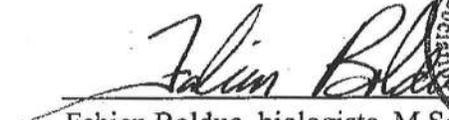


DIAGNOSE ÉCOLOGIQUE DU LAC BEAUPORT

Rapport final

Présentée à :

Municipalité de Lac-Beauport


Fabien Bolduc, biologiste, M.Sc.



Novembre 2000

Projet 99-251



Pro Faune

2095, rue Jean-Talon Sud, bureau 217
Sainte-Foy (Québec) G1N 4L8
Téléphone : (418) 688-3898
1-800-561-3898
Télécopieur : (418) 681-6914
Courriel: info@profaune.com

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES.....	II
LISTE DES FIGURES.....	III
LISTE DES TABLEAUX.....	III
LISTE DES ANNEXES.....	III
1. INTRODUCTION.....	1
2. BUT DE L'ÉTUDE ET OBJECTIFS SPÉCIFIQUES.....	3
3. DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉTUDE.....	4
4. QUALITÉ DE L'EAU DU LAC BEAUPORT ET DE SES TRIBUTAIRES.....	8
4.1 MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	8
4.1.1 Échantillonnage d'eau.....	8
4.1.2 Apports en phosphore.....	12
4.2 RÉSULTATS.....	12
4.2.1 Descripteurs physiques.....	12
4.2.2 Variables de minéralisation.....	18
4.2.3 Éléments nutritifs.....	21
4.2.4 Charge organique.....	22
4.2.5 Métaux.....	23
4.3 INTERPRÉTATION.....	24
4.3.1 Qualité de l'eau en fonction de différents usages.....	24
4.3.2 Âge trophique du lac Beauport.....	25
4.3.3 Les apports en phosphore.....	27
5. CARACTÉRISATION BIOPHYSIQUE DU LITTORAL.....	31
5.1 CARACTÉRISATION DES HABITATS ET DES HERBIERS AQUATIQUES.....	31
5.2 CARACTÉRISATION BIOPHYSIQUES DES TRIBUTAIRES.....	33
5.3 CARACTÉRISATION DE L'ÉTAT DES RIVES.....	34
5.4 ANALYSE SÉDIMENTOLOGIQUE.....	36
6. SYNTHÈSE ET RECOMMANDATIONS.....	38
6.1 SYNTHÈSE.....	38
6.1.1 Qualité de l'eau.....	38
6.1.2 Rives et littoral.....	39
6.2 RECOMMANDATIONS.....	39
6.3 MONITORING DE L'ÉTAT DU MILIEU AQUATIQUE.....	42
7. RÉFÉRENCES CONSULTÉES.....	43

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Délimitation du bassin versant du lac Beauport	5
Figure 2	Carte bathymétrique du lac Beauport.....	6
Figure 3	Profil de température et de l'oxygène dissous du lac Beauport.....	16
Figure 4	Diagramme de vieillissement du lac Beauport, 1999-2000	26
Figure 5	État trophique du lac Beauport en 2000 par rapport à sa concentration prédite en phosphore au brassage printanier	30
Figure 6	Évaluation qualitative de l'état des rives du lac Beauport et localisation des herbiers aquatiques.....	32

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Superficie de chacune des isobathes et évaluation du volume d'eau du lac Beauport.....	4
Tableau 2	Critères de qualité de l'eau établit par le ministère de l'Environnement du Québec.....	9
Tableau 3	Paramètres physico-chimiques mesurés lors de l'inventaire de la qualité de l'eau du lac Beauport et de ses tributaires	11
Tableau 4	Qualité de l'eau du lac Beauport, août 1999 et mai 2000, et comparaison avec les résultats de 1992.....	13
Tableau 5	Qualité de l'eau des tributaires du lac Beauport, août 1999, et comparaison avec les résultats de 1992.....	14
Tableau 6	Utilisation du territoire et évaluation des apports en phosphore au lac Beauport.....	28
Tableau 7	Répartition des apports en phosphore au lac Beauport par unité de drainage.....	29
Tableau 8	Synthèse de l'inventaire du milieu riverain du lac Beauport, 1999	35

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1	Évaluation des apports en phosphore des sous-bassin du lac Beauport
----------	---

1. INTRODUCTION

Le lac Beauport, le plan d'eau le plus important du territoire de la municipalité de Lac-Beauport avec ses 87 hectares, est un plan d'eau à vocation essentiellement récréative puisqu'on n'y retrouve aucune prise d'eau potable. Par contre, le lac doit actuellement satisfaire à la demande des membres du club nautique, des clients de plusieurs établissements hôteliers, d'un bon nombre de propriétaires riverains et d'une quantité importante de visiteurs. Tous ces usagers pratiquent des activités aussi variées que le canot, le kayak, la baignade, la pêche, la planche à voile, le ski nautique et la promenade en embarcations motorisées. Ce nombre important d'usages récréatifs démontre la nécessité de mettre en place un système de suivi de la qualité des eaux du lac pour prévenir la dégradation de cette ressource essentielle à la qualité de vie des citoyens et au développement économique de la municipalité.

Des diagnostics écologiques du lac ont déjà été réalisés en 1979 et en 1992. La plus récente étude, effectuée par le Groupe Dryade, a révélé que :

- les eaux du lac Beauport contenaient des concentrations élevées en chlorures, sodium et calcium ;
- le faible pouvoir tampon du milieu rendait les eaux du lac très sensibles aux apports acides ;
- des concentrations élevées en coliformes étaient observées dans certains tributaires du lac ;
- bien que le lac aie une cote trophique faible, certains indices (concentration en oxygène dissous et en azote Kjeldahl) démontraient que le lac avait des problèmes d'eutrophisation reliés aux activités anthropiques ;
- le milieu riverain était fortement aménagé et que la bande de végétation riveraine était souvent absente.

Comme suite aux recommandations formulées par Dryade, la municipalité a mis de l'avant certaines mesures visant à corriger ou du moins à améliorer la qualité des eaux du lac. Entre autres, une classification et vérification annuelle des installations septiques problématiques est maintenant en place. La municipalité a également adopté en 1993 une politique d'épandage de sel de déglacage visant à réduire les apports de minéraux vers le lac.

Des actions visant à restaurer la bande de végétation riveraine du lac ont également été tentées. Toutefois, devant l'ampleur du travail de plantation et le peu d'intérêt démontré par les citoyens,

le programme de dons d'arbustes a été abandonné. La municipalité entend toutefois mettre de l'avant d'autres activités de sensibilisation du public à la nécessité de renaturaliser les rives du lac Beauport.

La municipalité de Lac-Beauport, désireuse de vérifier l'efficacité des mesures mises de l'avant, a demandé à *Pro Faune, coopérative de travailleurs en aménagement de la faune* de mettre à jour les données de la qualité de l'eau et des sources de dégradations de l'environnement du lac.

L'étude consistait donc à prendre des mesures de la qualité de l'eau du lac Beauport durant la période de stratification thermique du lac (moment où on observe les effets de la dégradation des matières organiques en profondeur) ainsi qu'au printemps lorsque les effets du lessivage des polluants avec la fonte des neiges sont le plus marqué. L'eau des tributaires du lac a également été analysée pour vérifier les apports en composés organiques et inorganiques.

La localisation et la caractérisation des herbiers aquatiques, habitats fortement utilisés par la faune, ainsi que les zones propices à la reproduction des principales espèces de poissons retrouvées dans le lac ont été documentés. Les zones de sédimentation ont également été localisées. D'autre part, les données d'utilisation du sol de la municipalité ont permis d'évaluer les apports de phosphore vers le lac.

Les données recueillies ont permis d'établir un diagnostic de l'état de santé du lac Beauport au tournant du millénaire. Afin de poursuivre les actions d'amélioration de la qualité du milieu, quelques recommandations d'intervention sont proposées dans la dernière section du document. Finalement, une procédure de monitoring de l'évolution de la qualité de l'eau du lac est également suggérée de façon à permettre aux citoyens et aux employés municipaux de pouvoir réaliser un certain suivi de l'efficacité des actions entreprises.

2. BUT DE L'ÉTUDE ET OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

Le but de l'étude consistait principalement à poser un diagnostic de l'état du lac Beauport en 1999-2000 et à évaluer les performances des actions posées par la municipalité depuis 1993.

Les objectifs spécifiques poursuivis sont les suivants :

- Évaluer la qualité de l'eau du lac Beauport et de ses tributaires ;
- Faire un inventaire biophysique du littoral afin de localiser et caractériser les herbiers et les frayères ;
- Localiser les problèmes de sédimentation et si possible les causes ;
- Réaliser un bilan des apports en phosphore au lac Beauport ;
- Procéder au diagnostic et identifier les cibles à améliorer ;
- Faire des recommandations d'interventions correctrices ou d'actions de mise en valeur du lac ;
- Élaborer une procédure de monitoring pour assurer un suivi par les citoyens et les employés de la municipalité.

3. DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le bassin versant du lac Beauport couvre une superficie de 7,06 km² et touche deux municipalités : Lac-Beauport et Beauport (figure 1). Le lac est alimenté par deux tributaires permanents et deux tributaires intermittents alors que ses eaux se déversent en direction de la rivière Jaune.

Le lac Beauport est un lac de 87 ha (0,87 km²) ayant une profondeur moyenne de 3,8 m. D'une longueur de 1 800 m, il a une largeur moyenne de 540 m et sa profondeur maximale atteint 13,4 m (44 pieds). La figure 2 présente la carte bathymétrique du lac Beauport. Le volume total du lac est estimé à 3 270 330 m³ d'eau à partir de la carte bathymétrique (tableau 1). Les apports en eau, évalués à partir des données hydrologiques d'un petit versant situé dans la Forêt Montmorency, représentent 6 600 000 m³ annuellement. En conséquence, une goutte d'eau séjourne environ 181 jours dans le lac, ce qui est défini comme le temps de renouvellement de la masse d'eau.

Tableau 1 Superficie de chacune des isobathes et évaluation du volume d'eau du lac Beauport

	Profondeur		Superficie		Volume de la strate	
	(pi)	(m)	(m ²)		(m ³)	
Lac Beauport	0	0,0	869 000	100,0%		
	5	1,5	721 500	83,0%	1 210 220	37,0%
	10	3,0	546 000	62,8%	962 734	29,4%
	15	4,6	215 000	24,7%	560 640	17,1%
	20	6,1	147 333	17,0%	274 479	8,4%
<i>Estimé</i>	23,0	7,0	94 733	10,9%	109 791	3,4%
	25	7,6	59 667	6,9%	46 651	1,4%
	30	9,1	30 833	3,5%	67 763	2,1%
	35	10,7	10 750	1,2%	30 373	0,9%
	40	12,2	750	0,1%	7 284	0,2%
	44	13,4	1	0,0%	395	0,0%
TOTAL					3 270 330	100%

Diagnose écologique du lac Beauport

Figure 1

Délimitation du bassin
versant du lac Beauport

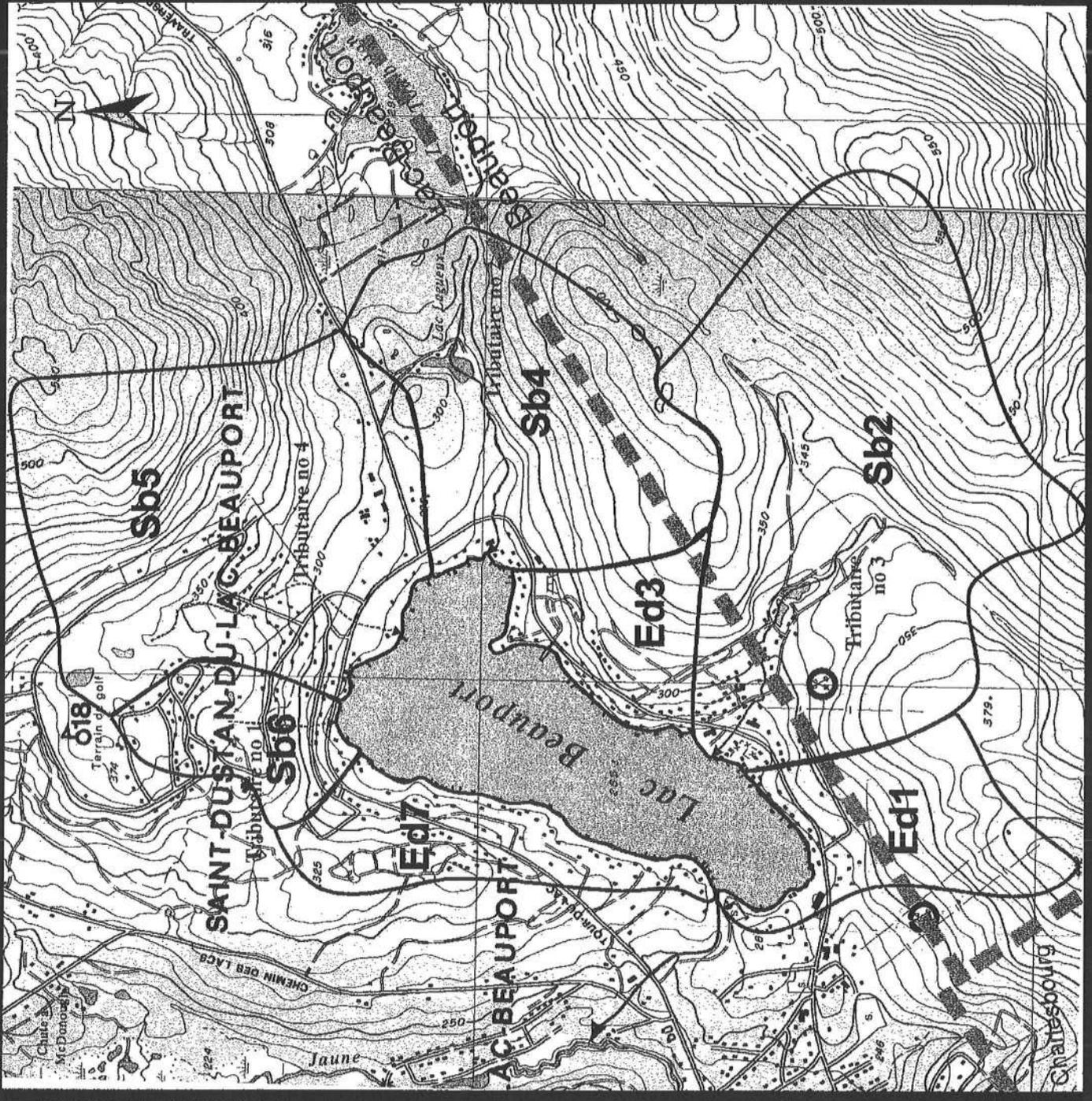
— Limite des unités de
drainage

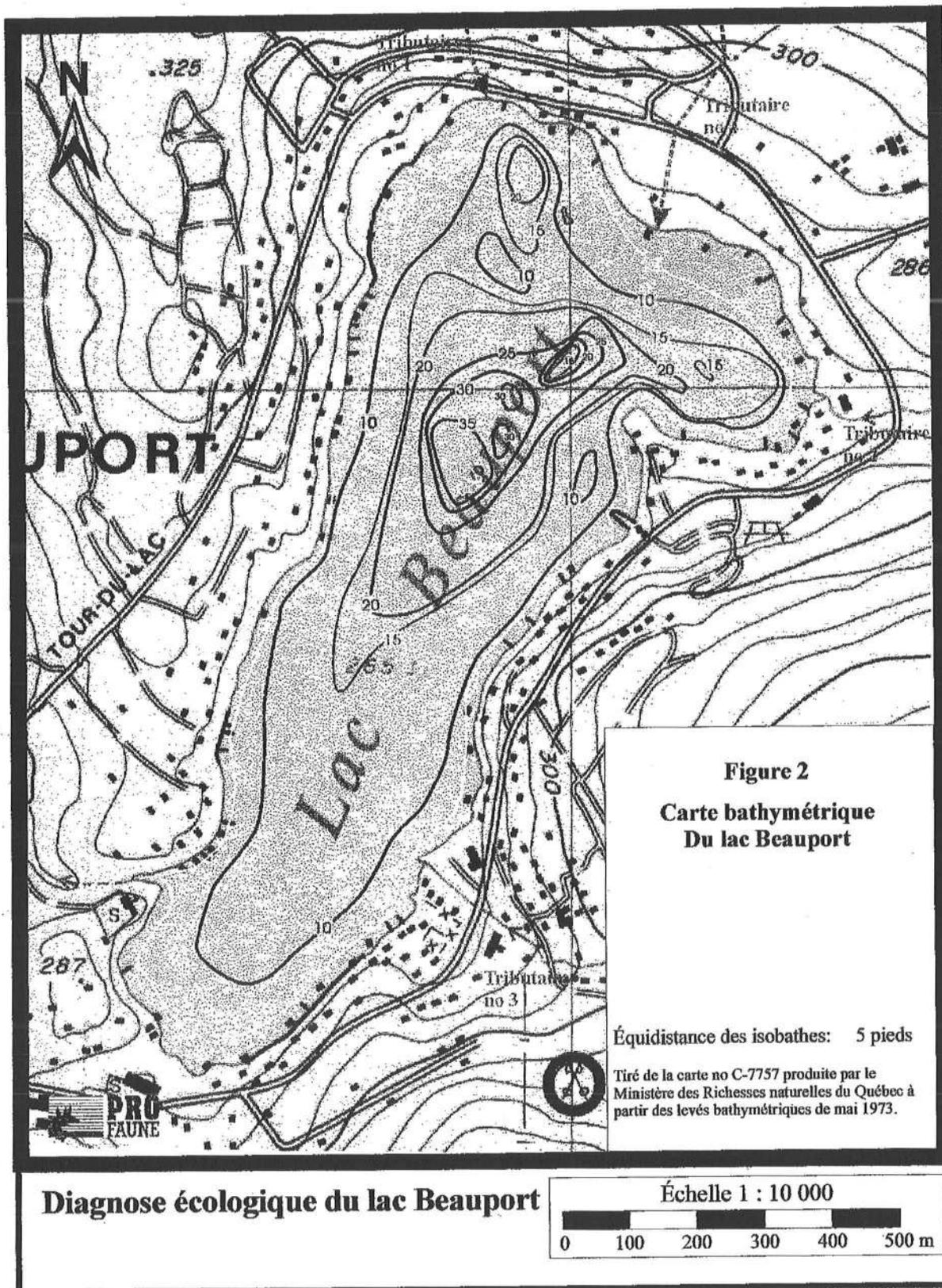
Sb4 Numéro de l'unité de
drainage

— Cours d'eau

— Limites municipales

Échelle 1 : 20 000
0 100 200 300 400 500 m





Les eaux du lac Beauport ne sont pas utilisées comme source d'alimentation en eau potable. De plus, les établissements hôteliers ainsi que plusieurs des résidences situées dans la portion sud-est du lac sont reliés au réseau de collecte des eaux usées de la communauté urbaine de Québec (CUQ). Les autres résidences sont munies d'un système individuel de traitement (fosse septique) qui fait l'objet d'une vérification régulière.

À l'extrémité nord-ouest du bassin, le centre Mont-Tourbillon offre la pratique du golf en été, la glissade sur chambre à air et le ski de randonnée en hiver. Une partie du parcours de golf est comprise dans le bassin versant du lac (sous-bassin #5, figure 1). Dans le sous-bassin #2, on retrouve les pentes de ski alpin de la station Mont Saint-Castin (aujourd'hui fermée). Sur le cours du tributaire #3, des étangs artificiels ont été aménagés sur le territoire de la ville de Beauport. Ces étangs, propriété de la Pourvoirie du Lac Beauport, sontensemencés avec de l'Ombre de fontaine et du Saumon atlantique pour des fins de pêche sportive.

4. QUALITÉ DE L'EAU DU LAC BEAUPORT ET DE SES TRIBUTAIRES

L'inventaire de la qualité de l'eau est une étape essentielle à la mise en valeur de l'habitat aquatique. C'est à partir des résultats d'un tel inventaire qu'il est possible d'identifier la capacité de support du plan d'eau. Comme principaux usages possibles de l'eau du lac Beauport, mentionnons : pêche sportive, conservation et mise en valeur de la vie aquatique et terrestre associée au milieu aquatique ainsi qu'une foule d'activités nautiques et récréatives. Comme mentionné précédemment, l'eau du lac n'est pas utilisée actuellement comme source d'approvisionnement en eau potable et cet usage n'est pas envisagé dans un avenir rapproché.

Les justifications environnementales, chimiques, éco-physiologiques ou toxicologiques sur lesquelles s'appuient les critères de qualité de l'eau correspondent à des seuils sécuritaires pour un usage spécifique. Ces critères de qualité de l'eau sont édictés par le ministère de l'Environnement du Québec à partir de recherches scientifiques réalisées un peu partout dans le monde. Le tableau 2 présente les principaux critères de qualité de l'eau qui sont utilisés pour cette étude.

Les outils utilisés pour caractériser l'état de santé d'un lac sont nombreux. Le calcul de la cote trophique, les indices de la qualité des eaux pour différents usages, le diagramme de vieillissement, le diagramme d'analyse d'eau et le modèle d'apport en phosphore ont été utilisés pour évaluer la capacité de support du lac Beauport et le potentiel de développement sur ses rives.

4.1 Matériel et méthodes

4.1.1 Échantillonnage d'eau

Afin d'assurer la comparaison des résultats avec ceux des études précédentes, les échantillons d'eau dans le lac Beauport ont été recueillis au site le plus profond du plan d'eau, tout comme lors de l'étude de 1992.

Tableau 2 Critères de qualité de l'eau établit par le ministère de l'Environnement du Québec

Paramètres	Critères de qualité en fonction des usages		
	Baignade	Activités récréatives	Vie aquatique (toxicité chronique)
Descripteurs physiques			
Couleur vraie (U.C.V.)	100	100	-
Couleur apparente (U.C.A.)	-	-	-
Oxygène dissous (mg/L)	-	-	4,0 < (en surface, à 25°C)
pH	5,0-9,0	-	6,5-9,0
Turbidité (UTN)	+ 10%	+ 10%	-
Variables de minéralisation			
Alcalinité (mg/L)	-	-	20 <
Bicarbonates (mg/L)	-	-	-
Calcium (mg/L)	-	-	-
Carbonates (mg/L)	-	-	-
Chlorures (mg/L)	-	-	230
Conductivité (µS/cm)	-	-	-
Dureté (mg/L)	-	-	-
Fluorures (mg/L)	-	-	0,2
Magnésium (mg/L)	-	-	-
Sodium (mg/L)	-	-	-
Sulfates (mg/L)	-	-	-
Substances nutritives			
Azote ammoniacal (mg/L)	-	-	1,22
Azote total Kjeldahl (mg/L)	-	-	-
Nitrites et nitrates (mg/L)	-	-	-
Phosphore inorganique (mg/L)	-	-	-
Phosphore total (mg/L)	0,02	-	0,02
Descripteurs biologiques			
Chlorophylle a (µg/m ³)	-	-	-
Coliformes fécaux (UFC/100 ml)	200	1000	-
Coliformes totaux (UFC/100 ml)	-	-	-
Seston (mg/m ³)	-	-	-
Métaux et toxiques			
Aluminium (mg/L)	-	-	0,087
Fer (mg/L)	-	-	0,30
Manganèse (mg/L)	-	-	-
Mercure (mg/L)	-	-	0,0009081

Des prélèvements ont donc été effectués en août 1999 ainsi qu'en mai 2000 dans le lac. Les échantillons ont été prélevés en surface et à 2 mètres du fond, soit par environ 10 mètres de profondeur.

Lors de l'échantillonnage estival (août 1999), un échantillon de seston a été prélevé à l'aide d'un filet à plancton de type Wisconsin à mailles de 0,80 microns. Pour les analyses de la chlorophylle, des échantillons d'eau ont été prélevés à l'aide d'une bouteille Kemmerer de quatre litres et expédiés au laboratoire pour en évaluer la concentration. D'autre part, pour établir le profil de stratification thermique de l'eau du lac en août, des mesures de température et d'oxygène ont été prises à tous les mètres jusqu'au fond du plan d'eau.

Pour les analyses de conductivité et de pH, un échantillon intégrant la colonne d'eau de 0 à 5 mètres a été recueilli à l'aide d'une bouteille plombée.

Les paramètres physico-chimiques mesurés pour chacun des échantillons sont présentés au tableau 3.

Dans le cas des tributaires, des échantillons d'eau ont été recueillis en août 1999 pour l'analyse des composantes chimiques et organiques en laboratoire. Les échantillons ont été prélevés à au moins 5 mètres de l'embouchure avec le lac (de façon à éviter le refoulement des eaux du lac). Des mesures d'oxygène dissous et de température ont été réalisées sur place. Mentionnons que seulement trois tributaires ont été analysés en 1999, le tributaire no 1 identifié par Dryade (1992) étant à sec lors de l'échantillonnage.

Tableau 3 Paramètres physico-chimiques mesurés lors de l'inventaire de la qualité de l'eau du lac Beauport et de ses tributaires

Paramètres	Appareil de mesure	Lac Beauport		Tributaires (3)
		Août 1999	Mai 2000	Août 1999
Profondeur (m)	Echosondeur Lowrance X16	X	X	
Transparence (m)	Disque de secchi	X	X	
Conductivité ($\mu\text{mhos/cm}$)	Conductivimètre Hanna HI8733	X	X	X
Couleur vraie (Hazen)	En laboratoire	X	X	X
Couleur apparente (Hazen)	En laboratoire	X	X	X
Oxygène dissous (mg/L O_2)	Oxymètre YSI 51B	X	X	X
pH	pH-mètre Beckman	X	X	X
Température ($^{\circ}\text{C}$)	Oxymètre YSI 51B	X	X	X
Dureté analysée (mg/L de CaCO_3)	En laboratoire (calcul)	X	X	
Aluminium (mg/L Al)	En laboratoire	X	X	X
Calcium (mg/L Ca)	En laboratoire	X	X	X
Magnésium (mg/L Mg)	En laboratoire	X	X	X
Sodium (mg/L Na)	En laboratoire	X	X	X
Chlorures (mg/L Cl)	En laboratoire	X	X	X
Carbonates (mg/L CO_3)	En laboratoire	X	X	X
Bicarbonates (mg/L HCO_3)	En laboratoire	X	X	X
Alcalinité totale (mg/L CaCO_3)	En laboratoire	X	X	X
Sulfates (mg/L SO_4)	En laboratoire	X	X	X
Fluorures (mg/L F)	En laboratoire	X	X	X
Azote Kjeldahl (mg/L N)	En laboratoire	X	X	X
Azote ammoniacal (mg/L N)	En laboratoire	X	X	
Nitrates + nitrites (mg/L N)	En laboratoire	X	X	X
Phosphore total (mg/L P)	En laboratoire	X	X	X
Phosphore inorganique (mg/L P)	En laboratoire	X	X	
Mercure ($\mu\text{g/L Hg}$)	En laboratoire	X	X	X
Coliformes totaux (U.F.C. / 100 ml)	En laboratoire	X		X
Coliformes fécaux (U.F.C. / 100 ml)	En laboratoire	X		X
Chlorophylle totale (mg/m^3)	En laboratoire	X		X
Biomasse phytoplanctonique (mg/m^3)	En laboratoire	X		X
Poids sec du seston (mg/m^3)	Filet Wisconsin + pesé en labo	X		
Rapport volume épilimnion/hypolimnion	Planimètre Placom	X		
Profondeur de la thermocline (m)	Oxymètre YSI 51B	X		
Cote trophique	Calculs en laboratoire	X		
Profondeur de l'hypolimnion (m)	Oxymètre YSI 51B	X		

4.1.2 Apports en phosphore

Les mesures de gestion des eaux visant à lutter contre l'eutrophisation doivent prendre en compte toutes les sources de phosphore susceptibles d'atteindre la masse d'eau concernée. Pour ce faire, le personnel de la municipalité a mis à jour les données de l'utilisation du sol et des populations dans le bassin versant du lac Beauport. Rappelons que plusieurs résidences et établissements commerciaux sont reliés au réseau d'égouts de la CUQ. Les eaux usées de ces habitations n'influencent donc pas les apports en phosphore du lac Beauport puisqu'elles sont rejetées à l'extérieur du bassin.

Les données transmises ont été intégrées dans le modèle théorique des lacs exploités de 1^{er} niveau (modèle 2) décrit par Alain et LeRouzès (1979). Les résultats vont permettre d'évaluer l'efficacité des mesures mises de l'avant par la municipalité depuis l'étude de 1992 sur ce paramètre responsable en général du vieillissement prématuré du lac.

4.2 Résultats

Les eaux du lac Beauport ont été échantillonnées le 20 août 1999 et le 11 mai 2000. Les tributaires ont également été échantillonnées le 20 août 1999 afin d'évaluer la qualité des apports au lac. Le tableau 4 présente les résultats des analyses pour le lac Beauport tandis que les données mesurées pour l'eau des tributaires sont présentées au tableau 5.

Une étude similaire ayant été réalisée en 1992, il est intéressant de comparer les données obtenues avec celles mesurées à cette époque pour vérifier l'évolution de la qualité des eaux du lac Beauport et évaluer les retombées des interventions mises en place par la municipalité depuis ce temps.

4.2.1 Descripteurs physiques

Transparence et turbidité

La transparence au disque de Secchi est essentiellement fonction de la réflexion de la lumière sur la surface du disque et est influencée par les propriétés d'absorption de l'eau et la charge en suspension (Wetzel, 1983). La turbidité est plus représentative de la charge en suspension dans l'eau.

Tableau 4 Qualité de l'eau du lac Beauport, août 1999 et mai 2000, et comparaison avec les résultats de 1992

Paramètres	Août 1999		Comparaison avec 1992	Août 1992		Mai 2000		Comparaison avec 1992	Mai 1992	
	Surface	10 m		Surface	10 m	Surface	10 m		Surface	10 m
Descripteurs physiques										
Couleur vraie (U.C.V.)	6	9	↗	0	0	3	5	↔	3	3
Couleur apparente (U.C.A.)	6	9	-	-	-	18	7	-	-	-
Oxygène dissous (mg/L)	9,0	1,0 ¹	↔	8,1	1,6	11	12	↘	19	21
PH	7,4	6,7	↗	6,2	6,3	6,8	6,9	↘	7,3	7,2
Température (°C)	21	10	-	18,2	12,5	10	10	-	9,9	9,9
Transparence (m)	6,0	-	-	5,7	-	4,5	-	-	-	-
Variables de minéralisation										
Alcalinité (mg/L)	24	40	-	14	12	20	24	↗	14	16
Bicarbonates (mg/L)	23,93	39,98	-	-	-	23,98	23,98	-	-	-
Calcium (mg/L)	15,9	19,4	↗	12,4	18,5	10,8	11,1	↘	15,5	14,3
Carbonates (mg/L)	0,06	0,02	-	-	-	0,02	0,02	-	-	-
Chlorures (mg/L)	46,6	120,0	↘	62,6	125	37,4	38,5	↘	68,4	68,1
Conductivité (µS/cm)	360	-	↔	262	505	153	153	↘	317	328
Dureté (mg/L)	34	60	↔	36	56	34	36	↔	36	36
Fluorures (mg/L)	0,23	0,21	-	-	-	0,17	0,17	-	-	-
Magnésium (mg/L)	1,39	2,35	↔	1,62	2,40	1,50	1,46	↔	1,62	1,63
Sodium (mg/L)	29,4	67,9	↔	34,6	68,2	22,0	24,6	↘	33,9	33,5
Sulfates (mg/L)	6,87	8,80	↗	5	7	7,04	6,98	↗	5	6
Substances nutritives										
Azote ammoniacal (mg/L)	<0,1	0,29	-	-	-	0,31	0,19	-	-	-
Azote total Kjeldahl (mg/L)	0,32	0,55	↗	0,28	0,35	0,42	0,18	↔	0,29	0,22
Nitrites et nitrates (mg/L)	<0,1	<0,1	↘	0,18	0,27	0,42	0,33	↔	0,40	0,36
Phosphore inorganique (mg/L)	<0,010	0,010	↗	<0,005	<0,005	<0,01	<0,01	↔	<0,005	<0,005
Phosphore total (mg/L)	0,019	0,063 ^{1,2}	↗	<0,005	<0,005	<0,01	<0,01	↔	<0,005	<0,005
Descripteurs biologiques										
Chlorophylle a totale (mg/m ³)	0,002	-	-	100	-	-	-	-	-	-
Coliformes fécaux (UFC/100 ml)	2	<2	↘	3	<2	-	-	-	-	-
Coliformes totaux (UFC/100 ml)	10	<10	↘	260	280	-	-	-	-	-
Seston (mg/m ³)	27,94	-	↗	8	-	-	-	-	-	-
Métaux et toxiques										
Aluminium (mg/L)	0,060	0,110 ¹	↔	0,1	0,1	0,110 ¹	0,084	↗	0,09	0,07
Fer (mg/L)	<0,04	0,18	↗	0,05	0,06	-	-	-	0,16	0,16
Manganèse (mg/L)	0,04	2,18	↗	0,034	0,436	-	-	-	0,067	0,069
Mercure (mg/L)	<0,0002	0,0002	-	-	-	<0,0002	<0,0002	-	-	-

¹ Dépassement de la recommandation pour la vie aquatique (toxicité chronique)² Dépassement de la recommandation pour la baignade

Tableau 5 Qualité de l'eau des tributaires du lac Beauport, août 1999, et comparaison avec les résultats de 1992

Paramètres	Tributaires du lac Beauport					
	# 4		# 2		# 3	
	Août 1999	Comparaison avec 1992	Août 1999	Comparaison avec 1992	Août 1999	Comparaison avec 1992
Descripteurs physiques						
Couleur vraie (U.C.V.)	10	↘	25	15	13	↗
Couleur apparente (U.C.A.)	16	-	-	-	16	-
Oxygène dissous (mg/L)	9,0	↔	9,8	10,3	8,2	↘
pH	7,6	↔	7,73	6,84	7,4	↗
Température (°C)	17		15	12,5	18	
Variabiles de minéralisation						
Alcalinité (mg/L)	96	↘	66	6	36	↘
Bicarbonates (mg/L)	95,62	-	-	-	35,90	-
Calcium (mg/L)	35,6	↗	29,8	6,16	7,21	↗
Carbonates (mg/L)	0,36	-	-	-	0,09	-
Chlorures (mg/L)	38,0	↘	104	19,7	2,79	↘
Conductivité (µS/cm)	330	↘	515	91	49,1	↗
Dureté (mg/L)	94	-	-	-	18	-
Fluorures (mg/L)	0,27	-	0,14	-	0,38	-
Magnésium (mg/L)	2,20	↔	2,69	0,45	0,69	↗
Sodium (mg/L)	29,7	↘	73,1	11,8	2,03	↔
Sulfates (mg/L)	10,5	↘	178	3	4,14	↔
Substances nutritives						
Azote ammoniacal (mg/L)	<0,1	-	-	-	<0,1	-
Azote total Kjeldahl (mg/L)	0,49	↘	1,23	0,38	0,21	↔
Nitrites et nitrates (mg/L)	0,74	-	-	-	0,18	-
Phosphore inorganique (mg/L)	<0,010	-	-	-	<0,010	-
Phosphore total (mg/L)	0,011	↘	0,024	<0,005	0,019	↗
Descripteurs biologiques						
Chlorophylle a (µg/m ³)	0,23	↘	0,13	0,11	0,89	↘
Coliformes fécaux (UFC/100 ml)	58	↗	28	2	30	↗
Coliformes totaux (UFC/100 ml)	460	↘	6700	170	140	↔
Métaux et toxiques						
Aluminium (mg/L)	0,15 ¹	↘	0,56	0,34	0,17 ¹	↘
Fer (mg/L)	0,10	-	-	-	0,31 ¹	-
Manganèse (mg/L)	<0,02	-	-	-	<0,02	-
Mercuré (mg/L)	<0,0002	-	-	-	<0,0002	-

¹ Dépassement de la recommandation pour la vie aquatique (toxicité chronique)

Le lac Beauport a une transparence élevée variant de 4,5 à 6,0 mètres entre le printemps et l'été. À cette grande transparence sont associées de faibles valeurs de turbidité (valeurs variant de 0,32 à 0,67 U.T.N. en 1992). La charge en suspension présente dans le lac, qu'elle soit d'origine organique ou inorganique, est donc faible. Ces valeurs indiquent que la productivité de l'eau n'est pas très importante. *En fonction de ces paramètres, l'eau du lac Beauport semble donc de bonne qualité.*

Couleur

La couleur vraie de l'eau (après élimination de la charge en suspension, d'où une valeur de couleur apparente plus élevée) est représentative de la décomposition de la matière végétale et de la présence de métaux.

La couleur vraie de l'eau du lac Beauport est très faible avec des valeurs variant de 3 à 9 UCV (tableau 4). L'eau des tributaires du lac est également peu colorée (tableau 5). Comme il n'y a pas de zone de tourbières à proximité, on peut s'attendre à ces faibles valeurs. Tout comme pour les paramètres précédents, *la couleur indique que l'eau du lac est de bonne qualité.*

Température

La température est une variable très importante pour les organismes aquatiques car elle contribue à la détermination de leur habitat préférentiel en plus de conditionner diverses activités biologiques saisonnières. La température exerce une influence sur la saturation et le taux de diffusion des gaz dans l'eau, sur la tension superficielle, sur la productivité primaire, sur les processus physiologiques des organismes, etc. (Wetzel, 1983).

Les lacs de la région se caractérisent par deux périodes de brassage complet des eaux (au printemps et à l'automne) et deux périodes de stratification thermique (l'été et l'hiver). Au printemps (figure 3a), c'est la période d'homothermie car, grâce à la circulation des eaux suite à la fonte des glaces, la température est égale de la surface jusqu'au fond du lac à 10°C (11 mai 2000). Au cours de la période estivale, le réchauffement des eaux superficielles favorise la formation d'un gradient thermique entre les eaux de surface et les eaux profondes, l'action du vent n'étant pas suffisante pour maintenir la circulation complète des eaux du lac. On observe alors la formation d'une couche d'eau où la température s'abaisse de un degré Celsius ou plus par mètre de profondeur : la thermocline.

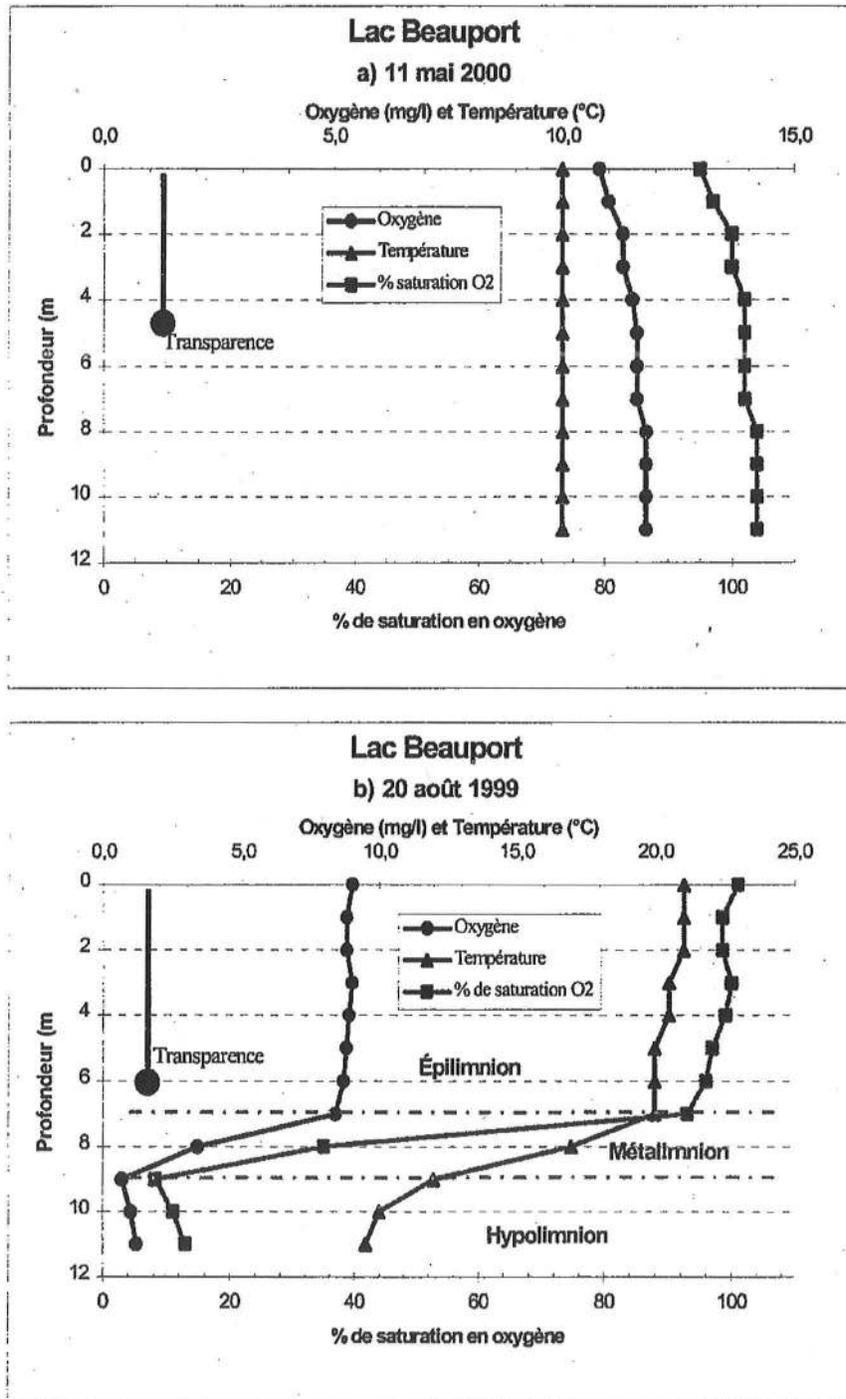


Figure 3 Profil de température et de l'oxygène dissous du lac Beauport

La thermocline se trouvait entre 7 et 9 mètres dans le lac Beauport au moment de l'échantillonnage du 20 août 1999 (figure 3b). À ce moment, la température en surface était de 21°C et de seulement 10,5°C au fond du lac.

L'eau froide étant plus dense, elle reste au fond. Comme il y a très peu ou pas de circulation entre les eaux profondes (hypolimnion) et les eaux superficielles (épilimnion) durant la période de stratification thermique, on peut alors observer des différences notables au niveau de la concentration de plusieurs paramètres physico-chimiques de l'eau. Notons toutefois que, étant donné les faibles superficies de plus de 9 mètres de profondeur dans le lac Beauport (tableau 1), le volume d'eau « trappé » dans l'hypolimnion représente seulement 1 % de la masse d'eau du lac. En conséquence, **les données recueillies dans l'hypolimnion sont peu représentatives de l'état de santé et des écosystèmes aquatiques du plan d'eau étant donné sa faible proportion relative.**

Oxygène dissous

L'oxygène est le paramètre physico-chimique le plus important d'un lac. Comme l'oxygène dissous est essentiel pour le métabolisme des organismes aérobies, la dynamique de sa distribution dans le lac influencera la répartition, le comportement ainsi que la croissance des organismes aquatiques (Wetzel, 1983). De plus, la concentration d'oxygène influence également la solubilité de plusieurs paramètres inorganiques retrouvés dans l'eau.

Les apports en oxygène dans le lac proviennent des échanges avec l'air et de la photosynthèse des plantes aquatiques. L'oxygène est ensuite utilisé par le métabolisme des organismes aquatiques et pour la décomposition de la matière organique. La quantité d'oxygène dans les zones profondes d'un lac diminue progressivement pendant la stratification estivale. Plus les eaux sont riches en matière organique, plus la différence entre la concentration d'oxygène de la couche superficielle (où l'oxygène est produit par les plantes) et celle de la couche profonde (où l'oxygène est utilisé dans les processus de décomposition) est importante.

La figure 3b présente la stratification de l'oxygène du lac Beauport durant la période estivale. On remarque que la concentration d'oxygène dans la couche superficielle est très bonne mais qu'elle diminue rapidement lorsqu'on atteint la thermocline pour se maintenir à moins de 20 % de saturation dans l'hypolimnion. Toutefois, étant donné que la couche d'eau profonde ne représente qu'un très faible proportion du volume du lac (1 %), on ne peut pas vraiment utiliser l'oxygène dissous au fond pour classifier l'état de santé du plan d'eau.

4.2.2 Variables de minéralisation

Alcalinité et pH

Le pouvoir tampon, qui se définit comme étant la capacité qu'a une eau à neutraliser les apports acides ou basique, est fonction de l'alcalinité. Celle-ci est constituée principalement par les bicarbonates, les carbonates et les hydroxydes (Wetzel, 1983). Une eau est considérée très sensible à l'acidification lorsque l'alcalinité est inférieure à 10 mg/L. D'autre part, le pH est relié à tous les phénomènes qui impliquent les ions hydrogènes : les réactions acide-base ainsi que les phénomènes d'oxydoréduction, d'absorption et de désorption. La plupart des eaux naturelles ont un pH compris entre 4,5 et 8,3 et leur alcalinité est alors attribuable essentiellement aux bicarbonates (HCO_3^-). En général, l'alcalinité et le pH d'une eau naturelle sont déterminés par la nature du socle géologique, la nature des matériaux meubles du bassin versant ainsi que par l'activité biologique.

L'alcalinité totale mesurée dans le lac Beauport se situe entre 20 et 40 mg/L (tableau 4). *Les eaux du lac possèdent donc un pouvoir tampon relativement bon, ce qui réduit les risques d'acidification rapide.* Le pH de l'eau est d'ailleurs à peu près neutre, variant de 6,7 à 7,4 entre le fond du lac et la surface en août 1999.

Le pH de l'eau des tributaires, tel que mesuré le 20 août 1999, est également neutre voir légèrement basique (tableau 5). L'alcalinité est généralement suffisante pour prévenir une acidification des eaux, à l'exception du tributaire 2, où l'alcalinité totale est de 12 mg/L seulement.

Conductivité et solides totaux dissous

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant électrique. Elle reflète le degré de minéralisation de l'eau et est fortement influencée par la géologie du socle rocheux et la nature des dépôts de surface.

Les valeurs de conductivité de l'eau du lac Beauport sont élevées, variant de 153 μS en mai à 360 μS en août (tableau 4). Ces valeurs démontrent une forte minéralisation des eaux du lac. La baisse de la conductivité entre août 1999 et mai 2000 laisse penser que les apports importants en minéraux ne se produisent pas (ou plus, si on compare aux résultats de 1992) en hiver mais plutôt au cours de la période estivale. De plus, le faible taux de renouvellement des eaux du lac en été

ainsi que la forte décomposition organique dans les couches profondes pourraient expliquer la hausse de la minéralisation des eaux en profondeur lors de la stratification thermique.

La conductivité des eaux des tributaires est également relativement élevée, principalement dans le cas du tributaire 4, soit celui drainant le secteur du terrain de golf (tableau 5). Les valeurs de conductivité sont toutefois en baisse si on compare aux résultats obtenus en 1992.

Calcium

Les sels de calcium se rencontrent dans presque toutes les eaux naturelles. La teneur en calcium est liée directement à la nature géologique des terrains traversés par les cours d'eau.

La concentration en calcium mesurée dans le lac Beauport est élevée avec des valeurs supérieures à 10 mg/L. En été, on mesure une concentration de 19,4 mg/L dans l'hypolimnion du lac (tableau 4). La concentration de calcium dans l'eau en été semble en hausse si on compare aux résultats de 1992. Par contre, on observe une légère baisse par rapport à 1992 pour l'échantillonnage du printemps.

La concentration en calcium dans l'eau des tributaires est moyenne à élevée dans les tributaires 2 et 3 mais très élevée dans le tributaire 1 avec une valeur de 35,6 mg/L (tableau 5).

Magnésium

Le magnésium est un élément relativement peu toxique. La teneur en magnésium dépend, comme celle du calcium, de la composition des roches sédimentaires rencontrées. Il contribue à la dureté de l'eau sans en être l'élément essentiel.

La concentration en magnésium de l'eau du lac Beauport est moyenne avec des valeurs variant entre 1,39 et 2,35 mg/L. Les valeurs mesurées dans l'eau des tributaires en août 1999 sont semblables. *Ces valeurs sont considérées comme normales puisque le rapport Mg sur Ca est inférieur à 0,36* (Legendre et coll., 1980).

Sodium

Le sodium est généralement peu présent dans les eaux douces, ayant été depuis longtemps transféré en milieu marin. Cependant, la présence de sodium est très liée aux activités humaines, plus particulièrement comme élément de déglacage des routes. On estime que 25 à 50 % des sels utilisés sur une route arrivent à s'infiltrer dans l'eau.

La concentration de sodium mesurée dans le lac Beauport est très élevée avec des valeurs comprises entre 22 mg/L en surface en mai 2000 et 67,9 mg/L dans la couche profonde en août 1999 (tableau 4). De plus, si on établit le rapport sodium sur calcium (Na^+/Ca^+), on obtient une valeur moyenne de 2,13 en mai et de 2,76 en août. *Le taux de sodium est donc anormal* puisque le rapport Na^+/Ca^+ dépasse la concentration acceptable de 0,55 défini par Legendre et coll. (1980). **Il y aurait donc toujours des apports anthropiques importants vers les eaux du lac.** Les concentrations de sodium mesurées sont semblables à celles observées en 1992.

Pour les tributaires, les concentrations en sodium sont moins importantes qu'en 1992, bien que toujours élevées (tableau 5). Le tributaire 4 (à proximité du golf) a une teneur en sodium de 29,7 mg/L tandis que le tributaire no 3 (secteur hôtelier) a une teneur de 2,03 mg/L de Na.

Chlorures

On peut attribuer la présence de chlorures dans les eaux naturelles à la dissolution des dépôts salins, à l'épandage de sel sur les routes, à l'évacuation des eaux usées, au drainage des engrais épandus et au lessivage des déchets (Bissonnette et Leblanc, 1983).

Les concentrations de chlorures mesurées dans le lac Beauport en août 1999 et mai 2000 sont élevées avec des valeurs variant entre 37,4 et 120 mg/L (tableau 4). *Le rapport Cl / Na de 1,65 en moyenne (le rapport des masses étant de 1,54) indique encore une fois une infiltration de chlorures de sodium vers le lac Beauport.* Depuis 1992, on remarque toutefois une baisse de la quantité de chlorures, principalement pour les échantillons recueillis en mai. Par contre, bien que le volume d'eau en cause soit peu important, on observe toujours une accumulation importante de chlorures au fond du lac durant la période estivale.

Sulfates

Les sulfates sont aussi un facteur contribuant au degré de minéralisation d'un lac. Dans le milieu aquatique, les sulfates peuvent provenir de plusieurs sources :

- des précipitations atmosphériques, sous forme d'acide sulfurique provenant des activités humaines (industries, automobiles, utilisation de combustibles fossiles) ;
- de l'action de l'eau de pluie contenant de l'oxygène dissous sur les sulfures en oxydant ceux-ci en sulfates ;
- des eaux usées domestiques et de certaines eaux usées industrielles.

Les eaux du lac Beauport et de ses tributaires contiennent peu de sulfates avec des valeurs situées entre 4,14 et 10,5 mg/L (tableau 4 et tableau 5). On peut donc supposer que le lac Beauport est peu affecté par des apports acides, entre autres par les pluies acides. Le rapport moyen sulfates sur bicarbonates de 0,55, un indice de l'importance relative de l'influence des pluies acides, indique d'ailleurs que les eaux du lac sont peu sensibles à l'acidification selon Legendre et coll. (1980), ce qui peut être considéré comme un signe de la bonne qualité des eaux du plan d'eau.

4.2.3 Éléments nutritifs

Généralement, on constate que la cause de l'eutrophisation des plans d'eau réside dans l'augmentation exagérée des apports en substances nutritives vers le milieu. Ces fertilisants supplémentaires peuvent provenir de sources diverses reliées aux activités humaines dans le bassin versant : augmentation démographique, pratiques agricoles, opérations forestières, etc. Parmi les substances les plus actives, c'est à l'azote et au phosphore que l'on confère une place prépondérante en raison d'abord de leur caractère essentiel dans la production biologique mais surtout, et paradoxalement, à cause de leur rareté relative qui en fait des facteurs limitatifs dans un environnement naturel. Ainsi, toute augmentation ou diminution de ces facteurs limitatifs conduit à un résultat correspondant en terme de production primaire dans le plan d'eau.

Il est donc important d'étudier ces deux substances dans la compréhension du phénomène d'eutrophisation du lac Beauport.

Azote

L'azote a été analysé sous trois formes : l'azote ammoniacal, les nitrites et nitrates et l'azote total Kjeldahl.

L'azote ammoniacal est le produit normal de la biodégradation de l'azote organique. La teneur en azote ammoniacal est généralement faible dans les eaux naturelles puisque l'ammoniac est oxydé graduellement en nitrites et nitrates. On retrouve parfois l'azote ammoniacal en quantité importante quand le milieu est fortement réducteur, ce qui arrive fréquemment au niveau des sédiments. Les nitrites et les nitrates et l'azote ammoniacal sont les formes d'azote directement assimilables par les organismes producteurs.

L'azote total Kjeldahl intègre les diverses formes d'azote organique et l'azote ammoniacal présentes dans l'eau. On obtient donc la valeur de l'azote organique par la différence entre l'azote total Kjeldahl et l'azote ammoniacal.

Dans le lac Beauport, la quantité d'azote total dans l'eau est de 0,37 mg/L en août 1999 (tableau 4). Durant la période estivale, l'azote en surface se retrouve principalement sous forme organique (fixé dans les organismes). Par contre, on observe une forte quantité d'azote ammoniacal au fond du lac, signe que les processus de décomposition sont importants et de la faible quantité d'oxygène.

Phosphore

Le phosphore constitue généralement l'élément limitatif le plus important de la productivité primaire des milieux aquatiques. Le phosphore inorganique représente généralement moins de 10 % de la quantité de phosphore dans l'eau, la plus grande partie du phosphore étant liée aux organismes ou aux fines particules solides des sédiments. En été, le phosphore est normalement tout utilisé et lié au développement des algues.

Dans le lac Beauport, la teneur en phosphore total en surface était de 0,019 mg/L en août 1999 mais de 0,063 mg/L au fond du lac, indiquant une accumulation de matière organique dans les couches profondes du lac (tableau 4). Au printemps par contre, les concentrations en phosphore inorganique et total sont très faibles. Les valeurs mesurées indiquent toutefois une tendance à la hausse par rapport aux résultats de 1992. On peut donc présumer qu'il y aurait eu augmentation des apports en phosphore dans le lac depuis quelques années. Pour éviter un vieillissement accéléré du plan d'eau, **il faudrait donc limiter les nouvelles sources de phosphore dans le bassin liées à l'agriculture, les eaux usées résidentielles et industrielles et les engrais chimiques.**

4.2.4 Charge organique

Chlorophylle et seston

Les concentrations en chlorophylle *a* sont un indice des biomasses phytoplanctoniques présent dans l'eau du lac et peuvent donc être considérées comme un indicateur de la productivité primaire. Le seston représente l'ensemble de ce qui flotte entre deux eaux, vivant ou mort, inorganique ou organique. Les valeurs mesurées pour ces deux paramètres à partir d'un seul

échantillonnage doivent être analysées avec beaucoup de prudence puisque la quantité d'algues microscopiques dans l'eau est très variable dans le temps.

Le poids sec du seston évalué en août 1999 dans le lac Beauport est faible avec 27,9 mg par m³ d'eau filtrée. Ceci est probablement dû, en grande partie, à des apports externes puisque le taux de chlorophylle *a* à ce moment est très faible avec 0,002 mg/m³ d'eau. Ceci signifie donc que la masse algale n'est pas la composante principale du seston. *Ces valeurs indiquent donc que le lac Beauport est oligotrophe*, ce qui est intéressant pour la pratique des sports nautiques et la baignade.

Coliformes

Les bactéries coliformes sont un groupe de micro-organismes qui nous renseignent sur la probabilité de retrouver des organismes pathogènes dans l'eau. Les coliformes fécaux proviennent des excréments des animaux à sang chaud et sont, par le fait même, d'excellents indicateurs de la contamination bactériologique récente par les égouts domestiques. Les coliformes totaux regroupent l'ensemble des coliformes présents dans l'eau, qu'ils soient d'origine fécale ou végétale.

Le lac Beauport est très peu contaminé par les bactéries coliformes. En août 1999, la concentration mesurée de coliformes d'origine fécale était de seulement 2 UFC/100 ml et celle de coliformes totaux de 10 UFC/100 ml (tableau 4). Bien que les résultats d'un seul échantillon ne soit pas très représentatif, la classification et le suivi des installations septiques effectués par la municipalité semblent très efficace pour prévenir la contamination bactérienne des eaux du lac.

Dans le cas des tributaires, la contamination par les coliformes fécaux est également faible, bien qu'elle semble en hausse depuis 1992 (tableau 5). Elles ne représentent toutefois pas de danger pour la pratique d'activités récréatives.

4.2.5 Métaux

La coloration de l'eau par le fer peut diminuer la transparence et, étant donné l'importance de ce paramètre sur la productivité, le fer en devient un facteur indirect. Le comportement du manganèse est similaire à celui du fer. *Les concentrations en fer et en manganèse dans les eaux superficielles du lac Beauport sont normales.* On remarque toutefois une accumulation de manganèse dans les couches profondes du lac pendant l'été (tableau 4).

Les formes d'aluminium dans l'eau sont essentiellement régies par le pH et par la nature des ligands organiques et inorganiques. L'aluminium peut être toxique pour les premiers stades des poissons et des amphibiens. Les concentrations mesurées en aluminium dans l'eau du lac Beauport varient de 0,060 à 0,110 mg/L.

Dans l'eau des tributaires, les concentrations en fer et en aluminium sont assez élevées (tableau 5).

4.3 Interprétation

Les résultats obtenus pour les différentes variables de la qualité de l'eau sont des indicateurs de l'état du milieu aquatique. On peut les interpréter sous différents angles, en fonction des usages ou des objectifs de protection du plan d'eau.

4.3.1 Qualité de l'eau en fonction de différents usages

Activités récréatives

L'eau de surface du lac Beauport est d'excellente qualité pour la pratique d'activités récréatives de contact primaire (baignade, kayak, planche à voile). Aucun des paramètres analysés ne dépasse les recommandations pour ces usages.

Vie aquatique

En mai, l'eau de surface du lac Beauport a une concentration jugée excessive en aluminium pour éviter la possibilité de toxicité chronique dans l'écosystème aquatique. Cet excès d'aluminium se déplace vers les couches profondes du lac lors de la période de stratification thermique estivale. D'autre part, en été, les faibles concentrations en oxygène dissous au fond limitent l'occupation de l'hypolimnion par les organismes aquatiques, dont l'Omble de fontaine. Rappelons toutefois que l'hypolimnion ne représente seulement que 1 % du volume d'eau du lac Beauport et n'est donc pas caractéristique de la qualité de l'écosystème aquatique.

Les concentrations en aluminium et en fer observées dans l'eau des tributaires dépassent les recommandations établies pour éviter des effets chroniques dans l'écosystème aquatique. Ces concentrations pourraient provoquer une hausse de la mortalité des premiers stades de vie des

salmonidés, des meuniers et des amphibiens. On devrait donc essayer de déterminer la source de ces métaux et, si elle est d'origine anthropique, faire en sorte de la contrôler.

4.3.2 Âge trophique du lac Beauport

La cote trophique, évaluée entre 0 et 10, est une estimation de l'âge biologique d'un plan d'eau donné, à un moment précis de son évolution. L'établissement de cette cote repose sur la détermination de quatre paramètres limnologiques soit : la teneur en oxygène dissous en profondeur, la transparence de l'eau, la profondeur moyenne du lac et la concentration de seston dans les eaux de surface (Mathieu et coll., 1979). La cote trophique de 3,3 indique pour le lac Beauport est dans la catégorie oligotrophe avancé (figure 4). Cette cote est comparable à celle calculée en 1992 (Dryade, 1992). **La productivité du lac est donc, d'après cette évaluation, relativement faible ce qui, étant donné les usages actuels du plan d'eau, est un résultat positif.**

Le diagramme de vieillissement (voir figure 4) est une méthode graphique qui permet également de visualiser rapidement l'état trophique du plan d'eau à partir de sept paramètres. Comme mentionné précédemment, le pourcentage de saturation en oxygène dissous en profondeur est très faible, signe élevé d'eutrophisation. Rappelons cependant que l'hypolimnion est peu important en proportion du volume du lac. Par contre, la faible profondeur moyenne du lac aussi représente un risque d'eutrophisation. Toutefois, les concentrations en phosphore ainsi que les indicateurs de la productivité biologique (chlorophylle et seston) sont faibles. Ces résultats concordent avec une transparence élevée. Si on exclut l'oxygène dissous, **le niveau de vieillissement du lac Beauport semble donc relativement faible**, tout comme l'avait démontré l'évaluation de la cote trophique.

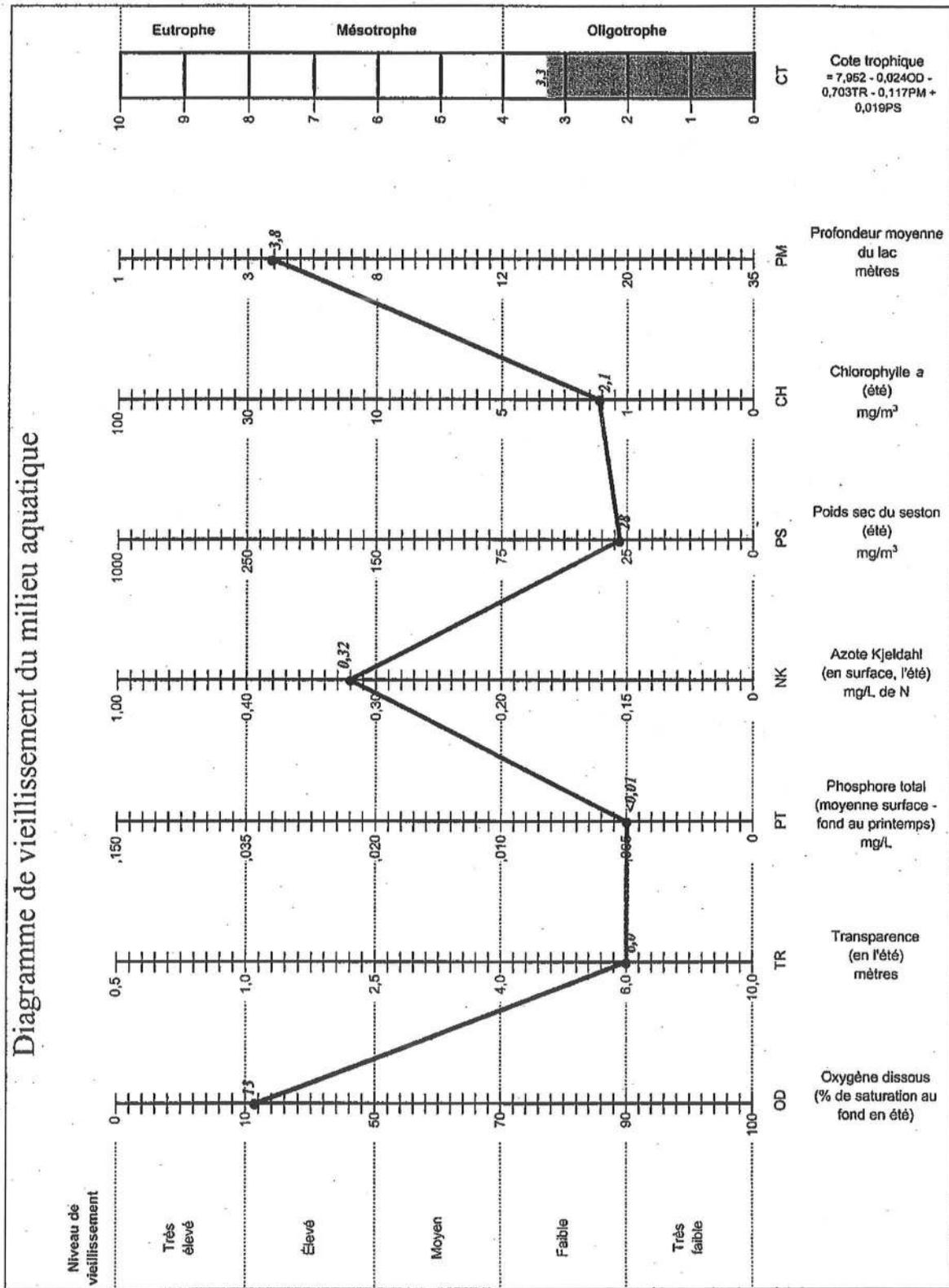


Figure 4 Diagramme de vieillissement du lac Beauport, 1999-2000

4.3.3 Les apports en phosphore

Avec la méthode de Alain et LeRouzès (1979), les apports en phosphore parvenant au lac Beauport sont calculés indirectement à l'aide de coefficients d'exportation. Ces coefficients représentent une certaine charge de phosphore (kg/km²) pour chaque utilisation du sol (voir tableau 6). Ces charges sont très difficiles à mesurer sur le terrain et sont donc des estimations plutôt théoriques. Bien que les valeurs ainsi calculées soient imprécises, ce modèle permet d'orienter les actions dans le bon sens.

Les charges en phosphore peuvent être divisées en deux grandes catégories : les charges externes qui proviennent de l'ensemble du bassin (milieu naturel et municipal, précipitations) et les charges internes qui réfèrent au phosphore libéré par les sédiments du lac. Le modèle de Alain et LeRouzès estime les charges en provenance du bassin versant soit les charges externes. Les charges internes sont très difficiles à évaluer et ne sont pas comptabilisées dans le cas présent.

La charge externe en phosphore du lac Beauport est évaluée à 296 kg par année à partir des données de la municipalité de Lac-Beauport. Le tableau 6 donne le bilan des apports en phosphore selon le type d'utilisation du sol. On dénote une augmentation de 22 % des apports comparativement à l'évaluation de 1992¹. Cette variation est due à une augmentation du nombre de résidences dans le bassin versant.

Les charges en phosphore évaluées proviennent à 63 % des résidences (population), 20 % sont des apports naturels (forêts, friches, marais, précipitations) et 18 % proviennent de la zone urbaine.

¹ Comme les superficies des unités de drainage diffèrent entre les études, les valeurs de 1992 ont été réajustées en fonction des superficies de 1999 pour fins de comparaison.

Tableau 6 Utilisation du territoire et évaluation des apports en phosphore au lac Beauport

Lac Beauport					Modèle 2	
					1999	1992
DONNÉES DE BASE						
Superficie du lac (A ₀) (km ²) :		0,87				(corrigé pour une superficie équivalente)
Superficie du bassin versant (km ²) :		6,20				
Facteur d'environnement (fu) :		7,12				
Nombre de résidence (Nr) :	Avec égout	0			0	
	Sans égout	124			89	
Nombre de chalet (Nc) :	Avec égout	0			0	
	Sans égout	0			0	
Nombre de personnes moyen par résidence:		2,5			2,5	
Nombre de personnes-jours pour la population saisonnière et flottante	Avec égout (NBJA)	0			0	
	Sans égout (NBJS)	0			0	
Superficie gazonnée (km ²) :		0,21				
					Coefficient d'exportation	Apport
UTILISATION DU SOL	%	km²	kg P / km² - an	kg P / an	Apport kg P / an	
Affectation agricole (P)	0,0%	0,00	50,00	-	-	
Zones improductives (friche, villégiature, gravière) (Ip)	19,0%	1,18	25,00	29,43	29,43	
Forêt avec substrat igné (Ti)	72,1%	4,47	5,00	22,36	22,36	
Forêt avec substrat sédimentaire (Ts)	0,0%	0,00	12,00	-	-	
Affectation urbaine (B)	8,2%	0,51	100,00	51,05	51,05	
Marais et marécage (M)	0,0%	0,00	25,00	-	-	
Surface d'eau (Z)	0,6%	0,04	8,00	0,31	0,31	
Coefficient d'exportation moyen (Es)			16,64			
TOTAL (Js)	100,0%	6,20		103,14	103,14	
					Formule d'exportation	Apport
POPULATION	Nombre			kg P / an	Nombre	Apport kg P / an
Population saisonnière (PSA) et flottante avec égout:	PSA = 0		(NBJA X 2,2)/1000	-	0	-
Population saisonnière (PSS) et flottante sans égout:	PSS = 0		(NBJS X 2,2 X 0,75)/100	-	0	-
Population permanente (PPA) avec égout:	PPA = 0		PPA X 0,8	-	0	-
Population permanente (PPS) sans égout:	PPS = 310		PPS X 0,8 X 0,75	186,00	223	133,50
TOTAL (Jc)	310			186,00	223	133,50
Engrais chimique sur les surfaces gazonnées (Je)						
Superficie gazonnée x taux de fertilisation ¹ x quantité de P ³ x coefficient de transfert ²					0,26	0,26
Précipitations sur le lac (Pr)						
(A ₀ X 8)					6,96	6,96
En provenance du ou des lacs en amont						
$\sum_{i=1}^n (1 - Ri) * Lpi$					0,00	0,00
TOTAL DES APPORTS AU LAC					296,37	243,87

1 Le taux de fertilisation annuelle est évalué à 50% de la superficie gazonnée totale

2 La quantité de phosphore utilisée pour fertiliser les surfaces gazonnées est évaluée à 50 kg P / km² - an

3 Le coefficient de transfert du phosphore utilisé comme fertilisant vers le lac (phosphore exporté) est de 0,05

Le calcul de l'apport en phosphore de chacune des unités de drainage est présenté à l'annexe 1. La répartition des apports par unité de drainage indique que le secteur de la rive ouest (Ed7) contribue le plus à la charge en phosphore reçu par le lac Beauport (tableau 7). Ce sous-bassin est également celui ayant la plus forte concentration de résidences utilisant des fosses septiques.

Tableau 7 Répartition des apports en phosphore au lac Beauport par unité de drainage

Unité de drainage	Apport en kg P / an		
	1999	1992	Variation
Ed1	27,20	21,20	28%
Sb2	22,73	22,74	0%
Ed3	27,66	27,66	0%
Sb4	26,67	26,67	0%
Sb5	67,23	41,73	61%
Sb6	30,77	26,26	17%
Ed7	87,15	70,64	23%
Précipitations sur le lac	6,96	6,96	0%
TOTAL	296,37	243,86	22%

1 Valeurs recalculées en fonction des superficies des sous-bassins utilisées pour cette étude.

La figure 5 illustre la position trophique du lac Beauport en fonction de sa concentration de phosphore. On remarque que, selon l'évaluation des apports en phosphore, le lac Beauport a presque atteint la limite jugée dangereuse pour l'eutrophisation. Toutefois, on remarque une différence importante (un facteur de près de 4 fois !) entre la position théorique évaluée à partir du modèle et la concentration en phosphore mesurée dans l'eau du lac Beauport en mai 2000. On peut donc supposer que le modèle surestime les apports en provenance de la population.

La capacité de support du lac Beauport est estimée à 1,5 fois les apports naturels (phosphore provenant des forêts, friches, marais, précipitations), comme recommandé par Dillon et coll. (1986), soit 88,6 kg de phosphore. L'atteinte de cet objectif implique donc une réduction de 70 % des apports de phosphore au lac Beauport évalués selon le modèle de Alain et LeRouzès.

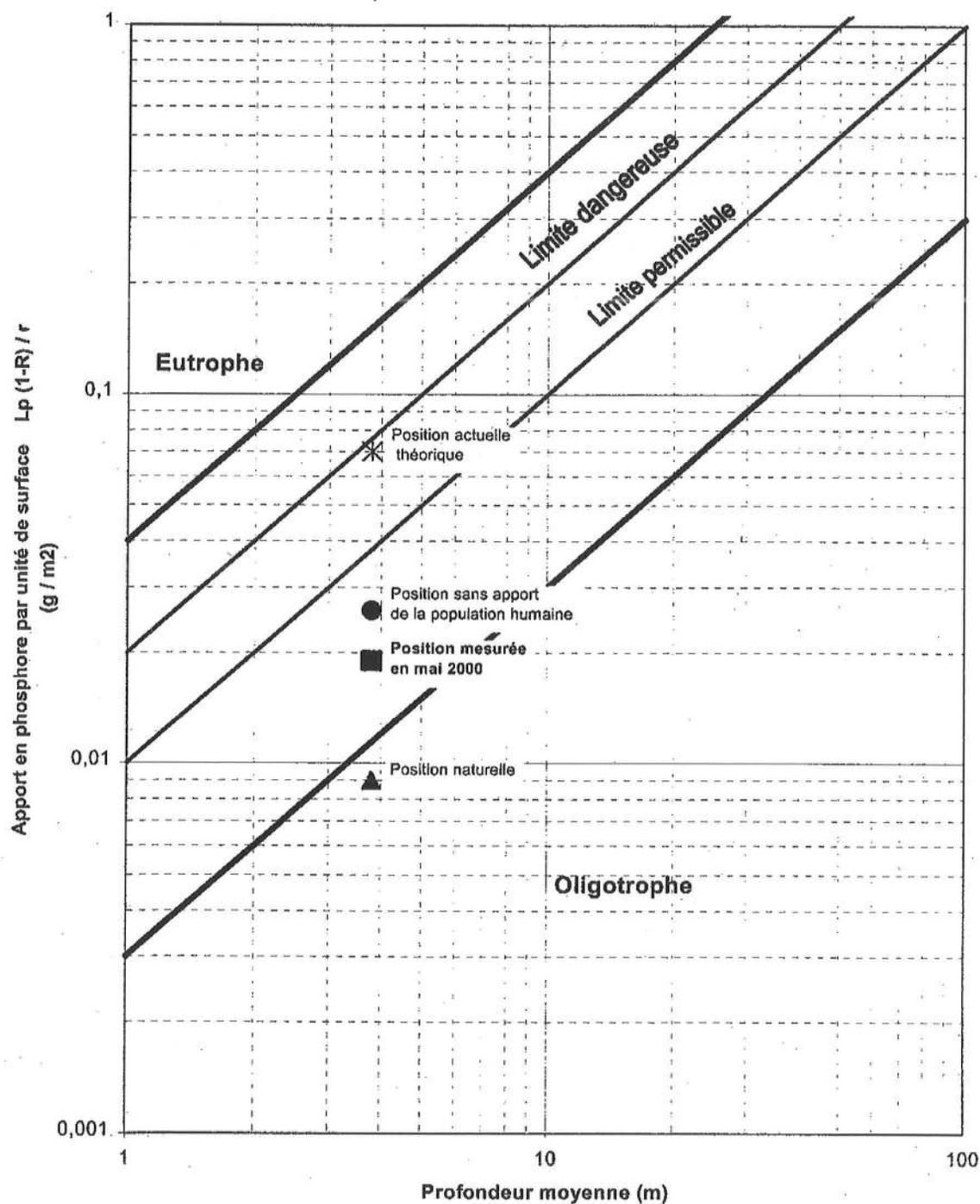


Figure 5 État trophique du lac Beauport en 2000 par rapport à sa concentration prédite en phosphore au brassage printanier

5. CARACTÉRISATION BIOPHYSIQUE DU LITTORAL

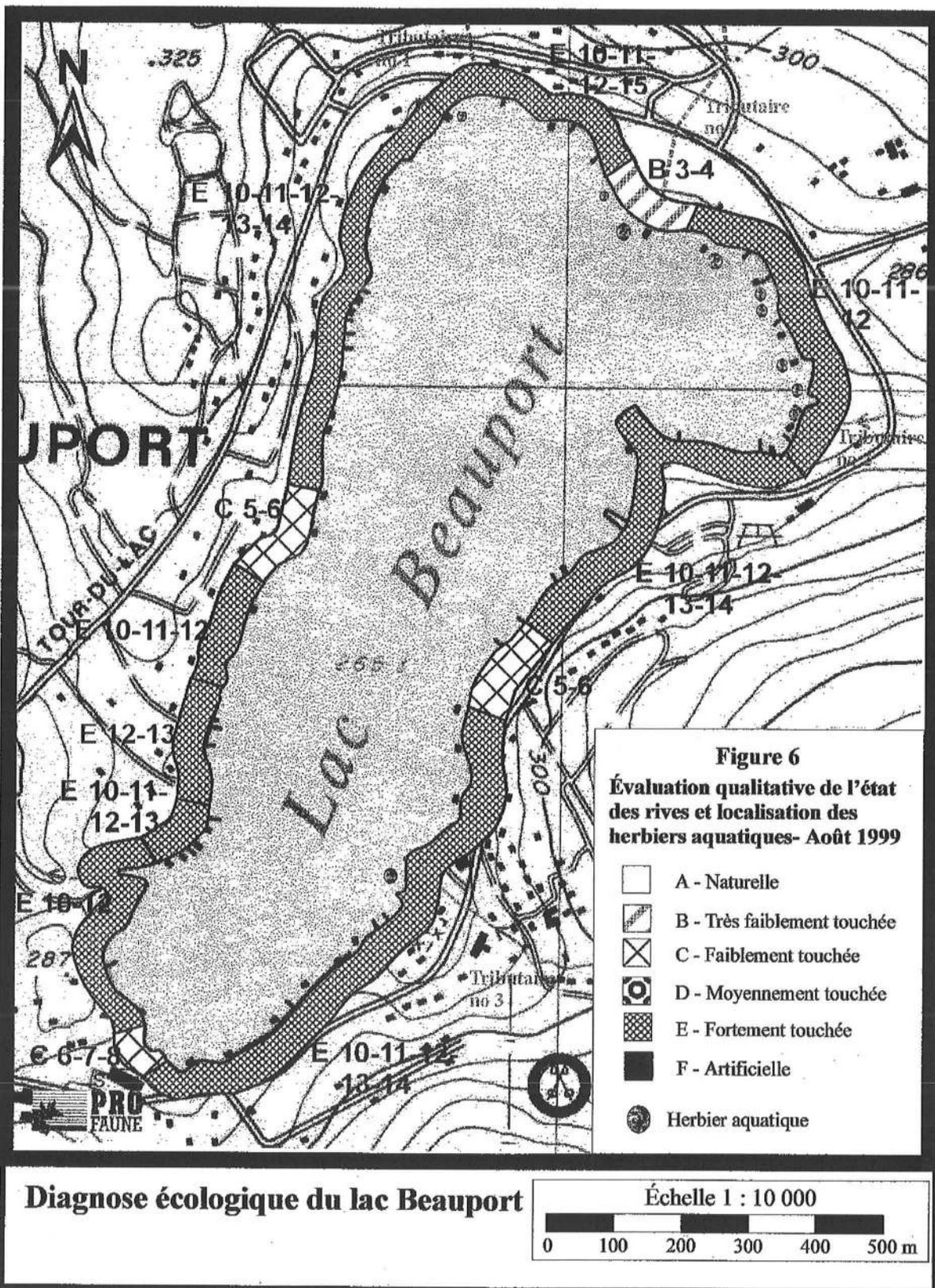
5.1 *Caractérisation des habitats et des herbiers aquatiques*

Très peu de changements au niveau du littoral du lac Beauport sont survenus depuis l'étude menée en 1992. Les relevés effectués en embarcation au début septembre 1999 démontrent également que le substrat de la beine est composé principalement de matière organique (limon) et de sable. En quelques endroits, dans le secteur nord du lac, des galets et des blocs jonchent la beine ce qui augmente le potentiel en terme d'abris pour les poissons de même que de frai pour l'Achigan à petite bouche. Il faut toutefois noter que les nombreux quais et hangars présents tout autour du lac représentent également de très bon abris pour les poissons.

La grève du lac est dans l'ensemble composée de sable, lorsqu'elle n'a pas été artificialisée par des murs de soutènement. En fait, on retrouve sur près de 50 % du périmètre du lac de tels aménagements.

Il est normal et même souhaitable de retrouver des plantes aquatiques dans un plan d'eau. Ces plantes, tout comme les plantes terrestres, utilisent des nutriments organiques et chimiques (principalement l'azote et le phosphore) pour croître. Par le procédé de photosynthèse, elles captent le gaz carbonique dans l'eau et libèrent de l'oxygène. D'autre part, les herbiers aquatiques sont un bon support pour les invertébrés aquatiques et sont également utilisés par certaines espèces de poissons comme zone de reproduction et d'alimentation. Par contre, si elles sont en très grande abondance, les plantes aquatiques peuvent représenter une contrainte à la pratique d'activité récréative comme la baignade et la navigation motorisée.

Les différents segments et îlots de végétaux émergés, submergés ou flottants présents sur le littoral du lac Beauport ont été localisés et délimités au début de septembre 1999. Les herbiers aquatiques denses couvrent une très faible superficie du lac. On les rencontre principalement à l'extrémité nord du lac dans la baie où se jette le tributaire 2. La figure 6 présente la localisation de ces herbiers.



Les espèces les plus abondantes observées en 1999 sont le Potamot émergé, l'Ériocaulon septangulaire et la Lobélie de dortmann. Les autres espèces présentes sont le grand nénuphar jaune, le potamot flottant, le rubanier à feuille étroite et l'isoètes à spores épineux. Tout comme en 1992, le myriophylle¹ n'a pas été observée en 1999 dans le lac Beauport.

Comme la végétation aquatique représente un bon support pour les invertébrés aquatiques de même que des zones d'abris pour les poissons, la portion nord du lac Beauport offre donc, à partir des conditions naturelles, un meilleur potentiel faunique que la section sud. Rappelons toutefois que les structures submergées (piliers de quais et de hangars) sont également de bons supports pour les invertébrés et servent également d'abris pour les poissons.

5.2 Caractérisation biophysiques des tributaires

Les habitats des deux principaux tributaires (Tb2 et Tb3) ont été caractérisés entre leur embouchure et le Chemin du Tour-du-lac, où des ponceaux limitent la circulation du poisson lorsque le débit est faible.

Les rives du tributaire 2 sont dans un état naturel et on y retrouve des aulnes rugueux en forte densité. Toutefois, à proximité de l'embouchure, un hangar à bateau a été construit directement au-dessus du ruisseau. Celui-ci est aujourd'hui passablement détérioré et pourrait éventuellement être démolit avant qu'il ne s'affaisse dans le cours d'eau. La vitesse du courant est très faible et le lit est passablement ensablé. Beaucoup de débris végétaux sont également présent dans le lit du tributaire 2, ce qui pourrait ralentir l'écoulement en période de crue. Dans la section entre l'embouchure et le ponceau, le potentiel de reproduction pour l'Omble de fontaine est faible puisque le substrat est trop fin et que la circulation d'eau est faible. Des alevins ont toutefois été observé lors de la visite sur le site au début de septembre 1999.

On rencontre plus d'aménagements en bordure du tributaire 3 mais la végétation riveraine y est tout de même présente. Le substrat est plus grossier et composé de gravier, cailloux et galets. La pente du cours d'eau est faible et la vitesse du courant est moyenne, ce qui permet à l'eau de bien s'oxygénée. La section de cours d'eau en aval du chemin du Tour-du-lac offre donc un potentiel intéressant pour la reproduction de l'Omble de fontaine. Plusieurs alevins de cette espèce ont d'ailleurs été observés.

¹ Le myriophylle à épi (*Myriophyllum spicatum*) est une plante aquatique envahissante qui forme des herbiers très denses. Elle occasionne des problèmes importants à la navigation dans les baies peu profondes de plusieurs lacs du Québec.

5.3 Caractérisation de l'état des rives

À partir des données communiquées par la municipalité, la qualité de la zone riveraine a été évaluée. Comme le pourtour du lac est développé depuis déjà longtemps, on ne dénote pas de changement notable depuis l'étude de 1992.

Les berges du lac Beauport sont très touchées par les activités anthropiques puisque plus de 90 % du périmètre est recouvert de gazon ou d'un mur de soutènement ou a subi un déboisement excessif. Le tableau 8 présente la synthèse de l'inventaire du milieu riverain. La figure 6 illustre la localisation des segments riverains et des perturbations qui leur sont associées.

Tableau 8 Synthèse de l'inventaire du milieu riverain du lac Beauport, 1999

État de la rive	% du périmètre
A - Naturelle	0
B - Très faiblement touchée par les activités anthropiques	3
C - Faiblement touchée par les activités anthropiques	7
D - Moyennement touchée par les activités anthropiques	0
E - Fortement touchée par les activités anthropiques	90
F - Artificielle	0

Principaux aménagements rencontrés	Nombre de segments (sur 13)
1 - Boisé	0
2 - Marécage	0
3 - Boisé avec présence de sentiers et de routes	1
4 - Terre en friche	1
5 - Résidence non visible du lac (terrain boisé)	2
6 - Résidence située loin du lac (plus de 25 m)	3
7 - Distance de 30 m ou plus entre deux résidences	1
8 - Plage laissée à l'état naturel	1
9 - Route éloignée du lac (plus de 60 m)	0
10 - Plage perturbée par un mur de soutènement	8
11 - Déboisement excessif	7
12 - Pelouse qui se rend jusqu'au lac	9
13 - Résidence située trop près du lac (moins de 20 m)	5
14 - Densité trop forte de résidences	3
15 - Route située trop près du lac (moins de 60 m)	1
16 - Remblayage de sections de rivage	0

5.4 Analyse sédimentologique

Les apports en sédiments au lac Beauport ont été inventoriés visuellement lors d'une visite de terrain. Il a été constaté que la majorité de sédiments provient de quelques sources ponctuelles, principalement des tributaires qui drainent les sous-bassins versants.

En terme de sédimentologie, le tributaire le plus actif est le ruisseau qui draine le sous-bassin Sb2 (voir figure 1). Cela est principalement dû à la superficie de son sous-bassin, à des pentes du terrain relativement fortes et un développement urbain sur une partie de sa superficie. À l'embouchure du tributaire 3, on observe la déposition récente d'importantes quantités de sable et de substrat graveleux (photo 1). Par rapport aux autres dépôts localisés au lac, la granulométrie des dépôts de ce tributaire est relativement grossière. Le cône de déposition se projette vers le plan d'eau avec une vitesse estimée de quelques dizaines de centimètres par année. Cependant, cette vitesse varie fortement en fonction des événements météorologiques de chaque année. Le phénomène de déposition de sédiment près de l'embouchure peut être actuellement considéré comme positif en raison de l'allongement et du renouvellement de la plage sablonneuse. Cependant, à long terme, les apports en sédiments peuvent considérablement réduire la superficie du plan d'eau.

Une autre zone relativement active se trouve dans la partie nord-est du lac (sous-bassin Sb4). À cet endroit, le tributaire 2 se jette dans une baie relativement peu profonde (photo 2). Étant donné la faible circulation des eaux de cette partie du lac, même les sédiments fins et également la matière organique apportée par le ruisseau restent captés dans la baie et s'accumulent progressivement. Bien que les apports en sédiments sont moins importants que pour le tributaire 3, l'effet sur les activités récréo-touristiques est plus notable, dû à la faible profondeur de la baie.

Outre ces deux tributaires principaux, on dénombre quelques petits ruisseaux intermittents sur le pourtour du lac. Leurs charges sédimentologiques sont peu importantes et, dans le l'état actuel du bassin versant, ils n'influencent que très peu le bilan sédimentologique total du lac Beauport.

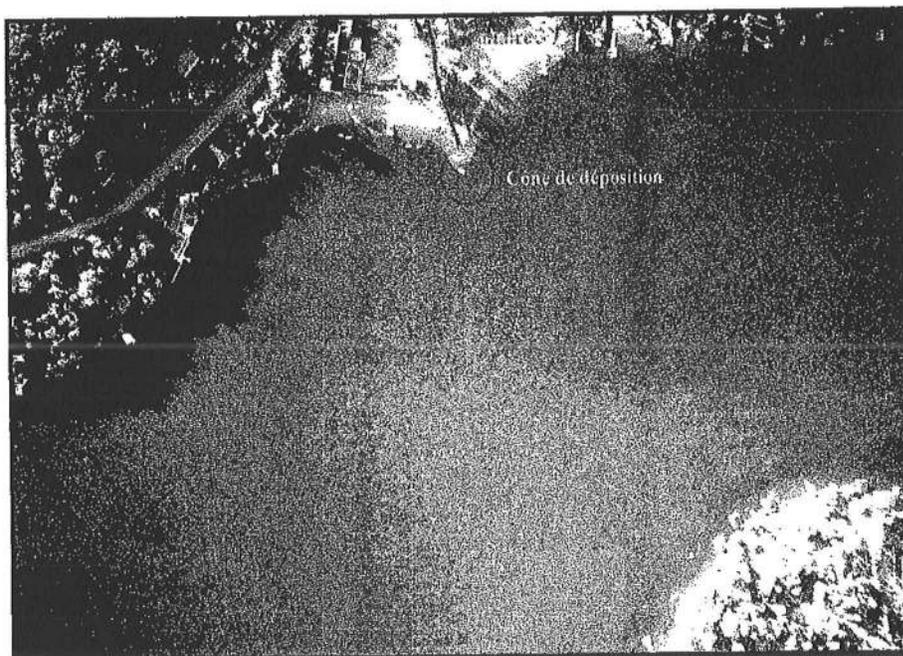


Photo 1 Vue aérienne de l'embouchure du tributaire 3 dans le lac Beauport. On remarque l'important cône de déposition des sédiments transportés par le ruisseau.

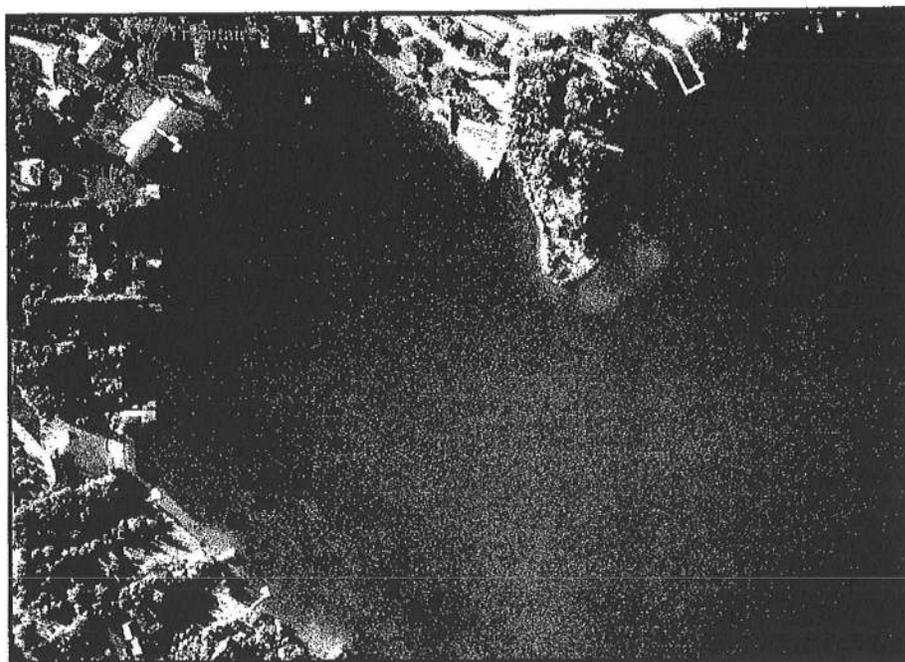


Photo 2 Baie peu profonde où se jette le tributaire 2. La pente du ruisseau étant plus faible, la quantité de sédiments transportés est moins importante que dans le cas du tributaire 3.

6. SYNTHÈSE ET RECOMMANDATIONS

6.1 Synthèse

6.1.1 Qualité de l'eau

L'eau du lac Beauport est, en général, de très bonne qualité. Tous les paramètres mesurés dans les eaux de surface sont en dessous des critères établis par le ministère de l'Environnement, tant pour la pratique d'activités récréatives avec contact direct que la protection de la vie aquatique. Le pH de l'eau est neutre ou légèrement basique et le pouvoir tampon semble suffisant pour prévenir l'acidification rapide du lac.

Durant la période estivale, on observe dans la couche profonde du plan d'eau (hypolimnion) une concentration des minéraux et des métaux. Les concentrations en oxygène sont également très faibles sous la thermocline. Ces résultats sont probablement causés par une plus grande décomposition de la matière organique accumulée au fond du lac et l'absence d'échange avec les couches supérieures. Cependant, comme la masse d'eau ainsi isolée durant la période de stratification thermique ne représente que 1 % du volume total du lac Beauport, ces données sont peu représentatives de la qualité du milieu aquatique.

Les paramètres de base associés à la présence de sels de déglacage des routes dans le milieu lacustre sont la conductivité, le calcium, le magnésium, le sodium, les chlorures et les sulfates (Sorial et Gamache, 1983). Dans les eaux du lac Beauport, les concentrations en calcium, sodium et chlorures sont élevées. Le rapport sodium/calcium de 2,76 en août 1999 indique une infiltration de sels de déglacage vers le lac Beauport. On remarque toutefois que les concentrations de la plupart ces minéraux sont plus élevées en été qu'au printemps, signe que les apports provenant des engrais minéraux pourraient avoir une influence notable. Bien que les concentrations mesurées n'aient pas encore atteint des niveaux critiques pour la protection de la vie aquatique, des mesures supplémentaires de réduction des apports devraient être mises en œuvre.

Selon le résultat de l'évaluation des apports en phosphore, le lac Beauport serait tout près de la limite dangereuse pour l'eutrophisation (voir figure 5). Par contre, les concentrations de

phosphore mesurées au printemps 2000, tout comme les concentrations de chlorophylle et de seston et l'évaluation de la cote trophique du lac (figure 4) indiquent plutôt que le lac est seulement à un stade oligotrophe avancé. La grande transparence de l'eau démontre également que le lac est relativement peu productif. **Le lac Beauport semble donc être en très bon état pour préserver la vie aquatique ainsi que la pratique d'activités récréatives.** La qualité de l'eau du lac Beauport est, à bien des niveaux, comparable à celle du lac Saint-Charles, la source d'eau potable de la majorité des citoyens de la CUQ (Légaré, 1998).

6.1.2 Rives et littoral

L'occupation humaine et les aménagements sont importants sur les berges et à proximité du lac Beauport. En effet, plus de 90 % des berges sont fortement affectées par les activités anthropiques et la moitié du périmètre du lac est formée de murs de soutènement.

Bien que l'eau soit relativement chaude en été, que la transparence de l'eau soit bonne et que le substrat de la berge soit composé de matière organique (limon) et de sable, les herbiers aquatiques denses étaient peu nombreux en 1999 et couvraient seulement une très petite superficie du plan d'eau. On les retrouvait principalement dans la portion nord du lac, dans les baies peu profondes.

La pente de la berge est faible sur presque tout le périmètre du lac. Le substrat est fin (limon et sable) mais on retrouve à l'extrémité nord quelques secteurs avec des blocs et des galets. Cette zone est donc intéressante pour la reproduction de l'Achigan à petite bouche. Les zones d'herbiers aquatiques offrent également un abri et de la nourriture pour les poissons et la sauvagine. Les nombreux quais et hangars répartis sur le périmètre du lac peuvent également être utilisés par les poissons comme abris. Bien que le lac Beauport offre peu de potentiel pour l'Omble de fontaine, on a observé des alevins de cette espèce dans les deux tributaires permanents.

6.2 Recommandations

Afin de stabiliser et, éventuellement, améliorer la qualité de l'eau du lac Beauport, diverses mesures devraient être entreprises dans le but ultime de réduire la charge en phosphore au plan d'eau et les apports en minéraux et d'améliorer l'état visuel et écologique des rives. Comme la problématique n'a pas vraiment évolué depuis l'étude réalisée en 1992, plusieurs des recommandations formulées à cette époque sont encore de mise en 2000 :

Au niveau municipal :

1. Poursuivre le programme de **classification des fosses septiques** pour les résidences isolées dans l'ensemble du bassin versant, principalement pour celles situées près des berges du lac et des tributaires permanents. On évite ainsi la contamination de l'eau par les coliformes ainsi que les apports en phosphore au lac.
2. Prendre toutes les mesures nécessaires pour **réduire les apports de phosphore** associés aux eaux de ruissellement en milieu urbain comme par exemple limiter le déboisement au strict minimum dans les nouveaux développements et stabiliser les fossés pour éviter des pertes importantes de sol.
3. Réaliser un **inventaire exhaustif des herbiers aquatiques** présents dans le lac (pas seulement dans la zone littoral) pour établir une cartographie et suivre leur évolution dans le temps. Si leur importance devenait une contrainte pour certaines activités récréatives, des interventions adéquates pourraient alors être entreprises.
4. **Réduire l'utilisation du chlorure de sodium** comme déglaçant sur les routes en favorisant l'utilisation de produits de remplacement (ex. sable) là où c'est possible tout en s'assurant de maintenir la sécurité routière. Une rationalisation au niveau des pratiques d'épandage (quantités utilisées, moment de l'épandage) pourrait également permettre de réduire les impacts sur le milieu aquatique. Environnement Canada procèdera à l'automne 2000 à une consultation de la population en vue d'instaurer des mesures de contrôle de l'usage des sels de déglçage puis que ceux-ci sont considérés toxiques pour l'environnement.
5. Accentuer les efforts visant la **conservation et le rétablissement de la bande riveraine** du lac Beauport en protégeant celle qui persiste et en encourageant les propriétaires riverains à planter des arbustes (saule arbustif, myrique beaumier, spirée à larges feuilles, cornouiller stolonifère) aux endroits dénudés. Ces végétaux de petites tailles permettent de redonner un cachet plus naturel à la rive tout en filtrant partiellement les eaux de ruissellement et de stabiliser, dans certains cas, les sols.
6. Afin de réduire les risques de contamination par les coliformes de l'eau de baignade, **maintenir les populations d'oiseaux aquatiques à un niveau naturel.**

7. **Minimiser l'utilisation de l'eau des tributaires** (irrigation ou prise d'eau potable ou industrielle) du lac Beauport afin de préserver un bon taux de renouvellement de l'eau du lac.
8. Mettre en place un programme de suivi de la **qualité de l'eau des tributaires** afin de localiser les sources potentielles de contaminations bactériologiques et de métaux (principalement le fer et l'aluminium).
9. Appliquer sévèrement la réglementation municipale sur la **protection de la bande riveraine des tributaires** afin de limiter l'érosion des berges et les apports de sédiments au lac.

Au niveau des citoyens et des entreprises :

La municipalité de Lac-Beauport, par l'entremise de campagne d'information publique et de communiqués dans le journal municipal, devrait également inciter les citoyens et entrepreneurs du bassin versant à s'impliquer dans la protection de l'environnement du lac.

10. Encourager la diminution et l'utilisation raisonnée d'engrais naturels (compost) au détriment des mélanges chimiques pour la fertilisation des pelouses et plates-bandes. Les épandages inopportuns, déséquilibrés ou excessifs doivent également être éliminés.
11. Encourager les citoyens à préserver l'état naturel des rives et à reboiser les sections dénudées.
12. Éviter l'introduction de myriophylle dans le lac en sensibilisant les riverains et leurs invités à bien nettoyer leur embarcation après l'avoir utilisé sur un autre plan d'eau. D'autre part, pour les visiteurs utilisant la descente publique, faire une vérification de la propreté de la coque et du moteur avant de permettre la mise à l'eau.
13. Conscientiser la population à la fragilité des écosystèmes aquatiques et à l'importance d'un plan d'eau de la qualité du lac Beauport pour le bien-être des citoyens de la municipalité et les retombées économiques locales.

6.3 Monitoring de l'état du milieu aquatique

Comme mentionné précédemment, la qualité d'un plan d'eau est fragile et peut se détériorer rapidement suite à des perturbations dans le bassin versant. Afin de pouvoir évaluer les modifications de l'état du milieu aquatique suite à l'application de mesures correctives et/ou de perturbations dans le bassin versant, un programme de monitoring pourrait être réalisé. Ce suivi des principaux paramètres biophysiques permettra de mieux comprendre les phénomènes écologiques en cause et de pouvoir réagir rapidement. Entre autres, les informations suivantes devraient être recueillies et compilées :

- Modification de l'utilisation du territoire et inscription des aménagements réalisés dans le bassin versant (nouvelles habitations ou commerces, installations septiques, aménagements en rives, déboisement, etc.) ;
- Observation de plusieurs poissons morts (espèce, localisation, observations visuelles des anomalies externes, etc.) ;
- Observation d'herbiers aquatiques de dimensions plus grandes que la normale (localisation, dimension approximative). Les « blooms » d'algues microscopiques (cyanobactéries) devraient également être mentionnés ;
- Récolte et analyse en laboratoire d'un échantillon d'eau de surface (intégré 0 à 5 m) au centre du lac au printemps et en période de stratification thermique. Les paramètres à analyser prioritairement sont le phosphore total, le sodium, le calcium, les chlorures, les sulfates, la conductivité, l'alcalinité totale, le fer et l'azote Kjeldahl. La température de l'eau (à 0,5 m) sera également notée au moment de la récolte de l'échantillon d'eau. Les analyses au laboratoire représentent un déboursé d'environ 100 \$ par échantillon ;
- Analyse de la contamination bactérienne (coliformes fécaux et totaux) dans le cadre du programme Environnement-Plage du ministère de l'Environnement. Les données recueillies au centre nautique seront un bon indicateur, pour cette portion du lac du moins, de la détérioration des installations septiques ;
- Évolution des zones de sédimentation à l'embouchure des tributaires à l'aide d'observations visuelles et, si possible, de photographies aériennes à basse altitude.

Ces données peuvent être récoltées et compilées par les employés municipaux et les riverains du lac Beauport. En général, la prise de ces informations représente des coûts minimes (quelques centaines de dollars annuellement) et quelques jours de travail au total. La compilation et l'analyse pourraient être faite principalement par comparaison avec les données de 1999-2000 et 1992. Si des différences notables sont décelées, il pourrait être nécessaire de faire appel à un professionnel pour l'interprétation et obtenir des conseils et des recommandations.

7. RÉFÉRENCES CONSULTÉES

- ALAIN, J. et M. LEROUZES. 1979. *Méthodologie pour le calcul des apports en phosphore et la détermination de la capacité de support d'un lac*. Service de la qualité des eaux, ministère des Richesses naturelles. Pagination multiple.
- BISSONNETTE, J. et C. LEBLANC. 1983. Synthèse et étude de la qualité de l'eau et du potentiel faunique au lac Saint-Charles. Document réalisé dans le cadre du projet « Proposition d'un schéma d'aménagement pour les environs du lac Saint-Charles ». 210 pages.
- DILLON, P.J., K.H. NICHOLLS, W.A. SHEIDER, N.D. YAN et D.S. JEFFRIES. 1986. Lakeshore Capacity study, trophic status. Ontario, Ministère des Affaires municipales, Research and special projects branch. 81 pages.
- DRYADE. 1993. *La diagnose écologique des principaux lacs*. Rapport présenté par le Groupe Dryade ltée à la municipalité de Lac-Beauport. 133 pages et 5 annexes.
- LÉGARÉ, S. *Étude limnologique du lac Saint-Charles, 1996-1997*. Département de biologie, Université Laval. 106 pages.
- LEGENDRE, P., A. CHODOROWSKI, W. CHODOROSWSKA, P. PICHET et P. POTVIN. 1980. *Qualité des eaux – Interprétation des données terrestres (1971-1977)*. Ministère de l'Environnement du Québec, Direction générale des inventaires et de la recherche, Service de la qualité des eaux. 409 pages.
- MATHIEU, P., P. GENTHES et J.-P. GAUTHIER. 1979. *L'âge des lacs - Méthode numérique d'évaluation de l'état trophique des lacs*. Ministère des Ressources naturelles, Direction générale des eaux. 57 pages.
- MEUNIER, P. et G. LEFEBVRE. 1979. *Méthodologie d'évaluation des potentiels écologiques*. Ministère des Richesses naturelles, Service de la qualité des eaux. Pagination multiple.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC. 1990 (rév. 1998). *Critères de qualité de l'eau*. Service de l'évaluation des rejets toxiques et Direction de la qualité des cours d'eau, ministère de l'Environnement du Québec, Québec. 423 pages.

SCOTT W.B. et E.J. CROSSMAN. 1978. *Poissons d'eau douce du Canada*. Ministère de l'Environnement du Canada, Service des pêches et des sciences de la mer. 1026 pages.

SORIAL, M. et P. GAMACHE. 1983. *Modèle de calcul de la concentration de chlorures dans les lacs situés en bordure des routes*. Ministère des Transports du Québec, Service de l'environnement. 40 pages et annexes.

WETZEL, R.G. 1983. *Limnology*. 2nd edition. W.B. Saunders Company, New York. 767 pages.

**Annexe 1 Évaluation des apports en phosphore des sous-bassin du
lac Beauport**

**Utilisation du territoire et calcul des charges spécifiques en phosphore
par sous-bassin
(Modèle 2)**

Lac Beauport		Unité de drainage: Ed1	
DONNÉES DE BASE			
Superficie du lac (Ao) (km ²) :		0,87	
Superficie de l'unité de drainage (km ²) :		0,49	
Facteur d'environnement (fu) :		0,56	
Nombre de résidence (Nr) :	Avec égout :	0	
	Sans égout :	11	
Nombre de chalet (Nc) :	Avec égout :	0	
	Sans égout :	0	
Nombre de personnes moyen par résidence:		2,5	
Nombre de personnes-jours pour la population saisonnnière et flottante	Avec égout (NBJA) :	0	
	Sans égout (NBJS) :	0	
Superficie gazonnée (km ²) :		0,02	
UTILISATION DU SOL			
	%	km ²	Coefficient d'exportation kg P / km ² - an
Affectation agricole (P)	0,0%	0,00	50,00
Zones improductives (friche, villégiature, gravière) (Ip)	27,4%	0,13	25,00
Forêt avec substrat igné (Ti)	60,7%	0,30	5,00
Forêt avec substrat sédimentaire (Ts)	0,0%	0,00	12,00
Affectation urbaine (B)	11,9%	0,06	100,00
Marais et marécage (M)	0,0%	0,00	25,00
Surface d'eau (Z)	0,0%	0,00	8,00
Coefficient d'exportation moyen (Es)			21,79
TOTAL (Js)	100,0%	0,49	10,67
POPULATION			
	Nombre	Formule d'exportation	Apport kg P / an
Population saisonnière (PSA) et flottante avec égout:	PSA = 0	(NBJA X 2,2)/1000	-
Population saisonnière (PSS) et flottante sans égout:	PSS = 0	(NBJS X 2,2 X 0,75)/1000	-
Population permanente (PPA) avec égout:	PPA = 0	PPA X 0,8	-
Population permanente (PPS) sans égout:	PPS = 27,5	PPS X 0,8 X 0,75	16,50
TOTAL (Jc)	27,5		16,50
Engrais chimique sur les surfaces gazonnées (Je)	Superficie gazonnée x taux de fertilisation ¹ x quantité de P ² x coefficient de transfert ²		0,03
TOTAL DES APPORTS AU LAC			27,20
CHARGE SPÉCIFIQUE (g P / m²-an)			VALEUR (g Pt / m ² -an)
À partir du sol (Ls)	Calcul	(Es / 1000) x fu	0,012
En provenance de la population humaine (Lc)		Jc / (Ao X 1000)	0,019
En provenance des engrais chimiques (Le)		Je / (Ao X 1000)	0,000
À partir des lacs en amont (La)		$\sum_{i=1}^n \frac{(1-R_i) * I_{pi} * A_{oi}}{A_o}$	0,000
TOTAL (Lp)	Ls + Lc + Le + La		0,031

1 Le taux de fertilisation annuelle est évalué à 50% de la superficie gazonnée totale

2 La quantité de phosphore utilisée pour fertiliser les surfaces gazonnées est évaluée à 50 kg P / km² - an

3 Le coefficient de transfert du phosphore utilisé comme fertilisant vers le lac (phosphore exporté) est de 0,05

**Utilisation du territoire et calcul des charges spécifiques en phosphore
par sous-bassin
(Modèle 2)**

Lac Beauport		Unité de drainage: Sb2	
DONNÉES DE BASE			
Superficie du lac (Ao) (km ²):		0,87	
Superficie de l'unité de drainage (km ²):		2,03	
Facteur d'environnement (fu):		2,33	
Nombre de résidence (Nr):	Avec égout	0	
	Sans égout	6	
Nombre de chalet (Nc):	Avec égout	0	
	Sans égout	0	
Nombre de personnes moyen par résidence:		2,5	
Nombre de personnes-jours pour la population saisonnnière et flottante	Avec égout (NBJA)	0	
	Sans égout (NBJS)	0	
Superficie gazonnée (km ²):		0,00	
		Coefficient d'exportation	Apport
UTILISATION DU SOL	%	km²	kg P / km² - an
Affectation agricole (P)	0,0%	0,00	50,00
Zones improductives (friche, villégiature, gravière) (Ip)	3,0%	0,06	25,00
Forêt avec substrat igné (Ti)	94,6%	1,92	5,00
Forêt avec substrat sédimentaire (Ts)	0,0%	0,00	12,00
Affectation urbaine (B)	1,2%	0,02	100,00
Marais et marécage (M)	0,0%	0,00	25,00
Surface d'eau (Z)	1,2%	0,02	8,00
Coefficient d'exportation moyen (Es)			6,77
TOTAL (Js)	100,0%	2,03	13,73
		Formule d'exportation	Apport kg P / an
POPULATION	Nombre		
Population saisonnière (PSA) et flottante avec égout:	PSA = 0	(NBJA X 2,2)/1000	-
Population saisonnière (PSS) et flottante sans égout:	PSS = 0	(NBJS X 2,2 X 0,75)/1000	-
Population permanente (PPA) avec égout:	PPA = 0	PPA X 0,8	-
Population permanente (PPS) sans égout:	PPS = 15	PPS X 0,8 X 0,75	9,00
TOTAL (Jc)	15		9,00
Engrais chimique sur les surfaces gazonnées (Je)	Superficie gazonnée x taux de fertilisation ¹ x quantité de P ² x coefficient de transfert ²		0,00
TOTAL DES APPORTS AU LAC			22,73
CHARGE SPÉCIFIQUE (g P / m²-an)		Calcul	VALEUR (g Pt / m²-an)
À partir du sol (Ls)		(Es / 1000) x fu	0,016
En provenance de la population humaine (Lc)		Jc / (Ao X 1000)	0,010
En provenance des engrais chimiques (Le)		Je / (Ao X 1000)	0,000
À partir des lacs en amont (La)		$\sum_{i=1}^n \frac{(1 - Ri) * Lpi * Aoi}{Ao}$	0,000
TOTAL (Lp)		Ls + Lc + Le + La	0,026

1 Le taux de fertilisation annuelle est évalué à 50% de la superficie gazonnée totale

2 La quantité de phosphore utilisée pour fertiliser les surfaces gazonnées est évaluée à 50 kg P / km² - an

3 Le coefficient de transfert du phosphore utilisé comme fertilisant vers le lac (phosphore exporté) est de 0,05

**Utilisation du territoire et calcul des charges spécifiques en phosphore
par sous-bassin
(Modèle 2)**

Lac Beauport		Unité de drainage: Ed3	
DONNÉES DE BASE			
Superficie du lac (Ao) (km ²):		0,87	
Superficie de l'unité de drainage (km ²):		0,33	
Facteur d'environnement (fu):		0,38	
Nombre de résidence (Nr):	Avec égout	0	
	Sans égout	11	
Nombre de chalet (Nc):	Avec égout	0	
	Sans égout	0	
Nombre de personnes moyen par résidence:		2,5	
Nombre de personnes-jours pour la population saisonnaire et flottante	Avec égout (NBJA)	0	
	Sans égout (NBJS)	0	
Superficie gazonnée (km ²):		0,02	
		Coefficient d'exportation	Apport
UTILISATION DU SOL	%	km²	kg P / km² - an
Affectation agricole (P)	0,0%	0,00	50,00
Zones improductives (friche, villégiature, gravière) (Ip)	25,0%	0,08	25,00
Forêt avec substrat igné (Ti)	50,0%	0,17	5,00
Forêt avec substrat sédimentaire (Ts)	0,0%	0,00	12,00
Affectation urbaine (B)	25,0%	0,08	100,00
Marais et marécage (M)	0,0%	0,00	25,00
Surface d'eau (Z)	0,0%	0,00	8,00
Coefficient d'exportation moyen (Es)			33,75
TOTAL (Js)	100,0%	0,33	11,14
		Formule d'exportation	Apport kg P / an
POPULATION	Nombre		
Population saisonnière (PSA) et flottante avec égout:	PSA = 0	(NBJA X 2,2)/1000	-
Population saisonnière (PSS) et flottante sans égout:	PSS = 0	(NBJS X 2,2 X 0,75)/1000	-
Population permanente (PPA) avec égout:	PPA = 0	PPA X 0,8	-
Population permanente (PPS) sans égout:	PPS = 27,5	PPS X 0,8 X 0,76	16,50
TOTAL (Jc)	27,5		16,50
Engrais chimique sur les surfaces gazonnées (Je)			0,03
Superficie gazonnée x taux de fertilisation ¹ x quantité de P ² x coefficient de transfert ²			
TOTAL DES APPORTS AU LAC			27,66
CHARGE SPÉCIFIQUE (g P / m²-an)		Calcul	VALEUR (g Pt / m²-an)
À partir du sol (Ls)		(Es / 1000) x fu	0,013
En provenance de la population humaine (Lc)		Jc / (Ao X 1000)	0,019
En provenance des engrais chimiques (Le)		Je / (Ao X 1000)	0,000
À partir des lacs en amont (La)		$\sum_{i=1}^n \frac{(1-R_i) \cdot I_{pi} \cdot A_{oi}}{A_o}$	0,000
TOTAL (Lp)		Ls + Lc + Le + La	0,032

1 Le taux de fertilisation annuelle est évalué à 50% de la superficie gazonnée totale

2 La quantité de phosphore utilisée pour fertiliser les surfaces gazonnées est évaluée à 50 kg P / km² - an

3 Le coefficient de transfert du phosphore utilisé comme fertilisant vers le lac (phosphore exporté) est de 0,05

**Utilisation du territoire et calcul des charges spécifiques en phosphore
par sous-bassin
(Modèle 2)**

Lac Beauport		Unité de drainage: Sb4	
DONNÉES DE BASE			
Superficie du lac (Ao) (km ²):		0,87	
Superficie de l'unité de drainage (km ²):		1,09	
Facteur d'environnement (fu):		1,25	
Nombre de résidence (Nr):	Avec égout	0	
	Sans égout	12	
Nombre de chalet (Nc):	Avec égout	0	
	Sans égout	0	
Nombre de personnes moyen par résidence:		2,5	
Nombre de personnes-jours pour la population saisonnaire et flottante	Avec égout (NBJA)	0	
	Sans égout (NBJS)	0	
Superficie gazonnée (km ²):		0,01	
		Coefficient d'exportation	Apport
UTILISATION DU SOL	%	km²	kg P / km² - an
Affectation agricole (P)	0,0%	0,00	50,00
Zones improductives (friche, villégiature, gravière) (Ip)	5,7%	0,06	25,00
Forêt avec substrat igné (Ti)	92,4%	1,01	5,00
Forêt avec substrat sédimentaire (Ts)	0,0%	0,00	12,00
Affectation urbaine (B)	1,9%	0,02	100,00
Marais et marécage (M)	0,0%	0,00	25,00
Surface d'eau (Z)	0,0%	0,00	8,00
Coefficient d'exportation moyen (Es)			7,95
TOTAL (Js)	100,0%	1,09	8,66
		Formule d'exportation	Apport
POPULATION	Nombre		kg P / an
Population saisonnière (PSA) et flottante avec égout:	PSA = 0	(NBJA X 2,2)/1000	-
Population saisonnière (PSS) et flottante sans égout:	PSS = 0	(NBJS X 2,2 X 0,75)/1000	-
Population permanente (PPA) avec égout:	PPA = 0	PPA X 0,8	-
Population permanente (PPS) sans égout:	PPS = 30	PPS X 0,8 X 0,75	18,00
TOTAL (Jc)	30		18,00
Engrais chimique sur les surfaces gazonnées (Je)		Superficie gazonnée x taux de fertilisation ¹ x quantité de P ² x coefficient de transfert ³	0,01
TOTAL DES APPORTS AU LAC			26,67
		Calcul	VALEUR
CHARGE SPÉCIFIQUE (g P / m²-an)			(g Pt / m²-an)
À partir du sol (Ls)		(Es / 1000) x fu	0,010
En provenance de la population humaine (Lc)		Jc / (Ao X 1000)	0,021
En provenance des engrais chimiques (Le)		Je / (Ao X 1000)	0,000
À partir des lacs en amont (La)		$\sum_{i=1}^n \frac{(1 - Ri) * Lpi * Aoi}{Ao}$	0,000
TOTAL (Lp)		Ls + Lc + Le + La	0,031

1 Le taux de fertilisation annuelle est évalué à 50% de la superficie gazonnée totale

2 La quantité de phosphore utilisée pour fertiliser les surfaces gazonnées est évaluée à 50 kg P / km² - an

3 Le coefficient de transfert du phosphore utilisé comme fertilisant vers le lac (phosphore exporté) est de 0,05

**Utilisation du territoire et calcul des charges spécifiques en phosphore
par sous-bassin
(Modèle 2)**

Lac Beauport Unité de drainage: **Sb5**

DONNÉES DE BASE

Superficie du lac (Ao) (km ²) :		0,87
Superficie de l'unité de drainage (km ²) :		1,54
Facteur d'environnement (fu) :		1,77
Nombre de résidence (Nr) :	Avec égout	0
	Sans égout	24
Nombre de chalet (Nc) :	Avec égout	0
	Sans égout	0
Nombre de personnes moyen par résidence:		2,5
Nombre de personnes-jours pour la population saisonnaire et flottante	Avec égout (NBJA)	0
	Sans égout (NBJS)	0
Superficie gazonnée (km ²) :		0,00

UTILISATION DU SOL	%	km ²	Coefficient d'exportation kg P / km ² - an	Apport kg P / an
Affectation agricole (P)	0,0%	0,00	50,00	-
Zones improductives (friche, villégiature, gravière) (Ip)	27,8%	0,43	25,00	10,70
Forêt avec substrat igné (Ti)	61,1%	0,94	5,00	4,70
Forêt avec substrat sédimentaire (Ts)	0,0%	0,00	12,00	-
Affectation urbaine (B)	10,2%	0,16	100,00	15,71
Marais et marécage (M)	0,0%	0,00	25,00	-
Surface d'eau (Z)	0,9%	0,01	8,00	0,11
Coefficient d'exportation moyen (Es)			20,28	
TOTAL (Js)	100,0%	1,54		31,23

POPULATION	Nombre	Formule d'exportation	Apport kg P / an
Population saisonnière (PSA) et flottante avec égout:	PSA = 0	(NBJA X 2,2)/1000	-
Population saisonnière (PSS) et flottante sans égout:	PSS = 0	(NBJS X 2,2 X 0,75)/1000	-
Population permanente (PPA) avec égout:	PPA = 0	PPA X 0,8	-
Population permanente (PPS) sans égout:	PPS = 60	PPS X 0,8 X 0,75	36,00
TOTAL (Jc)	60		36,00

Engrais chimique sur les surfaces gazonnées (Je)	Superficie gazonnée x taux de fertilisation ¹ x quantité de P ² x coefficient de transfert ²	0,00
---	--	------

TOTAL DES APPORTS AU LAC	67,23
---------------------------------	--------------

CHARGE SPÉCIFIQUE (g P / m ² -an)	Calcul	VALEUR (g Pt / m ² -an)
À partir du sol (Ls)	(Es / 1000) x fu	0,036
En provenance de la population humaine (Lc)	Jc / (Ao X 1000)	0,041
En provenance des engrais chimiques (Le)	Je / (Ao X 1000)	0,000
À partir des lacs en amont (La)	$\sum_{i=1}^n \frac{(1-Ri) * Ipi * Aoi}{Ao}$	0,000
TOTAL (Lp)	Ls + Lc + Le + La	0,077

1 Le taux de fertilisation annuelle est évalué à 50% de la superficie gazonnée totale

2 La quantité de phosphore utilisée pour fertiliser les surfaces gazonnées est évaluée à 50 kg P / km² - an

3 Le coefficient de transfert du phosphore utilisé comme fertilisant vers le lac (phosphore exporté) est de 0,05

**Utilisation du territoire et calcul des charges spécifiques en phosphore
par sous-bassin**
(Modèle 2)

Lac Beauport		Unité de drainage: Sb6	
DONNÉES DE BASE			
Superficie du lac (Ao) (km ²):		0,87	
Superficie de l'unité de drainage (km ²):		0,31	
Facteur d'environnement (fu):		0,36	
Nombre de résidence (Nr):	Avec égout	0	
	Sans égout	11	
Nombre de chalet (Nc):	Avec égout	0	
	Sans égout	0	
Nombre de personnes moyen par résidence:		2,5	
Nombre de personnes-jours pour la population saisonnnière et flottante	Avec égout (NBJA)	0	
	Sans égout (NBJS)	0	
Superficie gazonnée (km ²):		0,13	
UTILISATION DU SOL			
	%	km ²	Coefficient d'exportation kg P / km ² - an
Affectation agricole (P)	0,0%	0,00	50,00
Zones improductives (friche, villégiature, gravière) (Ip)	60,0%	0,19	25,00
Forêt avec substrat igné (Ti)	10,0%	0,03	5,00
Forêt avec substrat sédimentaire (Ts)	0,0%	0,00	12,00
Affectation urbaine (B)	30,0%	0,09	100,00
Marais et marécage (M)	0,0%	0,00	25,00
Surface d'eau (Z)	0,0%	0,00	8,00
Coefficient d'exportation moyen (Es)			45,50
TOTAL (Js)	100,0%	0,31	14,11
POPULATION			
	Nombre	Formule d'exportation	Apport kg P / an
Population saisonnière (PSA) et flottante avec égout:	PSA = 0	(NBJA X 2,2)/1000	-
Population saisonnière (PSS) et flottante sans égout:	PSS = 0	(NBJS X 2,2 X 0,75)/1000	-
Population permanente (PPA) avec égout:	PPA = 0	PPA X 0,8	-
Population permanente (PPS) sans égout:	PPS = 27,5	PPS X 0,8 X 0,75	16,50
TOTAL (Jc)	27,5		16,50
Engrais chimique sur les surfaces gazonnées (Je)	Superficie gazonnée x taux de fertilisation ¹ x quantité de P ² x coefficient de transfert ³		0,16
TOTAL DES APPORTS AU LAC			30,77
CHARGE SPÉCIFIQUE (g P / m²-an)			VALEUR
	Calcul		(g Pt / m ² -an)
À partir du sol (Ls)	(Es / 1000) x fu		0,016
En provenance de la population humaine (Lc)	Jc / (Ao X 1000)		0,019
En provenance des engrais chimiques (Le)	Je / (Ao X 1000)		0,000
À partir des lacs en amont (La)	$\sum_{i=1}^n \frac{(1-R_i) \cdot I_{pi} \cdot A_{oi}}{A_o}$		0,000
TOTAL (Lp)	Ls + Lc + Le + La		0,035

1 Le taux de fertilisation annuelle est évalué à 50% de la superficie gazonnée totale

2 La quantité de phosphore utilisée pour fertiliser les surfaces gazonnées est évaluée à 50 kg P / km² - an

3 Le coefficient de transfert du phosphore utilisé comme fertilisant vers le lac (phosphore exporté) est de 0,05

**Utilisation du territoire et calcul des charges spécifiques en phosphore
par sous-bassin
(Modèle 2)**

Lac Beauport Unité de drainage: Ed7

DONNÉES DE BASE

Superficie du lac (Ao) (km ²):		0,87
Superficie de l'unité de drainage (km ²):		0,41
Facteur d'environnement (fu):		0,47
Nombre de résidence (Nr):	Avec égout	0
	Sans égout	49
Nombre de chalet (Nc):	Avec égout	0
	Sans égout	0
Nombre de personnes moyen par résidence:		2,5
Nombre de personnes-jours pour la population saisonnaire et flottante	Avec égout (NBJA)	0
	Sans égout (NBJS)	0
Superficie gazonnée (km ²):		0,03

UTILISATION DU SOL	%	km ²	Coefficient d'exportation kg P / km ² - an	Apport kg P / an
Affectation agricole (P)	0,0%	0,00	50,00	-
Zones improductives (friche, villégature, gravière) (Ip)	54,5%	0,22	25,00	5,59
Forêt avec substrat igné (Ti)	27,3%	0,11	5,00	0,56
Forêt avec substrat sédimentaire (Ts)	0,0%	0,00	12,00	-
Affectation urbaine (B)	18,2%	0,07	100,00	7,46
Marais et marécage (M)	0,0%	0,00	25,00	-
Surface d'eau (Z)	0,0%	0,00	8,00	-
Coefficient d'exportation moyen (Es)			33,19	
TOTAL (Js)	100,0%	0,41		13,61

POPULATION	Nombre	Formule d'exportation	Apport kg P / an
Population saisonnière (PSA) et flottante avec égout:	PSA = 0	(NBJA X 2,2)/1000	-
Population saisonnière (PSS) et flottante sans égout:	PSS = 0	(NBJS X 2,2 X 0,75)/1000	-
Population permanente (PPA) avec égout:	PPA = 0	PPA X 0,8	-
Population permanente (PPS) sans égout:	PPS = 122,5	PPS X 0,8 X 0,75	73,50
TOTAL (Jc)	122,5		73,50

Engrais chimique sur les surfaces gazonnées (Je) Superficie gazonnée x taux de fertilisation¹ x quantité de P³ x coefficient
de transfert³ 0,04

TOTAL DES APPORTS AU LAC	87,15
---------------------------------	--------------

CHARGE SPÉCIFIQUE (g P / m ² -an)	Calcul	VALEUR (g Pt / m ² -an)
À partir du sol (Ls)	(Es / 1000) x fu	0,016
En provenance de la population humaine (Lc)	Jc / (Ao X 1000)	0,084
En provenance des engrais chimiques (Le)	Je / (Ao X 1000)	0,000
À partir des lacs en amont (La)	$\sum_{i=1}^n \frac{(1-R_i) * I_{pi} * A_{oi}}{A_o}$	0,000
TOTAL (Lp)	Ls + Lc + Le + La	0,100

1 Le taux de fertilisation annuelle est évalué à 50% de la superficie gazonnée totale

2 La quantité de phosphore utilisée pour fertiliser les surfaces gazonnées est évaluée à 50 kg P / km² - an

3 Le coefficient de transfert du phosphore utilisé comme fertilisant vers le lac (phosphore exporté) est de 0,05

