R11	Dup-2 (R11)	TR11-Am	R11-Am2	Clet-Am2	Clet-Voie ferrée	R10-Am	Dup-1 (R10-Am)	R9	R8	R6	R3	EX-GA	RAPAM	Sans nom-Am3	Sans nom-Am2	Sans nom-Av	
				Protection de la vie aquatique	Protection de la vie aquatique		Prévention de la contamination																							
					Chronique	Aigu	Avec prise d'eau potable																							Sans prise d'eau potable
Paramètres physico-chimiques de base																														
Oxygène dissous	% de saturation	-	-	> 54 à 63 ^k	-	-	-	-	86.8	75.3	82.2	76.0	97.8	94.9	94.9	94.3	95.1	75.3	97.7	88.3	88.3	74.0	92.4	72.7	70.5	89.0	92.4	61.3	78.7	93.6
	ppm	-	5,5 à 9,5 ^h	> de 5 à 7 ^k	-	-	-	-	8.35	7.13	8.02	7.35	9.40	10.15	10.15	11.01	9.78	8.36	11.64	8.95	8.95	7.80	9.70	8.11	7.89	8.94	9.10	6.71	8.30	9.35
Température de l'eau	°C	-	-	Énoncé ^l	-	-	-	-	19.1	18.0	18.5	16.7	17.6	12.4	12.4	8.5	14.0	10.7	11.5	11.5	11.5	12.9	13.3	10.5	10.0	15.2	16.1	10.7	12.9	16.1
pH	unité de pH	-	6,5-9	6,5-9 ^m	5,0-9 ^{kk}	6,5-8,5 ^{yy}	-	-	5.07	5.44	5.21	5.72	5.08	4.90	4.90	4.55	4.97	5.00	5.20	5.06	5.06	5.08	5.78	5.80	5.53	6.34	5.51	4.87	5.62	5.68
Alcalinité totale	mg/l	1	-	Énoncé ⁿ	-	-	-	-	ND	ND	2	6	ND	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2	2	2	1	ND	ND	ND	ND	ND
Turbidité	UTN	-	< de 2 à 8 ^p	< de 2 à 8 ^p	< de 8 ^l	-	-	-	0.36	0.45	0.13	2.35	1.67	1.65	1.65	0.47	1.05	0.87	1.10	0.48	0.48	2.22	1.54	2.85	8.61	1.26	0.12	0.82	0.97	1.31
Conductivité	µS/cm	-	-	-	-	-	-	-	17.3	18.1	18.1	17.0	17.6	20.8	20.8	22.5	16.2	18.6	17.6	17.2	17.2	24.5	27.0	29.1	16.2	13.8	18.9	17.5	16.5	
Matières en suspension	mg/l	2	< de 5 à 25 ^c	< de 5 à 25 ^p	< de 25 ^{mm}	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5	ND	ND	ND	ND	ND	2	ND	3	6	ND	ND	ND	ND	ND
Solide dissous totaux	mg/l	10	-	-	-	-	-	-	46	49	51	50	N/A	61	58	67	40	54	52	56	55	110	120	94	100	34	41	51	35	50
Potentiel d'oxydo-réduction	mV	-	-	-	-	-	-	-	+290	+290	+220	+200	+210	+210	+220	+220	+260	+240	+270	+300	+300	+220	+180	+210	+200	+260	+230	+210	+230	
Dureté totale	mg/l	1	-	-	-	-	-	-	3	3	3	3	-	3	3	ND	ND	3	3	3	ND	4	14	9	9	3	ND	3	3	4
DCO	mg/l	10	-	-	-	-	-	-	48	40	31	42	-	47	53	68	50	53	50	47	48	100	100	78	89	24	36	59	42	45
DBO5	mg/l	4	-	-	-	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ions et nutriments majeurs																														
Azote total Kjeldahl	mg/l	1	-	-	-	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	1	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Nitrates	mg/l	0.02	13	2.9	10	10	-	-	ND	ND	ND	-	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-
Nitrites	mg/l	0.02	0.06	0.02	0.06	1.0	-	-	ND	ND	ND	-	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	-	-	-	-	-
Azote ammoniacal	mg/l	0.05	-	1,88 ^g	17,9 ^l	0,2 ^a et 1,5 ^b	-	-	ND	0.09	0.11	0.09	-	0.09	0.11	0.22	0.26	ND	ND	ND	0.05	0.12	0.11	0.19	0.15	ND	0.13	ND	ND	0.24
Phosphore total	mg/l	0.02	0,004-0,01 ^d	0,02 ⁱ , 0,03 ^j ou >50 % ^v	-	-	-	-	ND	ND	ND	0.03	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1	0.11	0.04	ND	ND	0.02	0.02	ND	ND
Calcium	mg/l	0.5	-	Énoncé ^w	-	-	-	-	1.1	1.2	1.3	1.4	1.0	1.1	1.1	ND	1.0	1.2	1.3	1.2	ND	1.7	2.8	1.8	1.5	1.3	0.8	1.1	1.4	1.4
Magnésium	mg/l	0.2	-	-	-	-	-	-	0.5	0.4	0.4	0.7	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.6	0.4	0.4	1.0	1.7	1.2	1.2	0.6	0.4	0.5	0.6	0.7	
Sodium	mg/l	0.2	-	-	200 ^B	-	-	-	1.0	1.1	1.1	1.0	1.5	1.2	1.2	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.0	1.4	1.4	3.4	4.5	1.0	0.8	1.4	1.2	1.3
Potassium	mg/l	0.2	-	-	-	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.0	0.9	0.3	0.8	ND	ND	ND	ND	ND
Sulfates	mg/l	0.5	-	500 ^x	500 ^x	500 ^C	-	-	1.2	1.1	1.2	1.5	1.8	2.3	2.6	1.0	0.9	1.4	1.3	1.2	1.2	1.0	1.0	3.0	2.4	1.8	1.3	1.3	1.7	2.0
Chlorures	mg/l	0.05	-	230 ⁱ	860 ^{mm}	250 ^B	-	-	0.83	1.0	1.0	0.93	1.90	1.8	2.0	1.2	0.84	0.88	0.95	1.1	1.2	1.8	1.4	2.5	2.5	1.1	0.70	0.99	1.1	1.5
Fluorures	mg/l	0.1	0.12	0.2	4.0	1.5	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Métaux et métalloïdes (total extractible)																														
Aluminium	mg/l	0.03	0,005 à 0,1 ^a	0,087 ^z	0,75 ^{oo}	0,2 ^D	-	-	0.57	0.49	0.52	0.58	0.56	0.64	0.64	0.60	0.57	0.65	0.68	0.60	0.49	0.88	0.84	0.75	0.91	0.52	0.41	0.60	0.52	0.57
Antimoine	mg/l	0.006	-	0.24	1.1	0,006 ^E	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Argent	mg/l	0.0003	-	0.0001	0,000005 ^L	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Arsenic	mg/l	0.002	5,0	0.15	0.34	0,003 ^F	0,021 ^J	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Baryum	mg/l	0.03	-	0,011 ^M	0,030 ^N	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cadmium	mg/l	0.001	1,623 ^I	0,000020 ^{aa}	0,00006 ^{pp}	0,005 ^{yy}	0.13	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Chrome	mg/l	0.03	-	0,0049 ^{bb}	0,10 ^{qq}	0,05 ^{yy}	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cobalt	mg/l	0.03	-	0.1	0.37	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cuivre	mg/l	0.003	0,02 ^g	0,00047 ^{cc}	0,00051 ^{ff}	1 et 1,3 ^B	38	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fer	mg/l	0.1	-	1.3	3.4	0.3	-	-	0.4	0.4	0.5	0.4	0.6	0.5	0.4	ND	0.4	0.6	0.7	0.7	0.6	2.7	3.1	1.0	1.3	0.1	0.3	0.6	0.5	0.5
Manganèse	mg/l	0.003	-	0,09 ^{pp}	0,19 ^{tt}	0,05 ^g	-	-	0.007	0.010	0.009	0.011	0.014	0.009	0.008	0.007	0.006	0.010	0.013	0.011	0.011	0.077	0.10	0.020	0.026	0.010	0.010	0.011	0.013	0.014
Mercure	mg/l	0.0001	0,000026 ^h	9,1x10 ⁻⁴ ^{ff}	0,0016 ^{ff}	1,8x10 ⁻⁶ ^H	1,8x10 ⁻⁶ ^H	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Molybdène	mg/l	0.03	0.073	3.2	29	0.04 ^I	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Nickel	mg/l	0.01	0,025 ^I	0,0027 ^{pp}	0,024 ^{uu}	0,07 ^J	4.6	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Plomb	mg/l	0.001	0,001 ^I	0,000037 ^{hh}	0,0009 ^{yy}	0,01 ^{yy}	0.19	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sélénium	mg/l	0.001	0.001	0.005	0,062 ^{ww}	0,01 ^{yy}	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Zinc	mg/l	0.005	0.03	0,0061 ^{ll}	0,0061 ^{ll}	5 ^B	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hydrocarbures pétroliers (C ₁₀ -C ₅₀)	mg/l	0.1	-	0,01 ^{ll}	0,11 ^{xx}	-	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Sources: CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement), 2007. Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : protection de la vie aquatique — tableau sommaire, mis à jour en décembre 2007. In Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement. 1999. Winnipeg. MDDEP (Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs), 2009. Critères de qualité de l'eau de surface. Direction du suivi de l'état de l'environnement. Gouvernement du Québec.

</

Notes pour les critères de qualité de l'eau du Tableau 7.8.2

- ^a Oxygène dissous pour le biote d'eau tempérée : premiers stades du cycle biologique = 6 mg/l et pour les autres stades du cycle biologique = 5,5 mg/l
Pour le biote d'eau froide : premiers stades du cycle biologique = 9,5 mg/l et pour les autres stades du cycle biologique = 6,5 mg/l
- ^b Pour des eaux limpides, augmentation maximale de 8 UTN par rapport à la valeur de fond pour une exposition de courte durée (p. ex., période de 24 heures) et augmentation de moyenne maximale de 2 UTN par rapport à la valeur de fond pour une exposition de longue durée (p. ex., période de 30 jours). Pour un débit de crue ou des eaux turbides, augmentation maximale en tout temps de 8 UTN par rapport à la valeur de fond lorsque celle-ci se situe entre 8 et 80 UTN. Cette augmentation ne doit pas dépasser 10 % de la valeur de fond lorsque celle-ci est >80 UTN.
- ^c Pour des eaux limpides, augmentation maximale de 25 mg/l par rapport aux concentrations de fond pour une exposition de courte durée (p. ex., période de 24 heures) et augmentation moyenne maximale de 5 mg/l par rapport aux concentrations de fond pour une exposition de longue durée (p. ex., 24 heures à 30 jours). Pour un débit de crue, augmentation maximale en tout temps de 25 mg/l par rapport aux concentrations de fond lorsque celles-ci se situent entre 25 et 250 mg/l. Cette augmentation ne doit pas dépasser 10 % des concentrations de fond lorsque celles-ci sont >250 mg/l.
- ^d Les valeurs présentées représentent la fourchette souhaitée de concentrations pour le phosphore dans un milieu oligotrophe, le dépassement de sa limite supérieure peut signaler un éventuel problème d'environnement. Voir le feuillet d'information sur le phosphore du CCME pour plus d'informations.
- ^e Recommandation établie pour l'aluminium est de 0,005 mg/l à un pH <6,5 et de 0,1 mg/l à un pH ≥6,5.
- ^f Ce critère varie en fonction de la dureté. La valeur présentée est la plus petite compte tenu des valeurs de dureté obtenues.
La formule est $10^{(0,86[\log(\text{dureté})]-3,2)}$.
- ^g Recommandation établie pour le cuivre à une dureté de l'eau de 0 à 120 mg/l (douce-moyenne).
- ^h Pourrait ne pas protéger les espèces sauvages qui consomment des organismes aquatiques.
- ⁱ Recommandation établie pour le nickel à une dureté de l'eau de 0 à 60 mg/l (douce).
- ^j Recommandation établie pour le plomb à une dureté de l'eau de 0 à 60 mg/l (douce).
- ^k Les concentrations en oxygène dissous ne devraient pas être inférieures aux valeurs suivantes:
Pour une température de 0 °C: 54% de saturation et 8 mg/l
Pour une température de 5 °C: 54% de saturation et 7 mg/l
Pour une température de 10 °C: 54% de saturation et 6 mg/l
Pour une température de 15 °C: 54% de saturation et 6 mg/l
Pour une température de 20 °C: 57% de saturation et 5 mg/l
Pour une température de 25 °C: 63% de saturation et 5 mg/l
- ^l Toute diminution ou augmentation artificielle de la température ne doit pas modifier la température de l'eau sur tout un tronçon de rivière ou une portion de lac avec pour résultat le déplacement prévisible ou la modification des populations aquatiques présentes ou potentielles, altérer certaines zones sensibles localisées, telle une frayère, ou tuer les organismes vivants à proximité d'un rejet. De plus, le milieu ne doit pas subir de changements brusques de température occasionnés, par exemple, par un arrêt subit d'un rejet thermique en saison froide.
- ^m Un pH de 6,0 à 9,5 est exigé à l'effluent dans la Directive 019 et la majorité des règlements du Ministère sur les rejets industriels. Cette exigence satisfait l'objectif de protection du milieu aquatique.
- ⁿ La sensibilité d'un milieu à l'acidification varie avec l'alcalinité. Si la concentration en CaCO₃ est plus faible que 10 mg/l, la sensibilité est élevée. Si la concentration varie entre 10 et 20 mg/l, la sensibilité est moyenne. Si la concentration est plus grande que 20 mg/l, la sensibilité est faible.
- ^o En période de temps sec, le critère de qualité est défini par une augmentation moyenne maximale de 2 UTN par rapport à la concentration naturelle. En période de crue (pluie, fonte) ou en eaux turbides, le critère de qualité est défini soit: par une augmentation maximale en tout temps de 8 UTN par rapport à la concentration de fond lorsque celle-ci se situe entre 8 et 80 UTN ou par une augmentation de 10 % par rapport à la concentration de fond lorsque celle-ci est supérieure à 80 UTN mesurée à un moment donné.

- p En période de temps sec, le critère de qualité est défini par une augmentation moyenne maximale de 5 mg/l par rapport à la concentration naturelle. En période de crue (pluie, fonte), le critère de qualité est défini soit par une augmentation maximale en tout temps de 25 mg/l par rapport à la concentration de fond lorsque celle-ci se situe entre 25 et 250 mg/l ou par une augmentation de 10 % par rapport à la concentration de fond lorsque celle-ci est supérieure à 250 mg/l mesurée à un moment donné.
- q Cette valeur est établie à partir des effets toxiques et ne tient pas compte des effets indirects d'eutrophisation.
- r Les concentrations permises en nitrites augmentent avec les concentrations en chlorures du milieu aquatique. La valeur présentée est pour des concentrations en chlorures <2 mg/l.
- s Le critère pour l'azote ammoniacal varie en fonction du pH et de la température. Les valeurs présentées pour l'azote ammoniacal sont les valeurs les plus restrictives compte tenu des valeurs de pH (4,50 à 6,77) et de température (5,4 à 8,4°C) mesurées dans cette campagne.
- t Ce critère de qualité s'applique aux cours d'eau s'écoulant vers des lacs dont le contexte environnemental n'est pas problématique. Il vise à éviter la modification d'habitats dans ces lacs, notamment en y limitant la croissance d'algues et de plantes aquatiques.
- u Ce critère de qualité vise à limiter la croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques dans les ruisseaux et les rivières.
Certains facteurs influencent l'effet potentiel du phosphore. Les principaux facteurs physiques généralement mentionnés sont : le type de substrat, la profondeur, la transparence et la température de l'eau, la vitesse du courant et l'ombrage. Ces caractéristiques ne sont pas prises en compte par les critères de qualité. C'est pourquoi il faut utiliser judicieusement les critères de qualité du phosphore selon le milieu évalué.
- v Pour les lacs oligotrophes dont la concentration naturelle est ou était de moins de 0,01 mg/l, le critère de qualité est défini par une augmentation maximale de 50 % par rapport à la concentration naturelle sans dépasser 0,01 mg/l.
- w La sensibilité d'un milieu à l'acidification varie avec la concentration en calcium. Si la concentration en Ca est plus faible que 4 mg/l, la sensibilité est élevée. Si la concentration varie entre 4 et 8 mg/l, la sensibilité est moyenne. Si la concentration est plus grande que 8 mg/l, la sensibilité est faible. Il existe aussi un indicateur de la sensibilité pour l'alcalinité.
- x Ce critère de qualité s'applique aux eaux dont la dureté est < 100 mg/l et dont la concentration en chlorures est < 5 mg/l
- y Ce critère est en cours de révision.
- z Ce critère de qualité a été défini pour des eaux de faible dureté (< 10 mg/l) et de pH aux environs de 6,5. Lorsque le milieu aquatique ne s'approche pas de ces conditions, ce critère n'est généralement pas utilisé. Lorsque le critère est utilisé, les données d'eau de surface doivent être corrigées pour réduire la fraction non biodisponible du métal associée aux particules. Un facteur de correction de 0,66 est utilisé sur les données d'eau de surface ayant une concentration en matières en suspension < 5 mg/l. Un facteur de correction de 0,33 est utilisé sur les données d'eau de surface ayant une concentration en matières en suspension >= 5 mg/l. Certaines eaux de surface de bonne qualité peuvent contenir des teneurs naturelles plus élevées que le critère de qualité de l'eau. Dans ces situations, les teneurs naturelles doivent être considérées comme la valeur de référence plutôt que le critère de qualité. Un critère de qualité propre au site peut aussi être déterminé au cas par cas.
- aa Ce critère varie en fonction de la dureté. La valeur présentée est la plus petite compte tenu des valeurs de dureté obtenues.
La formule est $e^{[0,7409 (\ln \text{dureté}) - 4,719]} / 1000$.
- bb Ce critère varie en fonction de la dureté. La valeur présentée est la plus petite compte tenu des valeurs de dureté obtenues.
La formule est $e^{[0,819 (\ln \text{dureté}) + 0,6848]} / 1000$.
- cc Ce critère varie en fonction de la dureté. La valeur présentée est la plus petite compte tenu des valeurs de dureté obtenues.
La formule est $e^{[0,8545 (\ln \text{dureté}) - 1,702]} / 1000$.
- ee Ce critère varie en fonction de la dureté. La valeur présentée est la plus petite compte tenu des valeurs de dureté obtenues.
La formule est $e^{[0,8784 (\ln \text{dureté}) + 3,5199]} / 1000$.

- ff Ce critère de qualité a été défini à partir de données sur le mercure inorganique (Hg(II)) mais il est appliqué au mercure total. Si une portion significative du mercure dans la colonne d'eau est sous forme de méthylmercure, ce critère de qualité ne serait pas suffisamment protecteur. De plus, celui-ci ne tient pas compte de la transformation du mercure inorganique en méthylmercure et de la bioaccumulation de ce dernier dans le réseau trophique.
- gg Ce critère varie en fonction de la dureté. La valeur présentée est la plus petite compte tenu des valeurs de dureté obtenues.
La formule est $e^{[0,846 (\ln \text{dureté}) + 0,0584]} / 1000$.
- hh Ce critère varie en fonction de la dureté. La valeur présentée est la plus petite compte tenu des valeurs de dureté obtenues.
La formule est $e^{[1,273 (\ln \text{dureté}) - 4,705]} / 1000$.
- ii Ce critère varie en fonction de la dureté. La valeur présentée est la plus petite compte tenu des valeurs de dureté obtenues.
La formule est $e^{[0,8473 (\ln \text{dureté}) + 0,884]} / 1000$.
- ji Le ministère opte pour un critère de qualité opérationnel de 0,1 mg/l pour les hydrocarbures pétroliers. Les huiles et produits pétrochimiques ne doivent pas être présents en concentrations pouvant être détectées par un film visible faisant écran ou occasionnant une décoloration de la surface, être détectées par l'odeur, causer la coloration de la chair des organismes aquatiques comestibles ou former des dépôts sur le rivage et les sédiments de fond, être détectables visuellement ou par les odeurs ou être nocifs pour les organismes aquatiques résidents.

kk **Intervalle de pH et effets létaux du pH sur les poissons**

3,0 – 3,5: Il est peu vraisemblable qu'un poisson puisse survivre plus de quelques heures dans cet intervalle bien qu'il soit possible de trouver certaines plantes et certains invertébrés à des pH inférieurs.

3,5 – 4,0: Cet intervalle est léthal aux salmonidés. Il existe des indications montrant que la chatte de l'est, la tanche, la perche fluviatile et le brochet peuvent survivre dans cet intervalle, vraisemblablement après une période d'acclimatation à des concentrations non létales légèrement plus élevées, mais la limite inférieure de cet intervalle peut encore être létale à la chatte de l'est.

4,0 – 4,5: Vraisemblablement nocif aux salmonidés, à la tanche, à la brème, à la chatte de l'est, à la dorade et à la carpe commune qui ne sont pas acclimatés à de faibles pH, bien que leur résistance dans cet intervalle augmente avec leur taille et leur âge. Les poissons peuvent s'acclimater à ces valeurs, mais de la perche, la brème, la chatte de l'est et le brochet, seul ce dernier peut se reproduire.

4,5 – 5,0: Vraisemblablement nocif aux œufs et aux alevins des salmonidés, ainsi qu'aux adultes, particulièrement dans des eaux douces contenant de faibles concentrations de calcium, de sodium et de chlorure. Peut être nocif à la carpe commune.

5,0 – 6,0: Nocivité improbable pour toutes les espèces, à moins que la concentration de l'anhydride carbonique (CO₂) libre soit supérieure à 20 mg/l ou que l'eau contiennent des sels de fer fraîchement précipités sous forme d'hydroxyde ferrique dont la toxicité exacte est inconnue. La limite inférieure de cet intervalle peut être nocive aux salmonidés non acclimatés si les concentrations de calcium, de sodium et de chlorure sont faibles ou si la température de l'eau est basse, et peut aussi être nuisible à la reproduction de la chatte de l'est.

6,0 – 6,5: Vraisemblablement non nocif aux poissons à moins que la concentration de l'anhydride carbonique libre dépasse 100 mg/l.

6,5 – 9,0: Non nocif aux poissons, bien que la toxicité pour d'autres poissons puisse être modifiée par des changements à l'intérieur de cet intervalle.

9,0 – 9,5: Vraisemblablement nocif aux salmonidés et à la perche fluviatile, si cet intervalle persiste.

9,5 – 10,0: Létal aux salmonidés sur une longue période, mais tolérable sur une courte période. Peut être nocif aux stades de développement de certaines espèces.

10,0 – 10,5: Tolérable par la chatte de l'est et les salmonidés sur une courte période mais létal sur une longue période.

10,5 – 11,0: Rapidement létal aux salmonidés. Une exposition prolongée à la limite supérieure de cet intervalle est létale à la carpe, à la tanche, à la dorade et au brochet.

11,0 – 11,5: Rapidement létal à toutes les espèces.

- ll En période d'écoulement limpide, le critère de qualité est défini par une augmentation maximale de 8 UTN par rapport à la concentration de fond.
- mmm En période de temps sec, le critère de qualité est défini par une augmentation maximale de 25 mg/l par rapport à la concentration naturelle.
- nn Ce critère de qualité ne sera probablement pas suffisamment protecteur lorsque les chlorures sont associés au potassium, au calcium ou au magnésium plutôt qu'au sodium. En plus, puisque les organismes d'eau douce tolèrent les chlorures seulement sur une plage restreinte sans subir de toxicité aiguë, un dépassement du critère de qualité pourra nuire à un bon nombre d'espèces. Ce critère de qualité est en révision.
- oo Il ne devrait pas y avoir d'effets toxiques à cette concentration si le pH se maintient entre 6,5 et 9,0.
- pp Ce critère varie en fonction de la dureté. La valeur présentée est la plus petite compte tenu des valeurs de dureté obtenues.
La formule est $e^{[1,0166 (\ln \text{dureté}) - 3,924]} / 1000$.
- qq Ce critère varie en fonction de la dureté. La valeur présentée est la plus petite compte tenu des valeurs de dureté obtenues.
La formule est $e^{[0,819 (\ln \text{dureté}) + 3,7256]} / 1000$.
- rr Ce critère varie en fonction de la dureté. La valeur présentée est la plus petite compte tenu des valeurs de dureté obtenues.
La formule est $e^{[0,9422 (\ln \text{dureté}) - 1,700]} / 1000$.
- ss Ce critère de qualité est qualifié de provisoire. Ce critère de qualité pourrait ne pas être protecteur pour l'éphémère (*Ephemerella subvaria*) si cette espèce est aussi sensible que certaines données l'indiquent.
- tt Ce critère varie en fonction de la dureté. La valeur présentée est la plus petite compte tenu des valeurs de dureté obtenues.
La formule est $e^{[0,8784 (\ln \text{dureté}) + 4,2889]} / 1000$.
- uu Ce critère varie en fonction de la dureté. La valeur présentée est la plus petite compte tenu des valeurs de dureté obtenues.
La formule est $2e^{[0,846 (\ln \text{dureté}) + 2,255]} / 1000$.
- vv Ce critère varie en fonction de la dureté. La valeur présentée est la plus petite compte tenu des valeurs de dureté obtenues.
La formule est $e^{[1,273 (\ln \text{dureté}) - 1,46]} / 1000$.
- ww Ce critère de qualité s'applique au sélénium et à ses sels inorganiques.
- xx Ce critère de qualité a été défini pour l'huile "Bunker" C. Des critères plus élevés sont disponibles pour d'autres types d'hydrocarbures.
- yy Cette concentration est une concentration maximale acceptable (CMA) définie pour l'eau potable.
- zz La concentration totale en nitrates et nitrites ne doit pas dépasser 10 mg/l.
- A La présence d'azote ammoniacal à des concentrations plus élevées peut compromettre l'efficacité de la désinfection.
- B Au-delà de cette concentration, les propriétés organoleptiques ou esthétiques de l'eau de consommation pourront être altérées.
- C Au-delà de cette concentration, les propriétés organoleptiques ou esthétiques de l'eau de consommation pourront être altérées. Une concentration supérieure à 500 mg/l de sulfates peut avoir un effet laxatif sur certaines personnes.
- D En raison des possibilités limitées d'utiliser les données obtenues en expérimentation animale comme modèle pour l'homme et de l'incertitude entachant les données humaines, il est impossible de déterminer une valeur guide reposant sur des arguments sanitaires. Néanmoins, l'optimisation des procédés de coagulation utilisant des agents coagulants à base d'aluminium dans les installations de traitement de l'eau de boisson a conduit à la définition de valeurs limites pratiques: 0,1 mg/l ou moins dans les grandes installations de traitement de l'eau et 0,2 mg/l ou moins dans les petites installations de traitement de l'eau.
- E Ce critère de qualité est qualifié de provisoire. Cette concentration est une concentration maximale acceptable (CMA) définie pour l'eau potable.

- F Cette concentration est une concentration maximale acceptable (CMA) définie pour l'eau potable. Il s'agit de la concentration d'arsenic qui représente un risque sanitaire « essentiellement négligeable ». Santé Canada définit le terme « essentiellement négligeable » comme étant une plage allant d'un nouveau cas de cancer de plus que le niveau de fond pour 100 000 personnes à un nouveau cas de cancer de plus que le niveau de fond pour 1 million de personnes (p. ex., 10^{-5} à 10^{-6}) au cours de la durée d'une vie. Ce critère est utilisé dans un contexte de prévention de la contamination de l'eau de surface, c'est pourquoi il diffère de la norme d'eau potable. Certaines eaux de surface de bonne qualité peuvent contenir des concentrations naturelles plus élevées que le critère de qualité.
- G Au-delà de cette concentration, les propriétés organoleptiques ou esthétiques de l'eau de consommation pourront être altérées. Certaines eaux de surface de bonne qualité peuvent avoir des concentrations naturelles plus élevées.
- H Ce critère de qualité est basé sur une consommation de 15 grammes de poisson, mollusque et crustacé par jour. Ce critère de qualité inclut le méthylmercure.
- I Cette valeur est définie pour l'eau potable.
- J Ce critère de qualité est équivalent à un niveau de risque de un cas de cancer supplémentaire pour une population de un million d'individus exposés. Ce critère de qualité s'applique à la forme inorganique seulement. Critère de qualité intérimaire.
- K Ce critère de qualité inclut le méthylmercure. Des critères de qualité ont aussi été établis pour prévenir la contamination des tissus des organismes aquatiques.
- L Ce critère varie en fonction de la dureté. La valeur présentée est la plus petite compte tenu des valeurs de dureté obtenues.
La formule est $e^{[1,72 (\ln \text{dureté}) - 6,52]} / 1000 / 2$.
- M Ce critère varie en fonction de la dureté. La valeur présentée est la plus petite compte tenu des valeurs de dureté obtenues.
La formule est $e^{[1,0629 (\ln \text{dureté}) + 1,1869]} / 1000$.
- N Ce critère varie en fonction de la dureté. La valeur présentée est la plus petite compte tenu des valeurs de dureté obtenues.
La formule est $e^{[1,0629 (\ln \text{dureté}) + 2,2354]} / 1000$.

Pour les sédiments, deux valeurs de référence pour une trentaine de substances chimiques dans les sédiments d'eau douce et les sédiments marins ont été établies par le CCME afin d'assurer la protection de la vie aquatique. Ces valeurs de référence sont définies par une concentration seuil produisant un effet (CSE) et une concentration produisant un effet probable (CEP). Trois autres critères de qualité ont également été définis par Environnement Canada et MDDEP (2007) à partir de la base de données du CCME, en utilisant un mode de calcul similaire à celui utilisé pour déterminer la CSE et la CEP. Il s'agit de la concentration d'effets rares (CER), de la concentration d'effets occasionnels (CEO) et de la concentration d'effets fréquents (CEF). L'ensemble de ces critères constitue un outil permettant d'évaluer le degré de contamination des sédiments.

La section qui suit décrit d'abord la qualité de l'eau de surface et des sédiments à l'échelle régionale. Ensuite, une description plus détaillée des résultats obtenus pour l'aire d'étude est présentée.

➤ Conditions régionales du milieu

Eaux de surface

De manière générale, les eaux de drainage dans l'aire d'étude s'écoulent vers la baie des Sept Îles. Tout juste au nord du projet, une petite partie de l'aire d'étude se draine vers le lac Hall.

Dans cette région, l'eau de surface est généralement de bonne qualité et n'a subi que très peu de pressions anthropiques. Certains des facteurs qui influencent la qualité de l'eau dans la région sont la géologie, la nature des dépôts de surface, la topographie, le régime hydrologique et la présence de milieux humides. De manière générale, les différentes études réalisées dans la région (Roche, 1997; Belle-Isle *et al.*, 2005; Roche et Ausenco Sandwell, 2011a et Roche, 2011a) indiquent que les eaux de surface présentent les caractéristiques suivantes :

- Les eaux sont bien oxygénées et ont un pH variant entre acide et neutre; la plupart des valeurs étant plus acides que les critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique;
- Les eaux sont généralement très douces et présentent une faible alcalinité;
- Elles sont peu turbides et présentent une faible concentration de matières en suspension ainsi qu'en solides dissous et une faible conductivité;
- Les concentrations en nutriments (azote, phosphore) sont faibles;
- Les concentrations en ions sulfate, calcium, magnésium, sodium, potassium et chlorure mesurées dans la région sont faibles;
- Les métaux les plus abondants dans ces eaux sont généralement l'aluminium, le fer et le zinc. On peut également retrouver à de plus fortes concentrations d'autres métaux comme le cuivre mais la plupart des métaux se trouvent à des valeurs très faibles, près de la limite de détection.

Sédiments

Les sédiments prélevés en milieu d'eau douce comprennent généralement une proportion minérale qui provient de l'érosion du substrat rocheux, une proportion qui provient de l'érosion des sols ainsi qu'une proportion organique issue notamment de la production et de la décomposition de matière organique (Wetzel, 2001). En plus d'être une composante des écosystèmes aquatiques, les sédiments sont reconnus comme étant les réservoirs ultimes des contaminants, des métaux et de la matière organique et ainsi leur suivi constitue une étape importante dans l'évaluation environnementale d'une activité minière.

Tableau 7.8.3 Résultats de qualité des sédiments des échantillons prélevés entre le 10 et le 13 juillet 2011

Paramètre	Unité	Limite de détection de la méthode	Environnement Canada et MDDEP					Stations sur les plans d'eau				Stations sur les cours d'eau																		
			Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments d'eau douce au Québec					PE-1	PE-2	PE-3	ANG	R11-Am2	R11-Am2 dup de lab	TR11-Am	Clet-Am2	Clet-Voie ferrée	R10-Am	Dup-1 (R10-Am)	R9	R8	Sans nom-Am3	Sans nom-Am2	Sans nom-Am2 dup de lab	EXGA	R11	Dup-2 (R11)	R6	R3	Sans nom-Av	RAPAM
			CER	CSE	CEO	CEP	CEF																							
Caractéristiques physico-chimiques																														
Soufre total	mg/kg	100	–	–	–	–	–	730	680	800	1 500	260	–	250	470	ND	ND	ND	ND	300	2 600	ND	–	540	ND	ND	1 500	ND	ND	ND
Phosphore total	mg/kg	20	–	–	–	–	–	380	480	550	800	790	780	290	580	1 500	1 500	980	600	8 400	780	640	750	800	1 400	1 600	1 300	1 800	860	730
pH (en laboratoire)	pH	–	–	–	–	–	–	5.3	5.45	5.79	5.47	5.25	–	4.93	5.22	5.41	5.47	5.47	5.28	5.73	5.84	5.49	–	5.52	5.41	5.47	5.51	5.71	5.5	5.12
Granulométrie																														
< 80 µm limon et argile	%	–	–	–	–	–	–	11	3	8	61	20	–	16	15	1	1	–	1	6	10	4	–	10	22	–	49	70	4	23
80 to 5000 µm sable	%	–	–	–	–	–	–	88	61	90	35	75	–	83	83	67	50	–	75	91	89	73	–	89	78	–	50	30	50	75
> 5000 µm gravier	%	–	–	–	–	–	–	1	36	2	4	5	–	1	2	32	49	–	24	3	1	23	–	1	0	–	1	0	46	2
Métaux totaux extractibles																														
Aluminium	mg/kg	20	–	–	–	–	–	10 000	8 400	32 000	14 000	17 000	16 000	4 800	11 000	6 100	12 000	7 700	5 800	7 500	11 000	7 800	8 600	13 000	10 000	13 000	20 000	24 000	5 500	6 900
Antimoine	mg/kg	2	–	–	–	–	–	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Argent	mg/kg	2	–	–	–	–	–	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Arsenic	mg/kg	1	4.1	5.9	7.6	17.0	23.0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2	ND	ND	2	ND	ND	ND	ND	ND	1	3	ND	ND	
Baryum	mg/kg	5	–	–	–	–	–	18	27	75	45	95	89	24	52	33	63	40	24	40	66	30	34	66	36	36	200	260	44	51
Cadmium	mg/kg	0.2	0.33	0.6	1.7	3.5	12.0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.2	0.2	ND	ND	ND	0.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Calcium	mg/kg	30	–	–	–	–	–	2 200	3 200	5 300	2 100	4 300	4 200	1 400	2 700	4 400	4 600	3 000	2 400	20 000	3 700	3 100	3 300	3 300	3 500	3 900	6 800	8 500	3 000	2 700
Cobalt	mg/kg	2	–	–	–	–	–	12	5	29	5	8	7	ND	5	5	12	6	6	34	4	6	7	22	4	4	12	15	4	4
Chrome	mg/kg	2	25	37	57	90	120	11	13	22	18	32	30	11	19	12	22	12	9	21	18	16	16	18	15	17	<u>40</u>	<u>42</u>	9	10
Cuivre	mg/kg	1	22	36	63	200	700	110	8	68	9	10	9	3	5	7	8	4	5	13	7	7	8	4	4	4	17	19	6	7
Fer	mg/kg	10	–	–	–	–	–	25 000	8 300	27 000	7 200	17 000	17 000	3 600	11 000	21 000	43 000	18 000	28 000	74 000	8 800	21 000	24 000	13 000	19 000	22 000	26 000	41 000	11 000	10 000
Magnésium	mg/kg	10	–	–	–	–	–	2 800	2 400	7 900	2 500	6 700	6 200	1 100	3 800	3 100	4 800	3 100	2 400	3 500	2 200	4 100	4 500	4 200	2 800	2 800	11 000	14 000	2 600	2 900
Manganèse	mg/kg	1	–	–	–	–	–	75	77	120	61	190	190	39	100	150	300	170	220	1 100	71	120	130	280	120	110	380	570	110	100
Mercure	mg/kg	0.05	0.094	0.17	0.25	0.49	0.87	0.06	0.05	0.06	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.09	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Molybdène	mg/kg	2	–	–	–	–	–	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Nickel	mg/kg	1	ND	ND	47	ND	ND	22	7	28	12	16	15	3	10	8	11	6	5	10	8	10	11	16	7	7	23	25	6	7
Plomb	mg/kg	5	25	35	52	91	150	7	12	ND	8	15	14	10	9	ND	14	6	ND	15	17	ND	9	ND	ND	5	10	ND	ND	
Potassium	mg/kg	10	–	–	–	–	–	95	400	1 100	740	2 800	2 700	520	1 100	880	1 400	1 000	730	360	890	870	980	1 100	990	940	5 600	8 400	1 100	1 200
Sélénium	mg/kg	10	–	–	–	–	–	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sodium	mg/kg	10	–	–	–	–	–	470	380	950	340	530	490	220	250	280	330	280	330	250	390	430	460	260	160	150	840	1200	260	230
Zinc	mg/kg	5	80	120	170	310	770	64	39	97	22	52	49	13	34	28	51	30	29	59	31	33	37	63	22	23	84	100	24	29
Composés organiques																														
Hydrocarbures (C ₁₀ –C ₅₀)	mg/kg	100	–	–	–	–	–	ND	ND	ND	ND	ND	–	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	–	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Perte au feu (550°C)	%	0.2	–	–	–	–	–	2.8	3.4	3.2	7.3	5.5	–	6.0	5.6	0.6	1.9	0.8	0.9	3.7	7.9	0.7	–	7.8	2.1	2.4	7.5	2.3	0.9	4.2

ND = Non détecté

Dépassement des critères:

CER: Concentration d'effets rares (italique)

CSE: Concentration seuil produisant un effet (italique, souligné)

CEO: Concentration d'effets occasionnels (gras)

CEP: Concentration produisant un effet probable (gras, souligné)

CEF: Concentration d'effets fréquents (italique, gras, souligné)

Les résultats des analyses des sédiments provenant de différentes études effectuées dans la région montrent que les sédiments sont généralement acides. Les teneurs en métaux dans les sédiments sont fréquemment sous les limites de détection des méthodes analytiques utilisées. Cependant, certains métaux comme le fer et l'aluminium peuvent se retrouver en plus grande concentrations. La variabilité observée dans la teneur en métaux peut être liée à la proportion de sédiments fins ou de matière organique dans l'échantillon. En effet, les métaux ont généralement tendance à être associés aux particules fines des sédiments et aux sédiments contenant une plus forte proportion de matière organique. La composition du substrat rocheux peut être très variable d'une région à l'autre.

➤ **Site des infrastructures minières**

Les stations d'échantillonnage pour la qualité des eaux et des sédiments sont présentées sur la carte 7.8.1 (en pochette). Certaines de ces stations sont présentées aux photos 7.8.1 à 7.8.4.



Photo 7.8.1 Zone amont du ruisseau sans nom (juillet 2011)



Photo 7.8.2 Plan d'eau (PE-3) (juillet 2011)



Photo 7.8.3 Station d'échantillonnage R11-Am sur le ruisseau R11 (juillet 2011)



Photo 7.8.4 Tributaire de la baie des Sept Îles (R3) (juillet 2011)

Eaux de surface

Les eaux caractérisées sont généralement acides, avec des valeurs de pH variant entre 4,55 (TR11-Am) et 6,34 (exutoire du lac Gamache). Au moment de l'échantillonnage, ces eaux ne présentaient pas de matières en suspension (MES). En effet, la teneur en MES la plus élevée (6 mg/l) est observée pour le ruisseau⁹ R3. Avec un pourcentage de saturation en oxygène dissous généralement élevé pour l'ensemble des cours d'eau (entre 61 % et 98 %), ces eaux sont bien pourvues en oxygène. La quantité de solides dissous totaux varie entre 34 et 120 mg/l. Le potentiel d'oxydoréduction de ces eaux se situe entre 180 et 300 millivolt, ce qui permet notamment l'oxydation de la matière organique, des sulfures et du fer ferreux. Les eaux de la zone d'étude montrent également de faibles alcalinités (6 mg/l et moins) et duretés (14 mg/l et moins). Ces eaux sont également très pauvres en éléments nutritifs, notamment l'azote (Kjeldahl, NO₂/NO₃ et ammoniacal) et le phosphore.

De façon générale, ces eaux de surface ne contiennent pas de métaux et métalloïdes car les teneurs mesurées sont généralement inférieures aux limites de détection des méthodes analytiques utilisées. Cela est le cas pour les éléments suivants : antimoine (Sb), argent (Ag), arsénique (As), baryum (Ba), cadmium (Cd), chrome (Cr), cobalt (Co), cuivre (Cu), mercure (Hg), molybdène (Mo), nickel (Ni), plomb (Pb), sélénium (Se) et zinc (Zn). Les eaux sont cependant caractérisées par des teneurs en aluminium dépassant le critère de toxicité chronique pour la vie aquatique pour tous les échantillons. Pour les ruisseaux R3, R6, R8 et R9, la teneur en aluminium est également supérieure au critère de toxicité aigu pour la vie aquatique. La teneur en manganèse pour le ruisseau R8 dépasse également le critère de toxicité chronique pour la vie aquatique. Finalement, quelques échantillons (R9 et R8) présentent une concentration en fer supérieure au critère de toxicité chronique pour la vie aquatique. La proximité des stations d'échantillonnage avec la voie ferrée où du transport du minerai de fer est effectué pourrait expliquer la situation.

Étant donné l'influence probable de l'eau salée (en provenance de la baie des Sept Îles) dans le ruisseau R3 (et possiblement R6), la qualité l'eau de ce tributaire diffère quelque peu de celle des autres cours d'eau échantillonnés. On observe en effet l'influence de l'eau salée dans le ruisseau R3 (et possiblement R6) car la conductivité ainsi que les concentrations en sodium et en sulfates y sont relativement plus élevées. On note également que le pH, la dureté et la turbidité de l'eau sont aussi relativement élevés.

Sédiments

Les sédiments prélevés lors de la campagne sont généralement acides. En effet, les valeurs de pH varient de 4,93 (R11-Am) à 5,84 (Sans nom-Am3) (Tableau 7.8.3). Les valeurs de pH sont très semblables entre les stations. Les sédiments montrent de faibles teneurs en métaux (Tableau 7.8.3). En effet, la concentration pour plusieurs métaux analysés est généralement inférieure aux limites de détection des méthodes analytiques utilisées. Seuls les sédiments du site PE-1 et PE-3 montrent une teneur en cuivre légèrement supérieure à la concentration pouvant causer des effets occasionnels sur les organismes. La teneur en chrome pour les ruisseaux R6 et R3 dépasse la concentration seuil produisant un effet sur les organismes alors que les sédiments aux stations R3, R6 et PE-3 montrent des teneurs en zinc supérieures à la concentration pouvant causer des effets rares sur les organismes. D'autre part, on remarque une forte teneur en calcium et en fer dans les sédiments prélevés dans le ruisseau R8. La présence d'hydrocarbures pétroliers (C₁₀-C₅₀) n'a pu être détectée dans les sédiments échantillonnés.

En ce qui concerne la granulométrie des sédiments, on remarque une très forte prépondérance des sables pour la plupart des stations. Les ruisseaux R8 et R10 sont cependant caractérisés par un fort pourcentage de gravier (57 % et 49 %) alors que les ruisseaux R6, R3 et le lac à l'Anguille montrent la plus forte proportion de sédiments fins (49 %, 70 % et 61 % de limon et argile). Le ruisseau Clet est caractérisé par des sédiments présentant une très faible proportion de particules fines.

⁹ L'échantillon prélevé dans le ruisseau R3 semble cependant influencé par l'intrusion d'eau salée en provenance de la baie des Sept Îles (voir plus bas dans cette section pour plus de détails).

Comparaison avec les résultats de 2010

Dans l'ensemble, les résultats des analyses de la qualité des eaux de surface obtenus en 2011 sont similaires à ceux de 2010 (Roche et Ausenco Sandwell, 2011a présenté à l'annexe 7.8.1), malgré des périodes de l'année différentes (juillet en 2011 et octobre en 2010).

On note cependant une certaine baisse (en 2011, par rapport à 2010) des concentrations et pourcentages de saturation en oxygène dissous et de la turbidité de l'eau. Cette diminution est probablement liée à la température plus élevée de l'eau en 2011 et aux précipitations observées en octobre 2010.

En 2010, la conductivité maximale (145,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la station R9) mesurée était grandement supérieure à celle mesurée en 2011 (29,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la station R3). Il en avait été conclu qu'en 2010, certaines stations d'échantillonnage de l'eau auraient pu être influencées par le milieu marin. Les teneurs en métaux analysées dans les stations en 2011 et en 2010 sont comparables. À l'exception du ruisseau R3 (et possiblement R6)¹⁰, les eaux prélevées en 2011 dans les petits tributaires de la baie des Sept Îles ne semblent pas avoir été influencées par le milieu marin, alors que des évidences claires avaient été observées en 2010 pour les ruisseaux R9, R6 et R3.

Les résultats des analyses des sédiments en 2011 sont comparables à ceux obtenus en 2010 pour la plupart des paramètres. Autant en 2011 qu'en 2010, on remarque la prépondérance des sables dans la granulométrie des sédiments échantillonnés. La teneur maximale en aluminium dans l'eau échantillonnée en 2011 et en 2010 a été mesurée dans le ruisseau R3. En 2011 et en 2010, la teneur en cuivre dans les sédiments du plan d'eau PE-1 dépasse la concentration pouvant causer des effets occasionnels sur les organismes. En 2011, la présence d'hydrocarbures pétroliers (C₁₀-C₅₀) n'a pu être détectée dans les sédiments prélevés à la station R8, contrairement à ce qui avait été observé en 2010.

7.8.2 Analyse des impacts

Les descriptions qui suivent portent sur l'eau de surface, puisque les effets sur les sédiments découlent des perturbations qui pourraient toucher l'eau de surface. Ils sont donc sous-entendus sans être spécifiés distinctement.

➤ Identification des sources d'impact

En phase de construction, d'exploitation et de fermeture, les composantes de projet qui sont le plus susceptible d'occasionner des impacts sur la qualité des eaux de surface et des sédiments sont :

- La préparation et l'aménagement des sites (déboisement, essouchement, sautages, remblai, déblai, drainage - Toutes les installations);
- L'utilisation et l'entretien de la machinerie;
- La gestion de l'eau sur le chantier (alimentation en eau, recirculation, ruissellement, drainage, eaux usées, eau potable);
- L'extraction, manutention, stockage et traitement du minerai;
- La restauration du site.

➤ Conception du projet limitant l'impact

Différentes mesures de conception ont été mises de l'avant afin de limiter les impacts de ces activités sur la qualité des eaux de surface et des sédiments. Tout d'abord, les besoins en eau de la mine seront comblés en recirculant les eaux de drainage et de pompage accumulées dans le bassin de polissage plutôt que par une source d'eau de surface située à l'extérieur du site. Une usine de

¹⁰ Lors des campagnes de suivi de la qualité de l'eau de surface menées dans le cadre du projet, il faudra déplacer vers le nord ces deux stations afin de s'assurer que celles-ci soient situées suffisamment en amont sur le cours d'eau et ainsi éviter en tout temps l'influence des intrusions salines en provenance de la baie des Sept Îles.

traitement de l'eau sera également construite afin de s'assurer de la qualité de l'eau de l'effluent minier avant son rejet. Ces mesures permettront de réduire le débit de sortie de l'effluent minier dans le ruisseau Clet, d'éviter de puiser une trop grande quantité d'eau dans un milieu non-perturbé et d'améliorer la qualité de l'eau de l'effluent.

➤ Description des impacts

Les activités du projet énumérées ci-haut pourraient causer les impacts suivants sur la qualité des eaux de surface et des sédiments :

- L'augmentation des matières en suspension et de débris ligneux dans l'eau;
- La modification de la composition physico-chimique de l'eau;
- La contamination par déversement accidentel d'huiles, d'hydrocarbures, de solvants ou de tout autre liquide dangereux;
- La contamination par l'utilisation d'abat-poussières non conformes et par l'épandage de fondants en hiver;
- Le retour aux conditions naturelles de la qualité des eaux de surface et des sédiments.

Impact #1 - Augmentation des matières en suspension et de débris ligneux dans l'eau

En phase de construction et d'exploitation, les activités de déboisement et la préparation du terrain pour la mise en place des infrastructures et des équipements généreront des débris ligneux et exposeront le sol aux intempéries durant une période de quelques jours à quelques semaines. La circulation des camions et de la machinerie aura un effet similaire en favorisant l'ameublissement du sol à certains endroits ce qui pourrait créer une augmentation des matières en suspension dans l'eau de ruissellement.

Si l'érosion des sols n'est pas contrôlée à la source, elle est susceptible d'entraîner du transport sédimentaire vers le réseau hydrique et ainsi augmenter la turbidité de l'eau. Malgré la mise en place de mesures de contrôle de l'érosion et du transport sédimentaire, il est possible que lors d'orages une augmentation des concentrations de matières en suspension (MES) soit observée dans les cours d'eau ou les plans d'eau situés à proximité des travaux. En plus d'augmenter la turbidité, les particules de sol provenant de l'érosion peuvent aussi transporter divers nutriments (azote, phosphore) et métaux qui influencent plusieurs paramètres de la qualité de l'eau de surface (acides humiques, pH, nutriments, demande biologique en oxygène (DBO₅))¹¹ et augmentent la concentration en matières organiques. La diminution de la couverture forestière et l'augmentation possible des concentrations de MES pourraient potentiellement contribuer à hausser la température de l'eau des plus petits cours d'eau ou plans d'eau.

Impact #2 - Modification de la composition physico-chimique de l'eau

En phase d'exploitation, le projet générera une grande quantité de matériaux qui seront entreposés dans des aires spécialement aménagées pour le minerai, les stériles et les résidus. Les eaux de ruissellement et les eaux d'exfiltration en contact avec ces matériaux sont susceptibles d'affecter la qualité de l'eau de surface.

De manière générale, l'exposition de minerai aux conditions atmosphériques lors des activités d'extraction et de traitement peut favoriser l'oxydation des roches exposées aux intempéries et favoriser la mobilité de métaux et de sels de la roche vers les eaux de ruissellement. Certaines roches, comme les minéraux sulfurés, lorsqu'elles sont exposées à l'air, subissent une oxydation

¹¹ La DBO correspond à la quantité de dioxygène nécessaire aux micro-organismes de l'eau pour oxyder les matières organiques, dissoutes ou en suspension dans l'eau. Ce paramètre constitue un bon indicateur de la teneur en matières organiques biodégradables d'une eau (toute matière organique biodégradable polluante entraîne une consommation de l'oxygène) au cours des procédés d'autoépuration. La DBO est mesurée au bout de 5 jours (=DBO₅), à 20 °C (température favorable à l'activité des micro-organismes consommateurs d'O₂) et à l'obscurité (afin d'éviter toute photosynthèse parasite).

chimique relativement lente qui a tendance à acidifier le milieu. Cette acidification permet la prolifération de bactéries qui accélèrent les réactions d'oxydation, provoquant par le fait même une acidification de l'eau qui peut dissoudre les métaux lourds contenus dans les minéraux sulfurés. Étant donné la faible alcalinité de l'eau, cette problématique est particulièrement importante à considérer dans le contexte du projet, puisque les eaux ne sont pas bien tamponnées et peuvent être facilement altérées par des apports en acides (Wetzel, 2001). C'est pourquoi des tests d'évaluation du potentiel de drainage minier acide¹² et des tests de lixiviation¹³ recommandés par le MDDEP ont été réalisés sur plusieurs échantillons des différents matériaux qui vont être excavés (mort-terrain, résidus, stériles). Les résultats de ces tests sont présentés en détail à la section 5. Les conclusions de ces tests sont que l'ensemble des matériaux testés ne présentent pas de risques de drainage minier acide et que ces matériaux ne sont pas susceptibles de lessiver la plupart des métaux en concentration qui pourraient représenter un risque pour la faune aquatique ou la consommation d'eau ou d'organismes aquatiques. Le cuivre comporte plusieurs teneurs plus élevées que le critère des eaux souterraines. Ces teneurs sont toutefois bien en deçà du critère québécois pour l'eau potable.

Les précipitations et les eaux de ruissellement s'écouleront au travers des aires de stockage et en ressortiront après un séjour plus ou moins prolongé. L'écoulement de l'eau au travers des aires de stockage permettra une certaine décantation des matières solides. Toutes les eaux de contact de la mine seront pompées et dirigées vers un bassin de polissage. Les eaux de ce bassin seront traitées et rejetées dans le ruisseau Clet, après contrôle de la qualité.

Le rejet de l'effluent minier traité risque de modifier la qualité de l'eau à proximité du point de rejet dans le ruisseau Clet. En effet, le pH estimé à la sortie de l'effluent minier, après avoir été traité à l'usine de traitement d'eau, respectera le critère présenté au tableau 7.8.4. Il sera donc plus basique que ce que l'on retrouve à l'état naturel dans le ruisseau Clet (pH entre 5 et 5,2), valeurs sous les critères de protection de la vie aquatique. La quantité de matières en suspension sera inférieure à 15 mg/l. La teneur en aluminium risque d'être élevée. Cependant, les eaux devront respecter différents critères environnementaux avant d'être rejetées dans le milieu naturel. Les critères environnementaux de rejet d'un effluent minier sont tirés de la *Directive 019 sur l'industrie minière*. Ces critères, présentés au tableau 7.8.4, respectent les normes fédérales indiquées dans le *Règlement sur les effluents des mines de métaux*.

¹² Le potentiel de génération d'acide a été déterminé conformément à la méthode MA. 110-PGA 1.0. Selon la Directive 019, des résidus miniers sont considérés acidogènes lorsqu'ils contiennent des sulfures en quantité supérieure à 0,3 % et que leur potentiel de génération acide a été confirmé par des essais de prévision cinétique ou, à défaut de tels essais, par des essais de prévision statiques qui révèlent que le potentiel net de neutralisation d'acide est inférieur à 20 kilogrammes CaCO₃/tonne de résidus, ou que le rapport du potentiel de neutralisation d'acide sur le potentiel de génération d'acide est inférieur à 3.

¹³ Des tests de lixiviation selon les procédures TCLP (USEPA-1311), SPLP (USEPA-1312) et CTEU-9 (Environnement Canada) ont été réalisés sur tous les échantillons conformément à la méthode MA.100-Lix.com.1.0). D'après la Directive 019, des résidus miniers sont considérés lixiviables si, lorsqu'ils sont mis à l'essai conformément à la méthode d'analyse de lixiviation MA.100-Lix.com.1.0 (TCLP), ils produisent un lixiviat contenant un contaminant dont la concentration est supérieure aux critères applicables pour la protection des eaux souterraines, sans toutefois produire un lixiviat contenant un contaminant dont la concentration est supérieure aux critères spécifiés dans le tableau 1 de la Directive 019.

Tableau 7.8.4 Critères de rejet pour les effluents miniers

Paramètres	Concentration moyenne mensuelle (mg/l)	Concentration maximale - échantillon instantané (mg/l)
pH	-	Entre pH 6,0 et 9,5
Arsenic	0,2	0,4
Cuivre	0,3	0,6
Fer	3,0	6,0
Nickel	0,5	1,0
Plomb	0,2	0,4
Zinc	0,5	1,0
Hydrocarbures (C ₁₀ -C ₅₀)	-	2,0
Matières en suspension	15	30
Toxicité aiguë (truite-arc en ciel et daphnies)	-	Absence de toxicité

Tiré de la *Directive 019 sur l'industrie minière* (MDDEP, avril 2005)

De plus, il est à noter que des objectifs environnementaux de rejets (OER) applicables aux effluents miniers seront établis dans le cadre de la demande de certificat d'autorisation du projet émis par le MDDEP. Il s'agit de remplir le formulaire de *demande d'objectifs environnementaux de rejet (OER) pour les industries* du MDDEP. Ces OER seront établis en fonction des caractéristiques de l'effluent (débit, traitement, qualité, point de déversement, etc.). Ces OER sont généralement plus sévères que les normes génériques présentées dans la Directive 019 et que les lignes directrices de la société financière internationale. Les OER visent à respecter les critères de qualité de l'eau de surface du MDDEP¹⁴. Les OER de l'effluent qui sera rejeté dans le milieu naturel seront fixés de manière à respecter les critères de qualité de l'eau de surface pour la protection de la vie aquatique.

Les explosifs utilisés pour l'extraction de la roche sont de type nitrate-fuel à émulsion. Ce type d'explosif est composé d'environ 20 % d'azote sous forme de nitrate d'ammonium. Parmi les différentes formes d'azote, la libération de nitrates et d'ammoniaque représente le plus grand enjeu pour la qualité de l'eau en raison de leurs effets sur la santé et la vie aquatique (Forsyth *et al.*, 1995). De manière générale, les concentrations des différentes formes d'azote sont fonction du pH et de la température de l'eau. Dans l'aire d'étude du projet, les concentrations naturelles mesurées des différentes formes d'azote sont faibles (ammoniaque <0,02 mg/l, nitrites <0,01 mg/l nitrites et nitrates <0,02 mg/l). Toutefois, ce type d'explosif est en partie composé d'huile et est donc très peu soluble dans l'eau (Forsyth *et al.*, 1995). En effet, la mince couche d'huile qui entoure les sels composant l'explosif diminuent les surfaces de contact avec l'eau.

Néanmoins, lors du chargement ou de l'explosion, de petites quantités de nitrate d'ammonium peuvent être libérées. Les quantités libérées varient selon le type d'explosif utilisé, la façon dont l'explosif est chargé ainsi que selon l'efficacité de l'explosion (Forsyth *et al.*, 1995). Certaines mesures environnementales de gestion des explosifs seront mises en place pour prévenir et limiter cet impact. Des mesures seront notamment prises pour optimiser le patron de sautage et la technique employée pour le remplissage et le nettoyage des trous d'explosion afin de réduire l'impact de l'utilisation des explosifs sur la qualité de l'eau de surface. Toutes les eaux issues de l'utilisation des explosifs seront redirigées vers le bassin de polissage et seront traitées à l'usine de traitement d'eau avant leur rejet dans l'environnement. Lors de leur rejet, ces eaux respecteront les objectifs environnementaux de rejet émis par les autorités gouvernementales à l'effluent final.

¹⁴ Les critères de qualité de l'eau de surface assurent 1) la protection de la vie aquatique, 2) la préservation des plans d'eau utilisés à des fins récréatives et 3) la consommation d'organisme vivant dans l'eau (par exemple les poissons).

Impact #3 - Contamination par déversement accidentel d'huiles, d'hydrocarbures, de solvants ou de tout autre liquide dangereux

La présence, l'utilisation et l'entretien de la machinerie ainsi que la circulation routière augmentent la probabilité de déversement de produits pétroliers (des quelques gouttes lors du ravitaillement quotidien aux petites fuites).

Plusieurs litres de carburant seront nécessaires pendant les phases de construction, d'exploitation et de démantèlement des infrastructures pour alimenter les génératrices et la machinerie. Le MDDEP recommande une concentration de moins de 0,01 mg/l d'hydrocarbures afin de protéger la vie aquatique (effet chronique). Suite à un déversement accidentel d'hydrocarbures dans le milieu aquatique, une grande proportion des hydrocarbures se volatilise dans l'atmosphère. La fraction soluble des hydrocarbures, qui est surtout composée de composés aromatiques, peut néanmoins se solubiliser et contaminer les eaux de surface et ultimement les sédiments. C'est pourquoi plusieurs mesures préventives sont prévues pour limiter les risques de fuites ou de déversements accidentels et d'autres mesures sont prévues pour rapidement identifier les fuites et déversements, les confiner, les récupérer et en disposer dans un site autorisé.

Des sources possibles de contamination des eaux liées à l'utilisation des hydrocarbures incluent :

- Les déversements de produits pétroliers (des quelques gouttes lors du ravitaillement quotidien aux petites fuites);
- Les eaux contaminées provenant des conteneurs d'entreposage des matières contaminées aux hydrocarbures et autres matières résiduelles ou dangereuses.

Il est important de rappeler que la probabilité d'un déversement de grande importance est jugée très faible, compte tenu des mesures de prévention qui sont prévues pour éviter ce type d'accident. Une gestion des équipements incluant des entretiens préventifs et un programme encourageant les employés à détecter et à rapporter les fuites et les problèmes de fonctionnement sera mise en place afin de réduire l'étendue et le volume de toute fuite ou déversement accidentel. De plus, un plan de gestion clair et efficace sera appliqué. Étant donné la mise en place des nombreuses mesures d'atténuation, le risque de déversement qui aura une incidence sur la qualité de l'eau de surface est très faible. Pour plus de détails, voir le chapitre 15 de cette étude d'impact.

Impact #4 - Contamination par l'utilisation d'abat-poussières non conformes et par l'épandage de fondants en hiver

L'abat-poussière utilisé sera conforme. Pour ces raisons, aucun impact significatif n'est appréhendé sur la contamination de l'eau de surface.

L'utilisation limitée de fondants, pour assurer la sécurité des chemins d'accès en hiver, occasionnera une augmentation de la salinité de l'eau de ruissellement. La salinité de l'eau augmentera près des chemins d'accès en fonction des quantités de fondants utilisées. Quelques facteurs réduiront la concentration en fondants. En effet, une proportion de sels épandus sera absorbée par les sols et par la végétation. Considérant que les fondants ne seront utilisés qu'en cas d'événements météorologiques extrêmes et considérant les phénomènes de dilution, de dispersion et de rétention, il est très peu probable que la salinité des eaux de surface augmente significativement.

Impact #5 - Retour aux conditions naturelles de la qualité des eaux de surface et des sédiments

La fin du rejet de l'effluent minier traité dans le ruisseau Clet permettra le retour aux conditions initiales de la qualité de l'eau dans ce cours d'eau. La restauration et la revégétalisation du site va permettre de réduire l'érosion des sols et par conséquent le transport sédimentaire vers le réseau hydrique. Les teneurs en MES diminueront dans la plupart des cours d'eau à proximité où une augmentation avait été notée.

Durant la phase de fermeture du projet, une partie de l'eau qui n'est pas dans le bassin hydrographique du ruisseau Clet (cellule ouest pour les résidus de flottation et cellule sud pour les résidus magnétiques) sera drainée vers un tributaire de la rivière Hall. Les parcs à résidus seront alors recouverts d'une couche de mort-terrain et de terre végétale et revégétalisés. Les eaux s'écoulant vers le tributaire de la rivière Hall seront de la même qualité que l'eau s'écoulant en milieu naturel.

➤ Mesures d'atténuation des impacts

Les méthodes de travail utilisées permettront d'atténuer les répercussions défavorables sur la qualité de l'eau en ce qui a trait à la quantité de particules fines présentes dans les eaux de ruissellement et les cours d'eau. De plus, elles visent à éviter toute contamination de l'eau par des déversements accidentels d'hydrocarbures ou d'autres sources possibles de contamination.

La préparation et l'aménagement des sites

- Identifier clairement les aires de travaux sur le terrain afin de limiter les interventions aux aires requises;
- Limiter le déboisement au minimum afin de réduire l'empreinte du projet;
- Décaper les aires de services ainsi que les aires d'entreposage des matériaux de déblai et de remblai et mettre de côté la couche de sol organique afin de la remettre en place lors de la remise en état des lieux;
- Ne rejeter aucun débris dans le milieu aquatique et retirer tout débris introduit dans les plus brefs délais;
- Stabiliser les talus le plus rapidement possible pour prévenir l'érosion des sols;
- Au besoin, utiliser des barrières à sédiment (géotextile, pailles, etc.) au pied des talus pour réduire la quantité de sédiments transportés. Des aménagements protecteurs (pailles, copeaux, matelas) peuvent également être utilisés directement sur la pente;
- Réaliser, dans la mesure du possible, les travaux de défrichage, de terrassement et de nivellement immédiatement avant d'entreprendre les travaux d'installation des infrastructures;
- Éviter d'effectuer des travaux majeurs de construction lors de pluies abondantes afin de réduire les risques d'érosion et le transport sédimentaire vers le milieu aquatique;
- Réduire les travaux de terrassement ou d'excavation près des cours d'eau lors des périodes de crues ou lors de fortes pluies¹⁵;
- Effectuer des travaux de stabilisation préventive si certains travaux doivent être suspendus durant l'hiver;
- Stabiliser les sols déblayés et les remblais aménagés au moyen de techniques de stabilisation des sols s'harmonisant le plus possible avec le cadre naturel du milieu; ces techniques comprennent notamment la reforestation, la restauration de la couverture végétale, l'utilisation de gabion et de perré en utilisant, lorsque requis, une membrane géotextile;
- Stabiliser les pentes des déblais et remblais au moyen de techniques s'harmonisant le plus possible avec le cadre naturel du milieu, et ce, à tout endroit où l'érosion est susceptible de créer un apport de sédiments dans un cours d'eau. Adoucir, dans la mesure du possible, les pentes à moins de 1,5(H) :1(V) ou en utilisant d'autres techniques disponibles;
- Protéger les aires devant demeurer dénudées pour une plus longue période, avec de l'enrochement ou tout autre stratégie jugée efficace pour le site;
- Protéger les aires de stockage des matériaux (ciment, sable, etc.) avec des bâches en plastique pour de petites superficies et des barrières à sédiments pour les plus grandes superficies;

¹⁵ Cette mesure ne s'applique pas aux travaux réalisés au sein de la fosse.

- Stabiliser rapidement les superficies mises à nu à l'intérieur de la bande riveraine pour éviter tout risque d'apport de sédiments vers le milieu aquatique;
- Maintenir et conserver la couverture végétale à l'intérieur d'une bande riveraine de 20 mètres à partir de la ligne naturelle des hautes eaux (LNHE);
- Ne pas circuler avec une machine servant à une activité d'aménagement forestier sur une bande de terrain d'une largeur de 30 m de chaque côté d'un cours d'eau à écoulement intermittent sauf pour la construction, l'amélioration ou l'entretien d'un chemin ou pour la mise en place ou l'entretien d'infrastructures;
- Réaliser, s'il y a lieu, manuellement la coupe des arbres à moins de 20 m des milieux aquatiques et disposer des débris ligneux à l'extérieur de la ligne naturelle des hautes eaux;
- Entreposer les matériaux et les débris de déboisement ou les déblais d'excavation à au moins 30 m d'un lac, d'un cours d'eau ou d'un habitat du poisson mesurés à partir de la ligne naturelle des hautes eaux. Entasser la matière organique provenant du décapage à une distance provenant de plus de 30 m d'un lac ou d'un cours d'eau en vue de sa réutilisation;
- Stabiliser tous les fossés de drainage qui reçoivent le ruissellement du chantier de construction avant que les activités de construction ne commencent et les entretenir jusqu'à la fin des travaux;
- Disposer des excédents de terre retirés lors du profilage de manière à éviter que le ruissellement n'entraîne des particules fines vers un cours d'eau ou un plan d'eau;
- Adoucir la pente du talus à un rapport d'au moins 1,5(H): 1(V) lorsqu'un chemin doit être construit ou amélioré à moins de 60 m d'un lac ou d'un cours d'eau à écoulement permanent, à moins de 30 m d'un cours d'eau à écoulement intermittent ou à une distance moindre de manière à longer la pente du talus du remblai du chemin du côté du lac ou du cours d'eau;
- Stabiliser immédiatement le talus du remblai du chemin au moyen de techniques usuelles (ex. enrochement, géotextile, génie végétal), là où l'érosion de ce talus risque de créer un apport de sédiments dans un cours d'eau, un lac ou un habitat du poisson;
- Préserver le tapis végétal et les souches à moins de 60 m d'un lac ou d'un cours d'eau à écoulement permanent et à moins de 30 m d'un cours d'eau à écoulement intermittent, sauf dans l'emplacement du chemin à construire (comprenant la chaussée, les accotements et les talus du remblai du chemin) et là où un déblaiement est requis pour le chemin.

Utilisation et entretien de la machinerie

- Atténuer à la source les émissions atmosphériques de sources diffuses (ex. poussières);
- Effectuer une inspection préalable, puis régulière, de la machinerie et des camions utilisés afin de s'assurer de leur bon état, propre et exempts de toute fuite d'hydrocarbures;
- Recouvrir d'une dalle de béton conçue de manière à empêcher l'écoulement de produits pétroliers ou autres à l'extérieur de celle-ci, les aires désignées comme lieu permanent pour les activités routinières d'entretien, de lubrification et de plein de carburant;
- Ne pas nettoyer ou laver la machinerie dans un lac, un cours d'eau, un habitat du poisson à moins de 60 m de ceux-ci, ni stationner ou circuler avec de la machinerie sur le tapis végétal à moins de 30 m des cours d'eau mesuré à partir de la ligne naturelle des hautes eaux;
- S'assurer d'avoir des zones de gravier ou des stations de nettoyage des pneus aux sorties du chantier afin de réduire l'apport sédimentaire sur les routes.

Gestion des eaux

- Respecter, dans la mesure du possible, le drainage naturel du milieu lors des travaux, et prendre toutes les mesures appropriées pour permettre l'écoulement normal des eaux;
- Dévier les fossés de drainage vers des secteurs stables en végétation, situés à plus de 20 m de la ligne naturelle des hautes eaux;

- Bloquer les eaux de ruissellement de la surface s'écoulant dans les ornières des sentiers de débardage qui canalisent les eaux de surface dans le réseau hydrographique, et détourner ces eaux vers une zone de végétation localisée à une distance d'au moins 20 m d'un lac ou d'un cours d'eau mesurée à partir de la ligne naturelle des hautes eaux;
- Diriger les eaux provenant des aires de stockage vers une zone de végétation;
- Construire un bassin de sédimentation pour les fossés de drainage à au moins 20 m d'un cours d'eau récepteur et vidanger ce bassin lorsque la hauteur de l'eau au-dessus des sédiments est inférieure à 30 cm sur au moins 50 % de la superficie de ce bassin;
- Aménager les ponceaux en suivant les recommandations du guide de Pêches et Océans Canada;
- Interdire toute traverse à gué de la machinerie dans les cours d'eau, à moins d'avoir installé les infrastructures requises et d'avoir obtenu au préalable les autorisations requises auprès des ministères concernés. Installer un pontage, qui sera enlevé à la fin des travaux, pour traverser un cours d'eau ou un habitat du poisson;
- Si possible, réaliser l'installation des ponceaux dans un cours d'eau en période d'étiage et dans les meilleurs délais possibles;
- Utiliser des techniques reconnues et des matériaux non érodables pour stabiliser l'entrée et la sortie des ponceaux afin de les rendre résistants à la récurrence des crues 20 ans;
- Installer les ponceaux de manière à suivre la pente et l'orientation naturelle du lit du cours d'eau et les installer à l'intérieur d'un segment rectiligne d'au moins 30 mètres pour ne pas risquer de rendre instables les berges aux extrémités de la structure;
- Pomper, si nécessaire, les accumulations d'eau dans l'aire de travail vers une zone de végétation à une distance d'au moins 20 m du cours d'eau;
- Retirer de l'eau toute autre structure requise à l'installation d'un ponceau, dès la fin des travaux et s'assurer que le lit du cours d'eau est bien stabilisé à l'entrée et à la sortie. Réaménager le lit du cours d'eau selon son profil naturel et avec des matériaux similaires aux précédents, les berges doivent être stabilisées et, au besoin, revégétalisées;
- Filtrer, décanter, traiter ou réutiliser les eaux pompées hors des excavations afin de contrôler la qualité des eaux de ruissellement;
- Utiliser la méthode du tiers inférieur pour l'entretien des fossés;
- Capturer et contrôler les eaux qui seront en contact avec les résidus miniers, incluant les eaux de l'usine de traitement du minerai, les eaux d'exhaure et des haldes de stériles, de mort-terrain et de résidus;
- Réduire au minimum le ruissellement de zones qui sont des sources potentielles de contaminants (ex. en limitant lorsque possible les surfaces imperméables).

Extraction, manutention, stockage et traitement du minerai

- Gérer, selon les dispositions prévues à la Directive 019, les eaux de ruissellement et d'exfiltration provenant des piles de minerai, des haldes de stériles, de mort-terrain et des résidus;
- Concevoir les aires de stockage des matériaux afin de réduire le plus possible les risques d'érosion;
- Installer un réseau de captage de l'eau de percolation, comprenant des fossés de drainage autour des haldes de stériles, afin d'acheminer l'eau collectée vers les installations de traitement;
- Disposer dans les haldes de stériles, de mort-terrain et des résidus que les matériaux prévus pour ces sites;
- Mettre en place, lorsque requis, des mesures de protection contre l'érosion éolienne et hydrique (voir mesures d'atténuation en phase de construction);

- Respecter les objectifs environnementaux de rejet de l'effluent qui seront définis par le MDDEP, la Directive 019, et le *Règlement sur les effluents des mines de métaux* qui visent à protéger l'habitat du poisson. Réaliser un suivi et, au besoin, traiter l'effluent à nouveau avant que l'eau ne soit libérée dans l'environnement.

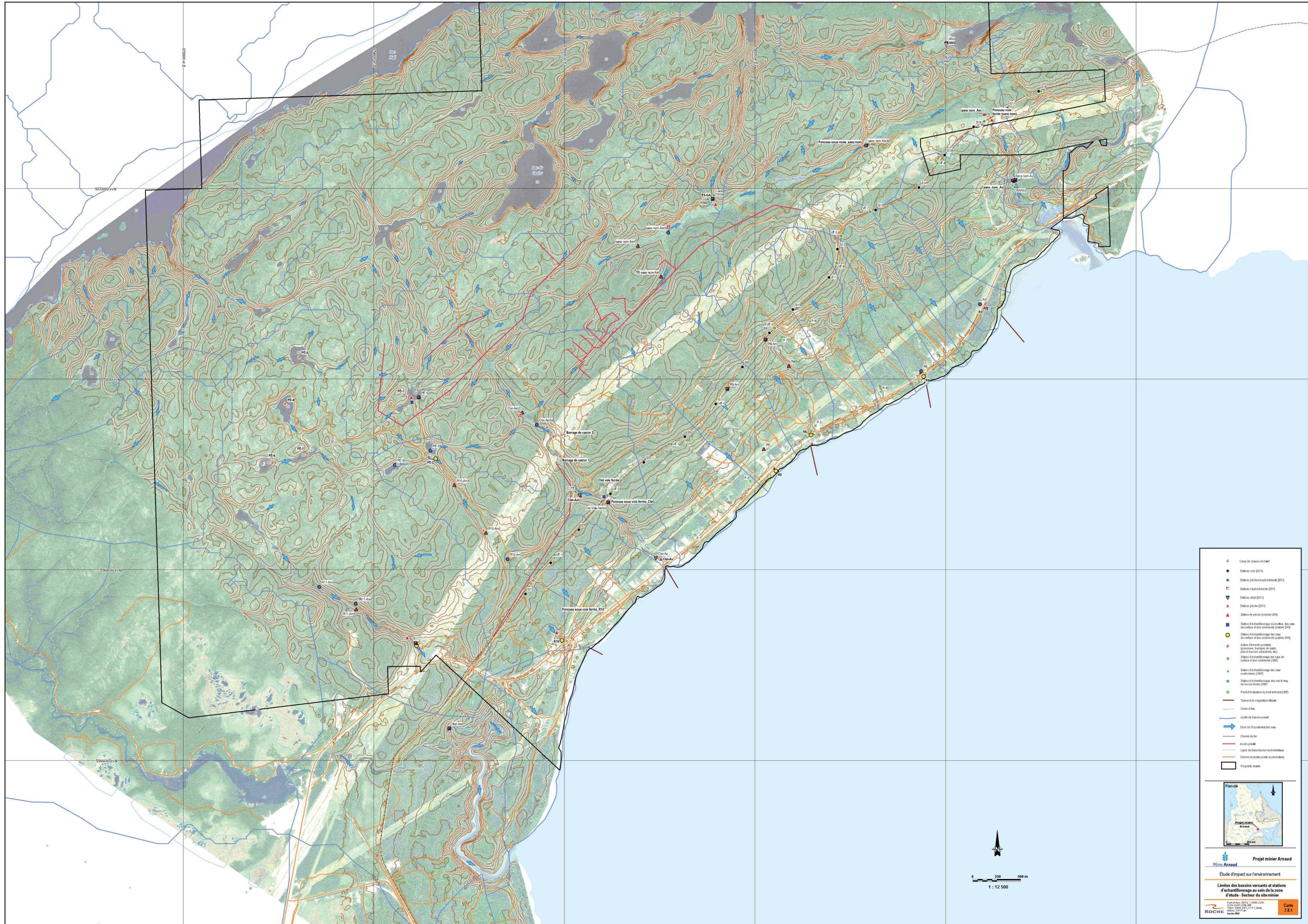
➤ **Évaluation de l'impact résiduel**

En phase de construction, l'impact du projet sur la qualité de l'eau et des sédiments peut être considéré d'intensité faible puisque différentes mesures de contrôle du transport sédimentaire vers le réseau hydrique seront mises en place. L'étendue des impacts sera ponctuelle car ils seront potentiellement ressentis dans les cours d'eau à proximité des travaux. La durée sera courte soit la durée de la phase de construction. Ainsi, l'importance de l'impact sur la qualité de l'eau en phase de construction est considérée comme faible.

En phase d'exploitation, les impacts du projet peuvent être considérés d'intensité faible, notamment en raison du traitement de l'effluent minier avant son rejet dans le ruisseau Clet et le respect des objectifs environnementaux. L'étendue de ces impacts sera ponctuelle, à l'échelle de l'aire d'étude du projet pour une durée moyenne (soit la durée de la phase d'exploitation). Ainsi, compte tenu de la mise en œuvre de l'ensemble des mesures d'atténuation, l'importance de l'impact sur la qualité de l'eau en phase d'exploitation est considérée comme faible.

En phase de fermeture, l'intensité des impacts est jugée faible car l'arrêt du rejet de l'effluent minier et la restauration des sites permettront le retour aux conditions initiales de la qualité de l'eau. L'étendue sera ponctuelle car les impacts se limitent aux cours d'eau et plans d'eau du site minier. La durée sera longue car la fermeture de la mine sera permanente. L'importance de l'impact sera positive et faible.

En somme, l'intensité des impacts potentiels du projet sur la qualité de l'eau est jugée faible puisque l'intégrité de cette composante ne sera pas significativement affectée par le projet étant donné que toutes les eaux du site seront dirigées vers un bassin de polissage et une usine de traitement de l'eau, avant d'être recirculées vers le concentrateur ou rejetées dans le ruisseau Clet. Son étendue est jugée ponctuelle puisque limitée au site de la mine et sa durée longue puisque que les impacts potentiels susmentionnés s'étendront de la phase construction jusqu'à la restauration complète du site minier. En considérant les mesures d'atténuation qui seront appliquées tout au long du projet et le fait que la qualité de l'eau de surface après la phase de fermeture sera comparable aux conditions initiales, l'impact résiduel du projet sur la qualité de l'eau de surface est jugé faible.



- Camp de chasse et/ouât
- Stations sols (2015)
- Stations puits (hors échantillonnage) (2015)
- Stations enrichissements (2015)
- ▼ Stations osses (2015)
- ▲ Stations pêche (2015)
- ▲ Stations de pêche (hors 2015)
- Stations d'échantillonnage du benthos, des eaux de surface et des sédiments (hors 2015)
- Stations d'échantillonnage des eaux de surface et des sédiments (hors 2015)
- Algues filamenteuses, cyanobactéries, bryozoaires, diatomées, etc.
- Stations d'échantillonnage des eaux de surface et des sédiments (2007)
- ▲ Stations d'échantillonnage des eaux souterraines (2007)
- Stations d'échantillonnage des sols à long de la voie ferrée (2007)
- Point d'évaluation du bruit ambiant (2007)
- Tronçon de végétation libérée
- Cours d'eau
- Limite de bassin versant
- Sens de l'écoulement des eaux
- Chemin de fer
- Accès piéton
- Ligne de transmission hydroélectrique
- Chemin de terre (hors échantillonnage)
- Propriété rivaire

