

Document réalisé pour la Ville de Victoriaville



*Victoriaville*

## Portrait des sources de contamination du réservoir Beudet dans le secteur urbain de Victoriaville Mandat 1F



Manon Couture

Organisme de concertation pour l'eau des  
bassins versants de la rivière Nicolet

Février 2013



***Portrait des sources de contamination du réservoir Beaudet dans le secteur  
urbain de Victoriaville***

*Mandat 1F  
Réalisé pour la ville de Victoriaville  
Dans le cadre du  
Plan de restauration du réservoir Beaudet et de l'amont de son bassin versant*



Février 2013

## **Remerciements**

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

## **Rédaction**

Manon Couture, COPERNIC

## **Comité de lecture**

Alain Durocher, MCR Procédés et Technologies Inc.

Karine Dauphin, COPERNIC

Carline Ghazal, Ville de Victoriaville

## **Références**

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

## Table des matières

Introduction.....	1
Sources de contaminants .....	2
Contamination par les eaux pluviales.....	2
Dépôts atmosphériques ou précipitations acides .....	2
Fréquentation du réservoir par les oiseaux.....	3
Impacts sur les nutriments – Nitrates et phosphore.....	3
Coliformes fécaux .....	5
Pathogènes .....	7
Cyanobactéries .....	8
Le réseau routier .....	9
Sels de voirie.....	10
Site d'entreposage de la neige .....	11
Réseau d'assainissement des eaux usées.....	16
Systèmes de traitement des eaux usées individuels .....	16
Réseau pluvial.....	17
Risques de déversement .....	19
Température.....	20
Eau de refroidissement.....	20
Discussion .....	22
Conclusion .....	24
Recommandations.....	24
Glossaire .....	26
Bibliographie.....	27
Annexe.....	30

## Table des figures et tableaux

Figure 1: Localisation des parcs industriels de Victoriaville .....	2
Figure 2: Quantités de coliformes fécaux échantillonnées dans le Réservoir Beaudet entre 2001 et 2010	6
Figure 3: Polluants de l'eau associés au trafic automobile .....	9
Figure 4: Exemple d'un ruissellement de l'eau de fond hors du dépôt à neige de la rue Saguenay, Victoriaville .....	14
Figure 5: Vue aérienne du dépôt à neige prise au printemps 2010 .....	14
Figure 6: Sorties pluviales, sanitaires et de drainage du milieu urbain de Victoriaville dans le bassin versant du réservoir Beaudet .....	18
Figure 7: Matières dangereuses susceptibles de se déverser dans le réservoir Beaudet via le réseau pluvial .....	19

Tableau 1: Moyenne annuelle du pH dans le réservoir Beaudet entre 2001 et 2010 .....	2
Tableau 2: Concentration en métaux lourds de produits .....	9
Tableau 3: Résultats des analyses chimiques sur les eaux souterraines du dépôt à neige de la rue Saguenay .....	11
Tableau 4: Concentrations en chlorures (mg/L) échantillonnées entre 2003 et 2012 .....	13
Tableau 5: Nombre de sorties d'eau pluviale selon le milieu récepteur.....	17
Tableau 6: Situation thermique du réservoir Beaudet.....	20
Annexe 1: Bilan des sources de contamination du réservoir Beaudet.....	30

## Introduction

Le mandat de ce travail est de faire un bilan des sources de contamination d'origine municipale qui se déversent dans le réservoir Beaudet. Dans le présent document, les diverses contaminations susceptibles d'affecter le réservoir Beaudet sont répertoriées. Pour chacune des sources identifiées seront traitées la problématique, une synthèse des connaissances sur cette problématique ainsi que l'importance relative de la contamination pour le réservoir Beaudet.

Les problématiques sont analysées en fonction de l'utilisation du réservoir Beaudet qui sert de source d'alimentation en eau potable. De plus, afin de déterminer la nature des possibles contaminations du réservoir, il convient de tenir compte du bassin versant qu'il draine. C'est donc la délimitation du bassin versant qui sert de cadre à l'analyse du territoire qui borde le réservoir.

Ce répertoire comporte la majorité des sources directes, périodiques ou non, habituellement associée au milieu urbain qui est en mesure de contaminer l'eau brute du réservoir. Il est par contre possible que certaines sources diffuses ne soient pas répertoriées dans ce document puisqu'aucune investigation n'a été effectuée sur le terrain. De plus, l'absence de certaines données et d'analyse de l'eau brute ne permet pas d'évaluer l'impact véritable des diverses contaminations identifiées en comparaison avec les apports provenant des eaux de la rivière Bulstrode.

Divers diagnostics ont été faits afin de connaître les sources de l'enrichissement du réservoir au fil des ans. On note deux rapports de 1983 (Blanchette et coll. 1983) et de 1995 (Vézina et coll. 1995) qui rapportent tous deux les mêmes problématiques qu'aujourd'hui, soit une perte de capacité d'emmagasinement et une prolifération d'algues.

Le premier rapport identifie les eaux de drainage du parc industriel et de la zone urbaine ainsi que les eaux de la rivière Bulstrode comme étant les facteurs principaux de dégradation de l'eau du réservoir (Blanchette et coll. 1983). Le second document de plus de dix ans ultérieur au premier relate les mêmes sources (Vézina et coll. 1995). Certaines sources ont été corrigées telles que des rejets industriels dans le réseau de drainage, mais certaines d'entre elles sont encore observables aujourd'hui.

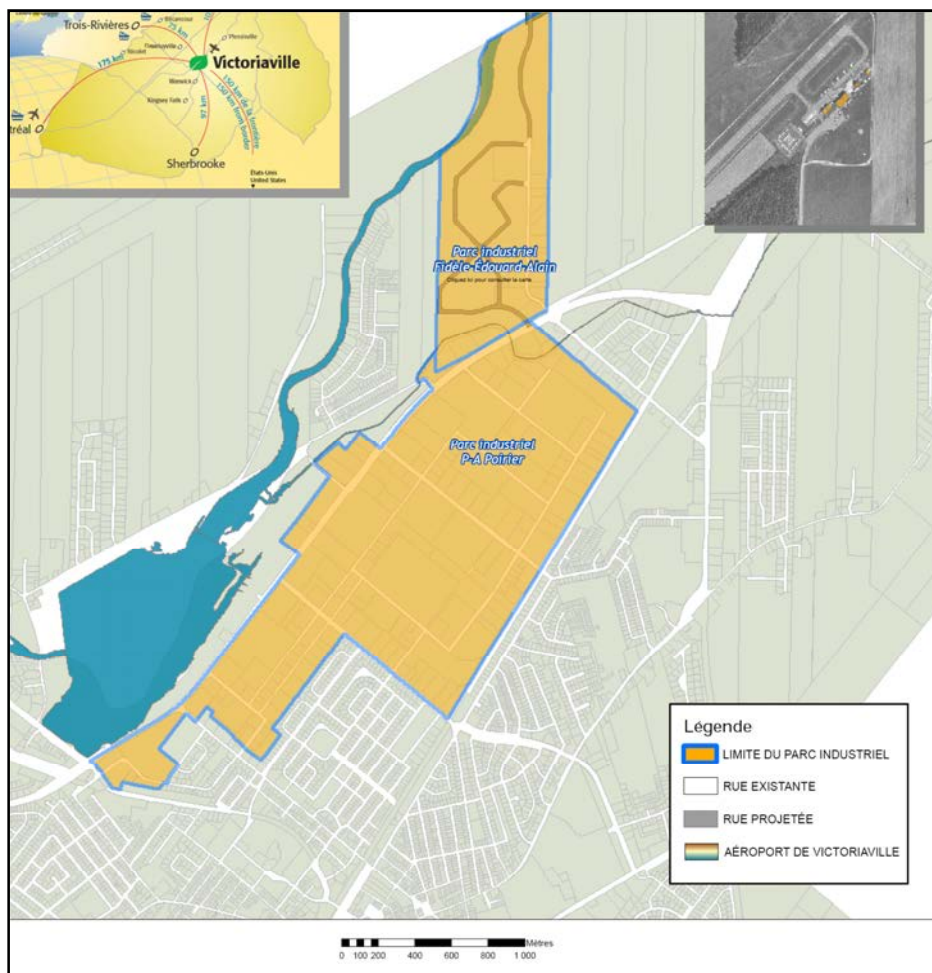
## Sources de contaminants

### Contamination par les eaux pluviales

L'eau pluviale se révèle un vecteur de transport et de concentration des polluants particulièrement efficace en milieu urbain. L'imperméabilisation des surfaces en zone urbaine modifie grandement l'hydrographie naturelle d'un site. Des professionnels ont établi que dans les milieux urbains denses et artificialisés, dont 75 à 100 % du territoire est imperméabilisé, c'est 15 % de l'eau de pluie qui s'infiltré et 55 % ruisselle au sol au lieu de 30 à 70 % d'infiltration et de 1 % de ruissellement en milieu naturel (Boucher, 2010).

Le réservoir Beaudet se trouve à proximité de la zone urbaine et d'une zone industrielle importante (Figure1). Deux parcs industriels et une zone résidentielle au sud-est du réservoir influencent directement, par leurs eaux pluviales, le réservoir Beaudet. Le secteur sud-est est très urbain et peut donc être classé dense et artificialisé d'où une imperméabilisation approximative de 75 à 100 % du territoire.

Figure 1: Localisation des parcs industriels de Victoriaville



Sources : Ville de Victoriaville et Corporation d'initiative industrielle de Victoriaville

Les eaux pluviales ne sont pas exemptes de pollution. En effet, l'eau de ruissellement en milieu urbain solubilise de nombreux polluants. Selon le Guide de gestion des eaux pluviales produit conjointement par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) et le ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT), cette pollution peut se révéler importante. Elle est significative puisque les eaux de ruissellement qui découlent des eaux pluviales peuvent contenir des charges importantes en matières en suspension et en nutriments. Elles ont également une demande biochimique en oxygène (DBO) élevée et contribuent de façon importante aux fortes concentrations de métaux lourds, de sels, d'huile, de graisse et d'autres contaminants retrouvées dans l'effluent (Rivard 2012).

Selon Environnement Canada, les principaux contaminants préoccupants dans les eaux pluviales sont les matières en suspension, les substances nutritives (le phosphore particulièrement), les métaux lourds, les produits chimiques organiques et les bactéries fécales. Selon une revue de littérature, 28 paramètres dans les eaux pluviales présentent un fort potentiel d'affecter la santé humaine (par l'alimentation en eau potable) et la vie aquatique (Environnement Canada, 1997).

Deux facteurs déterminent les concentrations de polluants présentes dans l'eau de ruissellement d'origine diffuse ou directe : l'accumulation par temps sec et le lessivage des polluants (Rivard, 2012). Par exemple, les rejets d'eaux pluviales et de réseaux unitaires (égouts et pluviaux combinés) sont caractérisés par des débits élevés lors des périodes de fonte alors que les polluants accumulés dans les bancs de neige sont libérés rapidement et transportés par les égouts dans les eaux des milieux récepteurs.

Ce sont ces pointes de débits dans les réseaux qui joueront un rôle sur la quantité de polluants apportés au milieu collecteur, dans ce cas, le réservoir Beaudet. L'eau de drainage de ces zones atteint le réservoir par le réseau d'égouts pluviaux ou le réseau de drainage de surface.

L'eau de pluie dilue les contaminants issus de nombreuses sources de pollution. Six sources de polluants sont identifiées :

- Circulation automobile ;
- Industries ;
- Animaux ;
- Déchets solides ;
- Chantiers et érosion des sols ;
- Végétation;
- Atmosphère.

Ces sources sont reprises dans ce document indépendamment de l'influence des eaux pluviales afin de simplifier la lecture, mais il est important de garder à l'esprit que l'eau pluviale intervient dans la plupart des processus de contamination.

## Dépôts atmosphériques ou précipitations acides

Les rejets dans l'atmosphère peuvent influencer la qualité de l'eau du réservoir. Ces rejets retournent au sol sous deux formes. Sous forme humide, c'est-à-dire les précipitations, les molécules d'eau sont chargées de particules tandis qu'en absence de pluie, les gaz s'adsorbent aux surfaces ou se dissocient de l'air et se déposent sur le sol sous forme de dépôt sec. De nature acide, ces particules sont nommées précipitations acides (Environnement Canada, 2012).

Les précipitations acides affectent directement la qualité de l'eau sous forme liquide ou agissent indirectement par une modification des composantes chimiques des eaux de drainage en réponse à des interactions avec la végétation, les sols ou le substrat rocheux.

L'altération chimique par les dépôts atmosphériques dans un bassin versant dépend de la composition et de la répartition des sols, de la nature du substrat rocheux dans le bassin hydrographique, de l'ampleur et de la durée des précipitations. La composition des sols du bassin versant de la rivière Bulstrode fait en sorte que les pluies acides ont peu d'impact sur l'eau en raison de la nature calcaire du substrat (Rompré et coll. 1984). Ainsi les ions calcaires réagissent avec les ions acides et les neutralisent. La moyenne neutre ou légèrement basique du pH dans la rivière Bulstrode témoigne du caractère basique de la roche en place (Tableau 1).

**Tableau 1: Moyenne annuelle du pH dans le réservoir Beaudet entre 2001 et 2010**

Années	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Moyenne	7,41	7,55	7,47	7,50	7,38	7,48	7,48	7,57	7,56	7,45

Bien que les apports de particules soient minimes au cours d'eau, les précipitations se révèlent des sources importantes de cadmium, de cuivre et de plomb (Davis et coll. 2001). Elles peuvent également être des sources de nitrates et de mercure. Selon une étude menée par Gélinas (1998), le plomb d'origine atmosphérique est plus biodisponible que d'autres sources de plomb, ce qui résulte en une absorption préférentielle du plomb d'origine anthropogénique par les organismes vivants dans les eaux de surface.

Malheureusement aucune étude n'est répertoriée sur les taux de ces métaux dans l'eau brute du réservoir Beaudet (Houle 2012). Les seules données proviennent de l'échantillonnage de l'eau potable à la sortie de l'usine et démontrent des concentrations traces donc infinitésimales. Deux hypothèses sont plausibles : soit que l'eau brute ne contient pas de concentrations significatives de ces éléments, soit que le traitement de l'eau à l'usine parvient à éliminer ces résidus.

## Fréquentation du réservoir par les oiseaux

Le réservoir Beaudet est utilisé comme aire de repos au printemps et à l'automne par les oiseaux migrateurs. Puisqu'il présente des caractéristiques d'eutrophisation, il convient d'investiguer et d'évaluer les impacts de la fréquentation des oiseaux sur l'enrichissement du réservoir Beaudet. La littérature est nombreuse concernant l'impact de la présence d'oiseaux migrateurs ou résidents sur la qualité de l'eau.

### Comportement des oiseaux migrateurs

La faune aviaire fréquente de façon intensive le réservoir Beaudet lors des migrations printanière et automnale. Les plus spectaculaires sont les oies des neiges et les bernaches du Canada qui occupent le réservoir Beaudet par milliers. La migration automnale est la plus importante. Selon les données recueillies à l'étang Burbank en 2010 et 2011, étang également utilisé par les oies, certains groupes commencent leur occupation dès le 29 septembre et les plus tardifs quittent l'étang vers la mi-décembre. Un nombre maximum d'oies est attendu vers la fin octobre ou les deux premières semaines de novembre. Les plans d'eau de la région reçoivent habituellement un maximum de 100 000 oies. En 2011, l'étang Burbank comptait 100 000 oies, le maximum atteint entre le 4 et le 15 novembre.

Le comportement journalier des oies est assez régulier. Elles quittent le plan d'eau le matin, entre 7 h et 8 h pour se nourrir dans les champs. Par temps pluvieux, elles peuvent rester sur le plan d'eau. Par temps ensoleillé ou partiellement nuageux, elles reviennent normalement se reposer entre 10:30 et 12:00. Elles repartent en direction des champs vers le milieu de l'après-midi pour revenir à la tombée du jour (Étang Burbank, 2012). Elles s'alimentent généralement deux fois par jour dans les terres agricoles de la région.

### Impacts sur les nutriments – Nitrates et phosphore

Olson et coll. (2005) affirment qu'une grande densité d'oiseaux migrateurs aquatiques est susceptible d'augmenter la charge en nutriments d'un milieu humide et subséquemment de changer la qualité de l'eau.

Il est reconnu que les eaux du réservoir s'enrichissent lors des migrations. Cet enrichissement est dû au transfert du milieu terrestre vers le milieu aquatique par les excréments des oiseaux migrateurs. En ce qui concerne l'importance de la contribution de la teneur en nutriment, les fèces d'oiseaux ont peu d'impacts en comparaison de toutes les autres sources telles que l'agriculture et l'assainissement des eaux usées. Les concentrations de nitrates et de phosphore sont connues au réservoir Beaudet, mais ne permettent pas de départager les différentes sources. Il est donc impossible de départager exactement la part de la concentration en phosphore ou en nitrate dévolue à la présence des oies.

Il est évalué qu'un minimum de 40 % de l'excrétion se fait sur les sites de repos, souvent le milieu humide, lorsque les oies s'alimentent une fois par jour. Les excréments des oiseaux migrateurs ont un plus ou moins gros impact sur les concentrations en phosphore que sur les nitrates en raison de leurs habitudes alimentaires (Olson et coll. 2005). Une étude évalue qu'une bernache produit à l'hectare  $1.84 \times 10^{-5}$  mg/m<sup>2</sup>jr de nitrates et  $4.58 \times 10^{-4}$  mg/m<sup>2</sup>jr de phosphore (Fleming et Fraser, 2001). En comparant ces chiffres avec les données propres aux réservoirs Beaudet lors d'une fréquentation du réservoir par 100 000 oies, il s'avère que les oies contribuent pour un minimum de  $1.6 \times 10^{-7}\%$  et  $9.6 \times 10^{-5}\%$  aux concentrations enregistrées de nitrates et de phosphore pour ces mêmes périodes. Bien que très théoriques, ces pourcentages infinitésimales démontrent la très faible contribution des oies aux concentrations de nitrate et de phosphore enregistrées en 2010<sup>1</sup> dans le réservoir Beaudet.

Outre l'occupation temporaire du plan d'eau sur une période relativement courte, Unckless et Makarewicz (2007) affirment que les fèces contribuent directement aux sédiments par leur sédimentation immédiate sans affecter les concentrations de nutriments à court terme. L'impact à long terme de ces nutriments n'a pas été étudié. Fleming et Fraser (2001) poussent plus loin leur investigation afin de trouver une explication pour un taux de phosphore élevé après le départ des oies au printemps. Selon eux, le phosphore en condition **aérobique** se lie à des molécules de fer et précipite. Le phosphore se dissocie plus tard en saison lorsque des conditions **anaérobiques** s'installent et devient disponible pour la végétation aquatique. Ainsi lors de conditions de basses concentrations en oxygène dissous ou d'un faible pH, l'apport en phosphore dû aux fèces est susceptible de participer à l'**eutrophisation**.

Le phénomène de sédimentation des fèces présage l'influence des excréments des oiseaux migrateurs sur le régime sédimentaire du réservoir Beaudet à long terme. Il existe également un potentiel de remise en suspension des nutriments lorsque des conditions hydrologiques entraînent une baisse de la concentration en oxygène dissous du réservoir. La sédimentation peut expliquer en partie un certain écart entre le calcul théorique des concentrations de phosphore et de nitrates produits par les oies et la concentration réelle mesurée. Si le calcul théorique se révèle proche de la réalité, il laisse craindre une très haute teneur des sédiments en nutriment. Une analyse des sédiments permettrait de déterminer l'importance de ces concentrations.

---

<sup>1</sup> Ce calcul se base sur la moyenne des concentrations de nitrate et de phosphore enregistrées du réservoir pour la période de pointe pour l'occupation par les oies, soit entre la fin octobre et le début de décembre 2010.

L'influence des oies sur le milieu humide dépendra également de l'hydrologie du milieu aquatique (Olson et coll. 2005). Deux situations types sont résumées :

- Si le temps de rétention de l'eau est court dans le milieu humide, les nutriments seront lessivés rapidement vers l'aval. Une élimination rapide des nutriments permet de minimiser les impacts locaux de la faune aviaire sur la qualité de l'eau, mais occasionne un enrichissement en aval.
- Inversement, un taux de rétention long réduira l'exportation des nutriments vers l'aval, mais augmentera à long terme la productivité du milieu humide.

Une approximation simplifiée du temps de rétention de l'eau dans le réservoir selon son volume<sup>2</sup> et le débit annuel moyen de 9,2 m<sup>3</sup>/s donne 1,5 jours. Ce temps est considéré comme court puisque l'eau du réservoir se renouvelle totalement à tous les 1,5 jours. Selon les situations types proposées par Olson et son équipe (2005), l'ouverture fréquente des vannes résulte en un lessivage des nutriments issus des déjections des oiseaux vers l'aval, ce qui permet de minimiser l'impact de la présence des oies sur le réservoir, mais entraîne ces impacts en aval du bassin versant du réservoir Beudet dans la rivière Bulstrode. Ce lessivage peut compléter l'explication de la grande différence entre le calcul théorique des apports et les concentrations réelles enregistrées, puisque les eaux ont un faible temps de séjour dans le réservoir, partageant les effets au reste du bassin versant.

### **Coliformes fécaux**

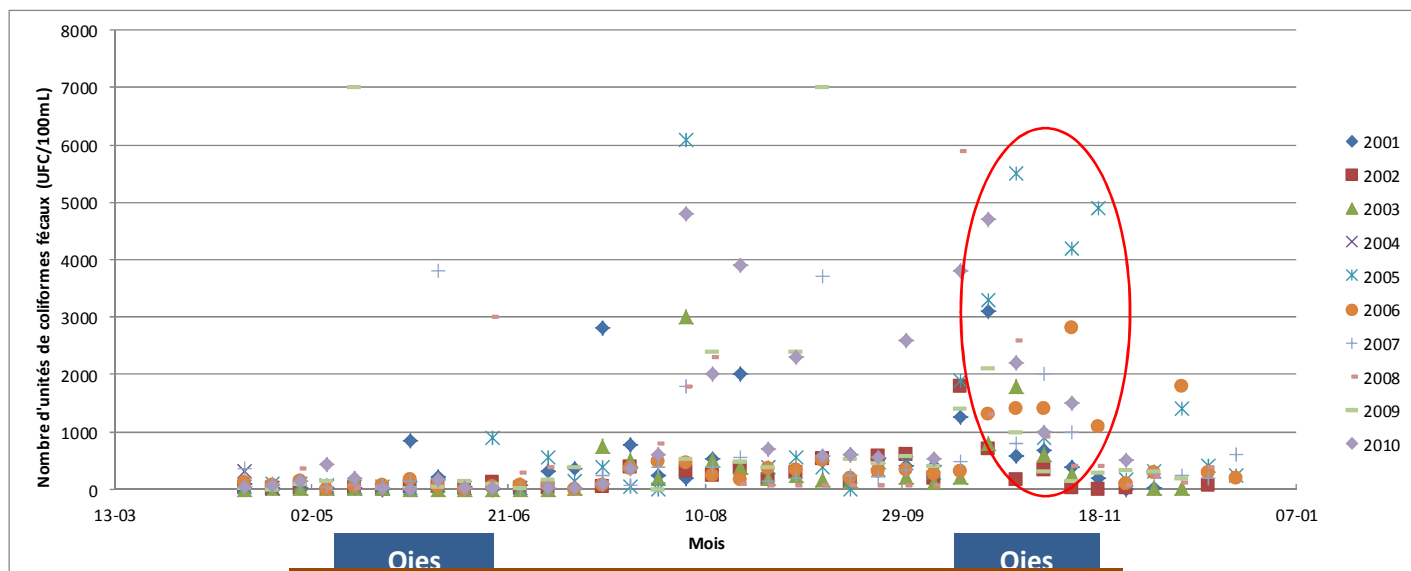
Une étude évalue qu'une déjection de bernache (*Branta canadensis*) peut contenir  $1.28 \times 10^5$  unités de coliformes fécaux (UFC) tandis que celle d'un goéland à bec cerclé (*Larus delawarensis*) peut atteindre  $1.77 \times 10^8$  UFC (Alderisio et DeLuca, 1999). Ces résultats indiquent les effets variables selon les espèces liées à leurs régimes alimentaires différents. La bernache est strictement herbivore et le goéland, omnivore. La teneur en coliformes fécaux est susceptible de varier selon de nombreux facteurs tels que les espèces d'oiseaux présentes, la taille de l'étendue d'eau et les habitudes d'alimentation (Fleming et Fraser, 2001). Tout comme le phosphore et les nitrates, le calcul théorique de la teneur en coliformes est plausible puisqu'en transposant la concentration moyenne réelle mesurée<sup>3</sup> au volume total du réservoir, le nombre de coliformes attribué aux oies contribue à un taux de 0,4 % selon la moyenne réelle du nombre de coliformes observés. L'observation de données échantillonnées au réservoir Beudet permet de constater certaines variations du nombre de coliformes aux périodes d'occupation du réservoir par les oies (Figure 2).

---

<sup>2</sup> Le volume utilisé est de 1200 000m<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> La moyenne est de 500 UFC/100mL.

**Figure2: Quantités de coliformes fécaux échantillonnées dans le Réservoir Beudet entre 2001 et 2010**



**Autorisation d'épandage (avec les prolongations)**

La figure 2 montre que le patron moyen de la quantité de coliformes est très similaire depuis dix ans. Rappelons que les périodes d'occupation du réservoir par les oies correspondent aux périodes du 25 avril au 20 mai et du 5 octobre à la mi-novembre (Heyland, 2002). Comme l'indique le cercle rouge, c'est à l'automne que la variation la plus importante est enregistrée, période qui semble concorder avec les épandages automnaux et les fortes précipitations. Comme il n'existe aucune mesure des apports agricoles en termes de coliformes fécaux, il est impossible de déduire via les données recueillies au réservoir l'influence réelle des oies sur les coliformes fécaux et ne permet pas de confirmer le taux théorique de 0,4 % obtenu par l'étude d'Alderisio et DeLuca (1999).

De plus selon l'examen de la situation du réservoir Beudet dans le rapport de l'Institut Armand Frappier demandé par la ville de Victoriaville, Payment (2000) statue sur le faible apport supplémentaire en coliformes fécaux des oiseaux migrateurs en raison de leur présence saisonnière.

## Pathogènes

Les fèces des oiseaux sont susceptibles de contenir des pathogènes et des bactéries (Fleming et Fraser, 2001). L'impact bactérien des oiseaux varie selon cinq facteurs :

- Les espèces d'oiseaux
- La densité de population
- L'alimentation
- La capacité de dilution du réservoir
- La période de l'année

Il existe de hauts risques de contamination lorsque :

- la population avicole est très dense;
- l'étendue d'eau offre une faible dilution (lacs peu profonds, zones côtières);
- l'occupation par les oiseaux est prolongée;
- la population avicole comporte de hauts niveaux d'infection.

Bien que très dense, la population d'oiseaux migrateurs qui fréquentent le réservoir ne s'y établit que sur une courte période et entraîne donc un faible taux d'infection.

Certains microorganismes peuvent poser problème pour le traitement de l'eau puisque les virus et les parasites sont généralement plus résistants aux traitements de l'eau que les coliformes (Payment et coll. 2000). Néanmoins, Payment et son équipe (2000) affirment que certaines usines québécoises étudiées atteignent des taux d'élimination supérieurs grâce à l'action combinée de l'ozonation et de la chloration, et ce même lorsque la demande en eau des consommateurs est la plus forte lors de conditions sèches et chaudes. Un facteur important lors du traitement est la température (Payment et coll. 2000). En effet, celle-ci s'avère déterminante pour estimer les risques et le taux d'élimination des pathogènes. Une différence de température de 10 °C de l'eau traitée peut occasionner une différence de deux fois l'efficacité de la chloration sur les microorganismes. Les risques sont moins élevés en été qu'en hiver en raison de la basse température en hiver et aussi parce que l'effort de désinfection est moindre lors de cette période.

Selon une évaluation spécifique du réservoir Beaudet, Payment et coll. (2000) affirme que les « risques à la santé sont faibles et entièrement contrôlés par les traitements appliqués » de l'usine de traitement Hamel.

## Cyanobactéries

Les cyanobactéries sont un souci particulier pour le traitement de l'eau potable. Prévost et coll. (2012) rapportent la présence d'écumes de cyanobactéries toxiques et leur accumulation dans certains procédés de traitement. Ces organismes peuvent s'accumuler dans les filtres ce qui occasionne des percées potentielles de toxines dans l'eau traitée, puisque la chloration n'est pas efficace pour éliminer l'anatoxine-a lorsqu'elle est présente.

Selon Flemming et Fraser, les conditions **anaérobiques** sont susceptibles de favoriser la **dénitrification** par les bactéries **anaérobiques** qui rendraient les nitrates d'origine fécale présents dans les sédiments disponibles dans la colonne d'eau et faciliteraient ainsi la prolifération des cyanobactéries.

Selon Unckless et Makarewicz (2007), les fèces ne contribueraient pas à la prolifération des cyanobactéries à court terme puisqu'elles se sédimentent rapidement. De plus, le temps de rétention court de l'eau du réservoir est également un frein à la prolifération prolongée de cyanobactéries.

La présence de plusieurs milliers d'oiseaux migrateurs sur une surface d'eau servant à l'alimentation d'un réseau d'aqueduc a des effets néfastes sur la qualité microbiologique de l'eau. Par contre, l'ensemble des conclusions des études dans ce document statue que les oiseaux n'ont pas un impact significatif sur l'enrichissement en nitrates et en phosphore de l'eau.

Du point de vue de la qualité de l'eau potable produite du réservoir, les nombreuses études qui traitent des effets des oiseaux sur une étendue d'eau confortent les mesures prises par la ville pour assurer une eau potable de qualité. En effet, le système en place (ozonation et chloration) répond à la situation du réservoir (Houle, 2012). Néanmoins, bien qu'aucune donnée sur les oies ne provienne du réservoir, il est possible d'affirmer que les oiseaux migrateurs affectent de façon directe et sporadique la qualité de l'eau brute et à plus long terme à travers les sédiments.

## Le réseau routier

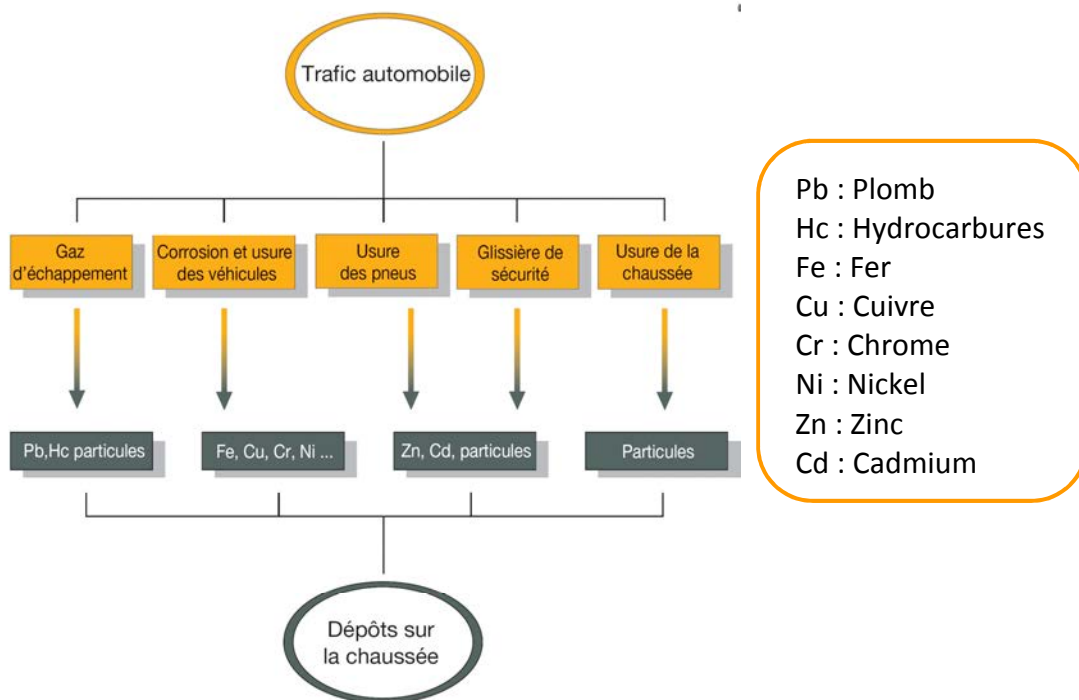
Le réservoir Beaudet est entouré d'un réseau routier important. La figure 3 permet d'identifier les sources spécifiques de polluants liées à la circulation automobile. Le plomb, le cuivre, le cadmium et le zinc sont les métaux les plus répertoriés dans la littérature (Tableau 2). Ces polluants se déposent sur la chaussée et sont ensuite transportés vers le réseau de drainage par la pluie.

**Tableau 2: Concentration en métaux lourds de produits liés à la circulation automobile (en mg/kg)**

	Plomb	Cadmium	Zinc	Cuivre
<b>Carburant</b>	<b>150</b>		<b>10</b>	-
<b>Huiles moteur</b>	<b>9</b>		<b>1 060</b>	-
<b>Caoutchouc</b>	<b>1 100</b>		<b>615</b>	<b>247</b>
<b>Usure pneus</b>	<b>1 000</b>	<b>1</b>	<b>630</b>	<b>250</b>
<b>Plaquette de freins</b>	<b>1 050</b>		<b>124</b>	<b>30 600</b>
<b>Corrosion</b>	<b>116</b>		<b>108</b>	-
<b>Revêtement chaussée</b>	<b>100</b>	<b>1</b>	<b>150</b>	<b>50</b>

Source : Académie des Sciences –  
Contamination des sols par les éléments en traces – Tableau IV-6

**Figure 3: Polluants de l'eau associés au trafic**



(CIMBETON, 2007)

Des hydrocarbures sont également présents dans l'eau de ruissellement du réseau routier. Ces molécules ont un impact certain sur la diversité biologique d'un cours d'eau et sur la qualité des sédiments (Gavens 1982). Une diversité plus pauvre est la résultante des expérimentations sur les macroinvertébrés puisque les espèces intolérantes aux hydrocarbures sont remplacées par les quelques espèces tolérantes (Scoggins et coll. 2007).

## **Sels de voirie**

En plus des métaux lourds issus de l'usure des pièces automobiles, le réseau routier influence la qualité de l'eau du réservoir par les sels de déglçage qu'on y applique durant la période hivernale. Ces sels sont habituellement composés de chlorure de sodium (NaCl) et de chlorure de calcium (CaCl<sub>2</sub>). Ils sont souvent mélangés à un additif, les sels de ferrocyanure, qui servent d'agents antiagglomérants lors de températures hivernales plus douces. Avec ou sans sels de ferrocyanure, les sels de déglçage sont classés «toxiques» par Environnement Canada, car ils induisent une salinité importante dans l'environnement, condition néfaste à beaucoup d'espèces et aux réactions biochimiques naturelles. Par ruissellement, les sels se concentrent dans les lacs sous forme d'une couche d'eau plus dense en profondeur. Au printemps, la différence ionique entre une couche d'eau douce moins dense en surface et la couche plus dense empêche le brassage printanier, ce qui accélère l'apparition de conditions **anoxiques**, c'est-à-dire en absence d'oxygène. Outre l'effet des sels sur le cycle physico-chimique et le processus de brassage d'un lac, les sels occasionnent également un relargage des métaux lourds dans la colonne d'eau tel que le mercure. Les éléments de mercure se solubilisent passant des sédiments à la colonne d'eau et deviennent biodisponibles pour les organismes vivants (Charbonneau 2006). Le même processus serait possible pour les éléments de cadmium et de zinc.

La composition et la teneur en sel des substances de déglçage dépendent des conditions climatiques. Les conditions hivernales plus chaudes demandent davantage de sels de déglçage, tandis que ces derniers sont inefficaces sous des températures froides. Le sable est donc utilisé en plus grande proportion à faible température. C'est au dégel que les milieux récepteurs tels que les lacs et cours d'eau atteindront les taux de sel les plus hauts en raison de la fonte des neiges.

Les principales routes qui bordent le réservoir Beaudet sont administrées par le ministère des Transports qui utilise davantage de sels de déglçage que la ville de Victoriaville (Charest, 2012). Selon les intervenants du ministère des Transports, la gestion des routes correspond à la norme édictée par le ministère et s'applique de la même façon dans tout le réseau (MTQ, 2012). Selon le Guide de gestion des eaux pluviales, les routes principales telles que le boulevard Pierre Roux ont des concentrations plus importantes de polluants que les routes rurales en raison de l'importance du trafic des véhicules.

Une contamination possible du réservoir Beaudet est envisageable en raison des caractéristiques de ce dernier. Le Guide identifie les zones les plus sensibles : les milieux à faible dilution tels que les petits lacs, les étangs urbains à long temps de séjour et les cours d'eau drainant des zones urbaines. L'impact est moins important sur les rivières puisque leur volume d'eau plus important leur garantit une dilution des concentrations des ions de sels. Le réservoir subit une contamination certaine par les sels de déglacage appliqués au réseau routier avoisinant en raison de sa proximité à de grands axes. En revanche, le court temps de séjour de l'eau dans le réservoir minimise les effets locaux des sels de voirie, mais les reporte en aval.

Par contre, aucune étude ou donnée ne répertorie leurs impacts réels. Il est nécessaire d'évaluer de façon plus précise le pouvoir de dilution du réservoir et d'autoépuration des sels au printemps. Néanmoins, selon des études menées pour d'autres étendues d'eau, il est possible d'affirmer que le réservoir Beaudet mérite d'être identifié comme une zone sensible par les deux administrations, soit le ministère des Transports du Québec et la ville de Victoriaville, qui gèrent le système routier périphérique, ce qui implique une gestion différente des sels de déglacage durant la période hivernale.

### Site d'entreposage de la neige

Un dépôt à neige qui peut se révéler problématique pour la qualité de l'eau est situé dans le Parc industriel P.A. Poirier. Des analyses de qualité de l'eau souterraine et de surface prises entre 2003 et 2011 révèlent des taux importants de chlorures, de cuivre, de zinc et de chrome. La situation semble s'être résorbée pour les métaux (Cuivre, Zinc et Chrome) puisque les concentrations enregistrées ne dépassent plus les normes en 2012 comme auparavant (Tableau 3).

**Tableau 3: Résultats des analyses chimiques sur les eaux souterraines du dépôt à neige de la rue Saguenay**

		Seuils d'alerte	Teneur en 2001	Teneur moyenne en 2012	Pourcentage des échantillons qui dépassent le seuil entre 2003 et 2010 <sup>4</sup>
		mg/L	mg/L	mg/L	%
Zinc	F-201	0,033	0,01	<0,005	3
	F-203	0,008	<0,003	<0,005	8
Chrome hexavalent	F-201			<0,008	8
	F-203			<0,008	3
Cuivre	F-201	0,005	<0,003	<0,003	14
	F-203		<0,003	<0,003	27

(Gagnon et Saint-Pierre, 2012)

<sup>4</sup> Le pourcentage est évalué sur un total de 37 échantillons entre 2003 et 2010

Une teneur de 32 mg/L en matières en suspension (MES) dans le puisard, qui sert de voie de débordement, indique qu'une quantité non négligeable de sédiments et les contaminants qui leur sont liés se sont déversés dans le réseau pluvial lors de la fonte. Le réseau pluvial est directement lié au réservoir Beudet. Le rapport de suivi rendu à la ville de Victoriaville rapporte la récurrence du dépassement des MES du seuil d'alerte établi à 30 mg/L à partir de 2005.

Les analyses prises en 2012 dénotent des concentrations de l'eau souterraine supérieures aux normes en chlorure établies à 1000 mg/L<sup>5</sup> dans trois puits sur les quatre puits échantillonnés. La forte concentration des chlorures dans les puits d'échantillonnage indique une problématique récurrente qui ne s'améliore pas ou très peu depuis les dix dernières années. Le chlorure provient en grande partie des sels de déglçage utilisés pour la maintenance du réseau routier durant la période hivernale qui sont ensuite stockés avec la neige au dépôt du Parc industriel. Il convient de comprendre ces molécules afin de déterminer le champ d'action pour traiter cette problématique. Le Guide d'aménagement des lieux d'élimination de neige du MDDEFP (MDDEP 2013) rapporte que les concentrations critiques pour l'eau potable sont de 250 mg/L et pour la vie aquatique à long terme de 230 mg/L. Les critères canadiens quant à eux sont établis à 120 mg/L pour la vie aquatique en eau douce.

Les ions chlorures  $\text{Cl}^-$  réagissent avec des ions  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^+$  et  $\text{Ca}^{2+}$  et forment des sels. Les ions  $\text{Cl}^-$  ne sont jamais libres naturellement. Selon Santé Canada, le chlorure est très soluble dans l'eau et difficile à éliminer. Les ions chlorure ne se biodégradent pas, ne précipitent pas facilement, ne se volatilisent pas et ne se bioaccumulent pas. De plus ils ne s'adsorbent pas aux particules de sol et leur concentration est donc faible dans les sédiments (CCME, 2011). Santé Canada rapporte que des concentrations en chlorure supérieures à 250 mg/L se révèlent corrosives pour les systèmes de distribution (Santé Canada, 1987).

Les recherches effectuées pour connaître le fonctionnement du site ont permis de noter les diverses améliorations apportées. Des fossés de rétention imperméabilisés sont instaurés depuis 2002 au moyen d'une membrane d'étanchéité qui se termine par une clé sur le sommet de la digue. L'asphaltage complet du site est terminé depuis 2006. Depuis 2011, les fissures sont scellées annuellement. Lors de la fonte, les eaux en surplus se déversent dans le puisard prévu à cet effet et rejoignent le réseau sanitaire. L'eau de fonte restante s'élimine par évaporation. Le site asséché est ensuite balayé à la fin de juin et les résidus sont tamisés, analysés et réutilisés à des fins de déglçage l'année suivante.

---

<sup>5</sup> Le seuil a été déterminé selon l'équivalent de 120 % de la teneur de 2001.

Les faibles diminutions de concentrations en chlorure dans la nappe phréatique indiquent que les mesures mises en place depuis 2002 pour améliorer le site du dépôt ne suffisent pas à la rétention du chlorure (Tableau 4).

**Tableau 4: Concentrations en chlorures (mg/L) échantillonnées entre 2003 et 2012**

	Date	Puits F-201	Puits F-203	Puits F-202	Puits F-206
2003	16-avr	1200	1800		
	30-avr	1800	2300		
	21-mai	1800	2600		
	19-août	1800	1800		
	16-sept	2000	2300		
2004	31-mars	2700	1800		
	14-avr	3000	2100		
	13-mai	3600	3500		
	15-sept	2300	3600		
2005	30-mars	3300	2800		
	13-avr	320	2100		
	27-avr	3900	2200		
	07-nov	3090	2970		
2006	05-avr	4000	3500		
	20-avr	3200	2900		
	10-mai	3500	3000		
	05-juil	3400	7200		
2007	04-avr	2900	5900		
	18-avr	2900	4900		
	02-mai	2700	4600		
	08-août	3000	4100		
2008	09-avr	2700	5600		
	23-avr	1800	6000		
	05-mai	1900	7100		
2009	16-juil	1500	5500		
	06-avr	2000	3000		
	20-avr	2100	4000		
2010	04-mai	1800	3300		
	13-juil	1700	1500		
	07-avr	2600	4000		
	21-avr	2300	3600		
2011	11-mai	2200	3400		
	19-juil	2500	4000		
	28-mars	1600	3400		
	11-avr	1400	3200		
2012	26-avr	1600	3500		
	28-juil	1600	2600		
	21-mars	730	2800	--	140
	04-mars	870	2600	1600	89
	18-avr	930	3500	1400	100
	07-mars	1100	2800	1600	90

(Gagnon et Saint-Pierre, 2012)

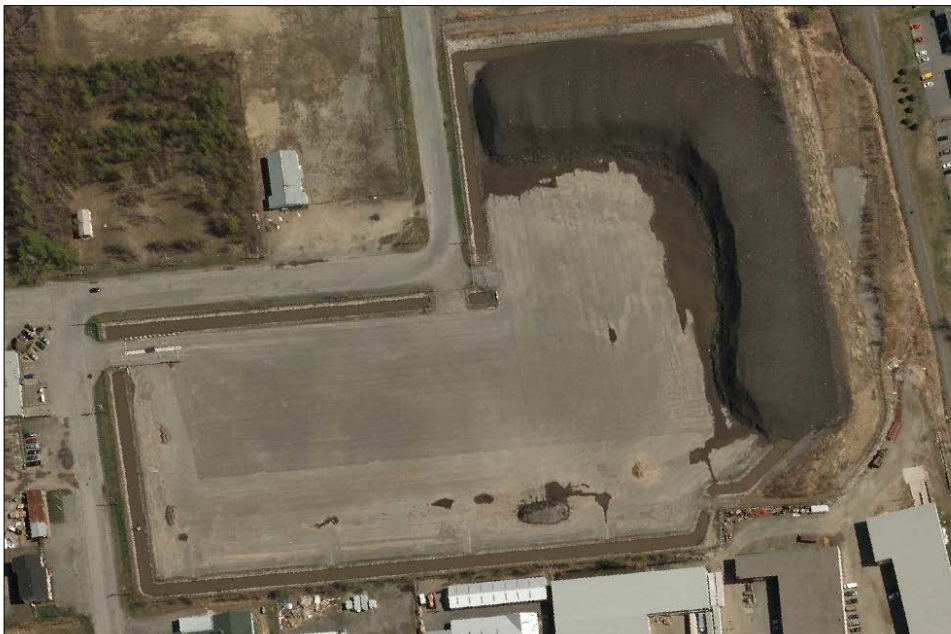
L'analyse sommaire du dépôt à neige révèle les failles les plus flagrantes et facilement modifiables. Les entrées du site se révèlent problématiques puisqu'elles représentent des chemins préférentiels pour le ruissellement de l'eau de fonte (Lachapelle, 2013). La figure 4 démontre que l'eau atteint le réseau de drainage de surface en bordure du réseau routier qui lui n'est pas imperméabilisé. Quant à elle, la figure 5 permet de voir que les quatre entrées sont semblables.

**Figure 4: Exemple d'un ruissellement de l'eau de fond hors du dépôt à neige de la rue Saguenay, Victoriaville**



*La ligne rouge représente la limite du fossé.  
La ligne orange indique le haut de la digue.  
La flèche jaune démontre le sens d'écoulement de l'eau de fonte.*

**Figure 5: Vue aérienne du dépôt à neige prise au printemps 2010**



Bien que le site soit nettoyés tous les ans, les fossés eux ne le sont pas, ce qui occasionne une remise en suspension des chlorures lorsqu'à nouveau en contact avec les eaux de fonte ou de précipitations. Rappelons que les plantes aquatiques observables dans les fossés de rétention à la figure 4 n'offre aucune aide à la rétention des chlorures.

De plus, outre le colmatage des brèches qui apparaissent dans l'asphalte, aucun suivi n'est fait sur la membrane elle-même. Un échantillonnage à l'extérieur de la digue via un réseau de drainage parallèle est une option possible afin de connaître l'état de cette membrane et éventuellement d'en évaluer sa fin de vie utile.

En raison de la nature corrosive des concentrations en chlorure plus élevées que 250 mg/L, il convient d'explorer l'option d'un traitement. Par exemple, Santé Canada rapporte que le taux d'élimination des chlorures par un système basé sur l'adsorption sur charbon actif granulaire et l'osmose inverse est de 87%.

Dans une optique où le dépôt à neige serait complètement isolé du milieu environnant et que l'eau soit traitée par l'usine d'assainissement, il faut également tenir compte que l'usine doit gérer une eau à forte teneur en chlorure.



*Puisard qui sert à évacuer le trop-plein du dépôt à neige dans le réseau sanitaire*

## Réseau d'assainissement des eaux usées

Les stations de pompage Bonaventure et Valère sont deux des 27 ouvrages de surverse que compte le réseau d'épuration des eaux usées de la ville de Victoriaville (Moreira et Boudreault, 2012). Elles comportent des pompes de refoulement qui servent à acheminer les eaux usées du secteur du parc industriel à l'usine Achille Gagnon. Les ouvrages de surverse servent à diriger les eaux usées vers un milieu naturel au lieu de la station d'épuration. Ils permettent par exemple d'évacuer un trop-plein vers le milieu extérieur lorsque le réseau ne peut faire face à certaines situations : une pluie importante, la fonte des neiges, des inondations ou toutes autres urgences. Les deux ouvrages de surverse se déversent à proximité du réservoir Beaudet dans la rivière l'Abbé, un affluent du réservoir (Blanchette, 2012). Selon le Bilan de performance des ouvrages de surverse de 2011, un seul événement d'urgence de moins de 24 heures a occasionné un déversement à la station Bonaventure lors de cette période (MAMROT, 2012). Afin de réduire les surverses au poste de pompage Bonaventure, des investissements sont annoncés en 2012 pour la construction d'un nouveau poste de pompage et un bâtiment avec génératrice (Thibodeau 2012). Ainsi les risques de surverses seront diminués, car la génératrice permettra l'alimentation du système de pompage en cas de panne électrique. Une nouvelle station de pompage est prévue en 2013 en bordure de la rivière L'Abbé à proximité du croisement de la route 116 (Blanchette, 2012)

## Systemes de traitement des eaux usées individuels

D'autres contaminations d'origine humaine sont possibles comme le confirment les visites terrains effectuées à l'été 2012. En effet, il était possible d'observer des preuves éloquents de rejets directs de déchets domestiques à la rivière. Cela confirme le fait que certaines maisons du secteur au nord du réservoir et du segment de la rivière Bulstrode comprise dans les limites de la ville de Victoriaville ne possèdent pas de système de traitement individuel des eaux usées.

Le réseau pluvial en place dans ces secteurs se déverse soit dans la rivière Bulstrode en amont du réservoir ou soit en aval du barrage Beaudet. Des recherches ont permis d'établir que le suivi des installations des systèmes de traitement individuels des eaux usées peut se baser sur les demandes de permis délivrés depuis 1975. En fonction de ces données, nous sommes en mesure d'établir que onze maisons du secteur nord de réservoir n'ont jamais demandé de permis pour des installations. À moins que les propriétaires n'aient eux-mêmes fait les travaux sans demander de permis, il est fort possible que les installations, si elles existaient antérieurement à 1975, sont désuètes et ont besoin d'être refaites. Aucune action de la ville n'a été prise pour résoudre ces cas (Demers, 2012).

## Réseau pluvial

Le réservoir Beudet est bordé d'un réseau d'égouts et de conduites pluviales comme l'indique la figure 6. Ce réseau est séparé, c'est-à-dire que les conduites sanitaires et pluviales sont séparées les unes des autres. Au niveau des canalisations réceptrices, deux options sont possibles. Première option, comme dans bien des villes et municipalités québécoises, les deux types de conduites peuvent se déverser dans une même conduite (unitaire) plus ancienne qui achemine les eaux usées et pluviales vers l'usine de traitement. Deuxième option, tandis que les eaux d'égout atteignent l'usine de traitement, les eaux pluviales aboutissent directement dans le réseau hydrographique ou via le système de drainage de surface. Des contaminants présents dans les eaux pluviales sont donc susceptibles d'atteindre le réservoir.

Des études antérieures rapportent la teneur élevée en coliformes fécaux de certains conduits pluviaux de Victoriaville (Blanchette et coll. 1983 et Vézina et coll. 1995). Une des raisons pourrait provenir de mauvais raccordements qui résultent de l'inversion des canalisations lors de branchements. Ainsi le réseau pluvial devient le sanitaire et inversement, ce qui produit une eau pluviale chargée en coliformes fécaux. Depuis 1985, il n'est pas mentionné que le quartier résidentiel a subi des modifications de ces réseaux, ce qui implique que les raccordements sont probablement encore inversés pour certaines résidences. Comme le démontrent la figure 6 et le tableau 5, de nombreuses sorties pluviales sont enregistrées dans le secteur résidentiel qui borde les rivières Bulstrode et l'Abbé, reliant directement le réseau pluvial au réseau hydrographique. Le tableau 5 comptabilise les sorties d'eaux pluviales vers les différents milieux récepteurs.

**Tableau 5: Nombre de sorties d'eau pluviale selon le milieu récepteur**

<b>Cours d'eau récepteur</b>	<b>Rejets pluviaux</b>	<b>Fossés</b>	<b>Rejets sanitaires</b>
Bulstrode	4	1	0
Beudet	5	0	0
L'Abbé	10	8	3
<b>Total</b>	19	9	3

(Blanchette 2012)

Figure 6: Sorties pluviales, sanitaires et de drainage du milieu urbain de Victoriaville dans le bassin versant du réservoir Beaudet



Le réseau hydrographique pourrait être protégé en ajoutant une barrière physique entre le réseau hydrographique et le réseau pluvial, afin d'isoler de possibles déversements et de contaminants, et permettre ainsi le traitement de l'eau pluviale par l'infiltration de l'eau dans le sol.

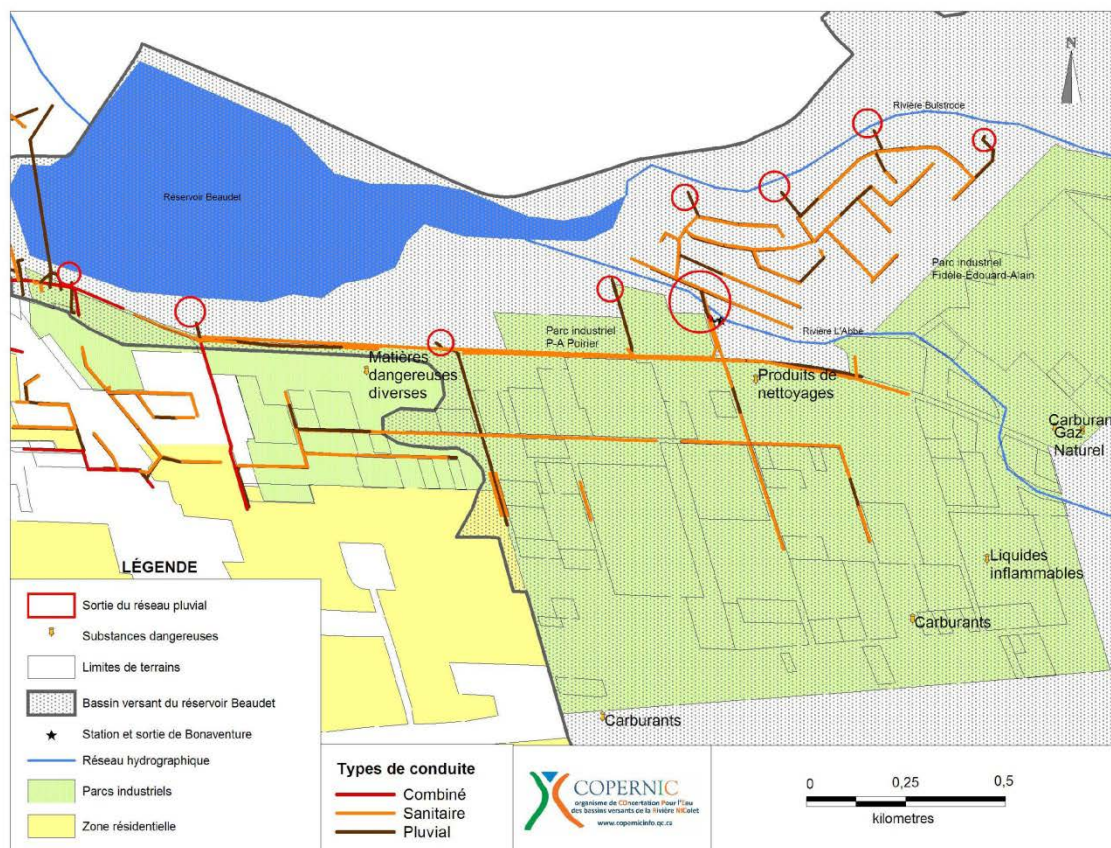


Sortie pluviale du secteur résidentiel au sud de la rivière Bulstrode en amont du réservoir Beaudet

## Risques de déversement

Le bris d'une pompe à essence d'une entreprise d'excavation résultant en un déversement de 8000 litres de diesel, dont une partie a atteint la rivière Nicolet en juillet 2012, met en lumière les risques de contamination de la prise d'eau du réservoir par d'éventuels déversements (Turcotte, 2012). Bien qu'une faible quantité ait atteint la rivière, ce genre d'incident est susceptible de paralyser l'usine d'eau potable Hamel. Ces incidents sont possibles tant au niveau routier qu'au niveau du réseau pluvial des parcs industriels qui bordent le réservoir Beaudet. Suite à une analyse sommaire des matières dangereuses manutentionnées par les industries du parc industriel P. A. Poirier, ce sont environ six entreprises qui représentent un potentiel de déversement liquide dans le réseau pluvial advenant une situation d'urgence (figure 7). Le boulevard Pierre Roux et le boulevard de la Grande Ligne sont empruntés par un trafic automobile diversifié. Le risque d'accident ou de déversement impliquant des camions lourds est à considérer dans les mesures d'urgence.

Figure 7: Matières dangereuses susceptibles de se déverser dans le réservoir Beaudet via le réseau pluvial



## Température

La température estivale du réservoir Beaudet est relativement élevée comme le démontre le tableau 6.

**Tableau 6: Situation thermique du réservoir Beaudet**

Saisons	Température moyenne
Hiver	3°C
Automne et Printemps	12°C
Été	22°C

Source : Houle, 2012

Les effets d'une température élevée sur un écosystème aquatique peuvent avoir le même impact qu'une contamination chimique. La solubilité de l'oxygène dans l'eau diminue lorsque la température augmente. De plus, cette augmentation de la température de l'eau entraîne une accélération du métabolisme des organismes qui résulte en une demande accrue en oxygène dissous. Cette absence d'oxygène dans l'eau cause l'**hypoxie** des poissons et induit des conditions **anaérobiques** (De Vries et coll. 2008). Ces dernières sont idéales pour l'apparition de conditions d'**eutrophisation** d'un milieu aquatique.

La température amplifie également d'autres paramètres. La pollution fécale est dépendante des paramètres physiques de l'environnement ainsi que des interactions biologiques avec les organismes en place. Une corrélation positive existe entre la température de l'eau et le facteur de croissance ainsi que le facteur de changement métabolique des bactéries d'origine fécale. Une élévation de température de 10 °C augmenterait le taux de développement des microorganismes dans l'eau d'un facteur 5 en condition de croissance idéale.

### Eau de refroidissement

À L'eau utilisée par l'usine Parmalat à des fins d'eau de refroidissement circule en circuit fermé et ne subit donc aucune transformation lors des procédés. C'est l'équivalent de 546 et 764 m<sup>3</sup> d'eau par jour qui retourne au réservoir Beaudet. L'eau quitte le système de Parmalat à une température de 6 °C de plus que l'eau collectée initialement (Giguère, 2012). Selon une étude menée par Walkuska et Wilczek (2010), les impacts de l'augmentation de la température sur les organismes aquatiques dépendent du type de rejet : constant, occasionnel ou récurrent et de son ampleur.

Selon les données de température fournies par la ville de Victoriaville (Tableau 66), la température de l'eau à la sortie en période estivale peut atteindre en moyenne 28 °C. Une eau de cette température peut entraîner des conditions **anoxiques** favorables à l'**eutrophisation** du réservoir. Néanmoins, la comparaison du volume utilisé par Parmalat au volume du réservoir démontre que l'effet de réchauffement est très localisé. En effet, le volume quotidien utilisé

par l'usine correspond à moins de 0.06 % du volume total du réservoir et contribuerait à une variation de 0.02°C de la variation totale du réservoir. L'apport d'une eau plus chaude de l'usine contribue certes à la température estivale élevée du réservoir, mais est peu significative en quantité. D'autres facteurs sont susceptibles d'occasionner cette haute température du réservoir. Les visites terrains ont permis de démontrer que les tributaires de la rivière Bulstrode possèdent tous des températures d'eau plus froides. C'est donc à partir de la rivière Bulstrode elle-même que le processus de réchauffement commence. Une absence de bande riveraine et une faible profondeur sont identifiées dès 1988 comme les facteurs responsables du réchauffement de la rivière Bulstrode (Paris et Denault, 1988).

Il est possible de conclure que les températures chaudes du réservoir en été représentent une condition très favorable au développement des coliformes (Verones et coll. 2010). Également, une moyenne estivale de 22 °C représente des températures maximums très élevées qui favorisent, en présence de nutriments, l'eutrophisation du réservoir (Walkuska et. Wilczek, 2010).

## Discussion

De nombreux facteurs influencent ou sont susceptibles d'influencer la qualité des eaux du réservoir Beaudet. Les polluants, les diverses sources de contamination qui affectent la qualité de l'eau en milieu urbain du réservoir Beaudet et les impacts sur l'eau brute sont présentés à l'annexe 1..

Il a été montré que les différentes sources de contamination du réservoir liées au milieu urbain périphérique et les autres sources directes accentuent l'eutrophisation du réservoir Beaudet, qui depuis plusieurs années présente des signes d'enrichissement en matières nutritives. L'étude des effets des contaminants résumés à l'annexe 1 démontre la capacité des différentes sources d'enrichissement et de pollution diffuses et directes à interagir entre elles. En fonction des informations disponibles, il est impossible de vérifier l'ampleur de l'impact de ces sources sur le réservoir Beaudet avec celui lié aux apports de la rivière Bulstrode et du bassin versant. Il est néanmoins plus facile d'agir directement sur certaines sources connues de pollution urbaine.

L'eutrophisation est un processus naturel qui est accéléré par des apports en matières nutritives (nitrates, phosphore). Les eaux ainsi enrichies offrent les conditions favorables à une augmentation de la production biologique, notamment une plus grande abondance des algues microscopiques (le phytoplancton) et des plantes aquatiques. Ces algues participent à la création d'une matière organique plus importante. L'activité des décomposeurs s'accroît, entraînant une demande plus importante en oxygène dissous créant des conditions anoxiques qui nuisent à la décomposition de cette matière qui s'accumule sous la forme de sédiments. Cette production accrue s'accompagne d'une transformation des caractéristiques du lac et le remplacement d'organismes par des espèces mieux adaptées aux nouvelles conditions.

Les informations issues de la littérature scientifique sur les oiseaux migrateurs indiquent leur participation à la création de sédiments enrichis du réservoir. Néanmoins, les apports nutritifs, qui sont emprisonnés dans une masse sédimentaire ou lessivés, participent à l'enrichissement direct du réservoir à long terme et ne sont pas significatifs selon les chercheurs en raison du passage périodique des oiseaux. Il convient tout de même de surveiller la population d'oiseaux qui utilisent le réservoir comme aire de nidification tels que les goélands, car ces derniers sont susceptibles d'affecter la qualité de l'eau brute par la plus forte teneur en nutriments de leurs fèces, par de possibles pathogènes transportés et par la durée de l'occupation du réservoir.

Les eaux pluviales qui lessivent le système routier et solubilisent les dépôts atmosphériques sont des sources de contaminants non négligeables en matière de métaux lourds et d'éléments

traces. Une gestion de ces eaux en périphérie du réservoir qui tient compte de ces éléments permettrait facilement d'en éliminer l'apport. Pour y parvenir, le réseau pluvial de la zone urbaine en périphérie du réservoir doit être modifié afin de réduire l'apport direct du drainage au réservoir; les possibilités de contamination par un éventuel déversement en seraient amoindries par ce même exercice. La création de petits bassins de rétention ou de marais filtrants aux sorties les plus importantes du réseau pluvial est un exemple parmi les solutions fournies par le Guide de gestion des eaux pluviales (Rivard, 2012). Outre les améliorations au réseau d'assainissement des eaux usées et pluviales, il est fondamental qu'un inventaire et des correctifs des systèmes de traitement individuel des eaux usées en bordure du réservoir et de la rivière soient réalisés.

Les sels de voirie sont également des éléments non négligeables sur la dynamique lacustre par leur effet sur le brassage lacustre et les interactions avec les métaux lourds et les éléments traces. En réduisant les apports directs d'eau pluviale, il est possible de prévenir les effets de la fonte des neiges et l'apport de sels sur le réseau hydrographique. Un plan de gestion des eaux pluviales serait le moyen le plus global pour réduire l'effet de lessivage des eaux pluviales, le principal agent qui influe sur la pollution d'origine urbaine du réservoir.

Outre les importants apports dus aux sels de voirie, le réseau routier qui borde le réservoir rend ce dernier vulnérable à tout incident impliquant un déversement. Un plan d'urgence est primordial à toute gestion future du réservoir en tant que source d'alimentation en eau potable.

Comme vu dans ce document, la température est un paramètre important dans beaucoup de processus chimiques du réservoir. Une diminution de la température est une condition essentielle pour résoudre l'enrichissement excessif du réservoir. Outre l'eau relativement chaude apportée par la rivière Bulstrode, les berges du réservoir Beaudet et de la rivière Bulstrode manquent de végétations arborescente et arbustive qui pourtant permettent d'absorber les rayons solaires, surtout en situation de faible profondeur des bordures du réservoir et de la rivière.

Finalement, les sédiments sont un élément majeur dans la dynamique du réservoir Beaudet. Leurs teneurs en nutriments, en métaux lourds et en éléments traces sont des indicateurs majeurs de l'état du réservoir et de ces interactions avec le milieu urbain environnant.

## Conclusion

1. Les usages qui prévalent dans le milieu urbain avoisinant le réservoir Beudet contribuent à son enrichissement et son **eutrophisation** accélérée ;
2. Les données disponibles ne permettent pas de comparer les différentes sources de contamination du réservoir Beudet : le milieu urbain en périphérie ou la rivière Bulstrode ;
3. Certains contaminants sont susceptibles d'interagir entre eux, ce qui accentue leurs effets négatifs respectifs.

## Recommandations

Bien que les eaux de la rivière Bulstrode possèdent un impact certain sur les eaux du réservoir, les recommandations suivantes regroupent les actions à réaliser en périphérie du réservoir afin de réduire l'impact du milieu urbain :

### Eaux pluviales

1. Élaborer un plan de gestion des eaux pluviales en périphérie du réservoir afin d'isoler le réservoir des impacts directs du drainage pluvial

### Site de neiges usées

2. Isoler complètement le dépôt à neige du Parc industriel du réseau pluvial qui se déverse au réservoir Beudet, du réseau de drainage de surface et du milieu environnant
3. Évaluer l'option d'un pré traitement au site
4. Effectuer un suivi de l'étanchéité des mesures d'imperméabilisation
5. Gérer les dépôts contenant du chlorure dans les fossés de rétention

### Eaux usées

6. Réaliser un inventaire des systèmes de traitement individuel des résidences au nord du réservoir et de la rivière
7. Effectuer ou exiger les correctifs pour obtenir des systèmes de traitement conforme au règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées  
*Q2.R22*

### Sels de voirie

8. Déterminer la capacité d'autoépuration du réservoir en lien avec les sels de déglçage
9. Identifier le réservoir Beudet comme une zone sensible et planifier la gestion des sels de voirie en conséquence durant la période hivernale

### Température

10. Améliorer la qualité de la bande riveraine immédiate du réservoir par la plantation d'espèces arborescente.
11. Ne pas permettre l'utilisation de l'eau du réservoir par d'autres industries à des fins de refroidissement

### Sédiments

12. Déterminer les contaminants associés aux sédiments du réservoir

### Déversements

13. Élaborer un plan d'urgence sur les mesures à prendre lors de possibles déversements dans les industries des parcs industriels ou sur le réseau routier adjacent au réservoir

## Glossaire

**Adsorber** : L'**adsorption**, à ne pas confondre avec l'absorption, est un phénomène par lequel des solides retiennent à leur surface des molécules, des ions en phase gazeuse ou liquide.

**Aérobie** : Se dit de micro-organismes qui se développent uniquement en présence d'oxygène.

**Anaérobie** : Se dit de micro-organismes qui se développent uniquement en l'absence d'oxygène.

**Anoxie** : Insuffisance d'apport en oxygène aux organes et aux tissus vivants.

**Anthropogénique** : Provient de ou relatif à l'être humain.

**Dénitrification**: Action des bactéries qui transforment les ions nitrates en azote moléculaire.

**Eutrophisation** : Enrichissement naturel ou artificiel d'une eau en matières nutritives.

**Hypoxie** : Diminution de la concentration d'oxygène

Les définitions sont issues du site [larousse.fr](http://larousse.fr) consulté le 20 novembre 2012.

## Bibliographie

Agence de Santé publique du Canada, 2010, *Giardia lamblia* [En ligne] <http://www.phac-aspc.gc.ca/lab-bio/res/psds-ftss/giardia-lamblia-fra.php>, Page consultée le 19 novembre 2012

Alderisio, K.A. et N. DeLuca, 1999, Seasonal enumeration of fecal coliform bacteria from feces of Ring-billed gulls (*Larus delawarensis*) and Canada Geese, *Applied and Environmental Microbiology*, 65-12:5628-5630.

Bégin, Éric, Ville de Victoriaville, Conversation personnelle, Novembre 2012

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

Boucher, Isabelle (2010). La gestion durable des eaux de pluie, Guide de bonnes pratiques sur la planification territoriale et le développement durable, ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire, coll. «Planification territoriale et développement durable», 118 p. [[www.mamrot.gouv.qc.ca](http://www.mamrot.gouv.qc.ca)]

Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). (1999) Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). In: Canadian environmental quality guidelines, Winnipeg. 13p.

Canadian Council of Ministers of the Environment.(CCME) 2004. Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: Phosphorus: Canadian Guidance Framework for the Management of Freshwater Systems, Winnipeg, 6p.

Canadian Council of Ministers of the Environment CCME. 2011. Canadian Water Quality Guidelines : Chloride Ion. Scientific Criteria Document., Winnipeg. 16pages

Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME) 2012. Nitrate, Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: Winnipeg, 17p.

Charbonneau, Patrick,2006, Sels de voirie : une utilisation nécessaire, mais lourde de conséquences, *Le naturaliste canadien*, Vol.130, No1 :p. 75-81.

Charest, André, Ville de Victoriaville, Conversation personnelle, Septembre 2012.

Chocat, B., Gaud, B., Sibeud, E. Et J. Chappier, 2004, Les hydrocarbures dans les eaux pluviales - solutions de traitement et perspectives, Groupe de recherche Rhone-Alpes sur les infrastructures et l'eau (GRAIE), Annemasse, 27p.

CIMBETON- Centre d'information sur le coïment et ses applications,2007, Voiries et aménagements urbains en béton – Revêtements et structures réservoirs, T-57, Chapitre 2 – Le cycle de l'eau dans les infrastructures urbaines. 16 pages. <http://www.infociments.fr/publications/route/collection-technique-cimbeton/ct-t57>

d'assainissement des eaux pour l'année 2011 - Ouvrages de surverse et stations d'épuration, Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT).

Davis, A.P., Shokouhian, M. et S. Ni, 2001, Loading estimates of lead, copper, cadmium, and zinc in urban runoff from specific sources, *Chemosphere* 44: 991-1009.

Demers, Jean, Ville de Victoriaville, Conversation personnelle, Décembre 2012.

De Vries, P., Tamis, J.E., Murk, A.J. and M.G.D. Smit, 2008, Development and application of a species sensitivity distribution for temperature-induced mortality in the aquatic environment, *Environmental Toxicology and Chemistry*, 27(12):2591-2598.

Environnement Canada, 2012, Pluie acide, <http://www.ec.gc.ca/eau-water/default.asp?lang=Fr&n=FDF30C16-1>, [En ligne] Page consultée le 25 septembre 2012.

Étang Burbank, Site de l'étang Burbank [En ligne] <http://etangburbank.ca/>, Page consultée le 21 août 2012.

Fleming, R. et H. Fraser, 2001, *The Impact of Waterfowl on Water Quality – Literature Review*, University of Guelph,

Gagnon, L. et A. Saint-Pierre, 2012, Échantillonnage des eaux souterraines et de surface du site de neiges usées de la rue du Saguenay, Victoriaville, DESSAU, 9 pages et annexes.

Gavens, A., Revitt, D. M. et J. B. Ellis, 1982, Hydrocarbon accumulation in freshwater sediments of an urban catchment, *Hydrobiologia*, Vol 91-92 1, 285-292

Gélinas, Yves, 1998, Contaminations inorganiques dans un petit bassin versant rural: Le bassin de la rivière Des Hurons. Thèse. Université du Québec à Montréal. 257 p

Giguère, Comm pers., 2012

GIP Loire Estuaire, 2005, Sites contaminés par *Escherichia coli* L2A8 [En ligne] [http://www.loire-estuaire.org/documents/pdf/GIP\\_200510\\_L2A7.pdf](http://www.loire-estuaire.org/documents/pdf/GIP_200510_L2A7.pdf), Page consultée le 19 novembre 2012

Guay, I. et T. Roussel, 2009, Critères de qualité de l'eau de surface, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, 510 p. et 16 annexes.

Heyland, J.D, 2002, *La Grande Oie des Neiges, Flore et faune du pays*, 4 pages.

Houle F., Ville de Victoriaville, Conversation personnelle, Août 2012

Lachapelle, M. Ville de Victoriaville, Conversation personnelle, Février 2013.

MDDEP, 2012, Le plomb dans l'eau, <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/potable/plomb/index.htm>

Miles, N.G. et R.J. West, 2011, The use of an aeration system to prevent thermal stratification of a freshwater impoundment and its effect on downstream fish assemblages, *Journal of Fish Biology*, 78:945-952

Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs du Québec (MDDEP), Guide d'aménagement des lieux d'élimination de neige et mise en œuvre du Règlement sur les lieux d'élimination de neige, [http://www.mddefp.gouv.qc.ca/matieres/neiges\\_usees/guide.htm](http://www.mddefp.gouv.qc.ca/matieres/neiges_usees/guide.htm), Page consultée le 20 février 2013.

Ministère des Transports du Québec, Conversation personnelle, Septembre 2012

Miquel, Gérard (2001) *Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé*, Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, 366 pages.

Moreira, João F.V. et Marie-Claude Boudreault, 2012, Évaluation de performance des ouvrages municipaux

Olson, M.H, Hage, M., Binkley, M.D. et J.R. Binder, 2005, Impact of migratory snow geese on nitrogen and phosphorus dynamics in a freshwater reservoir, *Freshwater Biology*, 50: 882-890

Paris, B et Denault, D., 1989, *Rivière Bulstrode : Synthèse des connaissances*, Pro Faune, 59 p.

Payment, P., Berte A., Prévost M., Ménard B. et Barbeau, B.; 2000, Occurrence of pathogenic microorganisms in the Saint Lawrence River (Canada) and comparison of health risks for populations using it as their source of drinking water, *Canadian Journal of Microbiology*; 46:565-576.

Payment, P.; Comm. Pers, juin 2000

Prévost, M, Sauvé, S, Zamyadi, A, Fontaine, Y, Philippert, J et K. Aboufadi, 2012, Problématique de fleurs d'eau de cyanobactéries dans les clarificateurs des station d'eau potable, Forum de transfert sur les cyanobactéries, 9 février 2012.

Rivard, Gilles, 2012, Guide de gestion des eaux pluviales, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) et Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT),

Rompré, M., G. Laflamme, L. Ouellet, D. Carrier, J-C. Dubé et Fernand Pagé, 1984, *Étude pédologique du comté d'Arthabaska*, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 89 pages.

Santé Canada, 1987, Le chlorure-Document technique, <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/chloride-chlorure/index-fra.php>, 4 pages

Scoggins, M., McClintock, N. L, Gosselink, L. and P. Bryer (2007) Occurrence of polycyclic aromatic hydrocarbons below coal-tar-sealed parking lots and effects on stream benthic macroinvertebrate communities. *Journal of the North American Benthological Society*: December 2007, Vol. 26, No. 4, pp. 694-707.

Thibodeau, Claude, Août 2012, Des investissements de plusieurs millions, La Nouvelle Union,

Turcotte, Gabrielle, 2012, Déversement de diesel dans la rivière Nicolet: les prises d'eau potable n'ont pas été touchées, *Le Nouvelliste*, 4 juillet 2012.

Unckless, R.L., et J.C. Makarewicz, 2007, The impact of nutrient loading from Canada Geese (*Branta Canadensis*) on water quality, a mesocosm approach, *Hydrobiologia*, 586:393-401.

Verones, F., Hanafiah, M.M., Pfister, S., Huijbregts, M.A.J., Pelletier, G.J. et A. Koelher, 2010, Characterization Factors for thermal Pollution in Freshwater Aquatic Environments, *Environmental Science and Technology*, 44; 9364-9369.

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 p. et annexes

Walkuska, G. et A. Wilczek, 2010, Influence of Discharged Heated Water on Aquatic Ecosystem Fauna, *Polish Journal of Environmental Studies*, 19,3:547-552.

## Annexe

### Annexe 1: Bilan des sources de contamination du réservoir Beaudet

Types de contaminants	Sources de contamination	Nature de la contamination et impacts sur le réservoir	Sources
Métaux lourds ou éléments traces	Circulation routière, Eaux de ruissellement des routes, Dépôts atmosphériques, Rejets industriels, Dépôt à neige	<b><u>Tous les métaux lourds</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adsorption dans les sédiments</li> <li>• Les métaux lourds deviennent solubles lorsque mis en présence d'une eau saline ou à forte teneur en sel.</li> </ul>	Miquel, 2001
		<b><u>Cadmium</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plus la forme de cadmium est soluble, plus elle est toxique</li> <li>• Grosse particule qui se dépose sur la chaussée et en bordure de celle-ci</li> <li>• La dose hebdomadaire tolérable est de 7 µg/kilo/semaine.</li> </ul>	Guay et Roussel, 2009, MDDEP, 2012
		<b><u>Plomb</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour une teneur en surface de plus de 100 ppm, une bande de l'ordre de 10 à 20 mètres de largeur est affectée en bordure des axes routiers. (Académie des sciences)</li> <li>• Indicateurs de toxicité <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 100 µg de plomb par litre de sang chez l'enfant et 150 µg de plomb par litre de sang chez l'adulte.</li> <li>▪ Dose hebdomadaire tolérable a été fixée à 25 µg de plomb par kilo de poids corporel.</li> </ul> </li> </ul>	Miquel, 2001, MDDEP, 2012
		<b><u>Zinc</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques) : 7,4 ou 5 mg/L</li> <li>• Tout comme le cadmium, le zinc est une grosse particule qui se dépose sur la chaussée et en bordure de celle-ci.</li> </ul>	Guay et Roussel, 2009,
		<b><u>Mercure</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le méthylmercure est la forme de mercure la plus toxique pour l'être humain et est de nature organique</li> <li>• Susceptible de devenir organique lorsque l'eau est stagnante, peu oxygénée et associée à des matières organiques en décomposition.</li> <li>• Les risques de toxicité apparaissent à 50 µg/gramme.</li> <li>• La dose hebdomadaire tolérable de 200 µg de méthylmercure (soit 0,5 µg/kilo/jour) comporte un facteur de sécurité de 10 par rapport à la dose susceptible d'induire l'apparition de risques de neurotoxicité chez 5 % des adultes (fixée à 5 µg/kilo/jour).</li> </ul>	Miquel, 2001 Guay et Roussel, 2009,

Types de contaminants	Sources de contamination	Nature de la contamination et impacts sur le réservoir	Sources
Phosphores	Eaux de ruissellement, oiseaux, rejets domestiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sous trois formes : Phosphore inorganique, particules de phosphore organique et phosphore organique dissous</li> <li>• Facteur limitant pour la croissance des algues et plantes aquatiques</li> <li>• Précipite en contact avec des molécules de fer, d'aluminium et de calcium en condition <b>aérobique</b></li> <li>• En condition <b>anaérobique</b>, le phosphore est remis en suspension</li> </ul>	CCME, 2004
Nitrates	Eaux de ruissellement, oiseaux, rejets domestiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En présence d'oxygène dissous, la nitrification a lieu ce qui donne de l'ammonium, composé facilement assimilable par les végétaux.</li> <li>• En absence d'oxygène dissous, la <b>dénitrification</b> par des bactéries entraîne ultimement la formation d'azote gazeux.</li> </ul>	CCME, 2012
Coliformes fécaux (EColi) et microorganismes pathogènes (Giardia)	Eaux de ruissellement, Réseau pluvial, Station de pompage Bonaventure, oiseaux, rejets domestiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E. coli est une bactérie fécale d'origine humaine ou animale</li> <li>• Ces microorganismes affectent surtout la santé humaine</li> <li>• Sont habituellement présents dans le milieu naturel</li> <li>• Giardia est un parasite microscopique d'origine fécale</li> </ul>	Agence de Santé publique Canada, 2010, GIP LoireEstuaire, 2005
Sels (CaCl, NaCl)	Sels de voirie, Dépôts à neige	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effets sur la régulation osmotique des organismes aquatiques et sur le brassage des eaux d'un lac</li> </ul>	Charbonneau, 2006
Hydrocarbures et substances dangereuses	Déversement accidentel, Eau de ruissellement du réseau routier	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Molécules peu solubles dans l'eau, elles se lient aux matières en suspension fines</li> <li>• Dégradation biologique visible par une perte de diversité des macroinvertébrés</li> <li>• La dégradation microbienne est le principal procédé responsable de la dégradation des molécules. Par contre, les composés intermédiaires produits par ces réactions sont cancérogènes ou mutagènes et toxiques.</li> </ul>	Chocat et coll. 2004; Scoggins et coll. 2007; CCME, 1999.