

ÉTUDE DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE BULSTRODE À L'AMONT DU RÉSERVOIR BEAUDET, VICTORIAVILLE



POLY-GÉO INC.

Portrait global de l'érosion et de la dynamique
sédimentaire présenté au Service de l'environnement
de la Ville de Victoriaville

Août 2012

SOMMAIRE

Auteurs et titre (aux fins de citation) :

Duhamel, D. et Bariteau, L. Poly-Géo inc., 2012. **ÉTUDE DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE BULSTRODE À L'AMONT DU RÉSERVOIR BEAUDET, VICTORIANVILLE** – Portrait global de l'érosion et de la dynamique sédimentaire présenté au Service de l'environnement de la Ville de Victoriaville. 29 pages et 1 annexe.

Version : finale

Date : 17 août 2012

ÉQUIPE DE RÉALISATION



Ville de Victoriaville

Directeur environnement :
Serge Cyr



MCR Procédés & Technologies

Coordonnateur du projet :
Alain Durocher, ing., M.ing.



Poly-Géo Inc.

Directrice de projet :
Line Bariteau

Chargé de projet :
Denis Duhamel

Rédaction du rapport :
Line Bariteau et Denis Duhamel

Photo-interprétation et interprétation des résultats :
Guillaume St-Jacques et Denis Duhamel

Cartographie :
Rhéal Tremblay

Édition et mise en page :
Nathalie Vanier

*No de référence ville de Victoriaville : EDD10295
No de référence Poly-Géo Inc. : 11860*

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION.....	1
1.1 Mandat.....	1
1.2 Zone d'étude.....	2
2. MÉTHODOLOGIE.....	4
2.1 Définitions.....	4
2.2 Revue de la littérature.....	6
2.3 Photo-interprétation.....	6
2.4 Cartographie.....	7
3. PORTRAIT GLOBAL DU BASSIN VERSANT.....	8
3.1 Physiographie.....	8
3.2 Géologie.....	10
3.3 Géomorphologie.....	10
3.3.1 Profondeur du roc et épaisseur de la couverture meuble.....	10
3.3.2 Mise en place et distribution des matériaux meubles.....	10
3.4 État général des rives dans l'ensemble du bassin versant.....	11
3.5 Modifications d'origine anthropique le long de la Bulstrode.....	12
3.5.1 Barrages.....	12
3.5.2 Le réservoir Beaudet.....	13
4. ÉTAT DES RIVES DE LA RIVIÈRE BULSTRODE ET DU RUISSEAU GOBEIL.....	14
4.1 Rivière Bulstrode.....	14
4.1.1 Segment amont (PK 59,5 à PK 27).....	14
4.1.2 Segment central (PK 27 à PK 10,5).....	20
4.1.3 Segment aval (PK 10,5 au réservoir Beaudet).....	22
4.2 Ruisseau Gobeil.....	23
5. SYNTHÈSE ET RECOMMANDATIONS.....	26
6. RÉFÉRENCES.....	28

LISTE DES FIGURES ET PHOTOS

FIGURE 1 : Définition des composantes de la rive.....	5
PHOTO 1 : Sédiments sableux accumulés sur le lit du cours d'eau en amont du barrage de Sainte-Sophie.....	17
PHOTO 2 : Banc de matériaux grossiers au PK 46,4.....	18
PHOTO 3 : Crête de poussée glacielle en rive gauche de la rivière Bulstrode au PK 47,8.....	19
PHOTO 4 : Bacs sableux situés en amont et en aval du barrage X2059128, PK 18,6.....	22
PHOTO 5 : Glissement de terrain récent sur la rive droite du ruisseau Gobeil, PK 5,6.....	25

LISTE DES CARTES

CARTE 1 :	Plan de localisation.....	3
CARTE 2 :	Régions physiographiques.....	9
CARTE 3 :	Matériaux composant les rives et cartographie des zones d'érosion et de sédimentation (2 feuillets).....	Annexe 1

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 :	Carte 3 : Matériaux composant les rives et cartographie des zones d'érosion et de sédimentation (2 feuillets)	
------------	--	--

1.1 MANDAT

Le réservoir Beaudet, qui est alimenté par la rivière Bulstrode, fournit l'eau potable à la ville de Victoriaville. Depuis plusieurs années, le réservoir connaît des problèmes d'ensablement.

Un projet de restauration du bassin versant de la rivière Bulstrode est actuellement envisagé par la ville en participation avec différents intervenants du milieu. Ce projet vise à cerner les différentes problématiques liées à la dégradation des composantes du bassin versant (dont celle concernant le réservoir Beaudet) et à y trouver des solutions. Le projet se subdivise en trois principales étapes : 1) portrait global du bassin versant ; 2) diagnostic sur l'état du bassin versant ; 3) pistes de solution aux diverses problématiques et plan d'action.

En septembre 2011, le service de l'environnement de la Ville de Victoriaville a confié à la firme Poly-Géo inc. un mandat portant sur l'analyse de l'état actuel des rives et de la dynamique sédimentaire de la rivière Bulstrode. Cette étude s'inscrit dans le cadre de l'étape 1 du projet.

Le mandat regroupe les activités suivantes :

- ✓ une revue des documents existants ;
- ✓ l'examen de photographies aériennes à l'échelle du 1 : 40 000 afin de dresser un portrait global du milieu physique dans l'ensemble du bassin versant, d'identifier les secteurs présentant des problématiques d'érosion et d'évaluer la pertinence d'agrandir la zone d'étude ;
- ✓ l'examen des photographies aériennes 1 : 15 000 et des orthophotos récentes de haute résolution pour réaliser une cartographie détaillée des rives en érosion et des bancs de matériaux le long de la rivière Bulstrode et d'un de ses principaux tributaires, le ruisseau Gobeil ;
- ✓ la détermination des secteurs problématiques en tenant compte des critères suivants : nature et composition des rives en érosion, ampleur de l'érosion, régime hydrologique du cours d'eau et aperçu du transport sédimentaire ;
- ✓ la rédaction d'un rapport décrivant les caractéristiques géomorphologiques du tronçon de rivière à l'étude et présentant les principales recommandations quant aux étapes à venir ;
- ✓ la présentation des résultats de l'étude au Client et aux intervenants du projet.

Ce rapport présente l'ensemble des résultats issus de la photo-interprétation et de l'analyse de la littérature. Le chapitre 2 décrit la méthodologie utilisée. Les chapitres 3 et 4 dressent tour à tour un portrait des événements géologiques récents, de la composition des matériaux meubles des rives et du lit du segment de rivière à l'étude ainsi que de la dynamique sédimentaire en place. Les recommandations sont présentées au chapitre 5.

1.2 ZONE D'ÉTUDE

La rivière Bulstrode prend sa source dans les collines appalachiennes et se jette, environ 90 km plus à l'ouest, dans la rivière Nicolet qui, elle, rejoint le fleuve Saint-Laurent dans la municipalité de Nicolet (carte 1). Depuis sa tête, la rivière Bulstrode s'écoule suivant un axe nord-ouest jusqu'à Princeville; elle bifurque ensuite vers le sud-ouest jusqu'à Victoriaville et s'écoule finalement en direction ouest jusqu'à la rivière Nicolet. À Victoriaville, le réservoir Beaudet a été aménagé sur le parcours de la rivière Bulstrode. La portion du bassin versant traitée dans la présente étude se situe à l'amont du barrage Beaudet.

La superficie du territoire d'étude a varié suivant les travaux réalisés :

- 1) La zone d'étude examinée pour élaborer le portrait global du bassin versant en amont du réservoir Beaudet couvre 334 km². On y a relevé l'état des rives et noté les principaux secteurs de sédimentation le long de la rivière Bulstrode et de ses affluents (incluant les fossés agricoles). Les informations notées ont permis de cerner les secteurs pouvant être problématiques et ont servi à la rédaction du chapitre 3. Aucune cartographie n'a été réalisée;
- 2) La zone considérée pour l'étude détaillée des rives et du lit de la rivière Bulstrode et du ruisseau Gobeil forme un corridor d'une largeur de 500 m centré sur les cours d'eau. Elle s'étend sur 37 km² au total. On y a relevé les rives en érosion, les bancs de matériaux dans le lit des cours d'eau, les affleurements rocheux et les segments de rivière s'écoulant sur le roc. Ces informations ont été cartographiées à l'échelle du 1 : 20 000 et agrandies au besoin au 1 : 10 000. Les résultats de l'étude détaillée sont présentés au chapitre 4.

Étude du bassin versant
de la rivière Bulstrode
à l'amont du réservoir Beaudet

Plan de localisation

Sources :

BDGA, 1 : 1 000 000, MRN Québec, 2002

Cartographie : Poly-Géo


Fichier : 11860_po_001_pl_120117.wor

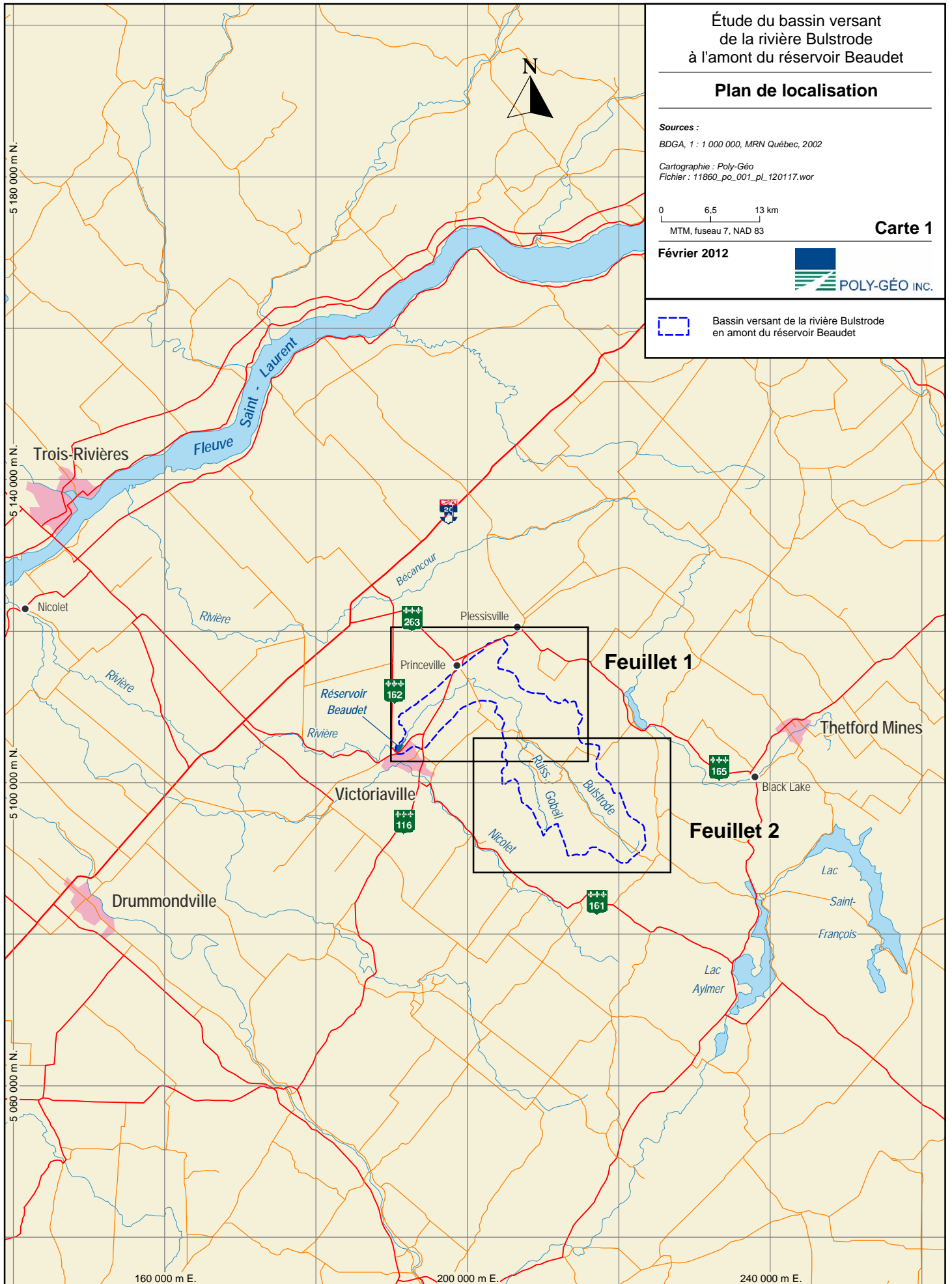
0 6,5 13 km
MTM, fuseau 7, NAD 83

Carte 1

Février 2012



 Bassin versant de la rivière Bulstrode
en amont du réservoir Beaudet



2.1 DÉFINITIONS

Avant toute chose, il importe de définir clairement les termes de base utilisés dans le texte, qui sont reliés aux principales composantes de la rive et du lit du cours d'eau. Les principaux termes utilisés sont définis plus bas. Ces définitions proviennent de divers ouvrages de références et d'une étude de synthèse sur les principes et méthodes de caractérisation de rives (Poly-Géo, 2006). La figure 1, fournie à la page suivante, illustre chacune des composantes.

- ✓ **Rive** : *Bande de terrain en bordure d'un cours d'eau, d'un lac ou d'un réservoir, qui englobe la berge et les matériaux dans lesquels le cours d'eau, le lac ou le réservoir sont encaissés* (Poly-Géo, 2006).
- ✓ **Matériaux encaissants** : *Matériau (roc ou dépôts meubles) adjacent à la berge, bordant un cours d'eau, un lac ou un réservoir, aux dépens duquel l'érosion riveraine opère. Les matériaux encaissants meubles présentent une morphologie variable, mais forment très souvent un talus (riverain)* (Poly-Géo, 2006).
- ✓ **Talus riverain** : *Versant en pente forte bordant un cours d'eau, un lac ou un réservoir, formé dans les matériaux encaissants meubles par les agents d'érosion effectifs dans l'environnement riverain (courants, vagues, glaces flottantes, etc.)* (Poly-Géo, 2006).
- ✓ **Berge** : *Rebord immédiat d'un cours d'eau, d'un lac ou d'un réservoir, dont la morphologie et la composition sont liées à la dynamique riveraine (fluviale ou de type lacustre)* (Poly-Géo, 2006).
- ✓ **Lit (d'un cours d'eau)** : *Partie la plus basse d'une vallée creusée par l'écoulement et dans laquelle se déplacent, en dehors des crues, l'eau et les matériaux transportés* (Glossaire international d'hydrologie, 2008).

Les classes granulométriques (liées à la taille des particules) les plus couramment utilisées en sciences géomorphologiques (Wentworth, 1922 et Blott et Pye, 2001) et utilisées dans ce rapport sont les suivantes :

Argile	:	$\leq 2 \mu\text{m}$
Silt	:	2 à 63 μm
Sable	:	63 μm à 2 mm
Gravier	:	2 à 64 mm
Cailloux	:	64 à 256 mm
Blocs	:	$\geq 256 \text{ mm}$

Étude du bassin versant de la rivière Bulstrode
à l'amont du réservoir Beaudet

Définition des composantes de la rive

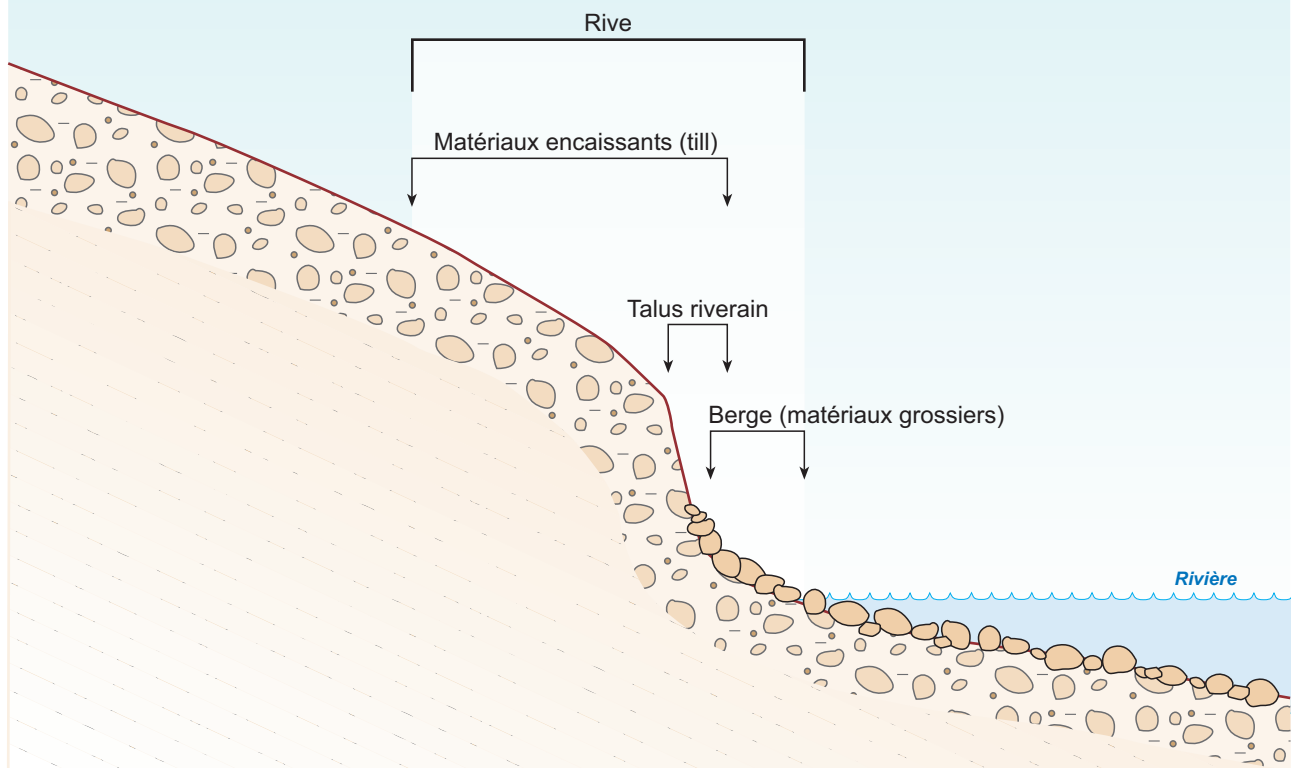
Sources :

Cartographie : Poly-Géo Inc.

Fichier : 11860_po_004_f1_120410.fn10

Figure 1

Avril 2012



2.2 REVUE DE LA LITTÉRATURE

Plusieurs documents (cités en fin de texte) ont été consultés lors de l'étude. Il s'agit principalement d'ouvrages scientifiques, de cartes géomorphologiques et d'études fournies par le Client relatives au bassin versant de la rivière Bulstrode ou à la problématique du réservoir Beaudet.

Les résultats de puits et forages effectués dans le territoire d'étude et provenant de la banque de données du Système d'information hydrogéologique (SIH), ont également été consultés. Ces données ne permettent pas de déterminer avec certitude la nature et la stratigraphie des dépôts meubles, cependant elles donnent des renseignements relativement exacts concernant la profondeur du roc.

2.3 PHOTO-INTERPRÉTATION

L'étude a été entièrement réalisée par photo-interprétation. Aucune validation au terrain n'était prévue au mandat.

Dans une première étape, des photographies aériennes à l'échelle du 1 : 40 000 prises en 1975 et 1978 ont été consultées afin de dresser le portrait général de l'ensemble du bassin versant du tronçon de rivière à l'étude et d'identifier les principaux secteurs en érosion. Cette analyse a permis de :

- définir le contexte topographique du territoire ;
- fournir un aperçu des caractéristiques des rives et du lit (nature des matériaux, présence de roc, barrages, seuils, rapides) ;
- délimiter les principaux segments de rives en érosion le long du tronçon à l'étude de la Bulstrode et le long de l'ensemble de ses affluents afin de relever les zones problématiques.

Dans une deuxième étape, des photographies aériennes à l'échelle du 1 :15 000 (2006) et les orthophotos de haute résolution, soit aux 20 cm (2010) ont été utilisées afin de réaliser l'étude détaillée de l'état des rives et du lit de la rivière Bulstrode et du ruisseau Gobeil.

Le logiciel DVP version 7 a été utilisé pour visualiser les orthophotos en 3D à l'écran. Les éléments suivants ont été identifiés :

- les rives en érosion et leur composition. L'utilisation de photographies aériennes de haute résolution a permis de déceler et de délimiter l'érosion assez précisément à l'aide des indices suivants : talus actif dénudé, rebord de talus vertical, fissures dans le sol, affaissement de matériaux, couvert végétal très découpé, arbres inclinés ou basculés. Sur la base de ces critères, on a distingué deux classes de rives en érosion. Les rives considérées « en érosion » au sens strict sont celles où les signes d'érosion sont clairement identifiables sur les photographies. Les rives « en érosion probable » sont celles où l'interprétation de l'érosion est moins certaine, soit parce que les rives sont partiellement masquées par l'ombre ou la végétation riveraine, qu'elles ne sont affectées que par une très faible érosion, ou encore que l'angle des photos ne permet pas de voir entièrement le rivage ;

- les bancs de matériaux dans le lit des cours d'eau et leur composition ;
- les affleurements rocheux sur les rives et les segments du lit s'écoulant sur le roc. Ces derniers n'ont été délimités que dans le tronçon de la rivière Bulstrode où le lit est suffisamment large pour y déceler la présence de grandes surfaces rocheuses, soit à l'aval du secteur des Appalaches.

2.4 CARTOGRAPHIE

Le traçage des informations et l'édition des cartes ont été réalisés à l'aide du logiciel MapInfo version 8.5.1B. Les cartes ont été produites à l'échelle du 1 : 20 000 sur des fonds de carte numériques à l'échelle originale de 1 : 20 000. Les segments de rivière les plus dynamiques y ont été représentés sur des agrandissements des orthophotos à l'échelle du 1 : 10 000.

Les matériaux de surface composant les terrains en bordure des rives sont également représentés sur ces cartes. Ces informations proviennent de cartes très générales produites en 1984 par le Service des inventaires forestiers du Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec.

Pour faciliter le repérage des segments de rivière mentionnés dans le texte qui suit, des points kilométriques (PK) ont été positionnés sur les cartes, le long de la rivière Bulstrode et du ruisseau Gobeil. Ils sont identifiés à tous les 5 km, en ordre croissant vers l'amont. La rivière Bulstrode s'allonge du PK 0 (barrage du réservoir Beaudet) au PK 59,5. Depuis son embouchure dans la Bulstrode (PK 0), le ruisseau Gobeil s'étend jusqu'au PK 14,8.

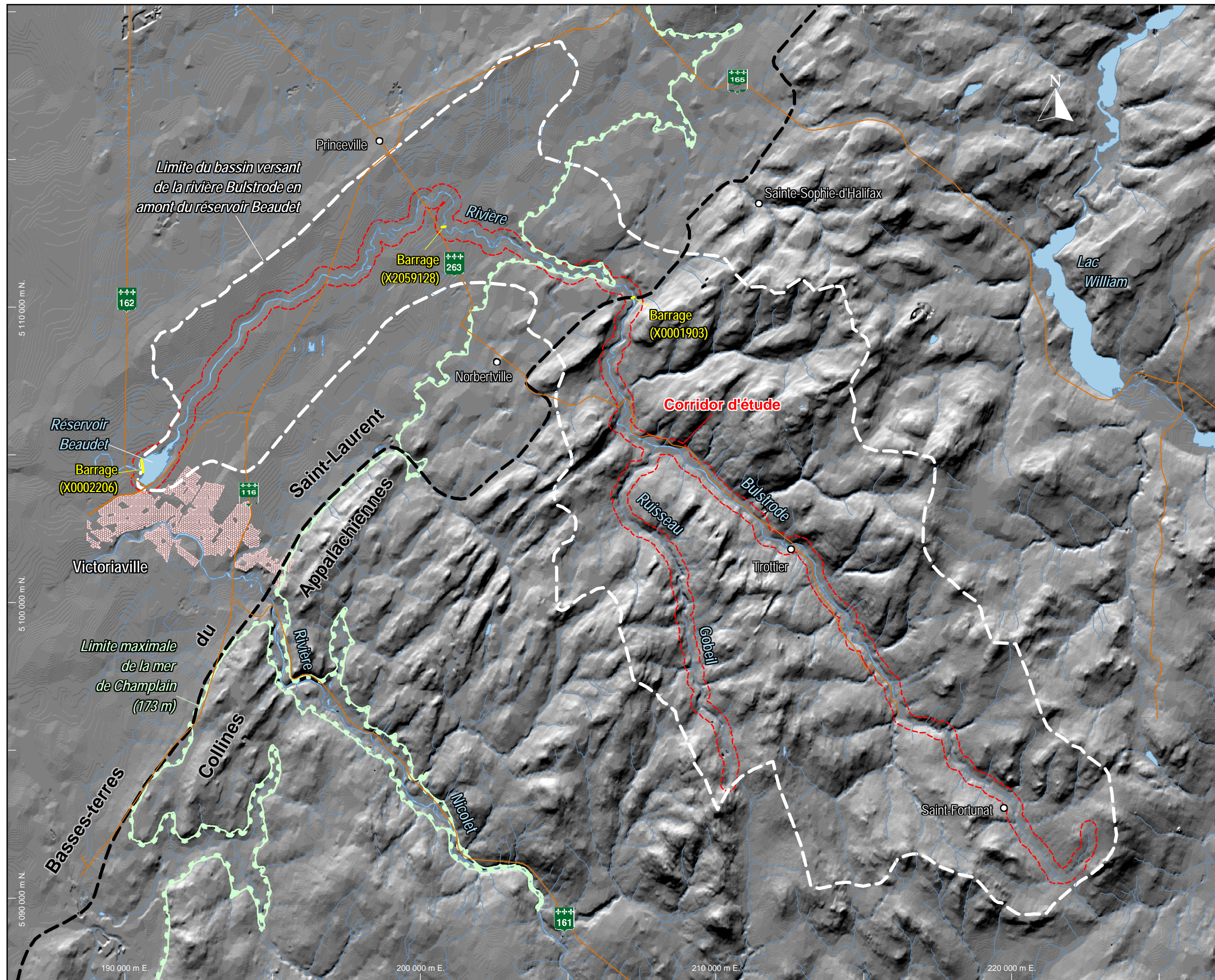
L'étude des cartes topographiques et l'examen des photographies aériennes à l'échelle du 1 : 40 000 prises entre 1975 et 1978 ont permis de dresser un portrait général du territoire couvert par le bassin versant de la rivière Bulstrode, à l'amont du réservoir Beaudet. La topographie et la composition des terrains, l'état général des rives, le profil du lit et la dynamique sédimentaire des cours d'eau sont résumés dans la section qui suit.

3.1 PHYSIOGRAPHIE

La portion du bassin versant à l'étude recoupe le secteur des collines appalachiennes dans sa partie amont et des basses-terres du Saint-Laurent dans sa partie aval (carte 2).

Dans la partie du bassin versant qui s'inscrit à l'intérieur des Appalaches, les terrains se composent de collines dont les sommets atteignent 400-500 m d'altitude en moyenne avec des maximas de près de 600 m à l'extrémité amont du bassin versant. Les dénivelés sont de l'ordre de 150-200 m, mais ils peuvent atteindre jusqu'à 300 m à quelques endroits, notamment vers le PK 43. Ces collines, essentiellement rocheuses, sont recouvertes d'un till mince devenant de plus en plus épais vers le fond des vallées. La vallée dans laquelle coule la rivière Bulstrode est dans l'ensemble assez évasée, bordée de versants en pente moyenne (environ 10 %). Au fond de cette vallée, la rivière a formé une plaine alluviale relativement étroite (100-200 m) composée de sable, gravier et matériaux grossiers. La rivière coule directement sur le roc ou des matériaux grossiers. La pente générale du lit dépasse rarement 1 à 2 %, sauf entre les PK 49 et 50 et en amont du PK 57. Si on exclut le ruisseau Gobeil qui fait 14,8 km de longueur, les affluents de la Bulstrode sont courts et leur vallée est généralement assez encaissée (sur 20 à 50 m de profondeur). Leur lit se compose de matériaux grossiers ou, plus rarement, de roc.

Dans la portion du bassin versant qui traverse les basses-terres du Saint-Laurent, la surface du terrain est relativement plane à légèrement ondulée et s'incline faiblement, passant de 200 m d'altitude près des collines appalachiennes, à 130 m aux environs du réservoir Beaudet. La pente longitudinale du lit de la rivière Bulstrode est très faible (< 0,5 %). Entre le PK 21,5 et 27, les terrains bordant la rivière se composent de till et de sables et graviers d'origine fluvio-glaciaire, formant des versants en pente douce (< 5 %) d'une trentaine de mètres de hauteur. Le lit de la rivière rencontre le roc par endroits, mais est composé surtout de sable et gravier. Du PK 21,5 jusqu'au réservoir Beaudet, la rivière, très peu encaissée, s'inscrit dans des terrains composés de sables et de silts marins. Son lit est fait de sable et de roc en alternance. Les tributaires sont nombreux, mais leur tracé est court et a été en grande partie redressé au cours des dernières décennies, dans le cadre des activités agricoles. Ces cours d'eau sont généralement très peu encaissés et leur lit est surtout sableux.



Étude du bassin versant de la rivière Bulstrode à l'amont du réservoir Beaudet

Régions physiographiques

Sources :

Carvec, 1 : 50 000, RNCan, feuillets 21E/13 et 21L/04
 Gouvernement du Canada, Ressources naturelles Canada,
 Secteur des sciences de la Terre, Direction de l'information
 cartographique, Centre d'information topographique - Sherbrooke
 Données numériques matricielles produites avec les données
 numériques d'élévation du Canada (DNEC), résolution 15 m.
 © Sa Majesté la Reine du Chef du Canada,
 reproduit avec la permission de RNCan
 Bassin versant, Système d'information hydrologique (SIH),
 2012. Ministère du Développement durable, Environnement et Parcs
 Limite maximale de la mer de Champlain, tracé à partir de la cote 173 du DNEC.

Cartographie : Poly-Géo
 Fichier : 11860_po_003_c2_120410.wor

0 1,3 2,6 km
 MTM, fuseau 7, NAD 83

Avril 2012

Carte 2

3.2 GÉOLOGIE

L'assise rocheuse du territoire à l'étude appartient à la province géologique des Appalaches. Elle recoupe essentiellement des formations méta-sédimentaires d'âge cambro-ordovicien (Caron, 1982). Dans les collines appalachiennes, le substrat rocheux se compose surtout de schistes, phyllades et ardoises, mais peut aussi comprendre des grès, conglomérats et dolomies (groupes de Oak Hill et de Caldwell et Schistes de Bennett; Caron, 1982; MRNF, 2010). Dans le secteur traversant les basses-terres, le roc serait formé surtout de calcaire et d'ardoise (formation de Bulstrode; Globensky, 1987).

3.3 GÉOMORPHOLOGIE

3.3.1 PROFONDEUR DU ROC ET ÉPAISSEUR DE LA COUVERTURE MEUBLE

Le roc affleure fréquemment sur les rives et dans le lit du ruisseau Gobeil ainsi que le long du tracé de la rivière Bulstrode et ce, même dans le secteur des basses-terres. L'examen des résultats des puits et forages réalisés dans les terrains en bordure des cours d'eau étudiés indique que le roc y serait situé à moins de 8-10 m de la surface. La profondeur moyenne du roc sous la surface des terrains bordant les deux principaux cours d'eau serait d'environ :

Rivière Bulstrode

- Pk 0 à 2 : 1 à 8 m;
- Pk 2 à 15 : 1 à 4 m;
- Pk 15 à 19 : 2 à > 6 m;
- Pk 19 à 36 : 2 à 7 m;
- Pk 36 à 59,5 : peu de données disponibles.

Ruisseau Gobeil

- Pk 0 à 14,8 : 1 à 4 m.

3.3.2 MISE EN PLACE ET DISTRIBUTION DES MATÉRIAUX MEUBLES

Les informations concernant les matériaux de surface dans le corridor d'étude proviennent des cartes du ministère des ressources naturelles et de la faune du Québec (Service des inventaires forestiers, feuillets 21L04 et 21E13). Ces dépôts apparaissent sur les deux feuillets de la carte 3 (fournis à l'annexe 1) et leur origine est expliquée dans la section qui suit.

La mise en place des matériaux meubles dans la zone à l'étude s'est produite lors du dernier épisode glaciaire et des étapes subséquentes. Il y a plusieurs millénaires, le glacier recouvrait entièrement le territoire et a laissé une couche relativement continue de till¹ au-dessus du roc. Dans le corridor d'étude, le till est dominant dans le secteur des collines appalachiennes. Un couvert de till estimé à plus de 1 m d'épaisseur (unités 1A identifiées en vert pâle sur la carte 3) occuperait les versants qui bordent la vallée de la Bulstrode (PK 23 à 50) et tapisserait le fond de la vallée du ruisseau Gobeil.

¹ Till : matériau mis en place par le glacier sans intervention des eaux de fonte. Sa granulométrie est hétérogène, comprenant des blocs, cailloux, graviers, sables, silts et argiles.

Lors du retrait du glacier vers le nord, celui-ci marqua une pause sur le versant nord-ouest des collines appalachiennes. Pendant cette période, les eaux de fonte du glacier mirent en place des sables et graviers dans les vallées nouvellement déglacées. Dans le corridor d'étude, ces matériaux sablo-graveleux (unités 2BE et 2BD représentées en orange sur la carte 3) sont cartographiés le long de la rivière Bulstrode, entre les PK 22 et 34 et entre les PK 41 et 59, et plus localement dans le fond de la vallée du ruisseau Gobeil. À la même période, il est probable que de petits plans d'eau temporaires (lacs glaciaires) se soient formés dans certaines dépressions des reliefs appalachiens (Parent et Occhietti, 1999 et LaRocque *et al.*, 2003). Des sédiments fins (sable fin, silt et possiblement argile) se seraient alors déposés dans les dépressions, recouvrant partiellement les dépôts glaciaires. Bien qu'ils ne soient pas cartographiés dans le corridor d'étude, des matériaux silto-argileux ont été identifiés au droit de petits glissements survenus récemment sur les rives du ruisseau Gobeil, entre les PK 5 et 7 (voir photo 4).

Il y a environ 12 000 ans, le retrait du glacier a permis aux eaux marines d'inonder l'ensemble des basses-terres pour former la Mer de Champlain (Parent et Occhietti, 1988). À son extension maximale, la mer aurait atteint l'altitude de 173 m dans la région de Victoriaville (carte 2), inondant alors les terrains de la partie aval du corridor d'étude (jusqu'au Pk 26). Dans ce secteur, la mer était peu profonde (< 30 m) et a mis en place des dépôts sableux et sablo-silteux (représentés par l'unité 5S, en jaune sur la carte 3). Ces sables marins peuvent contenir également des proportions variables de silt et il n'est pas exclu qu'on y retrouve des traces d'argile.

Après le retrait de la mer il y a 10 000 ans, les terres se sont progressivement drainées, puis les cours d'eau se sont encaissés dans les matériaux meubles jusqu'à ce qu'ils rejoignent des seuils composés de roc ou de matériaux grossiers. Les rivières ont érodé et transporté les matériaux en place, qui se sont accumulés par endroits le long du parcours des eaux. Ces sédiments fluviaux occupent le fond de la vallée de la Bulstrode. Leur composition est surtout sableuse (unité 3B représentée en jaune foncé sur la carte 3), mais elle devient essentiellement sablo-graveleuse à l'amont du PK 42 (unité 3A représentée en orange pâle sur la carte 3).

3.4 ÉTAT GÉNÉRAL DES RIVES DANS L'ENSEMBLE DU BASSIN VERSANT

L'examen des photographies aériennes à l'échelle du 1 : 40 000, prises en 1975, a permis de dresser un portrait de l'état global de l'ensemble du bassin versant, de façon à cerner, s'il y a lieu, les secteurs problématiques pouvant avoir des répercussions sur la charge sédimentaire apportée au réservoir Beudet. Étant donné que l'analyse détaillée de la rivière Bulstrode ainsi que du ruisseau Gobeil sera traitée au prochain chapitre, la section qui suit s'attardera davantage aux observations réalisées sur les autres affluents de la Bulstrode.

La partie du bassin versant chevauchant les collines appalachiennes (PK 27 à 59,5) est généralement boisée, mais comprend un certain nombre de terres en culture ou en friche. Elle est drainée par plusieurs affluents dont les plus importants sont la rivière du Huit et le ruisseau Gobeil situés en rive gauche de la Bulstrode et, sur la rive opposée, deux cours d'eau sans nom qui se jettent dans la Bulstrode aux environs des PK 37,5 et 31. Le lit des cours d'eau de cette partie du bassin versant rejoint fréquemment le roc. À leur embouchure, les cours d'eau

sont parfois encaissés de 20 à 40 m dans le till ou dans les dépôts de sable et gravier. Dans l'ensemble, les rives de ces cours d'eau paraissent stables (à l'échelle des photographies examinées). De courts segments de rives en érosion sont identifiables très localement en bordure de ces cours d'eau, surtout vers leur embouchure dans la Bulstrode. Il est peu probable que ces zones d'érosion contribuent de façon substantielle à la charge sédimentaire.

La portion du bassin versant qui s'inscrit à l'intérieur des basses-terres du Saint-Laurent (PK 0 à 27) se situe en territoire urbanisé et agricole et est, par conséquent, en bonne partie déboisée. Ce territoire est drainé par plusieurs petits affluents dont les plus importants sont, de l'amont vers l'aval, les ruisseaux Perreault, des Aulnes, Plante et Parent, en rive droite, et la rivière L'Abbé en rive gauche. Le lit de ces cours d'eau a, pour la plupart, été redressé pour les fins agricoles au cours des années 1960, si bien que leurs rives portent aujourd'hui un couvert végétal assez clairsemé. Les rives de ces cours d'eau font moins de 2-3 m de hauteur et sont principalement constituées de sédiments sableux à sablo-silteux. Dans l'ensemble, elles paraissent stables. Les seuls signes d'érosion visibles sur les photographies à l'échelle du 1 : 40 000 ont été identifiés localement sur les rives de l'embouchure du ruisseau Perreault. Ainsi, les affluents de la Bulstrode dans cette partie du bassin ne posent pas de problématique particulière en ce qui concerne l'érosion et, par conséquent, ils ne contribueraient pas de façon significative à la charge sédimentaire de la Bulstrode.

En fait, l'examen des photographies à petite échelle indique que l'essentiel de l'érosion observable dans l'ensemble du bassin versant à l'étude se concentre le long de la rivière Bulstrode entre les PK 10 et 27.

3.5 MODIFICATIONS D'ORIGINE ANTHROPIQUE LE LONG DE LA BULSTRODE

3.5.1 BARRAGES

À part le barrage Beudet (X0002206), deux autres barrages ont été répertoriés dans la zone d'étude (carte 3), dont deux pouvant avoir un impact direct sur la dynamique sédimentaire de la rivière Bulstrode. Ces barrages sont situés dans les municipalités de Princeville (X2059128) et de Sainte-Sophie (X0001903).

Le barrage de la municipalité de Princeville (X2059128) (PK 18,6) est de plus petite envergure. Il s'agit d'un enrochement permettant une hauteur de retenue d'eau de 1,35 m. Il a été construit en 1999 pour assurer une pression hydrostatique adéquate à la prise d'eau municipale (Juaire, 2011 *in* Couture, 2011).

Le barrage situé dans la municipalité de Sainte-Sophie (X0001903) (PK 27) a été construit en 1934 et est fabriqué en béton. Selon le Centre d'expertise hydrique, il possède deux vannes de fond. La hauteur de retenue d'eau en amont du barrage est de 3,6 m, ce qui est suffisant pour former une petite chute en aval.

3.5.2 LE RÉSERVOIR BEAUDET

Le réservoir Beaudet a été mis en eau en 1977 après la construction du barrage X0002206 sur la rivière Bulstrode. Il est la principale source d'approvisionnement en eau potable de la Ville de Victoriaville. Sa profondeur moyenne est de 2,45 m et varie de 0 à 6,5 m (HBA Environnement, 2004). Il constitue toutefois un bassin qui connaît des problèmes d'ensablement.

En 2004, les Laboratoires Shermont inc. ont réalisé une étude géotechnique afin de caractériser les sédiments dans le réservoir Beaudet (David et Bergeron, 2004). Lors de cette étude, trente forages ont été effectués sur l'ensemble du réservoir. L'épaisseur moyenne des dépôts meubles qui reposent sur le roc serait d'environ 4,5 m. La stratigraphie rencontrée dans le réservoir comprend :

- 1) du silt sableux avec des traces de gravier sur une épaisseur moyenne de 1,2 m ;
- 2) des sables fins contenant des traces de gravier sur une épaisseur moyenne de 2,75 m ;
- 3) du till probable sur une épaisseur moyenne de 0,9 m ;
- 4) le socle rocheux.

Le portrait détaillé de l'état des rives de la rivière Bulstrode et du ruisseau Gobeil est illustré sur la carte 3 (annexe 1) produite à l'échelle du 1 : 20 000. Quatre segments de la rivière Bulstrode y sont représentés sur un fond photographique agrandi à l'échelle du 1 : 10 000.

Le texte qui suit décrit, pour chacun des cours d'eau étudiés, le profil général du cours d'eau, la nature des matériaux, la morphologie et la stabilité des rives et du lit et discute de la dynamique sédimentaire.

4.1 RIVIÈRE BULSTRODE

Le tronçon à l'étude de la rivière Bulstrode s'allonge sur 59,5 km. Il a été subdivisé en trois segments qui présentent des caractéristiques physiographiques, hydrologiques et géomorphologiques relativement homogènes, lesquels sont décrits ci-après, de l'amont vers l'aval :

- **le segment amont**, entre le PK 59,5 et le PK 27, est entièrement situé dans les Appalaches. Son tracé franchit un dénivelé total de 350 m ;
- **le segment central**, du PK 27 (barrage X0001903) au PK 10,5, se trouve dans les basses-terres du Saint-Laurent. La rivière y forme de nombreux méandres et ses rives sont parmi les plus actives de la zone d'étude. On y trouve plusieurs zones de sédimentation ;
- **le segment aval**, compris entre le PK 10,5 et le réservoir Beaudet, se situe également dans les basses-terres du Saint-Laurent. Ce segment se distingue par son tracé assez rectiligne, sa pente très faible et la présence fréquente de roc dans son lit.

4.1.1 SEGMENT AMONT (PK 59,5 À PK 27)

✓ Profil général du cours d'eau

Cette portion de la rivière se situe entièrement dans le territoire des collines appalachiennes. Elle franchit un dénivelé total de 350 m réparti sur une longueur de 32,5 km. La pente moyenne du lit est de 1 %, mais atteint 4 à 6 %, entre les PK 49 et 50 et en amont du PK 57. Le tracé du cours d'eau est dans l'ensemble assez sinueux, formant quelques coudes plus prononcés vers les PK 29, 32 et 44. Le tronçon compris entre les PK 32 et 43 est toutefois plutôt rectiligne. L'écoulement semble assez rapide dans tout ce segment de rivière.

✓ **Composition et morphologie des rives et du lit**

Ce long segment de la rivière Bulstrode coule au fond d'une vallée assez évasée, dont les versants se composent de till (dépôt glaciaire). Des terrasses de matériaux sablo-graveleux d'origine fluvio-glaciaire de 20 à 30 m de hauteur occupent le fond de la vallée entre les PK 27 et 35, puis en amont du PK 50. Bien qu'il y ait peu de données de forages disponibles dans cette partie de la zone d'étude, on estime que l'épaisseur des matériaux dépasse 5 m dans les terrains adjacents au cours d'eau. Le cours d'eau qui s'est encaissé à travers ces dépôts, a formé une plaine alluviale large de 100 à 200 m, composée surtout de sable et gravier.

Les talus riverains se composent de sable et gravier ou, plus localement, de till. Ils s'élèvent rarement de plus de 5 m par rapport au cours d'eau. Le roc affleure régulièrement sur la berge et dans le lit du cours d'eau. En dehors de ces segments rocheux, le lit se compose de matériaux grossiers (gravier, cailloux et blocs) formant des bancs assez étendus entre les PK 27 et 33 et vers les PK 36 et 46.

✓ **Stabilité des rives**

Les rives, composées de matériaux assez résistants à l'érosion, sont stables dans l'ensemble. Des pavages de matériaux grossiers (mélange de gravier, cailloux et blocs) occupant la base des talus riverains offrent une bonne protection contre l'effet érosif des eaux courantes. La longueur de rives considérées en érosion dans ce segment totalise 3,5 km, représentant environ 5 % de l'ensemble des rives. Elles se situent essentiellement entre les PK 31 et 33 et aux environs des PK 36, 39,5 et 46,5. Pour la majeure partie de ces rives, l'érosion apparaît assez clairement sur les orthophotos. Les quelques segments où l'érosion est considérée « probable » correspondent à des talus dont la base est protégée par un pavage de matériaux grossiers, mais où la partie supérieure semble tout de même active.

L'érosion affecte de courts segments des rives concaves et se manifeste généralement par de petits éboulements au droit de talus sablo-graveleux peu élevés (< 5 m de hauteur). Par endroits, des glissements se sont produits sur les rives plus élevées composées de till, laissant les talus dénudés sur plus de 5 m de hauteur. Ces glissements récents sont visibles au PK 32,2 et au PK 44,5 (rive gauche) et entre les PK 49 et 51 (rive droite). Dans ce dernier segment, on observe également des cicatrices de glissement plus anciennes, aujourd'hui partiellement reboisées et en voie de se stabiliser.

✓ **Dynamique sédimentaire**

L'interprétation des orthophotos de haute résolution indique relativement peu de rives actives dans le segment amont de la rivière Bulstrode (environ 5 %). Ceci s'explique en grande partie parce que le lit du cours d'eau de même que la base des talus riverains sont formés de matériaux résistants à l'érosion (roc ou pavages de matériaux grossiers). Par conséquent, en dehors de la période de crue, la rivière n'engendrerait que très peu d'érosion.

L'érosion surviendrait essentiellement en période de crue et lors des embâcles printanières, lorsque les niveaux d'eau s'élèvent au-dessus des berges constituées de matériaux grossiers et rejoignent les matériaux sablo-graveleux, moins résistants à l'érosion. L'érosion serait probablement causée surtout par les courants, mais le rôle des glaces n'est pas à négliger. Plusieurs indices notés sur les orthophotos témoignent en effet de l'importante activité des glaces et de leur impact sur les rives concaves : nombreux arbres arrachés et basculés sur le lit de la rivière (photo 2) et crêtes de poussée glacielle de plusieurs mètres de hauteur (photo 3)¹. Celle du PK 47,8 atteint une centaine de mètres de longueur et s'élève de quelques mètres de hauteur au-dessus du niveau moyen de la rivière.

Les matériaux fournis à la rivière par l'érosion sont composés de sable, mais surtout de matériaux grossiers (gravier, cailloux et blocs) qui ne peuvent être transportés que sur de très courtes distances par les eaux courantes et les glaces. Les matériaux érodés s'éboulent en vrac au pied des talus actifs, sont délavés de leurs fractions sableuse et silto-argileuse par les eaux courantes, puis en viennent à former des pavages dans le lit de la rivière et sur les berges à proximité des rives actives. Les bancs les plus étendus se situent d'ailleurs à proximité des rives les plus affectées par l'érosion, notamment entre les PK 31 et 33 et aux PK 36 et 46,5.

Les sables pris en charge par le cours d'eau sont transportés vers l'aval, s'accumulent temporairement dans les parties plus calmes du cours d'eau, puis peuvent être à nouveau transportés lors des crues subséquentes. Ils migrent ainsi progressivement vers l'aval, mais sont entièrement captés à l'amont du barrage de Saint-Sophie (X0001903) étant donné que l'ouverture des vannes de fond n'y est plus pratiquée depuis une quinzaine d'années (Ouellet, 2012). La présence de bancs sableux à l'amont du barrage (voir photo 1 et agrandissement A sur la carte 3) indique que cette partie du lit est favorable à l'accumulation des sables. Il est donc peu probable que la fraction sableuse provenant de l'érosion des rives du segment amont franchisse le barrage du PK 27 et soit acheminée vers le réservoir Beaudet.

Les sédiments fins, qui demeurent en suspension sur de longues distances, semblent franchir le barrage de Sainte-Sophie (voir photo 1) et poursuivre leur course vers les segments central et aval de la Bulstrode. Il est possible que ces sédiments fins atteignent le réservoir Beaudet, cependant il est peu probable que les faibles quantités provenant du segment amont soient à l'origine du problème d'ensablement du réservoir.

¹ Les crêtes de poussées glacielles sont des accumulations de cailloux et de blocs sur le rivage d'un cours d'eau, indiquant la force des glaces.

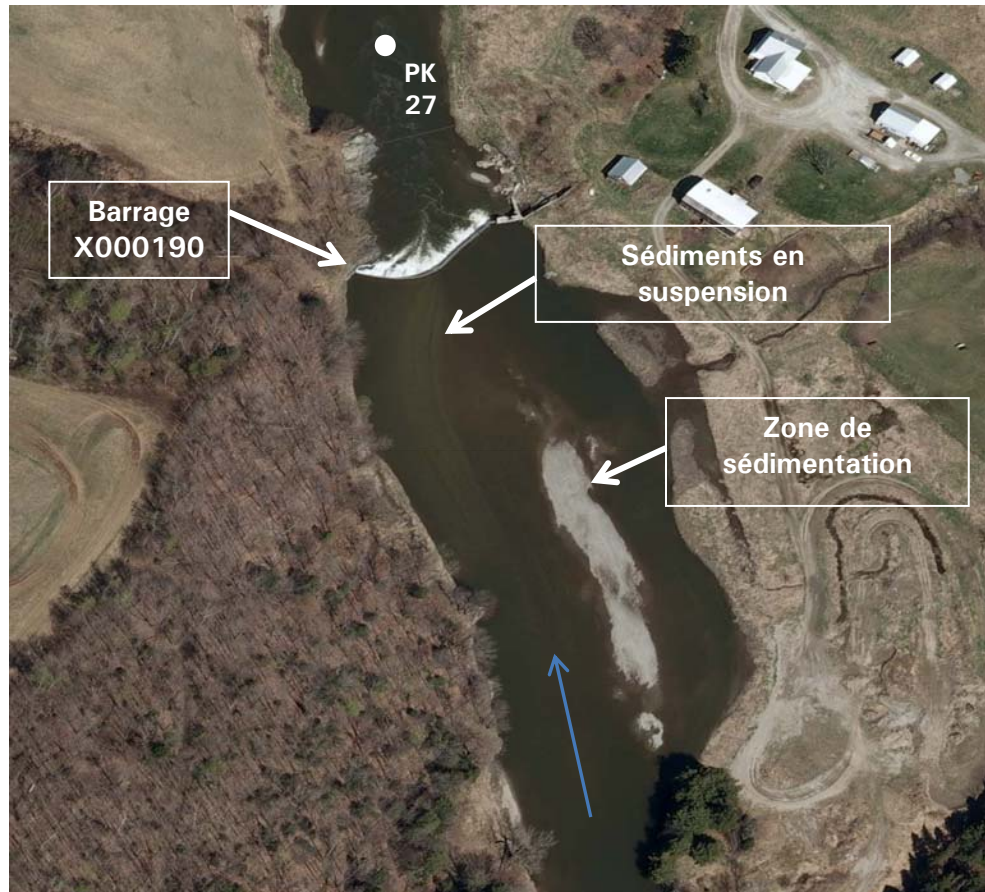


Photo 1 : Sédiments sableux accumulés sur le lit du cours d'eau en amont du barrage de Sainte-Sophie, situé aux environs du PK 27. Les sédiments fins en suspension, concentrés à gauche du banc sableux, sont acheminés jusqu'au barrage, puis évacués vers l'aval. La flèche bleue indique le sens d'écoulement de l'eau.



Photo 2 : Banc de matériaux grossiers au PK 46,4. Nombreux arbres basculés sur le lit de la rivière Bulstrode, par les glaces. On note de l'érosion à la base du talus bordant la route, sur la rive gauche. La flèche bleue indique le sens d'écoulement de l'eau.



Photo 3 : Crête de poussée glacielle en rive gauche de la rivière Bulstrode au PK 47,8. La flèche bleue indique le sens d'écoulement de l'eau. Le rebord découpé du talus riverain plus en amont indique que celui-ci est probablement en érosion.

4.1.2 SEGMENT CENTRAL (PK 27 À PK 10,5)

✓ Profil général du cours d'eau

À l'aval du PK 27, la rivière Bulstrode s'inscrit à l'intérieur des basses-terres du Saint-Laurent et parcourt des terrains de plus faible topographie. Dans son segment central, le cours d'eau franchit un dénivelé d'environ 25 m sur une longueur de 16,5 km, formant une pente faible de 0,2 % en moyenne. Sa largeur varie entre 15 et 50 m et son lit présente un tracé très sinueux par endroits.

Le segment central se subdivise en deux sous-segments. Entre les PK 27 et 21,5, le tracé est légèrement sinueux et franchit plusieurs seuils rocheux de faible dénivelé. L'écoulement y paraît assez rapide. Celui s'étendant entre les PK 21,5 et 10,5 comporte plusieurs méandres de grande amplitude et son lit ne rejoint le roc que très localement. L'écoulement y paraît assez lent.

✓ Composition et morphologie des rives et du lit

Du PK 27 au PK 21,5, la vallée de la rivière Bulstrode s'inscrit dans des terrains encore assez élevés, formant une zone de transition entre les basses-terres et les Appalaches. Profonde de 20 à 30 m, la vallée est bordée de versants en pente douce (5 %) développés dans le till ou le sable et gravier. Le fond de la vallée est occupé par une plaine alluviale large de 200 à 300 m composée essentiellement de sable et gravier. Encore ici, les résultats des puits indiquent que la couverture meuble des terrains adjacents à la rivière dépasserait rarement 5-6 m d'épaisseur. Les talus riverains sont généralement bas (< 3-4 m de hauteur) et composés de sable et gravier. Le lit de la rivière recoupe le roc régulièrement sur des longueurs pouvant varier de 60 à 400 m. Des bancs de sable et de gravier se sont développés entre ces segments rocheux.

Entre les PK 21,5 et 10,5, la rivière parcourt des terrains sableux et sablo-silteux présentant une faible topographie. Les résultats des puits réalisés à proximité des rives indiquent que la couverture meuble ne dépasserait les 5-6 m d'épaisseur que dans le secteur des PK 16, 19 et 22. Les talus riverains ne font pas plus de 2 à 3 m de hauteur. Les rives et le lit du cours d'eau sont formés surtout de sable, mais entre les PK 11 et 15, les matériaux paraissent plus fins (silteux, voire même argileux). Le roc n'est rejoint par la rivière qu'entre les PK 15 et 15,5 et vers les PK 17 et 18,5.

✓ Stabilité des rives

Le segment central de la rivière Bulstrode est celui qui compte le plus de rives actives. Celles-ci font au total un peu plus de 10 km, correspondant à environ 33 % de l'ensemble des rives de ce segment. L'érosion se concentre surtout dans les secteurs où les méandres sont les plus prononcés, soit entre les PK 21,5 et 18 (voir agrandissement B) et entre les PK 15,5 et 11,5 (voir agrandissement C). Elle y affecte les rives concaves sur des longueurs atteignant jusqu'à 500 m et se manifeste par de petits éboulements successifs au droit des bas talus sableux et sablo-silteux. L'érosion apparaît assez nettement sur les orthophotos puisque ces rives, situées en territoire agricole, sont en grande partie déboisées.

En dehors de ces secteurs, l'érosion ne semble affecter que d'assez courts segments de rives (généralement < 100 m de longueur). C'est le cas notamment entre les PK 27 et 21,5, où le lit du cours d'eau et les berges se composent de roc ou de matériaux sablo-graveleux plus résistants à l'érosion.

✓ **Dynamique sédimentaire**

Du PK 27 au PK 21,5, on observe relativement peu de zones d'érosion et de sédimentation dans le lit et sur les berges de la Bulstrode. En fait, l'érosion se limite à de petites portions des rives concaves et les quelques bancs de gravier observés se trouvent au pied des rives actives ou encore à l'amont des seuils composés de roc ou de gravier. L'écoulement des eaux paraît assez rapide dans ce segment et favorise le transport des matériaux vers l'aval plutôt que leur sédimentation. Les matériaux qui y transiteraient sont les sédiments fins provenant du segment amont et les faibles quantités de sable fournies par l'érosion depuis le barrage de Sainte-Sophie (au PK 27).

À l'aval du PK 21,5, la rivière Bulstrode devient très sinueuse et forme plusieurs méandres prononcés, indiquant un important ralentissement de l'écoulement des eaux. L'énergie des courants est alors dissipée, générant de l'érosion sur les rives concaves et de la sédimentation sur les rives convexes. Ce segment de rivière comprend de longs segments de rive en érosion et de nombreux bancs sableux.

L'érosion s'est développée au droit de terrains composés de sable, de sable silteux et possiblement de silt argileux, matériaux offrant peu de résistance aux phénomènes d'érosion. Aucun pavage de matériaux grossiers pouvant agir comme protection n'est visible au pied des talus. Par conséquent, les eaux de la rivière sont libres d'attaquer les rives concaves pendant toute la période d'eau libre et non pas seulement en période de crue.

Ainsi, l'érosion dans ce segment est susceptible de fournir des volumes appréciables de sable, silt et argile à la rivière. Les sédiments fins qui demeurent en suspension sur de longues distances sont emportés vers l'aval puis atteignent le réservoir Beudet à court terme. Les sables s'accumulent en bancs dans le lit, puis sont repris en charge en période de hautes eaux pour être redéposés en aval dans les sections plus calmes. Ils migrent ainsi progressivement le long du parcours de la rivière et finiront par rejoindre le réservoir Beudet à moyen terme. Il est à noter que le barrage en enrochement (X2059128) situé au PK 18,6 ne constituerait pas un obstacle à la migration des sédiments étant donné sa faible hauteur de retenue d'eau (1,3 m) et la présence d'un déversoir dans sa portion centrale (photo 4). Les sables, qui seraient temporairement emmagasinés à l'amont du barrage, sont probablement en grande partie évacués vers l'aval lors des crues.

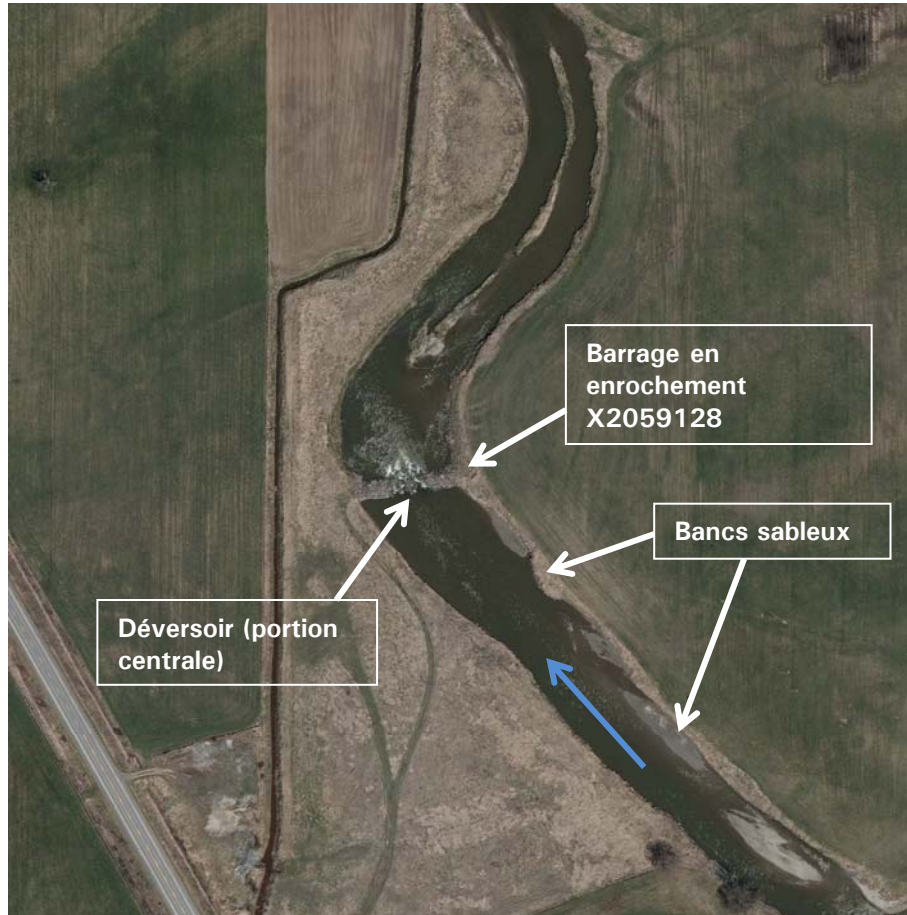


Photo 4 : Bancs sableux situés en amont et en aval du barrage X2059128, PK 18,6. La flèche bleue indique le sens d'écoulement de l'eau.

4.1.3 SEGMENT AVAL (PK 10,5 AU RÉSERVOIR BEAUDET)

✓ Profil général du cours d'eau

Dans ce segment long de 10,5 km, la rivière Bulstrode s'inscrit toujours dans les basses-terres du Saint-Laurent, mais son tracé est beaucoup plus rectiligne que dans le segment central. Le cours d'eau fait 40 m de largeur en moyenne et son lit présente une pente très faible (< 0,1 %). Sur 40 % de son parcours, ce segment de rivière s'écoule directement sur le roc, mais ne franchit toutefois aucun seuil marqué. L'écoulement paraît assez rapide, notamment au droit des secteurs rocheux.

✓ Composition et morphologie des rives et du lit

Ce segment de rivière s'inscrit dans des terrains sableux de faible topographie. D'après les résultats des puits et forages réalisés dans le secteur (banque de données du SIH), les sables atteindraient au moins 2 à 3 m d'épaisseur au-dessus du roc ou du till régional (dépôt glaciaire). Sur la rive gauche de la Bulstrode, entre les PK 2 et 4, l'épaisseur des dépôts meubles atteindrait environ 5 m. Le roc se situe très près du niveau de base du cours d'eau. Les données provenant du SIH (2012) indiquent sa présence à moins de 4-5 mètres de profondeur dans ce secteur.

Les talus riverains se composent surtout de sable pouvant contenir des silts sableux (S et S-SM). Ils s'élevaient d'au plus quelques mètres par rapport au cours d'eau et présentent des pentes relativement douces. Le roc affleure assez rarement sur la berge (PK 3, 8 et entre les PK 9 et 10,5), mais il est observé fréquemment dans le lit du cours d'eau. La présence de blocs et cailloux localement sur le lit (PK 2,5 et PK 4,1) laisse croire que le till est rencontré par endroits au niveau de la rivière.

✓ **Stabilité des rives**

La longueur totale de rives considérées en érosion est de 1,8 km, représentant environ 8 % de l'ensemble des rives de ce segment. Elles se situent essentiellement entre les PK 1 et 3, les PK 6 et 7 et aux environs du PK 10,4. Pour la majeure partie de ces rives actives (1,3/1,8 km), l'érosion est considérée « probable » car on n'a pu y déceler l'érosion avec certitude en raison de l'ombre ou de la végétation assez dense qui masquaient en partie les rives sur les orthophotos. C'est le cas notamment sur la rive gauche du cours d'eau, entre les PK 1,5 et 3 (voir agrandissement D sur la carte 3), où de l'érosion a été rapportée en 2004 (HBA, 2004). En raison des nombreuses habitations situées près du rebord des talus, ce secteur devrait faire l'objet d'une validation au terrain afin de préciser les limites de l'érosion et d'évaluer l'état des rives.

✓ **Dynamique sédimentaire**

La faible érosion des rives dans le segment aval s'explique sans doute en partie par la présence du roc et de matériaux résistants dans le lit de la rivière. Ainsi, l'érosion est susceptible de se produire surtout en période de crue, lorsque les eaux peuvent inonder les matériaux résistants du lit et rejoindre les talus sableux. L'érosion identifiée touche surtout les rives concaves, les plus exposées aux courants.

Bien que la pente du lit soit faible, l'écoulement semble assez rapide surtout au droit des segments rocheux. Ces conditions d'écoulement favorisent le transport des sédiments plutôt que leur accumulation. Par conséquent, on observe très peu de bancs de matériaux dans le lit du cours d'eau.

4.2 RUISSEAU GOBEIL

✓ **Profil général du cours d'eau**

Le parcours du ruisseau Gobeil s'inscrit à l'intérieur des collines appalachiennes. Son tracé, assez sinueux, s'allonge sur 14,8 km suivant un axe grossièrement orienté sud-nord et débouche dans la rivière Bulstrode aux environs du PK 33,8. Le ruisseau franchit un dénivelé total de 260 m formant une pente moyenne de 1,5 % depuis l'embouchure jusqu'au PK 12, se redressant à 3 à 6 % plus en amont. Le lit du ruisseau est surtout composé de roc et de matériaux très grossiers. Une chute d'environ 5 m de hauteur est franchie vers le PK 7,8. L'écoulement semble rapide tout le long du parcours.

✓ **Composition et morphologie des rives et du lit**

Le ruisseau Gobeil coule au fond d'une vallée relativement étroite, encaissée de 150 m dans les collines des Appalaches. Les versants de la vallée présentent des pentes généralement comprises entre 7 et 15 %. Ils se composent de till probablement assez épais (2 à 4-5 m). Des lambeaux de terrasses hautes de 10 à 30 m apparaissent par endroits dans le fond de la vallée, notamment aux PK 5, 9 et 10, de même qu'à l'embouchure du ruisseau. Elles seraient formées de sable et gravier ou plus localement de sable silteux.

Les rives sont en grande majorité composées de till et, plus localement, de sable et gravier. Elles dépassent assez fréquemment 10 m de hauteur. Le lit du cours d'eau rejoint régulièrement le roc et se compose de matériaux grossiers issus du délavage du till et des sables et graviers. Les berges sont surtout formées de matériaux grossiers résistants à l'érosion.

Sur la rive droite du ruisseau Gobeil, entre les PK 5,5 et 7, il semble que le till soit recouvert de sédiments silto-sableux sur au moins une dizaine de mètres d'épaisseur. Ces sédiments se seraient accumulés dans de petits lacs glaciaires occupant certaines vallées des Appalaches (Parent et Occhietti, 1999 et LaRocque *et al.*, 2003). On les observe à la surface du till au droit des cicatrices de glissement qui affectent certaines des rives du ruisseau Gobeil, mais ils ne seraient pas en contact direct avec le cours d'eau (voir photo 5).

✓ **Stabilité des rives et dynamique sédimentaire**

Moins de 5 % des rives du ruisseau Gobeil seraient affectées par l'érosion. Celle-ci touche de très petites portions des rives concaves localisées entre les PK 5 et 10. Il s'agit généralement de glissements survenus ponctuellement dans les versants de till localement recouvert de sédiments silto-sableux (voir photo 5). Ces glissements affectent les versants sur une hauteur dépassant les 10 m. Plusieurs cicatrices paraissent aujourd'hui en voie de se stabiliser. À quelques endroits, de petits décrochements se sont produits sur les rives plus basses, qui semblent davantage sablo-graveleuses.

Les volumes de matériaux fournis au ruisseau par l'érosion contribuent probablement très peu à la charge sédimentaire de la rivière Bulstrode. Les matériaux érodés provenant du till sont composés en majeure partie d'éléments grossiers et ne peuvent être transportés par le cours d'eau. Ainsi, seules les fractions sableuse et silto-argileuse peuvent être prises en charge, puis rejoindre éventuellement la Bulstrode.



Photo 5 : Glissement de terrain récent sur la rive droite du ruisseau Gobeil (PK 5,6). La flèche bleue indique le sens d'écoulement de l'eau.

La présente étude s'inscrit dans le cadre de l'étape 1 du projet de restauration du bassin versant de la rivière Bulstrode actuellement envisagé par la ville de Victoriaville et ses collaborateurs. Le mandat octroyé à Poly-Géo vise à dresser un portrait global de l'état du bassin versant de la rivière Bulstrode à l'amont du réservoir Beaudet. Les résultats de cette étude permettront de mieux cerner les secteurs problématiques en ce qui concerne l'érosion et la dynamique sédimentaire ainsi que d'ébaucher les principales recommandations pour la suite du projet.

L'étude présente un aperçu sommaire de l'état du bassin versant, réalisé à l'aide de photographies à l'échelle du 1 : 40 000, et comprend une analyse plus détaillée de l'état des rives de la rivière Bulstrode et du ruisseau Gobeil, effectuée à partir de photographies aériennes à l'échelle du 1 : 15 000 et d'orthophotos de haute résolution prises en 2010. Aucune vérification n'a été effectuée au terrain à ce stade du projet.

Suite à l'examen des photographies, il appert que les terrains et les rives du bassin versant sont relativement peu dégradés. En fait, à l'échelle des photographies examinées, des signes d'érosion ont été relevés sur 13 % des rives de la rivière Bulstrode et sur 5 % de celles du ruisseau Gobeil. Les rives les plus affectées se concentrent le long du segment de la Bulstrode compris entre le barrage de Sainte-Sophie et la route 116 (segment central, PK 27 à PK 10,5). En dehors de ce secteur, l'érosion est plus ponctuelle et touche d'assez courts segments de rive.

L'essentiel de la charge sédimentaire alimentant le bassin versant à l'étude semble provenir du segment central de la rivière Bulstrode, plus particulièrement entre les PK 21 et 10, où les rives en érosion et le lit sont formés de sédiments sableux et silteux. Les volumes de sable fournis à la rivière par érosion sont transportés sur de courtes distances lorsque les courants sont forts puis, à l'étiage, se déposent temporairement dans les secteurs plus larges et profonds du cours d'eau, sur les rives convexes des méandres ainsi qu'en amont du barrage de Princeville (PK 18,6). Les sables forment alors des bancs assez étendus dans le lit du cours d'eau. Ceux-ci sont particulièrement abondants entre les PK 22 et 18 et entre les PK 15 et 12. Lors des crues printanières, les sables sont repris en charge par la rivière puis transportés plus loin, migrant ainsi progressivement vers l'aval, possiblement jusque dans le réservoir Beaudet. Les particules de silt et d'argile, probablement assez abondantes, demeurent en suspension et peuvent atteindre le réservoir Beaudet plus rapidement.

Le ruisseau Gobeil, de même que le segment amont de la Bulstrode participeraient très peu à la charge sédimentaire étant donné que les rives en érosion y sont ponctuelles et que le lit et les rives se composent de roc ou de matériaux grossiers difficilement mobilisables par les eaux courantes. Les matériaux grossiers issus de l'érosion s'étalent dans le lit du cours d'eau à faible distance des talus érodés. Les sables, qui sont transportés progressivement à l'aval des sites d'érosion, sont entièrement trappés à l'amont du barrage de Sainte-Sophie et n'alimentent pas la partie plus en aval. Les sédiments fins demeurent en suspension, passent probablement le barrage et sont susceptibles d'atteindre le réservoir Beaudet. Il s'agit cependant de faibles quantités.

Quant au segment aval de la Bulstrode, situé entre le PK 10 et le réservoir Beaudet, il semble également fournir très peu de sédiments à la rivière car l'érosion des rives y est limitée et le lit souvent rocheux ou composé de matériaux grossiers est résistant à l'érosion. La présence de plusieurs secteurs de rapides dans ce segment de rivière favorise le transport des sédiments plutôt que leur accumulation.

Cette première étude permet de conclure avec assez de certitude que le secteur problématique en ce qui concerne l'érosion et la dynamique sédimentaire se limite essentiellement au segment central de la rivière Bulstrode. Ainsi, à notre avis, il n'y a pas lieu d'élargir la zone d'étude. Par contre, il paraît souhaitable d'approfondir certains volets de l'étude par, notamment :

- ✓ Une validation au terrain qui permettrait de :
 - s'assurer de la localisation des rives en érosion sur l'ensemble des rives de la Bulstrode et du ruisseau Gobeil;
 - préciser les limites, la composition et la hauteur des talus érodés dans les secteurs problématiques, soit le segment central de la Bulstrode (PK 27 à 10,5) et les secteurs de glissements ponctuels situés dans le segment amont de la Bulstrode et le long du ruisseau Gobeil ;
 - vérifier les secteurs de sédimentation : épaisseur et nature des sédiments au droit des bancs dans le lit des cours d'eau, échantillonnage à l'amont des barrages, etc. ;
 - noter les indices renseignant sur les causes de l'érosion (courants, crue, glace, déboisement, ornières, piétinement, etc.) de façon à mieux cibler les pistes de solution.
- ✓ Une estimation des volumes de sédiments érodés afin de déterminer si la contribution des secteurs ciblés est significative dans la problématique d'ensablement du réservoir Beaudet : déterminer les taux de recul par photo-interprétation et évaluer les volumes de sable/silt/argile en tenant compte des taux de recul et des observations de terrain.

Selon les résultats obtenus suite à ces études plus détaillées, des mesures pourraient être envisagées afin de réduire l'érosion et/ou de limiter le transport des sédiments tout en tenant compte de l'ampleur des phénomènes, de l'hydrologie et de l'évolution naturelle des cours d'eau ainsi que des différents enjeux environnementaux et humains (aménagement du territoire et utilisation du sol, habitats fauniques, critère économique, etc.). Les pistes de solution à considérer sont, entre autres, l'aménagement d'ouvrages de stabilisation au pied des rives en érosion, le reboisement ou la revégétalisation des talus riverains, ou encore la délimitation d'un corridor de liberté en marge des segments de rivière problématiques (Parish, 2001).

Bergeron, N. 2004. Formes et processus en milieu fluvial. Notes de cours de 2e cycle. Institut national de la recherche scientifique (INRS), Québec.

Blott, S.J. et Pye, K. 2003. Gradistat : a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 26 : p. 1237-1248.

Bravard, J.-P. et Petit, F. 2000. Les cours d'eau : Dynamique du système fluvial. 2^e édition. Armand Colin, Paris, 222 p.

Caron, A. 1982. Région d'Arthabaska (SE). DP 83-07. Carte géologique 1 : 20 000. Ministère de l'Énergie et des Ressources. Direction de la Recherche géologique. Services des levés géologiques.

Couture, M. 2011. Portrait préliminaire de la rivière Bulstrode en amont du réservoir Beaudet, Corporation pour la promotion de l'environnement de la rivière Nicolet (COPERNIC), 82 p.

David, S., et Bergeron, L. 2004. Caractérisation des sédiments – Réservoir Beaudet. Les Laboratoires Shermont inc., 81 p.

Globensky, Y. 1987. Géologie des basses-terres du Saint-Laurent. MM 85-02. Direction générale de l'exploration géologique et minérale. Direction de la Recherche géologique. Services de la géologie.

HBA Environnement. 2004. Réaménagement du Réservoir Beaudet, Rapport principal, Étude d'impact sur l'environnement, Victoriaville, 111 p. et annexes.

LaRocque, A., Dubois, J.-M.M. et Leblon, B. 2003. Characteristics of late-glacial ice-dammed lakes reconstructed in the Appalachians of southern Québec. *Quaternary International*, vol. 99-100 : p. 73-88.

Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF). 2012. Carte géologique du Québec, Gouvernement du Québec,
http://sigeom.mrnf.gouv.qc.ca/signet/classes/l1102_index?entt=LG, [En ligne] Page consultée via Google Earth le 24 janvier 2012.

Ouellet, L. Communication personnelle, le 01 février 2012. Personne responsable des cours d'eau à la MRC de L'Érable.

Parent, M. et Occhietti, S. 1988. Late wisconsinan deglaciation and Champlain sea invasion in the St. Lawrence valley, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 42 (3) : p. 215-246.

Parent, M. et Occhietti, S. 1999. Late wisconsinan deglaciation and glacial lake development in the Appalachians of southeastern Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 53 (1) : p. 117-135.

Parish Geomorphic Ltd. 2001. Belt Width Delineation Procedures. Final report to Toronto and Region Conservation Authority, 68 p. + appendix A, B.

Poly-Géo inc., 2006. Principes et méthodes des études de caractérisation des rives. Document remis à Hydro-Québec – Direction Environnement et services techniques. 25 p.

Savanhu, G.M. 1993. Controls on channel form and floodplain character along the Bulstrode river, southern Québec, Canada. Thèse de doctorat non publiée déposée au Département de Géographie de l'Université McGill, 131 p.

Service des inventaires forestiers. 1984. Carte des dépôts de surface. DV 84-10, Feuilles 21L04 et 21E13. Ministère des Forêts, Québec. Carte à l'échelle du 1 : 50 000.

Systeme d'information hydrologique (SIH), 2012. Ministère du Développement durable, Environnement et Parcs. <http://www.eauquebec.com/eau/souterraines/sih/index.htm>

Wentworth, CK. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, vol. 30 : p. 377-392.

ANNEXE 1

CARTE 3 : MATÉRIAUX
COMPOSANT LES RIVES ET
CARTOGRAPHIE DES ZONES
D'ÉROSION ET DE
SÉDIMENTATION (2 FEUILLETS)

