PROJET MINIER AKABASA OUEST

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

RAPPORT SECTORIEL

CLIMATOLOGIE ET HYDROLOGIE

Mines Agnico Eagle

Version finale

Projet n^{o} : 141-14776-00
Date : Juillet 2015

WSP Canada Inc.
1175, boulevard Lebourgneuf, bureau 300
Québec (Québec) G2K 0B4

Téléphone : 418-780-0878
Télécopieur : 418-780-4182
www.wspgroup.com

PROJET MINIER AKABASA OUEST
ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT
RAPPORT SECTORIEL
CLIMATOLOGIE ET HYDROLOGIE

Version finale

Préparé pour :

Mines Agnico Eagle

Date : Juillet 2015

SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR

Elsa Sormain, ing. jr, M. Sc.
N° OIQ : 5040590

RÉVISÉ PAR

Leïla Ouahit, ing.
N° OIQ : 5016952

L'original du document technologique que nous vous transmettons a été authentifié et sera conservé par WSP pour une période minimale de dix ans. Étant donné que le fichier transmis n'est plus sous le contrôle de WSP et que son intégrité n'est pas assurée, aucune garantie n'est donnée sur les modifications ultérieures qui peuvent y être apportées.

RÉVISION N°	PRÉPARÉ POUR	DATE
Préliminaire	Mines Agnico Eagle	16 octobre 2014
Finale	Mines Agnico Eagle	23 juillet 2015

ÉQUIPE DE RÉALISATION

WSP CANADA INC. (WSP)

Directrice de projet :	Josée Marcoux, biologiste
Coordonnateur milieu physique :	Patrick Lafrance, biologiste, M.Sc.
Chargée de projet hydrologie :	Leïla Ouahit ing.
Ingénieure de projet :	Elsa Sormain ing.jr, Msc.
Relevés terrain :	François Sabourin, tech. Alexandre Paradis, tech. Dominic Paiement-Lamothe, tech.
Cartographie :	Pierre Cordeau
Traitement de texte et édition :	Nancy Paquet

Référence à citer :

WSP 2014. *Projet minier Akabasa Ouest - Étude d'impact sur l'environnement - Rapport sectoriel : climatologie et hydrologie*. Version Finale. Rapport de WSP Canada Inc. à Mines Agnico Eagle. 55 p. et annexes.

ÉNONCÉ DE RESPONSABILITÉ

Ce rapport a été préparé par WSP Canada Inc. (WSP) uniquement pour Mines Agnico Eagle. Tous les autres intervenants sont des tierces parties.

Ni WSP ni Mines Agnico Eagle ne déclarent, ne certifient ou ne garantissent à une tierce partie, que ce soit expressément ou implicitement :

a) L'exactitude, l'intégralité ou encore l'utilité de,

b) Les droits de propriétés intellectuelles, ou autres droits de propriété, de toute personne ou de toute partie, ou

c) La qualité marchande, l'adaptation à un usage particulier.

tout renseignement, produit ou procédé divulgué, décrit ou recommandé dans ce rapport.

WSP et Mines Agnico Eagle déclinent toute responsabilité de quelque nature résultant de quelque façon de l'utilisation faite par une tierce partie de tout renseignement, produit ou procédé divulgué, décrit ou recommandé dans ce rapport. WSP et Mines Agnico Eagle déclinent toute responsabilité résultant de la confiance que toute tierce partie accorde à tout renseignement, énoncé ou recommandation contenu dans ce rapport. Si une tierce partie utilisait tout renseignement, produit ou procédé divulgué, décrit ou recommandé dans ce rapport, ou encore se fondait sur ceux-ci, il le ferait à ses risques et périls.

TABLE DES MATIÈRES

1 INTRODUCTION 1

2 CLIMATOLOGIE 3

2.1 MÉTHODE 3
2.1.1 DONNÉES DISPONIBLES 3
2.1.2 INSTALLATION D'APPAREILS DE MESURES SUR SITE 7
2.1.3 ANALYSE DES DONNEÉES 7
2.1.3.1 COMPARAISON DES PRÉCIPITATIONS 7
2.1.3.2 COMPARAISON DES TEMPÉRATURES 9

2.2 RÉSULTATS ET DISCUSSION 11
2.2.1 TEMPÉRATURE 11
2.2.2 PRÉCIPITATIONS 14
2.2.3 HUMIDITÉ RELATIVE DE L'AIR 19
2.2.4 VENT 21
2.2.5 INSOLATION 22

3 HYDROLOGIE 25

3.1 CARACTÉRISTIQUES DE LA ZONE D'ÉTUDE 25

3.2 MÉTHODE 27
3.2.1 APPROCHE GÉNÉRALE 27
3.2.2 DONNÉES DISPONIBLES 27
3.2.2.1 CAMPAGNES DE RELEVÉS 2014 27
3.2.2.2 DONNÉES HYDROMÉTRIQUES DISPONIBLES 31
3.2.3 OUTILS DE CARACTÉRISATION DES CRUES, ÉTIAGES ET DÉBITS MOYENS 33
3.2.3.1 ESTIMATION DES DÉBITS MOYENS 33
3.2.3.2 CARACTÉRISATION DES CRUES 34
3.2.3.3 CARACTÉRISATION DES ÉTIAGES 37

3.3 RÉSULTATS – HYDROLOGIE DU RUISSEAU 2 38
3.3.1 DONNÉES RÉCOLTÉES EN 2014 38
3.3.2 DÉBIT MOYEN 40
3.3.3 DÉBIT DE CRUE 41
3.3.4 DÉBIT D'ÉTIAGE 41

3.4 RÉSULTATS – HYDROLOGIE DU COURS D'EAU 3 42
3.4.1 DONNÉES RÉCOLTÉES EN 2014 42

3.4.2 DÉBIT MOYEN 44
3.4.3 DÉBIT DE CRUE 45
3.4.4 DÉBIT D'ÉTIAGE 45

3.5 RÉSULTATS – HYDROLOGIE DU COURS D'EAU 4 45
3.5.1 DONNÉES RÉCOLTÉES EN 2014 45
3.5.2 DÉBIT MOYEN 47
3.5.3 DÉBIT DE CRUE 48
3.5.4 DÉBIT D'ÉTIAGE 48

4 CONCLUSION 51

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 53

TABLEAUX

TABLEAU 2.1	IDENTIFICATION ET LOCALISATION DES STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES AUX ENVIRON DE LA ZONE D'ÉTUDE.	3
TABLEAU 2.2	NORMALES MENSUELLES DES TEMPÉRATURES DE L'AIR QUOTIDIENNES MOYENNES, MAXIMALES ET MINIMALES À LA STATION DE VAL-D'OR A (PÉRIODE DE 1971 À 2000).	11
TABLEAU 2.3	TEMPÉRATURES EXTRÊMES DE L'AIR ENREGISTRÉES MENSUELLEMENT À LA STATION DE VAL-D'OR A (PÉRIODE DE 1971 À 2000).	12
TABLEAU 2.4	NORMALES MENSUELLES DES DEGRÉS-JOURS DE CROISSANCE À LA STATION MÉTÉOROLOGIQUE DE VAL-D'OR A (PÉRIODE DE 1971 À 2000).	13
TABLEAU 2.5	NORMALES MENSUELLES DES DEGRÉS-JOURS DE GEL À LA STATION MÉTÉOROLOGIQUE DE VAL-D'OR A (PÉRIODE DE 1971 À 2000).	13
TABLEAU 2.6	NORMALES MENSUELLES DES PRÉCIPITATIONS MOYENNES À LA STATION DE VAL-D'OR A (PÉRIODE DE 1971 À 2000).	14
TABLEAU 2.7	PRÉCIPITATIONS EXTRÊMES ENREGISTRÉES QUOTIDIENNEMENT À LA STATION MÉTÉOROLOGIQUE DE VAL-D'OR A (PÉRIODE DE 1971 À 2000).	16
TABLEAU 2.8	INTENSITES DES PLUIES DE COURTE DUREE (MM/H) SELON LA DUREE ET LA FREQUENCE À LA STATION MÉTÉOROLOGIQUE DE VAL-D'OR A (PÉRIODE DE 1961 À 1995).	17
TABLEAU 2.9	COEFFICIENTS DE RÉGRESSION AJUSTÉS AUX COURBES IDF DE LA STATION MÉTÉOROLOGIQUE DE VAL-D'OR A (PÉRIODE DE 1961-1995) (POUR DES DURÉES DE 5 MIN À 24 H).	17
TABLEAU 2.10	NORMALES MENSUELLES DE LA PRESSION DE VAPEUR ET DE L'HUMIDITÉ RELATIVE À LA STATION MÉTÉOROLOGIQUE DE VAL-D'OR A (PÉRIODE DE 1971 À 2000).	20
TABLEAU 2.11	INDICES HUMIDEX EXTRÊMES ENREGISTRÉS MENSUELLEMENT À LA STATION MÉTÉOROLOGIQUE DE VAL-D'OR A (PÉRIODE DE 1971 À 2000).	20
TABLEAU 2.12	NORMALES MENSUELLES DE LA VITESSE DES VENTS À LA STATION MÉTÉOROLOGIQUE DE VAL-D'OR A (PÉRIODE DE 1971 À 2000).	21
TABLEAU 2.13	VITESSES EXTRÊMES DES VENTS ENREGISTRÉES MENSUELLEMENT À LA STATION MÉTÉOROLOGIQUE DE VAL-D'OR A (PÉRIODE DE 1971 À 2000).	22
TABLEAU 2.14	RAFALES DE VENT ENREGISTRÉES MENSUELLEMENT À LA STATION MÉTÉOROLOGIQUE DE VAL-D'OR A (PÉRIODE DE 1971 À 2000).	22
TABLEAU 2.15	VALEURS EXTRÊMES QUOTIDIENNES D'INSOLATION EFFECTIVE À LA STATION DE VAL-D'OR A (PÉRIODE DE 1977 À 2000).	23
TABLEAU 3.1	PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES COURS D'EAU DE LA ZONE D'ÉTUDE.	28

TABLEAU 3.2 STATIONS HYDROMÉTRIQUES SITUÉES À L'INTÉRIEUR DE 80 KM DE LA ZONE D'ÉTUDE. 32
TABLEAU 3.3 DÉBITS MOYENS SPÉCIFIQUES DE LA STATION 04NA001 (RIVIÈRE HARRICANA) ENTRE 1933 ET 2013. 33
TABLEAU 3.4 STATION HYDROMÉTRIQUE VAL-D'OR A. 35
TABLEAU 3.5 QUANTILES NORMALISÉS RÉGIONAUX DE LA ZONE D'ÉTUDE. .. 36
TABLEAU 3.6 DÉBITS DE CRUE CALCULÉS PAR ANALYSE FRÉQUENTIELLE DES DONNÉES DE LA STATION DE LA RIVIÈRE HARRICANA (04NA001). 37
TABLEAU 3.7 DÉBITS SPÉCIFIQUES D'ÉTIAGE POUR DEUX STATIONS PROCHES DE LA ZONE SOUS ÉTUDE. 38
TABLEAU 3.8 DONNÉES RECUEILLIES LORS DES JAUGEAGES SUR LE COURS D'EAU 2. 39
TABLEAU 3.9 DÉBITS MOYENS MENSUELS DU COURS D'EAU 2 ESTIMÉS D'APRÈS LES DONNÉES DE LA STATION 04NA001. 41
TABLEAU 3.10 DÉBITS DE CRUES ESTIMÉS AU RUISSEAU 2 POUR DIFFÉRENTES PÉRIODES DE RETOUR. 41
TABLEAU 3.11 DÉBITS D'ÉTIAGE DU RUISSEAU 2 POUR DIFFÉRENTES PÉRIODES. 42
TABLEAU 3.12 DONNÉES RECUEILLIES LORS DES JAUGEAGES SUR LE COURS D'EAU 3. 43
TABLEAU 3.13 DÉBITS MOYENS MENSUELS DU COURS D'EAU 3 ESTIMÉS D'APRÈS LES DONNÉES DE LA STATION 04NA001. 45
TABLEAU 3.14 DÉBITS DE CRUES ESTIMÉS AU RUISSEAU 3 POUR DIFFÉRENTES PÉRIODES DE RETOUR. 45
TABLEAU 3.15 DÉBITS D'ÉTIAGE DU RUISSEAU 3 POUR DIFFÉRENTES PÉRIODES. 45
TABLEAU 3.16 DONNÉES RECUEILLIES LORS DES JAUGEAGES SUR LE COURS D'EAU 4. 46
TABLEAU 3.17 DÉBITS MOYENS MENSUELS DU COURS D'EAU 4 ESTIMÉS D'APRÈS LES DONNÉES DE LA STATION 04NA001. 48
TABLEAU 3.18 DÉBITS DE CRUES ESTIMÉS AU RUISSEAU 4 POUR DIFFÉRENTES PÉRIODES DE RETOUR. 48
TABLEAU 3.19 DÉBITS D'ÉTIAGE ESTIMÉS AU RUISSEAU 3 POUR DIFFÉRENTES PÉRIODES. 49

FIGURES

FIGURE 2.1 COMPARAISON DES PRÉCIPITATIONS JOURNALIÈRES AU SITE AKASABA OUEST ET À LA STATION DE VAL-D'OR A DURANT L'ÉTÉ 2014. 8
FIGURE 2.2 COMPARAISON DU PATRON JOURNALIER DE TEMPÉRATURE AU SITE AKASABA OUEST ET À LA STATION DE VAL-D'OR A DURANT L'ÉTÉ 2014. 9

FIGURE 2.3 COMPARAISON DES TEMPÉRATURES JOURNALIÈRES AU SITE AKASABA OUEST ET À LA STATION DE VAL-D'OR A DURANT L'ÉTÉ 2014. 10
FIGURE 2.4 NORMALES MENSUELLES DES PRÉCIPITATIONS, EN ÉQUIVALENT EN EAU, À LA STATION VAL-D'OR A (PÉRIODE DE 1971 À 2000)..... 15
FIGURE 2.5 COURBE IDF DE LA STATION MÉTÉOROLOGIQUE DE VAL-D'OR A (PÉRIODE DE 1961-1995). 18
FIGURE 2.6 HAUTEURS DE PLUIE ENREGISTRÉES AU SITE À L'ÉTUDE DURANT L'ÉTÉ 2014. 19
FIGURE 3.1 HYDROGRAMME SPÉCIFIQUE MOYEN DE LA STATION 04NA001 (RIVIÈRE HARRICANA) 34
FIGURE 3.2 NIVEAUX D'EAU MESURÉS AU COURS D'EAU 2 ET PRÉCIPITATIONS ENREGISTRÉES (ENTRE LE 7 MAI ET LE 23 SEPTEMBRE 2014). 40
FIGURE 3.3 COURS D'EAU 2 : RELATION NIVEAU DÉBIT THÉORIQUE..... 42
FIGURE 3.4 NIVEAUX D'EAU MESURÉS AU COURS D'EAU 3 ET PRÉCIPITATIONS ENREGISTRÉES (ENTRE LE 7 MAI ET LE 24 SEPTEMBRE 2014). 44
FIGURE 3.5 NIVEAUX D'EAU MESURÉS AU COURS D'EAU 4 ET PRÉCIPITATIONS ENREGISTRÉES (ENTRE LE 7 MAI ET LE 24 SEPTEMBRE 2014). 47

CARTES

CARTE 1 LOCALISATION DE LA ZONE À L'ÉTUDE. 4
CARTE 2 LOCALISATION DES STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES ET HYDROMÉTRIQUES À PROXIMITÉ DE LA ZONE À L'ÉTUDE. 5
CARTE 3 LOCALISATION DES COURS D'EAU ET DE LA ZONE ÉTUDIÉE DANS LE BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE SABOURIN..... 26
CARTE 4 LOCALISATION DES POINTS DE MESURES SUR LE TERRAIN ET SOUS-BASSINS ASSOCIÉS..... 29

ANNEXES

ANNEXE A RÉPERTOIRE PHOTOGRAPHIQUE

1 INTRODUCTION

Mines Agnico Eagle (AEM) projette d'exploiter des gisements de cuivre et d'or par la réalisation d'une fosse à ciel ouvert sur le territoire de la ville de Val-d'Or, à une quinzaine de kilomètres à l'est de la ville, au sud du site Manitou. Ce projet permettra d'optimiser le rendement de l'usine de traitement de minerai de la mine Goldex à Val-d'Or, ainsi que d'apporter des matériaux supplémentaires pour l'aménagement du parc à résidu de Manitou.

Le projet Minier Akasaba Ouest fait partie des projets visés à l'annexe A du Chapitre II de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (LQE). Conformément à l'article 188, tous les projets miniers sont obligatoirement assujettis à la procédure d'évaluation et d'examen sur l'environnement et le milieu social.

Dans le cadre de la réalisation de l'étude environnementale pour laquelle WSP Canada Inc. (WSP) a été mandaté, il est requis de produire un portrait de la climatologie locale ainsi qu'une caractérisation du régime hydrologique des cours d'eau de la zone d'étude.

Lors de l'exploitation de la mine, la gestion de l'eau de la zone d'étude pourrait être modifiée. Dans ce contexte, le présent rapport sectoriel fournit une caractérisation climatologique et hydrologique du futur site d'exploitation minière. Les différents facteurs climatiques présentés sont issus des enregistrements climatologiques effectués dans la région depuis 1971. La caractérisation hydraulique du secteur étudié est effectuée à l'aide de relevés de terrain et des outils théoriques disponibles. Le présent rapport décrit la méthode et les résultats des inventaires réalisés pour caractériser l'hydrologie des cours d'eau et des lacs potentiellement affectés par le projet.

Les objectifs spécifiques de cette étude sont :

- d'établir les caractéristiques du climat régional;
- d'établir le portrait hydrologique général des cours d'eau susceptibles d'être affectés par le projet.

2 CLIMATOLOGIE

Le projet minier Akasaba est situé en Abitibi, à environ 15 km à l'est de la Ville de Val-d'Or, au sud du site Manitou. Le projet a une superficie d'environ 3 km² autour du centre projeté de la fosse à la longitude 77° 34' 50'' O et à la latitude 48° 2' 35''N (carte 1).

Le présent chapitre traite des principaux paramètres décrivant la climatologie de la zone d'étude, soit la température de l'air, les précipitations liquides et solides, l'humidité, le vent, et l'insolation. Ces descriptions sont basées sur les données disponibles recueillies aux stations météorologiques de la région et lors des campagnes de relevés sur le terrain réalisées par WSP en 2014.

2.1 MÉTHODE

2.1.1 DONNÉES DISPONIBLES

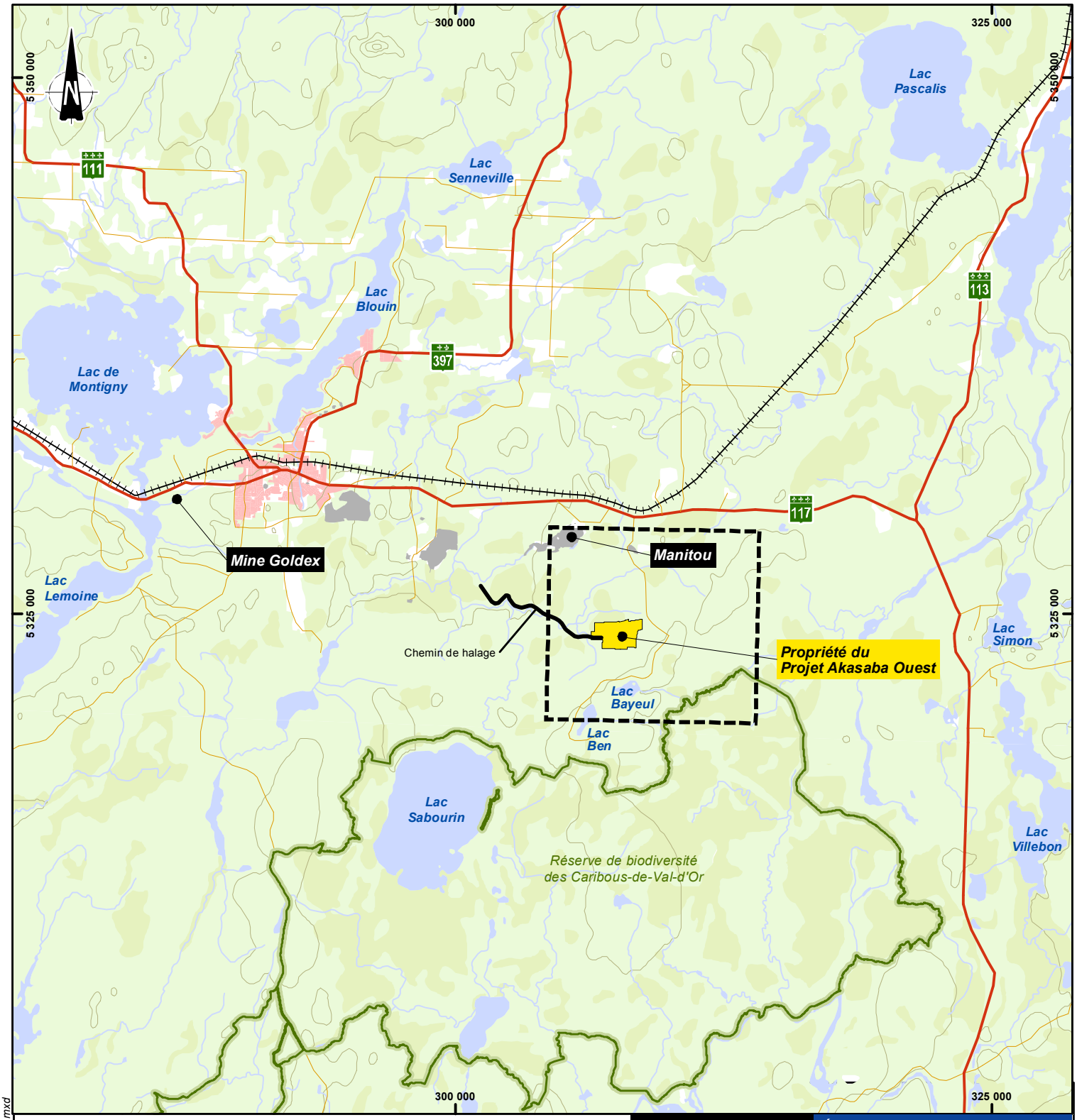
Une recherche des stations météorologiques voisines de la zone d'étude a permis d'identifier les sources de données potentielles pour décrire la climatologie. Pour être utilisables, les séries de données associées aux stations doivent couvrir une période suffisamment longue, comporter des données relativement complètes, et mesurer les principaux paramètres climatiques. La localisation des stations météorologiques présentant le plus grand intérêt pour cette analyse est indiquée à la carte 2 et le tableau 2.1 présente leurs caractéristiques. Le tableau 2.2 fournit les paramètres climatologiques enregistrés par les stations.

Tableau 2.1 Identification et localisation des stations météorologiques aux environ de la zone d'étude.

STATION	ID[1]	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE (m)	DISTANCE DE LA ZONE À L'ÉTUDE (km)	PÉRIODE D'ENREGISTREMENT
Val-d'Or A	7098600	48°03' N	77°47' O	337	14,28	1952-2014
Senneterre	7097900	48°20' N	77°16' O	310	43,38	1967-1994
La Morandiere	7094026	48°37' N	77°37' O	297	63,78	1963-2004
Amos	7090120	48°34' N	78°08' O	310	72,46	1913-2000
Manneville	7084560	48°33' N	78°29' O	311	91,65	1949-1993

1 Environnement Canada

La station météorologique la plus proche du site à l'étude est la station de Val-d'Or A, localisée à environ 14 km au nord-ouest du secteur étudié. Elle fournit des données de pluie, de neige, de température, d'humidité relative, de vitesse et direction du vent et d'insolation complètes sur une période de temps suffisamment longue, soit de 1952 à 2014. Les normales climatiques de cette station, publiées par Environnement Canada dans le document *Normales climatiques au Canada (1971-2000)*, seront donc présentées pour le site étudié.



Zone d'étude

Route principale

Route secondaire

Voie ferrée

Réserve de biodiversité des Caribous-de-Val-d'Or

Zone minière / dépôt industriel

Titres miniers Akasaba Ouest

Chemin de halage

0 2.5 5 Km

1 : 250 000

NAD83, UTM fuseau 18N

Sources :

Carte : RNCan, BNDT 250 K, feuillets 31M, 31N, 32C et 32D
Limites de municipalités : SDA20K, 2010-01
Réserve de biodiversité : GESTIM, MRN (2014-03-15)

Préparée par : E. Sormain
Dessinée par : P. Cordeau
Approuvée par : L. Ouahit

AGNICO EAGLE

ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL - RAPPORT SECTORIEL : CLIMATOLOGIE ET HYDROLOGIE
Projet Akasaba Ouest, Val-d'Or, Qc

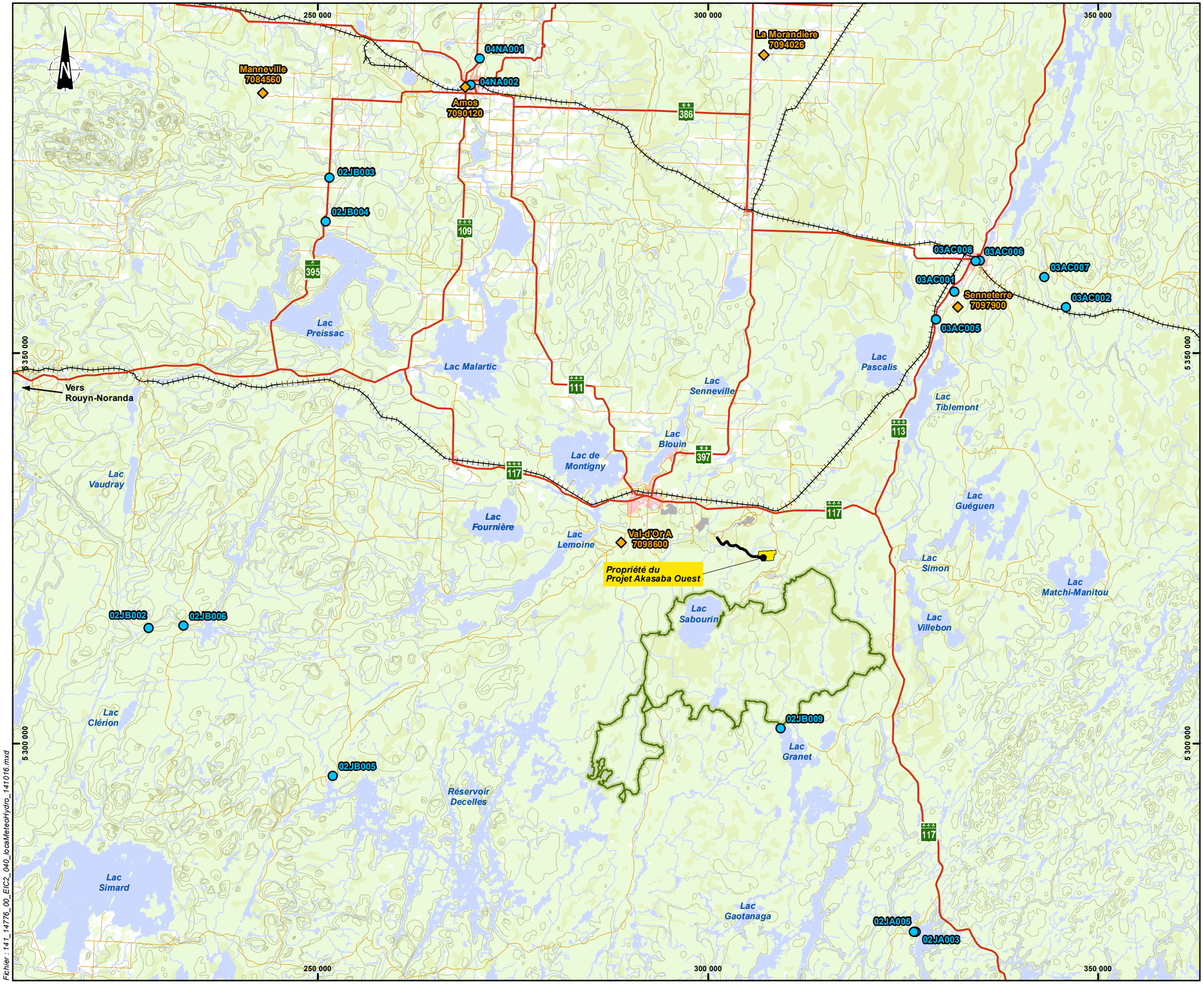
Carte 1

Localisation de la zone à l'étude

Octobre 2014 141-14776-00-300

WSP

Fichier : 141_14776_00_EIC1_039_locaZoneEtude_141016.mxd



Courbe topographique (équidistance de 20 m)

Zone minière / dépôt industriel

Transport

Route principale

Route secondaire

Voie ferrée

Aire protégée

Réserve de biodiversité des Caribous-de-Val-d'Or

Projet Akasaba

Titres miniers Akasaba Ouest

Chemin de halage

Stations d'échantillonnage

Station hydrométrique

Station météorologique

0 4.75 9.5 19 Km

1 : 475 000

Projection : NAD83, UTM fuseau 18N

AGNICO EAGLE

ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL - RAPPORT SECTORIEL : CLIMATOLOGIE ET HYDROLOGIE

Projet Akasaba Ouest, Val-d'Or, Qc

Carte 2

Localisation des stations météorologiques et hydrométriques

Sources :

Image satellite : DigitalGlobe, Worldview-2, 2013-10-05
Carte : ESRI World topographic Map
Limites de municipalités : SDA20K, 2010-01
Réserve de biodiversité : GESTIM, MRN (2014-03-15)
Projet de refuge biologique : MRN (2014-02-11)
Projet : Agnico Eagle (2014-07-22), fichier ACAD-1202-000-210-001_RA_OPT A1 AK_A_UTM18.dwg

Préparée par : E. Sormain
Dessinée par : P. Cordeau
Approuvée par : L. Ouahit

WSP

Octobre 2014 141-14776-00-300

Fichier : 141_14776_00_EIC2_040_locaMeteoHydro_141016.mxd

2.1.2 INSTALLATION D'APPAREILS DE MESURES SUR SITE

Un pluviomètre de type RainLog, fabriqué par la compagnie RainWise inc., a été mis en place au site d'étude du 7 mai 2014 au 23 septembre 2014. Ce pluviomètre à bascule enregistre chaque incrément de précipitations liquides de 0,25 mm. Les données récoltées permettent d'étudier les averses locales en relation avec l'hydrologie du site. Une plage de données de pluie quotidiennes de 5 mois (mai, juin, juillet, août, septembre 2014) est ainsi disponible et permettra une meilleure caractérisation des bassins versants du site.

Afin de valider l'attribution des données climatiques de la station de Val-d'Or A au site du projet minier Akasaba Ouest, une analyse comparative entre les précipitations enregistrées à la station météorologique de Val-d'Or A et au site étudié pendant la période de mesure sera présentée à la section suivante.

Un baromètre de Solinst Barologger modèle 3001 LT F5/M1.5 a également été mis en place sur le site pendant la même période. Les données horaires de températures et de pression récoltées seront comparées à celles de la station de Val-d'Or A dans la section suivante.

2.1.3 ANALYSE DES DONNEÉES

2.1.3.1 COMPARAISON DES PRÉCIPITATIONS

Tel que mentionné précédemment, les températures enregistrées à la station météorologique de Val-d'Or A durant l'été 2014 ont été comparées à celles mesurées sur le site du projet minier par le pluviomètre installé par WSP durant cette période. La figure 2.1 présente les précipitations journalières enregistrées à ces deux sites du 7 mai 2014 au 26 septembre 2014.

On peut constater que les deux sites ont une pluviométrie semblable. Il est à noter cependant que la station de Val-d'Or A comporte une absence de données entre le 25 juillet et le 2 août 2014, période pendant laquelle 60,45 mm de pluie ont été mesurés par le pluviomètre du site Akasaba Ouest.

En supprimant cette plage de donnée, la hauteur totale de pluie mesurée au site Akasaba Ouest est de 376,4 mm, avec une moyenne de 2,81 mm par jour et un maximum de 45,21 mm. À la station météorologique de Val-d'Or A la hauteur totale de pluie enregistrée durant cette même période est de 409,8 avec une moyenne de 3,36 mm par jour et un maximum de 38,9 mm.

La pluviométrie au site Akasaba Ouest durant l'été 2014 a donc été légèrement inférieure que celle enregistrée à Val-d'Or A, avec cependant un maximum un peu plus important. Il apparait donc conservateur d'utiliser les données de pluviométrie de la station Val-d'Or A pour le site étudié.

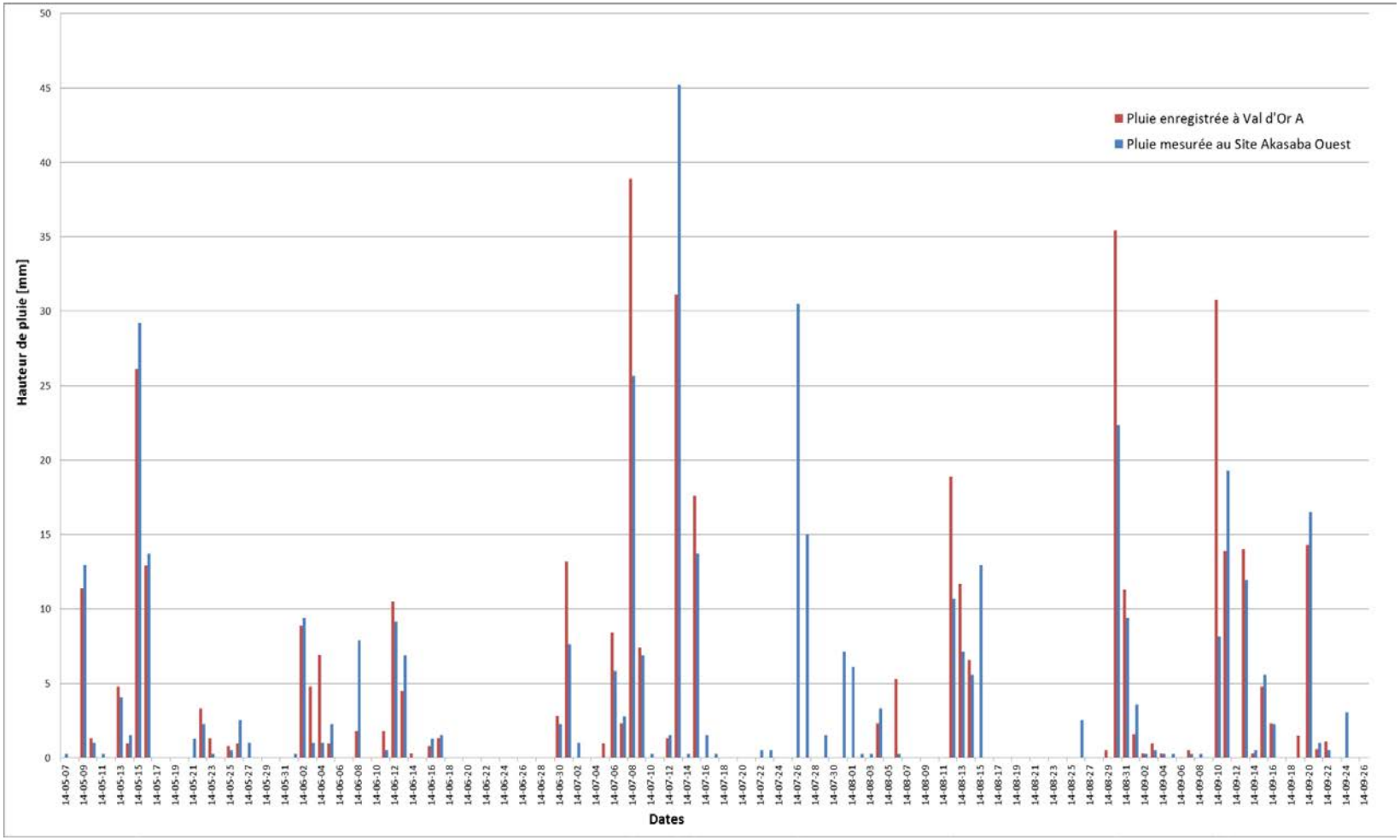


Figure 2.1 Comparaison des précipitations journalières au site Akasaba Ouest et à la station de Val-d'Or A durant l'été 2014.

2.1.3.2 COMPARAISON DES TEMPÉRATURES

Les températures horaires enregistrées à la station de Val-d'Or A durant l'été 2014 ont été comparées à celles mesurées sur le site du projet minier par le baromètre installé par WSP durant cette période. La figure 2.2 présente le patron horaire moyen des températures, tandis que la figure 2.3 montre l'évolution des températures moyennes journalières entre le 7 mai 2014 et le 26 septembre 2014.

En moyenne les températures sont plus élevées au site à l'étude, avec une moyenne de 15,8 °C, qu'à la station de Val-d'Or A où la moyenne est de 14,7 °C. Le patron journalier établit à partir des données collectées sur le site montre qu'à l'échelle d'une journée les températures sont bien plus élevées au site qu'à la station de Val-d'Or A durant la journée (entre 8 h et 21 h), avec un maximum moyen journalier de 22,3 °C durant la période de mesure contre 18,8 °C à la station de Val-d'Or A. Cependant, la tendance s'inverse la nuit puisque les températures au site sont alors inférieures à celles de Val-d'Or, avec un minimum moyen de 7,4 °C au site de contre 10,4 °C à la station de Val-d'Or A. Les températures du site à l'étude apparaissent donc plus froides la nuit et plus chaudes le jour que les températures à l'aéroport de Val-d'Or.

Les pressions enregistrées aux deux endroits sont quant à elles comparables, avec une moyenne de 97,7 kPa au site Akasaba Ouest et de 97,5 kPa à la station météorologique de Val-d'Or A pendant la période de mesure.

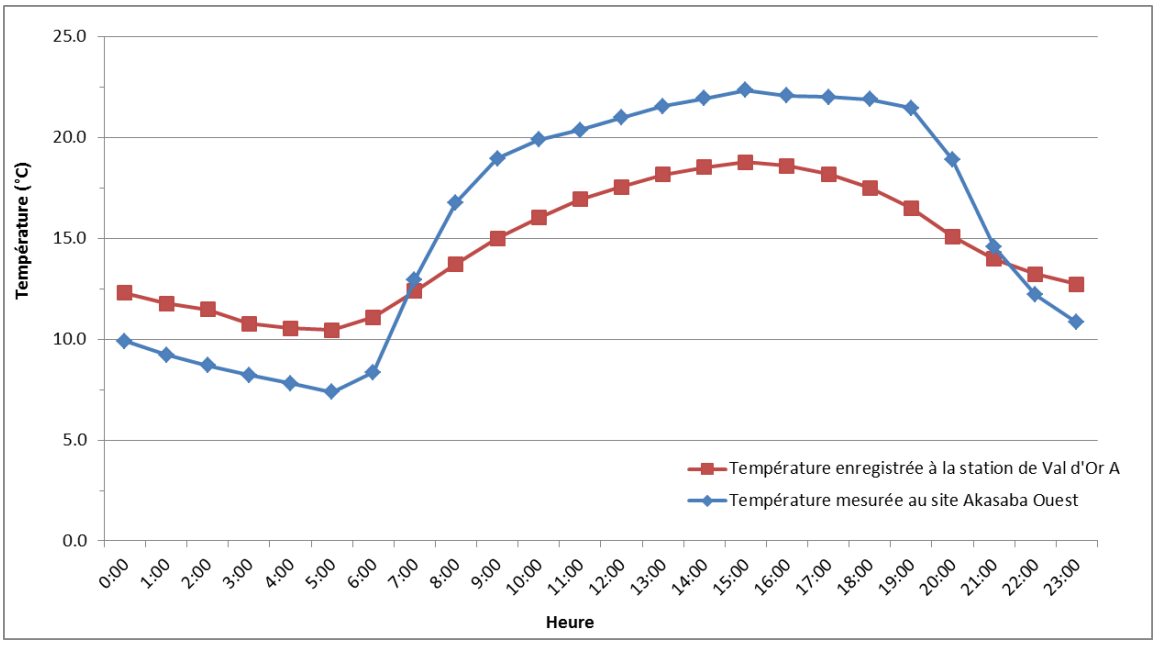


Figure 2.2 Comparaison du patron journalier de température au site Akasaba Ouest et à la station de Val-d'Or A durant l'été 2014.

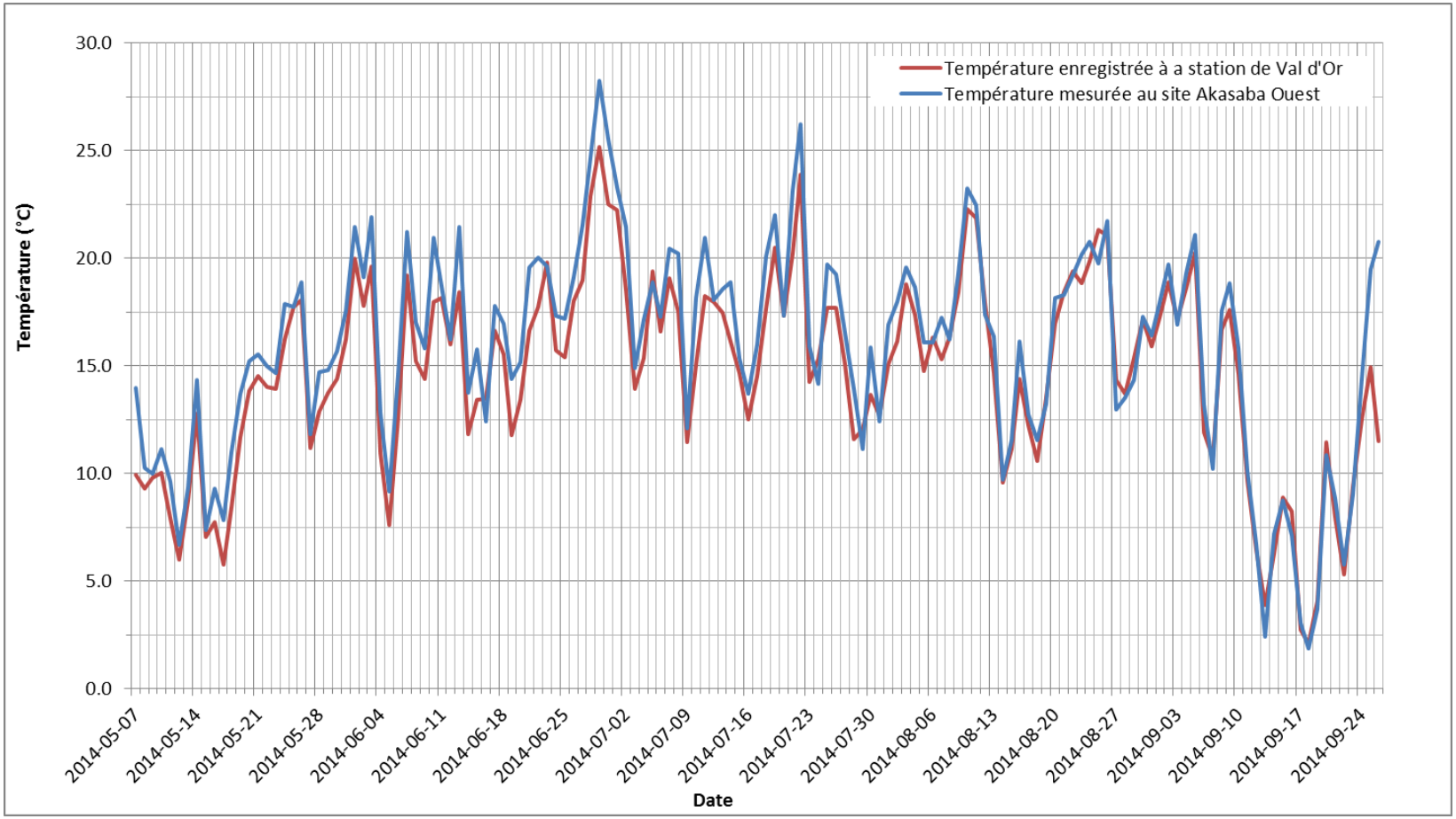


Figure 2.3 Comparaison des températures journalières au site Akasaba Ouest et à la station de Val-d'Or A durant l'été 2014.

2.2 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les normales climatiques présentées ont été tirées du document *Normales climatiques au Canada 1971-2000* publié par Environnement Canada (2006). Dans cette analyse, les valeurs normales ont été calculées à partir des données de la période de 1971 à 2000.

2.2.1 TEMPÉRATURE

Les normales des températures de l'air quotidiennes moyennes, maximales et minimales de la station de Val-d'Or A sont présentées au tableau 2.2. Le mois le plus froid est janvier avec une température moyenne de -17,2º C. Juillet est le mois le plus chaud, avec une température moyenne de 17,2º C.

Tableau 2.2 Normales mensuelles des températures de l'air quotidiennes moyennes, maximales et minimales à la station de Val-d'Or A (période de 1971 à 2000).

MOIS	MOYENNE (°C)	ÉCART TYPE (°C)	MAXIMALE (°C)	MINIMALE (°C)
Janvier	-17,2	3,2	-10,9	-23,5
Février	-15,3	3,2	-8,6	-21,9
Mars	-8,1	2,7	-1,5	-14,6
Avril	0,8	2,2	6,6	-5
Mai	9,4	1,9	16,1	2,7
Juin	14,4	1,5	21,0	7,8
Juillet	17,2	1,1	23,4	11
Août	15,8	1,4	21,7	9,7
Septembre	10,1	1,5	15,5	4,6
Octobre	4,0	2,0	8,5	-0,5
Novembre	-4,1	2,1	0,1	-8,2
Décembre	-13,3	3,7	-7,6	-18,9
Annuel	**1,2**	**0,9**	**7,0**	**-4,7**

Source : Environnement Canada, 2014.

Le tableau 2.3 présente les températures extrêmes de l'air enregistrées mensuellement à la station de Val-d'Or A (période de 1971 à 2000). Les températures records ayant été enregistrées à Val-d'Or A sont de -43,9º C en janvier 1962 et de 36,1º C en juillet et août 1975. Le spectre de variation des températures atmosphériques est donc très large.

Tableau 2.3 Températures extrêmes de l'air enregistrées mensuellement à la station de Val-d'Or A (période de 1971 à 2000).

MOIS	MAXIMUM EXTRÊME (°C)	DATE (année/jour)	MINIMUM EXTRÊME (°C)	DATE (année/jour)
Janvier	9,7	1995/ 15	-43,9	1962/ 29
Février	12,3	1994/ 19	-42,2	1962/ 01
Mars	17,6	1995/ 14	-36,1	1984/ 12
Avril	28,2	1986/ 28	-26,1	1974/ 08
Mai	32,8	1962/ 18	-11,1	1966/ 07
Juin	34	1995/ 18	-3,9	1972/ 11
Juillet	36,1	1975/ 31	-0,1	1982/ 03
Août	36,1	1975/ 01	-2,8	1951/ 25
Septembre	32,2	1953/ 01	-6,2	1993/ 30
Octobre	26,1	1968/ 16	-13,3	1976/ 25
Novembre	18,3	1961/ 03	-30	1995/ 27
Décembre	13,7	1982/ 03	-40,6	1968/ 26

Source : Environnement Canada, 2014.

DEGRÉS-JOURS

Les normales mensuelles des degrés-jours de croissance à la station météorologique de Val-d'Or A sont présentées au tableau 2.4. Le tableau 2.5 présente les normales mensuelles des degrés-jours de gel de la station. Le nombre de degrés-jours annuel de croissance (> 0 ºC) à la station de Val-d'Or A est de 2 324,9 (tableau 2.11) tandis que le nombre de degrés-jours de gel (< 0 ºC) est de 1 876,6 (tableau 2.12).

Tableau 2.4 Normales mensuelles des degrés-jours de croissance à la station météorologique de Val-d'Or A (période de 1971 à 2000).

MOIS	DEGRÉS-JOURS					
	> 24 °C	> 18 °C	> 15 °C	> 10 °C	> 5 °C	> 0 °C
Janvier	0	0	0	0	0	0,4
Février	0	0	0	0	0,1	2,3
Mars	0	0	0	0	1,3	15,9
Avril	0	0,2	1,1	6,4	25,1	85,1
Mai	0,1	5,4	16,3	60,4	154,6	292,8
Juin	0,3	17,9	47,6	145,1	283,3	432,4
Juillet	1,6	35,5	88,2	225,1	379,4	534,4
Août	0,6	23,7	64	180,9	333,2	488,2
Septembre	0,1	4	12,8	55,8	158,5	302,5
Octobre	0	0,1	0,8	9,8	48,6	141,4
Novembre	0	0	0	0,3	3,6	27,2
Décembre	0	0	0	0	0,2	2,3
Annuel	**2,6**	**86,7**	**230,6**	**683,8**	**1 387,8**	**2 324,9**

Source : Environnement Canada, 2014.

Tableau 2.5 Normales mensuelles des degrés-jours de gel à la station météorologique de Val-d'Or A (période de 1971 à 2000).

MOIS	DEGRÉS-JOURS				
	< 0 °C	< 5 °C	< 10 °C	< 15 °C	< 18 °C
Janvier	533	687,6	842,6	997,6	1 090,6
Février	433,9	572,9	714	855,2	939,9
Mars	265,8	406,2	559,9	714,9	807,9
Avril	61,3	151,4	282,6	427,3	516,4
Mai	1,7	18,5	79,3	190,2	272,3
Juin	0	0,9	12,6	65,1	125,5
Juillet	0	0	0,7	18,7	59,1
Août	0	0	2,7	40,8	93,5
Septembre	0,1	6,1	53,5	160,4	241,6
Octobre	16	78,2	194,5	340,5	432,7
Novembre	150,3	276,7	423,4	573,1	663,1
Décembre	414,4	567,3	722,1	877,1	970,1
Annuel	**1 876,6**	**2 765,6**	**3 887,9**	**5 260,9**	**6 212,6**

Source : Environnement Canada, 2014.

2.2.2 PRÉCIPITATIONS

PRÉCIPITATIONS MENSUELLES

La synthèse des normales de précipitations (pluie et neige) enregistrées à la station météorologique de Val-d'Or A est présentée au tableau 2.6 et leurs variations mensuelles sont illustrées à la figure 2.5. Les précipitations nivales atteignent un total annuel moyen de 300,4 cm et les précipitations pluviométriques sont de 635,2 mm annuellement. La précipitation totale annuelle moyenne est de 914 mm.

Tableau 2.6 Normales mensuelles des précipitations moyennes à la station de Val-d'Or A (période de 1971 à 2000).

MOIS	CHUTES DE PLUIE (mm)	CHUTES DE NEIGE (cm)	PRÉCIPITATIONS TOTALES (mm)
Janvier	5,5	56	56
Février	3,4	40,8	40,5
Mars	20,1	48,6	65,2
Avril	35,8	29,2	66
Mai	75	2,5	77,7
Juin	92,4	0,3	92,7
Juillet	95,4	0	95,4
Août	93,2	0	93,2
Septembre	99,8	1,9	101,9
Octobre	72,2	14,6	86,6
Novembre	34,1	45,5	76,2
Décembre	8,3	61	62,5
Année	**635,2**	**300,4**	**914**

Source : Environnement Canada, 2014.

Les précipitations liquides tombent essentiellement entre mars et novembre. Les mois de juin, juillet, août, septembre sont particulièrement pluvieux, avec une moyenne de chute de pluie mensuelle entre 90 et 100 mm. Les précipitations solides débutent de manière significative en octobre, même si de faibles chutes de neige peuvent être observées en septembre. Elles sont plus importantes en décembre, avec une moyenne de 61 cm de neige. Des chutes de neige peuvent être observées jusqu'au mois de juin, mais sont significatives jusqu'au mois d'avril, avec une valeur moyenne mensuelle de 29,2 cm. Finalement, le mois enregistrant les précipitations totales les plus conséquentes est le mois de septembre, avec une moyenne de 101,9 mm.

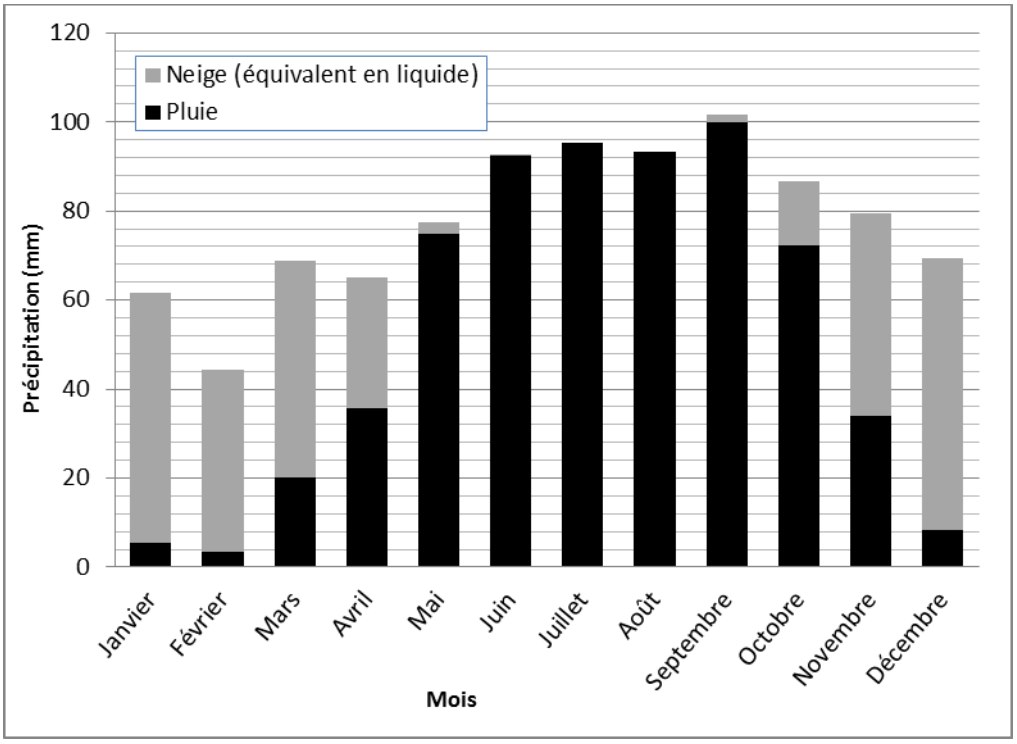


Figure 2.4 Normales mensuelles des précipitations, en équivalent en eau, à la station Val-d'Or A (période de 1971 à 2000).

PRÉCIPITATIONS QUOTIDIENNES

Le Tableau 2.7 fourni les précipitations extrêmes quotidiennes de pluie, de neige, et totales pour la période comprise entre 1971 et 2000. Les couverts de neige maximaux enregistrés sur cette période sont également présentés.

Tableau 2.7 Précipitations extrêmes enregistrées quotidiennement à la station météorologique de Val-d'Or A (période de 1971 à 2000).

MOIS	PLUIE (mm)	DATE (aaaa/jj)	NEIGE (cm)	DATE (aaaa/jj)	PRÉCIPITATIONS TOTALES (mm)	DATE (aaaa/jj)	COUVERTURE DE NEIGE MAXIMALE (cm)	DATE (aaaa/jj)
Janvier	25,8	1995/ 14	32,5	1964/ 09	30,5	1964/ 09	118	1956/ 09
Février	12,2	1994/ 20	**54,1**	1965/ 25	65	1965/ 25	**142**	1960/ 28
Mars	34,4	1980/ 21	28	1987/ 31	35,8	1980/ 21	**142**	1972/ 24
Avril	27,2	1974/ 14	32,6	1986/ 21	33,6	1986/ 21	99	1972/ 06
Mai	42,4	1952/12	8,2	1989/ 08	42,4	1952/ 12	23	1972/ 01
Juin	67,1	1960/ 24	3,2	1980/ 10	67,1	1960/ 24	0	1955/ 01
Juillet	**67,8**	1952/09	0	1952/ 01	67,8	1952/ 09	0	1955/ 01
Août	64	1963/04	0	1952/ 01	64	1963/ 04	0	1955/ 01
Septembre	53,8	1974/11	9,6	1980/ 17	53,8	1974/ 11	4	1956/ 19
Octobre	50,5	1951/ 24	20,8	1957/ 24	51	1988/ 18	23	1957/ 26
Novembre	37,6	1984/01	38,1	1961/ 27	41,8	1994/ 06	41	1959/ 30
Décembre	20,6	1977/01	33	1957/ 10	33	1957/ 10	122	1955/ 30

Source : Environnement Canada, 2014.

Les précipitations extrêmes quotidiennes de pluie et de neige pour la période comprise entre 1971 et 2000 sont respectivement de 67,8 mm de pluie, enregistrée le 9 juillet 1952, et de 54,1 cm de neige, enregistrée le 25 février 1965. Le couvert de neige au sol a atteint un record de 142 cm le 28 février 1960 ainsi que le 24 mars 1972.

En ce qui concerne les pluies, les statistiques de 1971 à 2000 ont permis d'estimer la fréquence moyenne annuelle des journées ayant une pluviométrie au-dessus d'un seuil donné. Ainsi, le nombre de journées avec une pluie significativement supérieure ou égale à 0,2 mm, 5 mm, 10 mm et 25 mm est en moyenne respectivement de 110,4 jours, 41,1 jours, 20,5 jours et 3,4 jours.

Quant aux précipitations de neige, le nombre de journées avec une chute d'au moins 0,2 cm, 5 cm, 10 cm et 25 cm est en moyenne respectivement de 103,5 jours, 18,6 jours, 5,7 jours et 0,32 jour.

INTENSITÉ DES PRÉCIPITATIONS

Les données sur l'intensité, la durée et la fréquence (IDF) des chutes de pluie de courte durée proviennent de la station de Val-d'Or A, pour la période de 1961 à 1995. Ces données sont présentées au tableau 2.8.

Tableau 2.8 Intensités des pluies de courte durée (mm/h) selon la durée et la fréquence à la station météorologique de Val-d'Or A (période de 1961 à 1995).

	PÉRIODE DE RETOUR (ans)					
	2	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**
5 min	82,8	106,8	123,6	144,0	159,6	174,0
10 min	59,4	73,2	82,8	94,8	103,8	112,8
15 min	47,6	58,8	66,4	76,0	83,2	90,4
30 min	30,4	39,4	45,2	52,6	58,0	63,6
60 min	18,5	23,9	27,5	32,1	35,5	38,9
2 h	10,9	13,7	15,5	17,8	19,5	21,2
6 h	5,1	6,3	7,1	8,2	8,9	9,7
12 h	3,0	3,7	4,1	4,6	5,0	5,4
24 h	1,7	2,1	2,3	2,7	2,9	3,1

Source : Climat Québec, 2014.

Les données IDF permettent d'établir une équation de régression dont la relation générale est de forme :

$$i = \frac{a}{(t+b)^c}$$

Où :

i : est l'intensité pluviométrique (mm/h)

t : est le temps (minutes)

a, b et c : sont des coefficients empiriques ajustés en fonction de la période de récurrence

Ces coefficients pour la station de Val-d'Or A sont présentés au tableau 2.9. Les courbes IDF sont présentées à la figure 2.6.

Tableau 2.9 Coefficients de régression ajustés aux courbes IDF de la station météorologique de Val-d'Or A (période de 1961-1995) (pour des durées de 5 min à 24 h).

PÉRIODE DE RETOUR (années)	**a**	**b**	**c**
2	450,549	4,2	0,764
5	599,437	4,2	0,779
10	704,064	4,3	0,788
25	832,184	4,2	0,795
50	935,279	4,3	0,801
100	578,136	1,1	0,666

Source : Environnement Canada, 2014.

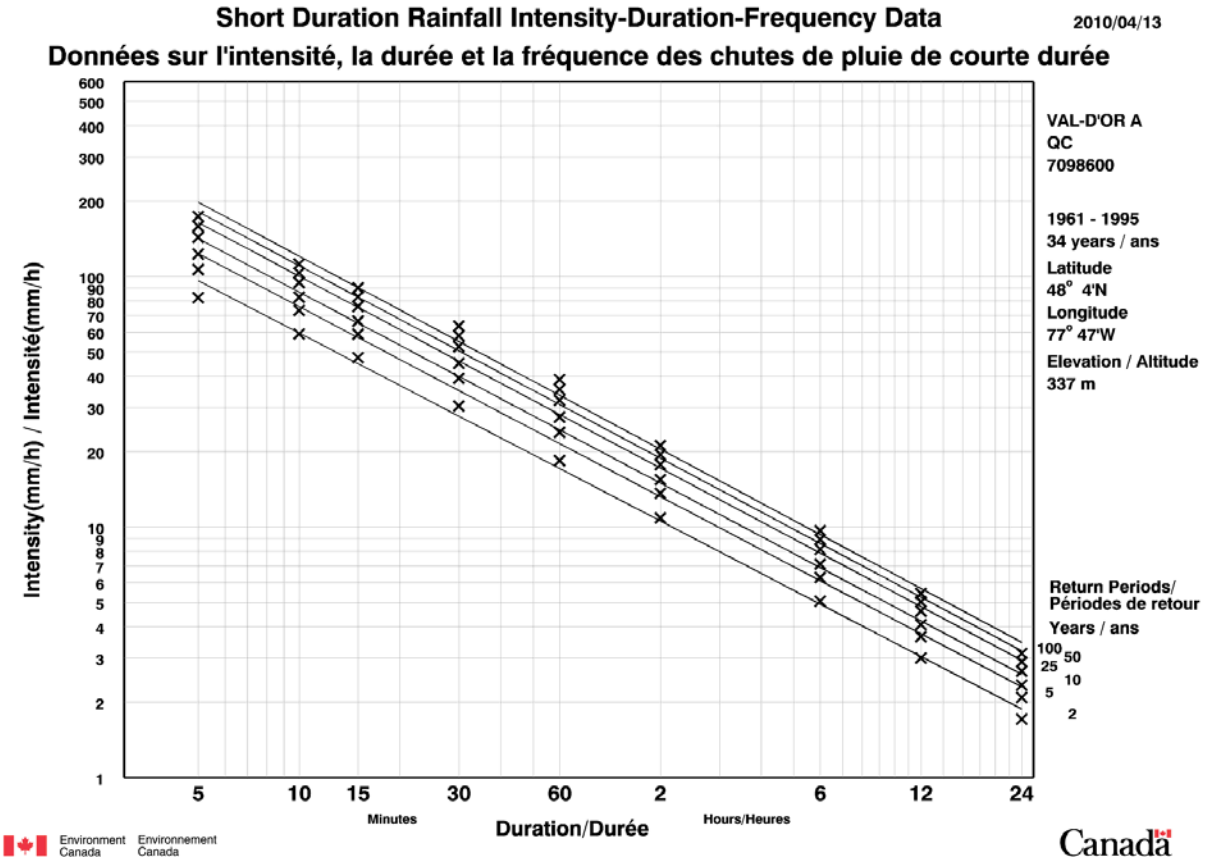


Figure 2.5 Courbe IDF de la station météorologique de Val-d'Or A (période de 1961-1995).

PRÉCIPITATIONS DANS LA ZONE D'ÉTUDE À L'ÉTÉ 2014

La figure 2.7 présente les précipitations enregistrées par le pluviomètre sur le site durant l'été 2014.

Un total de 436,85 mm de pluie a été enregistré sur le site entre le 7 mai et le 29 septembre 2014. La somme des normales mensuelles des précipitations moyennes à la station de Val-d'Or A (tableau 2.13) pour les mois de mai, juin, juillet, août et septembre est de 460,9 mm. La pluviométrie de l'été 2014 correspond donc aux normales climatiques établies par Environnement Canada de 1971 à 2000.

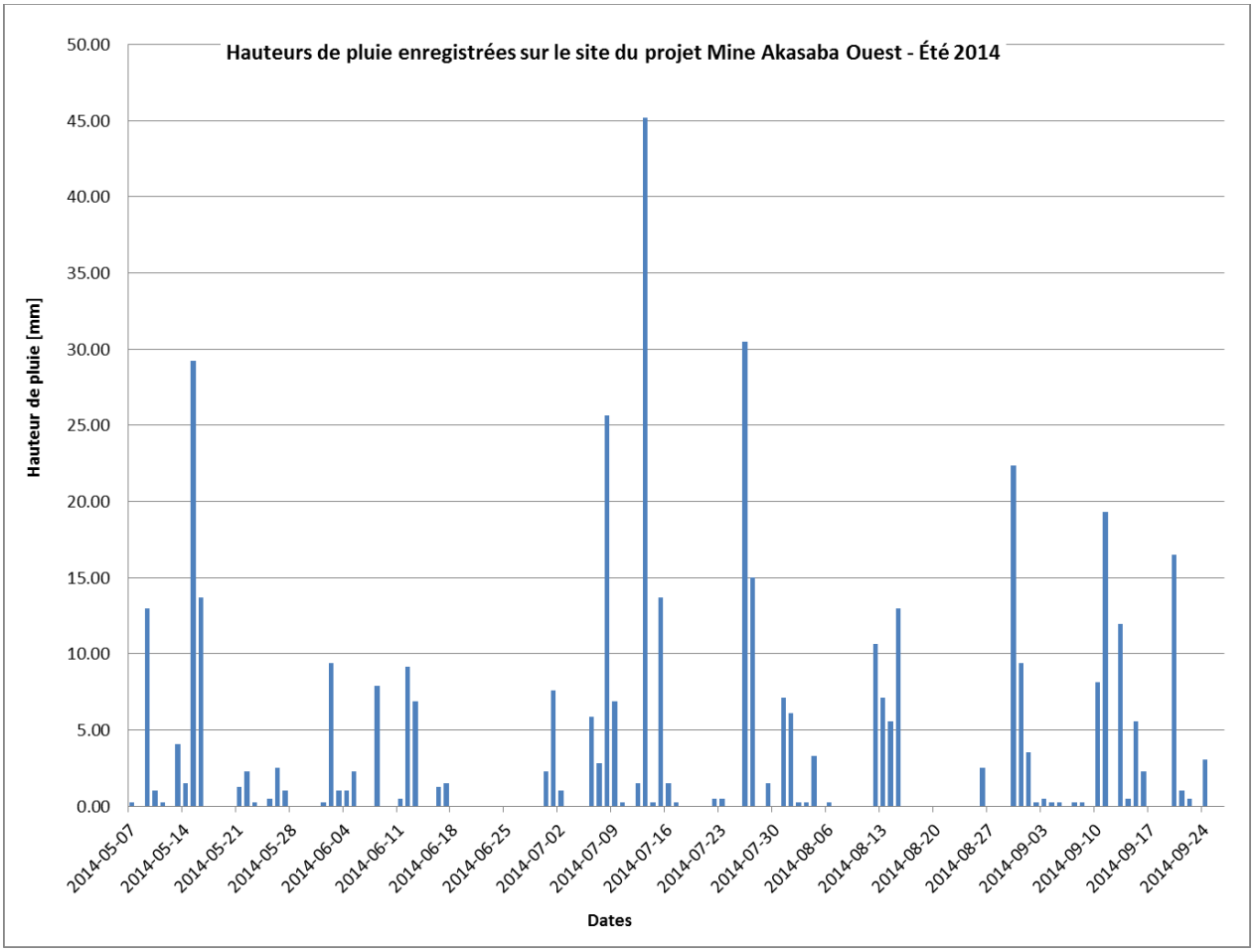


Figure 2.6 Hauteurs de pluie enregistrées au site à l'étude durant l'été 2014.

2.2.3 HUMIDITÉ RELATIVE DE L'AIR

Les données de la station météorologique de Val-d'Or A compilées pour la période de 1971 à 2000 sont utilisées pour établir les moyennes mensuelles de l'humidité relative (tableau 2.10). Le taux d'humidité relative varie entre 60,8 % et 81,1 % en moyenne.

Tableau 2.10 Normales mensuelles de la pression de vapeur et de l'humidité relative à la station météorologique de Val-d'Or A (période de 1971 à 2000).

MOIS	PRESSION DE VAPEUR (kPa)	HUMIDITÉ RELATIVE 0600LST (6 H) (%)	HUMIDITÉ RELATIVE 1500LST (15 H) (%)
Janvier	0,2	73,1	68,4
Février	0,2	72,8	60,3
Mars	0,3	75	55,9
Avril	0,5	77,7	52,4
Mai	0,8	77,5	48,3
Juin	1,2	81	51,5
Juillet	1,4	84,8	54,4
Août	1,4	89,2	57,4
Septembre	1	90,2	63,5
Octobre	0,7	86,9	66,5
Novembre	0,4	85,6	76
Décembre	0,3	79,3	75
Moyenne annuelle	**0,7**	**81,1**	**60,8**

Source : Environnement Canada, 2014.

Les valeurs extrêmes de l'indice humidex sont présentées au tableau 2.11. L'extrême supérieur de l'indice humidex a été de 47,9, enregistré le 31 juillet 1955. L'extrême inférieur a été de 10,6, enregistré le 15 janvier 1995.

Tableau 2.11 Indices humidex extrêmes enregistrés mensuellement à la station météorologique de Val-d'Or A (période de 1971 à 2000).

MOIS	INDICE HUMIDEX EXTRÊME	DATE (année/jour)	JOURNÉES AVEC HUMIDEX >= 30
Janvier	**10,6**	1995/ 15	0
Février	11,9	1994/ 19	0
Mars	17,9	1998/ 28	0
Avril	29	1990/ 26	0
Mai	37,6	1962/ 16	0,9
Juin	46	1970/ 09	3,7
Juillet	**47,9**	1955/ 31	6,3
Août	41,5	1975/ 01	4,4
Septembre	39,9	2002/ 08	1
Octobre	31,5	1968/ 16	0
Novembre	20,8	1961/ 03	0
Décembre	16,2	1982/ 03	0

Source : Environnement Canada, 2014.

2.2.4 VENT

Les données de vent ont été enregistrées à la station Val-d'Or A par Environnement Canada, de 1971 à 2000. Les vitesses du vent sont généralement observées à 10 m du sol. Le tableau 2.12 présente les vitesses mensuelles moyennes du vent ainsi que la provenance dominante.

Les vents dominants à Val-d'Or A (tableau 2.12) sont principalement influencés par les configurations de pression à grande échelle. Les vents proviennent majoritairement du nord-ouest de février à juin, puis du sud-ouest en juillet et août et enfin du sud à l'automne et au début de l'hiver. La vitesse moyenne annuelle du vent est de 12,6 km/h. Elle varie durant l'année entre 10,7 km/h et 13,6 km/h.

Tableau 2.12 Normales mensuelles de la vitesse des vents à la station météorologique de Val-d'Or A (période de 1971 à 2000).

MOIS	VITESSE MOYENNE (km/h)	PROVENANCE DOMINANTE
Janvier	12,8	S
Février	12,5	NO
Mars	13,6	NO
Avril	13,5	NO
Mai	13	N
Juin	12,6	NO
Juillet	11,5	SO
Août	10,7	SO
Septembre	12,3	S
Octobre	13,3	S
Novembre	13,1	S
Décembre	12,2	S
Année	**12,6**	**NO**

Source : Environnement Canada, 2014.

Les vents extrêmes (tableau 2.13) atteignent des vitesses de l'ordre de 63 km/h, soit 5 fois la vitesse moyenne. Les rafales de vent (tableau 2.14) atteignent des vitesses de l'ordre de 124 km/h. Les rafales enregistrées proviennent principalement du sud et du sud-ouest, mais peuvent provenir également des autres directions.

Tableau 2.13 Vitesses extrêmes des vents enregistrées mensuellement à la station météorologique de Val-d'Or A (période de 1971 à 2000).

MOIS	VITESSE (km/h)	DATE (année/jour)
Janvier	**63**	1978/ 26
Février	48	1957/ 12
Mars	56	1963/ 29
Avril	56	1959/ 28
Mai	56	1988/ 13
Juin	54	1986/ 16
Juillet	56	1957/ 01
Août	48	1986/ 24
Septembre	48	1957/ 15
Octobre	57	1978/ 30
Novembre	61	1956/ 21
Décembre	56	1970/ 02

Source : Environnement Canada, 2014.

Tableau 2.14 Rafales de vent enregistrées mensuellement à la station météorologique de Val-d'Or A (période de 1971 à 2000).

MOIS	VITESSE (km/h)	DATE (année/jour)	DIRECTION
Janvier	96	1978/ 26	NE
Février	89	1971/ 27	S
Mars	91	1978/ 19	O
Avril	89	1973/ 16	S
Mai	89	1977/ 01	S
Juin	119	1979/ 10	NO
Juillet	100	1977/ 08	O
Août	84	1973/ 29	SO
Septembre	98	1977/ 09	S
Octobre	98	1984/ 30	S
Novembre	**124**	1992/ 13	SO
Décembre	104	1977/ 02	SO

Source : Environnement Canada, 2014.

2.2.5 INSOLATION

Les normales d'insolation effectives proviennent du document *Normales climatiques au Canada 1971-2000* et ont été compilées à partir des données de la station Val-d'Or A. Le tableau 2.15 fournit les valeurs extrêmes quotidiennes d'insolation, en heures.

Le maximum d'insolation effective observée est 15,7 h, le 31 mai 1996. Par ailleurs, le minimum a été enregistré le 29 décembre 1994, avec 8,3 h d'insolation.

Tableau 2.15 Valeurs extrêmes quotidiennes d'insolation effective à la station de Val-d'Or A (période de 1977 à 2000).

MOIS	INSOLATION MAXIMALE MESURÉE (h)	DATES (aaaa/dd)
Janvier	8,9	1973/ 29
Février	10,6	1982/ 28
Mars	12,1	1985/ 30
Avril	13,9	1976/ 29
Mai	**15,7**	1996/ 31
Juin	15,4	1978/ 15
Juillet	15,3	1975/ 05
Août	14,2	1976/ 07
Septembre	12,6	1996/ 01
Octobre	11,5	1999/ 04
Novembre	9,5	1981/ 02
Décembre	**8,3**	1994/ 29

Source : Environnement Canada, 2014.

3 HYDROLOGIE

Cette section dresse un portrait sommaire des conditions hydrologiques de la zone à l'étude. Elles peuvent être utilisées pour évaluer les impacts du projet minier Akasaba. Toutefois, pour la conception d'ouvrages le jugement est laissé au concepteur et n'engage aucune responsabilité des rédacteurs de ce document.

Les analyses hydrologiques réalisées portent sur la détermination des débits moyens, de crue et d'étiage de chacun des cours d'eau présents dans le secteur étudié.

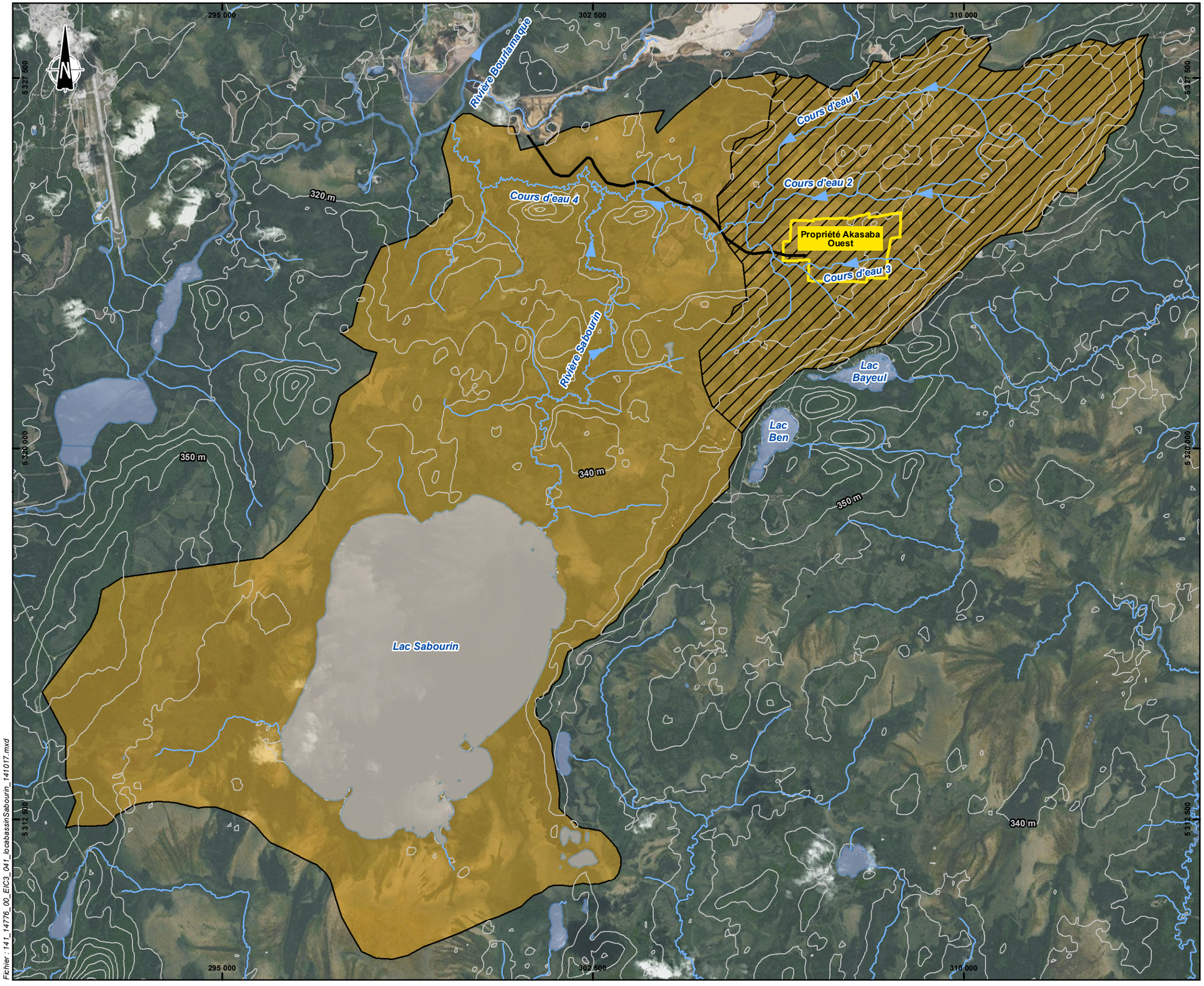
3.1 CARACTÉRISTIQUES DE LA ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude couvre les bassins versants potentiellement impactés par les activités minières. Tel que montré sur la carte 3, trois cours d'eau seront potentiellement affectés par les diverses options d'aménagement envisagées. Il s'agit des cours d'eau suivants :

- cours d'eau 2, au nord du projet minier. Le projet minier empiète sur son bassin versant;
- cours d'eau 3, au centre de la zone à l'étude. Il traverse la zone du futur site minier;
- cours d'eau 4, à l'ouest du site minier. Il s'agit du cours d'eau récepteur des cours d'eau 2 et 3.

Le réseau hydrographique de l'ensemble de la zone d'étude se draine actuellement vers la rivière Sabourin, qui a un bassin versant de 167,6 km², à environ cinq kilomètres du confluent des cours d'eau 2 et 3. La rivière Sabourin se jette ensuite dans la rivière Bourlamaque avant de poursuivre son écoulement en direction nord vers les lacs Blouin et Malartic. L'eau se dirige finalement vers la rivière Harricana en direction de la Baie James.

Il n'y a pas de lacs importants directement dans le secteur à l'étude, cependant la zone est parsemée de zones humides qui opèrent un laminage significatif sur les cours d'eau. Il est également possible de constater une importante densité d'arbres. Le relief général est peu vallonné, l'altitude variant entre 380 m en tête de bassin versant et environ 320 m en aval. La pente des cours d'eau est plus accentuée dans leur extrémité amont et plus faible au centre et en aval.



Courbe topographique (équidistance de 10 m)

Hydrographie

- Lac
- Cours d'eau
- Direction d'écoulement

Projet Akasaba

- Limite des titres miniers
- Chemin de halage

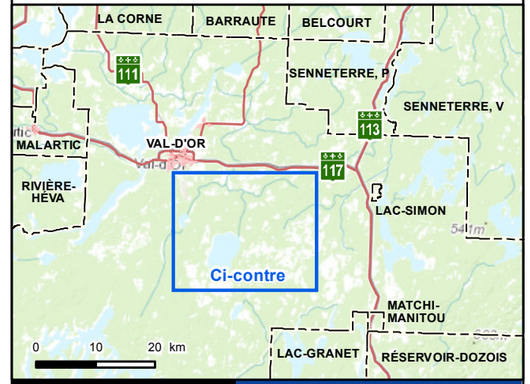
Bassins versants

- Bassin versant Sabourin
- Sous bassin versant étudié

0 750 1 500 3 000 m

1 : 75 000

Projection : NAD83, UTM fuseau 18N



AGNICO EAGLE

ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL - RAPPORT SECTORIEL : CLIMATOLOGIE ET HYDROLOGIE

Projet Akasaba Ouest, Val-d'Or, Qc

Carte 3

Localisation des cours d'eau et de la zone étudiée dans le bassin versant de la rivière Sabourin

Sources :

Image satellite : ESRI World Imagery (2007-01-15)
Carte : ESRI World topographic Map
Hydrographie : CanVec, MRNF, version 10
Courbes topographies : NASA, SRTM, 2000
Limites de municipalités : SDA20K, 2010-01
Projet : Agnico Eagle (2014-08-25), fichier ACAD-1202-000-210-001_RA_OPT B1 AK_B_UTM18.dwg

Préparée par : E. Sormain
Dessinée par : P. Cordeau
Approuvée par : L. Ouahit

Octobre 2014 141-14776-00-300

WSP

Fichier : 141_14776_00_EIC3_041_locabassinSabourin_141017.mxd

3.2 MÉTHODE

3.2.1 APPROCHE GÉNÉRALE

La caractérisation hydrologique de la zone d'étude est effectuée pour les différents sous-bassins des cours d'eau identifiés à la section 3.1. Deux approches distinctes sont utilisées pour chaque cours d'eau :

- la première approche consiste à analyser les données recueillies sur le terrain en 2014 et à établir les limnigrammes et les hydrogrammes des cours d'eau jaugés. Les précipitations enregistrées sur le site sont comparées avec les données recueillies sur les cours d'eau de manière à présenter le portrait du ruissellement dans les conditions prévalant durant les campagnes de relevés;
- la seconde approche vise à établir les débits moyens, de crues et d'étiages, à partir des données hydrométriques disponibles dans le secteur ou en utilisant diverses méthodes d'estimation. À cet effet, une recherche des données hydrométriques disponibles est d'abord effectuée et leur potentiel d'application au site à l'étude est établi à l'aide d'une série de critères.

Pour permettre une comparaison des débits générés sur des bassins versants de différentes superficies, ceux-ci seront convertis en débits spécifiques, soit le débit divisé par la superficie du bassin versant, exprimé en litres par seconde, par kilomètre carré (l/s/km²).

3.2.2 DONNÉES DISPONIBLES

3.2.2.1 CAMPAGNES DE RELEVÉS 2014

Trois campagnes de terrain ont été réalisées afin de récolter des données spécifiques à l'hydrologie de la zone d'étude. Trois sites de relevés hydrologiques ont été identifiés pour caractériser les écoulements des zones potentiellement perturbées par les activités minières, soient les sites 2, 3 et 4 (carte 4).

La première campagne s'est déroulée du 6 au 8 mai 2014. Les travaux suivants ont été réalisés au cours de cette campagne :

- l'installation d'un pluviomètre et d'un baromètre (site 3);
- la mise en place de trois sondes à niveau d'eau (sites 2, 3 et 4);
- le jaugeage de trois cours d'eau (sites 2, 3 et 4).

La deuxième série de mesures a été réalisée le 14 août 2014. Les travaux suivants ont été réalisés au cours de cette campagne :

- le jaugeage des trois cours d'eau (sites 2, 3 et 4).

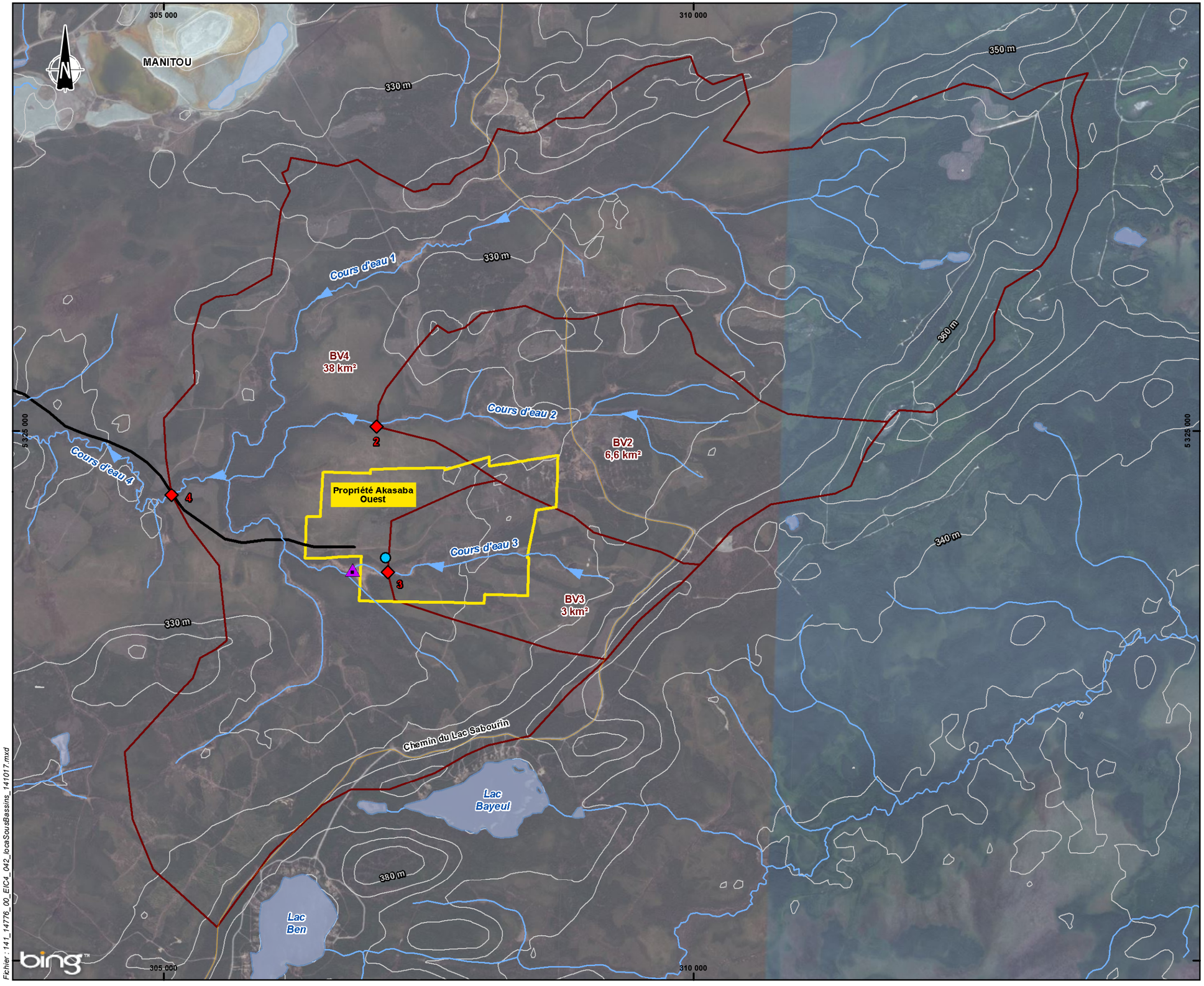
La troisième et dernière campagne de mesures a été réalisée les 23 et 24 septembre 2014. Les travaux suivants:

- le jaugeage des trois cours d'eau (sites 2, 3 et 4);
- la récupération des trois sondes à niveau installées en mai;
- la récupération du pluviomètre et du baromètre installés en mai.

La carte 4 localise les différents points de mesures dans la zone d'étude, et montre les sous-bassins du secteur étudié délimités en fonction de ces points de mesures. Le tableau 3.1 présente, pour chacun des cours d'eau de la zone d'étude, les principales caractéristiques servant à évaluer l'ordre de grandeur des débits.

Tableau 3.1 Principales caractéristiques des cours d'eau de la zone d'étude.

SITE	SUPERFICIE DE BASSIN VERSANT (km²)	PENTE MOYENNE DE BASSIN VERSANT (%)	PENTE DU COURS D'EAU (%)	SUPERFICIE DE MILIEUX HUMIDES (km²)
2	6,6	1,08	0,26	0,34
3	3,0	1,75	0,54	0,15
4	38,0	0,66	0,13	3,36



Barrage de castor

Route secondaire

Courbe topographique (équidistance de 10 m)

Hydrographie

Lac

Cours d'eau

Direction d'écoulement

Projet Akasaba

Limite des titres miniers

Chemin de halage

Points de mesure

Sonde de niveau et jaugeage

Pluviomètre/baromètre

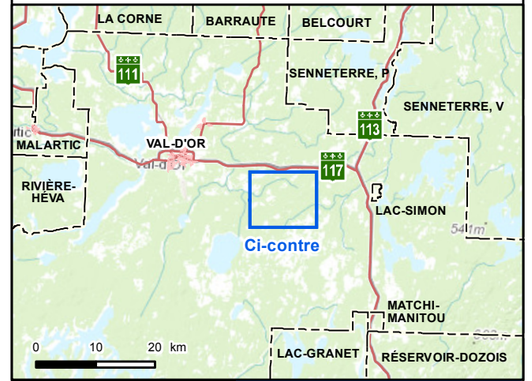
Bassins versants

Sous bassin versant

0 350 700 1 400 m

1 : 35 000

Projection : NAD83, UTM fuseau 18N



AGNICO EAGLE

ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL - RAPPORT SECTORIEL : CLIMATOLOGIE ET HYDROLOGIE

Projet Akasaba Ouest, Val-d'Or, Qc

Carte 4

Localisation des points de mesure et des sous-bassins

Sources :

Image satellite : Bing Maps Aerial
Carte : ESRI World topographic Map
Hydrographie : CanVec, MRNF, version 10
Courbes topographies : NASA, SRTM, 2000
Limites de municipalités : SDA20K, 2010-01
Projet : Agnico Eagle (2014-08-25), fichier ACAD-1202-000-210-001_RA_OPT B1 AK_B_UTM18.dwg

Préparée par : E. Sormain
Dessinée par : P. Cordeau
Approuvée par : L. Ouahit

Octobre 2014 141-14776-00-300

WSP

Fichier : 141_14776_00_EIC4_042_locaSousBassins_141017.mxd

3.2.2.2 DONNÉES HYDROMÉTRIQUES DISPONIBLES

Il n'y a pas de station hydrométrique installée en permanence sur les cours d'eau de la zone d'étude de la mine d'Akasaba pour fournir de longues séries de données. De plus, dans le cette région du Québec, peu de cours d'eau drainant de petits bassins versants ont fait l'objet de suivis hydrologiques. La plupart des stations hydrométriques de ce secteur sont opérées sur des cours d'eau dont le bassin versant couvre plusieurs milliers de kilomètres carrés, alors que la zone d'étude concerne des bassins de petite superficie, inférieure à 50 km².

Une recherche de petits bassins versants jaugés sur une période d'au moins 10 ans a été réalisée sur le territoire autour de la zone d'étude. Les stations hydrométriques de débit qui sont situées dans un rayon de 80 km de la zone à l'étude sont répertoriées au tableau 3.2 et localisées sur la carte 2.

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

- faire partie de la même région hydrographique, soit la région 08 (baies de Hannah et de Rupert);
- 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 aux bassins versants des cours d'eau étudiés;
- fournir des séries de données suffisamment longues pour bien illustrer les moyennes, les crues et les étiages – au moins 10 années de données;
- être assez récentes pour représenter les conditions actuelles et tenir compte des événements climatiques récents.

La station 04NA005 est localisée sur la rivière Bourlamaque, qui reçoit les eaux de la zone à l'étude. De plus son bassin versant, qui inclut donc les trois bassins étudiés, a une superficie de seulement 365 km². Cependant, cette station ne dispose de données que depuis 2009, ce qui n'est pas suffisant pour établir des débits de crue de récurrences significatives. Cette station n'a donc pas pu être retenue.

De même, les stations 03AC005, 03AC006/03AC008 et 02JB002 ne possèdent pas assez de données – au minimum 10 années complètes sont nécessaires – pour établir des statistiques significatives sur les débits. Les stations 03AC001, 02JB003, 02JB004 et 04NA002 ont quant à elles enregistré des données sur plus de dix années, mais sont actuellement fermées et leurs enregistrements s'arrêtent dans les années 60 ou 70, ce qui n'est pas représentatif du climat actuel. Ces stations ont donc été éliminées.

Parmi les stations restantes, les stations 02BJ009, 02JB005, 02JB002, 02JB006, 03AC002/03AC007 et 02JA003/02JA005 présentent des bassins versants de dimensions trop importantes pour être utilisées dans l'estimation des débits caractéristiques des ruisseaux à l'étude.

Finalement, la station hydrométrique 04NA001 a été retenue. Située sur la rivière Harricana, dans la même zone hydrographique que les bassins étudiés, à 70 km environ, elle présente des données sur une période de 100 ans allant jusqu'en 2014. Cependant, le rapport de superficie des bassins versants reste important, puisque son bassin versant est de 3 724 km². Il faudra donc être vigilants sur les résultats obtenus pour les débits de crue par transposition et les comparer à ceux obtenus par la méthode rationnelle.

Tableau 3.2 Stations hydrométriques situées à l'intérieur de 80 km de la zone d'étude.

ID STATION	ZONE HYDROGRAPHIQUE	RIVIÈRE	COORDONNÉES		PÉRIODE D'ENREGISTREMENT	BV (km²)	DISTANCE DE LA ZONE ÉTUDIÉE (km)	EXPLOITANT
			Lat	Long				
04NA005	8	Bourlamaque	48° 5' 22" N	77° 40' 13" W	2009-2014	365	8	MDDELCC
02JB009	4	des Outaouais	47°50'33.0¨ N	77°32'56.0¨ W	1977-2014	10 300	23	MDDELCC
03AC005	8	Bell	48°19'8.0¨ N	77°18'14.0¨ W	1964-1972	1 990	36	MDDELCC
03AC001	8	Bell	48°21'5.0¨ N	77°16'24.0¨ W	1927-1963	2 010	40	MDDELCC
03AC006 03AC008	8	Bell	48°23'16.0¨ N	77°13'51.0¨ W	1914-1927	2 110	46	MDDELCC
03AC002 03AC007	8	Megiscane	48°20'13.0¨ N	77°4'48.0¨ W	1924-1983	8 310	50	MDDELCC
02JA003 02JA005	4	des Outaouais	47°36'46.0¨ N	77°18'26.0¨ W	1965-1993	8 210	53	HQ
02JB005	4	des Outaouais	47°46'6.0¨ N	78°18'38.0¨ W	1939-1994	13 100	62	HQ
02JB003	4	Kinojévis	48°27'21.0¨ N	78°21'40.0¨ W	1936-1966	1 680	71	MDDELCC
02JB004	4	Kinojévis	48°24'20.0¨ N	78°21'51.0¨ W	1938-1972	984	71	MDDELCC
04NA002	8	Harricana	48°36'2.0¨ N	78°6'34.0¨ W	1914-1933	3 680	71	MDDELCC
04NA001	8	Harricana	48°34'11.0¨ N	78°7'24.0¨ W	1933-2014	3 724	71	MDDELCC
02JB002	4	des Outaouais	47°55'44.0¨ N	78°38'13.0¨ W	1933-1941	14 100	77	MDDELCC
02JB006	4	des Outaouais	47°55'60.0¨ N	78°34'38.0¨ W	1954-1994	14 000	77	HQ

3.2.3 OUTILS DE CARACTÉRISATION DES CRUES, ÉTIAGES ET DÉBITS MOYENS

3.2.3.1 ESTIMATION DES DÉBITS MOYENS

Puisque les données recueillies sur le site du projet minier Akasaba ne couvrent que l'été 2014, il est nécessaire d'avoir recours à de plus longues séries de données pour établir les débits moyens des cours d'eau de la zone d'étude. À cette fin, la série de données provenant de la station 04NA001 sur la rivière Harricana a été utilisée.

La figure 3.1 présente l'hydrogramme spécifique moyen calculé à partir des données de la rivière Harricana. Le tableau 3.3 présente les débits moyens spécifiques pour chaque mois et pour l'année complète.

Comme le montre la figure, le régime d'écoulement de cette rivière est caractérisé par un étiage en hiver, une forte crue printanière dont la pointe survient fin mai, suivie d'une baisse rapide du débit et d'un étiage en fin d'été, moins sévère toutefois que l'étiage hivernal.

Tableau 3.3 Débits moyens spécifiques de la station 04NA001 (Rivière Harricana) entre 1933 et 2013.

PÉRIODE	DÉBIT MOYEN DE LA STATION 04NA001 * (m^3/s)	DÉBIT SPÉCIFIQUE ($l/s/km^2$)
Janvier	30,5	8,2
Février	22,2	6,0
Mars	20,8	5,6
Avril	72,0	19,3
Mai	148,3	39,8
Juin	98,1	26,3
Juillet	62,1	16,7
Août	44,7	12,0
Septembre	41,6	11,2
Octobre	54,4	14,6
Novembre	61,2	16,4
Décembre	48,6	13,0
Année	**59,0**	**15,8**

* Le bassin versant couvre 3 724 km^2.

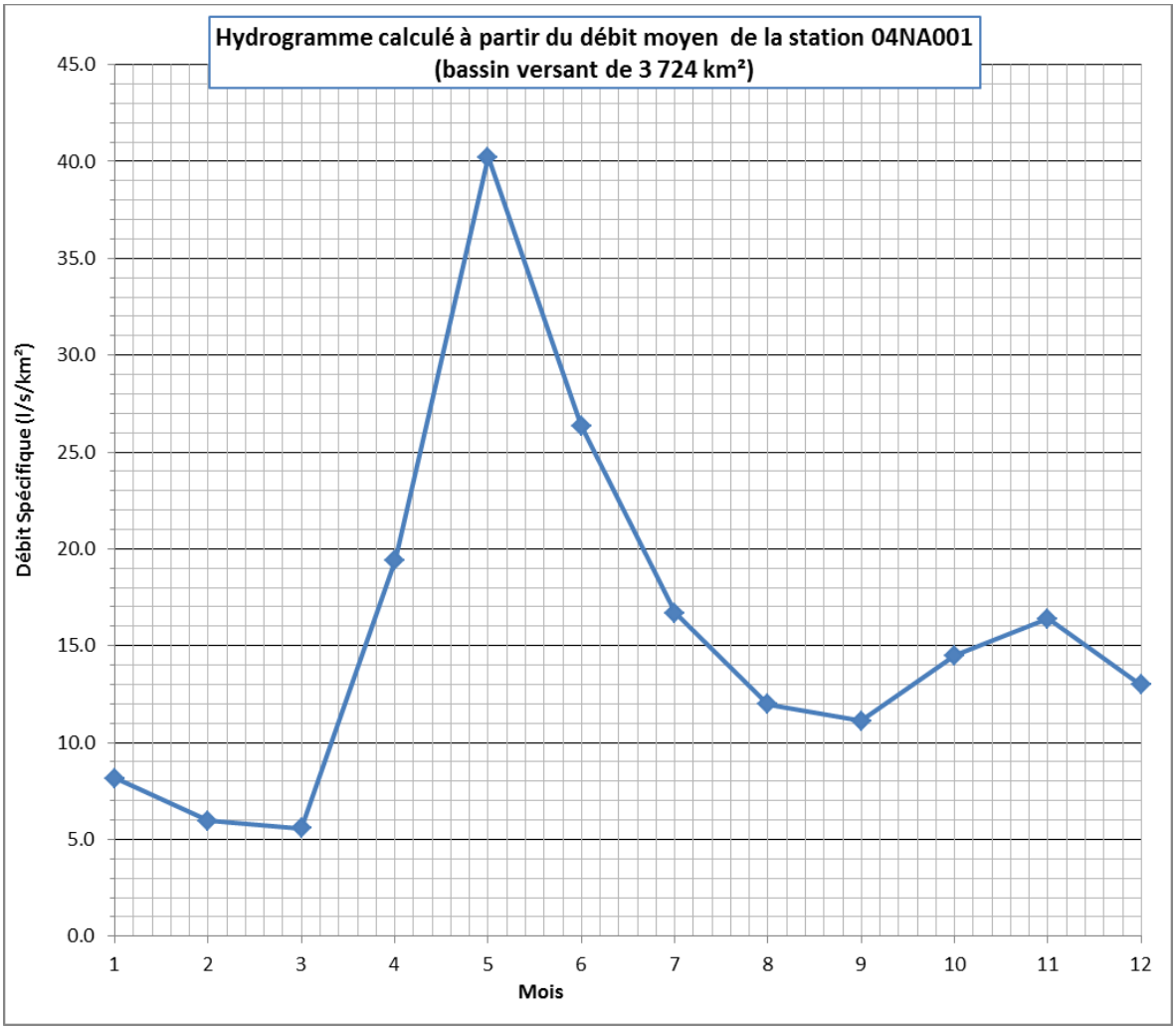


Figure 3.1 Hydrogramme spécifique moyen de la station 04NA001 (Rivière Harricana)

3.2.3.2 CARACTÉRISATION DES CRUES

MÉTHODE RATIONNELLE

La méthode rationnelle, dans sa version présentée par le ministère des Transports du Québec (MTQ, 2004), a été employée pour l'ensemble des cours d'eau à l'étude. Il s'agit en effet de la méthode d'estimation des débits de crue la plus appropriée pour des bassins versants de dimensions inférieures à 25 km². Un des bassins de la zone étudiée a une superficie légèrement supérieure à 25 km², cependant la méthode rationnelle lui a également été appliquée, pour comparer aux autres méthodes appliquées à ce bassin. L'équation à la base de cette méthode a la forme suivante :

$$Q = 0{,}278 * C * F_L * I * A$$

Où :

Q : est le débit de pointe (m^3/s)

C : est le coefficient de ruissellement de pointe

F_L : est un coefficient de laminage

I : est l'intensité des précipitations (mm/h)

A : est la superficie du bassin versant (km^2)

Le coefficient de ruissellement C est déterminé en tenant compte de la nature du sol, du couvert forestier et de la pente. Selon la carte des dépôts meubles, le sol est constitué de dépôts glaciaires (till indifférencié) et de sédiments glacio-lacustres dont la classification hydrologique varie de A à C (selon la classification du MTQ, 2004). Une classification moyenne B ou BC a été utilisée selon les bassins. Les bassins versants sont boisés et leur relief est assez plat (pente moyenne de bassin versant inférieure à 2 %). La valeur attribuée au coefficient de ruissellement varie de 0,143 à 0,199, ce qui signifie que la pointe de crue est constituée de 14,3 % à 19,9 % des apports sur le bassin versant.

Le coefficient de laminage F_L, reproduit l'effet de laminage des crues par les milieux humides. Il atténue la pointe de l'hydrogramme de ruissellement en tenant compte de la proportion de lacs et de marécages présents sur le bassin versant, ainsi que de leur localisation par rapport au cours d'eau. La valeur attribuée est de 0,67.

Les courbes Intensité-Durée-Fréquence (IDF) proviennent de la station météorologique de Val-d'Or A présentée au tableau 3.4, située à proximité du site à l'étude. La durée des précipitations est fonction du temps de concentration de chaque bassin versant. De plus amples détails sur la procédure de calculs et sur les hypothèses sous-jacentes de la méthode sont fournis dans le *Manuel de conception des ponceaux* (MTQ, 2004).

Tableau 3.4 Station hydrométrique Val-d'Or A.

ID	NOM	PÉRIODE D'ENREGISTREMENT	COORDONNÉES	
			Latitude	Longitude
7098600	Val-d'Or A	1952-2014	48°03'	77°47'

Afin de tenir compte des changements climatiques, les débits de pointe sont majorés de 10 %, tel que recommandé par le MTQ (2004).

MÉTHODE RÉGIONALE

Pour générer les statistiques de crues de l'ensemble du territoire québécois, des méthodes de régionalisation des crues ont été développées (Hoang, 1977; Anctil *et al.* 1998). La méthode la plus récente, c'est-à-dire celle développée par Anctil et ses collaborateurs, a été utilisée pour la présente étude, pour le bassin d'une superficie supérieure à 25 km². Les débits de crue sont déterminés à partir de la multiplication du débit de crue moyen (moyenne des maximums annuels) par des quantiles normalisés régionaux de crue associés à différentes récurrences. Tel que défini dans la méthode, le projet minier d'Akasaba est situé dans la région homogène III et les quantiles normalisés régionaux associés sont présentés au tableau 3.5.

Tableau 3.5 Quantiles normalisés régionaux de la zone d'étude.

RÉCURRENCE (ans)	QUANTILES NORMALISÉS RÉGIONAUX[1]
2	0,974
5	1,208
10	1,347
20	1,470
25	1,507
50	1,614
100	1,712

1 De la région homogène III; estimés selon Anctil *et al.* (1998).

Puisque la crue moyenne des cours d'eau étudiés n'est pas connue, une estimation du débit (Q) est calculée à l'aide de l'équation proposée par Messier *et al*. (2007) pour des bassins versants de petite taille (de 10 km² à 360 km²) :

$$Q_{\text{crue moyenne}} = 0{,}84\ A^{0{,}79}$$

Où :

A = est l'aire du bassin versant (km²)

Cependant, cette équation ne tient pas compte des particularités du bassin versant, telles que la pente du terrain et le laminage par les lacs et marécages, lesquels couvrent une superficie non négligeable dans la région de la zone d'étude. Elle pourrait donc avoir tendance à surestimer le débit de la crue moyenne dans la zone d'étude.

L'estimation du débit de crue pour différentes périodes de retour (Q_t) est finalement basée sur l'équation suivante :

$$Q_t = \text{Quantile normalisé régional}_t * Q_{\text{crue moyenne}}$$

Le résultat issu de l'application de la méthode régionale est une estimation du débit moyen journalier de la crue. Pour obtenir les débits maximums instantanés (les pointes pouvant survenir durant la journée), il est habituellement nécessaire de majorer le débit journalier par un facteur de pointe. Ce facteur de pointe est plus élevé pour les bassins versants de petite taille et dont la pente est forte, car ceux-ci réagissent plus rapidement aux précipitations. Toutefois, considérant le grand potentiel de laminage des crues par les milieux humides des bassins versants à l'étude, ainsi que leur faible pente, aucun facteur de pointe n'est appliqué pour ne pas surestimer davantage l'amplitude de la crue instantanée.

ANALYSE FRÉQUENTIELLE ET TRANSFERT DE BASSIN

Le logiciel HYFRAN, développé par l'Institut national de recherche scientifique (INRS, 2002), est utilisé pour effectuer l'analyse fréquentielle à partir d'une série hydrologique. Les lois de distribution les plus couramment utilisées pour l'analyse de fréquence d'évènements de crues extrêmes, d'après le Conseil national de recherches du Canada (CNRC, 1990), sont : Log-Pearson de type III, Log-normale et la distribution générale des valeurs extrêmes (GEV). Parmi toutes ces distributions, celle présentant le meilleur ajustement à l'échantillon est retenue pour établir les caractéristiques des crues.

Les valeurs utilisées pour constituer l'échantillon sont les valeurs maximales annuelles du débit moyen journalier. Le résultat de l'analyse fréquentielle sur cette série est donc un débit de cure moyen journalier. Selon les caractéristiques du bassin versant, il peut être requis d'appliquer un facteur de pointe pour en déduire le débit maximal instantané. Une transposition tenant compte du rapport de la taille des bassins versants est ensuite effectuée pour ajuster les débits estimés au site à l'étude.

Afin d'évaluer les débits de crues du ruisseau 4, par transfert de bassin versant et analyse fréquentielle, les données de la station hydrométrique de la rivière Harricana (04NA001) sont retenues. Il est important de préciser toutefois que le rapport des superficies des bassins versants est très important, ainsi les résultats de débit de crue obtenus par cette méthode sont fournis à titre indicatif.

L'échantillon est constitué de 78 crues annuelles, avec une valeur minimale de 99,1 m³/s, une valeur maximale de 337 m³/s et une crue moyenne 185,3 m³/s pour un bassin versant couvrant 3 724 km². L'ajustement a été réalisé avec une loi Log-Pearson à trois paramètres. Les débits de crue estimés pour différentes périodes de retour, pour la station 04NA001 et convertis en débits spécifiques sont présentés au tableau 3.6.

Tableau 3.6 Débits de crue calculés par analyse fréquentielle des données de la station de la rivière Harricana (04NA001).

PÉRIODE DE RETOUR (ans)	DÉBIT DE CRUE À LA STATION 04NA001* (m³/s)	DÉBIT SPÉCIFIQUE (l/s/km²)
2	179,9	48,3
5	217,2	58,3
10	240,3	64,5
25	268,3	72,0
50	288,4	77,4
100	308	82,7

* Le bassin versant couvre 3 724 km².

3.2.3.3 CARACTÉRISATION DES ÉTIAGES

Les étiages des cours d'eau québécois surviennent durant deux périodes : la première étant l'hiver, alors que les précipitations tombent sous forme solide et ruissellent très peu pour alimenter les cours d'eau; la seconde étant l'été, alors que surviennent des périodes de sécheresse plus ou moins longues. De manière générale, sur le territoire de la province de Québec, les étiages hivernaux sont plus sévères que les étiages estivaux. Également, plus le bassin versant est petit, plus les étiages sont sévères.

Afin d'offrir un portrait des débits d'étiage à un endroit quelconque de l'ensemble du territoire québécois, le CEHQ a calculé et cartographié les débits d'étiage de plusieurs cours d'eau du Québec (CEHQ, 2005). Trois valeurs de débits d'étiage représentatifs ont été estimées aux stations hydrométriques québécoises pour la période annuelle (pour inclure les étiages hivernaux) et estivale (du 1er juin au 31 octobre) :

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

Les valeurs sont présentées sous forme de débit spécifique. Les séries de données estivales et annuelles ont été validées à l'aide de différents tests statistiques (Kendall, Wald-Wolfowitz). Des lois de distribution pour les débits d'étiage ont ensuite été ajustées à l'aide du logiciel HYFRAN, développé par l'Institut national de la recherche scientifique Eau, Terre et Environnement (INRS-ETE).

Deux stations aux environs du secteur étudié et traitées dans l'étude du CEHQ sont présentées au tableau 3.7 avec leurs débits spécifiques d'étiage respectifs. Les stations rivière Harricana et rivière Kinojévis sont respectivement situées à 71 et 93 km du secteur à l'étude. Leurs bassins versants sont cependant de 100 à 1 000 fois plus importants que les bassins versants des ruisseaux à l'étude.

Tableau 3.7 Débits spécifiques d'étiage pour deux stations proches de la zone sous étude.

CARACTÉRISTIQUE	RIVIÈRE HARRICANA # 080101	RIVIÈRE KINÉJOVIS # 043012
Bassin versant (km^2)	3 724	2 572
$Q_{2,7}$ estival ($l/s/km^2$)	6,89	5,02
$Q_{10,7}$ estival ($l/s/km^2$)	4,22	3,02
$Q_{5,30}$ estival ($l/s/km^2$)	5,63	4,27
$Q_{2,7}$ annuel ($l/s/km^2$)	4,43	3,65
$Q_{10,7}$ annuel ($l/s/km^2$)	3,46	3,11
$Q_{5,30}$ annuel ($l/s/km^2$)	4,09	3,45

La station de la rivière Harricana étant la plus proche de la zone à l'étude, et dans la même région hydrographique, ses données ont été retenues pour l'estimation des débits théoriques d'étiage.

Toutefois, les valeurs calculées doivent donc être comparées avec les débits obtenus par jaugeages au cours de l'été 2014 afin de valider le choix de la station de référence, et d'assurer la cohérence entre les estimations théoriques et les observations terrain.

3.3 RÉSULTATS – HYDROLOGIE DU RUISSEAU 2

3.3.1 DONNÉES RÉCOLTÉES EN 2014

Le ruisseau 2 draine en amont de la sonde 2 un bassin versant boisé relativement plat de 6,6 km². La pente moyenne du bassin versant est de 1,1 %, et on constate la présence de milieux humides le long du cours d'eau. Les mesures de débits et de niveaux ont été prises dans le cours d'eau principal, cependant le terrain étant très plat et marécageux dans le bas du bassin aux abords du point de mesure, des écoulements secondaires difficilement identifiables peuvent aisément se créer. La carte 4 présente la localisation des sites de jaugeages et de la sonde.

Des jaugeages ont été effectués lors des trois campagnes de terrain de manière à établir une relation entre le niveau mesuré à la sonde et le débit du cours d'eau au site. Le tableau 3.8 présente les dates et résultats de ces jaugeages. Les mesures ayant été réalisées dans des conditions d'hydraulicité différentes (niveau élevé de crue pour le jaugeage 1 et étiages pour les jaugeages 2 et 3), il a été possible d'établir de relation niveau-débit. La figure 3.2 présente le limnigramme au site 2, mis en relation avec les précipitations enregistrées sur le site.

Tableau 3.8 Données recueillies lors des jaugeages sur le cours d'eau 2.

SITE	DATE DU JAUGEAGE	NIVEAU D'EAU À LA SONDE (m)	DÉBIT JAUGÉ (l/s)	DÉBIT SPÉCIFIQUE (l/s/km²)
Ruisseau 2	07/05/2014	324,39	440	66,6
	14/08/2014	323,82	94	14,2
	23/09/2014	323,98	142	21,5

Le niveau du cours d'eau a varié de 1,01 m durant la période d'enregistrement, avec un niveau moyen de 323,9 m, un niveau maximal de 324,68 m atteint le 27 juillet et un niveau minimal 323,67 m enregistré le 28 juin. L'étiage estival sur 7 jours a été observé du 23 au 29 juin, avec un niveau moyen de 323,7 m pour cette période.

La figure 3.2 indique que le cours d'eau réagit peu pour des précipitations de moins de 10 mm. Par contre, le niveau descend rapidement lors des journées sans précipitation. Il remonte encore plus rapidement lors de fortes pluies (plus de 10 mm) et atteint un maximum après 1 à 2 jours. Les pluies quotidiennes enregistrées ont des récurrences inférieures à 2 ans, à l'exception de la pluie de 45,21 mm du 13 juillet, qui a une récurrence entre 2 et 5 ans.

On distingue pendant la période de mesure quatre pics majeurs où le niveau du cours d'eau a dépassé 324,5 m, soit les 10 et 17 mai, ainsi que les 14 et 27 juillet. On remarque cependant que ce n'est pas la pluie la plus importante qui a généré le niveau d'eau le plus élevé. En effet, la pluie de 45,21 mm du 13 juillet a engendré un niveau de 324,5 m tandis que les pluies d'environ 30 mm du 15 mai et du 27 juillet ont généré des niveaux de 324,61 m et 324,63 m respectivement.

Cette observation peut s'expliquer par deux hypothèses, soit des conditions antécédentes d'humidité plus élevées pour les pluies du 15 mai et du 27 juillet qui ont augmenté la portion ruisselante et diminué les pertes dans le sol, et des pluies qui n'étaient pas réparties de la même manière sur la zone d'étude tant géographiquement que temporellement.

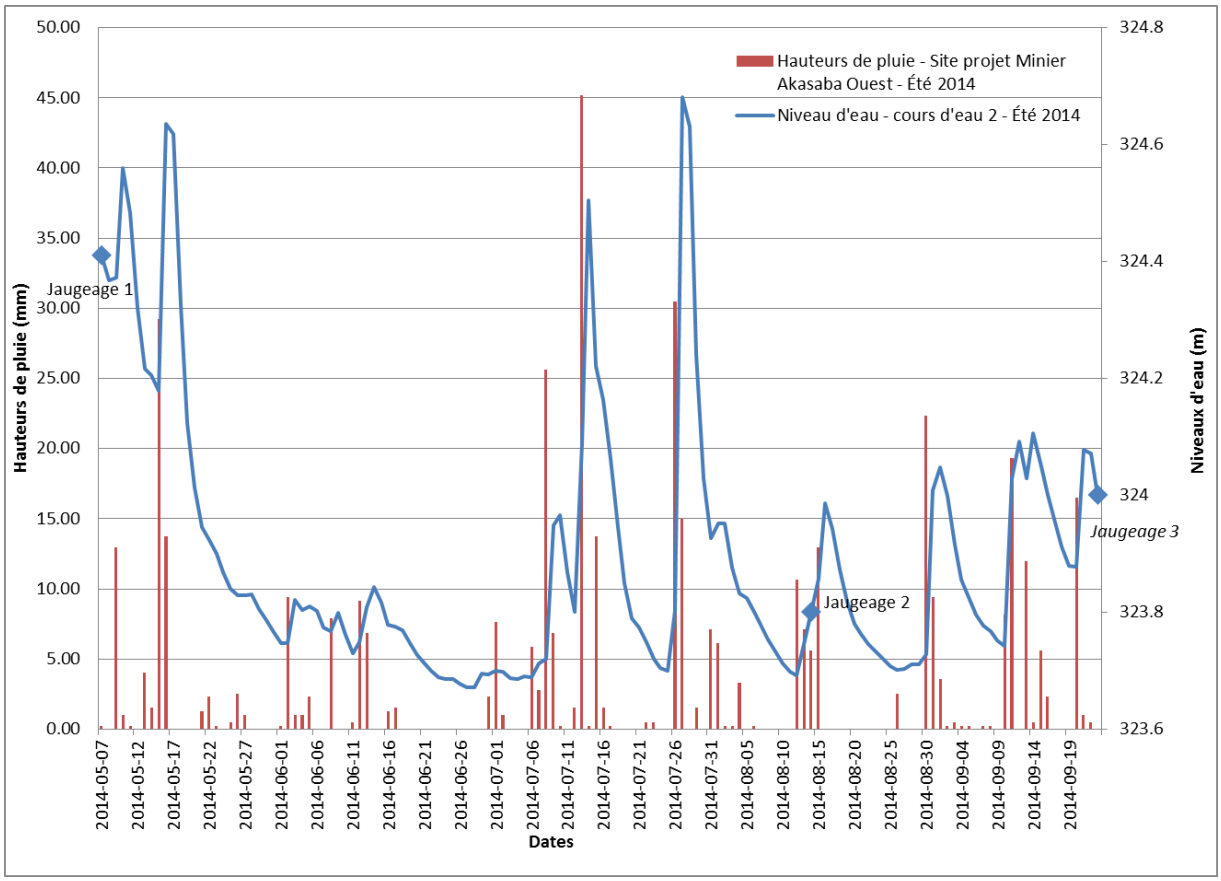


Figure 3.2 **Niveaux d'eau mesurés au cours d'eau 2 et précipitations enregistrées (entre le 7 mai et le 23 septembre 2014).**

3.3.2 DÉBIT MOYEN

Le débit spécifique moyen annuel établi pour la région est de 15,8 l/s/km², tel que calculé à partir des données de la station 04NA001. À partir de cette donnée, les débits moyens mensuels du cours d'eau 2 ont été estimés et sont donnés au tableau 3.9. Le débit moyen annuel du ruisseau 2 est estimé à 105 l/s.

À titre indicatif, les débits moyens du cours d'eau 2 aux mois de mai, août et septembre, estimés à partir des données de la station Rivière Harricana, sont de 266 l/s, 79 l/s et 73 l/s respectivement, soit une moyenne de 139 l/s. Le débit moyen sur l'intégralité de la période de mesure (de mai à septembre) est quant à lui de 141 L/s.

Par ailleurs, les débits jaugés sont de 440 l/s, 94 l/s et 142 l/s en mai, août et septembre, soit 225 l/s en moyenne. De plus, d'après la courbe de tarage réalisée (voir section 3.3.4), le débit moyen calculé pendant l'intégralité de la période de mesure est de 178 l/s.

Les débits estimés à partir des données de la station Rivière Harricana paraissent donc inférieurs aux débits jaugés. Il est donc possible que le débit moyen annuel du ruisseau 2 soit supérieur à 105 l/s.

Tableau 3.9 Débits moyens mensuels du cours d'eau 2 estimés d'après les données de la station 04NA001.

	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Q moyen (l/s)	54	39	37	128	266	174	110	79	73	96	108	86	**105**

3.3.3 DÉBIT DE CRUE

Étant donné la petite taille du bassin versant à l'étude, la méthode rationnelle semble la plus appropriée à l'estimation des crues. Elle a donc été utilisée pour évaluer les débits de crue du ruisseau 2. Le tableau 3.10 présente les crues associées à différentes périodes de retour.

Tableau 3.10 Débits de crues estimés au ruisseau 2 pour différentes périodes de retour.

PÉRIODE DE RETOUR (ans)	DÉBIT DE POINTE* (m^3/s)	DÉBIT + 10 % (l/s)	DÉBIT SPÉCIFIQUE ($l/s/km^2$)
2	1,40	1 543	233,7
10	1,91	2 103	318,6
25	2,17	2 388	361,8
50	2,36	2 593	392.8
100	3,17	3 485	528,0

* Débit estimé par la méthode rationnelle (MTQ, 2005).

3.3.4 DÉBIT D'ÉTIAGE

Le débit d'étiage est estimé à partir des débits spécifiques d'étiage établis pour la station Rivière Harricana par le CEHQ (2005). Le tableau 3.10 présente ces résultats appliqués au bassin versant du cours d'eau 2.

À partir des jaugeages effectués lors des campagnes de terrain, il a été possible d'établir une relation niveau-débit théorique pour le cours d'eau 2. La figure 3.3 présente la relation obtenue.

Il est possible de noter sur la figure 3.3 que pour le niveau d'eau en période d'étiage de 7 jours enregistré par la sonde, soit 323,7 m, le débit du cours d'eau 2 serait de 76 l/s. Les débits d'étiage présentés au tableau 3.11 et issus de la station Rivière Harricana semblent donc fournir des étiages plus sévères que les étiages effectifs. Il faut cependant noter que le tableau 3.11 présente des valeurs d'étiages pour des récurrences de 2 ans au minimum. Il est possible qu'il n'y ait pas eu d'étiage majeur durant l'été 2014, ce qui expliquerait cette différence. L'ordre de grandeur de ces valeurs est tout de même comparable, ce qui valide ces données.

Tableau 3.11 Débits d'étiage du ruisseau 2 pour différentes périodes.

DÉBIT CARACTÉRISTIQUE	DÉBIT SPÉCIFIQUE D'ÉTIAGE (l/s/km²)	DÉBIT D'ÉTIAGE AU RUISSEAU 2 (l/s)
$Q_{2,7}$ estival	6,89	45
$Q_{10,7}$ estival	4,22	27
$Q_{5,30}$ estival	5,63	37
$Q_{2,7}$ annuel	4,43	29
$Q_{10,7}$ annuel	3,46	22
$Q_{5,30}$ annuel	4,09	27

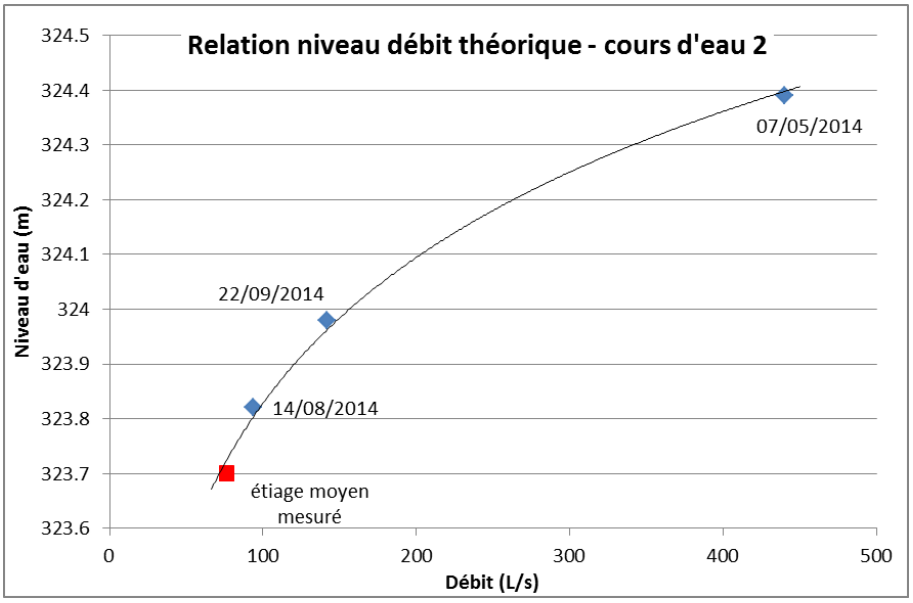


Figure 3.3 Cours d'eau 2 : Relation niveau débit théorique.

3.4 RÉSULTATS – HYDROLOGIE DU COURS D'EAU 3

3.4.1 DONNÉES RÉCOLTÉES EN 2014

Le ruisseau 3 draine en amont de la sonde 3 un bassin versant boisé relativement plat de 3 km². La pente moyenne du bassin versant est de 1,75 % et celle du cours d'eau de 0,26 %, et on constate la présence de milieux humides le long du cours d'eau dans sa partie aval. Les mesures de débits et de niveaux ont été prises dans le cours d'eau principal, cependant le terrain étant très plat dans le bas du bassin aux abords du point de mesure, des écoulements secondaires difficilement identifiables peuvent aisément se créer. La carte 4 présente la localisation du site de jaugeage et de la sonde.

Tel que l'indique le tableau 3.12, les 3 jaugeages au ruisseau 3 ont été réalisés dans des conditions de niveaux d'eau très semblables (niveaux de 324,57 m, 324,5 m et 324,55 m), ce qui ne permet pas d'établir une courbe de tarage pour convertir les niveaux en débit.

Tableau 3.12 Données recueillies lors des jaugeages sur le cours d'eau 3.

SITE	DATE DU JAUGEAGE	NIVEAU D'EAU À LA SONDE (m)	DÉBIT JAUGÉ (l/s)	DÉBIT SPÉCIFIQUE (l/s/km²)
Ruisseau 3	07/05/2014	324,57	202	67,3
	14/08/2014	324,5	118	39,3
	24/09/2014	324,55	47	15,6

La figure 3.4 présente le limnigramme au cours d'eau 3, mis en relation avec les précipitations enregistrées sur le site.

Le niveau du cours d'eau a varié de seulement 22 cm durant la période d'enregistrement, avec un niveau moyen de 324,5 m, un niveau maximal de 324,62 m atteint le 16 mai et un niveau minimal 324,4 m enregistré le 29 juin. L'étiage estival sur 7 jours a été observé du 23 au 29 juin, avec un niveau moyen de 324,42 m pour cette période.

On remarque que bien que les débits mesurés lors des trois jaugeages soient différents – le débit du 7 mai est plus de quatre fois supérieur à celui de 14 septembre, les niveaux mesurés sont quant à eu très semblables, avec seulement 7 cm de différence.

Il est important de rappeler dans un premier temps que les débits mesurés sont très faibles (0.047 m³/s, 0,118 m³/s). Les erreurs de précision sur les vitesses reliées à la précision du courantomètre ont ainsi un impact direct sur les valeurs de débits présentés. Seuls les ordres de grandeur des débits devront ainsi être considérés ici.

Par ailleurs, hormis la précision des instruments de mesures, la différence observée entre les variations de niveaux et de débits s'explique principalement par le fait qu'il y a un barrage de castor environ 1 000 m en aval du point de jaugeage. Ce dernier contrôle les niveaux d'eau au droit de la sonde. De plus, la section d'écoulement qui participe activement à l'écoulement – c'est-à-dire avec des vitesses non nulles – est également différente selon les jaugeages, ce qui peut également expliquer le fait que le niveau d'eau dans le cours d'eau ne varie pas beaucoup malgré d'importantes variations de débits. Enfin, comme indiqué précédemment, le terrain très plat et marécageux rend possible la présence d'écoulements secondaires, qui ont pu différer lors des différents jaugeages.

La figure 3.4 indique que le cours d'eau réagit peu pour des précipitations de moins de 10 mm. Par contre, le niveau descend rapidement lors des journées sans précipitations. Il remonte encore plus rapidement lors de fortes pluies (plus de 10 mm) et atteint un maximum dans un délai de 1 à 2 jours maximum. Cependant, les variations de niveaux observées sont très faibles, pour toutes les pluies, ce qui confirme l'influence importante du barrage de castor en aval sur les niveaux d'eau observés.

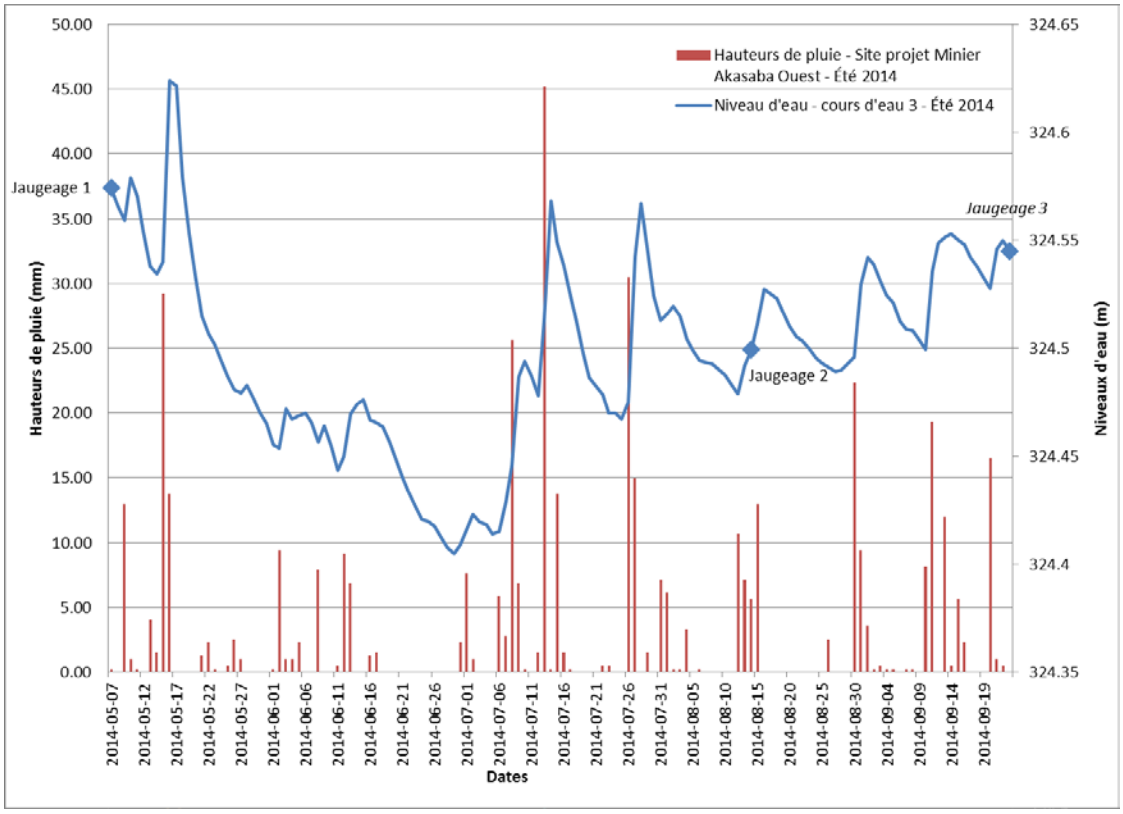


Figure 3.4 Niveaux d'eau mesurés au cours d'eau 3 et précipitations enregistrées (entre le 7 mai et le 24 septembre 2014).

3.4.2 DÉBIT MOYEN

Le débit spécifique moyen annuel établi pour la région est de 15,8 l/s/km², tel que calculé à partir des données de la station 04NA001. À partir de cette donnée, les débits moyens mensuels du cours d'eau 3 ont été estimés et sont donnés au tableau 3.13. Le débit moyen annuel du ruisseau 3 est estimé à 47 l/s.

À titre indicatif, les débits moyens du cours d'eau 3 aux mois de mai, août et septembre, estimés à partir des données de la station Rivière Harricana, sont de 121 l/s, 36 l/s et 33 l/s respectivement, soit une moyenne de 63 l/s.

Par ailleurs, les débits jaugés sont de 202 l/s, 118 l/s et 47 l/s en mai, août et septembre, soit 122 l/s en moyenne. Les débits estimés à partir des données de la station Rivière Harricana sont inférieurs aux débits jaugés. Il est ainsi possible de penser que le débit moyen annuel du ruisseau 3 pourrait être supérieur au débit de 47 l/s établit à partir des données de la station Harricana.

Tableau 3.13 Débits moyens mensuels du cours d'eau 3 estimés d'après les données de la station 04NA001.

	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Q moyen (L/s)	24	18	17	58	121	79	50	36	33	43	49	39	**47**

3.4.3 DÉBIT DE CRUE

Les débits de crues du ruisseau 3 sont estimés à partir de la méthode rationnelle. Le tableau 3.14 présente les crues associées à différentes périodes de retour.

Tableau 3.14 Débits de crues estimés au ruisseau 3 pour différentes périodes de retour.

PÉRIODE DE RETOUR (ans)	DÉBIT DE POINTE (m^3/s)	DÉBIT + 10 % (l/s)	DÉBIT SPÉCIFIQUE ($l/s/km^2$)
2	0,63	697	232,2
10	0,87	958	319,4
25	0,99	1 092	364,0
50	1,08	1 188	396,1
100	1,38	1 516	505,2

3.4.4 DÉBIT D'ÉTIAGE

Le débit d'étiage est estimé à partir des débits spécifiques d'étiage établis pour la station Rivière Harricana par le CEHQ (2005). Le tableau 3.15 présente ces résultats appliqués aux bassins versants du cours d'eau 3.

Tableau 3.15 Débits d'étiage du ruisseau 3 pour différentes périodes.

DÉBIT CARACTÉRISTIQUE	DÉBIT SPÉCIFIQUE D'ÉTIAGE ($l/s/km^2$)	DÉBIT D'ÉTIAGE AU RUISSEAU 3 (l/s)
$Q_{2,7}$ estival	6,89	21
$Q_{10,7}$ estival	4,22	13
$Q_{5,30}$ estival	5,63	17
$Q_{2,7}$ annuel	4,43	13
$Q_{10,7}$ annuel	3,46	10
$Q_{5,30}$ annuel	4,09	12

3.5 RÉSULTATS – HYDROLOGIE DU COURS D'EAU 4

3.5.1 DONNÉES RÉCOLTÉES EN 2014

Le cours d'eau 4 se situe en aval des cours d'eau 2 et 3, et reçoit donc leurs eaux en plus de celles d'autres tributaires à proximité. Il draine en amont de la sonde 4 un bassin versant boisé relativement plat de 38 km^2, avec des zones marécageuses qui couvrent 8,8 % de sa superficie, principalement le long des cours d'eau. Ce bassin inclut les bassins versants des cours d'eau 2 et 3, qui représentent respectivement 17,4 % et 7,9 % de sa superficie.

La pente moyenne du bassin versant est de 0,66 %, et on constate la présence de nombreux milieux humides disséminés dans le bassin, principalement le long des cours d'eau. Les mesures de débits et de niveaux ont été prises dans le cours d'eau principal, cependant le terrain étant très plat dans le bas du bassin aux abords du point de mesure, des écoulements secondaires difficilement identifiables peuvent se créer. La carte 4 présente la localisation des sites de jaugeages et de la sonde.

Le tableau 3.16 présente les dates et résultats des jaugeages réalisés durant l'été 2014. La figure 3.5 présente le limnigramme au ruisseau 4, mis en relation avec les précipitations enregistrées sur le site. Les jaugeages ayant été effectués dans des conditions d'hydraulicité similaires, ils ne permettent pas de réaliser une courbe de tarage.

Tableau 3.16 Données recueillies lors des jaugeages sur le cours d'eau 4.

SITE	DATE DU JAUGEAGE	NIVEAU D'EAU À LA SONDE (m)	DÉBIT JAUGÉ (l/s)	DÉBIT SPÉCIFIQUE (l/s/km²)
Ruisseau 4	08/05/2014	319,36	2 411	63,4
	14/08/2014	318,6	793	20,8
	24/09/2014	318,85	538	14,2

On peut constater que le niveau d'eau relevé lors du dernier jaugeage est supérieur de 25 cm à celui relevé lors du 2^{e} jaugeage, bien que le débit mesuré soit inférieur. Il est cependant important de rappeler que ces débits mesurés sont relativement faibles et proches (0.54 m³/s et 0,79 m³/s). Les erreurs de précision sur les vitesses reliées à la précision du courantomètre ont ainsi un impact direct sur les valeurs de débits présentés, et peuvent certainement expliquer ces résultats. Seuls les ordres de grandeur des débits devront ainsi être considérés ici. De plus, comme indiqué précédemment, le terrain très plat et marécageux rend possible la présence d'écoulements secondaires, qui ont pu différer lors des différents jaugeages.

Le niveau du cours d'eau a varié de 1,49 m durant la période d'enregistrement, avec un niveau moyen de 318,73 m, un niveau maximal de 319,88 m atteint le 17 mai et un niveau minimal 318,39 m enregistré le 30 juin. L'étiage estival sur 7 jours a été observé du 23 au 29 juin, avec un niveau moyen de 318,42 m pour cette période.

On peut remarquer sur la figure 3.5 que le cours d'eau 4 a globalement la même forme de réponse aux précipitations que le cours d'eau 2. Tel que constaté pour le cours d'eau 2, on distingue pendant la période de mesure quatre pics majeurs où le niveau du cours d'eau a dépassé 321,9 m, soient les 11 et 17 mai, ainsi que les 14 et 28 juillet. On remarque cependant que ce n'est pas la pluie la plus importante qui a généré le niveau d'eau le plus élevé. En effet, la pluie de 45,21 mm du 13 juillet a engendré un niveau de 319,43 m tandis que les pluies d'environ 30 mm du 15 mai et du 27 juillet ont généré des niveaux de 319,88 et 319,55 mm respectivement.

Cette observation peut s'expliquer par deux hypothèses, soit des conditions antécédentes d'humidité plus élevées pour les pluies du 15 mai et du 27 juillet qui ont augmenté la portion ruisselante et diminué les pertes dans le sol, et des pluies qui n'étaient pas réparties de la même manière sur la zone d'étude tant géographiquement que temporellement.

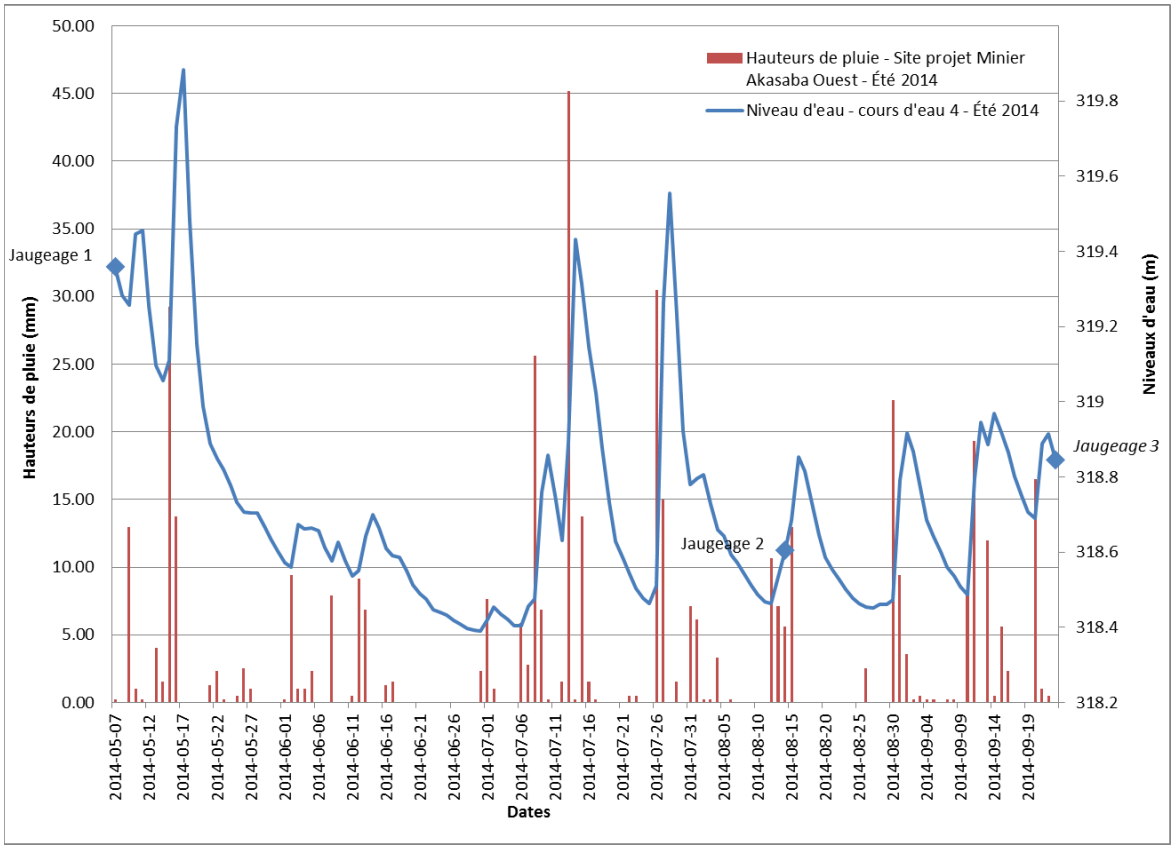


Figure 3.5 Niveaux d'eau mesurés au cours d'eau 4 et précipitations enregistrées (entre le 7 mai et le 24 septembre 2014).

3.5.2 DÉBIT MOYEN

Le débit spécifique moyen annuel établi pour la région est de 15,8 l/s/km², tel que calculé à partir des données de la station 04NA001. À partir de cette donnée, les débits moyens mensuels du cours d'eau 4 ont été estimés et sont donnés au tableau 3.17. Le débit moyen annuel du ruisseau 4 est estimé à 602 l/s.

À titre indicatif, les débits moyens du cours d'eau 4 aux mois de mai, août et septembre, estimés à partir des données de la station Rivière Harricana, sont de 1 530 l/s, 456 l/s et 422 l/s respectivement, soit une moyenne de 602 l/s. Le débit moyen sur l'intégralité de la période de mesure (de mai à septembre) est quant à lui de 803 L/s.

Par ailleurs, les débits jaugés sont de 2 411 l/s, 2 140 l/s et 538 l/s en mai, août et septembre, soit 1 696 l/s en moyenne. Les débits estimés à partir des données de la station Rivière Harricana sont inférieurs aux débits jaugés. Il est donc possible de penser que le débit moyen annuel du ruisseau 4 pourrait être supérieur au débit de 602 l/s établit à partir des données de la station Harricana.

Tableau 3.17 Débits moyens mensuels du cours d'eau 4 estimés d'après les données de la station 04NA001.

	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Q moyen (L/s)	310	227	211	738	1530	1001	634	455	422	551	623	493	**602**

3.5.3 DÉBIT DE CRUE

Le tableau 3.18 présente les crues du ruisseau 4 calculées à l'aide de la méthode rationnelle, de la méthode de transfert de bassin et de la méthode régionale, associées à différentes périodes de retour.

Tableau 3.18 Débits de crues estimés au ruisseau 4 pour différentes périodes de retour.

PÉRIODE DE RETOUR	MÉTHODE RATIONNELLE (+10%)		TRANSFERT DE BASSIN		MÉTHODE RÉGIONALE	
	(l/s)	(l/s/km²)	(l/s)	(l/s/km²)	(l/s)	(l/s/km²)
2	**4 727**	124,3	1 836	48.3	14 491	381.1
10	**6 320**	166,2	2 452	64.5	20 052	527.3
25	**7 140**	187,7	2 738	72.0	22 419	589.5
50	**7 717**	202,9	2 943	77.4	24 013	631.4
100	**11 479**	301,9	3 143	82.6	25 470	669.7

On peut constater que la méthode régionale donne des résultats très élevés, bien au-dessus des valeurs de débits spécifiques habituelles pour un bassin versant de cette taille. Cela peut s'expliquer par le fait que cette méthode a été développée à partir de données provenant principalement de bassins versants de taille beaucoup plus importante. Elle n'est donc pas adaptée pour la présente étude, et ses résultats ont été écartés.

La méthode par transfert de bassin au contraire donne des résultats très faibles comparativement aux valeurs mesurées pendant les jaugeages ainsi qu'aux débits spécifiques retenus pour les autres bassins étudiés. Ceci s'explique également par la taille du bassin, trop éloignée de la taille du bassin de référence qui a servi au transfert. Ces résultats ont donc été également écartés.

Enfin, la méthode rationnelle donne des résultats de débits cohérents avec les jaugeages effectués ainsi qu'avec les résultats obtenus pour les deux autres bassins étudiés. Ce sont donc ces résultats qui sont à considérer pour l'estimation de l'ordre de grandeur des débits de crue.

3.5.4 DÉBIT D'ÉTIAGE

Le débit d'étiage est estimé à partir des débits spécifiques d'étiage établis pour la station Rivière Harricana par le CEHQ (2005). Le tableau 3.19 présente ces résultats appliqués aux bassins versants du cours d'eau 4.

Tableau 3.19 Débits d'étiage estimés au ruisseau 3 pour différentes périodes.

DÉBIT CARACTÉRISTIQUE	DÉBIT SPÉCIFIQUE D'ÉTIAGE (l/s/km²)	DÉBIT D'ÉTIAGE AU RUISSEAU 4 (l/s)
$Q_{2,7}$ estival	6,89	262
$Q_{10,7}$ estival	4,22	160
$Q_{5,30}$ estival	5,63	214
$Q_{2,7}$ annuel	4,43	168
$Q_{10,7}$ annuel	3,46	131
$Q_{5,30}$ annuel	4,09	155

4 CONCLUSION

Les données météorologiques de la Station de Val-d'Or Aéroport ont été utilisées pour refléter des conditions prévalant au site projeté de la mine. Il s'agit de la station la plus proche du site à étudier ayant une série de données assez longues pour les différents paramètres d'intérêts.

Le climat de la zone d'étude est caractérisé par un hiver rigoureux et un été relativement court, avec toutefois un printemps doux. La température y varie dans une large plage, les extrêmes observés à Val-d'Or Aéroport, à environ 15 km au nord-ouest, étant de -23,5 °C et de 23,4 °C. Janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de -17,2 ºC alors que juillet est le mois le plus chaud, avec une température moyenne de 17,2 ºC. Les précipitations totales annuelles atteignent en moyenne 635,2 mm et sont plus abondantes de juin à septembre. Les chutes de neige s'échelonnent principalement d'octobre à avril, avec un total moyen annuel de 300,4 cm.

Trois cours d'eau ont fait l'objet d'analyses hydrologiques dans la zone d'étude.

Le débit moyen annuel spécifique des cours d'eau de la zone d'étude est estimé à 15,8 l/s/km^2. Le débit d'étiage $Q_{10,7}$ est évalué à 4,22 l/s/km² et le débit d'étiage $Q_{2,7}$, à 6,89 l/s/km². Ces dernières valeurs sont basées sur la station hydrométrique de la rivière Harricana (04NA001). Les jaugeages effectués sur le cours d'eau 2 ont permis de valider l'ordre de grandeur de ces étiages, cependant seul le suivi sur le site des niveaux et débits, idéalement sur 12 mois, permettrait de vérifier ces estimations.

Les débits spécifiques de crue évalués par la méthode rationnelle, qui tient compte de l'effet de laminage par les nombreux milieux humides de la zone d'étude, sont respectivement de 1,4 m³/s, 0,63 m³/s et 4,7 m³/s pour les cours d'eau 2, 3 et 4 pour une période de retour de 2 ans.

Il est important de noter que le cours d'eau 3, qui sera potentiellement le plus impacté par le projet minier puisqu'il traverse l'emprise prévue des installations minières, est contrôlé par un barrage de castor situé directement en aval du point de mesure, non loin du point de rejet prévu par la future exploitation minière.

Le réseau hydrographique potentiellement impacté par le projet de Mine Akasaba Ouest représente 22,7 % du bassin versant de la rivière Sabourin, et 5 % de celui de la rivière Bourlamaque. Il s'agit cependant de la tête du grand bassin versant de la rivière Harricana, et la moindre contamination de ce réseau pourrait donc avoir un impact sur la totalité du bassin versant.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 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. *Débits d'étiage aux stations hydrométriques du Québec.* http://www.cehq.gouv.qc.ca/debit-etiage/index.htm
- CNRC. 1990. *Hydrologie des crues au Canada – Guide de planification et de conception.* Conseil national de recherche Canada, Ottawa.
- ENVIRONNEMENT CANADA. 2006. *Normales et moyennes climatiques au Canada 1971-2000*. www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/climate_normals/index_f.html.
- ENVIRONNEMENT CANADA. 2010a. *Archives nationales d'information et de données climatologiques.* www.climat.meteo.gc.ca/climateData/canada_f.html
- INRS-ETE. 2002. Logiciel Hyfran, version 1.1. *Chaire en hydrologie statistique CRSNG/Hydro-Québec/Alcan.*
- MESSIER, F., ANCTIL, F. ET B. BEAULIEU. 2007. *Échelonnage de la crue journalière pour des bassins versants de superficie entre 10 et 360 km^2 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.

Annexe A

RÉPERTOIRE PHOTOGRAPHIQUE

Annexe A

Photo 1	Localisation de la sonde limnimétrique sur le cours d'eau #2. Mai 2014

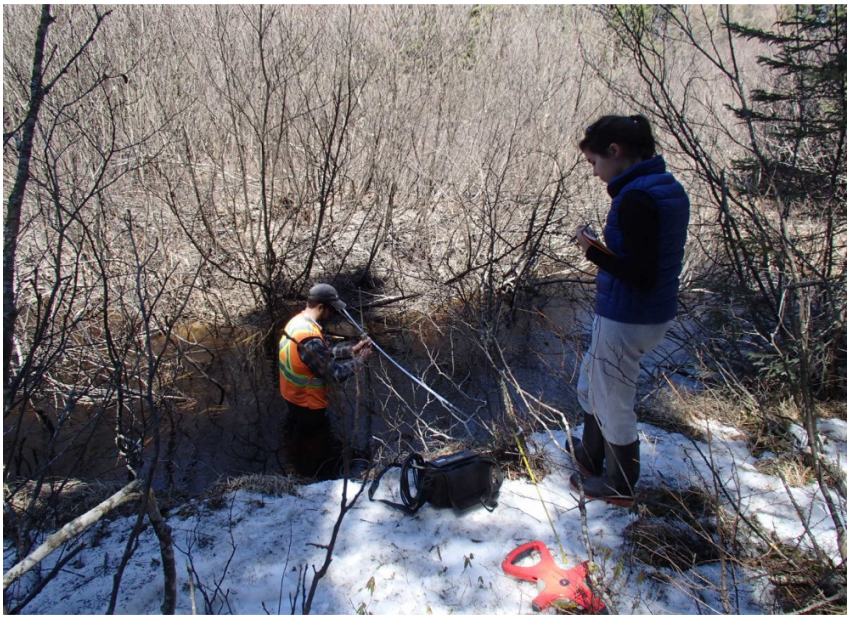


Photo 2	Jaugeage du cours d'eau #2. Mai 2014

Annexe A

Photo 3	Cours d'eau #2. Mai 2014

Photo 4	Cours d'eau #2. Mai 2014

Photo 5	Cours d'eau #2. Septembre 2014

Photo 6	Pluviomètre et Barologger, à proximité du cours d'eau #3. Mai 2014

Photo 7	Localisation de la sonde limnimétrique sur le cours d'eau #3. Mai 2014

Photo 8	Jaugeage du cours d'eau #3. Mai 2014

Photo 9	Cours d'eau #3. Mai 2014

Photo 10	Cours d'eau #3. Mai 2014

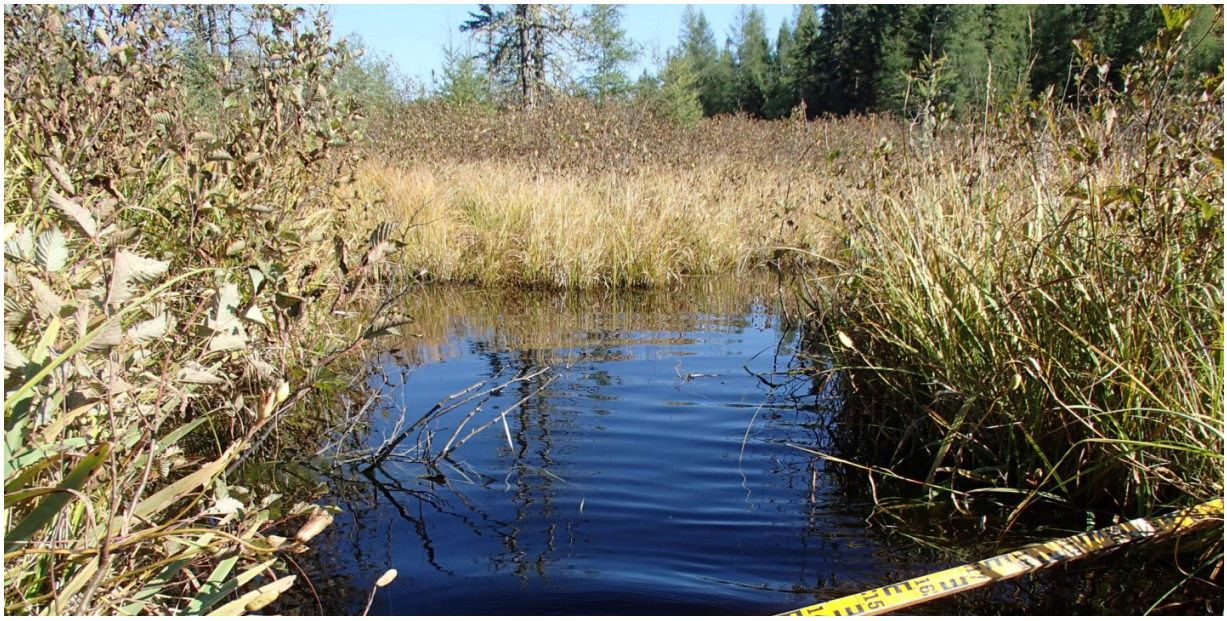


Photo 11	Cours d'eau #3. Septembre 2014

Photo 12	Cours d'eau #3. Septembre 2014

Photo 13	Localisation de la sonde limnimétrique sur le cours d'eau #4. Mai 2014

Photo 14	Installation pour jaugeage cours d'eau #4. Mai 2014

Photo 15	Cours d'eau #4. Mai 2014

Photo 16	Cours d'eau #4. Mai 2014

Photo 17	Cours d'eau #4. Mai 2014

Photo 18	Cours d'eau #4. Septembre 2014

Photo 19	Cours d'eau #4. Septembre 2014

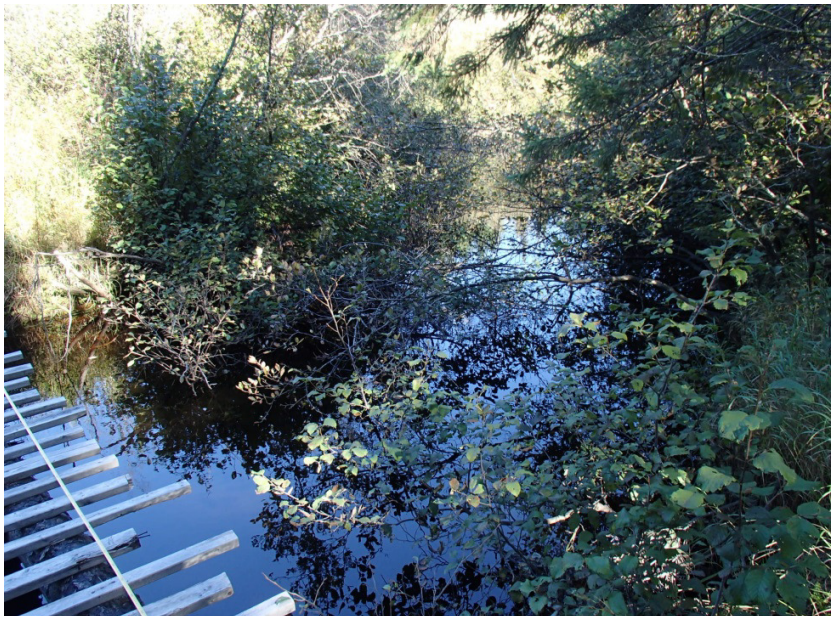


Photo 20	Cours d'eau #4. Septembre 2014