

Corporation Minière Osisko

**Déviations de la route 117
à l'entrée Est de la ville de Malartic**

Étude hydraulique d'une section de la rivière Malartic



Déviation de la route 117 à l'entrée Est de la ville de Malartic

Étude hydraulique d'une section de la rivière Malartic

Présenté à :

Corporation Minière Osisko

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Corporation Minière Osisko

Directrice environnement – Siège social Christine Baribeau, B.Sc., M.Sc.

Surintendant travaux civils François Fortin, ing.

WSP Canada Inc.

Directeur environnement Bernard Fournier, B. Sc.A., M.ATDR

Directeur de projet Guy Jérémie, ing.

Analyse et rédaction Martin Bouchard Valentine, M.Sc. biologiste
Jean Carreau, M.Sc. biologiste

Cartographie et infographie Mylène Lévesque, cartographe et infographe

Arpentage / relevés David Viens, tech.

Référence à citer :

WSP, 2014. Déviation de la route 117 à l'entrée Est de la ville de Malartic. Étude hydraulique d'une section de la rivière Malartic. Rapport réalisé pour Corporation Minière Osisko. 29 pages.

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION	1
2	MÉTHODOLOGIE	5
2.1	Données de base	5
2.1.1	Campagne de relevés	5
2.1.2	Topographie.....	5
2.2	Méthodologie.....	5
2.2.1	Rivière Malartic	5
2.2.1.1	Hydrologie.....	5
2.2.1.2	Modélisation hydraulique.....	6
2.2.1.3	Conditions amont et aval du modèle	9
2.2.1.4	Coefficient de Manning.....	9
2.2.1.5	Étalonnage.....	9
2.2.1.6	Secteur aval de la rivière Malartic	14
2.2.2	Tributaires de la rivière Malartic : cours d'eau CE1 et CE2	16
2.2.2.1	Modélisation hydraulique.....	16
2.2.2.2	Coefficient de Manning.....	16
2.2.2.3	Conditions limites du modèle.....	16
2.2.2.4	Caractéristiques de chacun des cours d'eau	17
3	RÉSULTATS	19
3.1	Cotes d'inondation de la rivière Malartic	19
3.1.1	Secteur amont.....	19
3.1.2	Secteur aval.....	21
3.2	Tributaires de la rivière Malartic.....	25
3.2.1	Cours d'eau CE1.....	25
3.2.2	Cours d'eau CE2.....	25
4	CONCLUSION.....	27
5	RÉFÉRENCES	29

CARTES

Carte 1-1	Localisation de la rivière Malartic et des cours d'eau franchis par le tracé de la déviation.....	3
Carte 2-1	Localisation des sections HEC-RAS et du chaînage des cours d'eau	7
Carte 3-1	Limites des zones inondables 2, 20 et 100 ans de la rivière Malartic	23

FIGURES

Figure 2-1	Thalweg, ligne d'eau simulée et niveaux observés lors du jaugeage au printemps 2010 dans le secteur amont de la rivière Malartic.....	11
Figure 2-2	Lignes d'eau simulées et niveaux d'eaux observés lors des jaugeages de 2007 et pour le débit de récurrence de 2 ans dans le secteur amont de la rivière Malartic	13
Figure 2-3	Thalweg, ligne d'eau simulée et niveaux d'eau observés lors des relevés en octobre 2011 (ligne d'eau pour un débit estimé de 1 m ³ /s) dans le secteur aval de la rivière Malartic.....	15
Figure 3-1	Lignes d'eau du modèle HEC-RAS de la rivière Malartic (secteur amont) pour les débits de récurrence 2, 20 et 100 ans	20
Figure 3-2	Lignes d'eau du modèle HEC-RAS de la rivière Malartic (secteur aval) pour les débits de récurrence 2, 20 et 100 ans	22

TABLEAUX

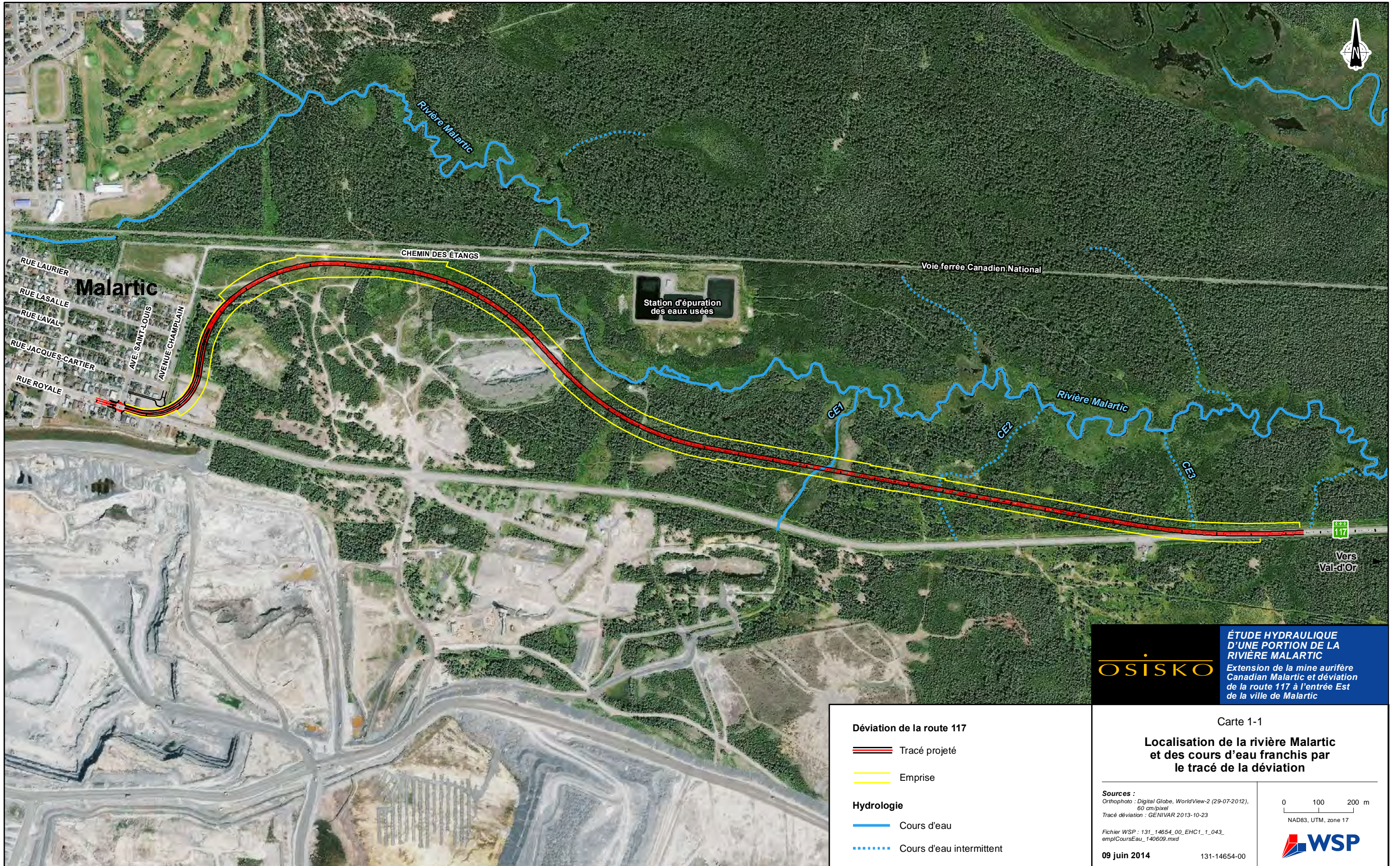
Tableau 2-1	Débit de crue de la rivière Malartic au secteur à l'étude	6
Tableau 2-2	Résultats du jaugeage réalisé au printemps 2010.....	10
Tableau 2-3	Résultats des jaugeages réalisés en 2007 à la section la plus en amont	12
Tableau 3-1	Cotes d'inondation pour les crues 2, 20 et 100 ans dans le secteur amont de la rivière Malartic.....	19
Tableau 3-2	Cotes d'inondation pour les crues 2, 20 et 100 ans dans le secteur aval de la rivière Malartic.....	21

1 INTRODUCTION

Le présent rapport est préparé dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement pour le projet d'*Extension de la mine aurifère Canadian Malartic et de la déviation de la route 117 à l'entrée Est de la ville de Malartic* (« **ÉIE** »). Le but de ce dernier est de rassembler les informations issues de diverses analyses hydrauliques de WSP Canada Inc. (« **WSP** ») (anciennement GENIVAR Inc.) réalisées de 2010 à 2012 pour le compte de Corporation Minière Osisko (« **OSISKO** ») et d'une étude hydraulique produite en 2013 par Golder Associés (GOLDER, 2013) (« **GOLDER** »). Ces analyses visaient à présenter les débits de crue de la rivière Malartic et à connaître les cotes d'inondation pour les crues 2, 20 et 100 ans (zones inondables) de la rivière Malartic et des trois cours d'eau (CE1, CE2 et CE3) franchis par la déviation prévue de la route 117 (« **le tracé de la déviation** »). La carte 1-1 localise les cours d'eau à l'étude.

Les débits de crues de la rivière Malartic et la définition des zones inondables qui en découlent ont permis d'optimiser la conception du tracé de la déviation. D'une part, considérant les autres contraintes associées à la présence même de l'extension de la fosse et des anciens chantiers miniers du secteur de la fosse Buckshot, ceci a permis de positionner le tracé de la déviation aux extrémités des zones inondables de la rivière Malartic, le tout de manière à limiter au maximum l'empiètement en milieu hydrique et à ne pas fragmenter ces zones. D'autre part, la détermination des cotes de crues de la rivière Malartic a permis de définir un profil en long de la future route de manière à ne pas exposer la chaussée aux différents risques d'inondation associés à la rivière Malartic, non seulement pour les crues 1 : 20 ans et 1 : 100 ans, mais également pour les hautes eaux printanières correspondant à la crue d'une période de retour de 1 : 2 ans.

Enfin, l'analyse spécifique aux trois autres cours d'eau (CE1, CE2 et CE3) a permis de débiter l'analyse menant à déterminer le design optimal pour le dimensionnement des ponceaux du futur tronçon routier, tant d'un point de vue de protection de l'environnement que pour des considérations hydrauliques associées au drainage de la route et à la présence du site minier à proximité. L'analyse de ces trois cours d'eau à l'intérieur du présent rapport concerne la crue d'une période de retour de 1 : 2 ans.



OSISKO

ÉTUDE HYDRAULIQUE D'UNE PORTION DE LA RIVIÈRE MALARTIC
 Extension de la mine aurifère Canadien Malartic et déviation de la route 117 à l'entrée Est de la ville de Malartic

Carte 1-1

Localisation de la rivière Malartic et des cours d'eau franchis par le tracé de la déviation

Déviation de la route 117

- Tracé projeté
- Emprise

Hydrologie

- Cours d'eau
- Cours d'eau intermittent

Sources :
 Orthophoto : Digital Globe, WorldView-2 (29-07-2012), 60 cm/pixel
 Tracé déviation : GENIVAR 2013-10-23

Fichier WSP : 131_14654_00_EHC1_1_043_emplCoursEau_140609.mxd

09 juin 2014 131-14654-00

0 100 200 m

NAD83, UTM, zone 17

2 MÉTHODOLOGIE

2.1 Données de base

2.1.1 Campagne de relevés

Dans un premier temps, des relevés de terrain (bathymétrie, topographie, jaugeage) ont été réalisés dans la semaine du 26 avril 2010 afin de caractériser le secteur amont de la rivière Malartic se trouvant dans le milieu d'étude. Ce secteur est identifié à la carte 2-1 et les chaînages établis pour la rivière y sont aussi représentés. Le secteur amont est celui se trouvant entre les chaînages 2+775 et 3+680, soit celui compris entre l'ancienne fosse Buckshot et la station d'épuration des eaux usées de la Ville de Malartic. Plus d'une dizaine de sections de calculs ont été établis dans ce secteur pour la modélisation hydraulique, lesquelles ont toutes fait l'objet d'un arpentage détaillé au préalable.

Par la suite, une nouvelle campagne de relevés a été réalisée du 29 au 31 octobre 2011 afin de caractériser le secteur aval de la rivière Malartic, soit entre les chainages 0+482 et 2+420 qui ont été établis pour la rivière. De plus, lors de cette campagne des relevés ont été effectués sur les cours d'eau CE1 et CE2, lesquels impliquent un nouveau corridor pour le franchissement de la rivière Malartic (le point de traversée du cours d'eau CE3 avec le tracé de la déviation se situe en continuité du point traversée actuel sur la route 117). Des relevés topographiques et bathymétriques ont été effectués lors de cette campagne, de manière à établir une trentaine de sections de calculs additionnelles pour la modélisation hydraulique.

2.1.2 Topographie

La topographie générale utilisée dans le présent rapport provient de la carte topographique numérique 32D01-0202 à l'échelle 1 : 20 000 du ministère des Ressources naturelles (« MRN ») ainsi que d'un levé LIDAR transmis par OSISKO à l'automne 2011. Ces informations viennent compléter les relevés d'arpentage effectués sur le terrain.

2.2 Méthodologie

2.2.1 Rivière Malartic

2.2.1.1 Hydrologie

L'approche détaillée de caractérisation des crues de la rivière Malartic pour le segment à l'étude se trouve dans l'étude d'impact sur l'environnement de 2008 concernant le projet minier d'origine, et plus précisément dans le rapport sectoriel portant sur la climatologie et l'hydrologie (GENIVAR, 2008). En résumé, les débits de crue présentés dans ce rapport sectoriel ont été établis en faisant la moyenne des débits obtenus par différentes méthodes, soit les débits estimés par Golder (Golder, 2002) dans le cadre de la conception des ouvrages hydrauliques de gestion des eaux du site East Malartic ainsi que par une méthode basée sur une étude de régionalisation des crues (Ancil et coll. 1998; Messier et coll., 2007).

Le tableau 2-1 reproduit les débits de crue qui ont été estimés pour toute la section de la rivière Malartic à l'étude et ce, pour différentes récurrences établies lors de l'étude d'impact du projet minier d'origine.

Tableau 2-1 Débit de crue de la rivière Malartic au secteur à l'étude

Réurrence (année)	Débit (m ³ /s) ¹
2	8,2
10	11,4
20	12,6
25	12,9
50	13,9
100	14,7

Source : Étude d'impact sur l'environnement – Rapport sectoriel – Climatologie et hydrologie (GENIVAR, 2008).

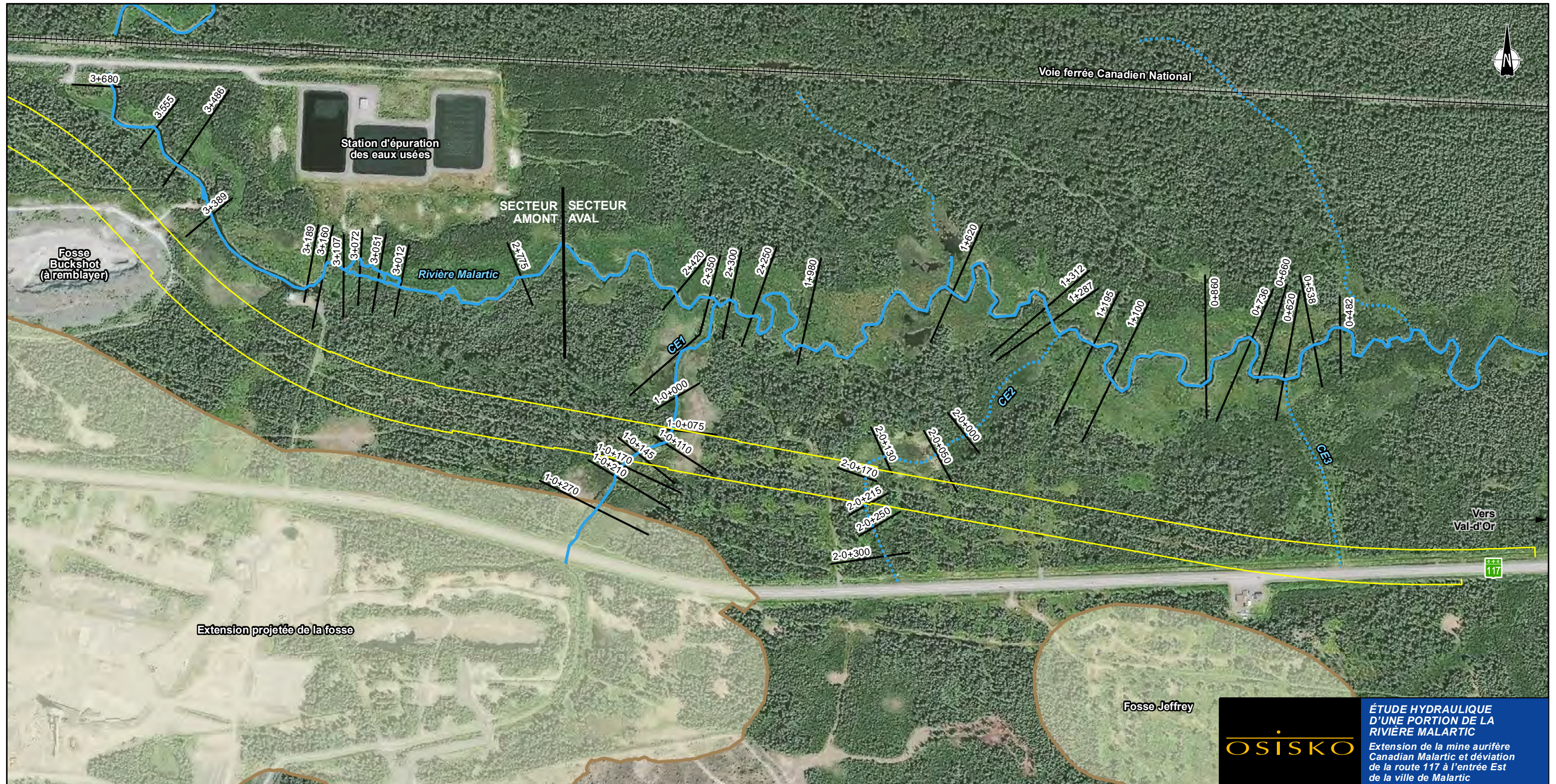
Pour la détermination des débits des trois tributaires de la rivière Malartic dans le milieu d'étude (CE1, CE2 et CE3), la méthode rationnelle telle que présentée par le MTQ (MTQ, 2004) a été utilisée. Cette méthode est valide pour des bassins versants de superficie inférieure à 25 km² comme c'est le cas pour ces tributaires.

2.2.1.2 Modélisation hydraulique

Les conditions d'écoulement de la rivière Malartic dans la section à l'étude ont été évaluées à l'aide du logiciel HEC-RAS développé par le *U.S. Army Corps of Engineers*. Ce logiciel permet de construire un modèle hydraulique 1D d'une rivière et de simuler différentes conditions de débits.

Afin de représenter adéquatement le secteur amont de la rivière Malartic entre les chaînages de cours d'eau 2+775 et 3+680, onze sections perpendiculaires à l'écoulement ont été relevées en avril 2010 (voir carte 2-1). Les sections ont été positionnées à des endroits stratégiques dans la rivière Malartic, tels qu'aux changements de pente, aux rétrécissements ou à proximité d'un obstacle ou d'un tributaire.

La même approche a été privilégiée par la suite pour établir les sections sur la portion aval de la rivière Malartic. Les relevés d'arpentage d'octobre 2011 ont alors permis d'établir seize sections perpendiculaires à l'écoulement dans le secteur aval de la rivière Malartic entre les chaînages de cours d'eau 0+482 et 2+420. De plus, sept sections perpendiculaires à l'écoulement ont été définies respectivement pour les cours d'eau CE1 et CE2 dans le secteur où la Déviation les traversent. Cependant, puisque le tracé projeté ne modifiera pas significativement le CE3, l'empiétement actuel de la route sur le littoral du cours d'eau ne devrait pas être augmenté. Il n'a donc pas été jugé nécessaire d'établir la cote d'inondation pour ce cours d'eau et conséquemment, aucun modèle n'a été effectué.



**ÉTUDE HYDRAULIQUE
D'UNE PORTION DE LA
RIVIÈRE MALARTIC**
Extension de la mine aurifère
Canadian Malartic et déviation
de la route 117 à l'entrée Est
de la ville de Malartic

Modélisation hydraulique

- Section de calculs
- 2+300 Chaînage des cours d'eau

Hydrologie

- Cours d'eau
- Cours d'eau intermittent

Déviation de la route 117

- Emprise

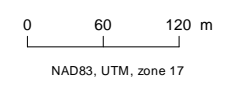
Extension Canadian Malartic

- Fosse projetée

Carte 2-1

**Localisation des secteurs HEC-RAS
et du chaînage des cours d'eau**

Sources :
Orthophoto : Digital Globe, WorldView-2 (29-07-2012),
60 cm/pixel
Tracé : 131-12933-XR_GEOM_MTM.dwg (2013-10-21)
Fichier WSP : 131_14654_00_EHC2_1_044_
emplHecRas_140609.mxd



09 juin 2014

131-14654-00



La raison qui explique pourquoi les relevés ont été effectués en deux temps réside dans le fait que le tracé de la déviation a évolué entre 2010 et 2012 et ce, considérant l'extension de la fosse qui, en elle-même, s'est agrandie durant cette période avec la définition plus précise de la ressource minière. Le tracé de la déviation n'effleurait pas le cours d'eau CE2 en 2010, comme c'est le cas en ce moment avec le cours d'eau CE3. Ainsi, l'objectif était alors d'établir les cotes de crues et les zones inondables de la rivière Malartic essentiellement pour le secteur amont à proximité de l'ancienne fosse Buckshot et de la station d'épuration des eaux usées. Le tracé de la déviation s'étant étendu par la suite plus vers l'est, il devenait alors essentiel de documenter davantage le secteur aval de la rivière ainsi que l'interaction de cette dernière avec les deux tributaires CE1 et CE2 quant aux niveaux d'eau anticipés et à l'entendue des zones inondables qui s'y trouvent.

Comme le modèle de la rivière Malartic a commencé à être établi en 2007 avec l'étude d'impact du projet minier d'origine, que ce travail s'est poursuivi en 2010 et 2011 avec les analyses spécifiques qui ont été requises pour optimiser le positionnement du tracé de la déviation, c'est la version 3.1 de logiciel HEC-RAS qui a été utilisée (USACE, 2002).

2.2.1.3 Conditions amont et aval du modèle

La condition frontière amont du modèle consiste à imposer un débit (débits de crue calculés ou débits mesurés dans le cas de l'étalonnage). Pour établir la condition frontière aval du modèle, le niveau d'eau relevé lors de l'étalonnage est imposé. Entre les extrémités amont et aval du modèle, la pente naturelle du cours d'eau a été imposée pour les autres cas de simulation.

2.2.1.4 Coefficient de Manning

La rugosité hydraulique, ou le coefficient de Manning, indique la perte d'énergie hydraulique causée par le frottement de l'eau avec la surface solide. Les coefficients de Manning du modèle ont été déterminés d'après les observations visuelles du lit de la rivière et d'après le *Manuel de conception des ponceaux* du MTQ (MTQ, 2004).

Les coefficients de Manning pour les secteurs amont et aval de la rivière Malartic ont été établis à 0,030 pour le lit principal de la rivière et à 0,045 pour les plaines inondables, qui s'apparentent à des grandes prairies marécageuses près des rives, de broussailles et d'arbres à mesure que l'on s'éloigne des berges (GENIVAR, 2010).

2.2.1.5 Étalonnage

Secteur amont de la rivière Malartic

Pour le secteur amont de la rivière Malartic, l'étalonnage du modèle HEC-RAS a été effectué à partir des données de terrain recueillies dans la semaine du 26 avril 2010. Le débit jaugé lors des relevés était de 0,35 m³/s. Les niveaux d'eaux observés (« **NE** ») lors de cette même journée ont permis de valider les paramètres du modèle. La figure 2-1 présente la ligne d'eau du modèle HEC-RAS simulée avec le débit jaugé ainsi que les niveaux d'eaux observés lors des relevés. Le thalweg correspondant à chacune des sections de calculs y est également représenté.

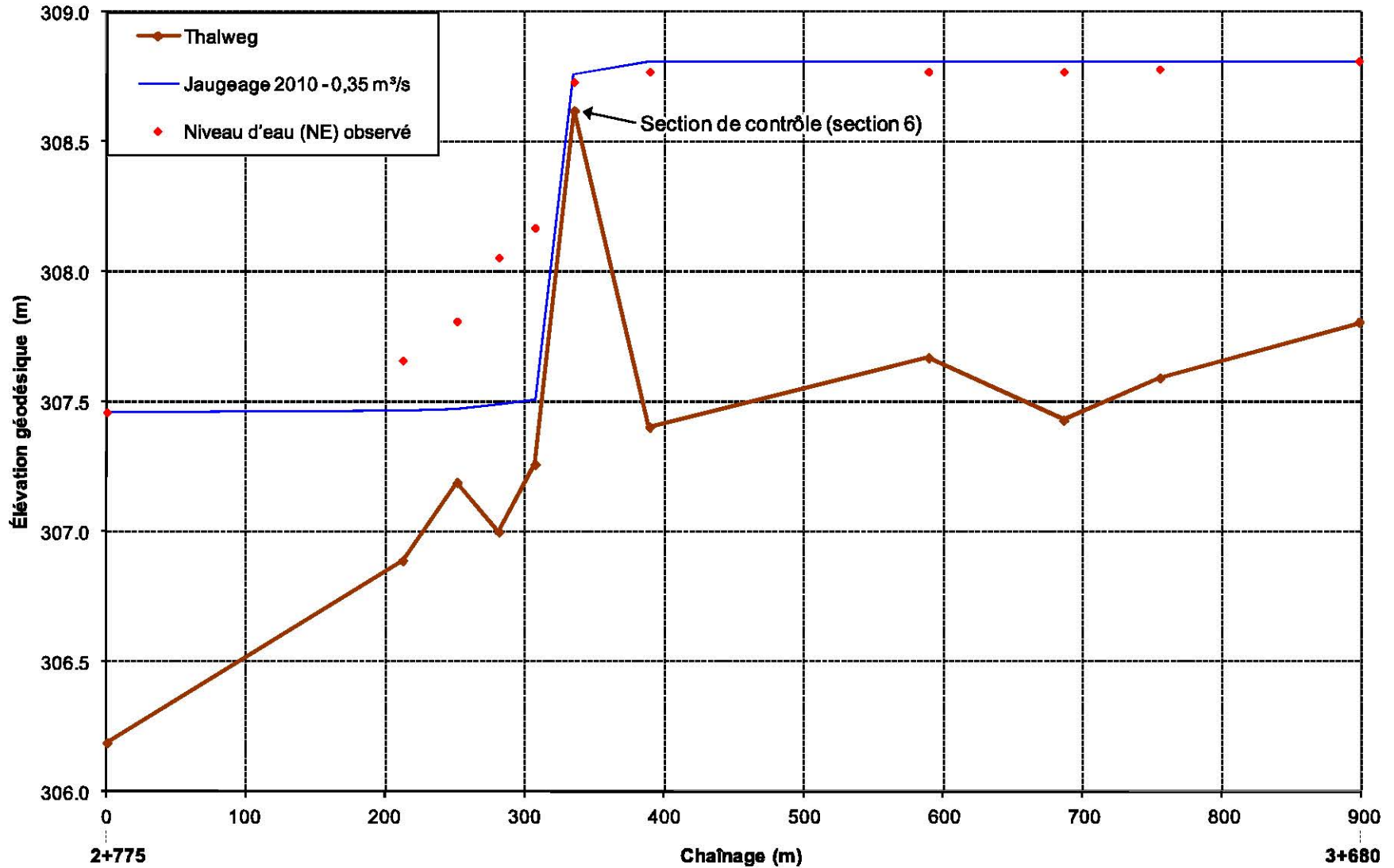
Une section de contrôle a été établie au chaînage 3+160. La portion en amont de cette section de contrôle, soit celle entre les chaînages 3+160 et 3+680, est celle qui demande le plus de précision dans la validation du modèle car c'est à cet endroit qu'on retrouve une plaine de débordement beaucoup plus étendue qui se rapproche ou qui croise le tracé de la déviation. Et comme l'indiquent le tableau 2-2 et la figure 2-1, tous les niveaux d'eau simulés en amont de la section de contrôle correspondent aux niveaux d'eau observés, ce qui permet de confirmer la validité du modèle à cet endroit. Ceci est important car c'est précisément dans ce lieu qu'il faut établir avec une plus grande précision les cotes de crues pour l'optimisation du profil en long du tracé de la déviation

Cependant, en aval de la section de contrôle (chaînages 2+775 à 3+160), les niveaux d'eau observés et simulés ne concordent plus. Des zones de haut-fond non visibles, un rétrécissement du lit de la rivière Malartic ou des obstacles n'ayant pas été relevés peuvent expliquer le plus grand écart entre les niveaux d'eau observés et simulés (voir figure 2-1 et tableau 2-2).

Tableau 2-2 Résultats du jaugeage réalisé au printemps 2010

Section	Chaînage (m)	NE simulés (m)	NE observés (m)	Écart (m)
1	3+680	308,81	308,81	0
2	3+555	308,81	308,78	0,03
3	3+486	308,81	308,77	0,04
4	3+389	308,81	308,77	0,04
5	3+189	308,81	308,77	0,04
6	3+160	308,76	308,73	0,03
7	3+107	307,51	308,17	-0,66
8	3+072	307,49	308,06	-0,57
9	3+051	307,47	307,81	-0,34
10	3+012	307,46	307,66	-0,20
11	2+775	307,46	307,46	0,00

Figure 2-1 Thalweg, ligne d'eau simulée et niveaux observés lors du jaugeage au printemps 2010 dans le secteur amont de la rivière Malartic



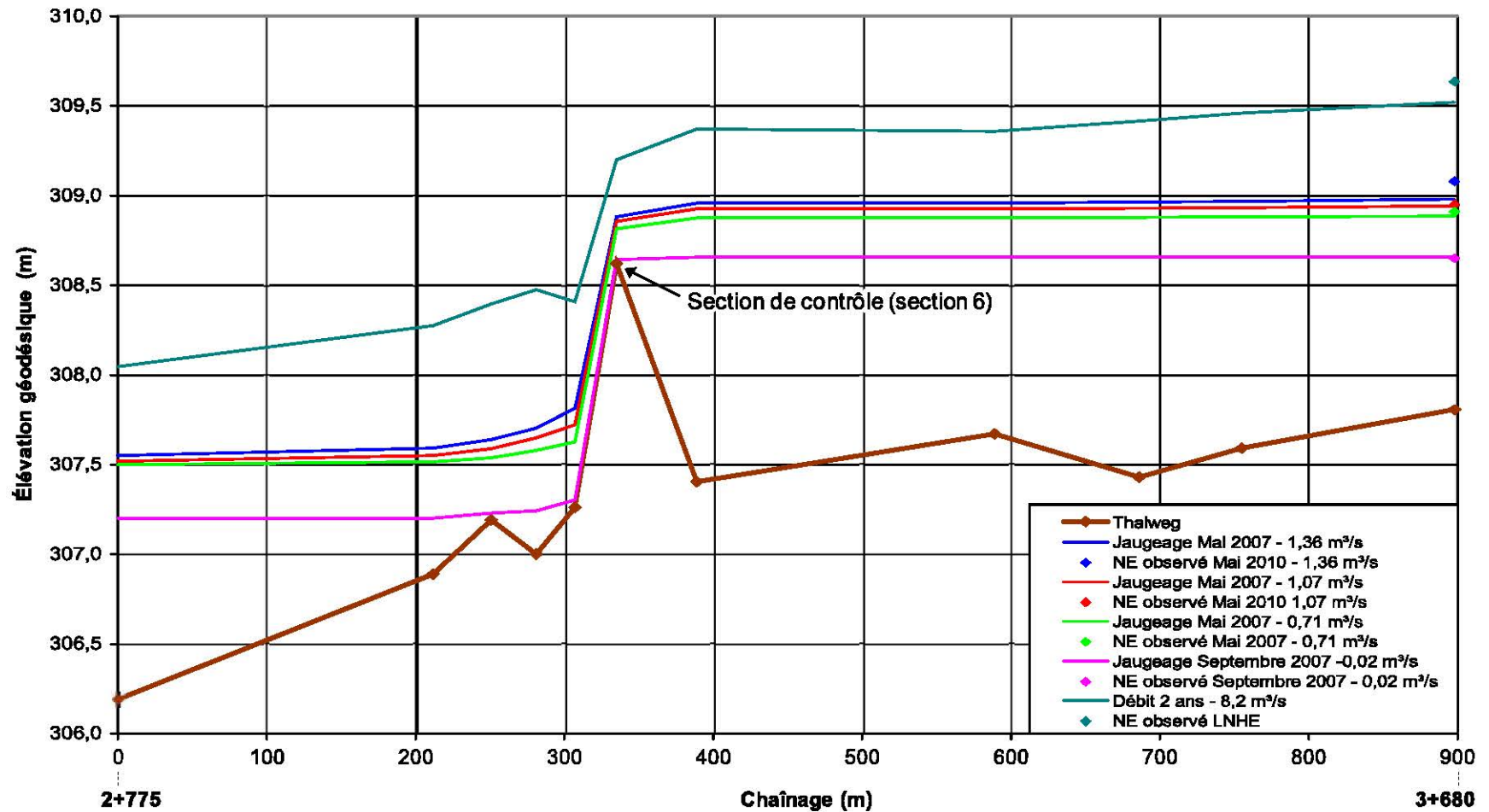
Le modèle a également été validé à l'aide des données recueillies au printemps et à l'automne 2007 (GENIVAR, 2008b), données récoltées dans le cadre de l'étude d'impact du projet minier d'origine. En mai 2007, trois jaugeages ont été faits à des périodes différentes et des niveaux d'eau ont été observés au même moment. En septembre 2007, un jaugeage a aussi été fait et un niveau d'eau a été observé. Contrairement aux niveaux d'eau relevés en 2010, qui couvrent tout le secteur modélisé, les niveaux d'eau en 2007 ont été relevés à un seul endroit, soit à la limite la plus amont du modèle (chaînage 3+680). Le tableau 2-3 présente les résultats des jaugeages de 2007.

Tableau 2-3 Résultats des jaugeages réalisés en 2007 à la section la plus en amont

Période du jaugeage	Débits (m ³ /s)	NE simulés (m)	NE observés (m)	Écart (m)
Mai 2007	1,36	308,98	309,08	-0,10
Mai 2007	1,07	308,94	308,95	-0,01
Mai 2007	0,71	308,89	308,91	-0,02
Septembre 2007	0,02	308,66	308,65	0,01

La figure 2-2 présente quant à elle les lignes d'eau du modèle HEC-RAS pour les jaugeages effectués en 2007 et les niveaux d'eau observés pour chaque jaugeage au chaînage 3+680. Les lignes d'eau sont présentées pour tout le secteur amont. La ligne d'eau du modèle HEC-RAS correspondant au débit de récurrence 2 ans (8,2 m³/s) y est aussi représentée pour tout ce secteur. Des traces laissées par la ligne naturelle des hautes eaux (la « LNHE ») ont également été relevées en 2007 : Le niveau d'eau correspondant à ces traces (toujours au chaînage 3+680) est également représenté sur la figure 2-2. À cet endroit, le niveau de la LNHE observé est de 309,62 m alors que le niveau simulé HEC-RAS de 2 ans est de 309,52 m.

Figure 2-2 Lignes d'eau simulées et niveaux d'eaux observés lors des jaugeages de 2007 et pour le débit de récurrence de 2 ans dans le secteur amont de la rivière Malartic



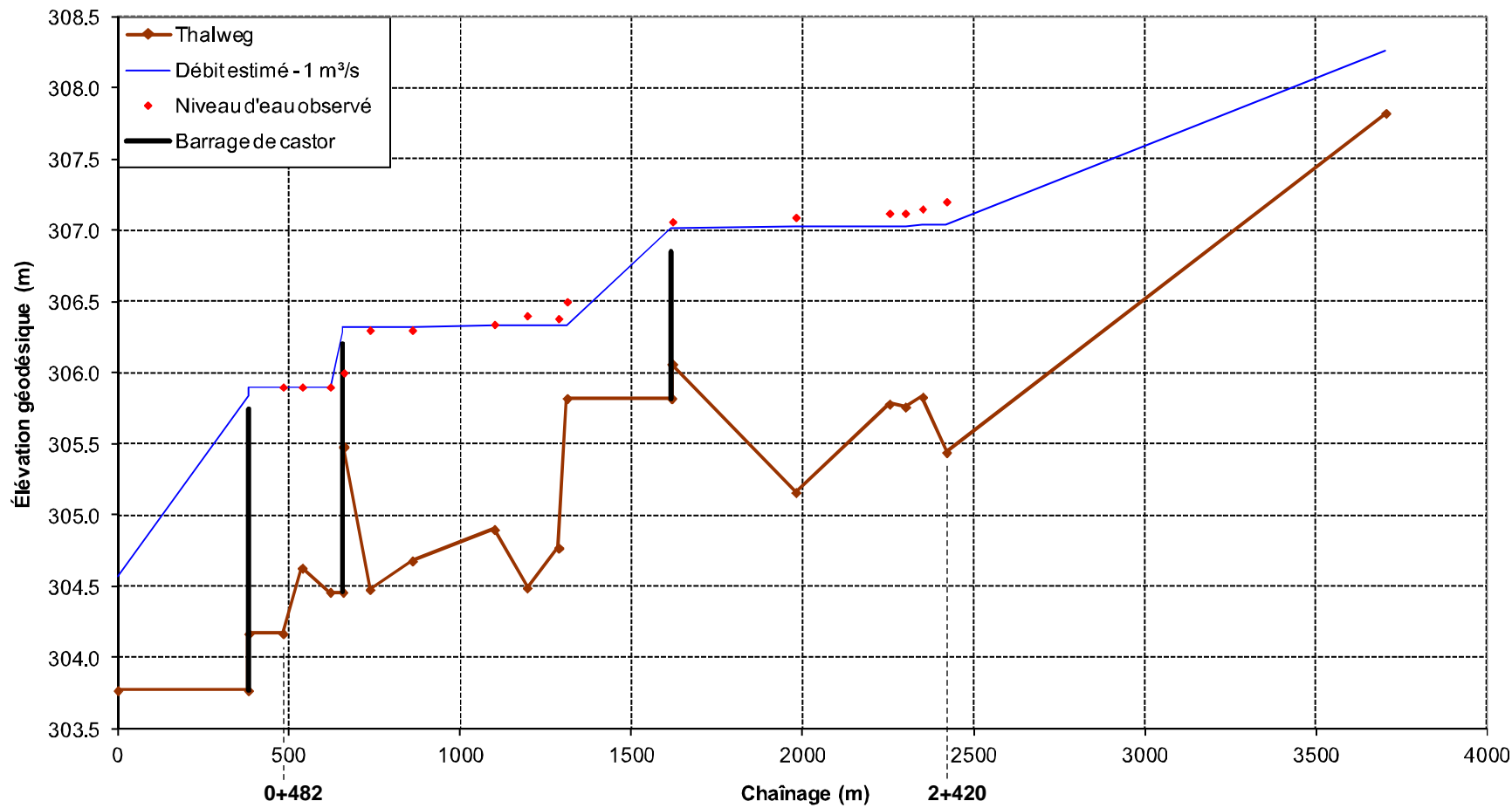
2.2.1.6 Secteur aval de la rivière Malartic

Le secteur aval de la rivière Malartic n'a fait l'objet d'aucun jaugeage. Seuls les niveaux d'eau ont été relevés lors de la campagne d'octobre 2011. Néanmoins, en se basant sur la section d'écoulement mesurée dans ce secteur qui est de l'ordre de 7 m² et une hypothèse de vitesse d'écoulement de 0,15 m/s, un débit de 1 m³/s a été estimé. Ainsi, en utilisant un débit plausible de 1 m³/s dans le modèle, il a été possible de simuler la ligne d'eau avec les mêmes coefficients de Manning qui ont été utilisés pour le secteur amont de la rivière Malartic puisque les deux secteurs possèdent la même géométrie et nature de terrain.

La figure 2-3 présente la ligne d'eau du modèle HEC-RAS après simulation d'un débit de 1 m³/s ainsi que les niveaux d'eau observés en octobre 2011. Les niveaux d'eau observés aux trois dernières sections du modèle (chaînages de cours d'eau 0+482, 0+538 et 0+620) sont constants, ce qui laisse croire à la présence d'un obstacle à l'écoulement encore plus en aval, possiblement un barrage de castor qui se situe au-delà du tronçon de rivière qui est couvert par les relevés topographiques. Dans ces circonstances, un barrage de castor hypothétique a donc été ajouté à l'aval du modèle d'écoulement, en plus des deux autres barrages de castors qui ont été observés dans ce secteur spécifique de la rivière Malartic. L'ajout de ce barrage hypothétique dans la portion aval a permis de produire, après simulation, une ligne d'eau près des valeurs observées en octobre 2011. Sans ce barrage hypothétique, les niveaux d'eau simulés sont trop bas par rapport aux niveaux d'eau observés pour les trois sections de calculs qui sont les plus en aval dans le modèle. Ainsi, les niveaux d'eau pour ces trois sections d'écoulement seraient sous-estimés sans l'ajout d'un barrage de castor à l'aval du modèle.

La calibration du modèle a été effectuée à l'aide d'un coefficient de débit de 1,6 afin d'obtenir la ligne d'eau observée lors des relevés d'octobre 2011.

Figure 2-3 Thalweg, ligne d'eau simulée et niveaux d'eau observés lors des relevés en octobre 2011 (ligne d'eau pour un débit estimé de 1 m³/s) dans le secteur aval de la rivière Malartic



2.2.2 Tributaires de la rivière Malartic : cours d'eau CE1 et CE2

Les calculs relatifs aux cours d'eau CE1 et CE2 ont été réalisés par GOLDER (GOLDER, 2013). Le scénario 2013 correspond à la situation actuelle.

2.2.2.1 Modélisation hydraulique

Le logiciel HEC-RAS (version 4.1, de 2010) a été utilisé pour calculer l'écoulement dans les cours d'eau CE1 et CE2. Cette version a été utilisée considérant que la modélisation a été effectuée en 2013. Le modèle considère un régime hydraulique stationnaire avec un débit égal au débit de crue 1 : 2 ans. Les débits de crue 1 : 2 ans calculés pour le scénario 2013 sont de 1,8 m³/s pour le CE1 et 1,2 m³/s pour le CE2.

2.2.2.2 Coefficient de Manning

Les sections arpentées ont été intégrées dans les modèles hydrauliques des deux cours d'eau. Ces sections pour les cours d'eau CE1 et CE2 sont celles apparaissant à la carte 2-1. Deux valeurs différentes ont été estimées pour le coefficient de Manning. Une valeur de 0,03 a été attribuée aux zones de chaque cours d'eau, pour lesquelles l'arpentage et l'image aérienne témoignent d'un écoulement d'eau continu avec peu de végétation. Alors qu'une valeur de 0,06 a été attribuée aux zones, pour lesquelles l'arpentage et l'image aérienne suggèrent un écoulement d'eau en situation de crue seulement, et donc avec une couche végétale beaucoup plus développée. Cette valeur est basée sur l'expérience et sur la littérature : McCuen (1997) recommande un intervalle de 0,05 à 0,07 pour des zones inondables adjacentes aux cours d'eau naturels avec une couverture végétale d'herbes denses et de broussailles isolées. L'espace entre chacune des sections des deux cours d'eau a été caractérisé par l'une ou l'autre de ces valeurs.

2.2.2.3 Conditions limites du modèle

Les calculs hydrauliques pour les cours d'eau CE1 et CE2 ont été faits pour le scénario 2013. Les débits 1 : 2 ans déjà mentionnés constituent les conditions aux frontières en amont. Les niveaux d'eau dans la rivière Malartic constituent les conditions aux frontières en aval. Le bassin versant de la rivière Malartic est beaucoup plus grand que les bassins versants des deux cours d'eau CE1 et CE2 ; il est alors peu probable que le niveau d'eau 1 : 2 ans dans la rivière Malartic soit atteint en même temps que le niveau similaire dans ces deux cours d'eau.

Une première modélisation réalisée a utilisé, comme conditions aux frontières, les niveaux d'eau 1 : 2 ans dans la rivière Malartic (débit 1 : 2 ans de 8,2 m³/s) qui ont été calculés suivant l'analyse de la section précédente traitant spécifiquement de la rivière, soit 307,5 m à la confluence avec le CE1 et 306,7 m à la confluence avec le CE2.

Une deuxième modélisation réalisée a utilisé, comme conditions aux frontières, des niveaux d'eau en conditions climatiques normales dans la rivière Malartic. Comme estimation de ces conditions, l'analyse a utilisé les niveaux d'eau arpentés en octobre 2011 et documentés dans la section précédente traitant spécifiquement de la rivière Malartic. Ainsi, avec le débit estimé au moment de l'arpentage qui a été de 1,0 m³/s, les niveaux suivants ont été employés : 307,14 m à la confluence avec le CE1 et 306,27 m à la confluence avec le CE2.

2.2.2.4 Caractéristiques de chacun des cours d'eau

Pour le cours d'eau CE1, on observe qu'un canal d'écoulement principal est bien défini pour les portions aval et amont seulement. Pour la portion au milieu, soit celle entre les sections arpentées (chaînages 1+0+000 à 1+0+270, voir la carte 2-1), les sections sont très planes avec des différences d'environ 0,5 m sur plusieurs dizaines de mètres. Entre une et trois zones (canaux), plus profondes de quelques dizaines de centimètres que les zones adjacentes, peuvent être observées. Corroborées avec la structure du couvert végétal, les données suggèrent alors que toute la zone humide arpentée est inondée plusieurs fois par année. Il a donc été conclu que la zone humide participe de manière active à l'écoulement 1 : 2 ans vers la rivière Malartic. Le niveau d'eau 1 : 2 ans a été calculé en supposant que toute la section de calcul soit connectée de manière hydraulique. En d'autres mots, la surface d'eau est étendue à travers la section sur toute la largeur, dont l'élévation arpentée du terrain est plus basse que le niveau d'eau calculé.

Pour le cours d'eau CE2, les sections arpentées indiquent la même situation que celle pour le CE1. Comme pour le CE1, la structure du couvert végétal suggère que ce canal déborde plusieurs fois par année et que la zone humide à droite et à gauche du canal participe de manière active à l'écoulement. Les mêmes hypothèses de calcul ont été faites pour le CE2.

3 RÉSULTATS

3.1 Cotes d'inondation de la rivière Malartic

3.1.1 Secteur amont

Le tableau 3-1 présente les cotes d'inondation pour les crues 2, 20 et 100 ans pour les sections 1 à 6 du modèle HEC-RAS préparé pour le secteur amont de la rivière Malartic, entre les chaînages 2+775 à 3+680. La figure 3-1 présente le profil des lignes d'eau simulées avec le modèle pour ce secteur et ce, pour les débits de crues de 2, 20 et 100 ans. Enfin, la carte 3-1 présente une vue détaillée des zones inondables lors du passage des crues correspondant à ces mêmes récurrences.

Tableau 3-1 Cotes d'inondation pour les crues 2, 20 et 100 ans dans le secteur amont de la rivière Malartic

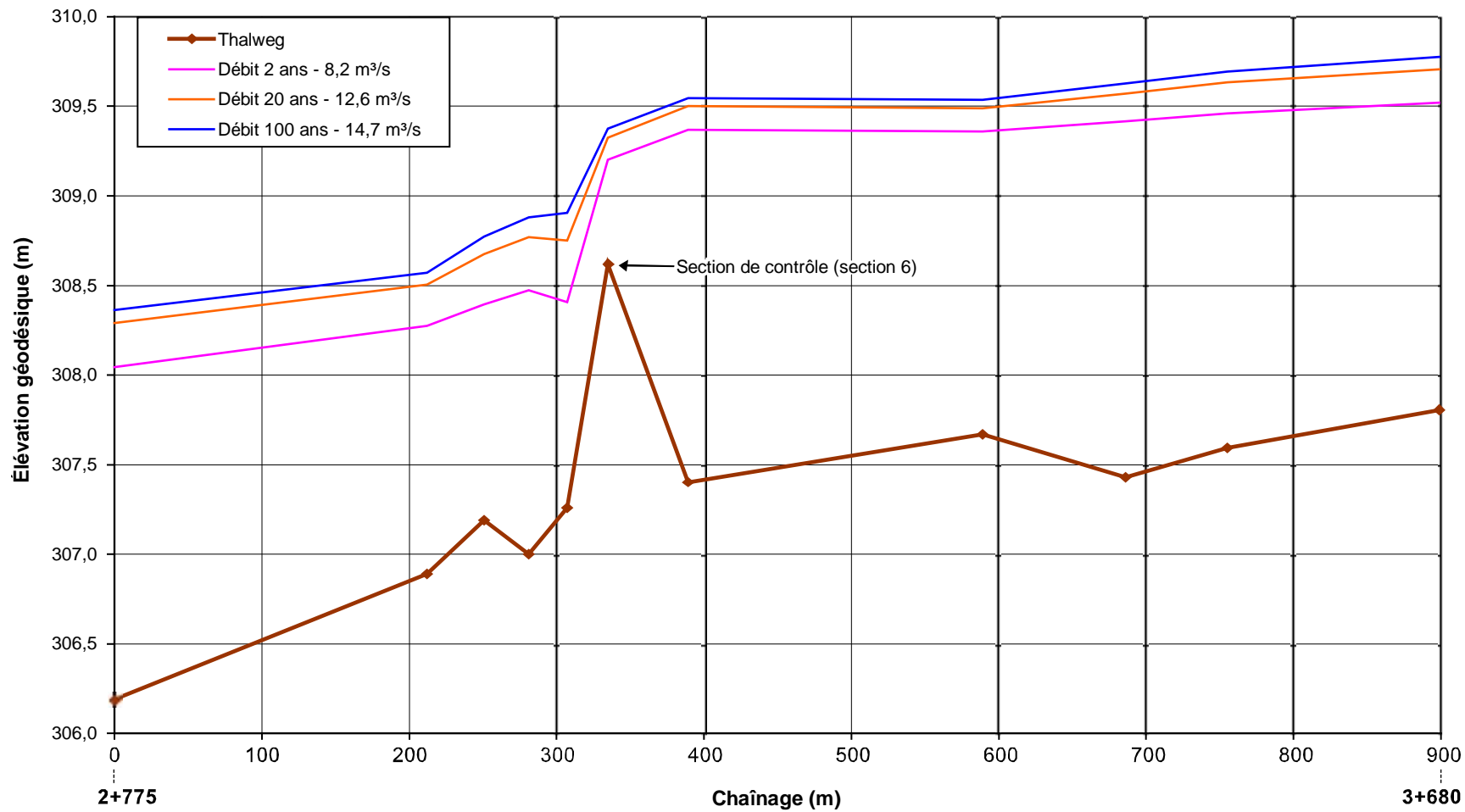
Section	Chaînage (m)	NE 2 ans (m)	NE 20 ans (m)	NE 100 ans (m)
1	3+680	309,5	309,7	309,8
2	3+555	309,5	309,6	309,7
3	3+486	309,4	309,6	309,6
4	3+389	309,4	309,5	309,5
5	3+189	309,4	309,5	309,6
6	3+160	309,2	309,3	309,4

La simulation indique qu'une partie du tracé de la déviation est située dans la zone inondable de la rivière Malartic et même dans son littoral. En effet, selon la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables*, le littoral d'un cours d'eau est délimité par la limite des hautes eaux, laquelle peut être approximée par la crue de récurrence 2 ans. Il s'agit ici d'une situation obligée considérant les particularités de l'agrandissement de la fosse Canadian Malartic prévue et surtout en raison de l'alignement géométrique requis pour le passage dans le secteur de l'effondrement Barnat (secteur Dumas) et de la fosse Buckshot.

Néanmoins, un travail d'optimisation important a été fait pour situer le tracé à l'extrémité de cette plaine inondable et du lit de la rivière Malartic, de manière à ne pas fragmenter cet habitat ni à engendrer d'importantes entraves à la circulation de l'eau. C'est ce que montre la carte 3-1.

Également les cotes indiquées au tableau 3-1 ont permis de déterminer un profil en long pour le tracé de la déviation qui n'exposera pas le futur tronçon routier aux inondations.

Figure 3-1 Lignes d'eau du modèle HEC-RAS de la rivière Malartic (secteur amont) pour les débits de récurrence 2, 20 et 100 ans



3.1.2 Secteur aval

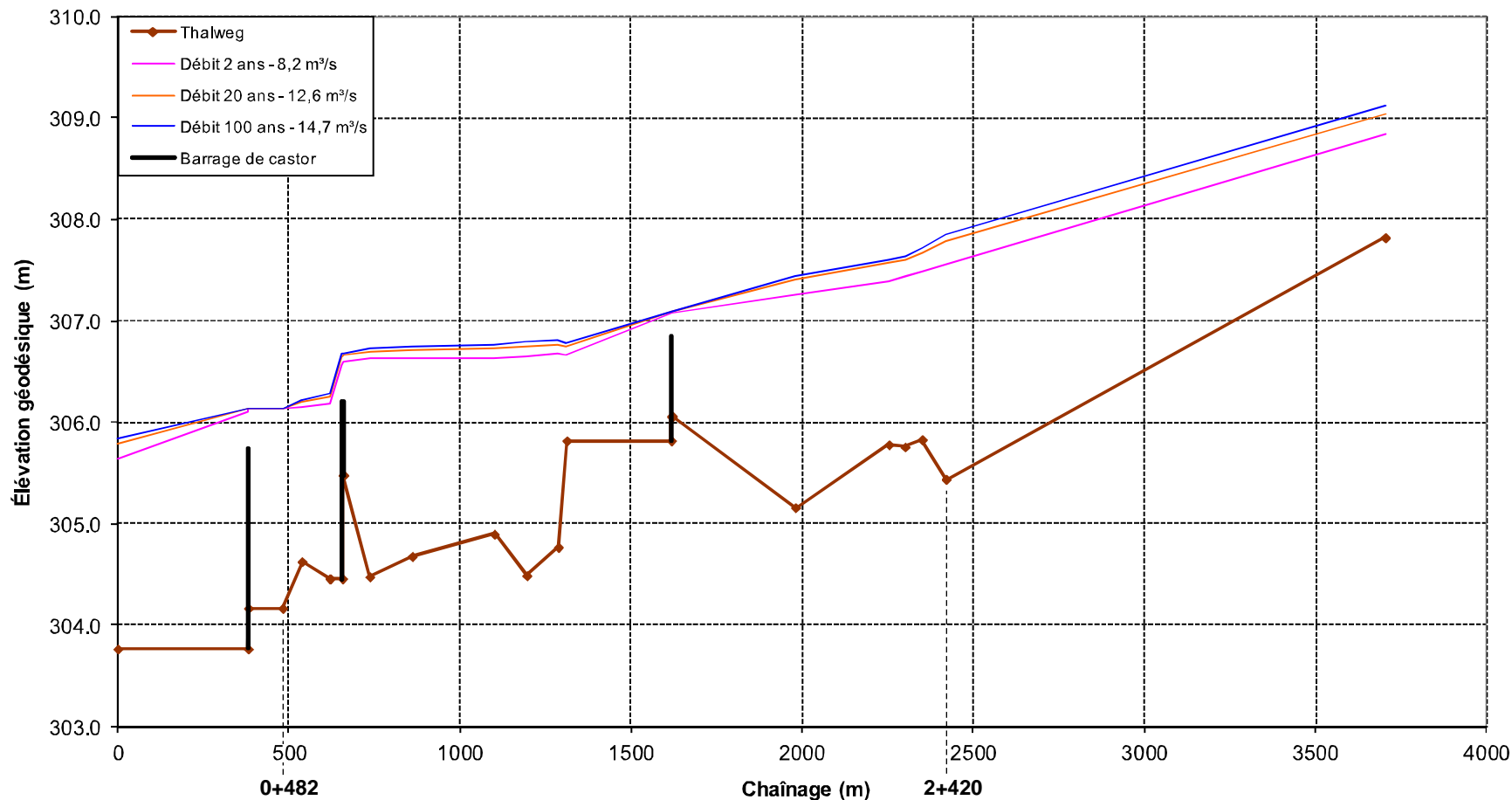
Le tableau 3-2 présente les cotes d'inondation pour les crues 2, 20 et 100 ans pour les seize sections du modèle HEC-RAS préparé pour le secteur aval de la rivière Malartic, entre les chainages 0+482 à 2+420. La figure 3-2 présente le profil des lignes d'eau du modèle pour les débits de crues de 2, 20 et 100 ans. La carte 3-1 présente enfin les zones inondables lors du passage des crues correspondant à ces mêmes récurrences.

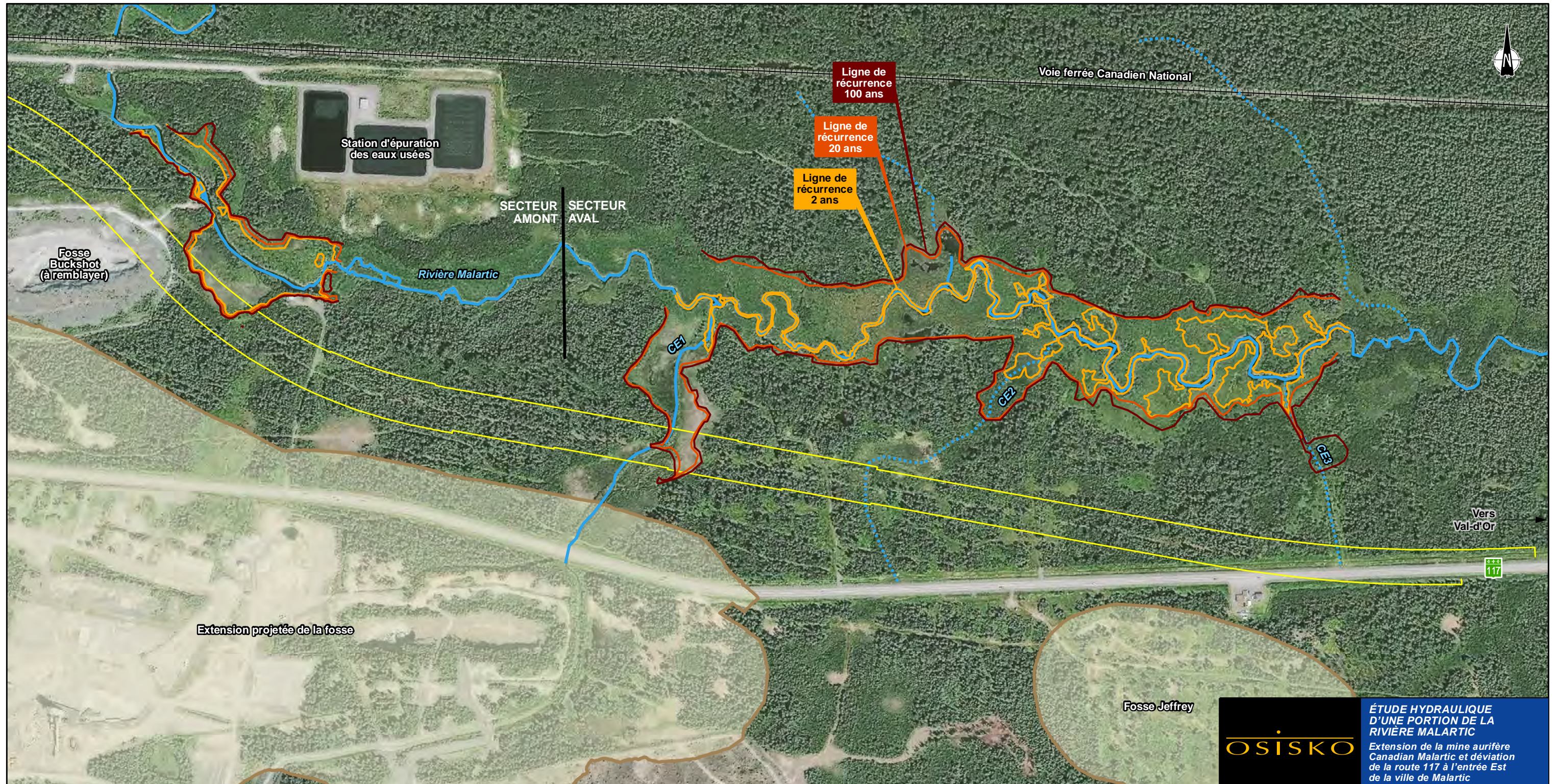
Tableau 3-2 Cotes d'inondation pour les crues 2, 20 et 100 ans dans le secteur aval de la rivière Malartic

Section	Chaînage (m)	NE 2 ans (m)	NE 20 ans (m)	NE 100 ans (m)	Élévation du lit du cours d'eau ¹ (m)
12	2+420	307,6	307,8	307,9	
13 (CE1)	2+350	307,5	307,7	307,7	307,5
14	2+300	307,4	307,6	307,6	
15	2+253	307,4	307,6	307,6	
16	1+980	307,3	307,4	307,4	
17	1+620	307,1	307,1	307,1	
18	1+312	306,7	306,7	306,8	
19 (CE2)	1+287	306,7	306,8	306,8	308,7
20	1+195	306,7	306,8	306,8	
21	1+100	306,6	306,7	306,8	
22	0+860	306,6	306,7	306,7	
23	0+736	306,6	306,7	306,7	
24	0+660	306,6	306,7	306,7	
25 (CE3)	0+620	306,2	306,3	306,3	306,8
26	0+538	306,2	306,2	306,2	
27	0+482	306,1	306,1	306,1	

Note : 1 Élévation du lit du cours d'eau du tributaire de la rivière Malartic au droit du tracé de la déviation.

Figure 3-2 Lignes d'eau du modèle HEC-RAS de la rivière Malartic (secteur aval) pour les débits de récurrence 2, 20 et 100 ans





Hautes eaux et zones inondables

- Ligne de récurrence 2 ans
- Ligne de récurrence 20 ans
- Ligne de récurrence 100 ans

Hydrologie

- Cours d'eau
- ⋯ Cours d'eau intermittent

Déviations de la route 117

- Emprise

Extension Canadian Malartic

- Fosse projetée



ÉTUDE HYDRAULIQUE D'UNE PORTION DE LA RIVIÈRE MALARTIC
 Extension de la mine aurifère Canadian Malartic et déviation de la route 117 à l'entrée Est de la ville de Malartic

Carte 3-1

Limites des zones inondables 2, 20 et 100 ans de la rivière Malartic

Sources :
 Orthophoto : Digital Globe, WorldView-2 (29-07-2012), 60 cm/pixel
 Tracé : 131-12933-XR_GEOM_MTM.dwg (2013-10-21)
 Fichier WSP : 131_14654_00_EHC3_1_045_zonesInondables_140609.mxd
 09 juin 2014

0 60 120 m
 NAD83, UTM, zone 17

131-14654-00

3.2 Tributaires de la rivière Malartic

Les travaux de modélisation de GOLDER (GOLDER, 2013) ont permis d'obtenir les informations suivantes.

3.2.1 Cours d'eau CE1

Pour ce cours d'eau :

- l'impact d'un niveau de crue dans la rivière Malartic se fait sentir jusqu'à environ 230 m en amont de la confluence de ce cours d'eau avec la rivière. Cela correspond approximativement au côté sud de l'emprise qui est prévue avec le tracé de la déviation;
- la largeur de la zone inondée, et supposée active d'un point de vue hydraulique, atteint son minimum près de la confluence avec la rivière Malartic, soit 6 m pour un niveau d'eau dans la rivière Malartic en « conditions normales » et 31 m pour un niveau d'eau de récurrence 1 : 2 ans. Le maximum de largeur près de la confluence avec la rivière Malartic est de 91 m;
- près ou au droit du tracé de la déviation, la largeur de la zone inondée, et supposée active d'un point de vue hydraulique, varie entre 47 m et 59 m. Ces valeurs incluent une ou deux zones (canaux) distinctes avec des largeurs relativement restreintes et avec une profondeur de l'eau de l'ordre de 0,5 m à 0,6 m et des zones plus larges avec une profondeur de l'eau de l'ordre de 0,1 m. En fonction de la saison, il est probable que l'eau s'écoule dans ces dernières zones à travers la végétation plutôt que par-dessus le couvert végétal.

3.2.2 Cours d'eau CE2

Pour ce cours d'eau :

- l'impact d'un niveau de crue dans la rivière Malartic se fait sentir jusqu'à environ 100 m en amont de la confluence du cours d'eau avec la rivière, soit approximativement à 250 m de la limite sud de l'emprise du tracé de la déviation;
- la largeur de la zone inondée, et supposée active d'un point de vue hydraulique, varie entre 9 m et 58 m. La valeur la plus large est atteinte près de la confluence avec la rivière Malartic;
- près du tracé de la déviation, la largeur de la zone inondée, et supposée active d'un point de vue hydraulique, varie entre 26 m et 31 m. Ces valeurs incluent une ou deux zones (canaux) distinctes avec des largeurs relativement restreintes et avec une profondeur de l'eau de l'ordre de 0,4 m à 0,5 m et des zones plus larges avec une profondeur de l'eau variant de l'ordre de 0,1 m à 0,25 m. En fonction de la saison, il est probable que l'eau s'écoule dans ces dernières zones là aussi à travers la végétation plutôt que par-dessus le couvert végétal.

4 CONCLUSION

Le présent rapport a permis de déterminer les éléments requis à la conception routière du tracé de la déviation d'un point de vue hydrologique et hydraulique. Les cotes d'inondation de la rivière Malartic ont ainsi pu être établies de manière à ne pas exposer le futur tronçon routier à des inondations. De plus, les analyses effectuées dans le présent rapport ont permis de positionner ce tracé de manière optimale en évitant la fragmentation de zones inondables. Également, les données qui ont servi à le produire ont permis aux équipes d'ingénierie routière d'optimiser la conception des ponceaux sur les tributaires franchis par la rivière Malartic. Enfin, l'étendue des zones inondables déterminées dans ce rapport a permis de quantifier les principaux impacts associés aux franchissements et empiètements en milieu hydrique découlant du tracé de la déviation prévu.

5 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 25 : pages 360-369.
- GENIVAR. 2008b. *Projet minier aurifère Canadian Malartic – Étude d'impact sur l'environnement – Rapport sectoriel – Climatologie et hydrologie*. Rapport de GENIVAR S.E.C. à Osisko Exploration. 49 pages et annexes.
- GENIVAR. 2012. *Étude du tracé et rapport d'avant-projet – Déviation de la route 117, à Malartic*. Rapport de GENIVAR Inc. à Osisko Exploration. 49 pages et annexes.
- GOLDER ASSOCIÉS LTÉE. 2002. *Bilan hydrique, parc à résidus, bassin de sédimentation, bassin de polissage et bassin versant nord : Site Est-Malartic*. Rapport soumis à Barrick Gold Corporation (mars 2002).
- GOLDER ASSOCIÉS LTÉE. 2011. *Projet de déplacement de la route 117, Présentation au ministère des Transports du Québec*, Présentation power point (28 novembre 2011).
- GOLDER ASSOCIÉS LTÉE. 2013. *Analyses hydrauliques des ruisseaux central et ouest entre la route 117 et la rivière Malartic-Malartic, Canada*. Mémoire technique présenté à M. François Fortin, Corporation minière Osisko.
- GOUPIL, J-Y. 2005. *Délimitation de la ligne des hautes eaux : méthode botanique simplifiée*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). 51 pages.
- MCCUEN, R.H. 1997. *Hydrologic analysis and design*. Prentice-Hall, Inc.
- 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 34(5) : pages 631-636.
- MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC (MTQ). 2004. *Guide de conception des ponceaux. Guides et manuels techniques*. Document incluant des mises à jour de 2006 et de 2010. Disponible sur Internet. 526 pages.
http://www3.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/produits/ouvrage_routier/guides/guide21.f.r.html
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP). 2008. *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables*. Note explicative sur la ligne naturelle des hautes eaux : la méthode botanique experte. Gouvernement du Québec. 8 pages et annexes.

