



Victoriaville

**ÉTUDE DE FAISABILITÉ POUR LA RESTAURATION DU RÉSERVOIR
BEAUDET ET SON BASSIN VERSANT**

RAPPORT FINAL

(FMV 10406)

Préparé par :

Alain Durocher, ing., M.ing

Signature numérique de Alain Durocher, ing., M.ing
DN : cn=Alain Durocher, ing., M.ing, o, ou, email=adurocher@mcprt.com, c=CA
Date : 2015.05.03 07:07:46 -05'00'

Alain Durocher, ing. M.ing.
No OIQ 36709

AVRIL 2015

« © 2015, Ville de Victoriaville. Tous droits réservés. Cette étude 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. »

Remerciements

Au cours de ces quatre dernières années, tant de personnes ont travaillé sur ce projet. Plusieurs ont été présentes à toutes les étapes et d'autres ont travaillé dans l'ombre, tous contribuant au succès de cette étude. La Ville de Victoriaville et son équipe de projet (Serge Cyr, Carline Ghazal, François Houle, Alain Durocher) tiennent à vous remercier, non seulement pour votre travail, mais aussi pour votre dynamisme et l'enthousiasme que vous avez su partager avec nous.

Au risque d'oublier certaines personnes, mentionnons tout d'abord le soutien constant de l'agence de bassin versant Copernic porté par le leadership de Karine Dauphin et le travail exceptionnel et énergisant de Manon Couture.

On ne peut passer à côté de la merveilleuse et jeune équipe du Club-Agro des Bois-Francs, sous la direction de Sabrina Gauthier, dont l'effort, la rigueur et le professionnalisme nous ont amenés à une autre vision du secteur agricole.

Comment oublier les précieux conseils de Guy Larochelle de l'Agence forestière des Bois-Francs tout au long de cette étude et le travail acharné de ses jeunes collaboratrices qui nous ont permis de parfaire notre compréhension de secteur forestier.

La participation de plusieurs conseillères du MAPAQ dans le Comité technique est à souligner par leurs réflexions judicieuses sur l'amélioration des pratiques agricoles.

L'expertise de l'équipe de la firme Poly-Géo, sous la direction de Line Bariteau, est inestimable à notre compréhension de la dynamique de la rivière Bulstrode.

Le travail convaincant de Steve Hamel sur l'inventaire piscicole, la protection de la Salamandre pourpre que nous espérons voir devenir l'emblème rassembleur de ce projet et le Guide des bonnes pratiques pour la protection des bandes riveraines prépare déjà le futur.

L'initiative du Groupe Rousseau-Lefebvre lors de la table de réflexion sur l'avenir du réservoir aura permis de faire ressortir clairement les attentes de la population face à ce merveilleux plan d'eau.

Que dire du travail de toute l'équipe de Lemay+ DAA, sous la direction de Jean-François Rolland, et de l'équipe de SM pour définir une vision unique et durable de la restauration et l'aménagement du réservoir Beaudet. L'apport de Marc Cloutier et des membres de l'équipe a été extrêmement apprécié et les recommandations de Marcel Fafard sur les travaux de dragage se sont avérées précieuses.

Soulignons l'excellent travail de l'équipe de la firme EXP, sous la direction de Jocelyn Michaud, pour évaluer les travaux de restauration en milieu urbain.

Un merci chaleureux à l'équipe de la station de filtration pour l'échantillonnage de la rivière Bulstrode en 2013.

Une mention spéciale à Olga Dupont de l'Agence géomatique, François Chrétien d'Agriculture Canada, André Roy (producteur forestier), Rémi Gaudreau de Copernic et les services de la comptabilité de la Ville de Victoriaville pour leur contribution et leur temps précieux.

SOMMAIRE

Avec le concours du FMV, la ville de Victoriaville s'est lancée en 2011 dans une vaste étude de faisabilité visant la restauration du réservoir Beaudet et son bassin versant. L'étude a été initiée suite à un constat d'envasement, de prolifération de plantes aquatiques et une dégradation de la qualité de l'eau brute dans le réservoir depuis plusieurs années.

Les objectifs de l'étude de faisabilité sont de proposer des solutions pour réduire les apports en sédiments et en nutriments vers le réservoir, protéger l'approvisionnement en eau de la station de traitement de l'eau potable, définir des projets de restauration dans les secteurs forestier, agricole, municipal et du réservoir Beaudet.

Le réservoir Beaudet résulte de la construction du barrage Beaudet en 1977 sur la rivière Bulstrode. Il constitue le réservoir d'eau potable de 45000 personnes sans compter les besoins industriels et institutionnels de la Ville. Le bassin versant de 338 km² et neuf tributaires alimentent la rivière d'une longueur de 60 km. Trois secteurs distincts, forestier (2/3 du territoire), agricole (1/3 du territoire) et municipal, décrivent l'occupation du territoire. La délimitation entre le secteur forestier et le secteur agricole se situe au barrage de Ste-Sophie.

Le débit moyen de la rivière au barrage Beaudet est de 8,3 m³/s. Le débit d'étiage moyen est de 0,28 m³/s (plus faible valeur enregistrée à 0,02 m³/s) et le débit maximum moyen est de 125 m³/s (valeur la plus élevée enregistrée à 263 m³/s en 1989). Ces débits font en sorte que le temps de rétention du réservoir varie entre 2 heures et 50 jours pour une moyenne de 1,5 jour.

Le relevé bathymétrique de 2014 a révélé que le taux de remplissage du réservoir est en moyenne de 1% par an depuis 1977. Pour 2028, le réservoir aura accumulé près de 800 000 m³ de sédiments et aura perdu 50% de sa capacité initiale. La viabilité de la prise d'eau ne serait plus que de 7 à 10 ans. L'évaluation des macrophytes présents dans le réservoir a permis d'établir une profondeur maximale de colonisation de 1,6 m et de fixer la profondeur de dragage à 2,1 m. Les sédiments de dragage ne sont pas contaminés et pourront être réutilisés pour le remplissage.

Les données de caractérisation de la rivière Bulstrode révèlent que les concentrations en phosphore (0 à 0,35 mg/l P), en nitrites-nitrates (1 à 6 mg/l) et en coliformes fécaux (0 -7000 UFC/100 ml) dépassent largement les seuils d'un milieu récepteur non contaminé. Les événements de fortes pluies en été génèrent des turbidités de l'eau brute pouvant atteindre jusqu'à 500 UTN et posent un risque au traitement de l'eau potable.

Le cas de fortes pluies avec forte augmentation de débit est le cas ayant le plus d'impact sur la qualité de l'eau brute (turbidité et MES). Le cheminement est pratiquement toujours le même à savoir: augmentation du débit et de la turbidité dans les 24 heures suivants la pluie, retour au débit normal de la rivière sur 48-72 heures et progressivement de la turbidité dans le réservoir sur quelques jours. En fait, la turbidité de la rivière diminue plus rapidement dans la rivière que dans le réservoir. Le processus de remplissage du réservoir au fil des ans est probablement le résultat d'une phase de décantation après chacune des épisodes de fortes pluies charriant des eaux chargées en matières en suspension décantables, ou retenues par les plantes aquatiques, et auquel s'ajoute l'accumulation des résidus des plantes aquatiques mortes chaque saison.

L'étude géomorphologique de la rivière propose 3 segments distincts pour l'analyse. Le segment en secteur forestier est en forte pente (1% en moyenne avec des secteurs entre 4 et 6%) et s'écoule sur le roc. Même si la vitesse de l'eau est rapide, l'érosion dans ce segment ne touche que 5% des rives. La dissipation de l'énergie de l'eau de la rivière en crue se produit au changement de pente (0,1 à 0,2%) dans le secteur central en milieu agricole (PK 11,5 à PK 21,5). Dans ce secteur, plus de 30% des rives montrent des signes d'érosions importantes. On y observe pour certaines terres un taux de recul de 1 à 2 m/an depuis 1966 et les apports dans la Bulstrode de ces secteurs sont estimés à 7000 m³/an. Pour le segment aval, moins de 8% des rives montrent des signes d'érosion.

L'inventaire piscicole au point de confluences des principaux tributaires du bassin versant avec la Bulstrode a révélé la présence de quatorze espèces de poissons dont l'omble de fontaine et la truite burne. La découverte inusitée de la Salamandre pourpre, espèce classée comme vulnérable au Québec, requerra un effort particulier pour protéger son habitat et assurer sa survie. Les tributaires du secteur forestier sont en général en bon état alors que ceux du secteur agricole nécessitent des interventions.

Pour le secteur forestier, le portrait a fait ressortir une problématique d'érosion bien ciblée au niveau de 147 traverses de cours d'eau, des fossés de routes et d'accès se déversant directement dans les cours d'eau et à certains endroits pour des bandes riveraines. Des cartes d'importance des zones d'érosion et des zones sensibles ont été établies et pourront servir à sensibiliser les sylviculteurs lors de la planification des travaux en forêt.

Pour le secteur agricole, une première analyse réalisée à l'aide de la géomatique a fait ressortir les types d'érosion (décrochement, ravinement au champ et de berges, érosion, etc.) du secteur afin de prioriser les fermes à visiter.

Les sources urbaines de contamination de la rivière et du réservoir identifiées à ce jour sont: les eaux usées brutes de la municipalité de St-Fortunat rejetées sans traitement dans la rivière Bulstrode, les fosses septiques non conformes ou inexistantes sur l'ensemble du bassin versant, mais aussi au pourtour du réservoir, les conduites pluviales de la Ville directement au réservoir, les eaux de fonte du site de neiges usées et les sels de voiries appliqués sur les routes en pourtour du réservoir. Les oiseaux migrateurs qui utilisent le réservoir comme aire de repos pourraient contribuer à l'envasement du réservoir par leurs excréments, mais l'impact sur l'eau potable serait négligeable.

Les premières études du projet ont permis d'établir le portrait du réservoir et son bassin versant et mené au diagnostic. Trois problématiques ressortent clairement: l'envasement du réservoir, les apports en nutriments et coliformes fécaux et les forts débits responsables d'une érosion accrue.

Le projet de restauration du secteur forestier propose une approche visant à réduire la vitesse de l'eau plutôt que d'essayer de la stocker dans des bassins à l'échelle du secteur. Les efforts sont concentrés sur la restauration de 147 traverses et des fossés environnants, la renaturalisation de bandes riveraines et la formation et sensibilisation des sylviculteurs et conseillers forestiers. Un plan bien défini pour protéger l'habitat de la Salamandre pourpre vient bonifier le projet.

Le projet de restauration du secteur agricole vise 34 zones prioritaires et 90 producteurs. Sur les terres agricoles, les principales problématiques rencontrées sont les sols à nu en hiver, les bandes riveraines non respectées en moyenne sur 60% des longueurs de cours d'eau (14% pour la Bulstrode et 90% pour les tributaires), etc. Pour réduire l'emportement de terres arables et de nutriments, le projet propose une approche de modifications des pratiques de première ligne (pratiques agricoles), des pratiques de

deuxième ligne (aménagements d'ouvrages hydroagricoles) et des pratiques de troisième ligne (Bandes riveraines et zones tampons). Plus spécifiquement, le projet comprend: des modifications des pratiques agricoles pour des agriculteurs prioritaires (contrat de 5 ans pour les pratiques avec primes au résultat, cultures pérennes avec prime), l'implantation d'ouvrages hydroagricoles, la renaturation de bandes riveraines (10 m pour la Bulstrode, 5 m pour les tributaire, 3 m pour les autres cours d'eau et 1 m pour les fossés avec compensation pour 5 ans de la non-utilisation permanente de la bande riveraine), quelques travaux de stabilisation de berges sur la Bulstrode qui n'auraient pas d'impact en aval, et un volet de formation des agriculteurs.

Le projet de restauration du secteur urbain en pourtour du réservoir comprend l'élimination des rejets de trop-pleins de deux postes de pompage d'eaux usées et des eaux de fonte du site de neiges usées vers le réservoir.

Le projet de restauration du réservoir Beaudet prévoit 3 phases de réalisation. La phase "A" comprend les aménagements techniques du réservoir (réserve d'eau brute d'une capacité de 88000 à 128 000 m³, indépendante du réservoir principal avec 3 à 5 jours d'autonomie, système de pompage de circulation d'eau, balles de plastiques en surface pour le contrôle des oiseaux uniquement dans cette zone, conduite d'alimentation d'appoint directement à la rivière quand les eaux de la rivière sont moins turbides que celles du réservoir principal). Deux zones de remplissage à même le réservoir ont été identifiées: une première zone servira à l'aménagement d'un parc alors que la deuxième zone sera aménagée en marais. Les opérations de dragage initial et d'entretien annuel seront effectuées par la ville qui acquerra les équipements de dragage requis. La phase "B" verra à harmoniser l'aménagement paysager des aménagements techniques avec l'environnement du réservoir. Finalement, une Phase "C", propose un concept d'aménagement du parc du réservoir Beaudet pour en faire un lieu d'attrait unique au Québec.

Les coûts des travaux pour se rendre à la fin de la Phase "A" est de 29,6 M\$ (425 k\$ d'études d'impacts et organisation préparatoire, 2 M\$ pour les travaux de restauration du secteur forestier, 4,5 M\$ pour les travaux de restauration du secteur agricole, 650k\$ pour les travaux de restauration du secteur urbain du réservoir et 22 M\$ pour la Phase "A" des travaux des aménagements techniques [dragage, réserve d'eau brute, conduite d'appoint, poste de pompage]). Pour la phase "B", les coûts sont de 2,4M\$ et de 12 M\$ additionnel pour la Phase "C" si elle est réalisée entièrement selon le concept initial. Les coûts, sans les taxes applicables, sont en dollars de 2014 et comprennent les honoraires de conception et de surveillance et 25% d'imprévus. Pour réaliser les travaux dans les secteurs forestier et agricole, un mode d'attribution de subventions inspirée de l'enchère inversée serait l'approche la plus intéressante pour ces partenaires du projet.

Si la Ville décide d'aller de l'avant avec le projet en 2015, la réalisation des travaux s'échelonnerait sur une période de 10 à 15 ans.

Enfin, on retrouvera à la fin du rapport les conclusions et recommandations de l'étude. Les rapports détaillés des études sont disponibles sur le site web de la Ville.

Tables des matières

1	Introduction	1
2	Contexte de l'étude	2
2.1	Ce qui a initié l'étude	2
2.2	Objectifs	2
2.3	Approche et structure de l'étude	3
3	Portrait du réservoir Beaudet et de son bassin versant	5
3.1	Réservoir Beaudet	5
3.2	Bassin versant	8
3.3	Caractérisation de la Bulstrode	9
3.3.1	Programme de caractérisation 2013	9
3.3.2	Données de certains contaminants des années antérieures au réservoir	11
3.4	Aspects réglementaires	16
3.5	Bilan hydrique	16
3.6	Étude géomorphologique	17
3.7	Sources urbaines de contamination des eaux du réservoir	23
3.7.1	Rejets urbains au réservoir	23
3.7.2	Autres sources	25
3.8	Efficacité des mesures de réduction de la consommation d'eau potable	27
3.9	Portrait et diagnostic du secteur forestier	29
3.9.1	Sources de sédimentation provenant du secteur forestier	29
3.9.2	État des traverses de cours d'eau	32
3.9.3	Conclusion et recommandations pour le secteur forestier	34
3.10	Érosion dans le secteur agricole	35
3.11	Inventaire piscicole	35
4	Diagnostic	38
4.1	Envasement du réservoir	38
4.1.1	Nature de la problématique	38
4.1.2	Causes	38
4.1.3	Conséquences	38
4.1.4	Détermination des enjeux	38
4.2	Apports de nutriments et coliformes fécaux	38
4.2.1	Nature de la problématique	38
4.2.2	Causes	39
4.2.3	Conséquences	39
4.2.4	Détermination des enjeux	39
4.3	Forts débits et érosion accrue	39
4.3.1	Nature de la problématique	39
4.3.2	Causes	39
4.3.3	Conséquences	39

4.3.4	Détermination des enjeux	39
5	Projets de restauration	40
5.1	Projet de restauration du secteur forestier	40
5.1.1	Projet de restauration retenu pour le secteur forestier	42
5.2	Plan pour protéger la Salamandre pourpre	42
5.3	Projet de restauration du secteur agricole	43
5.3.1	Activités réalisées	44
5.3.2	Résultats pour les terres agricoles (Club-Agro)	45
5.3.3	Résultats pour la Rivière Bulstrode (Poly-Géo).....	47
5.3.4	Résultats pour les tributaires de la Bulstrode (Louis Ménard)	48
5.3.5	Conclusion pour le projet de restauration du secteur agricole	49
5.3.6	Projet de restauration retenu pour le secteur agricole	50
5.4	Projet de restauration du secteur municipal	51
5.5	Projet de restauration du réservoir Beaudet.....	52
5.5.1	Critères de design et aménagements du réservoir	52
5.5.2	Projet de restauration du réservoir	54
5.5.3	Bathymétrie	55
5.5.4	Macrophytes.....	57
5.5.5	Qualité de l'eau brute	58
5.5.6	Géotechnique et qualité des sédiments	61
5.5.7	Phase A: Aménagements techniques du réservoir	62
5.5.8	Aménagement du réservoir Beaudet.....	67
5.5.9	Suivi et entretien	75
5.5.10	Coûts et délais de réalisation.....	75
6	Coûts du projet	76
7	Organisation et financement	77
7.1	Cadre juridique	77
7.2	Financement du projet	78
7.2.1	Programme fédéral-provincial-municipal.....	78
7.2.2	Financement par la Ville de Victoriaville.....	78
7.2.3	Fonds de la taxe sur l'essence 2014-2024	78
7.2.4	Conclusion sur le financement.....	79
8	Compléments à l'étude.....	80
8.1	Page web	80
8.2	Guide des bonnes pratiques pour la protection des bandes riveraines	80
8.3	Planification du plan d'action pour la protection de la source d'alimentation en eau potable.....	80
9	Échéancier des travaux et phasage des coûts	81
10	Prochaines étapes.....	83
11	Conclusion et recommandations	84
12	Bibliographie.....	85

Liste des figures

Figure 2.1: Structure organisationnelle de l'étude de faisabilité	4
Figure 3.1: Évolution du réservoir Beaudet de 1965 à 1991	5
Figure 3.2: Réservoir Beaudet en 2010	6
Figure 3.3: Courbes de profondeur du réservoir en 2003	7
Figure 3.4: Prolifération des plantes aquatiques	7
Figure 3.5: Bassin versant du réservoir Beaudet	8
Figure 3.6: Tributaires et points kilométriques (PK) de la Bulstrode	9
Figure 3.7: Point d'échantillonnage au barrage de Ste-Sophie	10
Figure 3.8: Point d'échantillonnage à la passerelle à l'entrée du réservoir Beaudet	10
Figure 3.9: Point d'échantillonnage au barrage ou sortie du réservoir Beaudet	11
Figure 3.10: Concentrations de nitrites-nitrates dans le réservoir Beaudet	12
Figure 3.11: Concentrations de phosphates dans le réservoir Beaudet	13
Figure 3.12: Concentration de coliformes fécaux au réservoir Beaudet	14
Figure 3.13: Concentration de MES dans le réservoir Beaudet	14
Figure 3.14: Turbidité de l'eau dans le réservoir Beaudet	15
Figure 3.15: Illustration de différents niveaux de turbidité	15
Figure 3.16: Segments à l'étude de la rivière Bulstrode	17
Figure 3.17: Profil de la rivière Bulstrode	18
Figure 3.18: Impact d'un embâcle dans le segment amont de la rivière Bulstrode	18
Figure 3.19: Glissement de terrain dans le segment amont de la rivière Bulstrode (ruisseau Gobeil)	19
Figure 3.20: Érosion des rives dans le segment central de la rivière Bulstrode	19
Figure 3.21: Secteurs d'érosion problématiques dans le segment central	20
Figure 3.22: Évolution du segment central depuis 45 ans entre les PK 21,5 et 18	20
Figure 3.23: Évolution du segment central depuis 45 ans entre les PK 15 et 11,5	21
Figure 3.24: Érosion très sévère de la Bulstrode au PK 13.2	21
Figure 3.25: Localisation des rejets urbains vers le réservoir Beaudet	24
Figure 3.26: Réseau pluvial au réservoir	24
Figure 3.27: Oiseaux migrateurs au réservoir Beaudet	26
Figure 3.28: Production d'eau potable à la Ville de Victoriaville	28
Figure 3.29: Zone d'étude du secteur forestier	29
Figure 3.30: Couvert forestier de la zone d'étude	30
Figure 3.31: Carte d'importance d'érosion du secteur forestier	31
Figure 3.32: Carte des zones sensibles du secteur forestier	32
Figure 3.33: Localisation des traverses de cours d'eau du secteur forestier	33
Figure 3.34: Exemples de problématique d'érosion ou défauts observés aux traverses	33
Figure 3.35: Érosion en secteur agricole	35
Figure 3.36: Salamandre pourpre sur la rivière Bulstrode	36
Figure 5.1: Détournement de fossés vers la végétation	41
Figure 5.2: Méthode du tiers inférieur pour l'entretien des fossés	41
Figure 5.3: Berme et enrochement dans les fossés et ruisseaux	41
Figure 5.4: Zones de visites du secteur agricole	44
Figure 5.5: Exemple d'érosion ou absence de bandes riveraines sur les terres agricoles	46
Figure 5.6: Exemples d'absence de bandes riveraines en bordure de cours d'eau	47
Figure 5.7: Exemples de bandes riveraines bien établies en bordure de cours d'eau	48
Figure 5.8: Caractéristiques de la rivière L'Abbé	48

Figure 5.9: Proportion des ruisseaux ayant une bande riveraine non réglementaire	49
Figure 5.10: Plan bathymétrique du réservoir Beaudet (2014)	55
Figure 5.11: Évolution de l'érosion dans le réservoir	56
Figure 5.12: Épaisseur des sédiments accumulés ou érodés depuis 1977	57
Figure 5.13: Localisation des macrophytes dans la zone de dragage	58
Figure 5.14: Localisation des forages	61
Figure 5.15: Concept retenu des aménagements techniques	64
Figure 5.16: Concept mécanique de la réserve d'eau brute	65
Figure 5.17: Balles de plastiques pour le contrôle des oiseaux.....	65
Figure 5.18: Amphibex 400 proposé pour le dragage.....	66
Figure 5.19: Concept préliminaire d'aménagement du réservoir Beaudet.....	67
Figure 5.20: Phase B: Aménagement de la réserve d'eau brute et de la zone de remplissage A	68
Figure 5.21: Phase B intégration de la zone de remplissage B.....	69
Figure 5.22: Entrée du parc et placette d'accueil.....	70
Figure 5.23: Aménagement de la réserve d'eau brute.....	70
Figure 5.24: Pôle de découvertes "EAU"	71
Figure 5.25: Circuit d'acheminement du Pôle de découvertes "EAU"	71
Figure 5.26: Pôle récréatif et pôle d'accueil.....	72
Figure 5.27: Éléments d'attrait du pôle récréatif et pôle d'accueil.....	73
Figure 5.28: Aménagement du pôle du marais	74
Figure 5.29: Éléments d'attrait du pôle naturel du marais	74

Liste des tableaux

Tableau 3.1: Application du règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées	25
Tableau 3.2: Superficies des zones sensibles du secteur forestier	31
Tableau 5.1: Évolution du volume et de la profondeur du réservoir Beaudet entre 1977 et 2014	56
Tableau 5.2 Classes de niveaux trophiques des lacs et classement du réservoir Beaudet	59
Tableau 5.3 Exemple pluie du 28 août 2011	60
Tableau 6.1: Sommaire des coûts du projet de restauration du réservoir Beaudet et son bassin versant	76
Tableau 9.1: Échéancier des travaux et phasage des coûts	82

1 INTRODUCTION

Avec le concours du FMV, la ville de Victoriaville s'est lancée en 2011 dans une vaste étude de faisabilité visant la restauration du réservoir Beaudet et son bassin versant.

Ce rapport présente la synthèse de toutes les études effectuées dont les rapports détaillés sont disponibles sur le site web de la Ville de Victoriaville (<http://www.victoriaville.ca/content/fr-CA/contenu.aspx?ContentID=587>). Les titres des rapports sont rapportés dans la bibliographie à la fin de ce document.

Le chapitre 2 résume le contexte qui a mené à entreprendre cette étude de même que les objectifs et la structure organisationnelle de l'équipe de travail.

Le chapitre 3 traite du portrait du réservoir Beaudet et son bassin versant. Ce chapitre porte sur les informations techniques disponibles avant d'entreprendre l'étude et sur celles acquises depuis 2011.

L'analyse des données et des informations du portrait servira à établir un diagnostic au chapitre 4.

Au chapitre 5 on retrouve un résumé des différents projets de restauration des secteurs forestier, agricole, municipal et du réservoir Beaudet.

Le chapitre 6 présente les coûts du projet retenu par la Ville alors que le chapitre 7 explore les modes de financement et d'organisation à privilégier pour la suite du projet.

L'étude de faisabilité a été bonifiée par des études ou activités complémentaires que l'on résumera au chapitre 8.

À partir des informations fournies lors des projets de restauration, le chapitre 9 présente un échéancier préliminaire de réalisation du projet et un phasage des coûts.

Le chapitre 11 suggère les prochaines étapes à faire pour donner suite à l'étude de faisabilité et passer en mode réalisation.

Finalement, les conclusions et recommandations de l'étude de faisabilité feront l'objet du chapitre 11.

2 CONTEXTE DE L'ÉTUDE

2.1 Ce qui a initié l'étude

Le réservoir Beaudet est la principale source d'approvisionnement en eau potable de la Ville de Victoriaville depuis 1977. Il dessert une population de plus de 45000 personnes sans compter les usages industriels, commerciaux et institutionnels.

Le réservoir, alimenté par la rivière Bulstrode, a été mis en eau en 1997. Dès le début, des apports de sédiments et de nutriments venant du bassin versant et du milieu urbain en périphérie du plan d'eau contribuent à son eutrophisation.

L'envasement progressif du réservoir est connu et observable avec une perte de volume de 25% entre 1977 et 2003. La prolifération des plantes aquatiques est devenue apparente il y a une vingtaine d'années et représente une nuisance majeure aux activités aquatiques (canotage, kayak, planche à voile).

À long terme, il y a un risque très net que le volume d'eau disponible ne soit pas suffisant en période d'étiage. À court terme, la qualité de l'eau brute est déjà problématique pour la station de filtration lors des épisodes de forts débits de la rivière Bulstrode.

Plusieurs études ont été réalisées depuis 1977 et toutes font ressortir la problématique d'envasement continu du réservoir, de prolifération de plantes aquatiques et de détérioration de la qualité de l'eau.

2.2 Objectifs

L'objectif principal de l'étude de faisabilité est d'établir clairement ce qui est requis de faire pour assurer la survie durable du réservoir Beaudet comme source d'eau potable.

Pour ce faire, l'étude doit proposer des solutions afin de:

1. Réduire les apports en sédiments et en nutriments;
2. Protéger l'approvisionnement en eau de la station de traitement de l'eau potable;
3. Définir des projets concrets de restauration, des coûts et un échéancier de réalisation afin d'être prêt à passer en mode réalisation.

Comme objectif secondaire, l'étude doit préciser les actions requises pour l'aménagement du plan d'eau de même que son potentiel récréotouristique.

2.3 Approche et structure de l'étude

L'étude aborde les différentes problématiques du bassin versant avec une vision globale et de gestion durable. L'idée maitresse est qu'il faut d'abord résoudre les problématiques en amont du réservoir avant de travailler sur le réservoir lui-même. Pour respecter cette idée, le territoire de l'étude et l'approche des mandats de l'étude ont été divisés en trois secteurs bien définis:

1. Secteur forestier;
2. Secteur agricole;
3. Secteur municipal.

Un quatrième secteur s'est ajouté par la suite et défini par le réservoir Beaudet lui-même. La justification de cette approche est que les acteurs de chacun de ces secteurs vivent des problématiques qui leur sont propres. Par conséquent, les mandats de l'étude doivent être adaptés aux spécificités de chacun.

Le projet est complexe par le nombre d'acteurs de l'eau sur le bassin versant. En revanche, la complexité technique du projet est simple, car les solutions à mettre en place sont connues. Finalement, le projet est rassembleur, car tous les acteurs ont des intérêts dans la gestion de l'eau du bassin versant.

Même si la Ville de Victoriaville est l'initiatrice du projet, les volets de l'étude suivent le cadre de référence pour la Gestion intégrée de l'eau par bassin versant (GIEBV). L'étude de faisabilité a débuté en 2011 selon les étapes suivantes:

- Étape 1: Portrait préliminaire
- Étape 2: Portrait final
- Étape 3: Diagnostic
- Étape 4: Projets de restauration
- Étape 5: Intégration des projets de restauration
- Étape 6: Rapport final

L'étape 1 a consisté à recueillir les données disponibles afin d'établir le portrait préliminaire du réservoir Beaudet et de son bassin versant. Ce portrait est complété à l'étape 2 par une série de mandats d'acquisition de données afin d'établir un portrait final. De là, un diagnostic (Étape 3) est établi précisant les enjeux du projet. L'étape 4 consiste en la réalisation de l'étude selon les secteurs touchés par le projet; soit les secteurs forestier, agricole et municipal. Les études précisent les actions à prendre et les mesures à mettre en place pour chacun des secteurs, mais aussi les coûts et les délais de réalisation. L'étape 5 vise à évaluer les résultats des différents volets de l'étude et les coûts par rapport aux objectifs à atteindre. Ceci mène à la rédaction du rapport final (étape 6). À partir des conclusions et des recommandations contenues dans ce rapport, la Ville de concert avec les intervenants du projet et les intervenants gouvernementaux prendront une décision finale quant à la suite à donner.

La structure organisationnelle du projet est très simple et est illustrée à la figure 2.1 et se résume ainsi:

1. Le conseil de Ville dont le rôle est d'autoriser les mandats, assister au besoin à la présentation des études, recevoir les avis du comité technique, décider de la suite du projet (GO-NO GO);

2. Un comité technique composé de 5 membres permanents dont le rôle est de recevoir les avis de conformité des soumissions, recommander l'octroi des mandats, prendre connaissance des rapports des experts, assister à la présentation des rapports, faire des recommandations au conseil de Ville sur les rapports et la suite du projet. Des experts sont invités selon les besoins des mandats;
3. Un coordonnateur administratif est responsable de préparer et gérer les documents d'appels de propositions et faire le suivi administratif des mandats;
4. Un coordonnateur technique en charge de préparer les contenus techniques des appels de propositions, faire le suivi technique des mandats durant leur réalisation et faire une analyse technique des rapports avec synthèse au Comité technique.

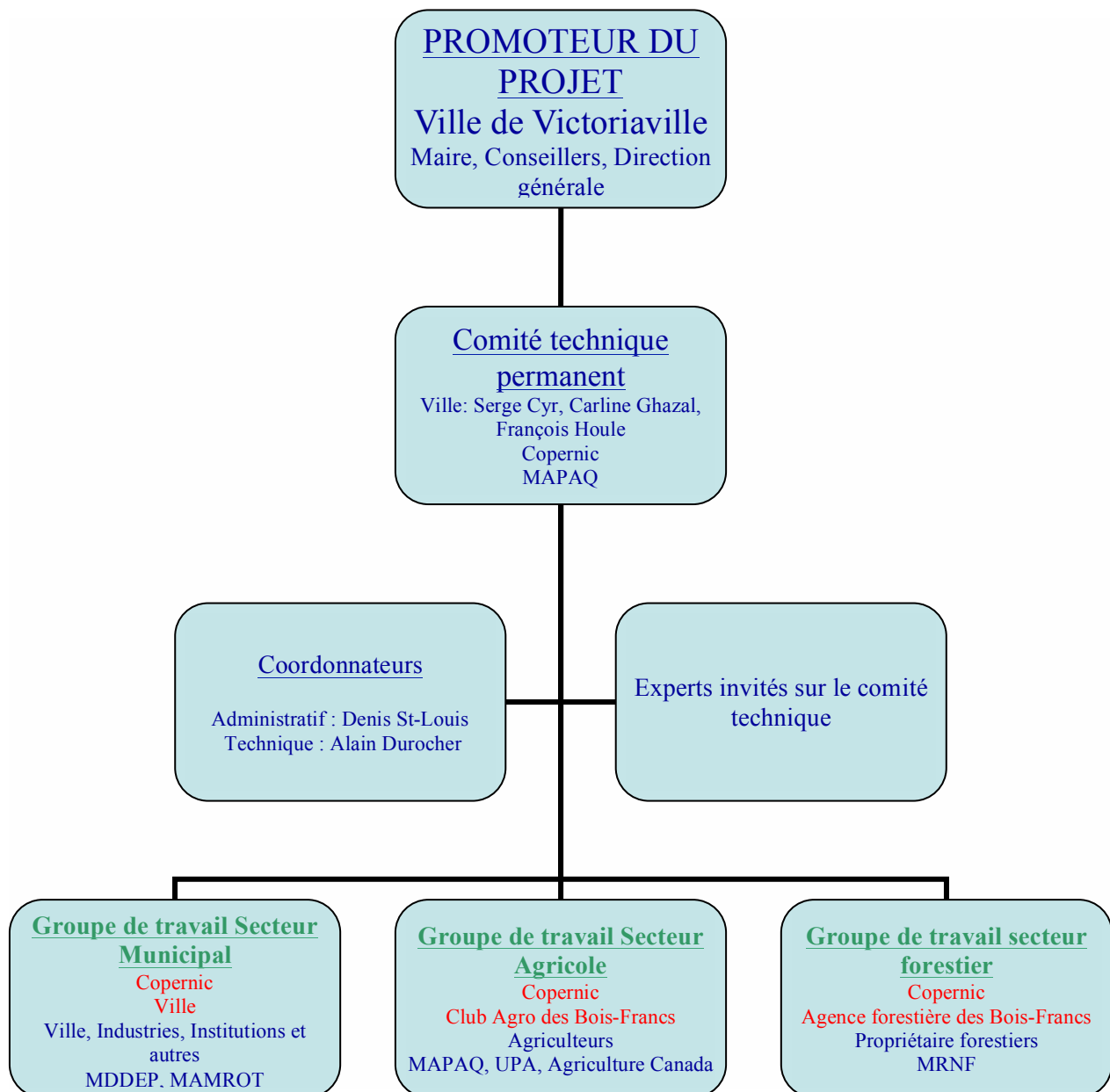


Figure 2.1: Structure organisationnelle de l'étude de faisabilité

3 PORTRAIT DU RÉSERVOIR BEAUDET ET DE SON BASSIN VERSANT

3.1 Réservoir Beaudet

Le réservoir Beaudet est le résultat de la construction du barrage Beaudet en 1977 sur la rivière Bulstrode et constitue le grand réservoir d'eau potable de la ville. Un poste de pompage est implanté aux abords immédiats du réservoir. Le projet visait à assurer un approvisionnement durable en eau potable pour la population et les besoins industriels. Le réservoir s'est avéré d'une importance historique pour le développement de Ville et de la région.

Sa superficie est de 69 Ha (690 000 m²) avec une longueur de 1,1 km. À l'origine, la réserve d'eau était de 1 600 000 m³ pour une profondeur variant entre 0 à 6,5 m.

Le réservoir fait partie du parc du Réservoir-Beaudet, un des quatre grands parcs municipaux avec les parcs Terre-des-Jeunes, du Boisé-des-Frères et du Mont-Arthabaska. Le parc du Réservoir-Beaudet, en plus du plan d'eau, est doté d'aires de jeu pour enfants et de jeux d'eau, d'un bâtiment de services, d'une plage, d'une aire de pique-nique, d'un amphithéâtre naturel. Il est ceinturé par un sentier multifonctionnel qui offre une boucle de 5,2 km grâce à la passerelle récemment construite. Les milieux humides limitrophes au réservoir couvrent plus de 35 hectares et accueillent :

- Marais et marécages;
- 12 espèces de poissons recensées;
- De nombreux amphibiens et des castors;
- 35 espèces d'oiseaux recensées et 200 espèces observées;
- Des aires favorables à la nidification de la sauvagine;
- Le réservoir est une halte importante sur la route de migration de l'oie des neiges;
- En raison de la faible profondeur d'eau, de la prolifération des plantes aquatiques et de sa qualité, il y a peu d'activités récréatives et sportives sur le réservoir.

Les figures 3.1 et 3.2 illustrent l'évolution du réservoir avant sa création et jusqu'à aujourd'hui.

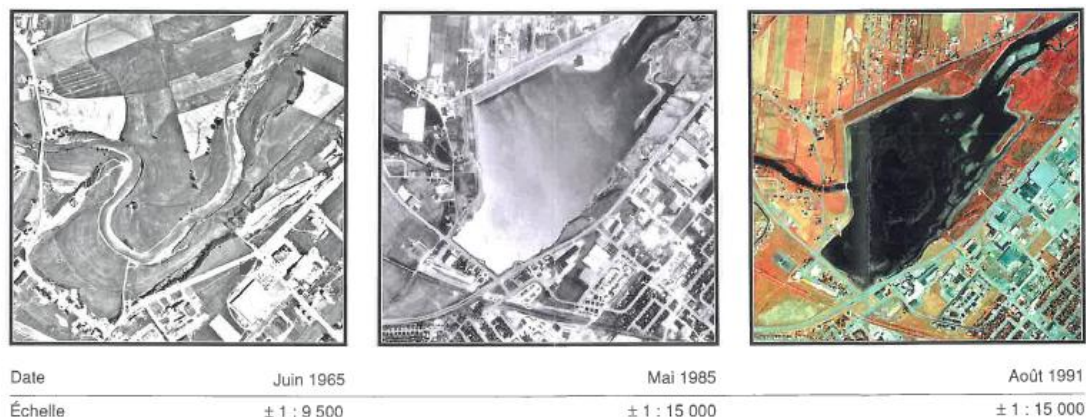


Figure 3.1: Évolution du réservoir Beaudet de 1965 à 1991

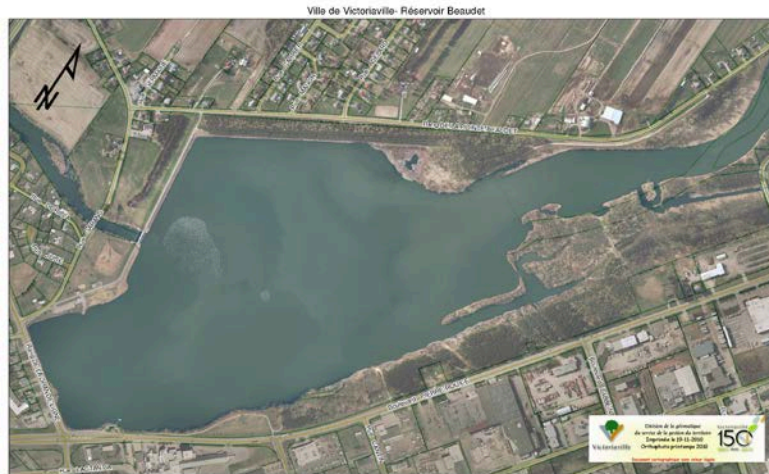


Figure 3.2: Réservoir Beaudet en 2010

Dès la mise en eau en 1997, on note une détérioration de la qualité de l'eau. Au fil des ans, les activités municipales, industrielles, agricoles et forestières et l'érosion des berges sont identifiées comme sources d'apports en phosphore et sédiments.

Le caractère érosif des sols de la rivière en amont amène beaucoup de sédiments dans le réservoir. La qualité de l'eau s'est progressivement détériorée nécessitant des investissements à plusieurs reprises à la station de filtration d'eau potable pour la maintenir à niveau. L'absence ou la déficience des bandes riveraines en amont amènent une érosion accrue, un réchauffement de l'eau et une augmentation des sels minéraux, des sédiments, des coliformes et des nutriments (phosphore, nitrates).

Les forts débits, après des précipitations, amènent de grands écarts de niveau d'eau. Il y a des écarts importants entre les crues printanières et les périodes d'étiage d'hiver et d'été. En conséquence, la gestion du barrage effectuée par le CEHQ est complexe; elle demande une surveillance constante du niveau d'eau et une réaction rapide des opérateurs municipaux. Après des pluies abondantes, le réservoir se retrouve souvent avec une eau trouble (turbidité élevée avec des matières en suspension) chargée de matières polluantes et enrichissantes.

En raison du barrage et de la zone de faible courant offerte par le réservoir, la vitesse de l'écoulement de la rivière diminue et les sédiments se déposent. Le réservoir est aujourd'hui peu profond sur une vaste superficie, moins de 50 cm par endroits.

Des études réalisées en 1994 (Roche) et 2004 (HBA) confirment que le réservoir se remplit année après année et ultimement deviendra un grand marécage si rien n'est fait. La profondeur moyenne passe de 2,45 m en 1977 à 1,76 m en 1994. Le volume de la réserve passe de 1 600 000 m³ en 1977 à 1 323 000 m³ en 1994 puis 1 186 000 m³ en 2003. En 25 ans le réservoir aura perdu 25 % de sa réserve (perte moyenne de 1% par an). L'étude de 2004 (HBA) fait ressortir un taux de remplissage de 8900 m³/an.

Le remplissage se fait surtout dans la partie amont et central du réservoir. Le réservoir n'ayant pas été décapé en 1977, le lit de la rivière s'est maintenu pratiquement intact jusqu'à nos jours comme le révèle la figure 3.3. Il s'ensuit que le remplissage se fait dans les zones de faibles vitesses d'écoulement. L'accumulation de dépôts a réduit la profondeur d'eau au point d'atteindre la profondeur de colonisation des macrophytes et a favorisé l'implantation de grands bancs de macrophytes (figure 3.4) rendant presque impossibles les activités nautiques.

En conséquence, on constate une sédimentation importante, une prolifération des plantes aquatiques, une eau polluée et ultimement, une diminution du volume de rétention disponible.



Figure 3.3: Courbes de profondeur du réservoir en 2003



Figure 3.4: Prolifération des plantes aquatiques

3.2 Bassin versant

La superficie du bassin versant du réservoir Beaudet Bassin est de 338 km². On y retrouve 3 grands secteurs: forestier, agricole et municipal. Le secteur forestier couvre environ les deux tiers du territoire comparativement à un tiers pour le secteur agricole (figure 3.5). Près de 55 000 personnes y vivent à l'intérieur de onze (11) municipalités et de trois (3) MRC.

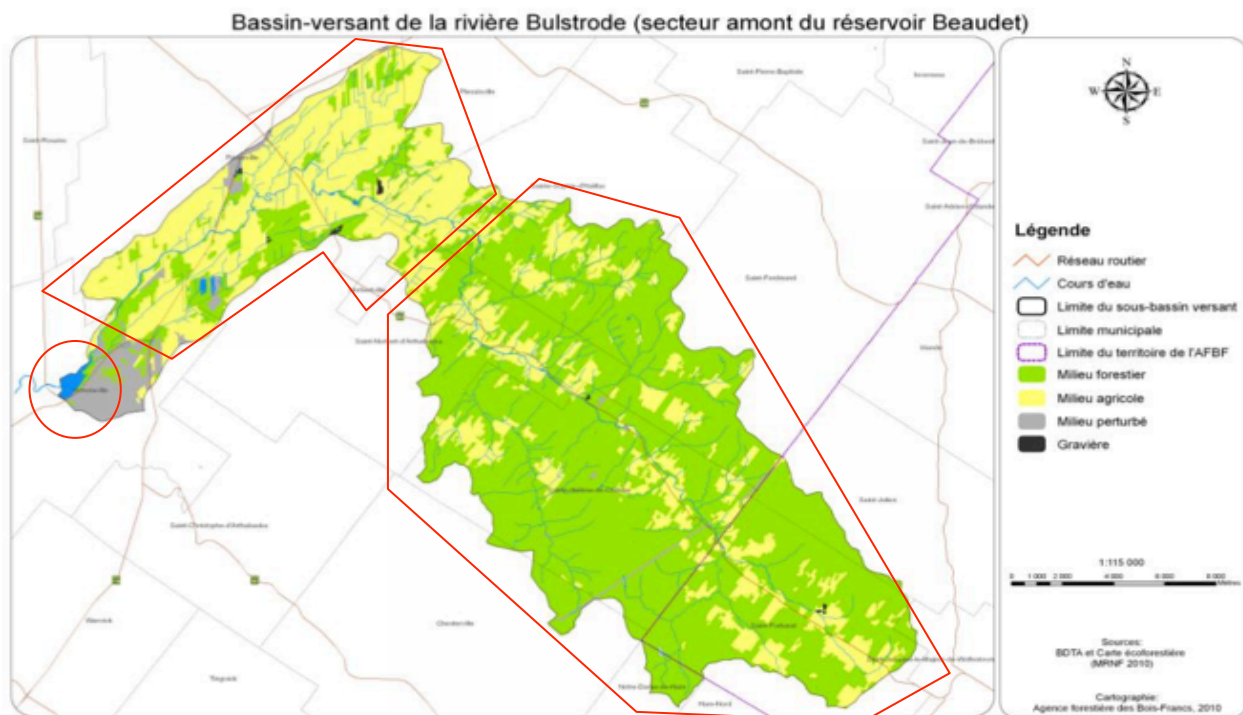


Figure 3.5: Bassin versant du réservoir Beaudet

Neuf (9) tributaires (figure 3.6) alimentent la rivière Bulstrode dont la longueur est de 59,5 km.

- Rivière du Huit (secteur forestier)
- Ruisseau Gobeil (secteur forestier)
- Ruisseau Michaud (secteur forestier)
- Tributaire 22 (secteur forestier)
- Ruisseau Perreault (secteur agricole)
- Ruisseau des Aulnes (secteur agricole)
- Ruisseau Plante (secteur agricole)
- Ruisseau Parent (secteur agricole)
- Rivière l'Abbé (secteur agricole et municipal)



3.3.1 Programme de caractérisation 2013

Ce mandat a été réalisé conjointement avec le personnel de la station de filtration d'eau potable. Les objectifs du mandat se résument comme suit:

1. Établir un premier portrait des débits, concentrations et charges de certains paramètres véhiculés par la rivière Bulstrode jusqu'au réservoir Beaudet;
2. Comparer les apports véhiculés par la rivière avec ceux quittant le réservoir Beaudet;
3. Énoncer des conclusions préliminaires et des recommandations afin de bonifier le protocole d'échantillonnage lors des prochaines années de caractérisation.

Trois points d'échantillonnage ont été retenus. Le premier point se situe au barrage de Ste-Sophie (figure 3.7). Ce point géographique sert de délimitation entre le secteur forestier et le secteur agricole du bassin versant. À partir de ce point, on quitte la zone montagneuse de pentes fortes pour la zone agricole de plaines. L'échantillonnage à ce point permet de quantifier les apports du secteur forestier et plus tard d'évaluer l'efficacité des travaux de restauration effectués dans ce secteur.

Le deuxième point de mesure se situe au niveau de la passerelle à l'entrée du réservoir Beaudet (figure 3.8). À ce point il n'y a pas de mesure de débit, mais on peut supposer que le débit à ce point est équivalent au débit sortant au barrage. La caractérisation à ce point se veut la somme des apports des secteurs forestier et agricole. En soustrayant les apports mesurés au barrage de Ste-Sophie, il est possible d'estimer séparément les apports du secteur agricole.

Le dernier point d'échantillonnage se situe au barrage même du réservoir Beaudet (figure 3.9). En comparant les résultats de ce point avec ceux mesurés à la passerelle, l'effet de la décantation du réservoir ou des apports générés dans le réservoir peut être quantifié.



Figure 3.7: Point d'échantillonnage au barrage de Ste-Sophie



Figure 3.8: Point d'échantillonnage à la passerelle à l'entrée du réservoir Beaudet



Figure 3.9: Point d'échantillonnage au barrage ou sortie du réservoir Beaudet

Il ressort de cette première campagne de caractérisation les points suivants:

1. Le protocole a permis d'établir les bases d'un programme de suivi permanent pour la suite du projet de même que valider les indicateurs de performance des travaux de restauration.
2. Le programme reste à améliorer et à préciser pour mieux:
 - a. Cibler au niveau de l'échantillonnage les événements de fortes pluies;
 - b. Comprendre la sédimentation dans le réservoir, les pointes de certains paramètres du secteur forestier à l'automne, les écarts de MES (été versus hiver) et les bilans de phosphore dans le réservoir.
3. La mesure du débit au barrage Ste-Sophie pourrait aider à la gestion du barrage au réservoir Beaudet;
4. La température de l'eau de la rivière augmente en moyenne de 3°C entre le secteur forestier et la sortie au réservoir Beaudet;
5. On note des rejets occasionnels considérables de COT et de coliformes fécaux en provenance du secteur forestier à l'automne (fosses septiques rejetées directement dans la rivière?);
6. Le processus de remplissage du réservoir au fil des ans pourrait être le résultat d'une phase de décantation après chacun des épisodes de fortes pluies auquel s'ajouterait l'accumulation des plantes aquatiques mortes chaque année. Ce processus reste à être mieux caractérisé.

3.3.2 Données de certains contaminants des années antérieures au réservoir

Des données de suivi de contaminants au réservoir sont aussi disponibles par les analyses de l'eau brute effectuées à la station de traitement de l'eau potable. Plusieurs études ont été menées dans le passé et toutes ont conclu sur la mauvaise qualité de l'eau brute du réservoir.

Les figures 3.10 à 3.14 illustrent respectivement la variation au cours des dernières années à l'eau brute de la station des paramètres suivants: nitrites-nitrates, phosphore, coliformes fécaux, matières en suspension (MES) et turbidité.

3.3.2.1 Nitrites-nitrates

Pour les Nitrites-Nitrates (figure 3.10), la concentration dans le réservoir varie entre 1 à 6 mg/l pour une moyenne de 2,5 mg/l.

Un milieu est jugé non contaminé si la concentration est inférieure à 0,2 mg/l alors que la norme pour l'eau potable correspond à une concentration maximale de 10 mg/l.

L'analyse de la figure 3.10 confirme une influence très nette des activités humaines. Les concentrations sont plus faibles en été en raison de l'utilisation par les plantes aquatiques.

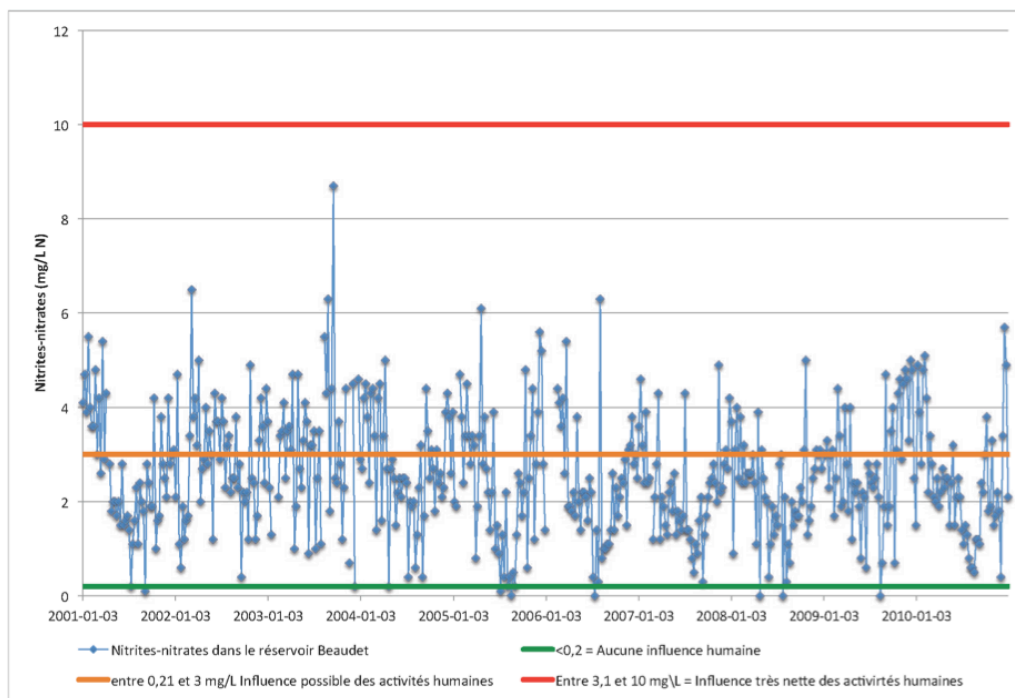


Figure 3.10: Concentrations de nitrites-nitrates dans le réservoir Beaudet

3.3.2.2 Phosphore

La concentration en phosphore (figure 3.11) varie entre 0 et 0,35 mg/l P, pour une moyenne de 0,05 mg/l P. Un milieu est jugé non contaminé si la concentration est inférieure à 0,02 mg/l (seuil d'eutrophisation).

L'analyse de la figure 3.11 montre que depuis les 5 dernières années, les concentrations en phosphore dépassent fréquemment le seuil de 0,02 mg/l P.

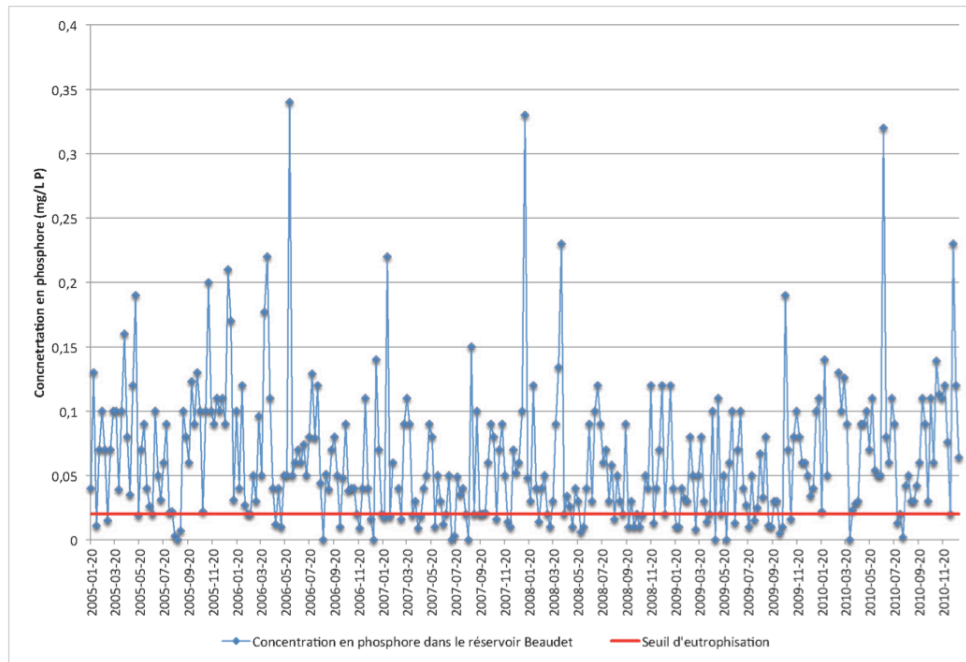


Figure 3.11: Concentrations de phosphates dans le réservoir Beaudet

3.3.2.3 Coliformes fécaux

On retrouve les coliformes fécaux à des concentrations variant entre 100 à 6000 UFC/100 ml.

Une concentration inférieure à 200 UFC/100 ml est la norme pour permettre les activités de contact primaire comme la baignade et la planche à voile. Pour les activités de contact secondaire, comme le canotage ou la pêche, la norme est de 1000 UFC/100 ml.

On constate à l'analyse de la figure 3.12 que les concentrations de coliformes fécaux se retrouvent en grande majorité sous la norme pour le contact secondaire, mais presque toujours au-dessus de la norme pour le contact primaire.

On note également des pointes plus élevées à l'automne (Épandage agricole, fortes pluies, oies?).

Les valeurs élevées en hiver alors que le réservoir est sous couvert de glace démontrent des sources de contamination constantes.

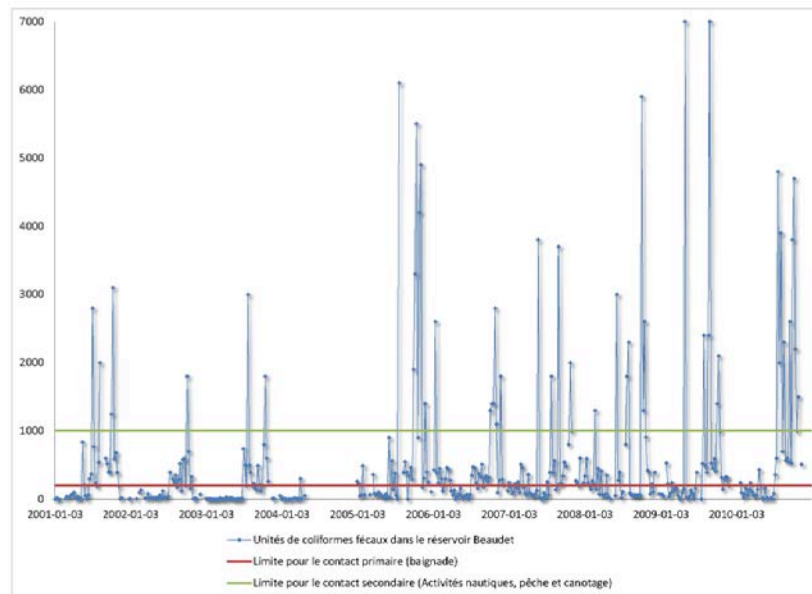


Figure 3.12: Concentration de coliformes fécaux au réservoir Beaudet

3.3.2.4 Matières en suspension (MES)

Les concentrations en MES varient entre 50 et 600 mg/l (moyenne vers 100 mg/l) (figure 3.13). Ces concentrations sont très élevées et indiquent un milieu très chargé en solides. À titre d'exemple, une station d'épuration des eaux usées pourra facilement générer un effluent avec moins de 20 mg/l de MES. L'analyse de cette figure fait aussi ressortir que les concentrations sont plus élevées en hiver qu'en été, mais aucune raison n'a été déterminée pour expliquer ce phénomène.

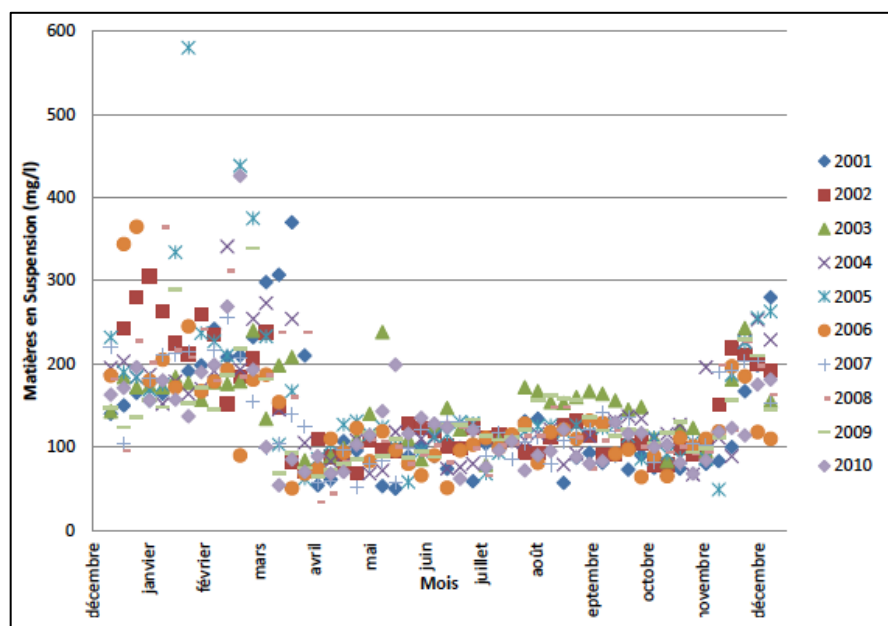


Figure 3.13: Concentration de MES dans le réservoir Beaudet

3.3.2.5 Turbidité

La turbidité de l'eau brute au cours de la période 2008-2012 est illustrée à la figure 3.14. On y constate des pointes importantes, surtout entre les mois de mars à novembre.

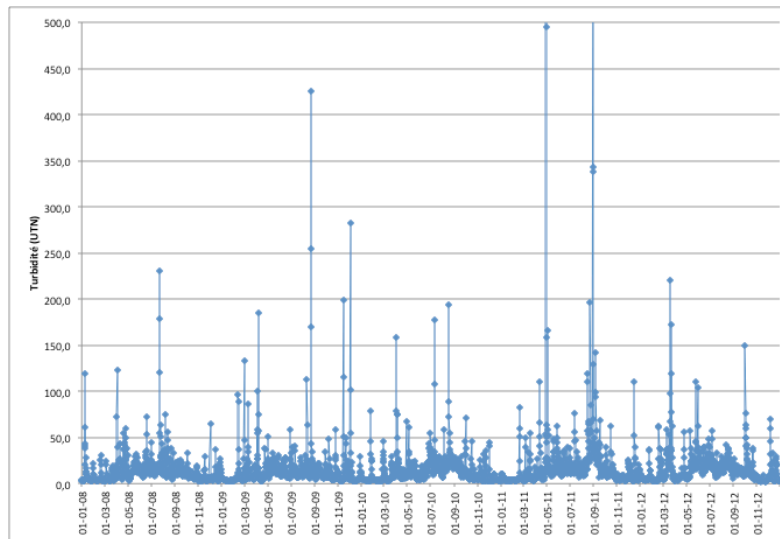


Figure 3.14: Turbidité de l'eau dans le réservoir Beaudet

De ces données, on peut tirer les statistiques suivantes sur la turbidité à l'eau brute dans le réservoir:

- 2 jours/an: turbidité >200 UTN
- 7 jours/an: turbidité >100 UTN
- 23 jours/an: turbidité >50 UTN

Pour visualiser ce que représentent ces niveaux de turbidité, nous avons repris une illustration d'échantillons d'eaux à différentes turbidités (figure 3.15).



Figure 3.15: Illustration de différents niveaux de turbidité

Le réservoir devient visuellement "brun" à partir d'un niveau de turbidité entre 100 et 200 UTN. Pour une eau brute à 200 UTN, l'équipe d'opération de la station de traitement d'eau potable indique qu'il est plus difficile et plus risqué de respecter la norme d'excellence en eau potable de <0,1 UTN et pose un risque pour respecter la norme maximale en eau potable de 5 UTN.

3.4 Aspects réglementaires

L'objectif de ce mandat était de répondre à la question:

Est-ce que le réservoir Beaudet a un avenir comme source d'eau potable avec les tendances de réglementations existantes ou à venir pour des pays comparables?

Les aspects réglementaires à court et long terme sur l'approvisionnement en eau de surface ont été cernés dans le rapport de Copernic (Couture, 2012). On y décrit l'évolution de la réglementation au Québec, de même que la réglementation en cours d'application et future. Des cas de protection des sources d'approvisionnement pour l'Ontario, les États-Unis et la Suisse sont présentés (historique, aspects réglementaires, responsabilités et étude de cas). Un chapitre entier est consacré à l'application de la future réglementation au cas du réservoir Beaudet.

Il ressort de cette étude qu'au Québec, l'application d'une réglementation visant la protection de la source d'eau potable par les municipalités se fera dans les quelques années à venir. Les municipalités devront se doter d'un plan explicite pour assurer la protection de leur alimentation en eau brute.

L'approche d'autres pays (États-Unis) ou province (Ontario) en cette matière montre plusieurs points communs avec le Québec où la priorité est de sécuriser la source. En revanche, un pays comme la Suisse préconise la diminution des contaminants à la source et la qualité de la vie aquatique.

La conclusion est que l'utilisation du réservoir Beaudet comme source d'eau potable n'est pas remise en cause, mais qu'un bon plan de protection de la source devra être mis en place.

3.5 Bilan hydrique

Un bilan hydrique (débit et pluviométrie) d'approvisionnement en eau de surface du réservoir Beaudet entre 1975 et 2012 a été réalisé (Couture, janvier 2012).

Le bilan fait ressortir les points suivants:

- Le débit moyen de la rivière Bulstrode est de 8,3 m³/s avec une tendance à la baisse de 0,8 m³/s sur 40 ans (10%) malgré une hausse moyenne des précipitations de 2% pour la période à l'étude;
- Le débit moyen minimum est de 0,28 m³/s (24000 m³/d) avec la valeur historique enregistrée la plus faible à 0,02 m³/s (1700 m³/d);
- Le débit moyen maximum est de 125 m³/s avec la valeur historique la plus élevée à 263 m³/s en 1989.

Pour ces débits, le temps de rétention moyen du réservoir est de 1,5 jour. Il peut être réduit à moins 2 heures lors des débits de pointe, à 50 jours en période d'étiage. Sur une base moyenne, le taux de

renouvellement du réservoir reste très rapide ce qui constitue un avantage en limitant les risques de prolifération des algues (comme les cyanobactéries).

Une analyse des débits d'étiage de la rivière avec les débits soutirés par la station de filtration sur une période soutenue de 30 jours révèle que la station de traitement soutire en moyenne $0,1$ à $0,17 \text{ m}^3/\text{s}$. Une seule fois en 37 ans (soutenu 30 jours), le débit soutiré s'est avéré plus élevé que le débit entrant au réservoir.

3.6 Étude géomorphologique

L'étude géomorphologique (Duhamel et al, 2012) sur état actuel des rives et de la dynamique sédimentaire de la rivière Bulstrode pour l'ensemble du bassin versant a permis de cerner les secteurs problématiques. La figure 3.16 illustre les 3 segments distincts qui ont fait l'objet de l'étude.

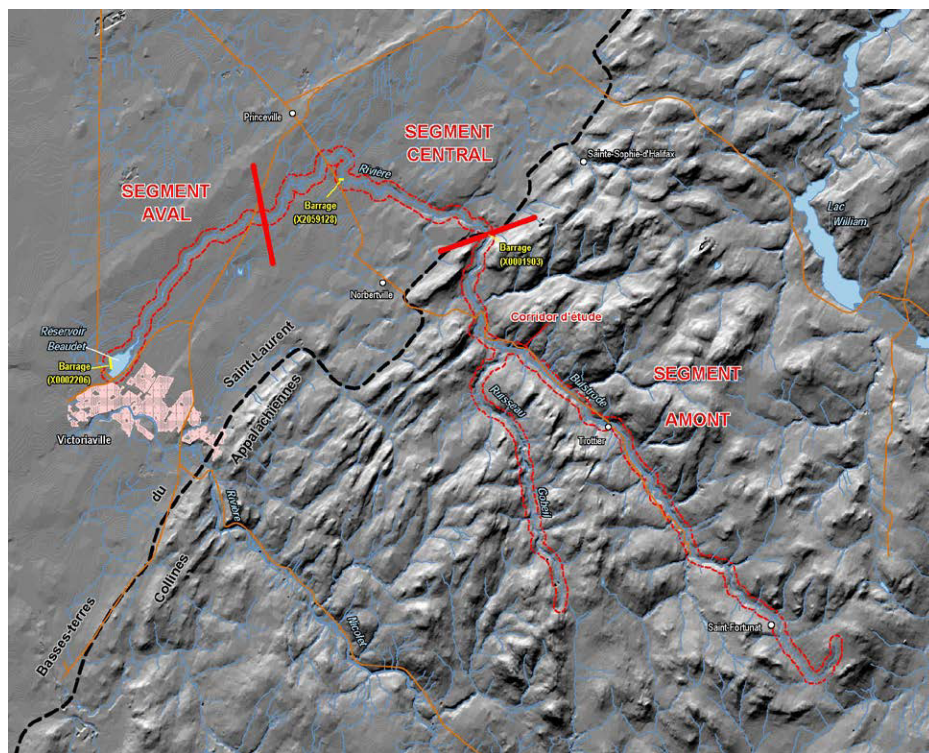


Figure 3.16: Segments à l'étude de la rivière Bulstrode

Le "segment amont" représente en fait le "secteur forestier" et recoupe le secteur des collines appalachiennes pour se terminer au barrage de Ste-Sophie. Comme illustré à la figure 3.17, la dénivelée est de 350 mètres sur 32,5 km. La pente longitudinale est de 1% avec des secteurs à 4 et 6%. Le lit de la rivière s'écoule sur roc.

Le "segment central" et le "segment aval" représentent le "secteur agricole" de l'étude de faisabilité. Ils traversent les basses terres du Saint-Laurent et se terminent au réservoir Beaudet. La dénivelée totale

des 2 segments est de 45 mètres sur 27 km (figure 3.17). La pente longitudinale est très faible avec 0,1 à 0,2 %. Le tracé est très sinueux dans le segment central et le lit de la rivière s'écoule sur du sable et localement sur le roc.

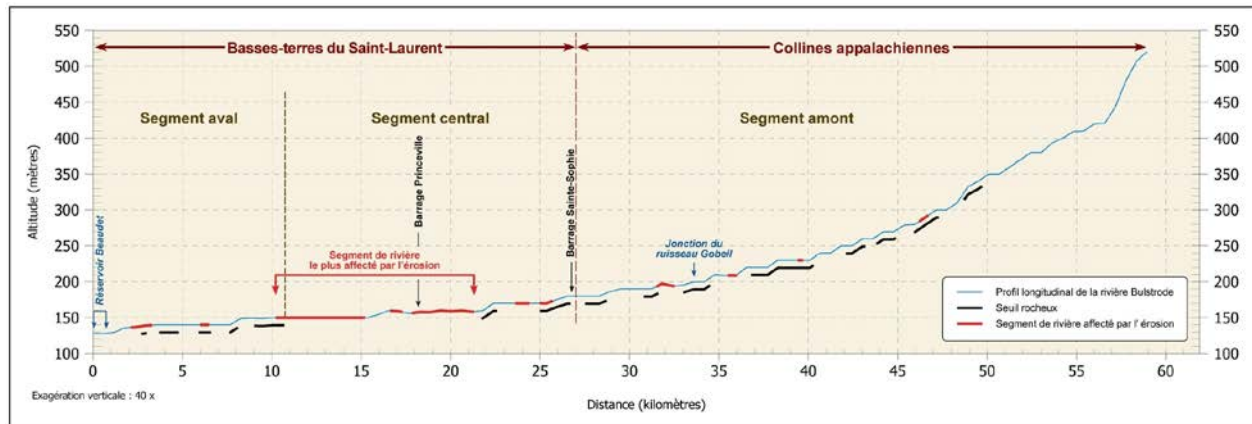


Figure 3.17: Profil de la rivière Bulstrode

Les résultats de l'étude pour le segment amont (rivière Bulstrode et ruisseau Gobeil en secteur forestier) montrent de l'érosion sur seulement 5% des rives. On y observe quelques décrochements, impacts d'embâcles (figure 3.18) ou glissement de terrain (figure 3.19), mais dans l'ensemble l'érosion est limitée. En fait, en dehors des périodes de crue, la rivière n'engendrerait que très peu d'érosion. Il est possible que les sédiments fins atteignent le réservoir Beaudet, mais il est peu probable que les quantités provenant du segment amont soient à l'origine du problème d'ensablement du réservoir.



Figure 3.18: Impact d'un embâcle dans le segment amont de la rivière Bulstrode



Figure 3.19: Glissement de terrain dans le segment amont de la rivière Bulstrode (ruisseau Gobeil)

Le constat dans le segment central et le segment aval (secteur agricole) est tout autre. On y observe de l'érosion sur plus de 30 % des rives du segment central et sur 8 % du segment aval (figure 3.20) avec des décrochements de faible hauteur sur les rives concaves. L'érosion survient probablement sur presque toute la période d'eau libre et il y a peu d'indices de l'action des glaces.



Figure 3.20: Érosion des rives dans le segment central de la rivière Bulstrode

Le segment central est celui où les rives sont les plus actives de toute la rivière Bulstrode. Deux secteurs sont plus problématiques (PK 21,5 à 18 et PK 15 à 11,5)(figure 3.21) et l'érosion est considérable depuis 45 ans. On se rapportera à la figure 3.6 pour localiser ces secteurs sur le bassin versant. On y constate un recul de 1 à 2 mètres/an pour certaines terres et les apports estimés vers la Bulstrode sont de 7000 m³/an (transportés, mais pas nécessairement décantés dans le réservoir).

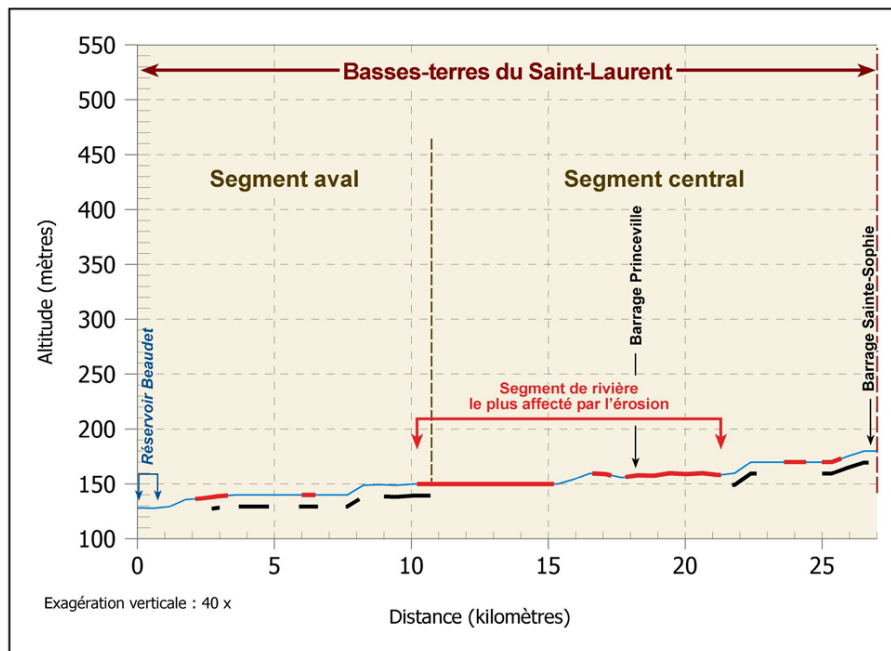


Figure 3.21: Secteurs d'érosion problématiques dans le segment central

Les figures 3.22 et 3.23 illustrent le déplacement de la rivière pour ces deux secteurs entre 1966 et 2012. Le tracé en bleu sur ces figures représente le lit de la rivière en 2012.

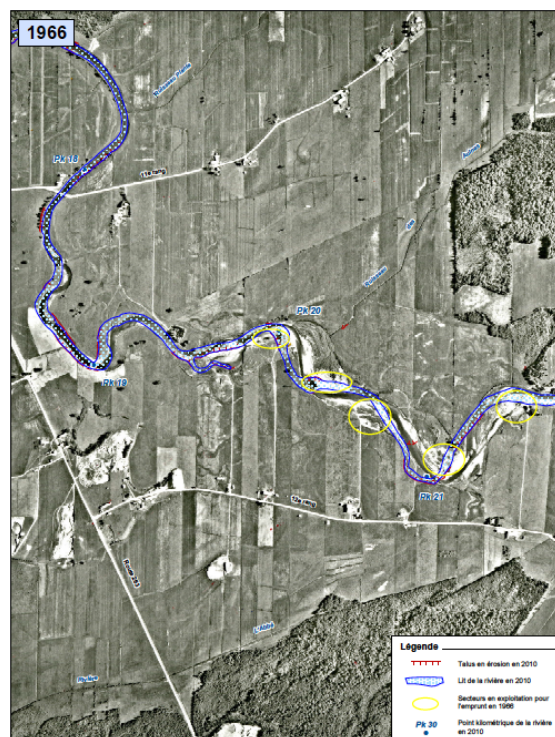


Figure 3.22: Évolution du segment central depuis 45 ans entre les PK 21,5 et 18



An aerial photograph showing a sharp bend in a river. The river is dark and winding. On the left bank, there is a road labeled 'Hwy 11 South'. On the right bank, there is a road labeled 'Hwy 11 North'. The surrounding area is green with trees and some cleared land.



En complément à l'étude géomorphologique, Tremblay et coll. (2014) présente leur analyse de la dynamique sédimentaire de la rivière pour en arriver aux conclusions et recommandations suivantes:

1. Tout réservoir aménagé sur une rivière va nécessairement se combler. Le problème est d'ordre mondial;
2. 37 à 85% de l'érosion proviennent des berges;
3. Le flux sédimentaire du réservoir Beaudet est de 24 t/km²/an et n'est pas considéré comme très important par rapport à ce qui peut être observé ailleurs sur la planète;
4. La perte de capacité du réservoir Beaudet ne pourra probablement pas descendre en deçà de 1% par année, à cause du type de milieu et du climat caractérisant le bassin versant;
5. Toutefois, une gamme d'interventions peut aider à maintenir la capacité de stockage d'eau du réservoir ;
6. La stabilisation de berges n'est pas une solution optimale pour le cas de la rivière Bulstrode. Les coûts seraient prohibitifs et en appliquant cette solution pour un secteur donné il y a un risque de transposer le même problème dans un secteur en aval;
7. Les solutions les plus efficaces consistent à travailler sur les versants au lieu du chenal par la mise en place de bandes riveraines et l'amélioration des pratiques agricoles;
8. Draguer le réservoir Beaudet constitue une solution envisageable, mais non durable, puisque l'opération devra être effectuée à nouveau dans le futur. Il s'agit par contre d'une méthode où on est certain du résultat et pourrait représenter une solution à court terme le temps que des mesures dont l'effet n'est pas immédiat puissent être implantées.

3.7 Sources urbaines de contamination des eaux du réservoir

Le rapport de Copernic (Couture, 2012) décrit les sources de contamination d'origine municipale se déversant dans le réservoir Beaudet. Les diverses sources de contaminations susceptibles d'affecter le réservoir sont répertoriées.

Un premier groupe de sources comprennent les rejets urbains au réservoir constitué des eaux pluviales, des fosses septiques et des trop-pleins de poste de pompage d'eaux usées. Le deuxième groupe comprend des sources diverses comme les oiseaux migrateurs, les sels de voirie et les eaux usées de la municipalité de St-Fortunat.

3.7.1 Rejets urbains au réservoir

3.7.1.1 Eaux pluviales

Le réservoir Beaudet est bordé d'un réseau d'égouts et de conduites pluviales comme l'indiquent les figures 3.25 et 3.26. On y retrouve 19 rejets pluviaux, 9 fossés et 3 rejets sanitaires.

Les eaux pluviales véhiculent plusieurs contaminants (matières en suspension, phosphore, métaux lourds, produits chimiques et coliformes fécaux). Le risque de mauvais raccordement de conduits sanitaires au réseau pluvial demeure possible et pourrait expliquer la teneur élevée en coliformes fécaux de certains conduits pluviaux de la Ville.

Le site d'entreposage des neiges usées s'ajoute à cette problématique puisqu'il se rejette dans le réseau pluvial allant vers le réservoir Beaudet. Les contaminants des neiges usées atteignent nécessairement le réservoir.

Le rapport propose d'étudier un plan de gestion des eaux pluviales pour les isoler le réservoir de ces rejets et des risques de déversements.

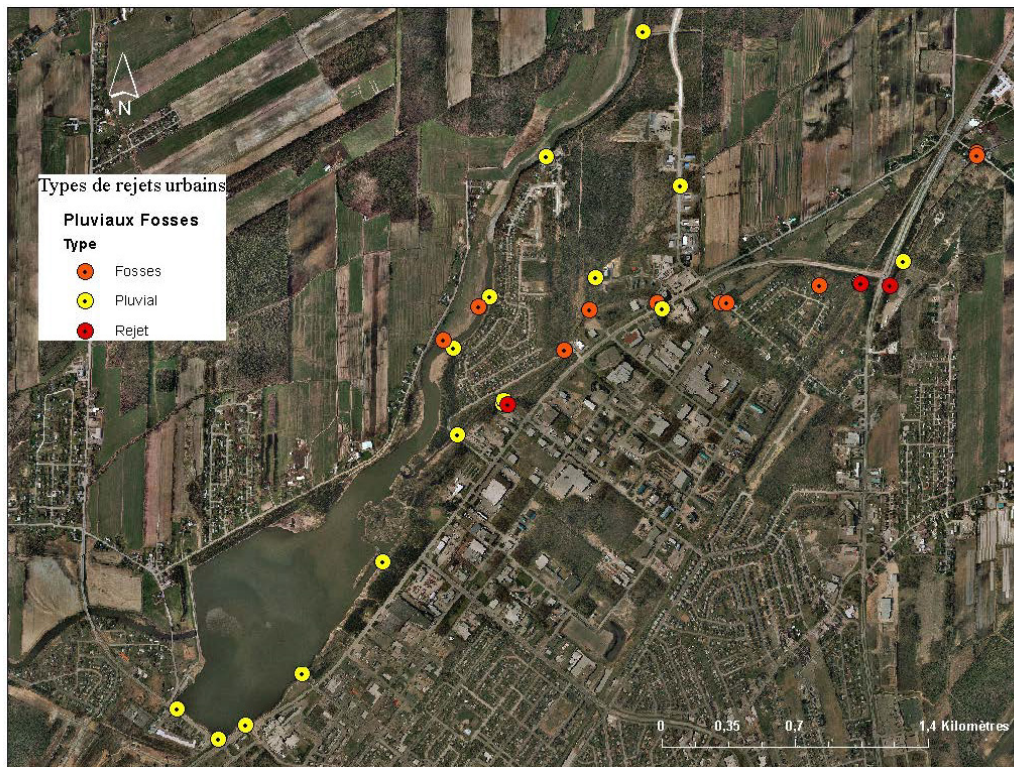


Figure 3.25: Localisation des rejets urbains vers le réservoir Beaudet

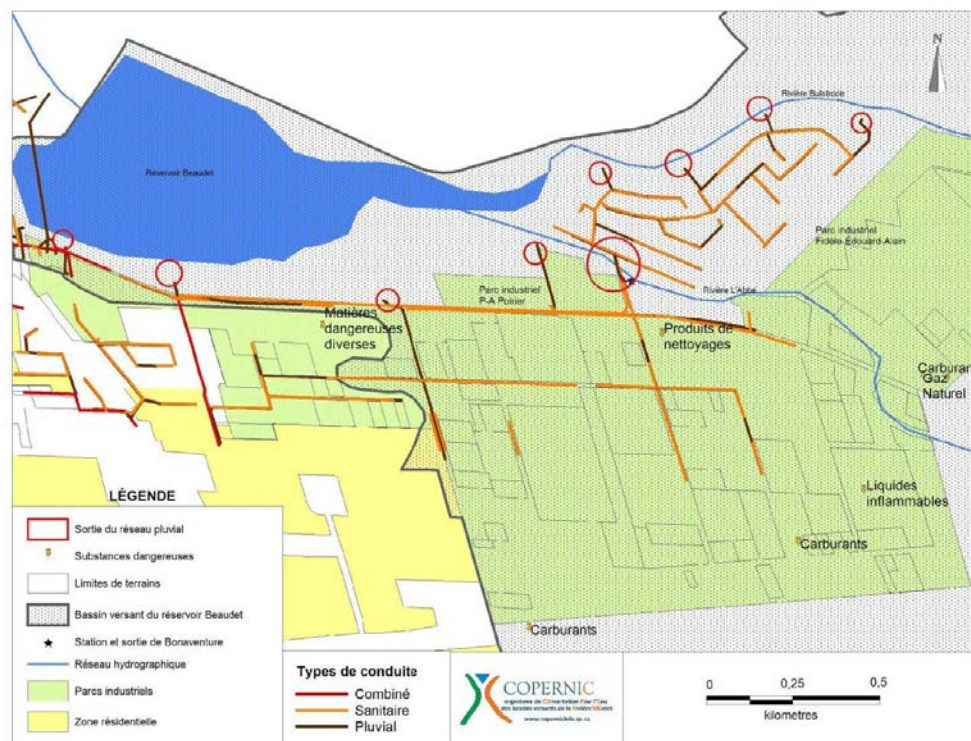


Figure 3.26: Réseau pluvial au réservoir

3.7.1.2 Systèmes de traitement des eaux usées individuels

Les rejets d'eaux usées directement à la rivière ont été observés lors de visites de terrains effectuées à l'été 2012. Ces sources sont situées au nord du réservoir et en bordure de la rivière. Certaines résidences n'auraient aucun traitement.

Le rapport recommande de réaliser un inventaire précis des systèmes de traitement individuels pour les secteurs identifiés, de s'assurer de la conformité des installations et d'agir pour résoudre ces cas.

La situation des systèmes de traitement individuels (fosses septiques) du bassin versant est également préoccupante. Un bref sondage (tableau 3.1) auprès des municipalités qui occupent la majorité du territoire du bassin versant en amont démontre qu'un effort important devra être fait pour remettre cette problématique à l'avant-plan des préoccupations municipales.

Tableau 3.1: Application du règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées par les municipalités

Municipalités	Inventaire	Mise aux normes	Vidange systématique
Ste-Hélène-de-Chester			
St-Norbert-Arthabaska	Oui	En cours 2012-2013	Non
Victoriaville	Non	Sur plainte	Non
Princeville	Non	Non	Non
Ste-Sophie d'Halifax	Non	Non	Non
St-Fortunat	Non	Non	Non

3.7.1.3 Trop-pleins de poste de pompage et eaux usées

Trois postes de pompage ont des trop-pleins pouvant déborder au réservoir ou dans la rivière L'Abbé qui aboutit au réservoir. Un premier poste (Bonaventure) est déjà en voie de correctif par l'ajout d'une génératrice pour éviter les débordements. La même solution est recommandée pour les 2 autres postes.

3.7.2 Autres sources

3.7.2.1 Eaux usées brutes de la Municipalité de St-Fortunat

Les eaux usées de la Municipalité de St-Fortunat se déversent dans la rivière Bulstrode sans traitement. Même si les apports d'eaux usées ne se font pas directement dans le réservoir, l'impact peut être considérable surtout au niveau des coliformes fécaux. Dans l'optique d'un plan de protection de la source d'eau potable, cette problématique devra être résolue.

3.7.2.2 Oiseaux migrateurs

Le réservoir Beaudet est le lieu de rassemblement d'oiseaux migrateurs au printemps et à l'automne qui l'utilise comme aire de repos (figure 3.27).

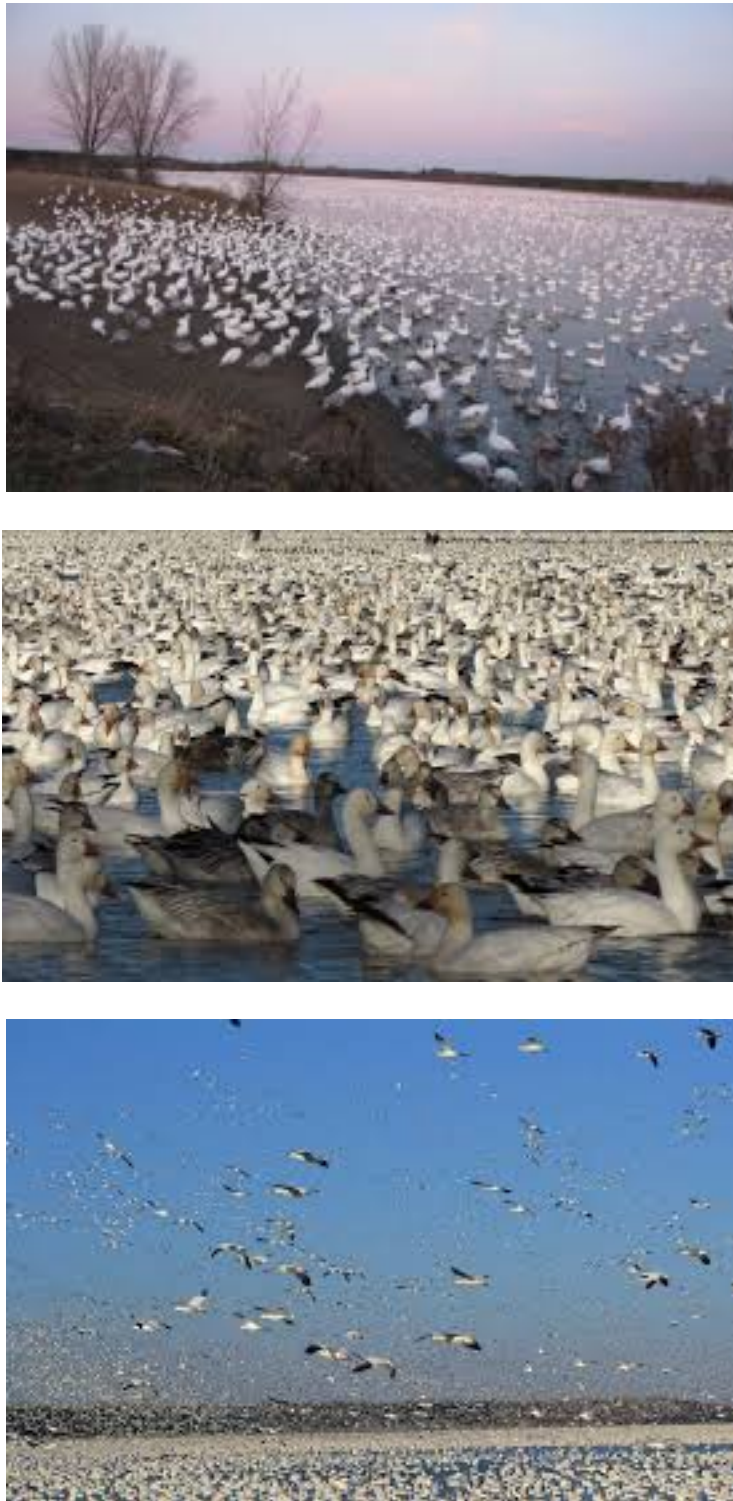


Figure 3.27: Oiseaux migrateurs au réservoir Beaudet

Les plus spectaculaires sont les oies des neiges et les bernaches du Canada qui occupent le réservoir par milliers. Le lieu est très prisé par les amateurs d'observation de la faune aviaire.

La présence de tous ces oiseaux est susceptible d'augmenter la charge en nutriments du réservoir par l'intermédiaire de leurs excréments. Toutefois, la contribution des fèces d'oiseaux a peu d'impact par rapport aux autres sources du bassin versant telles l'agriculture, les eaux pluviales et les eaux usées.

Quarante pour cent (40%) des fèces sont produits sur le lieu de repos, donc le réservoir. Ces fèces peuvent contribuer aux sédiments du réservoir, mais l'impact à long terme reste mal connu. Comme le temps de rétention du réservoir est court (1,5 jour en moyenne), le lessivage en aval est important et ceci minimise les impacts locaux de la faune aviaire sur la qualité de l'eau.

L'Institut Armand Frappier a fait un examen de la situation du réservoir et a conclu au faible apport supplémentaire en coliformes fécaux des oiseaux migrateurs en raison de leur présence saisonnière et que les risques à la santé sont faibles et entièrement contrôlés par les traitements appliqués de l'usine de traitement Hamel.

3.7.2.3 Sels de voirie

Les sels de déglaceage utilisés en hiver sur le boulevard Pierre Roux ou en pourtour du réservoir atteignent le plan d'eau par ruissellement, par le réseau pluvial et par diffusion vers la nappe phréatique.

Les principales routes qui bordent le réservoir Beaudet sont administrées par le ministère des Transports. Le boulevard Pierre Roux est le plus susceptible de véhiculer des polluants en raison du trafic plus important.

La solution à cette problématique serait que la Ville et le MTQ reconnaissent le réservoir Beaudet comme une zone sensible ce qui impliquerait une gestion différente des sels de déglaceage.

3.8 Efficacité des mesures de réduction de la consommation d'eau potable

La ville de Victoriaville a mis en place plusieurs types de mesures d'économie d'eau potable depuis 1995 (Couture, 2012). Deux types de mesures ressortent; les mesures aux citoyens et les mesures opérationnelles.

Les mesures aux citoyens sont les suivantes:

1. Restriction sur arrosage (1995);
2. Patrouille verte (2000);
3. Distribution de contenants de 5 litres (2007 et 2008);
4. Campagne de sensibilisation sur la consommation d'eau potable (depuis 2008);

5. Distribution de minuterie d'arrosage (2009);
6. Bassins récupérateurs d'eau de pluie (2010 à 2012);
7. Incitatifs financiers (2011, Certification Habitation durable).

Les mesures opérationnelles se résument comme suit:

1. Compteurs d'eau industries et commerces (depuis 1995);
2. Utilisation des effluents traités de la station d'épuration (2003);
3. Recherche de fuites (2004);
4. Rinçage unidirectionnel du réseau d'eau potable (2004).

Il est difficile d'établir l'efficacité de chaque mesure individuelle. Malgré cela, la figure 3.28 permet de constater une diminution constante de la consommation globale de l'eau potable, et ce, malgré une augmentation significative de la population à Victoriaville qui est passé de 38 841 personnes en 2001 à 43 465 personnes en 2011, sans compter les usages industriels accrus.

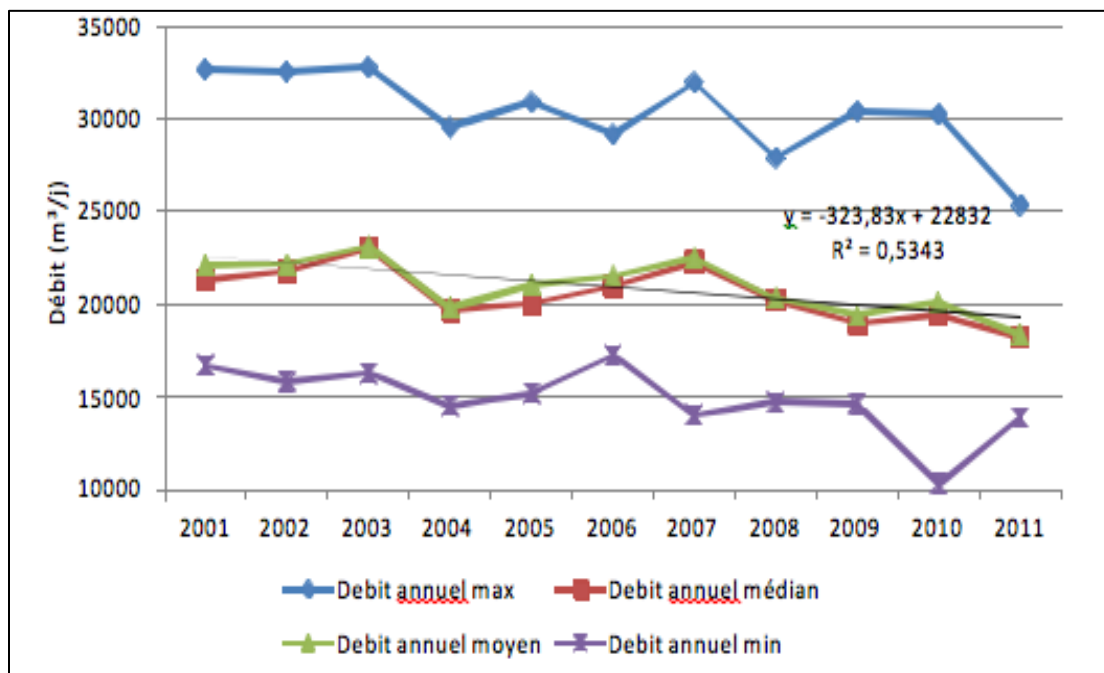


Figure 3.28: Production d'eau potable à la Ville de Victoriaville

3.9 Portrait et diagnostic du secteur forestier

Un portrait et diagnostic du secteur forestier a été réalisé par l'Agence forestière des Bois-Francs (Nguyen, 2012). Les objectifs de cette étude étaient de:

- Déterminer sources de sédimentation provenant du secteur forestier ;
- Caractériser l'état des traverses de cours d'eau;
- Élaborer de recommandations pour réduire apport de sédiments.

La méthodologie utilisée consistait en une analyse géomatique et une validation sur le terrain.

3.9.1 Sources de sédimentation provenant du secteur forestier

La zone à l'étude est illustrée à la figure 3.29 et représente 2/3 du bassin versant. La limite arbitraire du secteur forestier se situe au niveau du barrage de Ste-Sophie sur la rivière Bulstrode.

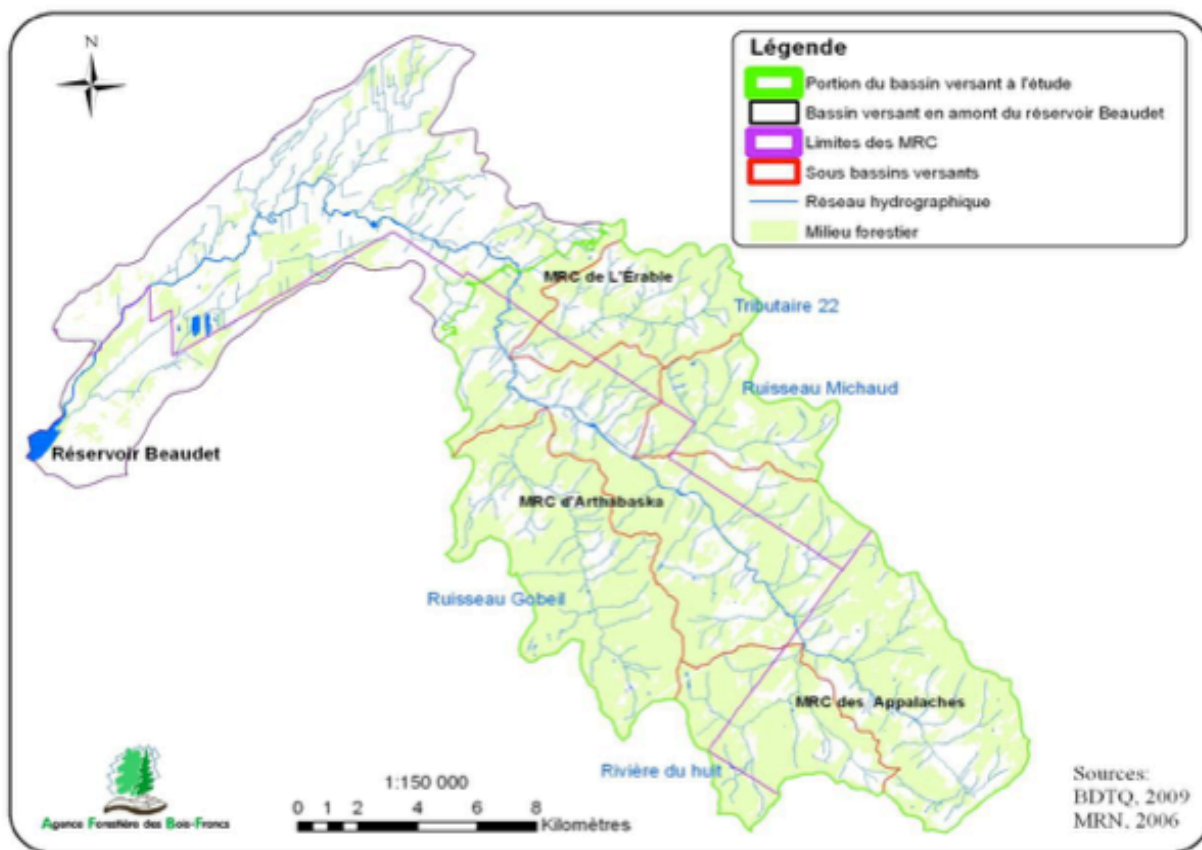


Figure 3.29: Zone d'étude du secteur forestier

Le territoire couvre une superficie de 23554 ha dont 75% sont occupés par un couvert forestier (figure 3.30). Il est parcouru par 246 km de cours d'eau.

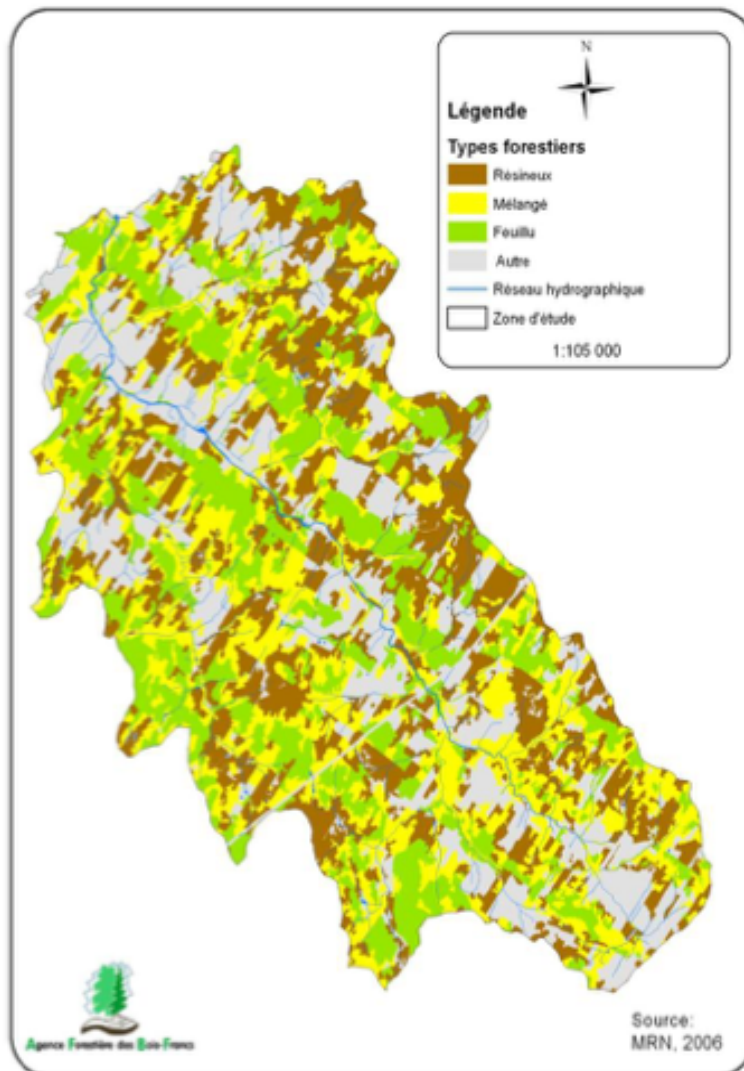


Figure 3.30: Couvert forestier de la zone d'étude

À partir de l'analyse géomatique, il a été possible d'établir une carte d'importance des zones d'érosion (figure 3.31). Les zones de forte érosion occupent 17% de la superficie pour 2 933 ha et les zones de sensibilité modérée couvrent une superficie de 6 014 ha, soit 24% de la superficie forestière totale.

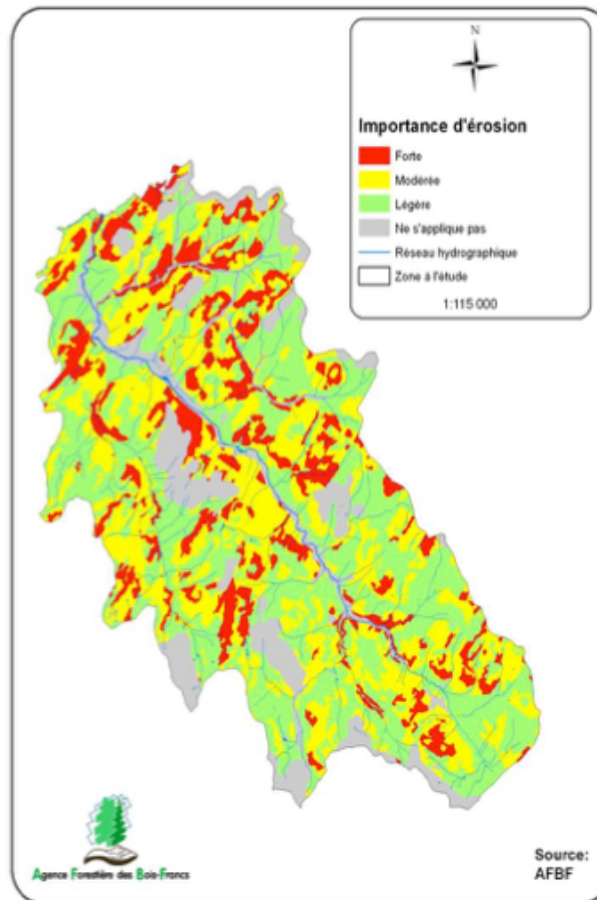


Figure 3.31: Carte d'importance d'érosion du secteur forestier

En complétant l'analyse du territoire pour le drainage, les bandes riveraines et les milieux humides, près de 6540 ha (tableau 3.2) peuvent être définis comme zones sensibles. Ces zones sensibles sont illustrées à la figure 3.32. Cette carte pourra être utile pour la planification de travaux et de sensibilisation auprès des producteurs forestiers.

Tableau 3.2: Superficies des zones sensibles du secteur forestier

Particularités du territoire	Superficie (ha)
Zones où les textures et les pentes sont très susceptibles à l'érosion	2 933
Zones où le drainage nécessite le creusage de fossés lors de la réalisation de travaux sylvicoles	2 346
Zones de maintien de lisière boisée près des cours d'eau	1 075
Milieux humides	186
TOTAL	6 540

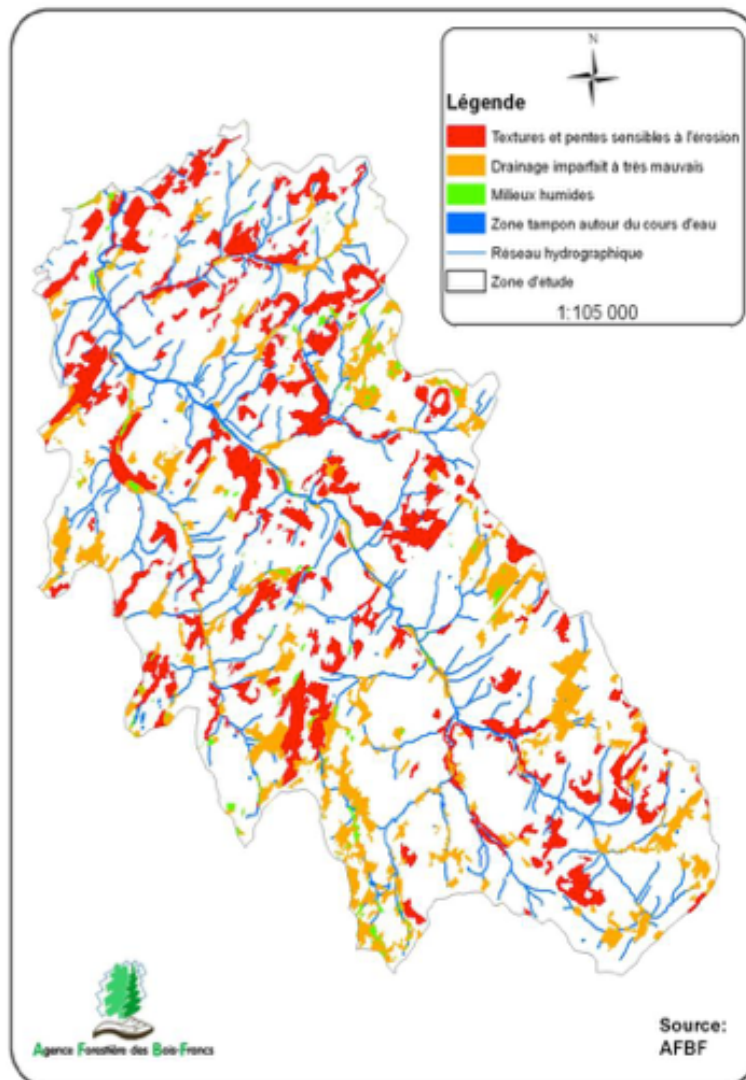


Figure 3.32: Carte des zones sensibles du secteur forestier

3.9.2 État des traverses de cours d'eau

Le territoire à l'étude comprend 236 traverses de cours d'eau identifiées et localisées sur la figure 3.33. Toutes les traverses ont été inspectées une à une sur le terrain.

L'évaluation de chaque traverse comprend une grille de 18 types de défauts et un code de gravité à 5 niveaux. La figure 3.34 illustre quelques défauts ou problématiques d'érosion observés sur le terrain.

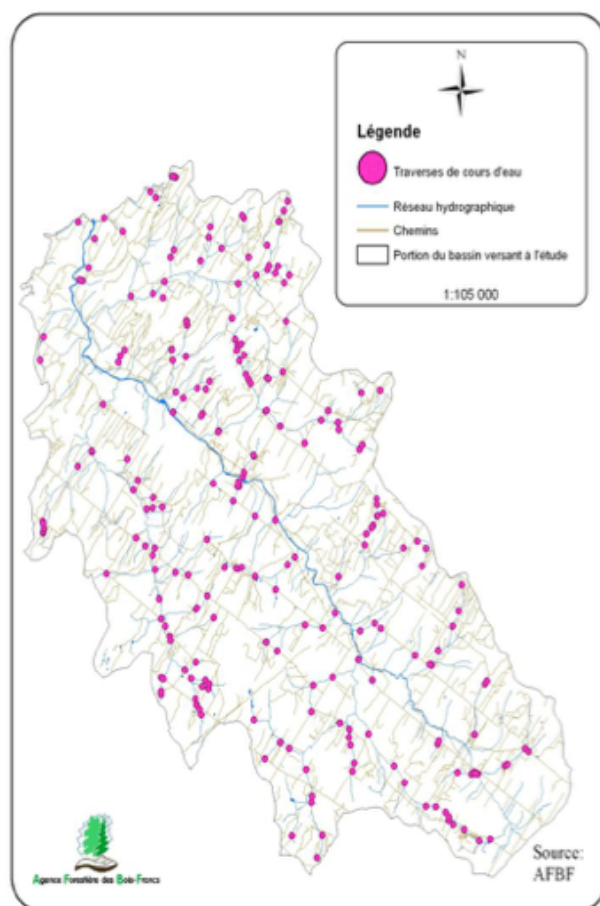


Figure 3.33: Localisation des traverses de cours d'eau du secteur forestier



Figure 3.34: Exemples de problématique d'érosion ou défauts observés aux traverses

Les résultats de l'investigation sur le terrain amènent le constat suivant:

- Près de 28% des traverses montrent de l'érosion au niveau des berges;
- La plupart de fossés se déversent directement dans des cours d'eau;
- 167 des 236 traverses nécessitent une intervention soit 121 ponceaux, 22 ponts et 24 traverses à gué

Un portait complet des travaux à réaliser et une stratégie d'intervention avec un horizon de priorités sur 10 ans a été établi.

3.9.3 Conclusion et recommandations pour le secteur forestier

Le portrait et diagnostic du secteur forestier permettent de conclure que les travaux sylvicoles ont peu d'impact sur l'érosion. En revanche, plusieurs traverses de cours d'eau présentent de sérieux problèmes d'érosion impliquant un transport de solides et nutriments vers le réservoir.

Le projet de restauration se concentrera autour de la réfection de 167 traverses et des fossés associés et de bandes riveraines.

Lors de la planification de travaux en secteur forestier il est recommandé que les propriétaires et conseillers forestiers tiennent compte des points suivants:

- Consultation de la carte des zones sensibles lors de la planification de travaux;
- Bonnes pratiques lors de travaux mécanisés;
- Respect de la bande riveraine de 20 mètres lors de travaux;
- Préservation des milieux humides.

3.10 Érosion dans le secteur agricole

Avant d'entreprendre la vaste étude de restauration du secteur agricole, une évaluation préliminaire de la problématique d'érosion du territoire sans avoir à visiter chacune des fermes a été effectuée par l'Agence de géomatique (Dupont, 2011). La figure 3.35 illustre les différents types d'érosion identifiables par photo-interprétation pour le secteur agricole. Cette information a facilité la priorisation des fermes à visiter pour la phase suivante de l'étude en milieu agricole.

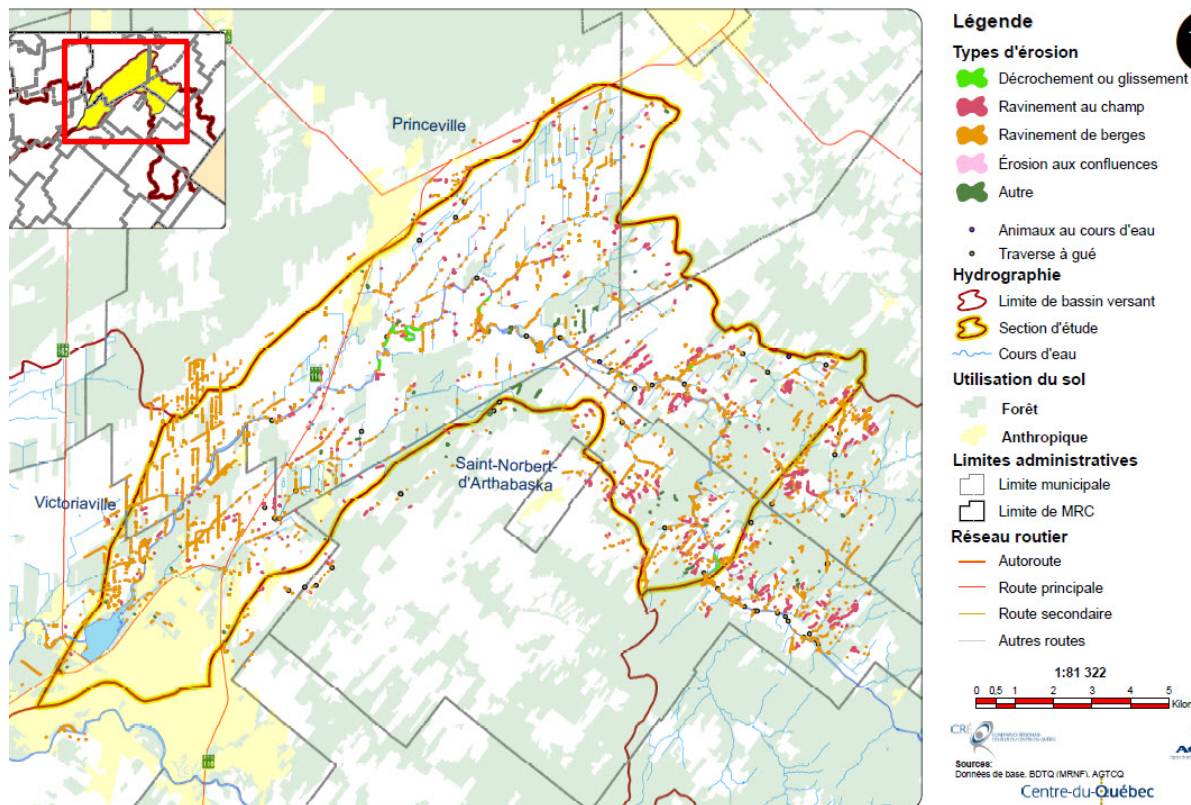


Figure 3.35: Érosion en secteur agricole

3.11 Inventaire piscicole

Les derniers inventaires piscicoles réalisés dans le réservoir Beaudet et dans certains secteurs de la rivière Bulstrode en 1979 et en 1987 avaient révélé la présence de 5 espèces (barbotte, crapet). Ces études concluaient à la température trop élevée du réservoir pour soutenir la vie de salmonidés.

À l'été 2012, un inventaire piscicole des tributaires de la rivière Bulstrode a été effectué (Steve Hamel, biologiste, 2012). Les tributaires étudiés sont les ruisseaux Parent, Plante, Perreault, Gobeil, Michaud, le tributaire 22 et les rivières Labbé et du Huit ont été choisis. Une caractérisation du cours d'eau et un effort de pêche électrique ont été faits dans chacun des cours d'eau lors de l'été 2012.

Le portrait présente les caractéristiques sommaires de l'habitat des cours d'eau pour l'établissement de population de poissons. Une brève description du lit, de la bande riveraine et de l'aspect général est donnée. La qualité de l'eau est également montrée par l'analyse de plusieurs paramètres physico-chimiques. Finalement, les espèces de poissons capturées sont présentées.

Pour chaque tributaire étudié, une distance de 250 mètres a été étudiée. Plus précisément, un segment de 200 mètres partant de l'embouchure du cours d'eau et qui s'étendait vers l'amont était pêché et caractérisé. Un autre segment de 50 mètres débutait également dans l'embouchure et se dirigeait amont dans la rivière Bulstrode.

Aucune espèce de poisson à statut particulier n'a été capturée. Aucune espèce exotique envahissante n'a été pêchée ni observée.

Par contre, lors de recherche active sur les berges pour détecter d'autres groupes animaux, une Salamandre pourpre a été trouvée sur la rivière Bulstrode près de l'embouchure de la rivière Gobeil. **Cette espèce classée comme vulnérable au Québec** fréquente les ruisseaux aux eaux froides et claires situés en régions montagneuses et forestières (alt. 190 m et plus). Au Canada, cette espèce se retrouve seulement dans les Appalaches du sud du Québec. Elle est un bio-indicateur important puisqu'elle est très sensible à la qualité de son environnement. Des changements de la qualité de l'eau ou de la berge (suite à une mauvaise gestion de la bande riveraine) pourraient compromettre facilement sa survie dans ce secteur. Les salamandres respirent par la peau et doivent, pour vivre, rester dans un environnement très humide permettant l'absorption de l'oxygène. La Salamandre pourpre, par sa grande taille a proportionnellement une surface d'échange plus faible ce qui en fait une espèce dépendante des ruisseaux très bien oxygénés. Une baisse de l'oxygène dissous, même temporaire, dans ce secteur empêcherait sa survie.



Figure 3.36: Salamandre pourpre sur la rivière Bulstrode

Ce premier inventaire des populations de poissons des principaux tributaires de la rivière Bulstrode démontre la présence de quatorze espèces. La majorité de celles-ci préfère les ruisseaux ou les rivières à eaux claires. La famille des cyprinidés (menés) est la plus représentée. La présence d'omble de fontaine et de truite brune dans six des huit secteurs étudiés démontre que le milieu a la capacité de soutenir ces espèces prédatrices.

Les résultats de caractérisation des tributaires montrent l'importance d'agir sur les tributaires Plante, Parent et Perreault qui coulent dans le secteur agricole. En général, les ruisseaux du secteur forestier (tributaire 22, Gobeil, Michaud, Riv. du Huit) offrent une qualité d'eau et un habitat piscicole ne nécessitant que peu d'aménagement.

Cette première série de données servira de base de références au prochain inventaire de poisson et de caractérisation des habitats. Ainsi les impacts des aménagements apportés à ces tributaires pourront être évalués.

4 DIAGNOSTIC

De l'analyse des données du portrait, trois problématiques ressortent clairement:

1. L'envasement du réservoir;
2. Les apports en nutriments et coliformes fécaux;
3. Les forts débits responsables d'une érosion accrue.

4.1 Envasement du réservoir

4.1.1 Nature de la problématique

Le problème était déjà anticipé en 1977 parce que le réservoir n'a pas été décapé malgré des recommandations précises exigeant une profondeur minimale de 2 mètres partout et l'élimination de la végétation.

4.1.2 Causes

Les causes de cet envasement proviennent de secteurs en amont du réservoir, par l'érosion des berges de la rivière (segment central) et des terres agricoles, puis du réservoir même, par les apports de sédiments urbains, l'accumulation des plantes aquatiques mortes chaque année et la contribution des fèces des oiseaux migrateurs.

4.1.3 Conséquences

La conséquence directe de cette problématique est que le réservoir se transforme progressivement en marais. Ceci aura pour effet de nuire éventuellement à l'approvisionnement en eau de la Ville; seule source d'eau connue pouvant supporter une augmentation future de consommation en eau potable. Par la prolifération des plantes aquatiques et l'apparition de bancs de sable, cela nuit déjà aux activités récréatives.

4.1.4 Détermination des enjeux

Il est clair que l'enjeu principal du projet de restauration au niveau du réservoir est l'approvisionnement en eau et que l'enjeu secondaire est l'accessibilité au plan d'eau. Au niveau du bassin versant, l'enjeu principal, en lien avec l'envasement du réservoir, est la réduction des pertes de terres arables.

4.2 Apports de nutriments et coliformes fécaux

4.2.1 Nature de la problématique

L'eau brute du réservoir est de mauvaise qualité en raison des concentrations en nitrites-nitrates, phosphore et coliformes fécaux.

4.2.2 Causes

La pollution directe par les réseaux pluviaux, fosses septiques non conformes, eaux usées (St-Fortunat et trop-pleins de postes de pompage), fèces des oiseaux sont une première cause. Une deuxième cause est la pollution diffuse par l'érosion de sol nu (pas de bandes riveraines), les fosses septiques défectueuses, les sels de voirie, les engrais et l'épandage en zones agricoles.

4.2.3 Conséquences

La conséquence de cette problématique est un risque accru de difficulté de traitement de l'eau potable, des coûts de traitement plus élevés, la prolifération des plantes aquatiques et la limitation des activités aquatiques.

4.2.4 Détermination des enjeux

L'enjeu principal est la qualité de l'eau brute.

4.3 Forts débits et érosion accrue

4.3.1 Nature de la problématique

Les forts débits générés dans le secteur forestier perdent leur énergie en zone agricole (segment central) où les sols sont plus érodables.

4.3.2 Causes

Les causes sont la configuration naturelle du bassin, les fortes pentes en secteur forestier où le lit de la rivière circule sur le roc, le drainage pour les activités agricoles et forestières et l'absence de bandes riveraines pour améliorer la stabilisation de berges et la rétention d'eau.

4.3.3 Conséquences

Les conséquences directes sont la perte de terres agricoles, les menaces sur des infrastructures agricoles, le transport de sédiments vers le réservoir et la turbidité de l'eau brute plus difficile à traiter.

4.3.4 Détermination des enjeux

L'enjeu est ici la dynamique fluviale.

5 PROJETS DE RESTAURATION

À partir des études antérieures, quatre projets de restauration ont été définis. Ces projets reprennent la même logique de l'amont vers l'aval et selon les secteurs préalablement convenus à savoir:

- Secteur forestier
- Secteur agricole
- Secteur municipal
- Réservoir Beaudet

Pour le secteur forestier, un sous-projet associé à la protection de la salamandre pourpre a fait l'objet d'une évaluation spécifique.

5.1 Projet de restauration du secteur forestier

L'Agence Forestière des Bois-Francs (Arsenault M.P., 2014) a reçu le mandat de proposer un projet de restauration pour le secteur forestier. Le mandat comprend la définition des travaux, une estimation des coûts et les délais pour la mise en œuvre des travaux.

Initialement, le projet de restauration devait inclure des bassins de sédimentation. Après la visite d'un bassin chez un sylviculteur, le concept a été vite abandonné, car il n'est pas applicable en milieu forestier (entretien, remplissage rapide, etc.).

La recherche bibliographique effectuée par l'Agence a fait ressortir qu'il était plus important de diminuer l'énergie érosive (vélocité) de l'eau plutôt que d'essayer de la stocker pour tamponner les débits. Ce constat s'est avéré fondamental pour la suite du projet puisqu'il ramène la définition des travaux vers une notion de simplicité plutôt que la construction d'ouvrages importants, sans compter leur entretien, sur un vaste territoire.

L'approche proposée pour réduire la vitesse de l'eau et limiter l'emportement de sols comprend plusieurs solutions, dont les suivantes:

1. Détournement de fossés vers la végétation plutôt que dans un cours d'eau (figure 5.1);
2. Méthode du tiers inférieur pour l'entretien des fossés (figure 5.2);
3. Ajout de bermes dans les fossés pour ralentir la vitesse de l'eau (figure 5.3);

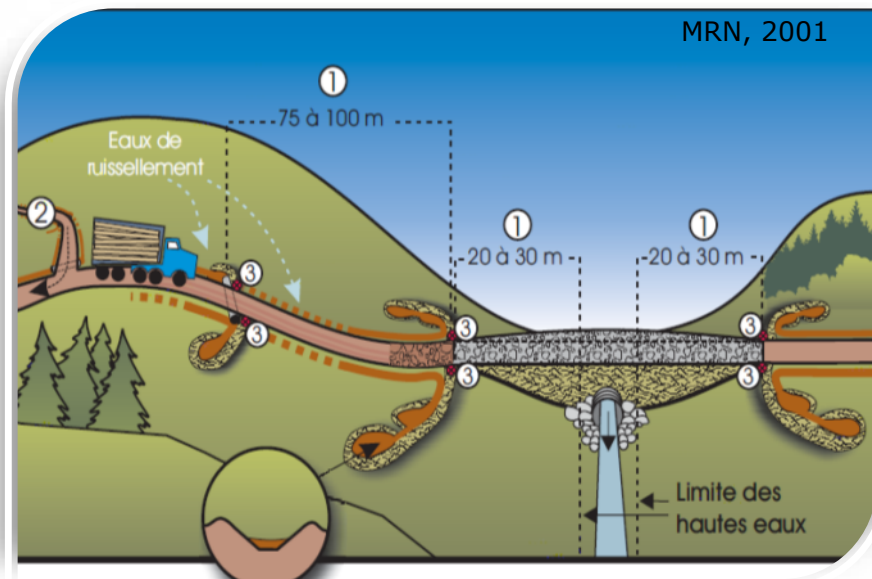


Figure 5.1: Détournement de fossés vers la végétation

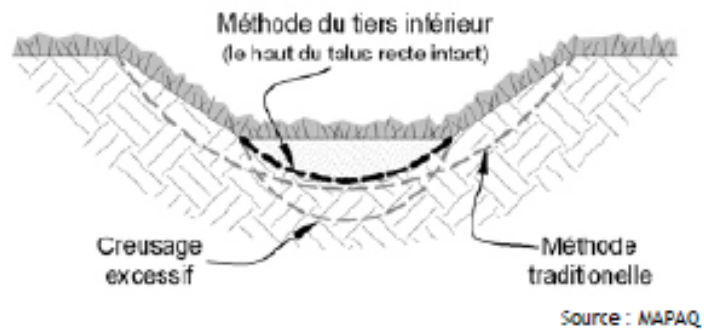


Figure 5.2: Méthode du tiers inférieur pour l'entretien des fossés



Source : MITQ Estrie



Figure 5.3: Berme et enrochement dans les fossés et ruisseaux

Au chapitre 3.9, il a été établi que la problématique en milieu forestier se situe essentiellement au niveau des traverses de cours d'eau, des fossés de chemin d'accès ou de voirie et un peu de bandes riveraines.

5.1.1 Projet de restauration retenu pour le secteur forestier

Le projet de restauration comprend les items suivants:

- Restauration de 147 traverses de cours d'eau et des fossés environnants;

Les interventions diffèrent d'une traverse à l'autre et comprennent entre autres:

- Remplacer l'infrastructure;
- Améliorer l'infrastructure;
- Débloquer l'infrastructure;
- Stabiliser le remblai;
- Stabiliser les berges;
- Améliorer le profil du chemin;
- Remblayer;
- Végétaliser;
- Implanter une infrastructure.
- Restauration de bandes riveraines (5%) (environ 9,5 km);
- Conception, planification et surveillance des travaux;
- Formation et sensibilisation des sylviculteurs et conseillers forestiers;
- Production de brochures sur le contrôle érosion et la renaturalisation de rives;
- Plan de protection de la Salamandre pourpre (Section 5.2).

Les coûts du projet sont estimés à 2 000 000\$ (avant taxes) et comprennent 25% d'imprévus. Certains ouvrages appartenant au MTQ, ceux-ci pourraient faire l'objet d'une demande de subvention.

Les travaux peuvent être réalisés sur un horizon de 5 ans et l'Agence forestière pourrait agir comme facilitateur auprès des conseillers forestiers et des sylviculteurs pour la gestion des travaux.

5.2 Plan pour protéger la Salamandre pourpre

Un plan de gestion et de préservation de l'habitat de la Salamandre (Steve Hamel, 2014) a été prévu pour être jumelé à l'ensemble des projets de restauration. Le sous-projet du projet de restauration se situe dans le secteur forestier.

La salamandre pourpre est une espèce vulnérable en vertu de la loi.

L'espèce est très sensible à la qualité de l'eau des ruisseaux, car la salamandre respire par la peau. Par conséquent les environnements eau et air doivent être non pollués. La salamandre s'avère donc un très bon indicateur de la santé du bassin versant et de l'eau qui coule vers le réservoir Beaudet.

Dans ce contexte, la salamandre serait un symbole écologique fort et rassembleur surtout auprès des jeunes. De plus, les efforts de préservation de la Salamandre vont renforcer les efforts d'amélioration de la "santé" du bassin versant du réservoir et le sentiment d'appartenance au projet.

Le projet comprend les éléments suivants:

- Évaluation de la qualité de l'habitat;
- Inventaire des populations actives;
- Identification des secteurs à conserver;
- Réalisation d'aménagements simple;
- Rencontres avec les acteurs du bassin versant;
- Sensibilisation scolaire.

Le coût total de ce projet est de 100 000\$ (inclus dans le montant du secteur forestier en 5.1).

5.3 Projet de restauration du secteur agricole

Le Groupe conseils agro Bois-Francs (Gauthier et coll., 2014) a reçu le mandat de proposer un projet de restauration pour le secteur agricole. Le mandat comprend la définition des travaux, une estimation des coûts et les délais pour la mise en œuvre des travaux.

Les trois objectifs principaux visés par cette étude sont :

1. Réduction de l'érosion dans les champs agricoles
 - a. Vise la diminution des apports de solides décantables dans le réservoir Beaudet et la perte de terres arables pour les producteurs
2. Réduction des apports en phosphore et en azote dans les cours d'eau
 - a. Vise la diminution de la prolifération des algues et plantes aquatiques dans le réservoir Beaudet.
3. Favoriser la rétention d'eau en période de pluies abondantes ou lors de la fonte des neiges
 - a. Réduire l'érosion des berges de la rivière.

Le secteur agricole à l'étude débute au barrage de Ste-Sophie et se termine au réservoir Beaudet. Trente-quatre (34) zones prioritaires (figure 5.4) ont été établies pour lesquelles chaque parcelle a été vérifiée pour s'assurer que les propriétaires ou les exploitants soient bien identifiés.

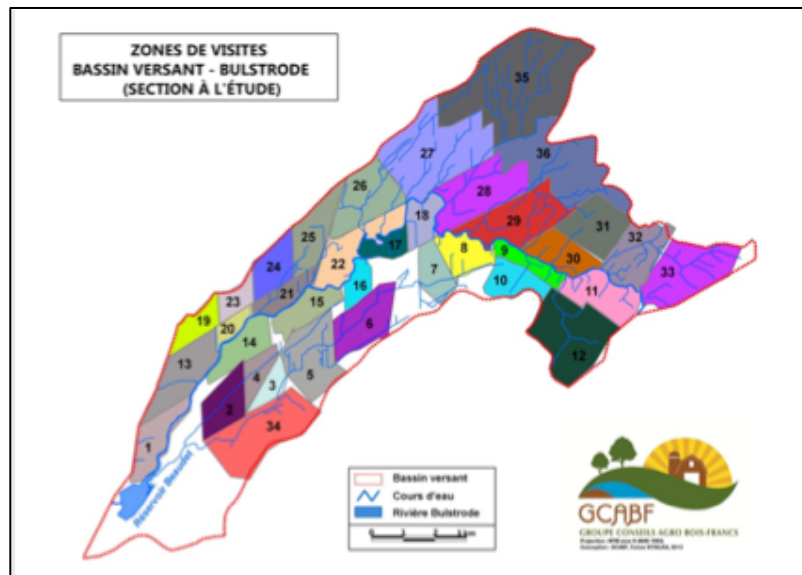


Figure 5.4: Zones de visites du secteur agricole

5.3.1 Activités réalisées

Une rencontre avec les agriculteurs pour la présentation du projet d'étude a été tenue en janvier 2013. Des formulaires de prise de données en vue de monter un dossier confidentiel propre à chaque producteur ont été élaborés.

Le mandat comprenait également une identification des techniques disponibles pour la réduction des apports de sédiments, phosphore et azote en milieu agricole. Plusieurs experts et personnes ressources du milieu ont été consultés. Parmi les techniques évaluées, notons:

- Pratiques culturales
 - Semis direct
 - Cultures de couvertures
 - Limitation des risques liés à l'épandage
 - Cultures pérennes en zones à haut risque
- Ouvrages hydroagricoles
 - Chute enrochée
 - Avaloir avec bassin de sédimentation
 - Rigole d'interception
 - Voie d'eau engazonnée ou enrochée
 - Bassin de rétention et de sédimentation
 - Fossé élargi/ponceau avaloir
 - Marais filtrant
- Bandes riveraines
 - Bande riveraine herbacée
 - Bande riveraine arbustive
 - Bande riveraine arborée

Des visites de terrains pour les 34 zones ciblées et 90 producteurs ont été effectuées afin de compléter les dossiers individuels de mesures de restauration spécifiques à chaque producteur aux fins d'estimation des coûts.

Un mandat de caractérisation, visite et restauration des tributaires de la rivière Bulstrode a été donné à M. Louis Ménard alors qu'un mandat semblable a été réalisé par la firme Poly-Géo pour la rivière Bulstrode en lien avec les résultats de l'étude géomorphologique du chapitre 3.6.

5.3.2 Résultats pour les terres agricoles (Club-Agro)

Un sondage effectué auprès des producteurs révèle que 36% sont intéressés par le projet, 13% ne montrent aucun intérêt et 51% restent indécis.

Sur les terres agricoles, 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;
- Creusage 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 inappropriés 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.

La figure 5.5 illustre quelques exemples de problèmes d'érosion ou d'absence de bandes riveraines sur les terres agricoles. L'annexe du rapport principal du rapport du Club Agro présente des photos de toutes les terres visitées.



Figure 5.5: Exemple d'érosion ou absence de bandes riveraines sur les terres agricoles

De l'analyse des données recueillies, 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 hydroagricoles 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 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.

5.3.3 Résultats pour la Rivière Bulstrode (Poly-Géo)

La problématique d'érosion des berges de la rivière Bulstrode a été bien évaluée lors de l'étude géomorphologique (Chapitre 3.6).

Plusieurs techniques de restauration ont été évaluées et de par la nature de la rivière les conclusions vont dans le sens qu'il n'y a pas de miracle à espérer au niveau de la réduction d'érosion des berges de la rivière.

Les travaux dans la rivière (seuils et autres) ne sont pas recommandés ni les travaux de stabilisation de rives par enrochement.

Les travaux à privilégier se situent au niveau de l'implantation de bandes riveraines avec un peu de peu de stabilisation de rives à quelques endroits spécifiques dont les travaux n'auraient pas d'impact en aval.

La figure 5.6 illustre des exemples d'absence de bandes riveraines en bordure de cours d'eau alors que la figure 5.7 présente des exemples de bandes riveraines bien établies sur des cours d'eau.



Figure 5.6: Exemples d'absence de bandes riveraines en bordure de cours d'eau



Figure 5.7: Exemples de bandes riveraines bien établies en bordure de cours d'eau

5.3.4 Résultats pour les tributaires de la Bulstrode (Louis Ménard)

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. Pour chaque tributaire, les données illustrées à la figure 5.8 ont été obtenues.

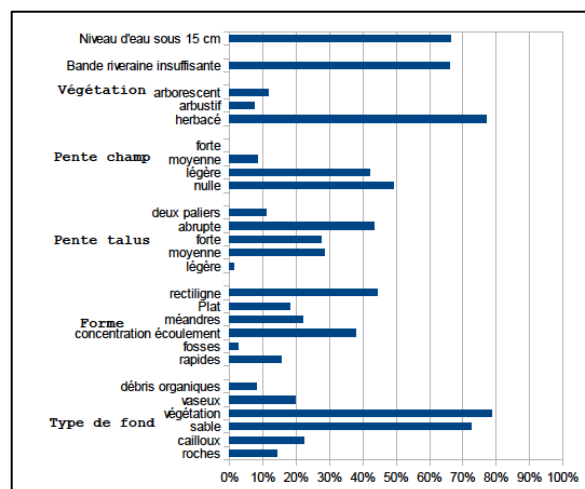


Figure 5.8: Caractéristiques de la rivière L'Abbé

L'analyse des données révèle moins de 10% de ruisseaux et fossés avec une bande riveraine (figure 5.9).

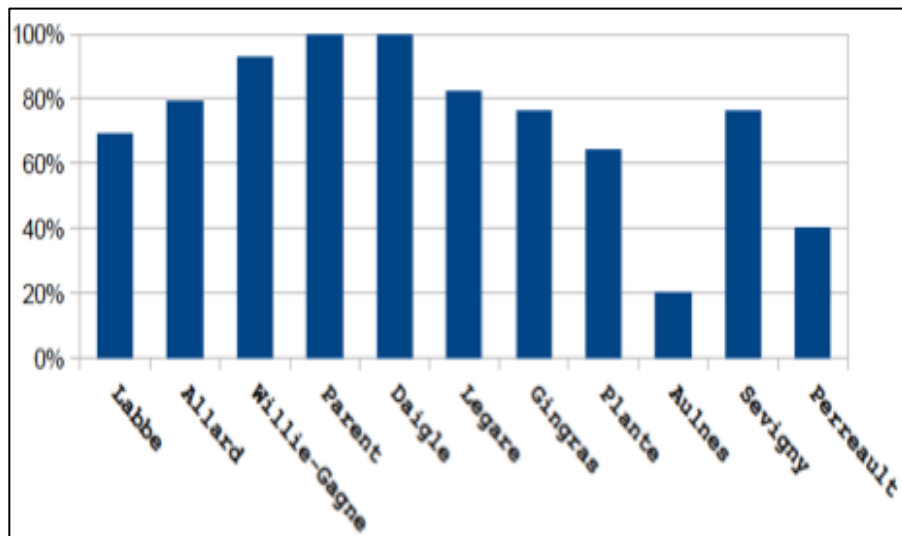


Figure 5.9: Proportion des ruisseaux ayant une bande riveraine non réglementaire

Les conclusions du mandat vont dans le sens que la construction de bassins d'accumulation n'est pas recommandée.

Les travaux à privilégier sont l'implantation de bandes riveraines et le reprofilage de zones pour quelques ruisseaux.

5.3.5 Conclusion pour le projet de restauration du secteur agricole

Les principaux facteurs en milieu agricole affectant l'ensablement du réservoir Beaudet 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 arables 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 inclinées pour assurer leur stabilité;
- L'entretien du réseau de drainage qui déstabilise et rend vulnérable le réseau hydrique.

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'emportement de ces contaminants vers le réservoir Beaudet 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 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 hydroagricoles 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.

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.

La mise en place de pratiques plus complexes en milieu agricole, comme les bassins d'égalisation ou les marais épurateurs pourraient être envisagés dans plusieurs années lorsque les pratiques requises ci-dessus auront bien été implantées et que les avancements technologiques rendront ces pratiques acceptables pour les agriculteurs.

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, il est prévu que des résultats tangibles pourraient être observés à moyen terme.

5.3.6 Projet de restauration retenu pour le secteur agricole

Le projet de restauration comprend les items suivants:

- Modifications des pratiques agricoles pour agriculteurs prioritaires
 - Contrat de 5 ans pour changements de pratiques culturales
 - Prime totale de 8000\$ aux résultats avec remises après 3 et 5 ans
 - Cultures pérennes pour 5 ans avec accompagnement, analyse de la structure du sol
 - Prime de 100\$/année/ha octroyée après 5 ans
- Aménagements hydroagricoles en champ et fossé
 - Bassin de rétention en fossé, en champ et en tête de tributaires
 - Compensation pour utilisation de terres
 - Prime de 5000\$ par ouvrage
 - Voie d'eau engazonnée
 - Chutes enrochées
 - Avaloir en champ
 - Rigole d'interception
- Restauration des bandes riveraines
 - 10 m Bulstrode

- 5 m tributaires
- 3 m autres cours d'eau
- 1 m pour fossés
- Compensation pour 5 ans de la non-utilisation permanente de la bande riveraine
 - Prime de 200\$/km linéaire/an pour les tributaires
 - Prime de 120\$/km linéaire/an pour les autres cours d'eau
 - Prime de 40\$/km linéaire/an pour les fossés
- Noues d'égalsation sur les terres avec rejet direct à la Bulstrode
- Travaux associés directement à la Bulstrode
 - Bandes riveraines de 10 m avec plantation d'arbres côté sud
 - Compensation pour 5 ans de la non-utilisation permanente de la bande riveraine
 - Prime de 400\$/km linéaire/an pour la Bulstrode
 - Stabilisation de berges : technique mixte et génie végétal
 - Stabilisation de berges dans zones où travaux ne créeront pas de problème en aval.
- Volet de formation des agriculteurs et un volet de suivi de l'implantation des mesures.
- Conception et surveillance des travaux

Les coûts du projet sont estimés à 4 500 000\$ (avant taxes) et comprennent 25% d'imprévus. Les travaux peuvent être réalisés sur un horizon de 8 ans et le Club Agro pourrait agir comme gestionnaire des travaux auprès des agriculteurs.

5.4 Projet de restauration du secteur municipal

Le projet de restauration pour le secteur municipal (Michaud et coll., 2014) visait à :

1. Éliminer ou traiter les rejets pluviaux vers le réservoir Beaudet;
2. Éliminer les rejets de trop-pleins des postes de pompage Arthabaska et Valère vers le réservoir;
3. Éliminer les rejets du site de neiges usées vers le réservoir.

Le projet à l'étude comprenait près de 40 bassins à gérer et les coûts estimés pour gérer ou traiter les eaux pluviales variaient entre 13 et 30M\$ selon les options retenues. Le nombre d'ouvrages de retenue et de traitement à prévoir, sans compter les coûts d'entretien annuel, a fait en sorte que le coût de construction pour une réserve d'eau brute protégée à même le réservoir Beaudet de 9,2M\$ (chapitre 5.5) est plus avantageux. La partie du projet concernant les rejets pluviaux n'a pas été retenue mais pourrait faire l'objet d'une étape ultérieure.

Pour le secteur municipal, le projet de restauration retenu se décrit comme suit :

- Installation de génératrice aux postes Arthabaska et Valère dans un bâtiment de services
- Détournement du rejet du site de neiges usées vers le collecteur Laflamme

Le coût du projet est de 650 000\$ (avant taxes) et comprend 25% d'imprévus. Le délai de réalisation de ces projets est de 2 ans.

5.5 Projet de restauration du réservoir Beaudet

5.5.1 Critères de design et aménagements du réservoir

Pour définir les objectifs et les critères techniques du devis pour le projet de restauration du réservoir, un atelier de réflexion sur les critères d'aménagement du réservoir Beaudet a été réalisé le 1er février 2013 (Groupe Rousseau Lefebvre, 2013).

L'atelier a réuni une trentaine de participants provenant de groupes environnementaux, du secteur du tourisme, des agriculteurs, des personnes-ressources de différents ministères et de l'administration municipale.

Les résultats de l'atelier ont permis d'établir des critères de design et de performance sur 4 thèmes principaux:

- **Image et la thématique**

- La thématique de l'eau est à mettre en valeur. Dans une volonté d'orienter la mise en valeur de ses 4 grands parcs urbains (parcs du Réservoir-Beaudet, Terre-des-Jeunes, du Boisé-des-Frères et du Mont-Arthabaska), la Ville a conféré à chacun une thématique liée aux quatre éléments. Le parc du Réservoir-Beaudet présente l'élément « eau ».
- Le projet d'aménagement doit reposer sur une thématique d'ensemble, une image forte. Cette thématique doit être représentative des caractéristiques de la Ville et permettre de donner une identité au site. Elle doit en faire un lieu représentatif et identitaire pour les citoyens et devenir éventuellement un élément attractif.
- Le projet doit exprimer et exploiter la notion de développement durable à l'intérieur des nouveaux aménagements. Reconnue comme le berceau du développement durable, la Ville doit profiter de ce lieu exceptionnel pour démontrer son expertise à mettre en action les principes du développement durable dans l'aménagement de son territoire.
- Le site du réservoir doit offrir plusieurs grands pôles. Ces pôles seront bonifiés et mis en valeur au fil des ans; chacun participant au succès de l'ensemble. Les pôles peuvent être, sans s'y limiter : pôle sportif, place de rassemblement, pôle naturel, marais et milieux humides, lieu d'observation, circuit de découverte, sentier d'interprétation.

- **Activités**

- Plusieurs éléments concernant le sentier récréatif multifonctionnel actuel ont été proposés:
 - Conserver l'ensemble du sentier récréatif existant au pourtour du réservoir et le bonifier. Poursuivre les aménagements de manière à conserver un circuit à la fois sportif et de contemplation.
 - Déplacer le sentier dans la section longeant le boulevard Pierre-Roux, près de la route de la Grande Ligne, afin d'assurer une distance minimale de 10 mètres entre le sentier et le réservoir.
 - Intégrer le sentier récréatif à toutes les interventions ajoutées au pourtour du réservoir afin de créer un ensemble cohérent et diversifié.

- Dans les secteurs où l'espace le permet, analyser la possibilité d'avoir un dédoublement du sentier pour séparer les différents usages (ex. : vélos, piétons...).
- Le sentier doit être connecté aux grands axes de circulation urbains, par le biais de corridors verts ou actifs, afin d'inciter la création de circuits reliant le réservoir Beaudet aux points d'intérêt majeurs de la ville. (Centre-ville, autres grands parcs...)
- L'ensemble des activités et aménagements proposés doit se faire en harmonie avec l'utilisation du site par les oies des neiges. Leur présence sur le réservoir est jugée profitable pour la population des points de vue économique et touristique.
- Aménager un ou des espaces d'observation pour l'oie des neiges dans des lieux spécifiques, prioritairement près du chalet du parc. On peut y retrouver, sans si limiter, passerelles, promontoire, tour, terrasse, mobilier, lunettes d'observation...
- Le secteur situé le long de la route de la Grande-Ligne, entre le boulevard Pierre-Roux et la rue Garand a été identifié comme un site potentiel très intéressant pour accumuler une partie des déblais issus du dragage. Ce nouvel espace créé dans le parc est en mesure d'accueillir de nouvelles activités :
- Cet espace doit être relié aux activités du secteur du chalet et offrir des activités complémentaires (aire de repos, pique-nique, etc.).
- Grâce à sa profondeur augmentée et sa remise en forme, le réservoir sera accessible pour les activités nautiques et les embarcations non motorisées. La gestion des activités aquatiques, en termes d'espace d'utilisation sur le réservoir et de période annuelle, doit être réfléchi en fonction de la présence de l'oie des neiges.
- Prévoir un espace ouvert pour la création d'un espace de rassemblement qui sera aussi utilisé pour des événements et des spectacles.
- Un programme d'interprétation sera associé aux différents pôles d'aménagements et peut être basé, sans s'y limiter, sur les éléments suivants : milieux naturels, milieux humides, faune aviaire, flore, naturalisation des berges, utilisation de l'eau potable...
- **Environnement**
 - L'accumulation d'une quantité importante de sédiments au fond du réservoir apporte des problèmes environnementaux importants ainsi qu'une diminution du volume de rétention disponible pour la réserve municipale. Concernant le dragage du réservoir, les éléments suivants sont à considérer:
 - Le dragage du réservoir sera nécessaire afin d'augmenter la profondeur de l'eau et le volume de rétention.
 - Environnement Canada devra être consulté compte tenu de la présence d'oiseaux migrateurs sur le réservoir;
 - Tous les sédiments déplacés par les travaux de dragage seront conservés sur le site et seront utilisés pour remodeler la forme du réservoir.
 - Le secteur du réservoir longeant la route de la Grande-Ligne, entre le boulevard Pierre-Roux et la rue Garand, pourra être rempli par une partie des sédiments déplacés. Ce secteur représente environ 330 m longeant la route par environ 120 m à l'intérieur du réservoir. Le dragage de sédiments à cet endroit doit permettre un

ajout au parc du réservoir et créer un site entièrement accessible. (voir les critères activités)

- Les interventions prévues près de la digue existante ainsi que du barrage doivent être discutées prioritairement avec le CEHQ afin de bien évaluer les possibilités d'aménagement;
 - La création d'une zone humide, à l'aide des sédiments déplacés;
 - Le réservoir possède plusieurs milieux humides, principalement situés en amont, à l'endroit où la rivière s'élargit. Ils doivent être protégés dans le cadre des travaux.
 - La création d'habitats fauniques doit être mise de l'avant, en favorisant prioritairement la faune aviaire.
 - La naturalisation des berges du réservoir de manière à minimiser l'érosion. Des plantes indigènes doivent être utilisées en priorité.
 - Les travaux effectués lors du dragage des sédiments doivent créer des espaces qui accentuent l'aspect naturel du site du réservoir.
 - Les aménagements doivent créer des milieux riches et diversifiés, encourager la biodiversité et l'utilisation de plantes indigènes.
- **Aménagement**
 - L'intersection principale, au croisement de la Route de la Grande Ligne et du boulevard Pierre Roux E, permet un accès physique et visuel avec le réservoir. Aménager cette intersection en fonction des critères suivants:
 - Traiter cette intersection comme une entrée majeure au parc du réservoir.
 - Encourager et sécuriser les transports alternatifs comme le vélo et la marche.
 - Réduire la vitesse des véhicules par des mesures d'apaisement de la circulation.
 - Créer des liens visuels et physiques avec les grands axes urbains, lien avec le centre-ville et les 3 autres grands parcs, par exemple.
 - L'accès au parc par la rue des Mésanges doit aussi être traité avec attention pour le rendre plus sécuritaire.
 - Identifier et mettre en valeur les intersections secondaires, on parle ici des intersections du boulevard Pierre-Roux E. et des boulevards des Bois-Franc N. et Labbé N. Les aménagements doivent être en lien avec l'ensemble du site du réservoir et refléter la thématique unificatrice.

5.5.2 **Projet de restauration du réservoir**

Les sections suivantes présentent un sommaire de l'étude et du projet de restauration proposé par la Firme lemay+DAA et en sous-traitance SMⁱ et Marcel Fafard, ingénieur conseils (Lemay et coll., 2015) pour rencontrer les critères établis à la section 5.5.1 et les objectifs suivants:

Les objectifs du projet de restauration sont de:

- Protéger la source d'eau potable et termes de qualité;
- Assurer la pérennité de la ressource;
- Augmenter le volume de réserve d'eau brute;
- Restaurer des zones du réservoir pour permettre les activités nautiques;

- Mettre en valeur les atouts du site (biodiversité, activités récréatives, etc.).
- Présenter un projet intégré de restauration du réservoir regroupant le dragage, la réserve d'eau brute et son aménagement global;
- Élaborer un mode de réalisation du projet;
- Évaluer les coûts de construction et échéancier de réalisation;
- Évaluer les besoins d'entretien du réservoir et les coûts associés.

5.5.3 Bathymétrie

Une mise à jour de la bathymétrie du réservoir a été effectuée afin de bien planifier les travaux de restauration. Le relevé a été fait par sonar avec positionnement GPS et en relevant régulièrement la cote du niveau d'eau du réservoir qui change rapidement pour pouvoir rapporter tous les résultats à la cote 128,8. Tous les relevés sont référencés par rapport à la cote 128,8 qui correspond au niveau normal d'opération du réservoir. Les données obtenues ont été comparées aux données des relevés de 1994 et 2003 et corrigées selon la cote de référence 128,8.

La figure 5.10 présente le plan de la bathymétrie du réservoir avec courbes de niveau au 0,5 mètre et niveau de base "0" établi à la cote 128,8.



Figure 5.10: Plan bathymétrique du réservoir Beudet (2014)

Le tableau 5.1 présente les données de variations de volume liquide et de profondeur moyenne entre 1977 et 2014. L'analyse des données fait ressortir les points suivants:

1. Il y a accumulation de 16 000 m³/an de sédiments;
2. En 37 ans, la perte de volume et de 37 % soit ± 1 % par année;
3. À rythme actuel, le volume utile sera réduit à 800 000 m³, ou 50% de sa capacité initiale, en 2028;
4. Toujours au rythme actuel, et en fonction des bilans d'érosion et d'accumulation des sédiments des figures 5.11 et 5.12, la viabilité de la prise d'eau est de 7 à 10 ans.

Tableau 5.1: Évolution du volume et de la profondeur du réservoir Beaudet entre 1977 et 2014

Paramètre	Unité	1977	1994	2003	2014
Volume	m ³	1 600 000	1 325 000	1 200 000	1 000 000
Profondeur moyenne	m	2,45	1,76		1,5

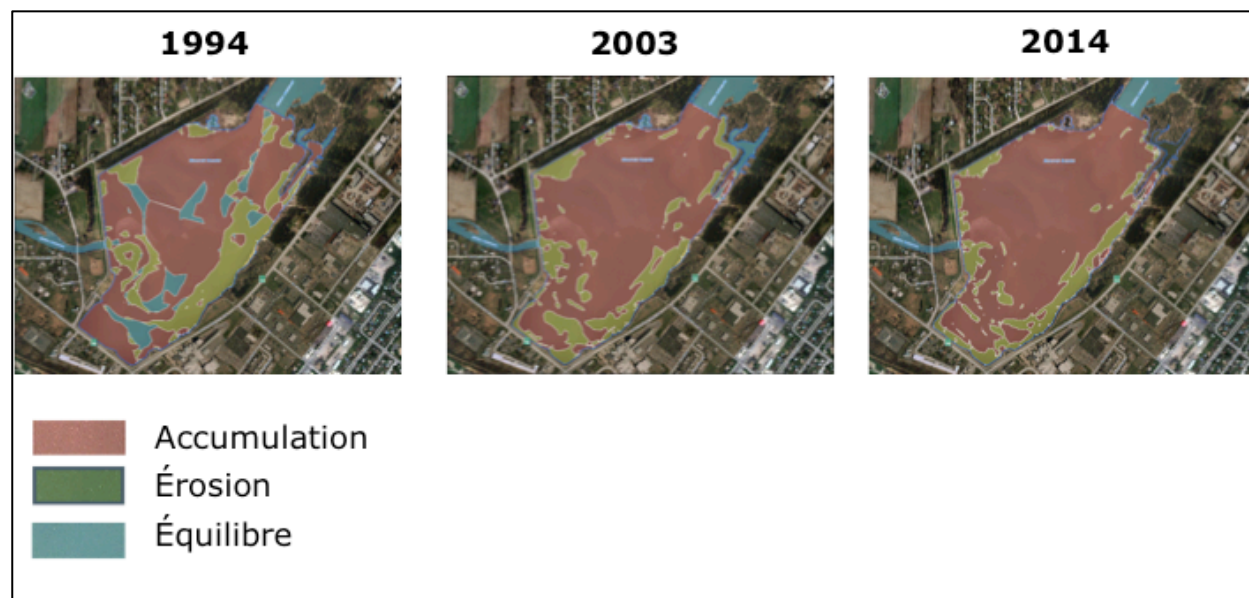


Figure 5.11: Évolution de l'érosion dans le réservoir

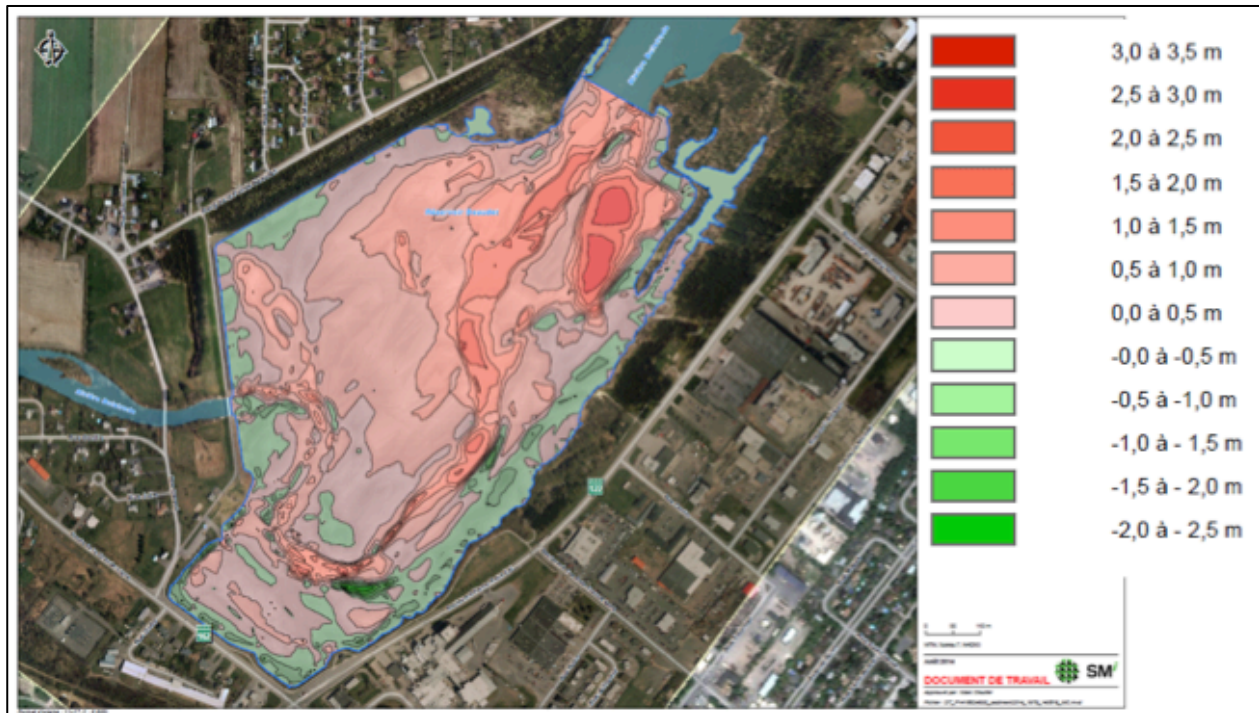


Figure 5.12: Épaisseur des sédiments accumulés ou érodés depuis 1977

5.5.4 Macrophytes

L'inventaire sommaire des macrophytes dans les zones de dragage a permis d'identifier les macrophytes présents et leur dominance dans la zone proposée pour le dragage (figure 5.13), d'évaluer la profondeur maximale de colonisation de ces espèces, d'estimer le poids de macrophytes à enlever, d'établir la profondeur de dragage recommandée pour minimiser la recolonisation rapide de la zone et déterminer le volume de sédiments à draguer pour respecter la profondeur recommandée.

Les macrophytes identifiés sont le potamot à feuilles pectinées, le potamot perfolié, le myriophylle et la vallisnérie. Les plantes sont localisées dans une zone restreinte de la zone de dragage (figure 5.13). Le poids total estimé est de 22000 kg.

À partir des observations faites sur le terrain, la colonisation des macrophytes est limitée à une profondeur de 1,6 m. La lumière serait le principal facteur limitatif pour permettre le développement de ces plantes aquatiques.

Afin d'enlever les racines des plantes, une profondeur de dragage de 2,1 m est proposée pour l'ensemble de la zone prévue pour les activités aquatiques (figure 5.13).

Le volume de sédiments à draguer pour abaisser le fond du réservoir à -2,1 m pour la zone prévue est de 76000 m³.



Figure 5.13: Localisation des macrophytes dans la zone de dragage

5.5.5 Qualité de l'eau brute

Une analyse des données de la prise d'eau brute à la station de filtration des 4 dernières années (2010-2013) a été réalisée ainsi que 3 caractérisations complémentaires, toujours à l'eau brute, dont une après une pluie importante (turbidité élevée).

5.5.5.1 Eau brute

L'objectif de cette activité est de comparer les résultats par rapport aux critères de qualité pour les eaux de surface comme source d'approvisionnement en eau potable, établir l'état trophique du réservoir et faire ressortir l'impact d'une augmentation de débit à la suite d'une pluie abondante.

Les paramètres à analyser étaient les suivants: pH, conductivité, température, oxygène dissous, phosphore total, orthophosphates, azote organique, azote ammoniacal, nitrites-nitrates, matières en suspension, solides totaux dissous, COT, alcalinité, turbidité, couleur, coliformes fécaux, cuivre, fer, manganèse, aluminium, magnésium, calcium, arsenic, pesticides et à 3 points dans la zone de dragage proposée (chlorophylle "a" (échantillon recueilli ½ m sous le niveau de l'eau) et disque de Secchi.

L'analyse de données révèle qu'il y a peu de variations de la qualité de l'eau puisée d'une année à l'autre sauf pour les paramètres suivants:

- Phosphates $\Rightarrow$ grandes variations dans les maximums
 - Moyenne à 0,07 mg/l P (critère est 0,02 mg/l)
 - Faible corrélation avec débits
- Nitrates et nitrites $\Rightarrow$ grandes variations dans les minimums
 - Moyenne à 2,2 mg/l
 - Faible corrélation avec débits
- Colis fécaux $\Rightarrow$ grandes variations dans les maximums
 - Moyenne à 744 UFC/100 ml
 - Faible corrélation avec débits
- Turbidité $\Rightarrow$ grandes variations dans les maximums (>500 UTN)
 - Forte corrélation avec débits
 - Les mesures au disque de Secchi passent de 70 cm (80 UTN) à plus de 1,9 m (6 UTN).

Pour les pesticides, les concentrations sont en dessous des seuils de détection.

5.5.5.2 État trophique du réservoir

En fonction des données obtenues, et selon les normes du MDDELCC (tableau 5.2), le réservoir Beaudet est classé eutrophe.

Tableau 5.2 Classes de niveaux trophiques des lacs et classement du réservoir Beaudet

Classes trophiques	Phosphore total ($\mu\text{g/l}$)	Chlorophylle <i>a</i> ($\mu\text{g/l}$)	Transparence (m)
Ultra-oligotrophe	< 4	< 1	> 12
Oligotrophe	4 - 10	1 - 3	12 - 5
Mésotrophe	10 - 30	3 - 8	5 - 2,5
Eutrophe	30 - 100	8 - 25	2,5 - 1
Réservoir Beaudet	70	12	0,75

Le Réseau de surveillance volontaire des lacs, Les méthodes (www.mddecc.govt.qc.ca/Eau/rsvl/methodes.htm#mesure)

Le réservoir Beaudet répond à la description générale d'un plan d'eau eutrophe à savoir: plan d'eau peu profond, eaux chaudes, eaux troubles et de faible transparence et teneur en oxygène dissous faible et qui tend à diminuer en profondeur.

5.5.5.3 Impact d'une augmentation de débit

L'analyse des données a permis de faire ressortir 3 cheminements typiques d'impact au réservoir.

Fortes pluies et forte augmentation de débit

C'est le cas le plus fréquent et celui avec le plus d'impact sur la qualité de l'eau brute. Le cheminement se résume ainsi:

- Pluie/débit
 - Augmentation à l'intérieur de 24 heures au barrage;
 - Baisse entre 24 et 48 heures.
- Débit/turbidité
 - Augmentation à l'intérieur de 24 heures au barrage;
 - Baisse graduelle sur quelques jours dans le réservoir (plus rapidement dans la rivière).

Le tableau 5.3 illustre le cas d'une forte pluie le 28 août 2011:

- Pluie forte de 79 mm le 28 août;
- Débit passe de 13,7 m³/s à 143,4 m³/s en 24 heures;
- Turbidité passe de 31 à 485 UTN en 24 heures;
- Débit passe de 143,4 m³/s à 12,9 m³/s (revient au débit du 28 août) en 48 heures;
- Turbidité du réservoir (eau brute) passe de 485 UTN à 44 UTN en 72 heures.

Tableau 5.3 Exemple pluie du 28 août 2011

Date	Précipitation totale	Débit au barrage	Turbidité eau brute
2011	mm	m ³ /s	UTN
28 août	79,0	13,7	31
29 août	0,0	143,4	485
30 août	7,2	23,1	206
31 août	0,0	12,9	88
1 septembre	0,0	10,4	44

Fortes pluies et très faible augmentation de débit

- Cas d'infiltration importante dans le sol du bassin versant à cause d'une longue période sans pluie;
- Peu ou pas d'érosion. Peu de transport vers le réservoir;
- Impact négligeable sur la turbidité de l'eau brute.

Peu de pluie et augmentation de débit sur une longue période

- Cas typique des conditions hivernales avec sol gelé, couvert de neige, épisodes au-dessus de 0°C;
- Écoulement de surface pendant plusieurs jours;
- Peu ou pas d'érosion. Peu de transport vers le réservoir;
- Impact négligeable sur la turbidité de l'eau brute.

5.5.6 Géotechnique et qualité des sédiments

L'objectif de cette activité est d'actualiser l'étude géotechnique de caractérisation des sédiments du Laboratoire Shermont de 2004, de réaliser 15 carottages positionnés par GPS (figure 5.14) uniquement dans la zone projetée de dragage et référencés à la cote 128,8, niveau normal d'opération du réservoir.



Figure 5.14: Localisation des forages

L'analyse des résultats de l'étude géotechnique doit fournir les informations suivantes:

- Profondeur du lit du réservoir;
- Identification et épaisseurs de couches;
- Profondeur du socle rocheux;
- Potentiel de réutilisation des matériaux pour les zones de remplissage et la construction des digues.

En complément à l'étude, pour les 15 points de sondage prévus pour l'étude géotechnique, cinq points ont été retenus pour établir la qualité des sédiments. Les paramètres à analyser étaient les suivants: Métaux, pesticides organochlorés, HAP, C10-C50, BPC, Dioxines et furanes, mercure, plomb, % de matière organique, % de solides, phosphore total, azote total, nitrites-nitrates, fer et manganèse.

Les résultats de l'étude géotechnique se résument comme suit:

- Les sédiments sont à prédominance silteuse et de très faible compacité;
 - Les sédiments proviennent des terres en amont;

- Les dépôts meubles sous les sédiments sont à prédominance sableuse avec des proportions variables de silt et de gravier et de compacité très lâche à lâche;
- Le socle rocheux se situe entre 5 et 11 mètres de profondeur par rapport au niveau 128,8 (niveau normal d'opération du réservoir);
- Il ne sera pas possible de récupérer les matériaux de dragage pour construire les digues;
- La disposition des sédiments de dragage, soit en eau douce ou bien sur la terre ferme, ne présente aucune contrainte;
 - Les sédiments de dragage pourront être utilisés pour le remplissage seulement.

5.5.7 Phase A: Aménagements techniques du réservoir

Le destin de tout lac ou réservoir est inexorablement de se remplir. Le cas des réservoirs artificiels alimentés par de grands bassins versant est particulièrement bien documenté et le dragage se présente comme la solution de restauration la plus utilisée pour en maintenir les usages.

Ainsi, il est possible que dans 50 ou 100 ans, le dragage du réservoir Beaudet soit encore requis. Comme cette perspective est inévitable, la Ville souhaite se doter d'un bassin d'eau brute qui sera à l'abri de la sédimentation et de la prolifération d'algues ou de macrophytes et protégera sa source d'eau potable.

Le réservoir montre des valeurs de turbidités élevées uniquement après des événements de débits importants de la rivière Bulstrode. Au cours de la période 2008-2012 les statistiques sur la turbidité à l'eau brute dans le réservoir se résument ainsi:

- 2 jours/an: Turbidité >200 UTN
- 7 jours/an: Turbidité >100 UTN
- 23 jours/an: Turbidité >50 UTN

Un point important à souligner est que le réservoir reste turbide plus longtemps que la rivière après une crue. C'est ce qui amène la Ville à vouloir s'alimenter directement dans la rivière lorsque le réservoir est encore turbide. Avec un temps de rétention moyen de 1,5 jour dans le réservoir (au débit moyen de 8 m³/s), il faut généralement 2 à 3 jours pour que la turbidité du réservoir redevienne égale à celle de la rivière (voir paragraphe 5.5.5.3).

5.5.7.1 Critères de conception et de performance

Sur la base des points ci-dessus et des objectifs de la Ville, les critères de conception et de performance pour les aménagements techniques sont les suivants:

- La réserve d'eau brute doit avoir une surface d'environ 25000 m²;
- L'étanchéité des digues faisant le pourtour de la réserve doit permettre d'utiliser 50000 m³ d'eau brute sans capter l'eau du réservoir et sans que l'eau de la rivière (par la conduite d'alimentation) n'y

- entre directement ou par infiltration. Autrement dit, le niveau dans la réserve doit pouvoir baisser d'un peu plus de deux (2) mètres par rapport au niveau du réservoir;
- La réserve doit pouvoir être alimentée directement du réservoir ou directement de la rivière au moyen d'une conduite qui sera aménagée au fond du réservoir;
 - La conduite de la prise d'eau actuelle pourra être réaménagée au besoin;
 - La zone de la réserve sera draguée au maximum; idéalement jusqu'au roc, mais sans dépasser huit (8) mètres par rapport à la cote d'opération du réservoir de 128,8 mètres;
 - Les pentes des digues du côté de la réserve d'eau brute doivent être les plus abruptes possible pour limiter la croissance des plantes aquatiques;
 - Un système de pompage doit être prévu pour assurer un taux de renouvellement de l'eau dans la réserve et éviter la croissance d'algues. À titre préliminaire le temps de rétention hydraulique de la réserve serait de trois (3) jours (base volume total) en considérant un débit de soutirage de la station de filtration de 15000 m³/d;
 - Le système de pompage doit pouvoir s'alimenter directement du réservoir ou de la rivière en fonction de la turbidité. Le système sera mis à l'arrêt si la turbidité est trop élevée aux deux points de soutirage;
 - S'il y a renouvellement de l'eau, il doit y avoir un point de sortie dans la réserve. Ce point sera choisi judicieusement pour permettre une bonne utilisation du volume (moins de court-circuitage possible) et aboutir dans l'ancien chenal de la rivière toujours existant;
 - La largeur de la digue d'accès doit être conçue pour permettre l'accès aux vannes, au poste de pompage et à l'entretien de ces équipements;
 - Il faut éviter la présence d'oiseaux dans la réserve d'eau brute, mais sans les faire fuir du réservoir principal.
 - Durant les travaux, la qualité de l'eau brute pour l'alimentation de la station de filtration doit être maintenue en tout temps;
 - L'échéancier des travaux doit tenir compte de la migration des oies des neiges.

5.5.7.2 Concept retenu pour les aménagements techniques

Le concept retenu comprend les aménagements techniques suivants et est illustré aux figures 5.15 à 5.17:

1. Une réserve d'eau brute (figures 5.15 à 5.17)
 - a. Indépendante du réservoir principal;
 - i. Protection en cas de déversement accidentel ou de turbidité élevée;
 - b. Surface de $\pm 30000 \text{ m}^2$;
 - c. Volume de réserve de $88\,000 \text{ m}^3$ (excavation 1 m) à $128\,000 \text{ m}^3$ (excavation 4 m);
 - i. 3 à 5 jours d'autonomie;
 - d. Construction faite de digue et de palplanches afin d'avoir des pentes abruptes pour:
 - i. Ne pas développer de plantes aquatiques ou algues;
 - ii. Techniquement, ne plus avoir besoin de draguer la réserve;
 - iii. Protéger la prise d'eau contre l'ensablement.

- e. Couverture avec des balles de plastiques pour contrôler les oiseaux (figure 5.17).
- 2. Conduite d'alimentation
 - a. La réserve pourra être alimentée directement du réservoir ou d'une conduite d'alimentation portée au niveau de la rivière (figure 5.15)
- 3. Système de pompage et de recirculation de l'eau (figure 5.16)
- 4. Zone d'activités récréatives (figure 5.15)
 - a. Dragage intégral à 2.1 m de profondeur;
 - b. Volume à draguer de 76 000 m³.
- 5. Zones A et B remplissage (figure 5.15)
 - a. Zone A: 15 000 m² pour un volume d'emmagasinement de 50 000 m³;
 - b. Zone B: 45 000 m² pour un volume d'emmagasinement de 56 000 m³.
- 6. Zone de transition C (figure 5.15)
 - a. Lit de séchage pour dragage d'entretien annuel de 16000 m³ de sédiments et 32 000 m³ d'eau par an;
 - b. Sites de disposition à l'intérieur d'un rayon de 20 km avec plus de 250 ans de stockage potentiel.



Figure 5.15: Concept retenu des aménagements techniques

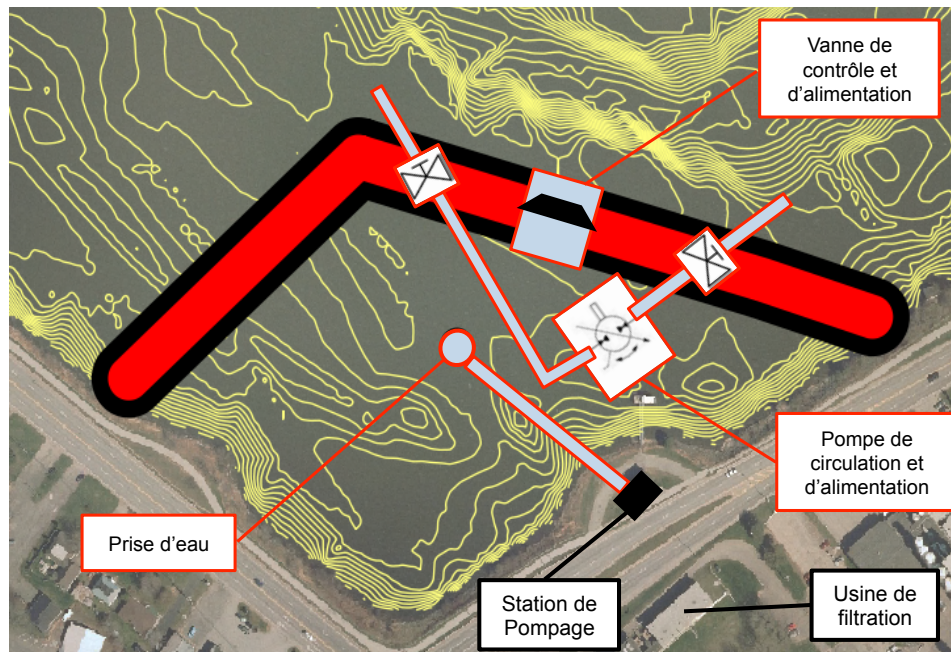


Figure 5.16: Concept mécanique de la réserve d'eau brute



Figure 5.17: Balles de plastiques pour le contrôle des oiseaux

5.5.7.3 Dragage et dragage annuel

Le dragage est la seule solution du point de vue environnemental, technique et économique pour extraire les sédiments se déposant annuellement dans les réservoirs.

Les principales contraintes aux travaux de dragage sont la présence saisonnière des oiseaux migrateurs, les périodes de protection des poissons et des contraintes techniques reliés aux conditions météorologiques. La période propice aux travaux se limite alors de la 2^e semaine de juillet à la 3^e semaine de septembre.

Pour le dragage initial, deux ans seront requis pour couvrir la surface à draguer.

Compte tenu des volumes de matériaux à draguer pour le dragage initial et pour le dragage d'entretien annuel, et surtout des contraintes relatives aux périodes propices pour effectuer le dragage, il s'avère plus intéressant et moins coûteux que la Ville s'équipe et fasse les travaux en régie interne. La figure 5.18 illustre un équipement recommandé à la Ville pour accomplir les tâches de dragage.

Soulignons un point important dans les opérations de dragage à savoir que ce n'est pas la superficie couverte qui doit être l'objectif, mais bien de s'assurer d'atteindre la profondeur de 2,1 m.



Figure 5.18: Amfibex 400 proposé pour le dragage

5.5.8 Aménagement du réservoir Beaudet

Le mandat vise à intégrer les volets d'aménagement techniques des ouvrages et l'ensemble du réservoir Beaudet selon les critères énoncés à la section 5.5.1.

La restauration du réservoir Beaudet doit viser:

- La sensibilisation du visiteur au développement durable et de la protection de la ressource EAU;
- Des opportunités de récréation axées sur l'eau;
- Un parc qui vit en interrelation avec le tissu urbain;
- Un parc exemplaire pour les résidents de Victoriaville;
- Une opportunité de positionnement de parc récréotouristique unique soutenant le trade mark de Victoriaville comme berceau du développement durable;
- Une nouvelle génération de parc urbain offrant des activités éducatives, récréatives et ludiques.

La figure 5.19 illustre le concept préliminaire d'aménagement du réservoir Beaudet dont les éléments principaux seront résumés très brièvement dans les sections suivantes.

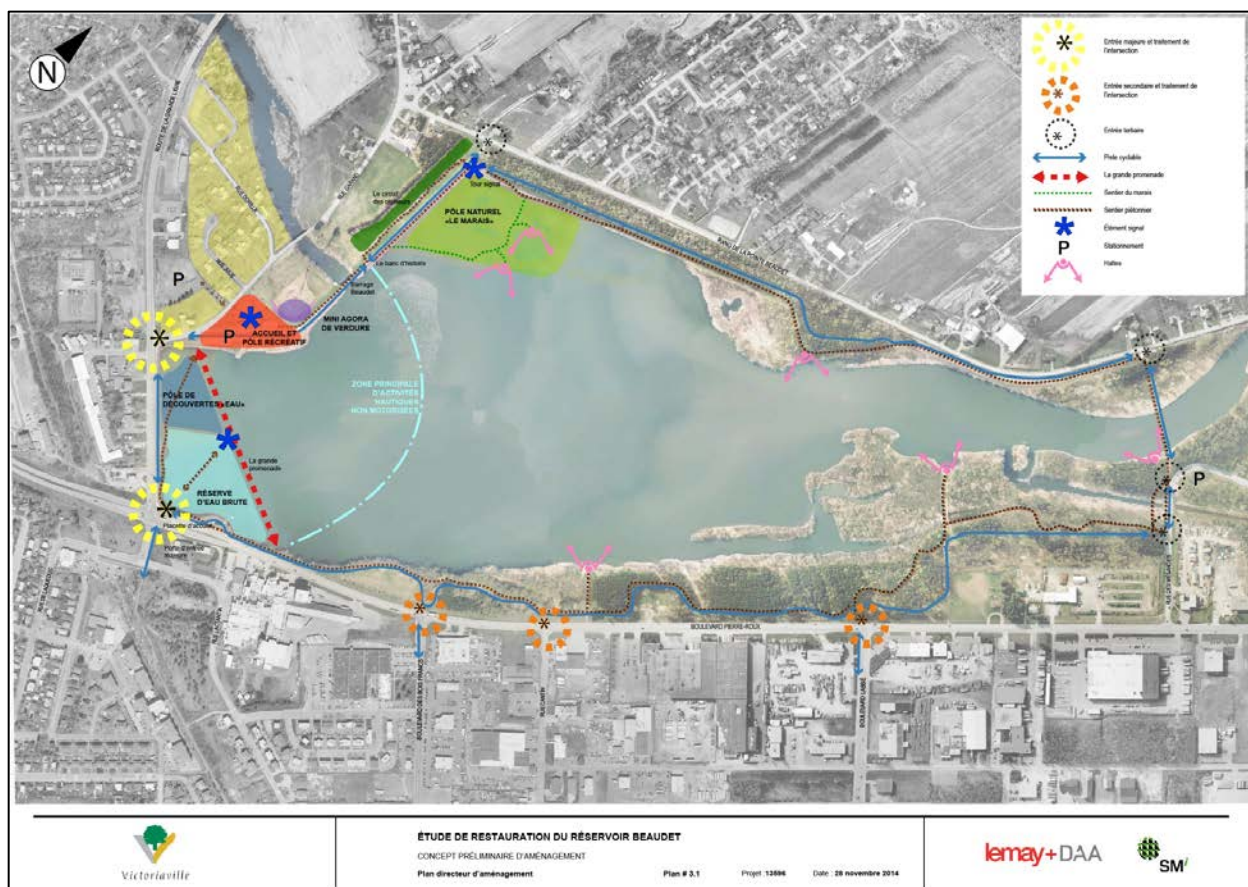


Figure 5.19: Concept préliminaire d'aménagement du réservoir Beaudet

Le volet aménagement est présenté en deux séquences de réalisation. La première (Phase B) regroupe des interventions alliées à l'intégration paysagère et environnementale des aménagements techniques de la section précédente (Phase A). La seconde séquence (Phase C) d'aménagement présente une vision à long terme pour tout le territoire du réservoir Beaudet.

5.5.8.1 Phase B: Intégration des aménagements techniques

Les figures 5.20 et 5.21 illustrent l'aménagement proposé de la réserve d'eau brute et des zones de remplissage "A" et "B" pour la Phase B.

Pour la réserve d'eau et la zone de remplissage "A" (figure 5.20), les aménagements prévus sont les suivants:

- Restauration paysagère des digues, berges et zone de disposition;
- Sentier récréatif sur la digue;
- Bande végétalisée le long du chemin de la Grande ligne.

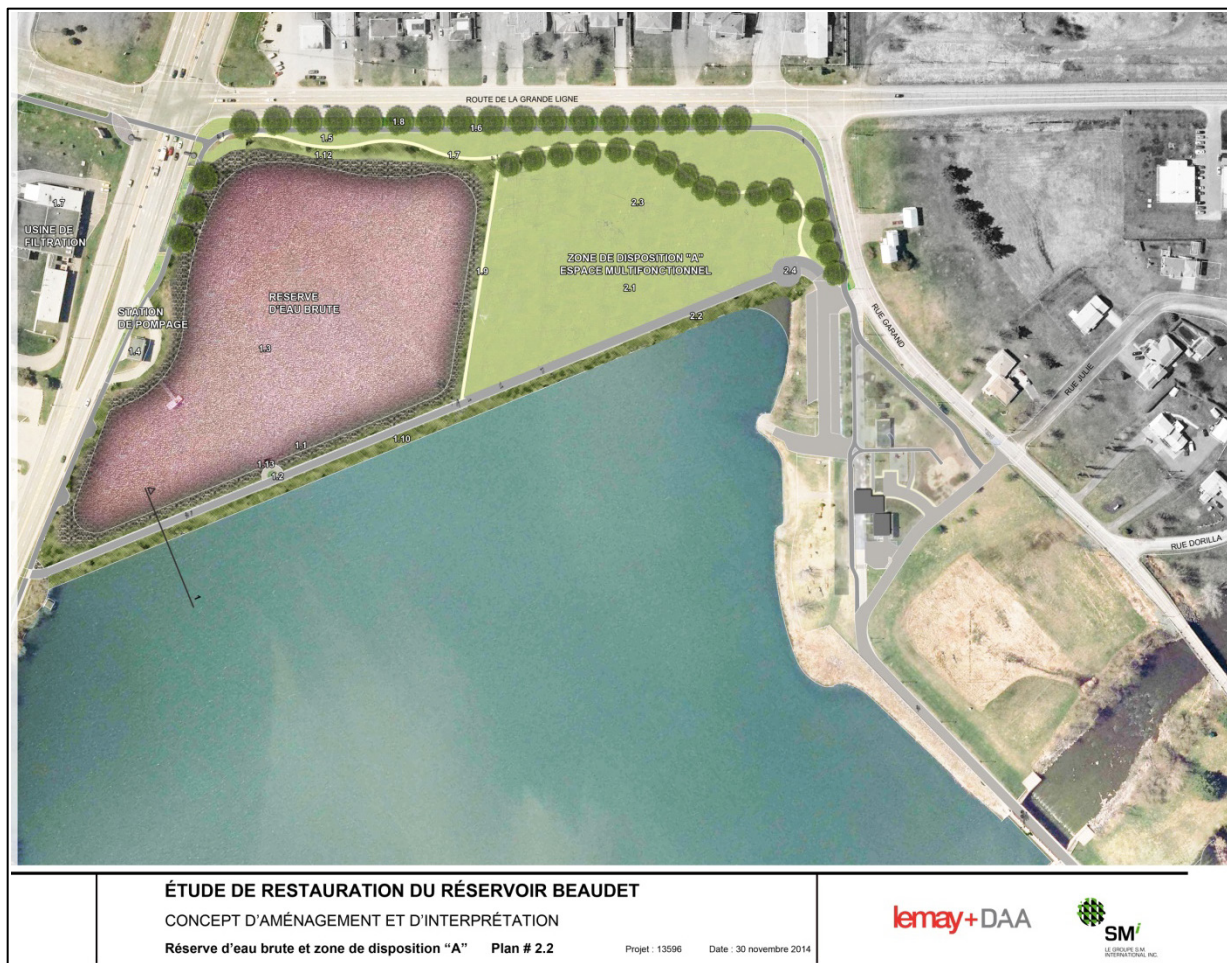


Figure 5.20: Phase B: Aménagement de la réserve d'eau brute et de la zone de remplissage A

Pour la zone de remplissage "B" (figure 5.21), les aménagements prévus se résument comme suit:

- Protection et création d'écosystèmes et d'habitats fauniques;
- Équipement d'interprétation et d'observation des habitats fauniques;
- Sentier d'observation;
- Palissade avec ouvertures pour observation des oies;
- Sentier sur pilotis avec caches d'observation semi-enfouies pour observations des oies.



Figure 5.21: Phase B intégration de la zone de remplissage B

5.5.8.2 Phase C: Plan d'aménagement du réservoir Beaudet

Cette phase d'aménagement fait appel à la mise en valeur de la thématique de l'eau, la mise en valeur récréotouristique des attraits du site et une intégration urbanistique au contexte urbain environnant.

Même si plusieurs travaux ne pouvaient débuter avant 2020 dans une séquence logique de réalisation, cette étude pourrait servir de base de travail à l'élaboration d'un véritable plan directeur pour cet important parc dans l'offre récréative et touristique de Victoriaville. La préparation d'un tel plan, doit réunir, au sein d'un comité de réflexion, l'ensemble des directions et services de la Ville (loisirs, urbanisme, environnement et génie) et éventuellement une consultation publique.

Le concept préliminaire offre différents grands pôles de développement qui peuvent être aménagés de façon séquentielle et bonifiés au fil des ans. Des portes d'entrée majeures et secondaires créent des liens avec la trame urbaine. Des circuits pédestres et cyclistes avec haltes sont aménagés. L'entrée majeure du parc (figure 5.22) prévoit un réaménagement complet de l'intersection du boulevard Pierre Roux et le chemin de la Grande ligne et comprend une placette d'accueil.



Figure 5.22: Entrée du parc et placette d'accueil

La réserve d'eau brute comprend un effet "wow" avec les balles de plastiques (protection contre les oiseaux) de couleurs pour former un immense graphisme. On y retrouve une passerelle semi-immergée menant à la grande promenade (figure 5.23).

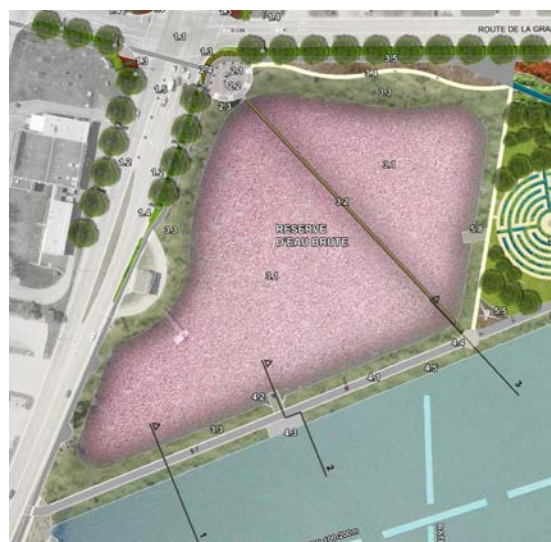


Figure 5.23: Aménagement de la réserve d'eau brute

Pôle de découvertes "EAU"

Le pôle de découvertes "EAU" sera aménagé sur la zone de remplissage "A" (figure 5.24). Il s'agit d'un circuit de découvertes sur les forces de l'eau, la gestion des eaux de ruissellement, la récupération et la filtration par les végétaux.

L'espace comprend trois jardins et exploite les notions de développement durable. À travers ces trois jardins, le visiteur parcourt un circuit d'acheminement et d'expériences par le jeu (figure 5.25).



Figure 5.24: Pôle de découvertes "EAU"

Petits barrages



Roues à godets



Jardin de plantes aquatiques filtrantes



Figure 5.25: Circuit d'acheminement du Pôle de découvertes "EAU"

Pôle récréatif et pôle d'accueil

Le secteur d'accueil est bonifié par un pôle récréatif comprenant une plage urbaine, une piscine et terrasse flottantes, une aire de pique-nique, un poste d'accès pour les embarcations nautiques, un circuit de course de bateaux dragons, une mini-agora pour des spectacles de petite envergure et des espaces de stationnement (figure 5.26 et 5.27).

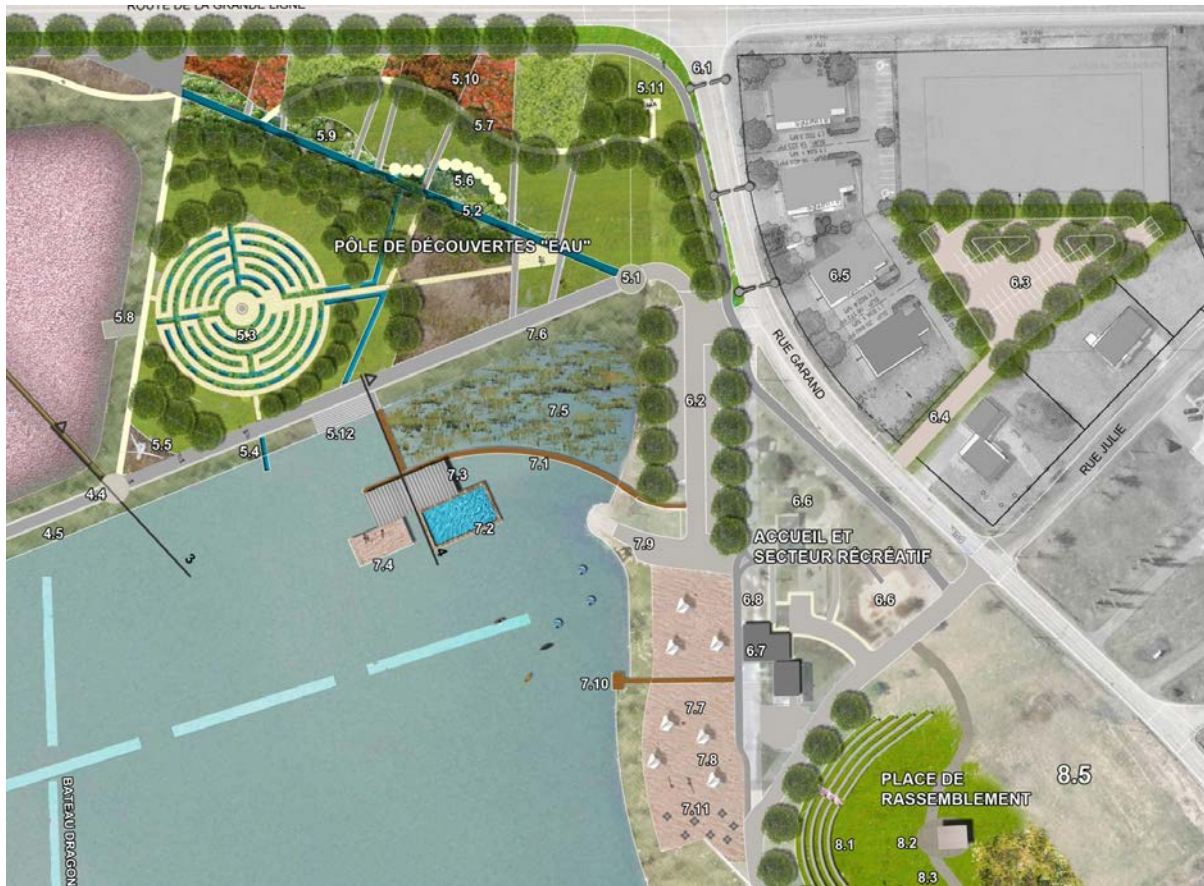


Figure 5.26: Pôle récréatif et pôle d'accueil

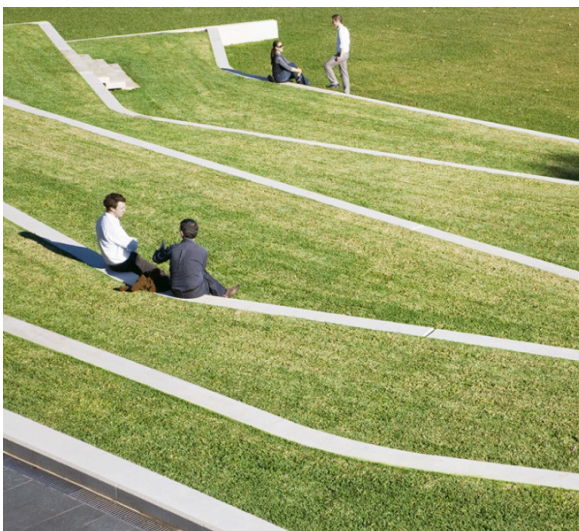


Figure 5.27: Éléments d'attrait du pôle récréatif et pôle d'accueil

Pôle naturel du marais

Le pôle du marais (figure 5.28) aménagé lors de la phase de la phase "B" est bonifié par l'ajout d'une tour d'observation (figure 5.29). En périphérie, on y retrouve un banc d'histoire ponctué de dates stratégiques ayant marqué le développement de Victoriaville.



Figure 5.28: Aménagement du pôle du marais



Figure 5.29: Éléments d'attrait du pôle naturel du marais

5.5.9 Suivi et entretien

Le projet de restauration du réservoir Beaudet ne s'arrêtera pas avec son dragage et à son aménagement. Une fois les travaux de restauration complétés un plan de gestion, de suivi et d'entretien du réservoir (et sur le bassin versant) doit être mis en action dès la fin des travaux pour justifier les investissements réalisés (EPA, 1990).

Les apports annuels de sédiments au réservoir sont estimés à 16000 m³/an. Si le résultat des travaux de restauration en amont atteint l'objectif de réduction de 35%, les apports pourraient être réduits à 10000 m³/an.

Entretemps, le projet suppose que la Ville sera équipée pour faire les travaux de dragage en régie, que le séchage sera fait dans la Zone C et que la disposition finale sera effectuée dans l'un des sites identifiés à moins de 20 km de la Ville. En dollars 2014, le coût du dragage annuel et de la disposition des sédiments est estimé à 600 000\$/an.

Un relevé bathymétrique aux 3 ans (12000\$) est recommandé. Le programme de suivi de la Bulstrode et du réservoir (voir chapitre 3.3) doit être maintenu chaque année. L'entretien d'usage pour les équipements de pompage doit être intégré dans un programme d'entretien.

Finalement, avec l'échéance de 7 à 10 ans pour la viabilité de la prise d'eau par rapport à son ensablement inéluctable, une inspection annuelle de l'ouvrage est recommandée afin d'appliquer des mesures temporaires le cas échéant.

5.5.10 Coûts et délais de réalisation

Les coûts et délais de réalisation sont décrits en détail dans le rapport de Lemay et coll. (2015).

Pour la Phase "A" des travaux de restauration et construction des aménagements techniques, le coût des travaux est de 22 M\$ (avant taxes et 25% d'imprévus). L'horizon de réalisation serait de 2020 à 2022.

Pour la Phase "B" sur l'intégration paysagère des aménagements techniques, le coût des travaux est de 2,4M\$ (avant taxes et 25% d'imprévus) avec une phase de réalisation entre 2023 et 2025.

Finalement pour la Phase "C", dans l'hypothèse où tous les éléments du plan d'aménagement du réservoir Beaudet seraient réalisés, le coût des travaux est de 12 M\$ (avant taxes et 25% d'imprévus) avec une phase de réalisation pouvant débuter en 2023.

6 COÛTS DU PROJET

Le tableau 6.1 présente le sommaire des coûts des travaux. On y retrouve les coûts associés aux étapes préliminaires (étude d'impact et organisation de projet), les travaux de restauration des trois secteurs du bassin versant (secteurs forestier, agricole et urbain), puis les travaux de restauration du réservoir selon les 3 phases établies au chapitre 5.

Les coûts sont en dollars de 2014. Aucune indexation n'a été prévue sur un horizon 10-15 ans pour la réalisation du projet. Les taxes ne sont pas incluses.

Les coûts comprennent les honoraires de conception et surveillance.

L'ensemble des coûts est majoré de 25% pour tenir compte des imprévus et du niveau de précision à cette étape du projet.

Tableau 6.1: Sommaire des coûts du projet de restauration du réservoir Beaudet et son bassin versant

Item		Coût total
Étude d'impact		250 000 \$
Étude hydraulique et sédimentologie		75 000 \$
Préparation de la structure d'appels d'offres et de gestion de projet		100 000 \$
Travaux restauration dans le secteur forestier		2 000 000 \$
Travaux restauration dans le secteur agricole		4 500 000 \$
Travaux restauration dans le secteur municipal		650 000 \$
Travaux restauration de base du réservoir Beaudet (Phase A)		22 025 000 \$
Acquisition équipements de dragage et terrains	3 900 000 \$	
Dragage initial et zones entreposage sédiments	4 800 000 \$	
Réserve d'eau brute	9 200 000 \$	
Prise d'eau d'appoint	2 850 000 \$	
Honoraires professionnels	1 275 000 \$	
Total travaux restauration réservoir Beaudet (Phase A) et son bassin versant		29 600 000 \$
Intégration et aménagement des travaux de la phase A (Phase B)		2 400 000 \$
Réalisation du Plan directeur d'aménagement du réservoir (Phase C)		12 000 000 \$
Grand total restauration bassin versant et aménagement récréotouristique du réservoir		44 000 000 \$

Ces coûts ne comprennent pas les coûts d'autres interventions qui seront nécessaires sur le bassin versant:

- Traitement des eaux usées de la municipalité de St-Fortunat;
- Mise au normes des fosses septiques du bassin versant et en pourtour du réservoir.

7 ORGANISATION ET FINANCEMENT

Au cours du projet, plusieurs idées novatrices de réalisation de projet ont été présentées à la Ville par les partenaires du projet. Mentionnons, la notion "d'enchères inversées" utilisée en milieu agricole dans quelques pays pour se procurer des biens et services (Gauthier et coll., 2014). L'intérêt d'une telle approche serait d'amener des agriculteurs/sylviculteurs ou groupes d'agriculteurs/sylviculteurs à proposer des projets rencontrant les objectifs et critères techniques du projet de restauration et à être rémunérés pour les réaliser. Avec cette approche, agriculteurs et sylviculteurs deviennent des partenaires du projet au lieu de l'approche conventionnelle où des entrepreneurs réalisent des travaux.

La ville s'est aussi interrogée sur sa capacité légale à réaliser des travaux à l'extérieur de son territoire. Finalement, étant donné l'envergure des coûts et la durée de réalisation, la Ville voulait avoir plus d'informations sur les modes de financement disponibles pour un tel projet.

Un mandat a été octroyé à Municonseil avocats inc. pour présenter un avis sur le cadre juridique applicable au projet et un autre sur le financement du projet.

Les avis détaillés sont présentés dans le rapport de Municonseil avocats inc.,(2014) et le texte qui suit résume les éléments les plus importants.

7.1 Cadre juridique

En matière d'environnement, la mise aux enchères inversées peut difficilement être applicable. En revanche un mode d'attribution de subventions inspirée de l'enchère inversée est envisageable et comprend 3 étapes:

Étape 1: La Ville doit convenir d'une enveloppe budgétaire annuelle et procéder à un appel de propositions et avis public

Étape 2: Réception de propositions d'agriculteurs/sylviculteurs ou de regroupement d'agriculteurs/sylviculteurs ou des associations entrepreneurs agriculteurs/sylviculteurs

Étape 3: Évaluation des projets et octroi des subventions aux projets retenus

Exemple:

- L'appel de propositions:
 - "La Ville de Victoriaville souhaite octroyer en 2016 des subventions pour réaliser 200 000\$ de travaux de restauration en milieu agricole et 50000\$ de travaux en secteur forestier.....".
- La Ville reçoit des propositions et un Comité de sélection choisit les meilleurs projets satisfaisant les critères d'analyse pour 2016;
 - Les propositions qui n'ont pas été acceptées peuvent être soumises à nouveau en 2017...et ainsi de suite.
- La Ville octroie des subventions aux projets retenus.

L'Octroi d'une subvention pour des travaux sur des propriétés privées d'agriculteurs, sylviculteurs ou propriétaires terriens peut se faire de gré à gré en vertu des lois applicables.

La Ville détient une compétence en matière d'environnement ce qui lui permet de conclure des contrats de subventions avec des agriculteurs ou des sylviculteurs de gré à gré suite à un appel de propositions.

La Ville peut même négocier les termes du contrat après la réception des propositions avec les proposants.

La Loi prévoit que municipalités locales et MRC ont le pouvoir d'octroyer de l'aide à l'extérieur de leur territoire.

La ville peut aussi subventionner des organismes à but non lucratif qui gèreraient un programme de rétribution.

Par contre les MRC détiennent exclusivement des compétences relatives au cours d'eau. Il suffirait pour la Ville de Victoriaville de conclure une entente intermunicipale pour réaliser le projet.

7.2 Financement du projet

Le financement d'un tel projet est complexe et plusieurs options sont envisageables.

7.2.1 Programme fédéral-provincial-municipal

Un programme fédéral-provincial-municipal pourrait être une option compte tenu du problème assez grave de détérioration du réservoir comme source d'eau potable.

Le projet de Victoriaville a plusieurs points communs avec le projet du New York Watershed visant à protéger le bassin versant et les sources d'eau potable de la Ville. La ville de New York a versé 1,8 milliard (2004) aux agriculteurs et sylviculteurs du bassin versant pour implanter des bonnes pratiques plutôt que d'investir 8 milliards pour construire une station de traitement.

7.2.2 Financement par la Ville de Victoriaville

La ville pourrait procéder à un règlement d'emprunt visant à se procurer les sommes nécessaires au versement des subventions municipales. Une taxe spéciale pour le projet pourrait être appliquée.

7.2.3 Fonds de la taxe sur l'essence 2014-2024

Le fonds de la taxe sur l'essence 2014-2024 pourrait s'appliquer à la construction de la réserve d'eau potable dans le réservoir et les équipements mécaniques associés dans le réservoir.

7.2.4 Conclusion sur le financement

Le rapport conclut que la meilleure option de financement disponible pour le projet de restauration du réservoir Beaudet et son bassin versant consiste à créer un organisme sans but lucratif qui gèrera les subventions autres que municipales ainsi que celles qui seront versées à titre de subvention municipale par le biais du règlement d'emprunt.

Cet organisme serait également responsable de la coordination des projets retenus suite à l'appel de propositions. À cette fin, il aurait pour mission la distribution des sommes provenant du règlement d'emprunt, en plus de celles provenant des demandes d'aide financière qu'il aura adressées aux deux paliers de gouvernement et aux autres organismes.

Il est à noter que cet organisme à but non lucratif pourrait tenir compte de toute subvention obtenue par une personne physique ou un autre organisme dans le cadre d'un projet de réhabilitation environnementale pour réduire d'autant le montant de la contribution municipale liée au règlement d'emprunt.

8 COMPLÉMENTS À L'ÉTUDE

Ce chapitre présente brièvement des activités prévues à l'étude de faisabilité pour bonifier le projet au point de vue de la communication avec le public ou encore faire un lien évident du projet avec la protection de la source d'alimentation en eau potable.

8.1 Page web

Plusieurs rapports des études citées dans ce rapport final dont d'ores et déjà sur le site de la Ville pour consultation. Il est prévu que tous les rapports réalisés pour cette étude et énumérés à la bibliographie soient disponibles prochainement.

8.2 Guide des bonnes pratiques pour la protection des bandes riveraines

Au moment de rédiger ce rapport, un premier Guide des bonnes pratiques pour la protection des bandes riveraines était dans sa phase finale d'élaboration par la Ville et Steve Hamel. Le document sera disponible sur le Web dans un premier temps et comprendra un livret citoyen pour le secteur urbain, un livret agricole et un livret forestier. On y retrouvera de l'information technique vulgarisée et des conseils pratiques propres à chaque secteur.

Ce document devra être mis à jour et bonifié annuellement par le groupe qui sera responsable du projet de restauration pour les prochaines décennies. Il s'agira en quelque sorte d'un document permanent qui servira à établir des plans de communication et de sensibilisation pour les différents acteurs de l'eau du bassin versant.

8.3 Planification du plan d'action pour la protection de la source d'alimentation en eau potable

Cette activité réalisée par l'agence de bassin versant Copernic avait pour objectif de planifier la réalisation du "Plan d'action pour la protection de la source d'eau potable" (Gaudreau et coll., 2014).

La planification s'appuie sur la "Stratégie de protection et de conservation des sources destinées à l'alimentation en eau potable du Gouvernement du Québec (MDDEP, 2012).

L'approche proposée est la même que celle adoptée pour cette étude de faisabilité à savoir de répartir le bassin versant en trois grands secteurs: urbain, agricole, forestier.

De par son rôle d'agence du bassin versant et ses accès aux intervenants et spécialistes de chaque secteur, Copernic est l'organisme le mieux placé pour aider la Ville à réaliser le plan de protection de la source d'eau potable.

On y retrouve la description des différentes étapes nécessaires pour assurer la protection de la source d'eau potable au réservoir Beaudet à savoir:

1. Évaluation du degré de protection nécessaire;
2. Réalisation du plan de protection;
3. Suivi du plan de protection.

Pour chacune des étapes ci-dessus les informations suivantes sont précisées:

1. Actions à prendre;
2. Experts habilités;
3. Intervenants impliqués;
4. Étapes à franchir;
5. Ordre de réalisation.

9 ÉCHÉANCIER DES TRAVAUX ET PHASAGE DES COÛTS

Le tableau 9.1 présente l'échéancier proposé pour réaliser l'ensemble du projet avec un phasage préliminaire des coûts (voir chapitre 6).

Dans l'hypothèse que le projet recevrait l'aval de la Ville pour débiter, les années 2015 et 2016 permettraient de réaliser l'étude d'impact et l'étude hydraulique ainsi que la préparation de la structure du projet (devis techniques, documents d'appels d'offres types, structure de gestion de projet avec les partenaires, etc.).

Pour les années 2017 et 2018, période d'attente pour la conclusion de l'étude d'impact et les autorisations requises, les travaux de restauration en amont du réservoir pourraient débiter (secteur forestier, secteur agricole et secteur urbain). Les travaux de ces secteurs s'échelonnent de 2017 à 2024.

Vers 2019-2020, les travaux de la Phase "A" de restauration du réservoir pourraient être entrepris en commençant par l'acquisition par la Ville des équipements de dragage. La plage de réalisation de ces travaux est 2019-2022. Ceux-ci seraient suivis par les travaux d'aménagement paysager de la Phase "B" sur un horizon 2023-2025.

Finalement, si la Ville désire procéder avec l'aménagement de la Phase "C" du projet, les travaux pourraient débiter vers 2023.

Tableau 9.1: Échéancier des travaux et phasage des coûts

Item	Coût total	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Étude d'impact	250 000 \$	100 000 \$	150 000 \$	Audiences et réponse								
Étude hydraulique et sédimentologie	75 000 \$		75 000 \$									
Préparation de la structure d'appels d'offres et de gestion de projet	100 000 \$		100 000 \$									
Travaux restauration dans le secteur forestier	2 000 000 \$			400 000 \$	400 000 \$	400 000 \$	400 000 \$	400 000 \$				
Travaux restauration dans le secteur agricole	4 500 000 \$			650 000 \$	650 000 \$	800 000 \$	750 000 \$	600 000 \$	450 000 \$	400 000 \$	200 000 \$	
Travaux restauration dans le secteur municipal	650 000 \$			350 000 \$	300 000 \$							
Travaux restauration de base du réservoir Beaudet (Phase A)	22 025 000 \$											
Acquisition équipements de dragage et terrains	3 900 000 \$						3 900 000 \$					
Dragage initial et zones entreposage sédiments	4 800 000 \$							4 800 000 \$				
Réserve d'eau brute	9 200 000 \$							4 600 000 \$	4 600 000 \$			
Prise d'eau d'appoint	2 850 000 \$							1 425 000 \$	1 425 000 \$			
Honoraires professionnels	1 275 000 \$						975 000 \$	150 000 \$	150 000 \$			
Total travaux restauration réservoir Beaudet (Phase A) et son bassin versant	29 600 000 \$	100 000 \$	325 000 \$	1 400 000 \$	1 350 000 \$	1 200 000 \$	6 025 000 \$	11 975 000 \$	6 625 000 \$	400 000 \$	200 000 \$	- \$
Intégration et aménagement des travaux de la phase A (Phase B)	2 400 000 \$									200 000 \$	1 100 000 \$	1 100 000 \$
Réalisation du Plan directeur d'aménagement du réservoir (Phase C)	12 000 000 \$											
Grand total restauration bassin versant et aménagement récréotouristique du réservoir	44 000 000 \$											

10 PROCHAINES ÉTAPES

À la suite du dépôt de ce rapport et de la présentation au Conseil de Ville, la prochaine étape sera pour la Ville de donner son aval ou refuser de poursuivre le projet (Go – No Go). Étant donné les informations selon lesquelles la viabilité de la prise d'eau dans le réservoir serait remise en question d'ici 7 à 10 ans, idéalement une décision devrait être prise en 2015.

Si le projet va de l'avant, l'étape suivante sera de mettre en branle l'étude d'impacts sur l'environnement et l'étude hydraulique/sédimentologie demandée par le CEHQ. Selon les informations obtenues, il faut prévoir 2 ans pour réaliser l'étude (2015-2016) et 1 à 2 ans pour obtenir les autorisations (2017-2018).

En parallèle à ces études, l'organisation de la structure administrative et de la gestion du projet pourra débuter. L'objectif sera de doter le projet d'une organisation locale dans une perspective de plusieurs décennies. Un autre objectif majeur sera d'établir une structure simple afin d'éviter que les coûts de gestion de projets ne deviennent prohibitifs.

Par la suite, Copernic, agence du bassin versant de la Nicolet, pourra entreprendre les 3 tables de concertation pour les secteurs forestier, agricole et municipal. L'objectif sera de présenter le projet et la structure de projet retenu par la Ville aux personnes ou organismes impliqués et partenaires potentiels du projet, d'obtenir les commentaires et idéalement un consensus.

La recherche et la structure de financement pour un projet d'une telle envergure sont inévitables. Les démarches politiques pour annoncer le projet et discuter des options de financement devront débuter en 2015-2016.

Pour terminer, il faudra procéder à l'organisation technique du projet et la relier à la structure administrative. Il s'agira de préparer les outils techniques adaptés aux agriculteurs et sylviculteurs pour faire les appels de propositions (devis, dessins types,, normes du projet, contrôle de qualité, etc.).

11 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'étude de faisabilité entreprise en 2011 a permis de réaliser un portrait du réservoir Beaudet et son bassin versant, établir un diagnostic et proposer des travaux de restauration. Il ressort de cette étude les conclusions suivantes:

1. Le réservoir se remplit au taux de 1% par année. Pour 2028, près de 800 000 m³ de sédiments se seront accumulés dans le réservoir et il aura perdu 50% de sa capacité initiale;
2. Au taux actuel de remplissage et sans intervention, la viabilité de la prise d'eau existante serait de l'ordre de 7 à 10 ans. Le risque d'un ensablement soudain de la prise d'eau à la suite d'une crue importante devient réel;
3. Avec une profondeur d'eau moyenne de 1,5 m dans le réservoir, la prolifération des plantes aquatiques pourrait s'accroître rapidement et accélérer le processus d'envasement du réservoir;
4. La création d'une réserve d'eau potable à même le réservoir est le meilleur moyen pour protéger la source d'approvisionnement face à un déversement potentiel ou une arrivée d'eaux très turbides venant de la rivière. Cela permettrait également d'éliminer pour le futur les risques d'ensablement de la prise d'eau et favoriserait un contrôle des oiseaux sur la réserve sans nuire à l'attrait touristique des oies blanches sur le réservoir principal;
5. Les travaux de restauration pour les secteurs agricole et forestier permettraient de réduire les apports en sédiments, en nutriments et en coliformes vers le réservoir. Pour les agriculteurs et les sylviculteurs, cela se traduirait par une diminution des pertes de terres arables ou de propriétés;
6. Certaines zones d'érosion de berges de la rivière Bulstrode ne pourront pas être restaurées avec les techniques connues sans risquer de créer des impacts négatifs en aval;
7. L'aménagement proposé du parc du réservoir Beaudet en ferait un pôle d'attraction unique au Québec.

Les recommandations suivantes sont émises:

1. Pour les travaux de restauration du secteur forestier, l'accent devrait être mis sur les traverses de cours d'eau, les fossés et les bandes riveraines et la mise en place d'actions pour protéger l'habitat de la salamandre pourpre;
2. Pour les travaux de restauration du secteur agricole, les priorités devraient être la modification des pratiques agricoles avec primes, l'aménagement d'ouvrages hydroagricoles et l'implantation de bandes riveraines (Bulstrode, ruisseaux, fossés) avec compensations;
3. Pour les travaux en secteur urbain, la priorité devrait être donnée à l'élimination de rejets d'eaux usées brutes dans le réservoir et dans la rivière Bulstrode et la mise aux normes des fosses septiques à l'échelle du bassin versant et en pourtour du réservoir;
4. Le programme de caractérisation de la Bulstrode et du réservoir devrait devenir permanent. Il y aurait intérêt à travailler avec le CEHQ pour que la mesure du débit au barrage de Ste-Sophie soit disponible à longueur d'année afin d'aider à la gestion du débit d'évacuation au barrage Beaudet;
5. Compte tenu du taux de remplissage du réservoir, une inspection annuelle de la prise d'eau et une bathymétrie du réservoir aux 3 ans paraissent essentielles;
6. La ville aurait avantage à convenir d'un plan directeur pour le parc du réservoir Beaudet pour que l'ensemble des travaux au cours des prochaines années soit bien synchronisé.

12 BIBLIOGRAPHIE

Arsenault M.P. Agence forestière des Bois-Franc, 2014. **Estimation des coûts pour la mise en œuvre des travaux de réfection dans la portion forestière du bassin versant de la rivière Bulstrode, en amont du réservoir Beaudet.**

Chambers, Patricia, 1985. **Depth distribution and biomass of Submerged Aquatic Macrophyte communities in relation to Secchi depth**

Cooke, G., 2005. **Restoration and management of lakes and reservoirs, 3rd edition**

Couture, M. COPENIC, 2012. **Aspects réglementaires à court et long terme sur l’approvisionnement en eau de surface de la ville de Victoriaville.**

Couture, M. COPENIC, 2012. **Bilan hydrique d’approvisionnement en eau de surface du réservoir Beaudet entre 1975 et 2012.**

Couture, M. COPENIC, 2013. **Diagnostic du réservoir Beaudet et de son bassin versant.**

Couture, M. COPENIC, 2012. **Évaluation de l’efficacité des mesures de consommation d’eau mises en place au cours des dernières années par la ville de Victoriaville.**

Couture, M. COPENIC, 2013. **Portrait des sources de contamination du réservoir Beaudet dans le secteur urbain de Victoriaville.**

Couture, M. COPENIC, 2013. **Portrait final de l’environnement du réservoir Beaudet et de son bassin versant.**

Couture, M. COPENIC, 2011. **Portrait préliminaire de la Rivière Bulstrode en amont du réservoir Beaudet.**

Couture, M. et Remi Gaudreau, R. COPENIC, 2014. **Planification du plan d’action pour la protection de la source d’eau potable (réservoir Beaudet).**

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.

Duhamel, D. et Bariteau, L. Poly-Géo inc., 2012. **Projet de restauration du bassin versant de la rivière Bulstrode à l’amont du réservoir Beaudet.** Analyse par photo-interprétation du segment central de la rivière et validation au terrain. Rapport préliminaire présenté au service de l’environnement de la ville de Victoriaville.

Dupont, O. et Tardif, P. Agence de Géomatique du Centre-du-Québec inc., 2012. **Identification des traces d’érosion dans le bassin versant de la rivière Bulstrode (secteur agricole)**

Durocher, D. et Mongrain M. MCR Procédés et Technologies inc., 2014. **Étude de restauration du réservoir Beaudet et de son bassin versant.** Résultats du programme de caractérisation de la rivière Bulstrode et du réservoir Beaudet pour 2013.

EPA-440/4-90-006, 1990. **The lake and Reservoir Restoration Guidance Manual, 2nd edition.**

Gauthier, S. et coll. Groupe conseils agro Bois-Francs, 2014. **Étude d'évaluation des travaux de restauration du bassin versant de la rivière Bulstrode en amont du réservoir Beaudet en milieu agricole.**

Groupe Rousseau Lefebvre, 2013. **Réservoir d'eau potable de Victoriaville – Atelier de réflexion et critères d'aménagement, vision future.** Rapport Synthèse.

Hamel, S. 2012. **Inventaire piscicole des principaux tributaires de la rivière Bulstrode, été 2012.**

Hamel, S. 2014. **Le bassin versant du réservoir Beaudet : Un habitat pour la Salamandre pourpre.**

HBA Environnement, 2004. **Réaménagement du réservoir Beaudet,** Rapport principal, Étude d'impact sur l'environnement, Victoriaville.

Lemay+DAA et SMⁱ, 2015. **Étude de restauration du réservoir Beaudet.** Rapport final.

Michaud, J. et Lambert J. Les services exp inc., 2014. **Étude préliminaire de rejet des eaux pluviales de divers secteurs de la ville – Réservoir Beaudet.** Évaluation des solutions pour améliorer la qualité des eaux pluviales en amont du réservoir Beaudet.

Municonseil avocats inc., 2014. **Le cadre juridique applicable au projet de réhabilitation environnementale de la rivière Bulstrode.**

Municonseil avocats inc., 2014. **Le financement des projets de réhabilitation environnementale de la rivière Bulstrode.**

Nguyen, M. N. Agence forestière des Bois-Franc, 2012. **Diagnostic forestier du bassin versant de la rivière Bulstrode.**

Nguyen, M. N. Agence forestière des Bois-Franc, 2012. **Portrait d'érosion des traverses de cours d'eau dans le bassin versant de la rivière Bulstrode.**

North American Lake Management Society, 2001. **Managing lake and reservoirs, 3rd edition.**

Rousseau, G. Municonseil avocats inc., 2014. **Revue de littérature : Rétribution des biens environnementaux et enchères inversées.**

Tremblay, M. et Marquis, G. (2014), **Projet de la rivière Bulstrode – Dynamique sédimentaire.**

Vézina, C. et all. Roche inc., 1995. **Étude des problèmes liés aux algues et au macrophytes dans le réservoir Beaudet,** Victoriaville.