

R E N A I S S A N C E
LAC BROME LAKE

RAPPORT TECHNIQUE – SAISON 2007

Approuvé par le Conseil d'administration à sa séance du 8 mars 2008

Le 8 mars 2008

RENAISSANCE LAC BROME
RAPPORT TECHNIQUE SAISON 2007
TABLES DES MATIÈRES

	Page
SOMMAIRE À LA DIRECTION *** EXECUTIVE SUMMARY	
1. LE CONTEXTE	6
2. LES TROIS PROGRAMMES DE SUIVI TECHNIQUE.....	9
3. LE PROGRAMME « LAC »	10
3.1 Les prélèvements de l'hiver 2007.....	10
3.2 La localisation des points de prélèvement « Été 2007 »	11
3.3 Matériel et méthodes	12
3.4 Les résultats de T, pH, oxygène dissous, phosphore total et transparence.....	14
3.5 L'évolution qualitative des proliférations de cyanobactéries	19
3.6 Les mises en garde de l'agence de santé; la toxicité des cyanobactéries	20
3.7 Les résultats de la firme BlueLeaf.....	22
4. LES RÉSULTATS DU PROGRAMME DES « AFFLUENTS »	23
5. L'ANALYSE DE CERTAINES QUESTIONS PARTICULIÈRES	30
5.1 La ferme Canards du lac Brome ltée	31
5.2 La circulation des embarcations à moteur et le brassage des sédiments	31
5.3 Les surverses des égouts municipaux.....	32
5.4 Le phosphore relargué des sédiments	32
6. TENDANCES HISTORIQUES	35
6.1 La clarté de l'eau s'améliore-t-elle?	35
6.2 La quantité de phosphore dans l'eau du lac diminue-t-elle?	40
6.3 La quantité de phosphore en provenance des affluents diminue-t-elle?.....	42
6.4 La qualité de l'eau s'améliore-t-elle?	42
6.5 Peut-on faire des liens entre certaines variables physico-chimiques et météorologiques?	45
7. EN RÉSUMÉ.....	51
8. RECOMMANDATIONS	53
ANNEXES	

SOMMAIRE À LA DIRECTION

Le présent document fait état des principales activités scientifiques effectuées par Renaissance Lac Brome tout au long de la saison 2007. Le lecteur y trouvera beaucoup de renseignements intéressants portant sur les caractéristiques physico-chimiques du lac et de ses affluents. En outre, plusieurs données historiques sont présentées, faisant ainsi le lien avec les données recueillies au cours des années.

À la lumière des résultats obtenus durant la saison 2007 et en tenant compte des observations déjà disponibles, deux questions importantes pour tous nos concitoyens méritent d'être commentées.

a) Est-ce que la qualité de l'eau se détériore?

À cause de la grande variation des conditions météorologiques d'une année à l'autre (vent, température, précipitations) et compte tenu que les données fiables et cohérentes ne sont disponibles que depuis 3 ans, une conclusion définitive sur cette question serait hasardeuse.

Par contre, en utilisant les données de transparence de l'eau fournies par le disque de Secchi, nous sommes en mesure d'apporter un certain éclairage sur la question. En effet, la transparence de l'eau est considérée comme un important marqueur de la qualité de l'eau.

Ainsi, Renaissance Lac Brome a pu établir des suites de données commençant en 1967 (rappelons qu'à l'époque de nombreuses proliférations de cyanobactéries étaient signalées). À la lumière de ces données, il semble que la transparence de l'eau se soit améliorée depuis les années 1960, en partie à cause :

- la construction en 1973-1974 du système municipal d'égout desservant le village de Knowlton;
- les mesures prises par la ferme des canards pour mieux gérer les rejets de leur exploitation (cette dernière explication est soutenue par le fait que le ruisseau Pearson, malgré une concentration de phosphore encore trop élevée, affiche une teneur en phosphore beaucoup moins élevée qu'elle l'était dans les années 1970).

Évidemment, comme nous le verrons plus loin, beaucoup d'efforts restent à faire pour que la qualité de l'eau soit ce qu'elle devrait être. Néanmoins, il y a lieu d'être optimiste, si toute la communauté se donne la main et travaille ensemble, à implanter des gestes concrets.

b) Que faire pour éliminer les proliférations de cyanobactéries?

En supposant que le phosphore soit l'élément déterminant pour les proliférations de cyanobactéries et qu'il constitue ainsi un facteur contrôlable, que savons-nous exactement sur les principales sources de phosphore? Alors que les experts peinent à établir

clairement et simplement les sources relatives des apports de phosphore dans notre lac, les trois principales sources sont sans conteste :

- les fertilisants et les détergents;
- les rejets issus des activités humaines et des élevages;
- la décomposition des matières organiques.

Le phosphore produit par l'une ou l'autre de ces sources est conduit au lac par des fossés de chemin mal aménagés, des affluents dont les rives sont malheureusement trop souvent à nu, des installations septiques inadéquates, des surverses du système d'égouts municipal et possiblement des infiltrations par les eaux souterraines.

De plus, dans le cas du lac Brome, les sédiments accumulés au fond du lac sont saturés de phosphore. Ce phosphore, dans certaines circonstances, est relargué dans la colonne d'eau, créant ce qu'on appelle un recyclage interne. La circulation des embarcations à moteur, en remuant les sédiments, contribue également à rendre bio-disponible le phosphore, favorisant d'autant la prolifération des cyanobactéries.

Même si l'ordre d'importance des sources d'apports de phosphore requiert d'autres études et analyses, il est clair que nous devons travailler dès maintenant à réduire tout apport en phosphore par des pratiques environnementales appropriées. Cela exige la participation de tous les membres de notre communauté et la collaboration des autorités municipales, régionales, provinciales et fédérales.

EXECUTIVE SUMMARY

On the basis of what has been learned to date what can be said in response to two questions?

(i) Is water quality in the lake getting worse?

Because of the variability of weather conditions (wind, temperature, rainfall) it is difficult to make any conclusions regarding lake quality trends on the basis of data from the last two or three years. Using Secchi disk readings to reflect water quality, we have gone back as far as 1967 (when severe blooms were also experienced) to answer this question. It would seem that lake clarity has improved since the 1960's due in large part, we believe, to: (1) the construction in 1973 of a municipal sewage treatment system for the village of Knowlton and (2) the continuing efforts of the Duck Farm to manage their nutrient output. (This latter conclusion is supported by the fact that the phosphorus level in the Pearson stream while remaining high has decreased markedly.) Obviously, however, there are still many areas for improvement - see below.

(ii) What can be done to reduce the occurrence of algae blooms?

Assuming that phosphorus is the major controllable cause for the proliferation of blue-green algae - what do we know about the major sources for lake phosphorus? While experts cannot agree on the relative importance of the following sources for our lake, there is no question that they all qualify:

- fertilizers and detergents
- human and animal waste
- rotting organic matter

Phosphorus from these sources is conveyed to the lake via runoff from: ditches, river banks and shorelines denuded of vegetation, inefficient local septic installations, overflowing municipal sewage systems; and possibly underground water sources.

Also, for our lake, there is evidence that a heavy concentration of phosphorus is stored in sediments at the bottom of the lake and Pearson stream, which is released when the sediments are disturbed (for example by waves and motor-boats).

Studies are still underway to rank these sources by importance for Brome Lake. In the meanwhile it is clear that our best course of action is to work on reducing the contribution from all of these sources to the extent practicable. This will require the participation of everyone living and working in the watershed as well as the collaboration of the provincial and municipal governments.

1. LE CONTEXTE

Renaissance Lac Brome (RLB) est un organisme sans but lucratif dont la mission est d'assurer la meilleure qualité de l'eau du lac Brome.

RLB représente tous les citoyens du bassin versant du lac Brome et agit par ses programmes de suivi scientifique, ses initiatives de sensibilisation des citoyens, individuels comme corporatifs, ses campagnes d'information aux meilleures pratiques environnementales et ses projets spéciaux.

RLB, en collaboration avec les corps publics, travaille à définir et faire en sorte que les mesures environnementales susceptibles de restaurer et de préserver la qualité de l'eau du lac soient mises en place et respectées de manière à ce que chacun puisse bénéficier du plein usage du lac.

Un des volets du plan d'action de RLB consiste à assurer le suivi le plus rigoureux possible de l'évolution des caractéristiques physico-chimiques de l'eau du lac et de ses affluents (pH, oxygène dissous, turbidité, température, concentration de phosphore, suivi des blooms de cyanobactéries, état physique des rives, conditions atmosphériques). Dans ce contexte, plusieurs initiatives ont été mises en place au cours de la saison 2007 et se poursuivront en 2008.

Le présent rapport en résume l'essentiel, incluant les méthodes d'échantillonnage, les lieux de prélèvement, les types d'analyses ainsi qu'une compilation des résultats obtenus et une analyse de ces derniers.

RLB est convaincue qu'une connaissance approfondie et continue des faits scientifiques du lac est une condition essentielle à toute action durable pour la restauration et le maintien de la qualité de l'eau du lac.

Les données fournies aux sections suivantes doivent être examinées en consultant également la carte du bassin versant fournie en annexe.

• Le lac lui-même

- Surface : 14,6 km² ou 5,6 milles² soit 7,9% du bassin versant
- Ratio : bassin versant / surface du lac = 11,7 fois (NALMS considère qu'un bassin versant est grand lorsque le ratio dépasse 7 à 10 fois la surface du plan d'eau)
- Périmètre : 21,1 km
- Indice de régularité du pourtour = 1,6 (un indice à 1 = cercle parfait)
- Longueur maximum : 5,8 km
- Largeur maximum : 4,8 km
- Profondeur maximum : 12,8 m.
- Profondeur moyenne : 6,3 m. ou 19, 5 pi.
- Volume d'eau au niveau de référence : 92,5 millions mètres cubes
- Temps de séjour : 9,6 mois (41,7 semaines)
- Taux de renouvellement : 1,25 fois par année
- Taux de décharge moyen à l'exutoire : 3,8 mètres cubes / sec. (135 pieds cubes / sec.);
- Niveau du lac de référence en été : 196,9 mètres au dessus du niveau de la mer
- Barrage Foster (ouvrage de régulation du niveau) : H = 5 mètres; L = 45,3 mètres
- Stratification thermique : faible (un écart moyen de 4 degrés Celsius entre les eaux de surface et le fond, à la fosse)
- Stratification en oxygène : faible sauf dans les eaux profondes (maximum 20% de la surface du lac et sur de courtes périodes) (voir tableau 5)
- Statut trophique : eutropique ou mésotrophique dépendant de l'indice utilisé (Carlson ou autre).

• Le bassin versant

- 8 municipalités; 3 MRC (Brome-Missisquoi, Memphrémagog, Haute-Yamaska)
 - 185,2 km² (incluant la surface du lac)
 - 8 affluents principaux
 - Longueur des affluents : 278,24 km
 - Division en 9 sous bassins versants (voir la carte des sous bassins versants)
 - Unités d'habitation : 3 375 (dont 2 422 dans VLB)
 - pente graduelle au pourtour, plus escarpée par la suite : monts Foster, Gauvin et Glen
 - Géologie : argile
- Répartition des sols :

	Nurnberg – 1998	Teknika -2007
Forêt	62,5%	72,7%
Agriculture	12,6%	15,7%
Zone urbaine	1,9%	12,1%
Zone déboisée	22,9%	
Milieu humide		2,2%
Terrains de golf (3)		0,5% ¹

¹ En général, une norme de 2 ha par trou est utilisée.

Infrastructures municipales		0,4%
Gravière		0,5%

-Les 8 affluents du lac (et 9 sous-bassins versants) :

Selon RLB - Carteq (2007) :

	Superficie	Pourcentage
Quilliams	72,7 km ²	39,3%
Durrell	11,2 km ²	6,04%
Coldbrook	44,9 km ²	24,2%
Inverness	3,6 km ²	1,94%
Argyll	11,8 km ²	6,34%
McLaughlin (Tiffany) ²	9,7 km ²	5,23%
Pearson	6,4 km ²	3,44%
Terrains riverains du lac	23,2 km ²	1,94%
Golf Knowlton	1,83 km ²	1,0%
TOTAL	185,2 km ²	100%

-Précipitation annuelle moyenne : +/-1266 mm.

² RLB a été informé que le ruisseau Tiffany a été renommé en 2007 par ruisseau « McLaughlin ». Pour des raisons de continuité, nous utiliserons au présent rapport l'appellation « ruisseau McLaughlin (Tiffany) ».

2. LES TROIS PROGRAMMES DE SUIVI TECHNIQUE

a) La situation du lac lui-même

Cette situation a été documentée par l'agent technique recruté par RLB, dans le cadre du programme d'emplois d'été du gouvernement canadien. Dans ce contexte, RLB a :

- recruté un étudiant détenteur d'une maîtrise en génie chimique;
- élaboré un protocole scientifique applicable à la saison 2007;
- fait valider son protocole par un expert en lacs, M. Robert Lapalme, M. Env.;
- acheté et testé les appareils scientifiques nécessaires;
- appliqué dans la mesure du possible le protocole retenu.

Dans le cadre de ce programme, les principales données recherchées étaient des données de température, de taux d'oxygène dissous, de pH, de phosphore total de même que les mesures de Secchi (transparence de l'eau). RLB dispose également, au Domaine Brome, d'une station météorologique, permettant d'enregistrer la température, la direction et la vitesse du vent, les précipitations.

Le protocole prévoyait des prélèvements tôt le matin (avant l'activité de photosynthèse des plantes) et tard le soir. Quatre sites de prélèvements avaient été identifiés pour mieux connaître le comportement du lac en diverses situations a) herbier (baie Inverness), b) fortes concentrations en sédiments (baie Pearson), c) anoxie (la fosse, à différentes profondeurs), d) site considéré comme une référence quant à la qualité de l'eau (face au Domaine Brome).

b) La situation dans les affluents

Les données concernant les affluents ont été recueillies par une équipe de l'Université de Sherbrooke (Observatoire de l'environnement et du développement durable), avec l'appui financier de Ville de Lac Brome, comme cela avait été le cas depuis 3 ans (2005, 2006, 2007).

Le mandat confié à l'équipe de l'Université de Sherbrooke consistait à recueillir des échantillons d'eau dans treize points de prélèvement (sur les 8 affluents du lac) et d'en analyser les caractéristiques physico-chimiques. Les prélèvements ont débuté le 1 mai 2007 et se sont poursuivis à toutes les 3 semaines jusqu'au 9 octobre 2007.

c) La situation pour certains dossiers particuliers

Au cours de la saison, RLB s'est penchée sur deux sujets en particulier, à savoir la circulation des embarcations à moteur et leur effet sur le brassage des sédiments et la bio-disponibilité du phosphore et la situation à la ferme Canards du lac Brome ltée. D'autres dossiers seront sans doute étudiés au cours de la prochaine saison, notamment la question des installations septiques et des terrains de golf.

3. LE PROGRAMME « LAC »

3.1 Les prélèvements d'hiver 2007

Le 19 mars 2007, une équipe de RLB a effectué des prélèvements d'eau. Ces prélèvements avaient pour but de caractériser l'eau en situation de dormance, les effets du vent, de l'activité organique, des embarcations à moteur et autres étant nuls à cette période de l'année. La situation de l'eau en hiver constitue alors un point de référence. Les échantillons ont été expédiés au laboratoire Biolab pour l'analyse du phosphore total (méthode faible concentration, que nous ne recommandons pas pour l'avenir³; la méthode en trace est à privilégier).

a) La localisation des points de prélèvements

Les prélèvements ont été effectués aux 4 points suivants:

- | | |
|----------------------|----------------------------------|
| -La fosse : | 45° 14. 722' N
72° 30. 688' O |
| -Baie de la Marina : | 45° 13. 798' N
72° 30. 837' O |
| -Baie Inverness : | 45° 14. 901' N
72° 32. 900' O |
| -Baie Rock Island : | 45° 15. 821' N
72° 31. 121' O |

b) Les résultats

Le phosphore total (Pt) : les concentrations observées ont toujours en deçà de la limite de détection de la méthode, soit moins de 10 µg/l, sauf pour l'échantillon de fond en face la Marina à 90 µg/l. Il est possible que nous ayons alors remué les sédiments lors du prélèvement. Notons également qu'à l'exutoire, les résultats du MDDEP sont de 6 µg/l le 5 mars et de 11 µg/l le 1^{er} avril ce qui confirmerait nos propres observations.

La température : elle variait de 1 degré en surface à 10 degrés dans les zones plus profondes.

Le taux d'oxygène dissous : il variait de 101% en surface à 102% à 5 mètres (Rock Island) et 50% à une profondeur de 12,5 mètres à la fosse.

³ Voir à ce sujet : Blais, Sylvie, Berryman, David, Comparaison de deux méthodes d'analyse pour la mesure du phosphore en milieu aquatique, MDDEP, décembre 2006.

Mise en garde : les résultats doivent être interprétés avec précaution, les conditions de prélèvement ayant été relativement difficiles, les appareils nouvellement acquis et leur manipulation non encore maîtrisée.

3.2 La localisation des points de prélèvement « Été 2007 »

De nombreux points de prélèvements/mesures ont été sélectionnés pour la campagne de l'été 2007. Ces points ont consisté en la Fosse, l'embouchure du ruisseau Inverness, le site face au Domaine Brome, le site à l'embouchure du ruisseau Pearson, un autre près du camping des Érables, un autre à Fisher's Point ainsi qu'un dernier près du Club nautique.

L'ensemble de ces points a permis de recueillir des données reflétant la situation globale du lac (Tableau 1). Certains de ces endroits ont été choisis parce qu'ils présentaient des caractéristiques particulières pouvant fournir des informations plus spécifiques. Par exemple, la fosse, qui représente le point le plus profond du lac, a été choisie afin de déterminer si le lac comporte une certaine stratification et si on observe un certain relargage de phosphore en zone profonde (dû à l'anoxie). Le ruisseau Pearson a été sélectionné afin de mesurer l'impact de l'activité industrielle, à savoir la ferme de canards, sur la qualité de l'eau. Le ruisseau Inverness, quant à lui, a été choisi à cause de sa grande concentration en plantes aquatiques afin d'en mesurer l'effet sur la concentration d'oxygène dans l'eau à cet endroit. Le Domaine Brome, quant à lui, a été déterminé comme étant un endroit du lac où d'année en année la qualité de l'eau semble meilleure qu'ailleurs sur le lac, constituant ainsi un point de référence.

Il est à noter que pour planifier notre campagne de prélèvements, nous avons eu recours aux services de Robert Lapalme, conseiller en environnement. Les méthodes et techniques de prélèvements nous ont été décrites par M. Lapalme et elles ont toutes été suivies, à l'exception de la prise de photos des échantillons d'eau, cela se révélant peu utile étant donnée la difficulté de prendre des photos de bonne qualité des échantillons.

**Tableau 1 : Description des lieux de mesures et de prélèvements du lac Brome
« Été 2007 »)**

Sites de prélèvement	Description	Coordonnées GPS/localisation
Fosse	Milieu du lac (surface et en profondeur, 12 mètres)	45° 14.666' N 072° 30.580' O
Ruisseau Inverness	Embouchure du ruisseau (sauf pour les mesures de Secchi)	45° 14.775' N 072° 33.040' O
Ruisseau Pearson	Embouchure du ruisseau (sauf pour les mesures de Secchi)	45° 13.864' N 072° 31.838' O

	Secchi)	
Domaine Brome	Point de référence en ce qui a trait à la qualité de l'eau	45° 14.403' N 072° 31.192' O
Camping des Érables	En face à l'affluent de l'exutoire, mais assez loin pour effectuer des mesures de Secchi	NA
Fisher's Point	En face de la pointe, mais assez loin pour effectuer des mesures de Secchi	NA
Club nautique	En face du club nautique, mais assez loin pour effectuer des mesures de Secchi	NA

3.3 Matériel et méthodes

Chaque sortie effectuée sur le lac fut réalisée en bateau à moteur. Une fois par semaine, une journée était sélectionnée durant laquelle deux sorties étaient planifiées : une à l'aube et l'autre en fin de journée. Le rationnel de ces deux sorties la même journée était de mesurer une différence des paramètres physico-chimiques de l'eau entre le lever et le coucher du soleil, ces paramètres étant affectés par l'activité photosynthétique des plantes et des algues. De plus, des sorties ponctuelles ont été effectuées lors d'événements susceptibles d'influencer les paramètres physico-chimiques de l'eau, par exemple suite à un fort orage, lors d'activités intenses de circulation d'embarcations à moteur (suite à un long congé) ou lors de blooms de cyanobactéries.

Les paramètres physico-chimiques mesurés ont été sélectionnés en fonction de l'information qu'ils procurent sur l'état du lac. La température permet de déterminer s'il existe une stratification thermique dans le lac, laquelle stratification aussi minime soit-elle, retient dans une certaine mesure le phosphore dans les zones plus froides et de plus grande densité.

Le pH, quant à lui, peut diminuer par les pluies acides, le CO₂ de l'air et les acides humiques. Au contraire, le pH peut augmenter en fonction de l'activité de photosynthèse des plantes et des cyanobactéries. Ainsi, une forte activité de photosynthèse de la bio-masse durant la journée peut produire une augmentation du pH du fait que le gaz carbonique faiblement acide diminue avec la production de l'O₂ (phénomène de photosynthèse). Le phénomène s'inverse la nuit car l'oxygène est alors utilisé par la bio-masse.

Les mesures de Secchi permettent d'évaluer le degré de turbidité du lac. Elles sont aussi un excellent indicateur de la croissance de la biomasse (cyanobactéries et autres

plantes). En effet, une corrélation a été démontrée entre l'augmentation des cyanobactéries dans un cours d'eau et la turbidité de l'eau à cet endroit.

Le pourcentage d'oxygène dissous est lui aussi un reflet de l'activité de la bio-masse (cyanobactéries et plantes). Rappelons que les cyanobactéries consomment de grandes quantités d'oxygène et sont des organismes dominants.

Le phosphore total (Pt) est considéré comme le nutriment essentiel au métabolisme des cyanobactéries et reste le paramètre clé pour en évaluer l'évolution. Assurer un suivi régulier et ponctuel de ce paramètre permet de faire le lien entre de fortes concentrations en phosphore à certains endroits du lac et les possibles floraisons de cyanobactéries à ces endroits.

Le matériel utilisé par RLB a consisté en un GPS Magellan Explorist 500, un oxymètre YSI 550 A, un pH mètre WTW Multi 340i, une bouteille pour faire les prélèvements d'eau Water Sampler Model JT-1 de Lamotte ainsi qu'un disque Secchi de fabrication artisanale.

Le pH ainsi que le taux d'oxygène dissous ont été mesurés à l'aide d'un câble gradué permettant ainsi de déterminer la profondeur exacte à laquelle les mesures étaient effectuées. Pour ce qui est des prélèvements d'eau, ils ont été effectués avec la bouteille prévue à cet effet. Une fois l'eau recueillie, les premières dizaines de millilitres étaient rejetées afin d'éviter tout contamination avec des prélèvements antérieurs et l'eau était transvidée dans des flacons identifiés fournis par les laboratoires (l'IRDA, Biolab et Laboratoires SM, tous des laboratoires accrédités). Les contenants étaient ensuite déposés dans une glacière et conservés dans un réfrigérateur pour des périodes pouvant aller jusqu'à 24 heures, puis expédiés par messager aux laboratoires respectifs dans une glacière prévue à cet effet.

Il faut souligner certaines limitations rencontrées au cours de la campagne de prélèvements. Ainsi, le délai entre l'envoi des échantillons au laboratoire et la réception des résultats. Plusieurs semaines pouvaient s'écouler avant que les résultats nous parviennent. Ce délai rend les modifications aux procédures de prélèvement et à leur fréquence moins adaptées à la réalité.

Un autre problème rencontré lors de la campagne 2007 concerne la fiabilité de certains laboratoires. En effet, Biolab semble avoir rencontré des problèmes de reproductibilité (des échantillons pris en duplicité ont souvent donné des valeurs très différentes) ce qui rend leurs résultats suspects. De plus, le service à la clientèle s'est avéré plus ou moins à la hauteur de nos attentes.

Outre les paramètres physico-chimiques du lac, l'inspection de certains cours d'eau a été faite. Cette inspection consistait à remonter un cours d'eau en particulier pour identifier les sources ponctuelles de pollution le long des rives et recommander des interventions à faire. En 2007, l'Inverness a été ainsi remonté et a fait l'objet d'un rapport distinct.

3.4 Les résultats de température, de pH, de taux d'oxygène dissous, de phosphore total et de transparence de l'eau

d) La température de l'eau du lac

• Résultats

La température en surface de l'eau du lac est très stable d'un endroit à l'autre. Évidemment, elle suit l'évolution des conditions météorologiques.

Tableau 2 : Résultats des températures de l'eau de surface observées à divers points de prélèvement pour la saison 2007 (en °C)

Points	Moyenne saison	Moyenne juin	Moyenne juillet	Moyenne août	Moyenne sept.
Face à Inverness	21,9	20,1	22,6	22,4	20,6
Face au Pearson	21,8	20,2	22,5	22,2	19,8
Face au Domaine Brome	21,6	20,9	22,0	22,1	20,1
Fosse	21,7	20,6	22,3	21,8	20,3
Globale	21,7	20,4	22,3	22,1	20,2

L'examen des résultats de température pour l'eau en profondeur montre que les différences de température en surface versus la température à 10 mètres sont en moyenne de 3,3 °C, comme le montre le tableau 3.

Les experts s'entendent pour dire qu'un lac considéré comme stratifié présente des différences de température de 15 à 20 degrés entre les eaux de surface et les eaux profondes (plus de 30 mètres).

Tableau 3 : Résultats des températures de l'eau de surface versus les températures en eau profonde observées à la fosse pour la saison 2007 (en °C)

Points	Moyenne saison	Moyenne juin	Moyenne juillet	Moyenne août	Moyenne sept.
Fosse surface	21,7	20,6	22,3	21,8	20,3
Fosse 10 mètres	18,4	16,2	19,5	20,1	19,9
Déficiences	3,3	4,4	2,8	1,7	0,4

• Discussion

La température de l'eau est très constante d'un endroit à l'autre du lac, ce qui remet en question l'utilité de prélèvements en divers endroits; un seul site de prélèvement serait sans doute suffisant.

Le lac a peu de stratification thermique, la température entre la température des eaux de surface et celle des eaux profondes (> 10 mètres) s'abaissant de moins de ,5 degré C par mètre. Plusieurs auteurs suggèrent d'éviter d'intervenir dans le processus de stratification d'un lac, aussi minime soit-il, parce que la stratification agit dans une certaine mesure pour prévenir le relargage de P à partir des sédiments.

e) Le pH

• Résultats

Le pH observé est très stable aux différents points de prélèvement et se situe entre 7,2 et 8,4, le MDDEP considérant normaux les niveaux entre 6,5 et 8,5.

Tableau 4 : Résultats du pH de l'eau de surface observées à divers points de prélèvement pour la saison 2007 (mesuré en après-midi)

Points	Moyenne saison	Moyenne juin ⁴	Moyenne juillet	Moyenne août	Moyenne sept.
Face à Inverness	7,2	Nd	7,5	7,1	7,2
Face au Pearson	7,6	Nd	9,1	7,1	7,7
Face au Domaine Brome	7,4	Nd	8,1	7,2	7,3
Fosse	7,4	Nd	8,1	7,1	7,5
Globale	7,4	Nd	8,2	7,1	7,4

• Discussion

Les dépassements observés au cours de l'été 2007 ont été très rares et lorsque cela a été constaté, il est probable que des erreurs d'appareillage en aient été la cause. Nous estimons que la prise d'échantillons pour ce paramètre pourrait facilement se limiter à un seul site de prélèvement une ou deux fois durant l'été. Le pH dans la baie Elizabeth (face au Pearson) pourrait faire l'objet d'une analyse plus poussée.

f) La saturation en oxygène dissous

⁴ Le pHmètre a été hors d'usage durant cette période.

• Résultats

Le taux de saturation en oxygène dans l'eau du lac est lui aussi très stable et se situe dans la très grande majorité des cas à des valeurs variant entre 70% et 110%, à l'exclusion des données obtenues à des profondeurs de plus de 10 mètres.

Tableau 5 : Saturation en oxygène (%) de l'eau de surface (sauf pour la fosse) à différents points de prélèvement pour la saison 2007 (mesures d'après-midi)

Points	Moyenne saison	Moyenne juin	Moyenne juillet	Moyenne août	Moyenne sept.
Face à Inverness	102,1	107,2	102,3	101,3	100,2
Face au Pearson	110,2	111,2	125,4	98,0	106,1
Face au Domaine Brome	104,0	108,7	106,1	100,5	100,6
Fosse surface	104,4	108,1	108,3	100,8	100,3
Fosse 10 mètres	52,3	45,0	29,7	39,4	95,4

• Discussion

Même s'il y a peu de stratification thermique dans le lac, la situation est différente pour l'oxygène. En général, l'oxygénation de l'eau du lac ne semble pas un problème, les taux de saturation se situant toujours dans les normes du MDDEP, lesquelles doivent être supérieures à 54% - 63%. Évidemment, en eau profonde, le taux de saturation en oxygène affiche des valeurs beaucoup plus basses, à la limite de l'anoxie ou nettement anoxiques. Notons que le taux de saturation O₂ dissous peut aussi s'exprimer en mg/l⁵.

La chute prononcée des pourcentages de saturation dans les derniers mètres indique probablement la présence de la zone d'hypolimnion (définition : couche profonde d'un lac qui devient stratifié en température durant l'été) où il y a possibilité d'anoxie. En effet, le taux d'oxygène dissous observé chute régulièrement d'une valeur avoisinant 100% à 30-50% entre la strate du 8 mètres et celle du 10 mètres.

Le phénomène d'anoxie se produit dans les eaux profondes et est limité à probablement 20% de la surface du lac, tel que l'a déjà établi Nurnberg (1998).

⁵ Un taux de saturation en O₂ de 100% correspond à une concentration de 14,6 mg/l à une température de 0 °C. La formule est : % de saturation = (valeur mesurée en O₂ / valeur maximale selon une température donnée) x 100. Un tableau de conversion existe.

La mesure du taux d'oxygène dissous est un paramètre qui peut aussi être optimisé dans les campagnes futures de RLB et se limiter à un point de prélèvement, en surface et en profondeur, à la fosse.

g) Le phosphore total (Pt)

• Résultats

Les résultats obtenus en teneur de phosphore total lors de nos échantillons sont très décevants et questionnables. En effet, les résultats fournis par les laboratoires utilisés (principalement Biolab et en fin de saison par SM, en parallèle avec Biolab) sont la plupart du temps en deçà de 10 µg/l ce qui ne correspond pas aux données des années antérieures.

Nous avons choisi de ne pas utiliser ces données et de resserrer nos critères d'échantillonnage et de qualité lors de la prochaine campagne, en 2008. Les mesures de Pt dans le lac pour l'été 2007 sont donc très peu utiles pour notre analyse, d'autant plus que la méthode d'analyse (faible concentration plutôt qu'en trace) n'est pas assez précise. Son seul intérêt est son faible coût!

• Discussion

Plusieurs facteurs nous portent à questionner les résultats obtenus des laboratoires accrédités :

-Après avoir soumis un échantillon dédoublé (« split sample ») à un laboratoire en particulier, les résultats obtenus ont montré une grande variation (20 µg/l vs 60 µg/l) alors qu'ils auraient dû être semblables.

-Après avoir mis en parallèle les résultats (la journée du 9 août 2007) d'un laboratoire (Biolab) par rapport à ceux d'un deuxième laboratoire (SM), nous avons observé que les résultats obtenus de Biolab étaient en général plus bas que ceux de SM.

-L'équipe de l'Université de Sherbrooke, laquelle a recours à un laboratoire de recherche fiable et reconnu (IRDA), a obtenu une moyenne de 24,0 µg/l de Pt (avec des valeurs minimums et maximales de 13µg/l et de 44 µg/l) pour la période du 1er mai 2007 au 9 octobre 2007, au site de prélèvement qui se situe au barrage Foster (à l'exutoire du lac). Les années antérieures, la valeur moyenne de Pt à ce même endroit avait été de 33,0 µg/l en 2006 et de 31,9 µg/l en 2005. Il y a donc lieu de douter de valeurs systématiquement en bas de 10 µg/l telles qu'obtenues des laboratoires en 2007.

-On peut également s'interroger sur les différences importantes entre les résultats du MDDEP et ceux de l'Université de Sherbrooke pour le même site de prélèvement, à peu près aux mêmes dates (moyenne de 14,9 µg/l pour le MDDEP

vs 33,0 µg/l pour U. de S. en 2006; moyenne de 11,4 µg/l pour le MDDEP vs 24,0 µg/l pour U. de S. en 2007).

Le protocole élaboré en début de saison visait à mieux comprendre la présence du phosphore en diverses situations sur le lac, i.e. situation en herbier, en zone de fortes concentrations de sédiments, en zone d'anoxie. Cela exigeait des prises d'échantillon très tôt le matin et tard le soir.

Pour des raisons de logistique, les prises d'échantillon n'ont pas été rigoureusement faites telles qu'établies au protocole. Nous ne pouvons donc rien conclure à cet égard, d'autant plus que les résultats des laboratoires sont eux aussi remis en question.

En bref, la question du phosphore dans la colonne d'eau du lac était une question clé et le demeure toujours, sans que des résultats probants aient été obtenus. Il faudra revoir notre stratégie à cet égard, beaucoup de situations restant à clarifier.

h) La transparence de l'eau (mesures Secchi)

• Résultats

Tout au cours de la saison 2007, la transparence de l'eau mesurée à l'aide du disque de Secchi a connu une moyenne mensuelle variant entre 2,5 mètres et 3,9 mètres (certaines journées nous avons enregistré des valeurs de 4,5 mètres et d'autres journées 2,0 mètres). Dans l'ensemble, les résultats de 2007 sont fort encourageants.

Tableau 6 : Résultats de la transparence de l'eau mesurée à l'aide du disque de Secchi (en mètres à divers points de prélèvement pour la saison 2007)

Points	Moyenne saison	Moyenne juin	Moyenne juillet	Moyenne août	Moyenne septembre
Face à Inverness	3,1	3,6	3,2	2,7	2,6
Face au Pearson	3,1	3,2	3,7	2,8	2,6
Face au Domaine Brome	3,2	3,8	3,7	2,5	2,5
Fosse	3,3	3,9	3,6	2,5	2,8
Globale	3,2	3,6	3,5	2,6	2,6

On observe une dégradation de la transparence de l'eau progressivement au cours de l'été. En moyenne, la transparence de l'eau diminue d'1 mètre entre juin (moment où elle est la plus élevée) et septembre (moment où elle est la plus basse).

La fosse présente la meilleure transparence d'eau et les baies face au Pearson et à l'Inverness les moins bonnes. L'écart n'est cependant pas très grand (20 cm).

Par rapport aux années antérieures, la transparence de l'eau du lac a été relativement meilleure, comme le décrit la section 6 du présent rapport.

• Discussion

La transparence de l'eau a enregistré l'une de ses meilleures performances depuis plusieurs années. Par rapport à 2006, pour les mois de juin et juillet, l'amélioration a été de l'ordre d'un mètre. Par rapport à 2003, pour les mêmes mois, l'amélioration est moins importante (environ ,25 mètre). Par contre, il est impossible de conclure à une amélioration significative et constante à long terme, trop de variables interagissant (voir la section 6.1).

Les conditions météorologiques du début de la saison ont probablement aidé à cette situation. Les pluies printanières ont été peu abondantes, contrairement au printemps 2006 où de véritables déluges s'étaient abattus sur notre région, lessivant ainsi les sols et le phosphore qu'ils contiennent.

3.5 L'évolution qualitative des proliférations de cyanobactéries

En 2007, RLB a effectué un certain suivi de l'apparition des proliférations des cyanobactéries. Ainsi :

-Dès le 26 juin 2007, des concentrations de cyanobactéries dans la colonne d'eau ont été aperçues au barrage Foster, à Fisher Point, le long de la rive face au chemin Lakeside, face au Domaine Brome.

-Puis, le 23 juillet, on a signalé la présence de cyanobactéries à Fisher's Point, à la fosse, au Domaine Brome, au camping, à la baie d'Inverness et à la baie du Pearson (moins grande quantité qu'en juin).

-Le 30 juillet, la présence de cyanobactéries a été détectée dans la colonne d'eau de la presque totalité du lac.

-La colonne d'eau est restée saturée de cyanobactéries tout l'été, sans pour autant qu'une écume généralisée ait été observée, même jusque tard en saison (septembre et octobre). La situation 2007 a donc différé de la situation 2006 où, à partir du 17 août, le lac a été couvert d'une épaisse écume verte laquelle n'a pas disparu avant les froids de novembre.

-Par contre, à l'occasion certaines zones du lac ont présenté une écume en surface. La plupart du temps, cette écume a disparu après quelques heures, au plus quelques jours.

3.6 Les mises en garde de l'agence de santé et des services sociaux de la Montérégie; la toxicité des cyanobactéries

Au cours de l'été 2007, deux mises en garde ont été émises de même qu'un avis de fermeture des plages publiques.

-Le 27 juin 2007, l'agence de la santé et des services sociaux de la Montérégie a émis un avis de mise en garde. Au moment d'écrire ces lignes, cet avis était toujours en vigueur.

-Le 24 juillet 2007, l'agence de la santé et des services sociaux de l'Estrie émettait une mise en garde de santé publique concernant le ruisseau Quilliams; cet avis, au 31 décembre, était toujours en vigueur.

-Le 30 juillet, l'agence de la santé et des services sociaux de la Montérégie émettait un nouvel avis s'appliquant aux plages Douglas et du Club Nautique.

-Les avis de la plage Douglas et du club nautique ont été levés respectivement les 14 août et le 17 août 2007.

La toxicité des cyanobactéries a été établie comme suit pour les deux dates où des prélèvements ont été effectués par les officiers du MDDEP (suite à des signalements faits par des riverains).

Tableau 7 : Résultats des cyanotoxines totales (intra et extracellulaires) suite au prélèvement du 27 juin 2007 (Centre d'expertise d'analyse environnementale, MDDEP)

	Marina Knowlton	Plage Tiffany	Pointe Fisher	Limite de détection de la méthode
Microcystine-LR	<0,04 µg/l	<0,04 µg/l	<0,04 µg/l	0,04 µg/l
Microcystine-RR	<0,03 µg/l	<0,03 µg/l	<0,03 µg/l	0,03 µg/l
Microcystine-YR	<0,02 µg/l	<0,02 µg/l	<0,02 µg/l	0,02 µg/l
Anatoxine-A	<0,02 µg/l	<0,02 µg/l	<0,02 µg/l	0,02 µg/l

Tableau 8 : Résultats des cyanotoxines totales (intra et extracellulaires) suite au prélèvement du 30 juillet 2007 (Centre d'expertise d'analyse environnementale, MDDEP)

	Plage Douglass	Plage Tiffany	Plage du club nautique	Limite de détection de la méthode
Microcystine-LR	<0,04 µg/l	<0,04 µg/l	<0,04 µg/l	0,04 µg/l
Microcystine-RR	<0,03 µg/l	<0,03 µg/l	<0,03 µg/l	0,03 µg/l
Microcystine-YR	<0,02 µg/l	<0,02 µg/l	<0,02 µg/l	0,02 µg/l
Anatoxine-A	<0,02 µg/l	<0,02 µg/l	<0,02 µg/l	0,02 µg/l

• Discussion

On se souviendra que le protocole de prise de décision du MDDEP et du MSSS lors d'épisodes de proliférations de cyanobactéries procède du principe de précaution et s'appuie sur un constat visuel confirmé par la suite par les résultats de tests en laboratoire.

Les résultats obtenus quant aux teneurs en cyanotoxines sont tous inférieurs aux normes de détection de la méthode d'analyse par le laboratoire et bien en deçà des normes du MDDEP.

Dans tous les cas, la toxicité a été de loin inférieure aux normes du ministère autant pour les activités aquatiques que pour l'utilisation de l'eau potable. Les normes en usage sont montrées au tableau suivant.

Tableau 9 : Tableau des normes de toxicité des cyanobactéries suggérées par Santé Canada et l’Institut de santé publique du Québec (INSPQ) et appliquées par le MDDEP

	Normes pour l'eau potable	Normes pour l'eau récréative
Microcystines (total) ⁶	1,5 µg/l	16 µg/l
Anatoxine-A	3,7 µg/l	40 µg/l

Ainsi, les résultats obtenus pour les 5 sites de prélèvement sont au moins 24 fois inférieurs aux normes du MDDEP (signalons que ce 24 fois est probablement conservateur), ce qui signifie que les cyanobactéries analysées contenaient à peu pas d'hépatotoxines. Il ne faut cependant pas oublier que toutes les cyanobactéries contiennent des dermatotoxines irritantes pour la peau et les muqueuses en situation de bloom.

3.7 Les résultats de la firme BlueLeaf

La firme BlueLeaf de Drummondville, de concert avec l'Observatoire de l'environnement et du développement durable (OEDD) de l'Université de Sherbrooke, a effectué au cours de l'été des prélèvements corroborant pour l'essentiel nos propres observations, à savoir que les cyanotoxines ont été décelées en très faibles quantités tout au cours de la saison. Il s'agissait pour la firme BlueLeaf d'une première au lac Brome. La mise au point des étapes méthodologiques et des protocoles a sans doute exigé certains ajustements.

À la demande de RLB, la firme a mesuré les niveaux de phosphore total au cours des semaines du 14 août et du 21 août, enregistrant des concentrations de 101 et 65 µg/l au site de prélèvement de la plage Tiffany et de 59 et 62 µg/l au barrage Foster qui ne correspondent pas aux résultats de l'Université de Sherbrooke ni à ceux du MDDEP (station à l'exutoire), comme nous l'avons souligné précédemment.

De plus, les résultats élevés obtenus quant au niveau de pH (souvent au-dessus de 8,0) nous semblent suspects et ne correspondent pas à nos propres données.

Quant au dosage des cyanotoxines, les résultats obtenus sont toujours inférieurs aux limites de détection (i.e. 0,02 µg/l), sauf pour le 20 juin (0,29 µg/l), le 26 juin (0,26 µg/l) et le 21 août (0,87 µg/l) à la plage Tiffany et le 21 août (0,88 µg/l) au barrage Foster. Il semble donc que les concentrations toxiques aient toujours été inférieures à la norme de 1,5 µg/l du MDDEP pour l'eau potable (2 fois inférieures à la norme dans le pire des cas échantillonnés).

⁶ À noter que dans le cas des microcystines, il faut additionner les résultats des trois microcystines (LR-RR-YR) après avoir appliqué un facteur de correction de toxicité équivalente de 0,1 pour la RR. Pour les résultats du 27 juin à la plage Tiffany, on obtient 0,063 (en utilisant les concentrations de la limite de détection, la réalité étant inférieure, rappelons le), ce qui est 24 fois inférieur à la norme de 1,5 µg/l.

Il faut également noter que les résultats de BlueLeaf n'ont pas été réalisés auprès de laboratoires accrédités par le MDDEP.

L'annexe présente le tableau synthèse des résultats publiés hebdomadairement par BlueLeaf.

4. **LES RÉSULTATS DU PROGRAMME DES « AFFLUENTS »**

L'Observatoire de l'environnement et du développement durable de l'Université de Sherbrooke a effectué du 1^{er} mai 2007 au 10 octobre 2007 et pour la troisième année consécutive, le suivi des 6 affluents du lac, selon 13 stations de prélèvement (voir en annexe 2 la localisation de chacune des stations). Les paramètres mesurés furent le taux d'oxygène dissous, le pH, la conductivité, l'azote et la concentration de phosphore.

• Résultats

Quoique Ville de Lac Brome ait pris la responsabilité d'effectuer une analyse détaillée des résultats obtenus et d'en produire un rapport synthèse avant la prochaine saison, RLB a examiné les résultats obtenus et en fait ressortir ici les principaux éléments.

Le tableau qui suit montre les dépassements des critères de qualité pour quelques paramètres de la qualité de l'eau.

Tableau 10 : Dépassements des critères de qualité du MDDEP

Paramètres	Critères MDDEP	Nbre de dépassements	Valeurs extrêmes	Stations principalement concernées par les dépassements
pH	6,5< pH >8,5	5	5,5	Pearson (au lac)
Saturation en O ₂	<47%	0		
Phosphore total	>20 µg/l	85/111 (77%)	8 – 89	Inverness (ch. Mill), Pearson (au lac, McLaughlin (Tiffany), Quilliams (au lac)

Le tableau qui suit présente les résultats sous forme de notes de passages quant à la conformité aux normes du Ministère.

Tableau 11 : Notes de passages des affluents selon certains critères de qualité du MDDEP (9 observations par station, 13 fois sauf quelques cas particuliers)

Stations	pH (6,5 < pH <8,5)	Saturation O ₂ (>47%)	Pt (<20µg/l) ⁷
Argyll	89%	100%	33%
Pearson lac	78%	89%	0%
Pearson Centre	100%	100	44%
Barrage	100%	100%	44%
McLaughlin (Tiffany)	89%	100%	0%
Golf Knowlton ⁸	100%	100%	66%
Coldbrook	100%	100%	55%
Quilliams lac	100%	100%	22%
Durrell Foster	100%	100%	44%
Quilliams Witcher	100%	100%	11%
Inverness Lac	100%	100%	0%
Inverness Mill	100%	100%	11%
Inverness 3	89%	100%	0%

Du point de vue du phosphore total, par rapport à la saison 2006, il semble que la situation ne se soit pas vraiment améliorée puisque les dépassements en phosphore total qui comptait pour 79% (82 sur 96 observations) en 2006 sont passés à 77% (85 dépassements sur 111 observations) en 2007. Indubitablement, la lutte aux sources de phosphore est la priorité des actions à effectuer sur le bassin versant.

Le tableau qui suit présente les concentrations moyennes observées dans chacun des affluents pour chacune des campagnes 2005, 2006 et 2007 de même que la moyenne pour les 3 années. Retenons qu'il entre toujours beaucoup trop de phosphore par les affluents.

Tableau 12 : Concentrations moyennes de Pt dans chacun des affluents pour 2005, 2006 et 2007 en µg/l (prélèvements par l'Université de Sherbrooke)

Stations	2005	2006	2007	Moyenne des 3 années
Argyll	29,0	29,0	28,6	28,8
Pearson lac	45,7	39,3	38,0	40,7
Pearson Centre	42,9	28,4	28,1	32,5
Barrage	31,9	33,0	24,0	29,3
McLaughlin (Tiffany)	43,4	30,4	37,9	37,0

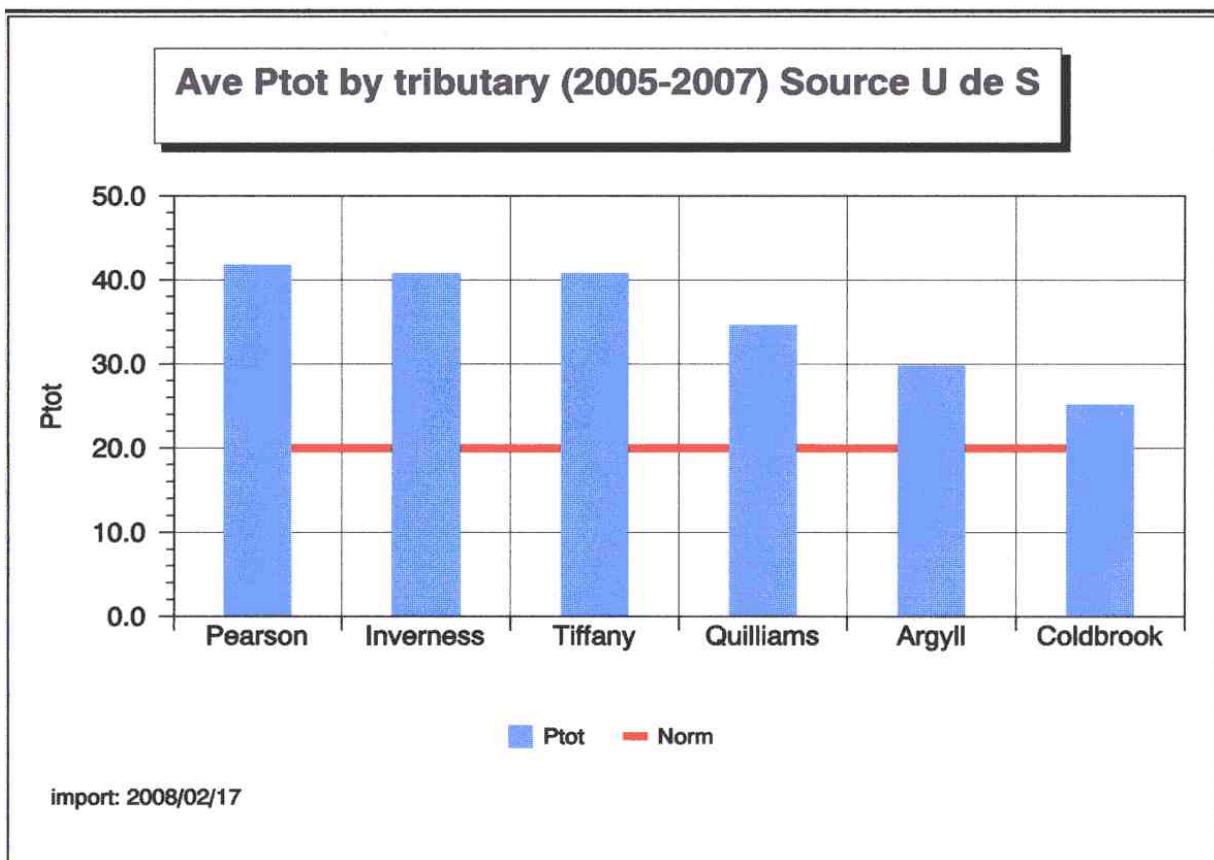
⁷ Résultats portant sur 9 campagnes pour toutes les stations sauf la station du Golf Knowlton (3 prises d'échantillon puisque le ruisseau était à sec les autres occasions); un grand total de 111 observations.

⁸ 3 prélèvements ont pu être effectués à cette station, le reste du temps, le ruisseau étant à sec.

Golf Knowlton ⁹	63,5	31,9	31,7	36,7
Coldbrook	25,9	24,0	22,4	24,0
Quilliams lac	52,9	32,3	28,9	37,0
Durrell Foster	29,7	29,6	20,3	26,2
Quilliams Witcher	30,1	33,8	26,3	29,9
Inverness Lac	46,8	40,0	35,6	40,0
Inverness Mill		38,3	45,9	42,3
Inverness 3			49,6	49,6

La figure qui suit présente les mêmes données sous forme de diagramme à barres.

Figure 1 : Concentrations moyennes de Pt dans chacun des affluents pour la période 2005 à 2007 en µg/l (prélèvements par l'Université de Sherbrooke)



⁹ 3 prélèvements ont pu être effectués à cette station, le reste du temps, le ruisseau étant à sec.

• Discussion

- Les principaux paramètres de qualité de l'eau sont en général conformes aux critères de qualité énoncés par le MDDEP, sauf pour le phosphore total.
- Le phosphore total, élément critique pour la prolifération des cyanobactéries, reste toujours problématique sur tous les affluents, tout au long de la saison. Une analyse de terrain plus détaillée est requise pour identifier les sources de contamination, les caractériser et mettre en place des solutions concrètes pour diminuer les apports en phosphore si néfastes au lac.
- En fait, les affluents où la concentration de Pt respecte la norme sont l'exception et dans certains affluents il n'est pas rare de constater des teneurs de 3 à 4 fois plus élevées que la norme de 20 µg/l.
- Les cas du Quilliams, du Pearson, du McLaughlin (Tiffany) et de l'Inverness méritent une attention particulière.

a) Le Quilliams

Rappelons que le Quilliams, dans lequel se jette le Durrell, compte pour 49% de l'apport en eau du bassin versant (selon Teknika 2007). Teknika estime que le Quilliams-Durrell contribue pour 54% des apports en Pt dans le lac. Il s'agit donc d'un affluent critique où les dépassements en P ont des impacts significatifs sur l'ensemble du lac. Par contre, la configuration exacte du panache des eaux du Quilliams dans le lac (vers l'exutoire, vers l'île Eagle, en forme de d'entonnoir ou autrement) est inconnue et devrait faire l'objet d'un avis par un expert en hydrologie.

Le tableau qui suit présente les résultats obtenus en teneur de phosphore total et d'azote totale pour le Quilliams (au point de prélèvement le plus près du lac).

Tableau 13 : Teneurs observées en Pt et en Azote total dans le Quilliams, à son embouchure – saison 2007

Quilliams (près de la R243)	Pt ($\mu\text{g/l}$)	Azote t (mg/l)	Ratio Nt/Pt
01-05-07	26	0,475	18,3
22-05-07	19	0,301	15,8
12-06-07	35	0,166	4,7
03-07-07	42	0,289	6,9
24-07-07	35	0,283	8,1
08-08-07	23	0,304	13,2
28-08-07	30	0,298	9,9
17-09-07	35	0,275	7,9
9-10-07	15	0,238	15,9
Moyenne	29	0,290	11,2

La position du Quilliams est d'autant plus importante que tout juste en amont (à moins d'un kilomètre du lac) se trouve une ferme où se fait de l'épandage de purin et où les bandes riveraines du ruisseau sont quasi-inexistantes. Sachant que les citernes d'épandage peuvent contenir des milliers de litres de purin à très forte concentration de P, il y a lieu de mieux encadrer cette pratique et de chercher à en limiter les effets néfastes. De plus, il faudrait mieux connaître les impacts du rejet des eaux usées après traitement (données non connues pour le moment?) par l'Auberge Quilliams, tout juste à proximité de l'embouchure du ruisseau.

Par ailleurs, le Quilliams prend sa source jusqu'à Stukely-Sud et traverse de nombreux terrains sans que les bandes riveraines assurent une protection adéquate contre l'érosion et le ruissellement des eaux de surface chargées de sédiments et de phosphore.

Un échantillon pris par la municipalité de Stukely-Sud le 11 juillet 2007 a montré une concentration en Pt de 540 $\mu\text{g/l}$ dans l'eau du Quilliams (à l'une des branches de tête du ruisseau, près de la R112), ce qui est très élevé et reflète probablement une contamination ponctuelle. Il faudra investiguer cette contamination et prendre les mesures requises. Rappelons que le Quilliams a fait l'objet d'une mise en garde de santé publique le 24 juillet 2007, précisément suite au constat visuel de prolifération de cyanobactéries fait le 11 juillet par le MDDEP.

b) Le Durrell

Le Durrell présente le cas particulier de passer au milieu d'un terrain de golf (Golf de Lac Brome), en plus de comporter les plus hauts niveaux de conductivité ($\mu\text{S/cm}$). La conductivité évalue l'abondance des sels minéraux dissous. L'eau douce a une valeur inférieure à 200 $\mu\text{S/cm}$ alors qu'une eau dure (minérale) a une valeur de 1 000 $\mu\text{g/l}$.

La plupart des affluents ne présentent pas de problèmes particuliers en termes de conductivité. Par ailleurs, il a déjà été expliqué que la conductivité élevée des eaux du Durrell est entre autres un effet du dépôt de sel du ministère des Transports, à proximité de l'autoroute 10, à la sortie 90. Cependant, cette situation ne semble pas causer de problèmes significatifs et un avis devrait être expédié au ministère des Transports pour les informer de la situation.

De plus, le 10 août 2007, nous avons prélevé un échantillon d'eau dans le Durrell au centre du terrain de golf. La concentration de Pt s'est élevée à 13 µg/l (nos prélèvements à la station légèrement en amont sur le chemin Foster avaient indiqué 14 µg/l le 8 août et 21 µg/l le 21 août). Ces résultats nous laissent croire qu'il y a peu de problèmes dans cette section du Durrell. Évidemment, il faut continuer d'encourager les exploitants du terrain de golf à poursuivre leurs bonnes pratiques environnementales en particulier en ce qui concerne les fertilisants.

Un intérêt additionnel du Durrell est le fait qu'il passe à proximité d'une gravière, qu'il est aussi à proximité du village de Foster où la problématique des installations septiques est soulevée régulièrement.

c) Le Coldbrook

Le ruisseau Coldbrook est le deuxième en importance quant au débit (26% selon Teknika, 2007). Toujours selon Teknika, ses apports en Pt sont importants et comptent pour 25,8% du total des apports de Pt dans le lac, malgré une concentration moyenne plus faible qu'ailleurs. Sans doute l'étang Mill, au centre du village de Knowlton, joue un certain rôle de captage des sédiments. Des prélèvements en amont et en aval de l'étang permettraient de clarifier cette question.

Ce ruisseau prend sa source loin dans Bolton-Ouest et passe à proximité de gravières. Le projet de reboisement des rives du ruisseau aidera à réduire les apports en phosphore. De plus, l'impact du développement résidentiel est à surveiller.

d) Le Pearson

Les teneurs en phosphore dans le Pearson sont relativement importantes tout au long de la saison. Ce fait, malgré la superficie relativement modeste de son bassin versant, motive un suivi sérieux.

Tableau 14 : Moyennes des teneurs en Pt en µg/l observées dans le Pearson (2005 / 2006 / 2007)

Site	Mai	Juin	JUILLET	Août	Sept.	Oct.
Embouchure	25,2	42,2	39,0	42,8	49,7	43,7
Ch. Centre	14,5	49,2	32,3	28,0	38,7	29,7

Signalons qu'un prélèvement additionnel, le 20 novembre 2007, a été effectué sur la branche « sud » du ruisseau Pearson où il traverse le chemin Knowlton, a donné

des résultats de 13 µg/l en Pt. Ce même jour, un relevé de comparaison effectué au pont du chemin Centre donne 21 µgr/l.

Il est clair que l'eau du Pearson, même si elle s'enrichit entre le chemin Centre et le lac (ferme «Canards du lac Brome Itée», station de pompage des eaux usées et quartier résidentiel) arrive à cet endroit déjà relativement chargée de P. Il faudra investiguer davantage les causes de cet enrichissement : quartier Jolibourg, saturation de sol, exploitation agricole sur Tibbits Hill, activités commerciales et industrielles ou autres facteurs?

Pour plus d'information, RLB a produit un document «État de situation du sous bassin versant *Pearson* et propositions de mesures correctives pour réduire les apports de phosphore au lac Brome (janvier 2008).

e) Le McLaughlin (Tiffany) et l'Argyll

Ces deux ruisseaux prennent leur source dans les monts Foster et Gauvin. Ils comportent un bon débit et affichent eux aussi, tout comme les autres affluents, des concentrations en phosphore beaucoup trop élevées.

Les causes de contamination sont probablement dues aux exploitations agricoles et à des pratiques non conformes de certains propriétaires dans la montagne; encore là le projet de reboisement des rives des affluents devrait aider. Une meilleure identification des sources de contamination est requise. Le rôle des terres humides est également mal connu et pourrait être davantage investigué (rôle d'absorption, rôle d'émission de P).

f) L'Inverness

L'Inverness présente la particularité de traverser le club de golf Inverness en plus de présenter des concentrations en phosphore parmi les plus élevées de nos échantillons. Malgré que le débit ne soit pas énorme, ce ruisseau doit faire l'objet d'une attention particulière, car il se déverse dans une baie peu profonde, à la tête du lac, dans l'axe des vents dominants. De façon plus précise, RLB a produit un document «État de situation du sous bassin versant Inverness et propositions de mesures correctives pour réduire les apports de phosphore au lac Brome (janvier 2008). À noter que les teneurs en azote total¹⁰ (Nt) y sont nettement plus élevées que dans le Quilliams. Il faudra à l'avenir ne pas négliger les concentrations en azote.

¹⁰ L'azote total est la somme de l'azote organique et de l'ammonium (NH_4). La dégradation de l'azote organique dégage de l'ammonium; des concentrations élevées en azote total sont typiques de bassins versants agricoles et pourraient résulter de l'apport d'engrais. Les nitrites (NO_2) et les nitrates (NO_3) sont les formes oxygénées de l'azote. Une concentration élevée des nitrates indique une pollution industrielle ou un lessivage important de terres agricoles. À noter que les nitrites et les nitrates ne sont pas inclus dans l'azote total; les laboratoires fournissent souvent des résultats distincts. Par ailleurs, ils sont en quantités beaucoup plus faibles.

En effet¹¹, bien qu'en général les études confirment qu'une augmentation de la charge en phosphore peut accroître l'incidence des blooms toxiques et la concentration des toxines produites, certaines espèces semblent favorisées par de fortes concentrations en azote plutôt qu'en phosphore. Le ratio Nt/Pt variant entre 10 et 16 est considéré comme optimal pour la croissance des cyanobactéries. De plus, 50% des engrais utilisés au Canada contiennent de l'azote sous forme d'urée laquelle constitue la source préférée d'azote des cyanobactéries. Selon Leavitt¹², la production des cyanotoxines augmente avec la croissance des cyanobactéries et l'apport en azote.

Tableau 15 : Teneurs observées en Pt et en azote total dans l'Inverness, à son embouchure – saison 2007

Inverness (près de la R215)	Pt ($\mu\text{g/l}$)	Azote total (mg/l)	Ratio Nt/Pt
01-05-07	25	,947	37,9
22-05-07	20	,320	16,0
12-06-07	47	,376	8,0
03-07-07	39	,424	10,9
24-07-07	41	,584	14,2
08-08-07	25	,539	21,6
28-08-07	35	,640	18,3
17-09-07	46	,472	10,3
9-10-07	42	,430	10,2
Moyenne	35,6	,530	16,4

5. L'ANALYSE DE CERTAINES QUESTIONS PARTICULIÈRES

RLB a amorcé en 2007 l'étude de certaines problématiques souvent soulevées par ses membres et pouvant constituer des facteurs de contamination de l'eau. Les dossiers ayant fait l'objet de travaux sont :

- la ferme Canards du Lac Brome ltée
- la circulation des embarcations à moteur et le brassage des sédiments
- les surverses des égouts municipaux
- le phosphore relargué des sédiments.

Au cours des prochaines années, ces questions devront être approfondies, selon une démarche rigoureuse de concert avec les concernés. D'autres dossiers seront également étudiés, comme l'Auberge Quilliams, les Emballage Knowlton, et d'autres.

¹¹ Voir à ce sujet, Lavoie, Lorion, et al, Les fleurs d'eau de cyanobactéries, revue de littérature, INRS, rapport 916, 2007.

¹² ibidem.

5.1 La ferme Canards du Lac Brome ltée

Canards du Lac Brome ltée jouxte les deux ruisseaux Pearson et Coldbrook. Quoique les installations et les procédures d'exploitation aient été révisées en 2001-2002, sous la supervision du MDDEP, et soient vraisemblablement conformes aux normes, RLB observe des apports de phosphore dans le segment du ruisseau Pearson entre le pont de la rue Centre et l'embouchure du ruisseau (accroissement de l'apport moyen de 35%, la concentration moyenne passant de 28,1 µg/l à 35 µg/l). Cette observation est d'ailleurs constante depuis plusieurs années (voir à ce sujet les rapports annuels de l'Université de Sherbrooke 2005 et 2006).

Une analyse détaillée de la situation a été effectuée par une équipe de RLB, incluant des analyses de sol et des analyses d'eau additionnelles. Un rapport intitulé « État de la situation à la ferme Canards du Lac Brome ltée a été préparé et des propositions de mesures correctives pour réduire les apports de phosphore au lac Brome » ont été formulées.

Une rencontre avec les responsables de la ferme Canards du lac Brome ltée a eu lieu le 20 novembre 2007 pour discuter de la situation et proposer des mesures correctives. RLB a bon espoir que ces mesures seront mises en application à court terme étant donnée la bonne collaboration des dirigeants. Un suivi devra être effectué tôt en 2008 quant à cette question.

De plus, le 20 novembre 2007, des échantillons de sol supplémentaires ont été prélevés, à la demande de la direction de « Canards du lac Brome ltée », afin d'évaluer la situation sur une autre partie de la ferme.

Une évaluation de la qualité des eaux de ruissellement et des eaux souterraines sur les terrains de la ferme pourrait nous instruire sur les apports réels de ceux-ci.

5.2 La circulation des embarcations à moteur et le brassage des sédiments

Dès le début de l'année 2007, RLB a effectué une recherche exhaustive sur les effets de la circulation des embarcations à moteur et le brassage des sédiments, contribuant ainsi à la remise en suspension du phosphore contenu dans les sédiments. Ainsi, RLB a :

- consulté et résumé plus de 10 articles scientifiques abordant spécifiquement cette question;
- consulté deux experts dans le domaine, notamment Dr. Asplund de l'Université du Wisconsin et auteur de plusieurs recherches sur le sujet;
- rencontré à quelques reprises les représentants de l'Association des plaisanciers du lac Brome dont son président.

De toutes ces analyses, il ressort que la circulation des embarcations à moteur dans les eaux peu profondes (moins de 3 mètres) brasse les sédiments et contribue à rendre bio-disponible une quantité non négligeable du phosphore contenu dans les sédiments.

Les experts consultés ont confirmé cette conclusion et ont suggéré qu'une protection additionnelle soit mise en place au lac Brome quant à la profondeur minimum où les embarcations à moteur peuvent circuler à une vitesse dépassant le « sans sillage » ou le « no-wake ». Le document du comité technique intitulé «Rapport du sous-comité des sédiments » (21/07/07) a été publié et déposé à la Ville et à d'autres intervenants du milieu.

Forts de ces constats scientifiques, RLB a effectué des démarches auprès de Ville de Lac Brome et de son comité de sécurité nautique. Des échanges ont eu lieu portant sur les propositions de RLB notamment le fait d'abaisser la vitesse dans la zone actuelle de circulation réduite (5 km/h plutôt que 10 km/h), le fait d'ajouter un critère de profondeur de 3 mètres dans cette zone, le fait de modifier les procédures de départ et d'arrivée des embarcations à moteur (en dehors de la zone de circulation à vitesse réduite) qui remorquent des skieurs et quelques autres propositions que le lecteur intéressé pourra trouver dans le document du comité technique. RLB a également fait remarquer la lourdeur de la procédure actuelle de signalement d'infractions laquelle exige de contacter le 9-1-1, procédure qui rebute certainement plusieurs citoyens.

RLB espère que ses recommandations seront prises en compte dans la future réglementation concernant la circulation des embarcations à moteur sur le lac Brome et le ruisseau Pearson.

5.3 Les surverses des égouts municipaux

En juin 2007, RLB a demandé à la Ville, nommément à l'officier responsable de l'application de la loi d'accès à l'information, les rapports concernant les surverses en provenance du système d'égout municipal : occurrences, durées, concentrations en Pt, localisations.

RLB espère recevoir ces données dans un avenir rapproché et en tenir compte dans ses futures analyses de l'état du lac. Les données du MAMR (répertoriées au système SOMAE ou Suivi des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux) font état de 15 épisodes de surverses à la station de VLB en 2006, sans malheureusement en préciser la durée. Nous ignorons quelle a été la situation en 2007.

5.4 Le phosphore relargué des sédiments

La question du phosphore relargué par les sédiments est très controversée. En effet :

- Prairie et del Giorgio (1994) ont longuement étudié cette question et conclu à un relargage substantiel de phosphore en provenance des sédiments, soit par le phénomène d'anoxie (en eau profonde), soit par l'activité organique (dans les zones peu profondes). Les deux chercheurs avaient évalué le phosphore ainsi relargué à environ 1 500 kg / an.
- Nurnberg (1998) a essentiellement utilisé les données d'études précédentes et a appliqué ses propres modèles d'évaluation et de simulation. Elle a ainsi confirmé les résultats de Prairie et del Giorgio et estimé un apport endogène de 2 000 kg/an.

Cependant, Nurnberg concluait que peu de mesures concrètes et efficaces pouvaient enrayer le phénomène. La spécialiste en limnologie suggérait de mettre l'accent sur le contrôle des apports par les affluents.

- Le MDDEP confirmait cette orientation en indiquant que le « monstre du lac », résultat de mauvaises pratiques pendant de très nombreuses décennies, pourrait être progressivement vaincu si le P importé du bassin versant était radicalement diminué (« comité mixte » de 2002), profitant ainsi de taux de renouvellement des eaux du lac relativement élevé (9 mois). Le MDDEP se montrait alors prudent face aux interventions directes sur le plan d'eau, la relation coût-bénéfice et l'efficacité des diverses techniques étant peu démontrées.
- Teknika-HBA (2006) dans une étude sur les sédiments du lac Brome concluait : « Les importantes concentrations en phosphore mesurées dans les sédiments du lac démontrent que des sources d'apports sont actives et qu'à ce titre, il y a lieu de penser que l'agriculture n'est pas actuellement la principale cause compte tenu de la faible importance de cette activité dans le bassin versant du lac Brome. À cet égard, la présence des terrains de golf, de la ferme d'élevage de canards, des infrastructures sanitaires municipales, d'installations septiques déficientes et de berges en érosion peuvent être des sources potentielles actives d'apport de sédiments concentrés en phosphore » (...) « Les principales sources de phosphore sont généralement reconnues étant les engrains pour pelouses résidentielles ou golf, les activités agricoles, les infrastructures d'eaux usées déficientes, etc. Cependant, les sédiments de fond du lac peuvent devenir la principale source lorsque ceux-ci sont surchargés, voire saturés en phosphore. Le phosphore contenu dans les sédiments peut être relargué dans l'eau et disponible pour les algues lorsque les conditions du lac sont modifiées (température, oxygène, etc.) »¹³
- Curieusement, Teknika-HBA dans son plan directeur de lutte aux cyanobactéries (2007), faisait de l'apport endogène de phosphore un facteur négligeable en écrivant : « Le brassage continu des eaux du lac par les vagues, couplé à sa faible profondeur, en font un lac non stratifié. Cette donnée est d'autant plus importante qu'elle rend plus difficile le relargage du phosphore accumulé au fond du lac vers les eaux supérieures. Ce constat est renforcé par le fait que les conditions physico-chimiques propices au relargage du phosphore sédiment-eau sont rarement rencontrées et que les sédiments piégés dans les fosses ne représentent en superficie qu'une faible proportion du lac ».

RLB prend acte de toutes ces observations, en partie contradictoires et demeure préoccupé par le phénomène du phosphore endogène. Depuis 2002, RLB a adopté comme stratégie de mieux contrôler les apports exogènes de phosphore en travaillant dans le bassin versant, à la source.

Jusqu'à ce que des expériences concluantes pour limiter le relargage du P ou en contrer les effets soient disponibles et reconnues par le MDDEP, RLB poursuivra ses

¹³ Teknika-HBA, « Échantillonnage et analyse des sédiments du lac Brome », Ville de Lac Brome, décembre 2006.

actions selon l'orientation qui consiste à travailler en amont dans le bassin versant. Si des expériences de dragage devaient un jour être tentées, le ruisseau Pearson et la baie Élizabeth devraient être priorisés à cause de l'abondance des sédiments chargés de phosphore, accumulés au fond de l'eau.

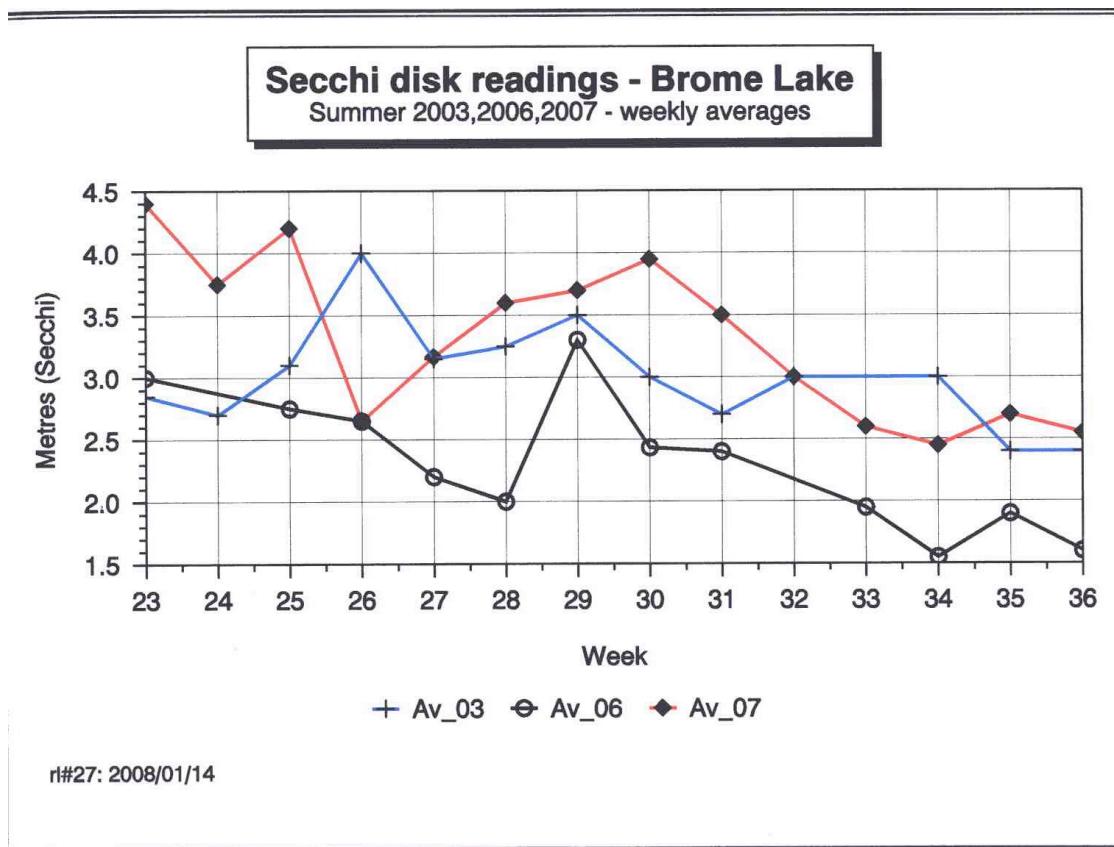
6. TENDANCES HISTORIQUES

6.1 La clarté de l'eau s'améliore-t-elle?

L'examen du la figure 2 montre que durant la saison 2007, la clarté de l'eau a été relativement meilleure que durant la saison 2006 (rappelons qu'un avis de santé publique s'appliquant à l'ensemble du lac avait été édicté le 17 août 2006).

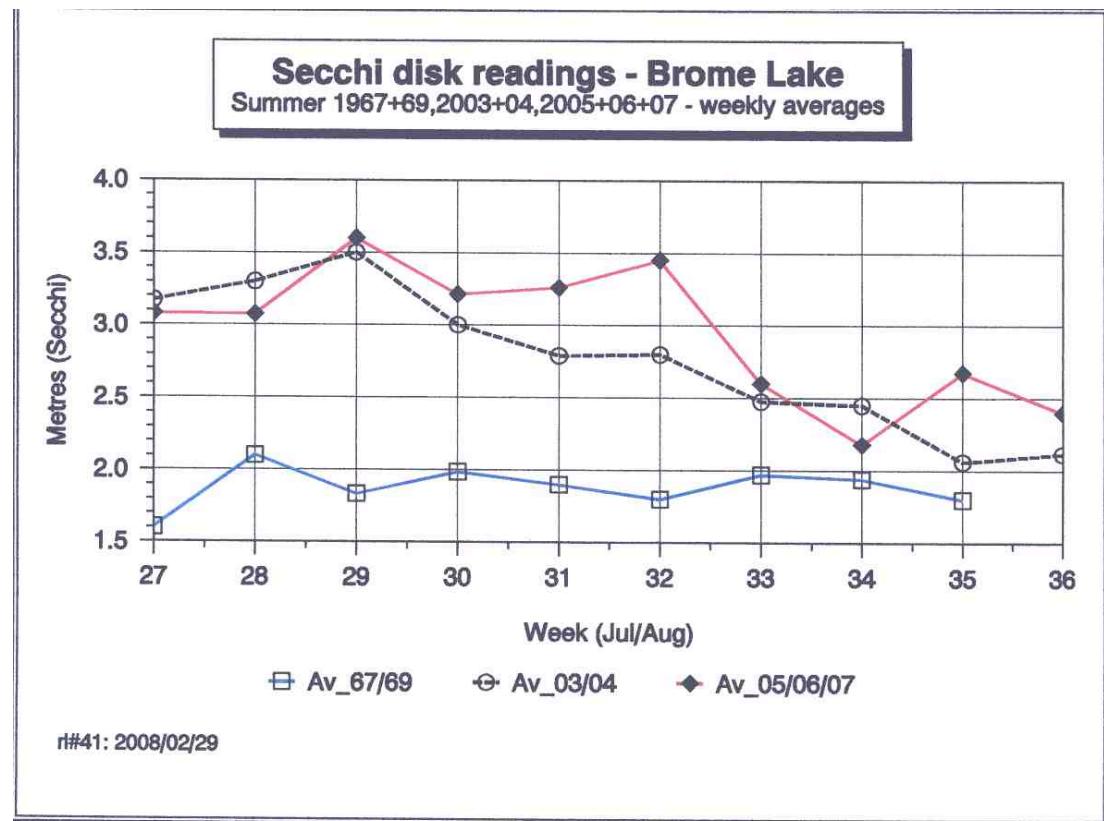
Par contre, la saison 2003 avait été relativement bonne en ce qui concerne la clarté de l'eau. Ainsi, selon les données disponibles, il est impossible de statuer sur l'amélioration ou la dégradation à long terme de la clarté de l'eau.

Figure 2 : Lectures moyennes hebdomadaires du disque de Secchi – saisons 2003, 2006 et 2007 (23e semaine (1^{ère} semaine de juin) à 36^e semaine (1^{ère} semaine de septembre) – moyennes de plusieurs sites sur le lac



Cependant, en faisant un retour en arrière, il est possible que constater l'impact que peuvent avoir des interventions publiques. La figure 3 compare les résultats de 1967-1969, avant la construction du réseau d'égouts, avec ceux de 2003-2004 et ceux de 2005-2007. Il est clair qu'à l'époque la clarté du lac était nettement moins élevée qu'elle l'est maintenant.

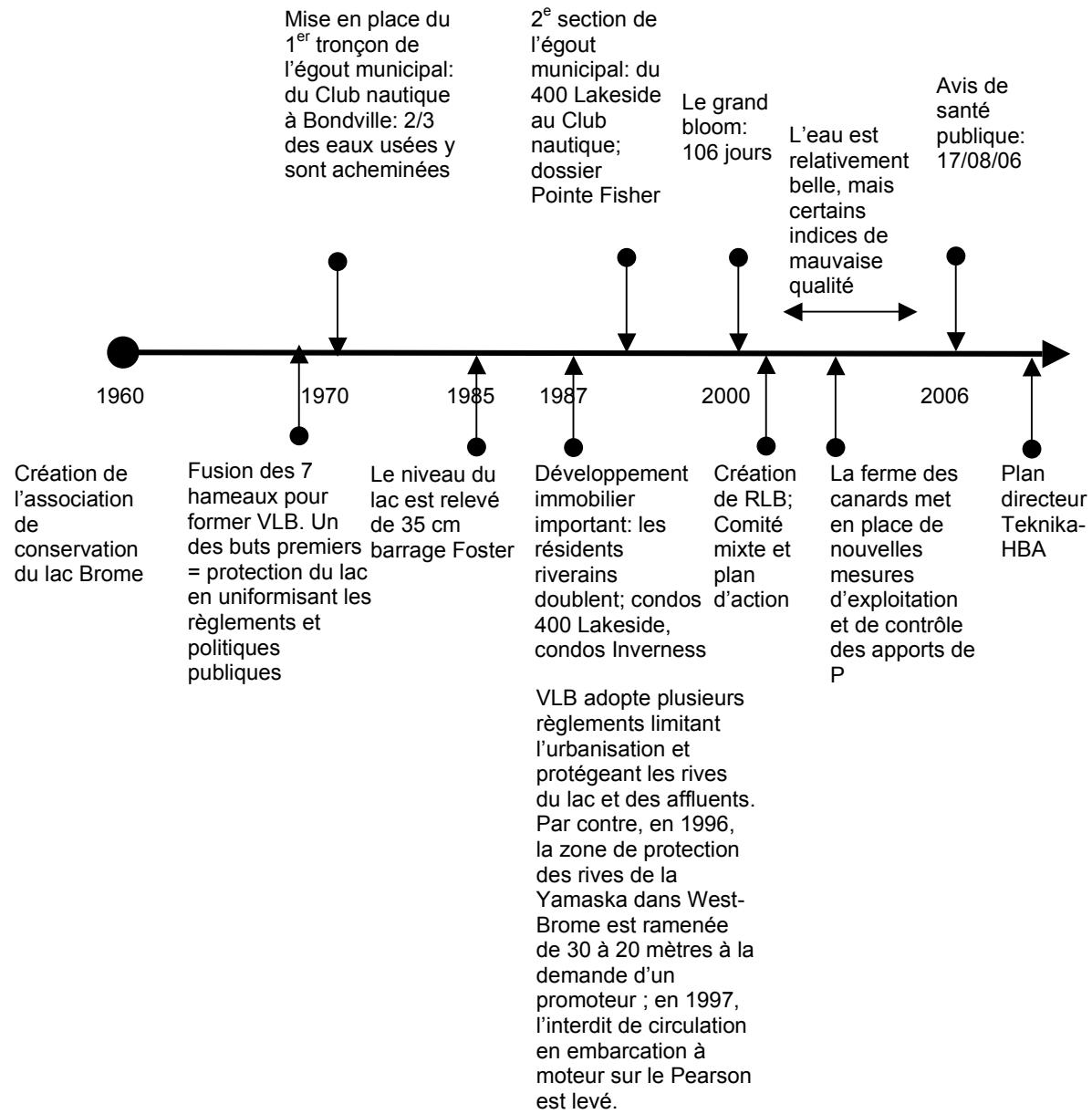
Figure 3 : Lectures moyennes hebdomadaires du disque de Secchi – saisons 1967-1969¹⁴, 2003-2004 et 2005 à 2007 (27e semaine (1^{ère} semaine de juillet) à 36^e semaine (1^{ère} semaine de septembre) – moyennes de plusieurs sites sur le lac par RLB



¹⁴ Données de Desrochers, R., « Brome lake : an eutrophic lake », Université de Sherbrooke, 1969.

Pour que le lecteur saisisse bien le cheminement accompli depuis 40 ans, la figure 4 montre une perspective historique en relatant les principaux événements qui ont marqué les dernières décennies relativement à la santé du lac.

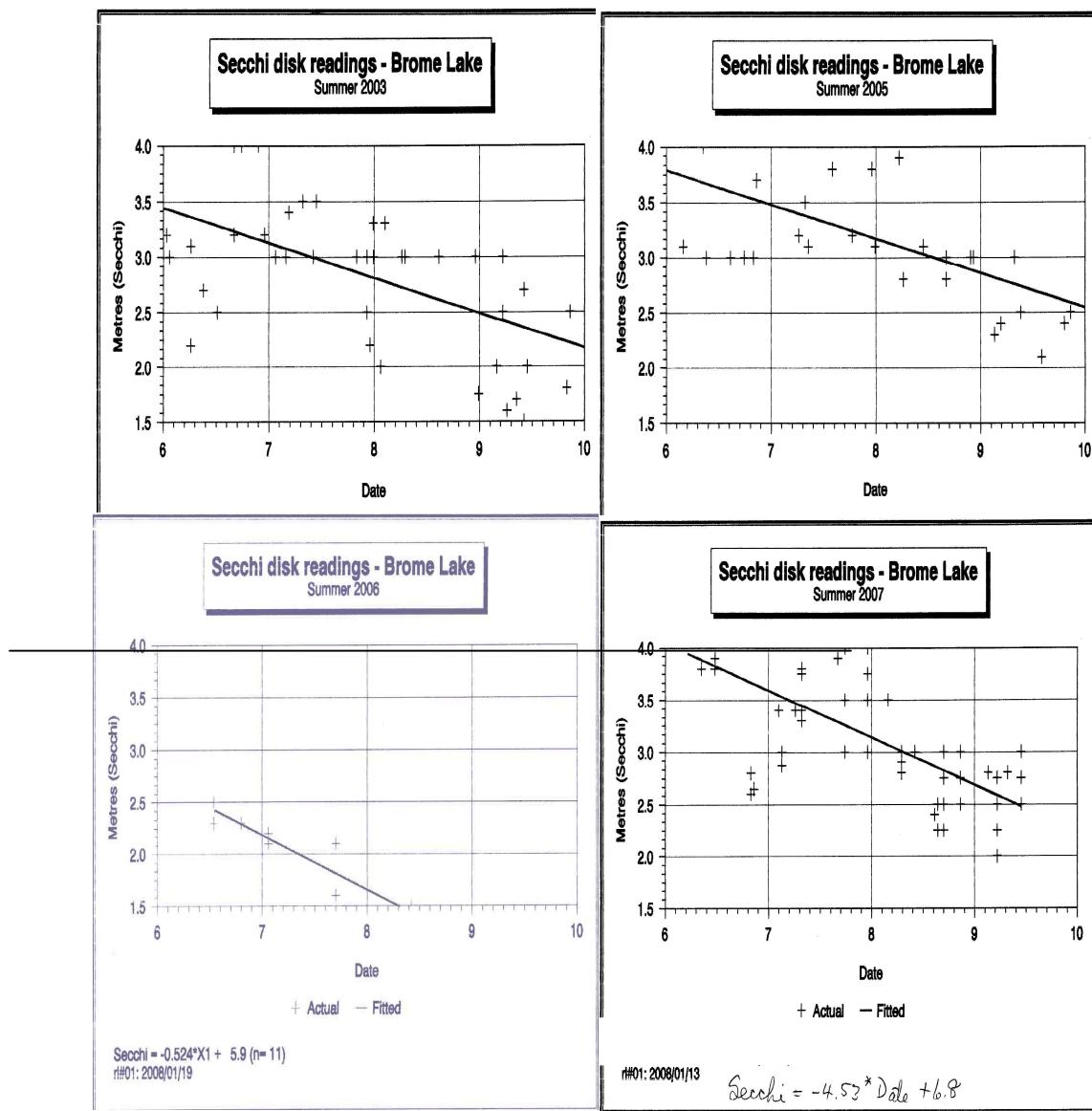
**Figure 4 : Principaux jalons de 1960 à aujourd’hui
(voir annexe pour autres jalons)**



Au fil des années, plusieurs études ont été réalisées. Les plus significatives sont :

- En 1970, Dr Raymond Desrochers, de l'Université de Sherbrooke, établissait, à la demande de l'Association de conservation du lac Brome, le niveau trophique du lac à partir des paramètres physico-chimiques habituels. Sa conclusion : le lac est eutrophique.
- En 1972, juste avant la construction du système d'égout de la nouvelle Ville de Lac-Brome, le ministère des Affaires municipales mandata Dr Michel Parent de la firme Bessette, Crevier, Parent et al, pour effectuer une analyse exhaustive des sources de phosphore entrant dans le lac et d'en établir l'importance relative. Les travaux de M. Parent portèrent surtout sur les sources ponctuelles de phosphore, en particulier les installations septiques et les exploitations commerciales.
- Dr Edouard Maly, de l'Université Concordia, a étudié en 1990-1991, le niveau d'eutrophisation du lac de même que la quantité de coliformes, en tentant d'évaluer si la qualité de l'eau s'était détériorée depuis 1970.
- Dr Paul del Giorgio et Dr Yves Prairie, de l'Université du Québec à Montréal (UQAM) ont effectué, à la demande de Ville de Lac-Brome, une étude exhaustive en 1994, 1995 et 1996. Les chercheurs ont notamment quantifié les apports exogènes et endogènes de phosphore. Leur principal constat : le lac connaît un important phénomène de recyclage de phosphore dû à l'anoxie et à l'activité organique des sédiments (relargage de phosphore, d'où la notion du « monstre du lac »).
- Dre Nurnberg, en 1998, a modélisé les charges de phosphore à partir de toutes les observations précédentes et établi un modèle prédictif intéressant. Plusieurs recommandations d'actions correctives ont alors été faites à VLB.

Figure 5 : Comparaison des lectures Secchi, saisons 2003, 2005, 2006, 2007 et droites de régression



La figure 5 montre les courbes Secchi (et les droites de régression) pour chacune des années concernées. Il est intéressant de noter :

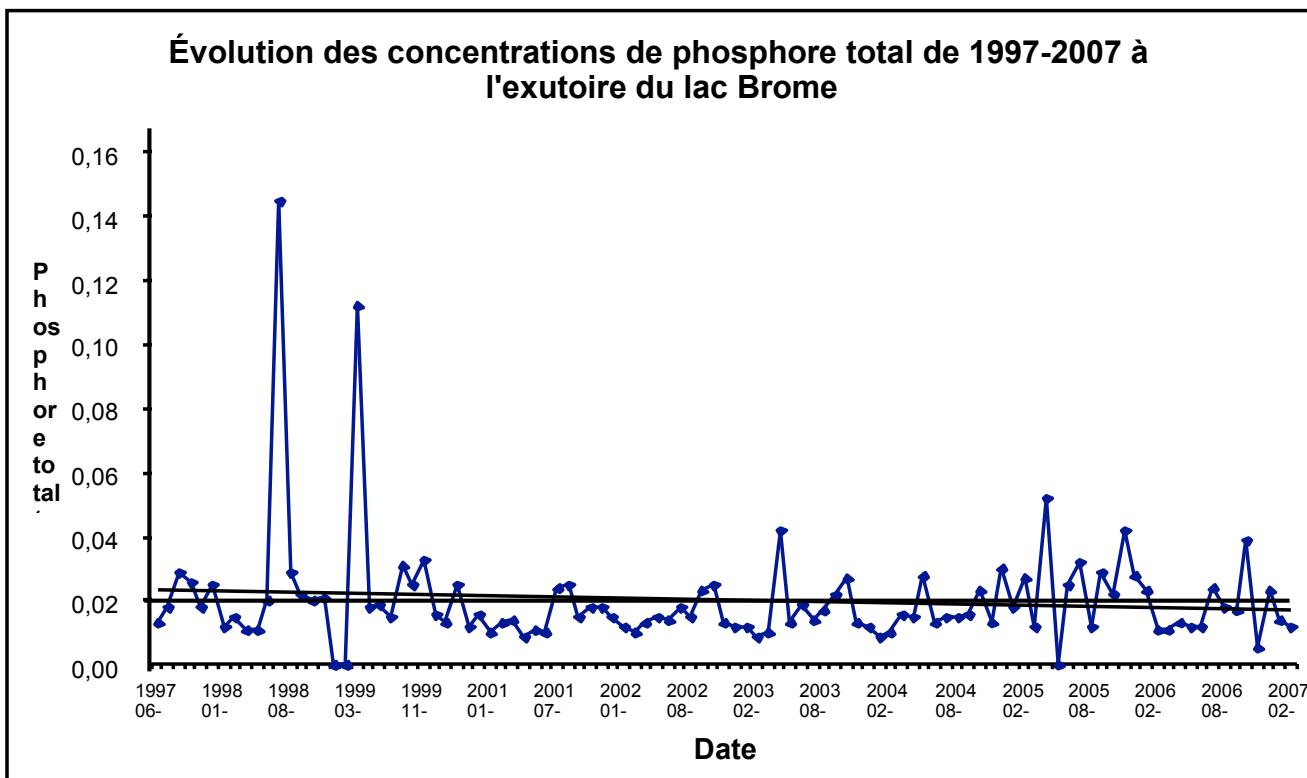
- en supposant la saison 2007 comme une année de référence, on constate que la pire saison, soit 2006, a enregistré comme lecture de départ une lecture nettement moins élevée qu'en 2007 (un peu moins de 2,5 mètres versus 4,0 mètres en 2007);
- la diminution de la clarté de l'eau affiche une progression relativement semblable d'une saison à l'autre (i.e. la pente de la droite de régression est relativement semblable, sauf en 2006 où elle est un peu plus forte);

- cela tend à montrer que les conditions printanières sont très importantes et influencent de façon déterminante le reste de la saison.

6.2 La quantité de phosphore dans l'eau diminue-t-elle?

Selon les données historiques compilées par le MDDEP à partir de prélèvement à la station « barrage-route » (barrage Foster), il semble que, sur un horizon de 10 ans, les concentrations de phosphore total soient en très légère diminution (voir la figure 6, en notant le changement d'échelle de l'axe des Y, l'échelle du MDDEP étant en mg/l; pour obtenir en $\mu\text{g/l}$, simplement multiplier par 1000 les valeurs de Pt de la figure 6). Cela est encourageant quoiqu'il faut rappeler que la situation du lac est très précaire et qu'il n'y a pas de marge de manœuvre, les moyennes avoisinant toujours 20 $\mu\text{g/l}$ et sont souvent supérieures, en particulier lors des périodes estivales. On peut se demander quelle est la concentration de Pt dans le lac, si à l'exécutoire celle-ci est de 20 $\mu\text{g/l}$ et que dans les affluents, elle est au-dessus de 30 $\mu\text{g/l}$ de façon quasi-constante, du moins en période d'été.

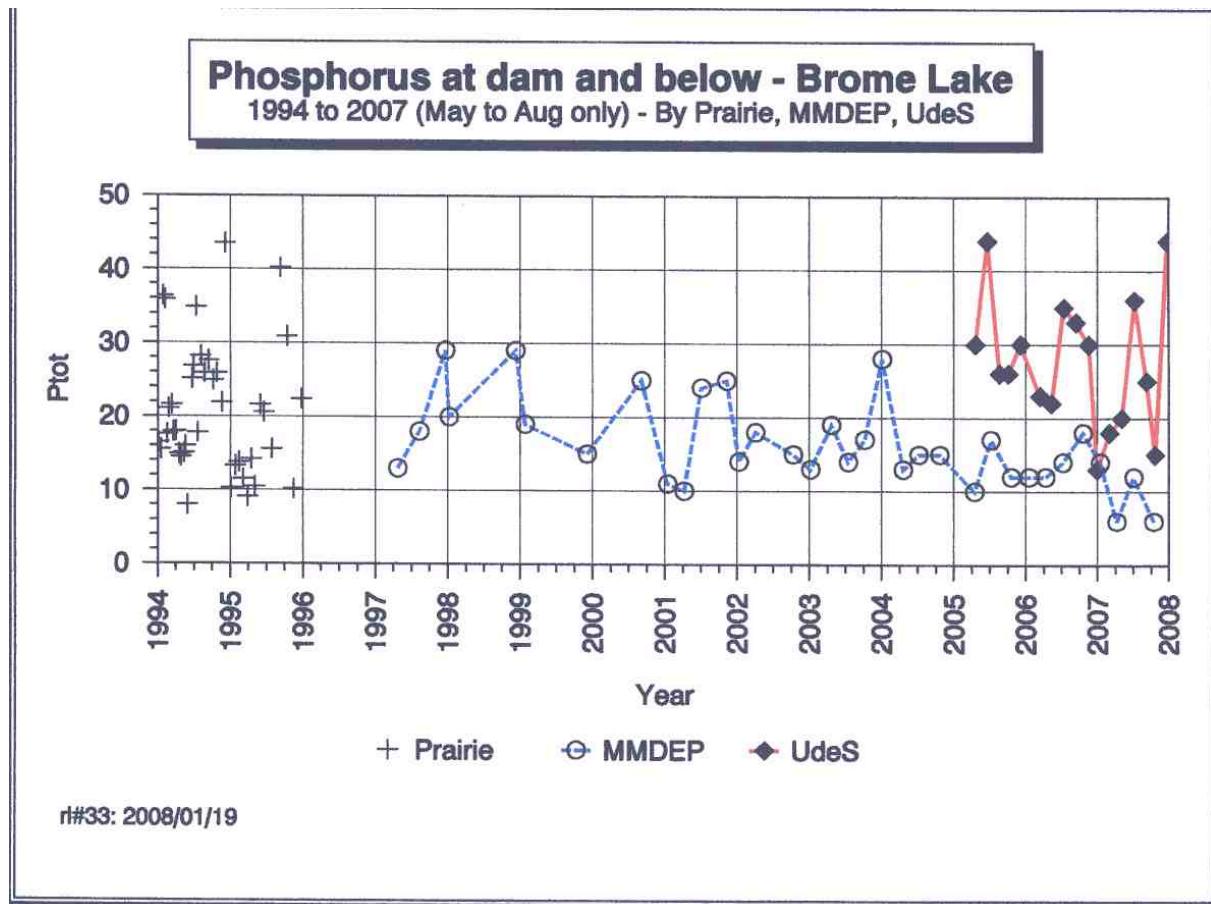
Figure 6 : Évolution des concentrations de Pt à la station du MDDEP en mg/l – sur une période de 10 ans à l'exutoire du lac Brome (droite de régression et norme de 20mg/l)



L'analyse des données du MDDEP nous interpelle en particulier lorsqu'on les compare aux résultats obtenus de l'équipe de l'Université de Sherbrooke pratiquement au même endroit. La plupart du temps, en période estivale, les résultats en Pt rapportés par l'Université de Sherbrooke par rapport aux données du ministère sont du simple au

double, les résultats du MDDEP étant les plus faibles. Il y a lieu d'investiguer cette situation. La figure 7 montre bien cette situation d'écart.

Figure 7 : Évolution des concentrations de phosphore total à l'exutoire du lac Brome, selon les résultats de Prairie (1994-1995), du MDDEP (1997-2007) et de l'Université de Sherbrooke (2005-2007) pour les mois de mai à août)



6.3 La quantité de phosphore en provenance des affluents diminue-t-elle?

L'analyse du tableau 12 (chapitre 4) a montré une certaine diminution dans les concentrations de phosphore total observées dans les affluents. Malgré que cela soit encourageant, nous ne croyons pas que cela soit significatif (voir analyse de variance ANOVA en annexe), les conditions de prélèvement et les conditions environnementales variant considérablement d'une saison à l'autre. Le lecteur averti pourra prendre connaissance de l'interprétation statistique ci-dessous.

Statistical analysis of University of Sherbrooke Ptot Data

A statistical analysis was made of the Total Phosphorus results from the University of Sherbrooke for the years 2005-2007 (see appendix).

The conclusions were the following: (1) The difference between the three years ("year-to-year variation") was not statistically significant, although a slight trend downwards was close to significance at the 10% level.

(2) The "difference between locations" was statistically significant.

(3) The "day-to-day variation (within a year)" was statistically significant.

(4) The "day x location interaction" was not statistically significant. (i.e. the differences between locations were consistent from day to day.)

(5) The sampling and testing variability (variance) was calculated to be approximately 70 (std. dev.= 8.4). This represents the variance of sample results one would expect when the samples are taken individually (not split) from the same location, during the same day, and one Phosphorus determination is made per sample.

Based on this estimate, a difference between 2 sample results from the IRDA lab would have to be greater than 24 µg/l ($2 \times 1.414 \times 8.4$) before the phosphorus levels of the water represented by the two samples could be judged to be significantly different from a statistical point-of-view.

(This estimate should be confirmed by taking several samples (say 6 or 7) separately from the same location on the same day, coding them differently, and submitting them to the lab in a regular batch of samples for testing.)

Cela est appuyé, par le fait que durant cette période, aucun geste d'importance pouvant avoir un effet durable n'a été posé dans aucun des sous bassins versants. Évidemment, la sensibilisation des citoyens et des intervenants peut avoir joué un certain effet.

6.4 La qualité de l'eau s'améliore-t-elle?

Le MDDEP calcule un indice composite pour évaluer la qualité générale de l'eau d'un lac ou d'un cours d'eau. Cet indice va de 0 à 100 et se nomme Indice de la qualité bactériologique et physicochimique (IQBP). L'indice intègre normalement 10 variables : phosphore total, coliformes fécaux, turbidité, matières en suspension, azote ammoniacal, nitrates-nitrites, chlorophylle a totale, pH, la DBO₅ et le pourcentage de saturation en oxygène dissous.

Les résultats de cet indice pour les années 2000 à 2007 (période de mai à septembre).

Tableau 16 : Évolution de l'indice IQBP (échelle de 1 à 100 où 0 = eau de très mauvaise qualité et 100 = eau de bonne qualité – saisons 2001 à 2007)

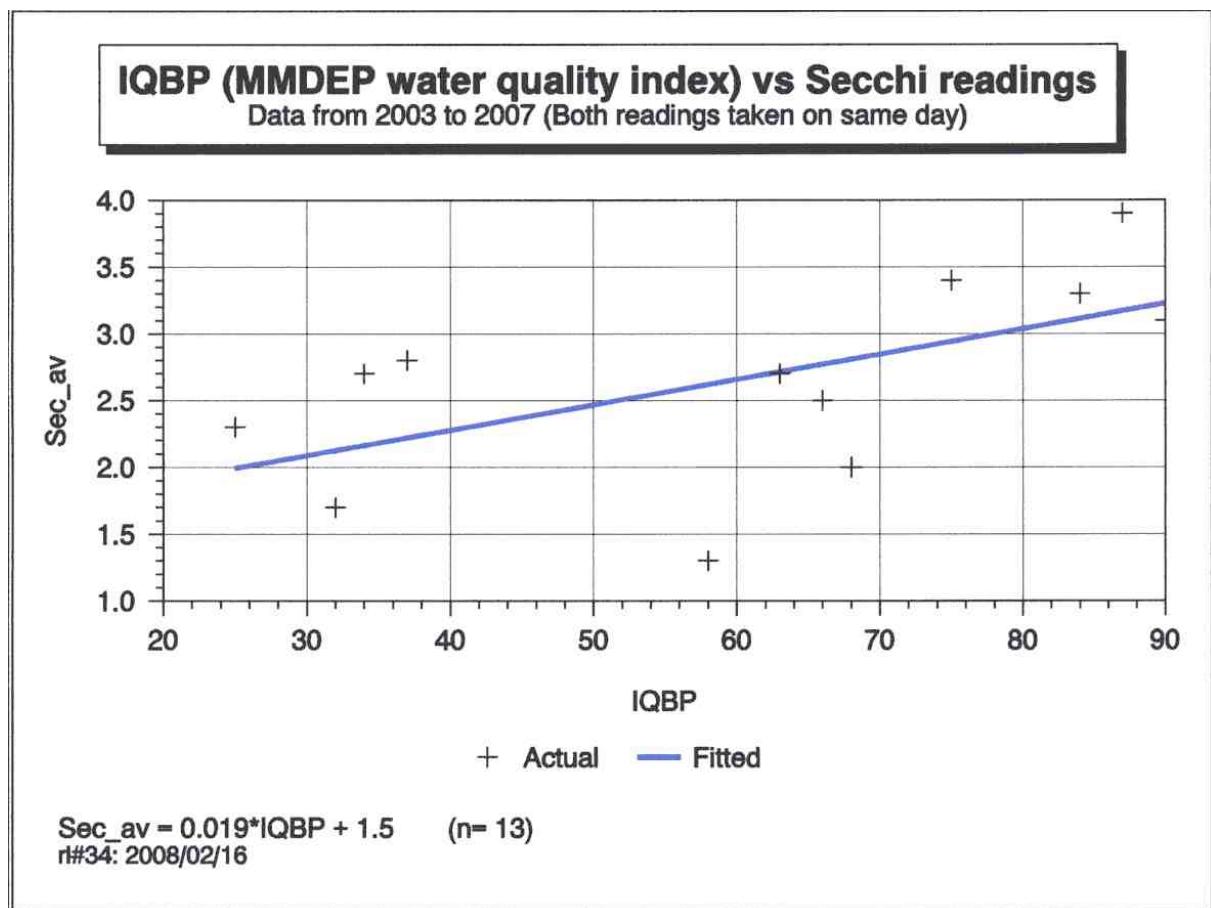
1 ^{ère} semaine de :	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Mai	88	55	86	52	Nd	65	86
Juin	91	5	34	58	90	91	84
Juillet	87	Nd	75	87	84	68	81
Août	86	89	84	63	87	72	84
Septembre	82	1	37	41	71	32	60
Moyenne	86,8	37,5	63,2	60,2	83	65,6	79

Selon ces résultats, les années 2001, 2005 et 2007 auraient été les meilleures des 7 dernières années, l'indice se situant dans la fourchette d'eau de bonne qualité, ce qui est encourageant. En 2006, l'apparition de blooms a fait chuter l'indice à des niveaux de qualité satisfaisante et de qualité douteuse. À titre d'exemple, en 2006, après l'avis de santé publique du 17 août, l'indice a chuté à 32 (qualité douteuse).

Par contre, il n'y a pas de tendance significative permettant de conclure à une amélioration durable de la qualité de l'eau. Encore ici, il faudra des actions déterminantes et soutenues pour réussir à assurer une qualité de l'eau constante au lac Brome.

Il est intéressant d'établir la relation entre les mesures de Secchi et les résultats de l'IQBP. Ainsi, comme le montre la figure 8, plus l'eau est transparente, plus l'indice est élevé, confirmant la procédure actuelle qui consiste à signaler au MDDEP toute situation où les mesures de Secchi descendent en bas de 2 mètres. Le lecteur intéressé pourra consulter en annexe la méthode de calcul de l'indice IQBP par le MDDEP.

Figure 8 : Lien entre la transparence de l'eau mesurée au disque de Secchi et l'indice IQBP (échelle de 1 à 100 où 0 = eau de très mauvaise qualité et 100 = eau de bonne qualité – saisons 2003 à 2007)



6.5 Peut-on faire des liens entre certaines variables physico-chimiques et les conditions météorologiques?

- a) Entre les précipitations de pluie et la clarté de l'eau (lectures de Secchi)

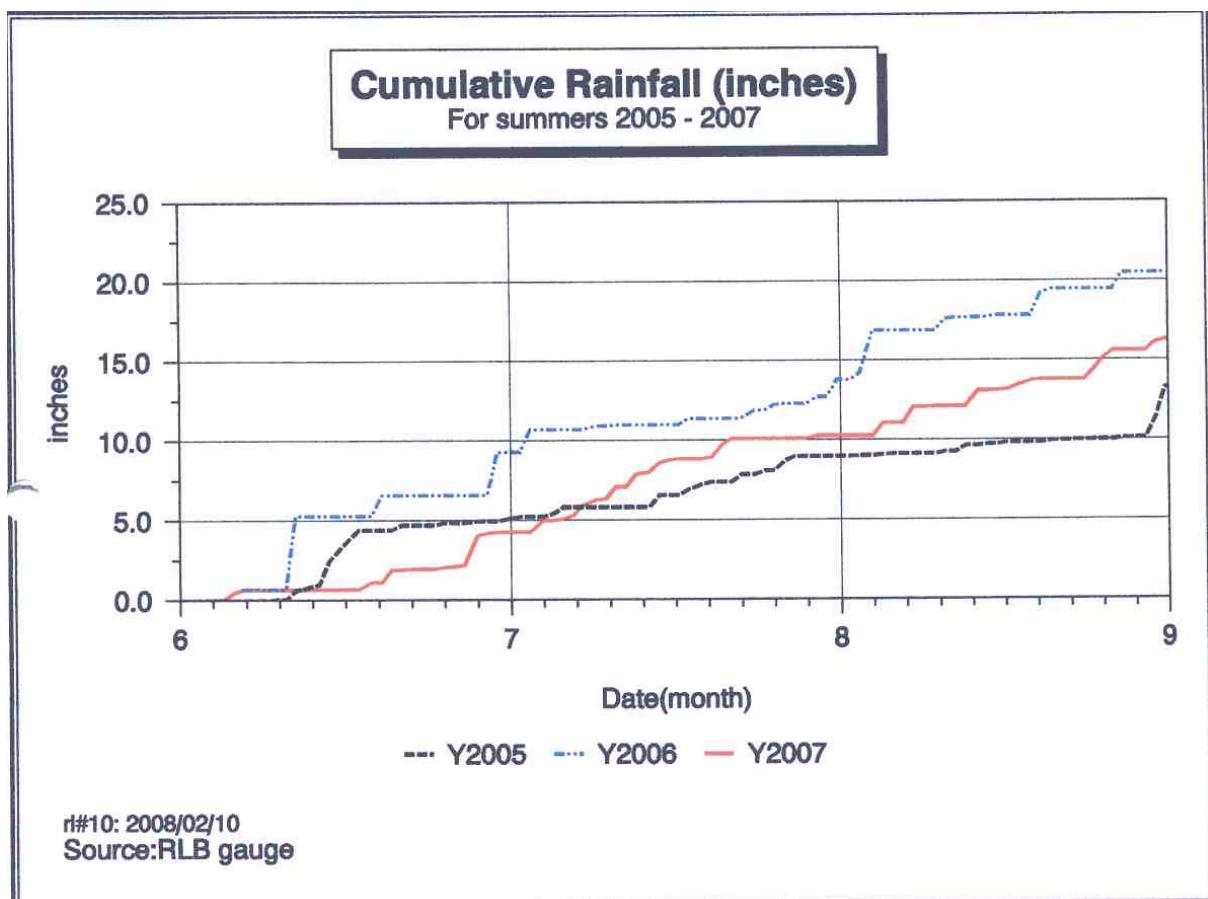
Le phosphore est relativement peu soluble et est surtout particulaire; il s'attache donc aux particules de sol et on le retrouve en général dans les premiers 15 - 20 cm de sol. S'il n'y a pas d'eau, le phosphore ne migre pas et reste là où il est.

Les pluies et le ruissellement constituent donc le facteur premier de la migration du phosphore vers les plans d'eau. C'est ainsi que les chercheurs s'entendent pour dire que les « coups d'eau », en particulier ceux qui surviennent tôt au printemps ou au cours de l'été, occasionnent de fortes migrations de phosphore vers les plans d'eau. 80% des apports de P surviennent lors de quelques journées de pluies très importantes.

C'est exactement ce qui est arrivé lors de la saison 2006. En examinant la figure 9, on note que la quantité d'eau en 2006 a été nettement supérieure à la quantité d'eau reçue en 2007 et celle reçue en 2005 (une différence d'environ 4 pouces ou 10 cm). Ainsi, les coups d'eau de 2006 ont certainement été un facteur important pour la dégradation de la qualité de l'eau. Ces coups d'eau sont identifiables par les importants sauts ou bris observables sur la courbe 2006, en particulier dans les 2^e et 4^e semaines du juin. La figure 10 montre éloquemment cette situation de « déluges » tôt au printemps.

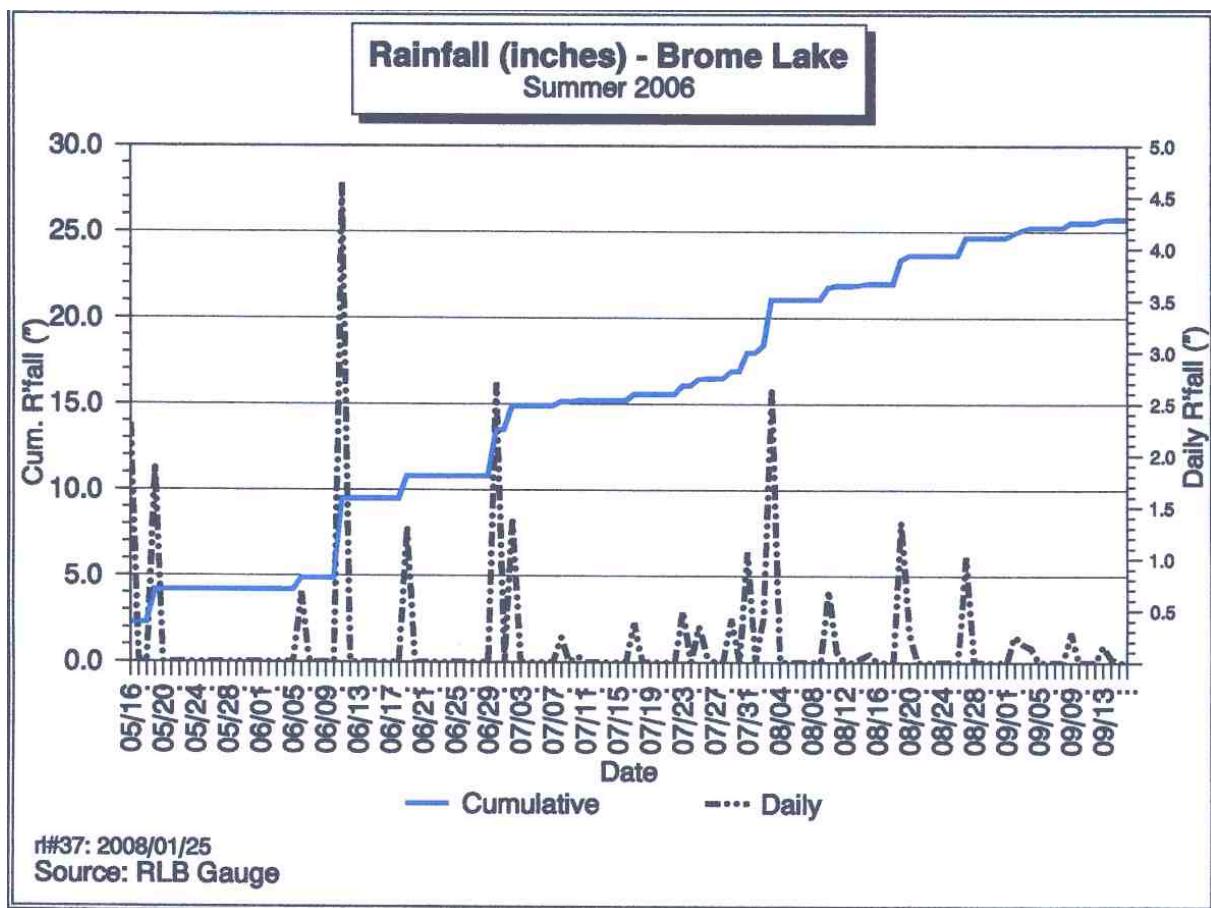
C'est pour cette raison que les politiques de gestion du ruissellement des eaux sont fondamentales; elles concernent l'aménagement des fossés, la protection contre l'érosion, la mise en place de bandes riveraines adéquates, la récupération de l'eau, etc., d'autant plus que nous n'avons aucun contrôle sur les précipitations et que les changements climatiques laissent présager d'autres situations semblables à 2006.

Figure 9 : Eau de pluie : cumulatif des précipitations – saisons 2005, 2006 et 2007 (en pouces, mesurés à la station RLB¹⁵)



¹⁵ La station RLB (mesurant la température extérieure, la vitesse / direction du vent, les précipitations) est située au Domaine Brome, côté ouest du lac.

**Figure 10 : Eau de pluie : précipitations de l'été 2006
(en pouces, mesurés à la station RLB)**



b) Entre les précipitations et les concentrations en Pt dans les affluents.

Les chercheurs¹⁶ qui ont modélisé en profondeur les exportations de sédiments et de phosphore dans le bassin versant de la Rivière aux Brochets ont entre autres établi l'observation suivante : « 80% du phosphore a été exporté en 67 jours (17% de l'année), principalement lors d'événements de ruissellement printaniers et automnaux hydrologiques importants », montrant ainsi le caractère très épisodique des événements conduisant à l'érosion. Ce phénomène met en lumière les effets des fortes chutes de pluie (comme en 2006) sur la migration du phosphore vers les plans d'eau.

RLB a tenté de reproduire cette constatation. Malheureusement, les données recueillies ne sont pas comprises dans la fenêtre des périodes printanières, ni automnales, ce qui fait que l'observation de la Rivière aux Brochets ne peut être confirmée selon les

¹⁶ Beaudin, Deslandes, Michaud, Bonn, Madamootoo, Variabilité spatio-temporelle des exportations de sédiments et de phosphore dans le bassin versant de la Rivière aux Brochets au sud-ouest du Québec Agro-Solutions, novembre, 2006.

données dont nous disposons. Néanmoins, l'approche suivie est intéressante et pourrait être complétée dans le futur. Nous la présentons strictement à titre d'information, conscients que ses résultats ne sont pas concluants.

Tableau 17 : Effet des précipitations sur les teneurs en Pt (données Pt de l'Université de Sherbrooke dans les affluents et données des précipitations à partir de la station météorologique RLB : saisons 2006-2007 : juin à sept.).

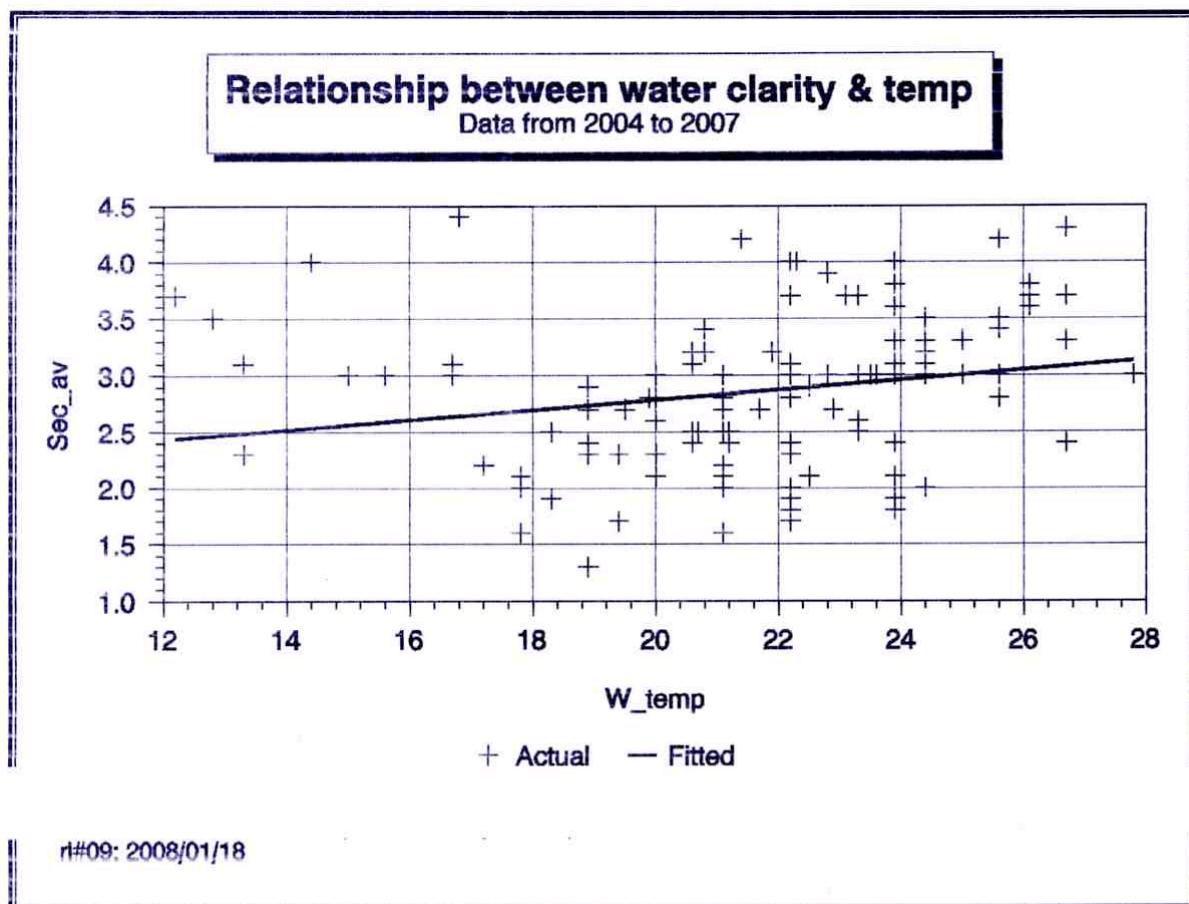
« À titre d'information seulement »

Date	Pt moyen	Pluie (en pouces) les jours précédant le prélèvement de Pt							
		-1	-2	-3	-4	-5	-6	Jr même	
26/05/06	18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14/06/06	26	0,0	0,0	0,0	4,63	0,0	0,0	0,0	0,0
05/07/06	40	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	2,7	0,0	
26/07/06	34	0,06	0,35	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	
16/08/06	33	0,0	0,08	0,04	0,0	0,0	0,1	0,0	
06/09/06	34	0,0	0	0,14	0,18	0,26	0,0	0,0	
12/06/07	46	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,019
03/07/07	46	0,73	0,0	0,0	0,07	0,14	1,9	0,0	
24/07/07	35	0,0	0,0	0,0	0,41	0,74	0,12	0,0	
08/08/07	28	0,01	0,95	0,0	0,0	0,82	0,0	0,06	
28/08/07	33	0,0	0,0	0,43	0,75	0,63	0,0	0,0	
17/09/07	40	0,0	0,50	0,52	0	0,2	1,3	0,0	

c) Entre la clarté de l'eau (mesurée au disque de Secchi) et la température.

Nous avons montré précédemment que l'évolution de la clarté de l'eau est fortement conditionnée par les conditions météorologiques du printemps. Existe-t-il un lien entre la clarté de l'eau et la température moyenne de l'eau? La figure 11 montre cette relation sans pour autant qu'il soit possible d'établir une corrélation entre les deux phénomènes. Le lien entre les deux variables est assujetti à une dynamique beaucoup plus complexe que de simplement dire : « Plus l'eau est chaude, moins la transparence de l'eau est bonne ». Dans ce cas, le R^2 est de 4% ce qui permet de conclure à l'absence de corrélation significative.

Figure 11 : Lien entre la transparence de l'eau (moyenne de tous les sites où des mesures Secchi ont été effectuées) et la température de l'eau : saisons 2004 à 2007

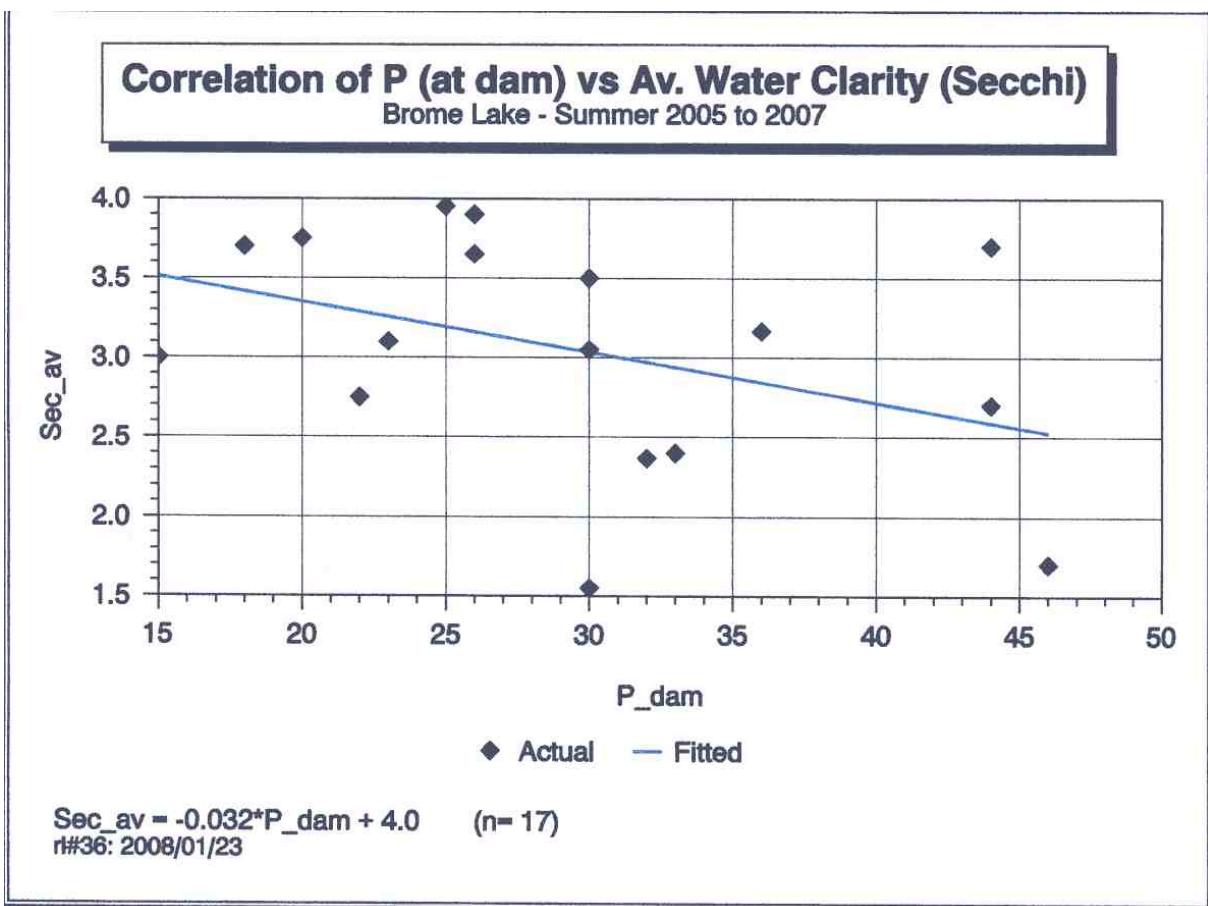


d) Entre d'autres variables (P et clarté, P et blooms, T et blooms, etc.)

Il est clair que les variables physico-chimiques et météorologiques sont toutes inter reliées et peuvent constituer des explications intéressantes au phénomène de la dégradation des eaux du lac Brome. Par exemple, la figure 12 montre le lien entre les niveaux de phosphore total et la transparence de l'eau mesurée à l'aide du disque de Secchi. On note clairement que plus le phosphore est abondant, plus l'activité de la bio-masse est forte et moins la clarté de l'eau est bonne. Cette constatation est grosso modo la même que celle rapportée par NALM.

D'autres relations intéressantes peuvent également être étudiées. Au fur et à mesure que les données seront disponibles, RLB effectuera ces analyses.

Figure 12 : Lien entre la teneur de Phosphore total mesurée au barrage Foster (données de l'Université de Sherbrooke) et la transparence de l'eau : saisons 2005-2005-2007 (17 observations)



7. EN RÉSUMÉ

De toutes les analyses faites, il faut retenir:

- Après toutes ces années et toutes ces études, même les plus récentes, il est encore très difficile d'établir clairement et simplement les sources de contamination par ordre d'importance, en particulier lorsqu'il s'agit de pollution diffuse. Qui des riverains, des agriculteurs, des exploitants industriels / commerciaux, des exploitants de terrains de golf, des citoyens aux pelouses vertes, des propriétaires d'installations septiques privées, du système d'égout municipal ou autres, polluent le plus? Comment prioriser les mesures correctives?
- Malgré ces limitations, certes frustrantes, il ne faut absolument pas retarder les actions concrètes qui, de toute façon, doivent être accomplies. Ces actions sont simples et ont été maintes fois répétées. Rappelons-les :
 - Bannir les fertilisants à moins d'une justification démontrée
 - Ne pas utiliser de détergents contenant des phosphates
 - Contrôler l'érosion des sols
 - Gérer adéquatement les eaux de ruissellement
 - Renaturaliser les rives des cours d'eau et des affluents; les protéger
 - S'assurer de la conformité et du bon rendement des installations septiques
 - S'assurer de la conformité et du bon rendement du système d'égout municipal
 - S'assurer de la qualité de l'aménagement des fossés de chemin et autres installations de drainage
 - Contrôler l'urbanisation excessive, en particulier autour du lac
 - Appliquer et faire respecter la réglementation en vigueur.
- La situation du lac est précaire (la fameuse métaphore du « funambule »), largement tributaire des conditions météorologiques, et le restera tant que des interventions durables et des modifications aux façons de faire n'auront pas été implantées et institutionnalisées partout dans le bassin versant. On l'a vu, certains changements apportés par les corps publics ont mené dans le passé à des améliorations durables (système municipal d'égouts en 1974, installations conformes à la ferme des canards en 2001, etc.).
- Actuellement, tantôt la qualité de l'eau est acceptable, tantôt elle ne l'est pas, au gré de conditions plus ou moins contrôlables. Il est essentiel de faire en sorte que le lac se refasse une plus grande capacité de support et qu'il dispose d'une plus grande marge de manœuvre pour que les situations extrêmes qui immanquablement surviendront (réchauffement climatique) n'entraînent pas une dégradation rapide de la qualité de l'eau.
- Les apports en phosphore venant des affluents sont systématiquement trop élevés et sont très nuisibles au lac.

- Les paramètres de pH et d'oxygène dissous ne montrent aucune anomalie significative autant dans les affluents que dans le lac. Le lac est peu stratifié thermiquement et ne semble pas souffrir d'un manque significatif d'oxygène, ailleurs qu'en eau profonde.
- Le contrôle des eaux de ruissellement et de l'érosion des sols (le phosphore se déplaçant surtout sous la forme particulaire) représente un facteur clé pour la restauration du lac.
- Le contrôle des fertilisants est également un facteur clé de succès.
- Il est difficile de déterminer avec certitude les teneurs en phosphore dans le lac lui-même, précisant ainsi le phénomène de recyclage et les apports endogènes de phosphore (relargage par anoxie ou par activité organique). Les données à ce sujet sont soit manquantes ou, si elles existent, sont controversées.
- Tous les gestes, aussi minimes soient-ils, qui diminuent les apports en phosphore s'additionnent et contribuent à la meilleure qualité du lac. La contribution de chacun, partout à travers le bassin versant, est essentielle. RLB a publié à cet égard plusieurs mesures à être implantées (14 octobre 2006).

8. RECOMMANDATIONS

À partir de l'expérience de la saison 2007 qui aura été somme toute une saison d'expérimentation de nos protocoles de suivis, il est recommandé :

•En ce qui concerne le programme du lac:

- Simplifier le programme de suivi sur le lac et le limiter aux paramètres vraiment significatifs; éviter de multiplier les prises d'échantillons sans valeur ajoutée.
- Dans le contexte d'un programme simplifié et plus fiable, inscrire Renaissance Lac Brome au programme de suivi volontaire des lacs (MDDEP); au besoin, demander des analyses supplémentaires que les 3 auxquelles le programme donne droit.
- Effectuer en 2008 des prélèvements d'hiver aux sites de prélèvement suivants : la fosse, l'arrivée du Quilliams dans le lac, l'exutoire, la baie de la Marina, la baie Inverness. Cela permettra d'établir une base de référence en période de dormance.
- Pour toute analyse de laboratoire concernant le phosphore total, toujours demander la méthode en trace. Éviter la méthode en faible concentration même si elle est moins coûteuse.
- Maintenir le programme de mesures Secchi et le limiter à quelques points de prélèvement, mais de façon régulière (par exemple à toutes les 2 semaines, au moins à la fosse).
- Redessiner le programme de suivi sur le lac en fonction d'une meilleure compréhension des proliférations de cyanobactéries et ainsi en mieux caractériser les occurrences et l'évolution : localisation, surface, densité, température de l'eau, Secchi, pH, phosphore total, conditions météorologiques, etc; s'adoindre un expert pour définir le nouveau protocole.
- Réévaluer les laboratoires utilisés durant la saison 2007 et chercher à obtenir l'assistance du laboratoire IRDA, utilisé par l'Université de Sherbrooke ou un autre laboratoire fiable.

•En ce qui concerne le programme des affluents:

- Reconduire, en partenariat avec Ville de Lac-Brome et d'autres intervenants au besoin, dans son intégralité le programme de suivi des affluents effectué depuis trois ans par l'Université de Sherbrooke. Ce programme est essentiel d'autant plus que des mesures correctives pour limiter les apports en Pt seront mises en place dans le cadre du plan directeur de VLB déposé le 29 novembre 2007. Ajouter des stations de prélèvement plus en amont dans le bassin versant, notamment dans Stukeley-Sud, dans Bolton-Ouest et dans St-Étienne de Bolton de manière à faire par analyse différentielle une meilleure identification des sources de contamination.

Ainsi, aux 13 points actuels, il y aurait lieu d'ajouter les points additionnels suivants. Il est entendu que les points définitifs seront établis lors de la planification détaillée du programme de la saison 2008.

- a) Quilliams (8 points additionnels; 3 sur les embranchements de tête dans Stukely-Sud, 2 là où le Quilliams croise le chemin Brill (près du chemin Argyll), 1 autre mesurant les apports en provenant de la branche Bolton-Ouest, 1 à la frontière Stukely-Sud et St-Étienne de Bolton. 1 dernier à l'autoroute);
- b) McLaughlin (Tiffany) (2 autres points pour chacune des 2 grandes branches du ruisseau);
- c) Argyll (2 autres points, 1 pour chacune des 2 grandes branches du ruisseau);
- d) Coldbrook (2 autres points, 1 pour chacune des 2 grandes branches du ruisseau);
- e) Pearson (3 points, 1 pour chacune des branches);
- f) Inverness (tel qu'actuellement).

Ces nouveaux points pourraient avoir pour effet de doubler le coût du programme (actuellement d'environ 8 000\$ et d'en faire une répartition différente entre VLB et les autres intervenants). Pour ce faire, établir des partenariats avec les municipalités concernées, notamment Stukely-Sud et Bolton-Ouest, de même qu'avec l'Association de conservation de la nature de Stukely-Sud (ACNSS). Déjà, la participation de Stukely-sud et de la MRC Memphrémagog est acquise pour trois points de suivi et Bolton-ouest a démontré l'intention de collaborer sur son territoire.

- Pour les prochaines caractérisations par sous bassins versants, considérer le Durrell comme un sous bassin distinct du Quilliams.
- Dans le cadre du programme des affluents, porter une attention plus grande aux concentrations en azote dans les zones où l'utilisation des fertilisants est susceptible d'être importante, l'azote pouvant aussi jouer un certain rôle dans la prolifération des cyanobactéries.
- Profiter de l'extension du programme de suivi sur les affluents pour installer des stations de mesure sur quelques affluents clés, notamment le Quilliams et le Coldbrook; s'assurer de mesurer la charge sédimentaire. Relativement aux mesures de débit, prioriser les bassins versants qui feront l'objet d'interventions en 2008 (possiblement le Pearson, l'Inverness et le Quilliams).
- Veiller à s'assurer de mesurer l'efficacité des ouvrages qui seront installés dans chacun des bassins versants, dans le cadre du plan directeur de lutte aux cyanobactéries (marais d'orage, marais filtrants, etc.).
- Mesurer le rôle de l'étang Mill comme facteur de sédimentation et de captage des sédiments (contrôle en amont et en aval de l'étang).
- Intégrer au diagnostic et plan d'action de RLB les données issues des travaux du Corridor appalachien (ACA), notamment en ce qui concerne l'inventaire, la caractérisation et la préservation des milieux humides. Mieux comprendre le rôle et les bénéfices des milieux humides dans le contrôle et/ou exportation du P.

-Encourager VLB à intégrer la protection des milieux humides dans son plan d'urbanisme et en tenir compte dans tout projet de développement, incluant les nouvelles techniques d'aménagement.

•*En ce qui concerne d'autres recherches et/ou interventions:*

- Effectuer certaines recherches portant sur des problématiques particulières comme les installations septiques, les golfs, certaines installations industrielles. Obtenir, faire préparer ou préparer, selon le cas, la caractérisation des installations septiques par bassin versant, en fonction de l'âge, du modèle, de l'utilisation, de la localisation, etc. des installations septiques.
- Effectuer une recherche sur l'eau de ruissellement et souterraine sur un terrain saturé de phosphore (la ferme de canards) pour évaluer la mobilité du phosphore soluble.
- Effectuer une recherche par prélèvement de sols portant sur la mobilité du phosphore à proximité des installations septiques en fonction du type d'installation, de l'âge, de la proximité au lac, de la végétation.
- Rencontrer les propriétaires de fermes à Stukely-Sud pour les sensibiliser au problème de l'épandage de purin à proximité du ruisseau Quilliams; veiller à ce que la bande riveraine le long du ruisseau soit aménagée et protégée.
- Rencontrer les propriétaires des terrains de golf pour les sensibiliser aux effets néfastes du phosphore sur le lac et établir avec eux un plan d'action, notamment la vidange de leurs étangs, la mise en place de bandes riveraines le long des ruisseaux qui parcourent leur propriété, l'opportunité de marais filtrants et l'économie de fertilisants.
- Soutenir et accélérer le projet de reboisement de l'ensemble des rives des affluents du lac Brome (échelonné sur une période de quelques années).
- Aviser le ministère des Transports de veiller à assurer une meilleure étanchéité de son dépôt de sel à proximité de l'autoroute 10 (sortie 90) de manière à diminuer les niveaux de conductivité dans le Durrell. Rappeler l'importance de la technique du tiers inférieur lors de l'aménagement des fossés de chemin, en particulier aux Travaux publics de Ville de Lac-Brome.
- Établir ou faire établir un programme de caractérisation de chacun des sous bassins pour déterminer les sources de contamination et les mesures correctives détaillées. Planifier ces caractérisations un an d'avance pour des interventions concrètes l'année suivante. Par exemple, en 2008, la caractérisation d'Argyll pourrait être faite, puis celle du McLaughlin (Tiffany), puis celle du Quilliams, du Durrell et du Coldbrook. Ce programme pourrait se dérouler sur 3 ou 4 ans.
- Préparer à l'intention des membres des documents techniques pertinents portant sur les plantes aquatiques, les poissons du lac, etc.

- Étudier et mesurer l'érosion des berges du lac et celles de certains affluents clés.
- Obtenir de meilleures informations sur l'hydrologie du lac (le débit des affluents, leur variation, les apports des sources souterraines, etc.)¹⁷.

Il est essentiel que RLB continue à exercer un fort leadership relativement au suivi de la qualité des eaux du lac et y consacre les ressources appropriées, en mettant la priorité sur les activités à forte valeur ajoutée.

¹⁷ À ce sujet, Nancy Berranger (nancy.berranger@sympatico.ca) et Pierre Proulx, professeur, Université de Sherbrooke (www.chimique.usherbrooke.ca) ont été contactés en 2007.

ANNEXES

1. Carte du bassin versant du lac Brome
2. Carte bathymétrique du lac Brome avec emplacement proposé des bouées.
3. Certaines dates dans l'historique du lac
4. Résultats détaillés de la firme BlueLeaf
5. Résultats détaillés des campagnes 2007-2006-2005 effectuées par l'Université de Sherbrooke, incluant les sites de prélèvement
6. Résultats détaillés du MDDEP concernant les concentrations de cyanobactéries et leur toxicité
7. Analyse statistique (ANOVA) portant sur le lien entre l'évolution des concentrations de Pt dans les affluents (3 ans).
8. Sommaire des méthodes d'analyse de phosphore
9. Autres données

LES MEMBRES DU COMITÉ TECHNIQUE 2007 DE RENAISSANCE LAC BROME

- Peter F. Wade, Ph D, président
- Brian Gregory, Ph. D.
- Art Smith. M.Sc. (geology)
- Francine Duclos-Beaudoin, md
- Doug Hamilton, ing.
- Robin Moore, ing.
- Pierre Beaudoin, mba

RÉFÉRENCES CHOISIES

- Blais, Sylvie, Berryman, David, Comparaison de deux méthodes d'analyse pour la mesure du phosphore en milieu aquatique, MDDEP, décembre 2006.
- Chevalier, P., Pilote, R., Leclerc, J.-M., Risque à la santé publique découlant de la présence de cyanobactéries (algues bleues) et de microcystines dans trois bassins versants du sud-ouest québécois tributaires du fleuve Saint-Laurent, programme Saint-Laurent vision 2000, décembre 2001.
- Hade, André, Nos lacs : les connaître pour mieux les protéger, Fides, 2003.
- Lapalme, R., Protéger et restaurer les lacs, Bouquins verts, 2006.
- Lavoie, Lorion, et al, Les fleurs d'eau de cyanobactéries, revue de littérature, INRS, rapport 916, 2007.
- Maly, E., A report to the town of Brome Lake assessing Trophic Status, Pollution Level with recommandations for Management of Brome Lake, Concordia University, september 1991.
- North American Lake Management Society, Managing lakes and reservoir, third edition, 2001.
- Prairie, Y., del Giorgio, P., Brome Lake Project, Final report , 1996.
- Nurnberg, G., Lazerte, B., Evaluation of the water quality and restoration options of Brome Lake, may 1998.

- Observatoire de l'environnement et du développement durable, Suivi de la qualité de l'eau des tributaires du lac Brome par l'usage de la spectrophotométrie, Université de Sherbrooke, février 2006.
- Observatoire de l'environnement et du développement durable, Suivi de la qualité de l'eau des tributaires du lac Brome en 2006, Université de Sherbrooke, février 2007.
- Renaissance Lac Brome, État de situation du sous bassin Inverness et mesures correctives pour réduire les apports en phosphore au lac Brome, janvier 2008.
- Renaissance Lac Brome, État de situation du sous bassin Pearson et mesures correctives pour réduire les apports en phosphore au lac Brome, janvier 2008.
- Renaissance Lac Brome, État de situation à la ferme Canards du lac Brome ltée et propositions de mesures correctives pour réduire les apports de phosphore au lac Brome, décembre 2007.
- Renaissance Lac Brome, Rapport du comité technique sur les effets de la circulation des embarcations à moteur sur le brassage des sédiments et la bio-disponibilité du phosphore au lac Brome, octobre 2007.
- Renaissance Lac Brome, Plan d'action 2007-2011, novembre 2006.
- Teknika-HBA, Échantillonnage et analyse des sédiments du Lac Brome pour le compte de clients confidentiels, décembre 2006.
- Teknika-HBA, Plan directeur de lutte aux cyanobactéries réalisé pour le compte de Ville de Lac-Brome, novembre 2007.

**Coordonnées géoréférencées des Stations de prélèvements utilisées par l'équipe de
l'Université de Sherbrooke**

Stations	Coordonnées GPS	
1.1	18T	0697254 5013924
1.2.1	18T	0693830 5011512
1.2.2	18T	0693516 5010619
1.3.1	18T	0696520 5017078
1.3.2		
1.4	18T	0696522 5014494
1.5	18T	0696569 5011456
1.6	18T	0694375 5010582
1.7.1	18T	0636503 5015794
1.7.2	18T	0695903 5017814
1.7.3	18T	0697612 5016780
1.8.1	18T	0691940 5013206
1.8.2	18T	0691057 5012913
1.8.3	N45.24855	W072.55590

ANNEXE : CERTAINES DATES IMPORTANTES DANS L'HISTORIQUE DU LAC

(Le tableau qui suit complète la ligne du temps montrée à la figure 4).

Date	Événements
Déc. 1984	<p>La reconstruction du barrage Foster est achevée. (participation financière de VLB, de Bromont et du gouvernement provincial).</p> <p>À noter qu'en 1966, le barrage avait été acheté par la Ville de Bromont de la Southern Electric Power (qui l'avait reconstruit en 1941).</p> <p>En 1984, au moment du parachèvement du nouveau barrage, la propriété du barrage a été cédée à Ville de Lac-Brome, à la condition que VLB s'engage à garantir à Bromont un minimum d'eau de 1 mètre cube / sec, les besoins d'eau de Bromont étant prioritaires (eau potable et eau à usage industriel) aux besoins récréatifs de VLB. Tel contrat peut être renégocié à chaque 2^e anniversaire et est encore en vigueur, quoique Bromont n'ait jamais exercé la clause du contrat garantissant un minimum d'approvisionnement en eau.</p>
Avril 1985	<p>Le niveau du lac est alors rehaussé de 35 cm (14 pouces) à 196,9 mètres au-dessus de la mer. Ce niveau sera désormais le niveau recherché en période d'été.</p>
Mars 1987	<p>La Fondation des terres de Lac-Brome est constituée. Son but premier est de protéger les terrains humides contre l'urbanisation et le développement.</p>
Mai 1988	<p>VLB adopte de nouveaux règlements pour protéger les rives (zones de recul variant entre 10 mètres et 45 mètres).</p>
Printemps 1990	<p>La mise en service d'un terrain de golf (9 trous à l'époque) sous le nom « Club de Golf Inverness – Lac Brome »</p>
Août 1990	<p>De nouveaux règlements sont adoptés par VLB et approuvés par les autorités fédérales concernant les embarcations à moteur :</p> <ul style="list-style-type: none"> -interdiction de circuler en bateau à moteur sur tous les affluents -création d'une zone de 150 m. où la vitesse maximum = 10km/h
1991	<p>La ferme des canards vidange la lagune (le long du ruisseau Pearson), procède à sa restauration et à sa revégétalisation.</p>
Juin 1997	<p>La mise en service d'un terrain de golf (9 trous à l'époque) sous le nom « Club de Golf Lac-Brome ».</p>
Juillet 1996	<p>VLB réduit la bande riveraine (le recul passe de 30 mètres à 20 mètres) sur une portion de 12 km de la rivière Yamaska (dans West-Brome) répondant ainsi favorablement à la demande d'un dévéloper.</p>
Août 1997	<p>VLB lève l'interdiction de circulation en embarcation à moteur jusque-là en vigueur sur le Pearson répondant ainsi favorablement aux demandes de pêcheurs et de quelques résidents.</p>
Août 1999	<p>Des centaines de milliers de colimaçons sont retrouvés morts sur la berge du lac, le long du chemin Lakeside. La cause de cette mortalité n'a jamais été clairement établie.</p>
Été 2000	<p>Le grand bloom : 106 jours consécutifs d'une prolifération intense de cyanobactéries.</p>

ANNEXE : SOMMAIRE DES MÉTHODES D'ANALYSE DE PHOSPHORE

(Éléments tirés de l'étude Blais, Sylvie, Berryman, David, Comparaison de deux méthodes d'analyse pour la mesure du phosphore en milieu aquatique, MDDEP, décembre 2006

Deux techniques sont communément utilisées : la méthode A (dite « usuelle ») et la méthode B (dite « de traces »). La méthode B est nettement supérieure, ayant une gamme dynamique > 2 µg/l. La méthode A, avec une limite de détection de 10 µg/l, surestime les vraies valeurs jusqu'à une valeur d'environ 12 µg/l, et au-dessus sous-estime d'environ 17 % les vraies valeurs.

Les deux techniques prennent à peu près le même temps d'analyse (\approx 45 minutes).

Détails techniques

Méthode A (usuelle, dite en « faible concentration ») Les échantillons sont filtrés sur un tamis d'une maille de 1,2 µm. Le filtrat (phase liquide) subit une digestion en milieu acide, résultant en anions d'orthophosphate (PO_4^{3-}), qui ensuite réagissent avec le molybdate d'ammonium pour former de l'acide phosphomolybdique, puis du bleu de molybdène dont l'absorbance est mesurée par un colorimètre (Technicon modèle II).

Pour la phase particulaire, le filtre et son contenu sont calcinés dans un four à 550 °C et les cendres dissoutes en solution acide (pour former les orthophosphates). L'analyse s'ensuit comme pour la phase liquide.

Méthode B (en traces) Le phosphore total (inorganique et organique) est transformé à chaud (121 °C) et sous pression en orthophosphates à l'aide de persulfate de potassium et d'acide sulfurique. Comme dans la méthode A, les anions orthophosphates sont transformés en acide phosphomolybdique et puis en bleu de molybdène pour être analysés par un colorimètre de marque Bran+Lubbe (Alpha-Laval). Cette méthode a été adaptée pour la mesure de phosphore total avec une limite de détection de 2 µg/l (limite de quantification de 4 µg/l).

Référence : *Comparaison de deux méthodes d'analyse pour la mesure du phosphore en milieu aquatique*, décembre 2006, Ministère du Développement durable, environnement et parcs, Gouvernement du Québec