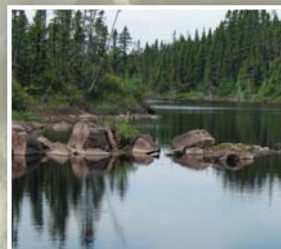




Mine **Arnaud**

Projet minier Arnaud



VOLUME 3

(Annexes 9 à 15)

Complément n° 4

à l'étude d'impact sur l'environnement

**RÉPONSES AUX QUESTIONS
ET COMMENTAIRES DU MDDEP
REÇUS LE 11 JUILLET 2012**



GENIVAR

LISTE DES ANNEXES

VOLUME 1

Annexe 2	Table municipalité – entreprise
Annexe 3	Milieus humides
Annexe 4	Évaluation des impacts sur les déterminants de la santé
Annexe 5	Localisation cadastrale (lots et blocs), présence de territoire non organisé et organisation de la tenure (privée, publique) au sein de la zone d'étude
Annexe 6	Cadre d'entente et d'acquisition - Préliminaire
Annexe 7	Plan de gestion de l'eau du site de Mine Arnaud
Annexe 8	Bilan hydrique pour le site des opérations de Mine Arnaud

VOLUME 2

Annexe 1	Rapport synthèse de préconsultation sur le projet minier Arnaud
----------	---

VOLUME 3

Annexe 9	Hydrologie
Annexe 10	Modification du chapitre 5.4 de l'étude d'impact sur l'environnement
Annexe 11	Étude sonore liée à la construction et l'exploitation et programme de suivi acoustique
Annexe 12	Certificats d'analyse
Annexe 13	Hydrogéologie
Annexe 14	Estimation de l'impact économique lié à la construction et à l'exploitation
Annexe 15	Modélisation de la dispersion atmosphérique

Annexe 9

Hydrologie



PROJET MINIER ARNAUD

RAPPORT SECTORIEL

HYDROLOGIE



PROJET MINIER ARNAUD

RAPPORT SECTORIEL

HYDROLOGIE

Présenté à

Mine Arnaud inc.

Rédigé par :



Martin Bouchard Valentine, ing., M. Sc.
N° OIQ : 5002942

Révisé par :



Simon Latulippe, ing.
N° OIQ : 121692

NOVEMBRE 2012

121-17926-00

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Mine Arnaud inc.

Responsable du projet : Marie-France Therrien

GENIVAR inc.

Directeur du projet : Bernard Massicotte, biologiste, M.Sc.

Directeur du secteur Eau : Simon Latulippe, ing.

Analyses et rédaction : Martin Bouchard Valentine, biologiste, M. Sc., ing.

Collaboration et coordination : Nathalie Chevé, ing.

Relevés terrain : Alexandre Paradis, tech.
Yan Talbot, ing. jr
Frédéric Milord, tech.
Jean-Guy Vigneault

Cartographie : Ludovic Deschênes

Traitement de texte et édition : Nancy Paquet

Référence à citer :

GENIVAR. 2012. *Projet minier Arnaud. Rapport sectoriel. Hydrologie.* Rapport de GENIVAR inc. à Mine Arnaud inc. 47 p. et annexes.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
Équipe de réalisation	i
Table des matières	i
Liste des tableaux.....	iii
Liste des cartes et figures	iv
Liste des annexes.....	iv
1. INTRODUCTION	1
1.1 Caractéristiques de la zone d'étude	3
1.2 Plan du rapport	3
2. MÉTHODE.....	11
2.1 Campagnes de relevés 2012	11
2.1.1 Jaugeage des débits	11
2.1.1.1 Jaugeages de juin.....	11
2.1.1.2 Suivi de l'écoulement dans les ponceaux.....	12
2.1.2 Coloration des ponceaux.....	12
2.1.3 Sondes à niveau	12
2.1.4 Pluviomètre.....	13
2.2 Données hydrométriques disponibles	13
2.3 Outils de caractérisation des débits moyens, des crues et des étiages	15
2.3.1 Estimation des débits moyens.....	15
2.3.2 Estimation des crues.....	17
2.3.3 Estimation des étiages	18
3. RÉSULTATS – HYDROLOGIE EN CONDITIONS ACTUELLES.....	21
3.1 Observations dans les ruisseaux	21
3.1.1 Estimations des débits	21
3.1.2 Estimation des débits de récurrence 2 ans.....	23
3.1.3 Variation des niveaux d'eau	24
3.2 Observations dans les lacs	26
3.3 Estimations des débits	29
3.3.1 Débit moyen annuel	29
3.3.2 Débit d'étiage	31
3.3.3 Débit de crue.....	32

TABLE DES MATIÈRES (SUITE)

	Page
4. HYDROLOGIE – CONDITIONS PROJETÉES.....	35
4.1 Impacts projetés	35
4.1.1 Interception des eaux de ruissellement	35
4.1.2 Digue	35
4.1.3 Effluent minier.....	35
4.1.4 Aires d'accumulation de mort-terrain.....	36
4.2 Impacts sur les ruisseaux.....	37
4.3 Impacts sur les lacs	41
4.3.1 Lac du Castor.....	44
5. CONCLUSION.....	45
6. RÉFÉRENCES	47

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1	Cours d'eau et lacs analysés. 2
Tableau 2	Localisation des mesures de débits réalisés entre le 19 et le 22 juin.....11
Tableau 3	Localisation des sondes mises en place.13
Tableau 4	Stations hydrométriques situées à moins de 200 km de la zone d'étude et dont la superficie des bassins versants est inférieure à 2 000 km ²13
Tableau 5	Débits moyens unitaires des stations de référence.16
Tableau 6	Débits de crue moyen journalier unitaire (L/s/km ²) des stations de référence estimés selon la moyenne de trois lois d'ajustement statistique.....18
Tableau 7	Débits unitaires d'étiage estimés à l'aide d'HYFRAN pour deux stations situées à proximité de la zone d'étude.19
Tableau 8	Débits mesurés entre le 19 et le 22 juin 2012.22
Tableau 9	Débits estimés lors des suivis des ponceaux après des événements de précipitations.....23
Tableau 10	Estimation des débits de récurrence 2 ans basée sur la limite de la coloration observée dans les ponceaux.23
Tableau 11	Analyses de trois événements de précipitations au Petit Lac du Portage.27
Tableau 12	Estimation du débit mensuel moyen (m ³ /s) aux sites à l'étude.30
Tableau 13	Débits d'étiage (m ³ /s) estimés aux sites analysés.31
Tableau 14	Débits de crue (m ³ /s) aux sites analysés.....33
Tableau 15	Superficies des bassins versants en conditions actuelles et en conditions projetées à l'expansion maximale du projet minier.36
Tableau 16	Temps de concentration des ruisseaux en conditions actuelles et en conditions projetées.37
Tableau 17	Débit mensuel moyen (m ³ /s) aux sites à l'étude en conditions projetées à l'expansion maximale du projet minier.38
Tableau 18	Débits d'étiage (m ³ /s) estimés aux sites analysés en conditions projetées à l'expansion maximale du projet minier.39
Tableau 19	Débits de crue (m ³ /s) aux sites analysés en conditions projetés à l'expansion maximale du projet minier.40
Tableau 20	Temps de concentration des lacs en conditions actuelles et en conditions projetées.41

LISTE DES TABLEAUX (SUITE)

	Page
Tableau 21	Impact sur les lacs – Précipitation de récurrence 2 ans (durée de la précipitation égale au temps de concentration du bassin versant en conditions actuelles).....43
Tableau 22	Impact sur les lacs – Précipitation de récurrence 25 ans (durée de la précipitation égale au temps de concentration du bassin versant en conditions actuelles).....43

LISTE DES CARTES ET FIGURES

	Page
Carte 1	Bassins et sous-bassins versants – conditions actuelles..... 5
Carte 2	Bassins et sous-bassins versants – Année 7. 7
Carte 3	Bassins et sous-bassins versants – Situation finale. 9
Carte 4	Localisation des stations hydrométriques de référence.14
Figure 1	Hydrogramme des débits unitaires moyen mensuel et annuel des stations de référence.....16
Figure 2	Chenal créé par le ruisseau Clet sur le chemin du Vieux-Sept-Îles.21
Figure 3	Variation du niveau d'eau dans le ponceau de la route 138 du ruisseau R11 (site 37) [Note : sonde éjectée du ponceau après le 18 août].....24
Figure 4	Variation du niveau d'eau dans le ponceau du chemin du Vieux-Sept-Îles du ruisseau Clet (site 46) [Note : sonde éjectée du ponceau après le 18 août].....25
Figure 5	Variation du niveau d'eau dans le ponceau de la route 138 du ruisseau R6 (site 76).25
Figure 6	Variation du niveau d'eau dans les ponceaux du chemin du Vieux-Sept-Îles du ruisseau Gamache (site 52).26
Figure 7	Variation du niveau d'eau dans le lac PE-8.28
Figure 8	Variation du niveau d'eau dans le lac PE-9.28
Figure 9	Variation du niveau d'eau dans le Petit lac du Portage (en vert, les trois événements analysés (voir tableau 11)).29

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1	Répertoire photographique
----------	---------------------------

1. INTRODUCTION

Mine Arnaud inc. a déposé une étude d'impact sur l'environnement en mars 2012 (Roche ltée, 2012). Des demandes d'information ont été émises en avril 2012 par le comité fédéral, à la suite de l'analyse préliminaire de l'étude d'impact du projet minier Arnaud. Des questions ont également été émises par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) en juillet 2012.

GENIVAR inc. (GENIVAR) a été mandaté par Mine Arnaud inc. au printemps 2012 pour offrir d'une part une assistance dans les réponses aux commentaires et questions reçus et d'autre part, pour compléter l'étude d'impact du projet minier Arnaud préparée par Roche ltée en mars 2012. L'hydrologie de la zone d'étude doit être notamment davantage caractérisée et détaillée en conditions actuelles et projetées. Cette analyse fait l'objet du présent rapport.

L'ensemble des informations présentées dans ce rapport dresse un portrait sommaire des conditions hydrologiques de la zone d'étude. Ces données ont été recueillies dans l'objectif d'évaluer les impacts du projet minier. Pour la conception d'ouvrages, elles doivent être utilisées avec prudence.

Les analyses hydrologiques portent sur les ruisseaux et les lacs présents sur le site minier projeté. Dans le cas des ruisseaux, les analyses portent sur la détermination des débits moyens, d'étiage et de crue pour les cours d'eau susceptibles d'être impactés par le projet minier. Dans le cas des lacs, l'analyse des variations des niveaux d'eau a été effectuée. Les lacs qui seront éliminés par la mise en place des aires d'accumulation de résidus miniers n'ont pas fait l'objet d'analyses de variation des niveaux d'eau dans le cadre du présent rapport.

Le tableau 1 et la carte 1 présentent les cours d'eau analysés ainsi que les limites de bassins versants. Les cours d'eau ne possèdent en général aucun nom officiel, à l'exception du ruisseau Clet, du Petit lac du Portage et du lac de la Cache. La même nomenclature que celle proposée par Roche (2012) a été employée pour désigner les cours d'eau.

Tableau 1 Cours d'eau et lacs analysés.

Cours d'eau	Point d'analyse	N° de station au point d'analyse	Superficie du bassin versant au point d'analyse (km ²)
Ruisseau			
Ruisseau R2	Au droit de la route 138	72	0,80
Ruisseau R3	Au droit de la route 138	73	0,47
Ruisseau R4	Au droit de la route 138	74	0,51
Ruisseau R5	Au droit de la route 138	75	0,54
Ruisseau R6	Au droit de la route 138	76	0,94
Ruisseau R7	Au droit de la route 138	77	1,03
Ruisseau R8	Au droit de la route 138	78	1,22
Ruisseau R9.5	Au droit de la route 138	79.5	1,13
Ruisseau Clet	Au droit de la route 138	44	5,40
Ruisseau 10	Au droit de la route 138	63	2,57
Ruisseau 11	Au droit de la route 138	37	5,94
Ruisseau sans nom (ruisseau Gamache)	Au droit du chemin du Vieux-Sept-Îles	52	9,65
Lac			
Lac PE-1	À l'exutoire du lac	--	0,90
Lac PE-5	À l'exutoire du lac	--	0,87
Lac PE-8	À l'exutoire du lac	39	0,29
Lac PE-9	À l'exutoire du lac	19	0,16
Petit lac du Portage	À l'exutoire du lac	25	2,23
Lac de la Cache	À l'exutoire du lac	--	0,77

Il est à noter que le ponceau du ruisseau R9 semble être non fonctionnel. En effet, l'extrémité aval du ponceau n'a pu être localisée. Une accumulation d'eau était présente du côté amont du ponceau.

1.1 Caractéristiques de la zone d'étude

Le projet minier s'insère dans un territoire où sont présents de nombreux ruisseaux et lacs. La carte 1 présente le réseau hydrographique de la zone à l'étude. Les ruisseaux sont généralement de faibles importances, drainant des bassins versants inférieurs à 1 km² (tableau 1). Ces cours d'eau ont un régime d'écoulement presque nul lors des étiages. Quatre cours d'eau drainent des bassins versants plus importants, soit :

- le ruisseau Clet;
- le ruisseau R10;
- le ruisseau R11;
- le ruisseau sans nom (appelé *ruisseau Gamache* pour la fin de cette étude).

Le ruisseau Clet sera le seul cours d'eau récepteur des rejets miniers provenant de l'usine de traitement.

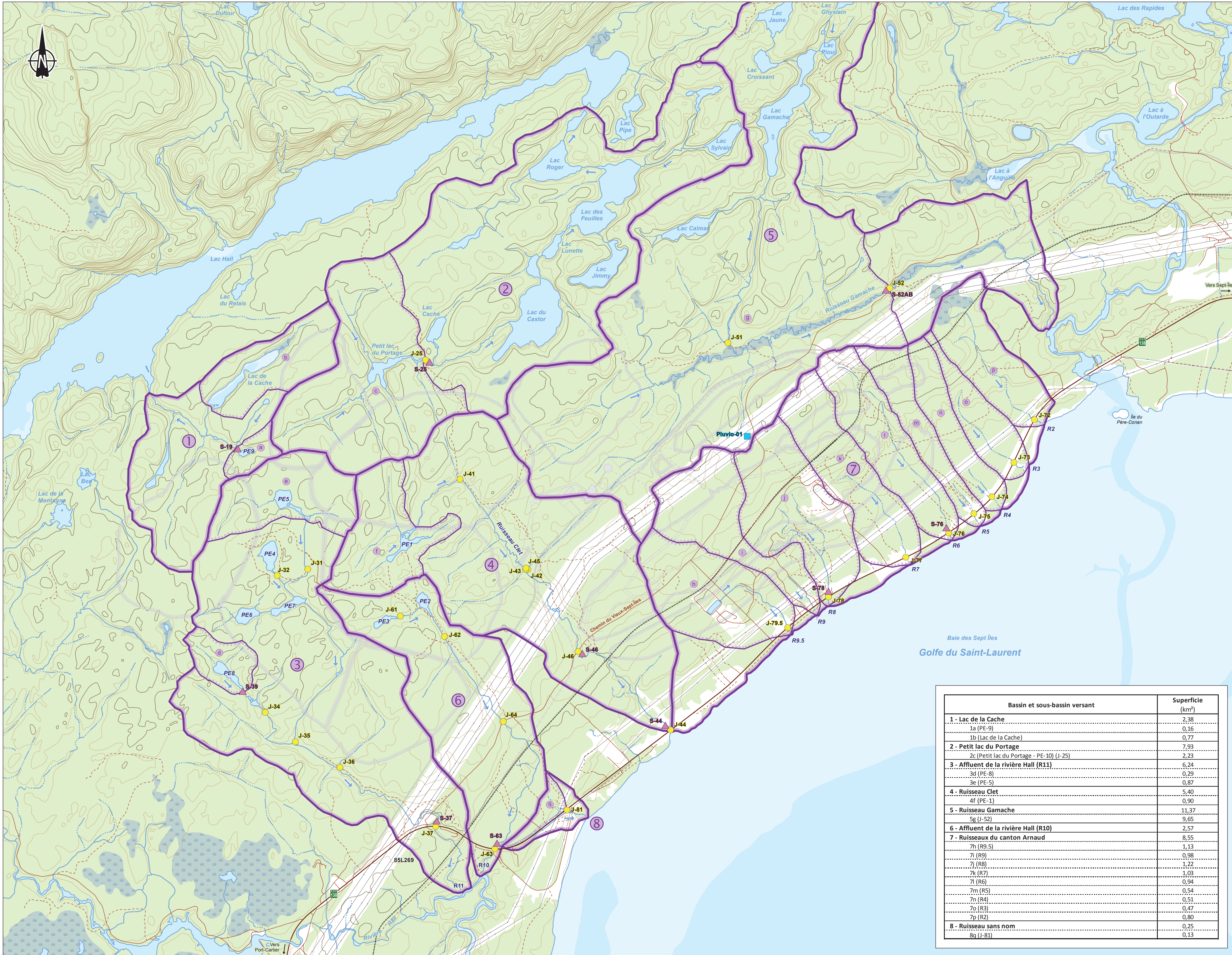
Tel que rapporté par Roche (2012) : Dans la zone d'étude, *on retrouve essentiellement des argiles marines et du sable des rapides; ainsi les sols sont de classe hydrologique « BC ». Ces sols sont occupés essentiellement par du boisé.*

Une classe hydrologique de sol « BC » indique un drainage moyen.

1.2 Plan du rapport

La méthodologie employée sera d'abord décrite. Cette section sera suivie de la description de l'hydrologie du site en conditions actuelles. Enfin, les descriptions des impacts du projet sur l'hydrologie du site compléteront ce rapport.

Les cartes 1 à 3 présentent le réseau hydrographique du site ainsi que les bassins versants des cours d'eau en conditions actuelles, au terme de l'année 7 et à l'expansion maximale de la mine respectivement.



Travaux terrain : hydrologie et hydrogéologie

- Sonde à niveau d'eau
- Site de jaugeage
- Pluviomètre

Hydrographie

- Bassin versant
- ① Identification du bassin versant
- Sous-bassin versant
- ② Identification du sous-bassin versant
- Cours d'eau
- Cours d'eau intermittent
- Sens de l'écoulement
- Lac
- Zone d'ensablement
- Milieu humide

Voie de communication

- Route principale
- Route secondaire
- - - Chemin
- +++ Voie fermée

Topographie (équidistance 10 mètres)

- Courbe de niveau maîtresse
- Courbe de niveau intermédiaire

Bassin et sous-bassin versant	Superficie (km ²)
1 - Lac de la Cache	2,38
1a (PE-9)	0,16
1b (Lac de la Cache)	0,77
2 - Petit lac du Portage	7,93
2c (Petit lac du Portage - PE-10) (J-25)	2,23
3 - Affluent de la rivière Hall (R11)	6,24
3d (PE-8)	0,29
3e (PE-5)	0,87
4 - Ruisseau Clet	5,40
4f (PE-1)	0,50
5 - Ruisseau Gamache	11,37
5g (J-52)	9,65
6 - Affluent de la rivière Hall (R10)	2,57
7 - Ruisseaux du canton Arnaud	8,55
7h (R9.5)	1,13
7i (R9)	0,98
7j (R8)	1,22
7k (R7)	1,03
7l (R6)	0,94
7m (R5)	0,54
7n (R4)	0,51
7o (R3)	0,47
7p (R2)	0,80
8 - Ruisseaux sans nom	0,25
8q (J-81)	0,13

Mine Arnaud

Projet minier Arnaud
Rapport sectoriel
Hydrologie

Carte 1
Bassins et sous-bassins versants – Conditions actuelles

0 165 330 495 660 m
MTM, fuseau 6, NAD 83

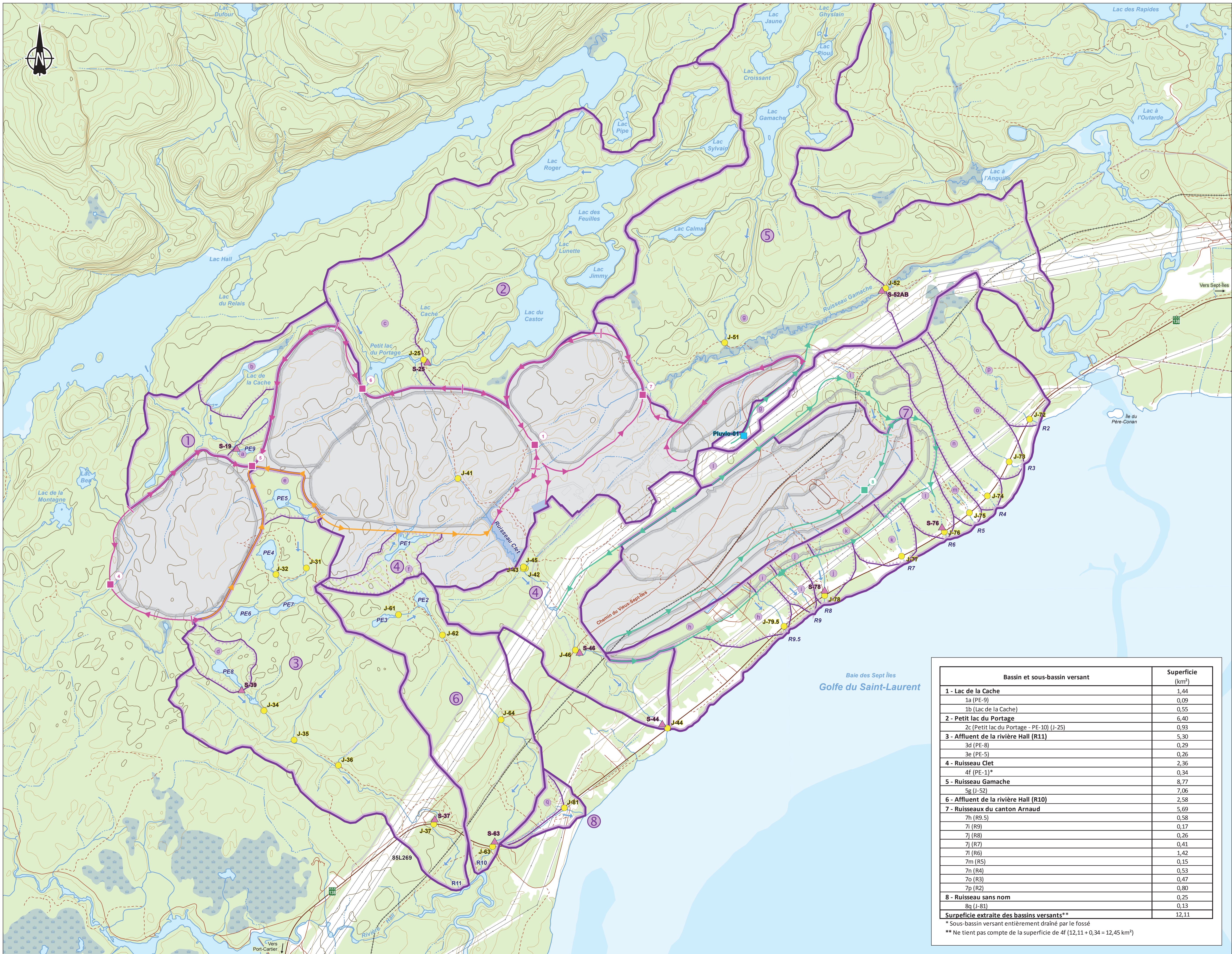
Sources :
Base : BDQT, 1:20 000, feuilles 22401-200-0291, 22402-200-0292, 22407-200-0102 et 22408-200-0101, MARN, 2007
Infrastructures minières : SIE, MARN, 058558-600-661, ROCHE, mars 2012
Inventaires : GENIVAR, juin 2012
Fichier GENIVAR : 121_17926_RSM_ct_bassins_actuels_121115.mxd

Dessiné par LD 15-11-2012
Vérifié par MBV 15-11-2012
Approuvé par SL 15-11-2012

NOVEMBRE 2012

GENIVAR

121-17926-00



- Travaux terrain : hydrologie et hydrogéologie**
- Sonde à niveau d'eau
 - Site de jaugeage
 - Pluviomètre
- Hydrographie**
- Bassin versant
 - ⑥ Identification du bassin versant
 - Sous-bassin versant
 - ④ Identification du sous-bassin versant
 - Eau extraite des bassins versants naturels
 - Cours d'eau
 - Cours d'eau intermittent
 - Sens de l'écoulement
 - Lac
 - Zone d'ensablement
 - Milieu humide
- Infrastructures de gestion de l'eau**
- Station de pompage
 - Fossé permanent – Eau de contact
 - Fossé temporaire – Eau de contact
 - Fossé permanent – Eau de non-contact
- Voie de communication**
- Route principale
 - Route secondaire
 - Chemin
 - Voie fermée
- Topographie (écartitude 10 mètres)**
- Courbe de niveau maîtresse
 - Courbe de niveau intermédiaire

Bassin et sous-bassin versant	Superficie (km ²)
1 - Lac de la Cache	1,44
1a (PE-9)	0,09
1b (Lac de la Cache)	0,55
2 - Petit lac du Portage	6,40
2c (Petit lac du Portage - PE-10) (J-25)	0,93
3 - Affluent de la rivière Hall (R11)	5,30
3d (PE-8)	0,29
3e (PE-5)	0,26
4 - Ruisseau Clet	2,36
4f (PE-1)*	0,34
5 - Ruisseau Gamache	8,77
5g (J-52)	7,06
6 - Affluent de la rivière Hall (R10)	2,58
7 - Ruisseaux du canton Arnaud	5,69
7h (R9.5)	0,58
7i (R9)	0,17
7j (R8)	0,26
7k (R7)	0,41
7l (R6)	1,42
7m (R5)	0,15
7n (R4)	0,53
7o (R3)	0,47
7p (R2)	0,80
8 - Ruisseau sans nom	0,25
8q (J-81)	0,13
Superficie extraite des bassins versants**	12,11

* Sous-bassin versant entièrement drainé par le fossé
 ** Ne tient pas compte de la superficie de 4f (12,11 + 0,34 = 12,45 km²)

Projet minier Arnaud
 Rapport sectoriel
 Hydrologie

Mine Arnaud

Carte 2
 Bassins et sous-bassins versants – Mine à sept ans

0 165 330 495 660 m
 MTM, fuseau 6, NAD 83

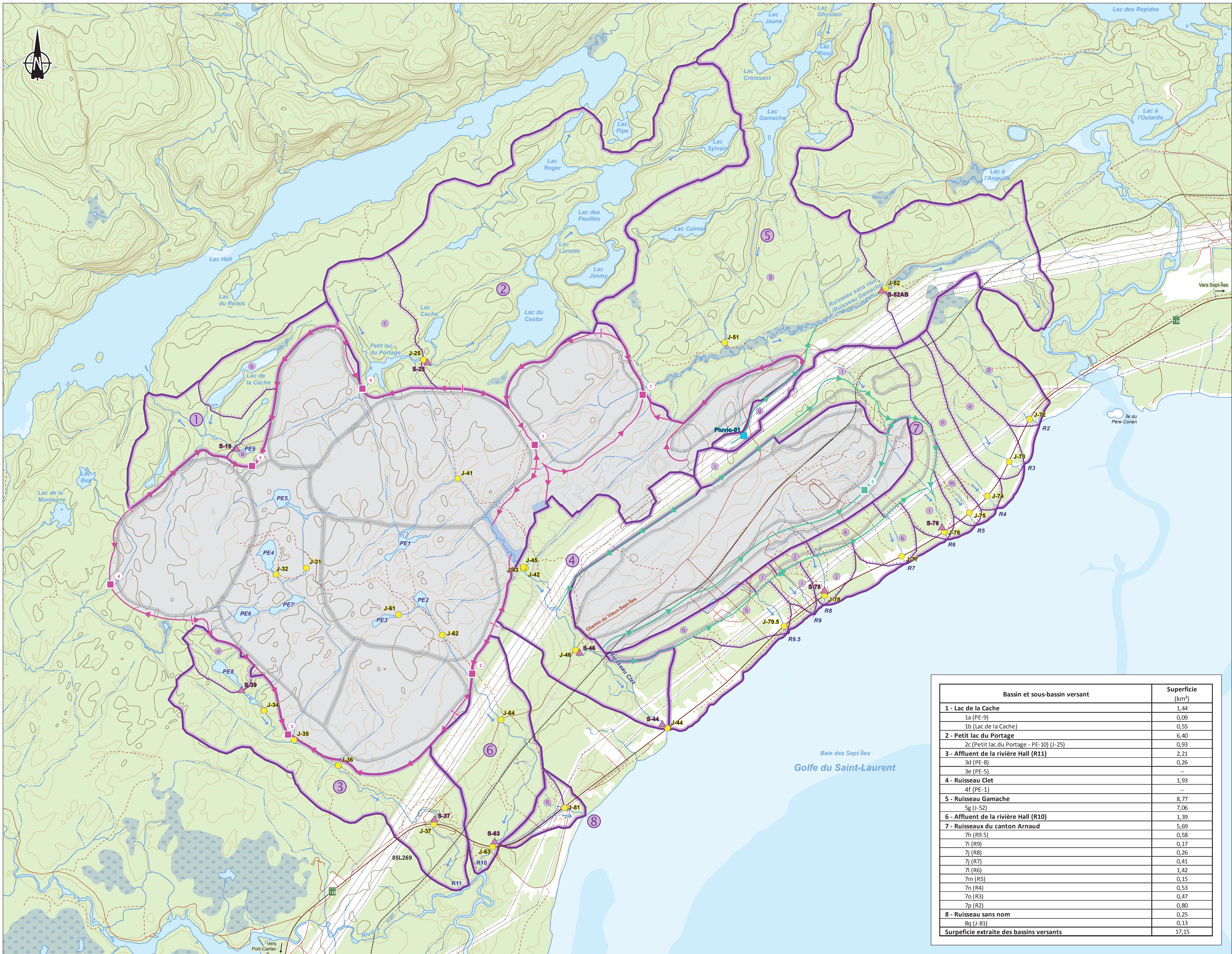
Source :
 Base : BDQT, 1:20 000, feuilles 22401-200-0201, 22402-200-0202, 22403-200-0102 et 22408-200-0101, MARAF, 2007
 Infrastructures minières : SIE, MARAF, 058588-600-661, ROCHE, mars 2012
 Inventaires : GENIVAR, juin 2012
 Fichier GENIVAR : 121_17926_RSM_c2_bassins_versants_Tam_121115.mxd

Dessiné par LD 15-11-2012
 Vérifié par MBV 15-11-2012
 Approuvé par SL 15-11-2012

NOVEMBRE 2012

GENIVAR

121-17926-00



- Infrastructure minière préliminaire
- Travaux terrain : hydrologie et hydrogéologie**
- Sonde à niveau d'eau
- Site de jaugeage
- Pluviomètre
- Hydrographie**
- Bassin versant
- Identification du bassin versant
- Sous-bassin versant
- Identification du sous-bassin versant
- Eau extraite des bassins versants naturels
- Cours d'eau
- Cours d'eau intermittent
- Sens de l'écoulement
- Lac
- Zone d'ensablement
- Milieu humide
- Infrastructures de gestion de l'eau**
- Station de pompage
- Fossé permanent – Eau de contact
- Fossé permanent – Eau de non-contact
- Voie de communication**
- Route principale
- Route secondaire
- Chemin
- Voie fermée
- Topographie (équidistance 10 mètres)**
- Courbe de niveau maîtresse
- Courbe de niveau intermédiaire

Bassin et sous-bassin versant	Superficie (km ²)
1 - Lac de la Cache	1,44
1a (PE-9)	0,09
1b (Lac de la Cache)	0,55
2 - Petit lac du Portage	6,40
2c (Petit lac du Portage - PE-10) (J-25)	0,93
3 - Affluent de la rivière Hall (R11)	2,21
3d (PE-8)	0,26
3e (PE-5)	--
4 - Ruisseau Clet	1,93
4f (PE-1)	--
5 - Ruisseau Gamache	8,77
5g (J-52)	7,06
6 - Affluent de la rivière Hall (R10)	1,39
7 - Ruisseaux du canton Arnaud	5,69
7h (R9.5)	0,58
7i (R9)	0,17
7j (R8)	0,26
7k (R7)	0,41
7l (R6)	1,42
7m (R5)	0,15
7n (R4)	0,53
7o (R3)	0,47
7p (R2)	0,80
8 - Ruisseau sans nom	0,25
8q (J-81)	0,13
Superficie extraite des bassins versants	17,15

Projet minier Arnaud
 Rapport sectoriel Hydrologie

Carte 3
 Bassins et sous-bassins versants – Mine finale

0 165 330 495 660 m
 MTM, fuseau 6, NAD 83

Sources :
 Base : BDQT, 1:30 000, feuilles 22401-200-0201, 22402-200-0202, 22403-200-0102 et 22408-200-0101, MARN, 2007
 Infrastructures minières : SIE, SARAF, 058588-600-661, ROCHE, mars 2012
 Inventaires : GENIVAR, juin 2012
 Fichier GENIVAR : 121_17926_RSM_c3_bassins_versants_final_121115.mxd

Dessiné par	LD	15-11-2012
Vérifié par	MBV	15-11-2012
Approuvé par	SL	15-11-2012

GENIVAR
 NOVEMBRE 2012
 121-17926-00

2. MÉTHODE

Cette section décrit la méthode employée pour estimer les débits des cours d'eau analysés.

2.1 Campagnes de relevés 2012

GENIVAR a recueilli de nombreuses données hydrologiques et hydrauliques durant l'été 2012. Celles-ci sont résumées dans les prochaines sections.

2.1.1 Jaugeage des débits

Une campagne de relevés a été réalisée à l'été 2012. Cette campagne a permis d'estimer les débits dans les cours d'eau à l'étude. Les débits ont d'abord été jaugés à la fin juin et par la suite, des mesures de l'écoulement (largeur et épaisseur d'écoulement) dans certains ponceaux ont été effectuées les semaines suivantes.

2.1.1.1 Jaugeages de juin

Du 19 au 22 juin, les débits ont été estimés pour de nombreux cours d'eau, soit aux sites indiqués au tableau 2. Les sites ont été jaugés soit par mesure directe (temps de remplissage d'un récipient ayant un volume connu) ou soit par mesure des vitesses d'écoulement et de la section d'écoulement. Il est à noter que lors de cette visite, les débits étaient très faibles à la suite d'un mois de juin très sec avec seulement 5,0 mm de précipitations enregistrés entre le 1^{er} et le 23 juin (Environnement Canada, 2012). Les débits mesurés peuvent donc être considérés à l'étiage.

Tableau 2 Localisation des mesures de débits réalisés entre le 19 et le 22 juin.

Site	Cours d'eau
25	Décharge du Petit lac du Portage
51	Décharge du lac Gamache
52*	Ruisseau Gamache
41	Ruisseau Clet
42	Ruisseau Clet
43	Affluent ouest du ruisseau Clet
44	Ruisseau Clet
45	Affluent est du ruisseau Clet
46*	Ruisseau Clet
72	Ruisseau R2
73	Ruisseau R3

Tableau 2 (suite) Localisation des mesures de débits réalisés entre le 19 et le 22 juin.

Site	Cours d'eau
74	Ruisseau R4
75	Ruisseau R5
76*	Ruisseau R6
78*	Ruisseau R7
79.5	Ruisseau R8
81	Ruisseau R12
61	Décharge du lac PE 3
62	Décharge du lac PE2
63*	Ruisseau R10
64	Ruisseau R10
31	Décharge du lac PE5
32	Décharge du lac PE4
34	Décharge du lac PE8
35	Décharge du lac PE7
36	Affluent du ruisseau R11
37*	Ruisseau R11

* Ponceaux ayant une sonde à niveau.

2.1.1.2 Suivi de l'écoulement dans les ponceaux

Au cours de l'été, après un événement pluvieux, une évaluation de la largeur et de l'épaisseur d'écoulement dans les ponceaux de la route 138 a été réalisée. Ces données ainsi que la géométrie connue des ponceaux ont permis d'évaluer les débits des cours d'eau en utilisant l'équation de Manning. Le coefficient de Manning a été déterminé à partir des mesures de débits réalisés le 19 juin 2012 dans les ponceaux.

2.1.2 Coloration des ponceaux

La hauteur de coloration à l'intérieur des ponceaux a été mesurée. En conditions d'écoulement libre et sans influence aval, cette hauteur est estimée être représentative d'une crue de période de retour de 2 ans.

2.1.3 Sondes à niveau

Des sondes fixées sur un bloc de béton et enregistrant en continu les niveaux d'eau à intervalles réguliers ont été mises en place dans certains ponceaux de la route 138 et dans certains lacs (voir tableau 3 et carte 1) entre le 19 et le 22 juin. Le choix d'installer des sondes dans des ponceaux a été retenu pour faciliter l'estimation des débits sans devoir établir une courbe de tarage. En effet, connaissant la géométrie des ponceaux et la hauteur d'eau mesurée par la sonde, il est possible d'estimer les débits à partir de l'équation de Manning.

Les ponceaux de la route 138 pour les sites 44 (ruisseau Clet) et 78 (ruisseau R8) n'ont pas été retenus pour l'installation de sondes à niveau, car ceux-ci sont partiellement ennoyés lors des marées hautes.

Tableau 3 Localisation des sondes mises en place.

Nom	Site
Ruisseau	
Ruisseau R6	76
Ruisseau R10	63
Ruisseau R11	37
Ruisseau Clet	46
Ruisseau Gamache	52
Lac	
Lac PE8	39
Lac PE9	19
Petit lac du Portage	25

2.1.4 Pluviomètre

Un pluviomètre à bascule a été installé au site à partir de 21 juin 2012 (voir carte 1). Un enregistrement s'effectue après une accumulation de 0,2 mm d'eau.

2.2 **Données hydrométriques disponibles**

Peu de cours d'eau sont jaugés au nord du 50^e parallèle. Ceux qui le sont possèdent des superficies de bassins versants beaucoup plus grandes que les cours d'eau de la zone d'étude locale, de l'ordre de plusieurs milliers de kilomètres carrés.

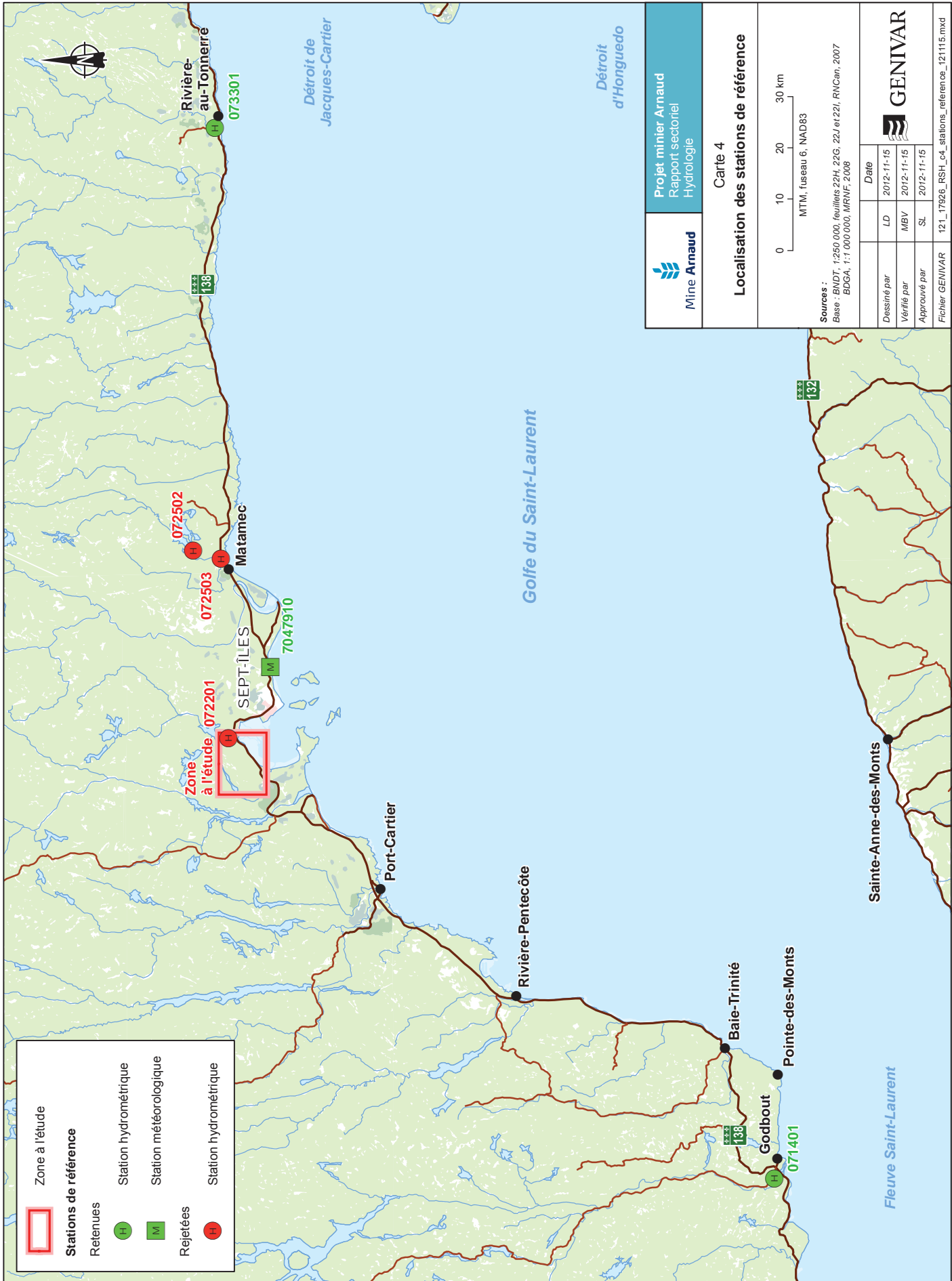
Les stations hydrométriques les plus près de la zone d'étude (carte 4) mesurant des débits issus de bassins versants de taille inférieure à 2 000 km² sont présentées au tableau 4. Seules les stations ayant une période minimale d'enregistrement de 10 années sont montrées.

Tableau 4 Stations hydrométriques situées à moins de 200 km de la zone d'étude et dont la superficie des bassins versants est inférieure à 2 000 km².

ID fédérale (ID CEHQ)	Rivière	BV (km ²)	Période d'enregistrement	Distance de la zone d'étude (km)
072201	des Rapides	557	1947 - 1983	5
072503	Matamec	679	1975 - 1986	35
072502	Matamec	454	1974 - 1986	40
073301	au Tonnerre¹	684	1947 - 1986	120
071401	Godbout¹	1 570	1974 - ouvert	140

¹ Stations retenues pour les analyses.

Source : CEHQ 2012.



Zone à l'étude

Stations de référence

Retenues

Rejetées

Station hydrométrique

Station météorologique

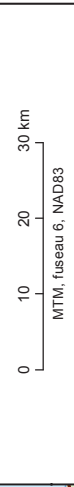
Station hydrométrique

Mine Arnaud

Projet minier Arnaud
Rapport sectoriel
Hydrologie

Localisation des stations de référence

Carte 4



Sources :
Base : BNDT, 1:250 000, feuilles 22H, 22G, 22J et 22I, RNCan, 2007
BDCA, 1:1 000 000, MRNF, 2008

	Date
Dessiné par	LD 2012-11-15
Vérifié par	MBV 2012-11-15
Approuvé par	SL 2012-11-15
Fichier GENIVAR 121_17926_RSH_c4_stations_referenc..._121115.mxd	

GENIVAR

Pour fournir des séries de données jugées représentatives des cours d'eau de la zone d'étude, les stations doivent idéalement répondre aux critères suivants :

- se situer à une distance raisonnable de la zone d'étude pour être soumises aux mêmes conditions climatiques;
- drainer un bassin versant de taille similaire à ceux des cours d'eau étudiés;
- posséder un réseau hydrographique similaire dans les bassins versants (par exemple, présence similaire de lacs);
- fournir des séries de données suffisamment longues pour bien illustrer les moyennes, les crues et les étiages – au moins 25 années de données pour estimer la crue de période de retour de 100 ans;
- fournir des données assez récentes pour représenter les conditions actuelles et tenir compte des événements climatiques récents. Une série de données se terminant avant 2000 est jugée trop ancienne.

Comme aucune des stations présentées au tableau 4 ne remplit l'ensemble de ces critères, certains doivent être priorisés. Ainsi, les stations situées sur des cours d'eau qui constituent l'exutoire d'un grand lac n'ont pas été retenues (soit les stations 072201, 072502 et 072503) en raison du laminage important des crues que provoquent ces lacs.

Ainsi, seules deux stations ont été retenues :

- 071401 (rivière Godbout);
- 073301 (rivière au Tonnerre).

Il est à noter que ces stations possèdent des bassins de drainage étant entre 70 et 160 fois plus grands que la plus grande superficie drainée à l'étude (station 52 – ruisseau Gamache). De plus, ces stations sont situées à plus de 100 km de la zone d'étude, ce qui ajoute à l'imprécision inhérente aux calculs par transposition de superficies de bassin versant.

2.3 Outils de caractérisation des débits moyens, des crues et des étiages

2.3.1 Estimation des débits moyens

Puisque les données recueillies sur le site du projet ne couvrent que l'été 2012, il est nécessaire d'avoir recours à de plus longues séries de données pour établir les débits moyens des cours d'eau à l'étude. À cette fin, les séries de données provenant des stations identifiées à la section précédente ont été utilisées.

La figure 1 présente l'hydrogramme unitaire moyen de chacune des stations de référence. Le tableau 5 présente les débits moyens unitaires pour chaque mois et pour l'année complète.

Tableau 5 Débits moyens unitaires des stations de référence.

Station (ID CEHQ)	Rivière Godbout (070401)		Rivière au Tonnerre (073301)	
Superficie du bassin versant (km ²)	1 570		684	
Période	Débit moyen (m ³ /s)	Débit unitaire (L/s/km ²)	Débit moyen (m ³ /s)	Débit unitaire (L/s/km ²)
Janvier	14,0	8,9	5,9	8,6
Février	11,4	7,2	4,2	6,2
Mars	11,1	7,0	4,5	6,6
Avril	40,3	25,6	22,7	33,2
Mai	165,0	105,1	70,6	103,2
Juin	61,5	39,2	35,2	51,5
Juillet	40,2	25,6	16,1	23,5
Août	24,4	15,6	13,7	20,0
Septembre	25,6	16,3	15,4	22,5
Octobre	42,6	27,2	21,8	31,8
Novembre	38,2	24,3	21,1	30,9
Décembre	24,3	15,5	14,1	20,7
Annuel	41,6	26,5	20,5	30,0

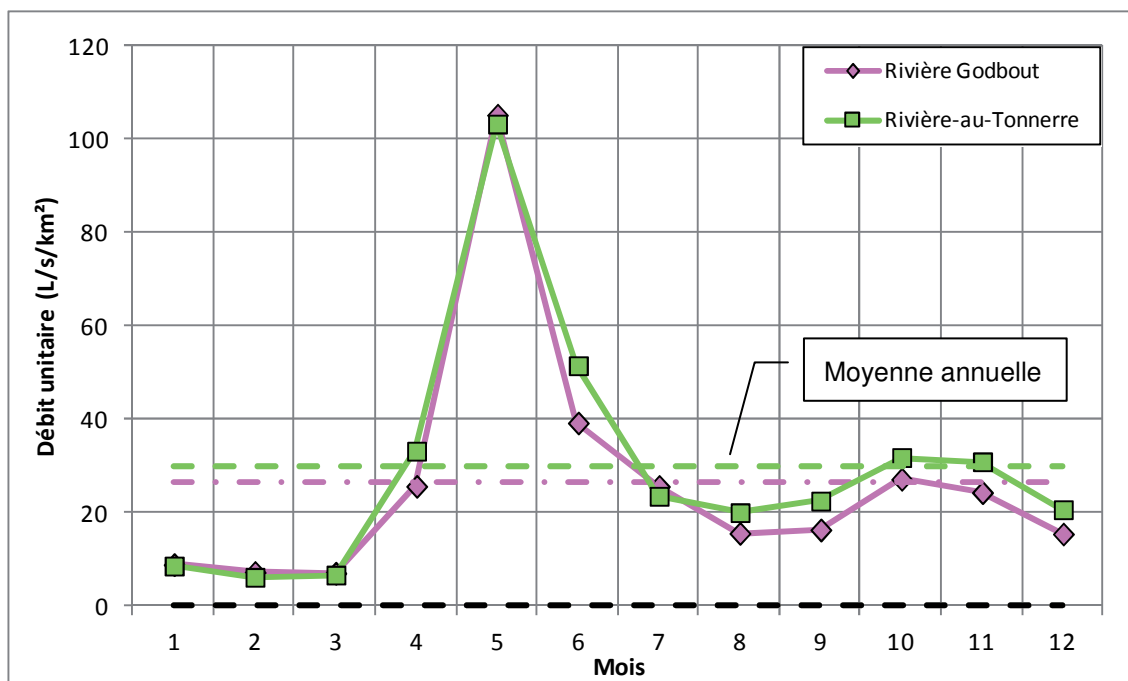


Figure 1 Hydrogramme des débits unitaires moyen mensuel et annuel des stations de référence.

2.3.2 Estimation des crues

Plusieurs méthodes théoriques ont été développées pour estimer les débits de crue d'un cours d'eau. Les méthodes suivantes ont été considérées pour les fins de la présente étude :

- méthode rationnelle;
- méthode régionale;
- méthode de transfert de bassin.

Méthode rationnelle

La méthode rationnelle est un outil adapté pour estimer des débits de crue pour des bassins versants de superficie inférieure à 25 km² (MTQ, 2004). Les sites d'analyse retenus drainent des superficies inférieures à 10 km². La méthode rationnelle peut donc être employée. Les statistiques d'intensités-durées-fréquences (IDF) de la station météorologique de Sept-Îles (no 7047910) ont été utilisées.

Méthode régionale

Pour générer les statistiques de crues, des méthodes de régionalisation ont été développées pour l'ensemble du Québec à partir des données des stations hydrométriques québécoises. Une méthode a été développée par Anctil *et coll.* (1998). Cependant cette méthode est basée essentiellement sur des données de stations hydrométriques drainant des bassins versants beaucoup plus grands que ceux à l'étude. Pour cette raison, cette méthode n'a pas été retenue.

Méthode de transfert de bassin

La méthode de transfert de bassin consiste essentiellement à appliquer au site étudié, les mêmes débits unitaires que ceux mesurés à des stations de référence, mais ajustés selon un exposant régional. L'équation 3 décrit cette relation :

$$Q_{T1} = (FP)(A_1/A_2)^a Q_{T2} \quad \text{ÉQUATION 1}$$

où :

- FP : facteur de pointe (rapport entre le débit de pointe et le débit moyen journalier)
- Q_{T1} : débit de pointe de récurrence T au site étudié
- Q_{T2} : débit moyen journalier de récurrence T au site jaugé
- A_1 et A_2 : superficies des bassins versants, respectivement au site étudié et au site jaugé
- a : exposant régional (généralement entre 0,6 et 1,0)

Les données recueillies aux stations de référence ont été analysées à l'aide du logiciel HYFRAN version 1.1 (développé par INRS-ETE) pour produire les débits classés. Les débits classés de ces stations ont été déterminés à partir des lois d'ajustement de Gumbel, lognormale (3 paramètres) et log-Person III. Les débits de crue moyen journalier unitaire (L/s/km²) des stations de référence sont présentés au tableau 6. Il est à noter que pour la station de Rivière-au-Tonnerre, le débit maximum des années 1950 et 1959 n'a pas été retenu (soit respectivement 470 et 780 m³/s) en raison de leur valeur trop élevée et jugée douteuse.

La valeur de l'exposant régional étant inconnue, une valeur de un (1) a été attribuée tel que recommandé par le Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ).

Dans le cadre du présent rapport, seuls les débits moyens journaliers de crue sont présentés. Ainsi, aucun facteur de pointe ne sera appliqué.

Tableau 6 Débits de crue moyen journalier unitaire (L/s/km²) des stations de référence estimés selon la moyenne de trois lois d'ajustement statistique.

T (année)	Débit unitaire (L/s/km ²)		Débit unitaire (L/s/km ²)
	070401 Rivière Godbout (1570 km ²)	073301 Rivière-au-Tonnerre (684 km ²)	Moyenne
100	488	500	494
50	433	455	444
25	379	409	394
10	310	348	329
2	180	226	203

2.3.3 Estimation des étiages

Il est difficile d'établir les débits d'étiage pour des petits bassins versants tels que ceux à l'étude, car peu de petits bassins versants sont jaugés, et ce, particulièrement à proximité de la zone d'étude.

Pour établir un portrait rapide des débits d'étiage à un endroit quelconque de l'ensemble du territoire québécois, le CEHQ calcule les débits d'étiage de plusieurs cours d'eau du Québec (CEHQ, 2005). Le CEHQ estime trois débits d'étiage aux stations hydrométriques québécoises, et ce, pour les périodes annuelle et estivale (1^{er} juin au 31 octobre) :

- $Q_{2,7}$ et $Q_{10,7}$: débits d'étiage de récurrence 2 et 10 ans calculés sur une moyenne de 7 jours consécutifs;
- $Q_{5,30}$: débit d'étiage de récurrence 5 ans calculé sur une moyenne de 30 jours consécutifs.

Seule une station située à proximité de la zone d'étude, soit la station de la rivière Moisie (no 072301), a fait l'objet d'une estimation des débits d'étiage par le CEHQ. Cependant, cette station évalue un bassin versant largement supérieur aux bassins à l'étude, soit un bassin de 19 080 km². L'usage de cette station pourrait surestimer les débits d'étiage. Par conséquent, cette station a été rejetée pour l'analyse.

Les deux stations retenues pour l'estimation des débits de crue (stations 070401 et 073301) ont été utilisées pour établir les $Q_{2,7}$, $Q_{10,7}$ et $Q_{5,30}$ annuels et estivaux. Le logiciel HYFRAN version 1.1 (développé par INRS-ETE) a été utilisé à cette fin. Le tableau 7 présente les débits unitaires estimés.

Les débits d'étiage estivaux pour ces deux stations sont similaires. La moyenne des valeurs des deux stations pour cette période sera utilisée. Cependant, les débits d'étiage annuels de la Rivière-au-Tonnerre sont plus faibles que ceux de la rivière Godbout. Le bassin versant de la Rivière-au-Tonnerre étant plus petit et donc plus représentatif des bassins versants à l'étude, seules les statistiques d'étiage annuel de la Rivière-au-Tonnerre seront retenues pour l'analyse.

Les données des stations de référence indiquent que les rapports entre les différents débits d'étiage sont conservés, comme l'indique le tableau 7. Ainsi, le $Q_{10,7}$ estival et le $Q_{5,30}$ estival correspondent en moyenne à 59 % et 57 % respectivement du $Q_{2,7}$ estival. De même, le $Q_{10,7}$ annuel et le $Q_{5,30}$ annuel correspondent en moyenne à 76 % et 53 % respectivement du $Q_{2,7}$ annuel.

Les données statistiques des stations de référence montrent aussi que le $Q_{2,7}$ annuel correspond en moyenne à 55 % du $Q_{2,7}$ estival.

Tableau 7 Débits unitaires d'étiage estimés à l'aide d'HYFRAN pour deux stations situées à proximité de la zone d'étude.

Station (ID CEHQ)	Rivière Godbout (070401)		Rivière-au-tonnerre (073301)		Moyenne des ratios (%)
Bassin versant (km ²)	1 570		684		
Débit d'étiage	Débit unitaire (L/s/km ²)	Ratio par rapport au $Q_{2,7}$ (%)	Débit unitaire (L/s/km ²)	Ratio par rapport au $Q_{2,7}$ (%)	
$Q_{2,7}$ estival	6,99	100	6,70	100	100
$Q_{10,7}$ estival	3,87	55	4,15	62	59
$Q_{5,30}$ estival	3,82	55	3,95	59	57
$Q_{2,7}$ annuel	4,45	100	3,07	100	100
$Q_{10,7}$ annuel	3,44	77	2,31	75	76
$Q_{5,30}$ annuel	2,51	56	1,55	51	53

3. RÉSULTATS – HYDROLOGIE EN CONDITIONS ACTUELLES

Cette section présente les résultats des estimations des débits moyens, d'étiage et de crue pour les ruisseaux et les lacs à l'étude pour les conditions actuelles, soit avant-projet.

3.1 Observations dans les ruisseaux

3.1.1 Estimations des débits

Les tableaux 8 et 9 présentent respectivement les résultats des jaugeages et des estimations de débits réalisés pour le cours d'eau à l'étude lors de la campagne de relevé de l'été 2012. Tel que mentionné précédemment, les mesures de débit effectuées à la fin juin 2012 ont été réalisées à la suite d'un mois de juin essentiellement sans précipitation. Les débits présentés au tableau 8 peuvent donc être considérés comme étant représentatifs de l'étiage estival.

Il est aussi à noter que des débits importants ont été observés le 18 août 2012 et le 20 septembre 2012. Ces débits ont été supérieurs à la capacité hydraulique du ponceau du ruisseau Clet sous le chemin du Vieux-Sept-Îles (site 46). Le ruisseau est sorti de son lit pour s'écouler sur le chemin. La figure 2 illustre le chenal créé par l'écoulement. La capacité hydraulique du ponceau 46 étant estimée à 1,8 m³/s, il est évalué que le débit dans le ruisseau Clet lors de ces événements était supérieur à cette valeur.



Figure 2 Chenal créé par le ruisseau Clet sur le chemin du Vieux-Sept-Îles.

Tableau 8 Débits mesurés entre le 19 et le 22 juin 2012.

	Site	Cours d'eau	Débit (m ³ /s)
Sous-bassin 2	25	Décharge du Petit lac du Portage	0,0004
	31	Décharge du lac PE5	0,0005
Sous-bassin 3	32	Décharge du lac PE4	0 (à sec)
	34	Décharge du lac PE8	0,0007
	35	Décharge du lac PE7	0,0016
	36	Affluent du ruisseau R11	0,0006
	37	Ruisseau R11	0,0020
	Sous-bassin 4	41	Ruisseau Clet
42		Ruisseau Clet	0,0023
43		Affluent ouest du ruisseau Clet	0,0002
44		Ruisseau Clet	0,0119
45		Affluent est du ruisseau Clet	0,0018
46		Ruisseau Clet	0,0062
Sous-bassin 5	51	Décharge du lac Gamache	0,0190
	52	Ruisseau Gamache	0,0234
Sous-bassin 6	61	Décharge du lac PE3	0,0001
	62	Décharge du lac PE2	0,0003
	63	Ruisseau R10	0,0051
	64	Ruisseau R10	0,0010
Sous-bassin 7	72	Ruisseau R2	0,0020
	73	Ruisseau R3	0,0020
	74	Ruisseau R4	0,0001
	75	Ruisseau R5	0,0010
	76	Ruisseau R6	0,0005
	78	Ruisseau R8	0,0040
	79.5	Ruisseau R9.5	0,0030
--	81	Ruisseau R12	0,0020

Tableau 9 Débits estimés lors des suivis des ponceaux après des événements de précipitations.

Site	Débits estimés (m ³ /s)					
	24 juillet	13 août	15 août	24 août	1 ^{er} sept.	20 sept.
37	0,015	0,245	0,135	0,295	0,355	0,655
44	0,015	0,055	0,335	0,180	0,180	0,990
63	0,090	0,145	0,105	0,215	0,250	0,600
72	--	0,005	0,005	0,025	0,020	0,075
73	0,020	0,045	0,010	0,095	0,070	0,315
75	0,005	0,025	0,010	0,065	0,050	0,250
76	0,005	0,010	0,005	0,140	0,140	0,140
78	--	0,030	0,025	0,085	0,095	0,355
79.5	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,030
81	0,000	0,015	0,010	0,030	0,030	0,095

3.1.2 Estimation des débits de récurrence 2 ans

La hauteur de coloration à l'intérieur des ponceaux peut être un indicateur de la limite des hautes eaux. Celle-ci peut être associée à un débit de récurrence de 2 ans. L'annexe 1 présente des photos des ponceaux.

Les estimations des débits à la limite de coloration sont présentées au tableau 10. Seuls les ponceaux où l'estimation du débit 2 ans par la limite de coloration pouvait être appliquée sont présentés (c.-à-d. ponceaux sans influence aval de l'écoulement (marée ou autre), ponceaux ayant une limite nette de coloration, ponceaux ayant la capacité hydraulique d'évacuer des débits de récurrence 2 ans).

Tableau 10 Estimation des débits de récurrence 2 ans basée sur la limite de la coloration observée dans les ponceaux.

Ruisseau	Site	Débit (m ³ /s)
R2	72	0,6
R3	73	0,3
R5	75	0,4
R6	76	0,5
R9.5	79.5	1,6
R10	63	1,2
R11	37	2,8
Ruisseau Gamache	52 ¹	3,6

1 Somme des deux ponceaux en parallèle.

3.1.3 Variation des niveaux d'eau

Les sondes à niveau installées dans certains ponceaux (tableau 3) ont permis d'observer le temps de réaction de certains cours d'eau à la suite d'une précipitation. Les figures 3 à 6 illustrent les enregistrements obtenus jusqu'à la date de téléchargement le 11 septembre. Les données de précipitations enregistrées au pluviomètre installé sur le site d'étude sont aussi illustrées.

Les données des ponceaux 37 et 46 ne sont présentées que jusqu'au 18 août, car après cette date, les sondes ont été éjectées du ponceau en raison d'un trop fort débit à la suite d'une importante précipitation la journée du 18 août (environ 40 mm selon le pluviomètre installé). Les données recueillies au site 61 (ruisseau R10) indiquent que l'écoulement pourrait être sous l'influence d'un contrôle aval. Les variations de niveau d'eau dans ce ponceau ne seraient donc pas corrélées aux débits. Pour cette raison, les données de cette sonde ne sont pas présentées.

Les variations de niveaux d'eau montrent qu'à la suite d'une précipitation ponctuelle, les cours d'eau réagissent rapidement. En effet, on observe que le temps de montée est d'environ une journée avant d'atteindre le débit maximum, après quoi, une autre journée est requise pour que les débits retournent aux valeurs initiales. Dans le cas de précipitations s'étalant sur quelques jours (par exemple du 24 au 29 juin), le temps de réaction est lui aussi augmenté de quelques jours.

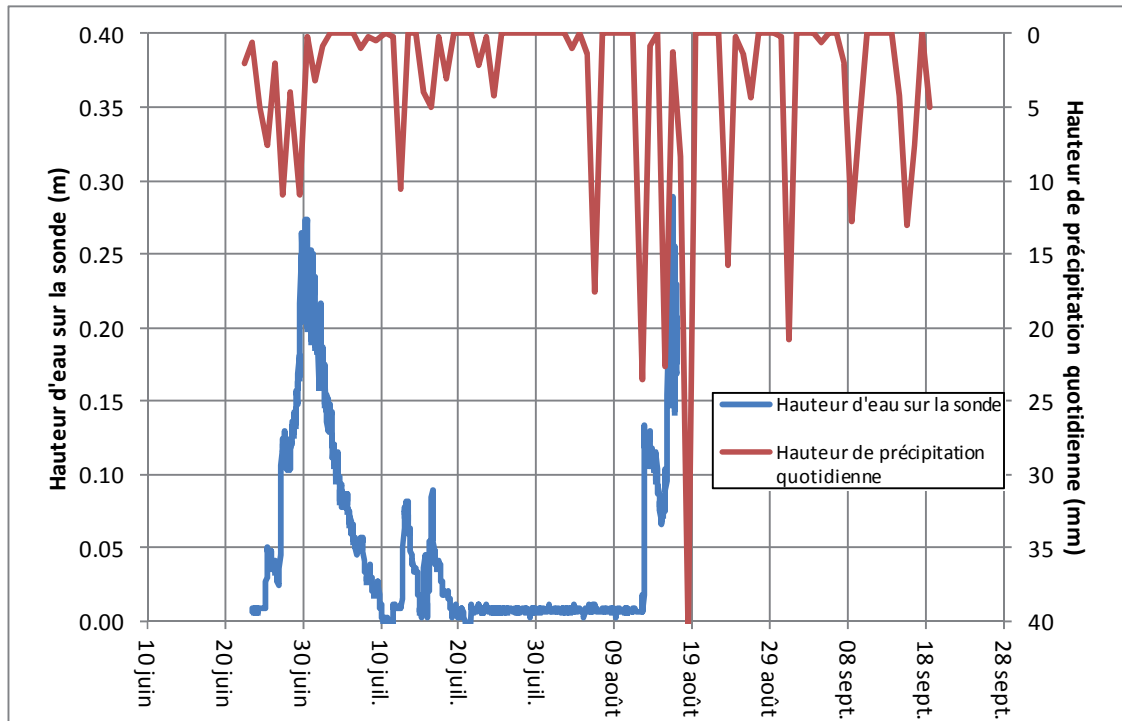


Figure 3 Variation du niveau d'eau dans le ponceau de la route 138 du ruisseau R11 (site 37) [Note : sonde éjectée du ponceau après le 18 août].

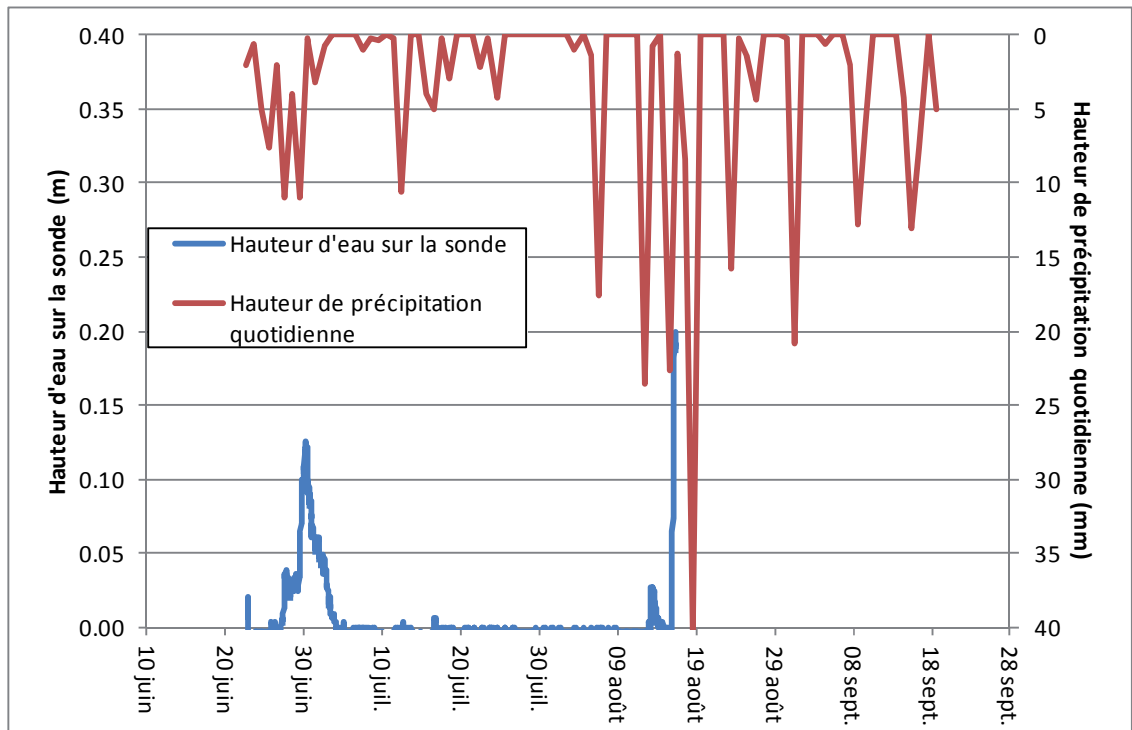


Figure 4 Variation du niveau d'eau dans le ponceau du chemin du Vieux-Sept-Îles du ruisseau Clet (site 46) [Note : sonde éjectée du ponceau après le 18 août].

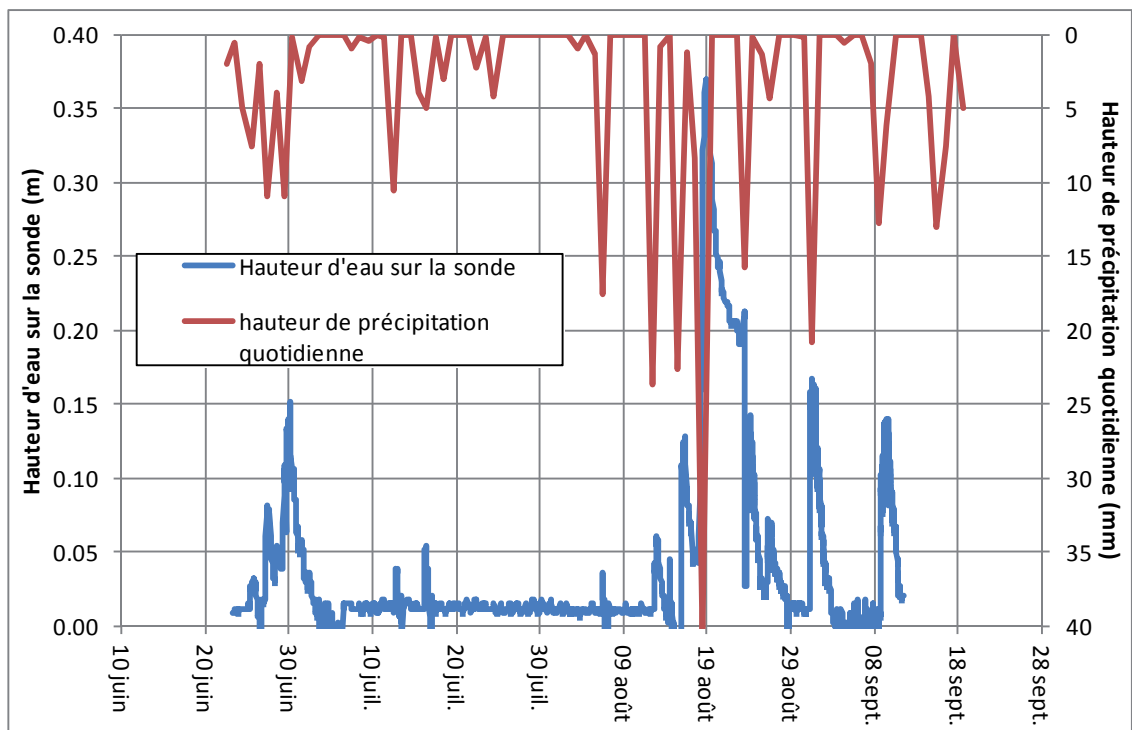


Figure 5 Variation du niveau d'eau dans le ponceau de la route 138 du ruisseau R6 (site 76).

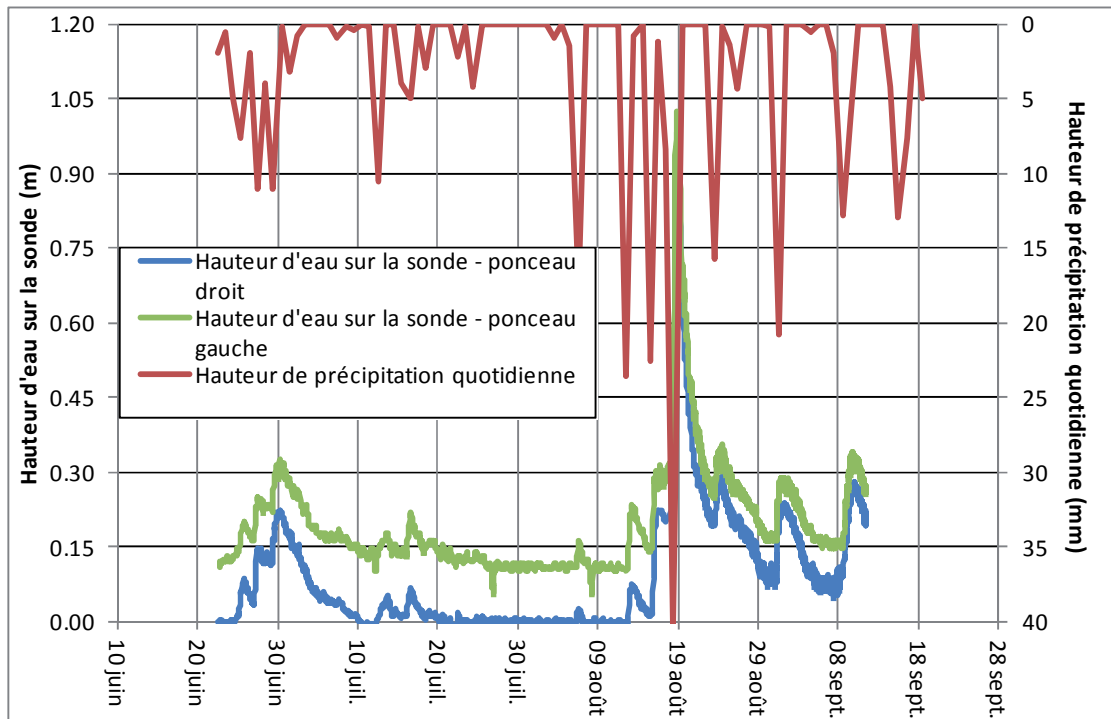


Figure 6 Variation du niveau d'eau dans les ponceaux du chemin du Vieux-Sept-Îles du ruisseau Gamache (site 52).

3.2 Observations dans les lacs

Des sondes ont été installées dans les lacs PE-8, PE-9 et le Petit lac du Portage. Les variations de niveaux ainsi que les précipitations enregistrées au pluviomètre installé sur le site d'étude sont présentées respectivement aux figures 7 à 9.

La sonde du lac PE-9 a d'abord été installée dans son exutoire afin de vérifier si le cours d'eau devient intermittent avant d'être transférée vers le lac PE-9 le 2 juillet.

Les données indiquent que des précipitations de moins de 5 mm et des précipitations de 10 mm précédées de périodes sèches ne contribuent pas ou très peu aux variations de niveau des lacs.

Les données indiquent un rehaussement rapide des lacs (entre 500 et 800 mm selon les lacs) entre le 12 et le 18 août alors que le pluviomètre enregistrait une hauteur totale de précipitation de près de 100 mm pour cette période. À l'exception de cet épisode important de précipitations, les variations de niveau d'eau dans les lacs sont de faibles amplitudes. Moins de 7 jours sont nécessaires entre le début de la montée et le retour au niveau d'eau initial du lac. L'atteinte du niveau d'eau maximum survient au maximum 4 jours après le début de la montée (1,1 jour dans le cas du Petit lac du Portage).

La série de données dans le Petit lac du Portage est celle la plus complète des trois lacs étudiés. Trois événements de précipitations ont pu être isolés, tel que présenté à la figure 9. L'analyse de ces événements est présentée au tableau 11. Les données indiquent que le temps de montée (temps entre le niveau de départ et le niveau maximal atteint) est indépendant de la hauteur de précipitations, alors qu'un temps de 1,1 jour est observé autant pour une précipitation de 40 mm que de 20 mm. Les données indiquent que le coefficient de ruissellement augmente avec l'augmentation des hauteurs de précipitations.

Les données recueillies par la sonde située dans l'exutoire du lac 9 (figure 8) montrent que la sonde a été asséchée le 5 août, indiquant qu'un débit très faible, voire un débit nul, quittait le lac 9 à ce moment.

Tableau 11 Analyses de trois événements de précipitations au Petit Lac du Portage.

	Événement 1	Événement 2	Événement 3
Date début :	2012-08-17 12h00	2012-08-31 05h00	2012-09-08 12h00
Date fin :	2012-08-20 21h00	2012-09-06 03h00	2012-09-14 16h00
Hauteur de précipitation (mm)	41	21	19
Durée jusqu'au retour au niveau initial (jour)	3,38	5,92	6,17
Temps de montée (jour)	1,13	1,13	1,29
Temps de décroissance (jour)	2,25	4,79	4,88
Variation de niveau (m)	0,58	0,12	0,18

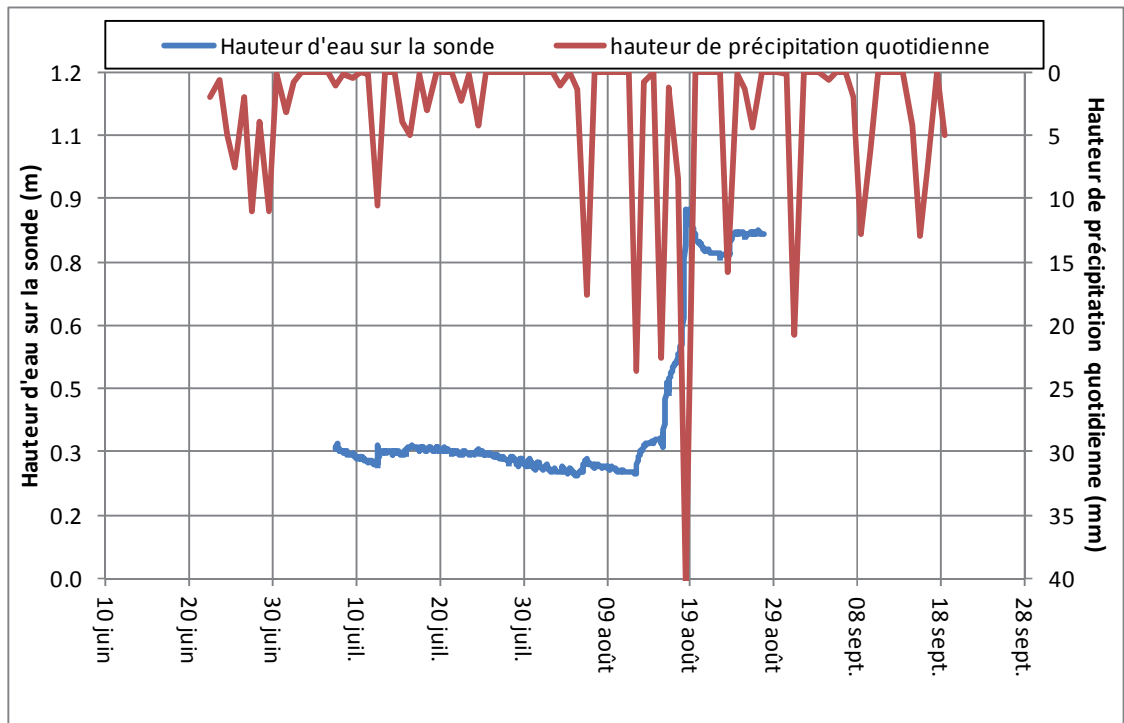


Figure 7 Variation du niveau d'eau dans le lac PE-8.

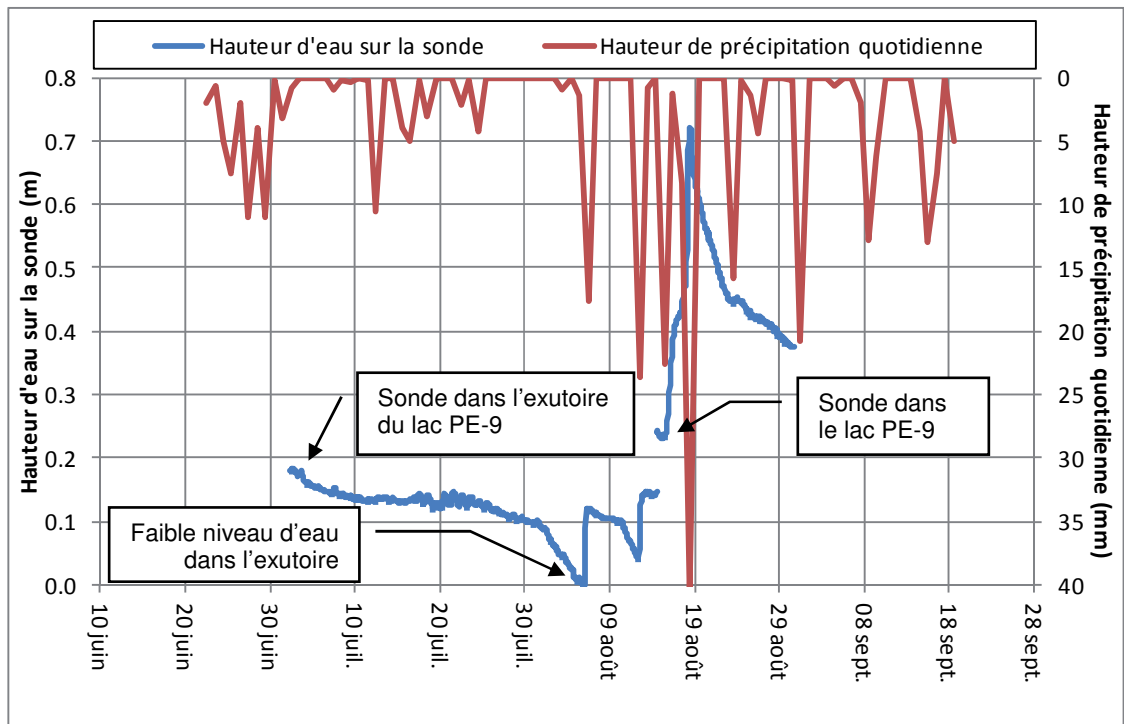


Figure 8 Variation du niveau d'eau dans le lac PE-9.

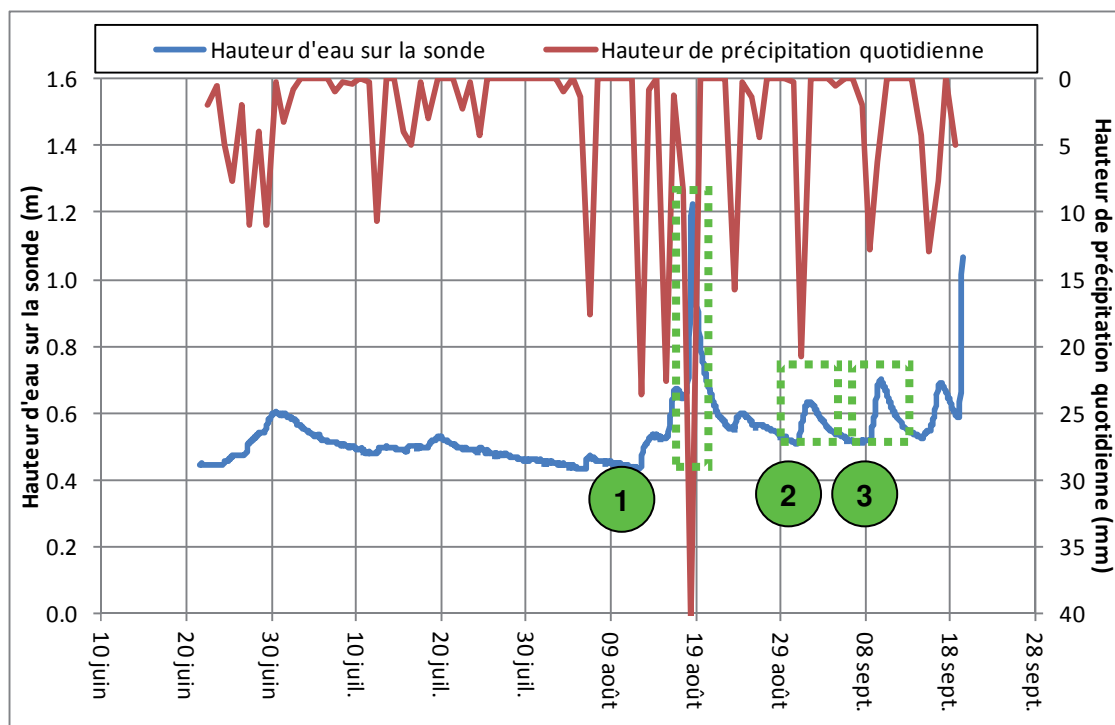


Figure 9 Variation du niveau d'eau dans le Petit lac du Portage (en vert, les trois événements analysés (voir tableau 11)).

3.3 Estimations des débits

Les prochaines sections présentent les estimations des débits moyens, d'étiage et de crue pour les ruisseaux à l'étude.

3.3.1 Débit moyen annuel

Les débits unitaires moyens annuels des stations de référence (tableau 5) sont de 26,5 L/s/km² et 30,0 L/s/km². Une valeur moyenne de 28,2 L/s/km² est retenue pour estimer le débit moyen annuel aux différents sites. Le tableau 12 présente les résultats.

Tableau 12 Estimation du débit mensuel moyen (m³/s) aux sites à l'étude.

Site		R2 (site 72)	R3 (site 73)	R4 (site 74)	R5 (site 75)	R6 (site 76)	R7 (site 77)
Bassin versant (km ²)		0,80	0,47	0,51	0,54	0,94	1,03
Période	Débit unitaire (L/s/km ²)	Débit (m ³ /s)					
Janvier	8,7	0,007	0,004	0,004	0,005	0,008	0,009
Février	6,7	0,005	0,003	0,003	0,004	0,006	0,007
Mars	6,8	0,005	0,003	0,004	0,004	0,006	0,007
Avril	29,4	0,024	0,014	0,015	0,016	0,028	0,030
Mai	104,1	0,083	0,049	0,053	0,057	0,098	0,108
Juin	45,3	0,036	0,021	0,023	0,025	0,043	0,047
Juillet	24,6	0,020	0,011	0,013	0,013	0,023	0,025
Août	17,8	0,014	0,008	0,009	0,010	0,017	0,018
Septembre	19,4	0,016	0,009	0,010	0,011	0,018	0,020
Octobre	29,5	0,024	0,014	0,015	0,016	0,028	0,031
Novembre	27,6	0,022	0,013	0,014	0,015	0,026	0,029
Décembre	18,1	0,014	0,008	0,009	0,010	0,017	0,019
Annuelle	28,3	0,023	0,013	0,014	0,015	0,027	0,029

Site		R8 (site 78)	R9.5 (site 79.5)	Clet (site 44)	R10 (site 63)	R11 (site 37)	Ruisseau Gamache (site 52)
Bassin versant (km ²)		1,22	1,13	5,40	2,57	5,94	9,65
Période	Débit unitaire (L/s/km ²)	Débit (m ³ /s)					
Janvier	8,7	0,011	0,010	0,047	0,022	0,052	0,084
Février	6,7	0,008	0,008	0,036	0,017	0,040	0,065
Mars	6,8	0,008	0,008	0,037	0,018	0,041	0,066
Avril	29,4	0,036	0,033	0,159	0,076	0,175	0,284
Mai	104,1	0,127	0,118	0,562	0,268	0,619	1,005
Juin	45,3	0,055	0,051	0,245	0,117	0,269	0,438
Juillet	24,6	0,030	0,028	0,133	0,063	0,146	0,237
Août	17,8	0,022	0,020	0,096	0,046	0,106	0,172
Septembre	19,4	0,024	0,022	0,105	0,050	0,115	0,187
Octobre	29,5	0,036	0,033	0,159	0,076	0,175	0,285
Novembre	27,6	0,034	0,031	0,149	0,071	0,164	0,266
Décembre	18,1	0,022	0,020	0,097	0,046	0,107	0,174
Annuelle	28,3	0,035	0,032	0,153	0,073	0,168	0,273

3.3.2 Débit d'étiage

Les débits unitaires (L/s/km²) mesurés en juin 2012 (voir tableau 8) sont beaucoup plus faibles que les débits d'étiage estivaux calculés à partir des données des stations de références (tableau 7). Par conséquent, l'usage des débits d'étiage des stations de référence mènerait à une surestimation des débits d'étiage dans les cours d'eau.

Afin d'évaluer les débits d'étiage, les données observées en juin 2012 ont été utilisées comme estimateur des débits d'étiage estivaux $Q_{2,7}$. Les ratios moyens entre les différents débits d'étiage présentés au tableau 7 ont ensuite permis d'établir les autres débits d'étiage. Le tableau 13 résume les débits d'étiage calculés. Il est à noter qu'aucune mesure de débit n'était disponible pour le ruisseau R7 (site 77). Le débit du ruisseau voisin (ruisseau R6), ayant une superficie drainée similaire, a été utilisé.

Les estimations indiquent que les débits d'étiage estivaux ou annuels sont très faibles, soient moins de 2 L/s pour les ruisseaux R2 à R9.5. Pour ces ruisseaux, il est possible que le régime d'écoulement puisse être intermittent en période sèche.

Tableau 13 Débits d'étiage (m³/s) estimés aux sites analysés.

Site	R2 (site 72)	R3 (site 73)	R4 (site 74)	R5 (site 75)	R6 (site 76)	R7 ⁴ (site 77)
Bassin versant (km ²)	0,80	0,47	0,51	0,54	0,94	1,03
$Q_{2,7}$ estival ¹	0,0020	0,0020	0,0001	0,0010	0,0005	0,0005
$Q_{10,7}$ estival ²	0,0012	0,0012	0,0001	0,0006	0,0003	0,0003
$Q_{5,30}$ estival ²	0,0011	0,0011	0,0001	0,0006	0,0003	0,0003
$Q_{2,7}$ annuel ³	0,0011	0,0011	0,0001	0,0006	0,0003	0,0003
$Q_{10,7}$ annuel ²	0,0008	0,0008	0,0000	0,0004	0,0002	0,0002
$Q_{5,30}$ annuel ²	0,0006	0,0006	0,0000	0,0003	0,0001	0,0001

Site	R8 (site 78)	R9.5 (site 79.5)	Clet (site 44)	R10 (site 63)	R11 (site 37)	Ruisseau Gamache (site 52)
Bassin versant (km ²)	1,22	1,13	5,40	2,57	5,94	9,65
$Q_{2,7}$ estival ¹	0,0040	0,0030	0,0119	0,0051	0,0020	0,0234
$Q_{10,7}$ estival ²	0,0023	0,0018	0,0070	0,0030	0,0012	0,0137
$Q_{5,30}$ estival ²	0,0023	0,0017	0,0068	0,0029	0,0011	0,0133
$Q_{2,7}$ annuel ³	0,0022	0,0017	0,0065	0,0028	0,0011	0,0129
$Q_{10,7}$ annuel ²	0,0017	0,0013	0,0050	0,0021	0,0008	0,0098
$Q_{5,30}$ annuel ²	0,0012	0,0009	0,0035	0,0015	0,0006	0,0069

1 Basé sur les mesures réalisées entre le 19 et 22 juin 2012.

2 Selon les ratios apparaissant au tableau 7.

3 Selon un ratio de 55 % entre le $Q_{2,7}$ annuel et le $Q_{2,7}$ estival (voir section 2.3.3).

4 $Q_{2,7}$ estival basé sur le ruisseau R6.

3.3.3 Débit de crue

Les débits de crue ont été estimés par la méthode rationnelle et par la méthode de transfert de bassin. Les résultats sont présentés au tableau 14.

Les débits estimés par la méthode de transfert de bassin sont environ de 4 à 5 fois inférieures à ceux estimés par la méthode rationnelle. L'usage de la méthode de transfert de bassin lorsque les stations de référence possèdent des bassins versants fortement supérieurs à ceux des sites analysés mènent à des sous-estimations des débits de crue. Par ailleurs, les évaluations des débits à la limite de la coloration intérieure des ponceaux (voir tableau 10), soit une valeur correspondant à des débits des récurrences approximatives de 2 ans, sont très similaires aux débits de récurrence 2 ans estimés par la méthode rationnelle. Par conséquent, les débits estimés par la méthode de transfert de bassin ont été rejetés. Les débits estimés par la méthode rationnelle ont été retenus pour caractériser les crues des cours d'eau à l'étude.

Tableau 14 Débits de crue (m³/s) aux sites analysés.

Site	R2 (site 72)			R3 (site 73)			R4 (site 74)			R5 (site 75)		
Bassin versant (km²)	0,80			0,47			0,51			0,54		
Récurrance (année)	TdeB ¹	Rat ²	RET ³	TdeB ¹	Rat ²	RET ³	TdeB ¹	Rat ²	RET ³	TdeB ¹	Rat ²	RET ³
100	0,40	1,5	1,5	0,23	1,0	1,0	0,25	1,0	1,0	0,27	1,0	1,0
50	0,36	1,4	1,4	0,21	0,9	0,9	0,23	0,9	0,9	0,24	1,0	1,0
25	0,32	1,3	1,3	0,18	0,8	0,8	0,20	0,8	0,8	0,21	0,9	0,9
10	0,26	1,1	1,1	0,15	0,7	0,7	0,17	0,7	0,7	0,18	0,8	0,8
2	0,16	0,7	0,7	0,10	0,5	0,5	0,10	0,5	0,5	0,11	0,5	0,5

Site	R6 (site 76)			R7 (site 77)			R8 (site 78)			R9.5 (site 79.5)		
Bassin versant (km²)	0,94			1,03			1,22			1,13		
Récurrance (année)	TdeB ¹	Rat ²	RET ³	TdeB ¹	Rat ²	RET ³	TdeB ¹	Rat ²	RET ³	TdeB ¹	Rat ²	RET ³
100	0,46	1,6	1,6	0,51	2,1	2,1	0,60	2,5	2,5	0,56	2,3	2,3
50	0,42	1,5	1,5	0,46	1,9	1,9	0,54	2,3	2,3	0,50	2,1	2,1
25	0,37	1,3	1,3	0,41	1,7	1,7	0,48	2,0	2,0	0,45	1,9	1,9
10	0,31	1,2	1,2	0,34	1,5	1,5	0,40	1,8	1,8	0,37	1,6	1,6
2	0,19	0,8	0,8	0,21	1,0	1,0	0,25	1,2	1,2	0,23	1,1	1,1

Site	Clet (site 44)			R10 (site 63)			R11 (site 37)			Ruisseau Gamache (site 52)		
Bassin versant (km²)	5,40			2,57			5,94			9,65		
Récurrance (année)	TdeB ¹	Rat ²	RET ³	TdeB ¹	Rat ²	RET ³	TdeB ¹	Rat ²	RET ³	TdeB ¹	Rat ²	RET ³
100	2,67	7,1	7,1	1,27	2,4	2,4	2,94	4,8	4,8	4,77	6,9	6,9
50	2,40	6,5	6,5	1,14	2,2	2,2	2,64	4,4	4,4	4,28	6,3	6,3
25	2,13	5,9	5,9	1,02	2,0	2,0	2,34	4,0	4,0	3,81	5,7	5,7
10	1,78	5,1	5,1	0,85	1,8	1,8	1,96	3,5	3,5	3,18	5,0	5,0
2	1,10	3,6	3,6	0,52	1,2	1,2	1,21	2,4	2,4	1,96	3,5	3,5

1 Méthode de transfert de bassin.

2 Méthode rationnelle, telle que présentée dans MTQ (2004).

3 Valeur retenue (méthode rationnelle).

4. HYDROLOGIE – CONDITIONS PROJETÉES

4.1 Impacts projetés

Les infrastructures minières vont affecter l'hydrologie des cours d'eau en modifiant les bassins versants et les patrons de drainage. Les cartes 2 et 3 montrent la superficie des bassins versants des cours d'eau à l'étude à la fin de l'année 7 et à l'expansion maximale du projet minier respectivement. Le tableau 15 présente les modifications anticipées des superficies des bassins versants en conditions actuelles et en conditions projetées à l'expansion maximale du projet minier.

4.1.1 Interception des eaux de ruissellement

Les eaux de ruissellement provenant des secteurs suivants :

- parcs à résidus (flottation et magnétique);
- haldes à stériles;
- aire d'accumulation du minerai de basse teneur;
- fosse;
- zone où sont situés les bâtiments d'opération (concentrateur, usine de traitement des eaux).

seront interceptées pour être acheminées vers le bassin d'accumulation pour ensuite être recyclées vers le concentrateur ou traitées à l'usine de traitement des eaux. Ainsi la surface occupée par les éléments décrits ci-haut ne contribuera plus au ruissellement naturel de certains cours d'eau.

4.1.2 Digue

Une digue sera aménagée en travers du ruisseau Clet, tout juste au nord des lignes de transport d'énergie d'Hydro-Québec, afin de créer un bassin d'accumulation. L'écoulement en amont de cette digue sera donc intercepté. Ainsi, seule la portion du bassin versant situé à l'aval de la digue contribuera à l'écoulement dans le ruisseau Clet.

4.1.3 Effluent minier

Le site minier ne comportera qu'un seul effluent qui sera acheminé dans le ruisseau Clet en aval de la digue.

4.1.4 Aires d'accumulation de mort-terrain

Les eaux de ruissellement des aires d'accumulation de mort-terrain seront captées par des fossés de drainage et accumulées dans des bassins de sédimentation pour assurer un contrôle de la qualité avant d'être rejetées à l'environnement. Dans le cas où les normes applicables pour les concentrations en MES ne seraient pas respectées, un traitement mécanique (filtration) sera appliqué (GENIVAR 2012). Les aires d'accumulation de mort-terrain modifieront les limites de bassins versants de certains cours d'eau (voir carte 3).

Tableau 15 Superficies des bassins versants en conditions actuelles et en conditions projetées à l'expansion maximale du projet minier.

Cours d'eau	Point d'analyse	N° de station au point d'analyse	Superficie du bassin versant au point d'analyse (km ²)		
			Conditions actuelles	Conditions projetées	Variation (%)
Ruisseaux					
Ruisseau R2	Au droit de la route 138	72	0,80	0,80	0%
Ruisseau R3	Au droit de la route 138	73	0,47	0,47	0%
Ruisseau R4	Au droit de la route 138	74	0,51	0,53	+4%
Ruisseau R5	Au droit de la route 138	75	0,54	0,15	-73%
Ruisseau R6	Au droit de la route 138	76	0,94	1,42	+51%
Ruisseau R7	Au droit de la route 138	77	1,03	0,41	-60%
Ruisseau R8	Au droit de la route 138	78	1,22	0,26	-79%
Ruisseau R9.5	Au droit de la route 138	79.5	1,13	0,58	-48%
Ruisseau Clet	Au droit de la route 138	44	5,40	1,93	-64%
Ruisseau 10	Au droit de la route 138	63	2,57	1,39	-46%
Ruisseau 11	Au droit de la route 138	37	5,94	1,91	-68%
Ruisseau sans nom (ruisseau Gamache)	Au droit du chemin du Vieux-Sept-Îles	52	9,65	7,06	-27%
Superficie totale perdue :				13,3 km ²	
Lacs					
Lac PE-1	À l'exutoire du lac	--	0,90	0,34 ¹ /0	-62 ¹ /-100
Lac PE-5	À l'exutoire du lac	--	0,87	0,26 ¹ /0	-70 ¹ /-100
Lac PE-8	À l'exutoire du lac	39	0,29	0,26	-10%
Lac PE-9	À l'exutoire du lac	19	0,16	0,09	-41%
Petit lac du Portage	À l'exutoire du lac	25	2,23	0,93	-58%
Lac de la Cache	À l'exutoire du lac	--	0,77	0,55	-29%
Superficie totale perdue :				3,37 km ²	

1 Lacs PE-1 et PE-5 : À la fin de l'année 7 et à l'expansion maximale du projet minier.

4.2 Impacts sur les ruisseaux

Le projet minier aura pour impact de modifier les bassins versants de certains cours d'eau. Cet élément aura comme effet de modifier les temps de concentration¹ des sous-bassins de même que les débits s'écoulant dans les ruisseaux.

Le tableau 16 résume les temps de concentration des sous-bassins des ruisseaux tels que calculés selon la méthodologie détaillée dans MTQ (2004). Certains bassins versants n'ont aucune modification de leur temps de concentration, car la portion retranchée de leur bassin n'est pas celle étant la plus éloignée hydrologiquement. Par ailleurs, le bassin versant du ruisseau R6 sera augmenté significativement, modifiant à la hausse le temps de concentration.

Tableau 16 Temps de concentration des ruisseaux en conditions actuelles et en conditions projetées.

Ruisseau	Temps de concentration (minute)		Variation	
	Conditions actuelles	Conditions projetées	(min)	(%)
R2	60	60	0	0 %
R3	50	50	0	0 %
R4	60	60	0	0 %
R5	60	45	-15	-25 %
R6	80	120	40	+50 %
R7	80	80	0	0 %
R8	60	50	-10	-15 %
R9,5	75	90	15	+20 %
Clet	150	130	-20	-15 %
R10	170	90	-80	-45 %
R11	200	140	-60	-30 %
Ruisseau Gamache (station52)	230	230	0	0 %

Les débits moyens et d'étiage en conditions projetées à l'expansion maximale du projet minier ont été calculés à partir des débits unitaires calculés (L/s/km²) pour les conditions actuelles. Les débits de crue en conditions projetées ont été calculés, quant à eux, par la méthode rationnelle. Les tableaux 17, 18 et 19 présentent respectivement les débits moyens, d'étiage et de crue en conditions projetées. Il est à noter que les débits présentés pour le ruisseau Clet ne tiennent pas compte des débits provenant de l'effluent minier.

1 Temps requis pour que le ruissellement généré sur la partie la plus éloignée du bassin versant parvienne au point d'intérêt.

Tableau 17 Débit mensuel moyen (m³/s) aux sites à l'étude en conditions projetées à l'expansion maximale du projet minier.

Site	R2 (site 72)	R3 (site 73)	R4 (site 74)	R5 (site 75)	R6 (site 76)	R7 (site 77)	
Bassin versant (km ²)	0,80	0,47	0,53	0,15	1,42	0,41	
Variation	0 %	0 %	+4 %	-73 %	+51 %	-60 %	
Période	Débit unitaire ¹ (L/s/km ²)	Débit (m ³ /s)					
Janvier	8,7	0,007	0,004	0,005	0,001	0,012	0,004
Février	6,7	0,005	0,003	0,004	0,001	0,009	0,003
Mars	6,8	0,005	0,003	0,004	0,001	0,010	0,003
Avril	29,4	0,024	0,014	0,016	0,004	0,042	0,012
Mai	104,1	0,083	0,049	0,055	0,016	0,148	0,043
Juin	45,3	0,036	0,021	0,024	0,007	0,064	0,019
Juillet	24,6	0,020	0,011	0,013	0,004	0,035	0,010
Août	17,8	0,014	0,008	0,009	0,003	0,025	0,007
Septembre	19,4	0,016	0,009	0,010	0,003	0,028	0,008
Octobre	29,5	0,024	0,014	0,016	0,004	0,042	0,012
Novembre	27,6	0,022	0,013	0,015	0,004	0,039	0,011
Décembre	18,1	0,014	0,008	0,010	0,003	0,026	0,007
Annuelle	28,3	0,023	0,013	0,015	0,004	0,040	0,012

Site	R8 (site 78)	R9.5 (site 79.5)	Clet ² (site 44)	R10 (site 63)	R11 (site 37)	Ruisseau Gamache (site 52)	
Bassin versant (km ²)	0,26	0,58	1,93	1,39	1,91	7,06	
Variation	-79 %	-48 %	-64 %	-46 %	-68 %	-27 %	
Période	Débit unitaire (L/s/km ²)	Débit (m ³ /s)					
Janvier	8,7	0,002	0,005	0,017	0,012	0,017	0,062
Février	6,7	0,002	0,004	0,013	0,009	0,013	0,047
Mars	6,8	0,002	0,004	0,013	0,010	0,013	0,048
Avril	29,4	0,008	0,017	0,057	0,041	0,056	0,208
Mai	104,1	0,027	0,061	0,201	0,145	0,198	0,735
Juin	45,3	0,012	0,026	0,087	0,063	0,086	0,320
Juillet	24,6	0,006	0,014	0,047	0,034	0,047	0,173
Août	17,8	0,005	0,010	0,034	0,025	0,034	0,126
Septembre	19,4	0,005	0,011	0,037	0,027	0,037	0,137
Octobre	29,5	0,008	0,017	0,057	0,041	0,056	0,208
Novembre	27,6	0,007	0,016	0,053	0,038	0,053	0,195
Décembre	18,1	0,005	0,011	0,035	0,025	0,034	0,127
Annuelle	28,3	0,007	0,017	0,055	0,039	0,054	0,199

1 Débits unitaires identiques à ceux estimés pour les conditions actuelles. La variation des débits par rapport aux conditions actuelles correspond donc à la variation des superficies des bassins versants (voir tableau 16).

2 Ne tient pas compte de l'apport de l'effluent minier.

Tableau 18 Débits d'étiage (m³/s) estimés aux sites analysés en conditions projetées à l'expansion maximale du projet minier.

Site	R2 (site 72)	R3 (site 73)	R4 (site 74)	R5 (site 75)	R6 (site 76)	R7 ⁴ (site 77)
Bassin versant (km ²)	0,80	0,47	0,53	0,15	1,42	0,41
Variation	0 %	0 %	+4 %	-73 %	+51 %	-60 %
Q _{2,7} estival ¹	0,0020	0,0020	0,0001	0,0003	0,0008	0,0002
Q _{10,7} estival ¹	0,0012	0,0012	0,0001	0,0002	0,0004	0,0001
Q _{5,30} estival ¹	0,0011	0,0011	0,0001	0,0002	0,0004	0,0001
Q _{2,7} annuel ¹	0,0011	0,0011	0,0001	0,0002	0,0004	0,0001
Q _{10,7} annuel ¹	0,0008	0,0008	0,0000	0,0001	0,0003	0,0001
Q _{5,30} annuel ¹	0,0006	0,0006	0,0000	0,0001	0,0002	0,0001

Site	R8 (site 78)	R9.5 (site 79.5)	Clet ² (site 44)	R10 (site 63)	R11 (site 37)	Ruisseau Gamache (site 52)
Bassin versant (km ²)	0,26	0,58	1,93	1,39	1,91	7,06
Variation	-79 %	-48 %	-64 %	-46 %	-68 %	-27 %
Q _{2,7} estival ¹	0,0009	0,0015	0,0043	0,0028	0,0006	0,0171
Q _{10,7} estival ¹	0,0005	0,0009	0,0025	0,0016	0,0004	0,0100
Q _{5,30} estival ¹	0,0005	0,0009	0,0024	0,0016	0,0004	0,0097
Q _{2,7} annuel ¹	0,0005	0,0009	0,0023	0,0015	0,0004	0,0094
Q _{10,7} annuel ¹	0,0004	0,0007	0,0018	0,0012	0,0003	0,0072
Q _{5,30} annuel ¹	0,0003	0,0005	0,0013	0,0008	0,0002	0,0050

1 Basés sur les mêmes débits unitaires (L/s/km²) que ceux estimés pour les conditions actuelles. La variation des débits par rapport aux conditions actuelles correspond donc à la variation des superficies des bassins versants (voir tableau 16).

2 Ne tient pas compte de l'apport de l'effluent minier.

Tableau 19 Débits de crue (m³/s) aux sites analysés en conditions projetés à l'expansion maximale du projet minier.

Site	R2				R3				R4				R5			
	(site 72)				(site 73)				(site 74)				(site 75)			
Récurrance	Conditions		Variation		Conditions		Variation		Conditions		Variation		Conditions		Variation	
(année)	Act ¹	Proj ²	(m³/s)	(%)	Act ¹	Proj ²	(m³/s)	(%)	Act ¹	Proj ²	(m³/s)	(%)	Act ¹	Proj ²	(m³/s)	(%)
100	1,5	1,5	0,0	0	1,0	1,0	0,0	0	1,0	1,0	0,0	4	1,0	0,3	-0,7	-67
50	1,4	1,4	0,0	0	0,9	0,9	0,0	0	0,9	0,9	0,0	4	1,0	0,3	-0,6	-67
25	1,3	1,3	0,0	0	0,8	0,8	0,0	0	0,8	0,8	0,0	4	0,9	0,3	-0,6	-68
10	1,1	1,1	0,0	0	0,7	0,7	0,0	0	0,7	0,7	0,0	4	0,8	0,2	-0,5	-68
2	0,7	0,7	0,0	0	0,5	0,5	0,0	0	0,5	0,5	0,0	4	0,5	0,2	-0,3	-68

Site	R6				R7				R8				R9,5			
	(site 76)				(site 77)				(site 78)				(site 79,5)			
Récurrance	Conditions		Variation		Conditions		Variation		Conditions		Variation		Conditions		Variation	
(année)	Act ¹	Proj ²	(m³/s)	(%)	Act ¹	Proj ²	(m³/s)	(%)	Act ¹	Proj ²	(m³/s)	(%)	Act ¹	Proj ²	(m³/s)	(%)
100	1,6	1,5	-0,1	-4	1,8	0,6	-1,2	-68	2,5	0,6	-1,9	-77	2,0	0,9	-1,1	-54
50	1,5	1,4	-0,1	-4	1,6	0,5	-1,1	-68	2,3	0,5	-1,7	-77	1,8	0,8	-1,0	-54
25	1,3	1,3	0,0	-3	1,5	0,5	-1,0	-68	2,0	0,5	-1,6	-77	1,7	0,8	-0,9	-54
10	1,2	1,1	0,0	-3	1,3	0,4	-0,9	-68	1,8	0,4	-1,4	-77	1,4	0,7	-0,8	-54
2	0,8	0,8	0,0	-1	0,9	0,3	-0,6	-68	1,2	0,3	-0,9	-78	1,0	0,5	-0,5	-53

Site	Clet ³				R10				R11				Ruisseau Gamache			
	(site 44)				(site 63)				(site 37)				(site 52)			
Récurrance	Conditions		Variation		Conditions		Variation		Conditions		Variation		Conditions		Variation	
(année)	Act ¹	Proj ²	(m³/s)	(%)	Act ¹	Proj ²	(m³/s)	(%)	Act ¹	Proj ²	(m³/s)	(%)	Act ¹	Proj ²	(m³/s)	(%)
100	7,1	2,2	-4,9	-69	2,4	1,9	-0,5	-22	4,8	2,1	-2,7	-57	6,9	5,0	-1,8	-27
50	6,5	2,0	-4,5	-69	2,2	1,7	-0,5	-22	4,4	1,9	-2,5	-57	6,3	4,6	-1,7	-27
25	5,9	1,8	-4,1	-69	2,0	1,6	-0,5	-23	4,0	1,7	-2,3	-57	5,7	4,2	-1,5	-27
10	5,1	1,6	-3,5	-69	1,8	1,4	-0,4	-23	3,5	1,5	-2,0	-57	5,0	3,6	-1,3	-27
2	3,6	1,1	-2,5	-69	1,2	0,9	-0,3	-25	2,4	1,0	-1,4	-57	3,5	2,5	-0,9	-27

1 Conditions actuelles.

2 Conditions projetées.

3 Ne tient pas compte de l'apport de l'effluent minier.

4.3 Impacts sur les lacs

Outre les lacs PE-2 à PE-4 et PE-6 et PE-7 qui seront éliminés à l'expansion maximale du projet, le projet minier réduira les superficies des bassins versants des lacs 8, 9, le Petit lac du Portage et le lac de la Cache. Dans le cas des lacs 1 et 5, la superficie des bassins versants sera réduite à la fin de la 7^e année d'exploitation pour ensuite être complètement éliminée au terme du projet (voir tableau 16 et cartes 2 et 3).

Pour les lacs à l'étude, la réduction des bassins versants aura comme effet de diminuer les volumes ruisselés vers les lacs et de modifier les temps de concentration des sous-bassins à la suite d'une précipitation. Le tableau 20 présente l'impact sur les temps de concentration des bassins versants des lacs. Seul le temps de concentration du lac PE-5 sera modifié. En effet, la portion retranchée des bassins versants n'est généralement pas celle étant la plus éloignée hydrologiquement.

Tableau 20 Temps de concentration des lacs en conditions actuelles et en conditions projetées.

Lac	Temps de concentration (minute)		Variation	
	Conditions actuelles	Conditions projetées	(min)	(%)
PE1	45	45	0	0
PE5	60	40	-20	-35
PE8	<30	<30	0	0
PE9	<30	<30	0	0
Petit lac du Portage	90	90	0	0
Lac de la cache	60	60	0	0

Pour tous les lacs à l'étude sauf le lac 1, les exutoires ne seront pas modifiés et par conséquent, la capacité d'évacuation des lacs demeurera inchangée. Pour le lac 1, un fossé de drainage temporaire sera aménagé à la sortie du lac dans les premières années d'exploitation (années 1 à 7). Les eaux seront dérivées vers le bassin d'accumulation aménagé au droit du ruisseau Clet. Cet aménagement pourrait modifier le seuil de contrôle du lac et donc, sa capacité d'évacuation.

L'analyse des données des niveaux d'eau recueillis aux lacs PE-8, PE-9 et au Petit lac du Portage montre que les événements de précipitations affectent les niveaux d'eau des lacs sur une période de quelques jours. Les faibles superficies des bassins versants des lacs à l'étude (moins de 1 km², sauf pour le Petit lac du Portage avec une superficie de 2,2 km²) font en sorte que les eaux de

ruissellement atteignent rapidement les lacs après le passage d'une précipitation. De plus, les superficies des lacs étant faibles, les capacités d'emmagasinement des eaux sont limitées. Dans ces conditions, les volumes d'eau ruisselés atteignent rapidement les lacs qui vont ensuite être rapidement évacués. Ainsi, les effets d'une précipitation sur les niveaux d'eau et les débits sortants des lacs se limitent à quelques jours, c'est-à-dire que les lacs retrouvent leurs niveaux d'eau et leurs débits de décharge initiaux, d'avant précipitation, en quelques jours. À l'exception des effets d'un événement de précipitations, les niveaux d'eau des lacs se maintiennent près des niveaux de leurs seuils de contrôle respectifs, tels que l'indiquent les données recueillies.

Dans ce contexte, les impacts du projet minier sur la variation des niveaux d'eau et sur les débits maximaux quittant les lacs seront limités à quelques jours.

Par ailleurs, pour les faibles événements de précipitations (< 5 mm), aucune variation des niveaux d'eau n'est observée en conditions actuelles. Ainsi, le projet minier n'impactera pas les lacs pour cette quantité de précipitations. Les impacts décrits ci-haut (variations des niveaux d'eau et des débits de sortie) seront donc présents pour des conditions de précipitations plus importantes (> 5 mm).

Pour permettre d'évaluer l'impact du projet minier sur les niveaux d'eau et les débits maximums sortant des lacs, une étude de laminage a été effectuée. Un hydrogramme d'entrée de type « triangulaire » a été calculé. Celui-ci a été construit pour une précipitation de durée égale au temps de concentration des bassins versants en conditions actuelles. Des intensités de précipitations de période de retour de 2 ans et 25 ans ont été analysées. Les statistiques IDF de la station météorologique de Sept-Îles (n° 7047910) ont été utilisées.

En l'absence de données topographiques à la sortie des lacs à l'étude, une équation de seuil a été définie par hypothèse.

Les tableaux 21 et 22 présentent une estimation de l'impact du projet minier sur le marnage des lacs à l'étude ainsi que sur leur débit de pointe à la sortie. Les analyses indiquent que les niveaux d'eau maximum atteints à la suite d'une précipitation seraient réduits au maximum d'environ 0,10 m pour l'ensemble des lacs, à l'exception du Petit lac du Portage où cette réduction serait de 0,10 à 0,20 m.

Tableau 21 Impact sur les lacs – Précipitation de récurrence 2 ans
(durée de la précipitation égale au temps de concentration du bassin versant en conditions actuelles).

Lac	Variation de la superficie du bassin versant	Hauteur de précipitation	Conditions actuelles		Conditions projetées	
			Marnage du lac	Débit max sortant	Marnage du lac	Débit max. sortant
			(m)	(m ³ /s)	(variation)	(variation)
	(%)	(mm)			(m)	(m ³ /s)
Lac 1 ¹	-62	11,4	0,10	0,020	0,04 (-63 %)	0,005 (-76 %)
Lac 5 ¹	-70	13,0	0,10	0,021	0,03 (-75 %)	0,003 (-86 %)
Lac 8	-10	9,6	0,04	0,005	0,04 (0 %)	0,004 (-14 %)
Lac 9	-41	9,6	0,06	0,009	0,03 (-45 %)	0,004 (-54 %)
Petit Lac du Portage	-58	16,6	0,23	0,072	0,10 (-59 %)	0,020 (-72 %)
Lac de la Cache	-29	13,0	0,05	0,006	0,03 (-33 %)	0,004 (-40 %)

¹ Pour les lacs 1 et 5, l'analyse a été réalisée pour la fin de l'année 7 d'exploitation. À l'expansion maximale du projet, ces lacs seront éliminés.

Tableau 22 Impact sur les lacs – Précipitation de récurrence 25 ans
(durée de la précipitation égale au temps de concentration du bassin versant en conditions actuelles).

Lac	Variation de la superficie du bassin versant	Hauteur de précipitation	Conditions actuelles		Conditions projetées	
			Marnage du lac	Débit max sortant	Marnage du lac	Débit max. sortant
			(m)	(m ³ /s)	(variation)	(variation)
	(%)	(mm)			(m)	(m ³ /s)
Lac 1 ¹	-62	19,7	0,17	0,045	0,06 (-64 %)	0,011 (-76 %)
Lac 5 ¹	-70	22,0	0,17	0,045	0,05 (-73 %)	0,007 (-85 %)
Lac 8	-10	16,8	0,07	0,012	0,06 (-8 %)	0,010 (-14 %)
Lac 9	-41	16,8	0,10	0,020	0,06 (-42 %)	0,009 (-54 %)
Petit Lac du Portage	-58	27,6	0,36	0,379	0,16 (-55 %)	0,042 (-89 %)
Lac de la Cache	-29	22,0	0,08	0,014	0,06 (-27 %)	0,009 (-40 %)

¹ Pour les lacs 1 et 5, l'analyse a été réalisée pour la fin de l'année 7 d'exploitation. À l'expansion maximale du projet, ces lacs seront éliminés.

4.3.1 Lac du Castor

Le lac du Castor, situé à l'aval du Petit lac du Portage, ne subira pas d'impacts significatifs de la réduction du bassin versant du Petit lac du Portage. En effet, l'analyse des deux scénarios de précipitations décrits ci-haut indique que le niveau d'eau du lac du Castor serait abaissé de moins de 0,02 ou 0,03 m en conditions projetées pour une pluie de récurrence de 2 ans et 25 ans respectivement.

5. CONCLUSION

Les ruisseaux situés dans la zone d'étude drainent généralement des superficies de moins de 1 km² et sont possiblement intermittents. Quatre ruisseaux drainent des superficies plus importantes, soit le ruisseau Clet, le ruisseau R10, le ruisseau R11 et le ruisseau Gamache.

Les lacs compris dans la zone d'étude sont de faibles superficies et drainent de petits bassins versants (moins de 1 km²), à l'exception du Petit lac du Portage drainant un bassin de 2,2 km².

Le projet minier aura des impacts sur l'hydrologie des cours d'eau et des lacs en réduisant la superficie des bassins versants. Dans le cas des ruisseaux Clet, R10, R11 et ruisseau Gamache, la réduction de la superficie de leur bassin versant à l'expansion maximale du projet minier sera respectivement de 64 %, 46 %, 68 % et 27 % aux sites analysés. Ceci aura pour conséquence de modifier les temps de concentration des bassins versants, les volumes d'eau ruisselés ainsi que les débits. Ces effets seront davantage importants pour des événements de précipitations dont la hauteur précipitée est supérieure à 5 mm puisque pour des pluies de moins de 5 mm, aucun ruissellement significatif n'est produit. Les débits s'écoulant dans les cours d'eau seront modifiés proportionnellement aux modifications de la superficie des bassins versants.

Dans le cas des lacs, ces impacts seront limités à quelques jours. En effet, les données recueillies montrent qu'après une précipitation, les lacs retrouvent leur niveau et leur débit de sortie initiaux en moins de 4 à 7 jours suivant le début de la précipitation.

6. RÉFÉRENCES

- ANCTIL, F., NICOLAS, M. et V.D. HOANG. 1998. *Analyse régionale des crues journalières de la province de Québec*. Canadian Journal of Civil Engineering. Vol. 25 : p. 360-369.
- CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC (CEHQ). 2005. *Guide sommaire des méthodes d'estimation des débits d'étiage pour la province de Québec*. <http://www.cehq.gouv.qc.ca/debit-etiage/methode/index.htm>.
- CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC (CEHQ). 2011. *Historique des niveaux et des débits de différentes stations hydrométriques*. http://www.cehq.gouv.qc.ca/hydrometrie/historique_donnees/default.asp
- ENVIRONNEMENT CANADA. 2012. Archives nationales d'information et de données climatologiques. Fichiers IDF. <ftp://arcdm20.tor.ec.gc.ca/pub/dist/IDF/>
- ENVIRONNEMENT CANADA. 2012. *Normales et moyennes climatiques au Canada 1971-2000*. www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/climate_normals/index_f.html.
- GENIVAR. 2012. Plan de gestion de l'eau du site de Mine Arnaud. Note technique préparée pour Mine Arnaud inc. Novembre 2012.
- MESSIER, F., ANCTIL, F. ET B. BEAULIEU. 2007. *Échelonnage de la crue journalière pour des bassins versants de superficie entre 10 et 360 km² au Québec*. Canadian Journal of Civil Engineering. Vol. 34 : p. 631-636.
- MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC. 2004. *Guide de conception des ponceaux. Guides et manuels techniques*.
- ROCHE LTÉE. 2011. *Projet minier Arnaud – Caractérisation du milieu biophysique – Été 2011*. Document No. 1848-06-RE-EN-007 rev. A, Novembre 2011. 38 p. + annexes
- ROCHE LTÉE. 2012. *Projet minier Arnaud – Étude d'impact sur l'environnement – Volume 1 – rapport principal*. Document No. 059858-600-661. Mars 2012. 726 p. + annexes.

ANNEXE 1

Répertoire photographique



Photo 1 Ruisseau R2 - Extrémité amont du ponceau de la route 138 (19 juin 2012).



Photo 2 Ruisseau R3 - Extrémité aval du ponceau de la route 138 (19 juin 2012).



Photo 3 Ruisseau R4 - Extrémité aval du ponceau de la route 138 (19 juin 2012).



Photo 4 Ruisseau R5 - Extrémité amont du ponceau de la route 138 (19 juin 2012).



Photo 5 Ruisseau R6 - Extrémité aval du ponceau de la route 138 (19 juin 2012).



Photo 6 Ruisseau R7 - Extrémité aval du ponceau de la route 138 (19 juin 2012) (effet de refoulement d'un ponceau aval).



Photo 7 Ruisseau R8 - Extrémité aval du ponceau de la route 138 (19 juin 2012).



Photo 8 Ruisseau R9.5 - Extrémité aval du ponceau de la route 138 (19 juin 2012).



Photo 9 Ruisseau Clet - Extrémité aval du ponceau de la route 138 (19 juin 2012).



Photo 10 Ruisseau Clet (site 46) – Extrémité amont du chemin du Vieux-Sept-Îles (20 août 2012).



Photo 11 Ruisseau Clet (site 46) – Érosion du chemin du Vieux-Sept-Îles à la suite du débordement du ruisseau (28 août 2012).



Photo 12 Ruisseau 81 - Extrémité aval du ponceau de la route 138 (20 juin 2012).



Photo 13 Ruisseau R10 - Extrémité aval du ponceau de la route 138 (20 juin 2012).



Photo 14 Ruisseau R10 - Extrémité aval du ponceau de la route du chemin du Vieux Sept-Îles (20 juin 2012).



Photo 15 Ruisseau R11 - Extrémité aval du ponceau de la route 138 (20 juin 2012).



Photo 16 Ruisseau Gamache - Extrémité aval du ponceau du chemin du Vieux-Sept-Îles (22 juin 2012).



Photo 17 Lac 8 (vue à partir de l'extrémité sud-est du lac) (22 juin 2012).



Photo 18 Lac 8 – extrémité nord-ouest (22 juin 2012).



Photo 19 Lac 9 (14 août 2012).



Photo 20 Petit lac du Portage (vue à partir de l'exutoire) (21 juin 2012).



Photo 21 Petit lac du Portage - seuil de contrôle à l'exutoire (21 juin 2012).



Photo 22 Pluviomètre installé sur le site d'étude (22 juin 2012).



Photo 23 Montage typique d'une sonde dans un ponceau (ponceau 76) (23 juin 2012).