

LE PROGRAMME DE RECHERCHE SUR LES CYANOBACTÉRIES AU LAC BROMONT

CAHIER 1

LE LAC BROMONT ET LES OBJECTIFS DE RECHERCHE DU PROGRAMME

**Dolors Planas
Claire Vanier
Estelle Lavirotte**

Comité d'encadrement depuis 2007

Dolores Planas, professeure au Département des Sciences biologiques de l'UQAM, responsable de la recherche

Béatrix Beisner, professeure au Département des Sciences biologiques de l'UQAM

Yves Gosselin, Anne Joncas, Marcel Samson et Martin Miron, de Action conservation du bassin versant du lac Bromont (ACBVLB)

Jean-François L. Vachon, Nicolas Rousseau et Mylène Leblanc, de la Municipalité de Bromont

Claire Vanier, agente de développement, Service aux collectivités de l'UQAM

Rédaction

Dolores Planas

Claire Vanier

Estelle Lavirotte, stagiaire

Révision et coordination de la production

Claire Vanier, Service aux collectivités de l'UQAM

Photographie de la page couverture : Myriam Jourdain

Soutiens financiers et techniques

Programme d'aide financière à la recherche et à la création, UQAM - recherche dans le cadre des services aux collectivités, Volet 2

Municipalité de Bromont

Centre de recherche en géochimie et géodynamique - Groupe de Recherche Interuniversitaire en Limnologie et en Environnement Aquatique (GÉOTOP-GRILL)

Ministère du développement durable de l'environnement et des parcs (MDDEP)

Programme Études-travail

Programme Horizons sciences, d'Environnement Canada

Service aux collectivités de l'UQAM

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG)

Fonds de recherches du Québec - nature et technologies (FQRNT)

Organisme de bassin versant de la Yamaska (OBY) (anciennement, Conseil de gestion du bassin versant de la Yamaska - COGEBY)

Épicerie Métro de Bromont.

Service aux collectivités de l'Université du Québec à Montréal

Case postale 8888, Succ. Centre-Ville,
Montréal (Qc) H3C 3P8

Téléphone : (514) 987-3177

Télécopieur : (514) 987-6845

www.sac.uqam.ca/accueil.aspx

Action conservation du bassin versant du lac Bromont

Case postale 17
Bromont (Qc) J2L 1A9

(450) 263-9130

Courriel : info@lacbromont.ca

www.lacbromont.ca

ISBN 978-2-923773-15-5

Dépôt légal-Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2014

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES	II
LISTE DES TABLEAUX	II
LISTE DES ABRÉVIATIONS	II
INTRODUCTION	1
Remerciements	2
PRÉSENTATION DU LAC BROMONT	5
Situation géographique	5
Petite histoire récente du lac	6
Caractéristiques du lac	8
Surface et profondeur	8
Topographie et pentes de bassin versant du Lac Bromont	9
Ruisseaux d'alimentation et de décharge	10
OBJECTIFS DU PROGRAMME DE RECHERCHES AU LAC BROMONT	13
BIBLIOGRAPHIE.....	15

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Situation du lac Bromont au Québec, Canada	5
Figure 2. Photographie aérienne du lac Bromont et de son bassin versant en 1950	6
Figure 3. Bathymétrie du lac Bromont.....	8
Figure 4. Topographie et pentes du bassin versant du lac Bromont	9
Figure 5. Topographie et limites initiales des sous-bassins des ruisseaux qui alimentent le lac Bromont (R1 à R4) et de la décharge du lac (R5)	11
Figure 6. Limites du bassin versant naturel (a) et du bassin versant modifié (b) du lac Bromont.....	12

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Caractéristiques du lac Bromont	8
Tableau 2. Catégories de pentes du bassin	9
Tableau 3. Longueur initiale des ruisseaux qui alimentent le lac Bromont et superficie initiale de leur sous-bassin versant	11

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ACBVLB : Action conservation du bassin versant du lac Bromont

GRIL : Groupe de recherche interuniversitaire en limnologie et en environnement aquatique

SAC : Service aux collectivités de l'UQAM

UQAM : Université du Québec à Montréal

INTRODUCTION

Les algues sont des plantes microscopiques qui vivent dans l'eau. Elles sont à la base de la chaîne alimentaire et représentent une source de nourriture essentielle pour les animaux microscopiques et le reste de la chaîne alimentaire aquatique, jusqu'aux poissons. Il y a plusieurs classes d'algues, dont les cyanobactéries. Il existe des milliers d'espèces de cyanobactéries et elles sont toujours présentes dans les lacs. Lorsque les conditions leur sont favorables, température, nutriments (phosphore, azote) et lumière, quelques espèces des cyanobactéries peuvent se multiplier en très grand nombre, formant ainsi des accumulations importantes qui peuvent causer des problèmes de toxicité. Parmi les facteurs qui contrôlent leur croissance, la disponibilité du phosphore est certainement l'élément le plus important. Les eaux pauvres en phosphore soutiennent un petit nombre des cyanobactéries : ainsi, une augmentation de l'apport de ce nutriment aura pour conséquence une croissance excessive de ces algues.

Le lac Bromont connaît depuis plusieurs années des proliférations importantes d'un groupe d'algues qui peuvent être nuisibles, des **cyanobactéries**. Ces proliférations, appelées **efflorescences**, constituent un problème car certaines espèces de cyanobactéries présentes dans le lac peuvent produire des substances toxiques. Lors de l'éclosion des efflorescences, les activités récréatives qui ont habituellement lieu dans le lac doivent être interdites (par exemple la baignade) jusqu'à la disparition du problème.

En 2006, en réponse à une demande de l'organisme Action conservation du bassin versant du lac Bromont (ACBVLB) faite au Service aux collectivités de l'UQAM, les professeures Dolores Planas et Béatrix Beisner, de l'Université du Québec à Montréal (UQAM), ont réalisé une brève étude pilote à Bromont, en vue d'évaluer de façon très ponctuelle (8 et 23 décembre 2006) les apports de sédiments dans le ruisseau la Coulée Richer, qui draine la colline de Ski Bromont. L'hypothèse était ici que ces apports de sédiments pourraient être impliqués dans l'eutrophisation du lac et la prolifération des cyanobactéries. Les données de cette étude préliminaire suggéraient un effet de la mise en chantier des pistes de ski à Bromont sur la qualité de l'eau du ruisseau, et donc potentiellement sur celle du lac.

Suite à cette première étude, un Programme de recherche partenariale a été développé au lac Bromont par les deux professeures, en collaboration avec l'ACBVLB. **Globalement, ce programme de recherche visait à étudier la présence de cyanobactéries dans le lac Bromont, à en déterminer les causes et à faire des recommandations.** La croissance de ces algues étant liée à une augmentation de la fertilité de l'eau des lacs, particulièrement par l'apport de phosphore, la recherche s'est principalement penchée sur les sources potentielles de nutriments et le lien entre ces nutriments et la croissance des cyanobactéries, ces nutriments étant responsables des efflorescences (i.e. *bloom*) de cyanobactéries. Le Programme de recherche a été initialement soutenu par le Service aux collectivités puis, en 2007, la Municipalité de Bromont s'est jointe au comité d'encadrement, a collaboré à son financement et a soutenu la démarche.

Afin de soutenir le bon déroulement de la recherche, un **comité d'encadrement** a été mis en place. À ce comité d'encadrement étaient représentés l'ACBVLB (Anne Joncas, Marcel Samson, Martin Miron), les professeures Dolores Planas et Béatrix Beisner, la ville de Bromont (Jean-François L. Vachon, Yves Gosselin, Nicolas Rousseau, Mylène Leblanc) ainsi que le SAC de l'UQAM (Claire

Vanier). En conformité avec les engagements pris par les partenaires et dans les limites du cadre budgétaire du projet, c'est au comité d'encadrement que revenait la prise des décisions importantes concernant les orientations, le déroulement, la gestion, la diffusion et l'évaluation du projet.

Suite aux différentes études réalisées au lac Bromont, et en vue de favoriser la diffusion et l'appropriation des connaissances mises en lumière par le programme de recherche, neuf Cahiers ont été produits. De façon générale, les informations et les données présentées dans ces cahiers sont basées sur les études réalisées dans le cadre du Programme de recherche bien que quelques informations puissent être tirées d'études parallèles, dont la plupart sont listés en bibliographie des Cahiers 1 et 9.

Le présent cahier porte sur les caractéristiques du lac Bromont et les objectifs du programme de recherche, le Cahier 2 sur les connaissances générales sur les lacs, le Cahier 3 porte sur les méthodologies générales employées dans les études au lac Bromont. Les cinq cahiers suivants font état des résultats des études réalisées au lac Bromont en 2007-2008 (Cahier 4), en 2008-2009 (Cahier 5), en 2009-2010 (Cahier 6), et pendant les périodes libres de glace de 2010 (Cahier 7) et de 2011 (Cahier 8). Outre les résultats annuels, ces cahiers présentent aussi en introduction les méthodologies spécifiques aux objectifs de recherche de ces années. Chaque année d'étude reflète les questions suscitées par les résultats des années antérieures, en plus d'assurer un suivi des relations entre les nutriments et les algues, dans le lac. Par ailleurs, étant donné l'importance de la **période libre de glace**, pour la croissance des algues mais aussi dans la fréquence et l'intensité des apports au lac par les ruisseaux, les études depuis 2007-2008 ont toujours accordé une place centrale à cette période. Le dernier cahier, le Cahier 9, synthétise les résultats les plus importants et présente des recommandations pour assurer la qualité des eaux du lac.

De plus, une brève formation et un protocole d'échantillonnage ont été développés, dans la perspective que la municipalité et l'ACBVLB maintiennent leur collaboration dans le suivi de la qualité de l'eau du lac.

Par ailleurs, les études au lac Bromont sous la direction des professeures Dolores Planas et Béatrix Beisner ont fait l'objet de dizaines de conférences et publications de toutes sortes, comme en fait état la bibliographie fournie à la fin du présent document, qui ne présente toutefois que les documents publiés.

Remerciements

Plusieurs personnes ont contribué à la réalisation du Programme de recherche au lac Bromont nous vous en fournissons ici une liste, certes incomplète, ainsi que la liste des organisations qui ont soutenu, financièrement ou d'autres façons, le projet. Bien que nous ne puissions énumérer toutes les personnes qui ont contribué à ce programme, nous tenons à signaler le support sans faille, sur le terrain, en laboratoire et au traitement des données, de Serge Paquet, assistant de recherche de Dolores Planas.

Soulignons aussi le soutien apporté par le Service aux collectivités de l'UQAM tout au long du programme de recherche et, plus particulièrement Claire Vanier, agente de développement. Les

membres de l'ACBVLB, par le prêt d'équipements et de locaux, leur engagement au sein du comité d'encadrement mais aussi directement sur le terrain, comme au plan de la gestion globale du programme et de la diffusion des résultats, ont été les réels porteurs de ces recherches. Sans la générosité de toutes ces personnes et organisations, le programme de recherche n'aurait pu être réalisé.

STAGIAIRES À HORIZONS SCIENCES

Annick St-Pierre, Simon Laberge-Godin, Julien Ceré, Elizabeth Vigean, Estelle Lavirotte.

STAGIAIRES, ÉTUDIANTES ET ÉTUDIANTS QUI ONT CONTRIBUÉ À LA RÉALISATION DU PROGRAMME DE RECHERCHE AU LAC BROMONT

Stagiaires de CEGEP : Mélanie Chabot, Caroline Dupuis

Stagiaires universitaires:

Lizette Michel Pâez, Ciencias Biológicas Y Ambientales. Universidad De Guadalajara. Mexico
Andrea Winiarz. Dép. Sciences biologiques, UQAM; stage recherche au baccalauréat en biologie
Clément Guyot, Institut de Sciences de l'Environnement, UQAM
Delphine Caumont, DUT Génie Biologique. U. de Nantes, France
Estelle Campech, École Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse (ENSAT), France
Talita Müller, DUT Génie Biologique. U. de Nantes, France.
Yvonnick Favreau, Master M2, mention Écologie et Environnement, U. des Rennes 1, France

Étudiantes et étudiants à la maîtrise :

Katheleen McMeekin, Maîtrise en Sc. De l'environnement, UQAM
Mathieu Charland-Faucher, Maîtrise en Sc. De l'environnement, UQAM
Myriam Jourdain, Maîtrise en Sc. biologiques, UQAM
Paola-Andrea Cabal Gomez, Maîtrise en Sc. biologiques, UQAM
Zuzana Hrivnakova, Maîtrise en Sc. biologiques, UQAM (et stagiaire, Baccalauréat en Biologie)

Stagiaire postdoctorale

Alexandrine Pannard, GRIL - UQAM

SOUTIEN FINANCIER

Il est difficile d'évaluer le soutien financier total qu'a reçu le Programme de recherche au lac Bromont, de la part des différents partenaires et organismes subventionnaires, mais nous considérons qu'il va très probablement au-delà de 350 000 \$. Le Programme de recherche a en effet bénéficié du soutien financier de la municipalité de Bromont pendant 5 années, ainsi que du Programme d'aide financière à la recherche et à la création de l'UQAM, du programme Études-Travail, du programme Horizons Sciences d'Environnement Canada, du Ministère du développement durable de l'environnement et des parcs (MDDEP), du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG), du Fonds de recherches du Québec - nature et technologies (FQRNT), de l'Organisme de bassin versant de la Yamaska (OBY) et de l'Épicerie Métro de Bromont.

SOUTIEN GLOBAL

Action conservation du bassin versant du lac Bromont et ses membres

Municipalité de Bromont

Service aux collectivités de l'UQAM

GEOTOP, centre de recherche en géochimie et géodynamique

Groupe de Recherche interuniversitaire en limnologie et en environnement aquatique, GRIL-UQAM

Fonds québécois de la recherche du Québec sur la nature et les technologies (FQRNT)

Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie (CRSNG)

PRÉSENTATION DU LAC BROMONT

Situation géographique

Le lac Bromont, dont les coordonnées géographiques sont 45°15'57 N et 72°40'13 W, est un petit lac situé dans la région de l'Estrie, au Québec, à une heure de Montréal. Il se trouve dans les municipalités régionales de comté (MRC) de Brome-Missisquoi.

La situation géographique du lac Bromont est présentée sur la Figure 1 (point rouge). Il est situé dans une plaine centrale entourée de monts, de collines et de cols.

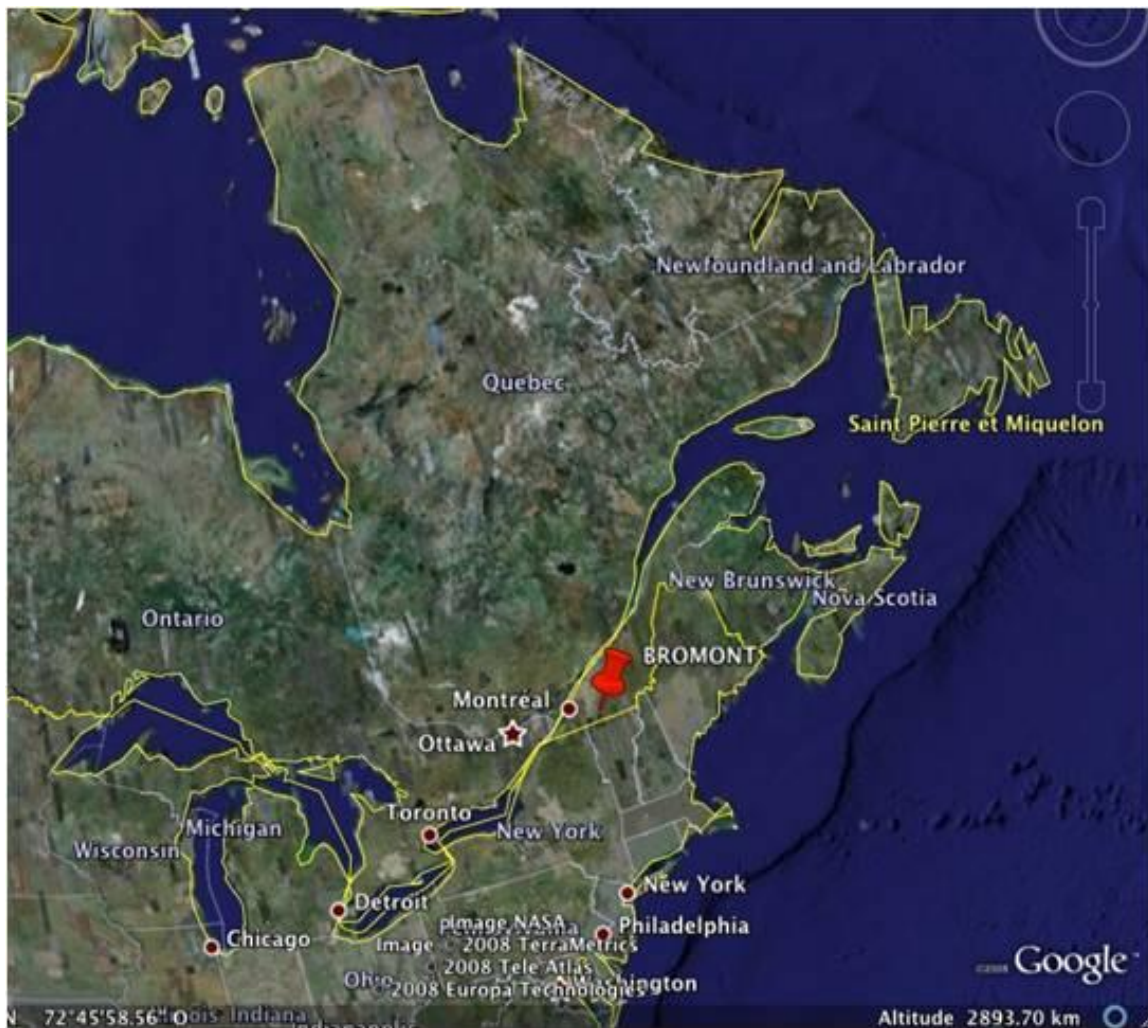


Figure 1. Situation du lac Bromont au Québec, Canada

Petite histoire récente du lac

L'histoire récente du Lac Bromont débute au tournant des années 1920, lors de l'apparition des premières transactions immobilières. La plus importante a été en 1929 alors que madame Ada Cadieux a acquis les lots 72-75-76 et 77. Ces lots constituaient l'essentiel du pourtour nord et est du lac, ainsi que les 3/5 du fond du lac. Le plan d'eau, qui était situé dans le Canton de Brome, s'appelait alors officiellement Étang de Brome (*Brome Pond*). Le Lac Bromont a pris son nom actuel en 1974, soit dix ans après la fondation de Bromont.

Vers les années 1930, le lac fut connu par le vocable Lac Tétreault, du nom d'un des premiers propriétaires de chalet sur ces rives. La vocation du lac à cette époque était principalement la pêche : le lac était très généreux en barbotes, petits brochets (brochet maillé), anguilles, truites arc-en-ciel, perchaudes, achigans et crapet-soleil. La nature presque sauvage du lac changea très peu au cours des quelque vingt années suivantes. La Figure 2 présente une photographie aérienne du lac et de son bassin versant, en 1950.



(CIRCA 1950)

Figure 2. Photographie aérienne du lac Bromont et de son bassin versant en 1950

Dans les années 1950, la Ville de Cowansville obtint que le lac devienne sa réserve d'eau potable et, pour se faire, à acquis le droit de procéder à l'installation, en 1955, de bornes de niveaux d'eau (au moins 5), ce qui lui permettait de gérer le niveau du lac. Quelques années plus tard, en 1961 ou 1962, on procéda à l'installation d'une conduite d'eau au fond du lac, au ruisseau Beaver Meadow. C'était une intervention majeure pour l'époque. Des vestiges de cette intervention sont toujours observables en aval du ruisseau. Dans les années qui suivent (1962 – 1963), la Ville de Cowansville renonce finalement à utiliser le lac comme réserve d'eau potable.

Un barrage, construit par la suite, a eu pour effet de stabiliser le niveau de l'eau à un niveau supérieur (~ 35 cm), soit le niveau actuel. L'impact visible a été surtout pour les berges, autrefois humides et maintenant inondées à plusieurs endroits, dont les approches de la décharge.

Par ailleurs, à la même époque, la compagnie Domaine Bromont Inc. démarra l'implantation du domaine Paradis de Brome, à l'est du lac. C'est ainsi qu'une section importante de cette zone inondable fut progressivement détruite, pour faire place aux rues de l'Horizon et autres. Des habitations s'installèrent dans ces rues et on y retrouve aujourd'hui le site de Plages et Loisirs.

L'intervention majeure suivante fut l'acquisition, en février 1975 par la Ville de Bromont, du site actuel de la plage municipale (15.962 acres) pour la somme de 1\$, avec l'engagement de conserver le site pour des fins récréatives et de conservation. A cette même date, la Ville a fait l'acquisition de 3/5 du fond du lac pour la somme de 10 000\$, devenant ainsi la principale propriétaire du lac. Suivit dès lors une longue saga portant sur l'expropriation éventuelle d'une vingtaine de propriétés sises sur le chemin de Gaspé et sur une section du chemin Frontenac. Ce projet fut finalement abandonné en 1978, suite à une opposition tenace des propriétaires concernés.

Au milieu des années 1980, les résidents commencèrent sérieusement à s'intéresser à la protection de leur lac. On observait déjà (et depuis plusieurs années, en fait) la présence ponctuelle de "blooms" de cyanobactéries en été, même si les riverains en connaissaient vraiment peu sur ces algues, à cette époque. Suivirent des initiatives de plantations d'arbustes sur les rives et une sensibilisation accrue pour la qualité et l'efficacité environnementale des installations septiques.

Mais c'est au début des années 1990 que cet intérêt pour la protection du lac prit un véritable essor, avec la création de l'Association pour la protection du Lac Bromont (APLB), ancêtre de l'actuelle association Action Conservation du Bassin Versant du Lac Bromont (ACBVLB). Du rôle de chien de garde du lac, l'organisme est passé à une mission plus structurée de prévention, d'éducation et, surtout, de sensibilisation aux causes réelles de la détérioration de la qualité de l'eau du lac.

En parallèle, en 1993, la ville de Bromont reconstruit le barrage artisanal au même endroit, sans autorisation du ministère de l'environnement, afin de conserver le niveau de l'eau toujours assez élevé pour permettre la baignade, même en rives. En 1996, la ville décide de reconfigurer le barrage à la baisse, cette fois avec l'appui du ministère de l'environnement de l'époque. Ces travaux, comme les précédents, ont suscité la controverse chez les citoyens de Bromont. Au début de 2002, la gestion du niveau du lac s'améliore, par un contrôle électronique et une alerte à la centrale des eaux, pour raffiner l'ajustement du barrage et donc le contrôle du niveau de l'eau.

C'est ainsi que le lac est devenu, au cours de la dernière décennie, un véritable lieu de recherche sur les cyanobactéries et ses causes.

Actuellement, le défi le plus important consiste à continuer la sensibilisation des citoyens et à leur mobilisation en regard de la protection de la qualité de l'eau du lac.

Caractéristiques du lac

Le lac Bromont est un petit lac situé dans la région de l'Estrie, au Québec. Ce lac connaît depuis 2006 des proliférations de cyanobactéries. Ce phénomène affecte la qualité de l'eau et de l'environnement de manière importante et perturbe fortement les activités récréatives et touristiques

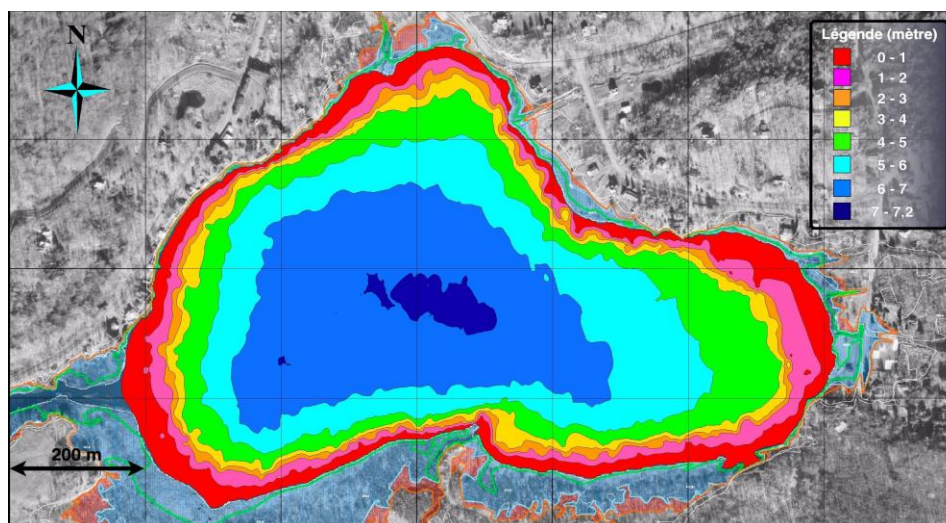
Surface et profondeur

Le Tableau 1 présente un aperçu des caractéristiques du lac Bromont, alors que la Figure 3 fournit la carte bathymétrique du lac, établie par échosondage (mesure des profondeurs). Le centre du lac est localisé dans la zone la plus profonde (7,2 mètres).

Tableau 1. Caractéristiques du lac Bromont

Longueur maximale approximative	1,05 km *
Largeur maximale approximative	0,6 km *
Superficie du lac	0,45 km ² **
Périmètre du lac	3,09 km *
Profondeur maximale	7,2 m **
Profondeur moyenne	4.48m **
Volume	2 004 375 m ³ **
Temps de séjour	0,25 année *

* : RAPPEL, 2008; ** Serge Paquet, UQAM, communication personnelle



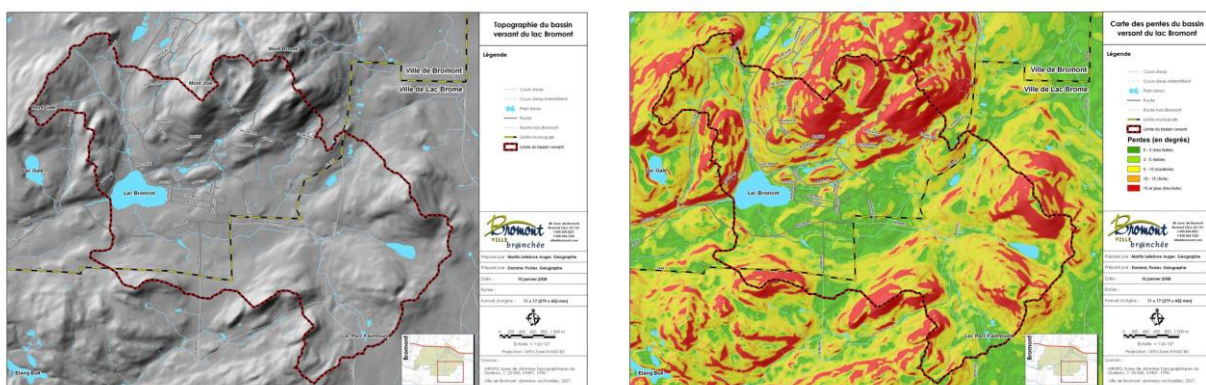
Carte : Serge Paquet, UQAM, communication personnelle

Figure 3. Bathymétrie du lac Bromont

Topographie et pentes de bassin versant du Lac Bromont¹

Le texte de la présente section est majoritairement tiré du rapport du RAPPEL 2008. Selon les auteurs de ce rapport, la topographie du bassin versant est caractérisée par la présence de monts et collines qui ceinturent le lac Bromont, la partie nord du bassin versant étant particulièrement accidentée avec les monts Joie, Gale et Brome (Figure 3). Le point le plus élevé du territoire à l'étude culmine à 528 mètres d'altitude (partie du mont Brome à l'intérieur du bassin versant). La pente moyenne des versants se situe à 18 % et favorise une progression rapide de l'écoulement des eaux vers le lac (RAPPEL 2008).

Les dépôts sont généralement minces dans les pentes et sur les sommets et plus importants dans les vallées, ce qui favoriserait le ruissellement de surface vers le lac. Par ailleurs, plus de 68 % du territoire comporte des pentes pouvant être considérées comme sensibles à l'érosion en fonction de l'inclinaison de la pente (Tableau 2). Ces secteurs abondent près des monts situés au nord du lac et au niveau des collines servant de limites au sud et à l'est du bassin versant (Figure 4).



Topographie du bassin versant du lac Bromont

Pentes du bassin versant du lac Bromont

Figure 4. Topographie et pentes du bassin versant du lac Bromont

Tableau 2. Catégories de pentes du bassin

Pente (°)	% du bassin	Superficie en km ²
0 à 3° (pente très faible)	18,3	4,41
3 à 5° (pente faible)	13,54	3,26
5 à 10° (pente modérée)	26,33	6,35
10 à 15° (pente forte)	20,09	4,84
15° et plus (pente très forte)	21,74	5,24

Texte surligné par les auteures du présent document.

Le secteur situé au nord du lac était jusqu'en 2007 majoritairement forestier, réduisant ainsi les risques d'érosion et le ruissellement des eaux de pluie. Depuis, une partie de la montagne a subi une importante coupe forestière afin d'aménager de nouvelles pistes à la station Ski Bromont. La

¹ Extrait et adapté de RAPPEL, 2008

mise en chantier de projets domiciliaires tel que le Val des Irlandais favorise également le retrait du couvert végétal en secteurs de fortes pentes et l'étalement du réseau routier. La réalisation de nouvelles routes et fossés contribue à canaliser et concentrer les eaux de surface qui seront acheminées de façon plus rapide vers le lac. Cette modification de la dynamique hydrique aura pour effet d'augmenter les fluctuations de niveaux du lac Bromont. L'aménagement de ces nouvelles infrastructures peut également constituer une source d'apport en sédiments puisque les routes (fréquemment en gravier) et les fossés seront soumis au processus d'érosion. Il importe de préserver ce couvert végétal afin de retenir les sols en place et d'offrir un milieu favorable à la rétention des eaux de pluie, évitant ainsi des fluctuations soudaines du niveau du lac.

Ruisseaux d'alimentation et de décharge

Le lac Bromont est alimenté tout au long de l'année par quatre ruisseaux et se déverse dans un cinquième ruisseau (la décharge du lac). Chacun de ces ruisseaux est alimenté par un sous-bassin versant², dont les délimitations sont présentées sur la Figure 5, soit :

Le **ruisseau Petit Galop (R1)** draine le Pic du Chevreuil et une partie du mont Gale. On trouve dans son bassin versant des activités agricoles, quelques fermes et un grand centre hippique et, près de son embouchure, des habitations

Le **ruisseau Coulée du Rocher (R2)** prend sa source dans le Mont Brome, où on retrouve un fort développement touristique dans la montagne (infrastructures, pistes de ski, chalets), ainsi que plusieurs étangs artificiels. Initialement³, le R2 avait une longueur de 2,78 km et son bassin versant était de 3,19 km².

Le **ruisseau des Cervidés (R3)**, qui peut être intermittent, draine une zone d'urbanisation récente et reçoit de plus une partie des eaux issues du Coulée du Rocher (R2), via le dernier de la série des étangs artificiels aménagés le long du ruisseau R2. Initialement, la longueur du R3 était de 0,55 km et son bassin versant était de 1,26 km². Ces données ne prennent pas en compte le territoire réellement drainé par le R3 via les étangs artificiels du R2.

Le **ruisseau Wright (R4)** draine la plus grande partie du bassin versant (plus de 60 %; RAPPEL 2008); il traverse une zone surtout composée de pâturages et parvient au lac par la zone marécageuse située au sud du plan d'eau.

Le **ruisseau Beaver Meadow (R5)**, dans lequel se jette le lac, constitue la décharge du lac. Ce ruisseau se déverse dans la rivière Yamaska

² Voir Cahier 2 pour la définition d'un bassin versant

³ Voir plus loin les modifications aux sous-bassins de R2 et de R3

Tableau 3. Longueur initiale des ruisseaux qui alimentent le lac Bromont et superficie initiale de leur sous-bassin versant

Tributaires	Longueur initiale du ruisseau	Superficie initiale du sous-bassin versant
Petit Galop (R1)	3,18 km	3,89 km ²
Coulée du Rocher (R2)	2,78 km	3,19 km ² (puis 0,76 km ² : voir plus bas)
des Cervidés (R3)	0,55 km	1,26 km ² (puis 3,51 km ² : voir plus bas)
Wright (R4)	7,63 km	14,84 km ²
Total	14 142 mètres	24.1 km² *

RAPPEL (2008). * : 23,5 km² selon Pannard et al 2011

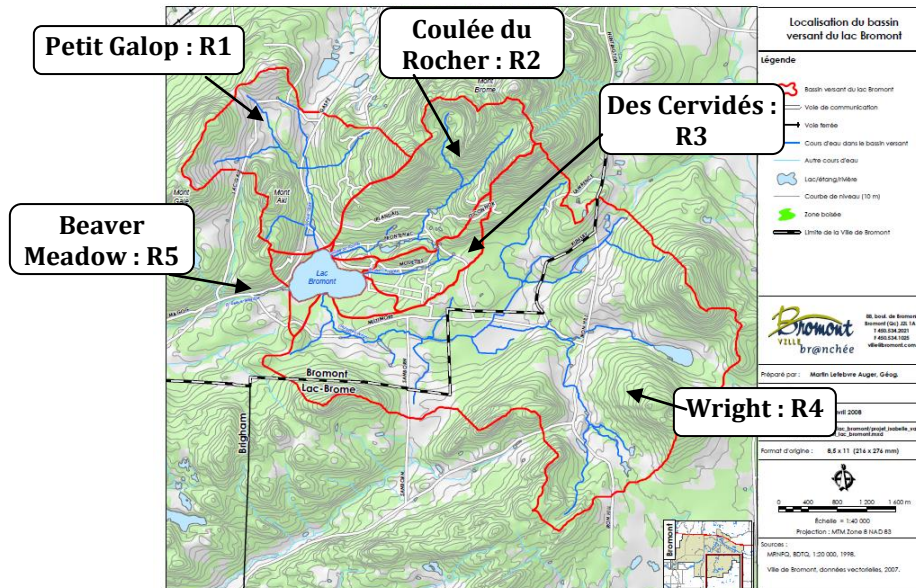


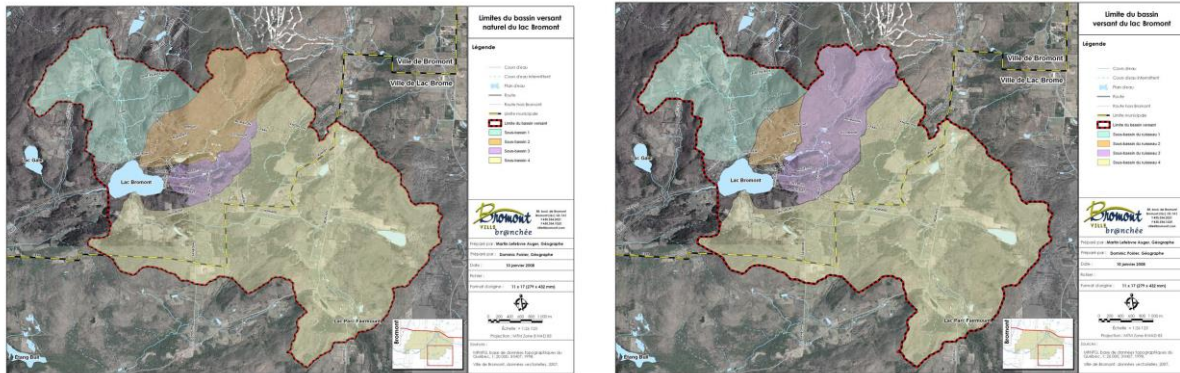
Figure 5. Topographie et limites initiales des sous-bassins des ruisseaux qui alimentent le lac Bromont (R1 à R4) et de la décharge du lac (R5)

MODIFICATIONS AUX LIMITES DES SOUS-BASSINS VERSANT DES RUISSEAUX R2 ET R3 ⁴

Dans son rapport, le RAPPEL signale au lecteur que l'écoulement normal du R2 a été modifié de sa trajectoire originale. Tel que déjà dit le R2 comporte plusieurs étangs artificiels. Le dernier de cette chaîne d'étangs, un vaste étang qui recueille les eaux du R2, a été aménagé de telle sorte que son principal exutoire s'écoule dans le R3 et gonfle ainsi considérablement son débit.

⁴ Tiré et adapté de RAPPEL 2008 (pages 7 et 8)

Compte tenu de cet aménagement, les bassins versants de ces deux ruisseaux ont été modifiés. La Figure 6 montre la limite du bassin versant global ainsi que l'étendue des quatre sous-bassins des tributaires à l'étude (a) suivant la configuration initiale des sous-bassins versants et (b) telle qu'évaluée par le RAPPEL pour prendre en compte le réaménagement de la sortie d'eau de l'étang artificiel. On note que, selon cette estimation, la superficie du bassin versant du R3 (en rose) a plus que triplé, à l'inverse de celui du R2 (beige) qui a considérablement réduit.



(a) Limites du bassin versant naturel du lac Bromont

(b) Limites du bassin versant modifié du lac Bromont

Figure 6. Limites du bassin versant naturel (a) et du bassin versant modifié (b) du lac Bromont

OBJECTIFS DU PROGRAMME DE RECHERCHES AU LAC BROMONT

Afin de connaître les phénomènes à l'origine des efflorescences des cyanobactéries et d'envisager des approches pour les contrôler et, idéalement, réduire leur apparition, l'ACBVLB a fait appel à l'UQAM, via son Service aux collectivités. Un programme de recherche a été développé et réalisé par les professeurs Dolores Planas et Beatrix Beisner, en collaboration avec l'ACBVLB, auxquels s'est jointe la municipalité de Bromont.

Il est connu depuis la fin des années 1970 (Schindler, 1975; Vollenweider, 1968) que la croissance des **algues** dans les lacs est liée à une augmentation des **nutriments** dans l'eau, et particulièrement du **phosphore**. Les arrivées de nutriments dans un lac ont deux principales sources : externes, c'est-à-dire provenant des ruisseaux, des eaux souterraines et du ruissellement sur le sol, et internes, par la libération de phosphore accumulé dans le fond du lac⁵.

Le but des recherches menées au lac Bromont depuis 2007 était de comprendre la provenance des nutriments responsables de la croissance et de la prolifération des cyanobactéries dans le lac, afin de développer des stratégies d'intervention et d'aménagement.

Les investigations sur les apports de nutriments au lac Bromont qui pourraient expliquer la prolifération des cyanobactéries ont pris différentes formes au fil des ans. En effet, les objectifs de chaque année d'étude étaient établis au sein du comité d'encadrement du projet, à la lumière des résultats obtenus pendant l'année en cours. Voici les objectifs, tels qu'annuellement définis :

En 2007-2008

- Déterminer l'importance relative des ruisseaux dans l'apport de nutriments au lac
- Déterminer la distribution des nutriments (**phosphore, azote**) présents dans le lac Bromont
- Effectuer des bilans de nutriments pour savoir si le lac retient ou rejette des nutriments.
- Étudier les distributions de la température et de l'oxygène
- Étudier les groupes d'algues, déterminer les groupes les plus abondants et étudier la distribution des cyanobactéries.

En 2008-2009

- Assurer le suivi de la distribution des nutriments et des cyanobactéries dans le lac pendant la période libre de glace
- Valider les résultats obtenus en 2007-2008
- Étudier les étangs situés le long du ruisseau Coulée du Rocher (R2)

En 2009-2010

- Assurer le suivi de la distribution des nutriments et des cyanobactéries dans le lac pendant la période libre de glace
- Valider les résultats obtenus en 2008-2009
- Comparer les apports en nutriments des ruisseaux, suivant des mesures faites en amont des ruisseaux et des mesures faites à leur embouchure.

⁵ Voir le Cahier 2 sur les connaissances générales pour plus d'information

En 2010

- Assurer le suivi de la distribution des nutriments et des cyanobactéries dans le lac pendant la période libre de glace
- Valider les résultats de 2009-2010 concernant les différences d'apports des ruisseaux, suivant les mesures faites en amont des ruisseaux et celles faite à leur l'embouchure.
- Comparer les apports en nutriments des ruisseaux, suivant des mesures bimensuelles et des mesures en continu.

En 2011

- Assurer un suivi de la distribution du phosphore et des cyanobactéries dans le lac pendant la période libre de glace
- Établir le sens d'écoulement des eaux du ruisseau Wright (R4) une fois dans le lac afin de voir si ses eaux se mélangent à celles du lac ou si elles coulent le long du littoral pour sortir directement par la décharge R5 sans se mélanger dans le lac.

BIBLIOGRAPHIE

- Pannard, A. Beisner, B. E. Bird, D.F., Braun, J., Planas, D. et Bormans, M., 2011. *Recurrent internal waves in a small lake: Potential ecological consequences for metalimnetic phytoplankton populations*. *Limnology and Oceanography: Fluids and Environments*. 1: 91–109
- RAPPEL 2008, *Diagnostic environnemental global du bassin versant du lac Bromont (ville de Bromont)*. Réd. D. Poirier, M. Dubois, Sherbrooke, 98 p. (incluant 3 annexes)
- Schindler, D.W., 1975. *Whole-lake fertilization experiments with phosphorus, nitrogen and carbon*. *Int Ver Theor Angew Limnol Verh* 19:3221–3231.
- Vollenweider, R.A., 1968. *Scientific Fundamentals of the Eutrophication of Lakes and Flowing Waters, with Particular Reference to Nitrogen and Phosphorus as Factors in Eutrophication* (Tech Rep DAS/CS/68.27, OECD, Paris).

DOCUMENTS PRODUITS DANS LE CADRE DU PROGRAMME DE RECHERCHE AU LAC BROMONT

Mémoires de maîtrise de recherche associés au Programme de recherche au lac Bromont

- Charland-Faucher, Mathieu. 2010, Agir ensemble : Itinéraire d'un projet concerté au lac Bromont, Mémoire de maîtrise en Sciences de l'environnement, UQAM, novembre 2010.
- Jourdain, Myriam. 2010, Les effets des variables environnementales sur le recrutement des cyanobactéries et des akinètes, Mémoire de maîtrise en Sciences biologiques, UQAM, avril 2010.
- McMeekin, Kathleen. 2009, Le bilan de phosphore du lac Bromont : Vers l'identification des activités humaines causant les blooms de cyanobactéries, Mémoire de maîtrise en Sciences de l'environnement, UQAM, juillet 2009
- Paola-Andrea Cabal Gomez. (hiver 2014). *Distribution spatio-temporelle des cyanobactéries en fonction de la stabilité thermique d'un petit lac*. Mémoire de maîtrise en Sc. biologiques, UQAM
- À venir ...**
- Zuzana Hrivnakova. (en rédaction). *Comparaison du recrutement et de la croissance des cyanobactéries de deux lacs comportant différentes charges externes en phosphore*. Mémoire de maîtrise en Sc. biologiques, UQAM.

Rapports de stages universitaires associés au Programme de recherche au lac Bromont

- Campech, Estelle. 2007, *Cartographie de l'occupation des sols du bassin versant du Lac Bromont pour l'année 2001*. Rapport d'un stage dans le cadre d'un diplôme d'ingénieur équivalant au Master, École Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse (ENSAT), France.

- Caumont, Delphine. 2010. *Causes du développement des blooms de cyanobactéries nuisibles dans l'Estrie: l'importance des apports provenant de la villégiature*. DUT Génie Biologique. U. de Nantes, France
- Favreau, Yvonnick. 2011. *Origines des nutriments responsables du développement des blooms de cyanobactéries nuisibles dans l'Estrie*. Master M2, Mention Écologie et Environnement, spécialité Gestion des habitats et des bassins versants. Sciences de la vie et l'environnement. Université des Rennes 1 (France).
- Guyot, Clément. 2008. *Rôle des petits étangs comme bassin de sédimentation du phosphore et réservoir à Cyanobactéries des ruisseaux du bassin versant du lac Bromont*. Rapport de stage de Maîtrise Professionnel en Sc. de l'Environnement, Institut de Sciences de l'Environnement, UQAM.
- Hrivnakova, Zuzana. 2008. *Écophysiologie des cyanobactéries au lac Bromont*. Rapport de stage recherche, Baccalauréat en Biologie, UQAM
- Pâez Michel, Lizette, A.. 2008. *Desarrollo de estructuras especializadas en Nostocales (cianobacterias filamentosas) con respecto a nutrientes (P y N) en el lago Bromont, Quèbec*. Rapport de stage de fin de licence, Ciências Biológicas Y Ambientales. Universidad De Guadalajara. Mexico.
- Müller, Talita. 2010. *Causes du développement des blooms de cyanobactéries nuisibles dans l'Estrie: l'importance des apports du recrutement littoral des sites avec des apports d'eau résiduels*. DUT Génie Biologique. U. de Nantes, France.
- Winiarz, Andrea. 2009. *Le recrutement de cyanobactéries du lac Bromont: test de validité des trappes de recrutement*. Rapport de stage recherche, Baccalauréat en Biologie, UQAM

Rapport de stage postdoctoral associé au Programme de recherche au lac Bromont

Alexandrine Pannard. *Études sur le lien entre les efflorescences de cyanobactéries et le brassage de l'eau*. (2007-2009)

Cahiers présentant, année par année, les résultats du Programme de recherche au lac Bromont

- Dolors Planas, Claire Vanier et Estelle Lavirotte. 2014. *Le programme de recherche sur les cyanobactéries au lac Bromont _ Cahier 1 : Le lac Bromont et les objectifs de recherche du programme*. Service aux collectivités de l'UQAM et Action conservation du bassin versant du lac Bromont – ISBN 978-2-923773-07-0
- Dolors Planas, Claire Vanier et Estelle Lavirotte. 2014. *Le programme de recherche sur les cyanobactéries au lac Bromont _ Cahier 2 : Connaissances et concepts*. Service aux collectivités de l'UQAM et Action conservation du bassin versant du lac Bromont – ISBN 978-2-923773-08-7.
- Dolors Planas, Claire Vanier et Estelle Lavirotte. 2014. *Le programme de recherche sur les cyanobactéries au lac Bromont _ Cahier 3 : Méthodologie générale utilisée au lac Bromont*. Service aux collectivités de l'UQAM et Action conservation du bassin versant du lac Bromont – ISBN 978-2-923773-09-4.

- Dolors Planas, Claire Vanier et Estelle Lavirotte. 2014. Le programme de recherche sur les cyanobactéries au lac Bromont _ Cahier 4 : Étude en 2007-2008. Service aux collectivités de l'UQAM et Action conservation du bassin versant du lac Bromont – ISBN 978-2-923773-10-0.
- Dolors Planas, Claire Vanier et Estelle Lavirotte. 2014. Le programme de recherche sur les cyanobactéries au lac Bromont _ Cahier 5 : Étude en 2008-2009. Service aux collectivités de l'UQAM et Action conservation du bassin versant du lac Bromont – ISBN 978-2-923773-11-7.
- Dolors Planas, Claire Vanier et Estelle Lavirotte. 2014. Le programme de recherche sur les cyanobactéries au lac Bromont _ Cahier 6 : Étude en 2009-2010. Service aux collectivités de l'UQAM et Action conservation du bassin versant du lac Bromont – ISBN 978-2-923773-12-4.
- Dolors Planas, Claire Vanier et Estelle Lavirotte. 2014. Le programme de recherche sur les cyanobactéries au lac Bromont _ Cahier 7 : Étude pendant la période libre de glace de 2010. Service aux collectivités de l'UQAM et Action conservation du bassin versant du lac Bromont – ISBN 978-2-923773-13-1.
- Dolors Planas, Claire Vanier et Estelle Lavirotte. 2014. Le programme de recherche sur les cyanobactéries au lac Bromont _ Cahier 8 : Étude pendant la période libre de glace de 2011. Service aux collectivités de l'UQAM et Action conservation du bassin versant du lac Bromont – ISBN 978-2-923773-14-8.
- Dolors Planas et Claire Vanier. 2014. Le programme de recherche sur les cyanobactéries au lac Bromont _ Cahier 9 : Synthèse, conclusions et recommandations. Service aux collectivités de l'UQAM et Action conservation du bassin versant du lac Bromont – ISBN 978-2-923773-15-5.

Autres documents associés au Programme de recherche au lac Bromont

- Charland-Faucher, Mathieu. 2009. Un plan d'action pour le lac Bromont, plan d'action tel qu'élaboré par les participants aux ateliers de concertation du printemps 2009. Plan d'action élaboré suite à la recherche *Évaluation des acquis sociopolitiques, suite aux actions entreprises dans le dossier des cyanobactéries au lac Bromont*.
- Paquet, Serge, Planas, Dolors, Gosselin, Yves, Céré, Julien, Andrea, Paola, Gomez, Cabal et Auger, Jérémie. 2010. *Les hautes et les basses fréquences de la mélodie du phosphore qui fait danser les cyanobactéries*. Présentation aux élus de la municipalité de Bromont et aux membres de l'ACBVLB.