

PROJET DE RESTAURATION DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE BULSTRODE À L'AMONT DU RÉSERVOIR BEAUDET



Analyse par photo-interprétation du segment central de la
rivière et validation au terrain

Rapport préliminaire présenté au Service de
l'environnement de la Ville de Victoriaville



POLY-GÉO INC.

Août 2012

SOMMAIRE

Auteurs et titre (aux fins de citation) :

Duhamel, D. et Bariteau, L., Poly-Géo inc. 2012. **PROJET DE RESTAURATION DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE BULSTRODE À L'AMONT DU RÉSERVOIR BEAUDET** - Analyse par photo-interprétation du segment central de la rivière et validation au terrain. Rapport préliminaire présenté au Service de l'environnement de la Ville de Victoriaville. 25 pages.

Version : préliminaire

Date : 24 août 2012

Certifié *ISO 9001 : 2008*



624, ave Notre-Dame
Saint-Lambert (Québec) J4P 2L1
Tél. : 450-465-2921 Téléc. : 450-465-7769
www.polygeo.com

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 :
Denis Duhamel et Line Bariteau

Photo-interprétation et relevés de terrain :
Denis Duhamel

Cartographie :
Rhéal Tremblay

Édition et mise en page :
Nathalie Vanier

No de référence ville de Victoriaville : EDD10445

No de référence Poly-Géo Inc. : 12890

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION.....	1
1.1 Mandat.....	1
1.2 Mise en contexte.....	2
2. MÉTHODES.....	4
2.1 Types de matériaux et classes granulométriques.....	4
2.2 Validation au terrain.....	4
2.3 Mise à jour de la cartographie.....	4
2.4 Analyse de l'évolution des rives par comparaison des photographies aériennes.....	4
3. FAITS SAILLANTS SUITE AUX RELEVÉS DE TERRAIN.....	6
3.1 Segment amont de la rivière Bulstrode.....	6
3.2 Segment central de la rivière Bulstrode.....	8
3.2.1 Localisation des segments visités.....	8
3.2.2 Composition et morphologie des rives et du lit.....	8
3.2.3 Stabilité des rives.....	12
3.2.4 Dynamique sédimentaire.....	12
3.3 Segment aval de la rivière Bulstrode.....	16
3.4 Ruisseau Gobeil.....	18
4. ÉVOLUTION DU SEGMENT CENTRAL DE LA RIVIÈRE BULSTRODE AU COURS DES DERNIERS 45 ANS.....	20
5. CONCLUSION ET PISTES DE SOLUTION.....	24
5.1 Conclusion.....	24
5.2 Pistes de solution.....	24

LISTE DES CARTES

CARTE 1 : Plan de localisation de la rivière Bulstrode et du ruisseau Gobeil.....	3
CARTE 2 : Évolution du segment central depuis 45 ans : PK 21,5 à 18.....	22
CARTE 3 : Évolution du segment central depuis 45 ans : PK 15 à 11,5.....	23

LISTE DES PHOTOS

PHOTO 1 : Segment amont : PK 47,9 de la Bulstrode.....	7
PHOTO 2 : Segment amont : PK 46,4 de la Bulstrode.....	7
PHOTO 3 : Segment central : PK 18,5 de la Bulstrode.....	9
PHOTO 4 : Segment central : PK 21,6 de la Bulstrode.....	10
PHOTO 5 : Segment central : PK 19,9 de la Bulstrode.....	10
PHOTO 6 : Segment central : PK 13,3 de la Bulstrode.....	11
PHOTO 7 : Segment central : PK 12,7 de la Bulstrode.....	11
PHOTO 8 : Segment central : PK 13,3 de la Bulstrode.....	13

PHOTO 9 : Segment central : PK 13,8 de la Bulstrode.....	13
PHOTO 10 : Segment central : PK 19,3 de la Bulstrode.....	14
PHOTO 11 : Segment central : PK 21 de la Bulstrode.....	14
PHOTO 12 : Segment central : PK 14 de la Bulstrode.....	15
PHOTO 13 : Segment aval : PK 3 de la Bulstrode.....	17
PHOTO 14 : Segment aval : PK 2,4 de la Bulstrode.....	17
PHOTO 15 : PK 5,6 du ruisseau Gobeil.....	19
PHOTO 16 : PK 8,1 du ruisseau Gobeil.....	19

1.1 MANDAT

Suite à la présentation du 11 avril 2012 des principaux résultats de l'étude globale de l'état des rives (Poly-Géo, 2012) ¹, la ville de Victoriaville a octroyé un second mandat à Poly-Géo pour réaliser une validation au terrain des segments de la rivière Bulstrode et du ruisseau Gobeil considérés les plus problématiques et effectuer des travaux de photo-interprétation supplémentaires dans le segment central de la rivière Bulstrode.

Le travail réalisé dans le cadre de ce mandat a consisté en :

- ✓ une validation au terrain de l'état des rives tel que cartographié dans le cadre de l'étude globale réalisée en 2012. Les relevés devaient surtout se concentrer le long des segments de rivière problématiques, soit le segment central de la Bulstrode (PK 27 à 10,5) et les secteurs de glissements ponctuels situés dans le segment amont (PK 59,5 à 27) de la Bulstrode et le long du ruisseau Gobeil. Si le temps le permettait, d'autres segments de rivière situés à faible distance du réseau routier pouvaient être visités.

Le but de ces relevés étaient de :

- valider la composition générale des berges et du lit des cours d'eau étudiés ;
 - préciser les limites, la composition et la hauteur des talus érodés dans les secteurs problématiques ;
 - vérifier certains des secteurs de sédimentation : épaisseur et nature des sédiments au droit des bancs dans le lit des cours d'eau ;
 - 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.
- ✓ l'analyse sommaire par photo-interprétation des modifications des rives et du lit du segment central de la rivière Bulstrode (PK 27 à 10,5) en comparant les résultats cartographiés dans l'étude de 2012 avec les photographies aériennes prises en 1966. L'objectif de cet exercice vise à évaluer qualitativement l'évolution de cette portion du cours d'eau afin d'estimer si l'érosion des rives survenue dans ce secteur au cours des derniers 45 ans est susceptible d'avoir contribué de façon significative à l'ensablement du réservoir Beaudet ;
 - ✓ la rédaction d'une note.

¹ Poly-Géo, inc. (2012). Étude du bassin versant de la rivière Bulstrode à l'amont du réservoir Beaudet, Victoriaville – 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.

1.2 MISE EN CONTEXTE

La présente note expose les faits saillants des relevés de terrain, de même que les principales différences avec les informations cartographiées dans l'étude globale de l'état des rives (Poly-Géo, 2012). Elle fait également état de l'importance des changements survenus dans le segment central de la rivière Bulstrode au cours des derniers 45 ans, de leur impact présumé sur la dynamique sédimentaire et du lien possible avec la problématique d'ensablement du réservoir Beaudet. En conclusion, nous présentons des pistes de solution qui permettraient de réduire les apports de sédiments jusqu'au réservoir.

La carte 1, fournie à la page suivante, présente les limites du bassin versant du réservoir Beaudet, les points kilométriques (PK) des cours d'eau à l'étude (Bulstrode et Gobeil) ainsi que leurs subdivisions, la localisation des barrages en amont du réservoir et les segments de rivière visités dans le cadre de ce mandat.

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 : 12890_po_001_c1_pl_120823.wor

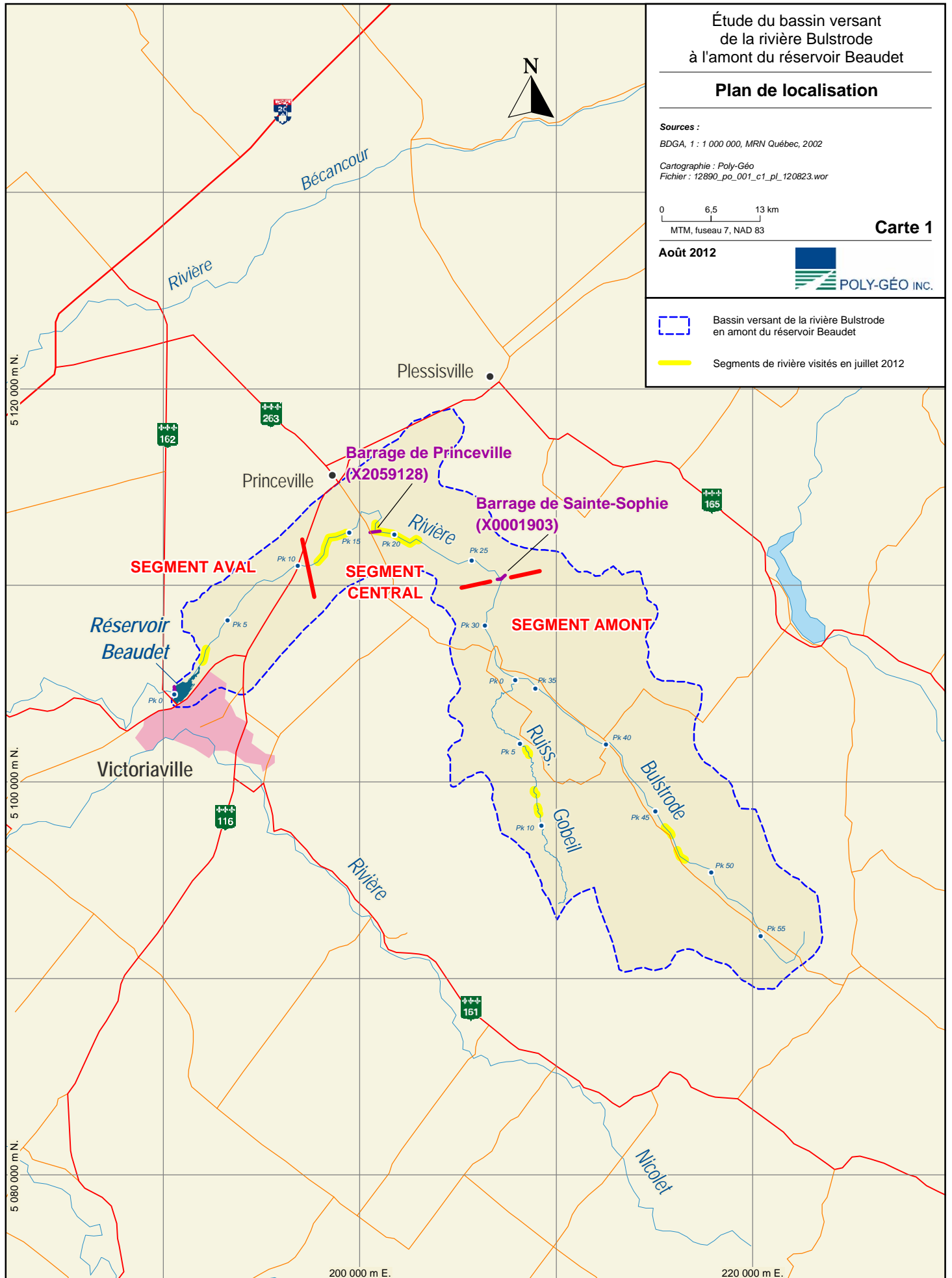
0 6,5 13 km
MTM, fuseau 7, NAD 83

Carte 1

Août 2012



-  Bassin versant de la rivière Bulstrode en amont du réservoir Beaudet
-  Segments de rivière visités en juillet 2012



2.1 TYPES DE MATÉRIAUX ET CLASSES GRANULOMÉTRIQUES

Les différents types de matériaux mentionnés dans le texte qui suit font référence à la classification de Wentworth, couramment utilisée en sciences géomorphologiques (Wentworth, 1922 et Blott et Pye, 2001) et correspondant aux classes granulométriques 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	:	$\geq 256 \text{ mm}$

2.2 VALIDATION AU TERRAIN

La validation au terrain a eu lieu du 16 et 19 juillet inclusivement en compagnie de madame Manon Couture de l'organisme de concertation pour l'eau des bassins versants de la rivière Nicolet (COPERNIC). Cette campagne de terrain a permis de valider les résultats de la photo-interprétation pour certains secteurs problématiques cartographiés dans l'étude de Poly-Géo (2012). Lors de cette campagne, plusieurs kilomètres de rives en érosion et des bancs de rivière ont été parcourus à pied, ce qui a permis de vérifier la composition des matériaux de surface au droit des coupes naturelles ou de puits superficiels creusés à la pelle à main et à la tarière. Les segments de rivière visités sont présentés sur la carte 1.

2.3 MISE À JOUR DE LA CARTOGRAPHIE

En se basant sur les observations faites au terrain, une mise à jour des matériaux composant les rives ainsi que des limites des zones d'érosion et de sédimentation a été réalisée pour les tronçons les plus actifs du segment central de la Bulstrode compris entre les PK 21,5 et 18 (carte 2) et entre les PK 15 et 11,5 (carte 3).

2.4 ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DES RIVES PAR COMPARAISON DES PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES

L'analyse de l'évolution du segment central de la rivière Bulstrode au cours des 45 dernières années a été réalisée par photo-interprétation à partir des photographies aériennes de 1966 à l'échelle du 1 : 15 840 et des orthophotos de haute résolution (20 cm) de 2010. L'ensemble du segment central (PK 27 à 10,5) a été examiné sur les photos de 1966 et une analyse plus détaillée a été réalisée dans les tronçons les plus dynamiques compris entre les PK 21,5 et 18 et entre les PK 15 et 11,5.

Le logiciel DVP version 7 a été utilisé pour orthorectifier les photographies de 1966 et pour visualiser les orthophotos de 2010. Les photos comparatives sont présentées sur les cartes 2 et 3, à l'échelle du 1: 12 000 et du 1 : 9 000 respectivement.

Cette section comporte les principaux faits saillants suite aux relevés de terrain. Pour les segments amont et aval de la Bulstrode ainsi que le ruisseau Gobeil, seuls quelques sites ont été visités et sont décrits. Pour le segment central, une analyse plus détaillée a été réalisée au terrain et la cartographie a été mise à jour en fonction des observations relevées. Les résultats sont représentés sur les fonds photographiques de 2010 fournis aux cartes 2 et 3.

3.1 SEGMENT AMONT DE LA RIVIÈRE BULSTRODE

L'étude de 2012 indique que seuls 5 % des rives du segment amont de la rivière Bulstrode seraient affectés par l'érosion. Celle-ci surviendrait essentiellement en période de crue et lors des embâcles printaniers, 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. Les deux sites visités dans le segment amont ont été choisis afin d'y valider les indices de l'action des glaces : crête de poussée glacielle au PK 47,9 et rive en érosion et arbres basculés au PK 46,4.

Dans les deux secteurs visités, les rives se composent de matériaux grossiers : du till grossier comportant une forte proportion de blocs (au PK 47,9) et du sable et gravier (au PK 46,4). Au moment de notre visite, le niveau de la rivière était très bas et le pied des talus riverains étaient séparés du cours d'eau par d'imposants pavages de blocs et de cailloux (photos 1 et 2). Dans le secteur du PK 46,4, on note de l'érosion dans la portion supérieure de la rive (photo 2), mais une végétation herbacée s'est installée à la base des talus. Ces observations tendent à confirmer que les rives en érosion ne sont sollicitées qu'occasionnellement, en période de hautes eaux. Pendant la plus grande partie de la période d'eau libre, aucune érosion ne semble se produire et ces secteurs ne fourniraient que très peu de sédiments à la rivière.

Certains indices montrent le rôle important des glaces. C'est le cas au PK 47,9 où de gros blocs poussés par les glaces se sont empilés sur la rive gauche pour former une crête d'environ 1 m de hauteur (photo 1). La taille maximale des blocs est de 1,3 m de diamètre. Des arbres déracinés, échoués dans la partie supérieure de la rive auraient été apportés par les courants (ou les glaces) pendant la crue. Au PK 46,4, plusieurs arbres basculés dans le lit du cours d'eau portent les marques de la poussée des glaces.



Photo 1 : Rive gauche de la Bulstrode au PK 47,9. Accumulation de blocs glacielle située en rive concave du cours d'eau. En rive opposée, les matériaux se composent surtout de cailloux.



Photo 2 : Rive droite de la Bulstrode au PK 46,4. Légère érosion dans la portion supérieure du talus composé de sable et gravier. Un pavage de cailloux en contrebas du talus riverain protège la rive contre l'érosion en dehors des périodes de hautes eaux.

3.2 SEGMENT CENTRAL DE LA RIVIÈRE BULSTRODE

3.2.1 LOCALISATION DES SEGMENTS VISITÉS

L'essentiel de l'érosion identifiée dans le cadre de l'étude de 2012 se concentre dans le segment central de la rivière Bulstrode, plus spécifiquement dans les secteurs à méandres compris entre les PK 21,5 et 18 et entre les PK 15 et 11,5. Les rives, constituées de sables et de silts, fourniraient l'essentiel de la charge sédimentaire à la Bulstrode et, par conséquent, sont susceptibles de contribuer à la problématique d'ensablement du réservoir Beaudet. Des relevés plus systématiques ont été effectués le long de ces rives de façon à valider la nature des matériaux dans les talus et le lit ainsi qu'à préciser les limites des secteurs en érosion.

3.2.2 COMPOSITION ET MORPHOLOGIE DES RIVES ET DU LIT

La rivière parcourt des terrains composés de matériaux un peu plus fins de ce qui avait été interprété dans l'étude de 2012. Il s'agit de silt, généralement sableux, comportant des traces d'argile et de gravier. L'argile se concentre surtout en aval du PK 19,5 dans des lits massifs d'environ un demi-mètre d'épaisseur (photo 3). Les graviers sont présents sous les matériaux silto-sableux, entre les PK 21 et 18,5. La hauteur des talus riverains ne fait pas plus de 2-3 m dans les segments visités.

Du roc, qui n'avait pas été cartographié lors de l'étude préliminaire, a également été observé sur le lit de la rivière aux PK 18,4, 13,7 et 11,2 ainsi qu'à l'embouchure du ruisseau Parent et le long de la rive droite de la Bulstrode dans le secteur du PK 13,2 (cartes 2 et 3). Il a pu être observé grâce au niveau exceptionnellement bas de la rivière Bulstrode lors des relevés de terrain.

Le lit de la rivière est surtout composé de sable et de gravier dans les parties plus profondes. Les parties émergées du lit (bancs et hauts-fonds) sont formées de cailloux et graviers entre les PK 22 et 20 (photo 4), de graviers et de sables des PK 20 jusqu'au barrage de Princeville (X2059128) (photo 5). Plus en amont, le lit de la rivière devient essentiellement sableux (photo 6) sauf au PK 12,7 (photo 7) où d'importantes quantités de gravier ont été observées.

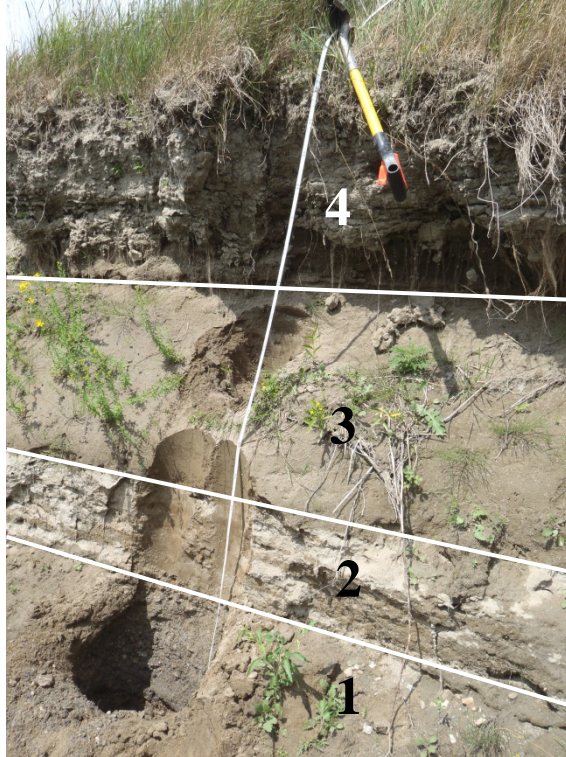


Photo 3 : Rive gauche de la Bulstrode au PK 18,5. Dans l'ensemble, les talus riverains des secteurs à méandres de la Bulstrode se composent de matériaux silto-sableux. Dans le talus de 2,3 m de hauteur montré ici, on observe, du bas vers le haut, une couche de sable moyen-grossier avec du gravier (1), un lit de sable fin avec du silt (2) et des couches de silt comprenant des proportions variables d'argile et de sable fin (3 et 4). Le niveau de la rivière est situé à quelques dizaines de centimètres plus bas que la couche 1.



Photo 4 : Banc caillouteux et graveleux situé au PK 21,6 de la Bulstrode.



Photo 5 : Banc de sable et gravier situé au PK 19,9 de la Bulstrode.



Photo 6 : Banc de sable situé au PK 13,3 de la Bulstrode.



Photo 7 : Banc de sable et gravier situé au PK 12,7 de la Bulstrode.

3.2.3 STABILITÉ DES RIVES

En ce qui concerne l'état des rives dans le segment central de la rivière Bulstrode, on note relativement peu de changements par rapport à ce qui a été cartographié dans l'étude de 2012. L'érosion se concentre surtout au droit des rives concaves et les limites des segments de rive affectés correspondent sensiblement à celles identifiées par photo-interprétation.

Les talus érodés, hauts de 2 à 3 m, se composent de silt sableux comprenant des traces d'argile et de gravier (photos 3, 8 et 9). Ils sont parfois complètement dénudés, mais le plus souvent partiellement recouverts par les portions éboulées du couvert végétal (photo 8).

Sur plusieurs segments de rives concaves, des matériaux de protection ont été mis en place sur les berges pour tenter de freiner l'érosion. Il s'agit de blocs et cailloux déposés en vrac ou encore d'ouvrages plus organisés comprenant la pose d'une membrane géotextile. Aucun travail d'adoucissement des talus n'a été effectué si bien que les pentes de la partie supérieure des rives sont encore très raides (30 à 35°). Les sites où ces travaux ont été observés sont indiqués par une flèche sur les cartes 2 et 3.

Dans plusieurs cas, la mise en place de ces matériaux de protection a réussi à stabiliser la rive et la végétation et a recolonisé une bonne partie du talus (photo 10). À certains endroits, par contre, l'érosion semble avoir repris suite à l'éboulement des matériaux grossiers dans le cours d'eau (photos 11 et 12). Bien que ces matériaux de protection ralentissent le recul des rives au moins temporairement, ils ne semblent toutefois pas régler définitivement les problèmes d'érosion.

3.2.4 DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE

Les secteurs à méandres du segment central de la Bulstrode sont, comme l'indiquait l'étude d'avril 2012, les plus touchés par l'érosion. Le recul des rives fournirait des volumes appréciables de sédiments au cours d'eau. Celles-ci se composent de silts et de sables fins avec des traces d'argile et de gravier. La fraction la plus grossière des sédiments érodés forment des hauts-fonds graveleux et caillouteux en amont du barrage de Princeville (PK 18,7) devenant essentiellement sableux plus en aval. La fraction silto-argileuse, absente des hauts-fonds, est restée en suspension, puis a été transportée jusque dans le réservoir Beaudet.



Photo 8 : Rive gauche de la Bulstrode au PK 13,3. Dans ce segment de rivière, les rives concaves érodées sont en grande partie dénudées, mais par endroits la couche végétale éboulée recouvre le pied des talus.



Photo 9 : Rive gauche de la Bulstrode au PK 13,8. Talus dénudé de 2,4 m de hauteur composé de silt et sable fin.



Photo 10 : Rive droite de la Bulstrode au PK 19,3. Reprise de la végétation dans un segment de rive concave où des matériaux de protection ont été mis en place au cours des dernières années.



Photo 11 : Rive gauche de la Bulstrode au PK 21. Reprise de l'érosion dans un talus qui avait été « stabilisé » à l'aide d'une membrane géotextile et de cailloux et blocs.



Photo 12 : Rive gauche de la Bulstrode au PK 14. Dégradation d'un ouvrage comportant une membrane géotextile. Le déchaussement de la végétation observé au-dessus de l'ouvrage laisse croire que l'érosion reprendra à court terme dans la partie supérieure de la rive.

3.3 SEGMENT AVAL DE LA RIVIÈRE BULSTRODE

Un tronçon d'environ 700 m de longueur a été visité entre les PK 3 et 2,2 du segment aval de la rivière Bulstrode. L'objectif de la visite consistait à vérifier la stabilité des talus dans un secteur où l'érosion n'apparaissait pas clairement sur les photographies aériennes. Une attention particulière a été portée sur la rive gauche qui borde un secteur résidentiel de Victoriaville.

Les talus riverains de la rive gauche font 3 à 4 m de hauteur. Ils sont composés à leur base de roc (photos 13 et 14) ou de till, surmonté d'une mince couche de sable comprenant un peu de silt. Le roc a été observé (photo 13), de façon quasi continue, en rive gauche et sur le lit de la rivière entre les PK 3 et 2,4.

Sur la rive gauche, le talus indiqué en érosion probable sur la cartographie préliminaire ne subit en réalité qu'une érosion très faible et discontinue sur quelques centaines de mètres. En fait, l'érosion n'apparaît que dans la partie supérieure du talus (photo 14). Étant donné la présence de matériaux résistants au niveau de la berge, le talus ne serait sollicité qu'en période de fortes crues. À court terme, aucun risque n'est envisagé pour les résidences ou les infrastructures riveraines, mais des arbres pourraient éventuellement basculer emportant une petite partie du couvert végétal.

La rive droite de la rivière est composée de sable, de gravier et de cailloux en couverture mince (< 0,5 m) sur le roc. Aucune érosion n'a été observée, à l'exception d'un petit segment au PK 2,2.

On note très peu de traces de sédimentation dans ce segment de rivière.



Photo 13 : Rive gauche, secteur du PK 3. La roche en place (dont le litage est apparent sur la photo) forme le lit de la rivière Bulstrode à plusieurs endroits dans le segment aval.



Photo 14 : Rive gauche de la Bulstrode au PK 2,4. Talus de 3,5 m de hauteur composé d'une couche d'environ 2,5 m d'épaisseur de sable avec un peu de silt qui recouvre le roc. La couche de sable (partiellement dénudée ici) est parfois érodée lors des fortes crues. La pelle et le sac à dos (à l'avant-plan sur la photo) reposent sur le roc.

3.4 RUISSEAU GOBEIL

Il est ressorti de l'étude de 2012 que les rives du ruisseau Gobeil étaient, somme toute, peu affectées par l'érosion. Suite à l'examen des orthophotos de 2010, des éboulements ou glissements récents ont toutefois été identifiés ponctuellement sur certaines des rives, affectant les talus sur plusieurs dizaines de mètres de hauteur. Lors de la campagne de terrain, trois de ces rives en érosion ont été visitées : en rive gauche aux PK 9,2 et 8,1 et en rive droite au PK 5,7.

Aux deux sites le plus en amont, l'érosion a provoqué des éboulements² au droit de talus composés de till. La hauteur des portions en érosion est de 12-13 m pour la rive située au PK 9,2 et de 6-7 m au PK 8,1 et leur largeur moyenne est d'environ 50 m. À ces sites, l'érosion est très nette, mais les talus ne semblent plus actifs depuis quelques années (photo 16).

Au PK 5,7, l'érosion est plus sévère et semble s'être produite par glissement³ aux dépens de matériaux beaucoup plus fins que les deux autres sites. La cicatrice du glissement, haute d'environ 20 m, montre une couche de 3 m de matériaux sableux recouvrant plus de 14 m de matériaux silto-argileux comprenant une faible proportion d'éléments grossiers (gravier, cailloux et blocs) (photo 15). Les couches superficielles qui se sont affaissées sont probablement d'origine glacio-lacustre. Les matériaux éboulés recouvrent l'ensemble du versant et rejoignent le cours d'eau. Au niveau de la rivière, la fraction fine des matériaux n'a pas encore été évacuée par les courants, ce qui laisse croire que des glissements se seraient produits assez récemment. L'absence de végétation à la surface des matériaux éboulés indique que les sols ne sont pas encore stabilisés. De l'eau qui forme une résurgence à la base de la couche de sable (voir flèche du bas, photo 15), a creusé des rigoles et provoqué de petits décrochements dans le versant.

Des éboulements et des glissements surviennent régulièrement dans ce type de matériau (till très argileux recouvert de lits sableux et silteux) et demeurent actifs pendant quelques années. Ils peuvent fournir des quantités assez importantes de sédiments au pied des versants. Les éléments les plus grossiers (blocs et cailloux) finissent par former un pavage à la base des talus, après que les fractions sableuses et silto-argileuses aient été délavées par les courants. Les particules les plus fines rejoignent probablement assez rapidement l'embouchure du cours d'eau et alimente la rivière Bulstrode.

Lors de nos relevés, l'érosion superficielle était toujours active au droit du glissement du PK 5,7 et fournissait des sédiments silto-argileux au cours d'eau. À moyen terme, aucun risque n'est envisagé pour les résidences ou infrastructures routières. Par contre, des mesures pourraient être prises pour limiter les interventions en bordure des talus. Un suivi pourrait cependant être réalisé, tous les cinq ans, afin de documenter la progression des talus en érosion dans ce secteur du ruisseau Gobeil.

² *Éboulement : chute de matériau le long d'une pente raide demeurant plus ou moins constante et régressant lentement en fonction des phénomènes tels que l'érosion. Le plan de rupture à l'origine de l'éboulement est linéaire, aussi bien en plan qu'en coupe, et se distingue ainsi de celui du glissement, plutôt concave.*

³ *On entend ici par glissement, un mouvement de masse résultant d'une rupture en cisaillement le long d'une surface plus ou moins circulaire. Il est identifiable à la forme concave de la cicatrice vue tant en plan qu'en section.*



Photo 15 : Rive droite du ruisseau Gobeil au PK 5,7. La flèche du haut pointe une personne sur le rebord du talus. La flèche du bas indique le contact entre une unité sableuse de 3 m d'épaisseur et les matériaux silto-argileux occupant la base du versant. Une résurgence entre les deux couches a creusé de nombreux sillons à la surface des matériaux fins et du till, provoquant quelques petits décrochements.



Photo 16 : Rive gauche du ruisseau Gobeil au PK 8,1. Des éboulements se sont produits par endroits dans des dépôts de till localisés sur les rives concaves. Ici, le talus ne semble pas avoir été sollicité depuis un certain temps : les matériaux éboulés ont été délavés de leur fraction fine par les courants, une accumulation de matériaux grossiers s'est formée sur la berge et la végétation se réimplante au pied du talus.

EVOLUTION DU SEGMENT CENTRAL DE LA RIVIÈRE BULSTRODE AU COURS DES DERNIERS 45 ANS

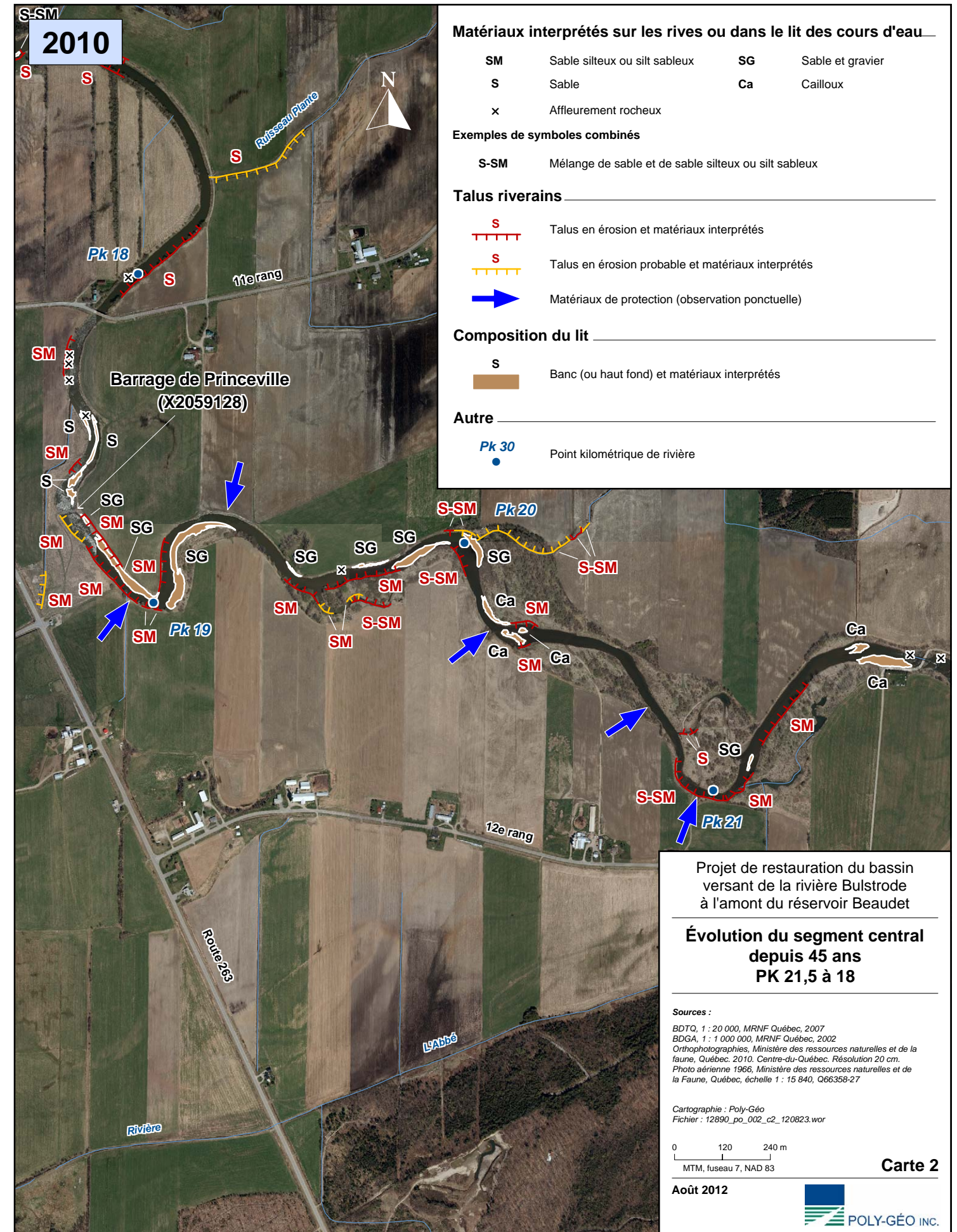
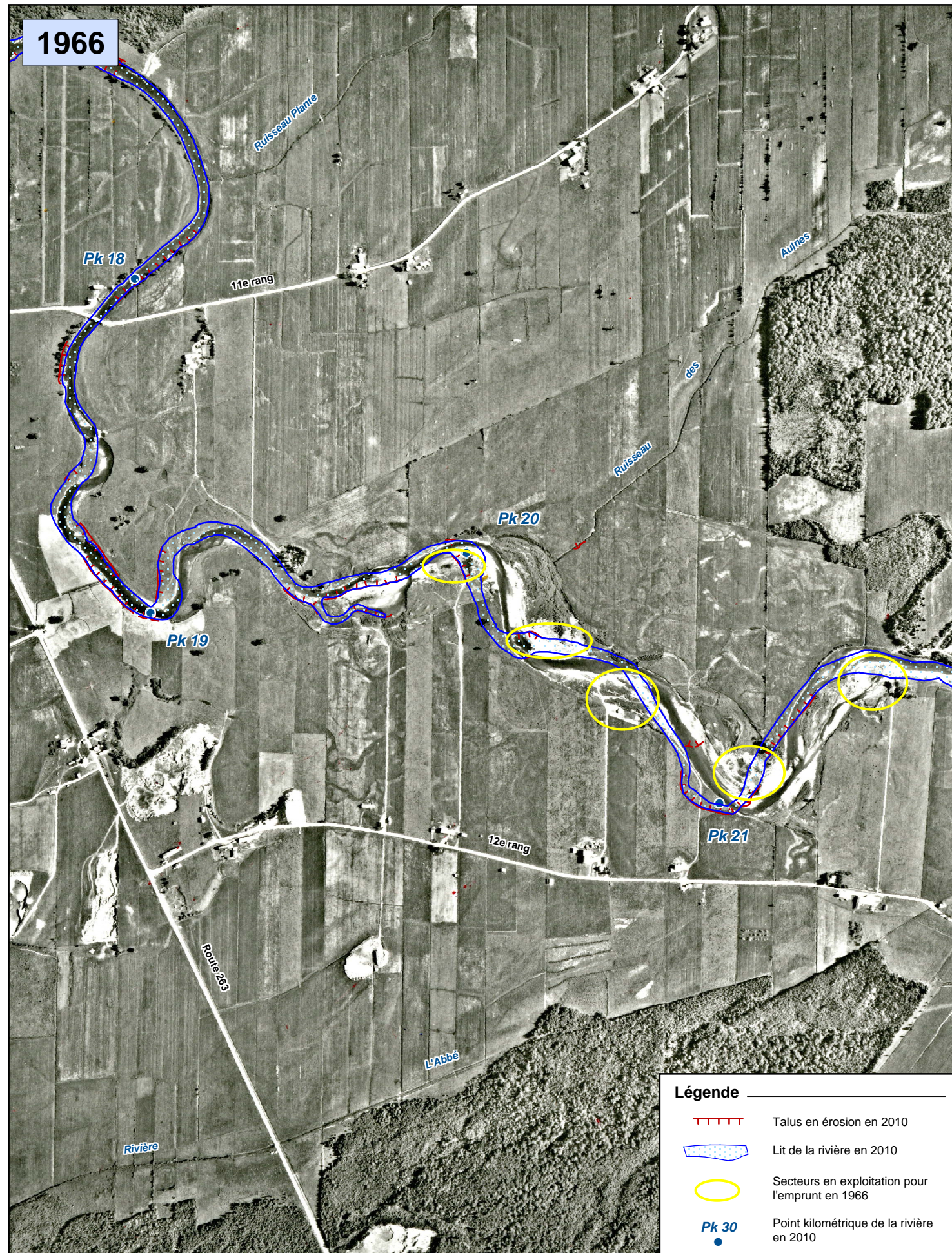
4

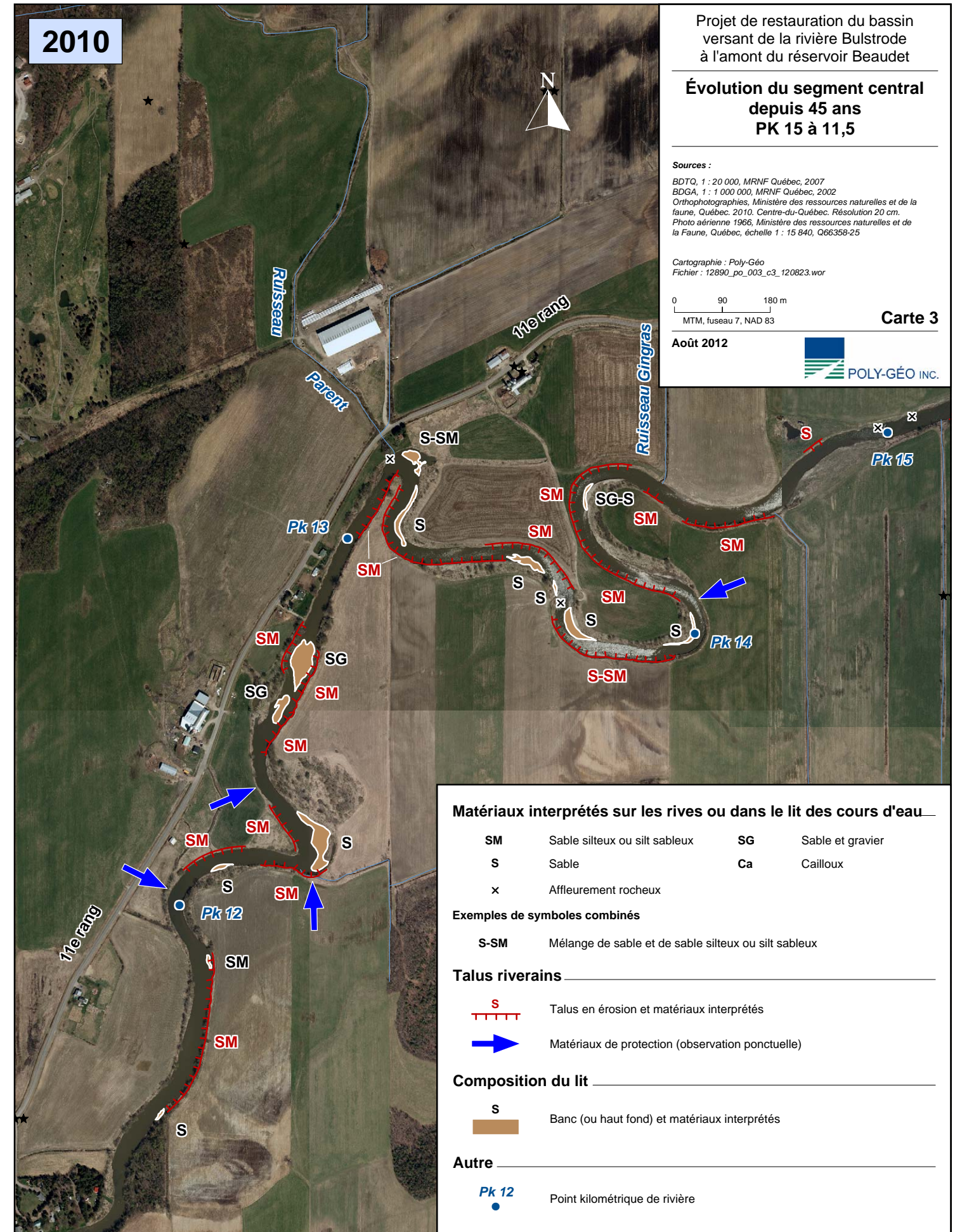
Les modifications survenues entre 1966 et 2010 dans le lit des deux secteurs à méandres du segment central de la rivière Bulstrode sont illustrées sur la carte 2 (PK 21,5 et 18) et la carte 3 (PK 15 et 11,5). Afin de faciliter l'identification des changements de la configuration du cours d'eau, le tracé de la rivière et la délimitation des rives en érosion identifiées en 2010 ont été reportés sur le fond photographique de 1966.

Les principaux enseignements qu'on a pu tirer de cette comparaison sont les suivants :

- ✓ L'utilisation des terres et les aménagements agricoles effectués paraissent avoir assez peu changé depuis 1966 : terres à vocation agricole principalement, peu ou pas de bandes de végétation riveraines en bordure des cours d'eau et redressement des tributaires déjà en bonne partie réalisé en 1966. Un changement notable : les sablières et gravières en exploitation en 1966 (voir carte 3) ne sont plus en opération aujourd'hui. Il est à noter également que le barrage de Princeville (PK 18,7) n'existait pas encore en 1966.
- ✓ En ce qui concerne la configuration du lit de la Bulstrode, on observe très peu de changements en dehors des secteurs à méandres (voir carte 2 en aval du PK 18,5 et carte 3 en aval du PK 12).
- ✓ Dans les deux secteurs à méandres, bien que la longueur totale de rives en érosion soit demeurée sensiblement la même au cours de la période, on observe une migration importante des méandres et des bancs d'alluvions :
 - Au droit de la plupart des rives concaves, les reculs des talus riverains sont de l'ordre de 40 à 70 m (correspondant à un taux de recul de 1 à 1,5 m/an). Les reculs les plus spectaculaires sont observés en rive droite, près du PK 19,2 et du PK 14,3, et en rive gauche face aux PK 21, 20,2 et PK 13,3. La boucle en forme de tête d'épingle du PK 13,3 se serait amincie d'environ 60 m. Lors de nos relevés de terrain, la bande de terre émergée ne mesurait plus qu'une quinzaine de mètres dans sa portion la plus étroite. À ce rythme, la bande de terre sera court-circuitée d'ici 10 ou 15 ans et les courants attaqueront ensuite directement la rive droite un peu au nord du PK 13.
 - Sur les rives convexes, dans les secteurs propices à la sédimentation, les basses terrasses et les bancs d'alluvions se sont déplacés jusqu'à 50 à 80 m vers l'aval. Les modifications les plus probantes se situent en rive droite vers les PK 21, 20,2, 14,3 et 12,3. D'autre part, la superficie des bancs dénudés sur le lit de la rivière entre les PK 15 et 13 semble avoir diminuée depuis 1966.
 - Par endroits, l'ampleur des changements survenus laisse croire que l'activité humaine est responsable en partie des modifications du tracé des rives ou des hauts-fonds. C'est le cas, entre les PK 22 et 20, où certaines basses terrasses alluvionnaires et/ou hauts-fonds semblaient exploités comme sources d'emprunt en 1966 (voir carte 2). L'exploitation ayant cessé depuis, la végétation a presque entièrement colonisé ces secteurs aujourd'hui.

- Dans l'ensemble, le couvert végétal paraît aujourd'hui plus étendu et/ou plus dense à la surface des levées alluviales et dans les chenaux abandonnés. Ce phénomène apparaît très distinctement sur les rivages compris entre les PK 22 et 19,5 (carte 2), mais est aussi observable sur la rive gauche vers les PK 14,9, 14,2 et 12,4 (carte 3).
- La mise en place de matériaux de protection à la base de certaines rives concaves (tel qu'observé au terrain) au cours des dernières décennies a eu pour effet de réduire légèrement l'érosion, plus particulièrement dans le secteur compris entre les PK 21,5 et 18 (carte 2).





5.1 CONCLUSION

Les observations faites au terrain dans l'ensemble du bassin versant (segments amont, central et aval de la Bulstrode et ruisseau Gobeil) ainsi que l'analyse de l'évolution survenue au cours des derniers 45 ans dans le segment central de la Bulstrode tendent à confirmer que :

- ✓ L'essentiel de l'érosion affectant le bassin versant de la rivière Bulstrode en amont du réservoir Beaudet se produit effectivement dans les secteurs à méandres du segment central de la rivière.
- ✓ L'érosion et la sédimentation y ont été considérables au cours des 45 dernières années. Si on tient compte d'un taux de recul annuel moyen de 1 m au droit des quelque 3 500 m de rives concaves en érosion et d'une hauteur moyenne de 2 m pour les talus riverains, on estime que les volumes de matériaux fournis annuellement à la rivière seraient de l'ordre de 7 000 m³. Considérant que ces matériaux se composent surtout de silt et de sable fin, facilement mobilisables par les courants, il est fort probable qu'une grande partie de ces matériaux rejoignent le réservoir Beaudet et contribue en grande partie à sa problématique d'ensablement. D'ailleurs, les volumes annoncés ci-haut s'apparentent aux volumes annuels de sédimentation (8 900 m³/an) estimés dans l'étude d'impacts (HBA, 2004), pour le réservoir Beaudet.
- ✓ Le phénomène de migration des méandres, et l'érosion et la sédimentation qui l'accompagnent, s'effectuent depuis plusieurs millénaires. La présence de nombreux méandres abandonnés visibles dans les champs à quelques centaines de mètres du tracé actuel de la rivière témoigne de l'évolution très dynamique de ces segments de rivière. Entre 1966 et 2010, les méandres du segment central de la Bulstrode ont continué à évoluer naturellement, mais certaines interventions humaines ont pu contribuer à en modifier la progression : excavation des matériaux des hauts-fonds et des levées alluviales comme sources d'emprunt, aménagement du barrage de Princeville, arrêt de l'ouverture des vannes de fond du barrage de Sainte-Sophie, mise en place de matériaux de protection sur certains segments de rive en érosion.

5.2 PISTES DE SOLUTION

Bien qu'une certaine tendance à la stabilisation soit observée aujourd'hui dans les secteurs à méandres de la rivière Bulstrode en raison notamment de mesures de protection mises de l'avant par certains riverains, rien ne laisse croire que l'érosion puisse ralentir de façon significative à court ou moyen terme dans ces secteurs. Ainsi, afin de réduire les apports de sédiments au réservoir Beaudet, des mesures devraient idéalement être mises en œuvre dans des endroits ciblés. En voici quelques exemples :

- ✓ Ralentir ou freiner l'érosion sur les rives instables : enrochement à la base des talus (semblable à ceux déjà entrepris par les riverains), adoucissement des pentes et renaturalisation dans la partie supérieure des talus. Secteurs ciblés : rives concaves en

- ✓ érosion, plus particulièrement celles où l'érosion menace des infrastructures et celles qui subissent les reculs les plus importants ($\pm 3\ 500$ m).
- ✓ Réduire les risques d'érosion : délimiter une bande riveraine à l'intérieur de laquelle aucune intervention ne serait autorisée et où la reprise de la végétation serait valorisée (recolonisation naturelle ou plantations) ; sensibiliser les riverains aux pratiques (agricoles ou autres) limitant la dégradation des sols. Secteurs ciblés : toutes les rives concaves (y compris celles récemment protégées ; 7 000 m).
- ✓ Capturer la charge sédimentaire résiduelle en amont du réservoir Beaudet : mise en place d'épis, de trappes ou de seuils en aval des segments plus actifs. Ces ouvrages serviraient à capter les particules de sable les plus grossières, qui ne composent qu'une infime proportion des matériaux provenant de l'érosion des rives. De telles interventions auraient donc un impact limité sur l'ensablement dans le réservoir Beaudet.