

Document réalisé pour la Ville de Victoriaville



Victoriaville

Diagnostic du réservoir Beaudet et de son bassin versant





Diagnostic du réservoir Beaudet et de son bassin versant

Réalisé pour la ville de Victoriaville



Dans le cadre du Plan de restauration du réservoir Beaudet et de l'amont de son bassin versant

Novembre 2013

Remerciements

Merci à tous ceux et celles qui ont participé à ce processus.

Rédaction

Manon Couture, COPERNIC

Comité de lecture et analyse des données

Carline Ghazal, Ville de Victoriaville

Serge Cyr, Ville de Victoriaville

Alain Durocher, MCR Technologies

François Houle, Ville de Victoriaville

Jacinthe Leblanc, MAPAQ

Crédits photographiques

Manon Couture

Ville de Victoriaville

©2013, [Ville de Victoriaville]. Tous droits réservés.

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

Références

Couture, Manon. 2013. Diagnostic du réservoir Beaudet et de son bassin versant, COPERNIC – Organisme de concertation pour l'eau des bassins versants de la rivière Nicolet, Saint-Albert, 38 pages et 5 annexes.

Résumé

L'analyse issue du diagnostic révèle trois problématiques majeures. Bien qu'interreliées, ces problématiques n'en demeurent pas moins des éléments qui doivent être pris en considération à part entière.

- Envasement du réservoir
- Fortes concentrations de nutriments et de coliformes fécaux
- Forts débits et fortes précipitations responsables d'une érosion accrue

Étant le milieu récepteur du bassin versant, c'est dans le réservoir Beaudet que les problématiques sont les plus visibles. Toutefois, l'envasement ainsi que les fortes concentrations de nutriments et de coliformes fécaux sont les résultats des activités et des événements qui se produisent dans l'amont du bassin versant. L'analyse illustre que ces éléments perturbateurs responsables de l'état du réservoir sont aussi naturels qu'anthropiques.

Des phénomènes naturels tels que les fortes crues, les précipitations importantes et l'érosion des berges se révèlent importants dans la production de sédiments qui décantent ensuite au réservoir. Toutefois les fortes contaminations en coliformes fécaux et en nutriments sont plutôt dues aux activités anthropiques qui prennent place dans le territoire du bassin versant du réservoir.

Les conséquences de ces problématiques culminent au réservoir où les coûts de traitement de l'eau potable augmentent avec la turbidité, où la perte de profondeur amplifie l'effet d'eutrophisation et où les fortes concentrations en coliformes en empêchent l'utilisation à des fins récréatives par les citoyens.

Afin d'entamer la phase suivante de la démarche de gestion intégrée, c'est-à-dire l'élaboration du plan d'action, les enjeux suivants sont identifiés :

- Dynamique fluviale
- Quantité
- Qualité
- Accessibilité

Ces derniers seront la structure à laquelle s'ajouteront les orientations, les objectifs et les actions qui seront choisis par les acteurs du milieu afin de résoudre la situation du réservoir Beaudet et de son bassin versant. À la lumière des informations comprises dans ce document, des pistes d'orientations sont proposées pour servir de base aux discussions, ainsi que des actions à la section 7.

Enjeux	Orientations proposées
Dynamique fluviale	<ul style="list-style-type: none">• Gérer les forts débits et écrêter les crues
Quantité	<ul style="list-style-type: none">• Assurer un approvisionnement en eau suffisant• Contre la sédimentation
Qualité	<ul style="list-style-type: none">• Diminuer les facteurs responsables de l'eutrophisation et de la contamination du réservoir
Accessibilité	<ul style="list-style-type: none">• Favoriser l'appropriation du réservoir par les citoyens

Table des matières

Table des figures, tableaux et annexes	2
1. Introduction.....	3
2. Méthodologie	3
3. Envasement du réservoir.....	6
3.1. Nature de la problématique	6
3.2. Causes de la problématique	9
3.3. Conséquences.....	15
3.4. Détermination des enjeux	17
4. Forte concentration de nutriments (phosphore, nitrate) et de coliformes dans l'eau.....	20
4.1. Nature de la problématique	20
4.2. Causes de la problématique	22
4.3. Conséquences.....	25
4.4. Détermination des enjeux	26
5. Forts débits lors de fortes précipitations entraînant des changements géomorphologiques qui causent de l'érosion	27
5.1. Nature de la problématique	27
5.2. Causes de la problématique	28
5.3. Conséquences.....	30
5.4. Détermination des enjeux	31
6. Conclusion	32
7. Recommandations.....	33
8. Bibliographie.....	36
9. Glossaire	38
10. Annexes	40

Table des figures, encadrés, tableaux et annexes

Figure 1: Localisation des deux segments centraux qui subissent une érosion importante	10
Figure 2: Évaluation de l'épaisseur des différents types de sédiments	11
Figure 3: Pourcentage des types d'érosion selon la texture des sols.....	11
Figure 4: Ravinements en champs selon les différents types de sols	12
Figure 5: Consommation totale de la ville de Victoriaville versus l'évolution de la population entre 2001 et 2011	16
Figure 6: Débits quotidiens enregistrés en aval du réservoir versus le débit de prélèvement maximal estimé de l'usine Hamel.....	18
Figure 7: Valeur mensuelle moyenne des débits de la rivière Bulstrode.....	23
Figure 8: Concentrations de phosphores, de nitrates et de matières en suspension de la rivière l'Abbé en 2013.....	24
Figure 9: Modification du cycle de l'eau en milieu urbain	29
Encadré 1: Résultats de l'atelier de consultation du 1er février 2013 sur le réservoir Beaudet	4
Encadré 2: Recommandations de Campbell et collaborateurs sur les caractéristiques nécessaires de bon fonctionnement du futur réservoir	7
Tableau 1:Données sur l'évolution de la capacité de rétention du réservoir Beaudet.....	8
Tableau 2: Types de pollution influençant les concentrations de nutriments et de coliformes...	22
Tableau 3: Enjeux et orientations proposées pour la situation du réservoir Beaudet et de son bassin versant.....	32
Annexe 1: Modèle conceptuel qui identifie les causes et conséquences des problématiques principales observées au réservoir Beaudet et dans son bassin versant.....	40
Annexe 2: Modèle conceptuel postanalyse des problématiques du réservoir Beaudet et de son bassin versant.....	41
Annexe 3: Tendances observées des concentrations de nitrates et de coliformes dans le réservoir Beaudet entre 2002 et 2010	42
Annexe 4: Coefficient de détermination des taux de coliformes fécaux et des matières en suspension en amont et aval du réservoir Beaudet.....	43
Annexe 5: Qualité des sédiments dans le réservoir issue du rapport de HBA Environnement, 2003	44

1. Introduction

Ce document fait suite au Portrait du réservoir Beaudet et de son bassin versant (Couture, 2013). Ce travail avait pour but de réunir toute l'information disponible sur l'environnement du réservoir Beaudet et de son bassin versant. Le diagnostic comprend l'analyse de ces informations et l'identification des trois problématiques principales qui influencent non seulement le réservoir Beaudet, mais aussi le territoire de son bassin versant.

Cette analyse explore les causes et les conséquences des problématiques vécues sur le territoire afin de bien cerner les causes véritables de la situation actuelle du réservoir Beaudet. Par l'identification des sources, il sera ensuite possible d'agir sur les causes véritables et non seulement sur les problématiques les plus observables afin de les enrayer.

2. Méthodologie

Puisque le diagnostic est une étude des problématiques, il convient de les identifier. C'est par l'analyse de leurs effets et des causes que le diagnostic prépare à la détermination des solutions et facilite ainsi la réalisation d'un plan d'action, étape finale de la planification.

Afin de bien cerner les problématiques du réservoir Beaudet et de son bassin versant qui permettront les interventions futures les plus durables et efficaces, il convient de tenir compte des préoccupations des citoyens et des intervenants du bassin versant. Des problématiques qui rappellent leurs préoccupations faciliteront l'appropriation du projet nécessaire à la démarche de concertation et au succès de ce projet.

Tout d'abord, l'envasement du réservoir Beaudet et en conséquence la perte de rétention sont les problématiques à l'origine de la démarche. Une revue de presse abondante rapporte les préoccupations de la ville de Victoriaville et des citoyens relativement à des signes de plus en plus visibles d'envasement, mais aussi d'eutrophisation du réservoir.

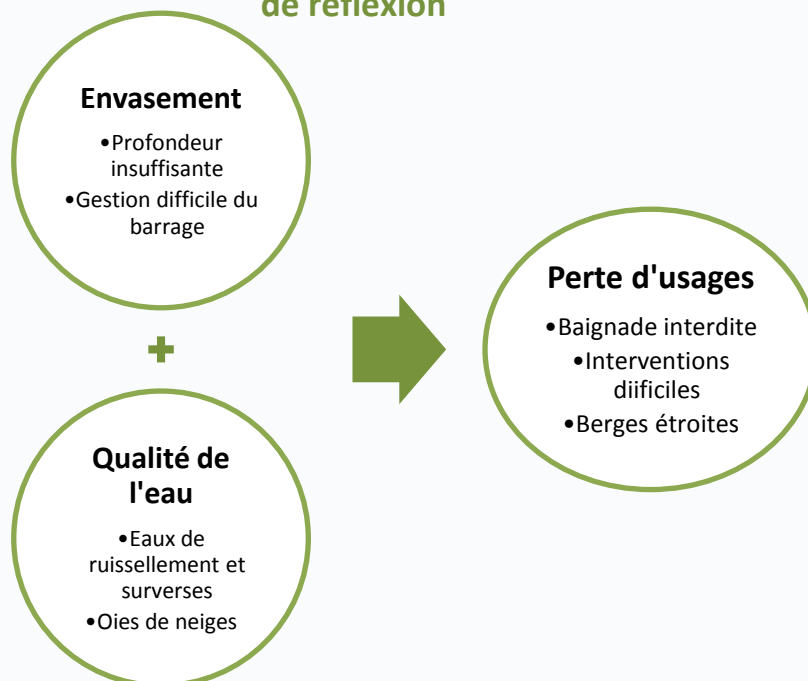
Au fil des rencontres du comité technique, des consultants, du milieu agricole et des citoyens, de nombreuses problématiques sont soulevées. C'est lors d'un atelier de réflexion sur l'aménagement futur du réservoir que de nombreuses contraintes spécifiques au réservoir sont énumérées (Encadré 1).

ENCADRÉ 1: RÉSULTATS DE L'ATELIER DE CONSULTATION DU 1ER FÉVRIER 2013 SUR LE RÉSERVOIR BEAUDET

Synthèse des contraintes d'utilisation du réservoir
Environnement
Impact des oies des neiges sur la qualité de l'eau
Qualité de l'eau
Interventions limitées pour l'aménagement des digues
Besoin de sensibilisation et d'éducation
Eaux de ruissellement et surverses
Activités
Pas de baignade permise
Berges étroites
Forts vents
Profondeur insuffisante du lac
Image
Site peu visible et peu connu

Les contraintes identifiées par les citoyens se regroupent sous deux thématiques principales qui ont pour conséquence une perte de l'usage du réservoir (*Groupe Rousseau Lefebvre, 2013*).

Problématiques et conséquences identifiées par les participants de l'atelier de réflexion



Outre l'envasement et l'eutrophisation du réservoir, une première rencontre agricole tenue en janvier 2013 a permis de prendre la mesure des inquiétudes des producteurs agricoles du bassin versant. L'érosion des berges et les forts débits sont des préoccupations importantes rapportées par les citoyens lorsque la rivière Bulstrode est mentionnée.

Globalement, trois problématiques majeures ressortent des discussions et se devinent dans le portrait exhaustif qui réunit toutes les connaissances sur le bassin versant du réservoir Beaudet :

- Envasement du réservoir,
- Érosion des berges,
- Mauvaise qualité de l'eau.

La section suivante décortique les causes et effets liés aux problématiques identifiées. Ces résultats proviennent d'une analyse dont le modèle conceptuel apparaît en Annexe 1. Ce modèle reproduit les diverses interactions entre les causes des problématiques et les conséquences observées dans le bassin versant du réservoir Beaudet. Au fil de l'analyse, certains liens anticipés se sont révélés faux. L'Annexe 2 offre le résultat final de l'analyse.

Les enjeux fournis sont issus des recommandations du Regroupement des organismes de bassins versants du Québec (ROBVQ) qui répertorient les enjeux de l'eau en six catégories. Les orientations servent ensuite à répondre à la situation et aux conséquences identifiées dans ce document, mais ne visent pas le remplacement d'une véritable concertation des acteurs de l'eau concernés par les problématiques rencontrées au réservoir Beaudet. Les orientations serviront de matériel de base à la concertation future entourant le réservoir et son bassin versant.

3. Envasement du réservoir

3.1. Nature de la problématique ¹

Des signes d'envasement sont visibles au réservoir Beaudet depuis de nombreuses années. La prolifération de plantes aquatiques et d'algues démontre la faible profondeur du réservoir dans de nombreux secteurs.



Vue de la rive sud du réservoir Beaudet (12 août 2013)

Le remplissage par les sédiments d'un réservoir est un phénomène très connu. En effet, un réservoir constitue une zone de faible courant qui favorise le dépôt des particules fines en suspension dans l'eau.

« La régulation des cours d'eau peut influencer sur le régime de sédimentation du fait de la rétention de matériaux dans le réservoir et des modifications des processus d'érosion et de déposition en aval. La durée de vie utile des réservoirs est raccourcie lorsqu'on érige de petits barrages dans des cours d'eau dont la charge de sédiments est importante. »

Prowse et coll, 2004

Avant la création du réservoir Beaudet en 1977, des études ont été réalisées afin de déterminer les effets du décapage de la végétation avant l'inondation sur la qualité de l'eau du futur réservoir (Campbell et coll, 1976). L'envasement dû à l'activité biologique était déjà à cette époque un phénomène anticipé pour le réservoir ainsi créé. Les quelques recommandations de l'encadré 2 sont issues des résultats de cette étude.

¹ Rf. Section 2.7.2 du Portrait du réservoir Beaudet et de son bassin versant

Encadré 2: Recommandations de Campbell et collaborateurs sur les caractéristiques nécessaires de bon fonctionnement du futur réservoir

Recommandations minimales pour assurer l'approvisionnement de la ville de Victoriaville

- ~ Profondeur moyenne minimum de deux mètres pour ralentir la transformation du réservoir en marécage
- ~ Éliminer la végétation dans la cuvette pour atténuer la demande benthique en oxygène
- ~ Aérer à l'aide d'un équipement adéquat les zones non décapées
- ~ Instaurer une politique de contrôle des déchets agricoles
- ~ Élaborer un programme de lutte contre les algues microscopiques nuisibles.

Recommandations supplémentaires pour assurer la multifonctionnalité du réservoir

- ~ Assurer une pente uniforme et aussi raide que possible (3:1) pour réduire la superficie soumise aux fluctuations saisonnières des niveaux d'eau
- ~ Fournir la profondeur minimum de deux mètres et la circulation du courant dans la partie sud-ouest
- ~ Favoriser la présence d'espèces piscicoles migratrices et envisager l'ensemencement

Au fil des ans, de nombreuses études sur l'évolution du réservoir ont permis d'assurer un certain suivi de la sédimentation (Desrochers, 1979; Roche, 1994; HBA Environnement 2003). En 2003, une caractérisation des sédiments a été effectuée pour connaître la nature des sédiments. Selon David et Bergeron, la couche de surface du lit du réservoir se compose de silt sableux avec des traces de gravier entre 30 centimètres et trois mètres. Cette couche devient progressivement du sable plus grossier. Les couches de silt sableux et de sable fin sont en majorité peu compactes et reposent sur un dépôt morainique. Le roc affleure encore à certains endroits ou se trouve sous le dépôt morainique lorsqu'atteint lors des forages de 2004.

La trame lâche des sédiments est un facteur important à considérer dans l'éventualité de travaux dans le réservoir. Suzanne et ses collaborateurs relatent des vidanges de réservoirs similaires qui mettent en cause la faible compacité des sédiments lorsque des crues inattendues ont emporté en aval les sédiments réaménagés (Suzanne et collaborateurs, 1993). Dans des cas semblables, Suzanne suggère une caractérisation rhéologique des sédiments, c'est-à-dire une étude du comportement des types de sédiments (seuil de cisaillement, viscosité) afin de déterminer les paramètres techniques propres aux sédiments du réservoir (Suzanne et coll. 1993).

Selon les différentes données disponibles, le tableau 1 offre une estimation de la perte de capacité du réservoir Beaudet entre 1979 et 2003. Entre 1979 et 1994, la profondeur moyenne est passée de 2,45 à 1,76 mètre. À la lumière de ces chiffres, le réservoir Beaudet aurait perdu 33% de sa capacité d'origine en 2003. Ce résultat sous-estime la perte de capacité puisque dix années se sont écoulées depuis la dernière caractérisation².

Tableau 1:Données sur l'évolution de la capacité de rétention du réservoir Beaudet

Années	1979	1995	2003
Volume du réservoir	1,70 x 10 ⁶ m ³	1,215x10 ⁶ m ³	1,134x10 ⁶ m ³
Taux de perte de capacité		30312 m ³ /an	8900m ³ /an
Pourcentage de perte de capacité		28%	6%

Un fait important est observable : le taux est beaucoup plus faible durant la deuxième période étudiée. Prowse et ses collaborateurs rapportent que des modifications radicales du régime de sédimentation ont lieu suivant les premières années de régulation du débit. Le type de régulation, la forme et la composition du chenal et la vitesse d'ajustement de la végétation déterminent le temps nécessaire à l'établissement d'un nouvel équilibre du réseau. La diminution du taux d'évolution de la capacité entre 1995 et 2003 est un indice de la stabilisation du système de régulation du débit barrage Beaudet/réservoir Beaudet/rivière Bulstrode. Une nouvelle évaluation de la capacité permettrait de confirmer la stabilisation du régime de sédimentation.

² Ce calcul est à titre indicatif, car il réunit plusieurs études dont les méthodes de calcul du volume du réservoir n'ont pas été détaillées. Il se peut donc que cette estimation se base sur des calculs différents selon les années.

3.2. Causes de la problématique

La sédimentation se présente sous deux formes : la sédimentation autochtone et allochtone. La sédimentation allochtone provient des apports de la rivière Bulstrode, tandis que la sédimentation autochtone résulte des interactions biologiques (biogène) qui prennent place dans le réservoir Beaudet (Maleval et Jigorel, 2002).

En raison de la nature très agricole du tiers du bassin versant et de la zone urbaine qui borde le réservoir, ce dernier subit l'influence de trois sources de sédimentation. Les sédiments en provenance du bassin versant, des systèmes de gestion des eaux pluviales urbaines et routières ainsi que de ses propres interactions biologiques qui contribuent à l'envasement du réservoir.

L'analyse des données de matières en suspension prises en aval et en amont du réservoir en 2013 révèle que 69% des données prises en aval (barrage) s'explique par les données de l'amont de la rivière Bulstrode (passerelle) (Annexe 3a). Bien qu'échelonnés sur une seule saison, les échantillons démontrent que les sédiments ne sont pas seulement en provenance de la rivière Bulstrode, mais proviennent dans une certaine proportion du territoire immédiat du réservoir (réseaux pluviaux et routiers) et de la rivière L'Abbé.

Sédimentation en provenance du bassin versant³

La part des sédiments qui provient de la rivière a pour origine le secteur central qui comporte de nombreux méandres (figure 1). Selon la firme Polygéo, les volumes de matériaux fournis annuellement par ce segment à la rivière seraient de l'ordre de 7 000 m³, évalués sur une échelle de 45 années (Duhamel et Bariteau, 2012). L'érosion de ces secteurs produit des sédiments de nature silteuse et sableuse avec des traces d'argile et de gravier. La fraction silto-argileuse des sédiments n'est pas captée par le barrage de Princeville au contraire d'une partie de la fraction plus grossière des sédiments. En raison de leur finesse, les particules de silt et de sable fin sont en mesure d'atteindre la zone de faible courant du réservoir Beaudet et de s'y déposer (Duhamel et Bariteau, 2012) (figure 1).

Une étude des sédiments du **substrat** du réservoir Beaudet réalisée en 2003 corrobore la nature des sédiments en provenance du segment central. En effet, cette étude rapporte des dépôts de nature silto-sableuse qui évoluent vers des matériaux plus grossiers tels que du sable plus grossier et du gravier (David et Bergeron, 2004). D'une épaisseur moyenne de 1,2 m, les dépôts de silt et de sable fin se retrouvent hors de l'ancien chenal de la rivière qui subsiste dans le réservoir comme chemin préférentiel du courant. Selon ces mêmes données, le roc se situe à une moyenne de 4,5 mètres sous la surface du lit (figure2).

³ Cette section fait référence à la section 3.3 du Portrait final du réservoir Beaudet (Couture, 2013d) (réf. : Section 3.3)

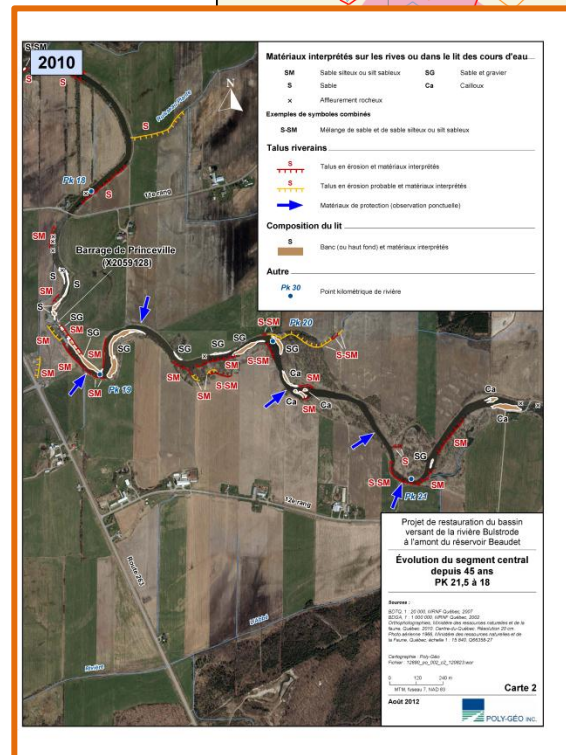
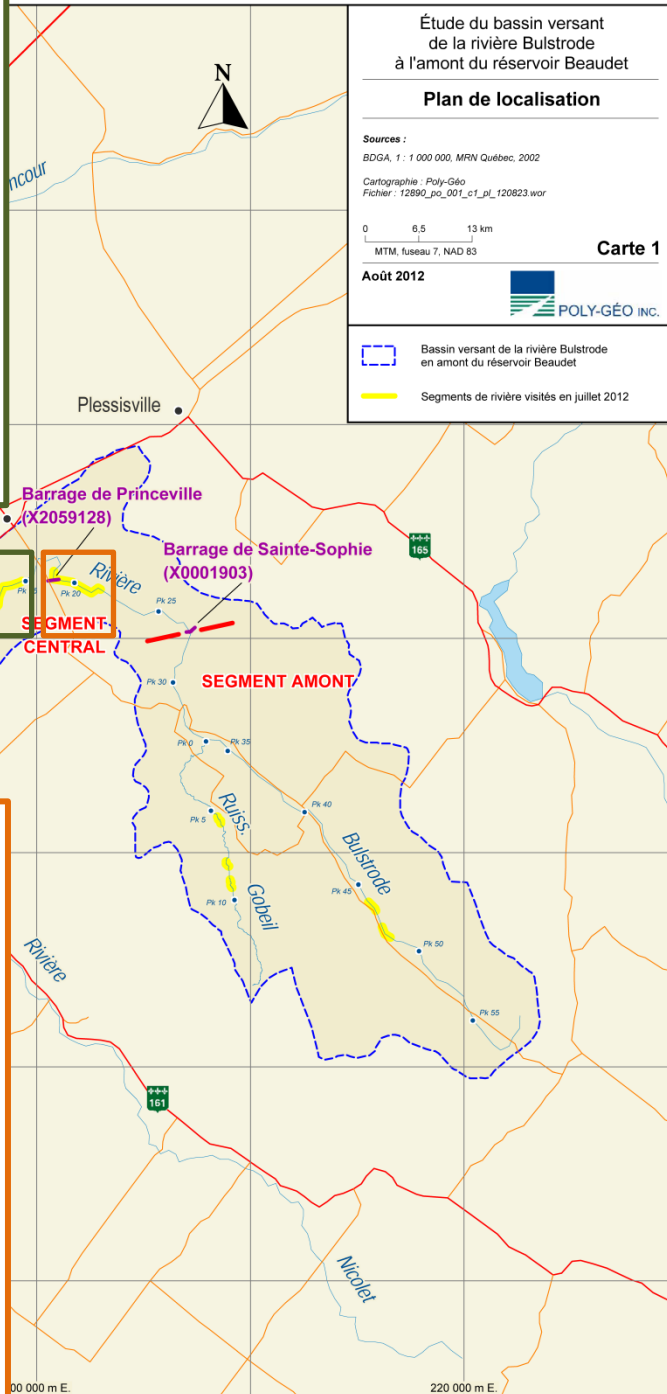
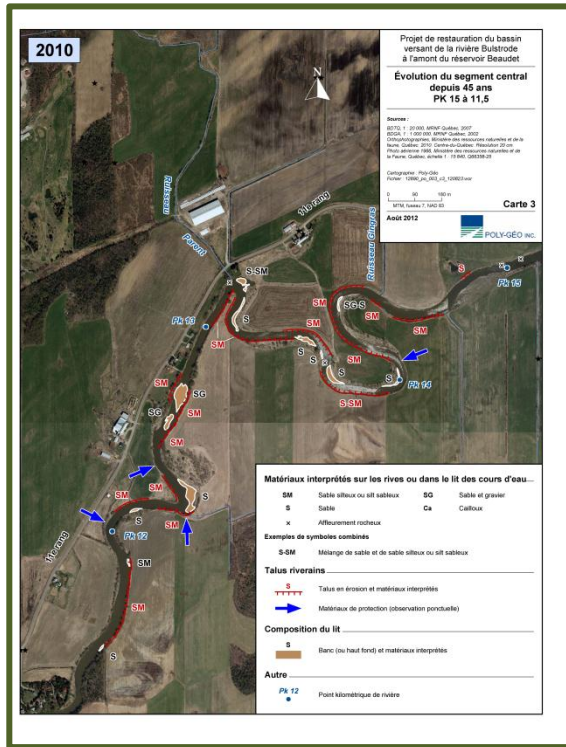


Figure 1: Localisation des deux segments centraux qui subissent une érosion importante

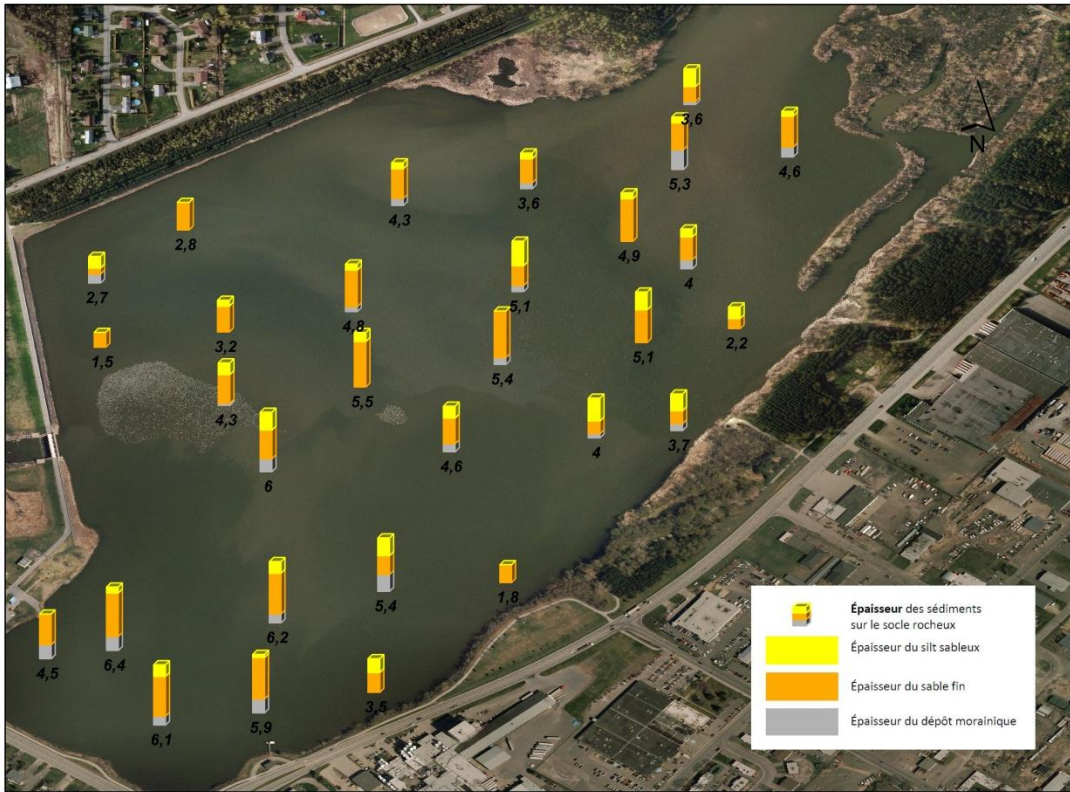


Figure 2: Évaluation de l'épaisseur des différents types de sédiments

Bien que l'érosion des berges soit identifiée comme principale source d'apport en sédiment, l'érosion des sols est également une source non négligeable de sédiments fins. Une identification des traces d'érosion menée par l'Agence de géomatique du Centre-du-Québec permet d'analyser les types d'érosion dans la partie aval du bassin du réservoir Beaudet, située entre le réservoir et Sainte-Sophie d'Halifax (figure 3).

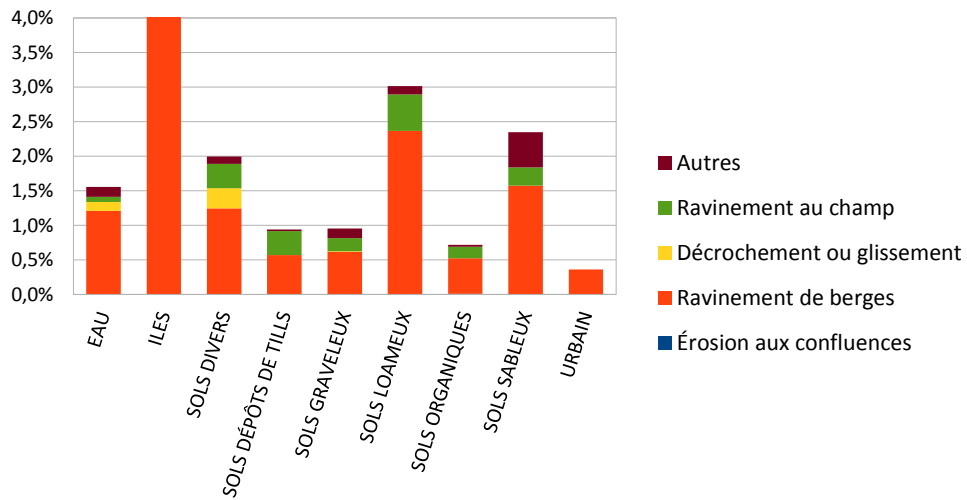


Figure 3: Pourcentage des types d'érosion selon la texture des sols

Indépendamment de la superficie des différents types de sol du bassin versant, une analyse des données de l'Agence permet de constater que les sols loameux (ou silteux) sont les sols les plus susceptibles à l'érosion⁴ (Figure 4). Ces résultats concordent avec la nature des sédiments retrouvés dans le réservoir Beaudet.

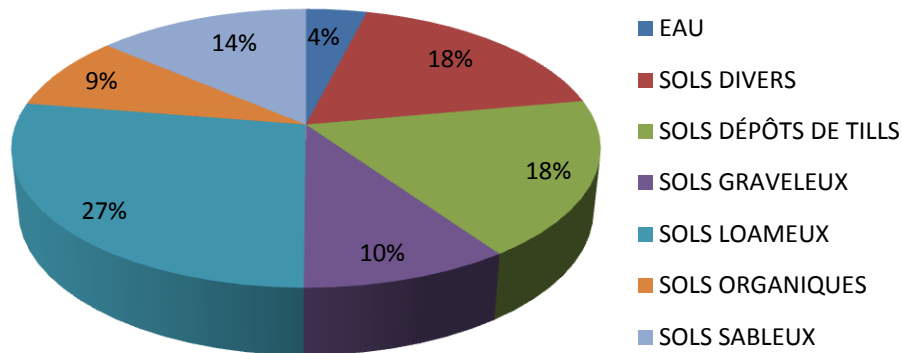


Figure 4: Ravinements en champs selon les différents types de sols

Sédimentation en provenance des réseaux pluviaux municipaux et routiers

Un portrait des sources de contamination réalisé en 2013 a relevé l'influence des infrastructures de gestion des eaux pluviales en milieu urbain sur l'eau du réservoir Beaudet (Couture, 2013a). Bien qu'aucune étude n'en établisse l'importance, il est logique de penser que des sédiments lessivés par les eaux de pluie parviennent au réservoir ainsi que le sable abrasif utilisé durant l'hiver.

Le Guide de gestion des eaux pluviales du MDDEFP rapporte que la plus grande partie des matières en suspension en eau de ruissellement urbain sont des particules fines d'un diamètre compris entre 30 et 40 μm . La masse des matières en suspension est composée entre 70 % à 80 % de particules dont la taille est inférieure à 100 μm (Rivard, 2010).

Une recherche auprès du ministère des Transports, autorité responsable des deux routes les plus affluentes en bordure du réservoir (route de la Grande-Ligne (162) et boulevard Pierre-Roux (122)) révèlent des taux d'épandage de 23 tonnes de sel par kilomètre et de 25 tonnes d'abrasifs (sables) par kilomètre⁵. La dimension des abrasifs utilisés se situe entre 80 μm et 5 mm (Desrochers, comm. pers. 2013). Bien qu'un balayage soit fait fréquemment en zone urbaine, il y a tout lieu de croire qu'une quantité appréciable d'abrasifs atteint les tributaires et la rivière Bulstrode via le réseau routier du bassin versant.

⁴ Les données obtenues par l'Agence n'avaient pas été validées sur le terrain au moment de la rédaction du diagnostic. De plus, les données sur les îles ont été retirées de l'analyse, car les îles ou bancs de sable font partie intégrante du **régime sédimentologique** naturel d'un cours d'eau.

⁵ Cette moyenne est établie sur cinq ans afin d'uniformiser les taux indépendamment des conditions hivernales annuelles.

Sédimentation due à l'activité biologique du réservoir

Les caractérisations passées, effectuées dans le réservoir Beaudet, ne permettent pas de distinguer la proportion des sédiments qui proviennent de l'amont du bassin versant et ceux qui sont créés par l'activité biologique du réservoir. Certaines études menées sur des réservoirs artificiels démontrent que la nature fortement **biogène** des accumulations de sédiments en réservoir n'est pas à négliger (Maleval et Jigorel).



Ce fait est particulièrement intéressant pour le réservoir Beaudet en raison de ses caractéristiques très eutrophes. L'eutrophisation du réservoir Beaudet est en effet visible par la prolifération importante de plantes aquatiques et d'algues.

Ces végétaux aquatiques meurent et se déposent sur le substrat en automne. En conditions eutrophes, le manque d'oxygène induit un taux très faible de décomposition par les microorganismes et la matière organique peu dégradée s'accumule et contribue à l'envasement accéléré du réservoir.

Un rapport produit en 1997, qui visait à étudier l'évolution du réservoir suite à sa mise en eau, rapporte que les profondeurs recommandées par Campbell et coll. n'ont pas été appliquées puisque la profondeur moyenne suite aux travaux est évaluée entre 1,2 et 1,8 mètre. Ces auteurs ne recommandaient pas la vidange initiale proposée par l'équipe de Campbell lors de la conception d'un réservoir (Bergeron et Bourassa, 1977). Cette vidange n'a donc pas été entreprise, ce qui s'est soldé en un réservoir qui ne respectait pas la profondeur moyenne de deux mètres des plans initiaux. Ce facteur mettait ainsi en place les conditions idéales pour l'eutrophisation présente du réservoir et par le fait même, la formation d'une forte biomasse qui contribue à l'envasement du réservoir. Bien que de nombreuses études prônent des actions pour contrer l'eutrophisation du réservoir, on ignore toutefois la contribution exacte de ces sédiments **biogènes** à la sédimentation totale dans le réservoir (Prowse et coll, 1976; Blanchette et coll, 1983; Vézina et coll, 1995). Une étude sédimentologique serait à propos afin de déterminer l'ampleur exacte de la contribution passée et actuelle de l'activité biologique du réservoir versus la sédimentation en provenance du bassin versant.

Une revue de littérature sur l'impact des oiseaux migrateurs sur les plans d'eau soulève le potentiel de contribution des fèces à la sédimentation dans le réservoir (Couture, 2013c). Toutefois, bien que la littérature scientifique nie l'impact important des oiseaux migrateurs sur la qualité de l'eau, elle ne comprend pas encore de travaux sur leur contribution aux sédiments. Une étude sur le sujet permettrait de résoudre les craintes formulées par la population quant à la présence des oiseaux migrateurs sur un réservoir destiné à la consommation d'eau potable (Houle, 2013).

3.3. Conséquences

L'envasement du réservoir se poursuit et le phénomène d'eutrophisation s'accélère. Le réservoir correspond progressivement à un écosystème de marais. La perte de profondeur entraîne de nombreuses conséquences qui influencent grandement les différents usages du réservoir et du réseau hydrographique.

Approvisionnement en eau

La fonction et la raison d'être du réservoir sont l'approvisionnement en eau potable de la ville de Victoriaville. La retenue d'eau bâtie en 1976 servait à rendre davantage disponible la ressource en eau de la rivière Bulstrode à des fins d'approvisionnement.

En effet, ce rôle est primordial pour la population de la ville, puisque le réservoir est la seule source d'eau à proximité qui peut supporter une augmentation de la consommation en eau. En effet, les deux puits (Arthabaska et Victo) qui servent à l'approvisionnement en eau de la ville sont actuellement utilisés au maximum de leur capacité en raison du faible coût de traitement de l'eau souterraine (Houle, comm. pers, 2012). Malgré une étude géophysique qui révélait quelques sources potentielles d'eau douce souterraine (Moussawi, 1986), les recherches effectuées sur le territoire de Victoriaville n'ont pas permis de trouver une source avec une quantité suffisante en eau souterraine pour servir à l'approvisionnement de la ville (Cyr, 2013 et Houle, 2012).

Le bilan hydrique révèle que sur une période de 37 ans, l'usine de traitement Hamel a puisé durant une seule période de 30 jours davantage que le débit moyen du réservoir (Couture et Mongrain 2013). Toutefois, la perte de capacité du réservoir inquiète puisque la population de la ville de Victoriaville est en croissance et qu'une baisse des débits moyens de l'eau de la rivière est constatée.

Des mesures d'économie d'eau potable ont été mises en place à partir de 1995 par la ville. Tant au niveau des citoyens qu'au niveau opérationnel, ces mesures se sont révélées efficaces puisqu'une baisse de la consommation en eau potable en provenance du réservoir est observable depuis 10 ans, et ce, malgré l'augmentation de la population (Figure 5).

Comme le révèle *l'Évaluation de l'efficacité des mesures de réduction de consommation d'eau mises en place au cours des dernières années par la ville de Victoriaville*, des mesures restent à instaurer afin de minimiser la consommation de l'eau par les citoyens et institutions de la ville (Couture, 2013b). La perte de la capacité de rétention du réservoir n'est donc pas un problème immédiat pour assurer la quantité d'eau nécessaire à l'approvisionnement de la ville, mais constitue une problématique à moyen terme dans un scénario d'augmentation de la population.

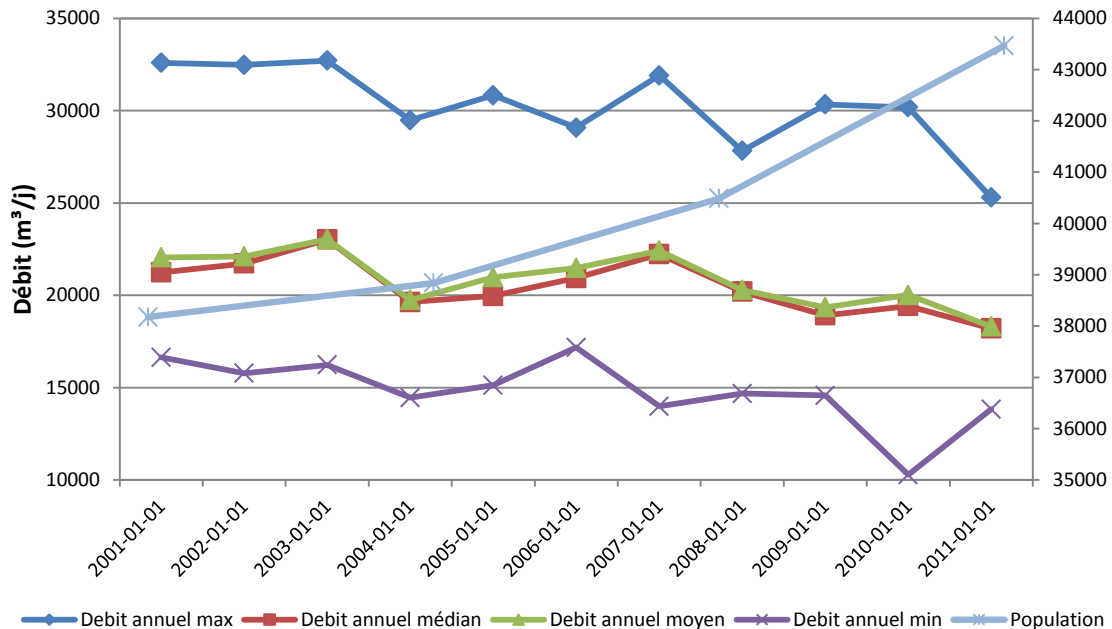


Figure 5: Consommation totale de la ville de Victoriaville versus l'évolution de la population entre 2001 et 2011

Usages récréatifs

Une consultation a prouvé hors de tout doute le peu d'attrait que le réservoir comporte pour les activités nautiques (Groupe Rousseau Lefebvre, 2013). En effet, les plantes aquatiques et les bancs de sable présents dans le réservoir ont été cités comme causes du manque d'attrait récréatif du réservoir.

Toutefois, une étude préliminaire réalisée en 1977 permet de constater que les travaux qui ont mené au réservoir Beaudet visaient strictement l'usage de l'approvisionnement en eau potable et non un réservoir à des fins multiples (Bergeron et Bourassa 1977).

Le rapport issu de la consultation révèle l'attente de la population afin d'améliorer l'accès à l'eau. En effet, l'achèvement du parcours piétonnier et cyclable du parc Beaudet par une passerelle et la construction du pavillon de service ont permis l'appropriation du réservoir par la population de la ville. Un projet d'amélioration de la capacité de rétention offre des opportunités pour augmenter l'offre en activités récréatives du réservoir. Un gain de profondeur permettrait l'utilisation du réservoir pour des activités nautiques et des embarcations non motorisées. De plus, bien que la qualité de l'eau ne permette pas la baignade, les participants ont tout de même formulé des demandes d'accès à une aire de baignade, voire même la création d'une plage (Groupe Rousseau et Lefebvre, 2013).

Gestion du barrage

Des communications avec les intervenants du Centre d'expertise hydrique (CEHQ), gestionnaire du barrage, ainsi que le plan de gestion du barrage, révèlent la difficulté d'opération et de gestion du réservoir. Selon ces sources, puisque le barrage ne sert qu'au maintien d'un plan d'eau stable pour assurer la réserve d'eau de la ville, il ne peut retenir les crues d'importance. Cela oblige une surveillance quotidienne de l'équipe du Centre d'expertise hydrique. En période de crue, des risques d'inondation existent pour les secteurs en aval (Tremblay, comm.pers, 2013 et Clavet 2008).

Toutefois, après analyse de l'équipe du Centre d'expertise hydrique, la variation de la quantité de sédiments emmagasinés en amont du barrage n'a pas d'influence sur la gestion. En raison de la configuration du barrage qui possède des vannes déversantes, c'est la partie supérieure qui se situe entre le niveau normal d'exploitation (128.80 m) et le niveau max d'exploitation (130.3 m) qui sert au laminage des crues. Quant à lui, l'envasement du réservoir affecte la partie inférieure. La gestion ne risque d'être troublée que si c'est la partie supérieure qui est affectée par la sédimentation. Selon l'équipe du CEHQ, cette condition ne comporte aucun risque à court, moyen ou long terme pour le réservoir Beaudet (Tremblay, comm. pers. 2013).



3.4. Détermination des enjeux

À la lumière des trois usages présentés dans cette section, l'approvisionnement en eau potable est la préoccupation qui semble la plus immédiate. Cette préoccupation n'est toutefois qu'à moyen terme puisqu'une analyse du régime hydrique révèle que sur 37 ans, le débit du réservoir n'a été déficitaire qu'un seul mois (Mongrain et Couture, 2013). De plus, une étude des mesures d'économie entreprises par la ville de Victoriaville et ses citoyens démontre une diminution de la consommation de l'eau du réservoir malgré une hausse de la population et établit qu'il est encore possible d'accroître les mesures de réduction de la consommation d'eau.

C'est en situation d'urgence qu'il convient de s'interroger sur la capacité du réservoir à retenir l'eau. Actuellement, il est évalué que le puits Victo approvisionne 50% de la demande en eau du secteur Victoriaville⁶ à plein rendement. En cas d'impossibilité momentanée ou non d'exploiter le puits, la demande au réservoir s'en trouve doublée. On obtient un taux de prélèvement maximum de 0,41m³/s qui révèle un surpompage en période d'étiage (figure 6)⁷. Les périodes d'étiage et les années particulièrement sèches telles que 2012 sont des périodes critiques advenant une situation d'urgence⁸. Les éléments de la future Stratégie de protection et de conservation des sources destinées à l'approvisionnement des eaux préconisent des plans d'urgence en prévision de situations similaires au précédent scénario (Couture 2013c).

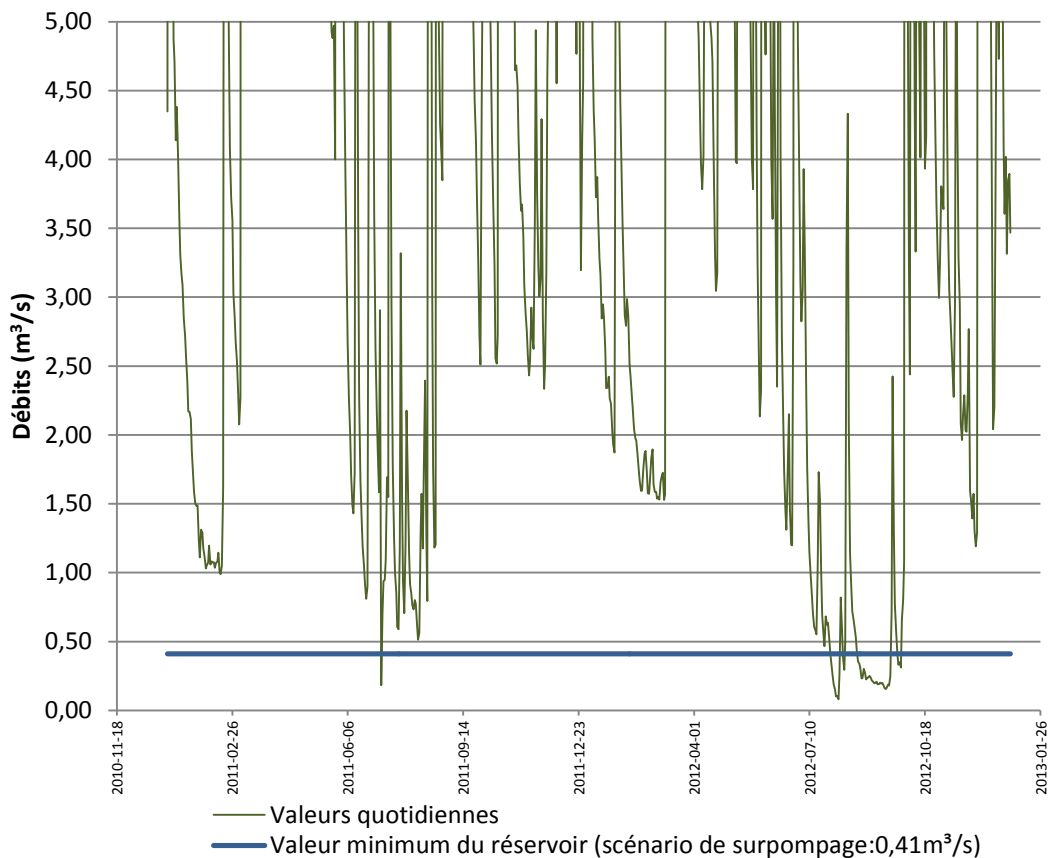


Figure 6: Débits quotidiens enregistrés en aval du réservoir versus le débit de prélèvement maximal estimé de l'usine Hamel

⁶ Le réseau d'approvisionnement en eau potable de la ville de Victoriaville comporte deux sections. Celle dite d'Arthabaska est séparée de celle de Victoriaville et est indépendante par un approvisionnement au puits d'Arthabaska. Lorsque le secteur Victoriaville est mentionné, ce dénominateur correspond à la partie de la ville qui est approvisionnée par le puits Victo et le réservoir.

⁷ Le barrage étant géré comme un élargissement de la rivière, les données obtenues à la station 030106 en aval suivent de près le débit réel en amont.

⁸ Ce scénario ne tient pas compte d'une éventuelle augmentation du pompage par la ville de Princeville qui s'approvisionne aussi dans la nappe phréatique de la rivière Bulstrode. Cette augmentation est peu probable à court terme, car la population de la ville de Princeville est relativement stable depuis 2001. À titre indicatif, la ville de Princeville puise 3483 m³ par jour (Cyr 2013).

Des recherches dans les archives révèlent que le réservoir a été créé uniquement à des fins d'eau potable et que les usages récréatifs n'ont pas fait partie prenante des considérations lors de sa conception (Bergeron et Bourassa 1977). Toutefois, l'exercice de consultation mené par le Groupe Rousseau Lefebvre révèle l'importance grandissante que la population et l'administration municipale donnent au caractère récréatif du réservoir Beaudet, seul plan d'eau d'importance de Victoriaville. Une réflexion doit donc être menée afin de déterminer l'importance des usages récréatifs dans de futurs travaux d'amélioration du réservoir Beaudet. Bien que moins nécessaire que l'approvisionnement en eau, les usages récréatifs s'avèrent d'une importance majeure puisqu'ils assurent la prise en compte d'aspects sociaux et environnementaux nécessaires à la création d'un projet de développement durable.

Comme le révèlent les discussions avec le CEHQ, l'envasement du réservoir n'influence pas la gestion et la capacité de rétention du barrage.

L'enjeu principal de la problématique de l'envasement du réservoir Beaudet est un enjeu de quantité. Advenant une concertation favorable, l'enjeu d'accessibilité serait l'enjeu secondaire proposé.



4. Forte concentration de nutriments (phosphore, nitrate) et de coliformes dans l'eau

4.1. Nature de la problématique

L'eau brute du réservoir Beaudet est de mauvaise qualité. Le portrait répertorie plus en détail les données de qualité de l'eau entre 2001 et 2011⁹.



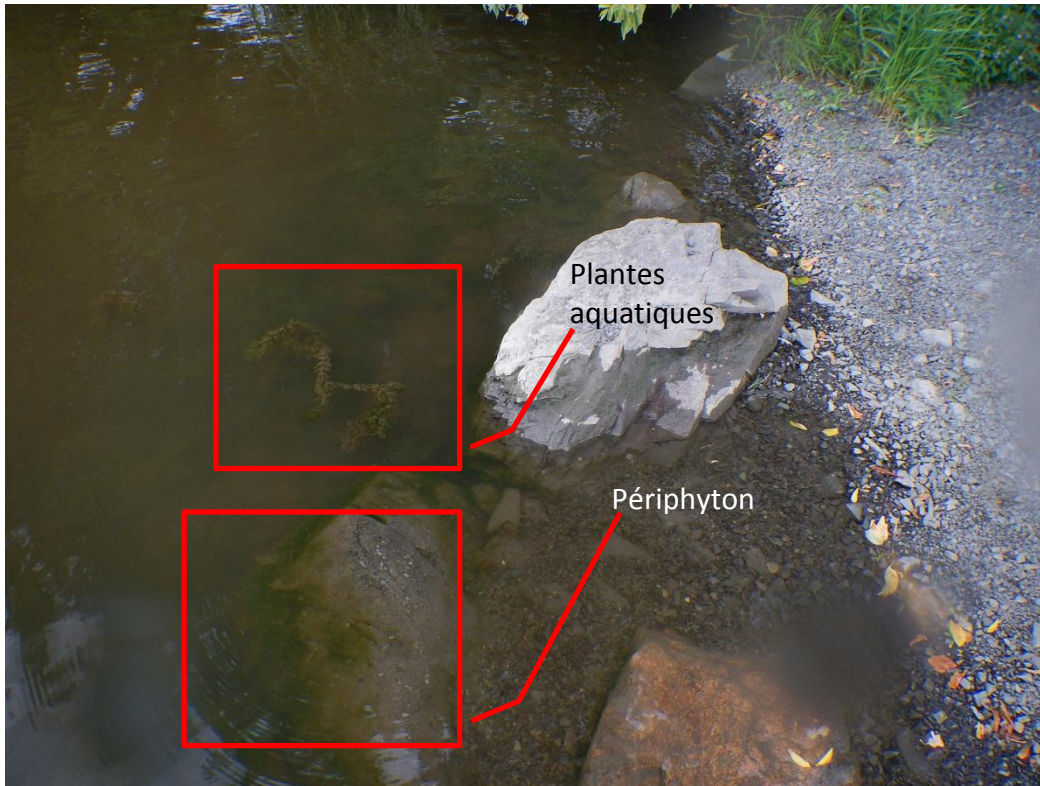
Vue du substrat du réservoir Beaudet (12 août 2013)

Les concentrations de nitrites et de nitrates, de phosphore et de coliformes fécaux sont les concentrations les plus élevées des paramètres physico-chimiques recueillis au réservoir. Ce sont des indicateurs révélateurs de la qualité du réservoir. Les données saisies à la prise d'eau de la ville sur une période de 10 ans permettent de constater des tendances annuelles pour les nitrites et nitrates ainsi que pour les coliformes fécaux.

Nitrites et nitrates

Une relation cyclique annuelle issue du portrait est observable à l'annexe 3a. La tendance des ions nitrites (NO_2^-) et nitrates (NO_3^-) indique une diminution importante des ions d'azote durant la période d'étiage estival et de fortes concentrations en période hivernale. Cette cyclicité s'explique par la prolifération des plantes aquatiques et du périphyton durant l'été et leur disparition durant l'hiver. En effet, les plantes aquatiques et les algues nécessitent des quantités appréciables de nitrates pour croître et peuvent jouer un rôle épurateur sur l'eau du réservoir durant la période estivale.

⁹ réf. 2.7.5



Identification de périphyton et de plantes aquatiques (12 août 2013)

La norme maximale de nitrites et de nitrates pour l'eau potable est de 10 mg/L, mais est fixée pour la protection de la vie aquatique à 2,9 mg/L. La norme de 10 mg/L n'a jamais été atteinte durant la période 2001 à 2010. Toutefois, la norme de 2,9mg/L est dépassée à des taux annuels moyens et médians de 33%.

Coliformes fécaux

La présence de coliformes fécaux indique une pollution d'origine fécale. Cette pollution fécale peut être tant d'origine humaine qu'animale. L'analyse des données démontre une cyclicité à la hausse en été et une tendance nulle en hiver (Annexe 3b). Une analyse des données prises durant l'été 2013 à différents endroits du bassin versant démontre la présence d'une pollution directe en absence de précipitations et l'importance de la pollution d'origine diffuse lors de fortes pluies (Annexe 4b).

De nombreux dépassements des normes établies sont observés entre 2001 et 2010. Une moyenne de 43% et une médiane de 0,5 pour les dépassements annuels de la norme fixée à 200 UFC/mL. La norme de 1000UFC/mL, quant à elle, affiche des dépassements annuels moyens et médians de 12%. Ces taux sont très élevés. Les 50% de dépassements interdisent la baignade et les dépassements de plus de 1000 UFC/mL, bien que moins fréquents, empêchent les activités nautiques, la pêche et le canotage, c'est-à-dire des contacts indirects et secondaires.

Des analyses récentes effectuées à différents points dans le bassin versant révèlent que les coliformes ne peuvent provenir en totalité de la rivière Bulstrode. Selon les données de l'été 2013, 66% des coliformes analysés au barrage Beaudet s'expliquent par les valeurs enregistrées en amont à la passerelle située à l'embouchure de la rivière Bulstrode (Annexe 4a). Ce pourcentage est le même que pour les matières en suspension analysées à 69% (Annexe 4b). Bien que les valeurs ne s'étendent que sur une année, ce résultat démontre que le réservoir Beaudet subit des apports en coliformes fécaux et en matières en suspension autres que la rivière Bulstrode.

Phosphore

Il n'est pas possible d'observer une tendance pour les concentrations en phosphore. Toutefois, le phosphore étant le facteur limitant pour la croissance des plantes aquatiques et des algues, le seuil d'eutrophisation, c'est-à-dire le seuil au-delà duquel la croissance des plantes est excessive, est fixé à 0,02mg/L pour les lacs. Selon cette norme, un taux moyen annuel de dépassement du seuil d'eutrophisation de 78% apparaît pour le réservoir Beaudet. Le réservoir Beaudet se révèle particulier puisqu'en temps de crue, sa gestion implique qu'il se comporte comme un élargissement de la rivière. Dans cette situation, le réservoir possède un taux moyen de dépassement de 68% pour un seuil d'eutrophisation en rivière de 0,03mg/L. Ces taux élevés révèlent que peu importe sa gestion, les concentrations de phosphore échantillonnées au réservoir indiquent des conditions plus que propices à l'eutrophisation.

4.2. Causes de la problématique

De forts taux en nutriments et en coliformes sont dus à de nombreuses sources de pollution diffuses et directes dans le bassin versant et au pourtour du réservoir Beaudet (Tableau 2).

Tableau 2: Types de pollution influençant les concentrations de nutriments et de coliformes

Pollution directe	Pollution diffuse
Surverse de la station de pompage Bonaventure	Érosion des sols à nu
Absences ou non-conformité des fosses septiques	Fosses septiques défectueuses
Rejets des réseaux pluviaux	Techniques agricoles (épandage) Sels de voirie

Les différentes sources de pollution sont connues, mais il est extrêmement difficile de quantifier de façon exacte leurs impacts respectifs. Une recherche plus poussée des sources de contamination révèle la part importante que joue l'agriculture sur les taux de nutriments et de coliformes. En effet, l'agriculture est l'activité économique principale de la zone immédiate en aval du réservoir. Toutefois, il ne faut pas sous-estimer le rôle des nombreuses installations septiques non conformes ou inexistantes dans le bassin versant sur les concentrations en azote, en phosphore et en coliformes.

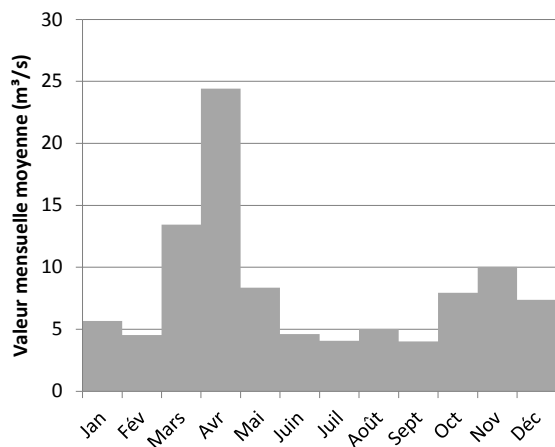


Figure 7: Valeur mensuelle moyenne des débits de la rivière Bulstrode

La cyclicité des concentrations de nitrates et de coliformes fécaux permet de faire correspondre la majorité des contaminants d'origine diffuse. L'augmentation des valeurs au printemps et leurs sommets automnaux indiquent les apports agricoles en coliformes et en nitrate, lorsque les fumiers sont épandus en grande quantité. Ces périodes correspondent à des augmentations de précipitations, comme l'attestent les maxima des débits moyens de la figure 7. En effet, le caractère très soluble des ions azote les corrèle fortement avec les précipitations.

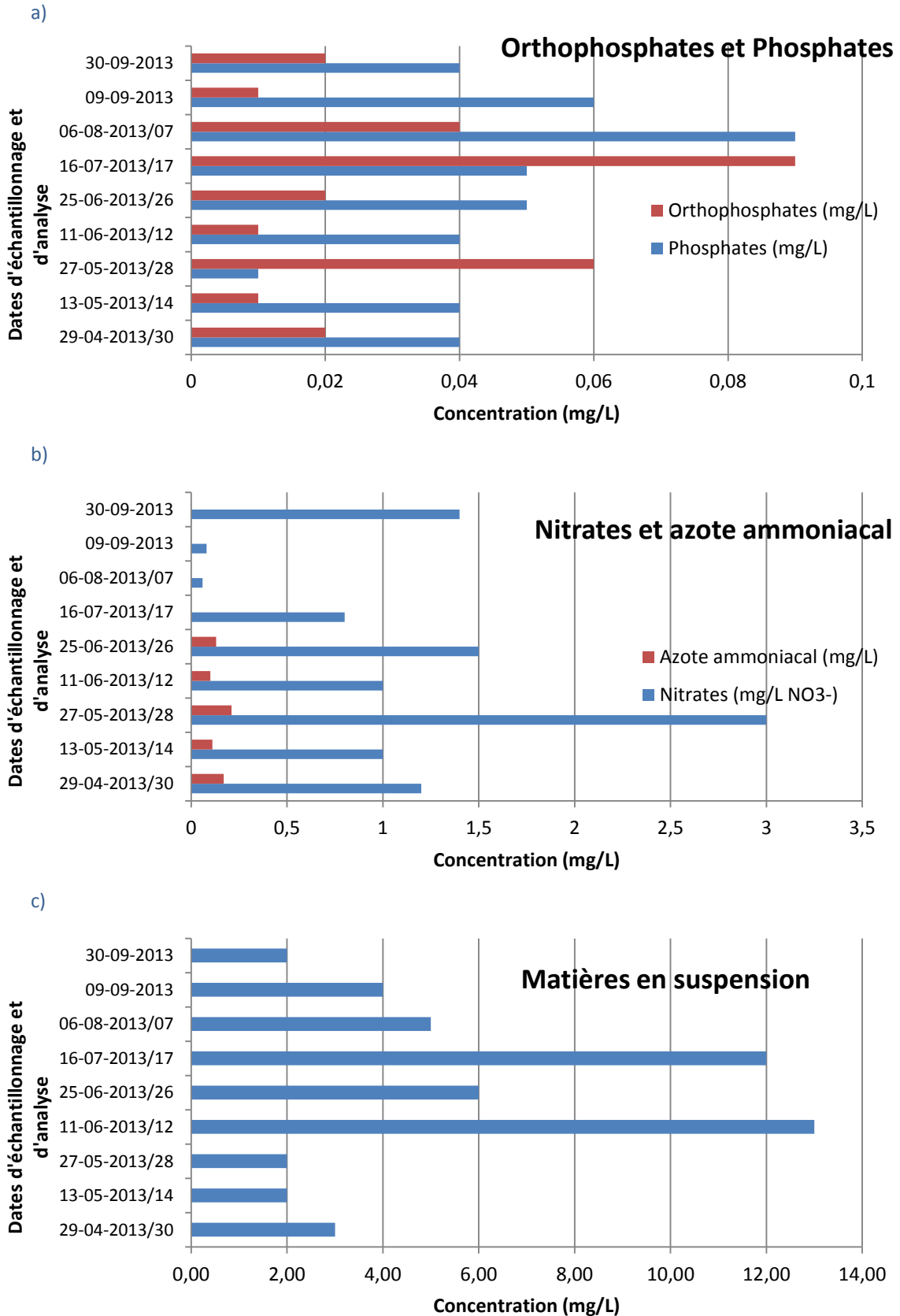
Quant aux faibles valeurs hivernales, elles permettent de constater les pollutions directes et diffuses constantes qui proviennent des fosses septiques non conformes et de possibles inversions de branchement des drains résidentiels avec les drains pluviaux qui déversent à la rivière et au réservoir.

Toutefois, l'analyse de la qualité d'eau à l'embouchure de la rivière Bulstrode et à la sortie du réservoir démontre que le bassin versant de la rivière Bulstrode n'est pas la seule source de contamination fécale. Selon l'état des connaissances actuelles et outre les problématiques connues de traitement des eaux, le bassin versant de la rivière L'Abbé est susceptible d'être une source importante de coliformes, d'azote et de phosphore au réservoir. Un programme d'échantillonnage réalisé par COPERNIC à l'aide d'une trousse d'analyse HACH en 2013 permet de constater une certaine contribution ponctuelle de la rivière L'Abbé au réservoir Beaudet (Figure 8).

Une analyse succincte de ces résultats démontre que les taux de dépassement du phosphore total dans la rivière L'Abbé sont de 89% par rapport à la norme de 0,03mg/L et de 11% pour les nitrates à la norme de 2,9mg/L¹⁰. Bien que les coliformes n'ont pas pu être analysés, l'importance de l'activité agricole dans le bassin versant de la rivière L'Abbé ainsi que la présence de nombreuses habitations non raccordées à un système collecteur fait peser un soupçon sur les coliformes totaux et fécaux présents dans les échantillons.

¹⁰ Bien que les échantillons aient été analysés en laboratoire, cette analyse n'est pas accréditée. Les neuf campagnes d'échantillons en 2013 visaient à obtenir une estimation de la contamination de la rivière L'Abbé et de tributaires de la rivière Nicolet.

Figure 8: Concentrations de phosphores, de nitrates et de matières en suspension de la rivière l'Abbé en 2013



Bien qu'aucune tendance ne soit identifiable pour le phosphore, l'origine agricole de ce nutriment est hors de tout doute comme l'attestent les efforts québécois en agroenvironnement pour réduire le bilan phosphore produit par les exploitations agricoles.

Dans la majorité des cas, les précipitations sont le facteur aggravant de ces pollutions. Elles sont l'agent de lessivage des sols, des pollutions urbaines et autres particules. L'importance des diverses pollutions évolue en fonction des variations de précipitations (Rivard et coll., 2010).

Un autre facteur qui influence l'impact de l'occupation du territoire sur le réservoir concerne les caractéristiques de la bande riveraine. Une absence complète de végétation dans les dix mètres bordant la rivière et le réservoir accroît le risque de contamination puisqu'aucune végétation ne filtre l'eau de ruissellement. La bande riveraine est un facteur capital qui est en mesure d'influer sur la qualité de l'eau de la rivière et par le fait même du réservoir.

La perte de profondeur est également un facteur important. En effet, la lumière peut être un facteur limitant à la croissance des plantes aquatiques. Dès la conception, la profondeur de moins de deux mètres est jugée faible par un rapport faisant état de l'intervention du ministère des Richesses naturelles au réservoir (Bergeron et Bourassa, 1977). Une faible profondeur favorise des températures de l'eau élevées, de faibles taux en oxygène dissous, conditions propices à la prolifération d'algues et de plantes aquatiques.

Les sédiments comportent également de fortes teneurs en phosphore et autres composés, susceptibles d'être relâchés (Annexe 5). Une moyenne de 805 mg/kg est évaluée en 2003. Aucun paramètre de qualité n'existe pour le phosphore. Toutefois à titre comparatif, les sédiments des lacs Saint-François, Saint-Louis et Saint-Pierre comportent des taux respectifs de phosphore de 1100, de 1300 et de 1000 mg/kg (Environnement Canada et MDDEP, 2007).

4.3. Conséquences

Dès la conception du réservoir, des études rapportent les difficultés de l'usine de traitement face à la détérioration de l'eau brute. Au fil des ans, l'usine de traitement Hamel a amélioré son traitement de manière à assurer une qualité optimale de l'eau potable produite. De nombreux prix d'excellence certifient la régularité du service, la qualité supérieure de l'eau par rapport à la réglementation et la recherche d'amélioration constante des opérations (Ville de Victoriaville, 2012 et Réseau Environnement, 2013). La problématique de la mauvaise qualité de l'eau brute du réservoir pose donc surtout un problème, pour l'usine de traitement, de coût de traitement lorsque la turbidité est importante, puisque des ajouts de coagulants doivent être proportionnels à la quantité de matières en suspension.

Il est également reconnu que le stockage dans les retenues telles que les réservoirs entraîne une production supplémentaire de sédiments en raison de l'accumulation des résidus d'algues et de

plantes aquatiques. Ces fortes concentrations de nutriments contribuent ainsi à l'augmentation de la biomasse produite dans le réservoir et constituent une boucle d'amplification de l'envasement, donc de perte de profondeur, problématique discutée dans la section précédente.

Les fréquents dépassements des coliformes fécaux posent un problème certain pour les activités aquatiques au réservoir. Bien qu'il n'y ait aucune baignade, un service de location de canots et kayaks est offert par la ville de Victoriaville. Toutefois, on note un service sans interruption, et ce malgré des taux de coliformes supérieurs à la norme de contact secondaire de plus de 1000 UFC/mL. La consultation du Groupe Rousseau Lefebvre démontre la volonté municipale et citoyenne d'utiliser le réservoir à des fins récréatives (Groupe Rousseau-Lefebvre, 2013).



4.4. Détermination des enjeux

Bien que les conséquences des fortes concentrations en nutriments et contaminants soient mitigées sur les besoins d'une bonne qualité de l'eau du réservoir, un enjeu de qualité est fortement représentatif de la situation. En effet, les impacts de la diminution de la qualité de l'eau brute qui causent une eutrophisation accélérée du réservoir influent fortement sur les enjeux de quantité et d'accessibilité présentés à la section précédente. L'enjeu de qualité doit être traité en parallèle en raison de l'étroite incidence des taux de nitrates et de phosphore sur la dynamique de l'envasement.



5. Forts débits lors de fortes précipitations entraînant des changements géomorphologiques qui causent de l'érosion

5.1. Nature de la problématique

La problématique des forts débits qui causent l'érosion des berges est en partie due à la configuration naturelle du bassin versant du réservoir Beaudet. En effet, les pentes de la vallée glaciaire à l'origine de la rivière Bulstrode contribuent grandement aux forts débits lors des crues printanières et d'évènements pluviaux majeurs. Ces eaux se déversent ensuite dans une zone où les substrats sont facilement érodables et fins.

L'érosion des berges est un phénomène connu par les riverains de la rivière Bulstrode. Selon une analyse de cette rivière, le segment central, identifié à la figure 2, fournit l'essentiel de la charge sédimentaire de la Bulstrode, soit près de 13% des rives. Le recul important des rives concaves des méandres de ce secteur relâche des volumes appréciables de silts et de sables fins avec des traces d'argile et de gravier (Duhamel et Bariteau, 2012a). Dans les secteurs propices à la sédimentation, les méandres et les bancs d'accumulation ont migré de façon importante. Dans les rives concaves, des reculs des talus riverains de l'ordre de 40 à 70 mètres ont été enregistrés alors que des bancs d'accumulation se sont déplacés jusqu'à 50 à 80 mètres vers l'aval depuis 1966 (Duhamel et Bariteau, 2012b).

Les particules sableuses sont d'abord érodées lorsque les courants sont forts et se déposent ensuite dans les secteurs plus larges du chenal de la rivière. Ils seront remis en charge aux crues printanières suivantes et migreront progressivement vers l'aval, jusqu'au réservoir Beaudet. Les particules d'argile et de silt de faibles tailles demeurent en suspension et atteignent le réservoir plus directement (Duhamel et Bariteau, 2012). Une analyse du ruisseau Gobeil, affluent majeur de l'amont de la rivière Bulstrode, démontre sa faible contribution à la charge sédimentaire de la rivière. Étant peu affectées par l'érosion, les rives du ruisseau Gobeil ne contribuent que ponctuellement aux matières en suspension de la rivière Bulstrode. Ce sont les particules les plus fines qui atteignent la rivière Bulstrode et sont susceptibles d'atteindre le réservoir (Duhamel et Bariteau, 2012a).

L'analyse par photo-interprétation entre 1966 et 2010 indique de très faibles changements des berges à l'exception des secteurs à méandres (Figure 2). L'utilisation des terres a très peu changé depuis 1966. Bien que Duhamel et Bariteau affirment que l'érosion observée aux embouchures des tributaires est peu susceptible de contribuer de façon importante à la charge sédimentaire, l'Agence de géomatique du Centre-du-Québec répertorie de nombreuses sources d'érosion en berge le long des tributaires de la rivière Bulstrode. Rappelons que les tributaires

du segment central sont tous redressés sur une partie appréciable de leur parcours et nécessitent de fréquents travaux d'entretien (Ouellet 2011).

Au contraire de l'érosion des sols, les sédiments issus de l'érosion des berges comportent peu de nutriments susceptibles d'enrichir les eaux du réservoir. L'enrichissement du réservoir ne peut s'expliquer par les sédiments en provenance des berges. Ces sédiments contribuent à la matière en suspension qui atteint le réservoir et donc à l'envasement progressif observé, mais n'est pas la seule cause de son eutrophisation.

5.2. Causes de la problématique

Les forts débits en temps de crue et lors du dégel sont en grande partie responsables du dynamisme des berges de la section centrale. De par sa configuration, l'amont du bassin versant offre peu d'occasions de rétention d'eau en période de fortes précipitations. Les fortes pentes n'ont pas favorisé des milieux humides d'importance, qui auraient pu contribuer à la régularisation des débits de la rivière Bulstrode. De plus, le redressement des cours d'eau en milieu agricole a contribué à réduire la rétention de l'eau dans les sous-bassins versants. Le but premier de ces travaux était de favoriser une évacuation plus rapide des eaux de crues et d'éviter la formation d'embâcles responsables des inondations des terres adjacentes.

Il va sans dire que l'impact humain est aussi majeur sur les débits. Dans son diagnostic sur le milieu forestier, l'Agence forestière relate que le drainage a un très fort impact sur la sédimentation, mais n'est pas en mesure d'évaluer l'ampleur de l'impact de cette activité sylvicole à l'échelle du bassin versant. Si cette technique perd en popularité comme l'atteste la fin des subventions forestières pour ces travaux, nul n'est en mesure de déterminer les impacts sur les cours d'eau du drainage des terres forestières des anciens travaux et des travaux actuels tout de même effectués par les propriétaires. L'analyse des travaux forestiers permet l'identification de plusieurs sources d'érosion souvent dues à un manque de connaissances des bonnes pratiques par les propriétaires. Les traverses de cours d'eau sont des sources ponctuelles de sédiments.

Si le drainage et les traverses sont jugés significatifs en milieu forestier, qu'en est-il des activités agricoles similaires? Que ce soit le drainage souterrain ou de surface, cette opération est essentielle aux cultures. Les eaux de ruissellement ainsi recueillies sont directement déversées dans le réseau hydrographique avec les nutriments ou les sédiments qu'elles transportent.

Les quantités d'eau issues des systèmes de drainage urbains sont aussi appréciables puisque l'infiltration y est minimale. En effet, Rivard rapporte des taux généraux de ruissellement de 75% en milieu urbain fortement urbanisé en comparaison des 10% en milieu naturel (figure 9).

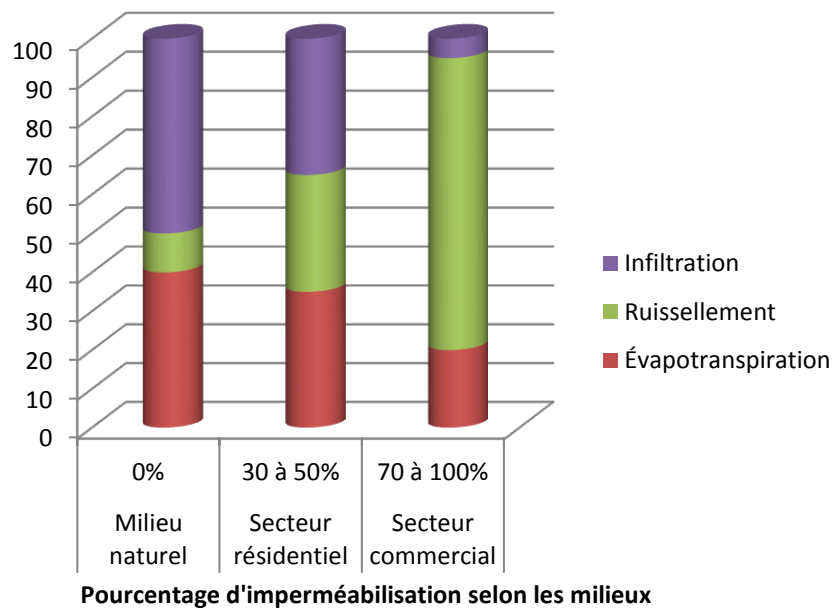


Figure 9: Modification du cycle de l'eau en milieu urbain

Ces quantités d'eau atteignent le réseau hydrographique plus rapidement, ce qui crée des débits plus forts qui affectent la stabilité des berges et sont susceptibles de causer leur érosion.

Outre la fonction d'accentuer la stabilité des berges par le réseau racinaire de sa végétation, une autre fonction des bandes riveraines comprend la rétention de l'eau. La présence de végétation contribue à diminuer la vitesse de l'eau qui atteint le cours d'eau. Un des moyens identifiés par Polygéo pour réduire les risques d'érosion est d'assurer une bande riveraine dans tous les secteurs concaves. Une analyse préliminaire succincte démontre que deux segments de la rivière Bulstrode aux textures de sols différentes comportent une majorité de bandes riveraines de plus de 30 mètres. Toutefois, la situation semble bien différente pour les tributaires en milieu agricole. Une bande minimale est observable qui parfois n'atteint pas le haut du talus et est seulement constituée d'herbacées. Les seules données sur la qualité des bandes riveraines de ces cours d'eau sont retrouvées dans un rapport d'inventaire piscicole qui affirme une absence de bandes riveraines adéquates sur les 150 mètres échantillonnés (Hamel 2012).



*Ruisseau Thibodeau-
Desharnais près de son embouchure*

Associé à une faible bande riveraine et à des systèmes de drainage sans mesure d'atténuation, le redressement des cours d'eau réalisé durant les années 1980 a un effet néfaste sur les berges, car elles subissent de plus forts débits et de plus fortes vitesses d'écoulement lors de crues (Rousseau, 2010). Ces situations sont plus susceptibles d'occasionner des dommages à la berge surtout si cette dernière n'est pas stabilisée par un réseau racinaire fort (Paquette, 2010). Des travaux d'entretien fréquents en raison de la sédimentation du lit sont nécessaires (Ouellet, 2013), car le profil du cours d'eau se stabilise graduellement en reformant des méandres en zone de pente faible. Selon Roy et ses collaborateurs, la modification hydrologique des tributaires, qui peut être causées par des travaux ou d'autres facteurs, affecte les berges du cours d'eau principal. La rivière Bulstrode a subi et subit toujours les contrecoups de ces travaux d'entretien passés et présents.

Des changements de débits sont observables depuis les dix dernières années, ce qui fait craindre une accentuation de l'importance des crues automnales et de la fréquence des événements de précipitations extrêmes (Cyr, 2012). Selon le Centre d'expertise hydrique du Québec, une tendance significative à la hausse de la moyenne des débits est observable pour la rivière Bulstrode entre 1999 et 2008. En effet, la moyenne serait passée de 2,5 m³/s à 3,8 m³/s (Hébert, 2012). De plus, des prévisions indiquent une accentuation de l'étiage estival (Cyr, 2012). De plus, il tient lieu de se préoccuper de l'état du barrage de Sainte-Sophie construit en 1934. Ce dernier trappe les sédiments du segment amont de la rivière, mais il est nécessaire de s'interroger sur la durée de vie utile de l'ouvrage. En absence de vidange, combien de temps le barrage de Sainte-Sophie pourra-t-il trapper les sédiments en provenance de l'amont?

5.3. Conséquences

L'érosion des berges, causée principalement par les forts débits rencontrés dans la rivière Bulstrode, a un impact majeur sur la mise en suspension des sédiments qui sont ensuite transportés au réservoir, comme l'atteste l'équipe de géomorphologues, Polygéo :

«Si on tient compte d'un taux de recul annuel moyen de 1 m au droit des quelque 3 500 m de rives concaves en érosion et d'une hauteur moyenne de 2 m pour les talus riverains, on estime que les volumes de matériaux fournis annuellement à la rivière seraient de l'ordre de 7 000 m³. Considérant que ces matériaux se composent surtout de silt et de sable fin, sédiments facilement mobilisables par les courants, il est fort probable qu'une grande partie de ces matériaux rejoignent le réservoir Beaudet et contribue en grande partie à sa problématique d'ensablement (Duhamel et Bariteau, 2012b).»

En comparant les 7000 m³/an obtenus pour l'érosion des berges et les 8900m³ évalués pour la sédimentation dans le réservoir par HBA Environnement, il est possible de constater de façon

approximative que les berges contribuent à la sédimentation observée en 2003¹¹. Ces matières en suspension induisent ensuite des coûts supplémentaires de traitement à l'usine de traitement de Victoriaville comme le rapporte la section 3 précédente. Une analyse récente des matières en suspension révèle que l'origine de ces dernières est expliquée par une corrélation de 69% entre l'amont et l'aval du réservoir (Annexe 3a). Un suivi dans le temps permettrait de conforter la contribution globale en matières en suspension de la rivière Bulstrode au réservoir de façon plus certaine.

Suite à une consultation des producteurs agricoles du bassin versant, des problématiques d'érosion qui menacent des infrastructures agricoles et des habitations ont été rapportées. Bien que la Sécurité civile n'est pas jugée les cas urgents, l'érosion des berges posent un problème direct de perte de terrains qui pourraient éventuellement nuire à la sécurité des personnes.

5.4. Détermination des enjeux

À l'issue de l'analyse de la problématique de l'érosion des berges, la dynamique fluviale ou dynamique des cours d'eau se révèle le cœur des préoccupations sur l'érosion des berges, puisque cette dernière est principalement soumise aux variations de débits. Ces dernières induisent une réponse géomorphologique des cours d'eau qui en compliquent la gestion.

En raison de l'importance des sédiments générés par l'érosion des berges du segment central accordée par Polygéo sur la sédimentation du réservoir, la dynamique fluviale devient un enjeu prépondérant dans la résolution de l'état du réservoir Beaudet.



¹¹ Ce calcul se base sur deux types de calcul différents effectués à un intervalle de près de 10 ans. Il est cité dans ce document afin de donner un ordre d'importance de la problématique de l'érosion de berge, mais ne constitue pas une variable fiable de la contribution de l'érosion des berges.

6. Conclusion

La revue des causes et conséquences des trois problématiques citées démontre l'interdépendance de ces problématiques entre elles et des facteurs qui les influencent (Annexe 2). Ces trois problématiques se doivent donc d'être corrigées en parallèle afin de bénéficier d'un maximum d'efficacité des mesures.

L'érosion du segment central de la rivière Bulstrode se révèle être le principal contributeur des sédiments du réservoir Beaudet, donc responsable de l'envasement selon Polygéo (Duhamel et Bariteau 2012b). Toutefois, ces sédiments ne peuvent pas être la source principale des nutriments présents au réservoir, ce qui met en perspective la contribution des sources de pollution directes et diffuses de l'agriculture et du milieu municipal aux concentrations en nutriments et en coliformes du réservoir.

Le tableau suivant rappelle les enjeux proposés dans ce document et introduit d'éventuelles orientations (Tableau 4). Ces dernières serviront de base à la discussion et à la priorisation des enjeux entre les acteurs de l'eau, impliqués par la gestion du réservoir et de son bassin versant. En effet, la concertation des acteurs de l'eau, identifiés dans le portrait, est primordiale à toutes actions à entreprendre dans le bassin versant. L'analyse présente démontre que les problématiques et nécessairement les solutions dépassent la simple gestion du réservoir et impliquent les activités de nombreux secteurs dans tout le territoire drainé par la rivière Bulstrode.

Enjeux	Orientations proposées
Dynamique fluviale	<ul style="list-style-type: none">• Gérer les forts débits et écrêter les crues
Quantité	<ul style="list-style-type: none">• Assurer un approvisionnement en eau suffisant• Contre la sédimentation
Qualité	<ul style="list-style-type: none">• Diminuer les facteurs responsables de l'eutrophisation et de la contamination du réservoir
Accessibilité	<ul style="list-style-type: none">• Favoriser l'appropriation du réservoir par les citoyens

Tableau 3: Enjeux et orientations proposées pour la situation du réservoir Beaudet et de son bassin versant

7. Recommandations

L'analyse de la situation passée et présente du réservoir Beaudet et de son bassin versant démontre l'importance d'appliquer une gestion concertée par bassin versant. Cette approche recommandée lors de la conception du réservoir est aujourd'hui primordiale pour atteindre une efficacité des actions et des différentes décisions qui viseront à régler les problématiques citées dans ce document. **La mise en place d'une table de concertation** est la suite logique d'une gestion intégrée.

Bien que le diagnostic soit strictement une analyse des données du Portrait de l'environnement du réservoir Beaudet et de son bassin versant, qui se révèle riche en données, certaines données sont manquantes afin de déterminer le plus efficacement possible les futures actions correctives des problématiques identifiées. Parmi ces lacunes observées, notons :

- Réalisation d'une étude sédimentologique du réservoir Beaudet et d'une caractérisation rhéologique des sédiments du réservoir Beaudet (Suzanne et coll. 1993)
Effectuer une analyse approfondie de la nature et de la qualité des sédiments dans le réservoir
- Évaluation de la capacité actuelle du réservoir
- Détermination de l'indice de qualité des bandes riveraines dans tout le bassin versant du réservoir (Hamel, 2012)
Analyser la largeur et la composition des bandes riveraines
- Élaboration d'un protocole d'échantillonnage et échantillonnage de plus de critères physico-chimiques (Breune et Bibeau, 2012)
Mesurer la concentration en oxygène dissous et les teneurs en matière en suspension
- Caractérisation des milieux humides d'importance
- Comparaison avec l'analyse d'une autre station hydrométrique en amont de la station du réservoir afin de valider les tendances de débits enregistrés (Breune et Bibeau, 2012)

Outre ces données, des lacunes font également défaut au sein de différents suivis :

- Inventaire et suivi de la conformité des installations septiques individuelles par les municipalités
- Évaluation des mesures d'économie d'eau potable (Couture, 2013b)
Quantifier les économies réalisées totales et selon les mesures
Calculer les économies potentielles par de futures mesures à instaurer
- Identification et analyse des rejets du système de drainage urbain (Couture, 2013a)
Évaluer les différents polluants transportés par le réseau pluvial et les mesures d'atténuation à mettre en place

- Détermination de la corrélation entre les coliformes fécaux et la turbidité au réservoir Beaudet afin de développer un indicateur de suivi des activités secondaires permises sur le réservoir.
- Inventaire des travaux agricoles pratiqués qui ont une influence sur le réseau hydrographique (*Drainage, Aménagements hydroagricoles*)
- Prévion de l'impact des quantités puisées par la ville de Princeville
- Évaluation de la durée de vie utile du barrage de Sainte-Sophie-d'Halifax
- Détermination des débits résiduels en fonction des débits prélevés par l'usine de traitement Hamel.
- Réalisation d'une analyse de la vulnérabilité de la prise d'eau qui comprend l'évaluation des risques d'accident liés aux activités anthropiques actuelles et futures
- Tenue d'un registre des évènements naturels, des hausses d'azote ammoniacal et des accidents d'origine anthropique (surverses)

Ces manques de données et de suivis ne compromettent pas la réalisation simultanée d'éventuelles actions. Quelques actions sont ici proposées et sont issues des différents mandats qui ont servi à alimenter la présente analyse.

- Instauration de mesures d'économie d'eau potable dans les institutions et commerces de la ville de Victoriaville (Couture, 2013b);
- Stabilisation des berges concaves où les infrastructures sont menacées par enrochement au bas des talus, adoucissement des pentes et revégétalisation de la partie supérieure des talus (Duhamel et Bariteau, 2012b);
- Délimitation d'une bande riveraine et sensibilisation dans les rives concaves des méandres érodés (Duhamel et Bariteau, 2012b);
- Mise en place d'ouvrages servant à capter la charge sédimentaire (les sables grossiers) (Duhamel et Bariteau, 2012b);
- Gestion différente des sels de voirie à proximité du réservoir en tenant compte de la sensibilité du plan d'eau (Couture, 2013a);
- Élaboration d'un plan d'urgence advenant une contamination ou un déversement majeur aux abords du réservoir (Couture, 2013a);
- Suivi du service de location des kayaks et canots selon la turbidité au réservoir Beaudet (N'Diaye et coll, 2011) pour assurer le respect de la norme de 1000 UFC/100ml;
- Élaboration et mise en place d'un plan de gestion des eaux pluviales en périphérie du réservoir afin d'isoler le réservoir des impacts directs du réseau pluvial (Couture, 2013a);

- Mise en place de mesures pour isoler le dépôt à neige du Parc industriel (Couture, 2013a);
- Vérification des mauvais branchements des secteurs résidentiels dont le réseau pluvial est directement connecté au réservoir;
- Amélioration des traverses de cours d'eau en milieu forestier et en réduire le nombre (Nguyen, 2012b);
- Construction de bassins de sédimentation lors du creusage de fossés de drainage en milieu forestier (Nguyen, 2012b);
- Mise en place de chasses roues d'un minimum de 40cm de haut sur les ponts (Nguyen, 2012b);
- Planification des travaux sylvicoles selon la sensibilité à l'érosion des sols (Nguyen, 2012a);
- Utilisation des meilleures pratiques sylvicoles lors de travaux en zone forestière et sensibilisation des propriétaires forestiers (Nguyen, 2012a);
- Maintien de bandes riveraines de 20 mètres en milieu forestier et restauration des bandes riveraines des sous-bassins versants de la rivière Bulstrode (Nguyen, 2012a);
- Conservation des milieux humides dans le bassin versant de la rivière Bulstrode (Nguyen, 2012a);
- Création de zones de stockage des eaux de fossés pour retenir les débits (Nguyen, 2012a);
- Réalisation d'aménagements fauniques dans les tributaires de la rivière Bulstrode (Hamel, 2012);
- Captage de la charge sédimentaire résiduelle en amont du réservoir Beaudet (Duhamel et Bariteau, 2012a);

8. Bibliographie

Actualités du 24 octobre 2012, *Victoriaville reçoit une attestation 5 étoiles pour la qualité supérieure de son eau potable*, http://www.ville.victoriaville.qc.ca/content/fr-CA/s5_nouvelles_fiche.aspx?NewsId=1754, Page consultée le 12 août 2013

Bergeron, B et F, Bourassa, 1977, *Évolution de la masse d'eau du réservoir de Victoriaville (Rivière Bulstrode, Québec)*, ministère des richesses naturelles, Direction de l'aménagement, Groupe conseil en écologie, 10 pages.

Blanchette, P., D. Verville, A. Daigle et A. Rouleau, 1983, *Environnement réservoir Beaudet*, Projet PRIME du Gouvernement du Québec.

Breune I. et R.Bibeau, 2012. *Points repères pour le suivi de la qualité des eaux de surface dans les petits bassins versants agricoles*. Agriculture et Agroalimentaire Canada. 73 p.

Campbell, P.G., Bobée, B, Caillé, A., Couture P., Lachance M., Lapointe R., Sasseville J.L. et S.A. Visser, 1976, *Effets du décapage de la cuvette d'un réservoir sur la qualité de l'eau emmagasinée : élaboration d'une méthode d'étude et application au réservoir de Victoriaville (rivière Bulstrode, Québec)*, Institut national de la recherche scientifique, Sainte-Foy, Québec, 304 pages et appendices.

Clavet, P, 2008, *Plan de gestion des eaux de retenues – Barrage Beaudet X0002206*, CEHQ-Centre d'expertise hydrique du Québec, 13 pages et annexes.

Couture, M et M. Mongrain, 2013, *Bilan hydrique d'approvisionnement en eau de surface du réservoir Beaudet entre 1975 et 2012*, COPERNIC et MCR Procédés et Technologies, Victoriaville, 8 pages.

Couture, M, 2013a, *Portrait des sources de contamination du réservoir Beaudet dans le secteur municipal*, COPERNIC-Organisme de concertation pour l'eau des bassins versants de la rivière Nicolet, Saint-Albert, 31 pages et annexes.

Couture, M., 2013b, *Évaluation de l'efficacité des mesures de réduction de consommation d'eau mises en place au cours des dernières années par la ville de Victoriaville*, COPERNIC-Organisme de concertation pour l'eau des bassins versants de la rivière Nicolet, Saint-Albert, 26 pages.

Couture, M. 2013c, *Aspects réglementaires à court et long terme sur l'approvisionnement en eau de surface de la ville de Victoriaville*, COPERNIC, Organisme de concertation pour l'eau des bassins versants de la rivière Nicolet, Saint-Albert, 38 pages et annexes.

Couture, M. 2013d. *Portrait final du réservoir Beaudet et de son bassin versant*. COPERNIC - Organisme de concertation pour l'eau des bassins versants de la rivière Nicolet, Saint-Albert, 94 pages et 7 annexes.

Cyr, J.-F., 2012, *Impacts potentiels des changements climatiques sur les évènements hydrologiques extrêmes: sévérité des étiages et risques de crues*, Colloque en agroclimatique, CRAAQ.

Cyr, Serge, 2013, Communication personnelle, Ville de Victoriaville, 9 octobre 2013.

David, S. et L. Bergeron, 2004, *Caractérisation des sédiments – Réservoir Beaudet*, Les laboratoires Shermont, 11 pages.

Desrochers, C, Communication personnelle, ministère des Transports du Québec, 2013.

Duhamel, D. et Bariteau, L., Poly-Géo inc. 2012a. *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*. Rapport préliminaire présenté au Service de l'environnement de la Ville de Victoriaville. 29 pages et 1 annexe.

Duhamel, D. et Bariteau, L., Poly-Géo inc. 2012 b. *Projet de restauration du bassin versant de la rivière Bulstrode à l'amont du réservoir Beaudet- Analyse par photo-interprétation du segment central de la rivière et validation au terrain*. Rapport préliminaire présenté au Service de l'environnement de la Ville de Victoriaville. 25 pages.

Environnement Canada et ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec(MDDEP), 2007. *Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec et cadres d'application : prévention, dragage et restauration*. 39 pages.

Groupe Rousseau Lefebvre, 2013, *Réservoir d'eau potable de Victoriaville Atelier de réflexion et critères d'aménagement, vision future*, 19 pages.

Hamel, Steve, 2012, *Inventaire piscicole des principaux tributaires de la rivière Bulstrode, été 2012*, Victoriaville, 44 pages.

Hébert, Serge, 2012, Coordonnateur des réseaux de surveillance de la qualité des cours d'eau, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, 2012.

Houle, F., Communication personnelle, Ville de Victoriaville, 2013.

Maleval Véronique, Jigorel Alain. *La sédimentation dans un lac artificiel. Exemple du lac de Saint-Pardoux, massif d'Ambazac, Limousin, France*. In: Géomorphologie : relief, processus, environnement. Octobre-décembre, vol. 8, n°4. pp. 307-319.

Moussawi, A., 1986, *Étude géophysique – Municipalité de Victoriaville*, Foratek international, 47 pages.

N'Diaye, A.D., Kankou, M.O.S.A. et K. Ibno Namr, 2011, *Évaluation des teneurs en coliformes fécaux par couplage avec des paramètres physicochimiques en ACP : cas des effluents de la STEP du périmètre maraîcher de Sebka, Nouakchott, Cameroon Journal of Experimental Biology*, Vol. 7, No1, 35-40.

Nguyen, M.N., 2012a. *Diagnostic forestier du bassin versant de la rivière Bulstrode*. Agence forestière des Bois-Francs. 39p.

Nguyen, M.N., 2012b. *Portrait d'érosion de traverses de cours d'eau dans le bassin versant de la rivière Bulstrode*. Agence forestière des Bois-Francs. 39p.

Ouellet, Léo, Communication personnelle, MRC de l'Érable, 6 juin 2011.

Paquette, M.H., 2010, *La restauration des berges - l'utilisation d'indicateurs de performance comme outil d'aide à la décision*, Université de Sherbrooke, Longueuil, 77 pages et 5 annexes.

Prowse, Terry D., Fred J. Wrona et Geoff Power, *Barrages, réservoirs et régulation du débit des eaux*, Environment Canada. 2004, Menaces pour la disponibilité de l'eau au Canada. National Water Research Institute, Burlington, Ontario. NWRI Scientific Assessment Report Series No. 3 and ACSD Science Assessment Series No. 1. 128 pages.

Réseau Environnement, 2013, *Programme d'excellence en eau potable*, <http://www.reseau-environnement.com/fr/eau/pexeppeep>, Page consultée le 12 août 2013.

Rivard, G., 2010, *Guide de gestion des eaux pluviales*, ministère des Développement durable, de l'Environnement et des Parcs et ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire.

Rousseau Y, Biron P. et S. Lamoureux, 2010, *Impacts géomorphologiques de la linéarisation des cours d'eau en milieu agricole: le cas du ruisseau Richer*, Université de Concordia, 32 pages.

Roy, A., Boyer C., Ou C., St-Hilaire, A., Cardille, J., Roussel, D. et M-F. Sottile. 2012. *Intégration des données spatiales et temporelles pour une gestion optimale des berges dans un contexte de changements environnementaux*, Rapport final 1, OURANOS, 33 pages.

Simon David et Luc Bergeron, 2004, *Caractérisation des sédiments- Réservoir Beaudet*, Victoriaville, Les laboratoires Shermont, 10 pages.

Suzanne, J.C., Leynaud, G., Martin, Y. et J. Seven, 1993, *Les vidanges de barrages réservoirs : prévision des impacts, gestion des opérations* : rapport présenté, ministère de l'Environnement, France, 30 pages.

Tremblay, K., Communication personnelle, Centre d'expertise hydrique du Québec, 13 août 2013.

Vézina, C, V. Boulé, M-C. Blanchet, F. Boucher, M. Brousseau, N. Casault, P. Clavet, M. D'Aoust, D. Gravel, et H. Marquis, 1995, *Étude des problèmes liés aux algues et aux macrophytes dans le réservoir Beaudet*, Victoriaville, ROCHE, 83 pages et annexes.

9. Glossaire

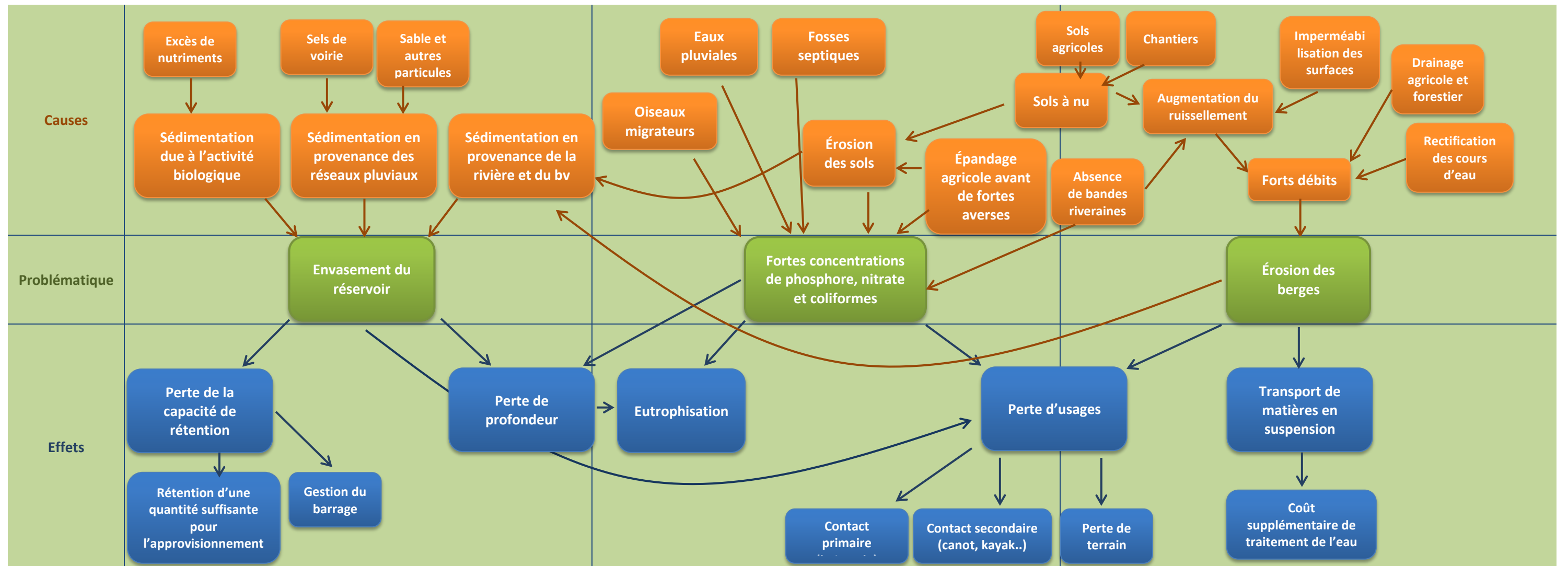
Substrat : Le substrat est le matériel qui recouvre le fond d'un lac ou d'un réservoir.

Biogène : Qui est le résultat de l'activité d'êtres vivants, dans ce cas-ci, des organismes du réservoir.

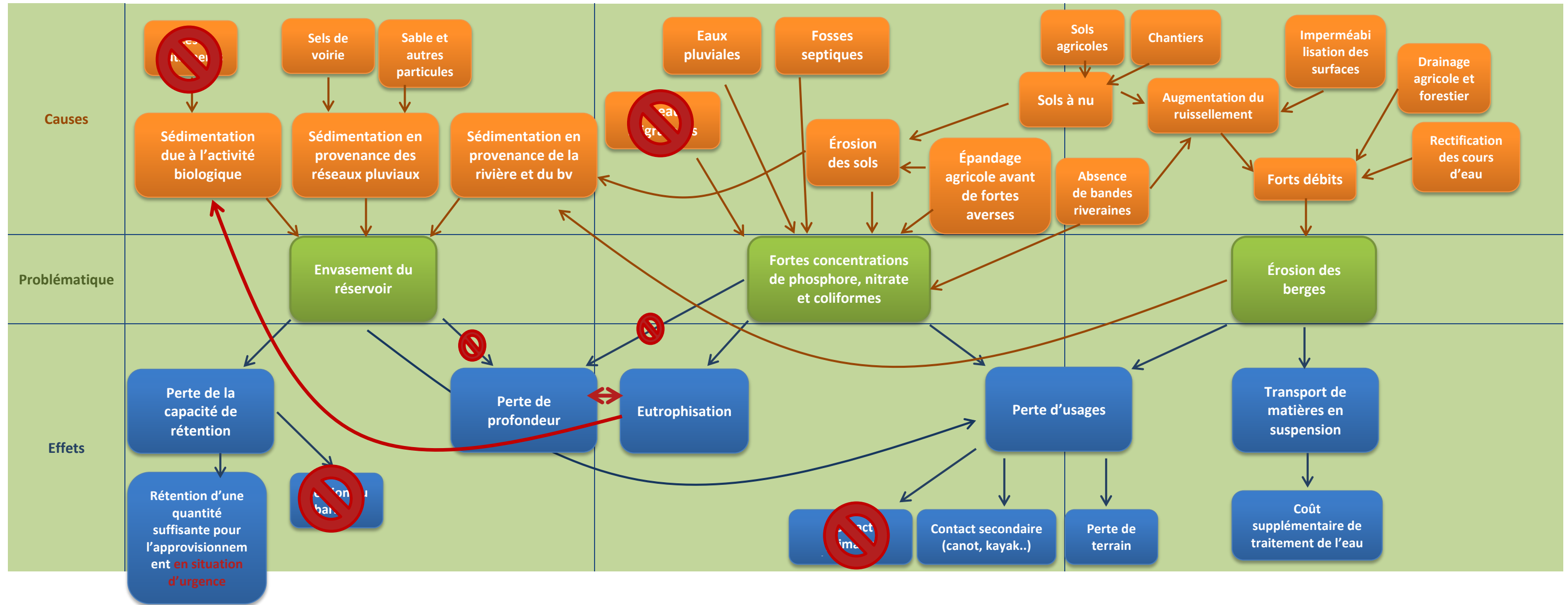
Régime sédimentologique : Différents taux de sédimentation observés à un endroit à une échelle donnée

10. Annexes

Annexe 1: Modèle conceptuel qui identifie les causes et conséquences des problématiques principales observées au réservoir Beudet et dans son bassin versant

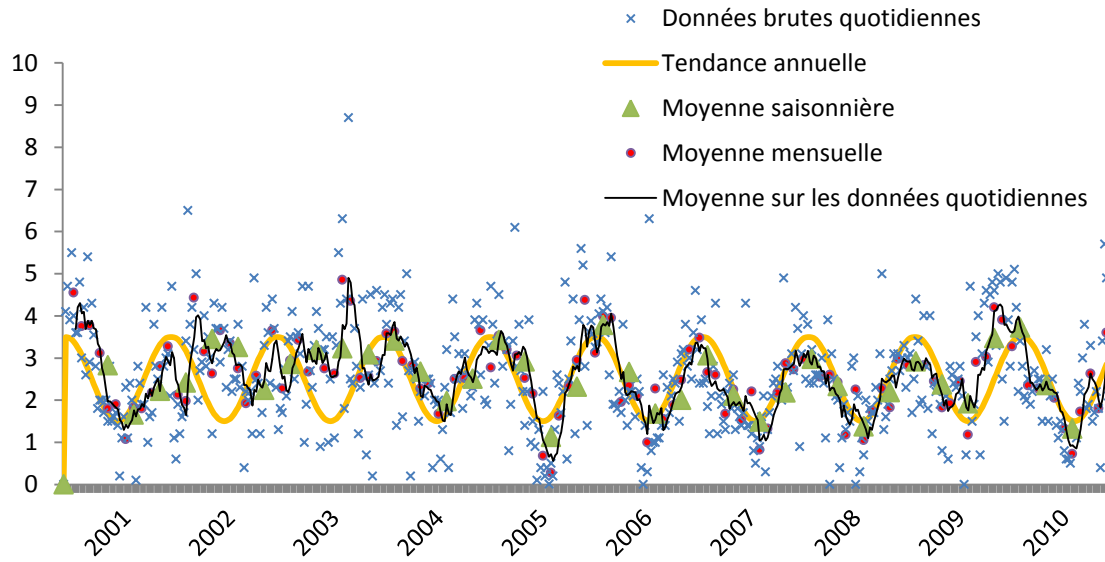


Annexe 2: Modèle conceptuel postanalyse des problématiques du réservoir Beaudet et de son bassin versant

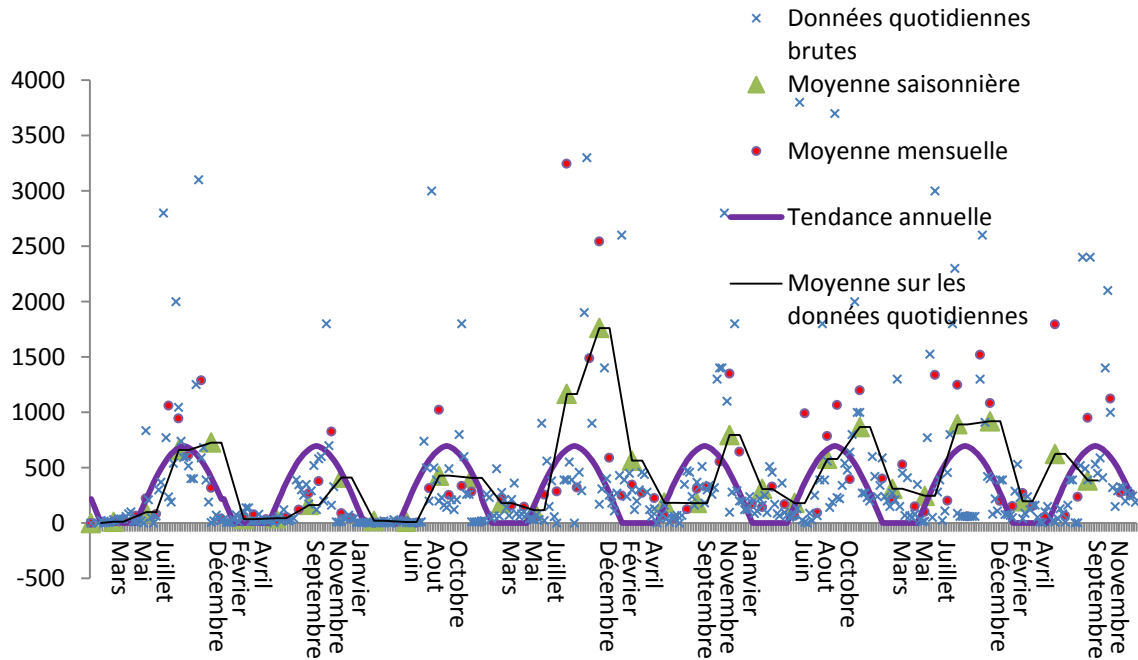


Annexe 3: Tendances observées des concentrations de nitrates et de coliformes dans le réservoir Beaudet entre 2002 et 2010

a) Tendances des concentrations de nitrates

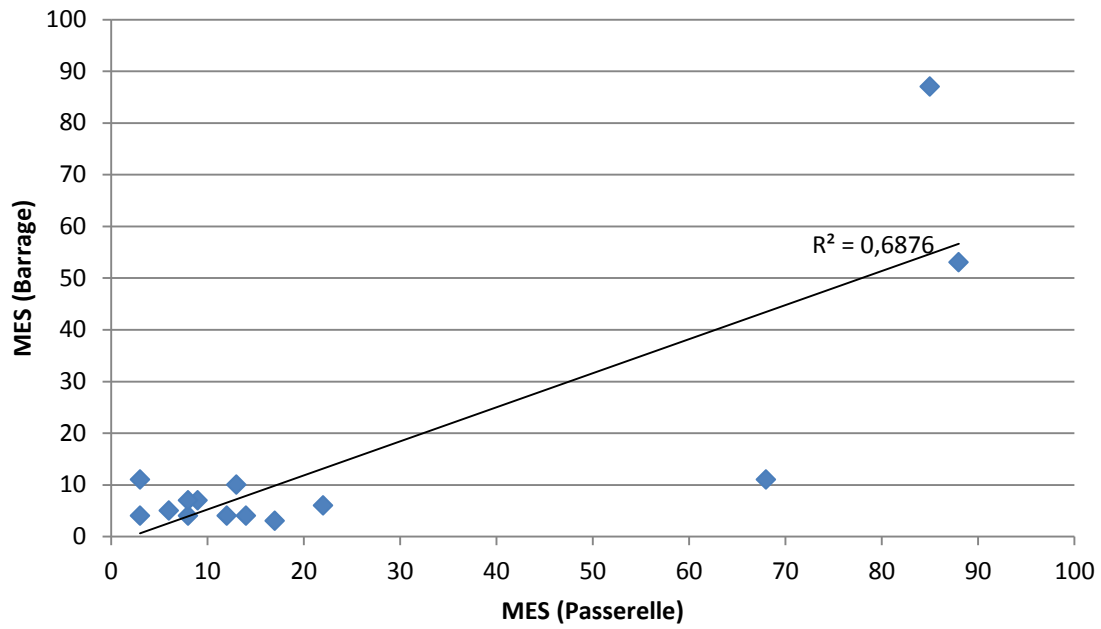


b) Tendances des concentrations en coliformes fécaux

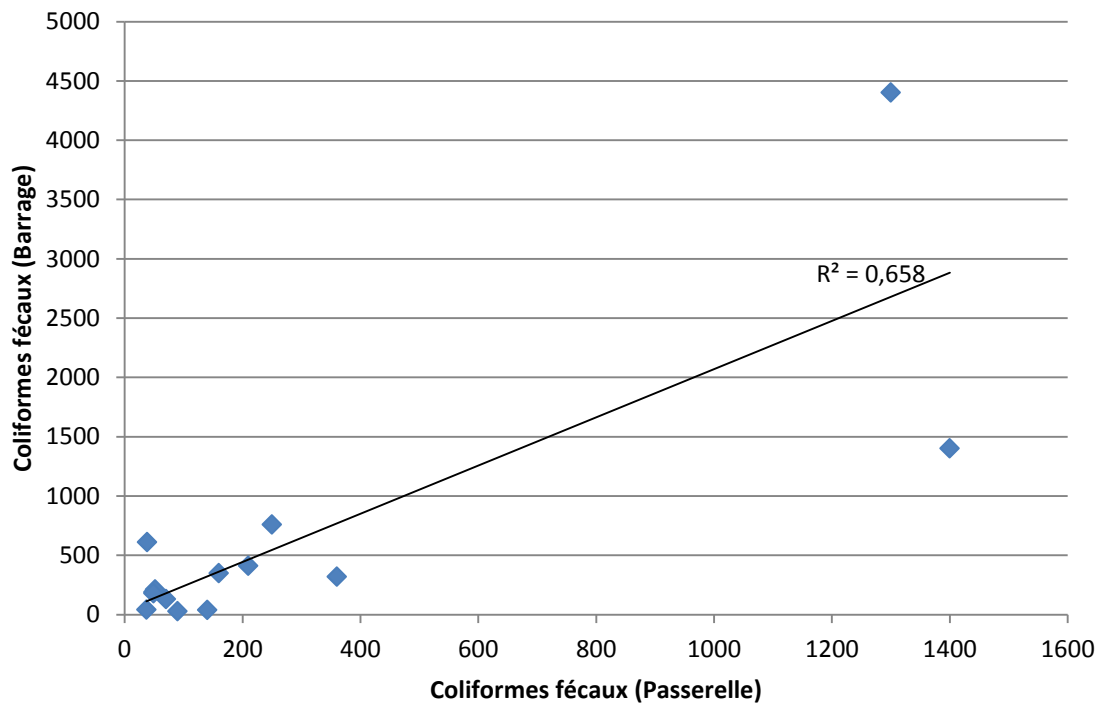


Annexe 4: Coefficient de détermination des taux de coliformes fécaux et des matières en suspension en amont et aval du réservoir Beaudet

a)



b)



Annexe 5: Qualité des sédiments dans le réservoir issue du rapport de HBA Environnement, 2003

Paramètres	1	3	4	5	6	7	8	10	12	15	16	18
Cadmium (mg/kg)	0,26	0,37	0,24	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0,26	0,1	0,26	N.A.	0,16
Chrome (mg/kg)	24	20	55	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	21	5	19	N.A.	29
Cuivre (mg/kg)	30	22	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	23	6	28	N.A.	33
Nickel (mg/kg)	30	28	32	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	29	12	31	N.A.	39
Phosphore total (mg/kg)	810	950	940	710	640	880	1100	990	370	700	840	730
Plomb (mg/kg)	15	15	11	15	21	N.A.	N.A.	15	7	15	N.A.	19
Zinc (mg/kg)	110	110	92	120	29	N.A.	N.A.	140	36	200	N.A.	130