



**ÉTUDE D'ÉVALUATION DES TRAVAUX DE RESTAURATION DU BASSIN VERSANT  
DE LA RIVIÈRE BULSTRODE EN AMONT DU RÉSERVOIR BEAUDET  
POUR LE MILIEU AGRICOLE ET LA RIVIÈRE**



**Rapport  
présenté à la Ville de Victoriaville  
Juillet 2014**



**ÉTUDE D'ÉVALUATION DES TRAVAUX DE RESTAURATION  
DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE BULSTRODE EN  
AMONT DU RÉSERVOIR BEAUDET  
EN MILIEU AGRICOLE**

**Dépôt novembre 2013  
Version révisée juillet 2014**

Réalisé pour la Ville de Victoriaville



*Victoriaville*

**Rapport rédigé par :**

**Sabrina Gauthier, agr.**  
*Conseillère en agroenvironnement,  
Coordonnatrice du volet agronomie,  
Chargée de projet*

**Catherine Drolet, agr.**  
*Conseillère en agroenvironnement*

**Stéphanie Duranceau, agr.**  
*Coordonnatrice du bassin versant de La Rivière des Rosiers*

**Véronique Gagnon, ing. agr.**  
*Coordonnatrice du volet ingénierie*



**Groupe conseils agro Bois-Francis**

767, boulevard Pierre-Roux Est, bureau 100  
Victoriaville (Québec) G6T 1S7  
Tél : 819 795-3998

## ÉQUIPE DE RÉALISATION



### **Groupe conseils agro Bois-Francis**

#### **Chargée de projet :**

Sabrina Gauthier, agronome

#### **Équipe de recherche et réalisation des modèles :**

Sabrina Gauthier, agronome

Catherine Drolet, agronome

Stéphanie Duranceau, agronome

Véronique Gagnon, ingénieure agronome

#### **Équipe des visites terrains :**

Sabrina Gauthier, agronome

Catherine Drolet, agronome

Stéphanie Duranceau, agronome

Véronique Gagnon, ingénieure agronome

Tomas Kysilka, M. Sc.

Audrée Nadeau, technicienne

#### **Équipe de rédaction du rapport :**

Sabrina Gauthier, agronome

Catherine Drolet, agronome

Stéphanie Duranceau, agronome

Véronique Gagnon, ingénieure agronome

Tomas Kysilka, M. Sc.

Louis Ménard, stagiaire

#### **Cartographie :**

Tomas Kysilka, M. Sc.

#### **Édition et mise en page :**

Danièle Delorme

#### **Rédaction du rapport pour la section rivière :**



### **Poly-Géo Inc.**

#### **Directrice et chargée de projet :**

Line Bariteau

## REMERCIEMENTS

L'étude d'évaluation des travaux de restauration du bassin versant de la Rivière Bulstrode en amont du Réservoir Beudet en milieu agricole a pu être réalisé grâce à la collaboration de plusieurs organismes et experts. Nous remercions, plus particulièrement Manon Couture de COPERNIC, Olga Dupont et David Leclair de l'AGTCQ (Agence de géomatique du Centre-du-Québec), Victor Savoie, ing. au MAPAQ Nicolet (Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec), Mikael Guillou, agr. du MAPAQ (Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec) - DAEDD (Direction de l'agroenvironnement et du développement durable), François Chrétien, agr., M. Sc. d'AAC (Agriculture et Agroalimentaire Canada), Léo Ouellet de la MRC de l'Érable et Pascale Désilet de la MRC d'Arthabaska.

Merci à tous les autres collaborateurs et collaboratrices qui ont permis la réalisation de cette étude.

Ce projet est supporté financièrement par la Ville de Victoriaville.

©2014, [Ville de Victoriaville]. Tous droits réservés.

Cette étude de faisabilité a été réalisée avec le concours du Fonds municipal vert, un Fonds financé par le gouvernement du Canada et géré par la Fédération canadienne des municipalités. Malgré ce soutien, les points de vue exprimés sont ceux des auteurs et n'engagent nullement la responsabilité de la Fédération canadienne des municipalités ni celle du gouvernement du Canada.

### Référence suggérée :

Gauthier S., Drolet C., Duranceau S., Gagnon V., 2013. Étude d'évaluation des travaux de restauration du bassin versant de la Rivière Bulstrode en amont du Réservoir Beudet en milieu agricole. Groupe conseils agro Bois-Francs. 139 p.

## Sommaire exécutif

La Ville de Victoriaville a mandaté le Groupe conseils agro Bois-Francis, par l'entremise de COPERNIC, d'étudier et d'évaluer les coûts de mesures de restauration en milieu agricole afin de réduire la dégradation du réservoir Beaudet en termes de sédimentation et de qualité de l'eau.

Le territoire agricole à l'étude débute au barrage de Ste-Sophie et se termine au réservoir Beaudet. Une étude préliminaire a permis de définir 34 zones prioritaires pour lesquelles chaque parcelle a été vérifiée pour s'assurer que les propriétaires ou les exploitants soient bien identifiés. Suite à une rencontre avec les agriculteurs tenue en janvier 2013, des formulaires de prise de données et un dossier propre à chaque producteur a été élaboré.

L'étude comprenait également un volet d'identification des techniques disponibles pour la réduction des apports de sédiments, de phosphore et d'azote en milieu agricole. Plusieurs experts et personnes ressources du milieu ont été rencontrés afin de parfaire notre compréhension, tant de la problématique que des solutions envisageables.

Des visites terrains ont suivies pour les 34 zones ciblées. Ces visites ont permis de compléter les dossiers individuels en y ajoutant une définition des mesures de restauration spécifiques à chaque producteur pour fin d'estimation des coûts. Au final, des dossiers de travaux préliminaires pour 90 producteurs ont été élaborés. Un mandat spécifique a été octroyé à la firme Poly-Géo pour étudier uniquement la Rivière Bulstrode et un autre à M. Louis Ménard pour procéder à la caractérisation des tributaires de la Rivière Bulstrode pour la zone à l'étude. Ces deux mandats visaient aussi à déterminer des mesures de restauration et les coûts associés.

En regard des emportements de terres arables et de nutriments vers le réservoir Beaudet, l'analyse des dossiers et des deux mandats spécifiques à la rivière et aux tributaires révèle des opportunités d'amélioration au niveau des pratiques agricoles, de l'implantation d'ouvrages hydroagricoles et des bandes riveraines.

L'évaluation des coûts des mesures de restauration en territoire agricole et au niveau de la rivière a été faite. Suite à l'analyse de ces coûts, la Ville de Victoriaville a décidé de prioriser les mesures reliées à la modification des pratiques agricoles assistées d'aménagements hydroagricoles en champ et fossé et compléter par la restauration des bandes riveraines de la Rivière Bulstrode (10m) et des principaux tributaires (5m). Certains travaux de stabilisation de berges sont aussi prévus dans les zones où ces travaux ne créeront pas de problèmes en aval. Finalement, le projet comprendra un volet de formation des agriculteurs et un volet de suivi de l'implantation des mesures.

Le coût total des mesures retenues, incluant une provision de 25% pour imprévus, est de 4 355 024.25 \$, excluant les taxes applicables. Ce montant comprend des incitatifs financiers aux agriculteurs sur une période de huit ans pour les pratiques agricoles, les cultures pérennes et les bandes riveraines.

Les travaux pourront s'échelonner sur huit années avec des travaux accélérés pendant les trois premières années afin de limiter l'emportement de solides vers le réservoir Beaudet. Un mode d'appels d'offres de services environnementaux avec des budgets annuels fixes s'adressant aux agriculteurs ou regroupement d'agriculteurs/entrepreneurs locaux est proposé afin de créer un engouement auprès des agriculteurs à bénéficier des retombées tant économiques qu'environnementales des travaux.

Enfin, on se rapportera aux chapitres 8 et 9 pour prendre connaissance des recommandations et des conclusions de cette étude.

# TABLE DES MATIÈRES

## 1. INTRODUCTION

1.1 Mandat .....	1
1.2 Mise en contexte et objectifs de l'étude .....	1
1.3 Territoire à l'étude .....	2

## 2. ACTIVITÉS RÉALISÉES ET MÉTHODES

2.1 Rencontre avec les agriculteurs pour la présentation du projet d'étude .....	11
2.2 Évaluation du territoire prioritaire .....	12
2.3 Récolte des données et préparation des dossiers .....	13
2.4 Recherche et évaluation des techniques disponibles sur la réduction des apports en sédiments, phosphore et azote .....	13
2.5 Présentation des techniques évaluées .....	19
2.5.1 Présentation des pratiques culturales .....	19
2.5.2 Présentation des ouvrages hydroagricoles .....	23
2.5.3 Présentation des bandes riveraines .....	31
2.5.4 Présentation des marais filtrants .....	39
2.6 Organisation et coordination des visites de terrain .....	41
2.7 Visites de terrain et travaux réalisés .....	43
2.8 Caractérisation et visite des tributaires de la Rivière Bulstrode .....	44
2.9 Recherche et évaluation des subventions applicables .....	46
2.10 Évaluation du potentiel local pour la réalisation des travaux .....	46

## 3. RÉSULTATS ET ANALYSE

3.1 Résultat des données recueillies et des visites de terrain .....	47
3.2 Rapport de la caractérisation et des visites des tributaires .....	49
3.3 Délimitation des zones inondables .....	53
3.4 Résultat et analyse de la Rivière Bulstrode (rapport de la firme poly-géo) .....	53

3.5 Discussion et analyses des résultats.....	55
3.5.1 Généralités sur l'efficacité des différentes techniques.....	55
3.5.2 Efficacité des pratiques culturales de conservation.....	56
3.5.3 Efficacité des ouvrages hydroagricoles.....	60
3.5.4 Efficacité des bandes riveraines.....	63

#### **4. COÛTS DES MESURES DE RESTAURATION ÉTUDIÉES EN MILIEU AGRICOLE..... 69**

4.1 Base de l'estimation pour la modification des pratiques agricoles des agriculteurs prioritaires.....	70
4.1.1 Déclaration et signature du contrat de 5 ans.....	71
4.1.2 Visite des champs et accompagnement pour changement de pratiques culturales.....	71
4.1.3 Analyse de la structure du sol.....	71
4.1.4 Première et deuxième prime pour : Programme pour les cultures ensemencées.....	71
4.1.5 Cultures pérennes pour 5 ans.....	72
4.1.6 Culture pérenne visite annuelle pour les 5 ans.....	73
4.2 Base de l'estimation pour les aménagements hydroagricoles en champ et fossé.....	74
4.2.1 Bassin de rétention dans fossé.....	74
4.2.2 Bassin de rétention en tête de tributaires.....	75
4.2.3 Bassin de rétention en champ.....	76
4.2.4 Compensation pour utilisation des terres.....	76
4.2.5 Voie d'eau engazonnée.....	77
4.2.6 Chute enrochée.....	77
4.2.7 Avaloir en champ.....	78
4.2.8 Rigole d'interception.....	79
4.7.9 Protection de sortie de drain.....	79
4.3 Base de l'estimation pour la préservation et/ou revégétalisation des bandes riveraines.....	80
4.3.1 Bande riveraine de 5 m pour les principaux tributaires de la Bulstrode.....	80

4.3.2	Achat de la non utilisation permanente de la bande riveraine sur les tributaires principaux 5m...	81
4.3.3	Nettoyage des tributaires.....	82
4.3.4	Bande riveraine des autres cours d'eau 3 m.....	82
4.3.5	Coûts d'entretien.....	84
4.3.6	Achat de la non utilisation permanente de la bande riveraine des autres cours d'eau 3 m.....	85
4.3.7	Bande riveraine des fossés 1 m.....	85
4.3.8	Achat de la non utilisation permanente de la bande riveraine des fossés 1 m.....	85
4.4	Base de l'estimation pour les bassins d'égalisation et marais.....	86
4.4.1	Noues d'égalisation (NE) avec protection 3 m.....	86
4.4.2	Noues d'égalisation avec marais intégré (NEMI) avec protection 3 m.....	87
4.4.3	Bassin d'égalisation avec marais intégré (BEMI) avec protection 3 m.....	88
4.4.4	Achat de la non utilisation permanente de la bande riveraine de protection 3 m.....	89
4.4.5	Compensation pour utilisation de terres pour les BEMI.....	89
4.5	Base de l'estimation pour les travaux associés directement dans la rivière Bulstrode.....	89
4.5.1	Préserver ou revégétaliser la bande riveraine de 10 m.....	89
4.5.2	Achat de la non utilisation permanente de la bande riveraine de la rivière de 10 m.....	90
4.5.3	Stabilisation des berges : ensemencement et technique du génie végétal.....	90
4.5.4	Stabilisation des berges : techniques mixtes.....	91
4.5.5	Insertion de bois mort.....	92
4.5.6	Corridor de liberté.....	92
4.5.7	Seuils en rivière.....	92
4.6	Vitrine de démonstration (2 agriculteurs adjacents avec front sur la Rivière Bulstrode).....	92
4.6.1	Modification des pratiques agricoles, contrat de 5 ans.....	92
4.6.2	Bande riveraine sur la Bulstrode.....	93
4.6.3	Bande riveraine sur fossé.....	93
4.6.4	Pilote NE/NEMI (incluant protection 3m).....	93
4.6.5	Stabilisation de berges de la Rivière Bulstrode.....	93
4.6.6	Instrumentation, relevés et analyses.....	93
4.7	Base de l'estimation pour les autres activités.....	93

4.7.1 Programme de formation.....	93
4.7.2 Publicité/ Marketing durant la réalisation du projet.....	94
<b>5. TRAVAUX RETENUS PAR LA VILLE POUR LA SUITE DU PROJET ET ÉVALUATION BUDGETAIRE.....</b>	<b>96</b>
5.1 Modification de pratiques culturelles et incitatifs .....	96
5.2 Aménagements hydroagricoles .....	96
5.3 Préservation et/ou revégétalisation bandes riveraines.....	96
5.3.1 Végétalisation naturelle des bandes riveraines.....	97
5.3.2 Mise en place d'une délimitation de 5 m.....	97
5.3.3 Compensation pour la perte de terrain bande riveraine de 1m, 3m et 5m.....	97
5.4 Bassins d'égalisation et marais.....	98
5.5 Travaux associés directement à la rivière Bulstrode.....	98
5.5.1 Végétalisation naturelle des bandes riveraines côté nord.....	98
5.5.2 Plantation d'une bande riveraine côté sud.....	98
5.5.3 Mise en place d'une délimitation de 10 m.....	100
5.5.4 Compensation pour la perte de terrain bande riveraine de 10 m.....	100
5.6 Vitrine de démonstration.....	100
5.7 Autres activités.....	101
5.7.1 Programme de formation.....	101
5.7.2 Publicité du projet.....	101
5.7.3 Gestion de projet.....	101
5.8 Suivi de l'application des mesures et du respect des ententes pour les bandes riveraines....	101
5.9 Imprévus, gestion de projet et autres frais contingents.....	101
<b>6. PROGRAMMES DE SUBVENTIONS.....</b>	<b>103</b>
6.1 Subventions du secteur public (Tableau 50).....	103
6.2 Subventions de fondations (Tableau 51) .....	106
6.3 Subvention à la recherche .....	108

6.4 Subventions du secteur privé.....	108
6.5 Tableaux des subventions.....	109
<b>7. ÉCHÉANCIER DES TRAVAUX ET RÉPARTITION DES COÛTS.....</b>	<b>111</b>
7.1 Échéancier proposé pour la réalisation des travaux.....	111
7.1.1 Entreprises prioritaires.....	111
7.1.2 Répartition des coûts de construction du projet en milieu agricole.....	112
7.2 Évaluation du potentiel local pour la réhabilitation des travaux.....	113
<b>8. RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>115</b>
8.1 Actions jugées prioritaires.....	118
8.2 Promotion et la mise en place du projet.....	123
8.3 Programme de formation.....	127
<b>9. CONCLUSION.....</b>	<b>131</b>
<b>RÉFÉRENCES.....</b>	<b>133</b>

## ANNEXES

### ANNEXE 1 : 1.3 TERRITOIRE À L'ÉTUDE

- Mandat 1

### ANNEXE 2 : 2.1 RENCONTRE AVEC LES AGRICULTEURS POUR LA PRÉSENTATION DU PROJET D'ÉTUDE DU BASSIN VERSANT

- Invitation et lettre incitative
- Formulaire de prise de données
- Dépliant explicatif du projet
- Résumé du projet "La lisière verte"
- Article dans "L'Écho des Bois-Francis"
- Communiqué de presse

### ANNEXE 3 : 2.3 RÉCOLTE DES DONNÉES ET PRÉPARATION DES DOSSIERS

- Fichier Excel "Prise de données pour chaque producteur"
- Exemple d'un modèle numérique de surface (MNS)
- Exemple d'une carte RUSLE
- Carte "Polygone d'érosion"

### ANNEXE 4 : 2.5 PRÉSENTATION DES TECHNIQUES ÉVALUÉES ET DES MODÈLES DE COÛTS UTILISÉS

- Schéma de concept : Pratiques culturales de conservation
- Rotations culturales
- Les plantes de couverture
- Les pratiques culturales de conservation
- Exemple de la MRC de la Haute-Yamaska
- Fiche technique sur les marais filtrants
- Courriel de Daniel Boudreau
- Courriel de Carline Ghazal
- Plans des NE, NEMI et BEMI

### ANNEXE 5 : 2.6 ORGANISATION ET COORDINATION DES VISITES TERRAINS

- Protocole des visites terrain

### ANNEXE 6 : 2.8 CARACTÉRISATION ET VISITE DES TRIBUTAIRES DE LA RIVIÈRE BULSTRODE

#### 3.4 RÉSULTAT ET ANALYSES DE LA RIVIÈRE BULSTRODE (RAPPORT DE LA FIRME POLY-GÉO)

- Rapport des tributaires
- Projet de la Rivière Bulstrode – Dynamique sédimentaire

### ANNEXE 7 : 6. RECHERCHE ET ÉVALUATION DES SUBVENTIONS APPLICABLES

- Feuille Prime-Vert Volet 1
- Programme Prime-Vert
- Réseau Agriconseils Centre-du-Québec

### ANNEXE 8 : 3. RÉSULTAT ET ANALYSE

- Zones d'érosion observées lors des visites terrain
- Estimation de la concentration médiane en phosphore
- Modèle VFSSMOD
- Implantation de zones tampons en milieu agricole

### ANNEXE 9 : 4. COÛTS DES MESURES DE RESTAURATION ÉTUDIÉES EN MILIEU AGRICOLE

- Valeur des terres agricoles dans les régions du Québec
- Coûts des Bassins d'égalisation avec marais intégré

### ANNEXE 10 : 8. RECOMMANDATIONS

- Articles d'encans inversés

## LISTE DES CARTES

Carte 1 : Bassin en amont du Réservoir Beaudet, zones d'intervention.....	3
Carte 2 : Zones d'érosion représentées par des polygones.....	4
Carte 3 : Types de sols retrouvés près du Réservoir Beaudet (Section 1).....	6
Carte 4 : Rivière Bulstrode et onze de ses tributaires.....	7
Carte 5 : Zones des visites.....	12
Carte 6 : Zones d'érosion observées lors des visites de terrain (les autres cartes se trouvent en annexe 8) .....	48
Carte 7 : Zones inondables de la Rivière Bulstrode entre Sainte-Sophie et Victoriaville.....	54
Carte 8 : Largeurs en mètres de bandes riveraines recommandées dans le bassin versant de la Rivière Beaurivage au Québec selon l'application du modèle VFDM .....	67

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Occupation des terres agricoles, des cultures et du travail du sol en ha et en % .....	5
Tableau 2 : Pourcentage des productions agricoles retrouvées sur le territoire à l'étude .....	5
Tableau 3 : Rencontres avec des experts et personnes ressources du milieu .....	14
Tableau 4 : Évaluation des techniques disponibles .....	16
Tableau 5 : Techniques de travail du sol .....	21
Tableau 6 : Fonctions des zones tampons selon les enjeux et les objectifs.....	32
Tableau 7 : Enjeux sur les bandes riveraines .....	35
Tableau 8 : Types de bandes riveraines .....	38
Tableau 9 : Taux de rétention du N et P dans une sélection de marais filtrants.....	41
Tableau 10 : Classification d'estimations des pertes de sol et d'érosion des sols correspondants .....	43
Tableau 11 : Observations des tributaires .....	45
Tableau 12 : Intérêt des producteurs face au projet de restauration.....	47
Tableau 13 : Résumé de l'état des principaux tributaires situés dans la zone à l'étude .....	51
Tableau 14 : Liste des cours d'eau verbalisés du bassin versant de la Rivière Bulstrode qui ont fait l'objet d'entretien depuis 2005. (Léo Ouellet, MRC de l'Érable) .....	52
Tableau 15 : Types de polluants d'origine agricole à capter par les bandes riveraines .....	55
Tableau 16 : Conclusion des études de trois bassins versants.....	58
Tableau 17 : Perte de sol selon la texture, la pente et la culture .....	60
Tableau 18 : Efficacité de captage des bassins selon le volume de stockage unitaire .....	62
Tableau 19 : Facteurs qui contrôlent l'action de la zone tampon .....	63
Tableau 20 : Efficacité potentielle de rétention des sédiments, de l'azote total et du phosphore total selon la largeur de la bande riveraine .....	64
Tableau 21 : Largeurs de bandes tampons suggérées pour diverses fonctions.....	65
Tableau 22 : Ratio de la zone tampon à utiliser pour le captage des sédiments dans un champ en travail conventionnel du sol <sup>1</sup> .....	66
Tableau 23 : Détail des coûts pour la modification des pratiques agricoles .....	70
Tableau 24 : Programme pour les cultures ensemencées .....	72
Tableau 25 : Prime aux résultats pour l'adoption de culture pérenne .....	73
Tableau 26 : Détail des coûts pour les bassins de rétention dans fossé .....	74
Tableau 27 : Détail des coûts pour bassin en tête de tributaire .....	75
Tableau 28 : Détail des coûts pour bassin de rétention en champ .....	76
Tableau 29 : Détail des coûts pour voie d'eau engazonnée .....	77

Tableau 30 : Détail des coûts pour chute enrochée .....	77
Tableau 31 : Détail des coûts pour avaloir en champ .....	78
Tableau 32 : Détail des coûts pour une rigole d'interception .....	79
Tableau 33 : Détail des coûts pour protection de sortie de drain basse .....	79
Tableau 34 : Détail des coûts pour protection de sortie de drain haute... ..	79
Tableau 35 : Liste des tributaires prioritaires et non prioritaires inclus dans l'étude .....	81
Tableau 36 : Coût de l'implantation d'une bande riveraine arbustive de 3 m de largeur .....	83
Tableau 37 : Coût d'entretien d'une bande riveraine arbustive de 3 m de largeur .....	84
Tableau 38 : Estimateur de coûts pour la noue d'égalisation de base (NE) .....	86
Tableau 39 : Estimateur de coûts pour la noue d'égalisation avec marais intégré (NEMI) .....	87
Tableau 40 : Estimateur de coûts pour le bassin d'égalisation avec marais intégré (BEMI) .....	88
Tableau 41 : Détail des coûts pour l'ensemencement et technique du génie végétal .....	90
Tableau 42 : Détail des coûts pour les techniques mixtes .....	91
Tableau 43 : Description des coûts de promotion du projet .....	94
Tableau 44 : Évaluation des coûts de restauration en milieu agricole.....	95
Tableau 45 : Détail des coûts pour la mise en place d'une délimitation de la bande riveraine de 5 m..	97
Tableau 46 : Coût de l'implantation d'une bande riveraine arborescente de 10 m de largeur.....	99
Tableau 47 : Détail des coûts pour la mise en place d'une délimitation de la bande riveraine de 10 m.....	100
Tableau 48 : Détail des coûts pour le suivi de l'application des mesures et du respect des ententes pour les bandes riveraines.....	101
Tableau 49 : Évaluation des coûts de restauration en milieu agricole.....	102
Tableau 50 : Subventions publiques envisageables.....	109
Tableau 51 : Subventions des fondations envisageables.....	110
Tableau 52 : Nombre d'entreprises en pourcentage pour chacune des tranches de coûts.....	111
Tableau 53 : Répartition des coûts de projet sur 8 ans.....	112
Tableau 54 : Potentiel local pour la réalisation des travaux.....	113
Tableau 55 : Exemple de calendrier de formation pour une des premières années.....	128

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Moyennes mensuelles du débit de la Rivière Bulstrode en aval du réservoir des années 1975 à 2012 .....	8
Figure 2 : Concentrations des nitrates/nitrites prélevés dans le Réservoir Beaudet entre 2001 et 2010 .....	9
Figure 3 : Concentrations en phosphore du Réservoir Beaudet entre 2005 et 2010 .....	9
Figure 4: Photo tirée du rapport final de février 2013 .....	10
Figure 5 : Chute enrochée.....	24
Figure 6 : Avaloir avec bassin de sédimentation .....	25
Figure 7 : Rigoles d’interception et démonstration d’emplacements possibles (Guillou, 2008).....	26
Figure 8 : Voie d'eau engazonnée .....	26
Figure 9 : Schéma d'un bassin sec (adapté d'USEPA, 2010) .....	28
Figure 10 : Schéma d'un bassin humide (adapté de Brookside, 2010) .....	29
Figure 11 : Bassin de rétention aménagé à St-Samuel .....	29
Figure 12 : Multiplicité des solutions à adopter selon le type de ruissellement et d'érosion .....	37
Figure 13 : Types de ruissellement .....	64

# 1. INTRODUCTION

## 1. INTRODUCTION

### 1.1 Mandat

Le présent mandat s'inscrit dans une étude ayant pour but d'évaluer les travaux de restauration en milieu agricole du bassin versant de la Rivière Bulstrode en amont du Réservoir Beaudet. La problématique d'ensablement et de qualité de l'eau du Réservoir Beaudet est en grande partie causée par l'érosion des berges et des champs agricoles situés en amont du Réservoir Beaudet lors de la fonte des neiges et en période de pluies abondantes. L'Organisme de concertation pour l'eau des bassins versants de la rivière Nicolet (COPERNIC) a donc mandaté, le 31 octobre 2012, le Groupe conseils agro Bois-Francis (ci-après nommé GCABF) d'effectuer l'étude du coût de restauration des champs agricoles ainsi que de la rivière Bulstrode et de ses tributaires.

### 1.2 Mise en contexte et objectifs de l'étude

Le réservoir Beaudet est une source d'eau potable qui a été construit à même la rivière Bulstrode en 1977. Cette source d'eau potable dessert un peu plus de la moitié de la population de la Ville de Victoriaville. Le Réservoir Beaudet est constitué d'un barrage, le Barrage Beaudet, qui a occasionné un ensablement important du réservoir au cours des 36 dernières années, car il crée une zone de rétention dans le réservoir. Une des sources du problème d'ensablement est reliée au bassin versant de la Rivière Bulstrode en amont du réservoir. La fréquence d'entretien du réservoir et la qualité de cet apport en eau dépendent de l'aménagement et de la gestion de ce territoire ainsi que des dynamiques qui y prennent place. Une approche par intervention à la source des causes de cette problématique est évaluée par la Ville de Victoriaville. Cette dernière a donc mandaté Copernic d'effectuer une étude complète du bassin versant situé en amont du réservoir.

Les trois objectifs principaux visés par cette étude sont :

- La rétention d'eau en période de pluies abondantes ou lors de la fonte des neiges pour limiter le débit de pointe de la Rivière Bulstrode avec, comme conséquence, la réduction de l'érosion des berges de la rivière.
- La réduction de l'érosion dans les champs agricoles avec, comme conséquence, la diminution des apports de solides décantables dans le réservoir Beaudet.

- La réduction des apports en phosphore et en azote dans les cours d'eau avec, comme conséquence, la diminution de la prolifération des algues et plantes aquatiques dans le réservoir Beaudet.

L'évaluation de la restauration du bassin versant de la Rivière Bulstrode en amont du Réservoir Beaudet réalisée au cours de l'année 2013 dresse les bases pour structurer une intervention mobilisatrice afin d'assurer la qualité de l'eau du bassin versant de la Rivière Bulstrode aux bénéfices de chacune des communautés se partageant le territoire et pour les citoyens de la Ville de Victoriaville qui puisent leur eau potable à même le Réservoir Beaudet.

Les enjeux que représente la gestion intégrée de l'eau par bassin versant sont grands.

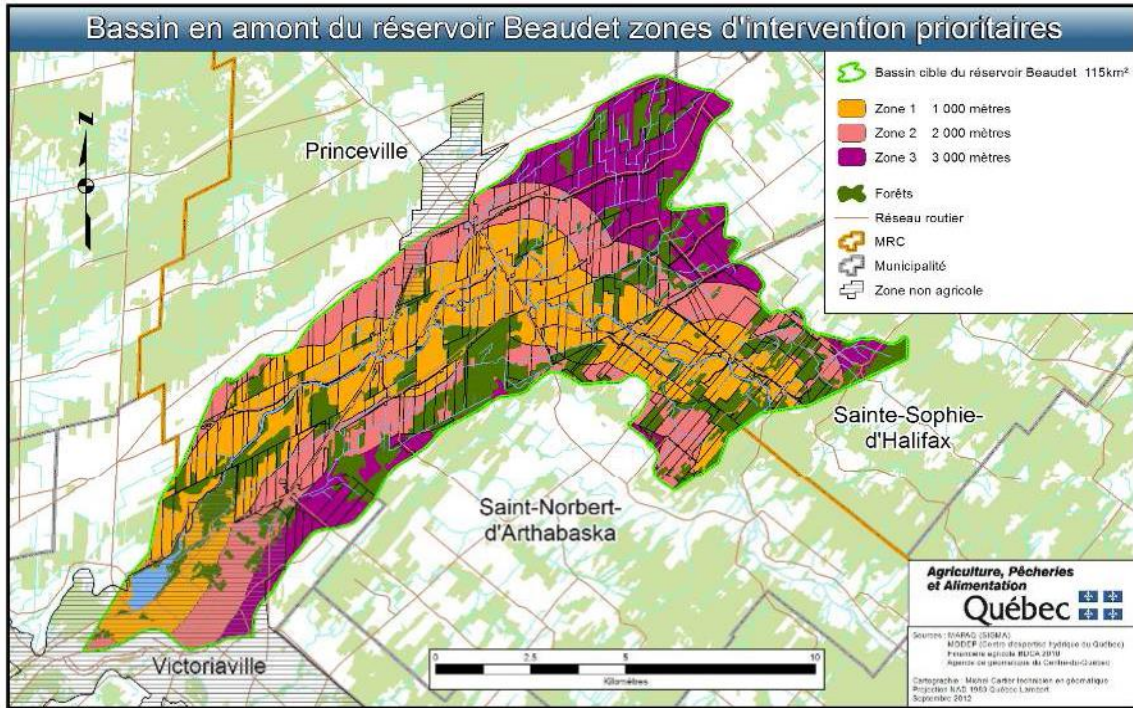
Les multiples acteurs du milieu devront prendre conscience de leur interdépendance au-delà de leurs différences et se rejoindre dans l'intérêt commun. Ce défi important pour le berceau du développement durable du Québec nécessite une vision rassembleuse à laquelle la communauté se rallie à l'échelle du bassin versant.

La gestion du bassin versant de la Rivière Bulstrode est essentielle afin de maintenir et d'améliorer au fil du temps la qualité de l'eau du Réservoir Beaudet. Les moyens recommandés dans cette étude permettraient de contrôler les apports en sédiments fins provenant des champs agricoles qui sont chargés en éléments nutritifs et en pesticides.

### 1.3 Territoire à l'étude

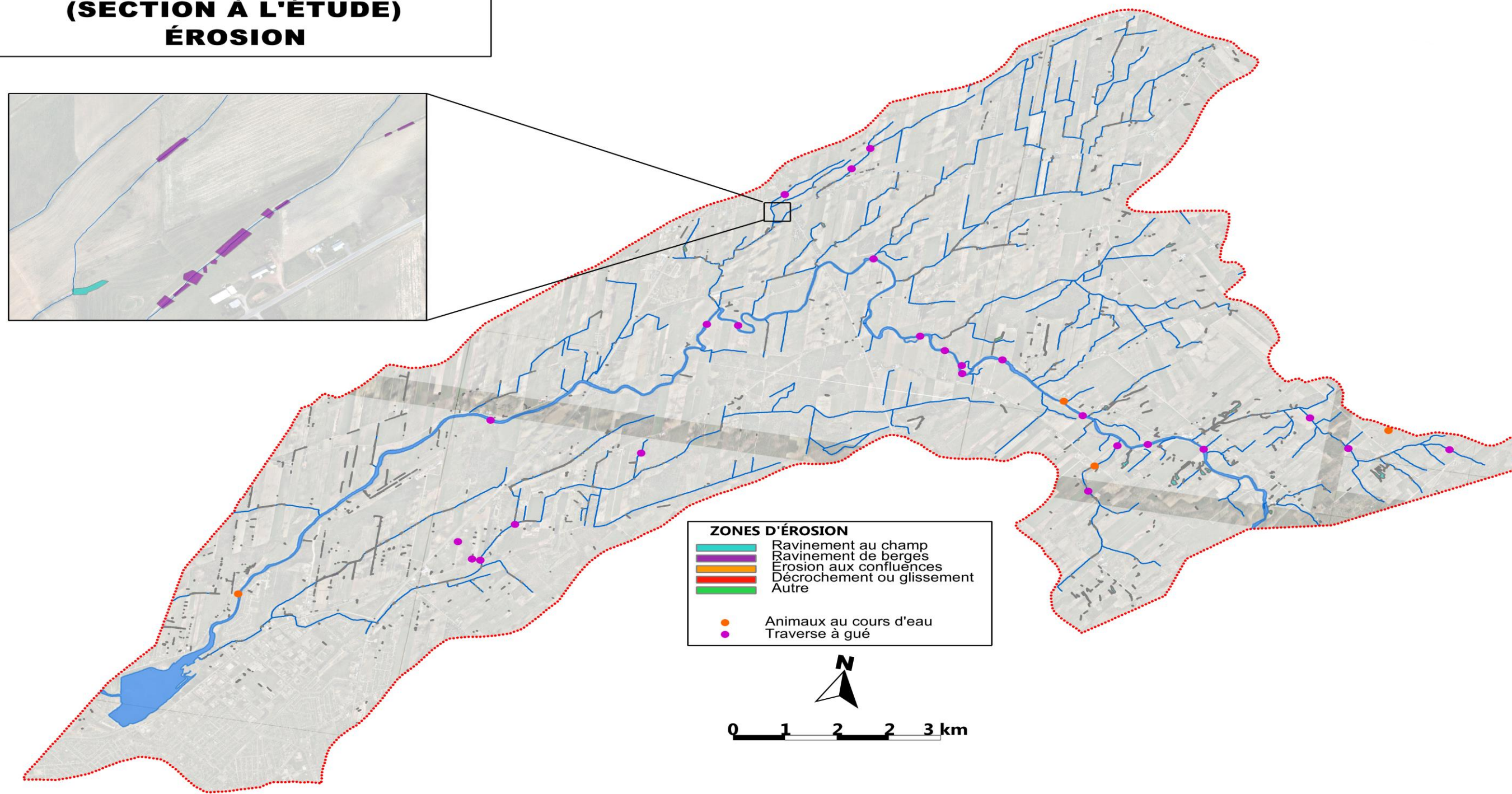
Le territoire à l'étude (Carte 1) a été déterminé lors de l'étude préliminaire Mandat 1 (Annexe 1) effectuée avec la collaboration de Michel Cartier du MAPAQ de Victoriaville qui nous a dressé une liste d'entreprises agricoles du bassin versant. L'Agence de géomatique du Centre-du-Québec (AGTCQ) nous a fourni une carte du territoire situant les zones d'érosion représentées par des polygones (Carte 2). Le territoire ciblé dans l'étude se trouve en amont du réservoir Beaudet et en aval du barrage de Ste-Sophie-d'Halifax. Sa superficie est d'environ 82 km<sup>2</sup>.

Carte 1 : Bassin en amont du réservoir Beaudet, zones d'intervention.



Carte 2 : Zones d'érosion représentées par des polygones

**BASSIN VERSANT - BULSTRODE  
(SECTION À L'ÉTUDE)  
ÉROSION**



Le territoire est situé dans les Basses Terres du Saint-Laurent et le piedmont des Appalaches. Il est occupé en grande partie par des terres agricoles qui représentent 62 % du territoire total à l'étude (tableau 1). Le pourcentage de superficies totales exploitées en grandes cultures est de 47 % et de 53% en prairies.

**Tableau 1** : Occupation des terres agricoles, des cultures et du travail du sol en ha et en %.

<b>Territoire</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>%</b>
Bassin versant ciblé	11 010	100
Champs (grandes cultures, prairies)	6 861	62
<b>Cultures</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>%</b>
Grandes cultures	3 190	47
Prairies	3 670	53
<b>Travail du sol</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>%</b>
Travail minimum	466.48	7
Semis direct	457.47	7
Conventionnel	5 937.05	86

Information extraite de l'EDM par Michel Cartier du MAPAQ Victoriaville.

Plusieurs productions se retrouvent sur le territoire, mais la production laitière est celle qui domine avec 56% (**Tableau 2**).

**Tableau 2** : Pourcentage des productions agricoles retrouvées sur le territoire à l'étude.

<b>Productions</b>	<b>(%)</b>
Bovins laitiers	56
Grandes cultures	20
Acéricultures - Grandes cultures	8
Bovins boucheries	8
Ovines	3
Fruitières	3
Caprines	1
Équines	1

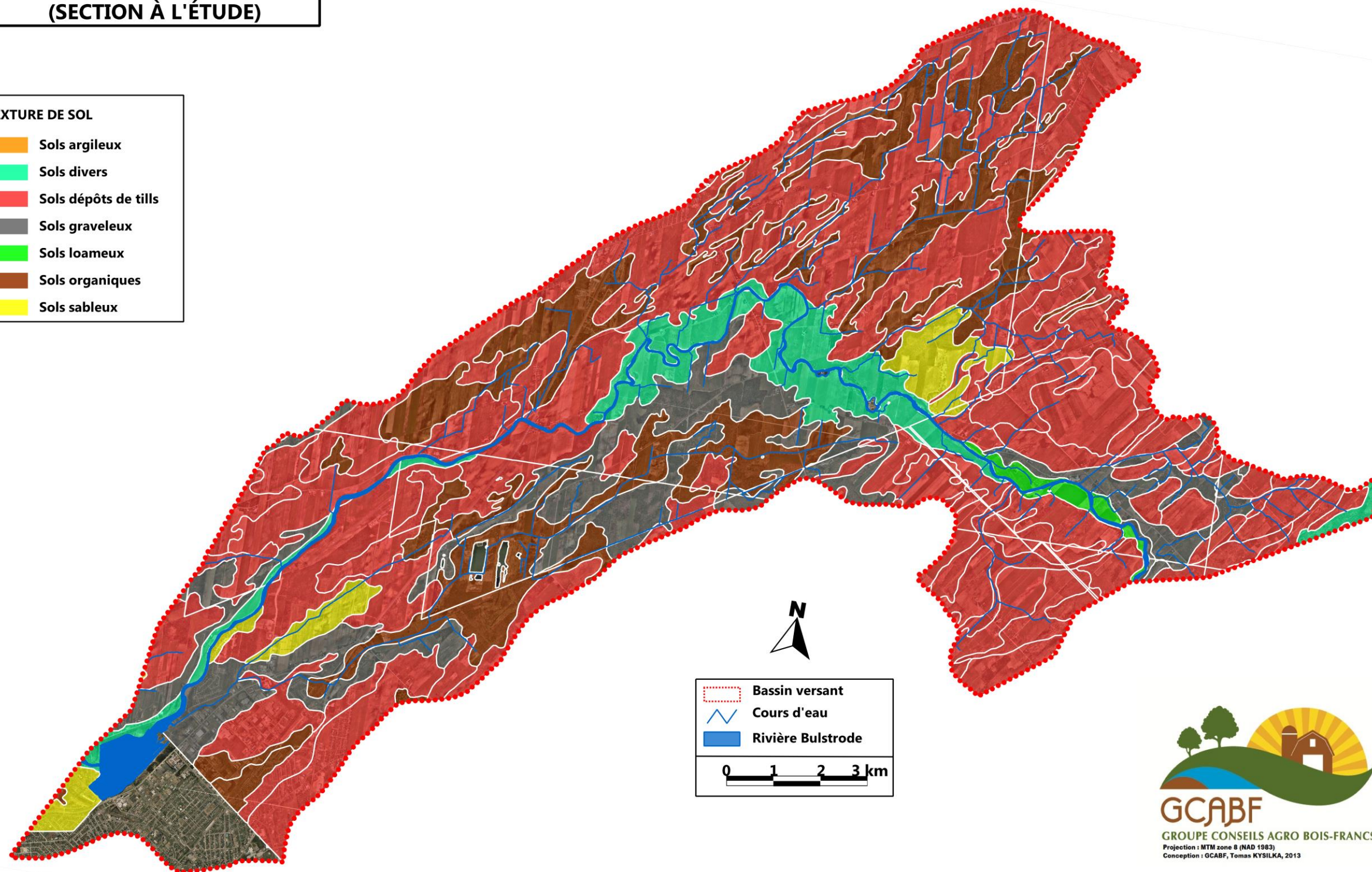
Information extraite de l'EDM par Michel Cartier du MAPAQ Victoriaville.

Les principaux sols retrouvés sur le territoire sont des sols graveleux, sableux, organiques, divers et des dépôts de till (Carte 3).

Carte 3 : Types de sol retrouvés dans le territoire à l'étude.

**TYPES DE SOL  
BASSIN VERSANT - BULSTRODE  
(SECTION A L'ÉTUDE)**

- TEXTURE DE SOL**
- Sols argileux
  - Sols divers
  - Sols dépôts de tills
  - Sols graveleux
  - Sols loameux
  - Sols organiques
  - Sols sableux



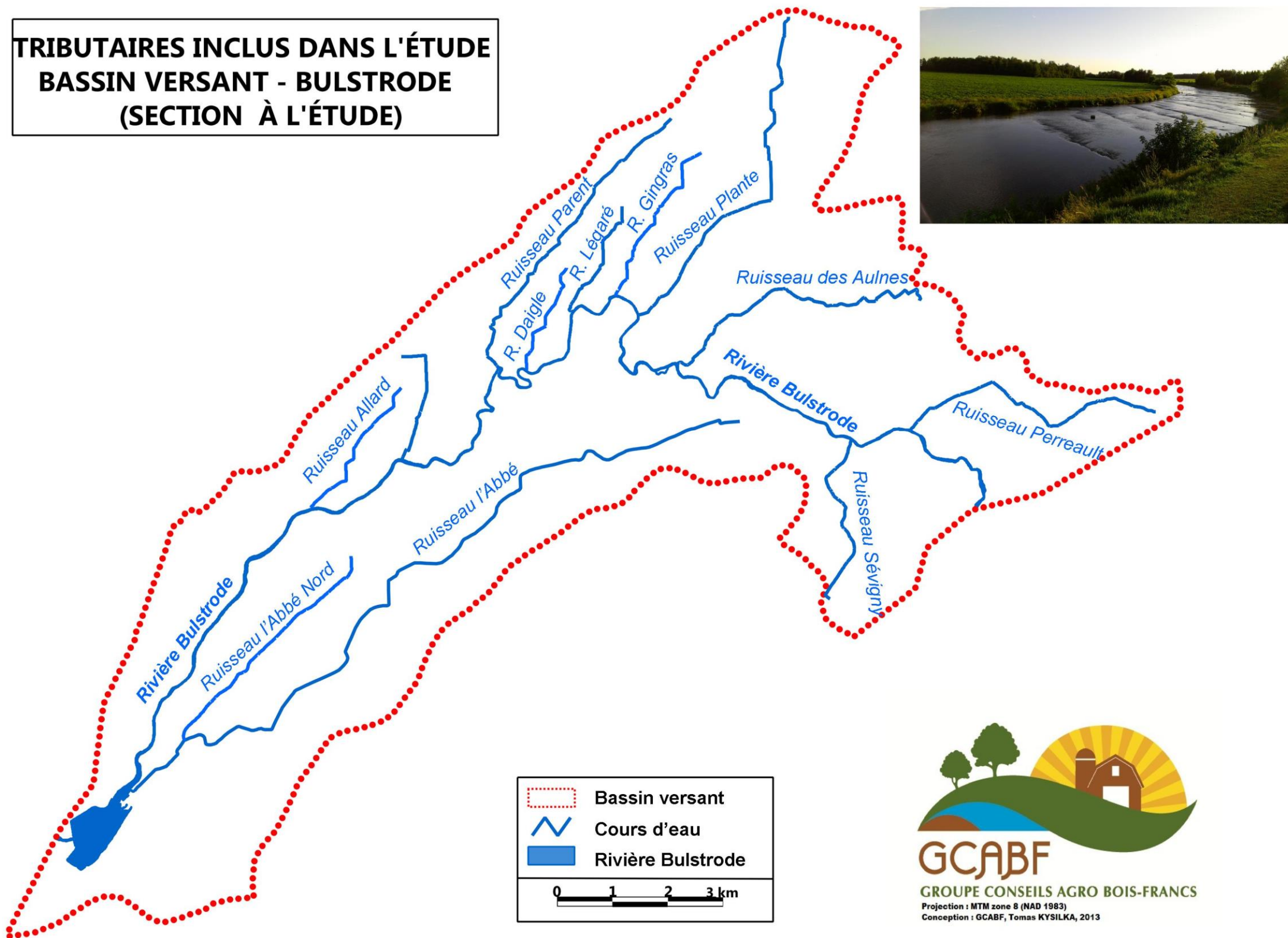
Legend for map features:

- Bassin versant
- Cours d'eau
- Rivière Bulstrode

Scale: 0 1 2 3 km

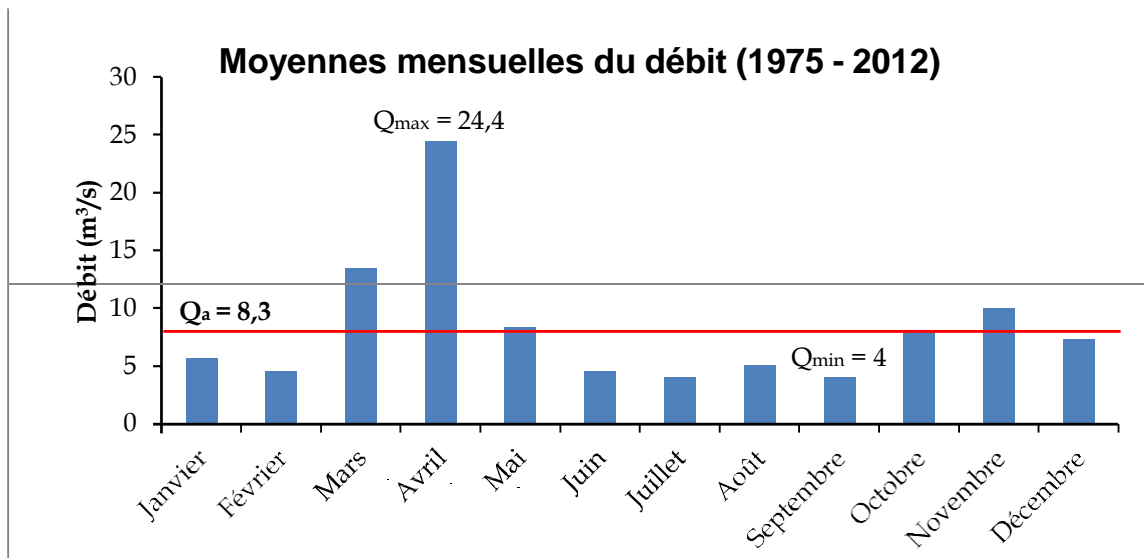
L'étude inclut aussi la Rivière Bulstrode et ses berges ainsi que 11 de ses tributaires (Carte 4).

Carte 4 : Rivière Bulstrode et 11 de ses tributaires.



Les débits de la rivière fluctuent beaucoup en cours d'année. Ils passent de 4 m<sup>3</sup>/s en septembre à 24.4 m<sup>3</sup>/s en avril et la moyenne se situe à 8.3 m<sup>3</sup>/s (Figure 1).

**Figure 1** : Moyennes mensuelles du débit de la Rivière Bulstrode en aval du réservoir des années 1975 à 2012.

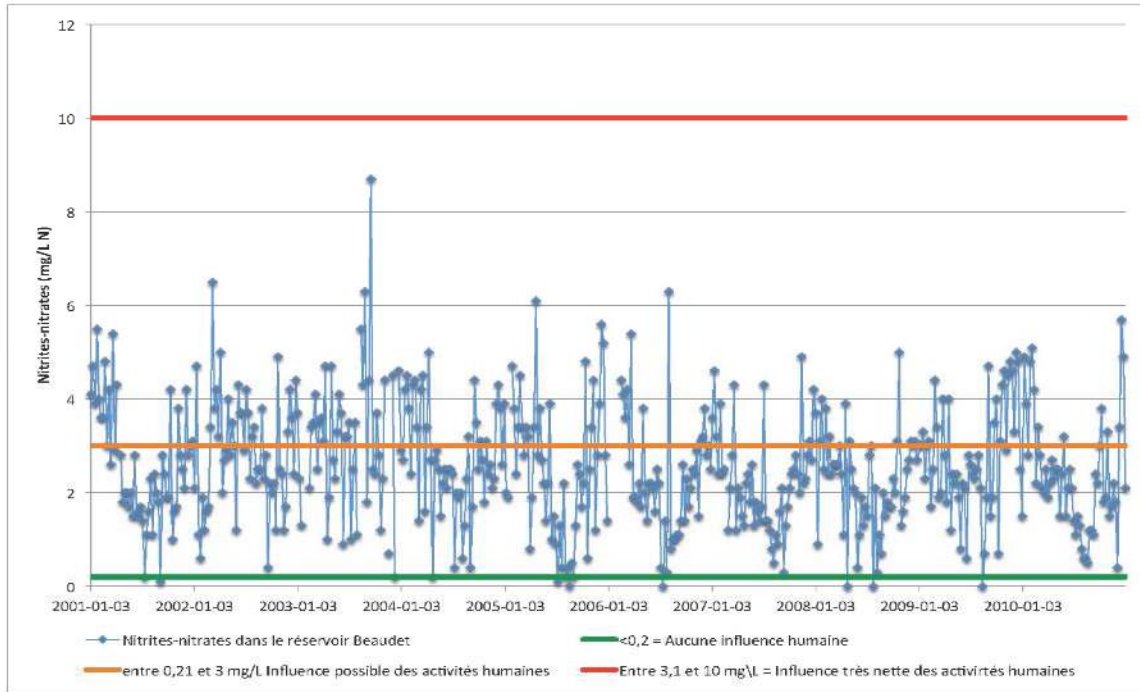


Tiré du rapport portrait final de Copernic février 2013

### Le Réservoir Beaudet

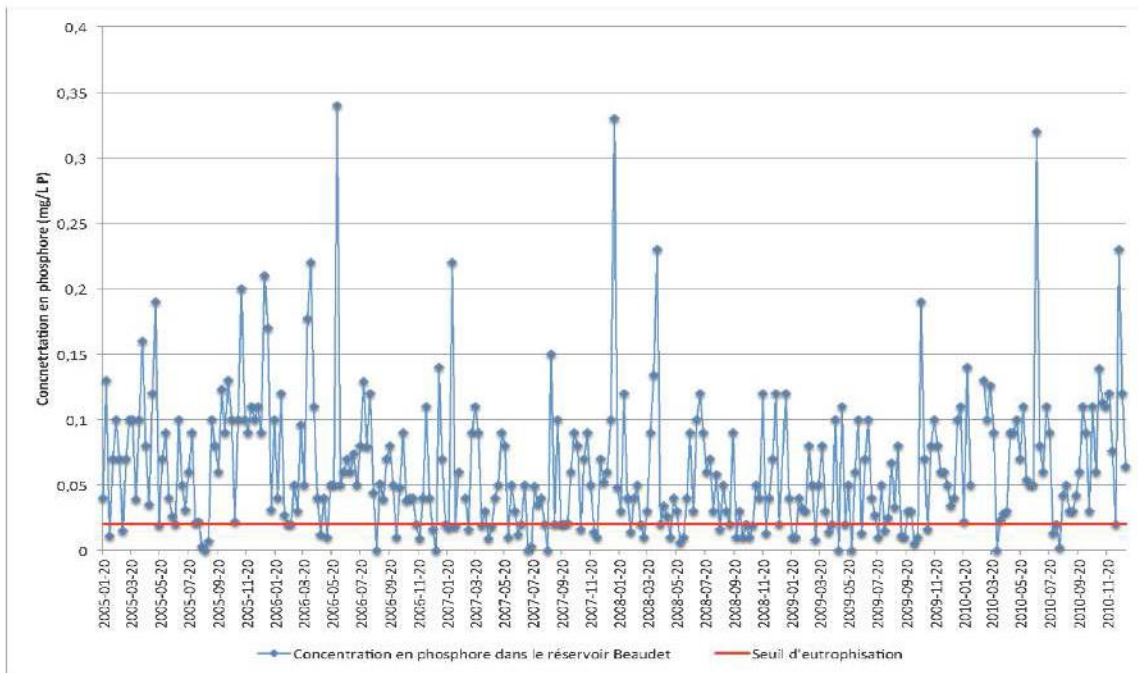
Les concentrations en azote (figure 2) et en phosphore (figure 3) tirées du rapport Portrait final de Copernic de février 2013 nous révèlent que, pour la période de 2001 à 2010, il n'y a eu aucun évènement où la norme de 10 mg/l (norme établie par le MDDEFP pour l'eau potable) a été atteinte. Par contre, plusieurs évènements se situent entre 3.1 et 10 mg/l, ce qui indique selon Couture, (2011) que les concentrations en azote sont nettement influencées par les activités humaines. La médiane pour cet élément est de 2.4 mg/l selon les données de la figure 3. Pour ce qui est des concentrations en phosphore pour la période de 2005 à 2010, le seuil d'eutrophisation a été dépassé lors de nombreux évènements. Le seuil d'eutrophisation d'un lac étant de 0.02 mg/l établi par le MDDEFP, la médiane pour cet élément est de 0.05 mg/l ce qui confirme l'eutrophisation du Réservoir Beaudet.

**Figure 2 :** Concentrations des nitrates/nitrites prélevés dans le Réservoir Beudet entre 2001 et 2010



Tiré du rapport portrait final de Copernic février 2013

**Figure 3 :** Concentrations en phosphore du Réservoir Beudet entre 2005 et 2010



Tiré du rapport portrait final de Copernic février 2013

Le réservoir Beaudet a été construit en 1977. Il est d'une superficie de 94.6 ha. La sédimentation annuelle du réservoir a été estimée à 8 900 m<sup>3</sup> (HBA Environnement, 2004). Selon Desrochers et al, (1979) et Roche, (1994) cité par Couture, (2011), la profondeur moyenne du réservoir est passée de 2,45 m à 1,76 m entre 1979 et 1994, ce qui a réduit sa capacité de 4,85x10<sup>5</sup> m<sup>3</sup>. Sa capacité utile évaluée en 1994 était de 1,215x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> (HBA Environnement, 2003).

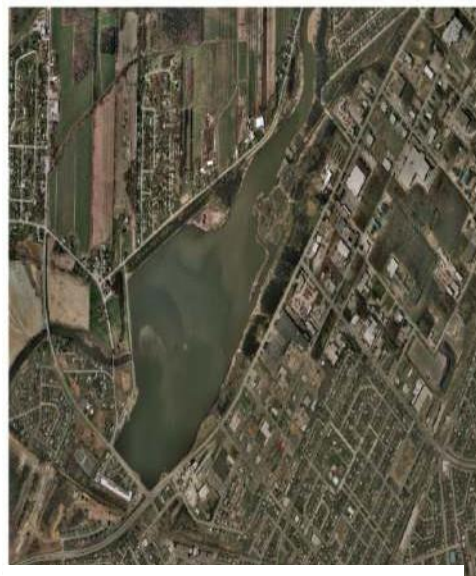


Figure 4: Photo tiré du rapport final février 2013

# 2. ACTIVITÉS RÉALISÉES ET MÉTHODES

## 2. ACTIVITÉS RÉALISÉES ET MÉTHODES

### 2.1 Rencontre avec les agriculteurs pour la présentation du projet d'étude du bassin versant

La rencontre organisée par le Groupe conseils agro Bois-Francis, ayant pour but de présenter le projet d'étude de restauration du bassin versant de la Rivière Bulstrode en amont du Réservoir Beudet aux agriculteurs concernés, a eu lieu le 31 janvier 2013 à la salle municipale de St-Norbert d'Arthabaska. Tous les représentants de la Ville de Victoriaville impliqués dans le projet ainsi que les représentants de Copernic, des municipalités, du MAPAQ et des MRC y étaient aussi invités. L'invitation à cette journée s'est faite par un envoi format carte postale à tous les agriculteurs (Annexe 2) et d'une lettre à tous les représentants.

À leur arrivée, les agriculteurs considérés prioritaires ont reçu une enveloppe contenant un formulaire de prise de données à remplir (Annexe 2) ainsi qu'un dépliant expliquant le projet d'étude (Annexe 2).

En avant-midi, l'équipe du GCABF, animateurs de cette journée, a présenté son mandat visant le projet d'étude, alors que le mandat global était présenté par Mme Manon Couture de Copernic. Le tout fut suivi d'une période de questions mouvementée concernant surtout les problématiques de la Rivière Bulstrode.

En après-midi, deux conférences étaient présentées. La première par M. Richard Lauzier, agronome, portait sur le "Projet de la Baie du Missisquoi: lisière verte" et la deuxième par M. Mario Cantin, agriculteur, portait sur les pratiques culturales de conservation des sols. M. Lauzier a expliqué des projets gagnants réalisés sur les bandes riveraines en Montérégie et M. Cantin, a pour sa part, exposé son expérience de culture en semis direct et de culture de couverture. Pour plus d'information un résumé complet sur le projet "La lisière Verte" se trouve en annexe 2.

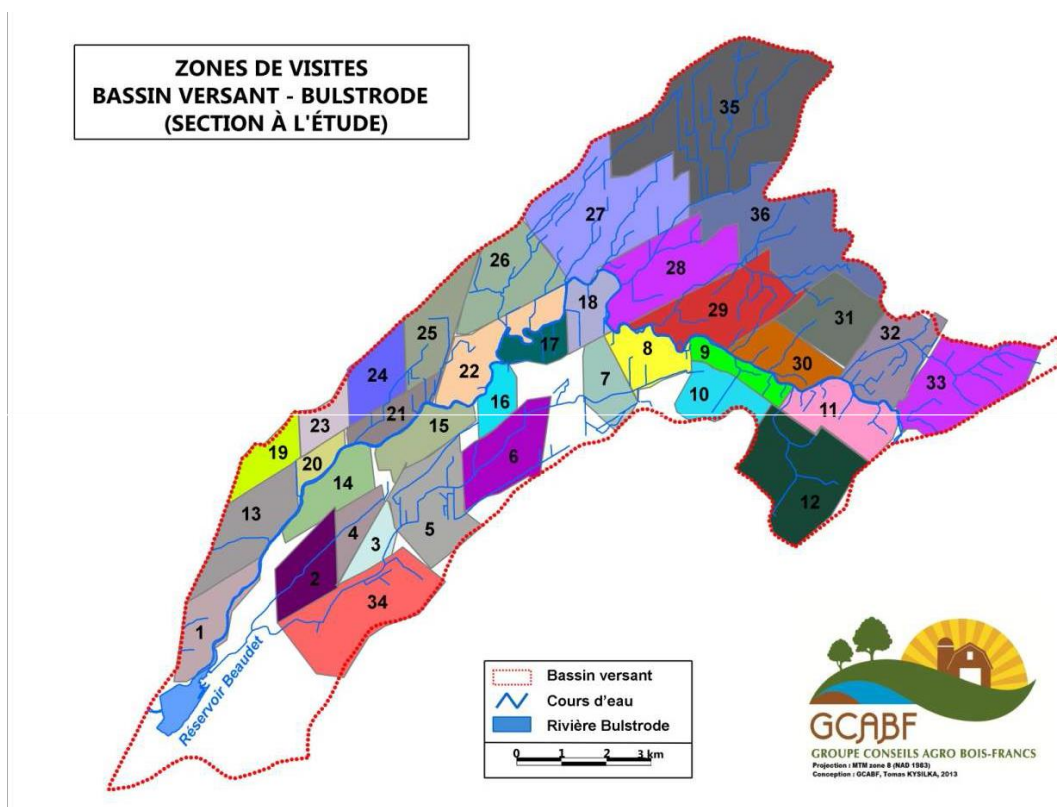


La journée s'est bien déroulée avec au total 93 personnes présentes et s'est terminée par la remise de plusieurs prix de présence d'une valeur totale de 500\$ lors d'un tirage au hasard parmi les 63 producteurs présents. Elle a atteint son but soit d'informer les producteurs et partenaires du milieu de l'étude qui aurait lieu au cours de l'année 2013. À la suite de cette journée, un article dans notre journal "L'Écho des Bois-Francis" a été publié au mois d'avril (Annexe 2). Le communiqué de presse prévu n'a cependant pas été publié (Annexe 2).

## 2.2 Évaluation du territoire prioritaire

Le territoire prioritaire, déterminé lors du Mandat 1, a été divisé en 33 zones constituées de lots concomitants afin de permettre une localisation rapide et simple de l'information recueillie lors des visites terrain. Une 34e zone prioritaire s'est ajoutée à la suite de vérifications. Les zones 35 et 36 ont été jugées non prioritaires lors de l'étude préliminaire Mandat 1, car elles sont situées à plus de 3 km de la Rivière Bulstrode et une part moins importante de leur territoire est cultivée en cultures annuelles.

Carte 5 : Zones des visites



Une liste complète et à jour des producteurs possédant ou exploitant des terres dans les zones prioritaires a été élaborée à partir des données transmises par le MAPAQ datant de 2010. Ces informations ont été ensuite vérifiées lors d'appels téléphoniques aux personnes concernées dans le but de s'assurer que toutes soient rejointes et en mesure de remplir une prise de données initiale. Le formulaire de prise de données a été envoyé par la poste ou remis de main à main et un suivi téléphonique a été effectué afin de s'assurer que le formulaire soit transmis au GCABF.

Par la suite, chacune des 34 zones a été vérifiée parcelle par parcelle afin de s'assurer que les propriétaires ou les exploitants soient bien identifiés. Une liste des communications avec les producteurs a été complétée et tenue à jour selon les contacts réalisés en cours d'étude.

### 2.3 Récolte des données et préparation des dossiers

La récolte des données s'est faite par la production et l'envoi à tous les agriculteurs présents dans les zones jugées prioritaires d'un formulaire de prise de données mis à l'Annexe 3. Afin de compiler les données recueillies de chaque producteur, un dossier personnalisé a été créé contenant :

- un fichier Excel "Prise de données" (Annexe 3);
- les plans de ferme lorsque disponibles;
- les photos aériennes des champs (Annexe 3);
- les cartes des Modèles Numériques de Surface (MNS) (Annexe 3);
- les cartes **RUSLE-CAN** (Équation universelle révisée des pertes de sol pour application au Canada) **RUSLE** (Annexe 3);
- les cartes de zone(s) indiquant l'emplacement des polygones d'érosion (Annexe 3).

L'ensemble de ces informations permettait une analyse rapide et efficace afin de remplir le mandat demandé.

### 2.4 Recherche et évaluation des techniques disponibles sur la réduction des apports en sédiments, phosphore et azote

La cueillette d'information et l'analyse des techniques disponibles ont débuté dès le mois d'octobre 2012 et se sont poursuivies jusqu'à la rédaction finale du rapport au mois d'octobre 2013. Une recherche bibliographique a également été réalisée pour chacune des techniques disponibles afin de vérifier les impacts sur la réduction des apports en sédiments, phosphore et azote dans les cours d'eau et la faisabilité pour la problématique du Projet Bulstrode (Tableau 4)

La liste des experts et personnes ressources rencontrées est présentée dans le tableau suivant:

**Tableau 3 :** Rencontres avec des experts et personnes ressources du milieu

Domaine d'intervention	Organisation représentée	Personne rencontrée	Type d'échange
Marais filtrant	Aquaplantes Saint-Augustin de Desmaures (Québec)	Serge Gosselin, technicien	Rencontre de formation à nos bureaux et échanges techniques, visite terrain, discussions téléphoniques.
	Chercheur en écologie au département américain de l'agriculture (USDA), États-Unis	Matt Moore, Ph. D.	Conférence, mars 2013 à Trois-Rivières
	Assistant de recherche Institut de Recherche en Biologie Végétale et cellulaire, École Polytechnique de Montréal	Daniel Boudreau	Rencontre au colloque de la Société québécoise de phytotechnologie, rencontre à propos du projet, échanges téléphoniques et par courriel
	Ingénieur au MAPAQ de Nicolet	Victor Savoie	Rencontre au bureau du MAPAQ de Victoriaville au sujet de subvention possible des marais.
Pratiques culturelles	MAPAQ	Odette Ménard, agr. ing.	Rencontre sur le projet et échanges techniques, formation et visite terrain.
	MAPAQ	Louis Robert, agr.	Formation et visite terrain, échange téléphonique et par courriel.
Aménagements hydro-agricoles	MAPAQ	Victor Savoie ing.	Rencontre sur le projet et échanges techniques, formation et visite terrain.
	Agriculture et agroalimentaire Canada	François Chrétien, agr. M. Sc.	Visite terrain des bassins de sédimentation de St-Samuel.
	MAPAQ	Mikaël Guillou, agr.	Échanges techniques par courriel et téléphonique.
	Professeur en sols et génie, Université Laval	Robert Lagacé, ing. et agr., Ph. D.	Rencontre à propos du projet.

Inventaire piscicole de la Rivière Bulstrode	Biologiste, mandaté par la Ville de Victoriaville	Steve Hamel	Rencontre sur le projet.
Aménagements des cours d'eau	MRC de l'Érable	Léo Ouellet	Rencontre sur le projet, visite terrain et échanges techniques par téléphone et courriel.
	MRC d'Arthabaska	Pascale Désilets	Échanges techniques par téléphone et courriel.
Gestion de projets par bassin versant	Consultant, technicien retraité du MDDEFP. Conseiller en environnement.	André Lachance 7666, des Pétunias, Québec a.lac@videotron.ca	Rencontre sur le projet.
	MAPAQ	David Lapointe	Échanges techniques par téléphone et courriel.
	Projet de la Rivière Niagarette	Alexandre Bélanger	Conférence téléphonique.
	Projet de la Ville de Granby sur les bandes riveraines	Isabelle Martineau	Bandes Riveraines, visite terrain et échanges techniques par téléphone et courriel.
	Projet de la Rivière Osgood	Mathieu Wéra-Bussière	Rencontre à la Rivière Osgood, visite terrain et échanges techniques par téléphone et courriel.
	Projet de la Rivière La Guerre	Sylvie Thibaudeau	Rencontre sur le projet, visite terrain.
	MDDEFP	Jacques Roy	Rencontre conjointe et échanges téléphoniques et courriels.
	Agri-Vision Bassin versant	Mikaël Guillou, Aubert Michaud	Colloque sur les bassins versants 2013.
	Journée porte ouverte de l'IRDA	Yves Bédard	Conférence terrain sur les bandes riveraines.
	Journée d'information scientifique sur les bassins versants de Bécancour	GROBEC	Conférence technique sur les bassins versants.

**Tableau 4 : Évaluation des techniques disponibles sur la réduction des apports en sédiments, phosphore et azote**

Techniques disponibles (Pratiques culturales)	Description	Réduction des apports en sédiments (S), phosphore (P) et azote (N)	Avantages	Inconvénients
Semis direct (incluant travail réduit)	Semis sans travail préalable du sol ou sur une couverture de résidus	S: Élevée P: Élevé N: Faible	<ul style="list-style-type: none"> <li>Faibles coûts d'implantation</li> <li>Effets bénéfiques sur la gestion du temps et les marges bénéficiaires bruts</li> <li>Protection anti-érosive</li> <li>Amélioration de la structure du sol.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Réduction des rendements les premières années</li> <li>Changement de techniques;</li> <li>des agriculteurs;</li> <li>Suivi nécessaire pour assurer la pérennité</li> <li>Accès à des semoirs spécialisés nécessaire.</li> </ul>
Cultures de couverture	Culture implantée dans le but de protéger le sol durant la saison froide	S: Élevée P: Élevée N: Moyenne	<ul style="list-style-type: none"> <li>Protection anti-érosive;</li> <li>Effet engrais-vert;</li> <li>Bonification agronomique de la rotation;</li> <li>Amélioration de la structure du sol.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coûts additionnels (semences, semis, reprise);</li> <li>Assujettissement aux choix des agriculteurs;</li> <li>Suivi nécessaire pour assurer la pérennité.</li> </ul>
Limitation des risques liés à l'épandage (période, dose et enfouissement)	Gestion agroenvironnementale des épandages de déjections animales	S: Faible P: Moyenne N: Élevée	<ul style="list-style-type: none"> <li>Réduction et contrôle à la source;</li> <li>Optimum économique pour le contrôle de la pollution diffuse;</li> <li>Changements dans le calendrier d'épandage simple;</li> <li>Conservation de l'azote accrue pour les cultures (minimise les achats d'engrais azotés).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacité de stockage des fosses oblige à des épandages post-récoltes tardifs et printaniers hâtifs;</li> <li>Opération d'enfouissement des déjections nécessaire;</li> <li>Concertation avec les PAEF requise.</li> </ul>
Cultures pérennes en zones à haut risques	Cultures vivaces pour protéger les sols	S: Élevée P: Élevée N: Moyenne	<ul style="list-style-type: none"> <li>Élimine les périodes de sol à nu;</li> <li>Récolte de foin ou panic érigé possible;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fertilisation limitée en</li> <li>Contraintes plus élevées pour les producteurs en grandes cultures seulement.</li> </ul>

Techniques disponibles (Ouvrages hydroagricoles)	Description	Réduction des apports en sédiments (S), phosphore (P) et azote (N)	Avantages	Inconvénients
Chute enrochée	Enrochement d'une partie de talus afin d'empêcher le ravinement de berge.	S: Faible P: Faible N: Faible	<ul style="list-style-type: none"> <li>Élimine les régressions de fond et ravines localisées;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Efficacité limitée à des points d'érosion précis.</li> </ul>
Avaloir avec bassin de sédimentation	Conduite de drain souterrain jumelée à une partie supérieure qui régularise la sortie d'eau.	S: Moyenne P: Moyenne N: Faible	<ul style="list-style-type: none"> <li>Réduit les problèmes d'érosion;</li> <li>Réduit le ruissellement de l'eau de surface;</li> <li>Capte les sédiments en amont de l'avaloir.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'aménagement est fait en plein champ;</li> <li>Doit être entretenu pour être efficace;</li> <li>Doit être situé à 150 m et cours d'eau.</li> </ul>
Rigole d'interception	Tranchée évasée ou fossé étroit et peu profond aménagé perpendiculairement à la pente.	S: Moyenne P: Moyenne N: Faible	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coupe l'eau dans les grands champs et/ou champs à forte pente;</li> <li>Réduit considérablement l'érosion en nappe;</li> <li>Réduit la vitesse du ruissellement;</li> <li>Le passage de la machinerie est possible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Située en plein champ;</li> <li>Coupe le champ sur toute la largeur.</li> </ul>
Voie d'eau engazonnée ou enrochée	Conduite de drain souterrain où sont placés en permanence, à la surface, de la végétation ou des roches.	S: Moyenne P: Moyenne N: Moyenne	<ul style="list-style-type: none"> <li>Augmente la résistance du sol au passage de l'eau;</li> <li>Réduit la vitesse de l'eau;</li> <li>Garde le sol en place;</li> <li>l'infiltration de l'eau;</li> <li>Réduit le ravinement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Située en plein champ;</li> <li>Ne peut pas être cultivée;</li> <li>Doit être entretenu; producteurs.</li> </ul>
Bassin de rétention et de sédimentation	Bassin construit en plein champ où l'eau s'accumule grâce à un avaloir à débit contrôlé afin de décanter les particules de sol.	S: Élevée P: Élevée N: Moyenne	<ul style="list-style-type: none"> <li>Régularise le débit de l'eau;</li> <li>Accumule l'eau ruisselée et les sédiments;</li> <li>naturelle de végétaux aide à la réduction des polluants.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situé en plein champ;</li> <li>Nécessite beaucoup de surface limitant les superficies cultivées;</li> <li>producteurs;</li> <li>Entretien nécessaire.</li> </ul>

<p>Fossé élargi/ponceau avaloir</p>	<p>Avaloir avec conduite de drain souterrain aménagé dans un fossé élargi afin de forcer la sédimentation.</p>	<p>S: Élevée P: Élevée N: Moyenne</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Régularise le débit de l'eau;</li> <li>• Accumule l'eau ruisselée et les sédiments;</li> <li>• L'implantation végétale aide à la réduction des polluants;</li> <li>• Situé dans un fossé.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nécessite parfois l'élargissement du fossé, ce qui limite les superficies cultivées;</li> <li>• Entretien nécessaire.</li> </ul>
<p>Marais filtrant</p>	<p>Même que pour le bassin de rétention et fossé avaloir avec l'ajout de plante.</p>	<p>S: Élevée P: Élevée N: Élevée</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effet probable au niveau des trois cibles et des pesticides;</li> <li>• Testé dans quelques pays et en milieu municipal ou industriel au Québec;</li> <li>• Financement probable pour la recherche dans ce secteur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modèles proposés coûteux;</li> <li>• Entretien nécessaire;</li> <li>• Pas d'exemple québécois avec un suivi scientifique démontrant l'efficacité et la pertinence en milieu</li> <li>• Nécessite beaucoup de surface limitant les superficies cultivées;</li> <li>• Difficilement applicable aux configurations de champs variées.</li> </ul>

Techniques disponibles (Bandes Riveraines)	Description	Réduction des apports en sédiments (S), phosphore (P) et azote (N)	Avantages	Inconvénients
<p>Bande riveraine herbacée</p>	<p>Végétation indigène déjà implantée ou ensemencement de la bande riveraine.</p>	<p>S: Élevée* P: Moyenne* N: Moyenne*</p> <p>*Considérant une largeur de bande riveraine appropriée à la situation (pente, type de sol, pratiques culturales) et un ruissellement homogène</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coût nul ou faible;</li> <li>• Graminées très efficaces pour capter les sédiments;</li> <li>• Entretien minimal (une fauche par an);</li> <li>• Favorable aux pollinisateurs et prédateurs naturels;</li> <li>• Production importante de biomasse récoltable (panic érigé et foin) et prélèvement annuel de nutriments.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Habitat faunique peu diversifié favorable aux rats musqués;</li> <li>• Effet filtrant à long terme limité si aucun prélèvement de biomasse;</li> <li>• Complexification des opérations de récolte (foin et panic érigé).</li> </ul>

Bande riveraine arbustive	Plantation d'une à plusieurs rangées d'arbustes indigènes	<p>S: Moyenne* P: Moyenne* N: Moyenne*</p> <p>*Considérant une largeur de bande riveraine appropriée à la situation (pente, type de sol, pratiques culturales) et un ruissellement homogène</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodiversité bonifiée;</li> <li>• Largeur et hauteur raisonnable limitant les contraintes de gestion au champ;</li> <li>• Systèmes racinaires puissants et profonds;</li> <li>• Flexibilité aux glaces (certaines espèces);</li> <li>• Valeur ajoutée (paysage, production de fruits, biomasse);</li> <li>• nutriments possible (saules).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coût d'implantation élevé;</li> <li>• Entretien nécessaire sur 3 ans minimalement;</li> <li>• Protection contre les chevreuils et rongeurs parfois nécessaire;</li> <li>• développer.</li> </ul>
Bande riveraine arborée	Plantation d'une à plusieurs rangées d'arbres	<p>S: Moyenne* P: Moyenne* N: Moyenne*</p> <p>*Considérant une largeur de bande riveraine appropriée à la situation (pente, type de sol, pratiques culturales) et un ruissellement homogène</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrôle de la température de l'eau;</li> <li>• Biodiversité;</li> <li>• Favorise des habitats fauniques et aquatiques;</li> <li>• Effet brise-vent diminuant l'érosion éolienne.</li> <li>• Corridor de déplacement faunique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taille imposante;</li> <li>• Limite la productivité des superficies adjacentes (ombre);</li> <li>• Difficile à vendre aux</li> <li>• Coût d'implantation élevé;</li> <li>• nécessaire (taille de</li> <li>• Risque d'érosion accru si trop proche de la berge.</li> </ul>

Note : Les références de ce tableau se trouvent dans la section : Références Tableau 4 : Évaluation des techniques disponibles. Page 115.

## 2.5 Présentation des techniques évaluées

Les modèles de coûts ont été élaborés à partir de recherches d'articles scientifiques et autres lectures, de rencontres avec des experts et d'expériences de projets similaires. Trois personnes, Catherine Drolet agr., Stéphanie Duranceau agr. et Véronique Gagnon ing. agr., ont élaborés les modèles selon leur expertise. Les modèles sont présentés en trois axes : Les pratiques culturales, les ouvrages hydro agricoles et les bandes riveraines.

### 2.5.1 Présentation des pratiques culturales

Plus de 65% des pertes de sol d'origine agricole pourraient être contrôlées par des pratiques agricoles de conservation selon *Le guide des pratiques de conservation en grandes cultures* (CVPQ, 2000). Les pratiques culturales, soit l'ensemble des techniques mises en œuvre par les producteurs agricoles afin d'exploiter une parcelle, sont un

incontournable dans l'analyse de la problématique de la restauration du bassin versant de la Rivière Bulstrode. Elles sont le principal facteur anthropique sur lequel des changements sont possibles (voir "Schéma de concept" sur *Les pratiques culturelles de conservation*) (Annexe 4).

### Contrôle de la fertilisation et des apports en déjections animales

Depuis plus d'une dizaine d'années, les producteurs agricoles qui exploitent des troupeaux produisant plus de 1600 kg de phosphore sous forme de déjections animales ou exploitant en cultures annuelles plus de 15 ha, ont l'obligation de produire un Plan agroenvironnemental de fertilisation (PAEF) annuellement et un bilan phosphore signé par un agronome pour satisfaire les exigences réglementaires du Règlement sur les exploitations agricoles (REA) du MDDEFP.



Presque toutes les entreprises agricoles du bassin versant utilisent un plan de fertilisation réalisé par un agronome annuellement. Ce plan prévoit la fertilisation à réaliser durant la saison de croissance suivante. Le producteur doit noter dans un registre ce qui a été réalisé aux champs afin que l'agronome effectue un suivi du PAEF de l'année. Depuis l'application de cette réglementation à l'échelle québécoise, on a observé une stabilisation des niveaux moyens de phosphore dans les champs agricoles. L'Ordre des agronomes du Québec, avec ses lignes directrices, prévoit un encadrement serré pour les champs fortement saturés en phosphore afin que leur niveau diminue en bas du seuil réglementaire de 13,1% de saturation P/Al (sols légers). Pour les épandages de déjections animales, la concentration en phosphore limite les apports en azote dans les champs en bas des besoins des principales cultures (exception faite du soya). Les apports sous forme d'engrais azotés minéraux complètent les besoins des cultures fertilisées à la base avec les déjections animales.

### Mode de travail du sol

Le mode de travail du sol conventionnel est généralement réalisé par un labour d'automne suivi par un travail secondaire du sol (2 à 3 passages) au printemps et du semis. Les techniques de travail réduit ont pour objectif de limiter le travail du sol primaire au fendillement du sol au lieu de son retournement par un labour et ainsi diminuer l'exposition du sol à nu dans les parcelles. En semis direct, aucun travail de sol n'est effectué. Le semis est réalisé à même les résidus de la culture précédente et le sol ne reste généralement pas à nu.

**Tableau 5 : Techniques de travail du sol**

Techniques	Avantages	Inconvénients
Travail conventionnel (labour à l'automne, travail secondaire au printemps, 2 à 3 passages)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incorporation d'engrais, amendement et herbicides;</li> <li>• Gestion sans résidu plus simple pour le travail secondaire, le réchauffement et l'assèchement du sol au printemps;</li> <li>• Préparation facile du lit de semence peu importe le type de sol;</li> <li>• Permet le nivellement des ornières et des petites dépressions laissées par l'équipement de récolte l'automne précédent;</li> <li>• Bris des zones compactées sur la profondeur de travail;</li> <li>• Peut faciliter la répression des mauvaises herbes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demande élevée en énergie (requiert une puissance élevée et de nombreux passages);</li> <li>• Demande élevée en temps;</li> <li>• Élimination de l'effet protecteur des résidus de culture contre l'érosion hydrique et éolienne;</li> <li>• sol;</li> <li>• Impact négatif sur l'activité biologique du sol;</li> <li>• Impact négatif sur la structure du sol (pulvérisation des agrégats et risque de compactage accru).</li> </ul>
Travail réduit (Offset, chisel, combiné ou déchaumeuse au printemps seulement)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incorporation d'engrais, amendement et herbicides;</li> <li>• Permet le nivellement des ornières et des petites dépressions laissées par l'équipement de récolte;</li> <li>• Bris des zones compactées sur la profondeur de travail;</li> <li>• Besoin de moins de puissance motrice et de moins de temps de préparation du sol;</li> <li>• Meilleure protection du sol contre la battance, l'érosion hydrique et éolienne grâce aux résidus à la surface du sol;</li> <li>• Réduction de la compaction grâce à l'absence de circulation du tracteur dans le fond des raies du labour.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Résidus laissés à la surface tendent à ralentir l'assèchement du sol au printemps, ce qui retarde parfois le travail du sol ou les semis d'un jour ou deux;</li> <li>• Équipement de travail secondaire et de semis adapté lorsque les résidus de culture sont abondants;</li> <li>• pour le chisel et le Offset.</li> </ul>
Semis direct	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protection du sol contre l'érosion par l'eau et le vent grâce à la couverture de résidus;</li> <li>• Amélioration généralement significative (vers la troisième année) de la structure et de l'activité biologique du sol;</li> <li>• Diminution de la compaction grâce à la circulation réduite et à la meilleure capacité de portance du sol;</li> <li>• Réduction des coûts d'achat, d'opération et d'entretien de la machinerie;</li> <li>• Économie de temps au printemps et à l'automne dont des coûts de main-d'œuvre;</li> <li>• Demande réduite en énergie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réchauffement et assèchement plus lent du sol, cependant les rangs dégagés au tasse-résidus du semoir ne sont plus affectés par ces inconvénients;</li> <li>• Semoirs spécialisés.</li> </ul>

Adapté du Guide des pratiques de conservation en grande culture, 2000

## Rotation culturale

La rotation des cultures est reconnue comme étant une bonne pratique à respecter pour favoriser la conservation des sols, leur fertilité, la gestion optimale des éléments nutritifs, le contrôle phytosanitaire et l'amélioration du rendement des cultures. Ce principe agronomique de base mérite d'être mis en valeur puisqu'il permet un développement agricole durable. (Annexe 4)

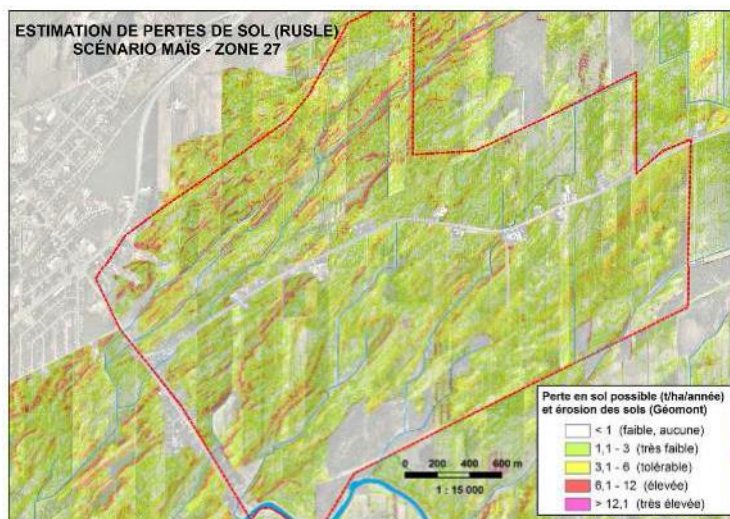
## Cultures de couverture et cultures intercalaires

Au-delà du mode de travail du sol, des cultures de couverture peuvent aussi être insérées dans les systèmes culturaux du bassin versant. Servant à la fois d'engrais verts favorisant la captation et le recyclage des éléments fertilisants, l'implantation de ces cultures a pour objectif premier de protéger le sol durant la saison froide contre diverses formes d'érosion, de maintenir et d'améliorer les qualités structurales ainsi que l'activité biologique du sol (voir Annexe 4), *Les plantes de couverture*). Il est généralement reconnu que ces pratiques de conservation du sol favorisent la stabilité de la structure du sol et l'infiltration de l'eau dans le sol, ce qui limite les pertes de sol par ruissellement.

Cette pratique de conservation des sols n'est cependant pas encore très répandue dans les systèmes culturaux de la région. Pour plus d'informations, consulter l'annexe 4.

## Cultures pérennes: un moyen simple pour les parcelles à haut risque érosif

Selon les observations réalisées sur les parcelles en culture du bassin versant, certaines parcelles présentent des risques d'érosion des sols très élevés. Ces parcelles sont soit dans la zone inondable, soit dans des champs à très fortes pentes ou encore dans des sols particuliers (terre noire sans assise, zone à fort risque de ravinement).



L'équation universelle de perte de sol de RUSLE est un outil utile à la prise de décision liée aux risques d'érosion. La charte de couleur identifie les classes de risques de perte de sol quantifiés (en rouge: risque plus élevé, en vert: risque plus faible. Voir carte en annexe 3).

Dans ces parcelles, l'établissement de cultures pérennes pourrait être une solution durable puisque les cultures vivaces ne nécessitent plus de travail du sol à la suite de leur établissement. La surface du sol peut alors être protégée en permanence par une couverture végétale limitant l'érosion du sol. De plus, les producteurs agricoles peuvent en tirer un revenu ou des bénéfices à la ferme. Ces cultures peuvent être des prairies permanentes ou des parcelles de panic érigé par exemple.

### Contrôle de la compaction des sols

La compaction des sols est un facteur limitant l'infiltration de l'eau dans les sols agricoles. Le passage de la machinerie et des équipements lourds doit être contrôlé dans les champs. Le passage en bonne condition de portance, la limitation des charges, l'ajustement du lestage et de la pression des pneus des engins ainsi que le contrôle de la circulation dans les champs sont des moyens efficaces de limiter la compaction des sols. Ces techniques devront être mises en œuvre avec les pratiques culturales de conservation afin de permettre un développement de la santé du sol.

#### 2.5.2 Présentation des ouvrages hydroagricoles

Les aménagements hydroagricoles sont des installations qui servent à conserver et garder le sol en place par une variété de méthodes basées directement sur la réduction de l'érosion. En général, ces aménagements sont conçus pour diminuer la vitesse de l'eau et dissiper l'énergie de ruissellement.

Les paramètres des aménagements (dimensions, volume et profondeur de bassin de rétention, grosseur de conduite et grosseur de pierre) sont calculés selon le débit (volume d'eau) qu'ils devront accueillir. Ce dernier est déterminé selon Huffman et al., (2011) à partir de :

- La superficie, la pente et la longueur longitudinale du bassin versant qui contribue au ruissellement en amont de l'aménagement prévu;
- Le type de sol et ses propriétés hydriques;
- La couverture du sol;
- La quantité de précipitations d'une certaine récurrence observée dans une région définie.

Plusieurs ouvrages hydroagricoles peuvent être aménagés pour régler des problèmes d'érosion dans des champs lorsque le problème est de source plus ponctuelle. Il est important de noter que ces aménagements sont nécessaires lorsqu'il y a encore des problèmes d'érosion après l'adoption de bonnes pratiques culturales et le respect des bandes riveraines. Dans plusieurs cas, l'adoption de pratiques de travail réduit et/ou de

cultures de couverture sera suffisante pour éliminer les problèmes majeurs d'érosion. Cependant, dans certains cas, des aménagements hydroagricoles sont nécessaires pour réduire les problèmes de pollution diffuse.

Le choix des aménagements nécessaires, si tel est le cas, doit être fait par un professionnel habilité. Les possibilités d'aménagements sont nombreuses, mais le meilleur choix n'est pas toujours évident à évaluer. Dans le cadre du programme Prime- Vert du MAPAQ, la solution la moins dispendieuse doit être priorisée. De plus, ce programme énumère plusieurs critères qui doivent être respectés pour s'assurer de l'admissibilité du projet.

La présente section montre une partie des ouvrages hydro-agricoles qui peuvent être réalisés dans des champs pour régler la majorité des problèmes d'érosion ponctuels. Nous vous présentons ceux qui sont les plus fréquemment utilisés dans la région.

### **Chutes enrochées**

Les chutes enrochées sont habituellement placées en bordure de champ et dans sa partie la plus basse, souvent dans un endroit où il y a naturellement concentration d'eau de ruissellement. De la pierre de champ peut être utilisée, mais il est généralement recommandé d'utiliser de la pierre de carrière pour son homogénéité et ses côtés plus angulaires, donc plus stables.



**Figure 5 :** Chute enrochée.

Une technique de réalisation de chutes enrochées a été développée avec les années, principalement par le MAPAQ. Des dessins techniques sont utilisés lors de l'élaboration des plans et devis pour s'assurer que l'entrepreneur soit en mesure de réaliser correctement les travaux.

Aux alentours de la chute enrochée, des talus (risbermes) sont habituellement aménagés des deux côtés pour diriger le ruissellement. Sur sa surface, on retrouve des roches angulaires de diamètre bien défini, calculée selon la superficie de son bassin versant et le débit (Lamarre, 2009).

Généralement, l'aménagement d'une chute enrochée est une bonne solution, surtout pour des cas de régression de fond ou même pour des ravines localisées majoritairement en bordure de champ. Ces deux types d'érosion peuvent être arrêtés de cette façon, ce qui peut limiter la concentration de l'eau à un endroit car la chute force la dispersion de l'eau.

### **Avaloir**

L'avaloir est une conduite de drain souterrain jumelée à une partie extérieure qui capte l'eau de surface (Figure 6). Un bassin de sédimentation est aménagé en amont de l'avaloir pour permettre aux sédiments de se déposer au lieu d'entrer dans la conduite. L'eau de ruissellement peut aussi s'y accumuler, ce qui optimise l'efficacité de l'avaloir. La partie souterraine évacue l'eau dans le fossé, un cours d'eau ou autre. Évidemment, cet aménagement diminue le volume d'eau ruisselé pendant l'apogée de précipitations et conséquemment, il y a moins d'eau disponible à éroder les particules des sols. Un avaloir est presque exclusivement aménagé dans une rigole ou ravine pour réduire le passage d'eau de surface à cet endroit et ainsi réduire les problèmes d'érosion.

Un dimensionnement est nécessaire pour s'assurer que la taille de la conduite choisie est la bonne pour le débit qui y arrivera. Il est donc nécessaire de trouver le débit de pointe qui se rend à ce point et calculer la capacité de l'entrée et de la sortie d'une conduite d'un diamètre précis.

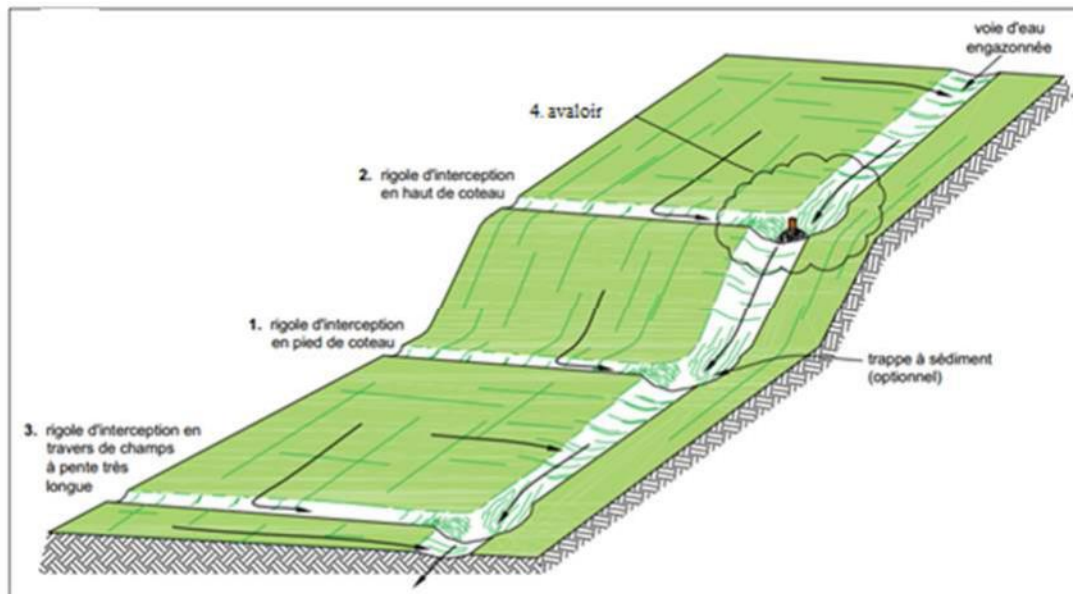


**Figure 6 :** Avaloir avec bassin de sédimentation.

### **Rigole d'interception**

Une rigole d'interception est une tranchée évasée ou fossé étroit et peu profond aménagé dans un champ perpendiculairement à la pente. Le but d'une rigole d'interception est de couper le champ en plusieurs sections au niveau hydrologique. Dans certains cas, les champs sont très longs et/ou ont une pente forte, ce qui cause l'accumulation importante d'eau dans le bas. Parfois, ceci occasionne des problèmes importants d'érosion en nappe. Dans ce cas, on peut séparer le champ en sections et ainsi couper l'eau pour conséquemment diminuer sa vitesse et sa capacité portante. Il est préférable de placer une rigole d'interception en amont de la zone où les particules de sol sont déposées parce que la vitesse de l'eau est déjà trop élevée dans cette zone.

La longueur d'une rigole dépend de la largeur du champ et de la superficie influencée par l'érosion. Son emplacement résulte directement de la pente et de la longueur du champ parce que celles-ci contrôlent la vitesse de l'eau écoulee sur la surface du sol (Figure 7).



**Figure 7 :** Rigoles d'interception et démonstration d'emplacements possibles (Guillou, 2008).

### Voie d'eau engazonnée/enrochée

Une voie d'eau engazonnée est principalement aménagée dans une zone de concentration d'eau de surface où se crée normalement une rigole ou ravine sur un sol à nu (Figure 8). Le but d'une voie d'eau engazonnée est d'augmenter la résistance du sol au passage de l'eau et de réduire la vitesse de l'eau grâce à une restriction plus élevée. Cette structure est placée dans la partie basse du champ où il y a naturellement une augmentation de concentration d'eau à cause de la configuration du terrain (par exemple: la zone entre deux pentes inverses).



**Figure 8 :** Voie d'eau engazonnée.

Malgré son nom, la voie d'eau n'est pas nécessairement engazonnée, parfois son lit est couvert par des pierres. La structure est engazonnée de façon permanente ou enrochée pour ainsi diminuer la vitesse de l'eau et garder les sols en place. De plus, un tuyau de drainage perforé est placé sous la voie d'eau pour augmenter l'infiltration de l'eau dans le sol et subséquemment, amplifier davantage le ralentissement du ruissellement. La voie d'eau peut être une bonne solution pour éviter le ravinement dans une dépression longitudinale à travers un champ. La voie d'eau enrochée est aménagée dans des cas d'érosion très importante principalement lorsque la pente est très forte.

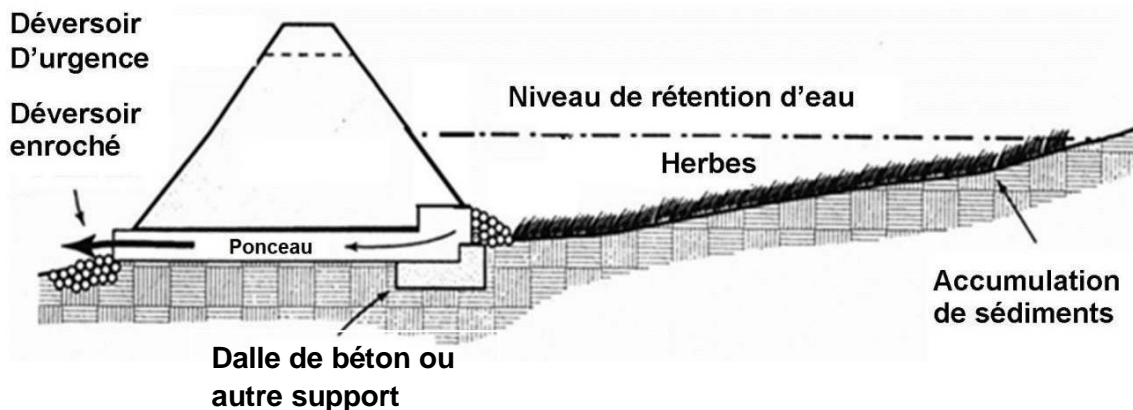
### **Bassin de rétention et de sédimentation** (basé sur Gagnon et all., 2011)

Un bassin de rétention permet la régularisation du débit d'un petit cours d'eau ou d'un fossé en contrôlant l'apport en eau. Quant à lui, un bassin de sédimentation s'en distingue par le fait que le temps de séjour est calculé pour permettre la sédimentation tout en régularisant le débit. Ce type d'aménagement est formé dans une dépression où l'eau s'accumule. Le sous-dimensionnement de la sortie permet aussi une accumulation de l'eau. Les contaminants provenant des particules de sol sont accumulés au fond lors de la sédimentation.

D'après *Introduction to Stormwater. Concept – Purpose – Design* (Ferguson 1998), lorsque l'eau stagne dans un étang, les particules en suspension peuvent sédimenter et les produits chimiques peuvent être adsorbés sur les sédiments au fond pour ensuite être biodégradés. Les étangs utilisés pour de tels traitements sont de plus grande taille que ceux utilisés pour contrôler seulement le débit, car il faut une période de temps plus longue pour permettre au traitement d'être complété. Les techniques de traitement en cause sont avantageuses, car même si elles requièrent de l'espace terrain, elles utilisent des procédés naturels et nécessitent très peu d'achats de matériel.

## Bassin sec

Les recherches effectuées par le Natural Resources Conservation Service (NRCS), qui a débuté ses premiers essais en 1992 aux États-Unis (Ferguson 1998), ont démontré qu'il existe deux types d'étangs épurateurs, soit celui humide et le sec. De façon générale, le bassin humide se distingue du bassin sec par le fait qu'il y a toujours présence d'une nappe d'eau. La Figure 9 montre le schéma type d'un bassin sec.



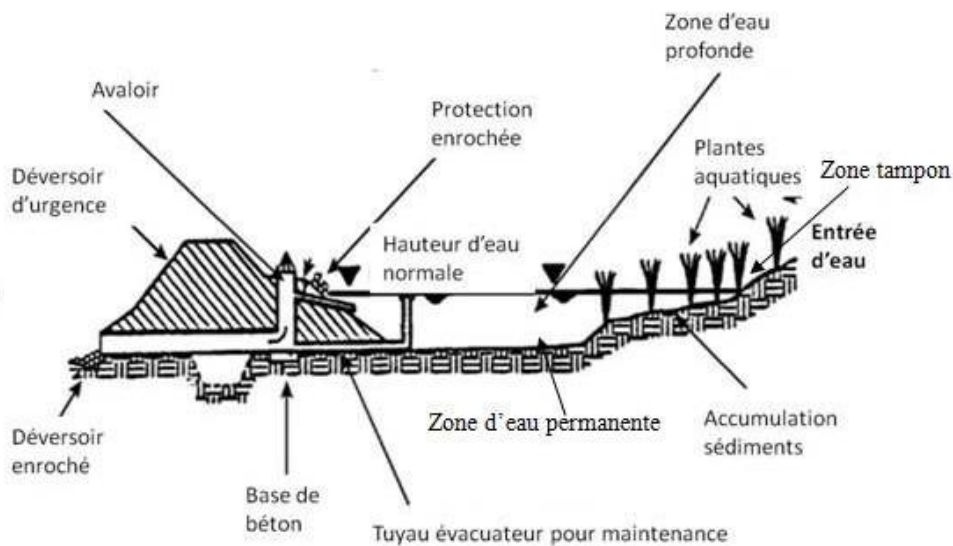
**Figure 9** : Schéma d'un bassin sec (adapté de USEPA, 2010).

Selon *Introduction to Stormwater. Concept – Purpose – Design* (Ferguson 1998), les bassins de sédimentation secs se vident complètement après chaque orage et demeurent vides jusqu'au prochain. Une sortie sous-dimensionnée permet de créer un étang où la sédimentation a lieu. La dimension de la sortie détermine la durée de temps que de l'eau est présente dans l'étang. Un drain au fond de l'étang assure la vidange complète.

## Bassin humide

Les étangs épurateurs humides (Figure 10) sont plus performants que les secs pour retenir l'eau et les sédiments puisqu'ils se vident par le principe d'un avaloir tout en assurant un trop-plein.

Selon le CE 378 Water Resources Engineering (Pitt, 2004), il y a beaucoup plus de recherches qui ont été réalisées sur les étangs humides comparativement aux étangs secs. Les étangs humides aux États-Unis, lorsque bien aménagés et dimensionnés, ont des impacts positifs importants sur la qualité de l'eau (entre 70 et 90% des matières en suspension enlevées et entre 60 et 70% des nutriments retirés). Un autre avantage majeur des bassins de sédimentation humides est le fait que la vitesse de l'eau, à cet endroit et là où l'eau sort, est réduite et l'érosion des berges est donc moins importante.



**Figure 10** : Schéma d'un bassin humide (adapté de Brookside, 2010 ).

### Bassin de type St-Samuel

Les bassins qui ont été aménagés à St-Samuel en 2008 par Victor Savoie du MAPAQ en collaboration avec Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) sont de type bassin humide combiné à un bassin sec. Depuis 2009, des données sont analysées par AAC pour évaluer l'efficacité des bassins pour ce qui est de la sédimentation et l'effet sur le débit. D'après ces résultats préliminaires, selon François Chrétien d'AAC, il serait approprié d'aménager des bassins de rétention d'au moins 30 à 40 m<sup>3</sup> par hectare dans les champs. Les sédiments plus grossiers pourront alors être sédimentés et la taille du bassin sera plus réaliste aux yeux des producteurs agricoles. La Figure 11 présente un des étangs qui a été réalisé à St-Samuel.



Source : Victor Savoie (MAPAQ)

**Figure 11** : Bassin de rétention aménagé à St-Samuel.

Selon François Chrétien, d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC), le volume optimal d'un bassin de rétention est de 150 m<sup>3</sup>/ha. Cette capacité de rétention comprend 10 m<sup>3</sup>/ha pour l'accumulation de sédiments, 50 m<sup>3</sup>/ha pour la retenue permanente d'eau, minimalement 20 m<sup>3</sup>/ha pour contrôler 90% du ruissellement afin d'obtenir un effet sur la qualité de l'eau ainsi qu'un maximum de 88 m<sup>3</sup>/ha pour avoir un effet sur le contrôle de l'érosion dans le cours d'eau et avoir un effet important sur le débit de sortie. Ces données proviennent en partie de l'analyse des bassins qui a été réalisée à St-Samuel-de-Horton ainsi que des recherches effectuées par AAC. Ce volume par hectare permettrait d'avoir un effet important sur le débit de pointe de la Rivière Bulstrode.

Cependant, ce volume optimal de bassin de rétention nécessiterait des bassins de grande taille dans les champs des producteurs agricoles, ce qui serait difficilement acceptable. Des bassins plus petits auraient tout de même un effet sur la sédimentation, toutefois, l'effet sur la réduction du débit de pointe de la Rivière Bulstrode serait négligeable. Dans le cadre de ce mandat, des bassins ayant une rétention minimale de 30 à 40 m<sup>3</sup>/ha ont été retenus.

### **Fossé élargi/ponceau-avaloir**

Le principe d'un fossé élargi/ponceau-avaloir est basé sur celui du bassin de rétention de type St-Samuel, mais en utilisant le plus possible ce que le terrain offre. En effet, dans la majorité des champs, des fossés sont déjà présents et lorsque la pente est faible, ils pourraient être utilisés pour stocker de l'eau et ainsi permettre la sédimentation. L'avantage de cette technique est que celle-ci utilise des aménagements existants et occasionne donc moins de pertes d'espace pour les producteurs. Cependant, elle n'est pas réalisable dans tous les cas. En effet, lorsque la pente des champs est un peu plus forte (plus de 1%), la possibilité de stockage sur une longue distance dans le fossé est très réduite.



Le principe de rétention dans un fossé est d'utiliser au maximum la longueur offerte pour obtenir un minimum de 30 à 40 m<sup>3</sup>/ha de bassin. Dans plusieurs des cas, les fossés existants devront être élargis pour leur permettre d'avoir cette capacité.

Les coûts des ouvrages hydroagricoles seront présentés au chapitre 4.

### 2.5.3 Présentation des bandes riveraines

Les bandes riveraines sont à la fois des zones tampons et des écosystèmes uniques puisqu'étant des zones de transition entre le milieu terrestre et aquatique. Elles jouent des rôles multiples essentiels au maintien de la qualité de l'eau, de l'habitat et de l'environnement. Selon le CORPEN (2007), une zone tampon est un espace permettant de protéger un plan d'eau (lac, rivière, milieu humide, etc.) d'un effet environnemental négatif provenant de parcelles agricoles.



Photo : Germain Saint-Pierre, COBAKAM

Les bandes riveraines sont des zones tampons qui peuvent jouer plusieurs fonctions telles que décrites dans le tableau 6.

**Tableau 6:** Fonctions des zones tampons selon les enjeux et les objectifs

Enjeux et objectifs	Fonctions des zones tampons
<b>Qualité de l'eau</b>	
Réduire l'érosion et le ruissellement transportant sédiments, nutriments et autres polluants;  Intercepter les polluants transportés par le ruissellement et le vent.	Freiner le ruissellement et améliorer l'infiltration; Piéger les polluants des eaux de ruissellement; Piéger les polluants des écoulements hypodermiques; Stabiliser le sol; Réduire l'érosion des berges.
<b>Biodiversité</b>	
Améliorer l'habitat terrestre;  Améliorer l'habitat aquatique.	Accroître la surface de l'habitat; Protéger les habitats sensibles; Rétablir la connectivité; Accroître l'accès aux ressources; Créer de l'ombre pour maintenir la température des cours d'eau.
<b>Agriculture productive</b>	
Réduire l'érosion du sol;  Accroître la productivité du sol;  Protéger les pollinisateurs sauvages.	Réduire l'énergie du ruissellement; Réduire l'énergie éolienne; Stabiliser le sol; Améliorer la qualité du sol; Enlever les polluants du sol; Abriter et nourrir les pollinisateurs sauvages.
<b>Perspectives économiques</b>	
Fournir des sources de revenu; Accroître la diversité économique; Accroître la valeur économique; Diminuer les coûts futurs de traitement de l'eau potable.	Produire des biens commercialisables; Réduire la consommation d'énergie; Accroître la valeur de la propriété; Fournir des sources d'énergie alternatives; Fournir des services écologiques (filtration de l'eau).
<b>Protection et sécurité</b>	
Protéger du vent ou de la neige; Favoriser la lutte biologique contre les organismes nuisibles; Protéger contre les eaux de crue; Créer un environnement sécuritaire.	Réduire l'énergie éolienne; Modifier le microclimat; Améliorer l'habitat des prédateurs utiles; Réduire les crues et l'érosion hydrique; Réduire les risques lors du travail du sol.
<b>Qualité esthétique et visuelle</b>	

Améliorer la qualité visuelle; Atténuer les niveaux de bruit; Contrôler les polluants atmosphériques et les odeurs.	Améliorer l'intérêt visuel; Masquer les vues indésirables; Atténuer les bruits indésirables; Filtrer les polluants atmosphériques et les odeurs; Séparer les différentes activités humaines.
<b>Loisirs de plein air</b>	
Promouvoir les activités récréatives dans la nature; Utiliser les zones tampons comme sentiers récréatifs.	Accroître la superficie des aires naturelles; Protéger les aires naturelles; Protéger le sol et les ressources végétales; Fournir un corridor de déplacement; Améliorer l'expérience récréative.

Adapté de **Bentrup, G.**, 2008, *Zones tampons de conservation : lignes directrices pour l'aménagement de zones tampons, de corridors boisés et de trames vertes*, p. 6.

Les bandes riveraines jouent un rôle important pour la protection de la qualité de l'eau et de l'habitat, la régularisation des débits des cours d'eau et la stabilisation des berges (White, 1993). Elles sont implantées en milieu agricole principalement pour protéger les plans d'eau d'une connexion trop directe avec la pollution d'origine agricole (déjections animales, nutriments, pesticides, eaux de ruissellement et sédiments chargés en polluants). D'un point de vue écosystémique, les bandes riveraines jouent un rôle de premier plan pour la biodiversité et le maintien essentiel d'habitats fauniques et floristiques.

### Conservation de l'habitat

Les bandes riveraines offrent un habitat pour la faune et la flore bénéfique à la biodiversité du milieu. Ces milieux abritent, entre autres, des pollinisateurs sauvages et des prédateurs naturels des ravageurs des cultures. Ces insectes sont essentiels au maintien d'une agriculture viable, que ce soit pour la pollinisation de 70% des cultures (Fédération des apiculteurs du Québec, 2012) ou pour le contrôle des insectes nuisibles aux cultures. Le maintien de cette faune permet de diminuer les pesticides nécessaires au traitement des cultures lorsqu'un suivi de lutte intégrée est effectué par un conseiller en agroenvironnement. La flore présente dans ces milieux fournit la nourriture nécessaire à la faune riveraine et aquatique. L'ombre des arbres et arbustes permet de maintenir la température de l'eau à des niveaux adéquats pour la vie aquatique et riveraine. De plus, la présence d'arbres et arbustes favorise les prédateurs du rat musqué, lequel est reconnu pour ses dommages causés aux drains souterrains.

### Stabilisation des berges

La présence des bandes riveraines en milieu agricole permet de garder une distance par rapport aux cours d'eau lors de la réalisation des différents travaux au champ (travail du sol, épandage des déjections animales et application de pesticides). Cette barrière physique empêche une contamination directe de l'eau, limite la vibration du sol en zone

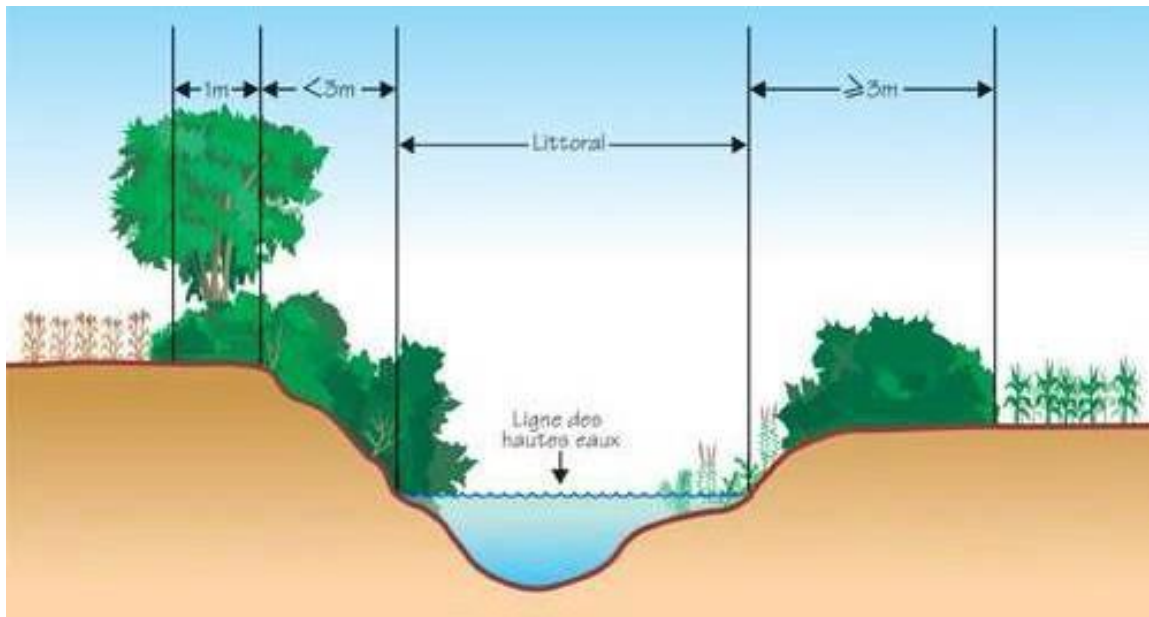
sensible et réduit les risques d'accidents pour les opérateurs de machinerie. De plus, les systèmes racinaires des herbacées, arbres et arbustes aident à la stabilisation des berges sans toutefois éliminer tout risque d'érosion des berges à la suite d'événements majeurs. Les arbres à enracinement superficiel peuvent contribuer à l'érosion de la berge s'ils sont déracinés. La diversité des facteurs et des cas nous informe que les bandes riveraines ne peuvent assurer à elles seules la stabilité totale des berges des cours d'eau.

### **Protection de la qualité de l'eau**

Les bandes riveraines favorisent la rétention et la filtration des sédiments, nutriments et pesticides d'origine agricole en réduisant la vitesse de ruissellement de l'eau et en améliorant l'infiltration de l'eau dans le sol (White, 1993; Forster et Abraham, 1985). Toutefois, l'efficacité des bandes riveraines à filtrer les polluants dépend de plusieurs facteurs dont la largeur, la composition floristique et le positionnement de la bande riveraine, le pattern de l'écoulement de l'eau qui dépend de la superficie, de l'utilisation, de la pente et du type de sol des terres drainées et bien sûr, le type de polluants. La multiplicité des cas signifie qu'une largeur uniforme ne peut garantir que la bande riveraine pourra remplir toutes ses fonctions à un niveau optimal.

### **Réglementation**

La politique de la protection des rives, du littoral et des plaines inondables prévoit à l'article 3.2.f. qu'en milieu agricole une bande minimale de végétation de 3 mètres doit être conservée à partir de la ligne des hautes eaux (LHE) incluant minimalement 1 mètre en haut du talus. Cette exigence peut être renforcée par des mesures de protection supplémentaires adoptées par les municipalités et les autorités gouvernementales. La politique définit la LHE comme l'endroit où l'on passe d'une prédominance de plantes aquatiques à une prédominance de plantes terrestres.



Tiré du site du MDDEFP au <http://www.mddep.gouv.qc.ca/Eau/rives/agricole/index.htm>

**Tableau 7 : Enjeux sur les bandes riveraines**

Problématiques	Solutions
Détermination de la ligne des hautes eaux : non évidente pour les non initiés aux changements de la flore aquatique à terrestre;	Largeur déterminée à partir du haut du talus : caractéristique visuelle rapidement identifiable;
Réglementation non appliquée par les municipalités (conflits d'intérêts, manque de ressources en inspection);	Prise en charge par la MRC et mise en place d'un service conseil (exemple de la MRC de la Haute-Yamaska en annexe 4);
Pentes trop abruptes des fossés de chemin;	Sensibilisation des employés chargés du recreusage (MRC, MTQ) ainsi que des producteurs agricoles et compensation des propriétaires pour la perte supplémentaire de terrain;
Remise en circulation des sédiments et polluants emmagasinés par les bandes riveraines lors des inondations et événements extrêmes;	Prélèvement de biomasse (récolte d'une bande de foin, panic érigé ou saule);
Rôle de sédimentation et de filtration variable dans le temps et l'espace.	Implantation de bandes riveraines de largeur variable déterminée selon le modèle VFDM (Vegetated Filter Dimensioning Model) ou la méthode simplifiée du ratio en complémentarité avec les bonnes pratiques culturales et les ouvrages hydro-agricoles.

L'implantation ou l'existence d'une bande riveraine ne remplace pas l'adoption de bonnes pratiques de conservation des sols et de l'eau dans le champ (Lemunyon, 1991). La bande riveraine est plus efficace quand elle est associée à un système de gestion des

fertilisants et de contrôle du ruissellement et de l'érosion (Welsch, 1991). En effet, il est préférable de diminuer les apports de polluants à la source par une meilleure gestion des intrants à la ferme, des méthodes culturales et de l'eau au champ. L'accompagnement par un agronome et un ingénieur en agroenvironnement est judicieux afin d'apporter les solutions appropriées pour chaque cas d'exploitation agricole.

### **Approche globale**

La fiche technique d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (Breune, 2013) sur l'implantation des zones tampons résume très bien l'approche globale à utiliser dans l'aménagement et la gestion des terres agricoles et se résume ainsi:

#### Pratiques de première ligne:

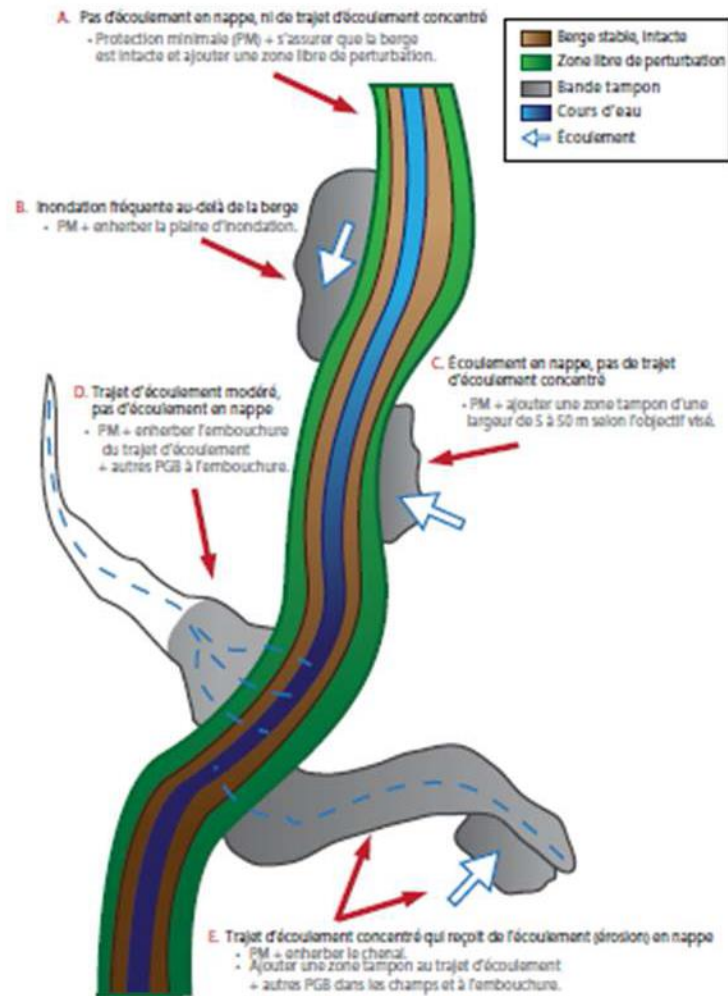
Rotation des cultures, intégration d'engrais verts et de cultures de couverture dans la rotation, fertilisation adaptée aux besoins de cultures, pratiques de lutte intégrée afin de diminuer à la source l'apport de nutriments et polluants sur les terres agricoles en utilisant des pratiques de première ligne, etc.

#### Pratiques de deuxième ligne:

Aménagements hydro-agricoles lesquels contribuent à diminuer ou éviter des problématiques de forte érosion ou de formation de masses d'eau stagnante dans les champs.

#### Pratiques de troisième ligne:

Zones tampons, dont les bandes riveraines, pour le contrôle et la prévention de la contamination des cours d'eau en milieu agricole. La figure 12 illustre différentes solutions relatives à la conception adaptée de bandes riveraines.



**Figure 12 :** Multiplicité des solutions à adopter selon le type de ruissellement et d'érosion

Tiré du *Manuel de conception des bandes tampons dans le Canada atlantique*, provenant d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2012, p. 9.

Les bandes riveraines et les bandes tampons en général font partie de l'aménagement global des terres sur une exploitation agricole. Il est donc important de concevoir ces aménagements comme faisant partie intégrante des décisions de gestion de l'entreprise agricole. On ne peut alors que considérer les enjeux environnementaux, mais aussi les enjeux économiques que représentent de tels aménagements. La notion de compensation des superficies non cultivées suit cette logique. Une recherche plus approfondie de l'option de rachat de terres agricoles pour des fins de conservation des bandes riveraines serait à envisager.

Tableau 8 : Types de bandes riveraines

Espèce végétale dominante	Variantes	Avantages	Inconvénients
<b>Herbacée</b>	Végétation présente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coût d'implantation nul.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coût d'entretien minime (fauche annuelle);</li> <li>Faible biodiversité.</li> </ul>
	Ensemencement d'un mélange diversifié pour pollinisateurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diversification des sources de nourriture pour les pollinisateurs (espèces florissant du printemps à l'automne).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coût moyen à élevé selon le mélange choisi;</li> <li>Coût d'entretien minime (1 à 2 fauches l'année d'implantation puis une fauche annuelle par la suite).</li> </ul>
	Ensemencement de panic érigé	<ul style="list-style-type: none"> <li>Peu coûteux;</li> <li>Production abondante de biomasse de bonne qualité pendant 20 ans (8-13 tonnes m.s./ha/an) ne demandant aucune fertilisation;</li> <li>Plante pérenne;</li> <li>Réseau racinaire abondant et robuste;</li> <li>Récolte annuelle permettant le prélèvement de nutriments et limitant la saturation de la zone tampon;</li> <li>Aucune perte de superficie cultivable;</li> <li>Peut servir à la production de litière, fourrage ou biocombustible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le marché des biocombustibles est encore à développer;</li> <li>Investissement de départ important (semences dispendieuses);</li> <li>Implantation très lente;</li> <li>Défi important de gestion des mauvaises herbes la première année;</li> <li>Complexification des opérations de récolte (accès aux bordures des champs et petites superficies); une option consiste à réaliser des ententes entre voisins afin de permettre la récolte sur une plus longue distance et ainsi rentabiliser l'opération.</li> </ul>
	Ensemencement de plantes fourragères	<ul style="list-style-type: none"> <li>Récolte annuelle de foin ou de litière;</li> <li>Largeur minimale de la bande de 4 à 7 mètres (une largeur de faucheuse);</li> <li>Récolte annuelle permettant le prélèvement de nutriments et limitant la saturation de la zone tampon;</li> <li>Aucune perte de superficie cultivable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Complexification des opérations de récolte (même que pour le panic érigé: voir ci-haut);</li> <li>Rendement plus faible dû à l'absence de fertilisation et de traitements phytosanitaires.</li> </ul>
<b>Arbustive</b>	Diversité d'espèces indigènes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biodiversité intéressante favorisant les espèces bénéfiques (prédateurs naturels, pollinisateurs, oiseaux, mammifères);</li> <li>Stabilisation par des systèmes racinaires puissants et profonds et filtration importantes (surtout si plusieurs rangées);</li> <li>Dimensions plus faciles à gérer (largeur et hauteur à maturité de seulement 1 à 3 mètres);</li> <li>Aucune perte de terrain avec une rangée d'arbustes (3 mètres réglementaires);</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coût d'implantation important;</li> <li>Faible taux de réussite si aucun entretien n'est effectué;</li> <li>Protection contre les cervidés parfois nécessaire;</li> <li>Entretien minime après 3 ans.</li> </ul>

Arborée		<ul style="list-style-type: none"> <li>Flexibilité de certains arbustes aux glaces;</li> <li>Potentiel de production et de commercialisation de fruits (diversification du revenu).</li> </ul>	
	Saules arbustifs	<ul style="list-style-type: none"> <li>Production de biomasse (copaux), biocombustible (éthanol et granules) et litière;</li> <li>Croissance rapide;</li> <li>Stabilisation et filtration importantes dues au système racinaire très développé;</li> <li>Favorise un habitat pour la faune tout en réduisant la population de marmottes et rats musqués (espèces sur-représentées et nuisibles en agriculture).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tallage important pouvant obstruer les drains souterrains;</li> <li>Risque de propagation au champ à gérer;</li> <li>Équipement de récolte dispendieux;</li> <li>Le marché de la biomasse est encore à développer et n'est pas favorable en ce moment dû au faible coût du gaz naturel;</li> <li>Coût d'implantation important (éventuellement compensé par le marché).</li> </ul>
	Diversité d'espèces	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fournit de l'ombre au cours d'eau permettant le maintien de la température;</li> <li>Améliore les habitats terrestres et aquatiques;</li> <li>Biodiversité intéressante;</li> <li>Effet brise-vent.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entretien annuel nécessaire (taille de formation puis élagage);</li> <li>Création d'ombre pour les cultures agricoles;</li> <li>Risque d'érosion accru si déracinés (éviter de transplanter des arbres trop près d'un talus abrupt).</li> </ul>

Voir en annexe 4 le Guide des bandes riveraines en milieu agricole élaboré par Isabelle Martineau, agronome au Club Conseil Gestrie-Sol.

En général, les bandes riveraines favorisant la stabilisation des talus des cours d'eau, on peut ainsi espérer diminuer l'intervalle des interventions d'entretien des cours d'eau, donc des coûts. Il est reconnu que les herbacées, de par leur densité, et surtout les graminées plutôt que les légumineuses, sont plus efficaces à ralentir le ruissellement lorsque la lame d'eau est faible (CORPEN, 2007). Par contre, lorsque la lame d'eau est importante, surtout lors de crues saisonnières ou inondations ponctuelles, les arbres sont plus efficaces (CORPEN, 2007).

Les coûts reliés aux bandes riveraines seront présentés au chapitre 4.

#### 2.5.4 Présentation des marais filtrants

Un mandat pour réaliser les modèles de marais filtrant a été élaboré par le GCABF. Il a été confié à AquaPlante en accord avec la Ville de Victoriaville. Le GCABF a effectué une cueillette d'information sur les marais filtrants afin de s'assurer du suivi et de la qualité de la réalisation du mandat donné à Aquaplante.

Une formation de base dans ce domaine a été donnée à l'équipe du GCABF par le mandataire à l'automne 2012. Les conseillers ont également assisté à une conférence

avec M. Moore travaillant comme chercheur avec des marais filtrants dans les fossés pour réduire les pesticides dans le delta du Mississippi.

Jusqu'à maintenant, il n'y a pas d'ouvrages de type marais filtrant recommandé par les conseillers en agroenvironnement dans le secteur agricole puisqu'il existe très peu d'information, fondée et reconnue, dans ce domaine pour le Québec.

Seuls deux projets en milieu agricole québécois ont été réalisés avec un suivi de l'efficacité de traitement dont un pour réduire les pesticides dans l'eau d'une ferme maraichère du bassin versant de la Baie Missisquoi (Ruisseau Norton), ce qui n'est pas présentement dans les objectifs de la Ville.

Le second cas, un tributaire de la Rivière aux Brochets (bassin versant de la Baie Missisquoi) a été aménagé (Ruisseau Walbridge) avec une prise d'eau au ruisseau, une succession de trois unités de traitement et un exutoire de l'eau traitée en aval du ruisseau.

Voici les résultats obtenus, pour le second cas, à la suite de 734 jours de suivi sur quatre années, soit de 2003 à 2006. Une rétention significative du phosphore a été observée de l'ordre de 41% de la charge cumulative de phosphore apportée au marais (soit une charge de 8 kg de phosphore en moins et  $1.65 \text{ g P}_{\text{total}}/\text{m}^2/\text{année}$ ). Quant à l'azote sous forme de nitrate, la réduction est de l'ordre de 18% de la charge cumulative mais elle a diminué significativement avec le temps ( $88,8$  à  $1.8 \text{ g N-NO}_3/\text{m}^2/\text{année}$  de 2003 à 2006). Cet effet est confirmé d'ailleurs dans la littérature et est attribuable à la colonisation par les végétaux à la suite de l'aménagement des marais qui permet une rétention de l'azote et une atténuation une fois le processus complété.

Il est à noter toutefois, que dans le cas du Ruisseau Walbridge, le marais était mis en fonction à partir de la troisième semaine de mai jusqu'à la fin novembre, ce qui exclue les redoux hivernaux et la période de fortes crues printanières où les charges diffuses perdues sont considérables.

Plusieurs travaux sur les marais filtrants ont cependant été réalisés ailleurs qui confirment l'efficacité variable selon les types de marais et les conditions de l'environnement dans lequel ils ont été aménagés.

**Tableau 9 :** Taux de rétention du N et du P dans une sélection de marais filtrants

Marais filtrant (nombre de réplifications)	Localisation	Affluent hydraulique	Taux de rétention (g N/m <sup>2</sup> /année)	Taux de rétention (g P/m <sup>2</sup> /année)	Référence
Ruisseau Walbridge	Québec, Canada	Gravité	36.35	1.65	Kroeger et al.
Indian Lake	Ohio, É.U.	Gravité	39	6.2	Fink et Mitch, 2004
Olentangy River	Ohio, É.U.	Pompage	58-66	5.2-5.6	Speiles et Mitsch, 2000 Nair et Mitsch, 2000
Des Plaines River Débit élevé Débit faible	Ohio, É.U.	Pompage	11-38 3-13	1.4-2.9 0.4-1.7	Mitsch (1992), Mitsch(1995), Phipps et Crumpton (1994)
Marais	Illinois, É.U.	Gravité	33	0.1	Kovacic (2000)
Marais	Norvège	Gravité	50-285	26-71	Braskerud (2002a, 2002b)

Tiré de Kroeger et al., 2009, adapté de Fink et Mitsch (2004)

Les marais ont donc un bon potentiel pour réduire les sédiments et les charges en phosphore permettant, également, une réduction importante des pesticides dans les effluents agricoles (Moore et al, 2011). Il existe une expertise québécoise sur les marais filtrants pour d'autres usages que le secteur agricole. Des contacts ont été établis avec ce réseau d'experts lors du Colloque de la Société québécoise de phytotechnologie (annexe 4 fiche technique sur les marais filtrants et courriel de Daniel Boudreau).

Les marais filtrants ont par contre plusieurs contraintes pratiques qui limitent leur usage en milieu agricole. La configuration en série linéaire de bassins restreint à l'amont le point d'entrée de l'effluent à traiter pour un traitement optimal. Des risques liés au colmatage existent pour les aménagements en circulation sous la surface. Les longueurs élevées minimales de bassins et les débits d'eau avec vitesse de passage limitée pour assurer un temps de traitement suffisant sont difficilement applicables avec les contraintes de terrain des champs agricoles. Finalement, les aménagements complexes à coûts élevés ainsi que les mesures d'entretien requises et l'acceptabilité discutables par les producteurs agricoles limitent fortement leur application courante en milieu agricole.

## 2.6 Organisation et coordination des visites terrains

L'autorisation de visite des terres à l'étude dans chacune des 34 zones a été demandée à tous les producteurs par contact téléphonique. Seulement 5 producteurs sur 90 ont refusé

que les conseillers du GCABF visitent les sections de champ où des polygones d'érosion avaient été localisés par l'Agence de géomatique du Centre-du-Québec. Des craintes et des réserves ont été exprimées par les producteurs, entre autres, à propos des conséquences de leur participation à cette étude préliminaire. D'autres ont préféré être présents lors des visites terrains des conseillers. L'équipe des conseillers du GCABF a respecté ces conditions liées au droit à la propriété privée.

Un dossier a été créé pour chaque zone visitée où toutes les informations cartographiées étaient disponibles pour l'analyse sur le terrain lors des visites: la carte routière de la zone, la carte MNS des terres présentant de l'érosion en provenance des champs selon les polygones d'érosion, les cartes de la zone RUSLE-CAN, la liste des producteurs exploitant la zone avec le suivi des communications et l'autorisation de visite.

### **Couche géographique d'érosion et images aériennes**

L'Agence de géomatique du Centre-du-Québec a produit pour le GCABF des estimations d'emplacement et de types d'érosion sur les terres agricole. Cette évaluation a été faite par stéréoscopie, c'est-à-dire une technique avec laquelle on compare deux images prises dans des angles différents pour obtenir une perception 3D de relief. Les emplacements susceptibles d'être érodés étaient classés selon les principaux types d'érosion : ravinement au champ, ravinement de berges, décrochement ou glissement et érosion aux confluences. Les endroits impossibles à classer dans ces catégories étaient classés comme autres.

Cependant, cette estimation était basée sur des images provenant de 2010. Alors, au cours des trois dernières années, il est possible qu'il y ait eu des changements sur les terrains ou des modifications anthropogéniques pouvant diminuer ou intensifier le taux d'érosion (déboisement, drainage souterrain, etc.). De plus, il y a des formes comme les escarpements formés par la construction de routes, des carrières ou l'enrochement de cours d'eau qui semblent être de l'érosion, mais en vérité elles ne le sont pas.

### **Modèle numérique de surface (MNS)**

D'autres outils utilisés pour déterminer l'emplacement de l'érosion sont les données d'élévation pour le bassin versant de la Rivière Bulstrode (Données: Agence de Géomatique du Centre-du-Québec, 2010). Elles ont été utilisées pour créer les modèles numériques de surface, c'est-à-dire les cartes représentant l'élévation de surface où l'on visualise facilement les buttes, les dépressions et la concentration de ruissellement dans les ravins ou les rigoles est identifiable.

Malgré des données datant de 2010, peu de différence a été remarquée avec l'état du terrain en 2013.

## RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation)

RUSLE, c'est le calcul qui décrit les pertes de sol sur une superficie chaque année. Celui-ci utilise plusieurs facteurs pour estimer l'érosion du sol dont la pluviosité et le ruissellement, l'érodabilité du sol, les pentes, la culture/végétation et la gestion des champs ainsi que les pratiques culturales (Agriculture et Agroalimentaire Canada, 1997). Les valeurs de ces facteurs pour la région du Centre-du-Québec et les cartes de pertes de sol selon l'équation RUSLE ont été compilées d'après le guide Manuel pour *l'évaluation des pertes de sol causées par l'érosion hydrique au Canada*, d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, 1997.

Pour évaluer les pertes de sol, une classification (Tableau 10) basée sur la classification présentée dans le rapport de Géomont, 2012. Celle-ci est plus rigoureuse que la majorité des classifications, incluant celle d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, 1997, laquelle donne un seuil tolérable d'érosion des sols au Canada de 6 t/ha/an ou moins (érosion très faible pour perte de sol de < 6 t/ha/année).

**Tableau 10 :** Classification d'estimations des pertes de sol et d'érosion des sols correspondants

Érosion des sols	Perte de sol possible (t/ha/année)
Faible, aucune	< 1
Très faible	1 - 3
Tolérable	3 - 6
Élevée	6 - 12
Très élevée	> 12

*Géomont, 2012; Agriculture et Agroalimentaire Canada, 1997*

Des visites préliminaires ont été réalisées au cours du mois de novembre 2012 afin de mettre au point la méthode de travail des visites terrains. Un protocole de visite a été élaboré pour les trois équipes de travail (voir protocole en annexe 5). Pour la compilation des données, elles avaient à leur disposition les fichiers de prise de données (Excel) de chaque producteur.

### 2.7 Visites terrains et travaux réalisés

L'équipe du GCABF avait comme mandat de réaliser des visites terrains et vérifier l'estimation d'emplacement et la gravité d'érosion selon les cartes d'érosion, d'élévation et RUSLE pour les 34 zones ciblées. Pendant les visites, l'équipe devait établir les positions et les formes d'érosion observées et le type d'érosion. Des points ont donc été positionnés à même les cartes localisant les problèmes d'érosion observés pour ensuite proposer la meilleure solution afin de réduire l'impact sur la sédimentation, les pertes en phosphore et en azote. Les cultures en place ou résidus de culture observables aux champs ainsi que

des informations sur les bandes riveraines et les abords des fossés ont été soigneusement notés.

Les types d'érosion ont été désignés ainsi :

- Érosion en nappe : Le champ présente plusieurs petites rigoles (profondeur en mm ou cm) sur une largeur de plusieurs mètres (ces rigoles ne sont pas localisées). Il y a des dépôts de sédiments fins dans la partie convexe du champ ou dans les fossés;
- Érosion en rigole : Les rigoles sont des affaissements très étroits, profondes de moins de 30 cm ou d'une profondeur qui peut être comblée avec de la machinerie agricole ordinaire. Elles se retrouvent dans le sens de la pente ou dans le sens des labours et leur longueur excède leur largeur;
- Érosion en ravine : Des formes d'une profondeur de plus de 30 cm et d'une largeur qui est semblable à leur profondeur. Elles sont souvent localisées dans des pentes fortes jusqu'en bordure des champs s'il y a une concentration de ruissellement;
- Régression de fond : La ravine progresse du fond d'un cours d'eau vers un champ. Sa progression est démarquée par une marche entre son fond et le terrain avoisinant. Sa profondeur est variable;
- Décrochement de talus : La rive du cours d'eau glisse dans le cours d'eau sur une longueur de plusieurs mètres.

La superficie visitée est d'environ 82 km<sup>2</sup>. Les endroits favorables pour la mise en place de bassins de sédimentation et de rétention (en fossé élargi et dans les champs) ont été repérés pour augmenter la rétention d'eau dans le bassin versant. Puisque l'objectif principal de cette étude est de proposer des solutions contre l'érosion, nous verrons des solutions agronomiques (culture pérenne, travail réduit de sol, etc.) et aménagements hydroagricoles (chute enrochée, avaloir, etc.).

### 2.8 Caractérisation et visite des tributaires de la Rivière Bulstrode

Les noms des ruisseaux et des cours d'eau ont été recensés à l'aide de l'outil de géomatique mis en ligne par la CPTAQ puis complétés avec les cartes hydrographiques rendues disponibles par le bureau du MAPAQ de Victoriaville.

À l'aide de l'outil de géomatique gvSIG, les ruisseaux ont été systématiquement observés pour identifier des zones présentant des caractéristiques indiquant un potentiel d'aménagements. Les zones ciblées ont été visitées sur le terrain pour valider les observations. Les cartes utilisées ayant été actualisées en 2010, plusieurs zones risquent d'avoir changé. Les zones qui sont ciblées sont les tronçons agricoles n'ayant pas de

bande riveraine et ceux qui semblent avoir été redressés dans le passé. Les embranchements et les terrains vagues sont ciblés et visités pour évaluer le potentiel d'installation de milieux humides artificiels (marais filtrants, bassins de sédimentation, etc.). Les milieux humides cartographiés et mis en ligne par Canard Illimité sont pris en note pour faire l'objet d'observations lorsque ces derniers sont à proximité de cours d'eau à visiter.

Sur le terrain, les observations acquises sont surtout qualitatives. Elles sont saisies dans le tableau suivant:

**Tableau 11** : Observations des tributaires

Tronçon : _	Largeur : _	No. de photo : _
Description du tronçon :	<input type="checkbox"/> Bande riveraine nulle	<input type="checkbox"/> Talus : herbacé
	arbustif arborescent % : _ _ _	
Distance culture/eau : _	Pente du talus : _	Pente du champ : _
Signes d'érosion :		
_____		
_____		
_____		
Fond du ruisseau : <input type="checkbox"/> roches <input type="checkbox"/> cailloux <input type="checkbox"/> sable <input type="checkbox"/> végétation		
vaseux <input type="checkbox"/> débris organiques		
Forme: <input type="checkbox"/> rapides <input type="checkbox"/> fosses <input type="checkbox"/> concentration de l'écoulement		
méandres <input type="checkbox"/> rectiligne <input type="checkbox"/> plat		
Niveau d'eau : _		Pente du ruisseau : _
Autres commentaires (ouvrages anthropiques, zones inondables, bassins, milieux humides, ponceaux, etc.) :		
_____		

La longueur du tronçon est établie en fonction des zones d'homogénéité et est inscrite sur des cartes de photos aériennes. La largeur en mètre est évaluée visuellement, simplement pour avoir un ordre de grandeur. Les photos prises sur le terrain sont identifiées d'un numéro qui est utilisé pour les classer. La présence de bandes riveraines, leur largeur, leur pente et leur type de végétation sont quantifiés visuellement. La pente du talus est qualifiée de légère pour 2: 5 (verticale : horizontale), de moyenne pour 1: 1, de forte pour 2: 1 et d'abrupte pour 4: 1.

Les types de fonds et d'écoulement sont aussi pris en note ainsi que le niveau d'eau et la pente du ruisseau. Est considéré être une roche, une pierre d'un diamètre de plus de 3 cm. Les cailloux sont des pierres plus petites que 3 cm. La caractéristique “vaseux” signifie un dépôt de matières organiques et minérales qui enlève le cours d'eau. La caractéristique “débris organiques” qualifie un cours d'eau ayant une abondance de végétaux morts comme de vieilles quenouilles ou des branches. Pour les types d'écoulement, l'appellation “concentration de l'écoulement” signifie que l'eau creuse un sillon plus ou moins profond dans le lit du cours d'eau de telle sorte que le fond d'origine peut se végétaliser. La largeur du sillon peut varier entre 1,5 m et 15 cm. Lorsqu'un ruisseau est qualifié de “plat”, l'eau de ce dernier se déplace sur une large surface peu accidentée. L'eau y circule généralement lentement et le niveau d'eau est bas parce que le débit est distribué sur une surface plus grande. Un cours d'eau “rectiligne” contient peu d'obstacles et aucune courbe pour ralentir l'eau qui y coule. Ce type de cours d'eau ressemble à un fossé.

Toutes les autres observations pertinentes sont prises en note, par exemple, des signes d'érosion, des ouvrages anthropiques ayant un effet sur l'écoulement de l'eau, la stabilité des talus, la faune, etc., des milieux humides ou la présence de poissons. Le rapport complet se trouve en annexe 6.

### **2.9 Recherche et évaluation des subventions applicables**

Le mandat prévoyait également une recherche des subventions applicables au projet. Les différents programmes disponibles seront présentés au chapitre 6.

### **2.10 Évaluation du potentiel local pour la réalisation des travaux**

Le mandat prévoyait d'évaluer le potentiel local pour la réalisation des travaux. Les résultats de cette évaluation seront présentés au chapitre 7.

# 3. RÉSULTATS ET ANALYSE

### 3. RÉSULTATS ET ANALYSES

#### 3.1 Résultat des données recueillies et des visites terrains

##### Résultat des données recueillies

À la suite des visites, une vérification et une validation du nombre d'exploitants situés dans les zones prioritaires a été réalisée. Le compte final est de 90 producteurs prioritaires au lieu de 104. En conséquence, 90 dossiers producteurs ont été retenus et compilés. Les 14 producteurs retirés l'ont été pour les raisons suivantes:

- terres vendues ou louées;
- terres limitrophes au bassin versant;
- productions sans terres en culture (serres, acéricole, forestier).

Sur les 104 formulaires de prise de données envoyés, 57 producteurs l'ont rempli et retourné, dont 11 producteurs sont membres de notre Groupe conseils agro Bois-Francs.

La dernière question du formulaire concernait l'intérêt du producteur porté au projet de restauration. Des 57 producteurs, 32 ont de l'intérêt pour le projet contre 12 qui n'en n'ont pas (Tableau 12).

**Tableau 12 :** Intérêt des producteurs face au projet de restauration.

Intérêt	%
Oui	36
Non	13
Indécis	51

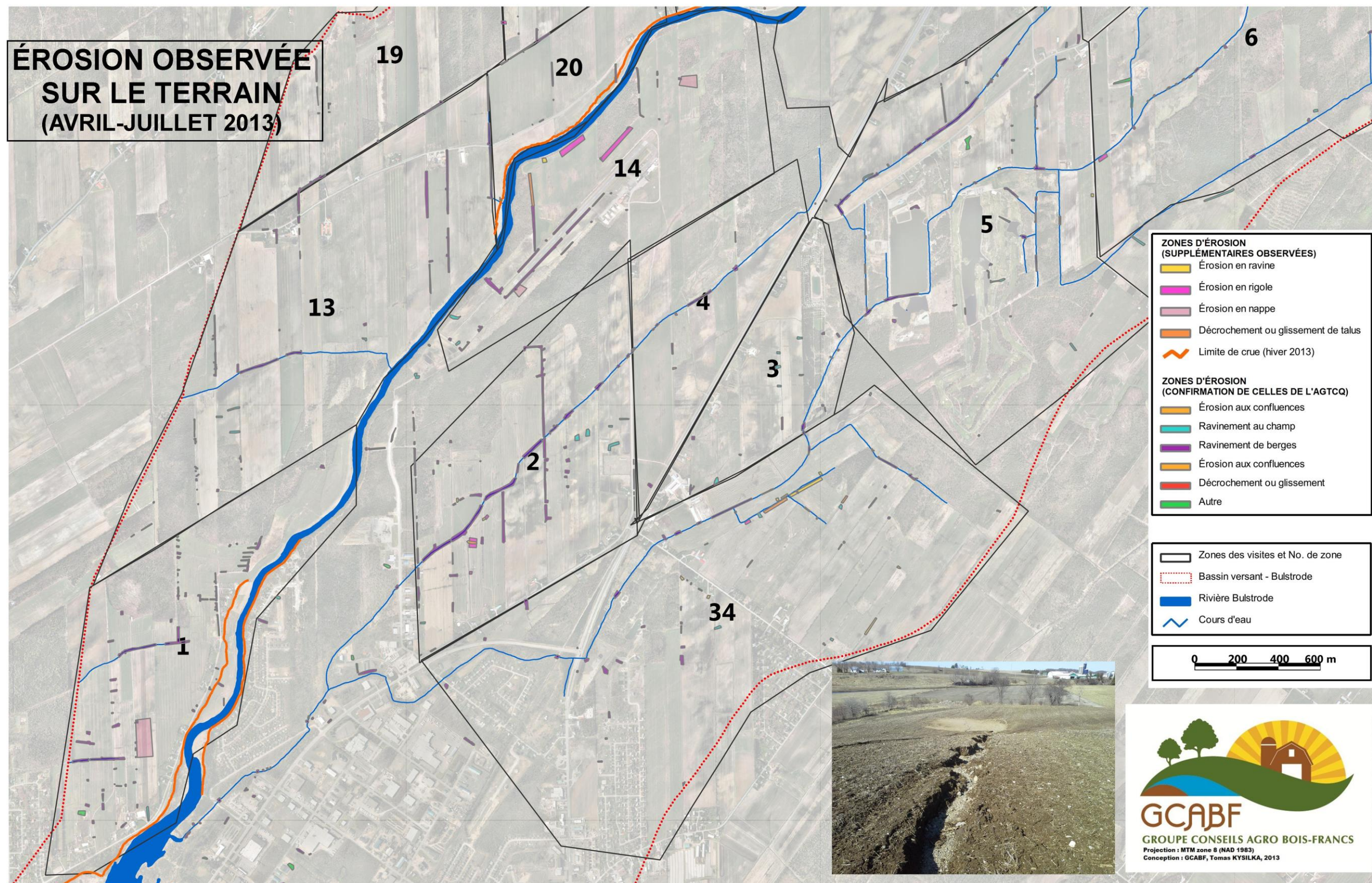
##### **Résultat des visites terrains**

###### **Traitement de données**

Les données recueillies ont été géoréférencées à l'aide du logiciel de géomatique gvSIG (Association gvSIG, 2010). Dans ce même programme, une couche géographique ("shapefile") d'érosion réelle observée sur le terrain, une autre des solutions proposées et une dernière de l'emplacement des bassins de sédimentation et de rétention ont été créées. Ces couches sont définies sur projection MTM (Modified Transverse Mercator) zone 8 et sur géoïde (NAD, 1983).

La validation des polygones d'érosion a été effectuée sur environ 6861 ha de terres agricoles du 8 avril au 8 juillet 2013 par trois équipes de travail. La validation des polygones d'érosion s'est avérée véridique dans environ 80% des cas. Une nouvelle carte avec les zones réelles d'érosion observées a été produite (carte 6).

Carte 6 : Zones d'érosion observées lors des visites terrain (les autres cartes se trouvent en Annexe 8)



Les principales problématiques rencontrées lors des visites terrain sont :

- sol à nu durant la période hivernale dans les champs et dans certaines zones inondables occasionnant des rigoles, des ravines et de l'érosion en nappe;
- réglementation sur les bandes riveraines non respectée sur 60% des longueurs de 9 des 11 tributaires et sur 14% de la Rivière Bulstrode;
- creusement des fossés, ruisseaux et fossés de rue avec des pentes trop abruptes occasionnant des décrochements des talus;
- labour à l'automne dans des pentes fortes et en zones inondables;
- gestion des fumiers inappropriée dans certaines productions non réglementées (bovin de boucherie produisant moins de 1600 kg de phosphore par année et possédant moins de 15 ha en cultures annuelles);
- fossés, ruisseaux et rivière accessible aux animaux;
- pollution ponctuelle de lixiviats venant de structure d'entreposage de maïs ensilage et de dépotoirs de carcasses d'animaux.



### 3.2 Résultat de la caractérisation et des visites des tributaires

#### Les ruisseaux du bassin versant du Réservoir Beaudet

Cette section a pour objectif de présenter les résultats obtenus à partir des observations des cours d'eau en milieu agricole effectuées au cours de l'été 2013. À la suite de l'interprétation de ces derniers et d'une revue de littérature sur les aménagements possibles dans les cours d'eau, des recommandations sont élaborées dans l'optique d'améliorer l'état des cours d'eau du bassin versant par rapport aux objectifs de l'étude. Les objectifs pris en compte sont de diminuer les problèmes d'érosion et de transport de sédiments vers le Réservoir Beaudet. Les solutions doivent être compatibles avec les activités agricoles en conservant l'efficacité des systèmes de drainage à long terme.

### Résultats des observations

#### ➤ Bandes riveraines

L'état des bandes riveraines le long des ruisseaux en amont du Réservoir Beaudet est critique. Il y a neuf ruisseaux sur onze observés ayant plus de 60 % des tronçons qui n'ont pas de bande riveraine réglementaire. Deux d'entre eux, le cours d'eau Daigle et le Ruisseau Parent, n'avaient aucun tronçon dont la bande riveraine était réglementaire. Les bandes riveraines sont majoritairement herbacées. Dans plusieurs situations, les berges et les talus enherbés ne semblaient pas suffisants pour empêcher les affaissements ou les ravinages.

Dans plusieurs cas, des herbicides ont été appliqués sur les bandes riveraines tuant ainsi toute la végétation qui stabilise les rives. Une application à une telle proximité des cours d'eau nuit certainement à la qualité de l'eau. Il s'agit parfois, dans certains cas, d'accidents dans des coins de champs difficiles à manœuvrer tandis que pour d'autres cas l'application semble être volontaire ou par manque de vigilance.

#### ➤ Talus

La pente des berges des ruisseaux joue un rôle important dans la stabilité à long terme de ceux-ci. Pour tous les cours d'eau observés, au minimum 65 % des tronçons ont des rives à pente moyenne (vertical:horizontal) (1:1), forte (2:1) ou abrupte (4:1). Pour les sols sableux, loameux et des terres noires qui caractérisent la majorité du bassin versant, de telles pentes augmentent les risques d'affaissement, de ravinement ou d'érosion des rives.



Combinés à des bandes riveraines insuffisantes, les ruisseaux sont fragiles lors des fortes pluies et des crues printanières.

**Tableau 13 :** Résumé de l'état des principaux tributaires situés dans la zone à l'étude

Tributaires	Type de végétation	Bande riveraine (%)	Superficie en culture dans la bande riveraine (ha)	Pente de talus
Parent	Herbacée	0	2,03	Surtout abrupte
Labbé	Herbacée	35	2,02	Moyenne à abrupte
Plante	Herbacée	36	1,76	Moyenne à abrupte
Légaré	Herbacée	16	0,44	Moyenne à abrupte
Gingras	Herbacée	25	0,18	Moyenne à abrupte
Allard	Herbacée	22	0,32	Moyenne à forte
Willie-Gagné	Herbacée, arbustive et arborescente	8	0,76	Moyenne ou abrupte
Daigle	Herbacée	0	0,22	Abrupte
Aulnes	Herbacée et arborescente	80	0,06	Moyenne à abrupte et en deux paliers
Sévigny	Herbacée	24	0,12	Légère à forte
Perreault	Arborescente et herbacée	59	0,10	Moyenne à forte

➤ L'entretien des ruisseaux

La majorité des cours d'eau du bassin versant a été draguée ou redressée dans le passé. Aujourd'hui, avec les pertes de sol d'origine anthropique et les mouvements naturels des sédiments, de nombreux tronçons tendent à s'enliser. Cette situation peut nuire au réseau de drainage des champs en colmatant l'embouchure des drains et en diminuant la capacité d'évacuation des ruisseaux. Pour remédier à cette situation, de nombreux travaux d'entretien sont effectués chaque année. Bien que ces derniers soient faits conformément aux exigences du MDDEFP et selon des plans approuvés, il semble que ces travaux ont un impact négatif sur l'état des cours d'eau et n'ont pas une durée de vie utile très longue. Par exemple, un tronçon du Ruisseau Parent a été recreusé en 2012 et déjà en 2013, il y avait des affaissements et des sédiments qui commençaient à s'y déposer. Même en retirant seulement les sédiments dans le tiers inférieur du cours d'eau, la rive est fragilisée parce que le chaume du haut du talus n'a pas d'appui dans sa pente quand celle-ci est trop prononcée. Dans un cas où le

système racinaire n'est pas assez développé, il y aura un affaissement. Dans un cas où tout le talus a été enlevé complètement, ce dernier est vulnérable à l'érosion des berges ou au ravinement. La végétalisation des rives après les travaux ne semble pas être une pratique courante. Cela a pour effet de prolonger la période où la rive est fragilisée.

Selon la littérature, le reprofilage des pentes de cours d'eau à deux paliers serait souhaitable (USDA-NRCS, 2007 cité par Lagacé, 2012). Cela permet de créer un cours d'eau plus stable qui nécessiterait moins d'entretien (D'Ambrosion et al., 2011; Ohio State University). En temps d'étiage, l'eau est concentrée au centre du fossé, alors que durant des crues, l'eau se propage sur le deuxième palier où elle est ralentie et partiellement filtrée par les plantes qui ont pu s'y développer. Ce système peut améliorer la capacité d'assimilation de nutriments du milieu puisqu'il s'apparente à un long milieu humide linéaire (Ohio State University). Ce système permet aussi de conserver une zone où tout travail de sol est impossible. De cette façon, une bande tampon peut être conservée durablement peu importe les changements de propriétaires. Lors de l'installation, le système à deux paliers a l'avantage de ne pas nécessiter d'intervention dans le lit du cours d'eau, seules les rives sont travaillées. Ce concept serait surtout pertinent pour les tronçons en aval subissant de grandes variations de débit. Ces travaux devraient être combinés à du génie végétal s'ils sont effectués tard en saison pour réduire les ravages d'une crue printanière.

**Tableau 14** : Liste des cours d'eau verbalisés du bassin versant de la Rivière Bulstrode qui ont fait l'objet d'entretien depuis 2005. (Léo Ouellet, MRC de l'Érable)

Tributaire	Année	Numéro du MAPAQ	Superficies entretenues (m)	Coût (\$)
Wellie-Gagné	2005	9817	1 210	4 310,51 \$
Wellie-Gagné, branche 1	2005	9817	630	1 919,04 \$
Allard	2010	1893	1 246	4 005,18 \$
L'Abbé	2012	14093	555	1 797,42 \$
L'abbé, branche 5	2012	14093	526	1 703,50 \$
Parent	2012	8197	584	1 807,76 \$
Parent, branche 3	2012	8197	1 735	4 254,76 \$
Parent, branche 4	2012	8197	725	2 961,89 \$
Thibodeau-Desharnais, branche 9	2009	1215	2 700	6 263,13 \$
La Disette *	2008	11795	545	1 907,50 \$
<b>Total</b>			<b>10 456</b>	<b>30 930,69 \$</b>

\* Travaux réalisés par la Ville de Princeville en régie interne; le montant a été estimé.

### ➤ Faciès général des cours d'eau

Comme la majorité des cours d'eau a été creusée ou redressée, leur faciès est généralement très uniforme. En fait, quelques conformations différentes peuvent être retrouvées pour chacun des cours d'eau, toutefois, la diversité se retrouve segmentée. Ainsi des zones ayant plus de pente sont caractérisées par des rapides avec un niveau d'eau faible, alors que les zones moins inclinées sont caractérisées par une vitesse d'écoulement faible et une forte sédimentation.

### 3.3 Délimitation des zones inondables

Les zones inondables d'une rivière sont habituellement bordées par des terrasses fluviales composées de sédiments déposés lors des débordements de la rivière. Les zones inondables entre les terrasses fluviales sont habituellement inondées à une fréquence qui varie de 2 à 10 ans (Riggs, 1985). Pour cartographier les zones inondables de la Rivière Bulstrode, on a identifié les marches des terrasses fluviales sur le modèle numérique de surface et selon les courbes de niveau (Données: Agence de Géomatique du Centre-du-Québec, 2010). Les marches entre les terrasses fluviales et les environs sont aussi apparentes sur le profil transversal de vallée (Carte 7).

Certaines zones des anciennes terrasses fluviales ont été défoncées par les labours ou transformées par la construction donc, dans ce cas, leur localisation a dû être modifiée selon le cours des terrasses fluviales avant et après cette interruption.

Cependant, grâce à la crue hivernale des glaces (fin de janvier 2013), des bois et divers débris ont été déposés aux alentours de la Rivière Bulstrode dans les zones inondables. Les dépôts sont restés en place jusqu'au mois de mai, ce qui nous a permis, par endroits, de vérifier les délimitations des zones inondables par la technique précédente. Dans les endroits où la vallée de la Rivière Bulstrode est très serrée, les zones inondables identifiées par les deux méthodes sont identiques. Par contre, aux endroits plus ouverts, la zone qui a été inondée cet hiver est moins grande que la superficie délimitée par les terrasses fluviales. Une petite récurrence d'inondation de cet hiver dernier est responsable de ce constat, étant donné que les marches entre les terrasses fluviales sont le résultat des débordements d'une récurrence de 2 à 10 ans.

### 3.4 Résultat et analyse de la Rivière Bulstrode (rapport de la firme Poly-Géo)

Le rapport de Poly-Géo suit la carte 7. (Voir à l'annexe 6 de l'étude le rapport « *Projet de la rivière Bulstrode – Dynamique sédimentaire* » rédigé par Michèle Tremblay M. Sc. et Geneviève Marquis Ph. D.)

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



Évaluation des mesures pour la limitation de l'érosion sur les rives et la réduction des apports de sédiments au réservoir Beaudet

Texte préliminaire présenté au Groupe Conseils Agro Bois-Francis

Novembre 2013



POLY-GÉO INC.

# SOMMAIRE

## Auteur et titre (aux fins de citation) :

Bariteau, L., Poly-Géo inc. 2013. **RESTAURATION DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE BULSTRODE À L'AMONT DU RÉSERVOIR BEAUDET** – Évaluation des mesures pour la limitation de l'érosion sur les rives et la réduction des apports de sédiments au réservoir Beaudet. Texte préliminaire présenté au Groupe Conseils Agro Bois-Francis. 21 pages et 4 annexes.

Version : préliminaire

Date : 6 novembre 2013

Certifié *ISO 9001 : 2008*



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

## ÉQUIPE DE RÉALISATION

---



### **Groupe Conseils Agro Bois-Francs**

#### **Chargée de projet :**

Sabrina Gauthier, agronome



### **Poly-Géo Inc.**

#### **Directrice et chargée de projet :**

Line Bariteau

#### **Analyse et relevés de terrain :**

Line Bariteau et Geneviève Philibert

Nicolas Roy, Terraformex (sous-traitant génie végétal)

Michèle Tremblay et Geneviève Marquis

(sous-traitants géomorphologie fluviale)

#### **Rédaction des textes :**

Line Bariteau

#### **Cartographie :**

Rhéal Tremblay

#### **Édition et mise en page :**

Nathalie Vanier

*No de référence GCBF : 011112*

*No de référence Poly-Géo Inc. : 12912*

## TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION.....	1
2. ACTIVITÉS RÉALISÉES ET MÉTHODES.....	2
2.1 Revue de littérature.....	2
2.2 Visite au terrain.....	2
2.3 Identification des secteurs ciblés et cartographie.....	2
2.4 Évaluation des mesures d'intervention considérées.....	4
3. PORTRAIT DE L'ÉVALUATION DES MESURES D'INTERVENTION CONSIDÉRÉES.....	7
3.1 Revégétalisation des bandes riveraines.....	7
3.1.1 Description et évaluation globale dans le contexte de la rivière Bulstrode ..	7
3.1.2 Mesures spécifiques proposées et secteurs ciblés.....	7
3.1.3 Évaluation technique.....	8
3.2 Stabilisation de rives.....	9
3.2.1 Description et évaluation globale dans le contexte de la rivière Bulstrode..	9
3.2.2 Mesures spécifiques proposées et secteurs ciblés.....	10
3.2.3 Évaluation technique.....	10
3.3 Implantation d'un espace de liberté.....	12
3.3.1 Description et évaluation globale dans le contexte de la rivière Bulstrode.....	12
3.3.2 Mesures spécifiques proposées et secteurs ciblés.....	12
3.3.3 Évaluation technique.....	13
3.4 Mise en place de seuils dans le lit du cours d'eau.....	14
3.4.1 Description et évaluation globale dans le contexte de la rivière Bulstrode.....	14
3.4.2 Mesures spécifiques proposées et secteurs ciblés.....	15
3.4.3 Évaluation technique.....	15
3.5 Démantèlement du barrage de Sainte-Sophie.....	16
4. RECOMMANDATIONS.....	17
4.1 Mesures d'intervention recommandées.....	17
4.2 Scénarios proposés et mesures spécifiques.....	18
4.2.1 Mesures s'appliquant à la bande riveraine.....	18
4.2.2 Mesures considérées pour la stabilisation des rives.....	18
4.2.3 Mesures pour la modification de l'écoulement et la dynamique sédimentaire.....	19
4.3 Étapes préalables aux interventions.....	19
5. RÉFÉRENCES.....	20

## **LISTE DES CARTES**

- CARTE 1 : Secteurs ciblés – Revégétalisation des bandes riveraines.....Annexe 1  
CARTE 2 : Secteurs ciblés – Stabilisation de rives.....Annexe 1  
CARTE 3 : Secteurs ciblés – Espace de liberté.....Annexe 1

## **LISTE DES TABLEAUX**

- TABLEAU 1 : Comparaison des mesures analysées pour le segment central  
de la rivière Bulstrode.....Annexe 2  
TABLEAU 2 : Scénarios proposés pour le segment central de la rivière  
Bulstrode.....Annexe 2

## **LISTE DES ANNEXES**

- ANNEXE 1 : Cartes 1 à 3  
ANNEXE 2 : Tableaux 1 et 2  
ANNEXE 3 : Album photographique  
ANNEXE 4 : Estimations des coûts selon différentes techniques de protection des  
berges – rivière Bulstrode, Victoriaville, Qc

En octobre 2012, l'organisme Groupe Conseils Agro Bois-Francs mandatait Poly-Géo inc. pour la réalisation d'une étude permettant d'évaluer les différentes mesures applicables à l'intérieur du segment central de la rivière Bulstrode (PK 10 à 27), pouvant mener à une réduction des apports sédimentaires au réservoir Beaudet. Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une démarche entamée par la ville de Victoriaville pour évaluer la faisabilité d'un programme de restauration du bassin versant de la Bulstrode en amont du réservoir Beaudet.

L'étude a porté plus particulièrement sur les segments de rivière les plus affectés par l'érosion, soit ceux compris entre les PK 21,5 et 18 et entre les PK 15 à 11,5, mais a considéré également les sections de rivière situées plus en aval ou en amont (PK 10 à 11,5 et PK 21,5 à 27) où des aménagements pourraient contribuer à ralentir l'érosion.

Le travail a été réalisé en deux étapes, chacune comprenant les activités suivantes :

Étape 1 : analyse générale des types d'intervention envisageables dans le contexte du segment central de la rivière Bulstrode :

- ✓ Revue de littérature relativement aux techniques ou méthodes existantes couramment utilisées pour freiner l'érosion sur les rives, réduire le transport des sédiments et/ou modifier les conditions d'érosion. Le concept d'espace de liberté a également été considéré.
- ✓ Discussion avec des experts en génie végétal et en géomorphologie fluviale concernant l'applicabilité de ces méthodes dans le contexte de la rivière Bulstrode.
- ✓ Visite au terrain des segments de rivière les plus représentatifs (avec les experts).
- ✓ Élaboration d'un tableau comparant les caractéristiques générales des méthodes analysées : description, avantages et inconvénients, coûts unitaires, etc.
- ✓ Présentation des résultats de l'étape 1 et recommandations quant aux mesures à explorer plus en détail.

Étape 2 : identification des secteurs ciblés et évaluation technique des mesures applicables dans le contexte du segment central de la rivière Bulstrode :

- ✓ Segmentation du tronçon de rivière à l'étude en fonction des différentes problématiques d'érosion, identification des secteurs ciblés pour chaque type d'intervention et cartographie.
- ✓ Évaluation technique des mesures applicables aux secteurs ciblés en termes de faisabilité, de coûts et d'efficacité. Les impacts appréhendés sur le milieu ont également été considérés.
- ✓ Recommandations quant aux mesures les plus efficaces et élaboration de scénarios d'intervention.
- ✓ Rédaction d'un rapport présentant les résultats de l'étude.

## 2.1 REVUE DE LITTÉRATURE

Une revue des publications relatives aux différentes mesures pouvant limiter l'érosion et/ou la sédimentation dans les cours d'eau a été réalisée. Les documents les plus utiles dans le cadre de ce mandat sont ceux qui décrivent les aspects techniques et pratiques des méthodes, qui documentent leur efficacité ou encore présentent des exemples d'application. Une liste des documents pertinents est fournie en fin de texte.

Les informations provenant de ces publications sont synthétisées et apparaissent aux colonnes (2), (3) et (4) du tableau 1.

## 2.2 VISITE AU TERRAIN

Une visite au terrain a été effectuée le 4 décembre 2012 par Michèle Tremblay, Nicolas Roy et Line Bariteau. L'objectif consistait à observer l'état des rives et à noter les conditions hydrologiques dans les segments de rivière les plus dynamiques, de façon à proposer les mesures les mieux adaptées aux différents contextes. Les secteurs visités sont ceux compris entre les PK 13 et 14,5, les PK 18,7 et 19,4 et les PK 20,9 et 21,1.

Au moment de la visite, le débit était particulièrement élevé en raison de fortes précipitations survenues les jours précédents, lors d'un redoux. Une crue de faible amplitude s'est produite et a fragmenté le couvert de glace qui avait déjà commencé à se former sur le cours d'eau. Cette situation a permis d'avoir un aperçu des conditions auxquelles la rivière est soumise en période de crue printanière : niveau d'eau élevé, forts courants, impact des glaces sur les rives.

## 2.3 IDENTIFICATION DES SECTEURS CIBLÉS ET CARTOGRAPHIE

### ✓ Caractérisation des bandes riveraines :

La bande riveraine a été établie à 10 m de largeur sur chacune des rives de la rivière Bulstrode, entre ses PK 10 et 27. Dans le but d'évaluer les efforts de revégétalisation qui seraient requis, la bande riveraine a été caractérisée en tenant compte de la nature et de la densité du couvert végétal en place. Ainsi, pour chacune des rives, la bande a été subdivisée en plusieurs segments homogènes en considérant le type d'utilisation du sol (terrains boisés, en friche, en culture et ceux recoupant des zones aménagées ou habitées) et sa répartition à l'intérieur des limites établies.

La caractérisation a été réalisée par photo-interprétation à l'aide des photographies numériques de haute résolution de 2010. L'information a été comptabilisée le long d'une ligne, a été cartographiée à l'écran avec le logiciel ArcGis, puis a été éditée avec MapInfo. Il en résulte une carte à l'échelle du 1 : 10 000 (carte 1) illustrant la segmentation des bandes riveraines en fonction des efforts de revégétalisation qui y seraient requis. Les bandes riveraines y sont représentées selon les quatre classes suivantes :

- Revégétalisation requise sur une portion de la bande riveraine : identifiée au droit des segments de la bande riveraine qui sont en partie boisés, en partie en culture ;
- Revégétalisation et amélioration du couvert végétal en place requis sur toute la largeur de la bande riveraine : identifiée au droit des segments de la bande riveraine qui sont en partie en culture, en partie en friche ou habités ;
- Amélioration du couvert végétal en place requis sur toute la largeur de la bande riveraine : identifiée au droit des segments de la bande riveraine occupés par des terrains en friche ou habités ;
- Amélioration du couvert végétal en place requis sur une portion de la bande riveraine : identifiée au droit des segments de la bande riveraine qui sont en partie boisés, en partie en friche ou habités.

Le détail des mesures proposées pour chacune de ces classes est présenté au chapitre 3.

#### ✓ **Établissement des priorités d'intervention pour la stabilisation des rives :**

La priorité d'intervenir pour stabiliser les rives a été établie en tenant compte des facteurs d'érosion et donc du potentiel des rives à fournir des sédiments à la rivière Bulstrode. Les critères considérés ont été les suivants : l'état actuel de la rive (stable, instable, protégée), l'exposition de la rive aux facteurs d'érosion (concave, convexe, rectiligne) et le taux de recul mesuré entre 1966 et 2010 ( $> 1$  m/an;  $0,25$  à  $1$  m/an;  $< 0,25$  m/an). Les informations utilisées proviennent des observations effectuées lors des relevés de terrain de 2012 (Poly-Géo, 2012a), ainsi que de la photo-interprétation réalisée à partir des photographies de 1966 et de 2010 (Poly-Géo, 2012b).

En appliquant ces critères, les rives ont pu être cartographiées selon les cinq classes décrites plus bas (voir carte 2). Les rives de priorité 1 sont celles susceptibles de fournir le plus de sédiments à la rivière, alors que celles de priorité 5 n'en livreraient que des quantités négligeables.

- Priorité 1 : rive concave instable en érosion forte (recul supérieur à  $1$  m/an depuis 45 ans).
- Priorité 2 : rive instable, concave ou rectiligne, en érosion moyenne (recul de  $0,25$  à  $1$  m/an depuis 45 ans).
- Priorité 3 : rive concave protégée qui semble stable aujourd'hui, mais qui subissait une érosion forte à moyenne avant sa protection ou encore dont l'ouvrage se détériore actuellement. Fournit peu de sédiments actuellement, mais pourrait devenir une rive de priorité 1 ou 2 advenant que la protection existante ne soit plus efficace.
- Priorité 4 : rive instable, concave ou rectiligne, en érosion faible à négligeable (recul  $< 0,25$  m/an depuis 45 ans).
- Priorité 5 : rive concave stable pouvant avoir subi une érosion faible à négligeable depuis 45 ans.

La carte 2 indique la localisation des rives prioritaires à l'échelle du 1 : 10 000. Aucune priorité n'a été attribuée aux rives stables ou protégées qui n'ont subi que des transformations mineures au cours des dernières décennies. Les mesures proposées pour chacune de ces classes sont décrites au chapitre 3.

#### ✓ Espace de liberté :

La délimitation d'un espace de liberté constitue un exercice rigoureux qui doit tenir compte d'une série de facteurs hydro-géomorphologiques, notamment la mobilité du cours d'eau dans le temps et son inondabilité (Biron, Buffin-Bélanger et Larocque, 2012). Idéalement, l'exercice requiert des relevés topographiques précis, une analyse historique des modifications du cours d'eau et une bonne connaissance des conditions hydrauliques et climatiques (Biron *et al.*, 2013), éléments dont on ne dispose pas dans le cadre de la présente étude. On comprendra donc que les dimensions des espaces de liberté présentés ici sont approximatives mais peuvent tout de même servir aux fins de comparaison avec les autres mesures proposées.

Deux méthodes ont été utilisées. Dans un premier temps, on s'est limité aux segments de rivière les plus actifs comprenant les méandres les plus prononcés, soit ceux compris entre les PK 12 à 15 et les PK 18,5 à 22. Pour chacun de ces segments, la largeur de l'espace de liberté a été déterminée à partir de l'amplitude maximale des méandres, à laquelle on a ajouté une revanche de 20 %. Les corridors ainsi délimités (représentés en orange sur la carte 3) atteignent une largeur de 400 à 600 m et couvrent une superficie de 1 à 1,5 km<sup>2</sup> chacun.

On a également procédé à l'identification d'un corridor de liberté par photo-interprétation, pour l'ensemble du tronçon central de la Bulstrode. À partir des photographies aériennes de 1966 (sur lesquelles les formes héritées sont plus nettes), on a délimité l'espace de mobilité du cours d'eau (zone de migration des méandres, levées alluviales, chenaux) ainsi que la zone inondable correspondant approximativement au lit majeur. La largeur du corridor qui en résulte fait 250 à 500 m avec des élargissements à 800-900 m dans les tronçons les plus actifs. Il couvre 6 km<sup>2</sup> et est représenté en rouge sur la carte 3.

## 2.4 ÉVALUATION DES MESURES D'INTERVENTION CONSIDÉRÉES

### ✓ Évaluation de l'efficacité à réduire les apports au réservoir Beaudet

La contribution du segment central de la rivière Bulstrode à la problématique d'ensablement du réservoir Beaudet n'est pas connue. Les sédiments qui migrent jusqu'au réservoir peuvent provenir de l'érosion des rives de la Bulstrode et de son lit, mais peuvent également être livrés par les tributaires et fossés agricoles ou encore sont transportés depuis l'amont du segment de rivière étudié. Dans ce contexte, il est donc difficile d'évaluer dans quelle mesure les interventions proposées dans le cadre de cette étude auraient un effet significatif sur l'alimentation en sédiments du réservoir. Avant d'opter pour l'une ou l'autre des méthodes proposées, il est donc recommandé de procéder à une analyse plus approfondie de la charge sédimentaire (fond et suspension) de façon à repérer les sources de sédiments les plus significatives. On pourra alors diriger les interventions aux endroits stratégiques, proposer les méthodes les plus appropriées et mieux évaluer l'efficacité des interventions relativement à la problématique du réservoir Beaudet.

Pour les fins de la présente étude, l'évaluation de l'efficacité des mesures proposées a porté sur leur capacité à diminuer les apports de sédiments à la rivière ou à réduire le transport sédimentaire à une échelle locale (plutôt que jusqu'au réservoir Beaudet). L'évaluation tient compte du potentiel érosif des rives. Suivant ces critères, une mesure sera considérée peu efficace si elle vise une rive qui fournit peu ou pas de sédiments à la rivière (rives de priorités 3, 4 ou 5) ou encore si elle a peu de chance de freiner l'érosion des rives actives (rives de priorités 1 ou 2). Au contraire, une mesure efficace permettra de freiner rapidement l'érosion ou le transport de sédiments en marge d'une rive très active. L'évaluation de l'efficacité est colligée à la colonne (6) du tableau 1.

#### ✓ Évaluation de la faisabilité technique

La faisabilité technique a été évaluée de façon qualitative en tenant compte de l'ampleur et de la complexité des travaux aux différentes étapes des interventions (préparation, approvisionnement, accès, mise en place, suivi et entretien). À titre d'exemple, une méthode sera considérée simple lorsqu'elle nécessite peu d'interventions sur les rives, qu'elle requiert peu de main d'œuvre ou de machinerie, ou encore qu'elle prend peu de temps à implanter. Au contraire, une méthode sera jugée complexe si elle demande des modifications en profondeur du milieu, requiert une main d'œuvre nombreuse et/ou qualifiée ou l'intervention de machinerie lourde, ou encore si les travaux s'échelonnent sur une longue période et se subdivisent en plusieurs étapes.

Les informations considérées pour cette évaluation ont été tirées d'études ou de guides techniques comparant plusieurs types d'interventions (Bellavance, 2008; Fischenisch & Morrow, 2000; NRPC, 2004; TVA, 2013<sup>1</sup>). Ces informations ont été validées auprès des sous-traitants en génie végétal et en géomorphologie fluviale. Les résultats de cette évaluation sont présentés à la colonne (7) du tableau 1.

#### ✓ Estimation des coûts

Les coûts totaux pour chaque option ont été calculés en considérant les paramètres suivants :

- la longueur ou la superficie totale des secteurs ciblés : compilée à partir des cartes 1 à 3 (fournies en annexe) ;
- la largeur moyenne affectée sur la rive (requis pour calculer les valeurs de superficie dans le cas des ouvrages de génie végétal ou les travaux d'ensemencement et de plantation). La largeur a été fixée à 5 m en considérant une pente de 25° et une hauteur moyenne de 2 m.
- le coût moyen au mètre linéaire ou au mètre carré (selon la mesure proposée), comprenant la fourniture de matériaux et les étapes de préparation et de mise en place, mais excluant les coûts d'entretien et de suivi. En ce qui concerne les mesures de stabilisation des rives, le prix moyen (ramené au mètre linéaire de rive) englobe les coûts pour les différentes techniques appliquées sur la rive. Les montants ont été établis en se basant sur les valeurs moyennes indiquées dans la littérature (Biron *et al.*, 2012 ; CGRBF & Solivar, 1992 ; Site AquaTerra Solutions <sup>2</sup>) et ont été validés auprès des sous-traitants en génie végétal et en géomorphologie fluviale. L'estimation des coûts pour les diverses mesures proposées a été réalisée par Terraformex (voir annexe 4).

<sup>1</sup> <http://www.tva.gov/river/landandshore/stabilization/stabilization.htm>

<sup>2</sup> <http://www.genie-vegetal.eu/produit/environnement/3/erosion-hydraulique-cours-d-eau-et-fleuve.htm>

Les coûts estimés de cette façon sont approximatifs, mais donnent un ordre de grandeur qui permet la comparaison entre les différentes options considérées. Les coûts estimés pour chaque mesure étudiée sont colligés à la colonne (8) du tableau 1. Ils sont également indiqués au tableau 2 qui présente les différents scénarios proposés.

Les principaux résultats de l'évaluation des mesures d'intervention sont résumés au tableau 1 et sont décrits plus en détail dans les sections qui suivent.

## 3.1 REVÉGÉTALISATION DES BANDES RIVERAINES

### 3.1.1 Description et évaluation globale dans le contexte de la rivière Bulstrode

*Description* : préservation de la végétation en place et revégétalisation au besoin (ensemencement et/ou plantation) sur une bande de terrain (généralement d'une largeur de 3 à 10 m) en bordure de chacune des rives d'un cours d'eau.

*Objectifs* : captage des sédiments transportés par ruissellement en provenance des versants; réduction de l'érosion par ruissellement dans la bande de protection en raison de l'amélioration de la stabilité des sols en surface; consolidation des sols en profondeur par le système racinaire pouvant mener à une plus grande résistance des rives à l'érosion.

*Évaluation globale* : la préservation de bandes riveraines en bordure du segment central de la rivière Bulstrode aurait peu d'effet en ce qui concerne la problématique d'érosion. D'une part, l'érosion par ruissellement ne semble pas un enjeu dans ce secteur. D'autre part, l'érosion qui se produit sur certaines rives est sévère et ne peut être ralentie au moyen de la végétation. Dans ce contexte, les bandes riveraines serviraient principalement à améliorer l'aspect naturel des rives et à réduire les pressions exercées par l'agriculture. Cette mesure devra toutefois être accompagnée d'interventions plus agressives dans les secteurs où les rives sont en érosion.

### 3.1.2. Mesures spécifiques proposées et secteurs ciblés

*Secteurs ciblés* : bande riveraine depuis le barrage de Sainte-Sophie (PK 27) jusqu'au pont de la route 116 (PK 10). Trente-six (36) km de rives au total; superficie totale de la bande riveraine : 360 000 m<sup>2</sup>. La délimitation des différentes interventions est illustrée sur la carte 1 (en annexe).

*Mesures spécifiques proposées* : préserver la végétation en place et revégétaliser (au besoin) les terrains sur une bande de 10 m de largeur depuis la limite naturelle des hautes eaux, sur chacune des rives. Différentes interventions sont proposées selon la nature et la densité du couvert végétal en place :

- a) Revégétalisation complète (terrassement, ensemencement et plantation) : dans les portions en culture de la bande riveraine ; superficie estimée de l'ordre de 50 000 m<sup>2</sup>.
- b) Amélioration de la végétation en place (plantation partielle) : dans les portions habitées ou en friche (pacages, terres laissées à l'abandon, etc.) de la bande riveraine, où le couvert végétal est généralement constitué d'herbacées avec arbustes ou arbres clairsemés ; superficie estimée de l'ordre de 220 000 m<sup>2</sup> ;

- c) Aucun effort de revégétalisation requis : dans les portions boisées (couverts arborescent et arbustif denses) ou aménagées (route, enrochement, autres infrastructures) de la bande riveraine ; superficie estimée de l'ordre de 90 000 m<sup>2</sup>.

### 3.1.3. Évaluation technique

Faisabilité technique : facile, peu de machinerie et d'équipement requis.

Coûts estimés approximatifs :

Secteurs ciblés	Mesures proposées	Calcul des coûts			
		Longueur ou superficie	Largeur	Coût unitaire <sup>3</sup>	Coût total (en M \$)
Bande de 10 m; PK 10 à 27	Revégétalisation complète	50 000 m <sup>2</sup>	n/a	10 à 30 \$/m <sup>2</sup>	0,5 à 1,5
	Amélioration du couvert végétal en place	220 000 m <sup>2</sup>	n/a	5 à 25 \$/m <sup>2</sup>	1,1 à 5,5
			<b>TOTAL BANDE DE 10 m</b>		<b>1,6 à 7,0</b>

Efficacité à réduire les apports au réservoir Beaudet :

Peu efficace. Le rôle des bandes riveraines revégétalisées consiste surtout à freiner les effets de l'érosion par ruissellement. Or, plusieurs indices portent à croire que ce type d'érosion est peu important en bordure de ce segment de la Bulstrode. D'une part, les 2/3 de la bande riveraine considérée sont déjà recouverts de végétation herbacée, arbustive ou arborescente sur 10 m et plus de largeur et le couvert végétal y semble suffisamment dense pour capter la majeure partie des sédiments pouvant provenir du ruissellement. D'autre part, les champs en bordure de la rivière, qui seraient susceptibles de fournir des sédiments, présentent pour la plupart des pentes douces où le ruissellement est limité. Ainsi, bien que la préservation de bandes riveraines comporte plusieurs avantages (notamment la consolidation des sols riverains, la création d'habitats terrestres, la création d'ombre bénéfique pour réduire la température de l'eau, etc.), elle n'aurait qu'un impact minime sur la limitation des apports de sédiments au cours d'eau et, par conséquent, au réservoir Beaudet.

Points à considérer :

- Sur les rives en érosion, qui représentent environ 20 % des rives où un effort de revégétalisation est proposé, la mise en place de bandes de végétation riveraines serait inefficace à moins qu'on ne procède à des mesures pour freiner le recul des rives à court terme.

<sup>3</sup> Basé sur l'estimation de Terraformex, section Ensemencement et végétalisation (annexe 4). Les écarts de coûts sont liés au supplément pour l'ajout d'espèces arborescentes à travers le couvert arbustif de base.

- Les efforts pourraient se concentrer uniquement sur les bandes recoupant des terrains en culture (soit sur 50 000 m<sup>2</sup>). Les endroits où de la plantation partielle est proposée sont couverts d'herbacées et sont probablement déjà efficaces pour capter la plupart des sédiments.

## 3.2 STABILISATION DE RIVES

### 3.2.1 Description et évaluation globale dans le contexte de la rivière Bulstrode

Quatre différentes méthodes de stabilisation ont été analysées pour les rives en érosion du segment de rivière étudié :

- la revégétalisation des talus par ensemencement et plantation d'espèces herbacées, arbustives et arborescentes. L'objectif de cette mesure consiste à implanter un couvert végétal ou à renforcer celui qui est en place afin que les racines contribuent à consolider le sol. Cette méthode simple est adaptée aux milieux de faible énergie. Utilisée seule, elle n'arriverait pas à stabiliser les rives actives de la Bulstrode. Elle pourrait par contre convenir pour renforcer des rives qui paraissent vulnérables (en érosion très faible ou protégées).
- le génie végétal, qui a recours essentiellement à des « armatures » faites de matières végétales (fagots, fascines, matelas de branches, rangs de plançons) pour protéger les sols et permettre la reprise éventuelle de la végétation. Ces méthodes peuvent requérir l'utilisation de structures non végétales (membrane géotextile, tapis de coco, grilles, alvéoles, etc.). Elles sont généralement assez coûteuses et complexes à construire. Selon les experts consultés, le recours au génie végétal seul serait peu approprié pour les rives de la Bulstrode. D'une part, les armatures végétales seraient peu résistantes aux forts courants qui sollicitent la base des talus riverains actifs. D'autre part, il semble que les techniques de génie végétal réussissent rarement lorsqu'elles sont implantées en bordure de terres cultivées. L'agriculture pratiquée à proximité des rives rendrait les sols peu favorables (assèchement, compaction) pour la reprise des boutures, ce qui entraîne un taux d'échec important.
- les techniques mixtes, qui combinent l'utilisation de structures rigides (enrochement, gabions, muret, etc.) à la base des talus, à des mesures de revégétalisation (par le génie végétal, l'ensemencement ou la plantation) dans leur portion supérieure. Ces méthodes sont coûteuses, complexes, mais plus adaptées aux milieux de forte énergie qui caractérisent le segment central de la Bulstrode.
- les structures composées de bois mort (arbres morts avec branches, troncs ou souches) disposées, ancrées ou en partie ensevelies sur la rive servent surtout à protéger les rives des courants et de l'action des glaces. Elles sont peu recommandées pour freiner l'érosion, mais peuvent contribuer à retenir les sédiments. Dans le cas de la Bulstrode, cette mesure pourrait être employée en combinaison avec d'autres méthodes plus agressives.

### 3.2.2 Mesures spécifiques proposées et secteurs ciblés

Les efforts de stabilisation seraient requis surtout dans les deux segments de rivière où les rives sont les plus touchées par l'érosion et ont subi des modifications importantes depuis 45 ans, soit le tronçon compris entre les PK 12 et 15 et celui s'étendant entre les PK 18,5 et 22.

Les types d'ouvrages proposés ont été déterminés en fonction du contexte d'érosion spécifique aux rives, de concert avec les experts en génie végétal. Les critères pris en compte sont l'état actuel de stabilité des rives, l'exposition aux courants (rive concave, convexe ou rectiligne) et le recul subi au cours des derniers 45 ans.

Une segmentation de la rive a été réalisée en fonction du contexte d'érosion de façon à établir des priorités d'intervention (voir section 2.3 du rapport et carte 2 en annexe). La longueur et les mesures proposées pour chacune des priorités sont les suivantes :

- Priorité 1 : rive concave en érosion forte, milieu de forte énergie ; mesures proposées : enrochement à la base du talus avec perré revégétalisé dans sa portion supérieure ; ajout de billots dans l'enrochement pour dévier le courant et retenir les sédiments ; longueur estimée de l'ordre de 3,4 km ;
- Priorité 2 : deux mesures y sont proposées :
  - rive concave en érosion moyenne en milieu de forte énergie (PK 12 à 15 et PK 18 à 21,5) : même ouvrage que celui proposé pour les rives de priorité 1 ;
  - rive rectiligne en érosion moyenne (surtout concentrée en amont du PK 21) : génie végétal avec enrochement à la base du talus au besoin ; longueur estimée de l'ordre de 0,9 km ;
- Priorité 3 : rive concave protégée en milieu de forte énergie ; mesure proposée : amélioration du perré existant selon les besoins et plantation ; ajout de billots au besoin pour dévier le courant ; longueur estimée de l'ordre de 1,5 km ;
- Priorité 4 : rive en érosion faible à négligeable ; mesure proposée : ensemencement et plantation des portions dénudées et amélioration du couvert végétal en place ; longueur estimée de l'ordre de 3,8 km ;
- Priorité 5 : rive concave stable ; mesure considérée : amélioration du couvert végétal en place au besoin ; longueur estimée de l'ordre de 2,7 km.

### 3.2.3 Évaluation technique

#### Faisabilité technique :

La revégétalisation des talus riverains est une méthode relativement simple pouvant se faire assez rapidement et qui demande peu de main d'œuvre et de machinerie. Une période de suivi et d'entretien est généralement requise au cours des premières années suivant l'installation. Les autres méthodes de stabilisation étudiées sont plus complexes, requièrent une main d'œuvre spécialisée et l'intervention de machinerie lourde. Les travaux doivent être menés en plusieurs étapes et s'échelonnent sur une période plus longue : conception et design, préparation du site et de l'accès, installation, plantation, suivi et entretien.

Coûts estimés approximatifs :

<b>Secteurs ciblés</b>	<b>Mesures proposées</b>	<b>Calcul des coûts</b>			
		<i>Longueur ou superficie</i>	<i>Largeur</i>	<i>Coût unitaire<sup>4</sup></i>	<i>Coût total</i>
<i>Rives concaves de priorités 1 et 2</i>	<i>Enrochement à la base (avec ajout de billots de bois) et revégétalisation</i>	<i>3 400 m</i>	<i>n/a</i>	<i>500 à 1 000 \$/m lin.</i>	<i>1,7 à 3,4</i>
<i>Rives rectilignes de priorité 2</i>	<i>Boudins pré-végétalisés et enrochement au besoin</i>	<i>900 m</i>	<i>n/a</i>	<i>160 à 300 \$/m lin.</i>	<i>0,1 à 0,3</i>
<i>Rives de priorité 3</i>	<i>Ajout d'enrochement et plantation (ajout de billots au besoin)</i>	<i>1 500 m</i>	<i>n/a</i>	<i>300 à 350 \$/m lin.<sup>5</sup></i>	<i>0,5</i>
<i>Rives de priorité 4</i>	<i>Revégétalisation agressive</i>	<i>3 800 m</i>	<i>5 m</i>	<i>10 à 30 \$/m<sup>2</sup><sup>6</sup></i>	<i>0,2 à 0,6</i>
<i>Rives de priorité 5</i>	<i>Amélioration du couvert végétal</i>	<i>2 700 m</i>	<i>5 m</i>	<i>5 à 25 \$/m<sup>2</sup></i>	<i>0,07 à 0,3</i>
				<b>TOTAL</b>	<b>2,6 à 5,1</b>

Efficacité à réduire les apports au réservoir Beaudet :

L'efficacité des mesures de stabilisation sur les rives dépend non seulement de la méthode de stabilisation utilisée mais également de la sévérité de l'érosion sur les rives (et donc de leur potentiel à livrer des sédiments à la rivière). Ainsi, des efforts pour stabiliser les rives de priorités 3, 4 et 5 seront considérés peu efficaces en ce qui concerne la problématique du réservoir Beaudet étant donné que celles-ci ne livrent que des quantités de sédiments négligeables à la Bulstrode. En fait, les interventions proposées pour ces rives visent à consolider les sols ou les protections en place à titre préventif. Par contre, des efforts de stabilisation sur les rives de priorités 1 et 2, qui sont celles qui fournissent et ont fourni le plus de sédiments au cours des dernières décennies, pourraient s'avérer un moyen efficace pour réduire l'apport de sédiments à la Bulstrode. Toutefois, il n'est pas évident que cette réduction de la charge sédimentaire soit ressentie jusque dans le réservoir. D'une part, on ne connaît pas la part de la contribution de ces rives au problème d'ensablement du réservoir Beaudet.

<sup>4</sup> Basé sur l'estimation de Terraformex (annexe 4).

<sup>5</sup> Comprend 250 à 350 \$ pour un correctif de pente avec végétalisation et matrice de contrôle d'érosion + 50 \$ pour l'ajout de billots de bois.

<sup>6</sup> Les écarts de coûts sont liés au supplément pour l'ajout d'espèces arborescentes à travers le couvert arbustif de base.

D'autre part, la stabilisation de rives au moyen d'ouvrages en partie rigides est susceptible d'occasionner le déplacement des forces érosives plus en aval et d'entraîner l'érosion du lit ou des rives qui étaient stables auparavant.

Avant de procéder à des mesures de stabilisation sur les rives, il serait donc souhaitable de :

- réaliser une étude plus approfondie de la charge sédimentaire (composition et volumes) à différents points le long du parcours de la Bulstrode dans le but de mieux connaître la dynamique sédimentaire et de préciser la contribution des rives en érosion du segment central.
- procéder à une analyse des forces érosives et de la morphologie du lit à proximité des rives ciblées, afin de préciser les paramètres des ouvrages et d'éviter les problèmes pouvant être liés à la migration de l'érosion.

Points à considérer :

Le recours au génie végétal, à des techniques mixtes ou à la mise en place de bois mort pour stabiliser les rives implique le plus souvent le remodelage complet du talus et le remaniement d'une partie de la berge. Ces travaux peuvent avoir des répercussions sur le milieu et causer certains dérangements. Des délais et des coûts sont à prévoir pour l'obtention de permis et/ou pour la réalisation d'études environnementales préalables aux travaux.

### **3.3. IMPLANTATION D'UN ESPACE DE LIBERTÉ**

#### **3.3.1 Mesures considérées et évaluation dans le contexte de la rivière Bulstrode**

Description : L'espace de liberté consiste en une large bande de terrain préservée de chaque côté d'une rivière (généralement à méandres), à l'intérieur de laquelle le cours d'eau peut évoluer librement (érosion/sédimentation). Les interventions dans le cours d'eau, sur ses rives et dans la bande riveraine adjacente y sont contrôlées. L'exploitation des terres peut y être admise en autant qu'elle se situe à une certaine distance de la rive.

Objectifs : réduire les coûts récurrents qui seraient requis pour contrer l'érosion ou limiter les inondations en bordure d'un cours d'eau très dynamique et redonner un aspect naturel au cours d'eau.

#### **3.3.2. Mesures spécifiques proposées et secteurs ciblés**

Secteurs ciblés : le territoire visé a été délimité suivant deux approches (voir section 2.3 du rapport). Un espace de liberté *minimal* a été établi pour chacun des deux segments de rivière où les rives sont les plus touchées par l'érosion, soit le tronçon compris entre les PK 12 et 15 et celui s'étendant entre les PK 18,5 et 22. La largeur de ces corridors, qui fait 400 à 600 m, a été déterminée en considérant l'amplitude maximale des méandres. Ils couvrent chacun 1 à 1,5 km<sup>2</sup>.

Un espace de liberté plus étendu (appelé *maximal*) a été identifié pour l'ensemble du segment central de la rivière, compris entre la route 116 et le barrage de Sainte-Sophie (PK 10 à 27). Il a été délimité par photo-interprétation en tenant compte de la mobilité et de l'inondabilité du cours d'eau. Sa largeur varie entre 250 et 900 m et sa superficie atteint un peu plus de 5 km<sup>2</sup>.

Mesures spécifiques proposées : plusieurs options peuvent être envisagées. Comme la majeure partie des terres ciblées sont utilisées pour l'agriculture, il paraît plus logique de préserver une bande riveraine sur une largeur minimale (de l'ordre de 15 m) et de permettre les activités agricoles dans le reste de l'espace de liberté. Une servitude devrait alors être négociée auprès des propriétaires plutôt que le rachat des terres.

### 3.3.3 Évaluation technique

Faisabilité technique : peu d'intervention requise, mis à part la délimitation de l'espace de liberté et la négociation auprès des propriétaires et utilisateurs riverains.

#### Coûts estimés approximatifs :

Les coûts dépendront du prix convenu pour l'achat des terres ou pour la négociation de servitudes. La superficie des terres en fonction de leur utilisation est fournie ci-après pour chaque espace de liberté proposé :

	Espace de liberté minimal	Espace de liberté maximal	Coût total <sup>7</sup> (en M \$)
Terre en culture :	1,8 km <sup>2</sup>	4,5 km <sup>2</sup>	1,8 à 4,5
Terre en friche :	0,3 km <sup>2</sup>	0,6 km <sup>2</sup>	0,3 à 0,6
Terrain boisé :	0,1 km <sup>2</sup>	0,1 km <sup>2</sup>	0,1
Terrain habité et zone aménagée :	< 0,1 km <sup>2</sup>	0,1 km <sup>2</sup>	0,1
<b>Superficie totale</b>	<b>2,3 km<sup>2</sup></b>	<b>5,3 km<sup>2</sup></b>	<b>2,3 à 5,3</b>

Dans le coût global, on devra considérer l'économie réalisée sur les coûts qui auraient été requis pour la stabilisation des rives.

#### Efficacité à réduire les apports au réservoir Beaudet :

Très peu efficace. La préservation d'un espace de liberté ne freinera pas l'érosion des rives, ni le transport des sédiments dans la rivière. L'évolution naturelle de la rivière fera en sorte que l'érosion se déplacera progressivement et affectera de nouvelles rives, alors que celles qui sont actives aujourd'hui finiront par se stabiliser. Le bilan sédimentaire devrait rester somme toute à peu près le même et devrait donc entraîner peu de changements en ce qui concerne la problématique du réservoir Beaudet. La reprise naturelle de la végétation sur les rives préservées pourrait cependant en venir à réduire légèrement l'érosion à long terme.

<sup>7</sup> Basé sur une valeur de 10 000 \$/ha (recommandé par Groupe Experts Agro Bois-Francis).

Points à considérer :

- L'espace de liberté impose plusieurs restrictions quant à l'utilisation des terrains sur un assez vaste territoire. Cette mesure peut être mal perçue par les propriétaires riverains, notamment en ce qui concerne les agriculteurs.

### 3.4. MISE EN PLACE DE SEUILS DANS LE LIT DU COURS D'EAU

#### 3.4.1. Description et évaluation globale dans le contexte de la rivière Bulstrode

Description : Installation de crêtes (ou digues) composées de roches et/ou de bois mort, dans le lit d'un cours d'eau de façon à modifier le niveau d'eau et les conditions d'écoulement localement. Les seuils sont généralement positionnés perpendiculairement à l'écoulement et rejoignent les deux rives, mais leurs dimensions (la hauteur surtout), leur morphologie (seuil droit, seuil en V) et leur disposition peuvent varier selon les caractéristiques géomorphologiques et les conditions hydrologiques du milieu ainsi que les objectifs à atteindre.

Objectifs : l'installation de seuils entraîne plusieurs changements dans la dynamique sédimentaire : composition locale du lit, niveau d'eau (hausse à l'amont et baisse à l'aval), direction et vitesse d'écoulement. Ils sont le plus souvent aménagés dans le but de favoriser l'habitat du poisson. Lorsqu'ils sont bien adaptés au milieu, ils peuvent également contribuer à la réduction de l'érosion ou du transport sédimentaire.

Évaluation globale : les experts consultés sont d'avis que l'aménagement de seuils pour limiter l'érosion et favoriser la rétention de sédiments serait peu approprié au contexte du segment central de la rivière Bulstrode et ce, pour plusieurs raisons :

- La charge sédimentaire de la Bulstrode semble en grande partie composée de sédiments fins (silt et argile) qui sont transportés en suspension et qui ne pourraient être captés par des seuils.
- La portion sableuse de la charge sédimentaire pouvant être interceptée par ces seuils ne représente probablement qu'une infime proportion des sédiments qui atteint le réservoir Beaudet.
- Afin de limiter les risques d'embâcle, de conserver un écoulement minimal en été et de favoriser la libre circulation du poisson, la hauteur des seuils ne doit généralement pas dépasser 1 à 1,5 m. La zone d'influence à l'amont de seuils de faible hauteur a une portée limitée (quelques centaines de mètres). Par conséquent, les effets bénéfiques pouvant être ressentis sur l'érosion (provoqués par la hausse du niveau d'eau et la diminution de la vitesse d'écoulement à l'amont des seuils) ne toucheraient qu'une portion très réduite des rives.
- Dans un segment de rivière aussi dynamique que celui de la Bulstrode, il est difficile de prévoir et de contrôler les impacts de la mise en place de seuils sur la morphologie du lit et les processus d'érosion et de sédimentation. Plusieurs cas d'aménagement de seuils invoqués dans la littérature se sont avérés inefficaces (détérioration des structures par les glaces, déplacement des matériaux vers l'aval, débordement latéral et érosion imprévue, etc.). On ne peut écarter la possibilité que ces structures créent de l'érosion ailleurs dans le cours d'eau.

### 3.4.2. Mesures spécifiques proposées et secteurs ciblés

Bien que l'utilisation de seuils ne soit pas recommandée pour les raisons invoquées plus haut, nous avons tout de même procédé à une évaluation sommaire de ces ouvrages dans le contexte du segment central de la Bulstrode.

Les emplacements qui nous ont semblé les plus favorables pour l'installation de seuils visant à réduire les vitesses d'écoulement et à capter les sédiments sableux, sont les segments de rivières rectilignes situés à l'aval des rives les plus affectées par l'érosion. Trois sites ont été retenus (PK 11,8, PK 13 et PK 20,8). À chaque site, l'aménagement d'une série de trois seuils est proposé.

### 3.4.3. Évaluation technique

#### Faisabilité technique :

La construction de seuils peut être complexe. Elle requiert l'intervention de machinerie en rivière et demande des précautions particulières (mise en place de batardeaux, type de machinerie adaptée, protection des éléments du milieu naturel, etc.).

#### Coûts estimés approximatifs :

Les coûts estimés pour la mise en place d'un seuil peuvent varier entre 10 000 et 40 000 \$ selon les spécifications à rencontrer et les difficultés de construction (travaux à sec ou non). Le type de seuil qui pourrait convenir dans le cas de rivière Bulstrode serait installé directement dans le cours d'eau. On estime que sa construction coûterait entre 10 000 et 20 000\$.

<b>Secteurs ciblés</b>	<b>Mesures proposées</b>	<b>Calcul des coûts</b>			
		<i>Nombre de seuils par site</i>	<i>Nombre total de seuils</i>	<i>Coût unitaire<sup>8</sup></i>	<i>Coût total (en M \$)</i>
<i>Trois sites localisés aux PK 11,8, 13 et 20,8 dans les segments de rivière rectilignes en aval des rives les plus affectées par l'érosion</i>	<i>Seuils en enrochement installés directement dans le cours d'eau (travaux à sec non requis)</i>	<i>3</i>	<i>9</i>	<i>10 000 à 20 000 \$/seuil</i>	<i>0,09 à 0,18</i>
				<b>TOTAL</b>	<b>0,09 à 0,18</b>

<sup>8</sup> Basé sur l'estimation de Terraformex, section Aménagement de seuils par enrochement (annexe 4).

### Effacité à réduire les apports au réservoir Beaudet :

Peu efficace. Étant donné la nature du lit et des rives (silt et argile surtout) dans le segment central, la plus grande partie de la charge sédimentaire serait transportée en suspension et ne serait donc pas captée par les seuils. D'autre part, les modifications engendrées par les seuils sur la dynamique du cours d'eau risquent de déplacer l'érosion. Les efforts et les coûts engagés pour la mise en place de seuils apporteraient donc peu de bénéfices concernant la problématique du réservoir Beaudet.

### Points à considérer :

- La mise en place de seuils implique des interventions dans le lit de la rivière qui requièrent l'obtention de permis, voire même d'une étude d'impact sur l'environnement. Des coûts et des délais sont à prévoir pour ces étapes.
- La conception des ouvrages doit être adaptée aux conditions morphologiques et hydrologiques locales si on veut augmenter l'efficacité des ouvrages et limiter les effets indésirables sur le milieu (déplacement de l'érosion, augmentation des embâcles, obstruction à la circulation du poisson, entrave à la navigation, etc.). Des coûts et délais sont à prévoir pour les études préalables permettant de préciser les conditions du milieu.

## **3.5 DÉMANTÈLEMENT DU BARRAGE DE SAINTE-SOPHIE**

L'option du démantèlement du barrage de Sainte-Sophie a été soumise par nos experts en géomorphologie fluviale dans l'optique de rétablir la dynamique sédimentaire naturelle de la rivière Bulstrode. Cette mesure aurait pour effet de réalimenter le segment central de la rivière en sédiments grossiers (sables et graviers actuellement captés à l'amont du barrage). La remise en circulation de ces sédiments vers l'aval permettrait d'améliorer la stabilité du lit du cours d'eau, d'augmenter sa sinuosité, de réduire les vitesses d'écoulement et éventuellement de réduire sa capacité d'érosion. Il s'agit d'un lent processus de transformation dont les effets ne seraient ressentis dans le réservoir Beaudet qu'à très long terme (sur plus de 50 ans).

Bien que les bénéfices pour le réservoir Beaudet ne soient pas assurés par ce type de mesure, celle-ci peut certainement contribuer à améliorer la qualité des habitats aquatiques et riverains. Par contre, pour atteindre cet objectif elle gagnerait à être combinée à d'autres types de mesures comme la préservation d'un espace de liberté ou de bandes riveraines.

Aux États-Unis, plusieurs cas de barrages devenus obsolètes ont été démantelés ces dernières années (Californie, Washington, Kentucky). L'objectif principal de ces projets consiste à restaurer les cours d'eau pour favoriser l'habitat du poisson. Les coûts indiqués atteignent entre 20 et 60 M \$ (pour des barrages de plusieurs dizaines de mètres de hauteur). En ce qui concerne le barrage de Sainte-Sophie, de dimensions beaucoup plus modestes, les coûts seraient nettement inférieurs, mais il nous est impossible d'en évaluer l'ampleur à ce stade-ci.

## 4.1. MESURES D'INTERVENTION RECOMMANDÉES

La proposition d'un espace de liberté n'a pas été retenue comme mesure à privilégier dans le cas de la Bulstrode. La zone qui serait requise pour permettre à la rivière d'évoluer librement couvre une importante superficie qui s'étend sur 200 à près de 500 m de part et d'autre du cours d'eau. Comme ces terrains sont occupés en majeure partie par l'agriculture (> 90 % de la superficie), les coûts à verser en compensation pour la perte d'exploitation des terres ou la restriction des activités risquent d'être considérables. Dans ce contexte, la préservation de bandes riveraines plus restreintes semble préférable. Cette mesure est peu coûteuse, est bénéfique pour l'environnement et risque d'être mieux acceptée par les riverains. Notons que ni l'une ni l'autre de ces mesures n'aurait d'effet significatif sur la problématique du réservoir Beaudet. Par contre, la reprise progressive de la végétation en bordure des rives permettrait d'améliorer l'aspect naturel du cours d'eau et pourrait éventuellement contribuer à réduire l'érosion sur certaines rives.

En ce qui concerne les mesures analysées pour la stabilisation des rives, les techniques de génie végétal n'ont pas été privilégiées pour les raisons déjà évoquées à la section 3.2.1 du rapport. Ces pratiques semblent mal adaptées aux pressions exercées par l'agriculture à proximité des rives. De plus, elles réussiraient difficilement à freiner le recul des rives dans les secteurs subissant de l'érosion sévère. Pour les rives situées en milieu de forte énergie, on a donc plutôt opté pour des ouvrages utilisant des techniques mixtes comprenant de l'enrochement au niveau de la berge et des techniques de revégétalisation dans la portion supérieure des talus. Pour les rives affectées par une érosion faible à très faible, des travaux de revégétalisation par ensemencement et plantation sont recommandés.

Le recours aux interventions visant à modifier la dynamique du cours d'eau n'a pas été privilégié. L'option du démantèlement du barrage de Sainte-Sophie (au PK 27) serait coûteuse et n'aurait d'effet qu'à très long terme sur la dynamique sédimentaire de la rivière et du réservoir Beaudet. L'installation de seuils en rivière n'est pas recommandée non plus. D'une part, leur efficacité à emmagasiner des sédiments serait limitée compte tenu de la composition essentiellement silto-argileuse de la charge sédimentaire. D'autre part, ils sont coûteux, leur construction est complexe et leur taux de succès est faible. La seule mesure retenue qui permettrait de modifier la direction des courants est l'insertion de billots de bois à même les protections existantes ou dans les enrochements proposés dans les rives concaves. Cette mesure est décrite plus en détail à la section 4.2.3.

## 4.2. SCÉNARIOS PROPOSÉS ET MESURES SPÉCIFIQUES

Trois scénarios d'intervention sont proposés. Les types d'intervention rattachés à chacun et leurs principales caractéristiques sont résumés au tableau 2. Le scénario minimal propose des mesures uniquement aux sites où une intervention est urgente. On considère le scénario intermédiaire comme celui qui est optimal si l'on considère le rapport efficacité/coûts. Il cible les sites stratégiques, soit ceux qui sont problématiques ou qui pourraient le devenir à court terme et présentent des mesures dont les effets seraient ressentis assez rapidement. Le scénario maximal reprend les interventions de l'option intermédiaire et y ajoute des mesures préventives ou visant à améliorer l'aspect naturel.

### 4.2.1. Mesures s'appliquant à la bande riveraine

Des mesures analysées concernant la bande riveraine, celle qui nous est apparue la plus avantageuse consiste à conserver une bande riveraine de largeur limitée et à procéder à des efforts de revégétalisation adaptés à la densité et à la nature du couvert végétal en place. Les mesures spécifiques recommandées suivant les trois scénarios sont les suivantes :

*Scénario minimal* : conserver une bande riveraine de 3 m et concentrer les efforts de revégétalisation dans les portions en culture. *Coûts : 0,02 à 0,06 M \$*

*Scénario intermédiaire* : conserver une bande riveraine de 10 m et concentrer les efforts de revégétalisation dans les portions en culture. *Coûts : 0,5 à 1,5 M \$*

*Scénario maximal* : conserver une bande riveraine de 10 m, effectuer la revégétalisation des portions en culture et améliorer le couvert végétal par la plantation dans les portions en friche et sur les terrains habités. *Coûts : 1,6 à 7,0 M \$*

### 4.2.2. Mesures considérées pour la stabilisation des rives

Le contexte d'érosion du segment central de la Bulstrode requiert l'utilisation de techniques mixtes plutôt que du génie végétal seul pour stabiliser les rives. De l'enrochement de gros calibre est recommandé à la base des rives en érosion forte et moyenne, alors que les techniques utilisées dans la portion supérieure des talus pourront varier : installation d'enrochement de plus petit calibre avec revégétalisation ou pose d'armatures végétales. L'utilisation des techniques végétales seule sera réservée aux rives en érosion faible à très faible ou encore aux rives déjà protégées (en y renforçant l'enrochement au besoin).

Les mesures spécifiques recommandées suivant les trois scénarios sont les suivantes :

*Scénario minimal* : stabiliser avec des techniques mixtes les rives concaves en érosion forte et moyenne des segments les plus affectés par l'érosion (PK 12 à 15 et PK 18,5 à 21). *Coûts : 1,7 à 3,2 M \$*

*Scénario intermédiaire* : stabiliser avec des techniques mixtes les rives concaves en érosion forte et moyenne et renforcer les rives concaves protégées des segments les plus affectés par l'érosion (PK 12 à 15 et PK 18,5 à 21). *Coûts : 2,2 à 3,7 M \$*

*Scénario maximal* : stabiliser avec des techniques mixtes les rives concaves en érosion forte et moyenne et renforcer les rives concaves protégées des segments les plus affectés par l'érosion (PK 12 à 15 et PK 18,5 à 21). Stabiliser avec des techniques mixtes les rives en érosion moyenne situées en amont du PK 21. Stabiliser les rives en érosion faible à très faible à l'aide de végétation. *Coûts : 2,5 à 4,6 M \$*

#### 4.2.3. Mesures pour la modification de l'écoulement et de la dynamique sédimentaire

Le recours aux interventions dans le lit du cours d'eau devrait être limité en raison des coûts importants de ces méthodes, de la complexité d'installation des structures et des risques de déplacer l'érosion, voire même de l'aggraver le long du tracé de la rivière. La seule option considérée consisterait à incorporer des billots (pointant vers l'aval) aux protections existantes ou aux enrochements proposés pour la stabilisation des rives concaves. Les billots seraient plus appropriés que les branches ou les troncs d'arbres en raison de leur aspect lisse qui réduit les risques d'embâcle. Leur approvisionnement est également plus facile. Cette mesure aurait pour objectif de réduire la force des courants près des rives et favoriserait la sédimentation.

Il est recommandé d'opter pour cette mesure sur les rives concaves (protégées ou non) où des travaux de stabilisation sont proposés (PK 12 à 15 et PK 18,5 à 21). Les coûts évalués à 0,3 M \$ sont inclus dans les scénarios intermédiaire et maximal.

#### 4.3. ÉTAPES PRÉALABLES AUX INTERVENTIONS

Suite à cette étude, il s'est avéré que certaines informations de base manquaient pour faire un choix plus éclairé quant aux interventions à entreprendre dans le cadre du programme de restauration projeté. À notre avis, il serait souhaitable d'acquérir davantage de données en ce qui concerne les caractéristiques hydro-géomorphologiques de la rivière Bulstrode et du réservoir Beudet. Plus spécifiquement, il s'agirait de :

- ✓ Procéder à des relevés bathymétriques et des prélèvements de sédiments dans le réservoir Beudet sur une période de 2 ans afin d'y estimer le taux de sédimentation et de préciser la composition des matériaux qui l'alimentent;
- ✓ Mesurer les vitesses d'écoulement et la charge sédimentaire à différents sites le long du segment central de la rivière Bulstrode (notamment à l'amont et à l'aval des segments de la Bulstrode les plus affectés par l'érosion ainsi que des points de jonction des principaux tributaires). Ces relevés seraient menés en considérant les conditions hydrologiques (crue, étiage, etc.) et pourraient être répartis sur une période de 2 ans.

La connaissance plus approfondie de ces paramètres permettrait de préciser la source des problèmes, de mieux cibler les mesures qui puissent être efficaces pour y pallier et d'intervenir aux endroits stratégiques.

D'autre part, dans une étape ultérieure du projet, il serait nécessaire d'effectuer des relevés plus détaillés aux abords des sites de travaux avant de procéder à toute intervention sur les rives ou dans le cours d'eau. Ceci afin de préciser la morphologie des rives et du lit ainsi que des conditions hydrologiques locales (vitesse et direction des courants sur une base annuelle), intrants incontournables pour l'étape de conception des ouvrages. Des levés Lidar de précision menés en période d'étiage pourraient combler en grande partie ces besoins.

**Aecom, October 2010.** Appendix G. Riverbank Stabilization Techniques. 82 p.

**Bellavance, M., Agence régionale de mise en valeur des forêts privées du Bas-Saint-Laurent, mars 2008.** Bilan sur les structures aménagées dans le cadre du projet de restauration du ruisseau Lauzier à Val-Brillant. 15 p.

**Biron, P. et al, 2012.** Espace de liberté : un mode de gestion durable des cours d'eau dans un contexte de changements climatiques. 23 p.

**Biron, P. et al, juillet 2013.** Espace de liberté : un cadre de gestion intégrée pour la conservation des cours d'eau dans un contexte de changements climatiques. 125 p.

**Buffin-Bélanger, T. et al. 2012.** Évaluation des outils hydrogéomorphologiques pour la cartographie des espaces de liberté dans les systèmes fluviaux du Québec. 3 p.

**Comtois, S. et Gagnon, J.-A., 2012.** Les projets par bassin versant au-delà des travaux Prime-Vert. Des initiatives novatrices. 14 p.

**Corporation de gestion des rivières des Bois-Francs et Groupe-conseil Solivar, février 1992.** Évaluation d'infrastructures hydrauliques en vue d'augmenter la production en salmonidé et le potentiel de pêche des rivières Nicolet et des Vases. Étude de pré-faisabilité. 15 p. et 2 annexes.

**David, S. et Bergeron, L., Les Laboratoires Shermont inc., avril 2004.** Caractérisation des sédiments. Réservoir Beaudet, Victoriaville (Québec). 11 p. et 1 annexe.

**Duhamel, D. et Bariteau, L. 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. Rapport préliminaire présenté au Service de l'environnement de la Ville de Victoriaville. 29 pages et 1 annexe.

**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. 25 pages.

**Epteau (Jean-René Malavoi) – Latitude, Bassin Rhône Méditerranée Corse, novembre 1998.** Guide technique no 2. Détermination de l'espace de liberté des cours d'eau. 39 p.

**Fischenich, J. C. and. Morrow, J.V Jr., EMRRP, May 2000.** Streambank Habitat Enhancement with Large Woody Debris. 15 p.

**Groupe HBA experts-conseils inc., septembre 2004.** Réaménagement du réservoir Beaudet, Ville de Victoriaville. Étude d'impact sur l'environnement déposée au ministère de l'environnement. Rapport principal. 107 p., 7 annexes et 5 cartes.

**GSWCC, April 2011.** Streambank and shoreline stabilization - Techniques to Control Erosion and Protect Property. 23 p.

**Niezgoda, S.L. and Johnson P.A., Journal of hydraulic engineering, May 2012.** Applying Risk-Benefit Analysis to Select an Appropriate Streambank Stabilization Measure. p. 449-461.

**Northwest Regional Planning Commission, 2004.** The Shoreline Stabilization Handbook. 49 p.

**Parish Geomorphic, 2001.** Belt Width Delineation Procedures. 98-023 - Final Report. 68 p. and 3 appendices.

**Torre, A., February 2001.** Stream Stabilisation. Water and Rivers Commission Waterways WA Program. Managing and enhancing our waterways for the future. 32 p.

**TVA, No. 8 in Riparian Restoration Fact Sheets Series.** Using Stabilization Techniques To Control Erosion and Protect Property. 4 p.

# ANNEXE 1

## CARTES 1 À 3

CARTE 1 : SECTEURS CIBLÉS – REVÉGÉTALISATION DES BANDES RIVERAINES)

CARTE 2 : SECTEURS CIBLÉS – STABILISATION DE RIVES

CARTE 3 : SECTEURS CIBLÉS – ESPACE DE LIBERTÉ

**Type d'intervention proposé**

- Revégétalisation de la bande riveraine (sur une partie de la bande riveraine)
- Revégétalisation et amélioration du couvert végétal en place (sur toute la largeur de la bande riveraine)
- Amélioration complète du couvert végétal en place (sur toute la largeur de la bande riveraine)
- Amélioration partielle du couvert végétal en place (sur une partie de la bande riveraine)

**État des talus riverains**

- Talus en érosion
- Talus en érosion probable
- Talus stable

**Protection de berge**

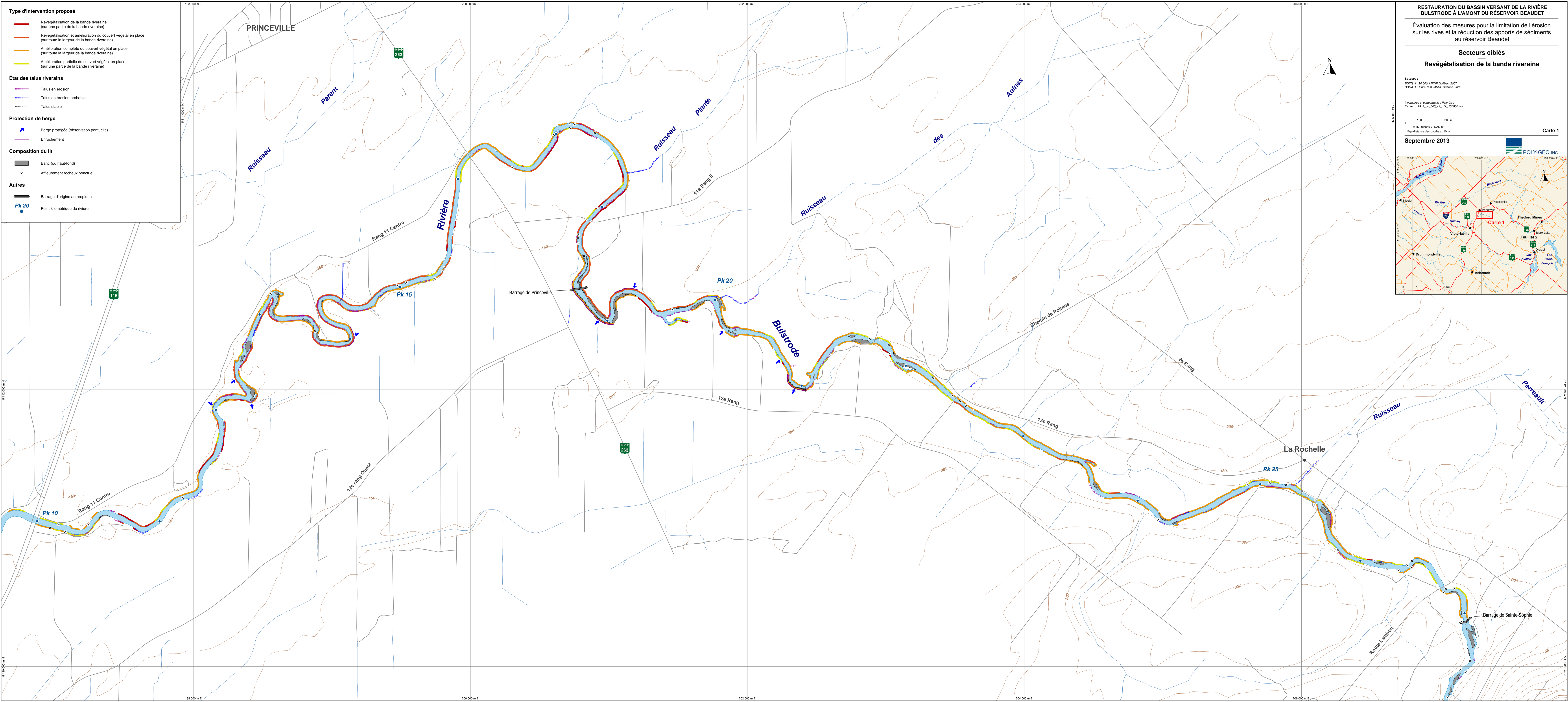
- Berge protégée (observation ponctuelle)
- Enrochement

**Composition du lit**

- Banc (ou haut-fond)
- Affleurement rocheux ponctuel

**Autres**

- Barrage d'origine anthropique
- Pk 20
- Point kilométrique de rivière



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

Évaluation des mesures pour la limitation de l'érosion sur les rives et la réduction des apports de sédiments au réservoir Beaudet

**Secteurs ciblés**

**Revégétalisation de la bande riveraine**

Sources : BDQ, 1 : 20 000, MINSU Québec, 2007  
BDQA, 1 : 1 000 000, MINSU Québec, 2002

Inventaires et cartographie : Poly-Géo  
Fichier : 12912\_po\_003\_e\_10k\_130900.wor

0 100 300 m

MTM, Zone 7, NAD 83  
Épaisseur des coupes : 10 m

Carte 1

Septembre 2013

POLY-GÉO INC.

**Priorité d'intervention sur les rives à stabiliser**

- Priorité 1 : Rive active en érosion forte (recul > 1 m/an)
- Priorité 2 : Rive active en érosion moyenne (recul > 0,25 à 1 m/an)
- Priorité 3 : Rive concave protégée ± efficacité
- Priorité 4 : Rive active en érosion faible à négligeable (recul > 0,25 m/an)
- Priorité 5 : Rive concave stable

**État des talus riverains**

- Talus en érosion
- Talus en érosion probable
- Talus stable

**Protection de berge**

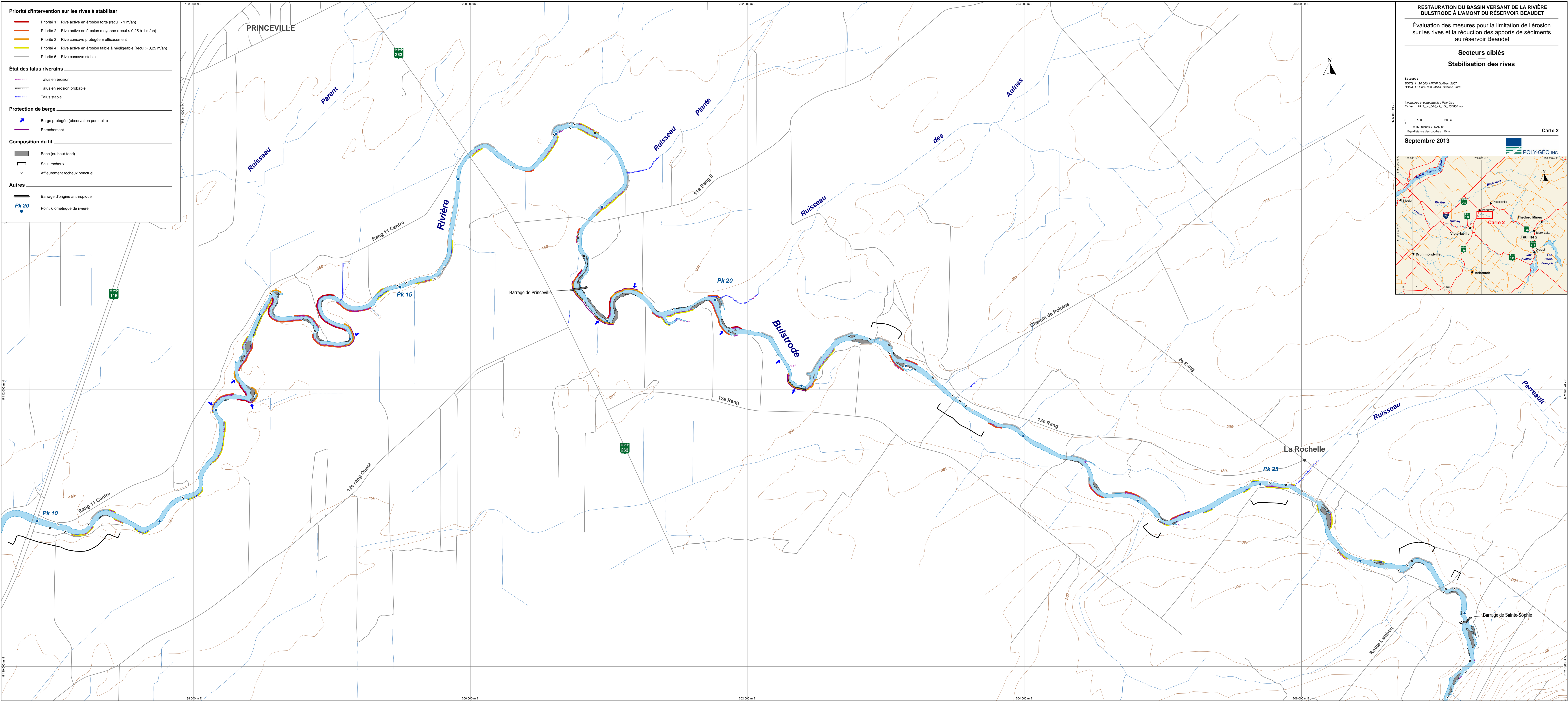
- Berge protégée (observation ponctuelle)
- Enrochement

**Composition du lit**

- Banc (ou haut-fond)
- Seuil rocheux
- Affleurement rocheux ponctuel

**Autres**

- Barrage d'origine anthropique
- Pk 20
- Point kilométrique de rivière



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

**Évaluation des mesures pour la limitation de l'érosion sur les rives et la réduction des apports de sédiments au réservoir Baudet**

**Secteurs ciblés**

**Stabilisation des rives**

Sources :  
 BDQA : 1 : 20 000, MNRQ Québec, 2007  
 BDQA : 1 : 100 000, MNRQ Québec, 2002

Inventaire et cartographie : Poly-Géo  
 Fichier : 12912\_po\_004\_c2\_10k\_130900.wor

0 100 300 m  
 MTM, fuseau 7, NAD 83  
 Épaisseur des coupes : 10 m

Carte 2

Septembre 2013

POLY-GÉO INC.



# ANNEXE 2

## TABLEAUX 1 ET 2

TABLEAU 1 : COMPARAISON DES MESURES ANALYSÉES POUR LE SEGMENT CENTRAL DE LA RIVIÈRE BULSTRODE

TABLEAU 2 : SCÉNARIOS PROPOSÉS POUR LE SEGMENT CENTRAL DE LA RIVIÈRE BULSTRODE

TABLEAU 1. COMPARAISON DES MESURES ANALYSÉES DANS LE SEGMENT CENTRAL DE LA RIVIÈRE BULSTRODE

A) MESURES S'APPLIQUANT À LA BANDE RIVERAINE

Type d'intervention	Description sommaire	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS	Secteurs ciblés	Efficacité à réduire l'ensablement du réservoir Beaudet	Faisabilité technique	Coûts unitaires approximatifs	Impacts à considérer sur le milieu
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
<b>Revégétalisation des bandes riveraines</b>	Revégétalisation (ensemencement et/ou plantation) et préservation de la végétation en place sur une bande de terrain (d'une largeur de 3 à 10 m généralement) sur chacune des rives du cours d'eau.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stockage des sédiments provenant du ruissellement.</li> <li>- Stabilisation partielle des berges. Peut réduire l'érosion lorsque les racines sont bien implantées, surtout si on utilise des espèces spécialisées.</li> <li>- Création d'habitats terrestres.</li> <li>- Ombrage bénéfique pour la température de l'eau.</li> <li>- Diminue la pression exercée sur les berges par l'agriculture.</li> <li>- Entretien minimal.</li> <li>- Végétation riveraine = brise-vent naturel, filtre pollution de l'air et de l'eau, régulateur du cycle hydrologique.</li> <li>- Amélioration de l'aspect naturel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perte de terre pour les agriculteurs (possibilité de planter des espèces commercialisables).</li> <li>- Probablement inutile si utilisé seul sur les rives concaves soumises à une forte érosion (sol et végétation seront emportés par érosion avant que les racines ne puissent s'implanter).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'ensemble du segment de rivière entre les PK 10 et 27 sur une bande de 10 m de largeur sur chaque rive.</li> <li>- Le quart de la superficie de la bande riveraine de 10 m est déjà boisée. Les efforts de revégétalisation ne seraient donc requis que sur une superficie totale de 270 000 m<sup>2</sup> dans les proportions suivantes : <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Revégétalisation : 50 000 m<sup>2</sup>;</li> <li>b) Amélioration du couvert végétal en place : 220 000 m<sup>2</sup>.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efficacité nulle à court terme.</li> <li>- Faible à très faible à moyen terme. Les efforts de revégétalisation pourraient porter fruit à moyen terme et éventuellement réduire l'érosion dans les secteurs de faible énergie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Simple, mais demande un accès pour main d'œuvre et petits véhicules.</li> <li>- Prévoir accès pour entretien.</li> </ul>	<p>Faible : de 5 à 30 \$/m<sup>2</sup></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ensemencement et plantation : 10 à 30 \$/m<sup>2</sup>.</li> <li>- Amélioration du couvert végétal en place : 5 à 25 \$/m<sup>2</sup>.</li> <li>- Compensation à prévoir pour la perte d'usage du terrain.</li> </ul>	Faible acceptabilité par les riverains en raison de la perte de l'usage des terres dans la bande riveraine (10 m).
<b>Corridor ou espace de liberté</b>	<p>Large bande de terrain délimitée de chaque côté d'une rivière (généralement à méandres), à l'intérieur de laquelle le cours d'eau pourra évoluer librement (érosion/sédimentation).</p> <p>La largeur du corridor dépend de plusieurs facteurs, notamment de l'amplitude des méandres (actuels et anciens).</p> <p>Certaines activités peuvent continuer à s'exercer à l'intérieur de l'espace de liberté, mais toute intervention dans la bande riveraine, sur la rive ou dans le cours d'eau y est interdite.</p> <p>On peut procéder par le rachat des terres ou par l'acquisition de servitudes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminue les coûts de protection des berges.</li> <li>- Réduit les impacts des dommages liés aux inondations.</li> <li>- Réduit la pression exercée sur les berges par l'agriculture.</li> <li>- Permet la revégétalisation naturelle près des cours d'eau (donc rejoint à long terme les avantages des bandes riveraines).</li> <li>- Améliore le milieu naturel : diversification et augmentation de la faune et de la flore; amélioration de la qualité de l'eau; aspect plus esthétique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ne diminue pas l'apport sédimentaire au réservoir à court et moyen termes.</li> <li>- Perte de droit pour les riverains (culture, construction, etc.).</li> <li>- Coût pour l'achat des terrains ou autres compensations (servitude).</li> </ul>	<p>On possède actuellement peu d'informations pour délimiter l'espace de liberté. Pour les fins du présent exercice, deux options sont proposées.</p> <p>Espace de liberté <b>minimal</b> : corridors proposés seulement pour les segments à méandres, qui évoluent rapidement : PK 12 à 15 et PK 18,5 à 22. Dimensions : 400 à 600 m de largeur; superficie de 1 à 1,5 km<sup>2</sup> chacun.</p> <p>Espace de liberté <b>maximal</b> : corridor délimité par photo-interprétation pour l'ensemble du segment de rivière : PK 10 à 27. Dimensions : 250 à 900 m de largeur; superficie : 5 km<sup>2</sup>.</p> <p>Pour les deux options, l'utilisation des terres est répartie de la façon suivante :</p> <p>Terre en culture : 80 à 85 %  Terre en friche : 12 à 15%  Terrain boisé : 2 à 3 %  Terrain habité (habitations, bâtiments) : 1 à 2 %  Zone aménagée (route) : &lt; 1 %.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efficacité nulle à court et moyen termes.</li> <li>- Très faible à long terme. Pourrait éventuellement réduire l'érosion (et possiblement la charge sédimentaire) suite à la reprise naturelle de la végétation riveraine.</li> </ul>	Simple. Peu d'intervention requise.	<p>Coût pour l'acquisition des terres ou pour la compensation (dans le cas de l'acquisition d'une servitude).</p> <p>Il faut tenir compte de l'économie pouvant être réalisée sur les coûts liés à la stabilisation de rives (études préalables, conception, construction).</p> <p>Superficie touchée :  Espace de liberté <b>minimal</b> :  Terre en culture : 1,8 km<sup>2</sup>  Terre en friche : 0,3 km<sup>2</sup>  Terrain boisé : 0,1 km<sup>2</sup>  Terrain habité et zone aménagée : &lt; 0,1 km<sup>2</sup>.</p> <p>Espace de liberté <b>maximal</b> :  Terre en culture : 4,5 km<sup>2</sup>  Terre en friche : 0,6 km<sup>2</sup>  Terrain boisé : 0,1 km<sup>2</sup>  Terrain habité : 0,1 km<sup>2</sup>  Zone aménagée : &lt; 0,1 km<sup>2</sup>.</p>	Très faible acceptabilité par les riverains (surtout en terrain agricole).

TABLEAU 1. COMPARAISON DES MESURES ANALYSÉES DANS LE SEGMENT CENTRAL DE LA RIVIÈRE BULSTRODE

B) MESURES POUR LA STABILISATION DES RIVES

NOTE : Recommandation : avant de procéder à la stabilisation des rives (qu'importe la technique), il serait pertinent d'évaluer si la contribution des rives en érosion à la charge de la rivière est significative. Suggestion : effectuer des mesures de la charge sédimentaire (fond et suspension) en aval et en amont des segments les plus actifs, selon différentes conditions hydrologiques.

Type d'intervention	Description sommaire	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS	Secteurs ciblés	Efficacité à réduire l'ensablement du réservoir Beaudet	Faisabilité technique	Coûts unitaires approximatifs	Impacts à considérer sur le milieu
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
<b>Ensemencement et plantation de végétaux</b>	<p>Ensemencer et/ou planter les talus riverains avec des espèces herbacées, arbustives ou arborescentes dans le but d'implanter un couvert végétal ou de le renforcer.</p> <p>Le système racinaire permet de consolider le sol et éventuellement de réduire l'érosion dans des milieux de faible énergie.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Méthode très simple et peu dispendieuse.</li> <li>- Une fois implantée, la végétation peut réduire la vitesse de l'écoulement et diminuer l'impact des courants sur la berge.</li> <li>- Le développement d'un réseau racinaire (durable) contribue à ralentir l'érosion.</li> <li>- L'utilisation de géotextile pour recouvrir l'ensemencement augmente le succès de cette méthode: réduit les changements de la température du sol, l'évaporation et favorise l'infiltration (donc sol humide qui favorise la croissance de la végétation), protège les graines et le sol de l'érosion par ruissellement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Méthode insuffisante lorsque l'érosion est forte.</li> <li>- Très fragile avant la prise des racines dans le sol. Doit parfois être jumelé à une protection supplémentaire temporaire.</li> <li>- Échec fréquent au cours des 2 premières années.</li> <li>- Reprise végétale pas toujours assurée; entretien et remplacement des végétaux nécessaires.</li> <li>- Peut nécessiter de refaçonner la pente.</li> <li>- Géotextile : durée de vie limitée.</li> </ul>	<p>Rives en érosion faible à négligeable et rives concaves protégées ou stables (au besoin).</p> <p>Longueur totale : 8 000 m (voir rives de priorités 3, 4 et 5, Carte 2)</p>	<p>Faible. Les rives pour lesquelles ces méthodes sont proposées fournissent peu ou pas de sédiments par érosion.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relativement simple.</li> <li>- Installation facile, assez rapide (peu d'étapes).</li> <li>- Requiert peu de machinerie et ne demande pas de main-d'œuvre qualifiée.</li> <li>- Période d'installation limitée à la période de croissance des végétaux.</li> </ul>	<p>Faible, 8,50 à 30 \$/m<sup>2</sup></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ensemencement et plantation : 10 à 30 \$/m<sup>2</sup></li> <li>- Amélioration du couvert arbustif ou arborescent : 5 à 25 \$/m<sup>2</sup></li> </ul>	<p>Faible impact.</p> <p>Implique peu d'intervention dans le talus. Aucun travail sur la berge ou dans le cours d'eau. Peu de dérangement pour les utilisateurs.</p>
<b>Techniques de génie végétal</b>	<p>Utilisation de végétaux pour fabriquer des « armatures » végétales Ex. fagots, fascines, matelas de branches, rangs de plançons.</p> <p>Peut requérir l'utilisation de structures non végétales (membrane géotextile, tapis de coco, grilles, alvéoles, etc.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les armatures végétales font office de protection et stabilise le sol avant que la végétation ne prenne racine.</li> <li>- Une fois implantée, la végétation peut réduire la vitesse de l'écoulement et diminuer l'impact des courants sur la berge.</li> <li>- Méthodes variées permettant de s'adapter aux différents contextes d'érosion.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Certaines techniques peuvent être complexes et coûteuses à construire (main-d'œuvre et machinerie).</li> <li>- Nécessite le remodelage complet du talus riverain et peut imposer un empiètement sur les terrains de la bande riveraine.</li> <li>- État des structures végétales et reprise végétale pas toujours assurés; entretien et remplacement nécessaires.</li> <li>- Échec fréquent de ces techniques lorsque la bande riveraine est cultivée.</li> </ul>	<p>Le recours au génie végétal seul serait peu approprié pour les rives de la Bulstrode étant donné la prédominance des terres cultivées à proximité des rives.</p> <p>Des techniques de génie végétal sont tout de même proposées en combinaison à de l'enrochement sur les rives rectilignes en érosion moyenne (voir priorité 2 en amont du PK 21, carte 2).</p> <p>Longueur totale : 900 m.</p>	<p>Moyenne.</p> <p>Les rives ciblées par ces ouvrages fournissent relativement peu de sédiments à la rivière (0,5 m<sup>3</sup>/m lin./an). Leur stabilisation risque d'entraîner peu de changement sur la charge sédimentaire.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Complexe.</li> <li>- Installation en plusieurs étapes (remodelage des rives et talus, pose des structures, plantation).</li> <li>- Requiert généralement une main-d'œuvre qualifiée et l'intervention de machinerie.</li> <li>- Suivi et entretien requis.</li> <li>- Période d'installation limitée à la période de croissance des végétaux.</li> </ul>	<p>Faible à modéré, 35 à 250 \$/m lin.</p>	<p>Impact modéré.</p> <p>Implique des interventions dans le talus et au niveau de la berge. Peut occasionner certains dérangements (plus ou moins temporaires) dans la rivière, pour la faune et pour les utilisateurs.</p> <p>Prévoir un délai pour l'obtention de permis. Dans certains cas, une étude impact sera probablement exigée.</p>

TABLEAU 1. COMPARAISON DES MESURES ANALYSÉES DANS LE SEGMENT CENTRAL DE LA RIVIÈRE BULSTRODE

B) MESURES POUR LA STABILISATION DES RIVES (SUITE)

Type d'intervention	Description sommaire	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS	Secteurs ciblés	Efficacité à réduire l'ensablement du réservoir Beaudet	Faisabilité technique	Coûts unitaires approximatifs	Impacts à considérer sur le milieu
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
<b>Techniques mixtes</b>	Techniques combinant le génie végétal et le génie mécanique (en général, enrochement sur la berge et techniques de génie végétal ou de revégétalisation dans la portion supérieure du talus riverain)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'utilisation de structures rigides permet de freiner l'érosion à court terme.</li> <li>- Permet de limiter l'empiètement sur les terrains de la bande riveraine.</li> <li>- Recommandé sur les rives en érosion assez sévère.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coûteux</li> <li>- Risque élevé d'une migration du problème d'érosion vers l'aval ou l'amont.</li> <li>- Nécessite le remodelage partiel ou complet du talus riverain.</li> <li>- Artificialise la rive.</li> <li>- Aux endroits où la pente du lit est forte, l'enrochement aura tendance à s'ébouler et demandera de l'entretien (risque d'affouillement).</li> <li>- Échec fréquent de la reprise végétale.</li> </ul>	<p>Rives concaves de priorités 1 et 2 (carte 2).</p> <p>Longueur : 3 800 m</p>	Moyenne à forte : les rives de priorités 1 et 2 pour lesquelles cette méthode est proposée fournissent le plus de sédiments à la rivière (0,5 à 3 m <sup>3</sup> /m lin./an). L'application efficace de techniques mixtes sur ces rives permettrait de réduire à court terme la charge de sédiments livrés à la rivière. Cette efficacité doit toutefois être pondérée par le fait que bien souvent la mise en place de ce type d'ouvrage sur une rive déplace le problème d'érosion plus en aval.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relativement complexe.</li> <li>- Période de préparation nécessaire (design, ingénierie).</li> <li>- Installation en plusieurs étapes (remodelage des rives et talus, pose des structures, plantation).</li> <li>- Requiert beaucoup de main-d'œuvre qualifiée et l'intervention de machinerie lourde.</li> <li>- Suivi et entretien requis (structures et végétation).</li> </ul>	Élevé, 500 à 1 000 \$/m lin.	<p>Impact modéré à élevé.</p> <p>Implique des interventions dans le talus et au niveau de la berge. Peut occasionner certains dérangements (plus ou moins temporaires) dans la rivière, pour la faune et pour les utilisateurs.</p> <p>Artificialise la rive (changement de substrat au niveau de la berge).</p> <p>Prévoir un délai pour l'obtention de permis. Dans certains cas, une étude impact sera probablement exigée.</p>
<b>Insertion de bois mort</b>	<p>Installation de débris de bois (arbres morts avec branches, troncs ou souches) plantés ou ancrés sur la rive.</p> <p>On peut utiliser des structures faites entièrement de bois ou intégrer des débris à d'autres ouvrages.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ralentit la force des courants contre la rive.</li> <li>- utilisé surtout pour améliorer l'habitat du poisson ; refuge durant les crues.</li> <li>- augmente la capacité de rétention des sédiments.</li> <li>- Coût relativement peu élevé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- déconseillé pour les rives en érosion.</li> <li>- peut augmenter le risque d'embâcle.</li> <li>- durée de vie limitée : 5-15 ans.</li> <li>- Requiert un remaniement important au niveau de la berge.</li> <li>- Taux d'échec assez élevé.</li> <li>- peu adapté dans les secteurs de forts courants (&gt; 5m/s); demande un design plus complexe dans ces situations.</li> </ul>	<p>Intégré aux méthodes proposées pour les rives de priorités 1,2 et 3 où les courants sont particulièrement forts.</p> <p>Longueur maximale : 5 300 m</p>	Faible à moyenne.  Ce type de mesure peut ralentir l'érosion des rives à court terme, mais risque de reporter le problème d'érosion en aval.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relativement complexe.</li> <li>- Demande l'intervention de machinerie lourde et donc un accès près de la rive;</li> <li>- Ne pas utiliser d'arbres avec des branches en raison du risque d'embâcle;</li> <li>- Prévoir le transport entre la source de bois et la rive (pourrait être assez éloigné dans le cas présent)</li> </ul>	<p>Modéré (représente 25 à 60% des coûts requis pour l'enrochement).</p> <p>Structure en bois : 150 à 175\$/m lin.</p> <p>Ajout de bois à d'autres types de méthode : 50 \$/m lin.</p>	<p>Impact modéré.</p> <p>Implique des interventions dans le talus et au niveau de la berge. Peut occasionner certains dérangements (plus ou moins temporaires) dans la rivière, pour la faune et pour les utilisateurs.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entrave la circulation dans les sections navigables;</li> <li>- Peut augmenter le risque d'inondation</li> </ul>

TABLEAU 1. COMPARAISON DES MESURES ANALYSÉES DANS LE SEGMENT CENTRAL DE LA RIVIÈRE BULSTRODE

C) MESURES POUR LA MODIFICATION DE L'ÉCOULEMENT ET DE LA DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE

Type d'intervention	Description sommaire	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS	Secteurs ciblés	Efficacité à réduire l'ensablement du réservoir Beaudet	Faisabilité technique	Coûts unitaires approximatifs	Impacts à considérer sur le milieu
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
<b>Installation de seuils dans le cours d'eau</b>	<p>Installation de seuils (composés de roches seulement ou de roches et de bois mort) dans le lit du cours d'eau.</p> <p>Utilisé surtout pour l'aménagement d'habitats pour le poisson.</p> <p>Seuil droit : perpendiculaire à la berge, engendre un écoulement uniforme sur sa largeur, recommandé pour tronçons droits avec courant régulier et où les berges sont stables.</p> <p>Seuil en V : pointant vers l'amont, propice pour les sites avec fort courant</p> <p>Déversoir recommandé pour tous les types de seuil afin de maintenir un écoulement en période d'étiage.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminue la vitesse de l'écoulement en amont et donc peut diminuer l'érosion localement.</li> <li>- Diversifie l'habitat du poisson.</li> <li>- Favorise l'accumulation de sédiments à l'amont des structures.</li> <li>- Seuil en V pointant vers l'amont dirige le courant vers le centre du cours d'eau et donc diminue l'énergie sur les berges.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coûteux.</li> <li>- Perturbation du chenal et donc, difficulté probable pour obtenir permis gouvernementaux.</li> <li>- Changement du régime d'écoulement. Les modifications du lit du cours d'eau durant l'atteinte de l'équilibre sont difficiles à prévoir.</li> <li>- Seuil en V creuse une fosse en aval là où le courant se concentre (peut éroder le lit). Donc implique l'enrochement du lit également.</li> <li>- Augmentation possible de l'érosion des rives dans le segment amont où le niveau d'eau est surélevé. Pourrait nécessiter la stabilisation de rives amont.</li> <li>- Rétention minimale de sédiments dans le cas de la Bulstrode (étant donné que le lit et les rives se composent surtout de silt et argile transportée en suspension).</li> <li>- Augmentation du risque d'embâcle et d'inondation.</li> <li>- Seuil en enrochement peut se détériorer lors des crues. Demande de l'entretien.</li> <li>- Selon le design choisi, peut entraver la libre circulation du poisson.</li> </ul>	<p>Dans le cas de la Bulstrode, l'objectif premier des seuils consisterait à retenir les sédiments et à ralentir l'écoulement. On possède peu d'informations pour déterminer les endroits favorables pour l'installation de seuils devant répondre à ces objectifs.</p> <p>Pour les fins du présent exercice d'évaluation, trois sites ont été sélectionnés. Ils se situent dans les segments de rivière rectilignes en aval des secteurs en érosion : PK 11,8, PK 13, PK 20,8.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peu efficace.</li> <li>- Étant donné la nature du lit et des rives (silt et argile surtout) dans le segment central, la plus grande partie de la charge sédimentaire serait transportée en suspension et ne serait donc pas captée par les seuils.</li> <li>- <b>Recommandation :</b> procéder à des mesures pour déterminer la composition de la charge sédimentaire (fond et suspension) afin de valider si des seuils peuvent être efficaces.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Complexe.</li> <li>- Conception doit être adaptée aux conditions locales afin de rencontrer les objectifs spécifiques (capter les sédiments, réduire la vitesse d'écoulement, etc.).</li> <li>- Difficile à installer (demande travaux en rivière avec de la machinerie), mais l'utilisation de batardaux ne serait probablement pas requise.</li> <li>- <b>Recommandation :</b> advenant qu'on décide d'aller de l'avant avec des seuils, il faudrait prévoir des relevés topographiques précis de la rivière et de ses rives (Lidar) pour déterminer les meilleurs sites d'intervention (vs pente du cours d'eau) et préciser la conception des ouvrages.</li> </ul>	<p>De l'ordre de 10 000 à 40 000 \$/seuil</p> <p>Le type de seuil pouvant convenir pour la Bulstrode (rétention de sédiments et réduction des vitesses d'écoulement) coûterait environ 10 000 à 20 000 \$.</p>	<p>Impact modéré à élevé.</p> <p>Implique des interventions dans le lit de la rivière. Peut occasionner certains dérangements (plus ou moins temporaires) dans la rivière, pour la faune et pour les utilisateurs.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Peut entraver la circulation dans les sections navigables et augmenter le risque d'inondation (selon la hauteur des seuils);</li> <li>- Suivant le design choisi, peut entraver la libre circulation du poisson.</li> <li>- Prévoir un délai pour l'obtention de permis et étude impact probable</li> </ul>

**RESTAURATION DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE BULSTRODE - ÉVALUATION DES MESURES VISANT À LIMITER LA CHARGE DE SÉDIMENTS ALIMENTANT LE RÉSERVOIR BEAUDET**

**TABLEAU 2. SCÉNARIOS PROPOSÉS POUR LE SEGMENT CENTRAL DE LA RIVIÈRE BULSTRODE**

**A) SCÉNARIO MINIMAL**

Type d'intervention	Description sommaire	Secteurs ciblés	Efficacité à réduire l'ensablement du réservoir Beaudet	Coûts approximatifs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<b>Revégétalisation des bandes riveraines</b>	Préservation d'une bande riveraine de 3 m de largeur et revégétalisation (ensemencement et plantation) des terrains en culture.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'ensemble du segment de rivière entre les PK 10 et 27.</li> <li>- La majeure partie de la bande de 3 m est déjà végétalisée (herbacées, arbustes ou arbres). Si on limite les efforts de revégétalisation aux portions en culture seulement, les travaux toucheraient une superficie inférieure à 2 000 m<sup>2</sup>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efficacité nulle à court terme.</li> <li>- Faible à très faible à moyen terme.</li> </ul>	10 à 30 \$/m <sup>2</sup> x 2 000 m <sup>2</sup> = 0,02 à 0,06 M \$
<b>Techniques mixtes</b>	Enrochement à la base des talus et revégétalisation de la partie supérieure.	<p>Rives de priorités 1 et 2, PK12 à 15 et PK18,5 à 21 seulement.</p> <p>Longueur : 3 400 m</p>	Efficacité moyenne à forte. Stabilisation rapide, mais risque de déplacer le problème d'érosion en aval.	500 à 950 \$/m lin.x 3 400 m = 1,7 à 3,2 M \$
<b>COÛTS TOTAUX SCÉNARIO MINIMAL</b>				<b>1,7 à 3,3 M \$</b>

**RESTAURATION DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE BULSTRODE - ÉVALUATION DES MESURES VISANT À LIMITER LA CHARGE DE SÉDIMENTS ALIMENTANT LE RÉSERVOIR BEAUDET**

**TABLEAU 2. SCÉNARIOS PROPOSÉS POUR LE SEGMENT CENTRAL DE LA RIVIÈRE BULSTRODE**

**B) SCÉNARIO INTERMÉDIAIRE**

Type d'intervention	Description sommaire	Secteurs ciblés	Efficacité à réduire l'ensablement du réservoir Beaudet	Coûts approximatifs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<b>Revégétalisation des bandes riveraines</b>	Préservation d'une bande riveraine de 10 m de largeur et revégétalisation (ensemencement et plantation) sur les terrains en culture.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'ensemble du segment de rivière entre les PK 10 et 27.</li> <li>- Revégétalisation des terres en culture : 50 000 m<sup>2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efficacité nulle à court terme.</li> <li>- Faible à très faible à moyen terme.</li> </ul>	10 à 30 \$/m <sup>2</sup> x 50 000 m <sup>2</sup> = 0,5 à 1,5 M \$ + coûts de compensation pour les riverains ?
<b>Techniques mixtes</b>	Idem Scénario minimal	Idem Scénario minimal	Moyenne à forte.	1,7 à 3,2 M \$
<b>Ensemencement et plantation de végétaux</b>	Ajout d'engrochement au besoin, ensemencement et plantation.	Rives concaves protégées dont la protection est plus ou moins efficace (priorité 3).  Longueur : 1 500 m	Faible. Les rives pour lesquelles ces méthodes sont proposées fournissent peu ou pas de sédiments par érosion.	300 \$/m x 1 500 m lin. = 0,5 M \$
<b>Insertion de bois mort comme déflecteur</b>	Ajout de billots de bois ancrés dans l'engrochement afin de dévier le courant et de protéger des glaces.	Sur les rives de priorités 1, 2 et 3 (segments PK 12 à 15 et PK 18,5 à 21).  Longueur : 4 900 m	Faible à moyenne.  Ce type de mesure peut ralentir l'érosion des rives à court terme, mais risque de reporter le problème d'érosion vers l'aval.	50 \$/m lin. x 4 900 m = 0,3 M \$
<b>COÛTS TOTAUX SCÉNARIO INTERMÉDIAIRE</b>				<b>3 à 5,5 M \$</b>
Excluant les coûts pour la compensation des riverains				

**RESTAURATION DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE BULSTRODE - ÉVALUATION DES MESURES VISANT À LIMITER LA CHARGE DE SÉDIMENTS ALIMENTANT LE RÉSERVOIR BEAUDET**

**TABLEAU 2. SCÉNARIOS PROPOSÉS POUR LE SEGMENT CENTRAL DE LA RIVIÈRE BULSTRODE**

**C) SCÉNARIO MAXIMAL**

Type d'intervention	Description sommaire	Secteurs ciblés	Efficacité à réduire l'ensablement du réservoir Beaudet	Coûts approximatifs
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<b>Revégétalisation des bandes riveraines</b>	Préservation d'une bande riveraine de 10 m de largeur et revégétalisation (ensemencement et/ou plantation) sur les terrains en culture, en friche ou habités.	L'ensemble du segment de rivière entre les PK 10 et 27.  Revégétalisation des terres en culture : 50 000 m <sup>2</sup> Amélioration du couvert végétal en place sur terres en friche ou habitées : 220 000 m <sup>2</sup>	Efficacité nulle à court terme.  Faible à très faible à moyen terme.	10 à 30 \$/m <sup>2</sup> x 50 000 m <sup>2</sup> = 0,5 à 1,5 M \$  5 à 25 \$/m <sup>2</sup> x 220 000 m <sup>2</sup> = 1,10 à 5,5 M \$  + coûts de compensation pour les riverains ?
<b>Techniques mixtes</b>	Idem Scénario intermédiaire	Idem Scénario intermédiaire	Moyenne à forte	1,7 à 3,2 M \$
	Boudins pré-végétalisés et fagots; enrochement à la base au besoin.	Rives de priorité 2 en amont du PK 21.  Longueur : 900 m	Moyenne. Les rives pour lesquelles cette méthode est proposée fournissent relativement peu de sédiments par érosion.	160 à 300 \$/mlin. x 900 m = 0,1 à 0,3M \$
<b>Ensemencement et plantation de végétaux</b>	Idem Scénario intermédiaire	Idem Scénario intermédiaire	Faible. Les rives pour lesquelles cette méthode est proposée fournissent peu ou pas de sédiments par érosion.	0,5 M \$
	Ensemencer les talus dénudés et planter pour améliorer le couvert végétal en place.	Rives de priorité 4.  Longueur totale : 3 800 m. Largeur estimée : 5 m Superficie estimée : 19 000 m <sup>2</sup>		10 à 30 \$/m <sup>2</sup> x 19 000 m <sup>2</sup> = 0,2 à 0,6 M \$
<b>Insertion de bois mort comme déflecteur</b>	Idem Scénario intermédiaire	Idem Scénario intermédiaire	Faible à moyenne	0,3 M \$
<b>COÛTS TOTAUX SCÉNARIO MAXIMAL</b>				<b>4,4 à 11,9 M \$</b>
Excluant les coûts pour la compensation des riverains				

# ANNEXE 3

## ALBUM PHOTOGRAPHIQUE



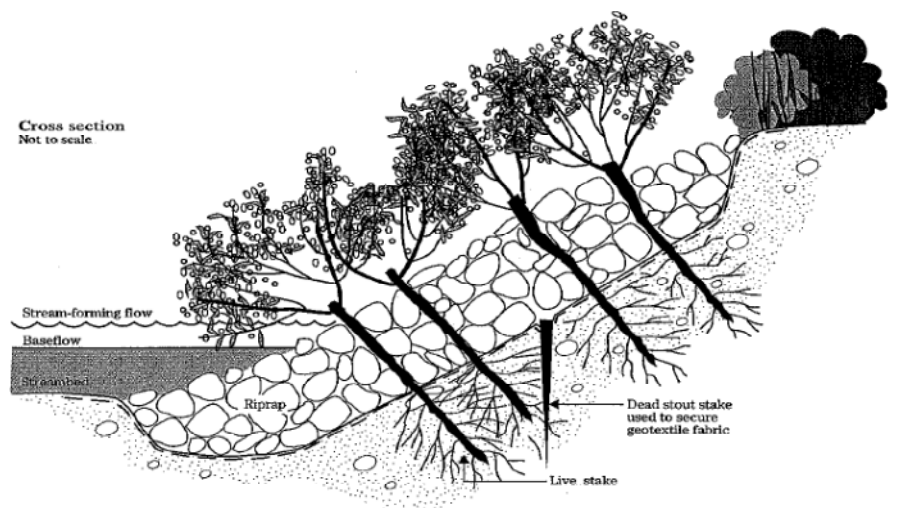
**Photo 1** : Rive gauche de la Bulstrode au PK 13,3. Exemple de rive de priorité 1 pour laquelle un ouvrage mixte (enrochement et revégétalisation) est recommandé.



**Photo 2** : Rive droite, PK 19,3. Autre exemple de rive de priorité 1. À l'arrière-plan, la rive concave est partiellement protégée avec de l'enrochement.



**Photo 3 :** Rive gauche au PK 14,6. Rive concave de priorité 2 où l'on recommande une stabilisation à l'aide de techniques mixtes.



NRCS Engineering Field Handbook

(210-vi-EFH, December 1996)

**Photo 4 :** Exemple d'ouvrage utilisant des techniques de stabilisation mixtes (Tiré de GSWCC, 2011). Dans le cas de la Bulstrode, il est recommandé d'utiliser un enrochement de calibre plus petit dans la portion supérieure du talus, d'y ajouter de la terre et de procéder à un ensemencement.



**Photo 5** : Rive gauche de la Bulstrode au PK 14 (rive de priorité 3). Rive concave où l'ouvrage de protection se dégrade. 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.



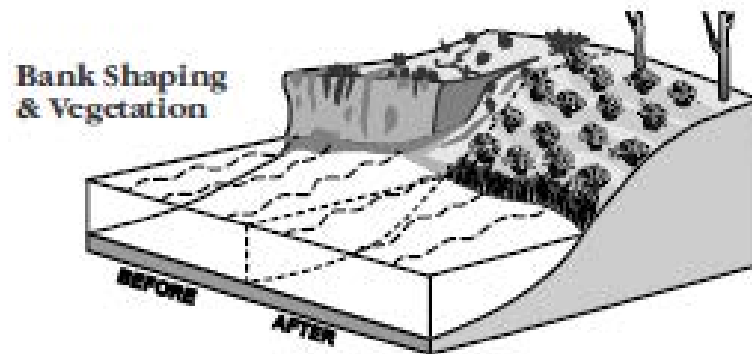
**Photo 6** : Rive gauche au PK 20,9 (Priorité 3). Cette rive est soumise à l'attaque de forts courants. L'ouvrage en place devra y être amélioré puis revégétalisé.



**Photo 7** : Rive gauche au PK 11,5 (Priorité 4). L'action des courants à la base de cette rive a entraîné le sapement des sols sous le couvert végétal. L'érosion y évolue lentement et des travaux de revégétalisation y sont recommandés.



**Photo 8** : Rive gauche au PK 19,7 (Priorité 4). Bien que l'érosion y soit assez nette, cette rive a subi un faible recul depuis 50 ans. Des travaux de revégétalisation (ensemencement et plantation) pourraient augmenter sa résistance aux agents d'érosion.



**Photo 9** : Exemple de travaux de revégétalisation (ensemencement et plantation; tiré de TVA, 2008). Ce type de mesure peut requérir le remodelage de la rive.

# ANNEXE 4

ESTIMATIONS DES COÛTS SELON  
DIFFÉRENTES TECHNIQUES DE  
PROTECTION DES BERGES – RIVIÈRE  
BULSTRODE, VICTORIAVILLE, QC  
(TERRAFORMEX)

# Estimations des coûts selon différentes techniques de protection des berges – rivière Bulstrode, Victoriaville, QC

---

À la suite d'une visite de terrain réalisée le 15 octobre dernier des lieux visés par d'éventuels travaux de stabilisation des berges, voici nos estimations de coûts de construction générés par la réalisation de tels ouvrages et les différents commentaires s'y appliquant. Elles sont aussi basées sur l'analyse des tableaux A, B et C fournis par Poly-Géo ainsi que sur le courriel du 16 septembre concernant les consignes données à Terraformex pour l'analyse et les lieux choisis pour la visite terrain. Les estimations présentées ici-bas s'appliquent ainsi aux sections de rivière visitées, soit du pK 13,5 à 15, du pK 18,7 à 19,2 et du pK 20,7 à 21,1. Elles pourraient être étendues à d'autres tronçons sous certaines réserves.

## Aménagement de seuils par enrochement

En fonction des indications du tableau C et notre analyse, nous voyons deux techniques applicables, soit (1) l'enrochement déposé directement sur le substrat existant de la rivière, soit (2) le seuil ancré à même le substrat :

1. Entre 5 000\$ et 10 000\$ l'unité.
2. Entre 30 000\$ et 40 000\$ l'unité.

## Insertion de tronc de bois de 12 à 15 pouces de diamètre dans la berge

Ce type d'intervention pourrait être utilisée de deux manières, soit (1) en encrage directement dans la berge, soit (2) à travers un perré proposé :

1. Le coût d'installation de troncs de bois directement dans la berge suppose que la berge doit être excavée jusqu'à la hauteur du substrat du cours d'eau. Le coût estimé de cette intervention est de 100 à 175\$ le ml de tronc de bois. Nous ne recommandons pas cette technique, car nous croyons qu'une forte déstabilisation des matériaux en berge due à l'excavation aurait pour résultat une accélération de l'érosion plutôt qu'une diminution de l'érosion en raison de la présence des troncs.
2. La méthode d'insertion de troncs de bois à même un perré a pour but de diversifier l'habitat aquatique plutôt que de favoriser la stabilité du talus qui est plutôt assurée dans ce cas par le perré. Cette méthode serait donc une mesure

environnementale pour compenser l'empiétement du perré dans le littoral. Le coût de cette technique est estimé à 50\$ / ml de tronc de bois.

## Ensemencement et végétalisation

Voici une estimation du coût d'utilisation de ce sujet :

- Ensemencement sur sol en place : 1\$/m<sup>2</sup> ;
- Ensemencement sur terre végétale importée au site : 5\$/m<sup>2</sup> ;
- Ensemencement sur terre végétale récupérée du site : 2,75\$/m<sup>2</sup> ;
- Fourniture et installation de matrice de contrôle de l'érosion : 2,5\$/m<sup>2</sup> ;
- Plantation de végétaux arbustifs indigènes de type bande riveraine 1m c/c en format PFD 320cc : 5\$/m<sup>2</sup> (taux généralement exigé par le MDDEFP) et ;
- Inclusion de végétaux arborescents (formats variables et forte densité) incluant une plantation arbustive du point précédent densifié : 25\$/m<sup>2</sup>.

## Génie végétal

Les techniques de stabilisation issues du génie végétal ne s'appliquent pas ou difficilement aux différents tronçons de rivière considérés. Les forts taux d'érosion et des types de matériaux composant la berge amenuisent considérablement les chances de succès de ces techniques. En plus, le milieu environnant visé par les travaux, principalement agricole, n'est pas considéré de forte valeur écologique, ce qui diminue l'intérêt d'utiliser une telle approche. Cependant, afin de répondre au besoin d'estimation, voici toutefois quelques estimations issues des standards du marché actuel :

- Fagot de Salix et de Cornus : 35\$ le ml et ;
- Installation de pieux de cèdre : 250\$ le ml.

## Techniques mixtes

Voici la liste des travaux possibles et les coûts engendrés selon les possibilités:

- Perré standard avec clé : 400-500\$/ml ;
- Correctif de pente avec végétalisation et matrice de contrôle d'érosion, mais sans enrochement: 250 à 300\$/ml ;
- Section de bande riveraine restaurée au sommet de la pente (section plane sur un minimum de 3 m de large chez l'agriculteur importante pour éviter les phénomènes d'affouillement dû aux passages de la machinerie agricole)


- Végétalisation d'une bande riveraine par ensemencement : 0,75\$/m<sup>2</sup> ;
- Plantation arbustive de la bande riveraine : de 5 à 45\$ /m<sup>2</sup>;
- Densification arbustive de 5 à 15\$ du m<sup>2</sup> et ;
- Densification arborescente : 25\$ /m<sup>2</sup>.

### Notre recommandation

Selon notre connaissance du dossier, mis à part un simple perré avec clé, le perré et sa naturalisation à forte densité seraient à notre avis la meilleure approche dans le contexte observé au terrain et pour réduire significativement l'impact environnemental du projet à moyen et long terme. Compte tenu du genre de berge et de la force des courants, l'ouvrage serait composé d'un perré avec terre végétale argileuse antiérosive, végétalisation de fortes densités, le tout recouvert d'une matrice de contrôle de l'érosion. Le prix estimé est de 1 000\$ / ml.

Rapport finalisé le 1<sup>er</sup> novembre 2013

Préparé par :



Nicolas Guertin, concepteur en génie végétal et aménagement



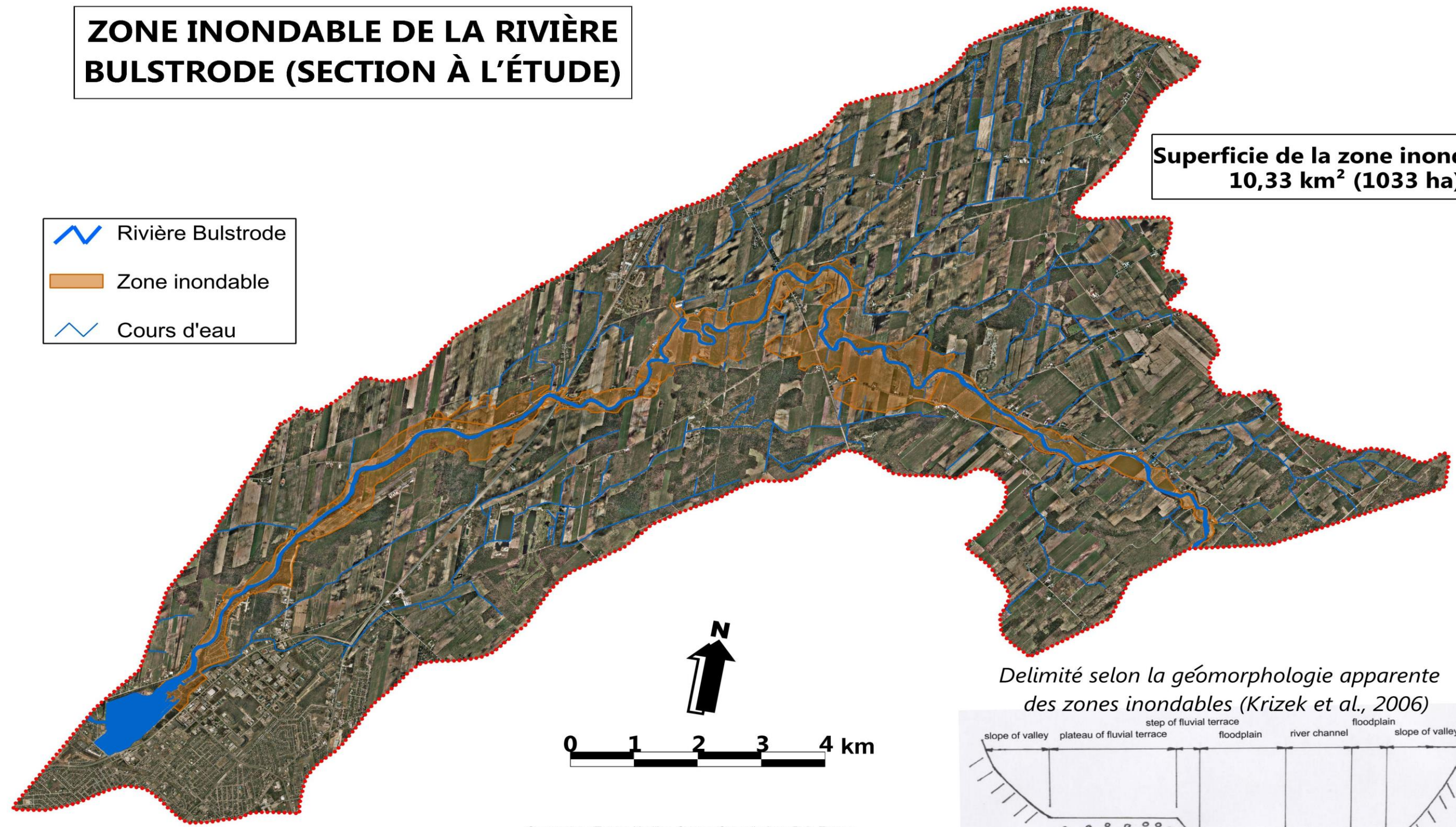
Nicolas Roy, Géologue, M.Sc.A

Carte 7 : Zones inondables de la rivière Bulstrode entre Sainte-Sophie

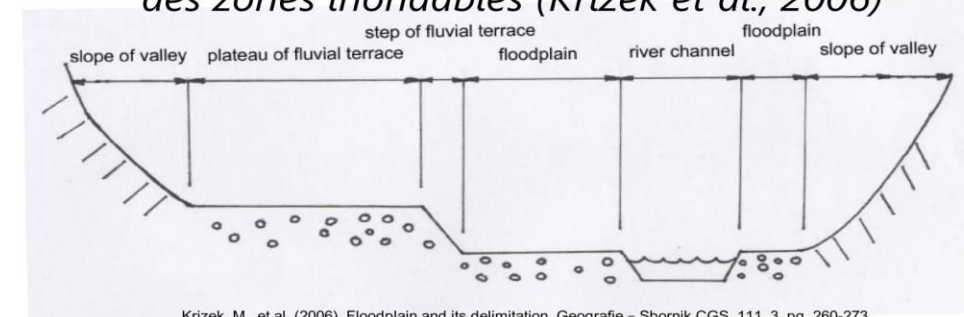
# ZONE INONDABLE DE LA RIVIÈRE BULSTRODE (SECTION À L'ÉTUDE)

Superficie de la zone inondable :  
10,33 km<sup>2</sup> (1033 ha)

- Rivière Bulstrode
- Zone inondable
- Cours d'eau



*Delimité selon la géomorphologie apparente des zones inondables (Krizek et al., 2006)*



Conception : Tomas Kysilka, Groupe Conseils Agro Bois-Francis  
Orthophotos et MNR à résolution de 20 cm :  
Agence de géomatique du Centre-du-Québec  
Projection : EPSG: 32188 (NAD 1983)

Krizek, M., et al. (2006). Floodplain and its delimitation. Geografie - Sbornik CGS, 111, 3, pg. 260-273.

### 3.5 Discussion et analyse des résultats

#### 3.5.1 Généralités sur l'efficacité des différentes techniques

Dans la présente étude, ce qui nous intéresse particulièrement est la capacité des différentes pratiques culturales et aménagements (hydroagricoles ou zones tampons) à limiter le transfert des sédiments, des nutriments (principalement l'azote et le phosphore) et des pesticides vers les plans d'eau. Il importe de rappeler les différents types de polluants à capter (Tableau 9) et les différents modes d'action.

**Tableau 15 :** Types de polluants d'origine agricole à capter par les bandes riveraines

Polluants sous forme particulaire	Polluants sous forme dissoute
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Particules de sol érodées (sédiments ou matières en suspension)</li> </ul> <p>Éléments fixés sur ces particules de sol :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Phosphore particulaire</li> <li>• Pesticides</li> </ul>	<p>Éléments transportés par l'eau de ruissellement :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nitrates</li> <li>• Phosphore dissous</li> <li>• Pesticides</li> </ul>

Les pratiques et aménagements permettent de limiter le transfert de polluants d'origine agricole grâce à deux processus majeurs : le **ralentissement de la vitesse du ruissellement** puis **l'infiltration de l'eau de ruissellement** et des éléments dissous dans le profil de sol. Ces processus permettent :

- la sédimentation;
- l'absorption des éléments nutritifs par les plantes;
- l'adsorption des éléments nutritifs et des pesticides par les particules de sol;
- la dénitrification (retour à l'état gazeux) des nitrates;
- la décomposition des pesticides par les micro-organismes.

Ainsi, les pratiques culturales ou les aménagements doivent ralentir suffisamment la vitesse de l'eau (fonction de la **rugosité hydraulique**, c'est-à-dire un couvert végétal ou des résidus de culture versus un sol à nu) et permettre à l'eau de s'infiltrer progressivement (fonction de la **perméabilité du sol**) pour garantir son efficacité.

#### Limites

L'efficacité des différentes techniques à diminuer le transport de sédiments et nutriments vers les cours d'eau est dépendante de multiples facteurs, ce qui rend son calcul précis impossible sans le prélèvement de données sur le terrain avant et après les changements apportés. Une des données préalables importante est de savoir quelle est la charge précise de sédiments érodés des champs agricoles. De plus, les efficacités citées dans les études sont souvent basées sur de micro-bassins versants de petites zones. Toutefois, il est

possible d'apprécier le potentiel de gain dans le futur en prenant connaissance d'essais au Québec et ailleurs dans le monde.

Il est important de rappeler que des données sont disponibles quant à l'efficacité de chaque mesure (pratiques culturales, ouvrages hydro-agricoles et zones tampons) pour un cas précis au champ mais qu'il est impossible de les dissocier lors de l'évaluation à l'échelle d'un bassin versant. Ainsi, l'analyse de l'efficacité des changements du secteur agricole sur le bassin versant à l'étude inclut les trois paramètres indissociables (pratiques culturales, ouvrages hydroagricoles et zones tampons).

De plus, il est reconnu que les changements apportés à l'utilisation et à la gestion des sols d'un bassin versant ne se traduiront en amélioration de la qualité de l'eau que 10 à 20 ans plus tard et même plus si le bassin versant est de dimensions appréciables. Ceci est dû à l'accumulation de nutriments et autres polluants dans le lit des cours d'eau qui constituera une source de pollution une fois la limitation de la pollution diffuse et ponctuelle à la source même réalisée. Plus le bassin versant à «nettoyer» est grand, plus le délai à prévoir est important.

Finalement, un grand bémol doit être gardé en tête lorsque l'on considère l'efficacité des différentes techniques à diminuer les sédiments, phosphore, nitrates et autres polluants aux cours d'eau : l'influence considérable des événements extrêmes. Nous sommes tous témoins des changements climatiques qui nous amènent des événements pluvieux d'intensité élevée (Irène en 2011, 80 mm de pluie en 30 minutes le 26 juin 2013 à Tingwick, etc.). Les meilleures pratiques culturales jumelées à une bande riveraine de 10 mètres et des ouvrages hydroagricoles judicieux bien dimensionnés n'auront qu'une efficacité limitée face à ces événements. En effet, ils peuvent amener une quantité considérable de sédiments et nutriments aux cours d'eau ayant comme résultat de diminuer grandement l'effet positif des changements apportés au cours des dernières années. Le délai de rétablissement de la santé du bassin versant serait alors retardé.

### **3.5.2 Efficacité des pratiques culturales de conservation**

L'efficacité de l'adoption de pratiques culturales de conservation est variable selon de nombreux facteurs (conditions climatiques, types de sol, pentes, moment des travaux culturaux et des épandages,...). La littérature disponible décrit principalement des bassins versants européens et américains et la précision des modélisations est limitée également par la courte durée des études réalisées. Quelques études québécoises ont été réalisées, mais les suivis sur de courtes durées n'offrent pas, pour le moment, beaucoup de résultats probants.

### Modélisation avec SWAT dans la Rivière aux Brochets

Le modèle SWAT (Soil and Water Assessment Tool) a été utilisé dans le cas de la Rivière aux Brochets afin d'identifier quel serait le scénario qui permettrait de réduire la charge en phosphore de 50% afin de respecter l'entente entre le Québec et le Vermont pour améliorer la qualité de l'eau de la Baie Missisquoi (Gangbazo et autres, 2006). 24 scénarios différents ont été testés. Les charges en phosphore par hectare attribuées aux types de cultures selon leur proportion ont été évaluées durant trois années. Il a été constaté que les cultures de maïs et de soya occupant 22 % du territoire contribuaient à hauteur de 69% de la charge en phosphore. Elles sont donc des cibles prioritaires d'action. Seul un scénario modélisé permettait d'atteindre les cibles. Voici sa description:

- Cultures sur résidus pour 50% des superficies du maïs;
- Culture sur résidus pour 53% des superficies en soya;
- Cultures de couverture pour 29% des superficies en céréales;
- Fossés avaloirs pour 2500 ha soit 7,7% des superficies cultivées (250 ouvrages de contrôle);
- Aménagement de bandes riveraines enherbées de 1 à 3 m sur tout le réseau; hydrographique (gain potentiel de 6,7% en réduction de charge);
- Incorporation des fumiers après l'épandage (gain potentiel de 2.6%)
- Réduction de 14,4% des superficies en maïs (1785 ha);
- Réduction de 6% des superficies en soya (93 ha);
- Augmentation de 36% des cultures en céréales (1589 ha);
- Augmentation de 2% des cultures en cultures pérennes dans les zones inondables (289 ha).

Moins de 10% du territoire de la Rivière aux Brochets est responsable de plus de 50% de la charge en phosphore.

En guise de conclusion, les auteurs suggèrent que la concentration des actions sur la proportion du territoire qui contribue le plus à la charge en phosphore pourrait être avantageuse et plus équitable socialement (changement des cultures annuelles en prairies ou pratiques de conservation). L'effort à fournir par chaque ferme devrait être proportionnelle à la charge diffuse en phosphore qui lui est attribuée. Il apparaît donc, en ce sens, qu'une approche ciblée sur les secteurs les plus à risque est nécessaire. La modélisation peut permettre de mettre en place un plan d'actions ciblées. L'analyse économique des scénarios n'a pas été réalisée mais il est clair que certaines mesures simples comme le respect des bandes riveraines et l'incorporation des fumiers dans ce cas permettraient des gains de 9% à moindre coûts.

## Ordre de grandeur de l'efficacité pour les pratiques culturales

À partir des résultats de cette modélisation, M. Jacques Roy du MDDEFP a élaboré un chiffrier Excel permettant une analyse grossière des charges associées aux cultures et des impacts des changements de pratiques culturales. Ce chiffrier est utilisé par les gestionnaires de bassins versant du Québec afin d'avoir un ordre de grandeur des objectifs qu'ils peuvent se fixer selon des estimations québécoises. L'exercice a été réalisé pour la zone à l'étude (Annexe 8) avec un scénario optimiste mais encore réaliste les proportions de cultures annuelles sont les suivantes (données de la Financière agricole, 2010):

- 34% des superficies actuelles en maïs en semis direct;
- 28% des superficies en soya avec cultures de couvertures;
- 37% des superficies en céréales avec cultures de couverture.

Un gain potentiel de 8.8% de réduction des charges en phosphore est estimé avec ce scénario. Si toutes les surfaces en cultures annuelles étaient en pratiques de conservation, un gain de 34% serait atteignable par les pratiques culturales seulement selon les estimations de ce chiffrier.

### Études de trois bassins versants:

Trois études bien détaillées par bassins versants jumeaux du Québec rapportées dans le rapport *Réseau d'action concertées en bassins versants agricoles* (Michaud et al., 2009):

**Tableau 16 :** Conclusion des études de trois bassins versants

Bassins versants jumeaux	Ruisseau Fourchette	Ruisseau Walbridge	Rivière La Guerre
Effets significatifs observés	Réduction des MES de 35% de mai à novembre	Réduction du P total de 17%	Réduction des MES de 34%, P total de 42% et des nitrates de 29%
Causes identifiées	- Aménagements hydroagricoles - Bandes riveraines (effet sur l'érosion des berges)	- Aménagements hydroagricoles (effet sur la réduction des lames de ruissellement des champs)	Synergies des actions: - Aménagements hydroagricoles - Bandes riveraines - Pratiques culturales - Doses et périodes d'épandages

L'efficacité des mesures d'interventions est relative à une multitude de facteurs et l'approche par bassins versants jumeaux ne permet pas, dans plusieurs cas, une évaluation fiable de celle-ci.

Pour le Ruisseau Fourchette, en Chaudière Appalaches, les changements de proportions de culture en prairie et grandes cultures du bassin témoin et l'activité hydrologique plus importante en période d'intervention n'ont pas permis de faire ressortir de l'analyse statistique des efficacités très marquées pour l'ensemble des facteurs. Seule une réduction

des MES de l'ordre de 35% serait attribuable aux ouvrages hydroagricoles en atténuant la connectivité hydrologique entre les champs et les cours d'eau. Cette réduction significative ne s'applique que de mai à novembre, car durant la saison froide, un état de saturation du sol en eau encouragé par le gel limite l'efficacité des aménagements anti-érosifs. Puisque cette réduction en MES n'était pas associée à la réduction des flux en phosphore, ces aménagements ont surtout limité l'érosion des berges moins chargées en cet élément.

Pour le Ruisseau Walbridge, se déversant dans la Rivière aux Brochets dans la Baie Missisquoi, les bassins versants jumeaux n'ont pas reçu le même régime hydrologique et le bassin témoin, positionné plus bas, bénéficiait de la résurgence de l'aquifère peu profond vers le ruisseau. Les berges de ce ruisseau étaient nettement plus stables que celles observées dans les autres paires de bassins versants jumeaux (relatif entre autre à la position plus élevée dans le bassin versant et à la texture du sol grossière). Les bilans en phosphore des bassins versants jumeaux attribuables aux épandages étaient nettement différents et le bassin témoin a doublé ses superficies en semis direct durant la période d'évaluation. Cependant, une réduction de l'ordre de 17% des flux de phosphore du ruisseau est attribuée en grande partie à l'amélioration de l'égouttement des secteurs ciblés du parcellaire où une vulnérabilité au ruissellement de surface et à l'érosion avait été diagnostiquée. La réduction des hauteurs des lames de ruissellement de surface des zones de champs plus hydro-actives a permis de limiter les apports en phosphore sous formes assimilables.

Pour la Rivière La Guerre, les effets synergiques des aménagements hydroagricoles du cours d'eau, des berges et du parcellaire ainsi que la mise en place de pratiques culturales anti-érosives, de cultures de couverture et l'ajustement de la fertilisation et des périodes d'épandage en saison de croissance, en plus de pompage régulés à l'embouchure de la rivière ont permis d'atteindre des résultats mesurables sur la qualité de l'eau. Les exportations annuelles de sédiments (-34%), de phosphore total (-42%) et de nitrates (-29%) ont été réduites de façon remarquable en un très court délai d'intervention (3 ans).

L'efficacité de cas particulier dans des sols argileux ne peut être appliquée directement à la situation du bassin versant de la Rivière Bulstrode, mais les mesures réalisées restent valables et la synergie d'intervention est capitale.

La qualité de l'eau est liée très étroitement aux prix des grains sur les marchés. Une forte corrélation a été observée entre un prix élevé du maïs et du soya sur les marchés et l'augmentation des superficies de ces cultures. Ces cultures annuelles à grandes interlignes sont reconnues pour leur plus grande sensibilité à l'érosion, surtout en régie conventionnelle, et leur potentiel élevé de perte de sol. Le tableau suivant présente un ordre de grandeur des pertes de sol annuelles par hectare selon une estimation avec le modèle de l'équation de RUSLE (adapté de OMAFRA, 2008).

**Tableau 17** : Perte de sol selon la texture, la pente et la culture

	Loam, loam limoneux, loam sableux très fin (T/ha/an)	Loam sableux, sable fin (T/ha/an)
<b>Pente 0 à 2%</b>		
Soya, labour	5.7	2.5
Soya, semis direct	3.0	1.3
Maïs grain, labour	4.1	1.8
Maïs grain, semis direct	1.0	0.5
Prairie	0.5	0.2
<b>Pente 2 à 5%</b>		
Soya, labour	15.4	6.8
Soya, semis direct	8.1	3.6
Maïs grain, labour	11.2	5.0
Maïs grain, semis direct	2.8	1.2
Prairie	1.4	0.6
<b>Pente 5 à 9%</b>		
Soya, labour	38.8	17.2
Soya, semis direct	20.5	9.1
Maïs grain, labour	28.2	12.5
Maïs grain, semis direct	7.1	3.1
Prairie	3.5	1.6

Adapté de OMAFRA, 2008

### 3.5.3 Efficacité des ouvrages hydroagricoles

Les chutes enrochées n'ont que peu d'effet sur la quantité de sédiments, de phosphore et d'azote transportée aux cours d'eau. Cet aménagement permet de stabiliser une portion de la berge et d'éviter une régression de fond dans le champ. En évitant un problème d'érosion, on diminue l'apport en polluants aux cours d'eau mais cet effet est minime à l'échelle du bassin versant. La chute enrochée ne permet pas la rétention d'eau ou la sédimentation des particules de sol transportées par l'eau de ruissellement.

Les voies d'eau engazonnées permettent d'éviter le ravinement au champ en diminuant la vitesse du ruissellement de l'eau et en favorisant l'infiltration de l'eau. Cet aménagement est moyennement efficace à capter les sédiments et nutriments.

Les rigoles d'interception sont des ouvrages conçus pour dévier l'eau d'une partie du champ vers un exutoire. Ils permettent donc de réduire le ruissellement au champ et l'érosion qui en découle, ayant ainsi une efficacité moyenne de captage des sédiments et nutriments.

Les tranchées filtrantes, les puits d'infiltration et les avaloirs constituent des voies d'écoulement préférentiel entre le champ et les cours d'eau. Ainsi, l'eau de ruissellement qui transite par ces structures est moins filtrée que si elle transitait par le profil de sol

avant de rejoindre les drains souterrains ou si elle ruisselait à travers un couvert végétal abondant (Stämpfli, 2007). Le risque de contamination des eaux de surface est présent. Toutefois, ces aménagements permettent de diminuer le ruissellement et l'érosion, donc le transport de polluants vers les cours d'eau. On peut considérer que l'effet est positif.

Les avaloirs, quant à eux, ne sont pas conçus actuellement pour sédimenter une quantité très importante de particules. Toutefois, ces ouvrages permettent de diminuer l'érosion et la vitesse de ruissellement en aval de l'ouvrage, ce qui a un effet positif sur l'infiltration de l'eau. Ces aménagements permettent donc de sédimenter minimalement les particules grossières de sol et de diminuer l'érosion en aval.

L'ouvrage hydro-agricole reconnu pour avoir le plus d'impact sur la diminution du transfert de sédiments et de nutriments aux cours d'eau est le bassin de sédimentation. L'efficacité de ces aménagements dépend du volume de stockage ( $m^3/ha$ ) et du temps de rétention de l'eau de ruissellement en fonction de la taille des particules de sol à sédimenter et des débits de ruissellement à gérer.

Les bassins de sédimentation ont un réel effet sur la diminution de transfert des particules de sol, l'azote et le phosphore aux cours d'eau. Le fond et les talus des bassins doivent être maintenus sous couvert végétal durant toute leur vie utile afin de stabiliser les talus et améliorer le captage des sédiments et pesticides (Guillou, 2013 tiré de Moore et al., 2011). De plus, les bassins doivent être inspectés après chaque crue et nettoyés lorsque nécessaire (variant d'un an à quelques années selon l'importance de l'érosion).

**Tableau 18** : Efficacité de captage des bassins selon le volume de stockage unitaire

Lieu et sources	Type d'étang	Volume de stockage unitaire (m <sup>3</sup> /ha)	Effet sur la charge annuelle ou sur la concentration annuelle en nutriments		
			N total	P total	MES
Ruisseau au Castor, Québec <sup>(1)</sup> Michaud, 2006 Michaud, 2009 Madramootoo 2012	Sec avaloirs Hickenbottom	≤ 13 <sup>(2)</sup>	↓ 21%	↓ 8% ↑ 70% ↓ en faible débit seulement	↑ 103%
Ontario, Papa, 1999	Sec	50 <sup>(3)</sup> 100			↓ 56% ↓ 66%
Schueler, 2008; Urbonas, 1999	Sec	37 à 62 <sup>(3)</sup>	↓ 10 à 20%	↓ 10 à 20%	↓ 50 à 70%
Saint-Samuel, Québec <sup>(4)</sup> Chrétien, 2012b	Humide	48 94 en crue	↓ 45%	↓ 51%	↓ 52%
Base de données USA, Winer, 2000	Humide	250	↓ 31%	↓ 52%	↓ 80%
Manitoba <sup>(5)</sup> Tiessen, 2011	Sec	217	↓ 20%	↓ 9%	↓ 66%
	Humide	292	↓ 15%	↓ 12%	↓ 77%

<sup>(1)</sup> Ce projet mesure l'effet de fossés avaloirs et de bandes riveraines sur la charge en MES et nutriments à l'échelle d'un bassin versant important (1120 ha). Plusieurs facteurs non contrôlés, tels que les événements climatiques extrêmes et l'augmentation des surfaces en cultures annuelles, ont influencé fortement les résultats.

<sup>(2)</sup> Volume de ruissellement maximal (en m<sup>3</sup>/ha/jour) pour lequel les fossés avaloirs ont un effet sur la charge en phosphore.

<sup>(3)</sup> Correspond à la gestion de 25 mm de pluie

<sup>(4)</sup> Résultats 2009-2012, suivi d'avril à novembre, 13 événements

<sup>(5)</sup> Réduction faible de la charge de phosphore par les bassins, car elle est composée à 80% de phosphore soluble.

Tiré de Guillou, 2013.

Les bassins de rétention aménagés dans les fossés (fossés-avaloirs) constituent des ouvrages efficaces pour la sédimentation des particules de sol de la dimension du limon moyen lorsqu'une capacité de stockage de 30 à 40 m<sup>3</sup> par hectare drainé est réalisable. Des études doivent être réalisées afin de mesurer l'efficacité de ces ouvrages à diminuer l'apport de nutriments aux cours d'eau.

### 3.5.4 Efficacité des bandes riveraines

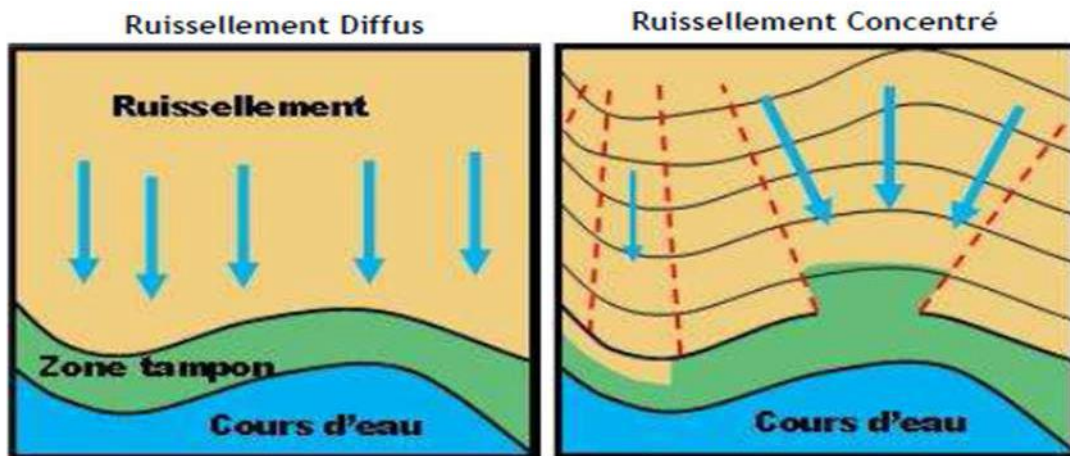
L'efficacité des bandes riveraines à capter les sédiments, nutriments et polluants dépend de plusieurs facteurs, tels que présentés dans le tableau 30.

**Tableau 19** : Facteurs qui contrôlent l'action de la zone tampon

<p><b>Zone contributrice</b> (bassin versant alimentant la zone tampon)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficie;</li> <li>• Pente;</li> <li>• Texture du sol (grossière ou fine);</li> <li>• Type de couvert végétal (cultures pérennes telles prairies et pâturages versus cultures annuelles telles maïs, soya, céréales);</li> <li>• Type de travail du sol (conventionnel, travail réduit, semis direct);</li> <li>• Capacité d'infiltration du sol (influence le potentiel de ruissellement);</li> <li>• Période de l'année (sols gelés en hiver ou gorgés d'eau au printemps).</li> </ul>
<p><b>Types de ruissellement générés</b> (se référer à la figure 13)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentré (écoulement préférentiel en rigole ou ravine);</li> <li>• Diffus.</li> </ul>
<p><b>Surface effective de la zone tampon</b></p>	<p>Surface traversée par le ruissellement concentré ou diffus</p>
<p><b>Type d'éléments à capter</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sédiments et éléments attachés aux sédiments (phosphore particulaire);</li> <li>• Eau de ruissellement et éléments dissous (nitrates et phosphore dissous).</li> </ul>
<p><b>Type de zone tampon et capacité à sédimenter et filtrer</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Type de végétation (herbacée, arbustive, arborée);</li> <li>• Densité;</li> <li>• Hauteur;</li> <li>• Récolte de la bande végétale;</li> <li>• Période de l'année (croissance active, dormance, végétation couchée, sol inondé);</li> <li>• Capacité d'infiltration du sol.</li> </ul>

Adapté de AAC, 2013. L'implantation de zones tampons en milieu agricole. p. 3

Figure 13 : Types de ruissellement



Tiré de Breune, 2013, lequel a été adapté de Bentrup, 2008.

Ainsi, plusieurs facteurs influencent la capacité de la bande riveraine à sédimenter et filtrer l'eau de ruissellement. Le tableau 20 démontre bien la grande variabilité d'efficacité des bandes riveraines selon leur largeur et les conditions locales. Les données de ce tableau démontrent aussi le grand potentiel des bandes riveraines à capter les sédiments, l'azote et le phosphore selon qu'une largeur appropriée est aménagée. Toutefois, il est important de garder en tête que ces données sont représentatives d'un moment précis et que l'efficacité des bandes riveraines varie selon les conditions climatiques et la saturation de la zone en sédiments et autres éléments à capter.

Tableau 20 : Efficacité potentielle de rétention des sédiments, de l'azote total et du phosphore total selon la largeur de la bande riveraine

Auteurs	Lieu	Largeur de la bande riveraine (m)†	Efficacité de rétention (%)			Type d'expérience
			Sédiments	Azote total	Phosphore total	
Dillaha et autres (1989)	États-Unis	4,5	70	54	61	Parcelles expérimentales
		9,1	84	73	79	
Magette et autres (1989)	États-Unis	4,6	66	0	27	Parcelles expérimentales
		9,2	82	48	46	
Dosskey et autres (2002)	États-Unis	35	43	n. d.‡	n. d.	Bassin versant
		12	15	n. d.	n. d.	
		10	23	n. d.	n. d.	
		9	34	n. d.	n. d.	
Daniels et Gilliam (1996)	États-Unis	3-27	80	50	50	Bassin versant
McKergow et autres (2003)	Australie	Variable	90	n. d.	Aucun changement	Bassin versant
Duchemin et autres (2002)	Canada	3-9	87-90	69-96	30-78	Parcelles expérimentales

† Les largeurs de bande indiquées correspondent à un côté du cours d'eau, mesuré à partir de la berge.

‡ Donnée non disponible

Tiré de MDDEP, mars 2007. Efficacité des bandes riveraines : analyse de la documentation scientifique et perspectives. Fiche numéro 7

*Largeurs recommandées des bandes riveraines et méthodes de calcul*

Certains chercheurs ont fait des recommandations quant à la largeur de zone tampon qui permettrait d'atteindre des objectifs environnementaux précis. Comme le tableau 21 le démontre, les largeurs recommandées varient de 5 mètres à plus de 300 mètres.

**Tableau 21** : Largeurs de bandes tampons suggérées pour diverses fonctions

Fonction	OMAFRA <sup>1</sup>	Hawes & Smith <sup>2</sup>	Dosskey <sup>3</sup>	Wenger <sup>4</sup>	USDA-NRCS <sup>5</sup>	NZ <sup>6</sup>
Stabilité des berges	> 5 m	9-30 m	6 m	15-30 m		
Enlèvement des sédiments	10-30 m	> 61 m	7,6 m	25-100 m	4,6-55 m	5-27 m
Éléments nutritifs fixés aux particules de sols	10-30 m				4,6-55 m	5-27 m
Éléments nutritifs solubles	15-50 m	5-50 m	15-27 m	15-30 m		10-30 m
Élimination des pathogènes	> 30 m	> 9 m				
Élimination des pesticides		15-100 m		> 15 m		
Habitat aquatique	15-30 m	10-50 m	10-15 m			10-20 m
Habitat terrestre	10-300 m	> 91,5 m	12-21 m	67-175 m		10-20 m

Tiré de Stewart, A. et coll. 2012. *Manuel de conception des bandes tampons dans le Canada atlantique*. Direction générale des services agroenvironnementaux, Agriculture et Agroalimentaire Canada, p.84

Le Comité d'orientation pour des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement (CORPEN, 2007), identifie la concentration du ruissellement comme le principal obstacle à l'efficacité des zones tampons (rétention des matières en suspension, du phosphore et des pesticides). Il apparaît donc plus logique d'adapter la largeur de la bande riveraine à la réalité du terrain et aux objectifs recherchés afin de garantir une certaine efficacité.



En 2008, un outil d'estimation de la largeur des zones tampons pour limiter le ruissellement d'origine agricole a été développé aux États-Unis par le département d'agriculture (USDA) à partir du modèle mathématique complexe du système de modélisation des bandes herbacées filtrantes connu sous l'acronyme VFSMOD (Vegetative Filter Strip Model).

Ce modèle tient compte des charges d'eaux de ruissellement et des charges de sédiments provenant des champs agricoles ainsi que des dynamiques de déposition et d'infiltration (Bentrup, 2008). Le modèle recommande des bandes riveraines allant de 5 mètres à plus de 60 mètres. Pour plus de détails, voir l'annexe 8.

Doskey et all. (2011) ont adapté cet outil en proposant un ratio de la zone tampon (superficie de la zone effective divisée par la superficie du bassin versant contributif) plutôt qu'une largeur (Breune, 2013). La méthode a été adaptée aux conditions du Québec (Breune, 2013) et le tableau suivant (travail du sol conventionnel) permet d'établir les ratios pour le captage des sédiments selon les particularités du terrain.

**Tableau 22 :** Ratio de la zone tampon à utiliser pour le captage des sédiments dans un champ en travail conventionnel du sol<sup>1</sup>

		Ratio de la zone tampon selon l'efficacité du captage (+ ou - 15%) *		
Pente (%)	Texture	80%	60%	30%
2	Fine	0,028	0,015	0,010
	Moyenne	0,010		
	Grossière	0,010		
4,5	Fine	0,079	0,043	0,016
	Moyenne	0,028	0,015	0,010
	Grossière	0,010		
7	Fine	CI	0,100	0,038
	Moyenne	0,079	0,043	0,016
	Grossière	0,028	0,015	0,010
9,5	Fine	CI	CI	0,072
	Moyenne	CI	0,100	0,038
	Grossière	0,079	0,043	0,016
12	Fine	CI	CI	CI
	Moyenne	CI	CI	0,072
	Grossière	CI	0,100	0,038
14,5	Fine	CI	CI	CI
	Moyenne	CI	CI	CI
	Grossière	CI	CI	0,072

CI : Captage insuffisant : Le modèle propose un ratio maximum de zone tampon de 0.15. Aussi, lorsque le calcul amenait un ratio plus élevé que 0,15, nous avons choisi d'indiquer « captage insuffisant » plutôt que de proposer un ratio plus élevé. Dans un tel cas, la zone tampon n'est pas le moyen approprié pour réduire les apports en sédiments.

<sup>1</sup> Facteur C de RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation, Équation Universelle des Pertes de Sol Révisée) : 0,5 (voir annexe 2)

\* : M. Dosskey communication personnelle  
La pluie de référence est de 41 mm en 1 heure

Tiré de Breune, 2013

Le ratio obtenu est multiplié par la superficie du bassin versant contributif pour obtenir la superficie de la zone tampon à implanter. Il importe ensuite de diviser cette superficie par la longueur effective de bande riveraine ou zone tampon afin d'obtenir la largeur à implanter. Pour plus de détails, se référer à l'annexe 8.

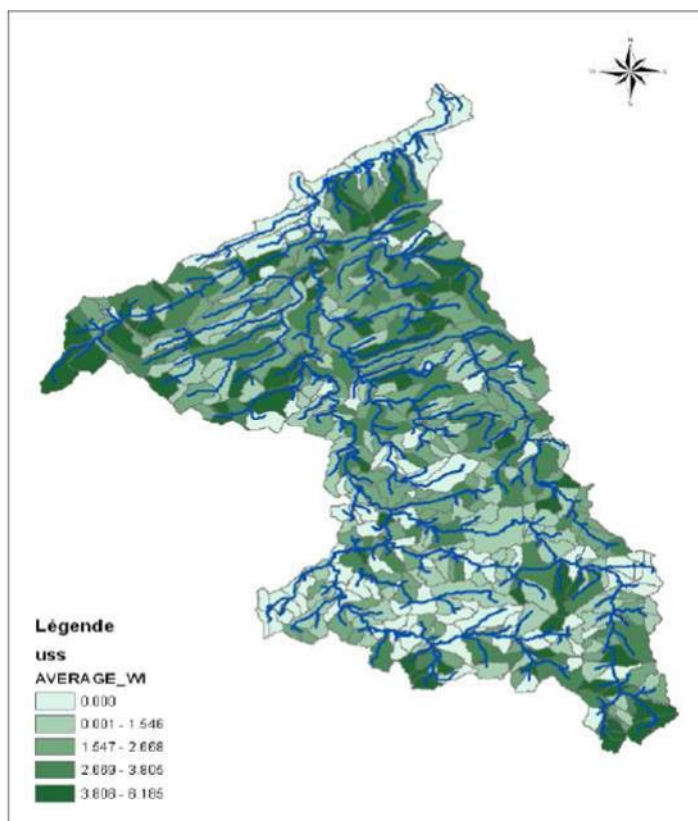
Breune (2013) résume les limites importantes de cette méthode d'estimation du ratio de la zone tampon et par extension de sa largeur (Dosskey et coll. 2011) :

- Non adaptée aux sols imperméables

- Ne tient pas compte de la diminution d'efficacité de la zone tampon dû à l'accumulation de sédiments au fil du temps
- Ne tient pas compte des pertes de nutriments solubles non captés par la zone tampon
- Construite sur la base d'une érosion en nappe ou en rigole (ruissellement plus diffuse) dans une zone tampon qui n'est jamais submergée.
- Ne s'applique pas à la période de fonte des neiges

Au Québec, le modèle mathématique VFDM (Vegetated Filter Dimensioning Model) a été développé par Guimere et Rousseau (2011) pour déterminer la largeur de la bande riveraine en milieu agricole permettant d'atteindre un niveau d'efficacité de sédimentation souhaité en fonction de la végétation et des caractéristiques topographiques, hydrologiques et sédimentologiques. Les résultats obtenus permettent de mieux cibler les zones où des bandes riveraines élargies seraient à implanter versus des zones où elles pourraient simplement respecter la réglementation actuelle. La fiabilité de la méthode dépend de la qualité des données utilisées.

**Carte 8 :** Largeurs en mètres de bandes riveraines recommandées dans le bassin versant de la Rivière Beauvillage au Québec selon l'application du modèle VFDM



Tiré de Guimere et Rousseau, 2011.

---

### Limites à l'efficacité des bandes riveraines

Le bris de la connectivité sédimentologique et hydrologique par la bande riveraine permet de diminuer le transport de polluants des champs aux cours d'eau (Gumiere, 2010). Le potentiel des bandes riveraines à remplir ce rôle est toutefois fortement limité lors de trois situations : les écoulements préférentiels, les périodes de gel puis les crues printanières et les inondations.

- Les écoulements préférentiels de l'eau diminuent l'efficacité de la bande riveraine en concentrant le ruissellement à certains endroits (rigole ou ravine). En effet, un écoulement mince et régulier de l'eau est nécessaire à la bonne performance des bandes riveraines or, cette condition est rarement présente à l'état naturel. Il a été démontré qu'un écoulement concentré peut déplacer des sédiments dans une bande boisée sur plus de 300 mètres (Belt et al., 1992). Quant au réseau hydraulique des champs agricoles (fossés et raies de curage) sans bande riveraine ainsi que le drainage souterrain, ils court-circuitent tout simplement l'effet potentiel de la bande riveraine.
- Lors des périodes de gel, les plantes en dormance ne peuvent absorber des nutriments, ce qui diminue grandement leur capacité à filtrer l'eau.
- Lors des crues printanières, les sols gorgés d'eau ne peuvent offrir aucune capacité d'infiltration de l'eau et les plantes peinent à freiner le ruissellement. Les bandes riveraines soumises à des inondations récurrentes peuvent jouer le rôle d'une source de pollution diffuse puisque les inondations saisonnières soulèvent et transportent les sédiments trappés par les bandes riveraines vers les cours d'eau (Chow, 1994). Une largeur de faucheuse (3 à 7 mètres selon le type de machinerie) en foin ou en panic érigé permettrait de prélever annuellement de la biomasse donc des quantités d'azote, de phosphore et de pesticides emmagasinées dans la bande riveraine. Toutefois, ce prélèvement n'est généralement pas suffisant pour compenser l'accumulation (CORPEN, 2007).

# 4. COÛTS DES MESURES DE RESTAURATION ÉTUDIÉES EN MILIEU AGRICOLE

## 4. COÛTS DES MESURES DE RESTAURATION ÉTUDIÉES EN MILIEU AGRICOLE

Ce chapitre présente les coûts des travaux en milieu agricole sur la base que tous les travaux seraient réalisés sans exception. Au chapitre 5, ces coûts seront révisés sur la base des travaux retenus par la Ville pour une première phase de restauration.

L'analyse et la compilation des coûts pour les travaux possibles pour chaque dossier de producteur ont été réalisées par la chargée de projet pour l'ensemble des 90 dossiers afin d'assurer une analyse standardisée. Les ouvrages recommandés à la limite de deux terres appartenant à des producteurs distincts ont été compilés dans un dossier particulier.

Les sections qui suivent présentent la base de l'estimation pour les grandes catégories de coûts discutés dans les chapitres précédents.

Pour les travaux (construction/conception) liés directement aux terres agricoles les catégories sont les suivantes:

- Modifications des pratiques agricoles
- Aménagements hydroagricoles en champs et fossés
- Préservation et/ou revégétalisation de bandes riveraines
- Bassins d'égalisation et marais

Les autres travaux (construction/conception) et catégories sont:

- Travaux associés directement à la Rivière Bulstrode
- Vitrine de démonstration de mesures de restauration
- Autres activités (formation et publicité)

L'estimation des coûts est majorée à cette étape d'un facteur de 25% pour tenir compte des imprévus, frais de gestion/coordination de projet et autres frais contingents.

Les taxes applicables ne sont pas incluses dans le montant total.

## 4.1 Base de l'estimation pour la modification des pratiques agricoles des agriculteurs prioritaires

**Tableau 23 : Détail des coûts pour la modification des pratiques agricoles**

Description de la tâche réalisée	Coût estimé	temps conseillé	Déplacement	Autre	Prime	
	Temps estimé du	(\$/heure)	(\$/km)	(\$)	(\$)	
	(heure)	50	1,29			
<b>1ère année:</b>						
Déclaration sur les pratiques culturales en place et demande officielle de suivi, signature de contrat de 5 ans.	2	100	64,5			
Visite début juin des champs en pratique de conservation: minimum du tiers des surfacesensemencées en travail réduit.	4	200	64,5			
Deux analyses de la structure du sol 100\$/analyse.	2*			200		
Accompagnement: rencontre de planification des cultures et pratiques culturales, suivi au champ, support technique, formations.	14	700	64,5			
<b>2ième année</b>						
Visite début juin des champs en pratique de conservation: minimum du tiers des surfacesensemencées en travail réduit.	3	150	64,5			
Accompagnement : idem	12	600	64,5			
<b>3ième année</b>						
Visite début juin des champs en pratique de conservation: minimum du tiers des surfacesensemencées en travail réduit.	3	150	64,5			
Accompagnement: idem	11,5	575	64,5			
Si trois années avec exigences rencontrées: prime de 3000\$ octroyée et administration	0,5	25		25	3000	
<b>4ième année</b>						
Visite début juin des champs en pratique de conservation: minimum du tiers des surfacesensemencées en travail réduit.	3	150	64,5			
Accompagnement: idem	7	350	64,5			
<b>5ième année</b>						
Visite début juin des champs en pratique de conservation: minimum du tiers des surfacesensemencées en travail réduit.	4	200	64,5			
Analyses structurales: même champs que ceux initialement échantillonnés. 100\$/analyse	2*			200		
Accompagnement: idem	5,5	275				
Si cinq années avec exigences rencontrées: prime de 5000\$ octroyée et administration	0,5	25	64,5		5000	
	<b>Total</b>	3500	709,5	425	8000	<b>12634,5</b>

### 4.1.1 Déclaration et signature du contrat de 5 ans

Les coûts de 164.50\$ incluent :

- Rencontre avec le producteur pour la signature du contrat;
- Cueillette d'information des parcelles et des pratiques culturales de l'entreprise;
- Remise d'une pelle au nom du projet (coût de la pelle non incluse)

### 4.1.2 Visite des champs et accompagnement pour changement de pratiques culturales

Les coûts de 4 070.00\$ incluent :

- 4 visites de classification des champs (une visite par année subséquente à l'adhésion) : un minimum du tiers des surfaces doit avoir 30% de résidus en surface après le semis;
- 51 heures d'accompagnement incluant le suivi, le déplacement (temps et kilométrages) et le temps d'échantillonnage (pour les analyses structurales du sol) échelonnées sur les 5 années du contrat.

### 4.1.3 Analyse de la structure du sol

Les coûts de 400.00\$ incluent :

- Le coût des 4 analyses structurales de sol dans les champs initiaux soit : 2 la première année et 2 la cinquième année.

### 4.1.4 Première et deuxième prime pour : Programme pour les cultures ensemencées

Le changement des pratiques culturales a été inscrit à toutes les entreprises qui respectaient, selon les données que nous avons à notre disposition, les critères de sélection. Le nombre d'entreprises admissibles est de 81 sur 90.

Ce programme a pour objectif d'offrir des incitatifs permettant une transition vers des pratiques culturales de conservation sur minimalement le tiers des superficies en cultures ensemencées par chaque entreprise agricole participante du bassin versant. Il part du principe que les producteurs agricoles sont les meilleurs acteurs pour choisir des moyens économiques, efficaces et adaptés à leur entreprise pour mettre en œuvre ces pratiques sur leur exploitation. Ils seront accompagnés par un conseiller en agroenvironnement non lié compétent afin d'assurer une bonne productivité des champs tout en améliorant la santé des sols et en limitant l'érosion hydrique. Une prime aux résultats constatés sera offerte aux entreprises qui auront atteint les objectifs de travail réduit et de cultures de couverture durant les années de transition (5 ans). D'un total de 8000\$, cette prime sera remise en deux temps afin de supporter la transition vers des pratiques de conservation des sols. Le respect des bandes riveraines réglementaires et d'une bande de 1 m de largeur non travaillée sur les talus des fossés seront également conditionnels à la prime.

**Tableau 24 : Programme pour les cultures ensemencées**

Année	Tâches	Coûts associés (\$)
1 <sup>re</sup>	• Rencontre initiale, cueillette d'informations (PAEF) et signature du contrat, remise d'une pelle au nom du projet;	164.50
	• Visite de qualification des champs: minimum du tiers des surfaces ensemencées en travail réduit ou semis direct;	264.50
	• Deux analyses de la structure du sol;	200.00
	• Accompagnement individuel (14 heures de suivi);	764.50
2 <sup>e</sup>	• Visite de qualification des champs: minimum du tiers des surfaces ensemencées en travail réduit ou semis direct;	214.50
	• Accompagnement individuel (12 heures de suivi);	664.50
3 <sup>e</sup>	• Visite de qualification des champs: minimum du tiers des surfaces ensemencées en travail réduit ou semis direct;	214.50
	• Accompagnement individuel (12 heures de suivi);	689.50
	• Versement de la première prime au producteur;	3 000.00
4 <sup>e</sup>	• Visite de qualification des champs: minimum du tiers des surfaces ensemencées en travail réduit ou semis direct;	214.50
	• Accompagnement individuel (7 heures de suivi);	414.50
5 <sup>e</sup>	• Visite de qualification des champs: minimum du tiers des surfaces ensemencées en travail réduit ou semis direct;	264.50
	• Deux analyses de la structure du sol sur les mêmes champs initiaux;	200.00
	• Accompagnement individuel (6 heures de suivi);	364.50
	• Versement de la dernière prime au producteur.	5 000.00
<b>Total par entreprise agricole</b>		<b>12 634.50 \$</b>

Une enveloppe annuelle d'environ 200 000\$ serait disponible pour supporter financièrement ce programme. Les producteurs qui cultivent déjà à l'heure actuelle selon ces critères seront également admissibles à ces primes. Il sera en place pour une durée de 10 ans, donc les producteurs auront au maximum 5 années pour choisir d'y adhérer et bénéficier du programme complet. Il sera considéré comme fermé à sa huitième année d'application puisque les derniers participants qui y adhéreront lors de la septième année ne pourront bénéficier que de la première prime d'un montant de 3 000\$. Ce programme sera admissible exclusivement aux entreprises qui se qualifient pour la réalisation des PAEF, soit celles qui produisent plus de 1600 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou cultivent plus de 15 ha en cultures annuelles.

#### 4.1.5 Cultures pérennes pour 5 ans

L'implantation des cultures pérennes est suggérée pour 15 entreprises.

## Programme pour les parcelles à haut risque d'érosion devant rester en culture pérenne

Ce programme a pour but d'offrir des incitatifs permettant l'implantation de cultures pérennes sur les terres jugées à haut risque d'érosion. Ces terres peuvent être localisées dans la plaine inondable de récurrence 0-2 ans, dans des pentes très fortes, ou encore, des zones de parcelles où le ruissellement de surface est excessif. Le sol devrait garder une couverture végétale permanente.

Ces surfaces ont été délimitées lors des visites terrain de 2013. Une prime de 100\$ par année par hectare conservé en culture pérenne sera octroyée après 5 années consécutives de maintien de cette culture. Un contrat d'une durée minimale de 5 ans devra être signé avec le producteur et une visite sur le terrain est prévue annuellement afin de qualifier la parcelle à ce programme. Le coût de ce programme pour 1 hectare conservé est estimé à 1573\$ dont 500\$ de prime au producteur.

Ces montants ont été estimés de la façon suivante: 3 heures attribuées à la visite de qualification de la parcelle et l'administration du dossier incluant les frais de transport (50km) durant 5 ans (1073\$) et 100\$/ha/année de prime au producteur afin de bonifier le bénéfice du producteur. En comparaison à cette compensation, la valeur de la marge sur les cultures dans la région varie de 100 à 900\$/ha pour le maïs (grain ou ensilage), de 200 à 300 pour les prairies et 769\$ pour le panic érigé.

**Tableau 25** : Prime aux résultats pour l'adoption de culture pérenne

Surface délimitée pour les cultures pérennes à la suite des visites-diagnostic 2013	1
Prime obtenue à la suite de 5 années successives en cultures pérennes (100\$/année/ha) information validée par un conseiller	500
Visite annuelle des parcelles et administration de la prime (3h/année+ transport X 50km)	1072,5
<b>Total estimé :</b>	<b>1572,5\$</b>

### 4.1.6 Culture pérenne visite annuelle pour les 5 ans

Les coûts de 1 572.50\$/ha incluent :

- Une visite diagnostique afin de déterminer la surface à implanter en culture pérenne;
- Une visite annuelle des parcelles et l'administration de la prime évaluées à 3 heures par année qui inclut les frais de déplacement (temps et kilométrages);
- La remise d'une prime de 500\$ par hectare à la fin du contrat de 5 ans.

\* Prendre note que les frais suivants ne sont pas inclus (section 4.1) :

- Gestion, demande et coordination des subventions;
- Promotion, appels téléphoniques et rencontres avec les producteurs pour l'explication du projet;
- Production du Plan d'Accompagnement Agroenvironnemental (PAA) essentiel à l'obtention de certaines subventions.

## 4.2 Base de l'estimation pour les aménagements hydroagricoles en champ et fossé

Tous les coûts des aménagements hydroagricoles sont basés sur les coûts moyens du MAPAQ.

Les temps pelles sont basés sur une moyenne de vitesse de creusage de fossé standard selon des entrepreneurs de la région des Bois-Francs, à partir d'un coût moyen de pelle de 125\$/hr.

### 4.2.1 Bassin de rétention dans fossé

**Tableau 26** : Détail des coûts pour les bassins de rétention dans fossé

Matériaux/main d'œuvre/honoraires	Coût/unité
Élargissement de fossé 20m/hr * 125\$/hr	6.25\$/m
Drain 12 po lisse	15.50\$/m
Coude	50.00\$/coude
Manchon	20.00\$/manchon
Grille	45.00\$/grille
Pelle aménagement ponceau et chute enrochée 3.5hr * 125\$/hr	437.50\$/ponceau
Pierre 12.50\$/tonne * 15 tonnes	187.50\$/ponceau
Nivellement (pour égaliser déblais terre, 30 m chaque côté)	150.00\$
Main d'œuvre ponceau 4.25hr * 30\$/hr	127.50\$
Réalisation plans et devis et supervision chantier 350\$ de frais de base + 17% de la valeur des travaux	517.28\$

Les coûts de 6.25\$/m + 2 066\$ incluent :

(6.25\$/m) :

- Temps de pelle pour le creusage du fossé;

Calcul du temps de pelle = 125 \$/hr / 20 m /hr = 6,25 \$/m.

(2 066\$) Basé sur un ponceau de 30m et 100m de fossé :

- Main-d'œuvre;
- Matériel (pierre, géotextile, tuyau, coude, etc.);
- Nivellement;
- Honoraires, conception (plans et devis);
- Surveillance des travaux.

#### 4.2.2 Bassin de rétention en tête de tributaires

**Tableau 27** : Détail des coûts pour bassin en tête de tributaire

Matériaux/main d'œuvre/honoraires	Coût/unité
Agrandissement bassin 4hr * 125\$/hr	500.00\$
Drain 12 po lisse	15.50\$/m
Coude	50.00\$/coude
Manchon	20.00\$/manchon
Grille	45.00\$/grille
Pelle aménagement ponceau et chute enrochée 3.5hr * 125\$/hr	437.50\$/ponceau
Pierre 12.50\$/tonne * 15 tonnes	187.50\$/ponceau
Nivellement (pour égaliser déblais terre, 30 m chaque côté)	150.00\$
Main d'œuvre ponceau 4.25hr * 30\$/hr	127.50\$
Réalisation plans et devis et supervision chantier 350\$ de frais de base + 17% de la valeur des travaux	517.28\$

Les coûts de 2 666.00\$/bassin incluent :

- Temps de pelle;
- Main-d'œuvre;
- Matériel (pierre, géotextile, tuyau, etc.);
- Honoraires, conception (plans et devis);
- Surveillance des travaux.

### 4.2.3 Bassin de rétention en champ

**Tableau 28** : Détail des coûts pour bassin de rétention en champ

Matériaux/main d'œuvre/honoraires	Coût/unité
Temps pelle aménagement bassin 15hr * 125\$/hr	1 875.00\$/bassin
Drain 12 po lisse	15.50\$/m
Puisard	400.00\$/puisard
Manchon	20.00\$/manchon
Grille	45.00\$/grille
Pelle aménagement ponceau et chute enrochée 4hr * 125\$/hr	500.00\$/ponceau
Pierre 12.50\$/tonne * 30 tonnes	375.00\$/bassin
Aménagement chutes enrochées 125\$/chute * 3	375.00\$
Aménagement plantes 7\$/arbuste * 50	350.00\$
Aménagement voie d'eau engazonnée 125\$/hr * 2 + 75\$ semences	325.00\$/voie d'eau
Main d'œuvre 12hr * 30\$/hr	360.00\$
Réalisation plans et devis et supervision chantier 350\$ de frais de base + 17% de la valeur des travaux	1 468.50\$

Les coûts de 6 619.00\$ incluent :

- Temps de pelle;
- Main-d'œuvre;
- Voie d'eau engazonnée;
- Chute enrochée;
- Matériel (pierre, géotextile, tuyau, plante, etc.);
- Honoraires, conception (plans et devis);
- Surveillance des travaux.

### 4.2.4 Compensation pour utilisation des terres

La compensation, dans le cas des aménagements d'ouvrages de rétention, a été évaluée à 5 000\$ par ouvrage car selon nous ce montant paraît acceptable pour les producteurs. La compensation pourrait être plus élevée lors d'aménagements plus importants. Le coût de 5 000\$ est un ordre de grandeur, car les compensations seront déterminées selon les négociations avec les producteurs.

#### 4.2.5 Voie d'eau engazonnée

**Tableau 29** : Détail des coûts pour voie d'eau engazonnée

Matériaux/main d'œuvre/honoraires	Coût/unité
Temps pelle 2min/m	4.75\$/m
Drain 6 po	5.00\$/m
Ensemencement	1\$/m
Réalisation plans et devis et supervision chantier 350\$ de frais de base + 17% de la valeur des travaux	903.00\$

Les coûts de 10,65\$/m +903\$ incluent :

(10.65\$/m) :

- Temps de pelle;
- Main-d'œuvre;
- Matériel (ensemencement, drain);

(903\$) :

- Honoraires, conception (plans et devis);
- Surveillance des travaux.

#### 4.2.6 Chute enrochée

**Tableau 30** : Détail des coûts pour chute enrochée

Matériaux/main d'œuvre/honoraires	Coût/unité
Temps pelle 1.5hr * 125\$/hr	187.50\$/chute
Géotextile 7\$/m * 10m	70.00\$/chute
Pierre 12.50\$/tonne * 7.5 tonne	93.75\$/chute
Main d'œuvre 0.75hr * 30\$/hr	22.50\$/chute
Réalisation plans et devis et supervision chantier	154.25\$/chute
<b>Total</b>	<b>528.00\$/chute</b>

#### 4.2.7 Avaloir en champ

**Tableau 31** : Détail des coûts pour avaloir en champ

Matériaux/main d'œuvre/honoraires	Coût/unité
Temps pelle pose drain 6\$/m * 105m	630.00\$
Drain 12 po lisse	15.50\$/m
Coude	50.00\$/coude
Manchon	20.00\$/manchon
Grille	45.00\$/grille
Géotextile 7\$/m * 10m	70.00\$
Aménagement avaloir et chute enrochée 4hr * 125\$/hr	500.00\$/avaloir
Pierre 12.50\$/tonne * 15 tonnes	187.50\$
Main d'œuvre ponceau 2.75hr * 30\$/hr	82.50\$
Réalisation plans et devis et supervision chantier 350\$ de frais de base + 17% de la valeur des travaux	717.63\$

Les coûts de 25\$/m + 1 382\$ incluent :

(25\$/m) :

- Temps de pelle;
- Main-d'œuvre;
- Matériel (pierre, tuyau, etc.).

(1 382\$) :

- Matériel (grille, géotextile, coude);
- Chute enrochée;
- Honoraires, conception (plans et devis);
- Surveillance des travaux.

#### 4.7.8 Rigole d'interception

**Tableau 32** : Détail des coûts pour une rigole d'interception

Matériaux/main d'œuvre/honoraires	Coût/unité
Temps pelle + voie d'eau	10.00\$/m
Chute enrochée (voir tableau 13 pour détail des coûts)	528.00\$

Les coûts de 10\$/m + 528\$ pour la chute incluent :

- Temps de pelle;
- Main-d'œuvre;
- Matériel (pierre, géotextile, etc.);

#### 4.7.9 Protection de sortie de drain

**Tableau 33** : Détail des coûts pour protection de sortie de drain basse

Matériaux/main d'œuvre/honoraires	Coût/unité
Temps pelle 0.3hr * 125\$/hr	37.25\$
Pierre 12.50\$/tonne * 5.5 tonnes	68.75\$
Géotextile 7\$/m * 2m	14.00\$
<b>Total</b>	<b>120.00\$</b>

**Tableau 34** : Détail des coûts pour protection de sortie de drain haute

Matériaux/main d'œuvre/honoraires	Coût/unité
Temps pelle 0.5hr * 125\$/hr	62.50\$
Pierre 12.50\$/tonne * 9.8 tonnes	122.50\$
Géotextile 7\$/m * 5m	35.00\$
<b>Total</b>	<b>220.00\$</b>

Les coûts de 120\$ normale et de 220\$ haute incluent :

- Temps de pelle;
- Main-d'œuvre;
- Matériel (pierre, géotextile, etc.);

\* Prendre note que les frais suivants ne sont pas inclus (section 4.2):

- Gestion, demande et coordination des subventions;
- Promotion, appels téléphoniques et rencontres avec les producteurs pour l'explication du projet;
- Production du Plan d'Accompagnement Agroenvironnemental (PAA) essentiel à l'obtention de certaines subventions;
- Entretien des bassins évalué à 675\$ au 3 ans.

### 4.3 Base de l'estimation pour la préservation et/ou revégétalisation des bandes riveraines

#### 4.3.1 Bande riveraine de 5 m pour les principaux tributaires de la Bulstrode

Les coûts de 15 124,40\$/km linéaire incluent :

- Préparation du site (travail du sol, déroulage du paillis de plastique, location de la dérouleuse);
- Main-d'œuvre;
- Déplacement;
- Matériel (paillis de plastique, arbuste, etc.);
- Honoraires, conception (plans et devis);
- Surveillance des travaux.

\* Calcul la bande de 5 m :  $(9\ 074,64\$/3 \times 2) + 9\ 074,64\$ = 15\ 124,40\$$  km linéaire

\* Prendre note que les frais suivants ne sont pas incluent :

- Crampes métalliques de 15cm et biodisques de 45cm de diamètre;
- Gestion, demande et coordination des subventions;
- Promotion, appels téléphoniques et rencontres avec les producteurs pour l'explication du projet;
- Production du Plan d'Accompagnement Agroenvironnemental (PAA) essentiel à l'obtention de certaines subventions;
- Entretien (voir le tableau 37).

**Tableau 35 :** Liste des tributaires prioritaires et non prioritaires inclus dans l'étude

Tributaires	Prioritaires	Non prioritaires
Ruisseau l'Abbé	X	
Ruisseau Parent	X	
Ruisseau Plante	X	
Ruisseau des Aulnes	X	
Ruisseau Perreault	X	
Ruisseau Allard		X
Ruisseau Willie-Gagné		X
Ruisseau Daigle		X
Ruisseau Légaré		X
Ruisseau Gingras		X
Ruisseau Sévigny		X

#### 4.3.2 Achat de la non utilisation permanente de la bande riveraine sur les tributaires principaux 5m

Les frais pour la non utilisation des bandes ou des terres ont été établis selon la moyenne des prix de vente des terres de la Financière agricole du Québec (Annexe 9). Les prix ont été légèrement majorés afin de suivre leur augmentation annuelle. Le prix établi est donc de 1 000\$ le kilomètre linéaire ou 1\$/m<sup>2</sup>. Les coûts de la non utilisation ont été appliqués a toute la largeur de la bande.

Calcul pour la bande de 5m en largeur: 1\$/m<sup>2</sup> x 5m de largeur x 1 000m = 5 000\$/km linéaire.

### 4.3.3 Nettoyage des tributaires

Les coûts pour le nettoyage des tributaires sont basés sur la moyenne des coûts des tributaires qui ont été nettoyés depuis 2005 dans la MRC de l'Érable. Les coûts ont été fournis par M. Léo Ouellet de la MRC de l'Érable et peuvent donc différer selon les MRC.

Le nettoyage est fait à la demande des producteurs et prend généralement quelques temps avant d'être effectué par la MRC.

Donc selon cette moyenne le coût a été établies à 2.96\$/m.

Les coûts inclus seulement le temps de pelle.

### 4.3.4 Bande riveraine des autres cours d'eau 3m

L'aménagement d'une bande riveraine par la plantation d'arbustes et d'arbres ainsi que son entretien est préférable au laisser aller de l'implantation de la végétation naturelle pour la simple raison que les champs agricoles sont des zones aménagées et gérées de manière productive. L'aménagement et l'entretien de la zone tampon est nécessaire pour empêcher la propagation des mauvaises herbes dans le champ et pour promouvoir le respect de cette lisière transitoire. Les producteurs agricoles ne veulent tout simplement pas avoir une lisière désordonnée au pourtour de leurs champs.

Les coûts ont été calculés pour l'implantation d'une rangée d'arbustes, soit l'équivalent d'une largeur de 3 mètres sur le replat (largeur réglementaire) à partir du haut du talus, sur une longueur de 1 kilomètre.

**Tableau 36:** Coût de l'implantation d'une bande riveraine arbustive de 3 m de largeur

<b>IMPLANTATION d'une bande riveraine arbustive de 3 mètres de largeur</b>		
<b>Conception et gestion</b>	<b>Coûts par unité de mesure</b>	<b>Coûts au kilomètre linéaire</b>
Plan, design, organisation et planification des travaux, gestion	400,00 \$ / site	400,00 \$
<b>Préparation du site (loam)</b>		
Travail du sol (charrue et herse à disques x 2)	1,5h x 100\$/h*	150,00 \$
Déplacement ouvrier et machinerie	100 km x 0,55 \$/km + 1h x 50\$/h	105,00 \$
Déroulage du paillis de plastique (largeur = 1,54 m)	2 personnes x 50\$/h x 2h/km**	200,00 \$
Location dérouleuse	100 \$/ jour	100,00 \$
Déplacement	100 km x 0,55 \$/km + 1h x 50\$/h x 2	155,00 \$
<b>Intrants</b>		
Paillis de plastique (5 pieds x 1 200 pieds, épaisseur 0,07 mm)	195,38 \$ /365 m (1200 pieds) x 3***	586,14 \$
Arbustes (espacement 1,5 mètres; 1 gallon; diversité d'espèces)	6,00 \$ /arbuste****	4 002,00 \$
Transport des arbustes		200,00 \$
<b>Transplantation</b>		
Main d'œuvre	30 \$/heure * 0,15 h/arbuste*****	3 001,50 \$
Déplacement	100 km * 0,55 \$/km + 1h x 30\$/h x 4	175,00 \$
<b>Coût total au kilomètre linéaire</b>		<b>9 074,64 \$</b>

\* Selon Charles Lussier, géographe, Projet Lisière Verte, Baie Missisquoi.

\*\* Selon Charles Lussier:2h/km; selon Richard Laroche, dépend du travail du sol préalable: 0,5-3,5 h/km.

\*\*\* 160\$ + tx/rouleau, Société Sylvicole Arthabaska (2013); augmentation 3% par an; moyenne sur 5 ans.

\*\*\*\* Pépinière La Samarre inc., prix moyen pour diverses espèces indigènes (2012).

\*\*\*\*\* Temps moyen nécessaire au transport de l'arbuste et à la mise en terre évalué à 9 minutes (0,15 h).

Les coûts ayant trait au travail du sol et à la transplantation sont basés sur l'expérience de Charles Lussier, géographe, ayant mis en place un réseau de plus de 40 kilomètres de bandes riveraines avec la Coopérative de Solidarité du bassin versant de la Rivière aux Brochets (regroupement d'agriculteurs de Bedford). Les coûts des intrants proviennent de sources d'approvisionnement locales basées sur un projet de bandes riveraines dans le bassin versant de la Rivière des Rosiers. Il est évident que le coût des arbustes pourrait être considérablement diminué si un contrat était établi avec une pépinière pour la production d'arbustes ou si un projet permettait la création d'une pépinière à but non lucratif par la Ville ou la MRC.

### 4.3.5 Coûts d'entretien

L'entretien de la bande riveraine est un facteur déterminant de la réussite d'implantation des végétaux à long terme. Tant qu'à investir dans l'implantation, mieux vaut investir aussi dans l'entretien sans quoi il est préférable de ne rien aménager.

L'entretien consiste à la fauche des herbacées des deux côtés du paillis de plastique ainsi qu'au désherbage autour des plants d'arbustes et d'arbres durant les trois premières années et ce, deux fois par année. Les arbres nécessitent une taille de formation dès la troisième année puis des travaux d'élagage afin d'assurer la saine croissance de l'arbre et d'empêcher les branches de nuire aux travaux au champ. Le tableau suivant fait état des coûts d'entretien pour une bande riveraine arbustive sur les trois premières années.

**Tableau 37 :** Coût d'entretien d'une bande riveraine arbustive de 3 m de largeur

<b>ENTRETIEN sur 3 ans d'une bande riveraine arbustive de 3 mètres de largeur</b>		
<b>Organisation et gestion</b>	<b>Coûts par unité de mesure</b>	<b>Coûts au kilomètre linéaire</b>
Planification des travaux, gestion, suivi par géomatique	150,00 \$ / site x 3 ans	450,00 \$
<b>Main d'œuvre</b>		
Débroussaillage des herbacées des 2 côtés du paillis	1,5 h x 30\$/h x 2 fois/an x 3 ans*	270,00 \$
Désherbage manuel des herbacées autour de l'arbuste	8h x 30\$/h x 2 fois/an x 2 ans	960,00 \$
Déplacement ouvrier et machinerie	100 km x 0,55 \$/km + 1h x 30\$/h x 2 x 3	510,00 \$
<b>Outils et machinerie</b>		
Débroussailleuse	5 000 \$ / 100 km **	50,00 \$
Carburant	20 \$ super sans plomb 1 h aller/retour*	20,00 \$
Réparations	100 \$/an x 3 ans / 100 km**	3,00 \$
<b>Remplacement des arbustes morts</b>		
Arbustes	10%* x 667 = 67 x 6\$/arbuste	402,00 \$
Transport des arbustes		200,00 \$
Main d'œuvre	30 \$/h x 0,15 h/arbuste x 67 arbustes	301,50 \$
Déplacement	100 km * 0,55 \$/km + 1h x 30\$/h x 2	115,00 \$
<b>Coût total au kilomètre linéaire</b>		<b>3 281,50 \$</b>

\* Selon l'expérience de Charles Lussier, géographe et coordonnateur de l'agroforesterie pour la Coopérative de Solidarité du bassin versant de la rivière aux Brochets.

\*\* Dans l'optique où l'achat de la débroussailleuse serait amorti sur une centaine de kilomètres implantés dans le bassin versant.

Les coûts d'entretien de 3 281.50\$/km linéaire incluent :

- Outils et machinerie (débrousailluse, carburant, réparation);
- Main-d'œuvre;
- Déplacement;
- Remplacement des arbustes morts (arbuste, transport des arbustes);
- Planification, gestion des travaux et suivi par géomantique;
- Surveillance des travaux.

### **4.3.6 Achat de la non utilisation permanente de la bande riveraine des autres cours d'eau 3m**

Les frais pour la non utilisation des bandes ou des terres ont été établis selon la moyenne des prix de vente des terres de la Financière agricole du Québec (Annexe 9). Les prix ont été légèrement majorés afin de suivre leur augmentation annuelle. Le prix établi est donc de 1 000\$ le kilomètre linéaire ou 1\$/m<sup>2</sup>. Les coûts de la non utilisation ont été appliqués à toute la largeur de la bande.

Calcul pour la bande de 3m en largeur: 1\$/m<sup>2</sup> x 3m de largeur x 1 000m = 3 000\$/km linéaire

### **4.3.7 Bande riveraine des fossés 1m**

Les coûts de 2 891.00\$/km linéaire incluent :

- Préparation du site (travail du sol)
- Main-d'œuvre;
- Déplacement;
- Matériel;
- Honoraires, conception;
- Surveillance des travaux.

Calcul pour la bande de 1 m : (9 074,64\$/3) = 2 891.00\$ km linéaire

### **4.3.8 Achat de la non utilisation permanente de la bande riveraine des fossés 1m**

Les frais pour la non utilisation des bandes ou des terres ont été établis selon la moyenne des prix de vente des terres de la Financière agricole du Québec (Annexe 9). Les prix ont été légèrement majorés afin de suivre leur augmentation annuelle. Le prix établi est donc de 1 000\$ le kilomètre linéaire ou 1\$/m<sup>2</sup>. Les coûts de la non utilisation ont été appliqués a toute la largeur de la bande.

Calcul pour la bande de 1m en largeur: 1\$/m<sup>2</sup> x 1m de largeur x 1 000m = 1 000\$/km linéaire.

#### 4.4 Base de l'estimation pour les bassins d'égalisation et marais

Le détail des coûts pour les noues et bassins d'égalisation se trouve à l'annexe 9.

##### 4.4.1 Noues d'égalisation (NE) avec protection 3 m

Les calculs des bassins ou noues d'égalisation sont basé sur un volume de 40 m<sup>3</sup>/ha.

Les coûts de 7 618.00\$ pour 10 ha incluent :

- Temps de pelle;
- Main-d'œuvre;
- Matériel (pierre, géotextile, tuyau, etc.);
- Honoraires, conception (plans et devis);

Coût unitaire pour 10 ha drainé selon tableau suivant :

**Tableau 38** : Estimateur de coûts pour la noue d'égalisation de base (NE)

Noue d'égalisation de base		
NE #		
Référence		
Surface drainée	ha	10
	<b>Unité</b>	<b>Coûts</b>
Déblai	ha drainé	168,00 \$
Ripisylve	ha drainé	200,00 \$
Avaloir	noue	2 300,00 \$
Émissaire	noue	1 638,00 \$
<b>Coûts de construction</b>		<b>7 618,00 \$</b>

#### 4.4.2 Noue d'égalisation avec marais intégré (NEMI) avec protection 3 m

Les coûts de 19 617.00\$ pour 10 ha incluent :

- Temps de pelle;
- Main-d'œuvre;
- Matériel (pierre, géotextile, tuyau, plantes, etc.);
- Honoraires, conception (plans et devis);

Coût unitaire pour 10 ha drainé selon tableau suivant :

**Tableau 39** : Estimateur de coûts pour la noue d'égalisation avec marais intégré (NEMI)

<b>Noue d'égalisation avec marais intégré (NEMI)</b>		
NEMI #		
Référence		
Surface drainée	Ha	10
	<b>Unité</b>	<b>Coûts</b>
Déblai zone 1	ha drainé	168,00 \$
Déblai zone 2	ha drainé	239,00 \$
Déblai zone 3	ha drainé	29,00 \$
Entrée	Noue	1 248,00 \$
Zone 1	ha drainé	544,00 \$
Zone 2	ha drainé	307,00 \$
Zone 3	Noue	1 561,00 \$
Avaloir	Noue	2 300,00 \$
Émissaire	Noue	1 638,00 \$
<b>Coûts de construction</b>		<b>19 617,00 \$</b>

#### 4.4.3 Bassin d'égalisation avec marais intégré (BEMI) avec protection 3m

Les coûts de 25 173.00\$ pour 10 ha incluent :

- Temps de pelle;
- Main-d'œuvre;
- Matériel (pierre, géotextile, tuyau, plantes, etc.);
- Honoraires, conception (plans et devis);

Coût unitaire pour 10 ha drainé selon tableau suivant :

**Tableau 40** : Estimateur de coûts pour le bassin d'égalisation avec marais intégré (BEMI)

<b>Bassin d'égalisation avec marais intégré (BEMI)</b>		
BEMI #		
Référence		
Surface drainée	ha	10
	<b>Unité</b>	<b>Coûts</b>
Entrée	bassin	1 248,00 \$
Zone 1	ha drainé	307,00 \$
Zone 2	ha drainé	320,00 \$
Zone 3	ha drainé	544,00 \$
Zone 4	ha drainé	350,00 \$
Zone 5	ha drainé	314,00 \$
Avaloir	bassin	2 300,00 \$
Émissaire	bassin	3 275,00 \$
<b>Coûts de construction</b>		<b>25 173,00 \$</b>

\* Prendre note que les frais suivants ne sont pas incluent (pour tous les modèles de marais):

- Gestion, demande et coordination des subventions;
- Promotion, appels téléphoniques et rencontres avec les producteurs pour l'explication du projet;
- Production du Plan d'Accompagnement Agroenvironnemental (PAA) essentiel à l'obtention de certaines subventions;
- Entretien.

### 4.4.4 Achat de la non utilisation permanente de la bande riveraine de protection 3 m

Les frais pour la non utilisation des bandes ou des terres ont été établis selon la moyenne des prix de vente des terres de la Financière agricole du Québec (Annexe 9). Les prix ont été légèrement majorés afin de suivre leur augmentation annuelle. Le prix établi est donc de 1 000\$ le kilomètre linéaire ou 1\$/m<sup>2</sup>. Les coûts de la non utilisation ont été appliqués à toute la largeur de la bande.

Calcul pour la bande de 3m en largeur: 1\$/m<sup>2</sup> x 3m de largeur x 1 000m = 3 000\$/km linéaire

### 4.4.5 Compensation pour utilisation de terres pour les BEMI

La compensation, dans le cas des aménagements d'ouvrages de rétention, a été évaluée à 5 000\$ par ouvrage car selon nous ce montant paraît acceptable pour les producteurs. La compensation pourrait être plus élevée lors d'aménagements plus importants. Le coût de 5 000\$ est un ordre de grandeur, car les compensations seront déterminées selon les négociations avec les producteurs.

## 4.5 Base de l'estimation pour les travaux associés directement dans la rivière Bulstrode

### 4.5.1 Préserver ou revégétaliser la bande riveraine de la rivière de 10 m

Les coûts de 30 248.80\$/km linéaire incluent :

- Préparation du site (travail du sol, déroulage du paillis, location de la dérouleuse);
- Main-d'œuvre;
- Déplacement;
- Matériel (paillis de plastique, arbuste, etc.);
- Honoraires, conception (plans et devis);
- Surveillance des travaux.

Calcul pour la bande de 10 m : (9 074,64\$\*3) + (9 074.64\$/3) = 30 248.80\$ km linéaire

\* Prendre note que les frais suivants ne sont pas inclus :

- Crampes métalliques de 15cm et biodisques de 45cm de diamètre;
- Gestion, demande et coordination des subventions;
- Promotion, appels téléphoniques et rencontres avec les producteurs pour l'explication du projet;
- Production du Plan d'Accompagnement Agroenvironnemental (PAA) essentiel à l'obtention de certaines subventions;

- Entretien (voir la section XX).

#### 4.5.2 Achat de la non utilisation permanente de la bande riveraine de la rivière de 10m

Les frais pour la non utilisation des bandes ou des terres ont été établis selon la moyenne des prix de vente des terres de la Financière agricole du Québec (Annexe 9). Les prix ont été légèrement majorés afin de suivre leur augmentation annuelle. Le prix établi est donc de 1 000\$ le kilomètre linéaire ou 1\$/m<sup>2</sup>. Les coûts de la non utilisation ont été appliqués a toute la largeur de la bande.

Calcul pour la bande de 10m en largeur: 1\$/m<sup>2</sup> x 10m de largeur x 1 000m = 10 000\$/km linéaire

#### 4.5.3 Stabilisation des berges: ensemencement et technique du génie végétal

**Tableau 41** : Détail des coûts pour l'ensemencement et technique du génie végétal

Ensemencement et végétalisation	Coûts par unité de mesure
Ensemencement sur sol en place	1\$/m <sup>2</sup>
Ensemencement sur terre végétale importée au site	5\$/m <sup>2</sup>
Ensemencement sur terre végétale récupérée du site	2,75\$/m <sup>2</sup>
Fourniture et installation de matrice de contrôle de l'érosion	2,50\$/m <sup>2</sup>
Plantation de végétaux arbustifs indigènes de type bande riveraine 1m c/c en format PFD 320cc	5\$/m <sup>2</sup>
Inclusion de végétaux arborescents incluant une plantation arbustive du point précédent densifié	25\$/m <sup>2</sup>
<b>Génie végétal</b>	
Fargot de salix et de Cornus	35\$/ml
Installation de pieux de cèdre	250\$/ml

Les coûts de 300\$/m linéaire incluent :

- Enrochement au besoin;
- Revégétalisation;
- Main-d'œuvre;
- Déplacement;
- Matériel (roche, paillis, plantes etc.);
- Honoraires, conception (plans et devis);

#### 4.5.4 Stabilisation des berges: techniques mixtes

**Tableau 42** : Détail des coûts pour les techniques mixtes

Liste des travaux possibles	Coûts par unité de mesure
Perré standard avec clé	400-500\$/ml
Correctif de pente avec végétalisation et matrice de contrôle d'érosion, sans enrochement	250-300\$/ml
Section de bande riveraine restaurée au sommet de la pente	
Végétalisation bande riveraine par ensemencement	0,75\$/m <sup>2</sup>
Plantation arbustive de la bande riveraine	5-45\$/m <sup>2</sup>
Densification arbustive	5-15\$/m <sup>2</sup>
Densification arborescente	25\$/m <sup>2</sup>

Les coûts de 500 à 1 000\$/m linéaire incluent :

- Enrochement de la base;
- Revégétalisation de la partie supérieur;
- Main-d'œuvre;
- Temps de machinerie;
- Déplacement;
- Matériel (roche, paillis, plantes etc.);
- Honoraires, conception (plans et devis);

#### 4.5.5 Insertion de bois mort

Les coûts de 50\$/m linéaire incluent :

- Ajout de billots de bois ancrés dans l'enrochement;
- Main-d'œuvre;
- Temps de machinerie;
- Déplacement;
- Matériel (bois, etc.);
- Honoraires, conception (plans et devis);

#### 4.5.6 Corridor de liberté

Les coûts de 2.3 à 5.3 millions incluent :

- Délimitation de l'espace de liberté;
- Prime aux propriétaires et utilisateurs riverains;

#### 4.5.7 Seuils en rivière

Les coûts de 10 000 à 20 000\$/seuil incluent :

- Ajout de pierre dans le lit de la Rivière;
- Main-d'œuvre;
- Temps de machinerie;
- Déplacement;
- Matériel (pierre, géotextile, etc.);
- Honoraires, conception (plans et devis);

\* Prendre note que les frais suivants ne sont pas incluent pour la section Rivière:

- Gestion, demande et coordination des subventions;
- Promotion, appels téléphoniques et rencontres avec les producteurs pour l'explication du projet;
- Entretien.

### 4.6 Vitrine de démonstration (2 agriculteurs adjacents avec front sur la Rivière Bulstrode)

#### 4.6.1 Modification des pratiques agricoles contrat de 5 ans

Le coût de 25 269\$ est le coût estimé de 12 634.50\$ pour les modifications des pratiques culturales multipliées par deux.

### 4.6.2 Bande riveraine sur la Bustrode

Le coût de 30 248.80\$ est un kilomètre d'aménagement d'une bande riveraine de 10m de large:

- Préparation du site (travail du sol, déroulage du paillis de plastique, location de la dérouleuse);
- Main-d'œuvre;
- Déplacement;
- Matériel (paillis de plastique, arbuste, etc.);
- Honoraires, conception (plans et devis);
- Surveillance des travaux.

### 4.6.3 Bande riveraine sur fossé

Le coût de 1 000\$ est la prime de 1\$/m<sup>2</sup> sur 1 kilomètre (voir détail point 4.3.8).

### 4.6.4 Pilote NE/NEMI (incluant protection 3m)

Le coût de 27 235\$ est le coût calculé pour l'aménagement d'un NE et d'un NEMI basé sur 10ha.

### 4.6.5 Stabilisation de berges de la rivière Bulstrode

Le coût de 15 800\$ est le coût calculé pour la stabilisation de 10m de berge.

\* Le coût exclu les demandes d'autorisation et de permis nécessaire pour cet aménagement.

### 4.6.6 Instrumentation, relevés et analyses

Le coût de 25 000\$ est le coût calculé pour la location d'appareil pouvant effectuer les relevés et analyses de la qualité de l'eau dans les bassins NE/NEMI.

## 4.7 Base de l'estimation pour les autres activités

### 4.7.1 Programme de formation

Nous estimons les coûts liés à l'organisation, la promotion, la gestion et la réalisation du programme de formation à 32 000\$ par année au cours des trois premières années et à 16 000\$ par année de la 4<sup>ième</sup> à la 10<sup>ième</sup> année pour un total de 208 000\$ sur dix ans.

Une collaboration pourrait être réalisée avec d'autres organisations en formation agricole comme les collectifs régionaux en formation agricole.

Au-delà du terme des dix premières années, la coordination du Projet Bulstrode devra continuer à mobiliser le milieu afin que les producteurs et leur relève développent leurs compétences, maintiennent les acquis et fassent progresser davantage le projet vers des pratiques et aménagements de conservation. Certains projets de bassins versants au Québec comme à l'étranger voient avec le temps les mesures établies à coût de grands efforts reculer à cause du manque de motivation et de mobilisation du milieu ou du changement des acteurs au fil du temps (producteurs et intervenants du milieu).

De plus, afin d'assurer le succès du déploiement du Projet Bulstrode dans le milieu, un programme de formation pourrait aussi être offert aux entrepreneurs et intervenants du milieu au cours des dix premières années. Lors de nos visites nous avons aperçu, par exemple, plusieurs cours d'eau et fossés de rue nouvellement creusés avec des talus à pente trop forte occasionnant beaucoup de décrochage.

#### 4.7.2 Publicité/ Marketing durant la réalisation du projet

La description des coûts pour la promotion et de la coordination du projet pour les dix premières années de déploiement est présentée dans le tableau suivant:

**Tableau 43 :** Description des coûts de promotion du projet

<b>Promotion</b>	Documentation, dépliants	<b>3 500\$</b>
	Affiches partenaire et reconnaissance	<b>50 000\$</b>
	Pelles	<b>5 000\$</b>
	Production de publicité	<b>14 000\$</b>
<b>Total</b>		<b>72 500\$</b>

Tableau 44 : Évaluation des coûts de restauration en milieu agricole

Item	Unité	Quantité	Coûts de construction/réalisation/incitatifs	Honoraires conception/surveillance	Coûts entretien annuel
<b>Modification des pratiques agricoles pour les agriculteurs prioritaires</b>					
Déclaration et signature du contrat de 5 ans	Unité	81,00	13 324,50 \$		
Visite des champs et accompagnement pour changement de pratiques culturales	Unité	81,00	329 670,00 \$		
Analyse de la structure du sol	Unité	81,00	32 400,00 \$		
Première prime après 3 ans de 3 000\$	Unité	81,00	243 000,00 \$		
Deuxième prime après 5 ans de 5 000\$	Unité	81,00	405 000,00 \$		
Cultures pérennes pour 5 ans (100\$/an/ha)	ha	36,00	18 000,00 \$		
Culture pérenne visite annuelle pour les 5 ans	Unité	15,00	16 095,00 \$		
<b>Sous-total modification pratiques agricoles</b>			<b>1 057 489,50 \$</b>	<b>0,00 \$</b>	<b>0,00 \$</b>
<b>Aménagements hydroagricoles en champ et fossé</b>					
Bassin de rétention dans fossé	Unité	24,00	106 548,76 \$	12 414,72 \$	5 400,00 \$
Bassin de rétention en tête des tributaires	Unité	77,00	205 303,56 \$		
Bassin de rétention en champ	Unité	4,00	20 602,00 \$	5 874,00 \$	900,00 \$
Compensation pour utilisation de terres	Unité	4,00	20 000,00 \$		
Voie d'eau engazonnée	Unité	42,00	118 142,48 \$	17 831,52 \$	
Chute enrochée	Unité	309,00	93 762,96 \$	69 389,04 \$	
Avaloir en champ	Unité	26,00	75 534,88 \$	18 242,12 \$	
Rigole d'interception	Unité	14,00	29 953,16 \$	3 143,84 \$	
Protection de sortie de drain	Unité	11,00	1 320,00 \$		
<b>Sous-total aménagements hydroagricoles</b>			<b>671 167,80 \$</b>	<b>126 895,24 \$</b>	<b>6 300,00 \$</b>
<b>Préservation et/ou revégétalisation bandes riveraines</b>					
Bande riveraine de 5m pour les principaux tributaires de la Bulstrode	km	41,67	602 453,61 \$	27 779,72 \$	7 596,68 \$
*Achat de la non utilisation permanente de la bande riveraine des tributaires principaux 5 m	km	41,67	208 350,00 \$		
**Nettoyage des tributaires	km	23,40	69 264,00 \$		
Bande riveraine des autres cours d'eau 3 m	km	71,48	620 063,27 \$	28 592,00 \$	7 818,72 \$
Achat de la non utilisation permanente de la bande riveraine des autres cours d'eau 3 m	km	71,48	214 440,00 \$		
Bande riveraine des fossés 1m	km	246,80	713 252,00 \$	0,00 \$	
Achat de la non utilisation permanente de la bande riveraine des fossés 1 m	km	246,80	246 800,00 \$		
<b>Sous-total préservation ou revégétalisation</b>			<b>2 674 622,88 \$</b>	<b>56 371,72 \$</b>	<b>15 415,40 \$</b>
<b>Bassins d'égalisation et marais</b>					
NE (incluant protection 3 m)	Unité	20,00	147 441,52 \$	14 744,15	
NEMI (incluant protection 3 m)	Unité	5,00	118 932,84 \$	11 893,28	
BEMI (incluant protection 3 m)	Unité	31,00	670 930,64 \$	67 093,06	
Achat de la non utilisation permanente de la bande riveraine protection 3 m	km	25,00	50 000,00 \$		
Compensation pour utilisation de terres BEMI	Unité	31,00	155 000,00 \$		
<b>Sous-total bassins d'égalisation et marais</b>			<b>1 142 305,00 \$</b>	<b>93 730,50 \$</b>	<b>0,00 \$</b>
<b>Travaux associés directement à la rivière Bulstrode</b>					
Préserver ou revégétaliser la bande riveraine Rivière Bulstrode 10 m ****	km	27,00	780 717,69 \$	35 999,91 \$	9 844,50 \$
Achat de la non utilisation permanente de la bande riveraine Rivière Bulstrode 10 m	km	27,00	270 000,00 \$		
Stabilisation des berges: ensemencement et technique du génie végétal	km		1 500 000,00 \$	100 000,00 \$	300 000,00 \$
Stabilisation des berges : techniques mixtes	km	3,40	3 150 000,00 \$	350 000,00 \$	170 000,00 \$
Insertion de bois mort			250 000,00 \$	50 000,00 \$	
Corridor de liberté ("achat du corridor ou du droit d'utilisation du corridor")	km2	6,00	600 000,00 \$		
Seuils	Unité		90 000,00 \$	90 000,00 \$	
<b>Sous-total travaux reliés à la Bulstrode</b>			<b>6 640 717,69 \$</b>	<b>625 999,91 \$</b>	<b>479 844,50 \$</b>
<b>Vitrine de démonstration (2 agriculteurs adjacents avec front sur la Rivière Bulstrode)</b>					
Modification de pratiques agricoles contrat de 5 ans	Unité	2,00	25 269,00 \$		
Bande riveraine sur la Rivière Bulstrode	km	1,00	28 915,47 \$	1 333,33	
Bande riveraine sur fossés	km	1,00	1 000,00 \$		
Pilote NE/NEMI (incluant protection 3 m)	Unité	2,00	27 235,00 \$		
Stabilisation de berges de la Rivière Bulstrode	m	10,00	15 800,00 \$		
Instrumentation, relevés et analyses	Unité	1,00	25 000,00 \$		
<b>Sous-total Vitrine de démonstration</b>			<b>123 219,47 \$</b>	<b>1 333,33 \$</b>	<b>0,00 \$</b>
<b>Autres activités</b>					
Programme de formation aux agriculteurs	Année	10,00	208 000,00 \$		
Publicité/ Marketing durant la réalisation du projet	Année	10,00	72 500,00 \$		
<b>Sous-total autres activités</b>			<b>280 500,00 \$</b>	<b>0,00 \$</b>	<b>0,00 \$</b>
<b>Sous-total</b>			<b>12 590 022,34 \$</b>	<b>904 330,70 \$</b>	<b>501 559,89 \$</b>
<b>Total construction</b>				<b>13 494 353,04 \$</b>	
<b>Imprévus, gestion de projet et autres frais contingents (25%)</b>				<b>3 373 588,26 \$</b>	
<b>GRAND TOTAL PROJET (taxes applicables en sus)</b>				<b>16 867 941,30 \$</b>	

\* Basé sur le prix moyen des terres agricoles payées en 2012 dans le Centre-du-Québec (selon les données de la Financière agricole du Québec), plus hausse moyenne évaluée pour les prochaines années (1\$ le mètre carré)

\*\* Basé sur le tableau des coûts de 2005 à 2012 fournis par M. Léo Ouellet de la MRC de l'Érable

\*\*\* Les items présentés ne sont pas tous additionnables, car la réalisation de certains items en exclut d'autres. Exemple : s'il y a adoption d'un corridor de liberté les bandes riveraines et autres aménagements de la

\*\*\*\*Les coûts pour les bandes riveraines de la rivière (10 m), sont les coûts établis par GCABF et non ceux de Terraformex car la différence était trop grande.

Les coûts n'incluent pas les zones 35 et 36

5. TRAVAUX RETENUS PAR LA VILLE  
POUR LA SUITE DU PROJET ET  
EVALUATION BUDGETAIRE

## 5. TRAVAUX RETENUS PAR LA VILLE POUR LA SUITE DU PROJET ET EVALUATION BUDGETAIRE

Après analyse des travaux et des coûts identifiés au chapitre 4 et nos recommandations quant à l'approche à favoriser, soit de mettre en place des:

### **Pratiques de première ligne:**

Rotation des cultures, intégration d'engrais verts et de cultures de couverture dans la rotation, fertilisation adaptée aux besoins de cultures, pratiques de lutte intégrée afin de diminuer à la source l'apport de nutriments et polluants sur les terres agricoles en utilisant des pratiques de première ligne, etc.

### **Pratiques de deuxième ligne:**

Aménagements hydro-agricoles lesquels contribuent à diminuer ou éviter des problématiques de forte érosion ou de formation de masses d'eau stagnante dans les champs.

### **Pratiques de troisième ligne:**

Zones tampons, dont les bandes riveraines, pour le contrôle et la prévention de la contamination des cours d'eau en milieu agricole.

Les représentants de la Ville ont retenus les travaux suivants pour les catégories du tableau 44 du chapitre 4.

### **5.1 Modifications de pratiques culturelles et incitatifs**

La Ville retient les travaux proposés au Chapitre 4 sans modification.

### **5.2 Aménagements hydroagricoles**

La Ville retient les travaux proposés au Chapitre 4 sans modification.

### **5.3 Préservation et/ou revégétalisation bandes riveraines**

Contrairement aux travaux proposés au chapitre 4, la ville préfère une :

- 5.3.1 Végétalisation naturelle des bandes riveraines;
- 5.3.2 Délimitation de 5 m seulement pour les principaux tributaires;
- 5.3.3 Compensation (pas d'achat contrairement au chapitre 4) offerte aux agriculteurs pour ne plus cultiver dans la bande riveraine (5m, 3m et 1m)

Sur la base de ces nouveaux paramètres de travail, la base d'estimation a été révisée ainsi :

### 5.3.1 Végétalisation naturelle des bandes riveraines

Les coûts estimés sont de 0\$, car la végétalisation naturelle ne requière aucun frais.

### 5.3.2 Mise en place d'une délimitation de 5 m

Les coûts sont estimés à 206.85 \$/km linéaire.

**Tableau 45** : Détail des coûts pour la mise en place d'une délimitation de la bande riveraine de 5m.

Temps/honoraires/matériel	Coût/km linéaire
Main d'œuvre (100 \$/ km linéaire)	100.00 \$
Temps et frais de déplacement ((60 km x 0,55 \$/km + 1h x 50\$/h)/7)	11.85 \$
Piquet (2\$/piquet * 40)	80.00 \$
Location d'un VTT + essence (évalué à (525 \$/semaine)/ (5 jours)/ (7km/jour))	15.00 \$
<b>Coût total au kilomètre linéaire</b>	<b>206.85 \$</b>

### 5.3.3 Compensation pour la perte de terrain bande riveraine de 1 m, 3 m et 5 m

Le coût est estimé à 40\$/km linéaire/an pour la bande de 1 m.

Le coût est estimé à 120\$/km linéaire/an pour la bande de 3 m.

Le coût est estimé à 200\$/km linéaire/an pour la bande de 5 m.

Les coûts pour la compensation ont été établis selon la moyenne des marges économiques de la culture du maïs grain, maïs ensilage et prairies de 2012 (données de Princeville). Les données sur les marges économiques ont été basées sur les budgets 2012 établies par Guy Beaugard, agronome, M.Sc. consultant en agroéconomie.

La moyenne des marges est de 400 \$/ ha, ce qui nous donne le calcul suivant :

400\$ pour 10 000m<sup>2</sup>, donc 40\$ pour 1 000m<sup>2</sup> (1km linéaire = 1m x 1 000m = 1 000m<sup>2</sup>)

## 5.4 Bassins d'égalisation et marais

Seules les 20 noues d'égalisation sont retenues pour le projet.

## 5.5 Travaux associés directement à la rivière Buslrode

Contrairement aux travaux proposés au chapitre 4, la ville préfère une:

- 5.5.1 Végétalisation naturelle des bandes riveraines côté nord;
- 5.5.2 Plantation d'une bande riveraine arbustive côté sud lorsque jugé nécessaire;
- 5.5.3 Délimitation de 10 m;
- 5.5.4 Compensation (au lieu d'achat au chapitre 4) offerte aux agriculteurs pour ne plus cultiver dans la bande riveraine.

Sur la base de ces nouveaux paramètres de travail, la base d'estimation a été révisée ainsi :

### 5.5.1 Végétalisation naturelle des bandes riveraines côté nord

Les coûts estimés sont de 0\$, car la végétalisation naturelle ne requière aucun frais.

### 5.5.2 Plantation d'une bande riveraine arbustive côté sud

Les coûts pour une bande riveraine de 10 m sont estimés à 36 352.80\$/km linéaire.  
(voir tableau 46 pour le détail des coûts)

**Tableau 46 :** Coût de l'implantation d'une bande riveraine arborescente de 10 m de largeur

<b>IMPLANTATION d'une bande riveraine arborescente de 10 mètres de largeur</b>		
<b>Conception et gestion</b>	<b>Coûts par unité de mesure</b>	<b>Coûts au kilomètre linéaire</b>
Plan, design, organisation et planification des travaux, gestion	400,00 \$ / site	400,00 \$
<b>Préparation du site (loam)</b>		
Travail du sol (charrue et herse à disques x 2)	4,5h x 100\$/h*	450,00 \$
Déplacement ouvrier et machinerie	100 km x 0,55 \$/km + 1h x 50\$/h	105,00 \$
Déroulage du paillis de plastique (largeur = 3 x 1.54 m)	2 personnes x 50\$/h x 6h/km**	600,00 \$
Location dérouleuse	100 \$/ jour	100,00 \$
Déplacement	100 km x 0,55 \$/km + 1h x 50\$/h x 2	155,00 \$
<b>Intrants</b>		
Paillis de plastique (5 pieds x 1 200 pieds, épaisseur 0,07 mm)	195,38 \$ /365 m (1200 pieds) x 10***	1 953,80 \$
Arbustes (espacement 1,5 mètres; 1 gallon; diversité d'espèces)	6,00 \$ /arbuste****	8 400,00 \$
Arbres (espacement 1,5 mètres; diversité d'espèces)	15,00 \$ /arbre	10 500,00 \$
Transport des arbres et arbustes	3 camions x 200\$	600,00 \$
Biodisque 45 cm diamètre	1,34\$/arbre et arbuste; paquet de 50	2 814,00 \$
Crampes métalliques 15 cm.	2/arbre et arbuste; 130\$/boîte de 1000	650,00 \$
<b>Transplantation</b>		
Main d'œuvre	30 \$/heure * 0,15 h/arbre et arbuste*****	9 450,00 \$
Déplacement	100 km * 0,55 \$/km + 1h x 30\$/h x 4	175,00 \$
<b>Coût total au kilomètre linéaire</b>		<b>36 352.80 \$</b>

\* Selon Charles Lussier, géographe, Projet Lisière Verte, Baie Missisquoi.

\*\* Selon Charles Lussier:2h/km; selon Richard Laroche, dépend du travail du sol préalable: 0,5-3,5 h/km.

\*\*\* 160\$ + tx/rouleau, Société Sylvicole Arthabaska (2013); augmentation 3% par an; moyenne sur 5 ans.

\*\*\*\* Pépinière La Samarre inc., prix moyen pour diverses espèces indigènes (2012).

\*\*\*\*\* Temps moyen nécessaire au transport de l'arbuste et à la mise en terre évalué à 9 minutes (0,15 h).

Pour les frais d'entretiens voir le tableau 20 : Coût d'entretien d'une bande riveraine arbustive de 3 m de largeur de la section 4.3.5.

### 5.5.3 Mise en place d'une délimitation de 10 m

Les coûts sont estimés à 206.85 \$/km linéaire.

**Tableau 47** : Détail des coûts pour la mise en place d'une délimitation de la bande riveraine de 10 m.

Temps/honoraires/matériel	Coût/km linéaire
Main d'œuvre (100 \$/ km linéaire)	100.00 \$
Temps et frais de déplacement ((60 km x 0,55 \$/km + 1h x 50\$/h)/7)	11.85 \$
Piquet (2\$/piquet * 40)	80.00 \$
Location d'un VTT + essence (évalué à (525 \$/semaine)/ (5 jours)/ (7km/jour))	15.00 \$
<b>Coût total au kilomètre linéaire</b>	<b>206.85 \$</b>

### 5.5.4 Compensation pour la perte de terrain bande riveraine de 10 m

Le coût est estimé à 400\$/km linéaire/an pour la bande de 10 m.

Les coûts pour la compensation ont été établis selon la moyenne des marges économiques de la culture du maïs grain, maïs ensilage et prairies de 2012 (données de Princeville). Les données sur les marges économiques ont été basées sur les budgets 2012 établies par Guy Beaugard, agronome, M.Sc. consultant en agroéconomie.

La moyenne des marges est de 400 \$/ ha, ce qui nous donne le calcul suivant :

400\$ pour 10 000m<sup>2</sup>, donc 40\$ pour 1 000m<sup>2</sup> (1km linéaire = 1m x 1 000m = 1 000m<sup>2</sup>)

**Pour la stabilisation de berges un montant de 500 000\$ maximum est retenu par la Ville.**

## 5.6 Vitrine de démonstration

Compte tenu que la Ville pourrait aller de l'avant rapidement, cette activité n'est plus requise. En revanche les premiers projets réalisés serviront de vitrine. On mettra donc l'emphase sur les agriculteurs les plus réceptifs au projet.

## 5.7 Autres activités

### 5.7.1 Programme de formation

La Ville retient la proposition du chapitre 4 mais sur 8 ans

### 5.7.2 Publicité du projet

La Ville retient la proposition du chapitre 4 mais sur 8 ans

### 5.7.3 Gestion de projet

Les frais de gestion ont été reportés dans l'item "Imprévus, gestion et autres frais contingents (point 5.9).

## 5.8 Suivi de l'application des mesures et du respect des ententes pour les bandes riveraines.

Les coûts sont calculés sur la base de 4 visites par entreprise pour les 8 années du déploiement.

**Tableau 48** : Détail des coûts pour le suivi de l'application des mesures et du respect des ententes pour les bandes riveraines.

Temps/honoraires	Coût/entreprise
Temps de visite (100 \$/visite x 4)	400.00 \$
Temps et frais de déplacement (60 km x 0,55 \$/km + 1h x 50\$/h x 4)	332.00 \$
Attestation de conformité (100 \$/attestation x 4)	400.00 \$
<b>Coût total par entreprise</b>	<b>1 132.00\$</b>

## 5.9 Imprévus, gestion de projet et autres frais contingents

À cette étape du projet, et compte tenu qu'aucune conception finale ni plan ne sont disponibles, un facteur de majoration de 25% est appliqué.

Tableau 49 : Évaluation des coûts de restauration en milieu agricole

Item	Unité	Quantité	Coûts de construction/réalisation/incitatifs	Honoraires conception/surveillance	Coûts entretien annuel
<b>Modification des pratiques agricoles pour les agriculteurs prioritaires</b>					
Déclaration et signature du contrat de 5 ans	Unité	81,00	13 324,50 \$		
Visite des champs et accompagnement pour changement de pratiques culturales	Unité	81,00	329 670,00 \$		
Analyse de la structure du sol	Unité	81,00	32 400,00 \$		
Première prime après 3 ans de 3 000\$	Unité	81,00	243 000,00 \$		
Deuxième prime après 5 ans de 5 000\$	Unité	81,00	405 000,00 \$		
Cultures pérennes pour 5 ans (100\$/an/ha)	ha	36,00	18 000,00 \$		
Culture pérenne visite annuelle pour les 5 ans	Unité	15,00	16 095,00 \$		
<b>Sous-total modification pratiques agricoles</b>			<b>1 057 489,50 \$</b>	<b>0,00 \$</b>	<b>0,00 \$</b>
<b>Aménagements hydroagricoles en champ et fossé</b>					
Bassin de rétention dans fossé	Unité	24,00	106 548,76 \$	12 414,72 \$	5 400,00 \$
Bassin de rétention en tête des tributaires	Unité	77,00	205 303,56 \$		
Bassin de rétention en champ	Unité	4,00	20 602,00 \$	5 874,00 \$	900,00 \$
Compensation pour utilisation de terres	Unité	4,00	20 000,00 \$		
Voie d'eau engazonnée	Unité	42,00	118 142,48 \$	17 831,52 \$	
Chute enrochée	Unité	309,00	93 762,96 \$	69 389,04 \$	
Avaloir en champ	Unité	26,00	75 534,88 \$	18 242,12 \$	
Rigole d'interception	Unité	14,00	29 953,16 \$	3 143,84 \$	
Protection de sortie de drain	Unité	11,00	1 320,00 \$		
<b>Sous-total aménagements hydroagricoles</b>			<b>671 167,80 \$</b>	<b>126 895,24 \$</b>	<b>6 300,00 \$</b>
<b>Préservation et/ou revégétalisation bandes riveraines</b>					
Délimitation bande riveraine de 5m pour les principaux tributaires de la Bulstrode	km	41,67	8 619,44 \$		
Compensation de la non utilisation permanente de la bande riveraine des tributaires principaux 5 m	km	41,67	66 672,00 \$		
Nettoyage des tributaires*	km	23,40	69 264,00 \$		
Compensation de la non utilisation permanente de la bande riveraine des autres cours d'eau 3 m	km	71,48	68 620,80 \$		
Compensation de la non utilisation permanente de la bande riveraine des fossés 1 m	km	246,80	78 976,00 \$		
<b>Sous-total préservation ou revégétalisation</b>			<b>292 152,24 \$</b>	<b>0,00 \$</b>	<b>0,00 \$</b>
<b>Bassins d'égalisation et marais</b>					
NE (incluant protection 3 m)	Unité	20,00	147 441,52 \$	14 744,15	
<b>Sous-total bassins d'égalisation et marais</b>			<b>147 441,52 \$</b>	<b>14 744,15 \$</b>	<b>0,00 \$</b>
<b>Travaux associés directement à la rivière Bulstrode</b>					
Implantation bande riveraine arborescente Rivière Bulstrode 10 m **	km	5,00	181 764,00 \$		1 823,05 \$
Délimitation bande riveraine Rivière Bulstrode 10 m	km	27,00	5 584,95 \$		
Compensation de la non utilisation permanente de la bande riveraine Rivière Bulstrode 10 m	km	27,00	86 400,00 \$		
Stabilisation des berges: ensemencement et technique du génie végétal	Unité		500 000,00 \$	50 000,00 \$	10 000,00 \$
<b>Sous-total travaux reliés à la Bulstrode</b>			<b>773 748,95 \$</b>	<b>50 000,00 \$</b>	<b>10 000,00 \$</b>
<b>Autres activités</b>					
Programme de formation aux agriculteurs	Année	8,00	176 000,00 \$		
Publicité/ Marketing durant la réalisation du projet***	Année	8,00	72 500,00 \$		
Suivi de l'application des mesures et du respect des ententes	entreprise	90,00	101 880,00 \$		
<b>Sous-total autres activités</b>			<b>350 380,00 \$</b>	<b>0,00 \$</b>	<b>0,00 \$</b>
<b>Sous-total</b>			<b>3 292 380,01 \$</b>	<b>191 639,39 \$</b>	<b>16 300,00 \$</b>
Total construction				<b>3 484 019,40 \$</b>	
Imprévus, gestion de projet et autres frais contingents (25%)				<b>871 004,85 \$</b>	
<b>GRAND TOTAL PROJET (taxes applicables en sus)</b>				<b>4 355 024,25 \$</b>	

\* Basé sur le tableau des coûts de 2005 à 2012 fournis par M. Léo Ouellet de la MRC de l'Érable

\*\*Les coûts pour les bandes riveraines de la rivière (10 m), sont les coûts établis par GCABF et non ceux de Terraformex car la différence était trop grande.

\*\*\* Les coûts pour la publicité/marketing restent les mêmes, car les coûts sont ceux de la production et de l'achat de matériel publicitaire seulement.

## 6. PROGRAMMES DE SUBVENTIONS

## 6. PROGRAMMES DE SUBVENTIONS

Ce chapitre présente les programmes de subventions connus au moment de la rédaction de ce rapport. La Ville doit être consciente que ceux-ci pourront évoluer au fil des ans et en fonction des budgets disponibles auprès des différents Ministères ou organismes cités.

### 6.1 Subventions du secteur public (Tableau 50)

Trois programmes publics pourraient permettre d'appuyer en partie le déploiement du projet Bulstrode soit:

1. Programme PRIME VERT du MAPAQ, volet 1, 2 et 5;
2. Programme ÉCOACTION d'Environnement Canada;
3. Programme Innov'Action (volet 2) du MAPAQ et le réseau Agri-conseils.

#### **Programme Prime Vert**

- Prime Vert volet 1: Intervention en agroenvironnement par une exploitation agricole

Approche individuelle:

Ce volet du Prime-Vert peut subventionner la conception et l'aménagement d'ouvrages hydro- agricoles s'ils sont liés à de l'érosion hydrique. L'aménagement de bandes riveraines élargies au-delà des exigences réglementaires ainsi que les haies brise-vent et les aménagements favorisant la biodiversité peuvent aussi être subventionnés jusqu'à un montant total par entreprise de 50 000\$. La durée de ce programme est de 5 ans (2013-2018) et pour une combinaison de mesures, chaque mesure a un montant maximal propre (voir feuillet Prime- Vert en annexe 7). Cependant, l'enveloppe pour ce programme est limitée pour l'ensemble de la région Centre-du-Québec (200 000\$ en 2013) et, jusqu'à maintenant, aucun montant pour celles des prochaines années n'a été avancé. Ces sommes permettent de couvrir jusqu'à 70% des dépenses admissibles (diagnostic, plans et devis, coûts des travaux) pour l'approche individuelle.

Approche collective:

Si le projet Bulstrode est reconnu comme un projet par " approche collective" par le MAPAQ, les aménagements pourront être subventionnés jusqu'à une hauteur de 90%. Cette démarche de reconnaissance du Projet Bulstrode sera à prioriser dès le début du projet en 2014. Plus de 30% des producteurs devront signer en 2014 une lettre d'engagement pour que l'approche collective du projet soit acceptée. Les autres conditions pour obtenir cette reconnaissance sont déjà rencontrées par le Projet Bulstrode (Programme Prime-Vert en annexe 7).

➤ Prime Vert volet 2: Approche collective de gestion de l'eau par bassin versant

Sous-volet 2.1: Projets de gestion de l'eau par bassin versant

- Phase I : Cette phase permet de réaliser le diagnostic du bassin versant pour définir des priorités d'intervention, des objectifs ainsi que la préparation d'un plan de travail du projet. Un maximum de 60 000\$ est admissible pour les coûts de main d'œuvre, d'acquisition de logiciels et d'informations nécessaires au diagnostic, ainsi que les coûts de services techniques dont les analyses géomatiques et de la qualité de l'eau. La demande doit être faite par un club-conseil en agroenvironnement, un organisme de bassin versant ou un regroupement de producteurs reconnu par le MDDEFP. Elle pourra être réalisée en 2014 pour être acceptée en 2015, ou en 2016 par la Coordination par bassin versant du MAPAQ régional.
- Phase II: À cette étape, le plan de travail passe en phase de réalisation à la suite de la reconnaissance ministérielle et de la signature d'une entente d'aide financière. La phase I doit avoir été reconnue comme satisfaisante par le MAPAQ. Le financement est de 30 000\$ par année pour la main d'œuvre, la formation et les frais de déplacements liés au projet.

➤ Prime Vert volet 5: Coordination et financement des clubs-conseils en agroenvironnement

Les clubs conseils en agroenvironnement sont financés pour des services d'accompagnement «à l'acte» livrés aux entreprises agricoles durant le cycle du Programme Prime-Vert 2013- 2018, spécifiquement en agriculture de conservation. La subvention est de 70% des frais associés aux heures de services conseils livrées à ces entreprises. Un projet reconnu comme une approche collective par le MAPAQ reçoit des subventions pour des services « à l'acte » bonifiées à 90%.

Des plans d'accompagnement agroenvironnementaux (PAA) sont nécessaires et préalables à l'obtention de cette subvention. La réalisation du PAA lui-même est subventionnée à 90%.

Cependant, le financement de chaque club-conseil est limité dans l'obtention de ces subventions. Il combine des mesures de transitions et les services d'accompagnement à l'acte avec les PAA. Ainsi, aucun fonds supplémentaire ne pourra être alloué pour l'accompagnement des entreprises agricoles au cours des trois prochaines années d'application de ce programme, car et tous les clubs-conseils de la région atteindront probablement leur plafond respectif.

### **Programme ÉcoAction**

Ce programme s'adressant aux OSBL pourrait soutenir des changements de pratiques culturelles, des aménagements de bandes riveraines, de zones tampons et de bandes de cultures permanentes, des activités de formations, des aménagements fauniques en lien avec la rivière et les autres petits tributaires allant jusqu'à une hauteur de 100 000\$ pour une durée maximale de 36 mois. Il est très important, pour avoir accès à ces fonds, que le projet ne soit pas lié à l'initiative et au contrôle d'une municipalité. L'OSBL demandeur doit démontrer la démarche déjà réalisée (études préalables) et l'inscrire comme étant en lien avec la restauration ou la conservation d'habitats. Un maximum de 50% des coûts admissibles du projet doit provenir du gouvernement fédéral. L'autre 50% doit être fourni en espèce ou en nature (bénévoles, équipements) par d'autres sources.

Ce programme ne finance pas des activités déjà en cours, ni la poursuite de projets déjà financés par le programme ÉcoAction ou des activités régulières d'une organisation. Des indicateurs de résultats doivent être évalués en cours de projet. La portée communautaire du projet est essentielle à l'obtention de ce programme et les actions posées devraient être en lien direct avec les résultats évalués par les indicateurs (nombres d'arbres plantés, nombre de producteurs en transition de semis direct). Idéalement, pour le Projet Bulstrode qui sera de grande ampleur, des sous-projets ou phases devraient être présentés avec des cibles précises priorisées afin de s'assurer d'un financement récurrent dans la mise en œuvre du projet global.

### **Programme Innov'Action agroalimentaire**

Ce programme du MAPAQ offre deux volets qui pourraient s'inscrire dans le développement du Projet Bulstrode. Le volet 1 s'adresse exclusivement aux établissements de recherche qui pourraient collaborer par de la recherche appliquée dans le projet. Des critères s'appliquent comme par exemple faire partie d'un domaine prioritaire déterminé par le Ministère ou d'une initiative structurante ou encore comme un projet ayant un bon potentiel de transfert des résultats pour de la diffusion. Des appels de propositions sur certains sujets sont lancés occasionnellement par le Ministère.

Le volet 2, axé sur l'adoption de résultats de la recherche dans le secteur agricole, pourrait bien s'inscrire dans la démarche proposée pour le programme de suivi des pratiques culturelles. De nouvelles techniques d'analyse de la structure du sol, dans le but de faire un suivi quantifié de ce facteur clé, sont incluses dans le suivi recommandé. À notre connaissance, cette démarche n'a pas encore été mise en place dans aucun projet de bassin versant au Québec. Elle peut donc être innovante dans le domaine. Des subventions de l'ordre de 25 000\$, pour un an, à 50 000\$, pour deux ou trois ans tout au plus, sont possibles où 70% des frais admissibles sont couverts par ce programme.

### **Réseau Agriconseils**

Le Réseau Agriconseils subventionne différentes expertises actuellement pertinentes pour le Projet Bulstrode (diagnostic de drainage, plans et devis,...) à hauteur de 50% avec un plafond annuel de 1000\$ par entreprise. Les modalités du nouveau programme jusqu'en 2018 ont été établies dernièrement (Voir à l'annexe 7).

### **Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Faune et des Parcs (MDDEFP)**

Deux programmes gérés par le MDDEFP sont venus à échéance en 2012 et 2013 soit les programmes PARDE et le PILE. Le premier soutenait la recherche en gestion de l'eau, pratiques culturales de conservation, gestion des sols et des écosystèmes alors que le second favorisait la conservation de milieux naturels dans le but de préserver la biodiversité et favoriser l'intérêt du public. Aucune information n'est actuellement disponible concernant le renouvellement de ces programmes.

### **6.2 Subventions de fondations (Tableau 51)**

La Fondation Hydro-Québec pour l'Environnement et la Fondation de la Faune du Québec ont été identifiées comme ayant un certain potentiel afin de financer des actions en lien avec le Projet Bulstrode.

#### **La Fondation Hydro-Québec pour l'environnement**

Dans le but de préserver un milieu naturel jugé exceptionnel, cette fondation peut offrir un soutien financier pour des actions telles que l'aménagement de bandes riveraines, de corridors fauniques, la restauration ou l'aménagement de milieux naturels ayant un accès public. De même, la formation des intervenants dans le but d'améliorer les compétences en environnement dans le milieu et le développement du matériel pédagogique pourrait être subventionnée. Une vitrine du Projet Bulstrode aurait un certain potentiel pour répondre aux critères de cette fondation.

Plusieurs niveaux de financement allant de 25 000\$ à 100 000\$ pour un projet donné sont offerts. Aucune participation financière n'est exigée pour les projets de moins de 50 000\$. Peu de projets agricoles ont été choisis dans le passé, mais au fur et à mesure que le Projet Bulstrode démontrera qu'il se développe sur des bases solides, les demandes d'aide auprès de cette fondation seront facilitées selon un responsable de la fondation. L'élaboration de la demande de soutien financier serait cependant exigeante et la compétition pour ces fonds élevée selon ce même responsable.

### La Fondation de la Faune du Québec

---

Trois programmes de cette fondation pourraient avoir un certain intérêt dans le cadre du Projet Bulstrode soit: Le programme de mise en valeur de la biodiversité en milieu agricole, celui de mise en valeur des habitats fauniques et celui de la Faune en danger.

➤ Programme de mise en valeur de la biodiversité en milieu agricole

Ce programme exige de traiter par sous-bassins versants le territoire pour une superficie de moins de 100 km<sup>2</sup> avec plus de 50% de la superficie en production agricole. Une problématique faunique doit être clairement définie dans le but d'aménager, de restaurer ou de conserver des habitats fauniques. Ce programme pourrait être utilisé pour l'aménagement des petits tributaires pour les poissons (seuils, bandes riveraines, etc.), pour l'établissement de corridors de déplacements de la faune par les bandes riveraines et haies brise-vent ou encore pour l'aménagement ou la conservation de milieux humides ou de prairies à fauches tardives en zones inondables par exemple. Les projets à financer devraient être découpés en avant-projet et projet en réalisation afin de faciliter le financement et la crédibilité des demandes. Un financement maximal de 30 000\$ pour une durée de deux ans est accessible pour des frais admissibles allant jusqu'à 70% du projet.

➤ Programme de mise en valeur des habitats fauniques

Ce programme pourrait être pertinent dans le cadre des formations offertes aux producteurs agricoles portant sur l'aménagement écosystémique à la ferme. Des formations portant sur les aménagements fauniques adressées aux intervenants clés correspondent aux critères de ce programme. Le financement peut aller jusqu'à 50 000\$ dont un 50% doit venir minimalement du milieu.

➤ Programme Faune en danger

Ce programme doit cibler une espèce menacée ou dite vulnérable. Monsieur Steve Hamel a identifié, dans son rapport *Inventaire piscicole des principaux tributaires de la Rivière Bulstrode*, été 2012, une espèce vulnérable: **la Salamandre pourpre**.

La population localisée à l'embouchure d'un petit tributaire en amont du bassin versant, le Ruisseau Gobeil, pourrait être ciblée par ce programme de protection d'habitat. Cette espèce est très sensible à la qualité de l'eau, peut servir d'indicateur environnemental.

La participation des acteurs du Projet Bulstrode à la préservation de cette espèce vulnérable pourrait faciliter la sensibilisation du public à la qualité du milieu de la Rivière Bulstrode, démontrer sa valeur faunique spécifique et, si possible,

favoriser le rétablissement d'habitats pour cette espèce.

Pour certains projets à caractère environnemental, **une espèce cible peut servir d'emblème** ou d'objectif tangible pour le public comme dans le cas des bélugas pour le Parc marin du Saguenay- St-Laurent.

### 6.3 Subvention à la recherche

Un nouveau programme géré par le MAPAQ, Innov'Action agroalimentaire (2013-2018), pourrait appuyer par ses volets 1 et 2 des travaux de recherche appliquée dans le bassin versant. Un établissement de recherche associé ou encore, pour le volet 2, une entreprise ou association d'entreprises pourrait effectuer un projet en ce sens soit pour accroître les connaissances ou faciliter l'adoption de résultats de la recherche.

### 6.4 Subventions du secteur privé

#### Principales entreprises ciblées

Quelques entreprises privées ont été identifiées comme ayant un potentiel d'appuyer le projet au courant de son déploiement soient les Caisses populaires Desjardins des Bois-Francs et de l'Érable, la Coop des Bois-Francs, un des principaux fournisseurs d'intrants pour les entreprises agricoles, Parmalat qui a une usine localisée aux abords du Réservoir Beaudet, Agropur, dont plusieurs des producteurs laitiers de la région sont membres, Promutuel des Bois-Francs, un des principaux assureur agricole de la région, La Banque Nationale, Wal-Mart par son programme Evergreen et Shell Canada qui a un programme par vote populaire pour des actions environnementales. Le soutien des entreprises pourra être choisi en fonction des stratégies d'action retenues. Encore ici, la subdivision du projet global en sous-projets sera plus avantageuse pour les demandes de subventions.

## 6.5 Tableaux des Subventions

**Tableau 50 : Subventions publiques envisageables**

Programme	Origine	Actions subventionnées	Demandeur	Montants accordés	Contribution du milieu	Pertinence	Avantages	Inconvénients	Date de dépôt	Durée du programme
Prime-Vert Volet 1: Intervention en agroenvironnement par une exploitation agricole	MAPAQ	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ouvrages hydroagricoles</li> <li>Aménagement de bandes riveraines élargies</li> <li>Aménagement pour la biodiversité</li> </ul>	Entreprise agricole	<ul style="list-style-type: none"> <li>70% des coûts d'aménagement et de services conseils,</li> <li>90% si reconnue comme démarche collective</li> <li>Jusqu'à 50 000\$ par entreprise</li> </ul>	30% ou 10% des coûts respectivement.	Ouï	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programme appliqué de façon générale dans le Québec.</li> <li>Critères bien adaptés à la réalité du projet.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enveloppe annuelle limitée par région (70 000\$ en 2013).</li> <li>Limite de 50 000\$ par entreprise agricole.</li> </ul>	En tout temps selon la disponibilité des fonds.	2013-2018
Prime-Vert Volet 2: Approche collective de gestion de l'eau par bassin versant 2.1: Projets de gestion de l'eau par bassin versant	MAPAQ	<ul style="list-style-type: none"> <li>Phase 1: Caractérisation et préparation du projet collectif de bassin versant (diagnostic, priorités d'intervention, objectifs et plan de travail)</li> <li>Phase 2: Réalisation du projet collectif de bassin versant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Club-conseils en agroenvironnement</li> <li>Organisme de bassin versant reconnu par le MDDEFP</li> <li>Association de producteurs agricoles reconnue par le MDDEFP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Phase 1: jusqu'à 60 000\$</li> <li>Phase 2: jusqu'à 30 000\$ par année</li> </ul>	-	Ouï	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planification selon des méthodes reconnues.</li> <li>Soutien pour la coordination du bassin versant.</li> <li>Accès à un réseau de ressources dans le domaine.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Phase 1 pourra être effective en 2015 ou 2016 seulement.</li> <li>Montant nettement insuffisant pour la taille du projet à réaliser.</li> </ul>	Fin octobre annuellement.	2013-2018
Prime-Vert Volet 5: Coordination et financement des clubs-conseils en agroenvironnement	MAPAQ	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plan d'accompagnement agroenvironnemental (PAA)</li> <li>Service conseils d'accompagnement en agriculture de conservation en lien avec les actions ciblées au PAA</li> </ul>	Club conseils en agroenvironnement	<ul style="list-style-type: none"> <li>70% des frais liés aux services-conseils</li> <li>90% pour les projets avec approche collective reconnue par le MAPAQ</li> <li>Le PAA est subventionné à 90%</li> </ul>	30% à 10% des coûts respectivement	Ouï	<ul style="list-style-type: none"> <li>Appui au suivi des pratiques agricoles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aucun fonds supplémentaires accessibles jusqu'en 2016 (mesures de transitions) puisque les clubs-conseils atteindront leur plafond au cours des trois prochaines années.</li> </ul>	Fin septembre annuellement	2013-2018
Réseau Agriconseils	Coordination services-conseils	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diagnostic des problèmes de drainage et planification du nivellement</li> </ul>	Dispensateurs de services-conseils reconnus par Agriconseils	<ul style="list-style-type: none"> <li>50% des frais liés aux services-conseils par année par entreprise</li> </ul>	50% des frais de services-conseils	Ouï	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procédure habituelle de financement des diagnostics de drainage du GCABF.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limite annuelle de 1000\$/entreprise.</li> <li>Limite de 15000\$/entreprise pour la durée totale du programme.</li> <li>Enveloppe régionale limitée.</li> <li>Confirmation de l'offre de service 2013-2018 à venir à l'hiver 2014.</li> </ul>	En tout temps selon la disponibilité des fonds.	2013-2018
Programme ÉcoAction	Ministère de l'Environnement du Canada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Angle de la protection d'habitats naturels</li> <li>Aménagement de bandes riveraines et zones tampons</li> <li>Bandes de cultures permanentes</li> <li>Aménagement faunique des petits tributaires ou de la Rivière Bulstrode</li> <li>Changement de pratiques culturales</li> <li>Formation des intervenants dans le milieu et matériel pédagogique</li> </ul>	OSBL	<ul style="list-style-type: none"> <li>jusqu'à 10 000\$ pour un durée maximale de 36 mois</li> </ul>	50% exigée en espèce ou temps de gestion, équipement, location etc.	Ouï	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le seul pouvant offrir un appui pour les changements de pratiques culturales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Demande exigeante, suivi nécessaire avec indicateurs centrés sur des actions précises.</li> <li>Pas de lien avec une municipalité pour le projet, autonomie de l'OSBL nécessaire</li> </ul>	1er novembre de chaque année	long terme depuis plus de 20 ans
Programme Innov'Action agroalimentaire	MAPAQ	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recherche appliquée (volet 1)</li> <li>Transfert de résultats de recherche (volet 2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Établissement de recherche (exclusif pour le volet 1)</li> <li>Établissement de transfère technologique</li> <li>Entreprise agricole</li> <li>Association ou regroupement d'entreprises</li> <li>Centre de diffusion</li> </ul>	<p>Volet 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>50 000\$ pour 1 an</li> <li>100 000\$ pour 2 ans</li> <li>150 000\$ pour 3 ans</li> </ul> <p>Volet 2:</p> <p>Selon l'ampleur de la diffusion des résultats:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>70% des dépenses admissibles</li> <li>25000\$ un an</li> <li>50 000\$ deux ans ou 3 ans maximum</li> </ul>	<p>Volet 1: aucune</p> <p>Volet 2: variable de 30 à 50%</p>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Appui possible pour un projet de recherche adapté au bassin versant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Partenariat nécessaire avec la recherche</li> <li>Fonctionnement par appel de proposition (volet 1)</li> <li>Le Ministère se réserve le droit d'établir ses priorités dans le volet 2</li> </ul>	Février 2014 Septembre 2014 Janvier 2015	2013-2018



Tableau 51 : Subventions des fondations envisageables

Programme	Origine	Actions subventionnées	Demandeur	Montants accordés	Contribution du milieu	Pertinence	Avantages	Inconvénients	Date de dépôt	Durée du programme
Fondation Hydro-Québec pour l'Environnement	Hydro-Québec	<ul style="list-style-type: none"> <li>Restauration ou conservation de milieu naturel (accès au public) par aménagement de bandes riveraines</li> <li>Vitrine ou tronçon cible en démonstration</li> <li>Formation des intervenants et conception et réalisation du matériel pédagogique</li> </ul>	OSBL	<ul style="list-style-type: none"> <li>&lt; 25 000\$</li> <li>&lt; 50 000\$</li> <li>50 000\$ à 100 000\$</li> <li>&gt; 100 000\$</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aucune</li> <li>Aucune</li> <li>25% en espèce</li> <li>50% en espèce minimum</li> </ul>	Oui	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plusieurs projets de conservation et revitalisation de berges</li> <li>Montants importants disponibles sans contribution financière</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Peu de projets proprement agricoles. Centré sur la protection des habitats.</li> <li>Démonstration des retombées positives dès les premières phases pour établir la crédibilité du projet.</li> <li>Beaucoup de compétition pour ces fonds</li> <li>Demande exigeante (2 semaines)</li> <li>Ne finance pas des actions récurrentes</li> </ul>	Biannuel: 1 février et 15 septembre	Permanent
Mise en valeur de la biodiversité en milieu agricole	Fondation de la Faune du Québec	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cible faunique nécessaire.</li> <li>Projet de conservation volontaire, d'aménagement d'habitats.</li> <li>Projet de transfert de connaissance.</li> <li>Étude d'avant-projet et ensuite projet.</li> <li>Ex: seuils pour les poissons, prairies à fauches tardives dans les zones inondables pour les oiseaux, marais, corridor de déplacement...</li> </ul>	Organisme public ou privé, association ou corporation avec existence juridique	30 000\$ durée maximale de 2 ans	Minimum de 30% des coûts admissibles: main d'œuvre, utilisation d'équipement, et de matériel.	Oui, pour les travaux dans les cours d'eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>Développement du potentiel faunique du milieu peut avoir des retombées sur les objectifs du Projet Bulstrode.</li> <li>Pas de certificat d'autorisation du MDDEFP nécessaire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Volet collectif en sous-bassin versant de moins de 100 km<sup>2</sup> et plus de 50% de la surface en production agricole.</li> <li>Centré sur des critères d'abord fauniques.</li> <li>Collaboration avec partenaires reconnus pour la faune nécessaire.</li> </ul>	Annuel: 15 octobre	Long terme
Découvrir les habitats fauniques	Fondation de la Faune du Québec	<ul style="list-style-type: none"> <li>Formation offerte aux intervenants clés en lien avec les habitats fauniques. (Programme de formation de Projet Bulstrode: Aménagements écosystémiques à la ferme)</li> </ul>	Organisme public ou privé, association ou corporation avec existence juridique	Jusqu'à un maximum de 50 000\$	50% de contribution du milieu	Oui, peut servir d'incubateur à des projets fauniques	<ul style="list-style-type: none"> <li>Développement d'une vision écosystémique chez les producteurs agricoles.</li> <li>Amélioration de la compréhension des enjeux fauniques et environnementaux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seuls les enjeux fauniques sont développés.</li> </ul>	Annuel: 10 janvier	Long terme
Fondation TD des amis de l'environnement	Fondation de la Banque TD	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aménagement de bandes riveraines,</li> <li>Éducation environnementales</li> <li>Achat de matériel (paillis, arbres, matériel scientifique, outils ou matériel de sensibilisation)</li> </ul>	OSBL	Petits montants en général (en moyenne 2500\$), enveloppe annuelle de 250 000\$	Participation bénévole comptabilisée comme contribution du milieu.	Oui, mais très limité, en lien avec petits projets scolaires	<ul style="list-style-type: none"> <li>Appui à de petits projets. Si bénévoles participent au projet.</li> <li>Facile à obtenir</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Petits montants.</li> </ul>	Plusieurs fois par années	Long terme
Programme Faune en danger	Fondation de la Faune du Québec	<ul style="list-style-type: none"> <li>Axé sur espèce reconnue comme en danger: Salamandre pourpre parmi les espèces vulnérables, tortues des bois?</li> <li>Protection et aménagement d'habitats</li> <li>Programme de rétablissement d'espèce.</li> <li>Acquisition de connaissance sur espèce en danger.</li> </ul>	Organisme public ou privé, association ou corporation avec existence juridique	<p>Selon les priorités du projet de 1 à 3 durée de 2 ans maximum:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1: 70% des coûts d'acquisition du terrain ou de servitude et 50% pour les coûts d'aménagements et de conservation volontaire d'habitats.</li> <li>2 et 3: modulé en fonction des objectifs du programme</li> <li>Si fonds de gestion à long terme, pas plus de 8% de la valeur marchande jusqu'à 24 000\$</li> </ul>	En espèce ou en nature (prêt de matériel), 30% à 50% des coûts admissibles.	<p>Si inclus dans le plan de promotion du projet, oui.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Salamandre poupre localisée à l'embouchure du Ruisseau Gobeil et de la Bulstrode (en haut de la zone dite prioritaire pour cette étude)</li> <li>Tortues possiblement dans le Ruisseau Labbé, inventaire nécessaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Protection d'habitats à long terme possibles.</li> <li>Visibilité et image du Projet Bulstrode en lien avec la faune</li> <li>Projets en cours à la Rivière Nicolet avec Conseil régional en environnement du Centre-du-Québec</li> <li>Reconnaissance de la valeur faunique du bassin versant</li> <li>Symbole de conservation d'habitat puisque la salamandre pourpre peut être un indicateur environnemental.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Peu d'impacts significatifs sur la problématique du Réservoir.</li> </ul>	Annuel: 1 décembre	Long terme

# 7. ÉCHÉANCIER DES TRAVAUX ET RÉPARTITION DES COÛTS

## 7. ÉCHÉANCIER DES TRAVAUX ET RÉPARTITION DES COÛTS

### 7.1 Échéancier proposé pour la réalisation des travaux

Après discussion avec la Ville, un échéancier de réalisation de travaux basé sur 8 ans a été élaboré.

Compte tenu qu'une étude d'impact (prévoir 2 à 4 ans) sera requise pour les travaux de restauration du réservoir, les trois premières années de travaux en milieu agricole seraient intensives avec des mesures axées sur la réduction des MES. Les cinq (5) années suivantes seraient utilisées à finaliser les travaux avec une répartition uniforme des coûts.

#### 7.1.1 Entreprises prioritaires

Suite à la compilation des dossiers, les entreprises ont été réparties en 5 catégories selon leurs coûts totaux (Tableau 53).

**Tableau 5 2 :** Nombre d'entreprises en pourcentage pour chacune des tranches de coûts

Tranche de coûts par entreprise (\$)	Nombre d'entreprises (%)
0 et 50 000	64
50 000 et 100 000	19
100 000 et 150 000	10
150 000 et 200 000	3
200 000 et 250 000	3

Dans ce tableau, on remarque qu'il y a 6 entreprises ayant des coûts de plus de 150 000\$. Le total des coûts pour ces 6 entreprises est de 981 160.95\$ et leur superficie totalise 1324.85 ha soit près de 20% de la superficie prioritaire. Il serait donc avantageux de prioriser ces entreprises s'il y a démarrage du projet, d'autant plus que l'une de ces entreprises est déjà favorable au projet et trois autres démontrent un certain intérêt. Les deux autres entreprises ne se sont pas prononcées sur le sujet.

Globalement, parmi tous les formulaires de prises de données remplis, près de 30% des producteurs se sont montrés favorables au projet, ce qui indique un certain intérêt.

7.1.2 Répartition des coûts du projet sur 8 ans

Tableau 53 : Répartition des coûts de construction du projet en milieu agricole

Item	Total coûts construction	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5	An 6	An 7	An 8
<b>Modification des pratiques agricoles pour les agriculteurs prioritaires</b>									
Déclaration et signature du contrat de 5 ans	13 324,50 \$	4 441,50 \$	4 441,50 \$	4 441,50 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
Visite des champs et accompagnement pour changement de pratiques culturales	329 670,00 \$	27 783,00 \$	51 516,00 \$	75 924,00 \$	65 124,00 \$	58 374,00 \$	33 966,00 \$	16 983,00 \$	0,00 \$
Analyse de la structure du sol	32 400,00 \$	5 400,00 \$	5 400,00 \$	5 400,00 \$	0,00 \$	5 400,00 \$	5 400,00 \$	5 400,00 \$	0,00 \$
Première prime après 3 ans de 3 000\$	243 000,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	81 000,00 \$	81 000,00 \$	81 000,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
Deuxième prime après 5 ans de 5 000\$	405 000,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	135 000,00 \$	135 000,00 \$	135 000,00 \$	0,00 \$
Cultures pérennes pour 5 ans (100\$/an/ha)	18 000,00 \$	1 200,00 \$	2 400,00 \$	3 600,00 \$	3 600,00 \$	3 600,00 \$	2 400,00 \$	1 200,00 \$	0,00 \$
Culture pérenne visite annuelle pour les 5 ans	16 095,00 \$	1 073,00 \$	2 146,00 \$	3 219,00 \$	3 219,00 \$	3 219,00 \$	2 146,00 \$	1 073,00 \$	0,00 \$
<b>Sous-total modification pratiques agricoles</b>	<b>1 057 489,50 \$</b>	<b>39 897,50 \$</b>	<b>65 903,50 \$</b>	<b>173 584,50 \$</b>	<b>152 943,00 \$</b>	<b>286 593,00 \$</b>	<b>178 912,00 \$</b>	<b>159 656,00 \$</b>	<b>0,00 \$</b>
<b>Aménagements hydroagricoles en champ et fossé</b>									
Bassin de rétention dans fossé	118 963,48 \$	29 740,00 \$	29 740,00 \$	29 740,00 \$	29 740,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
Bassin de rétention en tête des tributaires	205 303,56 \$	25 662,95 \$	25 662,95 \$	25 662,95 \$	25 662,95 \$	25 662,95 \$	25 662,95 \$	25 662,95 \$	25 662,95 \$
Bassin de rétention en champ	26 476,00 \$	6 619,00 \$	6 619,00 \$	6 619,00 \$	6 619,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
Compensation pour utilisation de terres	20 000,00 \$	5 000,00 \$	5 000,00 \$	5 000,00 \$	5 000,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
Voie d'eau engazonnée	135 974,00 \$	16 996,75 \$	16 996,75 \$	16 996,75 \$	16 996,75 \$	16 996,75 \$	16 996,75 \$	16 996,75 \$	16 996,75 \$
Chute enrochée	163 152,00 \$	20 394,00 \$	20 394,00 \$	20 394,00 \$	20 394,00 \$	20 394,00 \$	20 394,00 \$	20 394,00 \$	20 394,00 \$
Avaloir en champ	93 777,00 \$	11 722,13 \$	11 722,13 \$	11 722,13 \$	11 722,13 \$	11 722,13 \$	11 722,13 \$	11 722,13 \$	11 722,13 \$
Rigole d'interception	33 097,00 \$	4 137,13 \$	4 137,13 \$	4 137,13 \$	4 137,13 \$	4 137,13 \$	4 137,13 \$	4 137,13 \$	4 137,13 \$
Protection de sortie de drain	1 320,00 \$	165,00 \$	165,00 \$	165,00 \$	165,00 \$	165,00 \$	165,00 \$	165,00 \$	165,00 \$
<b>Sous-total aménagements hydroagricoles</b>	<b>798 063,04 \$</b>	<b>120 436,96 \$</b>	<b>120 436,96 \$</b>	<b>120 436,96 \$</b>	<b>120 436,96 \$</b>	<b>79 077,96 \$</b>	<b>79 077,96 \$</b>	<b>79 077,96 \$</b>	<b>79 077,96 \$</b>
<b>Préservation et/ou revégétalisation bandes riveraines</b>									
Délimitation bande riveraine de 5m pour les principaux tributaires de la Bulstrode	8 619,44 \$	2 154,80 \$	2 154,80 \$	2 154,80 \$	2 154,80 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
Compensation de la non utilisation permanente de la bande riveraine des tributaires principaux 5 m	66 672,00 \$	8 334,00 \$	8 334,00 \$	8 334,00 \$	8 334,00 \$	8 334,00 \$	8 334,00 \$	8 334,00 \$	8 334,00 \$
**Nettoyage des tributaires	69 264,00 \$	8 709,00 \$	8 709,00 \$	8 709,00 \$	8 709,00 \$	8 709,00 \$	8 709,00 \$	8 709,00 \$	8 709,00 \$
Compensation de la non utilisation permanente de la bande riveraine des autres cours d'eau 3 m	68 620,80 \$	8 577,60 \$	8 577,60 \$	8 577,60 \$	8 577,60 \$	8 577,60 \$	8 577,60 \$	8 577,60 \$	8 577,60 \$
Compensation de la non utilisation permanente de la bande riveraine des fossés 1 m	78 976,00 \$	9 872,00 \$	9 872,00 \$	9 872,00 \$	9 872,00 \$	9 872,00 \$	9 872,00 \$	9 872,00 \$	9 872,00 \$
<b>Sous-total préservation ou revégétalisation</b>	<b>292 152,24 \$</b>	<b>37 647,40 \$</b>	<b>37 647,40 \$</b>	<b>37 647,40 \$</b>	<b>37 647,40 \$</b>	<b>35 492,60 \$</b>	<b>35 492,60 \$</b>	<b>35 492,60 \$</b>	<b>35 492,60 \$</b>
<b>Bassins d'égalisation et marais</b>									
NE (incluant protection 3 m)	162 185,67 \$	40 546,42 \$	40 546,42 \$	40 546,42 \$	40 546,42 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
<b>Sous-total bassins d'égalisation et marais</b>	<b>162 185,67 \$</b>	<b>40 546,42 \$</b>	<b>40 546,42 \$</b>	<b>40 546,42 \$</b>	<b>40 546,42 \$</b>	<b>0,00 \$</b>	<b>0,00 \$</b>	<b>0,00 \$</b>	<b>0,00 \$</b>
<b>Travaux associés directement à la rivière Bulstrode</b>									
Délimitation et plantation arbres bande riveraine Rivière Bulstrode 10 m****	187 348,95 \$	46 837,24 \$	46 837,24 \$	46 837,24 \$	46 837,24 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
Compensation de la non utilisation permanente de la bande riveraine Rivière Bulstrode 10 m	86 400,00 \$	10 800,00 \$	10 800,00 \$	10 800,00 \$	10 800,00 \$	10 800,00 \$	10 800,00 \$	10 800,00 \$	10 800,00 \$
Stabilisation des berges: ensemencement et technique du génie végétal	550 000,00 \$	137 500,00 \$	137 500,00 \$	137 500,00 \$	137 500,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
<b>Sous-total travaux reliés à la Bulstrode</b>	<b>823 748,95 \$</b>	<b>195 137,24 \$</b>	<b>195 137,24 \$</b>	<b>195 137,24 \$</b>	<b>195 137,24 \$</b>	<b>10 800,00 \$</b>	<b>10 800,00 \$</b>	<b>10 800,00 \$</b>	<b>10 800,00 \$</b>
<b>Autres activités</b>									
Programme de formation aux agriculteurs	176 000,00 \$	32 000,00 \$	32 000,00 \$	32 000,00 \$	16 000,00 \$	16 000,00 \$	16 000,00 \$	16 000,00 \$	16 000,00 \$
Publicité/ Marketing durant la réalisation du projet	72 500,00 \$	18 500,00 \$	15 000,00 \$	15 000,00 \$	11 000,00 \$	11 000,00 \$	1 000,00 \$	1 000,00 \$	0,00 \$
Suivi de l'application des mesures et du respect des ententes	101 880,00 \$	12 735,00 \$	12 735,00 \$	12 735,00 \$	12 735,00 \$	12 735,00 \$	12 735,00 \$	12 735,00 \$	12 735,00 \$
<b>Sous-total autres activités</b>	<b>350 380,00 \$</b>	<b>63 235,00 \$</b>	<b>59 735,00 \$</b>	<b>59 735,00 \$</b>	<b>39 735,00 \$</b>	<b>39 735,00 \$</b>	<b>29 735,00 \$</b>	<b>29 735,00 \$</b>	<b>28 735,00 \$</b>
<b>Total construction</b>	<b>3 484 019,40 \$</b>	<b>496 900,52 \$</b>	<b>519 406,52 \$</b>	<b>627 087,52 \$</b>	<b>586 446,02 \$</b>	<b>451 698,56 \$</b>	<b>334 017,56 \$</b>	<b>314 761,56 \$</b>	<b>154 105,56 \$</b>
Imprévus, gestion de projet et autres frais contingents (25%)	871 004,85 \$	124 225,13 \$	129 851,63 \$	156 771,88 \$	146 611,51 \$	112 924,64 \$	83 504,39 \$	78 690,39 \$	38 526,39 \$
<b>GRAND TOTAL PROJET (taxes applicables en sus)</b>	<b>4 355 024,25 \$</b>	<b>621 125,65 \$</b>	<b>649 258,15 \$</b>	<b>783 859,40 \$</b>	<b>733 057,53 \$</b>	<b>564 623,20 \$</b>	<b>417 521,95 \$</b>	<b>393 451,95 \$</b>	<b>192 631,95 \$</b>

## 7.2 Évaluation du potentiel local pour la réalisation des travaux

Les travaux à réaliser pour la restauration du bassin versant de la zone prioritaire pourront en grande partie s'appuyer sur les ressources du milieu. Le tableau 54 illustre les ressources disponibles du milieu pour réaliser les travaux.

**Tableau 54 :** Potentiel local pour la réalisation des travaux

Travaux	Description des tâches	Ressources du milieu	Commentaires
Ouvrages hydro-agricoles	Diagnostic	Groupe conseils agro Bois-Francis (services d'ingénierie)	Appui possible des experts du MAPAP
	Réalisation des travaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producteurs agricoles</li> <li>• Entrepreneurs en excavation et drainage</li> </ul>	Certification RBQ nécessaire pour l'obtention des subventions de Prime Vert
	Entretien des ouvrages	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producteurs agricoles</li> <li>• Entrepreneurs en excavation et drainage</li> </ul>	
Pratiques culturales	Machineries agricoles adaptées (semoirs, chisel, déchaumeuse...)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producteurs agricoles</li> <li>• Forfaitaires de la région</li> <li>• Location d'équipement entre producteurs de la région</li> <li>• Création d'une CUMA locale</li> </ul>	Solution privilégiée par les producteurs du bassin versant de la Rivière La Guerre
	Suivi technique	Groupe conseils agro Bois-Francis	
Bandes riveraines	Conception	Groupe conseils agro Bois-Francis	
	Réalisation des travaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producteurs agricoles</li> <li>• Groupes de bénévoles</li> <li>• Groupement Agro-forestier Lotbinière Mégantic inc.</li> <li>• Groupement forestier Nicolet Yamaska inc.</li> </ul>	
	Entretien des bandes riveraines	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producteurs agricoles</li> <li>• Groupes de bénévoles</li> <li>• Groupement Agro-forestier Lotbinière Mégantic inc.</li> <li>• Groupement forestier</li> </ul>	

Aménagements de la Rivière Bulstrode et petits tributaires	Conception	Ingénieurs avec expérience de terrain en aménagement de cours d'eau  André Lachance, technicien Conseiller en environnement 7666, des Pétunias Québec Qc G1G 5N5 418-654-6961 a.lac@videotron.ca	Éviter les grandes firmes conseils(\$)  Beaucoup d'expérience dans la région au MDDEFP
	Réalisation des travaux	Groupement Agro-forestier Lotbinière Mégantic inc.	Expérience reconnue pour l'aménagement de la Rivière Osgood
	Entretien	Groupement Agro-forestier Lotbinière Mégantic inc.	
Aménagements fauniques	Conception	Steve Hamel, biologiste	Expérience pour l'inventaire des poissons de la Bulstrode
		Conseil régional CRECQ	Expérience reconnue pour les reptiles et les oiseaux
		Bureau d'écologie appliquée	
		Natur'eau-lac inc.	Expérience reconnue dans les aménagements de cours d'eau
		Groupement Agro-forestier Lotbinière Mégantic inc.	Expérience reconnue pour la Rivière Osgood
Réalisation des travaux	Groupement Agro-forestier Lotbinière Mégantic inc.	Expérience reconnue pour la Rivière Osgood	
Entretien des aménagements fauniques	Groupement Agro-forestier Lotbinière Mégantic inc.	Expérience reconnue pour la Rivière Osgood	

## 8. RECOMMENDATIONS

## 8. RECOMMANDATIONS

Selon Aubert Michaud, chercheur à l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), quatre facteurs clés devraient être jugés comme des lignes de défense complémentaires au plan agroenvironnemental afin d'améliorer la qualité de l'eau d'un bassin versant en milieu agricole soit :

1. Le contrôle à long terme de l'enrichissement des sols et des modalités d'épandage des engrais de ferme ;
2. L'implantation de pratiques culturales antiérosives ;
3. L'aménagement de bandes riveraines ;
4. L'égouttement optimal des champs et le contrôle du ruissellement par un drainage de surface et souterrain efficace et sur mesure (Michaud, 2009).

### Recommandations techniques pour les pratiques culturales

Identification et contrôle des sources de pollution ponctuelle ;

Pratiques de conservation de sol antiérosives et contrôle des apports en nutriments :

- Respecter les conditions préalables au semis-direct et travail réduit du sol soit :
  1. Aménagement des ouvrages hydroagricoles prioritaires dans les champs pour contrer les problématiques d'érosion majeures (avaloir, rigole d'interception, voie d'eau engazonnée, chute d'eau enrochée, etc.) ;
  2. Chauler les sols lorsque requis pour atteindre un pH adéquat ;
  3. Amélioration de la capacité d'infiltration des sols par le drainage souterrain, la décompaction, l'aménagement d'avaloirs, de tranchées ou puits filtrants et le nivellement si nécessaire. Et ce, aux frais du producteur agricole ;
  4. Intégration de mesures préventives de la compaction des sols à la gestion des champs ;
- Amélioration de la rotation des cultures :
  1. Éviter la monoculture avec une rotation minimale de trois cultures différentes ;
  2. Intégration des cultures de couverture et intercalaires ;
  3. Favoriser l'intégration et le maintien des prairies dans la rotation des cultures ;
  4. À long terme, s'assurer que le sol est couvert par des plantes et des résidus durant toute l'année (par exemple : semis-direct sur cultures de couverture vivantes pour les grandes cultures). En plus de choisir des cultures mieux adaptées aux contraintes hydroagricoles et aux objectifs de réduction des pertes choisis.

- Suivi des pratiques de fertilisation et d'épandage :
  1. Aucun épandage automnal tardif et printanier hâtif en zone inondable.
  2. Éviter les épandages dans les parcelles à hauts risques (pentes fortes, zones de concentration du ruissellement de surface) ;
  3. Fertilisation limitée aux besoins des cultures, ajustements de la fertilisation à long terme en fonction de l'amélioration de la santé des sols ;
  4. Dosage, mode et période d'application des déjections animales minimisant les risques de pertes en azote et en phosphore ;
  5. À long terme, réduire les charges, améliorer la distribution des déjections animales sur le territoire et maximiser le recyclage de la fertilisation résiduelle.
  
- Modes de travail du sol favorisant le maintien des résidus à la surface du sol durant les périodes où les risques de ruissellement sont les plus élevés :
  1. Introduction du travail réduit ;
  2. Introduction du semis direct dans les parcelles dont l'aménagement le permet ;
  3. Établissement estival des prairies pour les parcelles en travail de sol conventionnel ;
  4. Maintien des cultures pérennes en zones à haut risque d'érosion, d'inondation ou en reboisement ;
  5. Travail du sol perpendiculaire à la pente.
  
- Mieux contrôler les stratégies phytosanitaires afin de réduire les risques de contamination de l'eau potable :
  1. Dépistage des mauvaises herbes et ennemis des cultures ;
  2. Sarclage mécanique ;
  3. Recommandation de pesticides à indice de risques environnementaux faibles.

### **Recommandations pour les ouvrages hydroagricoles**

- Contrôle de l'érosion de champ :
  1. Avaloir en champ ;
  2. Rigole d'interception ;
  3. Voie d'eau engazonnée ou tranchée filtrante.
  
- Contrôle de l'érosion de talus :
  1. Chute enrochée ;
  2. Avaloir en champ.

- Contrôle des pertes sédimentaires :
  1. Fossé avaloir ;
  2. Bassin de sédimentation en champ ;
  3. Marais filtrants, non recommandés pour l'instant car aucun marais n'a encore été évalué en milieu agricole. Nous recommandons une évaluation de leur efficacité avant l'implantation.

### **Recommandations pour les bandes riveraines**

- Bandes riveraines règlementaires :
  1. Imposer le respect de la réglementation en vigueur ;
  2. Bonifier la largeur de la bande riveraine à 3 m sur le replat pour tous les ruisseaux ;
  3. Exiger une bande riveraine de 1 m sur le replat pour les fossés lors de la signature du contrat.
- Bandes riveraines élargies :
  1. Utiliser la méthode du ratio de surface pour déterminer la largeur optimale de la bande riveraine pour chaque champ où un aménagement est planifié ;
  2. Évaluer la faisabilité de rachat des terres sensibles en bordure des cours d'eau.
- Types de bandes riveraines :
  1. Bande riveraine herbacée ;
  2. Bande riveraine arbustive ;
  3. Bande riveraine arborée.

L'entretien des bandes riveraines est le facteur déterminant de la réussite de l'implantation de ces dernières à long terme. Malheureusement, cet aspect est souvent négligé.

### **Recommandations pour les tributaires**

- Pentes de talus :
  1. Profiler les pentes selon le concept de cours d'eau à deux paliers ;
  2. Pour les petits cours d'eau ayant davantage la forme de fossés agricoles, effectuer un reprofilage simple avec des pentes moins abruptes.

- Aménagements dans les ruisseaux
  1. Lors du recreusage, évaluer la pertinence d'aménager des seuils en série.
  2. Aménagement pour la faune aquatique en diversifiant le milieu.
  3. Entretien limité aux zones d'accumulation sédimentaire des seuils.
- Aménagement en tête de cours d'eau
  1. Bassins de sédimentation à même le lit des ruisseaux avec autorisation préalable du MDDEFP.

### Recommandations pour la rivière

Les recommandations concernant la Rivière Bulstrode se trouvent à la section 3.2 du présent rapport (section 4 du rapport de Poly-Géo).

#### 8.1 Actions jugées prioritaires

1. Les pratiques culturales
  - Rencontrer les producteurs pour les convaincre de participer au projet par une approche gagnant-gagnant en misant sur les bénéfices qu'ils tireront à implanter des aménagements et améliorer la gestion de leurs sols sous un angle de développement durable (le diagnostic d'érosion de la ferme pourra servir d'outil).
  - Recueillir avec le producteur et/ou son intervenant en agronomie l'information nécessaire pour effectuer un diagnostic plus approfondi.
  - Identifier avec le producteur les facteurs de risques principaux de l'entreprise et les limites à l'établissement de pratiques culturales de conservation (gestion de l'eau de surface, chaulage, saturation des champs en phosphore, mode, dose et moments des épandages, gestion de la fertilisation, rotation, drainage, etc.).
  - Élaborer un plan d'actions prioritaires propres à l'entreprise afin d'améliorer ses performances agroenvironnementales.
  - Obtenir un engagement formel du producteur à réaliser le plan d'action par la signature du contrat d'une durée minimale de 10 ans.
  - Suivi de la réalisation du plan d'action et accompagnement du producteur.
2. Les ouvrages hydroagricoles
  - Offrir un accompagnement aux producteurs agricoles afin d'identifier les problématiques de gestion de l'eau au champ et l'établissement de solutions.

- Réaliser les ouvrages hydroagricoles nécessaires pour régler les problématiques de **drainage de surface** et d'**érosion** (nivellement, tranchées filtrantes, puits d'infiltration, avaloirs, voies d'eau engazonnées, rigoles d'interception, chutes enrochées, etc.). Ils permettraient **l'adoption de pratiques de conservation des sols** (travail réduit et semis-direct) ce qui réduirait les pertes de particules de sol chargées en nutriments et pesticides vers les cours d'eau.
- Aménager des bassins de sédimentation ayant une capacité minimale de 40 m<sup>3</sup> d'eau par hectare et les localiser dans les fossés désignés (24 fossés-avaloirs).
- Faire une étude de la dynamique hydrologique et sédimentaire du bassin versant afin de mieux définir la pertinence d'aménager des bassins de sédimentation et de rétention de l'eau (type St-Samuel) à l'échelle du bassin versant.

### 3. Les bandes riveraines

- Développer une vision à long terme de l'aménagement du territoire afin de mieux positionner les zones tampons nécessaires.
- Développer une stratégie afin de promouvoir le respect de la bande riveraine réglementaire (basée sur l'approche de la MRC de la Haute-Yamaska).
- Développer des incitatifs financiers pour promouvoir l'implantation d'une bande riveraine élargie sur le replat (fossé: 1m, ruisseau: 3m, rivière: 10 m).
- Concevoir les plans des aménagements selon l'emplacement du réseau de drainage.
- Choisir une diversité d'espèces indigènes adaptées à chaque site.
- Mettre en place une pépinière collective à l'échelle régionale afin d'abaisser le coût de production des arbustes et arbres (6\$ à 2\$ en moyenne).
- Créer ou mandater un organisme responsable de l'entretien des bandes riveraines afin d'assurer la réussite d'implantation des bandes riveraines et réduire les coûts du service.
- Favoriser une rangée d'arbustes en replat avant la rangée d'arbres sur les cours d'eau à grands débits et aux talus abrupts.
- Reprofiler la berge lorsque la pente est trop abrupte.
- Demeurer en contact étroit avec la MRC afin de combiner le recreusement des cours d'eau avec l'implantation de bandes riveraines. À ce moment, considérer l'adoucissement des pentes et l'aménagement de seuils aux endroits stratégiques.

- Valoriser les aménagements réalisés par des panneaux au champ, par la remise de prix et l'organisation de journées de démonstration au champ.

#### 4. Les tributaires

- Aménager des bassins de sédimentation en tête des cours d'eau avec l'autorisation du MDDEF afin de créer une certaine retenue de l'eau en amont pour réduire l'impact des événements pluviaux de récurrence de 10 ans et moins.

#### 5. La rivière (Poly-Géo)

- Revégétalisation des bandes riveraines de 10m de large (5km)
- Techniques mixtes (3400 m)
- Ensemencement et plantation de végétaux (1500 m)
- Insertion de bois mort comme déflecteur (4900 m)

#### 6. Recommandations générales

- Optimiser les subventions en divisant le bassin versant en sous zones.
- Sensibiliser les entreprises agricoles non assujetties au dépôt annuel du PAEF et du Bilan P à leur impact sur la qualité de l'eau.
- Engager des petites entreprises et des professionnels locaux compétents pour effectuer les aménagements ayant lieu dans les champs, dans les tributaires ou dans la rivière, afin de diminuer les coûts du projet et favoriser l'emploi et l'entrepreneuriat régional.
- Contrôler les risques liés à l'application des pesticides.
- Soutenir la recherche et le développement de l'agriculture biologique dans son amélioration de pratiques de conservation des sols. Par exemple : ne pas effectuer de labour l'automne, faire du travail réduit ou du semis direct.

### Suivi du Projet Bulstrode

Afin d'obtenir des résultats tangibles, il faudra s'assurer que les ressources déployées et les efforts du milieu puissent être orientés dans une même direction. Ainsi, ce projet de bassin versant devrait bénéficier d'un suivi assidu et structuré. Les enjeux d'approvisionnement en eau potable de la Ville de Victoriaville et de qualité de l'eau du Réservoir Beudet de même que le maintien de son rôle de parc en milieu urbain et d'habitat particulier exigent de mieux connaître les sources de polluants (sédiments, nutriments, coliformes fécaux et pesticides). Une partie de cette tâche a été accomplie par des études subséquentes mais plusieurs questions pertinentes persistent. Nous considérons qu'il est primordial de se doter d'outils efficaces afin de mesurer la

dynamique du bassin versant, la contribution des différents facteurs et de suivre l'évolution du contexte afin d'affiner nos cibles et orienter nos actions vers des résultats concrets.

### **Suivi de la qualité de l'eau**

De nouveaux sites d'échantillonnage ont été mis en place au printemps 2013 par la Ville de Victoriaville. Ce suivi des paramètres de la qualité de l'eau pour le bassin versant d'intervention comporte des sites d'échantillonnage en amont (barrage de Ste-Sophie) et en aval (entrée du Réservoir) de la zone d'intervention du projet et au Réservoir Beaudet (prise d'eau de la Ville). Jusqu'au printemps dernier, aucune banque de données fiables à échantillonnages réguliers n'existait pour le segment de la Rivière Bulstrode présentement à l'étude. Seules des données pour le Réservoir Beaudet, à la station de pompage de la Ville et au site en aval du Réservoir à St-Samuel étaient disponibles.

L'analyse des données recueillies pour la zone à l'étude est essentielle et elle permettra d'obtenir des valeurs de référence avec le suivi des débits pour les charges alimentant le Réservoir Beaudet. De plus, puisque ce réservoir n'est pas un système fermé, le suivi de la qualité de l'eau du lac qu'il forme sera à évaluer.

Le GCABF recommande la formation d'un comité technique d'experts indépendants. Ce comité procèderait à l'élaboration du plan de suivi et son évaluation régulière et ce, pour toute la durée de déploiement du Projet Bulstrode. Afin de procéder à l'évaluation, le comité pourrait se référer aux indices liés à la qualité de l'eau existants et élire les plus appropriés en lien avec les objectifs du Projet Bulstrode.

### **Suivi de la dynamique du bassin versant**

En plus du suivi de la qualité de l'eau, il serait pertinent de pouvoir se baser sur des données détaillées concernant la dynamique hydrologique et sédimentaire du bassin versant à l'étude. C'est-à-dire les charges naturelles et anthropiques en sédiments, en azote et en phosphore de la Rivière Bulstrode. Ces informations permettraient d'orienter nos actions vers les zones répondant le plus aux changements. De plus, elles nous permettraient d'estimer la probabilité d'atteinte des critères de qualité de l'eau et d'élaborer des actions réalistes visant la réduction de l'ensablement du Réservoir Beaudet.

Un projet de recherche élaboré et dirigé par M. François Chrétien, d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, permettra à terme de connaître l'origine des sédiments qui s'accumulent au Réservoir Beaudet.

Ensuite, la modélisation des différents scénarios proposés permettrait d'apprécier les gains potentiels et de juger du réalisme des objectifs fixés. Des modèles mathématiques appliqués à des systèmes d'informations géographiques (SIG) pourraient être appliqués

au milieu agricole pour déterminer le scénario le plus efficace. Il serait pertinent d'impliquer le milieu agricole en question dans le processus décisionnel de détermination des objectifs et de choix des solutions afin de créer une atmosphère de coopération qui faciliterait l'acceptation du projet mis de l'avant. Après tout, ce sont les principaux concernés et les véritables acteurs du changement.

### **Suivi du déploiement du Projet Bulstrode**

Un **plan de développement global** du projet devra être réalisé si la Ville de Victoriaville choisit d'aller de l'avant avec la restauration du bassin versant agricole de la Rivière Bulstrode. Nous suggérons qu'il soit subdivisé en phases d'intervention de trois ans afin que les moyens déployés aient le temps d'être mis en place selon les objectifs globaux du plan de développement. Chaque phase d'intervention pourra cibler des zones d'intervention prioritaires avec des objectifs clairement définis pour chaque champ d'action et des stratégies de financement. Un suivi par phase du plan de développement devra être réalisé par le comité multipartite.

Chaque phase devra être planifiée avec un plan d'action détaillé en lien avec les objectifs définis. Le plan d'action devra être élaboré au cours des mois précédant chacune des phases du projet.

Les actions réalisées en cours de phase devront être recensées, compilées, et détaillées et ce pour chacune des entreprises agricoles concernées. Ces informations cartographiées à l'aide des couches géomatiques permettront le suivi des actions. Des indicateurs devront être utilisés afin de suivre la réalisation des actions planifiées (exemple : superficies en semis-direct validées par les conseillers, nombre de chutes enrochées réalisées par rapport à celles prévues, etc.).

Afin de s'assurer que le suivi des actions permette une analyse des résultats en lien avec le suivi de la qualité de l'eau, le GCABF recommande que le comité technique d'experts propose et/ou valide les indicateurs de suivi des réalisations effectuées sur le terrain. Certains modèles de suivi existent et sont utilisés par des gestionnaires de bassin versants partout au Québec, ils pourraient servir de base pour le suivi recommandé par le comité technique.

Un rapport de suivi des actions devra être réalisé annuellement. Il rendra compte de toutes les réalisations terrain effectuées dans le milieu agricole, des actions liées à la promotion, de la formation des producteurs, des rencontres et autres en lien avec le plan d'action initial. Il devra comprendre un suivi de la gestion financière du projet (budgets, rapports financiers, etc.). Ce rapport sommaire, présenté principalement sous forme de tableaux, permettra une reddition de compte au comité multipartite en charge du projet global.

### Rapport triennal de phase du projet

Le GCABF suggère qu'au terme de chaque période de trois ans de réalisation du Projet Bulstrode, un portrait global du bassin versant soit réalisé. Ce rapport devra mettre en lien les résultats obtenus quant à la qualité de l'eau et les développements du territoire dans son ensemble. Les gestionnaires du milieu agricole devront y présenter l'évolution du territoire agricole avec des indicateurs choisis basés, entre autre, sur les données disponibles auprès du MAPAQ et leur connaissance et suivi du territoire agricole. Des recommandations permettront d'ajuster le plan d'action triennal suite aux constats réalisés. Il devra être présenté à la fois au comité technique d'experts et au comité multipartite du Projet Bulstrode.

### 8.2 Promotion et la mise en place du projet

#### Promotion

Ce volet a été ajouté au mandat de production du rapport. Il présente la vision du GCABF concernant la promotion de ce projet. Le Groupe conseils agro Bois-Francis n'est pas une entreprise spécialisée en promotion et marketing mais suggère des pistes basées sur son expérience en communication avec le milieu agricole et de gestion de projets.

Selon nous, la promotion du projet doit se faire globalement en suivant une vision commune. Pour débiter, nous suggérons la mise en place d'un comité où serait réuni un représentant de tous les groupes concernés (municipalités, MRC, MAPAQ, MDDEFP, AAC, industries, agriculteurs, OBV, Groupe conseils, ...). Le comité mettrait sur pied un plan de promotion commun avec la création d'un logo, slogan, dépliant, article, etc. Nous croyons que la réussite du projet et son acceptabilité de la part du public et des agriculteurs passent par un projet régional rassembleur.

#### Objectif

Informé toutes les personnes concernées des détails du projet afin que chacun sache de quoi il s'agit, et quelles sont les implications liées au projet.

Plusieurs modèles existent afin de promouvoir un projet et d'amener les participants à y adhérer. Ces modèles incluent une promotion efficace suivant un plan de communication.

Pour le Groupe conseils agro Bois-Francis cela se traduit par une approche informative et valorisante du projet.

Cette approche comprend concrètement les éléments suivants :

1. La production de différents dépliants expliquant les solutions retenues soit :
  - Les pratiques culturales et les pratiques de conservation du sol ;
  - Les ouvrages hydroagricoles (avaloirs, chutes enrochées, etc.) ;
  - Les bandes riveraines (comprenant une explication des différents modèles) voir à l'annexe 4 le dépliant produit par le Club conseil Gestrie-Sol de Granby.
2. La conception d'un outil de promotion soit une pelle ronde à manche bleu orné du logo du projet. Cette pelle serait remise lors de la signature du contrat comme cadeau d'adhésion au projet (ce geste indique au producteur l'importance de prendre soin de son sol) ;
3. Un panneau "Partenaire du Projet Bulstrode" avec le nom de la ferme de couleur vive serait remise, elle aussi, à la suite de l'engagement du producteur. Ce panneau serait installé en évidence à l'avant de la ferme, visible de la route afin qu'il devienne un emblème d'appartenance au projet ;
4. Une affiche de 3' x 4' personnalisée produite et remise aux entreprises agricoles ayant effectués tous les changements inscrits dans leur contrat. Cette reconnaissance des réalisations est appréciée des entreprises et elle créera un sentiment de fierté et d'appartenance au projet et encouragera l'adhésion d'autres entreprises au projet.



Contenu de l'affiche :

- Description de l'entreprise
- Description des travaux et changements effectués par l'entreprise avec photo
- Logo du projet et des partenaires

### *Vitrine du projet*

L'installation d'une vitrine serait à envisager afin de promouvoir le projet. La vitrine serait composée d'essais de pratiques culturales de conservation des sols, d'aménagements de bandes riveraines, d'ouvrages hydroagricoles et deux marais filtrants situés l'un dans un fossé de champ et l'autre se déversant directement dans la rivière. La vitrine serait implantée chez deux producteurs voisins, deux terres voisines, près de la Rivière Bulstrode.

---

### *Journée de promotion*

L'organisation d'une journée annuelle festive afin de susciter et de valoriser la mobilisation du milieu et sa concertation serait un moyen promotionnel efficace.

La journée se traduirait par un grand pique-nique familial aux abords du Réservoir Beaudet qui recevrait tous les gens concernés par le projet venant autant du milieu municipal, forestier, agricole que le grand public, lequel est aussi concerné par la qualité de l'eau du Réservoir Beaudet. Cette journée pourrait être animée avec de la musique, des conférenciers, des jeux et des ateliers portant tous sur le thème de la qualité de l'eau. De plus, des ateliers de discussion, des visites terrain d'entreprises partenaires du projet appuieraient la promotion du projet.

Cette occasion serait un moment privilégié favorisant à la fois la reconnaissance des actions réalisées et la participation des producteurs au projet. Ainsi, lors de cette journée, les affiches personnalisées pourraient être remises aux producteurs qui ont signé un contrat et ceux qui ont réalisé les changements ou les aménagements inscrits à leur plan d'action. Cette journée permettrait également de prendre le pouls du milieu face au déploiement de ce projet dans la communauté. La tenue de cette journée devrait être récurrente et revenir à date fixe afin de créer une habitude dans le milieu.

Plusieurs autres évènements promotionnels, tels des levées de fonds, pourraient être organisés. Par exemple une journée de golf au Club de Golf situé dans le bassin versant permettrait d'amasser des fonds tout en offrant une vitrine au projet.

### Mise en place du projet

La mise en place du projet selon le Groupe conseils agro Bois-Francs débutera par la nomination d'un gestionnaire de projet qui coordonnera toutes les activités pour le secteur agricole soit :

- Respect des budgets ;
- Coordination de l'équipe de travail ;
- Subventions (demandes et suivis) ;
- Promotion et marketing ;
- Coordination du déploiement du projet ;
- Organisation des rencontres et réunions ;
- Présence aux rencontres concernant le projet (comité ou autres) ;
- Production du contrat pour les entreprises ;
- Suivi global du projet au fil des ans.

La mise en place ou le déploiement du projet peut se faire de différentes façons.

Après la publication du projet de restauration dans son ensemble, une rencontre conjointe avec les acteurs du monde municipal, forestier et agricole, devrait être organisée afin d'expliquer clairement le projet aux parties concernées. Par la suite, une lettre expliquant le déroulement et les options offertes sera envoyée aux 90 producteurs ayant reçu un diagnostic à la suite des visites terrain de cette étude.

1. Le modèle conventionnel de gestion par bassins versants est de communiquer et de rencontrer individuellement chacun des producteurs concernés afin de leur vendre le projet en discutant avec eux des propositions d'actions et d'aménagements à effectuer. Les bénéfices qu'ils peuvent y trouver sont présentés tout en faisant valoir les gains pour la restauration du bassin versant.

Nous croyons, afin de bien démarrer le projet, que le contact avec les producteurs devrait être fait dans un ordre précis afin d'obtenir un impact rapide sur les résultats.

Ordre suggéré :

- Les 6 entreprises ciblées ayant les coûts les plus élevés lors de l'analyse des résultats qui représente à eux seuls 20% du territoire agricole ;
  - Les entreprises ayant répondues qu'elles étaient en accord avec le projet ;
  - Les entreprises jugées plus problématiques et qui sont dans le 50% d'indécis quant à leur appui ;
  - Les entreprises restantes.
2. Une autre façon serait d'y aller par appels d'offre de services environnementaux. C'est-à-dire de déterminer un budget fixe à chaque année pour les travaux jugés prioritaires. Par exemple, faire un appel d'offre pour 500 hectares de changements de pratiques culturales avec la signature d'un contrat d'engagement de 10 ans (incluant un cahier de charges) et un budget global maximum de 200 000\$. Pour cette façon de faire, un comité d'analyse des dossiers devra être mis en place afin de sélectionner les entreprises qui proposent les meilleures soumissions.

La sélection pourrait se faire sur les critères suivants par exemple :

- Les superficies proposées ;
- L'emplacement des terres et les problématiques qui y ont été observés.

Cette méthode a pour avantage d'inverser les rôles et pourrait faire vibrer la fibre entrepreneuriale des producteurs. Ce sont alors les producteurs qui vont offrir d'effectuer des changements sur leurs terres et non le contraire. Elle reste un défi

promotionnel important puisqu'aucune initiative du genre n'est connue dans le milieu agricole et que cela ne fait pas partie de leur culture entrepreneuriale. Préalablement, il faudra s'assurer qu'une ville puisse faire des appels d'offre directement aux producteurs agricoles.

Un projet pilote d'enchères inversées a eu lieu en Pennsylvanie. Ce type d'encan fonctionne par l'achat, par un acheteur unique (ville), de biens et services environnementaux de plusieurs vendeurs (producteurs agricoles) au plus bas coût tout en s'assurant que les critères d'un cahier de charges sont rencontrés. Plusieurs autres pays dont l'Australie, la France et même le Québec explorent cette avenue.

Pour plus d'information sur le sujet, consulter l'annexe 10 qui inclue plusieurs articles spécifiques aux enchères inversées ainsi qu'une analyse sur la rétribution des services environnementaux rédigée par le MAPAQ en 2005.

Une étude plus approfondie concernant ces deux types de mesures incitatives devra être réalisée avant la mise en place du Projet Bulstrode.

### 8.3 Programme de formation

#### **Programme de formation pour les entrepreneurs agricoles**

Pour les trois premières années de démarrage du projet, ces formations pourront être au nombre de 15 par année et d'une durée moyenne de trois heures. À partir de la quatrième année, ces formations pourront être à une fréquence de huit par année jusqu'à l'échéance de la dixième année. Les formations devraient être offertes à des groupes restreints de producteurs afin de favoriser les discussions et répondre aux questionnements (5 producteurs). Un moment favorable aux échanges entre les producteurs, par exemple à l'heure du dîner, devrait être prévu. Ces moments sont généralement très appréciés et bénéfiques.

La formation sur l'aménagement des sols, la gestion de l'eau et l'entretien des ouvrages hydroagricoles devrait être offerte à une fréquence plus élevée que les autres puisqu'elle peut contribuer aux conditions de succès des étapes suivantes tel que les changements de pratiques culturales. Elle pourrait être réalisée annuellement au courant des trois premières années du projet et lorsque nécessaire par la suite. D'après l'expérience de projets de bassins versant comme celui de la Rivière La Guerre, par exemple, cette formation facilite l'implication des producteurs.

**Tableau 55 :** Exemple de calendrier de formation pour une des premières années

Mois de l'année	Formation 1 jour (4h30)	Formation 1/2 jour (3h00)
Janvier	-Aménagement des sols	-Pratiques culturales de conservation -Les cultures de couverture
Février	-Aménagement des sols	-Pratiques culturales de conservation -Les cultures de couverture
Mars	-Prévenir et corriger les problèmes de compaction	-Aménagement des bandes riveraines -Aménagement écosystémique à la ferme
Juillet		-Aménagement des bandes riveraines -Aménagement des bandes riveraines
Août	-Prévenir et corriger les problèmes de compaction	
Septembre	-Prévenir et corriger les problèmes de compaction -Aménagement des sols	-Pratiques culturales de conservation
Octobre		-Les cultures de couverture

### Description des formations proposées

#### Aménagement des sols, gestion de l'eau et entretien des ouvrages hydroagricoles :

Évaluation du réseau hydraulique des champs par un bon diagnostic afin d'optimiser l'égouttement et le contrôle du ruissellement. Aménagements recommandés pour corriger les problèmes de drainage de surface ou souterrain. Formation d'une journée complète avec une partie théorique et la visite d'aménagements réalisés dans la région, présentée en septembre. La durée estimée de la formation est de quatre heures et demie. Au cours de l'hiver, elle peut être offerte sous sa forme théorique seulement (3 heures).

#### Pratiques culturales de conservation :

Santé des sols, principes et objectifs du travail réduit du sol et du semis direct, préparation à la transition, équipements, défis rencontrés, facteurs de succès et répercussions sur les budgets des cultures représenteraient les bases de ce cours. Des exemples de transitions réussies avec témoignage de producteurs devraient bonifier ces séances. Deux formations d'une demi-journée chacune, soit une en salle et l'autre au champ avec de l'équipement adapté aux pratiques de conservation seraient réalisées. Les formations seraient d'une durée de trois heures chacune (3 heures).

### Les cultures de couvertures :

La bonification des rotations de cultures et l'intégration de couvertures végétales du sol à l'année longue seraient au centre de cette formation. Les objectifs et avantages des rotations et cultures de couverture, les types de rotations et de cultures de couvertures, les méthodes culturales de semis pur et en intercalaire et les techniques de reprise en culture principale au printemps seraient présentées et discutées. Le témoignage d'un producteur ayant introduit ces pratiques serait un atout ainsi que la visite de parcelles implantées ou la démonstration de différentes méthodes de semis. Une durée de trois heures serait adéquate (3 heures).

### Prévenir et corriger la compaction des sols :

Cette formation présenterait les causes et impacts de la compaction des sols, les aménagements, les méthodes pratiques permettant de limiter la compaction et la restauration de parcelles affectées par sous-solage et changements de pratiques culturales. Elle pourrait être réalisée en salle suivie d'un atelier pratique à l'extérieur avec de l'équipement agricole pour expliquer l'ajustement des pneus. Une journée complète est nécessaire pour ce sujet soit environ quatre heures et demie de formation (4h30).

### Aménagement et entretien des bandes riveraines des cours d'eau et des abords de fossés :

Les rôles des bandes riveraines avec les avantages et inconvénients, les types d'aménagements reconnus et adaptés selon les usages souhaités, les erreurs à éviter, le profilage des talus afin de favoriser leur stabilité seraient abordés. De plus, les méthodes d'entretien des bandes riveraines et la visite d'aménagements pourraient être pertinentes lors de cette formation. Une formation d'une demi-journée (3 heures) serait à prévoir.

### Aménagement écosystémique à la ferme :

Les objectifs de cette formation sont de mieux comprendre les impacts des pratiques culturales et de l'aménagement des terres agricoles sur les écosystèmes et leur biodiversité de la région. En plus de connaître les particularités des écosystèmes du bassin versant de la Rivière Bulstrode et d'identifier sur les terres agricoles les aires propices à la préservation et au développement des écosystèmes naturels d'intérêt. Les enjeux liés aux impératifs de la production agricole, à ceux de la préservation de la biodiversité et à l'implication des communautés locales dans l'aménagement et la valorisation du territoire y seraient discutés afin de favoriser la conciliation des intérêts communs. Présentée sous forme d'atelier en travail de groupe, comprenant une visite pertinente au champ cette formation serait d'une demi-journée. Les sujets devraient varier d'une année à l'autre pour que les producteurs développent une vue d'ensemble et soient partie prenante du projet (3 heures).

### **Évaluation des activités de formation et du programme de formation**

D'autres sujets pertinents pourraient éventuellement être traités dans le cadre du programme de formation. Chaque journée de formation devrait être évaluée par les producteurs, intervenants, les formateurs et le comité de coordination du Projet Bulstrode afin de s'assurer du succès du programme offert et d'adapter l'offre aux besoins du milieu dans l'intérêt du développement du projet. Cette partie du suivi du projet mérite d'être bien intégrée puisqu'elle mobilise directement les producteurs du bassin-versant.

## 9. CONCLUSION

## 9. CONCLUSION

L'évaluation de la restauration du bassin versant de la Rivière Bulstrode en amont du Réservoir Beudet réalisée au cours de l'année 2013 dépeint un premier portrait global de ce territoire en milieu agricole. Il ressort de cette étude les conclusions suivantes:

1. Les principaux facteurs en milieu agricole affectant l'ensablement du Réservoir Beudet sont :
  - L'érosion naturelle de la rivière Bulstrode avec certains secteurs fortement touchés;
  - Les débits d'eau élevés lors des crues printanières et événements de pluies abondantes causant le gonflement des cours d'eau et des inondations;
  - Les pertes de sol arable venant des terres agricoles causées principalement par des sols laissés à nu pendant l'hiver et des labours d'automne;
  - Les bandes riveraines insuffisantes de la Rivière Bulstrode, de ses tributaires et des fossés agricoles afin de stabiliser les talus et retenir les sédiments provenant des terres cultivées;
  - Les talus ayant des pentes trop abruptes pour assurer leur stabilité;
  - L'entretien du réseau de drainage qui déstabilise et rend vulnérable le réseau hydrique.
2. Compte tenu de l'envergure du projet, de la variabilité de l'efficacité des pratiques recommandées et de l'érosion naturelle de la rivière Bulstrode, il est difficile d'établir avec certitude des efficacités de réduction pour les MES, l'azote et le phosphore. Toutefois, pour améliorer la situation et réduire l'apport de ces contaminants vers le Réservoir Beudet les pratiques suivantes sont à préconiser:

### Pratiques de première ligne:

Rotation des cultures, intégration d'engrais verts et de cultures de couverture dans la rotation, fertilisation adaptée aux besoins des cultures, pratiques de lutte intégrée afin de diminuer à la source l'apport de nutriments et polluants sur les terres agricoles en utilisant des pratiques de première ligne, etc.

### Pratiques de deuxième ligne:

Aménagements hydro-agricoles lesquels contribuent à diminuer ou à éviter des problématiques de forte érosion ou de formation de masses d'eau stagnante dans les champs.

### Pratiques de troisième ligne:

Zones tampons, dont les bandes riveraines, pour le contrôle et la prévention de la contamination des cours d'eau en milieu agricole.

3. Au mieux, avec l'état des connaissances actuelles, une réduction des charges en MES, azote et phosphore de 30-35% pourrait constituer une cible à atteindre pour une première phase de restauration.
4. La mise en place de pratiques plus complexes pour le milieu agricole, comme les bassins d'égalisation ou les marais épurateurs pourraient être envisagée dans plusieurs années lorsque les pratiques requises ci-dessus auront bien été implantées et que les avancements technologiques rendront ces pratiques acceptables au niveau des agriculteurs.
5. Enfin, il existe un délai de réponse entre les changements d'aménagement du bassin versant et l'observation des résultats sur la qualité de l'eau. Dans le cas présent, nous estimons que des résultats tangibles pourraient être observés à moyen terme.

Pour conclure, à travers le monde plusieurs communautés investissent dans la prévention par la protection des sources au lieu de payer des traitements d'eau coûteux et complexes. Même si des résultats immédiats ne peuvent être atteints avec une efficacité précise, il est toutefois évident que la Ville de Victoriaville a tout intérêt à soutenir le milieu agricole dans l'aménagement du territoire du bassin versant afin de protéger sa source principale d'eau potable. Étant donné les changements climatiques et l'expansion des superficies en grandes cultures, il est clair que la dégradation de la qualité de l'eau s'accélèrera si aucune mesure n'est mise en place.

# RÉFÉRENCES

## RÉFÉRENCES

- ❖ ASHENDORFF, A. et al. (1997). Watershed protection for New York City's supply. Journal AWWA, Vol.89, issue 3, pages 75 à 88.
- ❖ BELT, G.H., J. O'LAUGHLIN et T. MERRIL ( 1992). Design of Forest Riparian Buffer Strips for the Protection of Water Quality : Analysis of Scientific Literature. University of Idaho. Idaho Forest Wildlife and Range Experiment Station.
- ❖ BENTRUP, G. (2008). Zones tampons de conservation : lignes directrices pour l'aménagement de zones tampons, de corridors boisés et de trames vertes. Gen. Tech. Rep. SRS-109. Asheville, NC : US Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. 115 pages.
- ❖ BLUELEAF INC., (2010). Mémoire à la Commission des transports et de l'environnement : La situation des lacs au Québec en regard des cyanobactéries, 81 pages.
- ❖ BREUNE, I. (2013). L'implantation de zones tampons en milieu agricole. Fiche technique. Agriculture et Agroalimentaire Canada et Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. 23 pages.
- ❖ BROOKSIDE GLEN POND PROJECT. Wet detention pond, consultation en ligne novembre 2010 : <http://brooksideglen.teaconsult.com/Downloads/Downloads.aspx>.
- ❖ BUREAU, D. (2010), Les « PSE » :des rémunérations pour les services environnementaux. Conseil économique pour le développement durable, Références économiques n°17 , Paris. 8 pages.
- ❖ CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE QUÉBEC (2012). Données hydrologiques 1975-2012 [online]. [http://www.cehq.gouv.qc.ca/hydrometrie/historique\\_donnees/fiche\\_station.asp?NoStation=030106](http://www.cehq.gouv.qc.ca/hydrometrie/historique_donnees/fiche_station.asp?NoStation=030106).
- ❖ CONSEILS DES PRODUCTIONS VÉGÉTALES DU QUÉBEC INC. (2000). Guide des pratiques de conservation en grandes cultures. Réalisé en partenariat: Entente auxiliaire Canada-Québec pour un environnement durable en agriculture; CPVQ; FPCCQ; MAPAQ;MENV; AAC. Document en 7 modules et 34 feuillets. 500 pages.
- ❖ CORPEN. 2007. Les fonctions environnementales des zones tampons. Les bases scientifiques et techniques des fonctions de protection des eaux. Paris, France. 75 pages.
- ❖ COUTURE, M. (2013). Portrait final de l'environnement du Réservoir Beaudet et de son bassin versant, COPERNIC – Organisme de concertation pour l'eau des bassins versants de la rivière Nicolet, Saint-Albert, 94 pages et 7 annexes.

- 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 et de Baie-du-Febvre, 82 pages.
- ❖ D'AMBROSIO, J.L., WITTER J.D., WARD, A. (2011). Building better ditches. Ohio State University, Department of food, agricultural, and biological engineering.
  - ❖ ÉCO ACTION :  
<http://www.ec.gc.ca/ecoaction/Default.asp?lang=Fr&n=FA475FEB-1>.
  - ❖ FERGUSON, BRUCE K. (1998). Introduction to Stormwater. Concept – Purpose – É.-U., 255 pages.
  - ❖ FONDATION DE LA FAUNE DU QUÉBEC:  
[http://www.fondationdelafaune.qc.ca/initiatives/programmes\\_aide/](http://www.fondationdelafaune.qc.ca/initiatives/programmes_aide/)
  - ❖ FONDATION HYDRO-QUÉBEC POUR L'ENVIRONNEMENT :  
<http://www.hydroquebec.com/fondation-environnement/conditions.html>
  - ❖ FORSTER, L.D. et G. ABRAHIM (1985). Sediment Deposits in Drainage Ditches : A Cropland Externality. JSWC. Vol. 40 :1. P.141-144.
  - ❖ GANGBAZO, G. (2006). Guide pour l'élaboration d'un plan directeur de l'eau: sommaire, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques de l'eau, ISBN-13:978-2-550-47821-8, ISBN-10:2-550-47821-5, 12 pages.
  - ❖ GANGBAZO, G. (2006). Les clés du succès d'un projet pilote en milieu rural, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques de l'eau, ISBN, 2-550-46883-X, 9 pages. Disponible par Internet : <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/fiches/cles.pdf>
  - ❖ GAGNON, E. et G. GANGBAZO (2006). Dispositifs expérimentaux permettant d'évaluer l'effet de la mise en œuvre de bonnes pratiques agricoles sur la qualité de l'eau, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques de l'eau, ISBN-13:978-2-550-47420-3, ISBN-10:2-550-47420-1, 8 pages.
  - ❖ GAGNON, V. et al. Analyse des critères de design d'un étang épurateur en comparaison avec le site de Saint-Samuel-De-Horton, Université Laval, Québec, avril 2011.
  - ❖ GÉOMONT. La Montérégie à la carte (2012). Projet-pilote de cartographie de l'érosion en milieu agricole. L'agence géomatique montréalaise, rapport méthodologique.

- ❖ GOURIVEAU, F. (2009). Constructed Farm Wetlands (CFWs) designed for remediation of farmyard runoff: an evaluation of their water treatment efficiency, ecological value, costs and benefits, Thèse de doctorat, School of GeoSciences. The University of Edinburgh, 285 pages.
- ❖ GREENHALGH, S. (2007). Paying for environmental performance: using reverse auctions to allocate funding for conservation, Policy note: paying for environmental performance. World Resources Institute, 6 pages.
- ❖ GREENHALGH, S. (2010). Reverse auctions help farmers to reduce phosphorous content in local waterways, E-U., disponible à [TEEBweb.org](http://TEEBweb.org).
- ❖ GUILLOU, M. (2013). Bassin de stockage d'eau et de sédimentation : Concept et dimensionnement. Fiche technique. MAPAQ et AAC.
- ❖ GUILLOU, M. (2008). Voies d'eau et rigoles d'interception engazonnées. Agriculture et Agroalimentaire Canada et le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec [fiche technique].
- ❖ GUILING, J. et al. (2007). Paying for Environmental Performance: Using reverse auctions to allocate funding for conservation. Washington, DC; World Resources Institute, 10 pages.
- ❖ GUIMERE, SILVIO J. et A. ROUSSEAU (2011). Development of VFDM : a Riparian Vegetated Filter Dimensioning Model. INRS, Université Laval, Agriculture et Agroalimentaire Canada. ISELE paper no. 11143.
- ❖ HBA ENVIRONNEMENT (2003). Projet de réaménagement du lac Réservoir Beudet, Étude d'impact sur l'environnement, Rapport d'étape 1 : Scénarios envisageables, Ville de Victoriaville, 19 pages.
- ❖ HBA ENVIRONNEMENT (2004). Réaménagement du Réservoir Beudet, Rapport principal, Étude d'impact sur l'environnement, Victoriaville, 111 p. et annexes.
- ❖ HOORMAN, J.J. (2009). Using cover crops to improve soil and water quality, Agriculture and Natural Resource Fact sheet, The Ohio State University, 4 pages.
- ❖ HUFFMAN, R. L., et al. (2011). Soil and water conservation engineering. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 6th ed., 523 pages.
- ❖ INNOV'ACTION  
<http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/md/programmesliste/RDinnovation/Pages/InnovActionagroalimentaire.aspx>
- ❖ IRDA (2008). La mobilité du phosphore: du sol au cours d'eau, CRAAQ, fiche technique no 1. Disponible par Internet: <http://www.craaq.qc.ca/Publications-du-CRAAQ/la-mobilite-du-phosphore--du-sol-au-cours-d'eau/p/PAUT0021>.

- ❖ IRDA(2008). Le transport du phosphore, CRAAQ, fiche technique no 3. Disponible par Internet: <http://www.craaq.qc.ca/Publications-du-CRAAQ/le-transport-du-phosphore/p/PAUT0020>.
- ❖ IRDA(2008). Les outils de caractérisation du risque de perte de phosphore vers les eaux de surface, CRAAQ, fiche technique no 4. Disponible par Internet: <http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/EVC014.pdf>.
- ❖ KRIZEK, M., et al. (2006). Floodplain and its delimitation. Journal of the Czech geographical society, 3, 11, pages 28-41.
- ❖ KROEGER, A.C. et al.(2009). Les marais filtrants: une solution pour restaurer les cours d'eau agricoles, Agrosolution, Vol.9 no 1, septembre 2009, 11 pages.
- ❖ LAGACÉ, R.( 2012). Notes de cours GAE-3005. Aménagement des cours d'eau et conservation des sols, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval.
- ❖ LAMARRE, G. (2009). Déversoir enroché. Agriculture et Agroalimentaire Canada et le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec [fiche technique].
- ❖ LEMUNYON, J. L. (1991). Grass Species Influence on the Fate of Nitrogen Entrapped in Vegetated Filter Strips. University of Rhode Island.
- ❖ MABIT, L. et al. (2000). L'étude de l'érosion hydrique au Québec. Vecteur environnement, 33(6): pages 34-43.
- ❖ MICHAUD, A.R. et als. (2009). Réseau d'actions concertées en bassins versants agricoles. Rapport final de projet. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA). Québec, Québec, 155 pages.
- ❖ MICHAUD, A.R. et al. (2011). Rapport d'étape no 2 de l'Observatoire de la qualité de l'eau de surface en bassins versants agricoles. MAPAQ. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA), Québec, Canada, 44 pages.
- ❖ MOORE, M. (2011). From Vegetated Ditches to Rice Fields: Thinking Outside the Box for Pesticide Mitigation. In Pesticide Mitigation Strategies for Surface Water Quality; Goh, K., et al.; ACS Symposium Series; American Chemical Society: Washington, DC, 2011. pages 29 à 37.
- ❖ MORIN, M. et SANCHEZ, S. (2012). Quand les projets de gestion de l'eau par bassin versant stimulent l'innovation, Document disponible par Internet: <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Regions/monteregie/articles/agroenvironnement/>.

- ❖ NOLET, J. (2004). Étude du seuil de référence pour la mise en œuvre d'un programme incitatif à la préservation et à l'implantation de bandes riveraines en milieu agricole. Rapport final rédigé pour le Ministère de l'Environnement du Québec. ÉcoRessources Consultants. 124 pages.
- ❖ OHIO STATE UNIVERSITY [En ligne] <http://agditches.osu.edu/home> (page consultée le 22 mai 2013).
- ❖ OMAFRA, Le stockage des effluents d'ensilage, ministère de l'agriculture et de l'alimentation, Ontario, document en ligne:  
<http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/04-032.htm>.
- ❖ PARENT, L.-E. (2002). Le flux et la dynamique du phosphore dans les sols agricoles québécois. Colloque sur le phosphore, Ordre des agronomes du Québec, 2002, 27 pages.
- ❖ PITT, R. Detention Pond Design and Analysis. CE 378 Water Resource Engineering. 12 avril 2004. État-Unis.
- ❖ PRIME VERT.  
<http://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Formulaires/ProgrammePrime-Vert.pdf>
- ❖ RÉSEAU AGRICONSEILS.  
[http://www.agriconseils.qc.ca/site/doc/186/CDQ\\_2012-08-07\\_BASSE.pdf](http://www.agriconseils.qc.ca/site/doc/186/CDQ_2012-08-07_BASSE.pdf)
- ❖ RABOTYAGOV, S. (2012), Using a coupled simulation-optimization approach to design cost-effective reverse auctions for watershed nutrient reductions. Agricultural and Applied Economics Association Annual Meeting, Seattle, August 12-14, 29 pages.
- ❖ ROY, J. (2012). Projets de gestion intégrée de l'eau par bassin versant en milieux agricoles: le suivi de la qualité de l'eau. Direction du secteur agricole et des pesticides, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Pcs. Présentation Power Point. Envoyé par courriel.
- ❖ US EPA, Dry detention pond, National Pollutant Discharge Elimination System (NDPDE), consultation en ligne novembre 2010.
- ❖ VANASSE, A. et al. (2005). Cultiver les profits, feuillet d'information produit avec le CDAQ et le MAPAQ, pages 1 à 6.
- ❖ WELSCH, D.J. (1991). Riparian Forest Buffers : Function and Design for Protection and Enhancement of Water Resources. Radnor, PA. USDA.
- ❖ WHITE, J.B. (1993). Riparian Buffers Strips. Dans Webb, K. T. (ed.) Proceedings of the Agroforestry Workshop, Truro, Nova Scotia. Nova Scotia Soils Institute. Pages 28-34.

## Références tableau 4 : Évaluation des techniques disponibles

### Pratiques culturales :

- ❖ CONSEILS DES PRODUCTIONS VÉGÉTALES DU QUÉBEC INC. (2000). Guide des pratiques de conservation en grandes cultures. Réalisé en partenariat: Entente auxiliaire Canada-Québec pour un environnement durable en agriculture; CPVQ; FPCCQ; MAPAQ;MENV; AAC. Document en 7 modules et 34 feuillets. 500 pages.

### Bandes riveraines :

- ❖ BREUNE, I. 2013. L'implantation de zones tampons en milieu agricole. Fiche technique. Agriculture et Agroalimentaire Canada et Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. 23p.
- ❖ CORPEN. 2007. Les fonctions environnementales des zones tampons - Les bases scientifiques et techniques des fonctions de protection des eaux. Paris, France. 75 p.
- ❖ GAGNON, E., et G. Gangbazo. 2007. Efficacité des bandes riveraines: analyse de la documentation scientifique et perspectives, Québec, Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques de l'eau, ISBN : 978-2-550-49213-9, 17 p.
- ❖ MARTINEAU, I. 2013. À chacun sa bande. Guide des bandes riveraines en milieu agricole. Club-conseil Gestrie-Sol, Granby, Québec, Canada. 23 p.

### Ouvrages hydroagricoles :

#### *Chute enrochée (sédiments faible rétention)*

- ❖ LAMARRE, G. (2009). *Fiche technique : Déversoir enroché*. Agriculture et Agroalimentaire Canada. Disponible au : <<http://www.agrireseau.qc.ca/>>

#### *Avaloir avec bassin de sédimentation (sédiments, nutriments)*

- ❖ MICHAUD, A., et al. (2006). *Variabilité spatio-temporelle des flux de sédiments et de phosphore dans le bassin versant de la rivière aux Brochets, au sud du Québec. Partie II. Évaluation de l'effet de scénarios agroenvironnementaux alternatifs à l'aide de SWAT*. Agrosol, 17, pg. 21-32.
- ❖ MICHAUD, A., et al. (2009). *Suivi de la qualité de l'eau des bassins versants expérimentaux Ewing et Aux Castors*. IRDA.
- ❖ STÄMPFLI, N. (2007). *Fiche technique : Avaloirs et puisards*. Agriculture et Agroalimentaire Canada. Disponible au : <<http://www.agrireseau.qc.ca/>>

---

*Bassin de sédimentation*

- ❖ GUILLOU, M. (2013). *Fiche technique : Bassin de stockage d'eau et de sédimentation : Concept et dimensionnement*. Agriculture et Agroalimentaire Canada, annexe 1, pg. 16. Disponible au : <<http://www.agrireseau.qc.ca/>>

*Fossé élargi/ponceau avaloir + marais filtrant*

- ❖ MOORE, M.T., et al. (2011). [From vegetated ditches to rice fields: Thinking outside the box for pesticide mitigation](#). In: Goh, K.S., Bret, B.L., Potter, T.L., Gan, J. (Eds.) *Pesticide Mitigation Strategies for Surface Water Quality*. American Chemical Society Symposium Series 1075. pp. 29-37. 2011. (Book chapter).