

Définition des caractéristiques hydrologiques du milieu
et impacts probables de l'autoroute projetée
sur les conditions actuelles

Rapport final



Prolongement de l'autoroute
Robert-Cliche (73)
entre Beauceville et Saint-Georges

Étude d'impact sur l'environnement

Juin 2005

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Pierre-R. Tremblay, ing.	Responsable de l'étude hydrologique
Isabelle Tremblay, ing. stag.	Étude hydrologique
Robert Doyon, tech.	Génie routier
Jean-Fabien Bélanger, tech.	Génie routier
Sylvie Roy, tech.	Géomatique et cartographie
Sébastien Boudreau, tech.	Géomatique et cartographie
Diane Lachance, sec.	Secrétariat

TABLE DES MATIÈRES

Page

ÉQUIPE DE RÉALISATION

1.	INTRODUCTION.....	1
1.1	Rappel et description du mandat.....	1
1.2	Étapes de l'étude.....	2
1.3	Contenu du rapport	2
2.	APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE	3
2.1	Évaluation des coefficients de ruissellement des bassins versants	3
2.2	Détermination des débits de crues.....	4
2.2.1	Méthode rationnelle.....	7
2.2.2	Méthode SCS appliquée au Québec.....	10
2.3	Détermination de l'impact des débits sur le drainage local	10
2.4	Évaluation préliminaire du volume d'un bassin de rétention	11
3.	DESCRIPTION DU MILIEU.....	13
3.1	Description des bassins versants.....	13
3.2	Cours d'eau traversés	14
3.3	Description du drainage local	15
3.3.1	Visite terrain	16
3.3.2	Rencontres avec les représentants des services techniques de la municipalité de Beauceville et du MTQ.....	16
4.	RÉSULTATS	18
4.1	Coefficients de ruissellement des bassins versants.....	18
4.2	Débits de crues	20
4.3	Impact sur le drainage local	24
4.3.1	Capacité des ouvrages existants	24
4.3.2	Contribution des fossés et répartition des débits	24
4.4	Travaux remédiateurs	26
4.4.1	Rétention des eaux provenant du drainage de l'autoroute sur les tracés Est et Ouest.....	26
4.4.2	Rétention sur le bassin versant Bolduc, tracé Ouest	28
5.	MODÉLISATION DE L'EMPIÈTEMENT PROJETÉ.....	31
6.	CONCLUSION	34

ANNEXE 1 – Fiches d'observation – Visite terrain des 6 et 7 octobre 2004

TECSULT

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

	Page
Figure 1.	Localisation des bassins versants, carte 1:25 000..... 5
Figure 2.	Secteurs formés suite à la superposition des dépôts de surface et de l'utilisation du sol 6
Figure 3.	Travaux remédiateurs : rétention sur le bassin Bolduc avec contribution des fossés, tracé Ouest 30
Figure 4.	Nouvelle géométrie de la route 173 à la hauteur de son intersection avec le raccordement Sud (variante A) 32
Tableau 1.	Dépôts de surface - Correspondance des paramètres selon la méthode utilisée 8
Tableau 2.	Calcul des coefficients de ruissellement (CN) des bassins versants sans et avec l'autoroute avec variante A..... 19
Tableau 3.	Débits de pointe des principaux cours d'eau pour des précipitations selon différentes périodes de retour avant la construction de l'autoroute..... 21
Tableau 4.	Augmentation du débit de pointe suite à la construction de l'autoroute pour une période de retour de 25 ans..... 22
Tableau 5.	Évaluation de la capacité des ouvrages existants pour une période de retour de 25 ans 25
Tableau 6.	Effet de l'autoroute sur le drainage local pour une période de retour de 25 ans 27

1. INTRODUCTION

1.1 Rappel et description du mandat

Le prolongement de l'autoroute Robert-Cliche (73) se veut la continuité du projet qui fut initié au début des années '70 et dont l'objectif premier était de relier la ville de Saint-Georges à la région de la capitale nationale. Un tracé de référence de l'autoroute avait alors été établi selon les contraintes de ce temps et optimisé pour chacun des tronçons à la suite d'études permettant la connaissance plus précise du milieu lors du processus menant à leur réalisation. Actuellement construite jusqu'à la route 276 à Saint-Joseph-de-Beauce (2005), le ministère des Transports du Québec (MTQ) désire maintenant poursuivre son projet et relier Saint-Georges.

Le tracé de référence de l'autoroute 73 entre Beauceville et Saint-Georges date de 1986. Communément appelé aujourd'hui le tracé Ouest, ce tracé a été remis en question lors de la réalisation de l'étude d'impact du tronçon Saint-Joseph-de-Beauce et Beauceville en 1997. L'abandon du concept de l'échangeur à la route Fraser pour des raisons de sécurité et d'incompatibilité d'usage rendait inutile le rapprochement de l'autoroute à l'agglomération urbaine de Beauceville. Un secteur propice à l'implantation d'un raccordement a été identifié aux alentours du manège militaire de Beauceville. Ce qui permettait de réduire d'environ un km la longueur de l'autoroute, en la localisant plus à l'est par rapport au tracé de référence : c'est ainsi qu'une nouvelle variante; le tracé Est, a été créée.

Dans le cadre du projet visant le prolongement de l'autoroute Robert-Cliche (73) entre les villes de Beauceville et de Saint-Georges, le ministère des Transports a confié à Tecslult Inc. le mandat de réaliser une étude hydrologique visant à évaluer les impacts que pourraient engendrer les deux variantes, soit les tracés Est et Ouest, sur les conditions générales de drainage du milieu ainsi que leurs impacts probables sur les conditions actuelles. Bien qu'en cours d'évolution, les tracés retenus pour ce volet d'étude sont ceux élaborés au mois d'août 2004 pour lesquels l'autoroute se prolonge (sans échangeur) par la variante de raccordement de la 74^e Rue au nord de Saint-Georges jusqu'à la route 173.

Ce mandat fait suite à une étude similaire réalisée par Tecslult Inc. en 1999 dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement pour le prolongement de l'autoroute Robert-Cliche (73)

entre Saint-Joseph-de-Beauce et Beauceville. Cette étude avait alors été réalisée pour un seul tracé.

1.2 Étapes de l'étude

Afin de bien juger des changements du milieu engendrés par la construction de la nouvelle autoroute, la présente étude comprend trois étapes distinctes :

- l'étude des conditions actuelles de drainage des bassins (avant la construction de l'autoroute);
- l'étude des conditions futures du drainage des bassins avec le tracé Est (après construction de l'autoroute);
- l'étude des conditions futures du drainage des bassins avec le tracé Ouest (après construction de l'autoroute).

1.3 Contenu du rapport

Outre la présente introduction, ce rapport présente au chapitre 2, l'approche méthodologique utilisée afin de déterminer :

- l'influence de l'autoroute sur le coefficient de ruissellement des bassins versants traversés;
- les débits de crues dans les cours d'eau interceptés avant et après la construction de l'autoroute;
- l'impact des débits sur le drainage c'est-à-dire sur la capacité hydraulique des ouvrages plus en aval ainsi que la répartition des eaux ruisselées.

Le chapitre 3 présente une description des bassins versants, des cours d'eau traversés ainsi qu'une description du drainage local. Le chapitre 4 fournit les résultats des éléments discutés lors de l'approche méthodologique en plus de traiter de travaux remédiateurs reliés à la rétention des eaux de ruissellement. Le chapitre 5 fait état de la modélisation de l'empiètement projeté en raison des modifications apportées à la géométrie actuelle de la route 173 à la hauteur de son intersection avec le raccordement Sud. Finalement, le chapitre 6 présente les principales conclusions de ce rapport.

2. APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

Le présent chapitre décrit l'approche méthodologique utilisée pour l'étude des impacts hydrologiques concernant le prolongement éventuel de l'autoroute 73 entre Beauceville et Saint-Georges. On y présente la méthode permettant de déterminer les coefficients de ruissellements des bassins versants, suivi de l'approche permettant de déterminer les débits de crues et finalement, celle permettant de déterminer les impacts sur le drainage local.

Chacune des approches méthodologiques énumérées ci-dessus a été utilisée sur chacun des bassins versants selon les trois étapes décrites précédemment, soit avant et après la construction selon les tracés Est et Ouest.

Pour les fins de calculs, l'autoroute a été considérée avec deux voies de circulation dans chaque direction séparée l'une de l'autre par un terre-plein central gazonné.

Localisée au nord de Saint-Georges, la 74^e Rue est désignée comme route de raccordement entre l'autoroute 73 et la route 173. Une seule des deux variantes de la 74^e Rue est considérée pour les fins de calculs de la présente étude. La variante A, dont le tracé est le plus rapproché du quartier résidentiel, a été favorisée par rapport à la variante B en raison de son impact moindre sur les terres agricoles.

2.1 Évaluation des coefficients de ruissellement des bassins versants

Le coefficient de ruissellement (CN) a été évalué au moyen de la méthode du Service de conservation des sols (SCS) du ministère de l'Agriculture des États-Unis adaptée pour le Québec par monsieur Jean Monfet¹. Développée pour prédire le volume ruisselé, cette méthode se base sur l'utilisation du sol, la pente, les conditions hydrologiques ainsi que sur les dépôts de surface.

Les données se rapportant à l'utilisation du sol et des dépôts de surface proviennent de la carte écoforestière² du ministère des Ressources naturelles (MRN). Certaines de ces données ont

-
1. Monfet, J., 1979. *Évaluation du coefficient de ruissellement à l'aide de la méthode SCS modifiée*. Gouvernement du Québec, Ministère des Richesses naturelles, Service de l'hydrométrie. Rapport H.P.-51.
 2. Carte écoforestière format numérique de 1991 mise à jour par photo-interprétation à l'aide d'image Ikonos en date du 2 octobre 2002. Ministère des Ressources naturelles.

été regroupées dans le but de correspondre aux paramètres utilisés par la méthode rationnelle telle qu'utilisée par le MTQ et par la méthode SCS modifiée appliquée au Québec.

Les limites de chacun des bassins versants combinées avec les dépôts de surface et l'utilisation du sol ont été superposées à l'aide du logiciel ArcGIS dont la résultante a été la création de secteurs ayant des caractéristiques du milieu propres (figures 1 et 2). Ce même logiciel a permis d'évaluer la pente moyenne de chacun des secteurs. L'information a par la suite été compilée à l'aide du logiciel MS Access.

Pour chacun de ces secteurs, la méthode reprend les indices de sensibilité CN déterminés dans le cadre de l'étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière réalisée par TecSult Inc.³ en 1993 en vue de déterminer la sensibilité au ruissellement du bassin suite aux modifications faites dans l'utilisation des sols entre les années 1925 et 1989.

Les superficies confinées à l'intérieur de l'emprise routière ont été considérées avec des valeurs de CN égales à 100 (imperméable) pour les secteurs pavés (voies et accotements) et de 85 pour les zones gazonnées. Un coefficient de ruissellement pondéré a finalement été calculé représentant l'ensemble du bassin versant selon l'étape de l'étude soit avant et après la construction soit du tracé Est soit du tracé Ouest.

2.2 Détermination des débits de crues

Le débit de pointe pour des cours d'eau non jaugés a été calculé avec l'aide de deux méthodes; soit la méthode rationnelle⁴ que le MTQ préconise pour les bassins versants de superficie inférieure à 25 km² et la méthode du SCS appliquée au Québec par messieurs P. Desforges et R. Tremblay⁵ pour des bassins versants tel que le Fraser et le Gilbert, dont la superficie est comprise entre 25 km² et 130 km².

3. TecSult Inc., 1993. *Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière – Les effets du développement sur le comportement de la rivière, volume 1 : État de la situation*. Rapport d'étape no 1. Tableau 6.5, page 6-21. Ministère de la Sécurité publique, Direction générale de la sécurité civile.

4. Décrite dans le *Manuel de conception des ponceaux*. Ministère des Transports, Service de l'hydraulique. Décembre 1993.

5. Desforges, P. et R. Tremblay, 1974. *Estimation des crues exceptionnelles au Québec*. Bulletin du ministère des Richesses naturelles, Direction générale des Eaux. R5 E2 R4, vol. V, no 6, novembre 1974.

Figure 1

Figure 2

Comme pour l'évaluation des coefficients de ruissellement des bassins versants, les données se rapportant à l'utilisation du sol et aux dépôts de surface proviennent de la carte écoforestière⁶ du MRN. Comme l'indique le tableau 1, certaines de ces données ont été redéfinies dans le but de correspondre aux paramètres utilisés par la méthode rationnelle et par la méthode SCS modifiée appliquée au Québec.

Les secteurs sont définis en fonction des combinaisons établies par la méthode SCS. Un secteur est donc caractérisé par une variation de la pente (moins de 3 %, 3 à 8 % et plus de 8 %), du type de sol (A, B, C et D) et de l'utilisation des sols (culture intensive, culture extensive, boisé, urbain et zone humide).

Toutes les superficies ayant une combinaison donnée sur le bassin versant ont été additionnées et le coefficient global du bassin est calculé comme la moyenne des coefficients de chaque secteur pondéré par la superficie du secteur dans la superficie du bassin versant.

Les superficies des secteurs ont été délimitées au moyen de la base de données et du logiciel MS Access et les calculs de superficie ont été faits au moyen du logiciel MS Excel.

Pour les fins de calcul du débit de pointe, le bassin Bolduc a dû être subdivisé afin de mieux définir la position du bassin versant qui contribue réellement à l'écoulement du ruisseau à Bolduc. Son exutoire est localisé au confluent de deux ruisseaux, dont l'un est le ruisseau à Bolduc, localisé à environ 40 m en amont de la rivière Chaudière. Il est ainsi possible d'évaluer la capacité hydraulique de l'ouvrage existant construit sous la route 173.

La superficie totale de 11,65 km² a été utilisée pour le calcul du coefficient de ruissellement alors que la superficie du ruisseau à Bolduc est de 9,18 km². Un autre ruisseau recueille les eaux de ruissellement de la partie basse du bassin versant représentant les 2,47 km² restant.

2.2.1 Méthode rationnelle

Les calculs des débits de la crue de conception ayant une période de retour de 25 ans, basés sur la méthode rationnelle, ont été réalisés avec l'aide du logiciel Ponceau, version 2.1, déve-

6. Carte écoforestière format numérique de 1991 mise à jour par photo-interprétation à l'aide d'image Ikonos en date du 2 octobre 2000. Ministère des Ressources naturelles.

Tableau 1
Dépôts de surface - Correspondance des paramètres selon la méthode utilisée

Désignation ^(1, 2)	Code ⁽¹⁾	Classe de drainage ⁽³⁾	Méthode SCS adaptée pour le Québec	Méthode rationnelle
Dépôts glaciaires				
Till indifférencié avec affleurements rocheux absents ou très rares	1A	Rapide	C (spécial) ⁽⁴⁾	CD
Till indifférencié avec affleurements rares ou peu fréquents	1AM	Rapide	C	C
Till indifférencié avec affleurements rocheux rares ou très rares	1AY	Rapide	C	C
Dépôts fluvioglaciaires				
Dépôts justaglaciers	2A	Bon	A	AB
Épandage	2BE	Bon	A	AB
Dépôts fluviatiles anciens				
	3AN	Modéré	B	B
Dépôts organiques				
Minces (entre 25 et 50 cm)	7E	Très mauvais	D	CD
Épais (supérieurs à 1 m)	7T	Très mauvais	D	CD

- (1) Tableau intitulé *Les types de surface utilisés pour la photo-interprétation à l'échelle 1:15 000*. Carte écoforestière. Ministère des Ressources naturelles.
- (2) Tableau intitulé *Épaisseur des dépôts de surface pour la photo-interprétation à l'échelle 1:15 000*. Carte écoforestière. Ministère des Ressources naturelles.
- (3) Tableau intitulé *Classes de drainage*. Carte écoforestière. Ministère des Ressources naturelles.
- (4) Ce n'est pas un argile lourd (1A) comparativement aux 7E et 7T qualifiés de D.

loppé par le professeur Pierre Lemieux de l'Université de Sherbrooke. Les bassins versants calculés par cette méthode sont du nord au sud (voir figure 1) : Mercier, Olivier, Inconnu 1, Marcoux, Dallaire, Bertrand, Poulin, Veilleux, Bolduc, Bourque, Inconnu 2, Scully, Inconnu 3 et Darville.

Les paramètres suivants ont été déterminés selon les instructions du *Manuel de conception des ponceaux* du MTQ, à savoir :

- superficie et pente moyenne des bassins versants : la limite de partage des eaux a été saisie sur les cartes topographiques à l'échelle 1:10 000 et transposée sur les cartes numériques à l'échelle 1:25 000. Les limites des bassins versants apparaissent sur la figure 1. Les limites de partage des eaux ont été déterminées selon la topographie du terrain naturel. La superficie et la pente moyenne de chaque bassin ont été évaluées avec l'aide du logiciel Arc/Info. L'exutoire des bassins versants est établi à la rivière Chaudière, sauf pour le bassin Fraser où son exutoire est localisé à environ 30 m au sud du rang de la Plée et à 560 m à l'ouest de la route du Golf. Également pour le bassin à Bolduc, son exutoire est localisé à environ 40 m en amont de la rivière Chaudière;
- la longueur ainsi que la pente des cours d'eau ont été mesurées sur la carte à l'échelle 1:25 000 selon les prescriptions du *Manuel de conception des ponceaux*;
- les courbes intensité-durée-fréquence (IDF) ont été obtenues d'Environnement Canada pour la station météorologique de Saint-Georges (numéro d'identification 7027283). Les données sont basées sur une période de 24 ans, soit de 1966 à 1990;
- le pourcentage des lacs et marécages provient des valeurs calculées pour l'utilisation des sols « eau » en faisant le rapport de cette superficie sur la superficie totale du bassin versant;
- le coefficient de ruissellement (C_p) est calculé pour chaque secteur compris dans un même bassin où le type de sol, l'utilisation du sol ainsi que la pente y sont combinées. Les secteurs compris à l'intérieur de l'emprise (pavés : C_p de 0,95; gazonnés : C_p de 0,40) ainsi que les secteurs urbains (C_p de 0,60) ont été pondérés et ajoutés dans l'espace prescrit à cet effet dans le logiciel Ponceau comme type de sol urbain. Ce logiciel a permis par la suite d'obtenir le coefficient de ruissellement pondéré pour chaque bassin versant.

Outre le coefficient de ruissellement, le logiciel Ponceau, permet de calculer le temps de concentration de l'écoulement ainsi que les débits de pointe de crues pour différentes périodes de retour : 2, 5, 10, 25, 50 et 100 ans.

2.2.2 Méthode SCS appliquée au Québec

Les calculs des débits de la crue de conception ayant une période de retour de 25 ans, basés sur la méthode SCS appliquée au Québec, ont été calculés en pieds cubes par secondes en considérant le produit de la superficie du bassin versant (mille carré), de la hauteur de la pluie ruisselée (pouce) et du chiffre 484 sur le temps de montée (heure).

$$Q_p = (484 A P_n) / P_r$$

Les résultats ont été convertis en système métrique pour fin de comparaison avec la méthode rationnelle. Tel que mentionné précédemment, les débits calculés par cette méthode sont pour les bassins versants des rivières Fraser et Gilbert.

Les paramètres suivants ont été déterminés selon les instructions, à savoir :

- la hauteur de pluie ruisselée (P_n) en pouce est le produit du coefficient de ruissellement (C_p) et de la pluie brute (P) pour une période de retour de 2, 5, 10, 25, 50 et 100 ans provenant de la courbe IDF :

$$P_n = C_p P$$

- le temps de montée (P_r) en heure est la somme de la moitié de la durée de la pluie effective (T_r) en heure et du temps de réponse (T_p) en heure. Le temps de réponse (T_p) est relié aux différentes caractéristiques du bassin, tel que le quotient de la longueur totale du cours d'eau (mille) sur la racine de sa pente calculée entre 10 et 85 % de sa longueur (pied par mille) et où cette première partie de l'équation suit une régression linéaire de 0,221. Enfin, ce dernier est multiplié par un coefficient (K) de 4,15 correspondant à un bassin moyennement boisé :

$$P_r = (T_r/2) + T_p$$

et où :

$$T_p = K (L / \sqrt{S})^{0,221}$$

2.3 **Détermination de l'impact des débits sur le drainage local**

Pour déterminer l'impact du drainage des surfaces de l'autoroute sur les ouvrages de drainage existants en aval sur les cours d'eau, nous avons calculé leur capacité actuelle ainsi que leurs dimensions requises pour assurer l'écoulement d'une pluie d'une période de retour de 25 ans

après la construction de l'autoroute, en tenant compte de la contribution des fossés longitudinaux de l'autoroute et de la répartition plus en aval des débits qui seront acheminés dans les cours d'eau existants.

L'utilisation du logiciel CulvertMaster version 2.0 de Haestad Methods Inc. permet, entre autres, d'évaluer le débit maximum transité en fonction de l'ouverture d'un ouvrage. Il a donc été possible de valider la capacité actuelle du plus petit ouvrage existant localisé le long du cours d'eau principal de chacun des bassins versants influencés par la présence de l'autoroute.

Les paramètres suivants ont été déterminés pour l'utilisation du logiciel, à savoir :

- les élévations à l'entrée ainsi qu'à la sortie de l'ouvrage ont été calculées à partir des cartes topométriques à l'échelle 1:2 000;
- une visite de terrain a été nécessaire afin d'obtenir le dimensionnement des ouvertures des ouvrages étudiés, leur orientation ainsi que certaines caractéristiques du cours d'eau en amont et en aval (voir annexe 1).

Le débit de la crue d'une période de retour de 25 ans à l'endroit de chacun des ouvrages a été calculé en utilisant le débit spécifique calculé à l'exutoire du cours d'eau correspondant dans la rivière Chaudière.

2.4 Évaluation préliminaire du volume d'un bassin de rétention

Une des façons de réduire l'impact de l'augmentation du débit d'un cours d'eau causé par l'augmentation du coefficient de ruissellement résultant de la construction de l'autoroute est d'aménager un bassin de rétention servant à stocker temporairement le surplus d'eau pour le relâcher après le passage du débit de pointe du cours d'eau.

La méthode utilisée afin d'évaluer de façon préliminaire le volume d'un bassin de rétention est celle de l'hydrogramme SCS adaptée aux conditions de précipitations du Québec⁷. Cette méthode prend en compte le volume des eaux de ruissellement et non l'intensité de la pluie.

7. Ministère des Transports, 2003. *Guide de préparation des projets routiers*. Section 1.6 : Bassins de rétention du MTQ, pages 2.18 à 2.21.

Les paramètres suivants ont été déterminés selon les instructions, à savoir :

- le débit de pointe à la sortie du bassin (Q_s) est égal au débit avant l'urbanisation (mètre cube par seconde);
- le débit de pointe à l'entrée du bassin (Q_e) est égal au débit après l'urbanisation (mètre cube par seconde);
- utilisation de la formule $Y = - 0,765152 X^3 + 1,578788 x^2 - 1,401136 X + 0,6775$, où X est égal à Q_s / Q_e , ce qui permet d'obtenir la valeur Y . Cette valeur (Y) est égale à V_s / V_e , où V_s correspond au volume d'emmagasinage (mètre cube) et V_e au volume de ruissellement (mètre cube). Notons que V_e est égal au V_r correspondant au volume des eaux de ruissellement;
- le volume des eaux de ruissellement (V_r) en mètre cube est égal au produit du coefficient de ruissellement (C_p) du bassin versant, de la précipitation (P_t) d'une pluie de récurrence de 25 ans pour une durée de 24 heures (mètre) et de la superficie (A) du bassin versant (mètre carré);
- le volume minimal du bassin de rétention en mètre cube est égal au produit du volume des eaux ruisselé (V_r) par la valeur Y obtenue précédemment.

3. DESCRIPTION DU MILIEU

Ce chapitre présente une description du milieu dans lequel est prévu l'éventuel prolongement de l'autoroute 73. Dans un premier temps, une description des bassins versants est effectuée suivi, dans un deuxième temps d'une description des caractéristiques observées sur les principaux cours d'eau et finalement une description du drainage local suite à une visite terrain et de rencontres avec des représentants des services techniques de la municipalité de Beauceville et du MTQ.

3.1 Description des bassins versants

Le relief de la région comprise entre les villes de Beauceville et de Saint-Georges fait partie de la large vallée de la rivière Chaudière et est caractérisé par une série de buttes et de collines de faible étendue avec des versants généralement réguliers conférant un aspect vallonné entaillé de plusieurs petites dépressions creusées par des ruisseaux. Deux vallées étroites sillonnées par la rivière des Plante au nord du nouveau prolongement autoroutier et par la rivière Famine plus au sud, viennent modifier la physiographie des lieux.

Tel que montré à la figure 1, de la route du Golf localisée à Beauceville jusqu'à son raccordement à la route 173 localisé au nord de Saint-Georges, le prolongement de l'autoroute Robert-Cliche (73) traverse 16 bassins versants du nord au sud : Fraser, Mercier, Olivier, Inconnu 1, Marcoux, Dallaire, Bertrand, Poulin, Veilleux, Bolduc, Gilbert, Bourque, Inconnu 2, Scully, Inconnu 3 et Darville. La superficie de ces bassins varie de 0,5 à 63,2 km². Les cours d'eau des bassins versants énumérés ci-dessus s'écoulent directement dans la rivière Chaudière, à l'exception du ruisseau Fraser qui est un affluent de la rivière Noire qui se jette dans la rivière des Plante pour finalement se déverser dans la rivière Chaudière.

Le terrain est, en grande partie, recouvert de forêt. On y retrouve également des zones de cultures extensives (ex. : terre en friche, en coupe) et de cultures intensives (ex. : terre agricole, aulnaie) ainsi que des zones urbaines principalement concentrées le long de la rivière

Chaudière. Ces zones urbaines sont en partie localisées dans la plaine inondable de la crue de 20 et de 100 ans⁸.

Les sols sont constitués de tills indifférenciés provenant de dépôts glaciaires hétérogènes non consolidés. Selon des proportions variables, le till est composé d'argile, de limon, de sable, de gravier et de pierres. Le till possède une densité ainsi qu'une compacité très élevée ce qui lui confère une très faible perméabilité.

De la route du Golf jusqu'à la route Veilleux dans la municipalité de Beauceville, le tracé Est contourne une colline vers l'est et monte vers le haut du plateau le long de la vallée du ruisseau Fraser où les pentes sont de l'ordre de 4 à 8 %. Par la suite, l'autoroute suit le haut du plateau jusqu'à un point haut en traversant perpendiculairement cette fois les contours topographiques dans les bassins Veilleux et Bolduc. Ce tracé longe l'emprise d'une ligne à haute tension d'Hydro-Québec.

À partir de la route du Golf, le tracé Ouest contourne la colline vers l'ouest et se poursuit à flanc de coteaux où les pentes sont très fortes de l'ordre de 10 à 16 %. Ce tracé tend à longer les zones urbaines de la ville de Beauceville localisées plus en bas le long de la rivière Chaudière.

De la route Veilleux jusqu'à son raccordement à la route 173 au nord de Saint-Georges, le tracé commun aux deux variantes monte avec une pente de 3 % jusqu'à un point haut. Il traverse perpendiculairement les contours topographiques de part et d'autre de la rivière Gilbert avec une pente descendante de 14 %. Il remonte continuellement avec une pente de l'ordre de 9 % pour atteindre un plateau avant de redescendre finalement en traversant le ruisseau Scully avec des pentes de l'ordre de 5 à 11 % jusqu'à la 35^e Avenue et le raccordement à la route 173 à Saint-Georges.

3.2 Cours d'eau traversés

L'étude des cours d'eau traversés par les deux tracés est basée sur les cartes topographiques au 1:25 000. Sur des cartes à plus grandes échelles comme au 1:2 000, il a été possible de

8. Ministère des Terres et des Forêts, 1978. Carte du risque d'inondation, eaux intérieures nos 21L 02-101 et 21L 02-102.

remarquer une forte densité de petits cours d'eau. Lorsqu'ils sont à flanc de colline, ceci fait en sorte de réduire la concentration de l'écoulement et donc de réduire l'érosion naturelle des sols.

En effet, sur les collines formées de sols peu perméables composés de till, le ruissellement est élevé et l'eau s'écoule rapidement en suivant la pente ce qui contribue à former plusieurs petits cours d'eau. Compte tenu de la faible longueur des versants, l'écoulement se concentre pour former des cours d'eau importants. Les débits des cours d'eau demeurent relativement faibles ce qui contribue à réduire l'érosion.

Le lit des cours d'eau observés lors de la visite terrain effectuée les 6 et 7 octobre 2004 est composé selon l'endroit de silt, de blocs et de roc. Plusieurs cours d'eau ont cependant creusés leur lit en formant de grandes dépressions particulièrement ceux localisés à flanc de colline retrouvés dans les bassins Inconnu 1, Marcoux et Dallaire. En raison du dimensionnement de l'ouvrage existant sur certains cours d'eau drainant ces dépressions, comme par exemple sur le Dallaire, l'écoulement peut s'effectuer en charge selon la période de retour de la crue.

À partir de la carte topographique au 1:25 000, il est constaté que le tracé Est intercepte six cours d'eau naturels dont deux cours d'eau dans le bassin Fraser, un dans le bassin Veilleux et trois dans le bassin Bolduc. La pente des principaux cours d'eau pour ces trois bassins varie de 2,5 à 6,1 %.

Toujours à partir de la carte topographique à l'échelle 1:25 000, il est constaté que le tracé Ouest intercepte 13 cours d'eau naturels à flanc de colline contenus, du nord au sud, dans les bassins Mercier, Olivier, Inconnu 1, Marcoux, Dallaire, Bertrand, Poulin, Veilleux et Bolduc. La pente des principaux cours d'eau pour ces neuf bassins versants varie de 2,5 à 11,5 %.

La carte topographique à l'échelle 1:25 000, indique que le tracé commun intercepte cinq cours d'eau naturels dont deux cours d'eau dans le bassin Scully. La pente des principaux cours d'eau pour ces bassins versants varie de 2 à 5,4 %.

3.3 Description du drainage local

Les observations faites lors de la visite terrain des 6 et 7 octobre 2004 ont été insérées et notés à l'intérieur de fiches d'observations retrouvées à l'annexe 1. Les commentaires formulés par le

responsable des travaux publics de Beauceville et de son consultant concernant les caractéristiques hydrauliques des cours d'eau sont également indiqués.

3.3.1 Visite terrain

Une visite terrain effectuée les 6 et 7 octobre 2004 a permis de relever les caractéristiques hydrauliques de certains ouvrages de drainage le long des cours d'eau interceptés par l'autoroute. Compte tenu des conditions de terrain, soit des pentes fortes et des sols très peu perméables, le réseau d'égout de la municipalité de Beauceville est sensible aux crues d'orage pouvant provoquer des débordements et des dommages importants.

Plusieurs fossés longeant des routes locales, par exemple la route 173, la 181^e Avenue, la route Bernard et la 53^e Rue sont recouvertes d'enrochement de dimensions variables afin de les protéger contre l'érosion causée par les fortes vitesses d'écoulement. Des grilles de protection ont également été installées par la municipalité à l'entrée de certains ouvrages sur les cours d'eau Olivier, Marcoux, Dallaire et Bertrand, tous localisés à flanc de colline. Ces dernières servent au captage de débris lors du transit de l'eau de ruissellement.

3.3.2 Rencontres avec les représentants des services techniques de la municipalité de Beauceville et du MTQ

Une rencontre avec le responsable des travaux publics de Beauceville et son consultant le 7 octobre 2004 a permis d'obtenir quelques informations ainsi que certains commentaires sur les conditions actuelles du réseau pluvial et unitaire. Ces derniers ont mentionné que le réseau répond actuellement aux besoins excepté certains ouvrages considérés comme sous dimensionnés (bassin Olivier) ou encore à la limite de leur capacité (bassin Bertrand).

Suite au développement du parc industriel ces dernières années, le cours d'eau Olivier a été canalisé sur une plus grande partie de sa longueur. De ce fait, certaines conduites du réseau localisées plus en aval possèdent un diamètre inférieur à celles plus en amont. La municipalité de Beauceville prévoit corriger la situation dans les prochaines années. Aussi, les ouvrages sur le cours d'eau Bertrand localisés à l'extrémité est du terrain de balle de l'école De Léry – Mgr-De Laval appartenant à la commission scolaire de l'endroit ont déjà fait l'objet d'étude en vue d'améliorer leur capacité.

Lors d'une rencontre de coordination avec le MTQ le 27 septembre 2004 à Saint-Romuald, un ingénieur du Ministère responsable de divers travaux sur la route 173 a mentionné que la plupart des ouvrages de drainage aménagés sous cette dernière sont actuellement inadéquats en raison de leur sous dimensionnement et de leur dégradation.

4. RÉSULTATS

4.1 Coefficients de ruissellement des bassins versants

L'étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière réalisée par Tecsub Inc, en 1993 révélait pour cette portion du territoire actuellement à l'étude, un coefficient de ruissellement (CN) compris entre 60 et 69 pour l'année 1989. Ce ruissellement a été qualifié d'élevé.

Le tableau 2 de la présente étude indique que la sensibilité au ruissellement des bassins versants avant la construction de l'autoroute est actuellement supérieure à 70, ce qui la qualifie, sur la base des critères de l'étude de 1993, de très élevée. La composition du sol assez imperméable, soit un till indifférencié dont la densité et la compacité sont très élevées, combinée avec l'utilisation actuelle du milieu (zones boisées, extensives, intensives et urbaines), et les pentes fortes des versants contribuent à ce ruissellement élevé.

Il est à noter que l'étude actuelle a été réalisée avec des cartes topographiques à plus grande échelle et une discrétisation des bassins versants plus fine ce qui explique la différence avec les résultats de l'étude de 1993.

Dans ce contexte, l'ajout de surfaces plus imperméables tel que le pavage après construction, fait en sorte d'augmenter de manière peu significative la sensibilité au ruissellement des bassins versants. En fait, cette augmentation pour le tracé Est est de l'ordre 0,50 % et de 0,69 % pour le tracé Ouest et ce, par rapport aux conditions avant la construction de l'autoroute. Cette augmentation est qualifiée de faible et en général peu significative dans le choix d'un tracé par rapport à un autre.

En analysant le tableau 2, on constate que le bassin Olivier subit une hausse de son coefficient de ruissellement après construction de 2,59 % pour le tracé Est et de 2,74 % pour le tracé Ouest par rapport à celui avant construction. Ceci s'explique par le fait que le secteur urbain compte pour 30 % de la superficie totale du bassin. Cette superficie plus dense combinée à la perte en superficie de secteurs boisés au profit de l'autoroute (environ 2 % pour le tracé Est et 10 % pour le tracé Ouest), rendent le bassin Olivier davantage sensible au changement.

Tableau 2
Calcul des coefficients de ruissellement (CN) des bassins versants sans et avec l'autoroute avec variante A

Bassin versant ⁽¹⁾	Superficie (km ²)	Superficie (ha)	Pente moyenne (%)	CN sans	Tracé Est		Tracé Ouest	
					CN avec ⁽²⁾	Variation (%)	CN avec ⁽²⁾	Variation (%)
Bassin Fraser	41,79	4 179,2	5,6	72,25	72,60	0,35	72,40	0,15
Bassin Mercier	0,79	79,11	8,0	78,73	79,66	0,92	79,87	1,14
Bassin Olivier	0,75	75,04	9,4	74,60	77,19	2,59	77,34	2,74
Bassin Inconnu 1	0,46	45,95	9,6	75,87	n.a. ⁽³⁾	0,00	77,20	1,33
Bassin Marcoux	1,39	139,28	9,8	76,58	n.a. ⁽³⁾	0,00	77,27	0,69
Bassin Dallaire	1,11	111,52	9,5	76,39	n.a. ⁽³⁾	0,00	77,59	1,21
Bassin Bertrand	2,13	213,39	7,9	77,24	77,25	0,01	77,88	0,64
Bassin Poulin	1,53	153,45	10,1	76,94	n.a. ⁽³⁾	0,00	77,12	0,18
Bassin Veilleux	4,53	452,94	7,7	74,22	75,25	1,03	74,29	0,07
Bassin Bolduc	11,65	1 165,57	7,4	74,67	75,08	0,41	74,93	0,26
Portion commune du réseau autoroutier								
Bassin Gilbert	63,21	6 320,87	6,2	72,04	72,10	0,06	72,10	0,06
Bassin Bourque	1,67	166,59	7,2	74,79	75,78	0,99	75,78	0,99
Bassin Inconnu 2	0,74	74,16	5,9	72,23	72,43	0,20	72,43	0,20
Bassin Scully	2,95	295,31	4,8	75,00	75,61	0,61	75,61	0,61
Bassin Inconnu 3	3,03	302,77	3,9	74,90	75,29	0,38	75,29	0,38
Bassin Darville	1,42	141,51	4,5	79,79	80,25	0,46	80,25	0,46
Moyenne :						0,50		0,69

- (1) Les coefficients sont calculés selon la superficie du bassin versant où son exutoire est localisé à la rivière Chaudière, à l'exception du bassin Fraser. L'exutoire du bassin Fraser est localisé à environ 30 m au sud du rang de la Plée et à 560 m à l'ouest de la route du Golf.
- (2) Selon une largeur d'emprise variable (pavage et surfaces gazonnées) selon le type de route implanté.
- (3) Le tracé autoroutier est inexistant sur le bassin versant.

Le bassin Mercier subit une hausse du coefficient de ruissellement de 0,92 % pour le tracé Est et de 1,14 % pour le tracé Ouest, toujours en références aux conditions avant la construction. Ceci s'explique par le fait que les superficies utilisées pour les cultures extensives (37 %), les cultures intensives (20 %) et par la zone urbaine (15 %) contenues à l'intérieur de ce bassin ne changent pas et où les coefficients de ruissellement sont plus élevés. Seule la portion boisée diminue au profit de la route de raccordement au parc industriel de Beauceville.

Dans le cas des bassins Veilleux et Bolduc, le CN après construction du tracé Est est plus élevé que celui du tracé Ouest. Avant tout, le tracé Est est plus long que le tracé Ouest pour ces deux bassins. L'on observe davantage de zones de cultures extensives et intensives dans le tracé Est que dans le tracé Ouest. Pour le bassin Veilleux, cette augmentation se traduit en plus, selon la pente, par une diminution des secteurs boisés, extensifs et intensifs au profit des surfaces pavées et gazonnées de l'autoroute. Pour le bassin Bolduc, cette augmentation se traduit davantage par la diminution des secteurs extensifs et intensifs également au profit du réseau autoroutier.

4.2 Débits de crues

Pour chacun des bassins versants, le tableau 3 montre les débits de pointe de crues des principaux cours d'eau calculés selon différentes périodes de retour avant la construction du réseau autoroutier où l'exutoire est localisé à la rivière Chaudière, à l'exception des bassins Fraser et Bolduc. Le tableau 4 présente à son tour, l'augmentation du débit de pointe suite à la construction du réseau autoroutier pour une période de retour de 25 ans. Les calculs sont basés sur la topographie du terrain naturel et ne tiennent pas compte à cette étape-ci de la contribution possible des fossés.

Outre le fait que l'utilisation et le type de sol ont été modifiés suite à la construction de l'autoroute, l'augmentation des débits de crues pour le bassin Fraser s'explique par le fait que celui-ci draine près de la moitié du tracé Est, alors que la seconde moitié est drainée par les bassins Veilleux et Bolduc. Le nouvel échangeur contenu dans le bassin Bolduc, contribue à augmenter le débit avec ses nouvelles surfaces pavées et gazonnées.

Tableau 3
Débits de pointe des principaux cours d'eau pour des précipitations
selon différentes périodes de retour avant la construction de l'autoroute

	Débit (m ³ /s) ⁽²⁾					
	Période de retour (années)					
Bassin versant ⁽¹⁾	2	5	10	25	50	100
Bassin Fraser ⁽³⁾	31,6	41,9	48,7	57,2	63,6	69,9
Bassin Mercier	2,2	2,9	3,4	4,0	4,5	5,0
Bassin Olivier	2,4	3,3	3,8	4,5	5,0	5,6
Bassin Inconnu 1	1,5	2,0	2,4	2,8	3,1	3,5
Bassin Marcoux	5,2	6,9	8,2	9,6	10,7	11,8
Bassin Dallaire	3,3	4,5	5,3	6,2	6,9	7,6
Bassin Bertrand	5,2	6,9	8,1	9,6	10,6	11,8
Bassin Poulin	4,9	6,5	7,6	9,0	10,0	11,1
Bassin Veilleux	10,2	13,6	16,1	19,0	21,0	23,3
Bassin Bolduc (9,18 km ²)	16,2	21,6	25,5	30,0	33,3	36,9
Portion commune du réseau autoroutier						
Bassin Gilbert ⁽³⁾	43,7	58,0	67,3	79,2	88,0	96,8
Bassin Bourque	5,4	7,2	8,5	10,0	11,1	12,3
Bassin Inconnu 2	2,0	2,7	3,1	3,7	4,1	4,5
Bassin Scully	6,5	8,7	10,3	12,1	13,4	14,9
Bassin Inconnu 3	6,4	8,5	10,1	11,8	13,1	14,6
Bassin Darville	4,7	6,3	7,4	8,8	9,7	10,8

- (1) Les coefficients sont calculés selon la superficie du bassin versant à son exutoire localisé à la rivière Chaudière, à l'exception des bassins Fraser et Bolduc. L'exutoire du bassin Fraser est localisé à environ 30 m au sud du rang de la Plée et à 560 m à l'ouest de la route du Golf. L'exutoire du bassin Bolduc est localisé à environ 40 m en amont de la rivière Chaudière.
- (2) Les débits de pointe sont calculés par la méthode rationnelle par l'utilisation du logiciel Ponceau, version 2.1, développé pour l'Université de Sherbrooke, sauf pour les bassins Fraser et Gilbert où la superficie est plus grande que 25 km².
- (3) Les débits de pointe sont calculés par la méthode du SCS (Soil Conservation Service Hydrograph Families) appliquée au territoire québécois.

Les débits de crues pour les bassins Mercier, Olivier, Bertrand et Inconnu 3 subissent une augmentation variant de 0,85 à 2,5 % par rapport à leur initial. Ces augmentations sont dues aux modifications apportées à l'utilisation et au type de sol qui seront engendrées suite à la construction de l'autoroute.

Les débits de pointes de débit des cours d'eau Gilbert, Bourque, Inconnu 2, Scully, et Darville ne sont pas modifiés.

Il est probable, dans ce cas-ci, que la méthode rationnelle utilisée puisse surévaluer les résultats obtenus pour des petits bassins versants. En effet, cette surévaluation a été constatée lors de l'étude hydraulique de la route 175. La méthode rationnelle a alors été comparée avec la méthode dite régionale, basée sur les débits mesurés sur certains cours d'eau jaugés ayant de petits bassins versants. Il fut alors démontré dans cette étude que la méthode rationnelle pouvait doubler les débits de crues sur les petits bassins. Dans le cas de l'étude de la route 175, les bassins étaient surtout couverts de forêts, ce qui contribue à réduire le ruissellement. Dans le cas des bassins le long de la rivière Chaudière, ils sont recouverts de cultures intensives ou de friches, ce qui augmente le ruissellement. Il est donc possible que la méthode rationnelle puisse surévaluer les débits de crues, mais dans une moindre mesure que les bassins le long de la route 175 situés dans la Réserve faunique des Laurentides.

Tel qu'il apparaît au tableau 4, la sommation des débits de pointe de tous les bassins versants après construction pour les tracés Est et Ouest permet, par comparaison à la somme des débits de pointe de tous les bassins versant avant la construction, d'obtenir l'apport additionnel en eaux de ruissellement à la rivière Chaudière pour chacun des tracés. Ce type de calcul est acceptable compte tenu de la proximité des bassins versants et du faible débit transité. Cette sommation ne résulte pas en une erreur appréciable.

L'apport additionnel à la rivière Chaudière serait de 0,8 m³/s pour le tracé Est et de 1 m³/s pour le tracé Ouest pour une période de retour de 25 ans. Tout compte fait, cette augmentation s'avère négligeable par rapport au débit observé à la station de Saint-Lambert (023402), soit

1 760 m³/s⁹ pour une crue d'une période de retour de 20 ans. Cet apport additionnel n'aura aucun effet significatif sur le niveau des eaux de la rivière Chaudière.

4.3 Impact sur le drainage local

4.3.1 Capacité des ouvrages existants

Les résultats indiqués au tableau 5, démontrent qu'actuellement, deux ouvrages existants sur quatorze, soit les ponts du ruisseau Fraser (P-754) et de la rivière Gilbert (P-842), ont une capacité suffisante pour une période de retour de 25 ans avant et après la construction de l'autoroute. En comparant d'ailleurs la capacité de l'ouvrage existant avec le débit de pointe pour une période de 100 ans, l'on constate que ces deux ouvrages possèdent également une capacité suffisante.

La capacité des 12 autres ouvrages aménagés sur les bassins Mercier, Olivier, Inconnu 1, Marcoux, Dallaire, Bertrand, Poulin, Veilleux, Bolduc, Scully, Inconnu 3 et Darville est inférieure à ce qui est nécessaire et ce, même si le drainage de l'autoroute ajoute peu de débit à la situation existante. Les ouvrages sur tous les bassins drainés par le réseau de canalisation de la municipalité de Beauceville (bassins Mercier, Olivier, Inconnu 1, Marcoux, Dallaire, Bertrand et Poulin) sont sous dimensionnés pour les débits évalués par la méthode rationnelle et donc inadéquats pour la crue d'une période de retour de 25 ans.

Suite aux informations obtenues lors d'une visite de terrain en octobre 2004 et des rencontres avec les représentants des services techniques de la municipalité de Beauceville et du MTQ, les calculs viennent confirmer les problèmes de refoulement lors de la mise en charge des ouvrages aménagés sur les bassins Olivier, Inconnu 1, Dallaire et Bertrand.

4.3.2 Contribution des fossés et répartition des débits

Nichée à flanc de coteau où les pentes sont très fortes, la construction du tracé Ouest aura pour effet d'intercepter perpendiculairement l'écoulement naturel ruisselé sur un sol peu perméable,

9. Tecsult Inc., 1993. *Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière - Les effets du développement sur le comportement de la rivière, volume 1 : État de la situation*. Tableau 7.2, page 7-7. Ministère de la Sécurité publique, Direction générale de la sécurité civile.

Tableau 5
 Évaluation de la capacité des ouvrages existants pour une période de retour de 25 ans

	Exutoire à la rivière Chaudière	Exutoire à l'ouvrage existant				Avant la construction		Après la construction				Capacité de l'ouvrage (1/25 ans) ⁽⁴⁾
		Superficie (km ²)	Localisation de l'ouvrage	Ouverture mesurée (largeur x hauteur)	Capacité maximale (m ³ /s) ⁽¹⁾	Débit (m ³ /s) ⁽²⁾	Débit (m ³ /s) ⁽³⁾	Tracé Est		Tracé Ouest		
Bassin versant	Superficie (km ²)	Superficie (km ²)	Localisation de l'ouvrage	Ouverture mesurée (largeur x hauteur)	Capacité maximale (m ³ /s) ⁽¹⁾	Débit (m ³ /s) ⁽²⁾	Débit (m ³ /s) ⁽³⁾	Débit (m ³ /s) ⁽²⁾	Débit (m ³ /s) ⁽³⁾	Débit (m ³ /s) ⁽²⁾	Débit (m ³ /s) ⁽³⁾	Capacité de l'ouvrage (1/25 ans) ⁽⁴⁾
Bassin Fraser	41,79	40,84	Route du Golf	± 8 000 mm x ± 6 000 mm	159,0	57,2	55,9	57,5	56,2	57,4	56,1	Suffisante
Bassin Mercier	0,79	0,67	Voie ferrée	1 200 mm Ø	1,5	4,0	3,4	4,1	3,5	4,1	3,5	Insuffisante
Bassin Olivier	0,75	0,65	19 ^e Avenue	600 mm Ø	0,3	4,5	3,9	4,5	3,9	4,6	4,0	Insuffisante
Bassin Inconnu 1	0,46	0,36	Sentier 169 ^e Rue	750 mm Ø	0,5	2,8	2,2	n.a. ⁽⁵⁾		2,8	2,2	Insuffisante
Bassin Marcoux	1,39	1,29	9 ^e Avenue	1 500 mm Ø	3,9	9,6	8,9	n.a. ⁽⁵⁾		9,6	8,9	Insuffisante
Bassin Dallaire	1,11	1,10	9 ^e Avenue	900 mm Ø	2,4	6,2	6,2	n.a. ⁽⁵⁾		6,3	6,	Insuffisante
Bassin Bertrand	2,13	2,13	Terrain de balle	1 – 1 220 mm x 1 220 mm 2 – 450 mm Ø	4,2	9,6	9,6	9,6	9,6	9,8	9,8	Insuffisante
Bassin Poulin	1,53	1,45	9 ^e Avenue	900 mm Ø	0,9	9,0	8,5	n.a. ⁽⁵⁾		9,0	8,5	Insuffisante
Bassin Veilleux	4,53	4,39	Route 173	4 500 mm x 2 200 mm	18,3	19,0	18,4	19,1	18,5	19,0	18,4	Insuffisante
Bassin Bolduc	9,18	9,17	Route 173	4 500 mm x 2 000 mm	17,2	30,0	30,0	30,2	30,2	30,3	30,3	Insuffisante
Portion commune du réseau autoroutier								Débit (m ³ /s) ⁽²⁾		Débit (m ³ /s) ⁽³⁾		
Bassin Gilbert	63,21	63,20	Route 173	± 9 000 mm x ± 5 000 mm	125,0	79,2	79,2	79,2		79,2		Suffisante
Bassin Bourque	1,67	n.a. ⁽⁵⁾	n.a. ⁽⁵⁾	n.a. ⁽⁵⁾	n.a. ⁽⁵⁾	10,0	n.a. ⁽⁵⁾	10,0		n.a. ⁽⁵⁾		n.a. ⁽⁵⁾
Bassin Inconnu 2	0,74	n.a. ⁽⁵⁾	n.a. ⁽⁵⁾	n.a. ⁽⁵⁾	n.a. ⁽⁵⁾	3,7	n.a. ⁽⁵⁾	3,7		n.a. ⁽⁵⁾		n.a. ⁽⁵⁾
Bassin Scully	2,95	2,86	Voie ferrée	1 500 mm x 2 100 mm	6,2	12,1	11,7	12,1		11,7		Insuffisante
Bassin Inconnu 3	3,03	2,21	Route 173	1 500 mm x 1 600 mm	4,1	11,8	8,6	11,9		8,7		Insuffisante
Bassin Darville	1,42	0,90	Route 173	1 000 mm x 1 300 mm	2,0	8,8	5,6	8,8		5,6		Insuffisante

- (1) Les calculs de capacité maximale de l'ouvrage ont été effectués avec l'aide du logiciel Culvert Master de Haestad Methods en utilisant le débit (1/25 ans).
- (2) Calculs effectués à l'exutoire de la rivière Chaudière, sauf pour le bassin Fraser où son exutoire est localisé à environ 30 m au sud du rang de la Plée et à 560 m à l'ouest de la route du Golf, et celui du bassin Bolduc est localisé à environ 40 m en amont de la rivière Chaudière.
- (3) Les calculs de débit de la crue 25 ans sont effectués en utilisant le débit spécifique où l'exutoire du cours d'eau est localisé du côté amont de l'ouvrage dont l'ouverture est la plus restrictive.
- (4) La capacité de l'ouvrage est évaluée en comparant la valeur la plus élevée des débits après construction des tracés Est et Ouest (identifiée caractère gras) et la capacité maximale de l'ouvrage existant.
- (5) La tête du cours d'eau traverse la route projetée.

de le concentrer et de le drainer dans les fossés longitudinaux. Cette concentration de l'écoulement aura pour effet d'augmenter les débits dans les principaux cours d'eau, la vitesse de l'écoulement et l'érosion. Le temps de concentration sera alors diminué. Des mesures devront être prévues afin de corriger ces effets négatifs.

Le tracé Est tend à traverser en biseau ou perpendiculairement les contours topographiques des bassins Fraser, Veilleux et Bolduc, faisant en sorte que le drainage naturel sur un sol peu perméable est peu perturbé. La construction du tracé Est n'aura que peu d'effet sur l'écoulement naturel. Des mesures, moins importantes que celles du tracé Ouest, devront tout de même être prévues.

Afin d'évaluer la contribution des fossés longitudinaux, leurs profils ont été évalués en se basant sur le profil de l'autoroute, la section transversale et l'élévation du terrain à proximité de l'emprise. Tenant compte du sens de l'écoulement des fossés, la superficie de cinq bassins est augmentée soit :

- le bassin Olivier pour le tracé Est;
- les bassins Inconnu 1, Dallaire et Veilleux pour le tracé Ouest;
- le bassin Inconnu 3 pour le tracé commun.

Le tableau 6 indique les débits transités par les principaux cours d'eau de ces bassins où la contribution des fossés longitudinaux est prise en compte. La superficie des bassins Olivier et Inconnu 1 a augmenté d'environ 20 % alors que les autres ont subi des augmentations variant de 2 à 20 %. Les conditions d'écoulement sont qualifiées de fluviales avec une vitesse de 1,97 m/s pour le bassin Veilleux et de torrentielles avec possibilité d'érosion variant de 2,79 à 3,64 m/s pour les bassins Olivier, Inconnu 1, Dallaire et Inconnu 3. De l'enrochement sera requis afin de contrer l'érosion.

4.4 Travaux remédiateurs

4.4.1 Rétention des eaux provenant du drainage de l'autoroute sur les tracés Est et Ouest

Quelque soit le tracé retenu, l'augmentation des débits transités après construction du projet routier nécessite d'intercepter et de contenir temporairement les eaux de ruissellement selon le débit transité avant la construction et ce, en raison du manque de capacité des ouvrages exist-

Tableau 6
Effet de l'autoroute sur le drainage local pour une période de retour de 25 ans

Bassin versant	Exutoire rivière Chaudière				Localisation de l'ouvrage	Exutoire à l'ouvrage existant							
	Sans autoroute		Avec autoroute et fossés			Sans autoroute						Avec autoroute et fossés	
	Superficie (km ²)	Débit (m ³ /s) ⁽¹⁾	Superficie (km ²)	Débit (m ³ /s) ⁽¹⁾		Superficie (km ²)	Débit (m ³ /s) ⁽²⁾	Superficie (km ²)	Débit (m ³ /s) ⁽²⁾	Manning n	Vitesse (m/s) ⁽⁵⁾	Conditions d'écoulement ⁽³⁾	Enrochement requis contre l'érosion ⁽⁴⁾
Tracé Est													
Bassin Olivier	0,75	4,5	0,91	5,5	Route 173	0,75	4,5	0,91	5,5	0,050	3,46	Torrentiel avec érosion	400 mm Ø min 100 kg min
Tracé Ouest													
Bassin Inconnu 1	0,46	2,8	0,54	3,3	Route 173	0,44	2,7	0,52	3,2	0,100	1,97	Fluvial	200-0 mm Ø 300 mm épaisseur
Bassin Dallaire	1,11	6,2	1,15	6,5	9 ^e Avenue	1,10	6,2	1,15	6,5	0,050	3,42	Torrentiel avec érosion	400 mm Ø 100 kg min
Bassin Veilleux	4,53	19,0	4,54	19,3	Route 173	4,51	18,9	4,52	19,2	0,050	2,79	Torrentiel avec érosion	300-200 mm Ø 500 mm épaisseur
Portion commune du réseau autoroutier													
Bassin Inconnu 3	3,03	11,8	3,09	12,1	Route 173	2,92	11,4	2,98	11,7	0,030	3,64	Torrentiel avec érosion	500 mm Ø min 180 kg min

(1) Les débits de pointe sont calculés par la méthode rationnelle à l'aide du logiciel Ponceau, version 2.1, développé par l'Université de Sherbrooke pour le MTQ.

(2) Calculs effectués avec la méthode du débit spécifique selon la période de crue de 25 ans où l'exutoire est localisé à l'ouvrage.

(3) Les conditions de drainage local sont obtenues à l'aide du logiciel Flowmaster, version 8, de Haestad Methods.

(4) Les caractéristiques d'enrochement en pierres pour la protection du lit du cours d'eau contre l'érosion sont basées selon le tableau 8.4.1 de la page 8-23 intitulé *Revêtement en pierres et vitesse maximale admissible d'écoulement* et de la figure 8.4.1f de la page 8-24 intitulée *Dimension de l'enrochement stable en fonction de la vitesse d'écoulement contre l'enrochement* du Manuel de conception des ponceaux.

(5) Vitesse d'écoulement non uniforme à la sortie.

tants localisés plus en aval. La topographie du terrain naturel ainsi que la situation du réseau municipal sont des éléments importants dans ce projet. Ils doivent être considérés en raison des coûts associés à la méthode de rétention utilisée.

Le tracé Ouest est celui qui nécessite le plus d'interventions du point de vue de la rétention des eaux de surface. Son tracé à flanc de coteau et la forte dénivellation du terrain naturel de l'ordre de 8 à 10 % rendent plus difficiles et coûteux l'aménagement de bassins de retenue des eaux dans cinq bassins sur les dix, soit Mercier, Olivier, Inconnu 1, Marcoux et Dallaire. La topographie des quatre bassins, soit Bertrand, Poulin, Veilleux, et Bolduc, permet l'aménagement de bassin de rétention aux endroits où le terrain est relativement plat.

Entre les deux, le tracé Est est celui qui nécessite le moins d'intervention. La topographie du terrain naturel ainsi que la localisation du tracé amenuisent les interventions requises pour contrer les effets négatifs dus à l'augmentation des débits sur les cours d'eau Veilleux et Bolduc. Il est possible pour ces deux cours d'eau d'aménager des bassins de rétention aux endroits où le terrain est relativement plat.

La portion du tracé Est contenue dans le bassin Fraser traverse 11 cours d'eau répartis uniformément sur cette portion du tracé, tous affluents du ruisseau Fraser. De son côté, le tracé Ouest en compte six. Le ruisseau Fraser est stable. Son lit est protégé par une carapace de roc et de blocs. Aucune érosion n'a été observée lors de la visite terrain de sorte que ce cours d'eau pourrait recevoir les débits additionnels provenant du drainage de l'autoroute sans problème.

4.4.2 Rétention sur le bassin versant Bolduc, tracé Ouest

Le calcul de dimensionnement d'un bassin de rétention a été effectué sur le bassin Bolduc du tracé Ouest afin de donner un ordre de grandeur du volume minimal d'emmagasinement requis pour une crue d'une période de retour de 25 ans. À raison de la présence de l'échangeur de l'autoroute, ce bassin a subi la plus grande augmentation de débit transité par rapport à sa condition actuelle.

La figure 3 indique les limites de sous-bassins pour chacune des trois branches du ruisseau ainsi que la limite représentant la contribution de l'échangeur en eau de surface. Le ruisseau à Bolduc draine près de 65 % de la superficie du bassin. D'ailleurs considéré comme le principal cours d'eau du bassin Bolduc, l'eau de surface transitée par ce dernier ne sera pas retenue. La rétention est cependant effectuée sur le bassin du ruisseau Loubier et sur son affluent ainsi que les surfaces contenues à l'intérieur de l'échangeur Bolduc.

Tel que le démontre la figure 3, la construction de l'échangeur nécessite inévitablement le réaménagement du lit du ruisseau Loubier et de son affluent pour que l'eau transitée puisse emprunter le fossé longitudinal (côté est) jusqu'au kilomètre 18 + 550 environ pour ensuite traverser l'autoroute et la voie de desserte Ouest jusqu'au bassin de rétention.

Le bassin de rétention est localisé près du point kilométrique 15 + 800 du côté ouest de la voie de desserte Ouest qui mène à la nouvelle route Veilleux. Le terrain y est relativement plat, ce qui facilite l'aménagement d'un bassin de rétention de grande dimension.

Le débit ajouté par la construction de l'échangeur correspond à $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$, ce qui correspond au débit total à retenir. À titre indicatif, pour une période de retenue de deux heures, il est nécessaire d'aménager un bassin d'une capacité minimum de $13\,000 \text{ m}^3$, ce qui équivaut pour une profondeur de 2 m, à un bassin de retenue de $6\,500 \text{ m}^2$, soit une largeur et une longueur de 81 m. L'aménagement d'un marais (milieu humide) pourrait aussi faire office de bassin de rétention.

Figure 3

5. MODÉLISATION DE L'EMPIÈTEMENT PROJETÉ

Le raccordement Sud est une route qui relie l'autoroute 73 projetée à la route 173. L'intersection créée par la route de raccordement avec la route 173 est localisée à 740 m environ au nord de la route Veilleux (voir figure 4).

La nouvelle intersection ainsi formée, nécessite la modification de la géométrie de l'actuelle route 173 sur 1,1 km. Favorisé par le MTQ, la variante A répond aux normes de conception routière et élimine l'empiètement de la route dans la plaine inondable de la rivière Chaudière.

La route 173 projetée (variante A) est constituée d'une (1) voie de 3,65 m dans chaque direction avec des voies de virage à l'intersection. La variante de raccordement Sud est une route à deux voies de 3,5 m de largeur dans chaque direction qui relie l'autoroute 73 projetée à la route 173.

La géométrie routière proposée pour la variante A, indique que la nouvelle intersection se retrouve plus à l'est de la route 173 actuelle et donc plus éloigné de la rivière Chaudière. L'ancienne portion de la route (173) sera démolie et ramenée au niveau des terrains environnants et revégétalisée. Deux commerces et deux résidences seront expropriés.

Le remblai de la voie ferrée appartenant à Québec Central qui est localisé aux abords de la rivière Chaudière demeure cependant inchangé. La limite de la plaine inondable qui contribue à l'écoulement en période de crue vicennale et centennale est d'ailleurs définie par ce remblai.

La zone inondée retrouvée à l'est de la voie ferrée constitue une zone d'épandage de la plaine inondable. La nouvelle intersection est un remblai dans cette zone d'épandage. Le remplissage et la vidange de cette zone s'effectuent lentement par les ponceaux des fossés traversant le remblai de la voie ferrée et de la route 173. La diminution du volume de la zone d'épandage aura un effet négligeable sur les niveaux en crue de la rivière Chaudière.

L'examen de la nouvelle géométrie indique qu'il n'y aura aucun empiètement sur la section d'écoulement de la rivière Chaudière puisque le remblai de la voie ferrée demeure inchangé. La conception proposée (variante A) n'aura pas d'impact sur l'écoulement de la rivière Chaudière.

Figure 4

Suite à une conversation téléphonique du 12 avril 2005 avec madame Katia Tremblay et monsieur Simon Dubé du Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ), il a été convenu que les modifications proposées à la géométrie routière de la route 173 (variante A) suite à l'implantation de la nouvelle intersection n'auront aucun impact sur les conditions hydrauliques de la rivière Chaudière. En effet, il n'y aura pas de diminution de la section d'écoulement de la rivière Chaudière.

Selon une étude réalisée en 2004 par monsieur Simon Dubé du CEHQ, les niveaux d'eau de la rivière Chaudière tendent à diminuer. En effet, au point kilométrique 67 situé juste en aval, le niveau d'eau de la crue vicennale a diminué de 0,06 m pour se situer à 158,54 m au lieu de 158,60 m. Pour la crue centennale, le niveau d'eau a également diminué de 0,46 m pour se situer à 159,23 m au lieu de 159,69 m.

6. CONCLUSION

L'évaluation de la capacité actuelle et projetée des ouvrages de drainage existants, permet, du point de vue hydraulique, de discriminer un tracé par rapport à l'autre. En effet, même si les modèles de calculs des débits montrent que le ruissellement provenant des surfaces pavées et/ou gazonnées additionnelles de l'autoroute sera faible, il n'en demeure pas moins qu'il y aura une augmentation sensible des débits dans les cours d'eau qui traversent la ville de Beauceville particulièrement si le tracé Ouest est choisi. Les calculs démontrent que plusieurs des ponceaux et des conduites sur ces cours d'eau sont de capacité insuffisante pour transiter les débits de conception prévus selon les critères actuels du MTQ. Des problèmes de refoulement ont d'ailleurs déjà été observés et les propriétaires de certains ouvrages (ville et commission scolaire) ont réalisé des études pour corriger ces lacunes (Denis Fortin, ing., comm. pers.). Advenant que des problèmes de drainage surviennent après la construction de l'autoroute, ceux-ci pourraient être attribués à l'augmentation des débits résultant de ces nouvelles surfaces imperméables. L'expérience vécue lors de l'étude de modélisation du bassin de la rivière Chaudière est particulièrement révélatrice à cet égard alors que des citoyens de Sainte-Marie attribuaient les inondations le long de la rivière Chassé, à la construction de l'autoroute 73.

Il est donc requis que l'implantation de l'autoroute, des voies de desserte et des autres ouvrages n'ait pas d'impact sur le drainage local et les équipements existants. Ceci est d'autant plus important, que le développement urbain souhaité et prévu résultant de la construction de l'infrastructure autoroutière aura lui aussi un impact sur ce dernier. Le Ministère doit donc prévoir des ouvrages pour retenir toute l'eau provenant du ruissellement de l'autoroute dans des bassins qui se videront après la pointe du débit de crue des cours d'eau interceptés. Le coût d'aménagement de ces ouvrages est fonction du nombre et du débit des cours d'eau interceptés, qui sont plus importants sur le tracé Ouest que sur le tracé Est, de la topographie des sites où ils seront construits et des superficies additionnelles à acquérir aux fins de leur aménagement. La topographie naturelle du terrain ainsi que le positionnement du tracé traversant les bassins (parallèle aux courbes de niveaux), font que le tracé Est présente moins d'impacts négatifs sur le plan hydraulique que le tracé Ouest qui va nécessiter des aménagements plus importants et coûteux. Le tracé Est apparaît donc sur le plan hydraulique,

comme un meilleur choix pour la construction du prolongement de l'autoroute 73 entre Beauceville et Saint-Georges.

Il est également important de favoriser des mesures visant à retenir les eaux de ruissellement afin d'éviter d'augmenter le débit de pointe de crue et de réduire l'érosion comme effet cumulatif du projet sur la rivière Chaudière.

L'examen de la nouvelle géométrie routière de la route 173 à la hauteur de son intersection avec le raccordement Sud et l'évaluation des impacts sur les conditions actuelles ont permis aux spécialistes en hydraulique du Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ) et Tecslut Inc. de déterminer qu'il n'est pas nécessaire de procéder à la modélisation de l'empiètement projeté par la variante A dans la zone inondable en vue de l'obtention d'une dérogation en vertu de la *Politique de protection des rives, littoral et des plaines inondables*. Le dossier sera soumis par les représentants du CEHQ à la Direction régionale de Chaudière-Appalaches pour approbation.

ANNEXE 1

Fiches d'observation – Visite terrain des 6 et 7 octobre 2004