

# Bilan du phosphore dans une pisciculture ouverte de salmonidés et traitement des effluents par une plantation de saules et peupliers

## Résumé

Dans un contexte où l'on met en place de nouvelles normes environnementales, il importe de comprendre la dynamique du phosphore dans les piscicultures du Québec. La présente étude a été réalisée principalement dans une pisciculture type de taille moyenne située à Chartierville, en Estrie. Cette pisciculture où l'on produit annuellement environ 30 tonnes d'ombles de fontaine, compte un total de 13 bassins distincts. Les opérations de la pisciculture se sont poursuivies normalement de manière à documenter les effets de toutes les étapes de production telles qu'elles se déroulent habituellement. Les données de répartition spatiale des bassins et des différentes sources d'alimentation en eau nous permettent de caractériser divers environnements de production tout en demeurant sur un même site. Par contre, la caractérisation dynamique des flux dans un système comportant 13 réservoirs interconnectés représente un défi technique et scientifique de taille. Boucler le bilan de masse annuel pour le phosphore exige une densité et une fréquence d'échantillonnage qui dépassent ce qui avait été réalisé jusqu'à maintenant (Ouellet 1998). Ces efforts d'échantillonnage visent à quantifier en détail l'ensemble des processus tout en estimant la variabilité spatiale et temporelle dans le cycle du phosphore. Bien que la géométrie complexe de la pisciculture à l'étude soit unique, ce type de géométrie à connexions multiples entre bassins est commun dans l'industrie. On le considère donc comme typique et représentatif de ce que l'on retrouve chez plusieurs producteurs. Des aérateurs sont installés dans tous les bassins où sont élevés des poissons afin d'apporter de l'oxygène dans l'eau. Cet apport artificiel d'oxygène dissous modifie la chimie de l'eau des bassins qui ne ressemble donc pas à celle que l'on trouverait dans des bassins naturels. En outre, l'importance des phénomènes d'oxydoréduction dans la colonne d'eau est ainsi grandement diminuée. Notre but est d'établir un bilan massique du phosphore et de quantifier la dynamique du phosphore dans des étangs individuels.

L'approche utilisée nous a permis de quantifier le cycle du phosphore pour l'ensemble de la pisciculture et pour trois étangs représentatifs. La stratégie d'échantillonnage a été développée dans le but d'obtenir le plus d'informations possibles sur les intrants et les extrants de la pisciculture, autant par les cours d'eau, la moulée, les poissons et les sédiments. Nous avons concentré nos efforts à réaliser un suivi des débits d'eau et du régime pluviométrique sur le site et nous avons recueilli des échantillons d'eau dans les différentes entrées et sorties d'eau et dans les étangs à toutes les trois semaines durant la période de production. Au total nous avons fait plus d'une trentaine de visites pour prélever des échantillons et nous avons recueilli et analysé plus d'un millier d'échantillons d'eau distincts et dans la majorité des cas, les analyses ont été effectuées sur une vingtaine de variables.

Nous avons procédé à l'échantillonnage durant un événement de pluie intense. Au printemps 2005, nous avons aussi fait un suivi détaillé de la qualité de l'eau qui entre dans la pisciculture dans le but de confirmer si le pic de phosphore observé au printemps 2004 se répéterait.

Durant l'étude, nous avons caractérisé la teneur en phosphore des intrants (moulée et affluents) et des extrants (fumier, poisson et effluent), les flux en eau dans le système (transferts entre bassins), les flux en eau à l'entrée (eaux de surface et eaux souterraines) et les flux en eau à la sortie de la pisciculture. L'ensemble de ces données nous a permis d'obtenir un bilan massique exceptionnel du phosphore pour la pisciculture étudiée et d'identifier certains paramètres sensibles qui pourraient permettre d'améliorer les performances environnementales des piscicultures. Dans le cas actuel, il appert que la vidange et la récupération de fumier est un pool de phosphore important qui mérite plus d'attention. C'est donc, pour le moment, le moyen le plus simple que nous avons identifié pour réduire les rejets de phosphore dans l'environnement.

Au début du projet, les rares données qui étaient disponibles montraient un déficit de l'ordre de 50% entre la quantité de phosphore qui entrait dans le système par la moulée et la quantité rejetée et on n'arrivait donc pas à bien cerner le devenir environnemental du phosphore entrant dans la pisciculture (Ouellet 1998).

Nous avons examiné le comportement détaillé dans le temps et dans l'espace du phosphore et de ses différentes formes ainsi que de plusieurs variables physico-chimiques. Cet exercice a permis de prendre en compte tous les aspects physiques et de gestion piscicole. Le bilan que nous avons établi montre que notre estimation des extrants surpasse celle des intrants de 8.6 %. Ceci peut être dû à des sources de P que nous n'avons pu mesurer et que nous avons considéré comme négligeables (e.g. eaux souterraines, eaux de pluie, dépôts atmosphériques) ou à un biais introduit par les échantillonnages ponctuels systématiquement autour de midi. Il n'en demeure pas moins que nos résultats présentent un bilan acceptable et qu'ils donnent une vue unique sur une pisciculture en étangs ouverts. Établir un bilan complet dans de telles entreprises qui montrent des configurations diverses et complexes est un défi de taille. Nos résultats font aussi ressortir le rôle des variations saisonnières et des événements intenses de pluie sur le comportement du P et des autres variables physico-chimiques. La concentration en matières en suspension semble aussi jouer un rôle important. Notre étude apporte aussi de nombreuses suggestions méthodologiques, notamment dans l'obtention de données sur les sédiments et le fumier et sur le fractionnement du P.

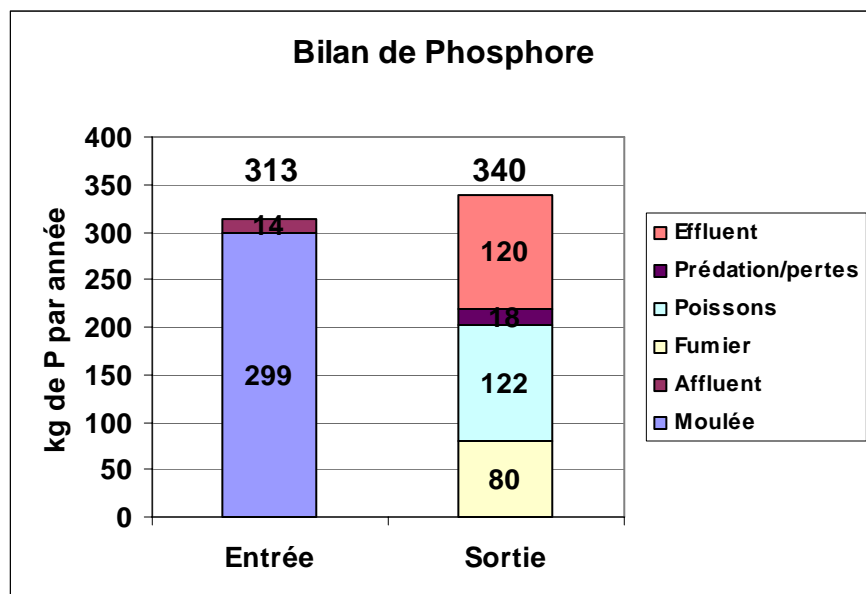


Figure 1. Bilan comparatif des pools de phosphore dans la pisciculture étudiée – reproduit de Sauvé et al. 2007.

Par contre, on voit bien à la Figure 1 que la somme des extrants mesurée sur le site (340 kg P/an) dépasse la somme des intrants (313 kg P/an). Les apports de P que nous n'avons pas considérés et que nous avons jugé comme négligeables incluent l'eau des sources résurgentes à l'intérieur des bassins ainsi que les dépôts atmosphériques sous forme de pluie et de poussières. Un apport significatif par la chute des feuilles semble improbable sur le site à l'étude. L'écart entre les intrants et les extrants est donc relativement raisonnable considérant que les données précédentes montraient des écarts allant jusqu'à 50% et que dans notre cas, la somme des intrants représentent 92% de la somme des extrants. Le bilan semble donc assez bien bouclé même s'il demeure pertinent de s'interroger sur les raisons de cet écart. Une des raisons possible pour justifier cet écart serait un biais lié à un échantillonnage ponctuel pris lors de la visite sur le terrain, habituellement autour de midi – au lieu d'un échantillonnage composite d'échantillons pris aux heures pendant 24 heures.

Dans les faits, il est important de noter que globalement la pisciculture Pierre Vézina respectait les normes environnementales proposées avec des rejets mesurés de l'ordre de 3.2 kg P par tonne de poissons produits. Une simulation statistique tentant de prédire l'influence des erreurs relatives des différentes mesures a montré les chances que nos erreurs analytiques indiquent faussement que le rendement est bon alors qu'il serait en réalité au-dessus du seuil fixé à 4.2 kg P/tonne de poissons produits sont quasiment nulles (<0.7%).

Parmi les difficultés rencontrées lors de la réalisation du projet, Il est important de noter que l'effort logistique requis pour un suivi aussi intense des débits dans une pisciculture est énorme et que beaucoup de visites sur le terrain, un entretien pénible des débitmètres et un traitement de données assez lourd sont requis pour éliminer les valeurs nulles et/ou aberrantes des débitmètres. Une répétition de cette expérience serait ardue et dispendieuse.

Les sédiments/fumiers qui s'accumulent au fond des bassins représentent une masse significative de P, de beaucoup supérieure à ce qui était appréhendé avant le début du projet. Comme nos efforts de suivi ciblaient particulièrement l'eau, les efforts de recherche futurs devraient cibler plus particulièrement les fumiers pour répondre aux difficultés techniques spécifiques à la caractérisation des volumes de fumiers retirés, les densités de ces fumiers, leur composition et surtout bien caractériser leur variabilité intra et inter site. La masse de phosphore qu'on estime séquestrée dans les fumiers est particulièrement élevée et on ne peut écarter la possibilité d'une surestimation. Une autre série d'échantillonnage et d'analyses pour confirmer les données du phosphore séquestré dans les boues est prévue.

Une option de suivi environnemental original utilisant des gels diffusifs en couches minces (*Diffusive gradients in thin films*) a été utilisée. Cette option permet de faciliter grandement le suivi des concentrations environnementales de phosphore réactif dans les bassins de pisciculture, dans les effluents ou même dans n'importe quel cours d'eau. Cette approche a démontré une certaine difficulté causée par le développement de biofilms dans les effluents de pisciculture assez riches et propices à la croissance d'algues mais nous avons surmonté ce problème en modifiant le gel pour l'induire de métaux toxiques aux algues (cuivre et argent), réduisant ainsi la croissance algale et l'impact des biofilms (Pichette et al 2007).

Le deuxième volet de notre projet consistait à évaluer la pertinence d'un mode de traitement de l'eau basé sur une filtration par une plantation d'arbre à croissance rapide (des saules et des peupliers). Une section de terrain a été subdivisée en parcelles plantées avec des saules et des peupliers. Différents tests avec des conditions contrôlées en serre ont été effectués pour évaluer le potentiel d'enlèvement de phosphore par les arbres pour le phosphore présent dans des effluents. La chimie des effluents a été reproduite pour bien cerner le potentiel des arbres dans des conditions raisonnables pour les effluents piscicoles.

Même si les quantités de phosphore rejetées peuvent être problématiques pour les cours d'eau, les concentrations demeurent très faibles et sont à peine suffisantes pour assurer une bonne croissance des arbres, nous avons donc effectués des tests avec des inoculations mycorhiziennes susceptibles d'augmenter la capacité de captation de phosphore des systèmes racinaires des arbres.

La plantation de saules et peupliers sur le terrain va bien et nous prévoyons compléter l'évaluation initiale faite avec des arbres immatures avec une évaluation des arbres qui auront quatre ans au début de l'été 2008. Les travaux initiaux en serre et les modèles théoriques suggèrent que les saules offriraient de meilleures performances que les peupliers pour l'épuration d'eaux usées riches en azote et phosphore, par contre, sur le terrain, les peupliers semblent être plus performants.

Référence :

- Ouellet G. 1998. Caractérisation des effluents de stations piscicoles québécoises. Document de travail- Agriculture, Pêcheries et Alimentation - Québec. 38p.
- Pichette C, Zhang H, Davison W, Sauvé S\*. 2007. Preventing biofilm development on DGT devices using metals and antibiotics. *Talanta* 72: 716-722.
- Sauvé S, Donisa C, Roy AG, Courchesne F, Boyer C, Turmel M-C, François M. 2007. Caractérisation de la dynamique du phosphore dans une pisciculture de salmonidés en étangs. Université de Montréal. Rapport final pour : Pisciculture Pierre Vézina et la Société de recherche et développement en aquaculture continentale (SORDAC). Février 2007. 144 p.

Autres publications issues du projet :

- Fillion M, Brisson J, Teodorescu TI, Sauvé S, Labrecque M\*. 2009. Performance of *Salix viminalis* and *Populus nigra* x *P. maximowiczii* in short rotation culture under high irrigation. *Biomass and Bioenergy* (sous presse Janvier 2009).
- Pichette C, Zhang H, Sauvé S\*. 2009. Using diffusive gradients in thin-films for in situ monitoring of phosphorus emissions from freshwater aquaculture. *Aquaculture* 286:198-202. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.09.025>

Publications en préparation à finaliser :

- Fillion M, Brisson J, Labrecque M. Phosphorus retention efficiency of a poplar and two willows clones using arbuscular mycorrhizal fungi. Manuscrit en préparation pour *Biomass and Bioenergy*
- Sauvé S, Roy AG, Courchesne F, Boyer C, Turmel M-C, François M, Donisa C. Phosphorus mass balance in a freshwater salmonid farm. Manuscrit en préparation pour *Aquaculture*.
- Sauvé S, Roy AG, Courchesne F, Boyer C, Turmel M-C, François M, Donisa C. Seasonal variations in the chemical fractionation of phosphorus in a freshwater salmonid farm. Manuscrit en préparation pour *Aquaculture*.