

Direction de l'aménagement de la faune
Outaouais

**PRÉDICTION DE LA CONCENTRATION DE PHOSPHORE
TOTAL DANS L'EAU DU LAC SAINT-PIERRE EN
FONCTION DES APPORTS DE SON BASSIN VERSANT**

par

Michèle Labelle
et
Henri Fournier

Société de la faune et des parcs du Québec

Novembre 2001

RÉFÉRENCE À CITER : Labelle, M. et Fournier H. 2001. Prédiction de la concentration de phosphore total dans l'eau du lac Saint-Pierre en fonction des apports de son bassin versant. Société de la faune et des parcs du Québec. Direction de l'aménagement de la faune. Outaouais. Document interne. 19 p.

RÉSUMÉ

D'une superficie de 386 ha, le lac Saint-Pierre est un site de villégiature important de l'Outaouais. Il fait face à une demande soutenue au niveau du développement de la villégiature qui fait craindre un dépassement de la capacité de support du lac et les problèmes d'eutrophisation qui s'ensuivent. Pour évaluer ce risque, les effets du développement actuel dans son bassin versant sur la qualité de l'eau du lac Saint-Pierre ont été estimés par modélisation.

Ce bilan empirique de phosphore indique que les apports découlant du développement actuel dans le bassin versant du lac Saint-Pierre devraient entraîner une augmentation de la concentration de phosphore de l'ordre de 250% par rapport à la concentration naturelle estimée. Cette augmentation dépasse largement l'augmentation de 50% recommandée par Hutchinson (1991).

Une telle augmentation de la concentration de phosphore dans l'eau du lac Saint-Pierre entraîne une baisse de la transparence annuelle moyenne mesurée à l'aide du disque de secchi. On peut estimer qu'elle devrait passer d'environ 10m à l'état naturel à environ 5m à la concentration de phosphore prévue par la modélisation, soit une baisse de 50%.

La concentration moyenne de phosphore total mesurée au retournement printanier (12 µg/l) dépasse largement le seuil permmissible. De même, les mesures de transparence de l'eau confirment les prévisions du modèle.

La présence de trois bassins au lac Saint-Pierre rend impossible la prédiction de l'impact de l'augmentation de la concentration de phosphore sur la quantité d'oxygène disponible dans l'eau de la zone profonde du lac. Moins profonds, les bassins nord et ouest sont les plus sensibles et le risque d'anoxie en profondeur y semble significatif.

Sans pouvoir l'affirmer avec certitude, on peut penser que la situation écologique que l'on observe actuellement dans le plan d'eau est en évolution et que l'on ne mesure pas encore pleinement les effets de l'enrichissement des eaux.

Une poursuite de l'augmentation de la concentration de phosphore dans le lac Saint-Pierre pour qu'elle atteigne 18 à 20 $\mu\text{g/l}$ augmenterait très significativement les probabilités d'anoxie de l'hypolimnion et de floraisons d'algues.

L'enrichissement du lac Saint-Pierre contribue directement à l'enrichissement du lac Mc Arthur en aval. En effet, la construction de deux résidences sur le lac Saint-Pierre équivaut approximativement à celle d'une résidence sur le lac Mc Arthur.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	i
LISTE DES TABLEAUX.....	iv
LISTE DES FIGURES	v
INTRODUCTION	1
MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	2
RÉSULTATS ET DISCUSSION	11
CONCLUSION.....	16
RÉFÉRENCES	18

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Coefficients d'exportation de phosphore total utilisés pour l'estimation des apports de phosphore au lac Saint-Pierre.	7
Tableau 2	Résultats de l'évaluation par modélisation de la concentration de phosphore au lac Saint-Pierre.	12
Tableau 3.	Estimation de la concentration de phosphore moyenne pour la période sans glace dans les eaux du lac Saint-Pierre en fonction de la proportion de résidences saisonnières converties en résidences permanentes.	14

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Caractéristiques du lac Saint-Pierre et des lacs en amont. 9

Figure 2. Caractéristiques des lacs du sous-bassin versant du lac Lucerne. 10

INTRODUCTION

Le lac Saint-Pierre est localisé à environ 30 km au nord de la nouvelle ville de Gatineau dans la municipalité de Val des Monts. D'une superficie de 386 ha, le lac Saint-Pierre est un site de villégiature important de l'Outaouais. On y retrouve plusieurs chalets et un nombre grandissant de résidences permanentes. Le lac Saint-Pierre fait face à une demande croissante au niveau du développement de la villégiature qui fait craindre un dépassement de la capacité de support du lac et les problèmes d'eutrophisation qui s'ensuivent. Les dernières analyses révèlent que ces eaux sont claires (transparence : 6 m), fortement minéralisées (conductivité : 95 μ mhos), de pH légèrement basique (pH = 7.5) et oxygénées jusqu'au fond. La concentration moyenne de phosphore total au retournement printanier, mesurée en 2000 et 2001 est de 12 μ g/l. Les plantes aquatiques sont présentes en quantité grandissante au lac Saint-Pierre.

La qualité des eaux d'un lac influence directement son attrait comme site de villégiature mais aussi comme choix d'habitat pour les espèces animales et végétales. Le touladi, poisson de la famille des salmonidés, est une espèce qui a des exigences très strictes en terme de qualité d'habitat (Martin et Olver 1980). De ce fait, il peut être considéré comme un indicateur de la qualité de l'eau d'un lac. Il habite des eaux froides et bien oxygénées (Evans et al. 1991 ; MacLean et al. 1990) qu'il retrouve en eau profonde dans les lacs oligotrophes du sud du Québec. Il exige pour sa survie des conditions d'habitat typiquement oligotrophes.

Des apports de phosphore dans un lac se traduisent par une augmentation de sa productivité. Le lac se transforme alors. La végétation, qui a besoin pour se développer de nutriments dont le phosphore (habituellement le facteur limitant son développement (Ryding et Rast 1989) dans nos eaux) devient alors plus abondante. En résulte une diminution de transparence de l'eau et de la quantité d'oxygène présente en eaux profondes et conséquemment, de la productivité du touladi.

La plupart des activités humaines dans le bassin d'un lac, y compris la villégiature, se traduisent par une augmentation des apports de phosphore à ce lac, malgré des installations septiques conformes à la réglementation.

Des modèles mathématiques ont été développés qui permettent de prédire la concentration de phosphore dans un lac à partir des apports de cette substance en provenance de son bassin versant. Un tel modèle a été appliqué au lac Saint-Pierre pour évaluer l'effet du développement actuel dans son bassin versant sur sa productivité et sa capacité de recevoir des quantités accrues de phosphore.

Ces modèles présentent quelques avantages sur les données de terrain. Ils fournissent des résultats à moindre coût. De plus, et c'est là leur principal avantage, ils permettent de prévoir l'effet d'apports non réalisés sur la concentration de phosphore d'un lac et à ainsi anticiper la situation future du lac. Il faut par contre être conscients que les prévisions de ces modélisations sont empreintes d'une imprécision que l'on ne peut ni estimer, ni éliminer.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les apports en phosphore au lac sont fonction de l'utilisation du sol dans le bassin versant. Pour les estimer, il faut donc répertorier et quantifier les utilisations de ce bassin versant.

On retrouve de nombreuses résidences autour du lac Saint-Pierre. L'apport en phosphore des résidences est fonction de leur nombre, de leur taux d'occupation et de l'efficacité d'élimination du phosphore par les installations septiques. Avec le temps, l'efficacité d'élimination du phosphore des installations septiques diminue. En effet, le taux d'élimination du phosphore par les installations septiques fut considéré nul à long terme

(Dillon et al. 1986 ; Hutchinson et al. 1991). Les résidences constituent donc une source de phosphore d'importance pour le plan d'eau.

La fréquentation des résidences autour du lac Saint-Pierre fut obtenue par une enquête auprès des propriétaires réalisée conjointement par l'Association des propriétaires du lac Saint-Pierre et le Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune de l'Outaouais (Fournier, Pariseau et Labelle, 2000). Cette enquête a permis d'estimer le nombre de résidences saisonnières et permanentes présentes autour du lac et la fréquentation moyenne de chacun des types. Puisque nous ne possédions aucune information sur le type de résidences présentes sur les lacs à l'amont du lac Saint-Pierre, nous avons assumé que celles identifiées sur les photos aériennes se présentaient dans les mêmes proportions de résidences saisonnières et permanentes que celles rencontrées au lac Saint-Pierre.

Les superficies de territoire correspondant aux diverses utilisations du territoire prévalant dans le bassin versant du lac Saint-Pierre furent obtenues à partir de l'interprétation d'images satellitaires confirmée par une visite sur le terrain.

L'assise géologique du bassin versant influence le taux d'exportation du phosphore. Le lac Saint-Pierre et son bassin versant reposent sur de la roche ignée. L'information à ce sujet fut tirée d'une carte géologique.

Les apports en phosphore des diverses sources furent estimés en utilisant des coefficients d'exportation moyens du phosphore correspondant aux divers types de milieux répertoriés dans le bassin versant, multiplié par la superficie du bassin versant correspondant à cet usage (Dillon et Rigler 1975 ; Reckow et al. 1980 ; Dillon et al. 1986 ; Ryding et Rast ; 1989). Les coefficients d'exportation utilisés et leur source sont présentés au tableau 1.

Plusieurs modèles permettent d'estimer la concentration de phosphore d'un lac à partir des apports qu'il reçoit (Dillon et Rigler 1975 ; Reckow et al. 1980 ; Ryding et Rast 1989). Le modèle retenu est une évolution du modèle original de Dillon et Rigler (1975). Il a été développé sur un ensemble de lacs, dans le sud de l'Ontario, sis sur le Bouclier Canadien, donc sur la même formation géologique que le lac Saint-Pierre (Dillon et al. 1986).

Selon ce modèle, la concentration moyenne de phosphore total pour la période sans glace ($[Pt]_{SG}$, $\mu\text{g/l}$) présente dans un plan d'eau est prédite à l'aide de l'équation suivante :

$$[Pt]_{SG} = (\text{CHARGE}_{Pt} * (1 - \text{RÉTENTION})) / (0,956 * \text{CHARGE}_{EAU})$$

où :

$$\begin{aligned} \text{CHARGE}_{Pt} &= \text{charge totale de phosphore du lac} \\ &= \text{somme des apports de phosphore au lac} / \text{superficie du lac} \end{aligned}$$

où :

$$\text{Apports de phosphore au lac} = \text{Apports naturels} + \text{apports anthropiques}$$

$$\begin{aligned} \text{CHARGE}_{EAU} = qs &= \text{apport total d'eau au lac} \\ &= \frac{\text{ruissellement (m)} * \text{superficie totale du bassin versant (m}^2\text{)}}{\text{Superficie du lac (m}^2\text{)}} \end{aligned}$$

Les données de ruissellement proviennent de la station météorologique de Wakefield pour la période 1963-1990 fournies par la direction du milieu atmosphérique du MEF. Il fut calculé ainsi : Ruissellement = précipitations totales - évapo-transpiration potentielle

$$= 0,45 \text{ m/an}$$

$$\text{RÉTENTION} = \text{Coefficient de rétention de phosphore du lac}$$

Le calcul du coefficient de rétention du phosphore d'un lac diffère en fonction de la présence ou non d'oxygène au fond du lac. Ainsi, trois équations différentes sont utilisées

dépendamment si le lac considéré présente un hypolimnion aux conditions oxygènes, anoxiques ou si elles sont inconnues. Voici les modèles utilisés pour le lac Saint-Pierre et les lacs en amont:

En condition oxygène, l'équation utilisée provient de Dillon et al (1986):

$$R = 12,4 / (12,4 + q_s) \text{ où } q_s \text{ est la charge en eau du lac}$$

En condition d'anoxie, l'équation utilisée provient de Dillon et al (1986) :

$$R = 7,2 / (7,2 + q_s) \text{ où } q_s \text{ est la charge en eau du lac}$$

En condition inconnue, l'équation utilisée provient de Kirchner et Dillon (1975) :

$$R = 0,426 e^{(-0,271 q_s)} + 0,574 e^{(-0,00949 q_s)} \text{ où } q_s \text{ est la charge en eau du lac}$$

La concentration de phosphore total au retournement printanier ($[Pt]_{RP}$, $\mu\text{g/l}$) peut être calculée à partir de la concentration moyenne pour la période sans glace à l'aide de l'équation suivante :

$$[Pt]_{RP} = 1,18 * [Pt]_{SG} - 1,91 \text{ (Dillon et al. 1986)}$$

D'autre part, la concentration moyenne de phosphore total pour la période sans glace ($[Pt]_{SG}$, $\mu\text{g/l}$) peut être calculée à partir de la concentration mesurée au retournement printanier à l'aide de l'équation suivante :

$$[Pt]_{SG} = 0,80 [Pt]_{RP} + 2,04 \text{ (Dillon et al. 1986)}$$

Le temps de réponse du lac Saint-Pierre à un apport de phosphore est exprimé en termes de demi-vies et est calculé de la façon suivante (Dillon et al. 1986) :

$t_{1/2}$ = une demi-vie

$$= (L_n / 2) * (tw)$$

où :

tw = Temps de renouvellement (an) = volume du lac (m^3) / apport d'eau au lac (m^3/an)

Après trois demi-vies, 87,5 % de la réponse du lac est réalisée. En pratique, on considère qu'à partir de ce moment le système aura pleinement répondu à l'apport de phosphore.

La transparence annuelle moyenne de l'eau peut être estimée à partir de la concentration de phosphore moyenne dans le lac à l'aide de l'équation suivante :

$$\text{Secchi (m)} = 20,3 * X^{-0,52} \quad (\text{Ryding et Rast 1989})$$

où :

$$X = (\text{CHARGE}_{Pt} / q_s) / (1 + \sqrt{tw})$$

Le lac Saint-Pierre est constitué de trois bras (nord, est et ouest) reliés entre eux par des passages assez profonds pour que l'on puisse ainsi considérer que les eaux des trois bras sont bien mélangées. Pour les fins de calcul, le lac Saint-Pierre est donc considéré comme un seul plan d'eau.

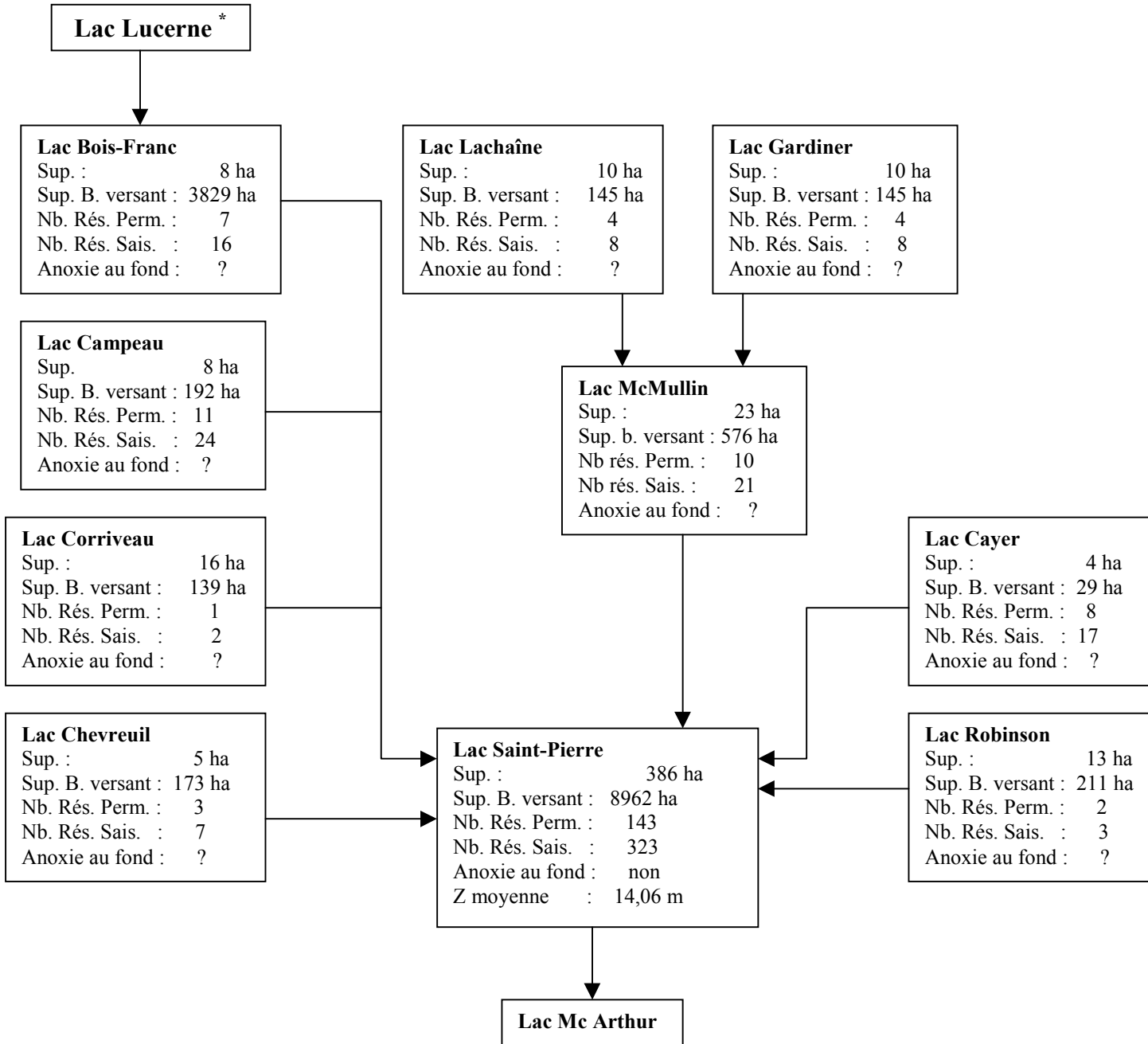
Le bassin versant du lac Saint-Pierre est très vaste et complexe, incluant les sous bassins versants de plus de 24 autres lacs. Quinze de ces lacs furent retenus pour fins de calculs. Leur grosseur et la présence de chalets sur leurs berges furent les facteurs de sélection. Les superficies des bassins versants de chacun des autres lacs furent incluses aux calculs

du lac dans lequel ils se déversent. Les caractéristiques du lac Saint-Pierre et des lacs à l'amont sont présentées aux figures 1 et 2.

Les superficies des bassins versants furent obtenues par planimétrie de cartes à l'échelle 1 :20 000. La profondeur moyenne fut calculée à partir de la carte bathymétrique du lac réalisée par le personnel du Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune.

Tableau 1. Coefficients d'exportation de phosphore total utilisés pour l'estimation des apports de phosphore au lac Saint-Pierre.

PARAMÈTRE	COEFFICIENT	SOURCE
Forêt, sédimentaire	10,3 kg/km ² /an	Dillon et al. (1986)
Forêt, igné	5,5 kg/km ² /an	Dillon et al. (1986)
Friche, sédimentaire	19,8 kg/km ² /an	Dillon et al. (1986)
Friche, igné	9,8 kg/km ² /an	Dillon et al. (1986)
Zone marécageuse	20,0 kg/km ² /an	Ryding et Rast (1989)
Territoire en villégiature	19,0 kg/km ² /an	Landon (1977 in Reckow et al. 1980)
Pâturage, sol sablonneux	5,0 kg/km ² /an	Ryding et Rast (1989)
Précipitations	15 kg/km ² /an	Dillon et al. (1986)
1 année/personne	0,8 kg/personne/an	Ryding et Rast (1989)
Efficacité moyenne, à long terme, d'élimination du phosphore par installation septique	0	Hutchinson et al. (1991)
Fréquentation résidence saisonnière (p.a.)	0.86 personne /année	Enquête St.-Pierre (2000)
Fréquentation résidences permanentes (p.a.)	2.64 personne / année	Enquête Saint-Pierre (2000)



- Le sous-bassin versant du lac Lucerne est présenté à la figure 2.

Figure 1. Caractéristiques du lac Saint-Pierre et des lacs en amont.

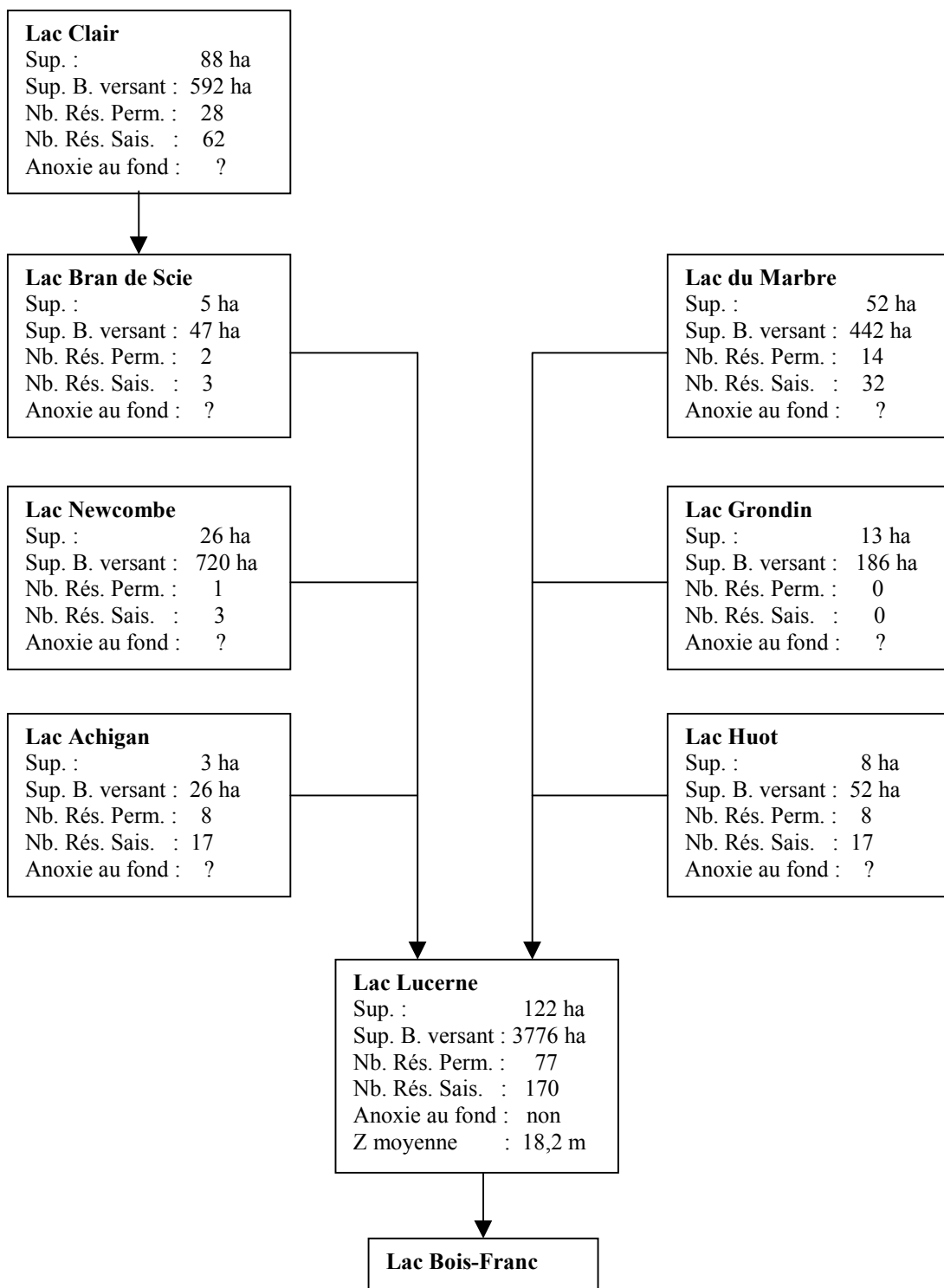


Figure 2. Caractéristiques des lacs du sous-bassin versant du lac Lucerne.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les résultats de l'évaluation par modélisation de la concentration de phosphore au lac Saint-Pierre sont présentés au tableau 2. On peut estimer le coefficient de rétention du phosphore du lac Saint-Pierre à 0,54 et le temps de renouvellement de l'eau à 1.35 an en moyenne. On peut donc estimer que le lac aura pleinement répondu aux apports 2.81 ans après l'introduction d'apports de phosphore au lac.

La modélisation indique que, compte tenu des apports actuels, qui incluent les apports de sources naturelles et de sources anthropiques, la concentration moyenne de phosphore pendant la période sans glace ($[Pt]_{SG}$) de l'eau du lac Saint-Pierre devrait être d'environ 14 $\mu\text{g/l}$. Au retournement printanier la concentration de phosphore serait d'environ 14.6 $\mu\text{g/l}$.

À l'état naturel, la concentration moyenne, au cours de la période sans glace, de phosphore dans l'eau du lac aurait été d'environ 4 $\mu\text{g/l}$. Au retournement printanier ces valeurs auraient été d'environ 2,8 $\mu\text{g/l}$. La qualité de l'eau du lac Saint-Pierre a été modifiée par les apports anthropiques localisés sur ses berges et dans son bassin versant. En effet, les conséquences des apports anthropiques se traduiraient par une augmentation de la concentration de phosphore d'environ 250 % par rapport à la concentration naturelle du lac. Environ 33% des apports anthropiques au lac Saint-Pierre proviennent de son bassin versant alors que le reste des apports serait issu des activités sur les berges du lac Saint-Pierre lui-même. Les installations septiques sont la principale source anthropique de phosphore au lac Saint-Pierre.

Tableau 2. Résultats de l'évaluation par modélisation de la concentration de phosphore au lac Saint-Pierre.

	Lac Saint-Pierre
Coefficient de rétention	0,54
Temps de renouvellement (an)	1,35
Temps de réponse (an)	2,81
[Pt] _{SG} apports actuels (µg/l)	14,0
[Pt] _{RP} apports actuels (µg/l)	14,6
[Pt] _{SG} apports naturels (µg/l)	4,0
[Pt] _{RP} apports naturels (µg/l)	2,8
Augmentation [Pt] _{SG} (actuel vs naturel) (µg/l)	10,0

L'enquête réalisée auprès des résidents du lac Saint-Pierre (Fournier et al. 2000) a révélé qu'une certaine proportion de propriétaires de résidences saisonnières prévoyaient les transformer en résidences permanentes. Nous avons estimé l'effet de cette conversion sur la concentration de phosphore dans le lac Saint-Pierre, de même que l'effet de la construction de nouvelles résidences saisonnières ou permanentes sur les terrains vacants déjà vendus et où une construction est prévue à court terme par le propriétaire. La proportion de ces dernières fut estimée selon les mêmes proportions que le nombre de résidences saisonnières et permanentes après conversion. Ces résultats apparaissent au tableau 3. L'impact sur la concentration de phosphore dans le lac Saint-Pierre serait faible.

Tableau 3. Estimation de la concentration de phosphore moyenne pour la période sans glace dans les eaux du lac Saint-Pierre en fonction de la proportion de résidences saisonnières converties en résidences permanentes.

SCÉNARIO D'APPORTS	Lac Saint-Pierre	
	[Pt]_{SG} (µg/l)	Augmentation de la concentration de phosphore p/r à celle en conditions naturelles (%)
Naturel	4	...
Actuel	14	250
Après conversion	15	275
Après construction	15	275

Il importe de souligner que l'enquête ne fournit aucune information sur le nombre de terrains potentiels à vendre autour du lac et le développement qu'ils pourraient occasionner.

La concentration de phosphore présente dans un lac permet d'évaluer son niveau trophique. Ryding et Rast (1989) proposent deux approches de classification des lacs. La première repose sur des limites fixes délimitant les diverses classes. Selon ces critères à une concentration prévisible de phosphore de l'ordre de 14 $\mu\text{g/l}$, le lac Saint-Pierre pourrait être considéré comme mésotrophe, alors qu'à une concentration naturelle de 4 $\mu\text{g/l}$ il serait à la frontière entre l'ultra-oligotrophie et l'oligotrophie. La seconde approche est un système de classification ouvert selon lequel le lac Saint-Pierre aurait une probabilité d'environ 45% d'être mésotrophe et de 55% d'être eutrophe. À l'état naturel, le Saint-Pierre à une concentration de phosphore de 4 $\mu\text{g/l}$, aurait eu environ 55% de chances d'être ultra-oligotrophe et 45% de chance d'être oligotrophe. Quelle que soit la technique de classification utilisée, le niveau trophique du lac Saint-Pierre semble avoir évolué, révélant un enrichissement de ses eaux suite aux pressions anthropiques. Le lac Saint-Pierre doit maintenant être considéré comme mésotrophe. Une telle augmentation de la concentration de phosphore dans l'eau du lac Saint-Pierre entraînerait une baisse significative de la transparence annuelle moyenne mesurée à l'aide du disque de secchi. Elle passerait d'environ 10m à l'état naturel à environ 5,3m à la concentration de phosphore prévue par la modélisation, soit une baisse de l'ordre de 50%.

Hutchinson et al. (1991) proposent qu'une augmentation de la concentration de phosphore dans un lac soit au maximum de 100% de la concentration à l'état naturel (8 $\mu\text{g/l}$ au lac Saint-Pierre). À partir de ce niveau, des problèmes d'anoxie de l'hypolimnion et une transformation significative du milieu sont à envisager. Ils considèrent qu'une augmentation de 50% de la concentration naturelle, soit une concentration maximale de 6 $\mu\text{g/l}$ dans le cas du lac Saint-Pierre, est beaucoup plus prudente puisque les risques d'anoxie dans l'hypolimnion et les réductions de transparence sont beaucoup plus faibles.

La concentration moyenne de phosphore total mesurée au retournement printanier en 2000 et 2001 de $12 \mu\text{g/l}$, ($[\text{Pt}]_{\text{SG}} = 11,6 \mu\text{g/l}$) dépasse largement le seuil permmissible. De même les mesures de transparence de l'eau confirment la prévision du modèle. Si la concentration de phosphore au lac Saint-Pierre continue à augmenter, la transformation du lac s'accroîtra. En plus, à des concentrations de phosphore de l'ordre de $18 - 20 \mu\text{g/l}$ et plus, des floraisons d'algues, y compris de cyanobactéries lorsque les conditions sont propices, deviennent probables et de plus en plus fréquentes.

La présence de trois bassins au lac Saint-Pierre (nord, ouest et est) rend impossible la prédiction de l'impact de l'augmentation de la concentration de phosphore sur la quantité d'oxygène disponible dans la zone profonde du lac. Moins profonds, les bassins nord et ouest sont les plus sensibles et le risque d'anoxie en profondeur y semble significatif. L'anoxie des eaux profondes complique une situation d'eutrophisation. En effet, à ce moment, le phosphore entreposé dans les sédiments au fond du lac est remis en solution dans la colonne d'eau, s'ajoutant aux apports externes (déjà trop élevés) et aggravant la situation.

CONCLUSION

Ce bilan empirique de phosphore indique que les apports découlant du développement actuel dans le bassin versant du lac Saint-Pierre devraient entraîner une augmentation de la concentration de phosphore de l'ordre de 250% par rapport à la concentration naturelle estimée. Les mesures effectuées dans le lac en 2000 et 2001 ($[\text{Pt}]_{\text{RP}} = 12 \mu\text{g/l}$) confirment une augmentation significative de la concentration de phosphore dans le lac Saint-Pierre. Cette augmentation dépasse largement l'augmentation de 50% ($[\text{Pt}]_{\text{MAX}} = 6 \mu\text{g/l}$) recommandée par Hutchinson (1991).

Environ un tiers des apports de phosphore au lac Saint-Pierre proviennent des lacs en amont et les deux tiers restant proviennent des sources anthropiques localisées sur les berges du lac Saint-Pierre lui-même. L'ajout de nouvelles résidences, ou de toutes autres

formes de développement, autour des lacs en amont du lac Saint-Pierre aura un effet sur ce dernier. Plus le lac touché sera haut dans le bassin versant, moins l'influence sur le lac Saint-Pierre sera grande. De même, l'augmentation des apports de phosphore au lac Saint-Pierre se traduit par une augmentation des apports vers le lac Mc Arthur en aval, puisque environ 46% du phosphore provenant au lac Saint-Pierre est exporté vers le lac Mc Arthur. Plus simplement, la construction de deux résidences sur le lac Saint-Pierre équivaut à construire une résidence sur le lac Mc Arthur.

Cette augmentation de la concentration de phosphore a comme conséquence, entre autres, de changer le niveau trophique du lac qui est maintenant mésotrophe. Ce changement vers l'eutrophie devrait entraîner une baisse de transparence de l'eau d'environ 50% par rapport aux conditions naturelles, une diminution de la quantité d'oxygène dans l'hypolimnion et une augmentation de la croissance de la végétation aquatique, autant de manifestations déjà observables dans le lac Saint-Pierre. Sans pouvoir l'affirmer avec certitude, on peut penser que la situation écologique que l'on observe actuellement dans le plan d'eau est en évolution et que l'on ne mesure pas pleinement les effets de l'enrichissement des eaux.

La poursuite de l'augmentation de la concentration de phosphore dans le lac Saint-Pierre pour qu'elle atteigne 18 à 20 $\mu\text{g/l}$ augmenterait très significativement les probabilités d'anoxie de l'hypolimnion et de floraisons d'algues.

Ces résultats ont été obtenus à partir de modélisations. Ces modèles ont été mis au point et sont utilisés à des fins de planification du développement dans le bassin versant de lacs (Dillon et al. 1986). Les estimations qu'ils permettent de faire, reposant sur un certain nombre d'hypothèses, peuvent être imprécises. Elles sont toutefois fiables.

RÉFÉRENCES

- DILLON, P.J. et F.H. Rigler. 1975. A simple method for predicting the capacity of a lake for development based on lake trophic status. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 32(9) : 1519-1531.
- DILLON, P.J., K.H. Nichols, W.A. Scheider, N.D. Yan et D.S. Jeffries. 1986. Lakeshore capacity study, trophic status. Research and special projects branch, Ontario Ministry of municipal affairs and housing. Queen's printer for Ontario. 89 p.
- EVANS, D.O., J.M. Casselman et C.C. Willox. 1991. Effects of exploitation, loss of nursery habitat, and stocking on the dynamics and productivity of lake trout populations in Ontario lakes. *Lake trout synthesis, Ont. Min. Nat. Resour.*, Toronto. 193 p.
- FOURNIER, H. et R. Pariseau. 1997. Estimation de la fréquentation par les villégiateurs des résidences au lac Pemichangan. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction régionale de l'Outaouais. Document interne. 17 p.
- FOURNIER, H., R. Pariseau et M. Labelle. 2000. Estimation de la fréquentation par les villégiateurs des résidences au lac St- Pierre. Société de la faune et des parcs du Québec. Direction de l'aménagement de la faune. Outaouais. Document interne. 12p.
- HUTCHINSON, N.J., B.P. Neary et P.J. Dillon. 1991. Validation and use of Ontario's trophic status model for establishing lake development guidelines. *Lake and reserv. Manage.* 7(1) : 13-23.
- KIRCHNER, W.B. et P.J. Dillon. 1975. An empirical method for estimating the retention of phosphorous in lakes. *Water Resour. Res.* 11 : 182-183.
- MACLEAN, N.G., J.M. Gunn, F.J. Hicks, P.E. Ihssen, M. Malhiot, T.E. Mosindy et W. Wilson. 1990. Environmental and genetic factors affecting the physiology and ecology of lake trout. *Lake trout synthesis, Ont. Min. Nat. Resour.*, Toronto. 84 p.
- MARTIN, N.V. et C.H. Olver. 1980. The lake charr, *Salvelinus namaycush* in Balon, E.K. (ed.) *Charrs, salmonid fishes of the genus salvelinus*. Dr. W. Junk BV publishers : The Hague, Netherlands. 928 p.

- OCDE (Organisation pour la Coopération et le Développement Économique). 1982. Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control. Final report, OCDE cooperative programme on monitoring of inland waters (eutrophication control), Environment Directorate, OCDE, Paris. 154 p.
- PRAIRIE, Yves. 1994. Développement de modèles prédictifs décrivant l'effet de l'eutrophisation sur l'habitat du touladi (*Salvelinus namaycush*). Univ. du Québec à Montréal. 27 p. + annexes.
- RECKHOW, K.H., M.N. Beaulac et J.T. Simpson. 1980. Modelling phosphorous loadind and lake response under uncertainty : a manual and compilation of export coefficients. Clean Lakes Section. U.S. Environmental Protection Agency. 214 p.
- RYAN, P.A. et T.R. Marshall. 1994. A niche definition for lake trout (*Salvelinus namaycush*) and its use to identify populations at risk. Can. J. Fish. Aquat. Sci.51 : 2513-2519.
- RYDING, S.O. et W. Rast. 1989. The control of eutrophication of lakes and reservoirs. Unesco, Paris, and the Parthenon Publishing Group, UK. 314 p.