



Regroupement des Associations Pour la Protection de l'Environnement des Lacs et des cours d'eau de l'Estrie et du haut bassin de la rivière Saint-François

AUGMENTATION DES APPORTS EN PHOSPHORE RELIÉE À UN NOUVEAU DÉVELOPPEMENT RÉSIDENTIEL DANS UN BASSIN VERSANT DE LAC

PRÉSENTÉ À

L'ASSOCIATION DES AMIS DU LAC TROUSERS (ALT)

PAR

JEAN-FRANÇOIS MARTEL, M. Sc. Sciences de l'eau
Chargé de projet
lac@rappel.qc.ca

RAPPEL

108, rue Wellington Nord, 3^{ième} étage
Sherbrooke (Québec) J1H 5B8
Tél.: 819.564.9426
Télec.: 819.564.3982
www.rappel.qc.ca

5 JANVIER 2010



108, rue Wellington nord, 3^{ième} étage
Sherbrooke, Qc, J1H 5B8
www.rappel.qc.ca

Table des matières

TABLE DES MATIÈRES	I
1. INTRODUCTION.....	1
2. GÉNÉRALITÉS SUR LE PHOSPHORE.....	2
2.1. Intérêt du phosphore en milieu lacustre	2
2.2. Sources de phosphore.....	2
3. IMPACTS DES DÉVELOPPEMENTS RÉSIDENTIELS	4
3.1. Impacts du déboisement (apports diffus).....	4
3.2. Impacts des installations septiques (apports ponctuels)	5
3.3. Bilan de phosphore	5
4. CONCLUSION	6
5. RÉFÉRENCES.....	7



1. Introduction

Étant donné la demande croissante pour le développement de la villégiature dans le bassin versant du lac Trousers, l'ALT a mandaté le RAPPEL (Regroupement des Associations Pour la Protection de l'Environnement des Lacs et cours d'eau de l'Estrie et du haut bassin de la Saint-François) afin de réaliser un bilan de phosphore ainsi qu'une évaluation de la capacité de support de ce dernier. Pour ce faire, un modèle mathématique théorique de type bilan de masse sera utilisé.

Étant reconnu dans le monde scientifique que le phosphore soit l'élément qui régit généralement le phénomène d'eutrophisation des plans d'eau, la modélisation de la capacité de support d'un lac consiste donc à utiliser un modèle expliquant et quantifiant les apports en phosphore total provenant du bassin versant tout en y reliant les concentrations de ce nutriment dans le lac. Afin de réduire la marge d'erreur associée à la modélisation mathématique, les résultats obtenus seront calibrés à partir de la concentration moyenne en phosphore total observée dans l'eau du lac au cours des dernières années.

L'intérêt global de ces modèles réside dans le fait qu'ils permettent de visualiser la provenance des apports en phosphore ainsi que de comparer l'importance relative des différentes sources d'origines anthropiques et naturelles dans un bassin versant. De plus, ce type de modèle présente plusieurs avantages sur la prise de données de terrain. En effet, quantifier de façon pratique tous les apports en phosphore en provenance de différents points dans un bassin versant se révèle être une tâche complexe et dont les coûts s'avèrent généralement très élevés. Une telle opération nécessiterait de multiples campagnes d'échantillonnage et certaines données sont également difficilement quantifiables.

Bref, cette étude se veut un outil d'aide à la gestion qui s'avère utile pour orienter les décisions concernant l'aménagement futur du bassin versant dans un contexte de développement durable, le tout en regard de la santé des lacs et des cours d'eau.

Le présent document se veut une première partie à cette étude en décrivant les impacts potentiels d'un nouveau développement résidentiel dans le bassin versant du lac Trousers. Le rapport final, incluant le bilan de phosphore et le calcul de la capacité de support, sera remis à l'ALT ultérieurement. Nous présenterons donc tout d'abord, au chapitre suivant, une partie expliquant pourquoi ce genre d'étude est basé sur le calcul des apports en phosphore. Par la suite, les impacts sur les apports en phosphore d'un développement hypothétique de cinquante résidences seront présentés.

2. Généralités sur le phosphore

2.1. Intérêt du phosphore en milieu lacustre

En milieu lacustre, la productivité primaire associée aux algues dépend de différents facteurs tels que la température, l'intensité lumineuse et la disponibilité en éléments nutritifs. En saison estivale, l'intensité lumineuse et la température ne sont pas considérés comme étant des facteurs limitants importants pour les plans d'eau de nos régions tempérées. Par facteur limitant, on entend qu'une ressource est limitante lorsqu'elle limite la croissance, le développement ou la reproduction des organismes dans un milieu, si elle est présente en trop faible quantité.

Ainsi, il est reconnu que la croissance des algues sera généralement limitée par les éléments nutritifs, soit le phosphore et l'azote. On peut estimer lequel de ces deux éléments est le plus susceptible d'être limitant en calculant le rapport azote:phosphore des lacs. Le contenu cellulaire des algues est, en moyenne, composé d'azote et de phosphore dans une proportion 16 pour 1 (mole par mole). Si ce rapport dans l'environnement dépasse cette norme physiologique, il est probable que le phosphore soit l'élément limitant. À l'inverse, s'il est inférieur, l'azote est probablement limitant. En 1999, le RAPPEL a échantillonné 33 lacs situés en Estrie, et ce rapport variait entre 22 et 148, avec une moyenne de 81. Ces valeurs de proportions supérieures à 16 indiquent donc que la productivité primaire des lacs de l'Estrie est limitée par le phosphore. Par conséquent, lorsque cet élément devient disponible en trop grande quantité dans l'environnement aquatique, il contribue à y stimuler fortement la productivité algale, engendrant donc un risque accru d'eutrophisation (vieillesse prématurée) des plans d'eau.

Une raison supplémentaire pour accorder une attention particulière au phosphore est qu'il est l'élément nutritif le plus «contrôlable» par l'humain. Contrairement à d'autres éléments tels que l'azote, le phosphore n'a pas de forme gazeuse majeure et sa solubilité à l'eau est très réduite; son cycle naturel se retrouve donc entre terre et eau.

Le contrôle des apports en phosphore est primordial pour conserver un lac en bonne santé. La quantité de phosphore acheminée vers le lac est directement influencée par l'utilisation du territoire du bassin versant ainsi que par les activités qui s'y déroulent.

2.2. Sources de phosphore

Les apports en phosphore peuvent être classés selon leur origine. On distingue tout d'abord les apports internes (lac) et externes (bassin versant). Les apports externes peuvent ensuite être séparés en apports diffus et ponctuels.

D'une part, le phosphore peut donc provenir du lac lui-même (apport interne). Cet apport provient principalement des sédiments et dépend de la concentration en oxygène dissous dans la couche profonde du lac. Lorsque le lac est bien oxygéné, le phosphore forme des liens chimiques avec les oxydes de fer, de calcium et d'aluminium et se

dépose dans les sédiments du lac. Le phosphore demeure ainsi emprisonné dans les sédiments tant que l'on retrouve une quantité suffisante d'oxygène dissous à l'interface eau-sédiment. Toutefois, lorsqu'un déficit en oxygène apparaît, l'état d'oxydation du fer est transformé, entraînant une libération rapide du phosphore vers la colonne d'eau.

D'autre part, le phosphore se retrouve de manière naturelle sur terre, dans le bassin versant d'un lac. Les principales sources sont les roches, le sol, les matières végétales et les déchets d'origine animale (apport externe). Ce phosphore migrera majoritairement de façon diffuse vers le lac et les ruisseaux via les eaux de ruissellement. Ces eaux, suite à leur contact avec le sol, peuvent entraîner des quantités variables de phosphore par l'érosion des particules de sol et par solubilisation des formes réactives. Les apports diffus en phosphore dépendent donc de la superficie drainée par les eaux de ruissellements et de lessivage. Une partie du phosphore est également acheminée vers les cours d'eau par l'écoulement souterrain.

La modification du territoire du bassin versant par l'homme entraîne généralement une augmentation importante de la quantité de phosphore acheminée par transport diffus. La réduction du couvert végétal (coupe forestière, agriculture, villégiature, etc.) diminue l'infiltration de l'eau dans le sol ainsi que la quantité d'eau utilisée (et donc de nutriments) par la végétation. Ceci a pour effet d'augmenter le ruissellement de surface et par le fait même l'érosion. Il en résultera que le lac recevra davantage de particules de sol et par conséquent plus de phosphore. De plus, la coupe de la bande riveraine et son artificialisation (pelouses, murets, patio et autres aménagements) aux abords des cours d'eau retirent la dernière barrière de protection. Les sédiments et les nutriments rejoindront alors plus facilement les plans d'eau (RAPPEL, 2004).

D'autre part, les fossés forestiers, agricoles et routiers faisant partie intégrante du réseau hydrologique, ils font office de vecteurs pour les sédiments et les nutriments qu'ils transportent dans leurs eaux. Les fertilisants agricoles et domestiques entraînent également une quantité importante de phosphore vers les lacs. Ces sources de phosphore, d'origines diffuses, sont toutefois difficilement quantifiables par la prise de mesures sur le terrain.

Les sources ponctuelles sont, de leur côté, plus facilement identifiables et peuvent être contrôlées plus aisément. Ces dernières sont constituées des rejets d'eaux usées de la population, des stations d'épuration des eaux des municipalités et des industries. Pour un lac de villégiature, la principale source ponctuelle en phosphore provient des installations septiques résidentielles. Aussi, toutes les installations septiques présentes sur l'ensemble d'un bassin versant procureront une charge supplémentaire en phosphore au lac.

3. Impacts des développements résidentiels

Comme nous venons de le voir, les sources de phosphore sont nombreuses à l'intérieur d'un bassin versant. Toutefois, la modification du territoire par l'homme génère des quantités de phosphore non négligeables et potentiellement néfastes pour la qualité de l'eau des lacs. Ces apports supplémentaires viennent modifier l'équilibre des écosystèmes lacustres et amplifier le phénomène d'eutrophisation.

Les développements résidentiels ne font pas exception à cette règle. Tout d'abord, la construction des maisons et des chemins d'accès nécessite le déboisement de grandes superficies de forêt naturelle. Par la suite, les résidents de ces nouvelles maisons généreront d'importantes quantités d'eaux usées qui seront dirigées vers les installations septiques puis ensuite, vers le lac.

Les prochaines sous-sections seront réservées à la description des impacts potentiels d'un développement résidentiel hypothétique constitué de cinquante résidences et possédant les caractéristiques suivantes :

- Superficie des terrains : 3 500 m²
- Pourcentage de déboisement : 60 %
- Superficie déboisée par terrain : 2 100 m²
- Superficie totale déboisée (50 terrains) : **105 000 m²**
- Longueur du réseau routier : 2 km
- Largeur de l'emprise des chemins : 15 m
- Superficie totale du réseau routier : **30 000 m²**
- Superficie totale déboisée pour le développement : **130 500 m²**
- Nombre moyen de résidents par maison : 3 personnes
- Efficacité des fosses septiques : 40 %

3.1. Impacts du déboisement (apports diffus)

Le calcul des apports diffus en phosphore se fait en fonction de l'utilisation du territoire du bassin versant. La superficie reliée à chaque utilisation doit donc être préalablement déterminée. Les apports en phosphore total pour chaque utilisation sont calculés en multipliant le coefficient d'exportation du phosphore attribué à chaque utilisation du sol par la superficie correspondante. Ce calcul est basé sur le fait que chaque parcelle du bassin versant exporte vers le lac une quantité spécifique de phosphore, et ce, en fonction de l'utilisation du sol ou de l'activité qui y est pratiquée. Les coefficients d'exportation représentent donc la quantité de phosphore émise par unité de surface.

À l'état naturel, les forêts de l'Etrie ont un coefficient d'exportation de 4,8 kilogrammes de phosphore total par kilomètre carré par année (kg Pt/km²/an) (Prairie et al, 2007). En reprenant notre exemple, on peut donc évaluer la quantité de phosphore acheminée vers le lac par la forêt avant la construction du développement. Ainsi, nous avons déterminé que la superficie totale de déboisement requise pour l'implantation du

développement est de 130 500 m², soit 0,1305 km². En multipliant cette superficie par le coefficient d'exportation moyen des forêts de l'Estrie (4,8 kg Pt/km²/an), on obtient un total de **0,63 kg Pt/an**.

Contrairement aux forêts naturelles, les terrains en villégiature et les chemins d'accès à ces terrains ont un coefficient d'exportation de 22,5 kg Pt/km²/an (Nürnberg et al., 2004). Pour la même superficie, après déboisement, on obtient donc un total de **2,94 kg Pt/an**, ce qui correspond à une augmentation de plus de 4,5 fois de la quantité de phosphore acheminée vers le lac, soit une charge supplémentaire de **2,31 kg Pt/an**.

3.2. Impacts des installations septiques (apports ponctuels)

Les apports provenant des installations septiques résidentielles peuvent être calculés en appliquant un apport de 2 grammes de Pt par personne par jour (Paterson et al., 2006), ce qui correspond à un apport annuel de 0,730 kg Pt/an par personne. Puisque ces apports transitent par une fosse septique et un élément épurateur pour ensuite être acheminés vers le lac, il importe de tenir compte de l'efficacité de rétention du phosphore de l'installation septique. L'efficacité de ces traitements autonomes dépend notamment de l'âge du système, du type de sol (perméabilité et épaisseur), de la qualité de la construction et de son entretien. Selon la littérature, les valeurs d'efficacité des fosses septiques et des champs d'épuration à retenir le phosphore varient entre 25 % et 40 % (Ryding et Rast, 1994). En considérant que l'ensemble des installations septiques seront en début de leur vie utile et qu'elles seront installées adéquatement, la valeur la plus élevée, soit 40%, a été retenue pour les calculs.

En tenant compte qu'une personne produit 2 g Pt/jour, qu'il y a une moyenne de 3 personnes par résidence et que l'efficacité du traitement de l'élément épurateur est de 40%, chaque résidence génère 1,314 kg Pt/an. Dans notre exemple, la construction de 50 résidences était prévue, résultant donc en un total de **65,7 kg Pt/an**.

3.3. Bilan de phosphore

Comme nous venons de le voir, le déboisement de la forêt et l'augmentation de la population du bassin versant desservi par des installations septiques autonomes sont les principales causes qui accroissent les apports en phosphore vers le plan d'eau. En effet, toujours dans l'exemple utilisé précédemment, la forêt exporte annuellement vers le lac seulement **0,63 kg Pt**. En remplaçant cette forêt par un développement résidentiel de 50 unités, la même superficie de terrain exporterait annuellement **68,1 kg Pt**, correspondant ainsi à une augmentation des apports en phosphore de plus de 100 fois comparativement à l'état naturel.

4. Conclusion

Il est reconnu que l'augmentation des apports en phosphore vers un plan d'eau joue un rôle majeur dans l'accélération de l'eutrophisation des lacs. L'eutrophisation des lacs amène ensuite plusieurs problématiques telles que la croissance excessive des plantes aquatiques, des algues et des cyanobactéries. Ce processus de vieillissement des lacs entraîne également des impacts au niveau socio-économique et récréotouristique. En effet, la dégradation de la qualité des lacs est à même de diminuer substantiellement la valeur des propriétés riveraines et également, de réduire l'intérêt et la valeur touristique associés aux usages de ceux-ci (ex. fréquentation des campings, des chalets et des restaurants).

Dans l'exemple utilisé dans le présent document, soit advenant la construction d'un développement résidentiel de 50 unités, nous avons pu constater que la transformation d'une parcelle de forêt de 130 500 m² (13,05 hectares) en quartier de villégiature provoquerait une augmentation des apports en phosphore de plus de 100 fois par rapport à son état naturel. En termes de quantités, on passe donc de 0,63 kg Pt/an à 68,1 kg Pt/an. Bien qu'une quantité supplémentaire de 68,1 kg Pt/an dans un lac contenant des millions de litres d'eau puisse paraître faible à première vue, il importe de se rappeler que la concentration en phosphore dans l'eau d'un lac se mesure en microgramme (µg) par litre et que 68,1 kg de phosphore équivaut en fait à 68 100 000 000 µg. De plus, il est également essentiel de mentionner qu'une augmentation, ne serait-ce que de quelques microgrammes par litre de la concentration en phosphore total d'un lac, suffit à précipiter le phénomène d'eutrophisation et par conséquent, à entraîner les problématiques éventuelles qui s'en suivent.

Finalement, signalons que le calcul présenté dans ce document ne tient pas compte des charges supplémentaires engendrées par l'utilisation d'engrais, par exemple. Il ne tient pas compte non plus de l'érosion des sols et des apports en sédiments subséquents occasionnés par la construction des maisons, des chemins et des fossés. En conclusion, il importe donc de sopeser l'importance de ces éléments avant de procéder à l'autorisation de tout nouveau développement dans le bassin versant des lacs.

5. Références

- Nürnberg, G.K. et B.D. LaZerte (2004) *Modeling the effect of development on internal phosphorus load in nutrient poor lakes*. Water Resour. Res., 40, W01105, doi:10.1029/2003WR002410.
- Paterson, A.M., Dillon, P.J., Hutchinson, N.J., Fitter, M.N., Clark, B.J., Mills, R.B., Reid, R.A. et W.A. Scheider (2006) *A review of the components, coefficients and technical assumptions of Ontario's Lakeshore Capacity Model*, Lake and Reserv. Manage., 22(1):7-18
- Prairie, Y.T. et A. Parkes (2007) *Projet de recherche CRSNG-PARDE, Développement d'outils de gestion simples permettant d'évaluer la capacité de support des lacs en regard de l'eutrophisation – Volet Estrie*. 50 p.
- RAPPEL (1999a) *Rapport sur le suivi de la qualité des eaux 1999*. Réd. Y. Prairie et A. Soucisse. Sherbrooke, 112 p.
- RAPPEL (2004) *Un portrait alarmant de l'état des lacs et des limitations d'usages reliées aux plantes aquatiques et aux sédiments : Bilan 1996-2003*. Réd. A. Gagnon-Légaré et J. Pedneau, Sherbrooke, 319 p.
- Ryding, S.O. et Rast, W (1994) *Le contrôle de l'eutrophisation des lacs et réservoirs*, Masson, Paris, 294 p.