



RAPPORT

DIAGNOSE DU LAC MARQUIS

MUNICIPALITE DE CHUTE-SAINT-PHILIPPE, QUEBEC

Mont-Laurier, décembre 2008

Rapport

Diagnose du lac Marquis

Préparé pour :

Municipalité de Chute-Saint-Philippe

Équipe de travail :


Annie Raymond, Biologiste B. Sc.

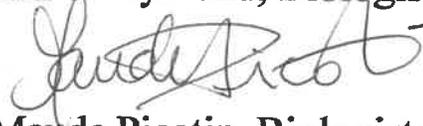

Maude Picotin, Biologiste M. Sc.

Table des matières

Introduction	1
Méthodologie.....	2
Résultats et analyses.....	4
Conclusion.....	11
Recommandations	14
Références	16

Introduction

Les lacs et cours d'eau sont très nombreux au Québec et représentent une richesse collective d'importance. Ils sont également un moteur économique non négligeable puisque le tourisme dépend souvent de la proximité des plans d'eau. Malheureusement, l'engouement de la population pour les milieux lacustres entraîne souvent leur dégradation. Nous avons été témoins de plusieurs signes concrets de l'eutrophisation au cours des dernières années, particulièrement avec l'avènement des cyanobactéries. Il devient donc primordial de se pencher sur la problématique des lacs pour en isoler les causes et pour remédier à la situation afin de conserver le secteur économique de l'écotourisme, mais surtout pour offrir aux générations futures un milieu sain.

La municipalité de Chute-Saint-Philippe a mandaté Services-Conseils Envir'Eau (résolution numéro 6542, session ordinaire du 10 mars 2008) afin d'effectuer l'étude physico-chimique, d'établir le stade trophique et de faire une étude cartographique du bassin versant de 7 lacs de la municipalité, soit les lacs des Corne, Marquis, Pérodeau, Pierre, Petit Kiamika, Rochon et Vaillant, ainsi que de réaliser une analyse des données ramassées sur le lac David en 2007.

Des échantillonnages ont été réalisés afin d'évaluer la concentration du phosphore, du carbone organique dissous et de la chlorophylle *a* dans le lac Marquis. Des mesures de transparence de l'eau et de physico-chimie ont également été faites. Toutes ces données ont permis de dresser un portrait global du lac pour en évaluer la dégradation et le stade trophique. Une étude cartographique du bassin versant a ensuite été réalisée pour déterminer les sources probables de polluants.

Méthodologie

L'échantillonnage du lac Marquis a eu lieu à 3 reprises durant l'été, soit le 18 juin, le 13 août et le 30 septembre. M. Robert Chassé a accompagné la biologiste de Services-Conseils Envir'Eau lors des visites sur le lac.

Pour évaluer le **stade trophique** du lac, des échantillons d'eau ont été prélevés à un mètre sous la surface de l'eau dans une des fosses les plus profondes du lac (Figure 1). Les échantillons ont été analysés pour connaître la concentration en phosphore total trace, carbone organique dissous et chlorophylle *a*. Ces analyses ont été réalisées le Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec (copie de certificat d'analyse en annexe A). Les mesures de transparence ont été prises à l'aide d'un disque de Secchi. Les données relatives à la **physico-chimie** de l'eau ont été relevées grâce à une multisonde analysant simultanément la température, l'oxygène dissous (pourcentage et concentration), le pH et la conductivité spécifique de l'eau à chaque mètre à partir de la surface jusqu'au point le plus profond de la fosse.

Une **étude cartographique du bassin versant** a été réalisée à l'aide des cartes éco-forestières fournies par le service d'aménagement de la MRC d'Antoine-Labelle.



Figure 1 : Carte bathymétrique du lac Marquis et localisation du site d'échantillonnage pour l'été 2008. Les isobathes sont en pieds.

Résultats et analyses

Caractéristiques géographiques

Le lac Marquis se situe dans la municipalité de Chute-Saint-Philippe, dans la MRC d'Antoine-Labelle, dans la région des Hautes-Laurentides. Les coordonnées du lac sont 46° 39' 95.7'' nord et 75° 14' 12.7'' ouest.

Le lac Marquis se situe à une altitude de 246 mètres. Il a un périmètre de 7,0 kilomètres et couvre une superficie de 69,7 hectares. La profondeur maximale du lac est de 100 pieds (environ 30,5 mètres). Les échantillonnages réalisés au cours de l'été 2008 se situaient à une profondeur maximale moyenne de 27 mètres.

Stade trophique

Les lacs changent et évoluent avec le temps. Leur vieillissement, ou eutrophisation, est une réponse du milieu aquatique à un enrichissement excessif en matières nutritives. L'eutrophisation se traduit par divers symptômes, tels que l'augmentation marquée de la biomasse algale, la forte croissance de plantes aquatiques, un déficit en oxygène et des odeurs désagréables dues à la grande quantité de matière en décomposition. La détermination du stade trophique d'un lac permet de voir si l'eutrophisation de celui-ci est avancée ou non. Différents paramètres, tel la concentration en phosphore et en chlorophylle *a* ainsi que la transparence de l'eau sont utilisés pour déterminer si le lac est oligotrophe (peu nourri), eutrophe (bien nourri) ou encore mésotrophe (stade intermédiaire).

Phosphore total trace

Le phosphore est un élément nutritif essentiel à la croissance des algues et plantes aquatiques. C'est également un élément limitant, c'est-à-dire que sa disponibilité limite la croissance de ces dernières (MDDEP et CRE Laurentides 2007a). Ainsi, c'est lui qui régule la production primaire d'un lac : plus il y a de phosphore disponible, plus il y a d'algues et de plantes aquatiques. Le phosphore est également le principal responsable de l'eutrophisation d'un plan d'eau et influence l'apparition des *blooms* de cyanobactéries.

Le tableau 1 présente les résultats d'analyse des échantillons prélevés dans le lac Marquis au cours de l'été 2008. La concentration moyenne de phosphore total trace du lac est de 8,4 µg/L. Cette valeur classe le lac au stade oligo-mésotrophe (Tableau 2).

Chlorophylle *a*

La chlorophylle *a* est un pigment essentiel à la photosynthèse des algues et des autres végétaux. Ce facteur est donc utilisé pour évaluer la biomasse algale qui, à son tour, constitue un excellent indice dans l'établissement du stade trophique. En effet, plus un lac contient d'éléments nutritifs (engrais), plus il y aura une forte croissance d'algues microscopiques planctoniques, plus la concentration de chlorophylle *a* sera élevée.

La concentration moyenne de chlorophylle *a* dans le lac Marquis est de 2,6 µg/L (Tableau 1). En se référant au tableau 2, ce paramètre classe le lac Marquis au stade oligotrophe.

Transparence

La transparence de l'eau indique le degré de pénétration de la lumière dans la colonne d'eau. Un lac ayant une eau très claire et peu de particules en suspension sera très transparent, la lumière pourra ainsi pénétrer à plusieurs mètres sous la surface. De fortes concentrations de carbone organique dissous confèrent à l'eau une coloration jaunâtre ou légèrement brune, diminuant de ce fait sa transparence.

La concentration moyenne de carbone organique dissous dans le lac Marquis est de 3,2 mg/L. La profondeur moyenne obtenue avec le disque de Secchi est de 5,6 mètres (Tableau 1). Ce paramètre classe le lac au stade oligo-mésotrophe (Tableau 2).

Tableau 1 : Valeurs de phosphore, carbone organique dissous (COD), chlorophylle *a* et transparence pour le lac Marquis

Date d'échantillonnage	Site	Phosphore (µg/L)	COD (mg/L)	Chlorophylle <i>a</i> (µg/L)	Transparence (m)
18-06-2008	Marquis	8,2	3,0	2,3	5,0
13-08-2008	Marquis	12	2,6	1,3	5,45
30-09-2008	Marquis	4,9	4,1	4,3	6,3

Tableau 2 : Classes des niveaux trophiques des lacs avec les valeurs correspondantes de phosphore total, de chlorophylle *a* et de transparence de l'eau (Ministère de l'Environnement, 2005)

Classes trophiques		Phosphore total (µg/L)	Chlorophylle <i>a</i> (µg/L)	Transparence (m)
Classe principale	Classe secondaire (transition)	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Ultra-oligotrophe		< 4	< 1	>12
Oligotrophe		4-10	1-3	12-5
	Oligo- mésotrophe	7-13	2,5-3,5	6-4
Mésotrophe		10-30	3-8	5-2,5
	Méso-eutrophe	20-35	6,5-10	3-2
Eutrophe		30-100	8-25	2,5-1
Hyper-eutrophe		> 100	> 25	< 1

Physico-chimie

Température

Sous nos latitudes, la majorité des lacs de bonne dimension ont une stratification thermique durant l'été. Cette stratification sépare le lac en trois zones distinctes. La première de ces zones, celle située en surface, se nomme l'épilimnion et est caractérisée par des eaux chaudes. La seconde zone est le métalimnion, où se situe la thermocline. Cette couche est définie par un gradient décroissant très marqué de la température qui crée une barrière de densité empêchant les eaux de surface et les eaux profondes de se mélanger. Enfin, l'hypolimnion, soit la zone la plus

profonde, renferme des eaux très fraîches. La différence de densité de l'eau selon la température empêche les trois couches de se mélanger, sauf durant les brassages automnaux et printaniers.

La stratification thermique du lac Marquis est bien définie. On note une augmentation de la profondeur de l'épilimnion au cours de l'été, passant de 3 mètres à 6 mètres (figure 2). La température moyenne de l'épilimnion augmente sensiblement entre le 18 juin et le 13 août pour ensuite diminuer en septembre. Lors de la visite du mois d'août, la température moyenne de l'épilimnion était légèrement supérieure à 21°C. Le métalimnion, la zone intermédiaire, occupe la couche d'eau s'étendant jusqu'à l'hypolimnion, à 9 mètres. Enfin, l'hypolimnion occupe la couche profonde du lac, où la température moyenne, lors de la visite du 13 août, était de près de 5°C. Cette stratification thermique offre à la faune ichthyenne une gamme de températures permettant la survie de diverses espèces.

Il faut cependant demeurer attentif aux températures en milieu littoral (près de la rive) où l'eau est très peu profonde. Un manque de végétaux arborescents sur les berges et la présence de roches à nues peuvent favoriser un réchauffement excessif de cette zone et entraîner une désoxygénation de l'eau et une grande diminution de sa qualité, permettant à plusieurs organismes microscopiques et potentiellement pathogènes de se développer en grande quantité. Un lac aux eaux fraîches constitue donc souvent un lac plus en santé.

Oxygène dissous

L'oxygène dissous dans l'eau est un paramètre important puisqu'il sert à la respiration des organismes vivants. Divers facteurs influencent sa concentration dans les plans d'eau, notamment la température de l'eau, la profondeur du plan d'eau, la concentration de matière organique et de nutriments et la quantité de plantes aquatiques, algues et bactéries présentes (MDDEP et CRE Laurentides 2007b). L'oxygène présent dans les lacs se renouvelle à l'interface air-eau, où les molécules d'oxygène diffusent de l'atmosphère à l'eau. La stratification thermique empêche toutefois l'oxygène présent dans l'épilimnion de se rendre dans l'hypolimnion. La présence et le renouvellement de cet élément dans la couche inférieure des plans d'eau à stratification thermique se fait donc au moment des brassages printaniers et automnaux. La mesure de la

l'oxygène dans l'hypolimnion donne ainsi un aperçu de sa consommation par les bactéries et autres organismes peuplant les profondeurs des lacs.

Le profil de l'oxygène dissous dans le lac Marquis suit la courbe normale associée aux lacs à stratification thermique. La concentration d'oxygène dans l'épilimnion, lors des 3 visites, était supérieure à 7,5 mg/L. On observe une diminution de l'oxygène dans le métalimnion suivie d'une légère augmentation localisée. Celle-ci est probablement due à une accumulation d'algues microscopiques dans cette couche d'eau et à leur production d'oxygène par photosynthèse. Lors des 3 échantillonnages, la concentration d'oxygène dissous dans l'hypolimnion diminue pour devenir nulle à partir de 26 mètre lors de la visite du 18 juin, de 20 mètres le 13 août et de 18 mètres le 30 septembre. Une telle condition d'anoxie ne permet plus la vie de poissons en profondeur. Certaines bactéries peuvent par contre survivre à de telles conditions.

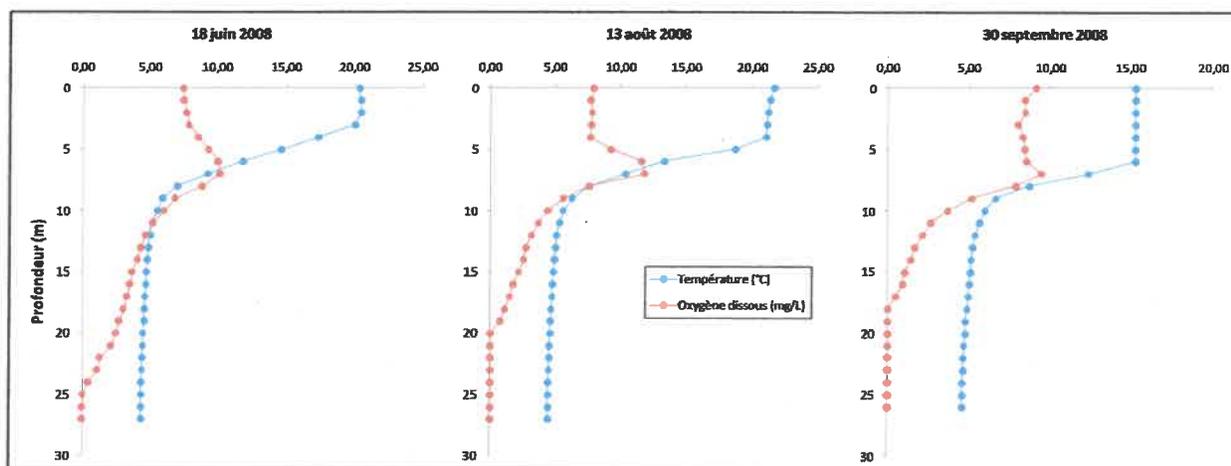


Figure 2 : Profil de température (°C) et d'oxygène dissous (mg/L) en fonction de la profondeur au lac Marquis durant l'été 2008

pH

Le pH informe sur l'acidité d'un liquide. Il se mesure sur une échelle graduée de 0 à 14. La valeur 7 étant neutre, les valeurs inférieures à 7 désignent un liquide acide et celles supérieures à

7 désignent un liquide basique. Le pH d'un lac influence la biodiversité de celui-ci. Ainsi, la faune et la flore seront différentes selon qu'on est en présence d'un plan d'eau à caractère basique ou acide. L'acidification des lacs, sous l'effet des pluies acides et des polluants, modifie donc la biodiversité lacustre. Les espèces intolérantes à l'acidité vont tendre à disparaître des lacs où le pH est bas, modifiant de ce fait la chaîne alimentaire. Les plantes aquatiques seront remplacées par des mousses aquatiques. Enfin, la transparence de l'eau s'accroîtra, favorisant la photosynthèse et de ce fait la prolifération d'algues gélatineuses. Un lac est considéré acide lorsque la valeur de son pH est égale ou inférieure à 5,5. Un pH compris entre 5,5 et 6 désigne un lac en transition. Les premiers dommages biologiques notables surviennent dans cette gamme de valeurs. Enfin, en raison du caractère granitique du sol du Bouclier canadien (protection naturelle réduite contre l'acidification et dépôts acides naturels), les lacs de cette région ayant un pH de 6 ou plus sont considérés non acides (Dupont 2004).

Le pH du lac Marquis se situe entre 6,56 et 8,00. Les valeurs plus élevées, donc légèrement basiques, se situant en surface et les valeurs légèrement acides se situant en profondeur (Annexe B). Ces valeurs sont près de la neutralité, ce qui est excellent.

Conductivité

La conductivité de l'eau est la propriété qu'elle a de laisser passer le courant électrique. Elle nous indique la quantité de minéraux dissous dans l'eau ou présents sous forme d'ions. Ainsi, la conductivité spécifique est plus élevée dans les plans d'eau dont le bassin versant draine des sols facilement *érodables* et lessivables puisqu'ils contiennent plus de sels et minéraux dissous (Environnement Canada 2007). La conductivité au fond des plans d'eau est de plus indirectement influencée par la concentration d'oxygène dissous. En effet, les conditions anoxiques peuvent provoquer un *relargage* d'éléments contenus dans les sédiments, éléments qui contribuent alors à faire augmenter la quantité de sels et minéraux dissous dans l'eau (Tremblay *et al.* 2002).

Les valeurs de conductivité du lac Marquis, en présence d'oxygène dissous, oscillent entre 71 et 95 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Annexe B). Ces valeurs correspondent à des conductivités moyennes. On note une augmentation marquée de la conductivité en absence d'oxygène. Ainsi, les valeurs de

conductivité oscillent entre 95 et 135 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en condition d'anoxie. Ces valeurs correspondent à des conductivités élevées témoignant d'un possible *relargage* d'éléments sédimentés.

Étude du bassin versant

Le bassin versant du lac Marquis est de très grande taille en comparaison avec la taille du lac (voir l'esquisse du bassin versant, Annexe C). Le ratio de drainage du lac (superficie du bassin versant / superficie du lac) est de près de 93, ce qui représente une valeur très élevée. Nous savons que, plus un bassin versant est grand, plus il a de chance d'apporter des matières nutritives (phosphore) et du carbone organique dissous vers le lac, entraînant une eutrophisation plus rapide et une couleur plus prononcée de l'eau (faible transparence ; Engstrom, 1987). Le bassin versant du lac Marquis, en plus d'être de grande dimension, comporte de nombreuses utilisations pouvant être à l'origine d'un apport d'éléments nutritifs.

Près de la moitié du bassin versant du lac Marquis est sur un territoire gouvernemental où des coupes de jardinages ont eu lieu au cours des 35 dernières années. Les peuplements prédominants sont les érablières à sucre et les bétulaies jaunes. Le réseau hydrographique du bassin versant est plutôt complexe et comporte de nombreux lacs, zones inondées et milieux humides. Ces derniers renferment généralement une quantité importante de carbone et de phosphore et peuvent constituer une source de ces éléments dans le lac. Le bassin versant renferme également un grand lac, le lac Rochon, dont le pourtour est très développé. Le village de Val-Viger se trouve sur le territoire du bassin versant du lac Marquis et on retrouve également beaucoup de villégiature, principalement autour des plans d'eau. Le pourtour du lac Marquis est, lui aussi, très développé. On compte 28 résidences permanentes, 28 chalets de villégiature et 1 terrain avec dépendance. Enfin, quelques terres agricoles sont exploitées sur le territoire. Cette grande présence humaine pourrait donc être une cause non négligeable d'éléments nutritifs au plan d'eau.

Conclusion

La détermination du stade trophique du lac Marquis a permis d'établir que ce dernier serait oligo-mésotrophe. En effet, la concentration de phosphore total trace et la transparence classent le lac comme étant oligo-mésotrophe et la concentration de chlorophylle *a* comme oligotrophe. Notons que le phosphore est le paramètre le plus important puisque c'est le principal responsable de la dégradation des lacs. Il influence la croissance des plantes aquatiques, des algues et des cyanobactéries.

La transparence de l'eau indique jusqu'où la lumière pénètre dans la colonne d'eau, donc jusqu'à quelle profondeur il est possible de voir dans l'eau. La transparence moyenne du lac Marquis en 2008 a été évaluée à 5,6 mètres. Il est cependant important de mentionner que la transparence de l'eau est influencée par les conditions météorologiques, la lumière pénétrant plus profondément dans l'eau par temps ensoleillé et l'absence de vent favorisant la lecture de la profondeur. Ainsi, lors de chaque échantillonnage, le temps était nuageux, parfois pluvieux, et la présence d'un vent faible rendait la lecture plus difficile. Ces conditions ont pu influencer à la baisse les données recueillies. Une lecture de la transparence de l'eau, réalisée en 1988 par le ministère de l'Environnement, avait révélé une valeur de 7,05 mètres avec le disque de Secchi. La différence entre les données peut ainsi être due à des conditions météorologiques différentes et/ou à une accumulation au cours des 20 dernières années de matières en suspension et carbone organique dissous dans l'eau, altérant sa transparence.

Les analyses physico-chimiques ont démontré une stratification thermique dans le lac Marquis ainsi qu'une diminution de la concentration en oxygène dans la colonne d'eau jusqu'à devenir nulle dans l'hypolimnion. Une étude de la physico-chimie du lac, réalisée en août 1988 par le ministère de l'Environnement a également démontré une stratification thermique du lac ainsi qu'une diminution de la concentration en oxygène dissous. Or, alors que la concentration d'oxygène en août 2008 devenait nulle à partir de 20 mètres, elle présentait une concentration de 3,8 µg/L à une profondeur de 20 mètres en août 1988 et de 1,2 µg/L à 28 mètres. Cela laisse supposer une diminution de l'oxygène dans la partie profonde du lac avec les années. De plus, la

situation d'anoxie en profondeur coïncide avec une hausse de la conductivité, laissant supposer un *relargage* des éléments sédimentés vers la colonne d'eau. Il est donc possible qu'une certaine quantité de phosphore soit remis en suspension lors de l'absence d'oxygène. Ce paramètre pourrait être vérifié en faisant analyser un échantillon prélevé en profondeur à l'aide d'un hydrocapteur.

Le pH dans le lac Marquis a oscillé entre 6,56 et 8,00 au cours de l'été 2008. L'étude réalisée par le ministère de l'Environnement a révélé une valeur de pH de 6,5 à une profondeur de 0,5 mètres, ce qui est inférieur à la valeur moyenne de pH en mesuré dans le premier mètre de la colonne d'eau en 2008 (pH moyen de 7,7). Ainsi, il semble que l'acidité de l'eau ait diminuée dans le lac Marquis au cours des 20 dernières années ou qu'une erreur se soit glissée dans l'échantillonnage du Ministère en 1988 (notre échantillonnage est relativement fiable étant donnée la grande quantité de données, et ce pour trois dates différentes).

Les données de conductivités obtenues en 2008 sont moyennes, avec une augmentation marquée en absence d'oxygène dissous. Ces valeurs témoignent d'une concentration modérée en sels et minéraux dissous dans l'eau et indiquent que la sédimentation est à surveiller. De plus, les fortes valeurs de conductivité dans l'hypolimnion, en absence d'oxygène dissous, témoignent d'un *relargage* important de sédiments. Une telle condition est à surveiller puisque le *relargage* d'éléments nutritifs peut contribuer à l'enrichissement et à l'eutrophisation du plan d'eau.

L'étude cartographique du bassin versant a révélé que celui-ci est de grande dimension en comparaison à la taille du lac et comporte de nombreux lacs et milieux humides. Un apport potentiel de phosphore proviendrait possiblement de ces milieux humides. Les coupes forestières ayant eu lieu au cours des dernières années pourraient également être à l'origine d'un apport de carbone organique dissous et donc indirectement d'une diminution de la transparence de l'eau. Le bassin versant comprend de plus beaucoup de villégiature et le pourtour du lac est très développé. Un important apport de phosphore provient donc certainement de la villégiature et du développement riverain.

Au cours des échantillonnages sur le lac Marquis, aucune plante envahissante (ex. myriophylle à épi) n'a été observée par les biologistes de Services-Conseils Envir'Eau. Il est à noter que l'entrée des embarcations sur les différents plans d'eau de la municipalité de Chute-Saint-Philippe est contrôlée et que le lavage des embarcations est obligatoire. Il s'agit d'une excellente initiative permettant de réduire les risques d'implantation de plantes envahissantes pouvant provenir d'autres plans d'eau.

Recommandations

Certains lacs de la municipalité de Chute-Saint-Philippe font parti du Réseau de surveillance volontaire des lacs du Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. Ce faisant, des échantillonnages pour le phosphore, le carbone organique dissous et la chlorophylle *a* sont effectués au cours de l'été par un riverain. Ces données permettent un suivi de certains paramètres et sont une excellente initiative qui pourrait être suivie par les autres lacs de la municipalité.

Une étude des plantes aquatiques pourrait être réalisée en 2009.

Pour continuer à informer et sensibiliser les riverains, il serait intéressant de communiquer les résultats du présent rapport en conférence.

L'inspection des installations sanitaires des propriétés riveraines permettrait d'identifier les types d'installations en place et de relever celles qui sont non conformes ainsi que celles qui constituent une source de pollution.

Étant donné que les rives représentent la priorité pour la préservation de la qualité du lac, le règlement obligeant les riverains à reboiser les 5 premiers mètres devrait être appliqué rigoureusement.

En raison du *relargage* possible d'éléments nutritifs en condition d'anoxie, les concentrations de phosphore en profondeur pour le lac Marquis devraient être analysées en 2009 pour vérifier si cette situation pourrait entraîner une accélération de l'eutrophisation du plan d'eau.

Il serait bon de faire un suivi environnemental annuel pour la physico-chimie du lac (température, oxygène dissous, pH et conductivité une fois dans l'été). Un tel suivi permet de rester à l'affût de son état. Services-Conseils Envir'Eau s'est doté au cours de l'été 2008 d'une sonde mesurant non seulement ces paramètres, mais également la concentration de chlorophylle *a*, la turbidité et la

quantité de cyanobactéries. Cette sonde permet de prendre des mesures à moindre coût et d'avoir des résultats beaucoup rapidement que lorsque des échantillons sont prélevés et analysés par le MDDEP. Ainsi, en cas d'éclosion d'un bloom d'algues bleues, des données pourraient être prises à plusieurs reprises et ce, à différents endroits dans le lac pour évaluer la dispersion et la progression des algues. Quant aux mesures de la concentration de chlorophylle *a* et de la turbidité de l'eau, elles peuvent être mises en relation respectivement avec la concentration de phosphore et la transparence de l'eau, apportant un complément d'information utile et avantageux pour l'étude du lac et la détermination de son stade trophique.

Références

- Beauchemin, É., 2007. *Tournée d'inspection des propriétés riveraines 2007*. Ville de Mont-Laurier. 31 Pages.
- Carignan, R., 2005. *Bio 3839, Limnologie physique et chimique*. Université de Montréal, Département des Sciences Biologiques, 166 pages.
- Carignan, R., D. Planas, et C. Vis, 2000. *Planctonic production and respiration in oligotrophic Shield lakes*. The American Society of Limnology and Océanography, 45(1), 189-199.
- D'Arcy, P. et R. Carignan, 1997. *Influence of catchment topography on water chemistry in southeastern Québec Shield lakes*. Canadian Journal of Aquatic Sciences, 54: 2215-2227.
- Dodson, S. I., 2005. *Introduction to Limnology*. Higher Education, 400 p. page 46.
- Duarte, C. Et J. M. Kalff, 1989. *The Influence of catchment and lake depth on phytoplankton biomass*. Arch Hydrobiology. 115 (1): 27-40.
- Dupont, J., 2004. La problématique des lacs acides au Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, envirodoq no. ENV/2004/0151, collection no. QE/145, 18 p.
- Engstrom, D. R., 1987. *Influence of vegetation and hydrology on the humus budgets of Labrador lakes*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 44: 1306-1314.
- Environnement Canada, 2007. Centre Saint-Laurent, Infos Saint-Laurent, Eau et sédiments. http://www.qc.ec.gc.ca/csl/inf/inf010_f.html
- Flanagan, K. E. M. McCauley, F. Wrona et T. Prowse. 2003. *Climate change: the potentiel for latitudinal effects on algal biomass in aquatic ecosystems*. Canadian Journal of Aquatic Sciences, 60 : 635-639.
- Ministère de l'Environnement, 2005, Réseau de Surveillance Volontaire des lacs. Louis Roy, responsable de projet.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) et Conseil régional de l'environnement des Laurentides (CRE Laurentides), 2007a. *Fiches théoriques : Le phosphore et l'azote*, mai 2007, Québec, MDDEP et CRE Laurentides, 4 p.

- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) et Conseil régional de l'environnement des Laurentides (CRE Laurentides), 2007b. *Fiches théoriques : L'oxygène dissous*, mai 2007, Québec, MDDEP et CRE Laurentides, 4 p.
- Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE) 1982, *Eutrophisation des eaux : méthodes de surveillance d'évaluation et de lutte*, OCDE Paris, 164 pages.
- Pinel-Alloul, B., 2005. *Bio 3839, Limnologie Biologique*. Université de Montréal, Département des Sciences Biologiques, 153 pages.
- Pinel-Alloul, B., 2005. *Bio 3843, Stage de Limnologie*. Université de Montréal, Département des Sciences Biologiques, 142 pages.
- Tremblay, R., S. Légaré, R. Pienitz, W.F. Vincent et R.I. Hall, 2002. *Étude paléolimnologique de l'histoire trophique du lac Saint-Charles, réservoir d'eau potable de la communauté urbaine de Québec*. *Revue des Sciences de l'Eau*, 14/4 : 489-510.
- United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (UNESCO). 1989. *The control of eutrophication of lakes and reservoirs*. Paris 314 pages.

Certificat d'analyse

Client: Services-conseils Envir'eau
445 rue du Pont
local 204
Mont-Laurier (Québec) J9L 2R8

Nom de projet: Services-Conseils Envir'eau
Responsable: Raymond Annie
Téléphone: 819-499-0655
Code projet client:

Date de réception: 19 juin 2008
Numéro de dossier: Q011595
Bon de commande:
Code projet CEAEQ: 772

Numéro de l'échantillon : Q011595-01

Préleveur: Raymond A./Picotin M.
Description de l'échantillon: Petit Kiamika
Description de prélèvement: Lac Petit Kiamika, Chute-St-Philippe
Point de prélèvement:
Nature de l'échantillon: eau naturelle de surface

Date de prélèvement: 18 juin 2008

Chlorophylle a

Méthode: MA. 800 - Chlor. 1.0

Date d'analyse: 20 juin 2008

	Résultat	Unité	LDM
Chlorophylle a	4,2	µg/l	0,02
pheophytine a	1,1	µg/l	0,02

Numéro de l'échantillon : Q011595-02

Préleveur: Raymond A./Picotin M.
Description de l'échantillon: Marquis
Description de prélèvement: Lac Marquis, Chute-St-Philippe
Point de prélèvement:
Nature de l'échantillon: eau naturelle de surface

Date de prélèvement: 18 juin 2008

Chlorophylle a

Méthode: MA. 800 - Chlor. 1.0

Date d'analyse: 20 juin 2008

	Résultat	Unité	LDM
Chlorophylle a	2,3	µg/l	0,02
pheophytine a	0,41	µg/l	0,02

Certificat d'analyse

Client: Services-conseils Envir'eau
445 rue du Pont
local 204
Mont-Laurier (Québec) J9L 2R8

Nom de projet: Services-Conseils Envir'eau
Responsable: Raymond Annie
Téléphone: 819-499-0655
Code projet client:

Date de réception: 19 juin 2008
Numéro de dossier: Q011595
Bon de commande:
Code projet CEAEQ: 772

Numéro de l'échantillon : Q011595-01

Préleveur: Raymond A./Picotin M.
Description de l'échantillon: Petit Kiamika
Description de prélèvement: Lac Petit Kiamika, Chute-St-Philippe
Point de prélèvement:
Nature de l'échantillon: eau naturelle de surface

Date de prélèvement: 18 juin 2008

Carbone organique dissous

Méthode: MA. 300 - C 1.0

Date d'analyse: 7 juillet 2008

carbone organique dissous

Résultat Unité

LDM

4,2 mg/l C

0,20

Phosphore total en trace

Méthode: MA. 303 - P 5.0

Date d'analyse: 7 juillet 2008

Phosphore total

Résultat Unité

LDM

15 µg/l

0,6

Numéro de l'échantillon : Q011595-02

Préleveur: Raymond A./Picotin M.
Description de l'échantillon: Marquis
Description de prélèvement: Lac Marquis, Chute-St-Philippe
Point de prélèvement:
Nature de l'échantillon: eau naturelle de surface

Date de prélèvement: 18 juin 2008

Carbone organique dissous

Méthode: MA. 300 - C 1.0

Date d'analyse: 7 juillet 2008

carbone organique dissous

Résultat Unité

LDM

3,0 mg/l C

0,20

Phosphore total en trace

Méthode: MA. 303 - P 5.0

Date d'analyse: 7 juillet 2008

Phosphore total

Résultat Unité

LDM

8,2 µg/l

0,6

Certificat d'analyse (suite de l'échantillon numéro : Q013689-04)

Numéro de l'échantillon : Q013689-04

Préleveur: Picotin Maude
Description de l'échantillon: Péro-1
Description de prélèvement: Lac Perodeau, Chute St-Philippe
Point de prélèvement:
Nature de l'échantillon: eau naturelle de surface

Date de prélèvement: 14 août 2008

Chlorophylle a

Méthode: MA. 800 - Chlor. 1.0

Date d'analyse: 18 août 2008

	Résultat	Unité	LDM
Chlorophylle a	1,2	µg/l	0,02
pheophytine a	0,39	µg/l	0,02

Numéro de l'échantillon : Q013689-06

Préleveur: Picotin Maude
Description de l'échantillon: Pierre
Description de prélèvement: Lac Pierre, Chute St-Philippe
Point de prélèvement:
Nature de l'échantillon: eau naturelle de surface

Date de prélèvement: 13 août 2008

Chlorophylle a

Méthode: MA. 800 - Chlor. 1.0

Date d'analyse: 18 août 2008

	Résultat	Unité	LDM
Chlorophylle a	1,6	µg/l	0,02
pheophytine a	1,0	µg/l	0,02

Numéro de l'échantillon : Q013689-08

Préleveur: Picotin Maude
Description de l'échantillon: Marquis
Description de prélèvement: Lac Marquis, Chute St-Philippe
Point de prélèvement:
Nature de l'échantillon: eau naturelle de surface

Date de prélèvement: 13 août 2008

Chlorophylle a

Méthode: MA. 800 - Chlor. 1.0

Date d'analyse: 18 août 2008

	Résultat	Unité	LDM
Chlorophylle a	1,3	µg/l	0,02
pheophytine a	0,65	µg/l	0,02

Certificat d'analyse (suite de l'échantillon numéro : Q013689-08)

Numéro de l'échantillon : Q013689-08

Préleveur: Picotin Maude

Date de prélèvement: 13 août 2008

Description de l'échantillon: Marquis

Description de prélèvement: Lac Marquis, Chute St-Philippe

Point de prélèvement:

Nature de l'échantillon: eau naturelle de surface

Carbone organique dissous

Méthode: MA. 300 - C 1.0

Date d'analyse: 19 août 2008

	Résultat	Unité	LDM
carbone organique dissous	2,6	mg/l C	0,20

Phosphore total en trace

Méthode: MA. 303 - P 5.0

Date d'analyse: 25 août 2008

	Résultat	Unité	LDM
Phosphore total	12	µg/l	0,6

Numéro de l'échantillon : Q013689-09

Préleveur: Picotin Maude

Date de prélèvement: 13 août 2008

Description de l'échantillon: Petit Kiamika

Description de prélèvement: Lac Petit Kiamika, Chute St-Philippe

Point de prélèvement:

Nature de l'échantillon: eau naturelle de surface

Carbone organique dissous

Méthode: MA. 300 - C 1.0

Date d'analyse: 19 août 2008

	Résultat	Unité	LDM
carbone organique dissous	3,7	mg/l C	0,20

Phosphore total en trace

Méthode: MA. 303 - P 5.0

Date d'analyse: 25 août 2008

	Résultat	Unité	LDM
Phosphore total	11	µg/l	0,6

Certificat d'analyse

Direction de l'analyse et des
études de la qualité du milieu
2700 rue Einstein
Québec (Québec)
G1P 3W8

Client: Services-conseils Envir'eau
445 rue du Pont
local 204
Mont-Laurier (Québec) J9L 2R8

Nom de projet: Services-Conseils Envir'eau
Responsable: Raymond Annie
Téléphone: 819-499-0655
Code projet client:

Date de réception: 1 octobre 2008
Numéro de dossier: Q015138
Bon de commande:
Code projet CEAEQ: 772

Numéro de l'échantillon : Q015138-01

Préleveur: Picotin Maude
Description de l'échantillon: Marquis
Description de prélèvement: Lac Marquis, chute St-Philippe
Point de prélèvement:
Nature de l'échantillon: eau naturelle de surface

Date de prélèvement: 30 septembre 2008

Chlorophylle a

Méthode: MA. 800 - Chlor. 1.0

Date d'analyse: 2 octobre 2008

Résultat Unité

LDM

Chlorophylle a
pheophytine a

4,3 µg/l
0,17 µg/l

0,02
0,02

Numéro de l'échantillon : Q015138-02

Préleveur: Picotin Maude
Description de l'échantillon: Petit Kiamika
Description de prélèvement: Lac Petit Kiamika, Chute St-Philippe
Point de prélèvement:
Nature de l'échantillon: eau naturelle de surface

Date de prélèvement: 30 septembre 2008

Chlorophylle a

Méthode: MA. 800 - Chlor. 1.0

Date d'analyse: 2 octobre 2008

Résultat Unité

LDM

Chlorophylle a
pheophytine a

2,5 µg/l
0,74 µg/l

0,02
0,02

Les résultats ne se rapportent qu'à l'échantillon soumis à l'analyse.

J'atteste avoir formellement constaté ces faits

Certificat approuvé le 28 octobre 2008


Éloïse Veilleux, M.Env., biologiste
Division biologie et microbiologie

Légende:

ABS: Absence

DNQ: Résultat entre la LDM et la LQM

INT: Interférences - Analyse impossible

ND: Non détecté

NDR: Détecté - Mais ne satisfait pas le rapport isotopique

PR: Présence

RNF: Résultat non disponible

ST: Sous-traitance

TNI: Colonies trop nombreuses pour être identifiées

Certificat d'analyse

Direction de l'analyse et des
études de la qualité du milieu
2700 rue Einstein
Québec (Québec)
G1P 3W8

Client: Services-conseils Envir'eau
445 rue du Pont
local 204
Mont-Laurier (Québec) J9L 2R8

Nom de projet: Services-Conseils Envir'eau
Responsable: Raymond Annie
Téléphone: 819-499-0655
Code projet client:

Date de réception: 1 octobre 2008
Numéro de dossier: Q015138
Bon de commande:
Code projet CEAEQ: 772

Numéro de l'échantillon : Q015138-01

Préleveur: Picotin Maude
Description de l'échantillon: Marquis
Description de prélèvement: Lac Marquis, chute St-Philippe
Point de prélèvement:
Nature de l'échantillon: eau naturelle de surface

Date de prélèvement: 30 septembre 2008

Carbone organique dissous

Méthode: MA. 300 - C 1.0

Date d'analyse: 2 octobre 2008

carbone organique dissous

Résultat **Unité**

LDM

4,1 mg/l C

0,20

Phosphore total en trace

Méthode: MA. 303 - P 5.0

Date d'analyse: 2 octobre 2008

Phosphore total

Résultat **Unité**

LDM

4,9 µg/l

0,6

Numéro de l'échantillon : Q015138-02

Préleveur: Picotin Maude
Description de l'échantillon: Petit Kiamika
Description de prélèvement: Lac Petit Kiamika, Chute St-Philippe
Point de prélèvement:
Nature de l'échantillon: eau naturelle de surface

Date de prélèvement: 30 septembre 2008

Carbone organique dissous

Méthode: MA. 300 - C 1.0

Date d'analyse: 2 octobre 2008

carbone organique dissous

Résultat **Unité**

LDM

5,2 mg/l C

0,20

Phosphore total en trace

Méthode: MA. 303 - P 5.0

Date d'analyse: 2 octobre 2008

Phosphore total

Résultat **Unité**

LDM

7,3 µg/l

0,6

Annexe B

Température, conductivité, oxygène dissous et pH du lac Marquis le 18 juin 2008

Profondeur (m)	Température (Celsius)	Oxygène dissous (mg/L)	Conductivité (µS/cm)	pH
0	20,34	7,43	71	7,00
1	20,45	7,48	71	7,28
2	20,45	7,66	71	7,36
3	20,00	7,86	72	7,49
4	17,32	8,53	74	7,53
5	14,60	9,32	75	7,52
6	11,83	10,02	75	7,49
7	9,27	10,17	76	7,38
8	7,01	8,82	78	7,23
9	5,88	6,84	81	7,11
10	5,51	6,04	83	7,12
11	5,17	5,17	85	7,09
12	5,02	4,69	86	7,05
13	4,87	4,33	86	7,01
14	4,80	4,06	87	6,98
15	4,73	3,68	87	6,95
16	4,69	3,53	88	6,91
17	4,63	3,28	89	6,89
18	4,59	3,04	89	6,87
19	4,56	2,71	90	6,85
20	4,48	2,48	91	6,84
21	4,46	2,15	91	6,82
22	4,42	1,30	93	6,79
23	4,41	1,12	93	6,79
24	4,36	0,47	94	6,77
25	4,35	0,06	95	6,75
26	4,35	0,00	95	6,74
27	4,35	0,00	96	6,71

Température, conductivité, oxygène dissous et pH du lac Marquis le 13 août 2008

Profondeur (m)	Température (Celsius)	Oxygène dissous (mg/L)	Conductivité (μ S/cm)	pH
0	21,68	7,94	72	7,86
1	21,36	7,71	72	7,84
2	21,21	7,82	73	7,83
3	21,13	7,75	73	7,83
4	21,06	7,67	72	7,79
5	18,73	9,28	79	7,82
6	13,33	11,64	81	7,97
7	10,41	11,89	80	7,99
8	7,65	7,58	84	7,68
9	6,30	5,59	85	7,49
10	5,62	4,40	88	7,36
11	5,32	3,69	89	7,27
12	5,14	3,16	90	7,20
13	5,06	2,76	91	7,15
14	4,96	2,55	91	7,12
15	4,87	2,19	92	7,08
16	4,84	1,77	93	7,05
17	4,77	1,51	93	7,01
18	4,71	1,13	94	6,99
19	4,66	0,75	95	6,97
20	4,64	0,00	97	6,94
21	4,59	0,00	98	6,92
22	4,57	0,00	100	6,89
23	4,54	0,00	103	6,86
24	4,52	0,00	106	6,85
25	4,51	0,00	111	6,85
26	4,50	0,00	114	6,82
27	4,50	0,00	135	6,73

Température, conductivité, oxygène dissous et pH du lac Marquis le 30 septembre 2008

Profondeur (m)	Température (Celsius)	Oxygène dissous (mg/L)	Conductivité (µS/cm)	pH
0	15,34	9,16	78	7,97
1	15,34	8,45	78	7,99
2	15,34	8,49	78	7,99
3	15,34	8,05	78	8,00
4	15,34	8,35	78	8,00
5	15,34	8,44	78	8,00
6	15,33	8,56	78	7,98
7	12,28	9,50	82	7,81
8	8,74	7,89	85	7,41
9	6,64	5,19	88	7,13
10	5,97	3,68	89	6,86
11	5,62	2,61	90	6,76
12	5,36	2,15	91	6,71
13	5,23	1,67	92	6,67
14	5,13	1,41	93	6,65
15	5,10	1,03	93	6,63
16	5,04	0,93	94	6,62
17	4,99	0,50	95	6,61
18	4,88	0,00	96	6,60
19	4,80	0,00	97	6,58
20	4,78	0,00	99	6,57
21	4,71	0,00	102	6,56
22	4,67	0,00	109	6,57
23	4,66	0,00	111	6,59
24	4,63	0,00	114	6,62
25	4,61	0,00	116	6,65
26	4,60	0,00	120	6,69