

**Impact de l'effluent de la station d'épuration de Saint-Adolphe-d'Howard
sur la qualité de l'eau du lac Sainte-Marie**

par

Richard Carignan
Station de biologie des Laurentides
Université de Montréal

Le 25 juillet 2005

REÇU LE 1^{ER} AOÛT 2005
Y-

Résumé

Dans le but d'établir l'impact de l'effluent de l'usine d'épuration des eaux usées de Saint-Adolphe-d'Howard sur la qualité de l'eau du lac Sainte-Marie, les charges en P entrantes et sortantes de l'usine furent mesurées entre mai 2004 et mai 2005. Un suivi mensuel de la qualité de l'eau fut également effectué dans les lacs Saint-Joseph, Sainte-Marie et Théodore durant la période libre de glace. Entre le 1^{er} mai 2004 et le 30 avril 2005, l'usine a rejeté environ 106 kg de phosphore au lac Sainte-Marie. Ce rejet représente environ 21 % de la charge totale du lac Sainte-Marie en phosphore, estimée à 498 kg/an. Dans la partie amont du lac Sainte-Marie, les indicateurs d'eutrophisation (fertilité excessive) tels le phosphore total et la chlorophylle *a* montrent une augmentation (22 % à 39%) qui ne peut s'expliquer que par la présence d'une source anormale de phosphore. Ces augmentations sont accompagnées d'une diminution de la transparence (28 %) et par l'apparition de l'anoxie en eaux profondes. En supposant que la concentration en phosphore observée au lac Saint-Joseph représente la valeur naturelle attendue au lac Sainte-Marie, la concentration actuellement observée au lac Sainte-Marie s'approcherait dangereusement de la limite préconisée par le MDDEP. Ceci ne laisse aucune marge permettant d'augmenter le nombre de résidences desservies par l'usine sans y apporter des améliorations technologiques majeures.

1- Introduction

Le phosphore et l'azote sont des éléments nutritifs essentiels au développement et à la santé des organismes aquatiques. Dans les lacs, des apports excessifs de phosphore d'azote causent cependant une dégradation de la qualité du milieu (eutrophisation). Cette dégradation se manifeste par un développement d'algues et de plantes aquatiques en quantités indésirables, une diminution de la transparence des eaux, la perte de certaines espèces sensibles de poissons (salmonidés). De plus, un excès en phosphore peut causer l'apparition d'algues nuisibles appelées algues bleu-vertes ou cyanobactéries. Ces effets compromettent certains usages des plans d'eau, tels leur utilisation comme source d'eau potable, la pêche sportive ou commerciale, et la qualité esthétique du milieu.

APEL → ?

Dans le cadre d'un projet de recherche portant sur la gestion durable des lacs des Laurentides, la municipalité de Saint-Adolphe-d'Howard a demandé à l'Université de Montréal de se pencher sur l'impact de l'effluent de sa station d'épuration des eaux usées sur la qualité des eaux du lac Sainte-Marie. Le présent rapport résume les observations acquises entre mai 2003 et juin 2005.

2- Objectifs

- a) Établir la charge en phosphore issue de l'usine d'épuration de Saint-Adolphe.
- b) Comparer la qualité des eaux du lac Sainte-Marie à celle des lacs Saint-Joseph (amont) et Théodore (aval).
- c) Établir l'impact de l'usine d'épuration de Saint-Adolphe sur la qualité des eaux des lacs Sainte-Marie et Théodore, en relation avec les autres sources de phosphore (naturelles et humaines) parvenant au lac Sainte-Marie.

3- Méthodes

3.1- Détermination des charges en phosphore reçues et émises par l'usine d'épuration

Afin d'améliorer la qualité des eaux du lac Saint-Joseph, les eaux usées issues des résidences, chalets, édifices publics et commerces de Saint-Adolphe-d'Howard sont acheminées, depuis quelques années, à une petite usine d'épuration localisée (figure 1) entre les lacs Saint-Joseph et Sainte-Marie. L'effluent de cette station est déversé dans le 1^{er} bassin du lac Sainte-Marie (figure 2).

Entre avril 2004 et mai 2005, trois échantillonneurs automatiques ISCO ont été installés aux points indiqués à la figure 1 afin d'y prélever quotidiennement, durant un cycle annuel complet, des échantillons composites destinés au dosage du phosphore total (digestion acide au persulfate de potassium, APHA 1998). Chaque échantillon composite était constitué de quatre sous-échantillons prélevés aux six heures.

Figure 1. Configuration de la station d'épuration de Saint-Adolphe-d'Howard. Les triangles rouges indiquent l'emplacement des échantillonneurs automatiques installés par l'Université.

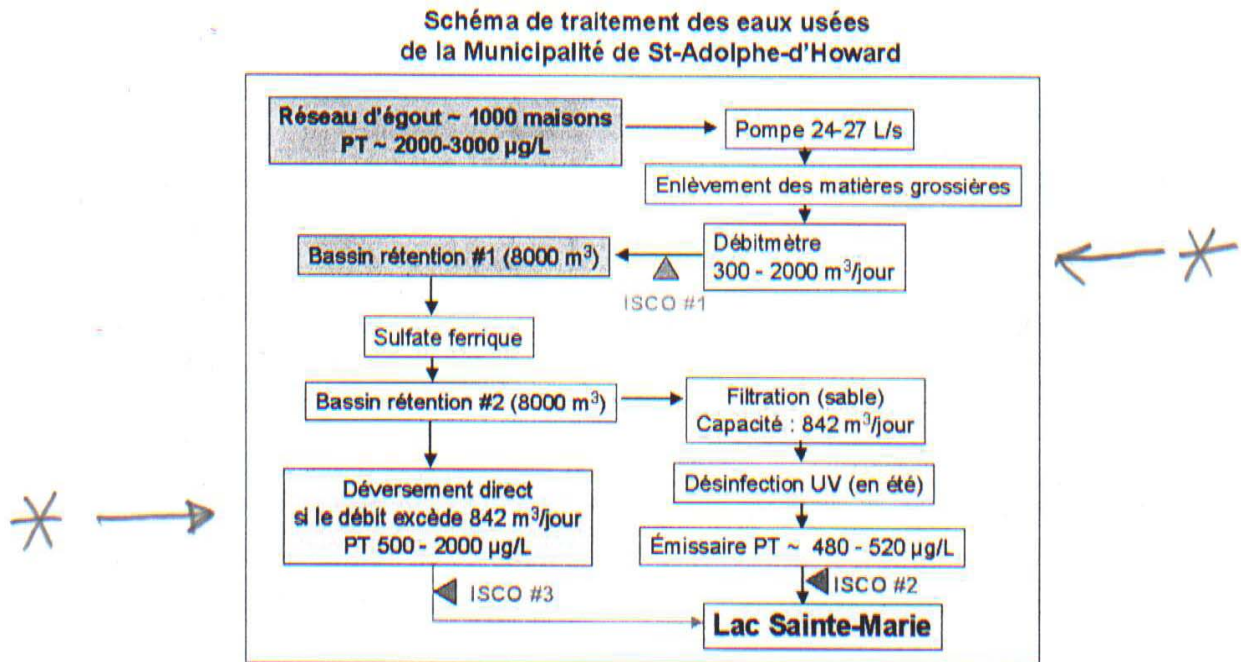
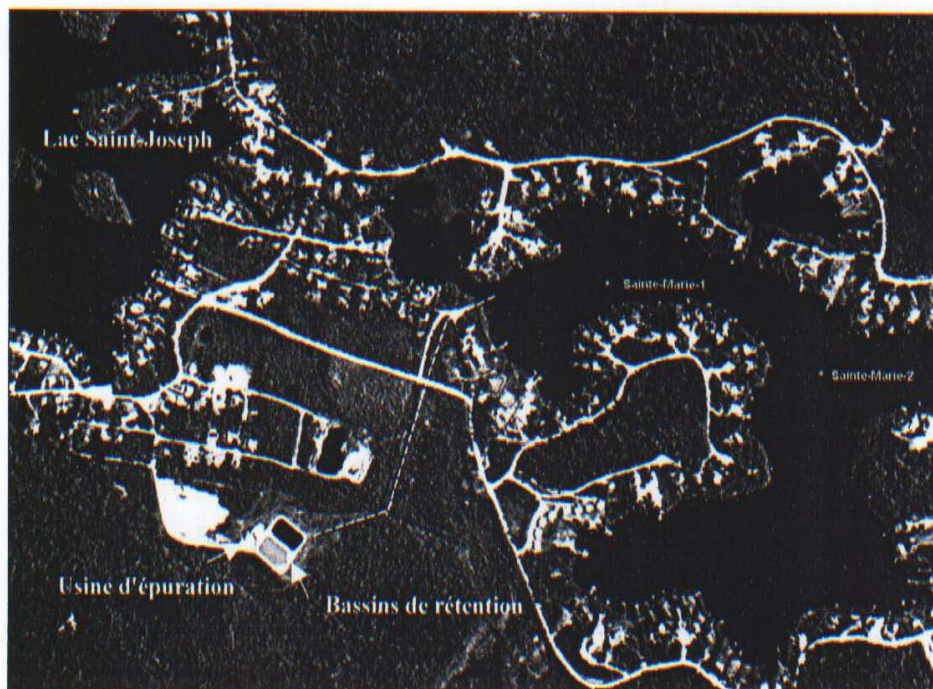


Figure 2. Emplacement de la station d'épuration, entre les lacs Saint-Joseph et Sainte-Marie. Le trait pointillé montre l'emplacement du tuyau de rejet et le point d'arrivée des eaux traitées dans le lac Sainte-Marie.



Les charges quotidiennes et annuelles de P (phosphore) entrant et sortant de l'usine furent calculées en multipliant les concentrations quotidiennes (Figures 5 et 6) par les débits quotidiens enregistrés par l'usine (seuil Parshall muni d'une jauge ultrasonique, Figure 4).

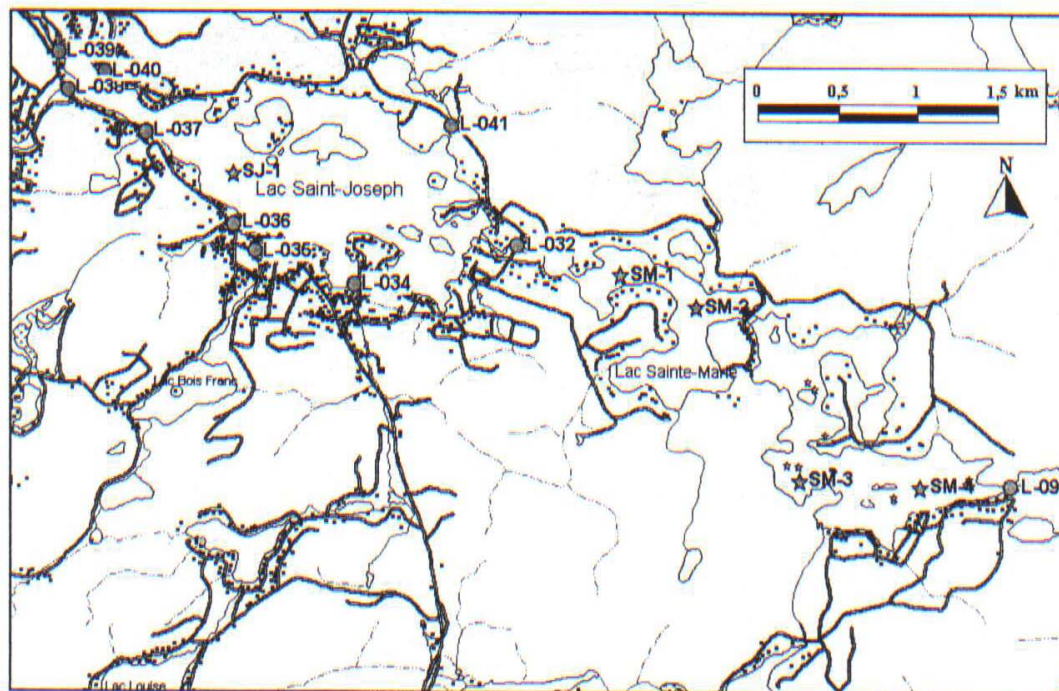
En raison de problèmes divers, aucun prélèvement ne fut récolté par l'échantillonneur #2 pendant 24 jours durant les mois de septembre et octobre 2004. Dans le calcul de la charge totale de P issue de la station, les valeurs manquantes furent remplacées par la concentration nominale (0,5 mg/L) de P attendue à la sortie de la station.

3.2- Calcul de la charge en P provenant du lac Saint-Joseph

L'émissaire du lac Saint-Joseph (station L-32, Figure 3), ainsi que tous les tributaires du même lac (stations L-34 à L-41) furent visités à 43 reprises entre mai 2003 et mai 2005 afin de mesurer le débit (sonde Sontek-YSI Flowtracker) et d'y prélever des échantillons (en *dulicata*) destinés à la mesure du P total et du P total dissous (filtration sur membrane 0,45 µm). La fréquence des visites était approximativement proportionnelle au débit attendu des tributaires.

Les charges en P apportées par les tributaires furent calculées entre chaque date par interpolation linéaire des concentrations et des débits mesurés. Les charges annuelles rapportées dans ce document furent calculées entre les 1^{er} mai 2003 et 30 avril 2005.

Figure 3. Emplacement des points d'échantillonnage en lac (étoiles) et en ruisseau (cercles) aux lacs Saint-Joseph et Sainte-Marie.



3.3- Estimation de la charge en P provenant du bassin versant du lac Sainte-Marie

Aucune mesure directe de débit et de qualité de l'eau n'a été réalisée dans les tributaires du lac Sainte-Marie autres que dans l'émissaire du lac Saint-Joseph, qui constitue le tributaire principal du lac Sainte-Marie (station L-32). La charge en P issue de la portion du bassin versant comprise entre l'exutoire du lac Sainte-Marie et l'entrée de son tributaire principal fut estimée comme :

$$(AB_{SM} - AB_{SJ}) L_P$$

où AB_{SM} et AB_{SJ} sont les superficies des bassins versants des lacs Sainte-Marie (83,4 km²) et Saint-Joseph (60,6 km²), respectivement, et L_P est le coefficient d'exportation de P total. Une valeur de 4,5 mgP/m²/an fut attribuée à L_P , telle que mesurée dans les sous-bassins les moins perturbés du lac Saint-Joseph.

3.4- Estimation de la charge provenant des précipitations directes sur le lac

La quantité de P total apportée au lac Sainte-Marie (superficie = 1,38 km²) par les précipitations sèches et humides a été calculée en supposant un taux annuel de 15 mg/m²/an, tel que mesuré dans le sud-est de l'Ontario (Dillon et Molot, 1996).

3.5- Observations en lac

Afin d'établir la qualité de l'eau des lacs, un total de six stations (Saint-Joseph : une station; Sainte-Marie : quatre stations; Théodore : une station) furent visitées à huit reprises entre mai 2004 et mai 2005 (Figure 3). Les variables suivantes y furent mesurées sur toute la colonne d'eau, sauf pour la chlorophylle *a* qui fut mesurée à trois profondeurs seulement (1, 3 et 5 m) :

- Température (Sonde YSI 600-QS)
- Transparence (disque de Secchi)
- Oxygène dissous (polarographie pulsée, Sonde YSI 600-QS)
- pH (Sonde YSI 600-QS)
- Conductivité (Sonde YSI 600-QS)
- Phosphore total (Murphy et Riley, 1962)
- Azote total (Lachat, méthode #10-107-04-1-B après digestion alcaline au persulfate)
- Nitrate (Lachat, méthode #10-107-04-1-B)
- Ammonium (Lachat, méthode #11-104-03-1-B)
- Chlorophylle *a* (l'éthanol froid, Sartory et Grobelaar 1984)

Seules les valeurs de température, transparence, oxygène dissous, phosphore total et chlorophylle *a* sont rapportées dans ce document.

4- Résultats

4.1 - Charge totale de phosphore entrant et sortant de l'usine d'épuration

La charge totale de P entrant à l'usine entre le 1^{er} mai 2004 et le 30 avril 2005 est estimée à 440 kg/an (Figure 6). Les quantités maximales de P arrivant à la station surviennent durant la période estivale, autour de la Fête du travail et vers le Nouvel an, lorsque la population (résidents + saisonniers) atteint des valeurs maximales.

* → Durant la même période, selon des données de débit de l'usine, la capacité de traitement (842 m³/j) fut dépassée pendant 30 jours vers la mi-septembre, en raison de pluies abondantes, et durant la fonte printanière d'avril 2005.

* → À la sortie de l'usine, les concentrations en P total se situent généralement autour de la valeur nominale (0,5 mg/L), à l'exception de deux périodes (24 juin au 1^{er} juillet, 7 octobre au 7 décembre) où, pour une raison inconnue, les concentrations après traitement se sont maintenues supérieures à 0,5 mg/L. Entre le 1^{er} mai 2004 et le 30 avril 2005, l'usine d'épuration a rejeté 106 kg de P au lac Sainte-Marie, dont 12 kg provenait du rejet d'eau non filtrée durant les périodes de dépassement de la capacité de traitement. L'efficacité de traitement de l'usine a donc été d'environ 76% entre le 1^{er} mai 2004 et le 30 avril 2005.

Figure 4. Débit quotidien (m³/j) entrant et sortant de l'usine d'épuration. La ligne horizontale indique la capacité maximale de traitement, au delà de laquelle les eaux brutes du bassin de rétention #2 sont directement envoyées au lac Sainte-Marie.

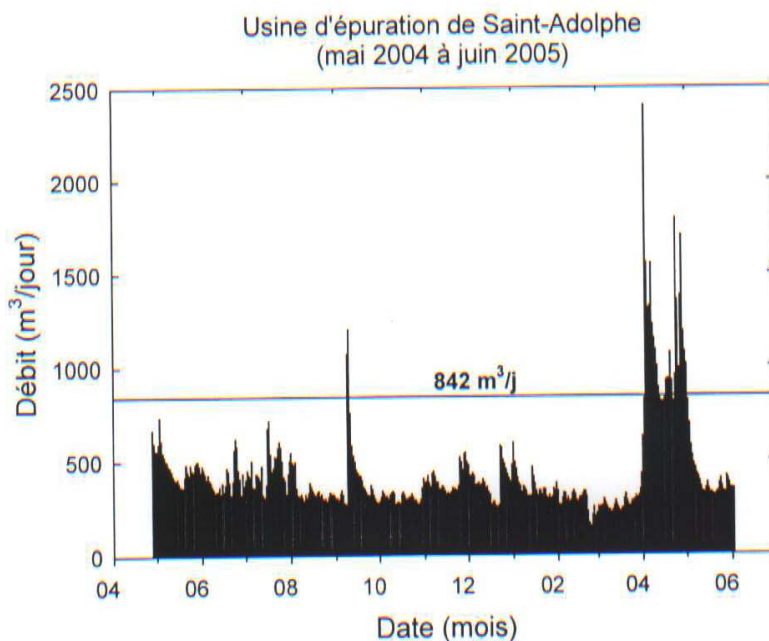


Figure 5. Concentrations quotidiennes (mg/L) en phosphore total des eaux usées entrant (barres noires) et sortant (barres jaunes) de l'usine d'épuration.

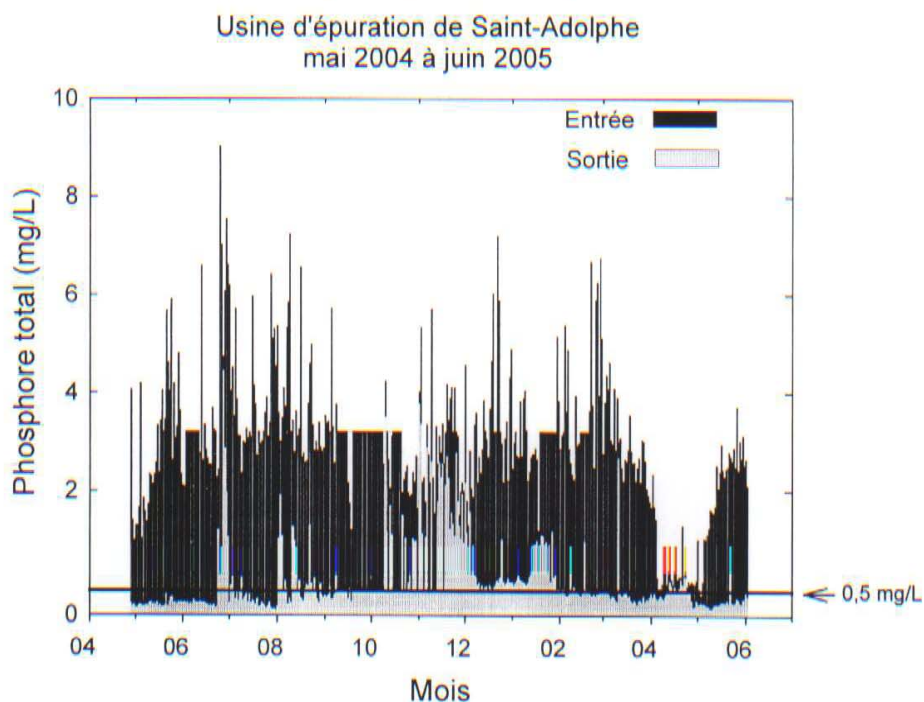
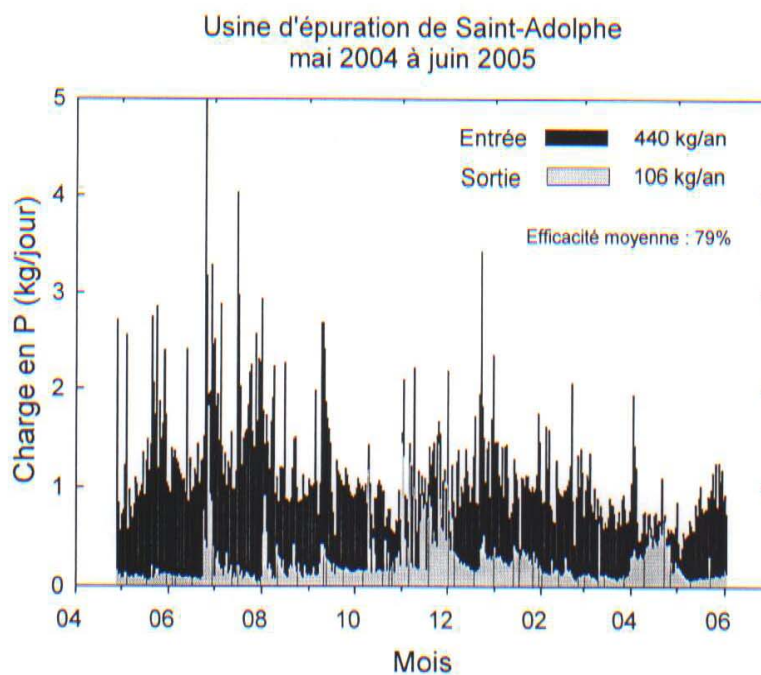


Figure 6. Charges quotidiennes de phosphore (kg/j) entrant (barres noires) et sortant (barres jaunes) de l'usine d'épuration.



4.2- Budget annuel en phosphore du lac Sainte-Marie

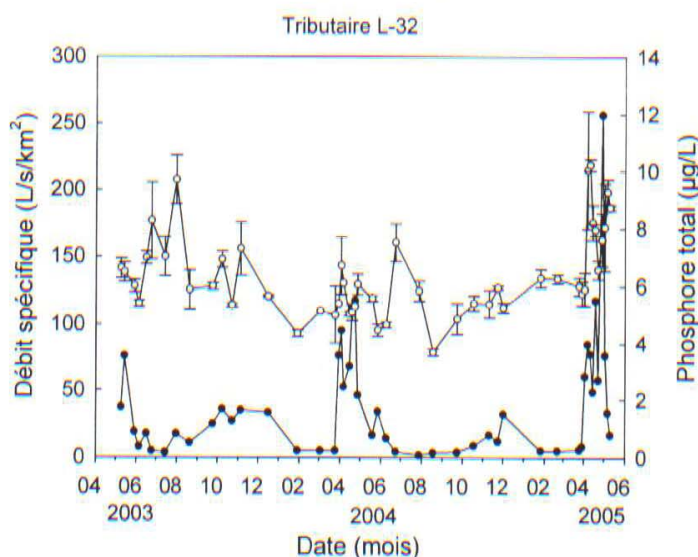
Les sources suivantes ont été considérées dans l'établissement du budget annuel en P du lac Sainte-Marie :

- 1- Le ruisseau reliant le lac Saint-Joseph au lac Sainte-Marie
- 2- Le bassin versant propre au lac Sainte-Marie
- 3- L'effluent de l'usine d'épuration
- 4- Les dépôts atmosphériques parvenant directement au lac

Noter que la contribution des quelque 170 chalets/résidences entourant le lac Sainte-Marie n'a pas été considérée dans ce budget puisque nous ignorons l'efficacité de rétention de leurs installations septiques.

Le budget total en P du lac Sainte-Marie est ainsi estimé à 498 kg/an (Figure 8). Cette valeur, relativement élevée pour un lac de la taille du lac Sainte-Marie, est en partie attribuable aux apports de son tributaire principal sortant du lac Saint-Joseph, où les concentrations en P total sont faibles (moyenne annuelle = 6,4 µg/L, Figure 7), mais dont le débit est élevé en raison de la taille de son bassin versant (60,6 km²). En effet, entre le 1^{er} mai 2003 et le 30 avril 2005, la charge annuelle moyenne apportée par ce tributaire s'élève à 268 kg/an (Figure 8).

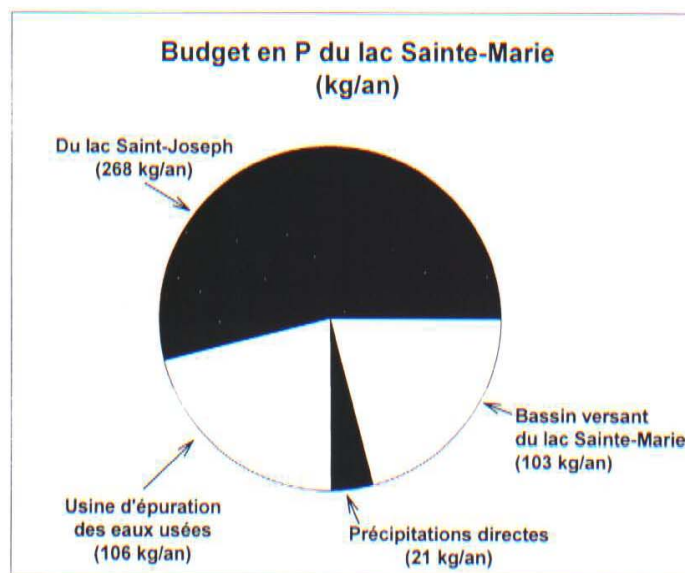
Figure 7. Débit spécifique (L/s/km²) et concentration en phosphore total (µg/L) dans le tributaire principal du lac Sainte-Marie entre mai 2003 et juin 2005. Les barres d'erreur indiquent ± un écart-type à la moyenne.



Selon la figure 8, l'effluent de l'usine de traitement des eaux usées contribue 106 kg/an de P au lac, soit environ 21% des apports annuels totaux, alors que le bassin versant du lac Sainte-Marie apporte un autre 103 kg/an. Il importe de noter ici que la disponibilité

biologique du P émis par l'effluent de l'usine est très probablement supérieure à celle du P apporté par le tributaire principal, ou encore par les ruisseaux secondaires se arrivant au lac Sainte-Marie.

Figure 8. Budget en phosphore du lac Sainte-Marie.



4.3- Qualité de l'eau des lacs Saint-Joseph, Sainte-Marie et Théodore

4.31 - Phosphore total

Les valeurs moyennes de P total, chlorophylle *a* et transparence observées dans la couche superficielle (0 à 3 m) durant la période libre de glaces sont présentées aux figures 9, 10 et 12. La figure 9 montre clairement une augmentation (22 %) de la concentration en P total entre le lac Saint-Joseph et le 1^{er} bassin du lac Sainte-Marie. Dans ce lac, où le temps de séjour de l'eau est court, une telle augmentation subite ne peut être due qu'à la présence d'une source ponctuelle significative de P. La figure 9 montre aussi que l'effet d'enrichissement en P s'atténue progressivement entre le 1^{er} bassin du lac Sainte-Marie et le lac Théodore; cette diminution est très probablement attribuable à la sédimentation partielle du plancton durant son transit vers le lac Théodore.

Le critère de qualité des eaux du MDDEP pour les lacs oligotrophes est défini comme suit (www.mddep.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.htm):

« 50 % (DEA, DFH et DR-07, 1998) : Ce critère s'applique en période sans glace pour des lacs dont la concentration naturelle est ou était inférieure à 0,01 mg/L. Il est défini par une augmentation maximale de 50 % par rapport à la concentration naturelle, sans dépasser un maximum de 0,01 mg/L. Il vise à éviter l'eutrophisation des lacs oligotrophes. Pour la protection d'habitats sensibles (ex : lacs à touladis), ce critère doit être validé par des

modèles associés au comportement d'oxygène dans l'hypolimnion. »

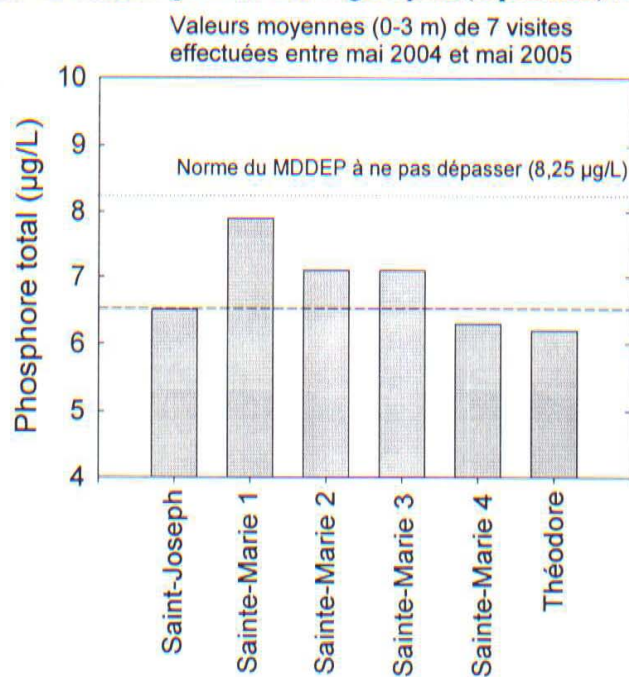
Ainsi, en supposant que la concentration moyenne en P total observée au lac Saint-Joseph (6,5 µg/L) représente la concentration naturelle attendue dans ce lac et dans le lac Sainte-Marie, l'impact de l'usine d'épuration se trouverait légèrement en deçà de la limite de 8,25 µg/L définie selon le critère du MDDEP. Dans ce cas, une augmentation sensible du nombre de maisons desservies par l'usine d'épuration causerait un dépassement du critère de qualité des eaux.

Cependant, il importe de remarquer ici que la concentration naturelle en P total du lac Saint-Joseph est fort probablement inférieure à la moyenne de 6,5 µg/L observée ici. En effet, ce lac reçoit du P provenant des quelque 750 chalets/maisons localisés autour d'une douzaine de petits lacs situés en amont du lac Saint-Joseph, en plus d'une partie des fertilisants divers appliqués autour du lac Saint-Joseph. Le critère de qualité du MDDEP est donc difficile à appliquer car il exige de connaître la « concentration naturelle » de P total, valeur qui n'est généralement pas connue avec précision dans les lacs habités. En supposant que cette concentration naturelle soit plutôt voisine de 5,0 µg/L, tel que fréquemment observé dans les lacs inhabités des Laurentides, la concentration à ne pas dépasser dans le lac Sainte-Marie deviendrait alors 7,5 µg/L, et l'usine d'épuration ne respecterait pas le critère suggéré par le MDDEP pour le P total.



En résumé, puisque le critère de qualité du MDDEP est difficilement applicable, et puisque tout apport supplémentaire en P détériore la qualité des eaux, il apparaît plus raisonnable d'éviter les sources supplémentaires de P telle l'effluent de l'usine d'épuration.

Figure 9. Concentrations moyennes de phosphore total observées entre mai 2004 et mai 2005 dans les lacs Saint-Joseph, Sainte-Marie et Théodore. La ligne du bas (tirets) montre la concentration moyenne au lac Saint-Joseph, et la ligne du haut (pointillée) montre la concentration qui ne devrait pas être dépassée selon le critère du MDDEP pour les lacs oligotrophes (**cependant, voir le texte**).



4.32- Chlorophylle *a*

La chlorophylle *a* est un pigment photosynthétique retrouvé dans la majorité des plantes terrestres et aquatiques, ainsi que dans les algues microscopiques qui composent le phytoplancton des eaux douces et salées. Pour cette raison, la chlorophylle *a* constitue un bon indicateur du degré de fertilité des eaux. Puisque dans les eaux douces, la croissance des algues microscopique est souvent limitée par la disponibilité du phosphore, ces deux variables sont généralement corrélées.

Tout comme pour le P total, la figure 10 montre un enrichissement clair (augmentation de 37 %) en chlorophylle *a* entre les lacs Saint-Joseph et Sainte-Marie. Un tel enrichissement témoigne d'une augmentation de la productivité biologique, au moins aux deux premières stations du lac Sainte-Marie. Tout comme dans le cas du P total, une diminution de concentration est observée de l'amont vers l'aval, à partir du 2^e bassin. Cette diminution s'explique par la sédimentation des algues planctoniques lors du passage de l'eau de l'amont vers l'aval.

La production et la sédimentation élevées d'algues planctoniques aux stations 1 et 2 du lac Sainte-Marie provoque à son tour une demande biologique d'oxygène anormalement élevée et impropre à la vie dans les eaux profondes du lac (Figure 11). À ces stations, la présence de minima prononcés d'oxygène dissous entre 5 et 6 mètres durant les mois d'août et septembre, dû à l'accumulation d'algues en décomposition, est symptomatique d'un enrichissement anormal (eutrophisation) du lac.

Figure 10. Concentrations moyennes de chlorophylle *a* observées entre mai 2004 et mai 2005 dans les lacs Saint-Joseph, Sainte-Marie et Théodore.

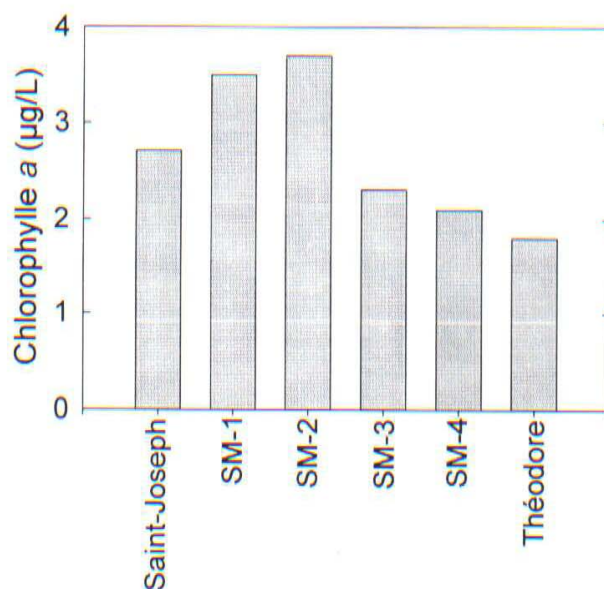
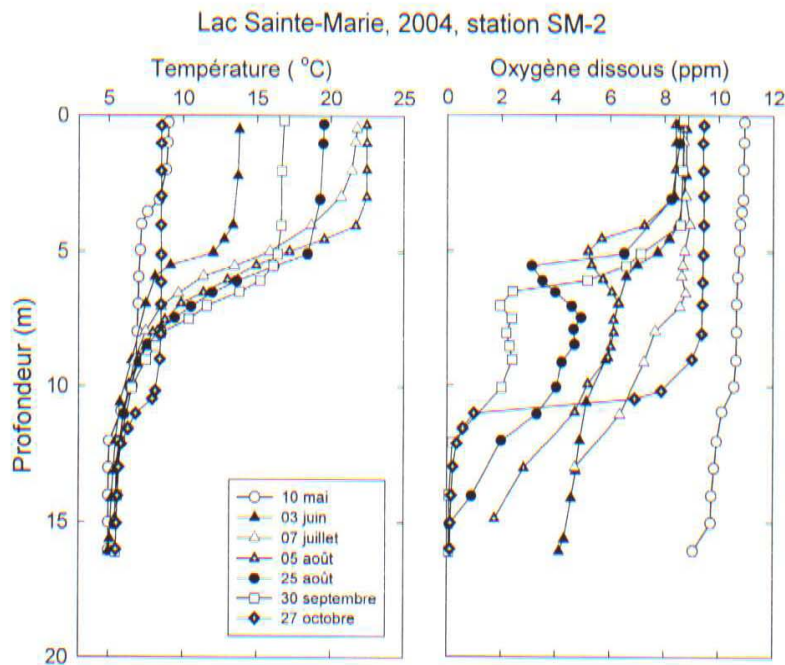


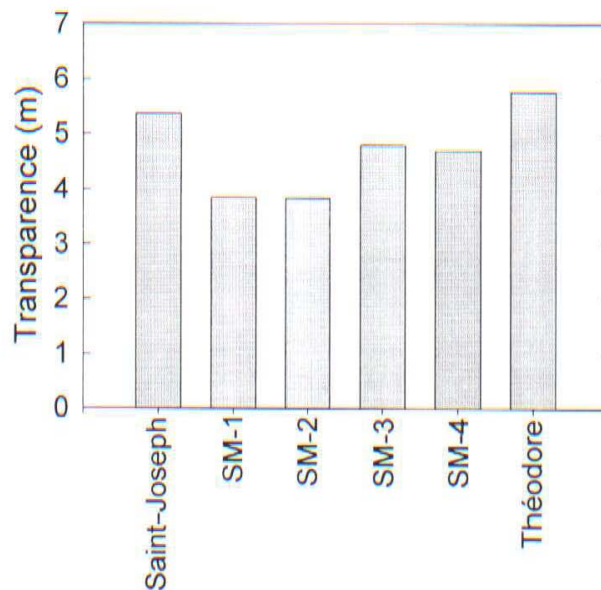
Figure 11. Profils de température et d'oxygène dissous dans la colonne d'eau du lac Sainte-Marie, station 2. Noter la présence de minima en oxygène dissous entre 5 et 6 mètres en août et septembre, et l'apparition de l'anoxie dans les couches profondes (11 à 17 mètres) à partir du mois de septembre.



4.33- Transparence des eaux

Les deux premières stations du lac Sainte-Marie montrent une diminution de 28 % de la transparence par rapport au lac Saint-Joseph. Cette diminution est attribuable à l'abondance accrue des algues planctoniques à ces stations et vient confirmer l'impact indésirable de l'effluent de l'usine d'épuration.

Figure 12. Transparence moyenne des eaux observée entre mai 2004 et mai 2005 dans les lacs Saint-Joseph, Sainte-Marie et Théodore.



5- Conclusions

- 5.1- Un suivi quotidien du débit et des concentrations entrantes et sortantes de phosphore total à l'usine d'épuration révèle qu'entre le 1^{er} mai 2004 et le 30 avril 2005, l'usine a rejeté environ 106 kg de phosphore au lac Sainte-Marie.
- 5.2- Le rejet de l'usine d'épuration représente environ 21 % de la charge totale du lac Sainte-Marie en phosphore, estimée à 498 kg/an en 2004-2005.
- 5.3- Dans la partie amont du lac Sainte-Marie, les indicateurs d'eutrophisation (fertilité excessive) tels le phosphore total et la chlorophylle *a* montrent une augmentation (22 % à 39%) qui ne peut s'expliquer que par la présence d'une source anormale de phosphore. Ces augmentations sont accompagnées d'une diminution de la transparence (28 %) et par l'apparition de l'anoxie en eaux profondes.
- 5.4- Le critère de qualité des eaux du MDDEP pour les lacs oligotrophes est difficilement applicable car la concentration naturelle en phosphore du lac Sainte-Marie est inconnue. En supposant que cette concentration soit égale à la concentration moyenne observée au lac Saint-Joseph, la concentration actuellement observée au lac Sainte-Marie s'approcherait dangereusement de la limite préconisée par le MDDEP, ce qui ne laisse aucune marge permettant d'augmenter le nombre de résidences desservies par l'usine sans y apporter des améliorations technologiques majeures.

Références

- American Public Health Association 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 1,220 p.
- Dillon, P.J. et L. A. Molot. 1996. Long-term phosphorus budgets and an examination of a steady-state mass balance model for Central Ontario lakes. *Water Research* 30: 2273-2280.
- Sartory, D.P. et J.U. Grobelaar. 1984. Extraction of chlorophyll a from freshwater phytoplankton for spectrophotometric analysis. *Hydrobiologia* 114: 177-187.