

# Synthèse bibliographique, analyse et proposition de caractérisation complémentaire pour le ruisseau Frost

Client :

Les Amis du Bassin Versant du lac Waterloo (ABVLW)

À l'attention de :

Madame Catherine Demers, trésorière de  
Les Amis du Bassin Versant du lac Waterloo


Site à l'étude :

Bassin versant du ruisseau Frost  
Canton de Shefford et Stuckely Sud (Québec)

Numéro de projet :

HY-015

Préparé par :



Aure Garnier, Maîtrise en Hydrogéologie  
Spécialiste en environnement

Révisé par :



Samuel Trépanier, M.Sc.  
Hydroéologue (#1047 O.G.Q.)

Environnement LCL inc.



GRANBY  
162, rue Cowie  
Granby (Qc) J2G 3V3

CHÂTEAUGUAY  
794-A, boul. St-Jean-Baptiste  
Mercier (Qc) J6R 1E8

VALLEYFIELD  
256, route 236  
St-Louis-de-Gonzague (Qc) J0S 1T0

Téléphone : 450 956 1066 | 1 888 956 1066  
Télécopieur : 450 956 1307

26 octobre 2010

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1 INTRODUCTION .....</b>	<b>5</b>
1.1 Mandat.....	5
1.2 Objectifs.....	5
1.3 Définition du secteur d'étude .....	5
<b>2 SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....</b>	<b>7</b>
2.1 Évaluation indirecte des apports de phosphore, Ministère des Richesses Naturelles, Francine Bourassa, 1976.....	8
2.2 Évaluation directe des apports de phosphore, Ministère des Richesses Naturelles, Francine Bourassa, 1977.....	9
2.3 Caractérisation de la qualité de l'eau de la rivière Yamaska Nord : Rapport complémentaire, Service de la Qualité des Eaux, Ministère des Richesses Naturelles, Provencher et Al., 1979.....	11
2.4 Étude du milieu environnant du lac Waterloo, Ministère de l'environnement, Bourassa, Le Rouzès, 1980.....	12
2.5 Prise de quelques paramètres physico-chimiques sur le lac Waterloo, Multi Faune, 1997.....	14
2.6 Bilan des apports en phosphore au lac Waterloo en 1998, Direction des Écosystèmes Aquatiques, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Isabelle Piché, 1998.....	14
2.7 Plan d'action pour l'amélioration de la qualité de l'eau du lac Waterloo, Fournier et Al, 2001. ....	17
2.8 Protocole de caractérisation de l'occupation de la bande riveraine, Version expérimentale, Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs, Conseil Régional de l'Environnement des Laurentides, 2005. ....	18
2.9 Capacité de support des activités agricoles par les rivières : le cas du phosphore total, Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs, 2005.....	18
2.10 Contrôle des flux de phosphore interne du lac Waterloo : Étude de faisabilité, projet 04-436, Pro Faune, 2006. ....	19
2.11 Proposition pour suivi de la qualité de l'eau au lac Waterloo pour l'année 2006, Perreault, 2006. ..	21
2.12 Résultats du suivi de la qualité de l'eau au lac Waterloo en 2006, Perreault, 2006. ....	21
2.13 Les cyanobactéries dans les lacs québécois : Un portrait de la situation selon les chercheurs du GRIL, Groupe de Recherche Interuniversitaire en Limnologie en Environnement Aquatique, 2007.....	21
2.14 Suivi de la qualité de l'eau, Lac Waterloo, Perreault, 2007.....	21
2.15 Rapport sur la qualité de l'eau, rivière Frost, principal tributaire du lac Waterloo, Perreault, 2008. .	22
2.16 Plan directeur de l'eau du bassin versant du lac Waterloo, Dessau, dossier 129-PO16882-0100-EM-0001-10, 2008. ....	23
2.17 Échantillonnage du phosphore des sept lacs réservoirs du bassin versant de la Yamaska, Enviroservices, 2008. ....	24
2.18 Ville de Waterloo, Restauration du lac de Waterloo- Projet pilote, essais de trois techniques de restauration, protocole expérimental, DESSEAU, février 2009.....	24

<b>3 ANALYSE DE LA SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE .....</b>	<b>25</b>
3.1 Problématiques ciblant le bassin versant du Lac Waterloo.....	25
3.2 Problématiques ciblant le lac Waterloo.....	27
3.3 Sources des apports en phosphore selon la méthode de calcul par estimation indirecte .....	28
3.4 Solutions proposés dans la revue de littérature .....	30
<b>4 DISCUSSION.....</b>	<b>32</b>
4.1 La méthode de calcul d'estimation indirecte .....	32
4.1.1 Les superficies et les nombres d'individus .....	33
4.1.2 Les coefficients d'exportation de phosphore .....	36
4.2 Bilan de la situation actuelle à l'échelle du sous-bassin versant du ruisseau Frost .....	39
4.3 Le golf Waterloo.....	40
4.4 Évolution de la qualité de l'eau du ruisseau Frost; analyse du phosphore.....	41
<b>5 INTERPRÉTATION ET CONCLUSION .....</b>	<b>43</b>
5.1 Plan correcteur préliminaire .....	45
5.2 Recommandations adaptées .....	46
5.2.1 Suivi de la qualité de l'eau.....	46
5.2.2 Analyse de l'eau souterraine .....	47
5.2.3 Cartographie des secteurs érosifs.....	48
5.2.4 Une action sur la charge interne du lac reste essentielle .....	49
5.3 Conclusion.....	50

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 Photo satellite du sous-bassin du ruisseau Frost.....	6
Figure 2 : Évolution de la concentration en Phosphore le long du profil longitudinal du ruisseau Frost.....	41
Figure 3 Migration du phosphore sous forme particulaire et en solution.....	44

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Apports en phosphore TOTAL au Lac Waterloo (kg/an) 1976 .....	10
Tableau II : Phosphore total entrant au lac Waterloo à partir des débits massiques.....	11
Tableau III : Phosphore total entrant au lac Waterloo à partir du calcul indirect.....	11
Tableau IV : Sources de phosphore entrant au Lac Waterloo.....	12
Tableau V : Apports en phosphore selon l'origine des sources (Bourassa, Le Rouzès, 1980) .....	13
Tableau VI : Répartition des apports en phosphore du bassin versant du lac Waterloo (Piché, 1998) .....	16
Tableau VII : Évolution des teneurs en phosphore du lac Waterloo et du Ruisseau Frost.....	26
Tableau VIII : Comparaison de la contribution des sources d'apport en phosphore par étude .....	28
Tableau IX : Synthèse de l'évolution des apports de phosphore.....	32
Tableau X : Évolution de l'occupation des sols à l'échelle du bassin versant .....	34
Tableau XI : Comparaison des coefficients d'exportations de phosphore selon plusieurs études .....	36
Tableau XII : Calcul des apports en phosphore en utilisant de nouveaux coefficients.....	37

## 1 INTRODUCTION

### 1.1 Mandat

*Environnement LCL inc.* a été mandaté par madame Catherine Demers, trésorière des amis du bassin versant du lac Waterloo (ABVLW), afin d'effectuer une recherche récapitulative de la documentation existante sur le sujet et d'élaborer un plan d'intervention pour le bassin versant du ruisseau Frost, tributaire principal du lac Waterloo, dans le but de réduire les taux de phosphore dans le cours d'eau. Les travaux ont été réalisés conformément à l'offre de service OS-044 approuvée par Mme. Demers, le 11 mai 2010.

### 1.2 Objectifs

Les objectifs de l'étude sont les suivants :

- Réaliser une synthèse bibliographique des études antérieures réalisées à l'échelle du bassin versant du lac Waterloo.
- Définir les sources de contamination potentielles du ruisseau Frost concernant les paramètres de phosphates principalement.
- Présenter les analyses complémentaires nécessaires à l'échelle du bassin versant du ruisseau Frost.
- Rédiger un plan correcteur visant à la réduction des apports de phosphore vers le ruisseau Frost.

### 1.3 Définition du secteur d'étude

Dans le cadre de la présente étude, le bassin versant du ruisseau Frost représente la zone principale à l'étude. Celui-ci se caractérise comme le principal tributaire du lac Waterloo qui lui-même se situe en zone amont de la rivière de la Yamaska.

Ainsi, afin d'assurer une gestion globale et intégrée du bassin versant, un intérêt sera également porté sur l'ensemble du bassin versant et plus précisément sur le lac Waterloo.

Le bassin versant du Frost représente une superficie de 17,72 km<sup>2</sup> (Bourassa, 1976) soit environ 56,2 % du bassin versant du lac Waterloo, qui est de 31,5 km<sup>2</sup>. Il comprend les municipalités de Waterloo, du Canton de Shefford et de Stukely Sud. Le lac est classé comme eutrophe, peu transparent et de faible profondeur (2.41m en moyenne).

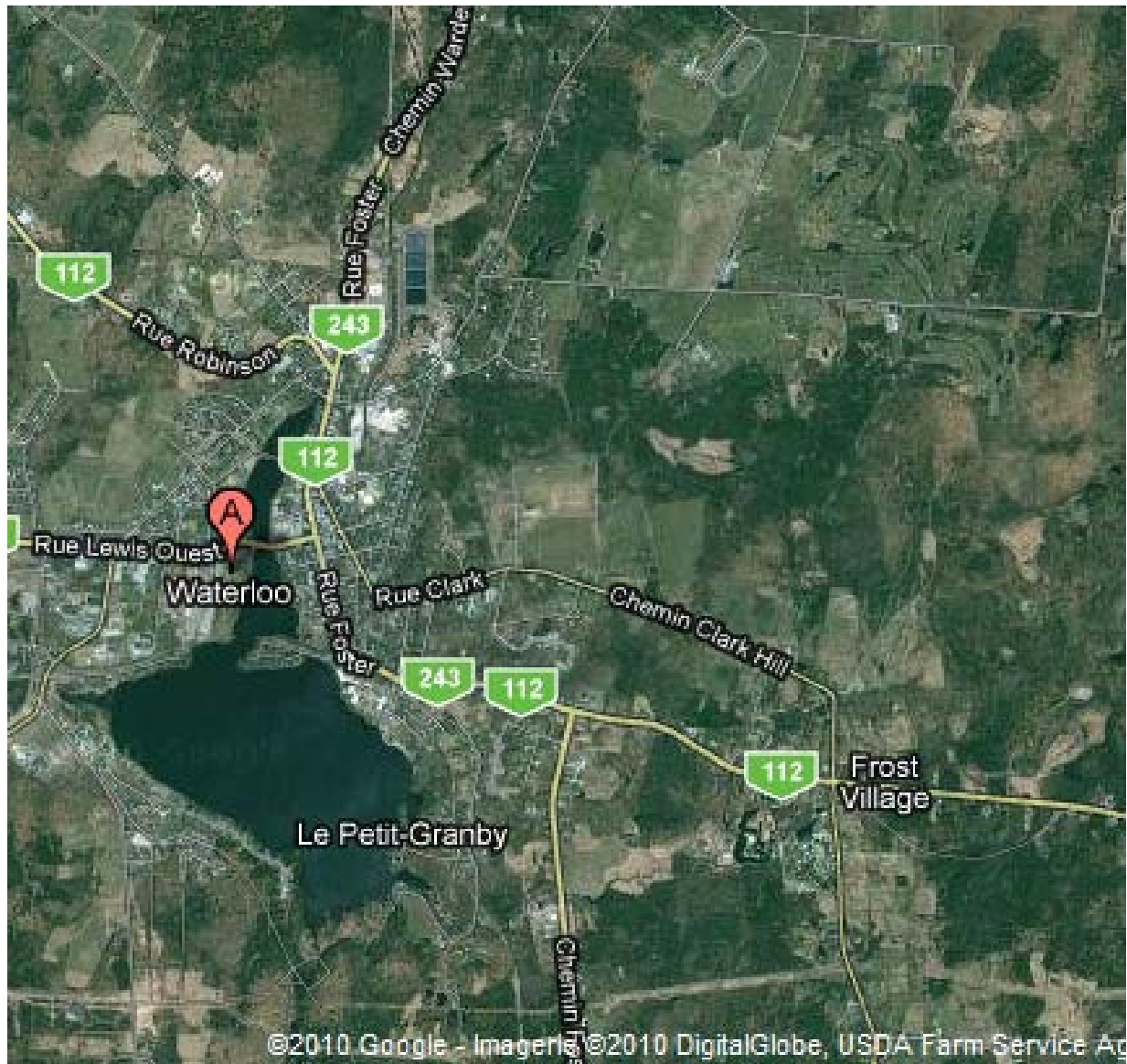


Figure 1 Photo satellite du sous-bassin du ruisseau Frost.

## 2 SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Il a été établi, dans le cadre du mandat, la réalisation d'une synthèse bibliographique des documents fournis par les Amis du Bassin Versant du Lac Waterloo. Les documents suivants ont été fournis :

- 1 Estimation indirecte des apports de phosphore au lac Waterloo, Ministère des richesses naturelles, Francine Bourassa, 1976.
- 2 Estimation directe des apports de phosphore au lac Waterloo, Ministère des richesses naturelles, Francine Bourassa, 1977.
- 3 Caractérisation de la qualité de l'eau de la rivière Yamaska Nord : Rapport complémentaire, Provencher et Al, Service de la Qualité des Eaux, Ministère des Richesses Naturelles, 1979.
- 4 Étude du milieu environnant du lac Waterloo, Ministère de l'environnement, Bourassa, Le Rouzès, 1980.
- 5 Prise de quelques paramètres physico-chimiques sur le lac Waterloo, Multi Faune, 1997.
- 6 Bilan des apports en phosphore au lac Waterloo en 1998, Isabelle Piché, Direction des Écosystèmes Aquatiques, Ministère de l'Environnement et de la Faune, 1998.
- 7 Plan d'action pour l'amélioration de la qualité de l'eau du lac Waterloo, Fournier et Al, 2001.
- 8 Capacité de support des activités agricoles par les rivières : le cas du phosphore total, Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs, 2005.
- 9 Protocole de caractérisation de l'occupation de la bande riveraine, Version expérimentale, Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs, Conseil Régional de l'Environnement des Laurentides, 2005.
- 10 Contrôle des flux de phosphore interne du lac Waterloo : Étude de faisabilité, projet 04-436, Pro Faune, 2006.
- 11 Proposition pour suivi de la qualité de l'eau au lac Waterloo pour l'année 2006, Perreault, 2006.
- 12 Résultat du suivi de la qualité de l'eau au lac Waterloo en 2006, Perreault, 2006.
- 13 Les cyanobactéries dans les lacs québécois : Un portrait de la situation selon les chercheurs du GRIL, Groupe de Recherche Interuniversitaire en Limnologie en Environnement Aquatique, 2007.
- 14 Suivi de la qualité de l'eau, Lac Waterloo, Perreault, 2007.
- 15 Rapport sur la qualité de l'eau, rivière Frost, principal tributaire du lac Waterloo, Perreault, 2008.

- 16 Plan directeur de l'eau du bassin versant du lac Waterloo, Dessau, dossier 129-PO16882-0100-EM-0001-10, 2008.
- 17 Échantillonnage du phosphore des sept lacs réservoirs du bassin versant de la Yamaska, Enviro Services, 2008.
- 18 Ville de Waterloo, Restauration du lac de Waterloo-Projet pilote, essais de trois techniques de restauration, protocole expérimental, DESSAU, février 2009.

La synthèse bibliographique fait référence aux 18 documents précédents qui concernaient globalement la problématique environnementale rattachée au lac Waterloo. Ces derniers ont été consultés précisément pour retrouver toutes les données pertinentes concernant le ruisseau Frost. Elle permettra de dresser un portrait de la qualité environnementale du ruisseau Frost à travers le temps et démontrer son impact sur la qualité des eaux du lac Waterloo. Ainsi la synthèse s'attardera aux documents jugés les plus pertinents et commencera par la plus ancienne étude, datant des années 1976, jusqu'à aujourd'hui.

## **2.1 Évaluation indirecte des apports de phosphore, Ministère des Richesses Naturelles, Francine Bourassa, 1976.**

Le document a été réalisé suite à la mise en place d'un aérateur dans le lac Waterloo. Il vise à estimer théoriquement, à l'aide de la méthodologie élaborée par le Service Qualité des Eaux du ministère des Richesses naturelles (Le Rouzès et Mathieu, 1976), les apports de phosphore par source potentielle ou réelle d'émission. Une valeur théorique, issue de la littérature, est attribuée pour chaque source d'apport puis calculée suivant l'occupation du territoire. Le bassin versant du lac est analysé suivant quatre (4) zones d'écoulement diffus et quatre (4) sous-bassins. Un coefficient d'exportation est attribué pour chacune des sources.

Selon les calculs effectués, les principales sources de phosphore sont la population animale et la population humaine permanente sans égout qui proviennent principalement du sous bassin 1 dans l'étude, soit le sous-bassin du ruisseau Frost. Les apports pour le sous bassin du ruisseau Frost sont estimés à 754.33 kg/an, dont 254.10 kg/an pour les habitations permanentes sans égout et 289.77 kg/an pour la population animale. Un résumé des résultats apparaît au tableau 1, notez que ces résultats sont



applicables pour l'ensemble du bassin versant du lac Waterloo contrairement aux données précédentes qui s'appliquent au sous-bassin du ruisseau Frost. Dans cette même étude, on rapporte que les entreprises *Compagnie Slack Brothers Limitée* et *Compagnie Meubles Roxton Limitée* effectuent leurs rejets d'eaux usées et de procédés industriels en direction du lac, qui présenterait une nocivité élevée pour la qualité des eaux du lac. Finalement, les apports du sous-bassin du ruisseau Frost étaient estimés à 60% des apports totales pour le lac à cette époque.

## **2.2 Évaluation directe des apports de phosphore, Ministère des Richesses Naturelles, Francine Bourassa, 1977.**

Dès 1977, l'intérêt de la mise en place d'un plan global d'aménagement était soulevé, ce qui indique l'enjeu de la problématique environnementale du lac Waterloo dès cette période. Dans l'étude citée ci-dessus, l'auteure se penche principalement sur la corrélation entre les calculs d'apports en nutriment indirectes et directes vers le lac Waterloo. Lors de cette analyse, l'auteure a utilisé conjointement une méthode de calcul indirecte (Dillon et Le Rouzès, 1975, 1976) et une méthode de débit massique qui utilise les données réelles calculées à même les stations d'échantillonnage. Notez que les résultats d'analyse et la méthode de calcul indirecte seront fréquemment réutilisés dans les prochaines études citées en référence dans ce document.

La période d'échantillonnage s'étale sur une période de douze mois, soit de septembre 1975 à septembre 1976. L'une des trois stations d'échantillonnage était positionnée à la sortie du ruisseau Frost, elle était la seule station située en amont du Lac Waterloo. L'observation des données recueillis à l'embouchure du ruisseau Frost, permet de constater de nombreux résultats inférieurs à 0,01 mg/l, la valeur la plus haute est de 0,33 (avril 1976) et la moyenne des lectures est de 0,036 mg/l. Voici un extrait du texte qui concerne l'analyse des résultats obtenus à cette station : « En ce qui concerne l'évolution temporelle des concentrations de phosphore, les tributaires L (ruisseau Frost) et l'exutoire (station P) du lac Waterloo véhiculent des concentrations élevées de phosphore total au début de la crue, il y a une diminution rapide de la concentration due à l'effet de dilution des eaux. Par contre, l'augmentation de la concentration au

moment de la décrue pourrait être attribuée à un apport ponctuel. Pendant l'année (de mai à février), les concentrations de phosphore total détectées à la station L (ruisseau Frost) sont faibles.

Les charges calculées de phosphore (P) total entrant et sortant annuellement sont comparables selon l'étude, elles sont de 1 500kg. Aussi, elle se rapproche des valeurs estimées par Bourrassa (1700 kg) en 1976 (Estimation indirecte des apports de phosphore au lac Waterloo), Le tableau suivant résume les valeurs calculées et estimées.

Tableau I : Apports en phosphore TOTAL au Lac Waterloo (kg/an) 1976

Apports en phosphore	Apports au lac, la station est située sur le ruisseau Frost, près du Lac	Station à l'exutoire du lac (Station P)	Station dans le cours d'eau de la rivière Yamaska-nord. (Station K)
Charges calculées	568.3 (Station L)		
*Apports des industries	425		
*Précipitations	56.4	1 454.4	8 671.9
*Apports du reste du bassin versant	454.2		
TOTAL	1 503.9	1 454.4	8 671.9

\*Charge estimée à partir du modèle d'apport indirect

En résumé :

Dans la section discussion du document, il semblerait que le lac aurait une capacité de rétention de seulement 3.4% ou 50kg. Il est à souligner qu'une partie du calcul est estimée (voir tableau ci-haut). Bourrassa considère que le coefficient de rétention devrait se situer à près de 50% selon une méthode empirique de calcul développée par Dillon et Rigler, 1975. L'auteure précise cependant qu'il faut être prudent en avançant que plus de la moitié des charges entrantes pourraient provenir du relâchement du phosphore par les sédiments puisque le coefficient de rétention de 50% est quelque peu élevé à première vue. Néanmoins, il apparaît évident qu'une importante partie du phosphore proviendrait du relargage par les sédiments. Toujours selon les conclusions de ce document, le lac recevrait près de 1720kg de P par année par estimation indirecte ou 1 504 kg de P annuel par estimation directe, alors qu'il serait théoriquement capable de recevoir seulement 600kg. On estime qu'il faudrait réduire de 65% la quantité de

phosphore que le lac reçoit annuellement. La contribution annuelle en phosphore du ruisseau Frost a été évaluée à 568 kg de P.

**Conclusion sur les sources de phosphore et les quantités selon l'étude :**

- Les installations septiques (476kg ou 28%)
- Les eaux d'origine industrielle (425 kg ou 25%)
- Les pratiques agricoles (458kg ou 27%)

**2.3 Caractérisation de la qualité de l'eau de la rivière Yamaska Nord : Rapport complémentaire, Service de la Qualité des Eaux, Ministère des Richesses Naturelles, Provencher et Al., 1979.**

Ce rapport concerne principalement le tronçon de la rivière Yamaska se trouvant entre Waterloo et Saint-Alphonse. Toutefois, il y apparaît les résultats d'échantillonnage effectués à la station 03033L, et ce sur une période de trois ans, soit de l'automne 1975 au printemps 1978. Cette station est la même que celle utilisée lors de l'étude citée précédemment (Bourassa 1977).

Tableau II : Phosphore total entrant au lac Waterloo à partir des débits massiques

Années	Débits massiques annuels à 03033L	Phosphore entrant au lac par la partie diffuse (Bourassa 1976)	Phosphore total entrant au Lac (kg de P/ an)
75-76	497	936	1 433
76-77	1 522	936	2 458
77-78	981	936	1 917

Tableau III : Phosphore total entrant au lac Waterloo à partir du calcul indirect.

Bibliographie	Apports ponctuels		Apports diffus			Apports naturels	TOTAL
	domestiques	Industriels	Élevages	Fertilisants	Domestiques	Forêts+préc.	
Bourassa 1976	-	425	382	76	476	360	1 719
Bourassa 1979	-	425	342	38	968	491	2 264

Le modèle de calcul utilisé est celui de Dillon et Rigler, 1975

L'auteur calcule donc la moyenne des trois années en calcul direct (avec une partie de calcul indirect) et en intégrant deux calculs de Bourassa (1976 et 1979) pour en arriver à une charge total entrant au lac Waterloo estimé à 1 960 kg P / an. Le pourcentage des apports provenant du ruisseau Frost sur la totalité des apports (1960 kg P /an) varient entre 35% et 62% selon cette étude.

Une autre conclusion à aussi retenu notre attention, une analyse effectuée sur le potentiel de production et de chlorophylle concluait que le facteur limitant la productivité est le phosphore pour ce qui attrait aux tributaires du lac Waterloo. L'auteur conclue aussi que les tributaires du lac sont moyennement chargés et présentent un faible taux de dépassement des critères de qualité. Finalement, nous constatons que les débits massiques en phosphore sont plus élevés au printemps et à l'automne en période de lessivage. Il est aussi à souligner que des concentrations élevées en métaux (Zn, Ag, As, Ba et Mn) ont été observées dans l'eau et les sédiments sans connaître la source d'émission.

#### **Conclusion sur les sources de phosphore et les quantités selon l'étude :**

Tableau IV : Sources de phosphore entrant au Lac Waterloo

Apports ponctuels (%)		Apports diffus (%)			Apports naturels (%)
Domestiques	Industriels	Élevage	Fertilisants	Domestiques	Forêt et préc.
-	21	18	3	37	21
21		58			21

#### **2.4 Étude du milieu environnant du lac Waterloo, Ministère de l'environnement, Bourassa, Le Rouzès, 1980.**

Ce rapport a pour but d'élaborer des solutions pour enrayer les sources polluantes du bassin versant du lac Waterloo. Il traite notamment de la problématique de régénération du lac Waterloo, des caractéristiques physiques et humaines du bassin versant, de l'impact du milieu physique et conclut avec une synthèse des mesures de correction.

Une autre estimation des apports en phosphore a été effectuée dans cette étude. Elle utilise la même méthode que les études précédentes de Bourassa, mais certains calculs sont repris et utilisent de

nouveaux paramètres tels que les précipitations sur les zones urbaines, les apports émanant des populations flottantes, les apports provenant des terrains de camping et des hôtels, etc.. De plus, un nouveau découpage du bassin versant et de l'utilisation du sol a permis de préciser chacune des zones. Il en a découlé les estimations figurants dans le tableau suivant.

Tableau V : Apports en phosphore selon l'origine des sources (Bourassa, Le Rouzès, 1980)

	Exportateur	Apport (kg)	Importance relative	Importance relative
Utilisation du sol	Précipitation sur surface d'eau	63,57	2,81	37,57
	Ruissellement sur sol nu	216,57	9,56	
	Ruissellement sur zones urbaines	359,28	15,87	
	Apports des forêts	211,16	9,33	
Populations humaines	Population permanente	515,32	22,76	26,87
	Population saisonnière	80,67	3,56	
	Population flottante	12,54	0,55	
Activités humaines	Élevage	342,12	15,11	35,56
	Engrais chimiques	37,93	1,68	
	Industries	425,10	18,77	
	Total	2 264,26	100	100

Selon les estimations, le sous bassin du ruisseau Frost serait la région la plus exportatrice de phosphore, notamment en raison de sa grande superficie (milieux agro-forestiers) plutôt que par l'existence d'activités polluantes localisées. Ces lieux correspondent au camping, au hameau de Frost, aux secteurs industriels (compagnie Slack-Brothers), urbains et aux zones où se situent des résidences permanentes non raccordées aux égouts.

Lors de cette étude, trois campagnes d'échantillonnage couvrant l'ensemble des tributaires ont eu lieu. Trente-six (36) points de prélèvements étaient situés sur l'ensemble du bassin versant. Dans le cadre de la présente recherche, nous nous attarderons principalement aux résultats concernant le ruisseau Frost. Un unique échantillonnage a eu lieu en août 1977 sur l'ensemble du profil longitudinal. La plage des résultats pour le phosphore se maintient entre 0,006 et 0,069 mg/l. Ces résultats seront comparés à ceux de 2006 plus tard dans la discussion.

« Les résultats des trois échantillonnages démontrent que dans l'ensemble du bassin versant du lac Waterloo, la qualité générale de l'eau du tributaire 1 (ruisseau Frost) apparaît problématique. Cependant le secteur en amont du village Frost présente une eau de qualité généralement acceptable sauf, pour ce qui est d'un ruisseau de drainage de terres en culture (station 1-15) situé sur le chemin Stukely. Toutefois, en

aval de Frost village, on retrouve des concentrations légèrement élevées pour la plupart des paramètres physico-chimiques. Ceci peut s'expliquer par le drainage de terres cultivées et en pâturage et, par les apports diffus provenant des eaux usées du village Frost. En outre, quelques endroits sont à surveiller tels le ruisseau de drainage du terrain de golf municipal, la sortie des étangs de la pisciculture des Aulnaies et la zone semi-urbanisée non raccordée à un réseau d'égout (rue Lebrun). »

### **En conclusion**

L'étude propose :

- De raccorder les systèmes septiques et les rejets industriels au réseau municipal d'égout.
- De procéder au reboisement des rives du lac Waterloo et de tous ses tributaires.
- Faire attention aux dates d'épandage et aux quantités d'engrais utilisées pour le golf, de même que pour les pratiques agricoles.
- De revégétaliser les secteurs dénaturés.

### **2.5 Prise de quelques paramètres physico-chimiques sur le lac Waterloo, Multi Faune, 1997.**

Ce document traite d'une étude effectuée suite à la mortalité massive de perchaudes observée à l'été 1995. L'étude présente quelques résultats sur la teneur en oxygène dissous, la température ainsi que le PH. Il n'est d'aucune utilité pour la présente étude.

### **2.6 Bilan des apports en phosphore au lac Waterloo en 1998, Direction des Écosystèmes Aquatiques, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Isabelle Piché, 1998.**

En 1998, une nouvelle étude est effectuée pour estimer les apports en phosphore arrivant au lac Waterloo. La méthodologie employée pour les calculs est celle de Dillon et Rigler (1986) et celle de l'OCDE (1982). « Les apports en phosphore sont calculés indirectement, c'est-à-dire à l'aide de coefficients d'exportation qui représentent une certaine charge de phosphore (kg/km<sup>2</sup>) pour chaque utilisation du sol ». Il est évident qu'en procédant de la sorte, les causes susceptibles d'être pointées du doigt seront celles pour lesquels les taux théoriques sont les plus élevés ou celles qui concernent la plus grande partie du territoire utilisée. Il a

été possible de constater une grande différence entre les résultats issus des calculs de 1977–1979 et ceux de 1998.

Cette étude est l'une des premières qui considère les **charges internes** qui réfèrent au phosphore libéré par les sédiments du lac (phénomène de relargage). Ceci est d'autant plus important puisque que le lac est caractérisé par une profondeur moyenne de 2.9m et une épaisse couche de sédiment, ce qui induit un impact considérable sur la qualité environnementale du lac.

L'étude traite des problématiques d'apports en phosphore provenant du milieu urbain, se penche sur la problématique des résidences isolées et des eaux usées, sur le terrain de golf, sur l'élevage et les animaux, sur les apports provenant directement des précipitations et du milieu naturel, et finalement dresse une carte de l'utilisation du sol.

Les charges externes sont évaluées à 804,8 kg par année, ce qui représente une baisse de 42% par rapport aux résultats de 1976-1977. Cette diminution résulte en partie d'une hausse du raccord aux égouts d'une partie de la population et des industries ainsi qu'une baisse de la superficie des terres agricoles et des unités animales. Il est cependant nécessaire de considérer que les résultats demeurent des estimations. De plus, il est à souligner que les apports d'origine industriels ne sont plus mis en avant mais que le golf est devenu une nouvelle source d'apport clairement définie.

Pour ce qui concerne les charges internes, les seuls chiffres qui apparaissent proviennent des études antérieures et ne semblent pas avoir de grande cohésion, la charge serait estimée à 687 kg/an et 94 kg/an pour les années 1975 et 1976. Il existe une différence de près de 600 kg/an entre les deux valeurs, ce serait très surprenant qu'une telle différence soit enregistrée en un an seulement, néanmoins ce sont les seules données disponibles à ce moment. Ces données proviennent d'un document de Bourassa et Le Rouzès, 1980 selon l'auteure. Toutefois, il n'a pas été possible de retrouver ces données dans les documents cités, seul Bourassa fait mention d'un possible relargage dans le document de 1977 sur l'évaluation directe des apports. Le document concluait que le coefficient de rétention était de 3,4% selon la différence entre les charges entrantes et les charges sortantes. Ce résultats semblait très faible et on estimait qu'il devrait plutôt se situer à près de 50%. Pour expliquer cette différence et le faible taux de rétention, l'hypothèse du relargage avait alors été avancée, il correspondrait à près de 50%.

De plus, la capacité de support pour le phosphore a été évaluée à 460 kg/an pour le lac Waterloo. Il a été proposé de diminuer les charges arrivant au lac Waterloo de 43%.

En analysant les données du tableau VI, la plus grande source de pollution en phosphore serait la forêt, en deuxième place les unités animales, puis les résidences permanentes sans égout, les saisonnières, le golf et finalement les surfaces urbaines. Il est difficile de concevoir que la plus grande source de nuisance du bassin versant soit la forêt, bien qu'elle possède une grande superficie, elle devrait servir de filtre et non d'exportateur.

Tableau VI : répartition des apports en phosphore du bassin versant du lac Waterloo (Piché, 1998)

Type d'apport	Source en phosphore	Superficie ou dénombrement	Apport en phosphore (Kg/an)	Contribution
Apports naturels	Précipitation sur les surfaces d'eau	1,5	12,0	1,5
	Exportation des forêts	21,19	218,2	27,1
	Exportation des friches	2,17	42,9	5,3
	Exportation des zones marécageuses	0,89	17,8	2,2
TOTAL APPORTS NATURELS			290,9	36,1
Sources ponctuelles	Résidences permanentes sans égout	43 résidences	86,0	10,7
	Résidence saisonnière sans égout	105	79,0	9,8
TOTAL DES SOURCES PONCTUELLES			165	20,5
Sources diffuses	Surface urbaine	0,51	51,0	6,3
	Unité animale	396 u.a	190,1	23,6
	Pâturage	3,24	16,2	2,0
	Culture de céréales	0,69	27,6	3,4
	Golf	0,455	64,0	8,0
TOTAL DES SOURCES DIFFUSES			348,9	43,4
<b>TOTAL</b>		31 km <sup>2</sup>	804,8	100



Les recommandations émises dans ce rapport sont les suivantes :

- Limiter le déboisement près des rives du lac.
- Stabiliser les parois des fossés.
- Réduire les fertilisants à pelouse.
- Raccorder les résidences isolées situés en amont de Waterloo au système d'égout de Waterloo.
- Procéder à l'assainissement approprié des eaux usées du secteur Frost.
- Inspecter toutes les résidences isolées du secteur.
- Favoriser la mise en place de pratiques culturales agro-environnementales et l'utilisation de structures d'entreposage de fumier.
- Faire une gestion plus écologique des engrais et des pesticides au terrain de golf.
- Réaliser une étude de faisabilité d'un système d'aération dans le lac.

## **2.7 Plan d'action pour l'amélioration de la qualité de l'eau du lac Waterloo, Fournier et Al, 2001.**

Ce document, rédigé dans le cadre d'un cours universitaire de maîtrise, traite principalement des actions à entreprendre pour améliorer la qualité du lac Waterloo. Du point de vue scientifique, il présente quelques calculs des charges internes, ainsi que les charges externes provenant du milieu urbain et des zones agricoles. Il reprend en majeure partie les calculs et les conclusions retrouvés dans le document de Piché, 2008; « la force de ces modèles ne réside pas dans la valeur absolue (charge exacte en phosphore), mais dans la comparaison de l'importance relative des différentes sources de phosphore. Ils permettent ainsi une orientation plus efficace des actions à entreprendre pour réduire les apports externes de phosphore » (Piché, 1998). Le document présente un plan relativement complet de communication et d'actions concernant les problématiques du lac Waterloo et apparait pertinent mais n'apporte pas de données nouvelles sur le plan scientifique.

## **2.8 Protocole de caractérisation de l'occupation de la bande riveraine, Version expérimentale, Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs, Conseil Régional de l'Environnement des Laurentides, 2005.**

Ce document est un outil mis sur pied par le Ministère de l'environnement pour proposer une méthode de caractérisation de l'occupation de la bande riveraine. Le document peut être utile à l'organisme dans le cadre de la cartographie des infrastructures ainsi que les types d'aménagements présents dans les zones habitées du lac et le degré de transformation du milieu naturel.

## **2.9 Capacité de support des activités agricoles par les rivières : le cas du phosphore total, Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs, 2005.**

Suite aux nombreux problèmes de prolifération d'algues bleus à la grandeur du Québec, le MDDEP a mis sur pied un concept de capacité de support pour les cours d'eau. De plus, une méthodologie a été mise en avant pour que ce concept puisse s'arrimer convenablement à l'approche de gestion intégrée de l'eau par bassin versant. La capacité de support des activités humaines par les rivières est estimée par le produit du débit annuel moyen à l'embouchure du cours d'eau par le critère de concentration de phosphore pour la prévention de l'eutrophisation. Voici quelques faits marquants de l'étude :

« 59% des valeurs de concentrations médianes (23 sur 39 des grandes rivières du Québec) sont supérieures au critère pour la prévention de l'eutrophisation (0,030 mg PT /l). En l'embouchure de la rivière Yamaska, la concentration est trois fois supérieure (0,106 mg PT /l). Notez que les résultats pour la moyenne pondérée (moyenne médiane divisé par le débit annuel) donne des résultats encore plus accablant, par exemple, celle de la rivière Yamaska est de 0,193 mg PT /l.

« Les études de corrélation indiquent que les cultures à grand interligne (maïs, légumes, soja), les cultures à interligne étroit (blé, avoine, orge) et la densité animale exprimée par rapport à la superficie du bassin versant et non par rapport à sa superficie cultivable augmentent la concentration de phosphore alors que la forêt la diminue. »

« Les bilans de charge confirment que la contribution des sources diffuses à la charge annuelle de phosphore estimée à l'embouchure des rivières est généralement élevée dans les bassins versants ayant une proportion importante de superficie cultivable. » La rivière Yamaska est citée en exemple.

## **2.10 Contrôle des flux de phosphore interne du lac Waterloo : Étude de faisabilité, projet 04-436, Pro Faune, 2006.**

Ce rapport s'inscrit dans la suite logique de la caractérisation du lac Waterloo. Suite aux nombreuses études qui ont servi à estimer les flux des apports en phosphates provenant de la totalité du bassin versant et qui suggéraient qu'une bonne partie des apports en phosphate provenait des sédiments du lac, il était normal de caractériser ces derniers. L'objectif de cette étude est de proposer des méthodes réalistes de réduction des apports en phosphore provenant des sédiments du plan d'eau.

Selon la comparaison des relevés bathymétriques de 2005 et de 1970, il est estimé une accumulation annuelle de 4120m<sup>3</sup> soit 8240 tonnes de sédiments supplémentaires par année dans le fond du lac, ce qui entraîne une baisse de la profondeur moyenne. Ces résultats tendent à démontrer que les perturbations entraînant l'érosion des sols dans le bassin versant se sont maintenues depuis les années '70.

La mise en fonctionnement d'un système d'aération dans le lac en hiver et été 2005 semble avoir un effet positif notamment sur la concentration en chlorophylle a. Les résultats apparaissent moins probants concernant la concentration en O<sub>2</sub> dissous.

La présence de périodes d'anoxie dans le lac n'a pas été clairement démontrée, ainsi que le phénomène de relargage du phosphore par les sédiments, mais seulement fortement supposée et appuyée par la littérature. L'épaisseur des sédiments peut atteindre jusqu'à 5 mètres dans certaines parties du lac.

Les sédiments présents dans le lac Waterloo sont principalement formés de matière organique et de vase, ce type de sédiments favorise davantage la production biologique du lac et le relâchement du phosphore puisque la densité de tel sédiment est très faible.

« L'absence de stratification thermique et la forte emprise du vent sur le lac Waterloo font en sorte qu'il se produit probablement, sous certaines conditions, un mélange fréquent des eaux du lac, faisant ainsi remonter le phosphore « libéré » des sédiments vers la surface. On observe alors toutes les conditions propices à l'apparition d'un *bloom* d'algues. »

Selon les calculs des auteurs et utilisant un coefficient de rétention de 0.53, les sédiments du lac relâcheraient en moyenne 364 kg de P pendant la période estivale.

« Le taux de phosphore total contenu dans les sédiments est important, avec une moyenne de 1 245 mg P/kg de matière sèche. Les concentrations d'aluminium et de fer (deux métaux pouvant former des complexes avec le phosphore) sont également importantes, soit plus de dix fois celle du phosphore. »

Considérant que des efforts ont été menés par les municipalités et les industries depuis les années 1970 pour diminuer les apports en phosphore et métaux dans le lac et la baisse de ces concentrations dans le temps, l'étude souligne un phénomène de libération progressive du phosphore et des métaux piégés par les sédiments.

Un accent a également été porté concernant la problématique des surverses d'eaux usées dans le lac Waterloo qui pourrait être un apport important de phosphore dans le plan d'eau.

Les interventions proposées sont subdivisées en deux groupes:

1. Contrôle des apports en sédiments du lac
  - Réduction des phénomènes d'érosion
  - Aménagement de bassins de sédimentation
  
2. Gestion *in situ* du phosphore interne dans le lac
  - Circulation / aération artificielle de l'eau
  - Inactivation du phosphore par floculation
  - Abaissement du niveau d'eau
  - Dragage des sédiments
  - Pompage des sédiments

### **2.11 Proposition pour suivi de la qualité de l'eau au lac Waterloo pour l'année 2006, Perreault, 2006.**

L'étude a été réalisée afin de vérifier l'impact des aérateurs mis en place dans le lac en 2005 sur la qualité de l'eau et d'identifier précisément les périodes d'anoxie du lac.

Le projet propose de réaliser un échantillonnage bimensuel pour huit paramètres sur 2 stations sur le lac.

### **2.12 Résultats du suivi de la qualité de l'eau au lac Waterloo en 2006, Perreault, 2006.**

Cette étude a été réalisée pour faire suite à celle présentée précédemment. L'échantillonnage s'est effectué entre avril et octobre 2006 à une fréquence bimensuelle sur deux stations sur le lac..

Une nouvelle problématique est soulevée, celle de la diminution du pH en période de forte température.

L'étude confirme l'effet positif des aérateurs, notamment en période de fortes chaleurs. Le reboisement est présenté dans ce document comme la solution la plus simple et adaptée à mettre en place.

### **2.13 Les cyanobactéries dans les lacs québécois : Un portrait de la situation selon les chercheurs du GRIL, Groupe de Recherche Interuniversitaire en Limnologie en Environnement Aquatique, 2007.**

Ce document présente la relation entre cyanobactérie et phosphore. Il vise principalement à exposer la problématique des cyanobactéries au grand public. Il n'est d'aucune utilité pour la présente étude.

### **2.14 Suivi de la qualité de l'eau, Lac Waterloo, Perreault, 2007.**

L'étude a pour but de compléter les données obtenues en 2006. Un échantillonnage a été réalisé aux mêmes stations suivant des paramètres similaires entre juin et octobre 2007.

Encore une fois le pH, l'O<sub>2</sub> dissous, la conductivité, le phosphore total varient fortement durant la période estivale. Les aérateurs permettent de maintenir une concentration en oxygène dissous favorable à la vie aquatique. L'étude recommande la mise en place d'un plan d'intervention bien qu'elle ne le définisse pas.

## 2.15 Rapport sur la qualité de l'eau, rivière Frost, principal tributaire du lac Waterloo, Perreault, 2008.

La présente étude dresse un portrait général de la qualité de la rivière Frost pour l'année 2008. Cette étude est la première ciblant strictement cette portion du bassin versant du lac Waterloo. Ce cours d'eau caractérise l'affluent principal du lac. L'échantillonnage a été effectué sur 10 stations entre le 6 juin et le 29 septembre 2007 à intervalle de deux semaines. Quatre paramètres ont été analysés : le phosphore total, les nitrates, les coliformes fécaux et la matière en suspension (MES).

Le profil longitudinal du Frost a été analysé en quatre secteurs :

- stations 1-2-3-7: les stations visent en particulier le golf, la capacité auto épuratoire de la zone humide, une zone agricole et d'élevage bovin;
- stations 4-5-6 : les stations ciblent les apports provenant de la municipalité de Stukely sud, du lotissement de maisons mobiles et d'un secteur déboisé;
- Station 9 est un fossé de drainage débouchant sur le ruisseau Frost;
- stations 8-10 : les stations caractérisent les apports provenant d'une production fourragère sans bande riveraine, d'un fossé de drainage alimentant le ruisseau et de l'occupation urbaine.

Les résultats obtenus présentent des concentrations supérieures aux seuils autorisés pour le phosphore total et les nitrates sur l'ensemble du bassin versant et seulement ponctuellement pour les coliformes fécaux et les MES.

Le document définit des secteurs sensibles potentiellement émissaires de phosphore ainsi que des secteurs érodés. Quatre secteurs ont été définis à surveiller particulièrement

- le tronçon de la rivière en provenance de Stuckely Sud;
- l'étang de la route 112;
- les exutoires de deux lacs situés à proximité de la route 112;
- une zone agricole au sud du secteur de Frost Village présentant des traces d'érosion.

Les recommandations émises sont les suivantes

- Élaboration d'un règlement environnemental pour le golf;
- Mise en place d'un bassin de sédimentation ou d'un marais filtrant;
- L'aménagement d'une bande riveraine et sa revégétalisation;
- La mise en conformité des installations septiques ;
- Maintenir la bande de végétation riveraine de 3 mètres en milieu agricole et l'étendre à 10 ou 15 mètres suivant la pente;
- Mettre en place un plan d'intervention de type plan directeur de l'eau.

#### **2.16 Plan directeur de l'eau du bassin versant du lac Waterloo, Dessau, dossier 129-PO16882-0100-EM-0001-10, 2008.**

Ce document vise à encadrer et orienter les futurs projets développés sur le bassin versant du lac Waterloo.

Il dresse un portrait global du bassin versant, les problématiques présentes et les actions à mener.

Le document indique que des actions doivent être menées à la fois en limitant les apports en sédiments et phosphore dans le lac et d'autre part en retirant le phosphore déjà présent dans le lac. Le document insiste sur l'importance de définir des mesures d'actions directement sur la charge interne en phosphore du lac.

Les sources d'apports principales en phosphore relevées dans l'étude, issues de Piché, 1998 et Bourassa, 1980, sont les suivantes :

- Les effluents de terrains de camping
- Les effluents du terrain de golf
- Les activités agricoles (utilisation de fertilisants et pesticides ainsi que la présence de bétail)
- Les terrains à nu

Un plan d'action est proposé, les axes de travail suivant sont développés:

- Réduction de la charge interne de phosphore  
Inactivation du phosphore par chaulage

Élaboration d'un projet pilote (culture de lentilles d'eau, épandage d'argile, utilisation de produits Plocher)

Réduction du volume de sédiments par pompage

- Gestion des apports de phosphore provenant du bassin versant

Gestion des eaux usées

Modifications des pratiques agricoles

Amélioration du développement urbain

Gestion des eaux usées du camping de l'Estrie et du terrain de golf

### **2.17 Échantillonnage du phosphore des sept lacs réservoirs du bassin versant de la Yamaska, Enviroservices, 2008.**

Le document présente les résultats de deux campagnes d'échantillonnage effectuées le 13, 15 et 18 février et le 28 et 29 avril 2008 sur sept lacs réservoirs dont celui de Waterloo. Les paramètres échantillonnés étaient l'oxygène dissous, le phosphore et la température.

Les concentrations en phosphore apparaissent proches des seuils réglementaires de 0.01mg/L avec 0.012mg/L en février et 0.013mg/l en avril, tandis que les teneurs en oxygène dissous respectaient les critères.

### **2.18 Ville de Waterloo, Restauration du lac de Waterloo- Projet pilote, essais de trois techniques de restauration, protocole expérimental, DESSEAU, février 2009.**

Le document présente la méthodologie à développer in-situ afin de tester l'efficacité potentielle de trois techniques visant à réduire la teneur en phosphore du lac par le biais de la mise en place de méso-cosmes et de la réalisation d'échantillonnage des eaux et des sédiments toutes les deux semaines entre mi mai et mi octobre. Le document propose de tester le développement de lentilles d'eau, le pompage de sédiments et l'utilisation de produits Penergetic. Le projet pilote ne semble pas avoir été mis à exécution à ce jour.



### 3 ANALYSE DE LA SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Ainsi aux vues des diverses études consultées, un certain nombre d'informations ont été obtenues. Certaines concernent strictement le bassin versant du lac Waterloo et la zone d'étude qu'est le bassin versant du ruisseau Frost tandis que d'autres ne ciblent que le lac.

#### 3.1 Problématiques ciblant le bassin versant du Lac Waterloo

De nombreuses problématiques, principales et secondaires ont été rencontrées durant la consultation des documents. Il a été souligné que l'ensemble des problématiques distinguées sont en interaction.

La problématique du surplus d'apports en phosphore au lac Waterloo a été définie dès les études réalisées dans les années 1970. La teneur maximale autorisée en phosphore pour les affluents d'un lac classé eutrophe est de 0.01 mg/l. selon le MDDEP. Cependant, la plupart des échantillons analysés depuis les années 1970 démontrent que le ruisseau Frost possède des concentrations supérieures au seuil recommandé : Bourassa, 1977; Bourassa, 1980; Perreault 2008, peu d'informations ont été obtenues concernant les autres affluents du lac à l'exception de l'étude de Bourassa, 1980. Le tableau suivant présente les moyennes des concentrations en phosphore avec la période d'échantillonnage correspondante pour toutes les études révisées. Il apparaît que les concentrations en phosphore obtenues dans le lac et dans le ruisseau Frost ont augmenté dans le temps.

Tableau VII : Évolution des teneurs en phosphore du lac Waterloo et du Ruisseau Frost

	Études				
	Bourassa, 1977	Bourassa, 1980	Piché, 2006	Piché, 2007	Piché, 2008
Période d'échantillonnage	Du 01 octobre 1975 au 20 septembre 1976	Le 25 août 1977	Du 30 avril au 11 octobre 2006	De juin à octobre 2007	Du 6 juin 2007 au 29 septembre 2007
Concentration moyenne en phosphore dans le ruisseau Frost (mg/l)	0.04	0.02	--	--	0.253
Concentration moyenne en phosphore dans le lac (mg/l)	0.08	--	0.06	0.23	--

Selon Bourassa, (1976), les principales sources de phosphore étaient la population animale et la population humaine permanente sans égout qui était situé sur le sous bassin du ruisseau Frost à l'époque.

Le phosphore arrivant au lac représente une source d'apport en nutriment permettant le développement des algues. Le phosphore peut arriver au lac sous deux formes :

- particulaire, adsorbé à une particule solide et devient un sédiment déposé au fond du lac.
- en solution, dans les eaux. Il est bio-disponible pour être utilisé par les plantes comme nutriments.

Le coefficient de rétention du lac, qui se caractérise comme la capacité des sédiments à emmagasiner du phosphore, est considéré dans les mêmes études comme faible.

Le déplacement du phosphore sous forme particulaire ainsi que l'occupation du territoire indique une problématique d'érosion, des berges et des fossés de drainage. Cette problématique peut notamment être dégagée en raison de l'importance des activités agricoles et des observations réalisées dans les études suivantes : Profaune, 2006; DESSAU, 2008; Perreault, 2008.

Les apports en sédiments résultent également du ruissellement de l'eau sur les surfaces imperméabilisées des zones urbaines.

Une pollution aux métaux a également été soulignée en Zinc, Argent Arsenic, Barium et Manganèse dans les eaux du lac ainsi que dans le ruisseau Frost dans les études Provencher, 1979; Profaune, 2006, Il en est de même concernant les apports en nitrates dans les études Profaune, 2006; Perreault, 2008.

Concernant le bassin versant du ruisseau Frost, l'ensemble des problématiques présentées ci-dessus ont été détectées sur le site, dont celle de l'érosion. De plus, il a été observé, dans l'étude de Bourassa 1980, une variation notable du pH le long du profil longitudinal bien qu'aucune autre étude ne soulève un tel point. Ainsi, il reste intéressant de considérer ce paramètre lors des prochaines études.

Le sous-bassin versant du ruisseau Frost a été pointé du doigt de nombreuse fois pour sa contribution en phosphore vers le lac Waterloo, La méthode d'analyse, Dillon et Rigler, est en partie responsable de ces constatations puisque le sous-bassin du ruisseau Frost totalise 50% du territoire étudié.

### 3.2 Problématiques ciblant le lac Waterloo

Le lac est classé eutrophe depuis les années 1970, les concentrations en phosphore relevées depuis dans les eaux du lac ont toujours présenté des concentrations supérieures au seuil recommandé de 0.02mg/l de phosphore pour un lac mésotrophe et 0.01mg/l pour un lac oligotrophe, Bourassa, 1977; Perreault, 2006; Perreault, 2007.

La problématique du phosphore se manifeste également au niveau du lac par l'effet de relargage du phosphore par les sédiments lorsque la teneur en oxygène de l'eau est insuffisante et/ou que les ions métalliques permettant l'oxydation sont indisponibles. Lorsque le phosphore est relargué, il devient disponible pour être utilisé par les algues dans le cadre de leur croissance. De plus, l'effet de relargage interne de phosphore par les sédiments dans le lac limite le potentiel de rétention des sédiments.

La question de l'envasement du lac par des apports annuels importants de sédiments a été soulevée. Elle résulte de la circulation de particules solides érodées en direction du lac. Ce phénomène a pour conséquence d'augmenter l'épaisseur de la couche de sédiments pouvant atteindre jusqu'à 5 mètres dans certaines parties du lac et ainsi entrainer une diminution de la profondeur du lac. Ce phénomène favorise le

réchauffement des eaux du lac et provoque du même coup la prolifération des algues et une baisse au niveau de l'oxygène dissous.

De plus, les sédiments entrant dans le lac sont généralement déjà chargés en phosphore ce qui contribue à accroître la quantité de phosphore présente.

### 3.3 Sources des apports en phosphore selon la méthode de calcul par estimation indirecte

Les problématiques du lac et du bassin versant du ruisseau Frost étant en interaction et découlant les une des autres, il est difficile d'analyser l'une sans l'autre. L'apport en phosphore, résultant de l'ensemble des activités naturelles et anthropiques du bassin versant, doit être restreint; et l'apport en sédiment résultant de l'érosion des sols et du ruissellement des eaux de pluie doivent être aussi maîtrisé. Sans cela, la qualité du lac ne peut que continuer à se détériorer, l'envasement du lac continuera et la prolifération des algues bleues s'accroîtra. Selon l'utilisation du territoire et la méthode par estimation indirecte, il a été possible de dresser une liste des apports probables, elles sont dressées dans le tableau ci-dessous.

Tableau VIII : Comparaison de la contribution des sources d'apport en phosphore par étude

Type d'apport	Source en phosphore	Contribution par source par étude		
		Provencher, 1979	Bourassa, Le Rouzès, 1980	Piché, 1998
Apports naturels	Précipitation sur les surfaces d'eau	21%	2.81%	1.5%
	Exportation des forêts		9.33%	27.1%
	Exportation des friches		-	5.3%
	Exportation des zones marécageuses		-	2.2%
<i>TOTAL</i>		<i>21%</i>	<i>12.14%</i>	<i>36.1%</i>
Apports résidentiels	Résidences permanentes avec et sans égout	37%	22.76%	10.7%
	Résidence saisonnière avec sans égout		3.56%	9.8%
	Population flottante		0.55%	-
<i>TOTAL SOURCES PONCTUELLES</i>		<i>37%</i>	<i>26.87%</i>	<i>20.5%</i>

Activités humaines	Surface urbaine	-	15.87%	6.3%
	Élevage	18%	15.11%	23.6%
	Pâturage	-	-	2.0%
	Ruissellement sur espaces cultivés	-	9.56%	3.4%
	Engrais	3%	1.68%	-
	Pesticides			-
	Golf	-	-	8.1%
	Industrie	21%	18.77%	-
<i>TOTAL SOURCES DIFFUSES</i>		<i>42%</i>	<i>61%</i>	<i>43.4%</i>
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Les apports sont divisés en trois catégories principales, les apports de source naturels, les apports résidentiels et finalement les apports reliés aux activités humaines. Les plus importantes sources de phosphore identifiées au travers des études sont celles provenant des résidences isolées sans égouts, de l'industrie, de l'élevage et des sources naturelles puisqu'elles couvrent une très grande partie du territoire.

Une première observation permet de constater que les apports diffus sont plus importants que les apports ponctuels, il est plus difficile d'intervenir pour une source diffuse qu'une source ponctuelle habituellement, le contrôle est plus difficile pour une source diffuse. De plus, il est possible de considérer que lorsqu'une activité humaine est en baisse (sources diffuses) qu'une autre activité humaine est inévitablement en hausse, par exemple; les terres agricoles qui deviennent des surfaces urbaines. La seule manière d'aider à la diminution en phosphore serait de transformer les territoires en milieu naturel. Si tout le territoire était forestier, l'apport global pour le bassin serait de 304 kg P/année. L'augmentation du poids relatif attribué aux apports naturels provient du fait que les apports totaux ont diminué de près de 300 kgP/année, donnant ainsi, plus d'importance à l'apport naturel. La principale raison de cette baisse est attribuée à la réfection des installations septiques des résidences isolées et au système d'égout qui a été mis en place dans la municipalité de Waterloo. S'ajoute à ça, les industries qui ont cessées de rejeter des eaux usées vers le lac. À ce qui concerne l'urbanisation, il semblerait que les apports provenant des surfaces urbaines aient diminuées entre 1980 et 1998, ceci est explicable par le fait que le coefficient utilisé a été revu à la baisse dans la méthode de calcul.

En résumé, les estimations effectuées à travers les années semblent indiquer que les apports en phosphore seraient en décroissance. L'implantation d'un réseau d'égout, la réfection des installations septique et la cessation de rejet des eaux usées provenant des industries expliqueraient cette diminution.

Bien que les apports provenant des résidences non raccordées aient diminuées, elles restent des sources de phosphores importantes (20%) à l'échelle du bassin. Il en est de même pour le domaine agricole et d'élevage de bovin, bien qu'étant en baisse, ils restent des sources importantes. Identifié seulement en 1975 et en 1998, le golf contribuerait aussi aux apports en phosphore, il en sera question dans la section 4.3 de ce document.

Les conclusions avancées dans la section précédente proviennent d'une méthode de calcul indirecte, les sources sont prédéterminées par l'auteur au début de son étude contrairement à d'autres méthodes qui caractériseront d'abord avant d'identifier les sources polluantes. La section 4.1 de ce document commente la méthode.

### 3.4 Solutions proposés dans la revue de littérature

Diverses solutions ont été proposées dans les études consultées et quelques une d'entre elles ont déjà été mise en place. De très nombreuses actions sont exposées dans le document Fournier et Al, 2001. Il est à préciser que les éléments présentés ci-dessous ne sont pas exhaustifs mais démontrent les solutions les plus fréquemment proposés:

Action sur le lac :

- Aérateurs pour limiter les phases d'anoxie;
- Chaulage du lac par ajout de carbonate de calcium;
- Tester un projet pilote pour les lentilles d'eau ;
- Fauchage des plantes aquatiques;

Action sur les secteurs résidentiels et humains :

- Obliger la mise en place d'un système septique conforme;
- Favoriser la consommation raisonnée de détergents et fertilisants sans phosphates ;
- Entretenir les fossés suivant la méthode du tiers inférieur;
- Respecter la bande riveraine et laisser se développer la végétation;
- Limiter la présence de terrain à nu;
- Utiliser des matériaux perméables et limiter les couvertures imperméables;

Action de la municipalité :

- Développement du traitement tertiaire dans les stations d'épuration municipales;
- Raccorder au réseau d'égout l'ensemble de la ville de Waterloo;
- Adapter le calibrage des réseaux et des structures d'égouts;
- Limiter les phénomènes de surverses;
- Entretien des terrains municipaux suivant une gestion réfléchie ;
- Faire un suivi des installations septiques ;
- Entretenir les fossés suivant la méthode du tiers inférieur;

Action sur le secteur agricole :

Domaine de l'élevage :

- Clôturer les terrains de pâturage pour empêcher le bétail d'accéder au cours d'eau;

Domaine des espaces cultivés :

- développer les pratiques agri-environnementales;
- entretenir les fossés suivant la méthode du tiers inférieur;
- mettre en place une bande riveraine de minimum 3 mètres.

## 4 DISCUSSION

Considérant les nombreuses études réalisées ainsi que la diversité des résultats obtenus, il apparaît que la problématique du surplus d'apport en phosphore se positionne comme la préoccupation majeure concernant la gestion du lac Waterloo et son bassin versant. Il importe maintenant d'évaluer convenablement la source de la problématique et de mettre sur pied un plan d'action adéquat et adapté à la région à l'étude.

### 4.1 La méthode de calcul d'estimation indirecte

Concernant les chiffres avancés dans les différentes études, la plupart des résultats obtenus représentent des estimations pouvant nettement varier suivant les auteurs et les années. Les connaissances chiffrées exactes, concernant la problématique des apports de phosphore issus du bassin versant, restent difficiles à établir malgré la rigueur scientifique employée. Le tableau suivant résume les estimations calculées selon les différents auteurs.

Tableau IXX : Synthèse de l'évolution des apports de phosphore

Année	Apport du Frost (kg de P /an)	Apport sur l'ensemble du bassin versant (kg de P /an)	Pourcentage des apports en phosphore par le ruisseau Frost comparé aux apports totaux
1976 <sup>1</sup>	754	estimation indirecte : 1293	60%
1977 <sup>2</sup>	568	estimation directe : 1504	estimation directe : 38%
1979 <sup>3</sup>	794	estimation indirecte : 2264	47%
1998 <sup>4</sup>	Entre 400 et 600	estimation indirecte : 805	Entre 50% et 75% *

<sup>1</sup> Estimation indirecte des apports de phosphore au lac Waterloo, Ministère des richesses naturelles, Francine Bourassa, 1976.

<sup>2</sup> Estimation directe des apports de phosphore au lac Waterloo, Ministère des richesses naturelles, Francine Bourassa, 1977.

<sup>3</sup> Étude du milieu environnant du lac Waterloo, Ministère de l'environnement, Bourassa, Le Rouzès, 1980.

<sup>4</sup> Bilan des apports en phosphore au lac Waterloo en 1998, Isabelle Piché, Direction des Écosystèmes Aquatiques, Ministère de l'Environnement et de la Faune, 1998.

\*Estimation très sommaire selon le tableau 2 et la figure 2 (Piché, 1998).



Les apports provenant du ruisseau Frost varie de 400 kg P/an à 794 kg P/an, tandis que ceux pour la totalité du bassin varient de 805 kg P/an à 2264 kg P/an. Les résultats sont très variables et il est difficile de figurer si les apports sont en décroissance ou en progression. Néanmoins, selon la dernière étude faite par Piché en 1998, il semblerait que les apports auraient diminués. Notez que la méthode de calcul employée le plus souvent pour le calcul des apports est l'estimation indirecte. Le principe est d'effectuer le produit de la surface ou le nombre d'unités concernées par le coefficient d'exportation en phosphore attribué au paramètre.

Bien que la méthode soit identique dans les différentes études, les différences de valeurs finales résultent de deux facteurs :

- Les superficies et les nombres d'individus;
- Les coefficients d'exportation de phosphore;

#### ***4.1.1 Les superficies et les nombres d'individus***

L'occupation du territoire et les nombres d'individus sont des variables très importantes pour le calcul des apports en phosphore par la méthode d'estimation indirecte. La différence entre les apports totaux en phosphore revues dans les études datant de 1977 (Bourrassa) et celles de 1998 (Piché) est en grande partie attribuable aux changements de l'utilisation du territoire entre les deux époques. Par exemple, la superficie des terres cultivées et servant au pâturage en 1975 était de 6.68 km<sup>2</sup> et en 1998, elle correspondait à 3.93 km<sup>2</sup>. Dû à de telles variations, le calcul de l'estimation de l'apport en phosphore pour l'ensemble du bassin versant a régressé de près de 40% de 1980 à 1998. Ainsi, une analyse de la répartition des sources de phosphore représente une image momentanée du bassin versant qui demeure en permanente évolution. Le tableau suivant permet de comparer les occupations du sol suivant deux études menées.

Tableau X : Évolution de l'occupation des sols à l'échelle du bassin versant

Dénombrement des sources d'apports		Étude	
		Bourassa, 1976	Piché, 1998
Apports naturels	Superficie des surfaces d'eau (km <sup>2</sup> )	1.5	1.5
	Superficie des forêts (km <sup>2</sup> )	13.14	21.19
	Superficie des friches (km <sup>2</sup> )	-	2.17
	Superficie des zones marécageuses (km <sup>2</sup> )	-	0.89
Apports résidentiels	Nombre d'habitants permanents vivant dans une résidence sans égout	700	108
	Nombre d'habitants saisonniers vivant dans une résidence sans égout	130	131
Activités humaines	Superficie de surface urbaine (km <sup>2</sup> )	-	0.51
	Superficie de sol nu (km <sup>2</sup> )	11.39	-
	Élevage (nombre têtes)	Bovins : 573 Porcs : 175 Volaille : 15	396
	Superficie des pâturages (km <sup>2</sup> )	5.07	3.24
	Superficie des espaces cultivés (km <sup>2</sup> )		0.69
	Superficie du Golf (km <sup>2</sup> )	-	0.455
	Industrie	-	-

Le tableau précédent démontre que les données concernant l'occupation du territoire ont fortement changées depuis les années 70, ce qui expliquerait en grande partie les différentes conclusions des études ayant utilisées la méthode de calcul par estimation indirecte. Nous résumons ici les grandes lignes concernant l'occupation du territoire :

- Un apport permanent et non maîtrisable est issu du milieu naturel. Il dépend de la superficie et des types d'espaces naturels.
  
- Les apports domestiques
  - Le nombre de résidences a augmenté entre les années 1970 et 2010;
  - Des résidences de la municipalité de Waterloo ont été raccordées aux égouts municipaux;
  - Des résidences dotées d'installation septiques non conformes demeurent mais leur nombre a fortement diminué dans le temps. Les municipalités effectuent un suivi régulier de ce nombre afin de le diminuer;
  - La population flottante est assimilée à la population fréquentant les installations saisonnières telles que les campings ou les sites de maisons mobiles. La mise en conformité de ces sites, en date de la rédaction de la présente étude, n'est pas effectuée dans le bassin versant Frost.
  
- Les activités anthropiques
  - La superficie des surfaces urbaines sont en progression et raccordées en partie au réseau d'eau pluvial municipal.
  - Les activités agricoles ont régressées : les superficies de pâturages et de cultures diminuent ainsi que le nombre de têtes en élevage.
  - Les apports industriels ont été recensés à partir de deux compagnies (*Slack Brothers Limitée champignonnerai* et *Compagnie Meubles Roxton*) dans l'étude de Bourassa 1977, Provencher 1979 et Bourassa 1980. Ces deux compagnies sont aujourd'hui fermées.
  - Le Golf, anciennement identifié comme une source d'apport notable dans l'étude de Piché 1998 et Perreault 2008, ne semble plus en être une en 2010.

#### 4.1.2 Les coefficients d'exportation de phosphore

Le coefficient d'exportation de phosphore représente la masse en phosphore générée chaque année par unité de surface, ou par individu. Ces coefficients sont issus de différentes études et permettent d'estimer les apports en phosphore selon l'occupation du territoire. Le tableau suivant présente certains coefficients qui ont été utilisés lors des études précédentes.

Tableau XII : Comparaison des coefficients d'exportations de phosphore selon plusieurs études

Source	Coefficient d'exportation de phosphore par étude		
	Bourassa, 1976	Bourassa, Le Rouzès, 1980	Piché, 1998
Précipitations sur les surfaces d'eau (kg de P/km <sup>2</sup> /an)	37.6	38	8
Exportation des forêts (kg de P/km <sup>2</sup> /an)	11.7	11.7	10.3
Exportation des friches (kg de P/km <sup>2</sup> /an)	-	-	19.8
Exportation des zones marécageuses	-	-	20
Précipitations sur sol nu (kg de P/km <sup>2</sup> /an)	7.3	20	-
Précipitations sur surface urbaine (kg de P/km <sup>2</sup> /an)	-	150	100
Population permanente sans égouts (kg de P/hab/an)	0.66	0.66	0.8
Population saisonnière sans égouts (kg de P/hab/an)	0.11	0.11	0.8
Population flottante (g/indiv/jour)	-	1.8	-
Population animale (kg de P/tête/an)	Volaille : 0.01 Bovin : 0.61 Porc : 0.17	Volaille : 0.01 Chevaux : 0.02 Bovin : 0.61 Porc : 0.17	0.48
Engrais chimiques (kg de P/km <sup>2</sup> /an)	11.4	7.8	Pâturage : 5 Céréales : 40
Industries	-	Propre à chaque unité	-

De façon générale, la valeur des coefficients est similaire d'une étude à l'autre, elle peut varier de quelques kg P/an. Les coefficients qui ont le plus variés entre les études sont : précipitation en surface, urbaine, population animale, précipitation sur les surfaces d'eau, précipitation sur sol à nu, engrais chimique. Cependant, le coefficient prendra plus d'importance si la superficie correspondante est grande, par exemple la superficie des forêts est estimée à 21.19 km<sup>2</sup> ce qui équivaut à 68% du bassin versant total du lac Waterloo. Avec un coefficient de 11.7 on arrive à un apport de 248 kg P/an et avec un coefficient de 10.3, l'apport est estimé à 218 kg P/an. Il y a une variation de 30 Kg entre les deux résultats pour une différence sur le coefficient de seulement 1.4. L'utilisation de ces coefficients reste suggestive et s'il s'avère que l'un des coefficients est inexact et varie de plus de 5 ou 6 unités, les apports en phosphore calculés varieront considérablement. À titre d'exemple, nous avons fait l'expérience d'utiliser d'autres coefficients provenant

d'autres ouvrages dans la littérature, croisés avec les superficies relatives utilisées par Piché en 1998. Les coefficients provenaient notamment d'une étude conduite par Jean-François Martel et Maité Dubois datant de 2010 intitulé : BILAN DE PHOSPHORE ET ÉVALUATION DE LA CAPACITÉ DE SUPPORT DU LAC TROUSERS. La différence entre les coefficients et les résultats sont présentés au tableau suivant.

Tableau XIII : Calcul des apports en phosphore en utilisant de nouveaux coefficients.

Type d'apport	Source en phosphore	Apport en phosphore selon la source				
		Superficie (km <sup>2</sup> )	Coefficient (Piché, 1998)	Coefficient (variable)	Piché, 1998 Kg P/an	Apports Kg P/an
Apports naturels	Précipitation sur les surfaces d'eau	1.5	8 kg/km <sup>2</sup> an	8 kg/km <sup>2</sup> an (Piché, 1998)	12	12
	Exportation des forêts	21.19	10.3 kg/km <sup>2</sup> an	8 kg/km <sup>2</sup> an (Prairie et Al. 2007)	218.2	169.52
	Exportation des friches	2.17	19.8 kg/km <sup>2</sup> an	25 kg/km <sup>2</sup> an (Alain et LeRouzès, 1979)	42.9	54.25
	Exportation des milieux humides	0.89	20 kg/km <sup>2</sup> an	214 kg/km <sup>2</sup> an (Prairie et Al. 2007)	17.8	190.5
<b>TOTAL</b>					<b>290.9</b>	<b>426.3</b>
Apports résidentiels	Résidences permanentes avec et sans égout	43	0.8 Kg/unité/an	0.73 Kg/unité/an (Patterson et Al. 2006)	86	78.5
	Résidence saisonnière avec sans égout	105	0.8 Kg/unité/an	0.73 Kg/unité/an (Patterson et Al. 2006)	79	72.3
<b>TOTAL SOURCES PONCTUELLES</b>					<b>165</b>	<b>150.8</b>
Activités humaines	Surface urbaine	0.51	100 kg/km <sup>2</sup> an	80 kg/km <sup>2</sup> an (Beaulac et Rechow, 2000)	51	40.8
	Élevage	396	0.48 kg/unité/an	0.48 kg/km <sup>2</sup> an (Piché, 1998)	190.1	190.1
	Pâturage	3.24	5 kg/km <sup>2</sup> an	51.8 kg/km <sup>2</sup> an (Prairie et Al. 2006)	16.2	167.8
	Culture de la céréale	0.69	40 kg/km <sup>2</sup> an	50 kg/km <sup>2</sup> an (Dillon et Kirchner, 1975)	27.6	34.5
	Golf	0.455	141 kg/km <sup>2</sup> an	141 kg/km <sup>2</sup> an (Piché, 1998)	64	64
<b>TOTAL SOURCES DIFFUSES</b>					<b>348.9</b>	<b>497.2</b>
<b>TOTAL</b>					<b>804.8</b>	<b>1074.3</b>

On constate une différence de 250 kg P/an, bien que plusieurs coefficients étaient les mêmes. Une des raisons majeures de cette différence concerne les apports produits par les milieux humides, pourtant la superficie de cette source totalise moins de 1 km<sup>2</sup> sur une superficie totale de 30km<sup>2</sup>. La valeur de coefficient utilisée est supposément la bonne pour la région de l'Estrie, le but était simplement de démontrer qu'une simple erreur dans un coefficient peut provoquer des différences majeures dans l'interprétation des résultats.

Notez qu'une équipe de chercheurs formée de cinq universités québécoises et de 28 professeurs-chercheurs, LE GRILL, s'est aussi penché sur la question en avril 2009, nous citons ici un extrait de leur document :

« Dans les années 70, Dillon et Rigler furent parmi les premiers à proposer un modèle pour évaluer la capacité de support des lacs de villégiature en Ontario. Ce modèle se basait sur un calcul de bilan de masse et sur le degré de protection accordé au plan d'eau. Or, ce modèle s'est avéré inapproprié après vérification en Ontario et au Québec. Depuis, les coefficients d'exportation initialement proposés par Dillon et Rigler ont été révisés pour les régions de Muskoka (Ontario) et des Laurentides (initiative SIADL). Cependant, l'imprécision de ces modèles ne permet pas encore de prédire adéquatement la capacité de support de lacs individuels. »

Il ne semble pas possible au vue des informations disponibles, d'évaluer si le sous-bassin versant du ruisseau Frost joue un rôle proportionnellement moins important ou non dans le temps dans les apports en phosphore au lac Waterloo.

Considérant que les apports en phosphates varient en fonction de paramètres estimés (coefficient et l'utilisation du territoire) suivant les différentes études, il reste délicat de définir clairement l'évolution des rejets. Les tendances énoncées peuvent cependant être évaluées valables s'il est considéré que les coefficients d'exportations appliqués dans les études étaient retenus à l'époque comme les plus pertinents. Bien que les méthodes de calcul par estimation indirecte tendent à démontrer que les apports en phosphores sont en diminution, nous verrons dans les sections suivantes que les concentrations en

phosphore dans le ruisseau Frost n'ont pas diminuées depuis 1976, il semblerait qu'elles aient même augmentées.

#### 4.2 Bilan de la situation actuelle à l'échelle du sous-bassin versant du ruisseau Frost

Les éléments présentés dans les sections précédentes ont permis d'identifier quelques sources de phosphore potentielles sur le bassin versant du ruisseau Frost. Certaines précisions doivent être apportées.

La réfection des installations septiques non conformes a progressé sur l'ensemble du territoire depuis les années 1970. Cependant des secteurs demeurent problématiques Perreault, 2008 :

- Le parc de maisons mobiles
- Le camping
- Le secteur de Frost Village

Lors de la visite du 23 juin 2010, Samuel Trépanier, Aure Garnier et Madame Demers se sont rendus au camping de l'Estrie et au lotissement de maisons mobiles, dans le secteur de Frost village. Ces deux structures accueillent une population relativement importante et concentrée, à proximité du cours d'eau et d'un plan d'eau. Le risque de pollution est d'autant plus important que la fréquentation, notamment au camping, augmente en période estivale, lorsque les eaux souterraines et de surfaces baissent et que les concentrations en pollution s'accroissent.

L'occupation agricole à l'échelle du bassin versant demeure importante bien que l'urbanisation se soit développée. La superficie des espaces naturels et marécageux demeurent notables, près de 20km<sup>2</sup> sur 30km<sup>2</sup> sont toujours à l'état naturel. Il apparaît aussi qu'une partie des terres agricoles d'autrefois sont maintenant devenues des espaces laissés à l'état naturel ce qui devrait réduire les apports en phosphore vers le ruisseau Frost.

La problématique des apports industriels ne concerne pas le bassin versant du Frost car aucune des deux industries notifiées ne se situait dans le secteur.

### 4.3 Le golf Waterloo

Le Golf ne semble plus être aujourd'hui une source importante d'apport en phosphore bien que les études de Piché, 1998 et Perreault, 2008 présentent le contraire en raison des concentrations élevées en phosphore recueillies en aval de la structure. Des mesures environnementales bénéfiques ont été instaurées au golf depuis l'étude de Perreault, 2008. Une visite a été effectuée, en date du 23 juin 2010 avec le propriétaire du golf. Ce dernier est propriétaire du golf depuis deux ans. Lors de l'entrevue, il a informé *LCL environnement* des nouvelles pratiques environnementales mises en place sur le golf, à l'aide d'un agronome afin de minimiser l'apport en phosphore du golf (certification Audubon, utilisation raisonnée et adaptée des engrais fongicides et pesticides, entretien des fossés de drainage, développement de bassins améliorant la qualité de l'eau).

Bien que les actions menées aient une visée à long terme, LCL Environnement. estime qu'une amélioration de la qualité de l'eau en aval du golf peut déjà être évaluée mais doit être validée dans le temps.

En effet, une lettre présentant les résultats d'analyses de juillet 2010 des eaux du ruisseau Frost et du golf réalisé par Christian Coté, consultant en biologie de l'eau, expose les faits suivants :

- Les teneurs en phosphore entre l'amont (1.2 ppm) et l'aval (0.7ppm) du golf diminuent le long du cours d'eau situé sur le terrain du golf, ce qui induit le rôle positif du golf en tant que zone tampon grâce à la végétation aquatique. Des teneurs notables en nitrates ainsi que des traces de silicate et de produits pétroliers ont été relevées ponctuellement.
- Des teneurs élevées en phosphore proviennent de l'amont.
- Les eaux souterraines captées au niveau du golf présentent des teneurs élevées en phosphore ce qui suggère une possible contamination des eaux souterraines.
- La fonction de zone tampon du golf assurée en période de basses eaux peut ne pas être assurée lors des crues printanières ou des épisodes de précipitation importantes.

Les résultats positifs présentés ci-dessus nécessitent d'obtenir les analyses de plus longue durée afin de tirer de réelles conclusions quant à la fonction épuratrice avérée du golf.

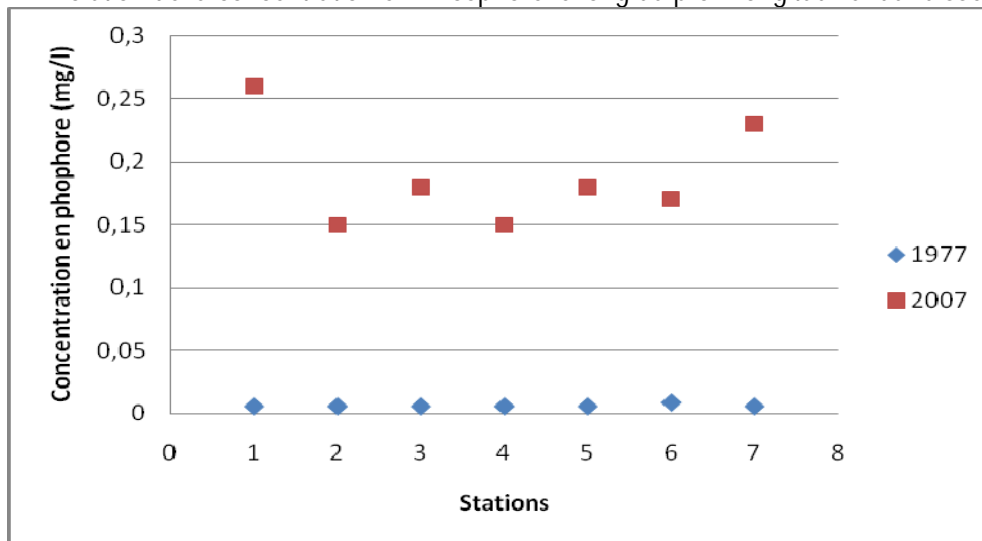


#### 4.4 Évolution de la qualité de l'eau du ruisseau Frost; analyse du phosphore

La figure 1 a été produite à l'aide des résultats d'analyses obtenues lors des campagnes d'échantillonnage effectuées sur le ruisseau Frost par Bourrassa en 1980 et par Perrault en 2008. Elle permet de constater que les concentrations en phosphore obtenues en 2008 sont nettement supérieures à celles de 1980 alors que les deux collectes ont été réalisées en période estivale. De plus, il est possible de constater une régularité des concentrations le long du profil longitudinal pour 1980, toutes inférieures à 0.001 mg/l de phosphore. Tandis que les résultats de 2006 soulignent des concentrations de 15 à 25 fois supérieures à celles de 1980, variant de 0.26 mg/l à 15 mg/l. Enfin il est à souligner que les concentrations sont extrêmement irrégulières. Bien que les conditions hydrologiques (débit, phase d'étiage avancé ou non...) et météorologiques (sécheresse, précipitations ...) dans lesquelles l'échantillonnage s'est effectué ne soient pas connues, il semble que la contribution du ruisseau Frost en phosphore au lac Waterloo soit nettement plus importante qu'en 1980. Il est cependant essentiel d'obtenir des données complémentaires afin d'affirmer ou non ce constat. De plus, la variation notable et rapide de la concentration en phosphore en 2006 laisse supposer :

- La présence d'espaces permettant une auto épuration de l'eau;
- Des sources ponctuelles de pollution.

Figure 2 : Évolution de la concentration en Phosphore le long du profil longitudinal du ruisseau Frost



1977 : mesure effectuées le 25 aout 1977, données issues de Bourrassa, 1980;

2007 : moyenne des mesures effectuées entre le 6 juin et 29 septembre 2007, données issues de Perreault, 2008.

### Localisation des stations

Station du graphique	1	2	3	4	5	6	7
Station Bourassa, 1980	1-7	1-6	1-5	1-11	1-18	1-2	1-1
Station Perreault, 2008	1	2	3	4	7	8	10

Si ces données s'avèrent exactes, il est inquiétant de constater que les concentrations en phosphore total sont nettement supérieures aujourd'hui qu'elles ne l'étaient en 1980 dans les eaux du ruisseau Frost. De plus, il semble que la teneur de fond en phosphore total pour l'année 2008 ne semble pas baisser sous la barre des 0.15 mg/l, cette valeur est nettement supérieure au seuil de tolérance pour la vie aquatique qui est établi à 0.02 mg/l. Il y a donc une source diffuse qui n'a pas diminuée dans le temps. Il semble que cette source se situe sur les rives des cours d'eau ou dans les fossés de drainage se déversant dans le ruisseau, ou qu'elle représente l'eau souterraine qui alimentent en partie le ruisseau Frost, dont sa concentration en phosphore total a augmenté dans le temps. Selon toute évidence le ruisseau Frost contribue à un certain apport en phosphore vers le lac Waterloo.

## 5 INTERPRÉTATION ET CONCLUSION

Il a été souligné dans la plupart des études que le lac Waterloo était en stade eutrophe, et ce depuis de nombreuses années. Le taux de phosphore ainsi que la faible profondeur du lac provoquait l'apparition de cyanobactéries en surface. Les calculs des apports par la méthode d'estimation indirecte, notamment celle de Dillon et Rigler s'avèrent être inexacts bien qu'elles amènent certains éléments pertinents à propos des sources potentielles de phosphore. Il a aussi été observé que la concentration en phosphore total à augmenté dans le ruisseau Frost.

Malgré la panoplie d'études et les nombreux calculs effectués pour cibler les sources de nuisances, il n'a pas été possible de résorber la problématique. Pour la présente étude, deux points importants ont été soulevés, l'apport en phosphore et l'apport en sédiment provenant du bassin versant du ruisseau Frost. Nous proposons ici des études complémentaires, qui permettraient d'identifier clairement les sources nuisibles.

Premièrement, il est essentiel de bien comprendre d'où provient le phosphore et le chemin qu'il emprunte pour se rendre jusqu'au lac Waterloo. Le phosphore migre sous deux formes : particulaire en étant lié à un sédiment et en solution par l'interim des eaux interstitielles et souterraines. L'étude de 2008 du Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec (CRAAQ) concernant le transport du phosphore<sup>1</sup>, indique que :

- la migration du phosphore s'effectue principalement par migration particulaire, par le biais du ruissellement et du lessivage des sols;
- la migration du phosphore en solution, dans les horizons inférieurs, s'effectue à des concentrations environ 10 fois inférieures à celles présentes dans les eaux de surface;
- les phénomènes généralement observés reposent sur l'infiltration du phosphore en solution dans des secteurs agricoles puis une migration souterraine en direction des fossés de drainage les plus proches ;

---

<sup>1</sup> Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec (CRAAQ), le transport du phosphore, IRDA, fiche technique 3, 2008, Québec

- le phosphore entre facilement en solution et précipite en présence des ions Calcium, Fer et Aluminium;

Il est probable que la migration du phosphore s'effectue aussi par l'entremise des eaux souterraines, ce phénomène est souvent observé dans les secteurs agricoles. Il est à souligner qu'un effet de décalage temporel est possible. Les concentrations élevées dans les eaux de surface peuvent résulter de la mise en solution de phosphate infiltré et fixé depuis longtemps dans les couches inférieures du sol ou simplement par résurgence des eaux souterraines comme dans le cas du golf. Tandis que la migration particulaire du phosphore peut être favorisée par des espaces à nu potentiellement érosifs et par une bande riveraine absente. Le schéma suivant vise à expliquer les deux types de migration.

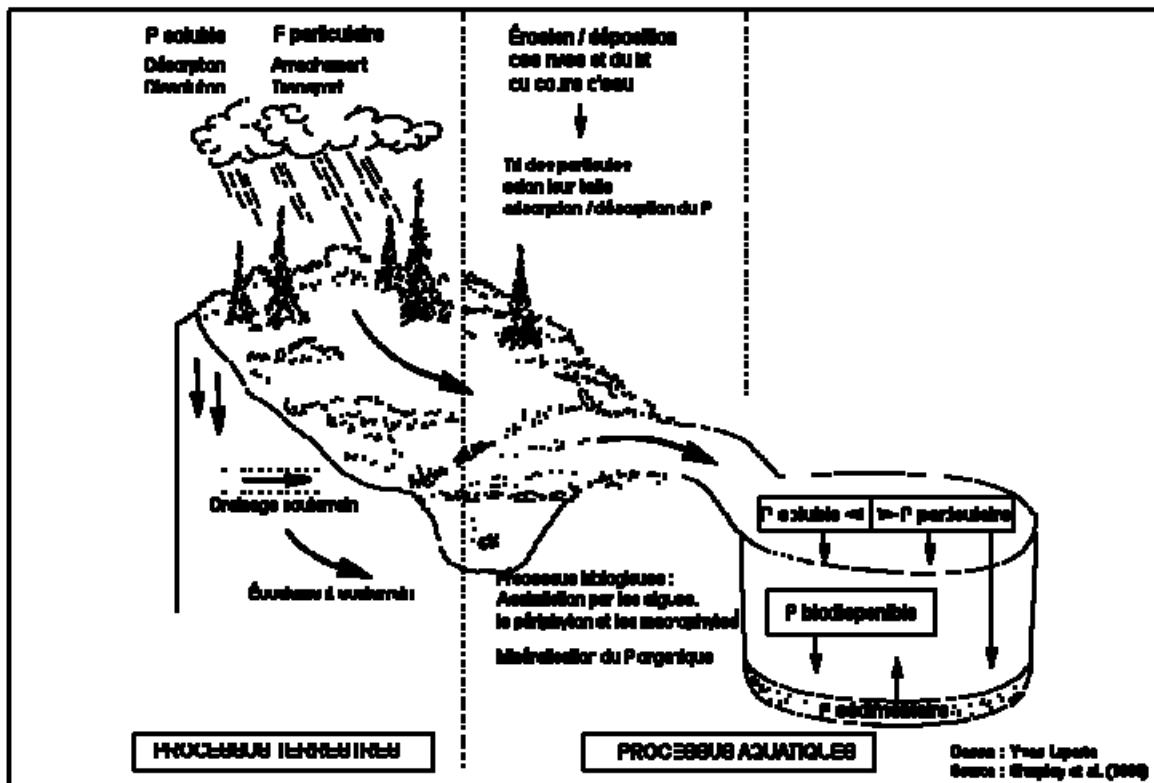


Figure 3. Migration du phosphore sous forme particulaire et en solution.

## Évolution des teneurs en phosphore dans les eaux du ruisseau Frost à l'échelle annuelle

Différents phénomènes influencent à l'échelle annuelle la concentration en phosphore. Le régime hydrologique du ruisseau Frost se caractérise par des débits élevés en période de fonte entre mars et avril et par de faibles débits lors des périodes des basses eaux entre août et octobre.

Le suivi de la teneur en phosphore des eaux, à l'embouchure du ruisseau Frost, pendant un an entre le 1<sup>er</sup> octobre 1975 et le 20 septembre 1976 ont permis d'observer :

- un pic de concentration en phosphore en avril lors de la période de fonte pouvant être attribué au lessivage des sols ;
- une forte variation de la concentration en phosphore durant la période de fonte en raison de l'effet de dilution et de possibles apports ponctuels;
- une hausse des concentrations en période estivale lors de la phase des basses eaux;

Ces observations datent de 1975-1976, il est impossible en 2010 de confirmer ou non que l'évolution de ces fluctuations demeurent valides aujourd'hui.

### 5.1 Plan correcteur préliminaire

Dans le cadre initial du mandat, LCL Environnement s'engageait à définir un plan correcteur pour contrer les apports en phosphore sévissant sur le bassin versant du ruisseau Frost. Suite aux études consultées et aux conclusions effectuées, LCL Environnement privilégie de définir simultanément des analyses complémentaires à effectuer et des solutions primaires à développer concernant la circulation du phosphore et des sédiments. Un plan correcteur adapté ne pourra être établi qu'à la suite de l'obtention des données complémentaires afin de dresser un tableau complet du ruisseau Frost et des problématiques établies. Nous proposons néanmoins certaines mesures correctives que l'on retrouve couramment dans les projets du même type. Elles s'avèrent générales mais efficaces si elles sont mises en place. Il s'en suivra des recommandations plus adaptées à la problématique actuelle.

Pour l'ensemble des acteurs du territoire :

- Entretien des fossés de drainage selon la méthode du tiers inférieur;
- Utiliser des produits quotidiens sans phosphore;
- Maintenir et protéger la bande riveraine;

Municipalités :

- Obliger à la mise en conformité des installations septiques;
- Effectuer un suivi des installations septiques (état, mise en conformité, raccordement au réseau...);
- Favoriser la protection et le maintien des zones humides, limiter le développement urbain à proximité du lac et du ruisseau Frost;
- Limiter le déboisement;
- Homogénéiser les politiques menées entre les municipalités;

Agriculteurs :

- Limiter les épandages et faire attention aux dates d'épandage;
- Mise en place de la bande riveraine à 10 m, pas de diffusion d'engrais et de pesticides à 5 m des ruisseaux et fossés;
- Clôturer les espaces de pâturages pour éviter le piétinement de la bande riveraine par le bétail;

## 5.2 Recommandations adaptées

L'étude de 2008 de Perreault a permis de définir certaines sources de phosphore. Cependant, suite aux hypothèses émises précédemment, il s'avère nécessaire selon LCL Environnement de réaliser certaines analyses complémentaires afin de clarifier la présence ou non de sources complémentaires de phosphore.

### 5.2.1 Suivi de la qualité de l'eau

Les analyses effectuées dans le cadre de l'étude de Perreault en 2008 permettent de dresser un premier portrait de la qualité de l'eau de surface. Cependant, en raison du faible nombre de données disponibles, il s'avère nécessaire de réaliser des analyses complémentaires.

Afin d'obtenir une gamme de valeurs satisfaisantes, Environnement LCL recommande d'effectuer un programme d'analyse d'eau de surface durant deux ans sur le ruisseau Frost. Afin d'obtenir un tableau précis, les relevés devront être effectués à une fréquence de deux semaines. En complément, afin de caractériser l'évolution des concentrations en phosphore lors des événements hydrologiques importants, il serait nécessaire de réaliser un prélèvement quotidien lors de fortes crues et deux fois par semaines lors de la phase de fonte et de canicules. Les stations d'échantillonnage cibleraient les endroits susceptibles de contribuer aux apports en phosphores et en sédiments principalement.

### *5.2.2 Analyse de l'eau souterraine*

Les éléments suivants ont été recensés:

- le potentiel de déplacement du phosphore en milieu souterrain sous forme dissous est faible mais existant;
- les superficies occupées par les activités agricoles sur le bassin versant du ruisseau Frost dans le passé et aujourd'hui représentent une proportion importante;
- les analyses d'eau effectuées au golf en 2010 permettent de soupçonner que les eaux souterraines alimentant les petits lacs présents sur le golf et peut-être même les cours d'eau du bassin versant seraient chargées en phosphore;

Ces différentes constatations soulignent qu'à l'échelle du bassin versant du ruisseau Frost le phosphore migre simultanément dans les eaux de surface et les eaux souterraines. Afin de mieux caractériser ce phénomène, LCL Environnement recommande d'effectuer une campagne d'analyses d'eau souterraine, simultanément à celle menée pour les eaux de surface. L'échantillonnage pourrait s'effectuer par l'entremise des puits des citoyens et par d'autres endroits représentatifs

Cette campagne aurait pour but de définir :

- les concentrations en phosphore et en nitrate dans l'eau souterraine;
- les sources d'émission de pollutions;
- l'évolution des teneurs dans le temps;
- l'évolution des teneurs dans l'espace du bassin versant;

### ***5.2.3 Cartographie des secteurs érosifs***

Afin de cibler avec précision les secteurs prioritaires d'intervention pour la protection de la bande riveraine, il s'avère nécessaire de dresser une cartographie de l'état de la bande riveraine et des secteurs de sol à nu.

La cartographie vise à contenir les éléments suivants :

#### **1 Étude de la bande riveraine**

- Localisation et délimitation de la bande riveraine du ruisseau Frost, de ses affluents et des fossés de drainages agricoles;
- Caractérisation de l'état de la bande riveraine;
- Attribution d'un degré de développement de la bande riveraine;

#### **2 Étude des terrains à nu**

- Localisation et délimitation des terrains à nu;
- Caractérisation de l'état des terrains à nu ;
- Attribution d'un degré d'érosion;

#### **3 Construction d'une carte d'action**

- Croisement des informations obtenues précédemment;
- Définition des secteurs problématiques;
- Hiérarchisation des secteurs nécessitant une intervention;

Une fois la cartographie établie, une liste d'action hiérarchisée peut être mise en place.



#### *5.2.4 Une action sur la charge interne du lac reste essentielle*

Comme le présente le plan directeur de l'eau du bassin versant du lac Waterloo, de 2008 « Le lac Waterloo rencontre toutes les conditions pour lesquelles un plan d'eau devient irrécupérable si les interventions portent uniquement sur le contrôle des apports externes des sédiments. Ceci implique que des actions doivent être menées sur la charge externe pour éviter l'apport de sédiments dans le lac ainsi que sur la charge interne en diminuant le volume en sédiments.»

Le rapport du plan directeur de l'eau du bassin versant du lac Waterloo, de 2008 indique également : « En considérant un taux maximal de relargage moyen de 687kg/an (Bourassa et le Rouzès, 1980), il faudrait près de 500 ans avant d'épuiser le stock de phosphore accumulé dans les sédiments et ce, si les apports externes de phosphore sont complètement éliminés. » Bien que considérant ces chiffres comme alarmistes, il apparaît qu'une action sur la charge interne des sédiments du lac est indispensable. Nous proposons donc d'évaluer le taux des charges internes du lac et de définir les zones dans le lac qui seraient les plus nuisibles. Pour se faire il faudrait premièrement faire une revue de littérature sur le sujet comme il l'a été fait pour le ruisseau Frost, proposer une caractérisation complémentaire et réaliser une étude de faisabilité pour le dragage ou le pompage des sédiments.

### 5.3 Conclusion

Suite à la consultation des nombreuses études effectuées sur le lac Waterloo et son bassin versant, il apparaît que les problématiques dominantes sont celles du surplus d'apport en phosphore et d'érosion des sols sur le bassin versant. Ces dernières induisent un effet de saturation des eaux du lac en phosphore, de relargage estival de phosphore, de réduction du coefficient de stockage du phosphore et de hausse du volume des sédiments.

La présente étude a permis de caractériser le bassin versant du ruisseau Frost qui représente le sous-bassin versant principal du lac Waterloo, ainsi que ses problématiques spécifiques. Des propositions d'analyses complémentaires et d'actions prioritaires ont été émises.

Des actions en faveur de la limitation des apports en phosphore ont été développées dès les années 1970. Cependant, il faut souligner que les problématiques actuelles de phosphore résultent des activités passées du bassin versant, notamment dans le lac, avec l'effet de relargage de phosphore accumulé depuis des années.

Ainsi, il s'avère nécessaire de compléter la connaissance du bassin versant du lac sur le restant des affluents et de maintenir les efforts de limitation d'apport en phosphore par les différents acteurs.

Enfin, il est à souligner qu'une action portant strictement sur la limitation d'apport en phosphore par le bassin versant, sans entreprendre de démarches sur le lac et les sédiments présents, ne peut entraîner de réelles améliorations.

## BIBLIOGRAPHIE

Bourassa,F, (1976) *Estimation indirecte des apports de phosphore au lac Waterloo, Québec*, Ministère des richesses naturelles.

Bourassa,F, (1977) *Estimation directe des apports de phosphore au lac Waterloo, Québec*, Ministère des richesses naturelles.

Bourassa.F et Le Rouzès (1980) *Étude du milieu environnant du lac Waterloo*, Québec, Ministère de l'environnement. Conseil Régional de l'Environnement des Laurentides (2005) *Protocole de caractérisation de l'occupation de la bande riveraine, Version expérimentale*, Québec, Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs.

DESSAU (2008) *Plan directeur de l'eau du bassin versant du lac Waterloo*, Québec, dossier 129-PO16882-0100-EM-0001-10,

DESSAU (2009) *Ville de Waterloo, Restauration du lac de Waterloo-Projet pilote, essais de trois techniques de restauration, protocole expérimental* Québec.

Enviro Services (2008) *Échantillonnage du phosphore des sept lacs réservoirs du bassin versant de la Yamaska*, Québec.

Fournier et Al (2001) *Plan d'action pour l'amélioration de la qualité de l'eau du lac Waterloo*, Québec.

GRIL, Groupe de Recherche Interuniversitaire en Limnologie en Environnement Aquatique (2007) *Les cyanobactéries dans les lacs québécois : Un portrait de la situation selon les chercheurs du GRIL*, Québec.

GRIL, Groupe de Recherche Interuniversitaire en Limnologie en Environnement Aquatique (2009) *Calcul de la capacité de support en phosphore des lacs : où en sommes-nous?*, Québec. 11p.

Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs, *Capacité de support des activités agricoles par les rivières : le cas du phosphore total*, Québec, Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs, 2005.

Multi-Faune (1997) *Prise de quelques paramètres physico-chimiques sur le lac Waterloo*, Québec

Perreault, I (2006) *Proposition pour suivi de la qualité de l'eau au lac Waterloo pour l'année 2006*, Québec.

Perreault, I (2006) *Résultat du suivi de la qualité de l'eau au lac Waterloo en 2006*, Québec.

Perreault, I (2007) *Suivi de la qualité de l'eau, Lac Waterloo*, Québec

Perreault, I (2008) *Rapport sur la qualité de l'eau, rivière Frost, principal tributaire du lac Waterloo, Québec.*

Piché, I (1998) *Bilan des apports en phosphore au lac Waterloo en 1998*, Québec, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des Écosystèmes Aquatiques.

Pro Faune (2006) *Contrôle des flux de phosphore interne du lac Waterloo : Étude de faisabilité, projet 04-436*, Québec.

Provencher et Al (1979) *Caractérisation de la qualité de l'eau de la rivière Yamaska Nord : Rapport complémentaire*, Québec, Ministère des Richesses Naturelles, Service de la Qualité des Eaux.

RAPPEL Regroupement des Associations Pour la Protection de l'Environnement des lacs et des cours d'eau (2010) *Bilan de phosphore et évaluation de la capacité de support du lac Trousers*, Québec 34p.