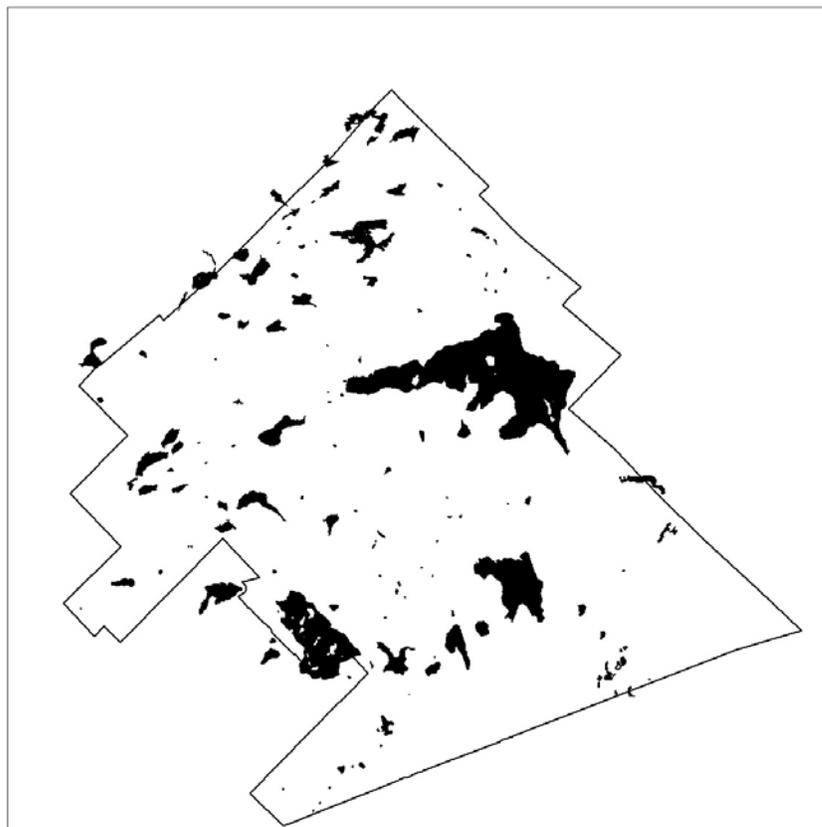


**État des lacs de la Municipalité de Saint-Hippolyte  
et de deux lacs de la Municipalité de Prévost  
en 2001 et 2002**

par

**Richard Carignan  
Hendrik Van Leeuwen et  
Cathy Crago**



**Station de biologie des Laurentides  
Université de Montréal  
juin 2003**

## Sommaire

Ce document rassemble et interprète les observations recueillies entre mai 2001 et août 2002 dans 16 lacs et 20 ruisseaux des municipalités de Saint-Hippolyte et de Prévost. Il a pour objectifs 1) d'établir un carnet de bord des lacs, carnet qui servira de référence aux observations futures, 2) d'identifier et de comprendre les sources de phosphore, de carbone organique et de sédiments dans un bassin versant, 3) d'établir le budget en phosphore des principaux lacs, et 4) d'émettre des recommandations visant la saine gestion des lacs et de leurs bassins versants.

Les résultats sont précédés de quelques notions élémentaires expliquant le rôle de certaines propriétés déterminantes de la qualité du milieu aquatique, soient la disponibilité du phosphore, la teneur en carbone organique, la transparence de l'eau et le degré d'oxygénation de la colonne d'eau.

Les résultats comprennent deux parties principales. Dans un premier temps, les conditions actuelles des lacs sont décrites. Il y est montré que certains lacs souffrent d'un excès en phosphore. Trois facteurs principaux régissent la fertilité et la transparence de l'eau des lacs de la région; ces facteurs sont le temps de séjour de l'eau, le degré de perturbation du bassin versant par l'homme, et la présence de milieux humides dans le bassin versant. Le degré d'oxygénation des eaux profondes est, quant à lui, influencé non seulement par la fertilité des eaux, mais dépend surtout de la nature occasionnelle et incomplète du brassage printanier des eaux. En conséquence, la majorité des lacs deviennent anoxiques en profondeur, même ceux caractérisés par une productivité biologique très faible.

En deuxième partie, les résultats d'un suivi du réseau hydrologique du bassin versant du lac Connelly sont exploités dans le but de déterminer les coefficients d'exportation de phosphore et de sédiments propres aux principales unités du paysage et aux habitations. Le rôle important des milieux humides, en particulier des forêts récemment inondées par le castor, est mis en évidence. Les coefficients d'exportation sont ensuite utilisés afin de dresser, pour chaque lac, une fiche individuelle des sources en phosphore, ceci afin d'orienter leur gestion future. Des recommandations concernant la gestion des lacs en général ou en particulier sont finalement émises.

Les données de base ainsi que d'autres informations complémentaires, dont la délimitation des bassins versants, la bathymétrie et les photographies aériennes de chaque lac, accompagnent le rapport sous forme de fichiers joints.

## Contenu

- 1- [Introduction](#)
- 2- [Objectifs](#)
  - 2.1- Créer un carnet de bord des lacs
  - 2.2- Établir la charge en phosphore provenant des résidences et identifier les sources de phosphore dans un bassin versant représentatif
  - 2.3- Établir le budget en phosphore des principaux lacs
  - 2.4- Émettre des recommandations visant une saine gestion des lacs
- 3- [Quelques notions de base](#)
  - 3.1- Le rôle du phosphore et de l'azote dans les lacs
  - 3.2- Les sources de phosphore dans les lacs
  - 3.3- La transparence de l'eau
  - 3.4- L'oxygène dissous : mythes et réalité
- 4- [Méthodes](#)
  - 4.1- Suivi des lacs
  - 4.2- Transport du phosphore, du carbone organique et des matières en suspension dans le bassin versant du lac Connelly
  - 4.3- Levés bathymétriques
  - 4.4- Données morphométriques et physiographiques
- 5- [Résultats](#) : État des lacs en 2001 et 2002
  - 5.1- Le [phosphore](#)
  - 5.2- La [transparence](#) des eaux et le carbone organique dissous
  - 5.3- L'[oxygène](#) dissous
  - 5.4- Mobilisation et transport du phosphore dans le bassin versant du lac Connelly et détermination des [coefficients](#) d'exportation associés aux habitations, aux milieux humides et à la forêt.
    - 5.41- Sélection du coefficient d'exportation de phosphore spécifique à la [forêt](#)
    - 5.42- Sélection du coefficient d'exportation de phosphore spécifique aux [milieux humides](#)
    - 5.43- Détermination du coefficient d'exportation spécifique aux [résidences](#)
    - 5.44- [Calcul](#) des apports en phosphore pour chaque lac
  - 5.5- [L'érosion](#) : mobilisation et transport des matières en suspension dans le bassin versant du lac Connelly
- 6- Conclusions et [recommandations](#)
- 7- [Glossaire](#)

## Annexes

[Annexe 1.](#) Carte d'ensemble des bassins versants des 16 lacs.

[Annexe 2.](#) Évolution saisonnière de la concentration en phosphore total, en carbone organique dissous et de la transparence dans les 16 lacs en 2001 et 2002: de l'[Achigan](#), [Bleu](#), en [Cœur](#), [Connelly](#), [Cornu](#), [Croche](#), [Écho](#), [Fournelle](#), [Gordon](#), [Montaubois](#), [Morency](#), à l'[Ours](#), [Pin Rouge](#), [Renaud](#), [René](#) et [Tracy](#).

[Annexe 3.](#) Évolution saisonnière des profils de température et d'oxygène dissous dans les 16 lacs : de l'[Achigan](#), [Bleu](#), en [Cœur](#), [Connelly](#), [Cornu](#), [Croche](#), [Écho](#), [Fournelle](#), [Gordon](#), [Montaubois](#), [Morency](#), à l'[Ours](#), [Pin Rouge](#), [Renaud](#), [René](#) et [Tracy](#).

[Annexe 4.](#) Localisation, sur la carte topographique, des stations de prélèvement dans le bassin versant du lac Connelly.

[Annexe 5.](#) Limites et réseau hydrographique du bassin versant du lac Connelly superposées à la mosaïque de photographies aériennes.

[Annexe 6.](#) Carte de l'exportation du phosphore et des matières en suspension (sédiments) par les sous-bassins versants du lac Connelly.

[Annexe 7.](#) Détails du sous bassin-versant défini par les points de prélèvement 12 et 17, et ayant servi à la détermination du coefficient d'exportation par les résidences.

[Annexe 8.](#) Carte de l'érosion dans le bassin versant du lac Connelly.

[Annexe 9.](#) Budgets individuels en phosphore pour les 16 lacs : de l'[Achigan](#), [Bleu](#), en [Cœur](#), [Connelly](#), [Cornu](#), [Croche](#), [Écho](#), [Fournelle](#), [Gordon](#), [Montaubois](#), [Morency](#), à l'[Ours](#), [Pin Rouge](#), [Renaud](#), [René](#) et [Tracy](#).

### **Données de base et informations complémentaires accompagnant le rapport et trouvées sur le disque compact**

- Cartes des bassins versants (format JPEG)
- Cartes bathymétriques (format JPEG)
- Photographies aériennes de 33 lacs de la région (format JPEG)
- Données morphométriques des lacs et de leurs bassins versants (fichier EXCEL)
- Données chimiques des lacs (fichiers EXCEL)
- Données d'oxygène et de température (fichiers EXCEL)
- Données chimiques des ruisseaux (fichiers EXCEL)

## 1- INTRODUCTION

### 1.1- Historique du projet

Les lacs, les étangs et les ruisseaux de la Municipalité de Saint-Hippolyte et d'ailleurs représentent un patrimoine écologique et économique qui doit être préservé pour les générations futures. Cependant, l'intégrité de ces milieux pourrait être menacée, à long terme, par des pratiques et des aménagements incompatibles avec la préservation des milieux aquatiques. Suite à une demande du Conseil municipal de Saint-Hippolyte, la Station de biologie des Laurentides (SBL) a entrepris, à l'été 2000, la visite de plusieurs plans d'eau dans le but d'évaluer leur état actuel et d'émettre des recommandations quant aux moyens qui devraient être entrepris afin d'assurer l'amélioration ou le maintien de la qualité de ces milieux.

Treize lacs de la Municipalité furent initialement visités entre les mois de juillet et octobre 2000. Dans la majorité des cas, des riverains furent rencontrés afin de connaître leurs impressions quant aux changements survenus dans ces lacs au cours des 20 dernières années. Selon la perception des riverains, plusieurs lacs de la municipalité ont connu une détérioration progressive depuis les 5 à 20 dernières années. Dans la majorité des cas, cette détérioration s'est manifestée par une augmentation progressive des [plantes aquatiques](#) et des [algues](#) attachées aux substrats solides (roches, bois, plantes aquatiques). De tels changements sont habituellement attribuables à l'augmentation des apports en azote et en phosphore.

#### **Lac De l'Achigan**

- Augmentation des plantes aquatiques littorales (*Eriocaulon*)
- Apparition du [myriophylle à épi](#) (*Myriophyllum spicatum*) depuis environ 1995 ([photo 1](#)). Cette plante atteint des abondances nuisibles à quelques endroits peu profonds du lac.
- Augmentation marquée du biofilm ([photo 2](#)) sur les roches; ce mélange d'algues microscopiques et de [bactéries](#) atteint maintenant jusqu'à un centimètre d'épaisseur à certains endroits.

#### **Lac Bleu**

- Augmentation des plantes littorales émergentes.

#### **Lac Connelly**

- Invasion importante par le myriophylle à épi depuis environ 1995 causant des pertes d'usage du plan d'eau.

#### **Lac Cornu**

- Aucun changement remarqué.

### **Lac Écho**

- Remplacement probable des espèces indigènes de plantes aquatiques telles le *Potamogeton natans*, *P. epihydrus* et *P. Okaesianus* par une autre plante indigène agressive : le potamot à larges feuilles (*Potamogeton amplifolius*) qui est maintenant très abondant et cause la perte de certains usages du lac.
- Apparition du [myriophylle à épi](#) dans la partie nord du lac depuis un nombre d'années indéterminé. Sa progression semble toutefois être ralentie par la présence d'un compétiteur bien établi, le potamot à larges feuilles. La progression du myriophylle dans le lac Écho devrait être surveillée car en raison de la faible profondeur de ce lac, cette plante pourrait éventuellement couvrir presque toute la surface du lac, causant ainsi des pertes d'usages supplémentaires.

### **Lac en Cœur**

- Augmentation d'une espèce de plante aquatique indigène, la brasénie (*Brasenia Schreberi*, [photo 3](#)) dans les endroits peu profonds.

### **Lac Gordon**

- Augmentation d'une espèce de plante aquatique indigène, mais quelquefois nuisible : le potamot à larges feuilles (*Potamogeton amplifolius*).

### **Lacs Montaubois et Tracy**

- Légère augmentation du biofilm sur les roches.

### **Lac Morency**

- Augmentation marquée d'une espèce de plante aquatique indigène, la brasénie (*Brasenia Schreberi*, [photo 3](#)) dans les baies peu profondes.
- Colmatage des systèmes domestiques de filtration d'eau.

### **Lac Pin Rouge**

- Augmentation des plantes indigènes (nymphéa et brasénie).

## **2- OBJECTIFS**

Selon les riverains, plusieurs des lacs de la municipalité de Saint-Hippolyte semblent avoir changé au cours des dernières décennies. De façon générale, une augmentation de l'abondance des plantes aquatiques a été notée. Cette augmentation a été subtile dans certains cas (lacs **En Cœur**, **Morency**, **Montaubois**, **Tracy**), et marquée dans d'autres cas (lacs **Connelly**, **Écho**, **Gordon**). Les travaux décrits dans le présent rapport ont donc été entrepris dans le souci de comprendre les sources de problèmes et, éventuellement, d'améliorer la qualité des lacs. Les principaux objectifs étaient de:

**Objectif 1 - Créer un «carnet de bord » des lacs.** Nous n'avons qu'une idée imprécise de l'évolution de la santé des lacs de la Municipalité depuis les dernières décennies. Quelques indices suggèrent que certains lacs se seraient dégradés. Cependant, sans bien connaître l'état actuel et l'évolution de ces lacs, il est difficile de mettre sur pied des mesures éclairées visant leur protection. Seul un suivi à long terme de leur état pourra permettre de détecter leur détérioration ou leur amélioration et d'adopter, s'il y a lieu, des mesures

correctrices. Certains changements peuvent être dus non pas à une mauvaise gestion des lacs, mais plutôt à des variations climatiques ou à d'autres causes naturelles mal comprises. Dans un tel suivi, l'inclusion de lacs vierges servant de contrôles permettra de distinguer les causes (naturelles ou humaines) des changements observés. Un tel carnet de bord devrait contenir, au minimum, les informations suivantes:

- Mesures mensuelles de la concentration en oxygène entre les mois de mai et août.
- Mesures de la concentration en phosphore en surface au printemps, en été et en automne.
- Mesures mensuelles de la transparence des eaux ([disque de Secchi](#)).
- Mesures des coliformes fécaux à quelques reprises durant l'été.

**Objectif 2 - Établir la charge en phosphore provenant des résidences et identifier les autres sources de phosphore dans un bassin versant représentatif.** Les installations septiques et les engrais domestiques sont des sources importantes de [phosphore](#) pour les lacs. Cependant, ceci ne veut pas dire que tout le phosphore rejeté dans les installations septiques ou appliqué aux jardins et pelouses parvient jusqu'aux lacs. Une partie de ce phosphore peut être enlevée sous forme solide lors de la vidange des fosses, et une partie peut être retenue indéfiniment par les sols. Or, l'efficacité des installations septiques à retenir le phosphore n'a jamais été évaluée en contexte laurentidien. La connaissance de la charge moyenne en phosphore émise par les résidences permettrait d'augmenter le réalisme des budgets en phosphore et d'identifier avec plus de précision les principales sources de phosphore parvenant aux lacs. Il est généralement très difficile d'évaluer, sur le terrain, l'efficacité de rétention du phosphore par les installations septiques et les sols. De plus, de telles études sont très coûteuses. Cependant, sur le territoire de la Municipalité, une situation « naturelle » se prête idéalement à un tel exercice. Avant d'arriver au lac **Connelly**, son tributaire principal traverse plusieurs propriétés (entre les 104<sup>e</sup> et 115<sup>e</sup> avenues) pour lesquelles il est possible d'estimer la contribution collective aux apports en phosphore en effectuant des mesures de concentration et de débit en amont et en aval de ce groupe d'habitations.

**Objectif 3 - Établir le budget en phosphore des lacs.** Dans les lacs de nos régions, ce sont principalement les apports en phosphore qui contrôlent la productivité des algues et des plantes aquatiques. La première étape logique d'un programme visant à maintenir ou à améliorer la qualité des lacs consiste donc à identifier et à mesurer les principales sources naturelles et humaines de phosphore parvenant à ces lacs. Ceci permet d'identifier quelles sont les sources les plus importantes et quelles sont celles qui peuvent être contrôlées. Les budgets en phosphore des lacs peuvent être estimés en délimitant la limite des bassins versants des lacs, en dressant l'inventaire des unités de paysage qui composent ces bassins versants, et en connaissant les taux d'exportation de phosphore associés à chacune de ces unités ainsi qu'aux résidences. Puisque ces taux étaient inconnus pour les Laurentides (et ailleurs au Québec), ils ont été mesurés dans un bassin versant suffisamment grand pour être considéré comme étant représentatif de la région (le bassin versant du lac **Connelly**).

**Objectif 4 - Contrôler les plantes aquatiques nuisibles.** Trois lacs de la Municipalité de Saint-Hippolyte (**de l'Achigan, Connelly et Écho**) sont actuellement touchés par une

plante exotique nuisible, le [myriophylle à épi](#) (*Myriophyllum spicatum*). Deux lacs (**Écho, Gordon**) sont envahis par une espèce indigène agressive, le potamot à larges feuilles (*Potamogeton amplifolius*). Dans certains lacs peu profonds (**Renaud, Des Sources**), la croissance excessive des plantes durant l'été entraîne l'épuisement quasi-total de l'oxygène sous la glace en hiver et cause des mortalités de poisson. Ces plantes doivent probablement leur succès actuel à l'augmentation des apports en éléments nutritifs et en sédiments (envasement) dans certains lacs. Lorsque présentes en quantités abondantes, ces plantes dégradent la qualité esthétique du milieu et compromettent certains usages des lacs tels le ski nautique, la natation, la voile et la pêche. Pour ces raisons, des mesures devraient être entreprises afin de prévenir l'établissement de ces plantes dans d'autres lacs, de diminuer leur abondance dans les lacs où elles sont déjà présentes et, éventuellement, d'enrayer ce problème à la source. L'adoption de telles mesures demande, encore une fois, une connaissance préalable des apports en phosphore afin d'identifier les lacs pour lesquels une intervention serait appropriée.

## QUELQUES NOTIONS DE BASE

### 3.1- Le rôle du phosphore et de l'azote dans les lacs

L'azote et le [phosphore](#) sont des éléments nutritifs essentiels au développement et à la santé des organismes aquatiques. Comme l'excès en toute bonne chose peut devenir malsain, des apports trop grands en azote et en phosphore causent une dégradation de la qualité du milieu appelée « *eutrophisation* ». Cette dégradation se manifeste par un développement indésirable d'algues et de plantes aquatiques ([photo 4](#)), une diminution de la transparence des eaux, la perte de certaines espèces sensibles de poissons comme les salmonidés. De plus, un excès en phosphore peut causer l'apparition d'algues nuisibles et parfois toxiques 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 et commerciale, et compromettent aussi la qualité esthétique du milieu.

Généralement, le phosphore est l'élément nutritif *limitant* dans les lacs; ceci signifie que de toutes les substances dont les algues et les plantes ont besoin, le phosphore est celui qui est le plus rare par rapport à la demande. C'est donc l'élément qui contrôlera les quantités d'algues et de plantes qui pourront se développer. Bien que l'azote soit également un élément nutritif requis en grandes quantités par les algues et les plantes, ces dernières ont accès, par l'entremise de microorganismes fixateurs d'azote atmosphérique, à une source illimitée d'azote. Pour cette raison, les efforts de contrôle de l'eutrophisation des lacs doivent viser la réduction des sources de phosphore. Pour cette même raison, la concentration en phosphore total est souvent employée afin de caractériser les lacs selon leur degré de fertilité :

Les lacs oligotrophes. Ces lacs ont une concentrations en phosphore total ne dépassant pas 10 [microgrammes](#) par litre ( $\mu\text{g/litre}$ ). Leurs eaux sont généralement transparentes et on y trouve peu d'algues et de plantes aquatiques. Dans les Laurentides, les lacs vierges sont généralement oligotrophes; la concentration moyenne en phosphore total de ces lacs se situe autour de  $6 \mu\text{g/L}$ .

Les lacs mésotrophes. Ces lacs ont une concentration intermédiaire (10 à  $30 \mu\text{g/L}$ ) en phosphore total ([photo 5](#)). Les problèmes de croissance excessive de plantes et d'algues y sont fréquents. Leurs eaux profondes montrent généralement un appauvrissement anormal en oxygène, nuisant ainsi aux salmonidés.

Les lacs eutrophes. Rares dans les Laurentides, ces lacs montrent des concentrations en phosphore supérieures à  $30 \mu\text{g/L}$  ([photo 4](#)). Au Québec, l'eutrophie des lacs est essentiellement causée par des activités humaines (agriculture, pisciculture, effluents urbains et domestiques). La liste des problèmes associés aux lac eutrophes est longue; elle comprend la surabondance d'algues, l'odeur désagréable des eaux, les mortalité hivernales de poissons et la présence cyanotoxines causant un risque pour la santé humaine.

### 3.2- Les sources de phosphore dans les lacs de la Municipalité

Le phosphore trouvé dans les lacs peut provenir de plusieurs sources naturelles et humaines. Les principales sources naturelles sont :

- Les bassins versants. Les terres boisées perdent relativement peu de phosphore tandis que les milieux marécageux ou perturbés peuvent en exporter des quantités plus importantes vers les lacs.
- L'atmosphère. Une partie des apports naturels tombe directement sur le lac et provient l'atmosphère, sous forme de poussières, pollen, etc., entraînés par la pluie et la neige.
- L'altération des minéraux du sol. Ce mécanisme est généralement négligeable des les Laurentides mais peut devenir important selon la géologie locale.

Dans les lacs de la Municipalité, les principales sources humaines de phosphore sont :

- Les installations septiques. Même lorsqu'elles sont conformes, les installations septiques non-scellées peuvent perdre des quantités importantes de phosphore dans l'eau souterraine. Les éléments nutritifs issus des installations septiques peuvent alors migrer vers le lac, surtout lorsque les champs d'épuration sont situés sur des terrains pouvant devenir saturés en eau lors de la fonte printanière ou lors de pluies abondantes.
- Les détergents. De nos jours, la majorité des savons solides, liquides et détergents à lessive ne contiennent que très peu de phosphore et leur utilisation ne présente pas de risque d'eutrophisation. Par contre, les détergents à lave-vaisselle contiennent jusqu'à 7% de phosphore et peuvent devenir une source majeure de pollution dans les lacs. La liste ci-bas présente les teneurs en phosphore de quelques marques mesurées en mars 2002 au laboratoire de qualité des eaux de l'Université de Montréal. Ces résultats indiquent que les formules de type gel contiennent beaucoup moins de phosphore que les formules sèches. Cependant, une plus grande quantité de gel doit être utilisée; de plus, les gels ont une forte teneur en bases fortes (NaOH, KOH) qui favorisent la mobilité du phosphore dans les sols. Pour ces raisons l'utilisation de gels ne réduit pas nécessairement la pollution par le phosphore; provisoirement, les marques *Electra Sol* et *Sunlight* sont donc recommandées.

Marque	Teneur en P (%)
Palmolive Gel	1,53
Electra Sol	4,85
Sunlight	5,08
Calgonite	5,52
All	6,03
Cascade Plus	6,34
Sans nom	6,45
Sélection Mérite	7,28

- Les fertilisants domestiques. L'épandage de fertilisants et de mélanges de fertilisants et de pesticides sur les pelouses est incompatible avec la santé des lacs. Il sera montré plus loin que l'épandage annuel de seulement quelques sacs de fertilisants sur les pelouses ceinturant un petit lac peut doubler ou tripler les apports naturels à ce lac. Les fertilisants organiques, liquides, « écologiques » ou « biodégradables » ainsi que les composts sont également à éviter car ils ont exactement le même effet que les fertilisants chimiques. Les riverains doivent choisir entre une pelouse verte et fournie et un lac en santé.
- L'agriculture. Cette activité est limitée dans les Laurentides. Cependant, les terres agricoles exportent environ dix fois plus de phosphore vers les ruisseaux et les lacs que les forêts. Les petites exploitations agricoles peuvent donc influencer les apports en phosphore de certains lacs.
- Le déboisement et l'érosion. Les terres déboisées exportent environ deux fois plus de phosphore vers les ruisseaux et les lacs que les forêts. L'effet du déboisement sera encore plus important s'il est accompagné de mauvaises pratiques forestières causant l'érosion du sol. Dans les Laurentides, par ignorance ou par souci d'économie, les entrepreneurs forestiers ne respectent pas toujours les normes d'exploitation ([photo 6](#)) et causent ainsi un tort considérable aux ruisseaux et aux lacs récepteurs. Les fossés routiers mal conçus sont aussi une source importante de phosphore et de sédiments ([photo 7](#)) qui accélèrent l'envasement local du littoral et la croissance des plantes aquatiques.
- L'enneigement des terres. La décomposition de la couche organique du sol et de la végétation laissée en place suite à l'élévation artificielle du niveau de l'eau de certains lacs, tel le lac **Gordon**, ou encore suite à la création de lacs artificiels (lacs **des Sources** et **Renaud**) peut causer un apport important en phosphore si ces matériaux n'ont pas été enlevés avant la mise en eau. La lente décomposition de cette matière organique peut continuer à contribuer aux apports en phosphore et en azote pendant des décennies. Il sera montré plus loin que les forêts inondées par les castors peuvent aussi contribuer à augmenter substantiellement les apports en phosphore dans les ([photo 8](#)).

### 3.3- La transparence de l'eau

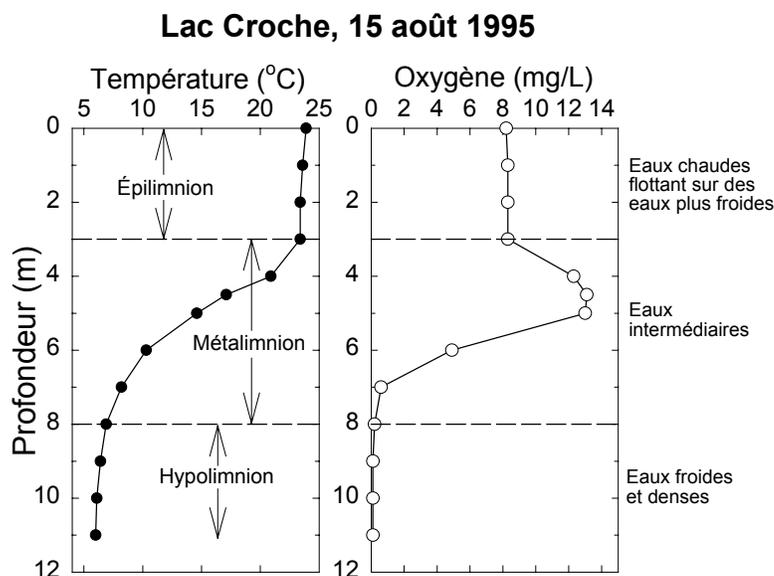
La transparence des eaux influence grandement la qualité esthétique d'un lac. Les eaux cristallines attirent les baigneurs et les amateurs d'apnée et de plongée sous-marine alors que les eaux troubles ou brunes peuvent être moins invitantes pour certains. Les lacs des Laurentides ont souvent une couleur brune marquée et une faible transparence en raison de la présence de matière humique dissoute ([photo 9](#)). Ces composés humiques sont naturels et proviennent surtout de la décomposition de la végétation des milieux humides (marécages, étangs de castors, tourbières) présents sur le bassin. C'est le cas, par exemple, des lacs **Pin Rouge** et **À l'Ours**. Secondairement, dans les lacs mésotrophes tels les lacs à **l'Ours** et **Beaver** ([photo 5](#)), une forte concentration en algues et autres organismes microscopiques suspendus dans l'eau peut contribuer à réduire encore davantage la transparence naturelle de l'eau.

### 3.4- L'oxygène dissous: mythes et réalité

Dans les lacs, une colonne d'eau bien oxygénée jusqu'au fond est un attribut désirable. Les poissons d'eaux froides comme les salmonidés tolèrent mal les concentrations en oxygène inférieures à environ 5 mg/L (milligramme par litre). Ceci ne veut pas dire que les salmonidés ne peuvent vivre dans les lacs ayant des eaux profondes anoxiques (dépourvues d'oxygène). Dans de tels lacs, cependant, le volume d'eau habitable par les salmonidés durant l'été sera restreint à une mince strate et le nombre de poissons pouvant y vivre (ou qu'on pourra y ensemercer) sera nécessairement réduit.

L'anoxie des eaux profondes n'est pas nécessairement due à la mauvaise gestion d'un lac. Par exemple, l'absence d'oxygène en été dans le lac **Croche** (**Figure 1**) est tout à fait naturelle. Ce phénomène s'explique de la façon suivante : en été, dans les régions tempérées, l'eau des lacs se stratifie en trois couches illustrées à la Figure 1. L'eau de tels lacs ne peut se charger complètement en oxygène qu'au printemps et en automne, lorsque la température de l'eau est froide et homogène. Durant la période de stratification estivale, les eaux froides, profondes et obscures (hypolimnion) sont isolées de l'atmosphère. Cette couche d'eau reçoit cependant une pluie continue de matière organique produite par la photosynthèse dans les couches éclairées et moins profondes du lac. La décomposition de cette matière organique par les [bactéries](#) appauvrit et épuise graduellement l'oxygène de l'hypolimnion. Si l'hypolimnion n'est pas très profond, comme au lac **Croche**, sa réserve d'oxygène très limitée sera vite consommée; la cause première de l'anoxie est alors essentiellement [morphométrique](#). Par contre, dans les lacs plus profonds et dont la réserve d'oxygène est beaucoup plus grande, tel le lac **de l'Achigan**, celui-ci ne s'épuisera pas complètement durant l'été. D'autres exemples de ce phénomène seront présentés plus loin.

**Figure 1.** Profils de température et d'oxygène au lac **Croche**, Station de biologie des Laurentides. En été, la colonne d'eau d'un lac se différencie en trois couches qui se distinguent par leur température : l'épilimnion, le métalimnion et l'hypolimnion. Ces couches ne se peuvent se mêler en raison de leur densités différentes.



Les principales causes de l'anoxie des eaux profondes sont :

- Une pollution excessive par les éléments nutritifs, surtout le phosphore.
- Un volume réduit des eaux profondes (exemple: le lac **Croche**); on parle alors d'[anoxie morphométrique](#).
- La faible emprise du vent à la surface des lacs de taille petite à intermédiaire protégés par des montagnes. Dans de tels lacs, il arrive souvent que la période de circulation printanière soit inexistante ou trop brève pour permettre au lac de se recharger adéquatement en oxygène. C'est le cas, par exemple, des lac **Tracy**, **Cornu** et d'autres petits lacs de la municipalité. Ce phénomène sera plus amplement documenté à la [section 5.3](#).
- Les apports naturels importants en matières humiques en provenance du bassin versant. Les lacs recevant beaucoup de matière organique de leur bassin versant peuvent montrer un appauvrissement marqué en oxygène dans l'hypolimnion.

Les causes de l'anoxie d'un lac peuvent être établies aisément en effectuant un suivi mensuel, au printemps et en été, de l'évolution de la concentration en oxygène de la colonne d'eau. Lorsque les causes de l'anoxie sont naturelles, l'oxygénation artificielle n'est pas recommandée.

## 4- MÉTHODES

### 4.1 Suivi des lacs

Les échantillons d'eau destinés au dosages du phosphore total (PT), du carbone organique dissous (COD) et des ions majeurs furent prélevés à un mètre de profondeur en triplicata au moyen d'une bouteille Van Dorn. Les échantillons furent maintenus à une température voisine de 4 °C pendant quelques heures jusqu'à leur filtration (membrane Gelman Supor 0,45µm pour le COD et les ions majeurs). Les analyses furent généralement effectuées dans un délai de 24 à 48 heures au laboratoire de qualité des eaux de l'Université de Montréal (UdeM). Le phosphore total fut mesuré par la méthode du bleu de molybdène après digestion à 120 °C en présence de persulfate de potassium. Les lots d'échantillons destinés au dosage du PT étaient systématiquement accompagnés de contrôles certifiés dont la concentration nominale se situait entre 25 et 60 µg/litre (TP78-3 et TP80-3, fournis par le Centre canadien des eaux intérieures, Environnement Canada, Burlington, Ont.). Les différences entre les valeurs observées et les valeurs certifiées n'ont jamais dépassé 5%. Au seuil de 20 µg/litre, le coefficient de variation moyen des échantillons mesurés en triplicata était de 5%. Le COD fut mesuré au moyen d'un analyseur Shimadzu TOC5000. Les ions majeurs ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) furent dosés par chromatographie ionique (Dionex DX500) selon les méthodes proposées par le fabricant.

Les profils d'oxygène dissous et de température ont été mesurés en 2001 au moyen d'une sonde polarographique YSI modèle 58 munie d'un agitateur et calibrée dans de l'air saturé de vapeur d'eau, après correction pour la pression barométrique locale mesurée durant la calibration. À partir de juin 2002, la température, l'oxygène dissous, le pH et la conductivité furent mesurés au moyen d'une multi-sonde YSI 650MDS (température, pH, conductivité et oxygène en polarographie pulsée) calibrée dans de l'air saturé de vapeur d'eau ou dans des solutions-étalon appropriées. La transparence fut mesurée au moyen d'un [disque de Secchi](#) de 20 cm de diamètre.

### 4.2 Transport du phosphore et des matières en suspension dans le bassin versant du lac Connelly

Dans le but de mesurer et de comprendre l'exportation de phosphore par les différentes unités de paysage de la Municipalité, le réseau hydrographique du bassin versant du lac **Connelly** fut échantillonné à 20 points et à 24 reprises entre le 1<sup>er</sup> mai 2001 et le 1<sup>er</sup> mai 2002. Les ruisseaux, identifiés à l'[Annexe 4](#), furent échantillonnés avec une fréquence approximativement proportionnelle au débit. À chaque station, les échantillons furent prélevés en triplicata. Les apports annuels en P total (PT), particulaire (PP), dissous (PTD) et en matières en suspension (MES) provenant des sous-bassins versants ont été estimés en combinant les mesures de concentration dans les tributaires aux valeurs d'écoulement spécifique (litre/km<sup>2</sup>/seconde) mesurées au seuil jaugeur ([photo 17](#)) de la Station de biologie des Laurentides, situé à l'exutoire du lac **Croche**, à 10 kilomètres du lac **Connelly**. Les débits quotidiens, estimés selon la superficie des bassins drainés par

chaque tributaire, furent multipliés par les concentrations quotidiennes en P telles qu'estimées par interpolation linéaire entre les dates de prélèvement. Le phosphore fut mesuré tel qu'en 4.1 et les MES furent déterminées par gravimétrie après filtration (un litre) sur des filtres Whatman GF/C pré-pesés.

### **4.3 Levés bathymétriques**

Les données bathymétriques ont été acquises (environ 5 000 points par lac) entre septembre 2000 et octobre 2002 (mai 2003 pour le lac René) au moyen d'un échosondeur Datamarine relié à un DGPS Trimble AGPS130 ayant une précision de positionnement généralement supérieure à un mètre. Les logiciels MapInfo/VerticalMapper ont été utilisés pour produire un modèle d'élévation numérique, après maillage triangulaire et interpolation linéaire des profondeurs. Le volume des lacs, nécessaire à l'estimation du temps de séjour de l'eau, a été calculé au moyen du logiciel Surfer V.7.

### **4.4 Données morphométriques et physiographiques**

Les données topographiques, morphométriques et physiographiques ont été tirées des cartes numériques à l'échelle de 1:20 000 de la Banque de données topographiques du Québec (BDTQ) et de photographies aériennes (Levés Aéroscan, Sainte-Foy, Qc) commandées et payées par le Regroupement des Associations de lac de Saint-Hippolyte (**R.E.G.A. L.**). Les photos ont été géoréférencées et orthorectifiées (PCI OrthoEngine) après acquisition des points de contrôle sur le terrain au moyen d'un DGPS.

## 5.0 ÉTAT DES LACS EN 2001 ET 2002

L'évolution saisonnière de la transparence, des concentrations en phosphore total et en carbone organique dissous est illustrée à l'[Annexe 2](#). Les profils verticaux de température et d'oxygène sont rapportés à l'[Annexe 3](#).

### 5.1 Le phosphore

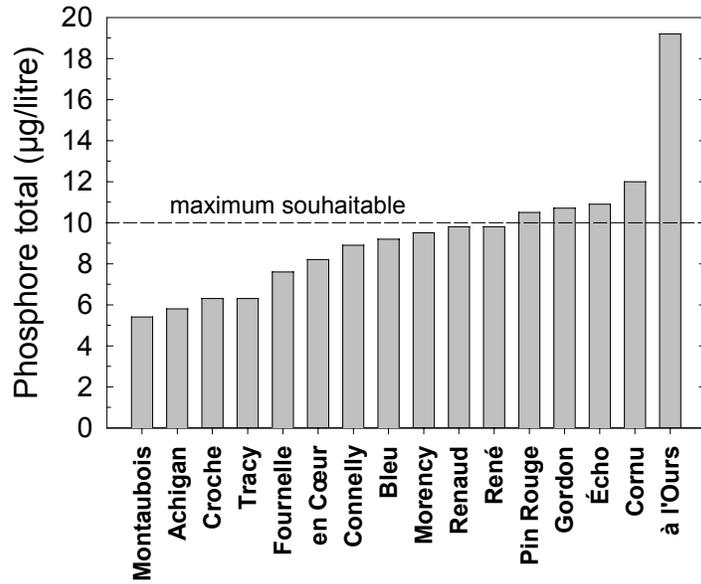
Dans la majorité des lacs, les concentrations maximales sont atteintes au printemps, peu après la fonte des neiges, et lors de la période de circulation automnale. Les concentrations minimales sont généralement atteintes vers la fin de l'été, lorsque les apports externes sont faibles et lorsque la sédimentation du phosphore (immobilisé dans les algues) dépasse les apports externes, devenus faibles durant la saison d'étiage.

Les seize lacs suivis durant l'étude ont été classés selon leur concentrations croissantes en phosphore au printemps et en été à la [Figure 2](#). On peut y voir qu'au printemps, huit lacs (**Bleu, Morency, Renaud, René, Pin Rouge, Gordon, Écho, Cornu, à l'Ours**) s'approchent ou dépassent la limite de 10 [µg/litre](#) qu'il serait souhaitable de ne pas dépasser, et au delà de laquelle les problèmes liés à une fertilité excessive des eaux deviennent sérieux. Dans certains de ces lacs ([Cornu, Morency](#)), la limite souhaitable n'est approchée ou dépassée que durant une courte période suivant le départ de la glace. Soulignons ici qu'une concentration inférieure à 10 [µg/litre](#) n'est pas synonyme d'absence de dégradation ou d'altération d'un lac. Plusieurs changements dans les communautés biologiques, tels une augmentation du [périphyton](#), une diminution de la transparence des eaux, et une désoxygénation plus rapide des eaux profondes peuvent en effet être observés entre les seuils de 5 et 10 [µg/litre](#). Pour cette raison, les riverains des lacs les plus [oligotrophes](#) (**Montaibois, Tracy, de l'Achigan**) et des lacs qui devraient être naturellement oligotrophes (**Bleu et René**) devraient plutôt viser un seuil de 5 [µg/litre](#) comme concentration à atteindre ou à ne pas dépasser.

En été, sept lacs (**Renaud, Gordon, Bleu, René, Pin Rouge, à l'Ours et Écho**) s'approchent ou dépassent la limite souhaitable. Cependant, le dépassement de cette limite n'indique pas nécessairement la présence de sources humaines importantes en phosphore. En effet, certaines sources naturelles, telles les milieux humides (marécages, étangs de castor) peuvent fournir une proportion importante de la charge annuelle en phosphore. Dans une perspective de bonne gestion de la qualité des eaux, il importe d'identifier les principales sources naturelles ou humaines en phosphore. Ces sources seront quantifiées pour chaque lac à la [Section 5.4](#) et à l'[Annexe 9](#). On y verra que les lacs **Pin Rouge** et **à l'Ours** doivent leurs concentrations élevées en phosphore surtout à des causes naturelles, alors que les perturbations humaines jouent un rôle important dans le cas des lacs **René** et **Bleu**. Le lac **Renaud** représente un cas particulier puisqu'il s'agit d'un lac entièrement artificiel; ces lacs sont généralement peu profonds et sont exposés à des sources supplémentaires d'éléments nutritifs issus de la lente décomposition des sols organiques laissés sur place avant la mise en eau et créant ainsi des conditions idéales à la prolifération des algues et des plantes aquatiques.

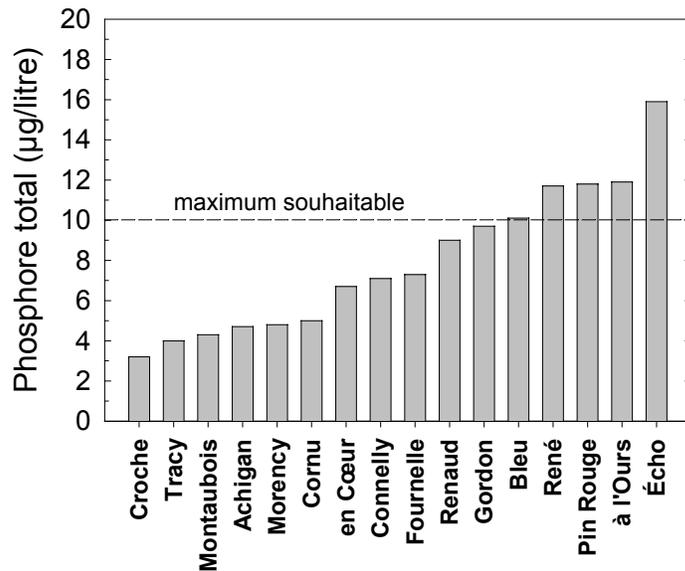
**Figure 2A.** Classement des seize lacs selon leur concentrations croissantes en phosphore total observées à un mètre de profondeur au printemps. Dans ces graphiques, la hauteur des barres associée à chaque lac indique sa concentration en phosphore, qu'on peut lire sur l'axe de gauche.

Concentration moyenne printanière en phosphore total



**Figure 2B.** Classement des seize lacs selon leur concentrations croissantes en phosphore total observées à un mètre de profondeur en été.

Concentration moyenne estivale en phosphore total

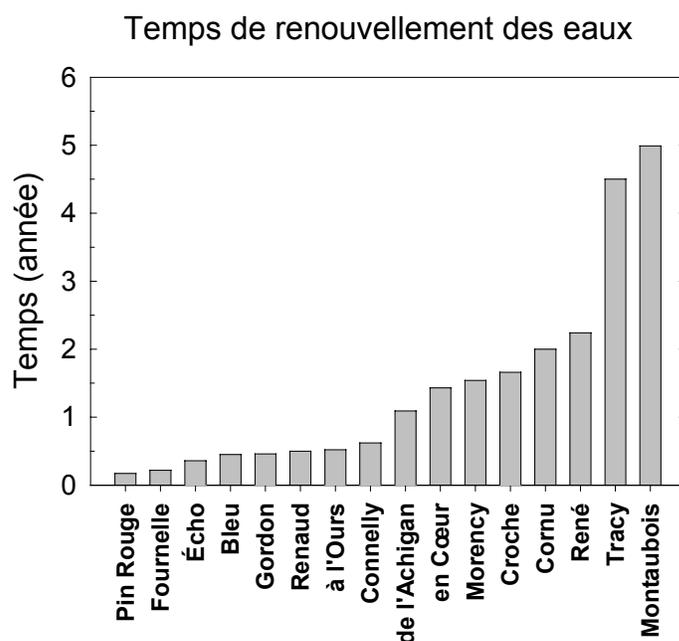


La concentration en phosphore dans les lacs des municipalités de Saint-Hippolyte et de Prévost est statistiquement reliée, par régression linéaire, aux trois facteurs suivants illustrés aux **Figures 3 à 10** :

- Le temps de renouvellement de l'eau dans le lac;
- l'importance des milieux humides dans le bassin versant;
- l'impact humain, défini comme étant le nombre d'habitations par kilomètre carré de bassin versant, ou encore comme le nombre d'habitations situées à moins de 100 mètres de la rive, par hectare de lac.

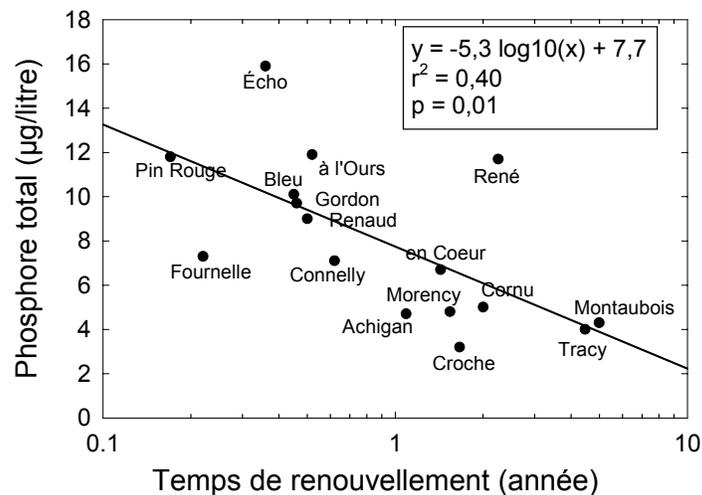
**FACTEUR 1 : le temps de renouvellement ou de séjour de l'eau.** Dans les lacs des Laurentides, le temps de renouvellement de l'eau influence la qualité de l'eau de façon prépondérante. Ce temps est défini par le rapport entre le volume du lac et la quantité d'eau qu'il reçoit annuellement en provenance de son bassin versant et des précipitations parvenant directement au lac. En d'autres termes, c'est le temps que met l'eau captée par le lac à remplir un volume équivalent à ce dernier. L'influence du temps de renouvellement des eaux se comprend aisément si l'on considère que toutes les formes de phosphore parvenant au lac ont tendance à être perdues par sédimentation au fond du lac. Dans un lac où le temps de séjour de l'eau est très long, la concentration en phosphore sera faible parce que la majeure partie du phosphore aura le temps de sédimenter. Les lacs Saint-Hippolyte et de Prévost sont classés selon le temps de renouvellement de leur eau à la **Figure 3**. On y voit que ce temps varie considérablement, d'à peine deux mois pour les lacs **Pin Rouge** et **Fournelle**, jusqu'à cinq ans pour le lac **Montaubois**. Tel qu'attendu, les lacs ayant les concentrations en phosphore et en carbone organique dissous les plus faibles sont ceux dont les temps de séjour sont les plus longs; ces lacs sont aussi ceux dont les eaux sont les plus transparentes. La relation opposée entre la concentration en phosphore total mesurée en été et le temps de renouvellement des eaux est illustrée à la [Figure 4](#). Une relation semblable, mais moins serrée, est également observée au printemps.

**Figure 3.** Classement des seize lacs selon le temps de renouvellement de leur eau.



**Figure 4.** Relation entre le phosphore total mesuré en été (juin à septembre 2001 et 2002) et le temps de renouvellement de l'eau. Dans ce graphique, on peut voir que plus le temps de renouvellement des eaux augmente, plus la concentration en phosphore diminue.

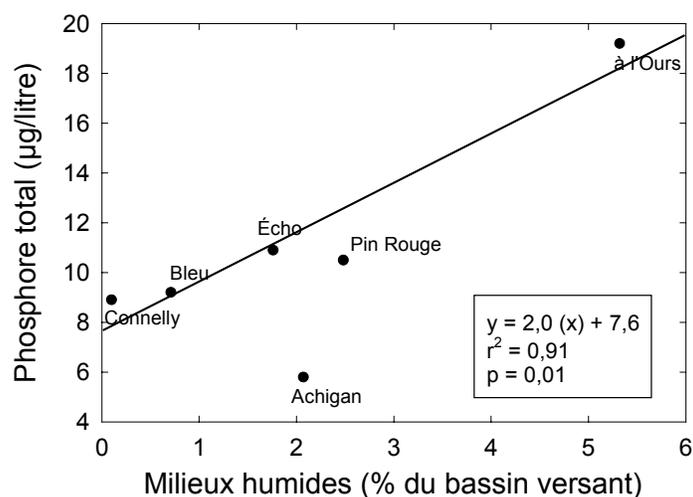
#### Phosphore total estival en fonction du temps de renouvellement de l'eau



**FACTEUR 2 : les milieux humides.** Des milieux humides sont présents dans les bassins versants de seulement six des 16 lacs étudiés (lacs de l'**Achigan**, **Bleu**, **Connelly**, **Écho**, à l'**Ours** et **Pin Rouge**). L'influence des milieux humides sur la concentration en phosphore au printemps et en été est illustrée à la [Figure 5](#). Ces résultats reflètent la faible capacité de rétention des milieux humides pour le phosphore. De plus, l'activité du castor, dont l'abondance augmente dans la région depuis une vingtaine d'années, crée de nouveaux étangs et milieux humides et cause la mortalité des arbres dont la décomposition conduit à une libération importante de phosphore, d'azote et de carbone organique dissous ([photo 8](#)).

**Figure 5.** Relation entre le phosphore total mesuré au printemps et l'importance des milieux humides dans le bassin versant. Noter que le lac de l'**Achigan** a été exclu de cette relation en raison de la présence de nombreux lacs dans son bassin versant; ces lacs retiennent en effet une portion importante du phosphore qu'ils reçoivent.

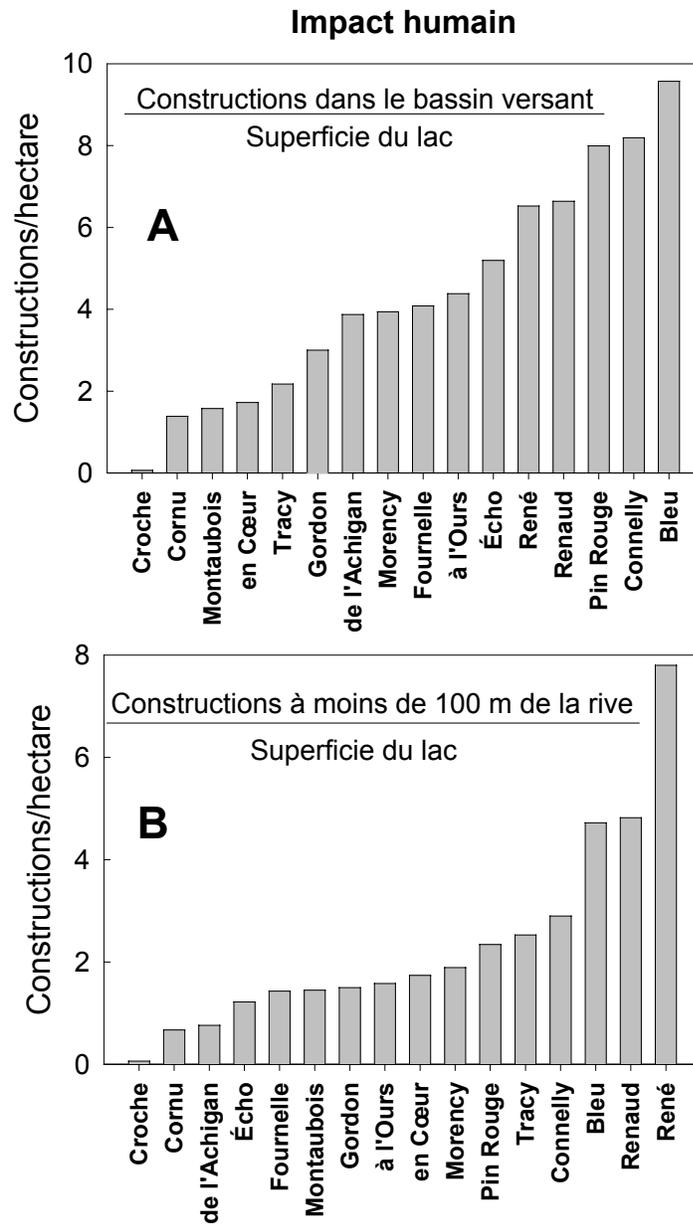
### Phosphore total printanier en fonction de l'importance des milieux humides



**FACTEUR 3 : l'impact humain.** Le suivi des lacs des municipalités de Saint-Hippolyte et de Prévost a permis, pour la première fois au Québec, d'établir un lien entre la densité d'occupation des bassins versants et la concentration en phosphore dans le lacs de villégiature. Ici, deux indicateurs d'impact humain, illustrés à la [Figure 6](#), ont été utilisés. À la **Figure 6A**, l'impact humain correspond au nombre de constructions recensées dans le bassin versant par unité de surface du lac récepteur; à la **Figure 6B**, l'impact humain correspond au nombre de constructions situées à moins de 100 mètres de la rive par unité de surface du lac récepteur. Les relations entre les concentrations phosphore total observées en été et les indicateurs d'impact sont présentées aux [Figures 7 et 8](#). Le phosphore associé à ces indicateurs d'impact peut provenir de sources diverses comprenant les installations septiques, l'utilisation de fertilisants horticoles, ou encore de l'érosion des sols provoquée par le creusage et l'entretien des fossés, et par l'absence de ceintures de végétation en bordure des lacs, des ruisseaux et des fossés. Selon les **Figures 7 et 8**, l'influence de l'impact humain se manifesterait de façon plus prononcée en été, c'est à dire durant la période de l'année où l'occupation des résidences est à son maximum. Cette

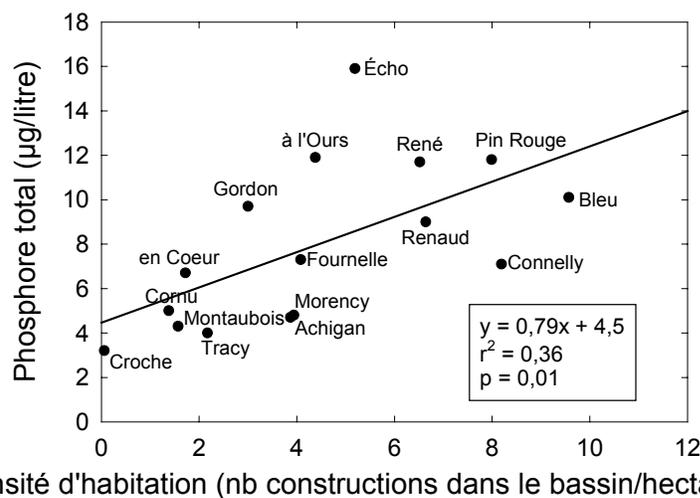
observation importante suggère un rôle mineur de l'érosion, dont les effets devraient être perceptibles surtout au printemps et en automne, durant la crue des eaux.

**Figure 6.** Classement des seize lacs selon leur indice d'impact humain établi selon **A)** le nombre de constructions dans le bassin versant par unité de surface (hectare) de lac et **B)** le nombre de constructions situées à moins de 100 mètres de la rive par unité de surface du lac récepteur.



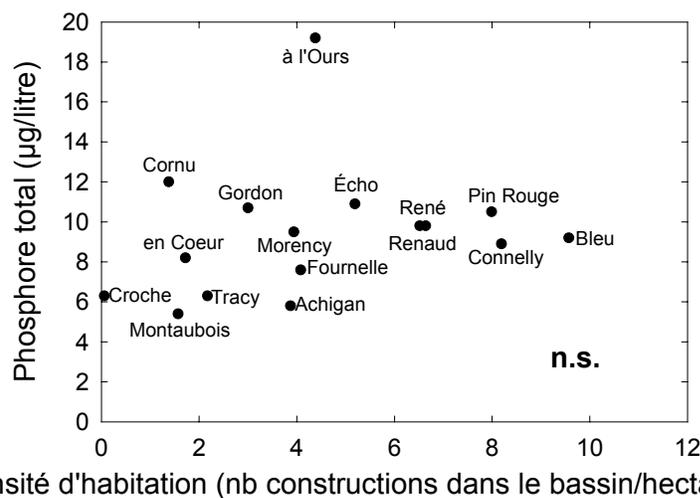
**Figure 7.** Concentration en phosphore total estival en fonction de l'impact humain, exprimé comme le nombre de constructions dans le bassin versant par unité de surface (hectare) du lac récepteur.

### Phosphore total estival en fonction de l'impact humain

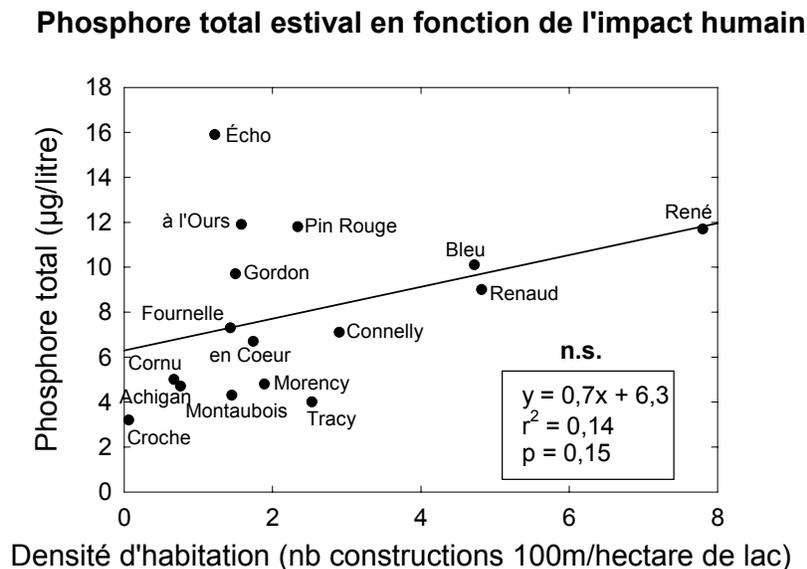


**Figure 8.** Concentration en phosphore total printanier en fonction de l'impact humain, exprimé comme le nombre de constructions dans le bassin versant par unité de surface (hectare) du lac récepteur. Noter que la tendance n'est pas statistiquement significative (n.s.) au printemps, comparativement à l'été (figure précédente).

### Phosphore total printanier en fonction de l'impact humain



**Figure 9.** Concentration en phosphore total estival en fonction de l'impact humain, exprimé comme le nombre de constructions présentes à moins de 100 mètres de la rive par unité de surface (hectare) du lac récepteur. Noter que cette tendance n'est pas statistiquement significative en raison de la position éloignée du lac **Écho**.



La relation obtenue en utilisant le nombre de constructions présentes à moins de 100 mètres de la rive ([Figure 9](#)) est moins bonne que celle trouvée en utilisant le nombre de constructions dans la totalité du bassin versant comme indicateur d'impact humain ([Figure 7](#)). La comparaison de ces deux figures indique que dans une perspective de protection des lacs, c'est l'ensemble du bassin versant qui doit être considéré et aménagé, et non pas seulement la ceinture riveraine du lac. Cette constatation découle du fait qu'à l'intérieur d'un bassin versant, toutes les habitations, tous les mauvais aménagements sont intimement reliés au lac récepteur par le biais du réseau hydrique composé des fossés routiers et des ruisseaux.

Les trois facteurs statistiquement reliés à la concentration en phosphore, soient le temps de séjour de l'eau, l'importance des milieux humides et l'impact humain, ont été combinés par régression multiple à la [Figure 10](#). La technique de régression multiple produit une équation ou modèle mathématique permettant de calculer la concentration en phosphore en fonction des trois facteurs. La très bonne correspondance entre les concentrations prédites et observées indique que les principaux facteurs reliés à la concentration en phosphore ont bien été identifiés. Plusieurs conclusions pratiques concernant la protection des lacs peuvent être tirées de la **Figure 10** :

- Selon ce modèle statistique, une grande partie, soit 43% ,des différences observées entre les lacs sont uniquement attribuables aux différences de temps de séjour de l'eau dans les différents lacs. Cependant, on ne peut agir sur cette propriété puisqu'elle

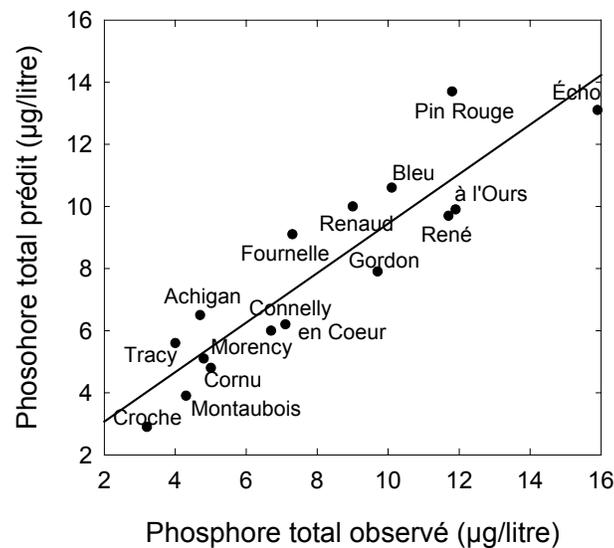
dépend de facteurs incontrôlables (superficie du bassin versant, volume du lac, précipitations annuelles).

- Toujours selon ce modèle, 28%, ou près du tiers des différences est attribuable au degré d'occupation des bassins versants par l'homme. Ceci signifie qu'il est possible de diminuer le degré d'eutrophisation des lacs et d'en améliorer la qualité en adoptant des pratiques qui viseront à réduire les apports en phosphore provenant de sources telles les installations septiques non conformes, les engrais à pelouses et jardins, ainsi que l'érosion.
- L'abondance des milieux humides aurait une importance moindre que les deux premiers facteurs et expliquerait 10% de la variabilité globale des concentrations en phosphore. Puisque la majorité des milieux humides des Basses Laurentides sont créés et maintenus par le castor, il serait envisageable d'intervenir, selon un protocole à déterminer, sur ces milieux dans le but de freiner la détérioration de certains lacs particuliers. Ceci ne signifie cependant pas que les milieux humides entretenus par le castor doivent être systématiquement éliminés. Ces milieux jouent en effet un rôle irremplaçable dans le maintien de la diversité biologique.

Soulignons que cette répartition des causes s'applique à *l'ensemble* des lacs étudiés; elle ne s'applique pas aux lacs *individuels*, où ces trois facteurs peuvent prendre des proportions très différentes. Par exemple le bassin versant du lac à l'**Ours** renferme une superficie importante en milieux humides libérateurs de phosphore ([photo 10](#)) alors que ces milieux sont absents des bassins versants d'autres lacs. Les travaux décrits à la [Section 5.4](#) sur le transport du phosphore dans le bassin versant du lac **Connelly** permettront toutefois d'estimer, pour chaque lac, l'importance de chacune des sources de phosphore; ces résultats sont présentés à l'[Annexe 9](#) sous forme de fiches individuelles.

**Figure 10.** Correspondance entre les concentrations en phosphore observées et celles prédites (en régression multiple) en combinant les trois variables illustrées au Figures 3 à 7. « impact/AD » = nombre de constructions dans le bassin versant par km<sup>2</sup> de bassin versant non recouvert par des lacs; « (hum+0.01)/AD » = superficie des milieux humides dans le bassin versant par km<sup>2</sup> de bassin versant non recouvert par des lacs; « TR » = temps de séjour de l'eau (année). En remplaçant AD par la superficie totale du bassin versant (AB = terres + lacs) dans l'équation, on obtient un second modèle tout à fait équivalent et dont la forme exacte est :  $\log_{10}(\text{PT estival}) = 0,82 + 0,21 \log_{10}(\text{impact}/\text{AB}) + 0,15 \log_{10}(\text{hum}+0,01)/\text{AB} - 0,38 \log_{10}(\text{TR})$ ;  $R^2 = 0,84$ ;  $p < 0,0001$ .

Modèle 1  
 $\log_{10}(\text{PT estival}) = 0,79 + 0,20 \log_{10}(\text{impact}/\text{AD}) + 0,15 \log_{10}(\text{hum}+0,01)/\text{AD} - 0,42 \log_{10}(\text{TR})$   
 $R^2 = 0,85$ ;  $p < 0,0001$



## 5.2 La transparence des eaux et le carbone organique dissous

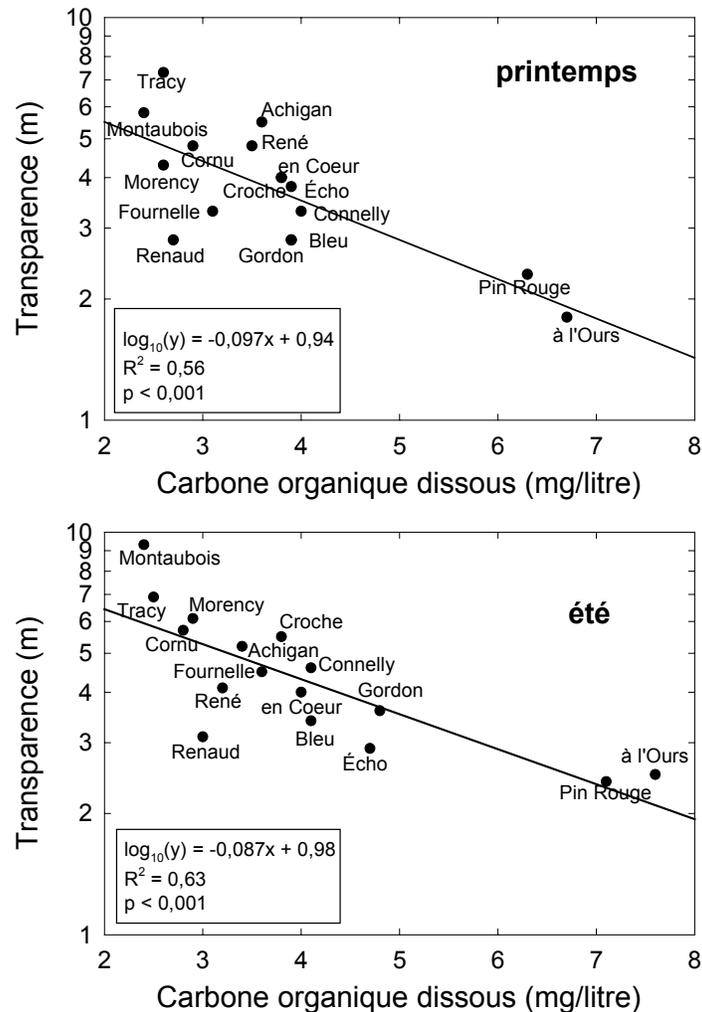
La limpidité ou la transparence de l'eau est une qualité recherchée par les amateurs de lacs de villégiature. Dans les Laurentides trois facteurs peuvent contribuer à réduire la transparence des eaux. Les principaux sont, par ordre décroissant d'importance :

- La présence de substances organiques dissoutes colorées ([photo 9](#)), telles les matières humiques libérées par les milieux humides, par les sols forestiers naturellement saturés d'eau, et par les sols forestiers saturés d'eau suite à des coupes forestières excessives.
- La turbidité due à la présence excessive d'algues microscopiques en suspension dans la colonne d'eau ([phytoplancton](#)), elle-même causée par une disponibilité excessive en phosphore ([photo 5](#)).
- La turbidité due à la présence de fines particules inertes, minérales ou organiques, apportées au lac par l'érosion du littoral ou du bassin versant ([photo 6](#), [photo 7](#)), ou encore par la remise en suspension des sédiments peu profonds soumis à la turbulence causée par les vagues naturelles ou provoquées par les embarcations à moteur.

Dans les seize lacs étudiés, le carbone organique dissous joue, de loin, un rôle prépondérant, tel qu'illustré à la [Figure 11](#). Cette substance provient surtout des milieux humides (marécages, tourbières), ce qui explique la couleur brun-jaune, rappelant le thé dilué, des lacs à l'**Ours** et **Pin Rouge**, et dans une moindre mesure, du lac **Connelly**. La faible transparence estivale des lacs très habités tels les lacs **René**, **Renaud**, **Écho** et **Bleu** révèle une contribution supplémentaire du phytoplancton. À l'inverse, la transparence record des lacs **Tracy** et **Montaubois** s'explique par l'absence de milieux humides dans leurs bassins versants, par le long temps de renouvellement de leurs eaux, et par leur faible concentration en phosphore.

**Figure 11.** Transparence de l'eau, telle que mesurée par la technique du [disque de Secchi](#), en fonction de la concentration en carbone organique dissous.

### Transparence de l'eau en fonction du carbone organique dissous



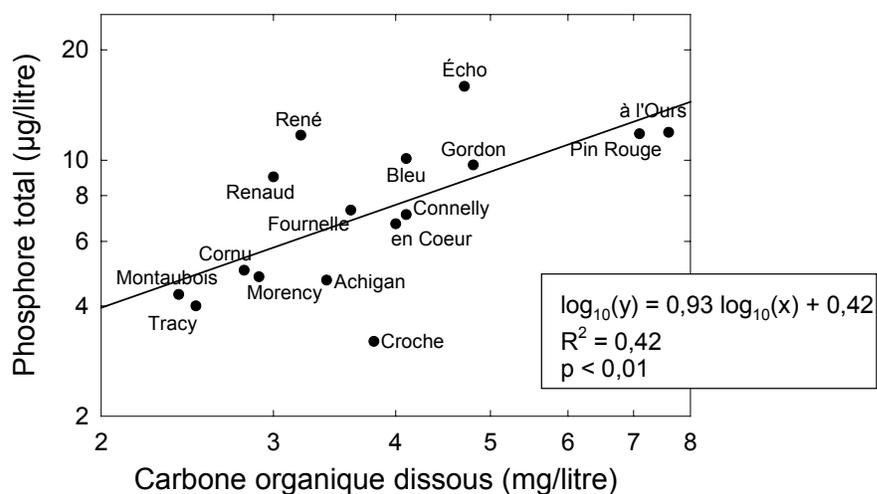
Notons également la présence d'une relation étroite entre les concentrations en carbone organique dissous et en phosphore ([Figure 12](#)). Cette relation rappelle que les milieux humides et les sols forestiers saturés d'eau ne sont pas uniquement des sources de composés humiques (carbone organique de couleur brun-jaune). Ces milieux libèrent aussi des quantités importantes d'éléments nutritifs, tel que déjà établi pour le phosphore à la [Figure 5](#). Ces substances pourront éventuellement stimuler la croissance des algues et des plantes aquatiques dans les lacs récepteurs. En résumé, les substances libérées par les milieux humides influencent les lacs récepteurs de plusieurs façons :

- Ils causent une diminution de la transparence des eaux.

- La forte coloration des eaux cause une absorption totale de la lumière dans un plus petit volume d'eau, ce qui cause à son tour un réchauffement plus rapide des eaux de surface au printemps et conduit au développement d'un [épilimnion](#) moins profond que dans les lacs dont les eaux sont plus transparentes.
- La forte absorption de la lumière par les composés humiques colorés cause une diminution de la photosynthèse par le phytoplancton et les plantes aquatiques.
- En revanche, les éléments nutritifs libérés par les milieux humides stimulent la production du phytoplancton et des plantes aquatiques dans le premier mètre de la colonne d'eau.
- Puisque aucune lumière pénètre dans l'[hypolimnion](#) des lacs riches en matières humiques, aucune photosynthèse (productrice d'oxygène) ne peut s'y produire, ce qui favorise l'apparition de l'anoxie.

**Figure 12.** Relation entre les concentrations en phosphore total et en carbone organique dissous, en été.

### Phosphore total estival en fonction du carbone organique dissous



### 5.3 L'oxygène dissous

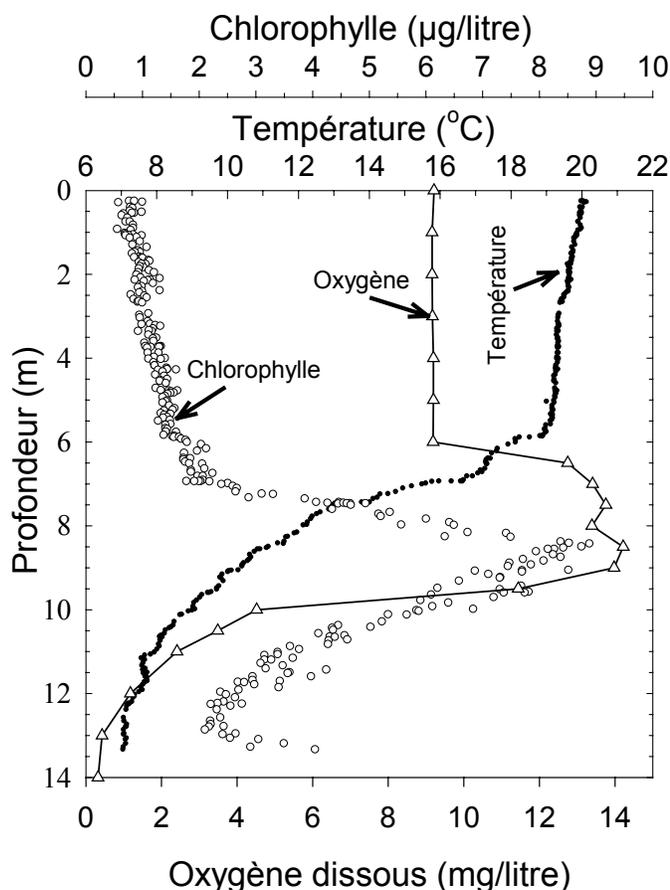
Les résultats de température et d'oxygène dissous sont regroupés sous forme graphique à l'[Annexe 3](#) et sous forme numérique dans un fichier EXCEL accompagnant ce rapport. La majorité des profils d'oxygène observés durant la période libre de glaces montrent des concentrations normales en surface, des maxima dans la zone [métalimnétique](#), suivies de diminutions marquées en profondeur à partir du milieu de l'été. Tous les lacs formant un hypolimnion stable, à l'exception des deux plus grands (**de l'Achigan** et **Connelly**), deviennent [anoxiques](#) en profondeur.

Dans l'épilimnion, la concentration en oxygène reste toujours proche de la valeur de saturation par rapport à l'oxygène atmosphérique. Puisque la solubilité de l'oxygène diminue lorsque la température de l'eau augmente, la concentration en oxygène varie selon la température de l'eau; elle est élevée au printemps lorsque la température est froide, diminue avec le réchauffement estival des eaux, et augmente à nouveau durant le refroidissement automnal.

Les pics d'oxygène présents en été dans le métalimnion de presque tous les lacs sont dus à la présence d'importantes populations d'algues, tel qu'illustré à la [Figure 13](#) pour le lac **Morency**. Ces algues sont adaptées à une luminosité faible et peuvent profiter de conditions chimiques temporairement favorables telle la présence de concentrations relativement élevées en [nutriments](#). Ce phénomène naturel est commun dans les lacs des Laurentides, où il confère souvent à l'eau captée en profondeur un mauvais goût ou une odeur de poisson. Les pics d'algues métalimnétiques causent aussi des problèmes d'obturation prématurée des systèmes domestiques de filtration d'eau potable. Ces problèmes peuvent être évités en localisant les prises d'eau hors du métalimnion.

Tel que mentionné à la Section 3, les principales causes de l'anoxie des eaux profondes sont **a)** une abondance excessive en éléments nutritifs, surtout en phosphore, **b)** un volume réduit de [l'hypolimnion](#), **c)** la ré-oxygénation printanière absente ou incomplète, et **d)** des apports naturels importants en matières humiques en provenance du bassin versant. Toutes ces conditions se rencontrent à des degrés divers dans les 16 lacs étudiés.

**Figure 13.** Profils de température, oxygène dissous et chlorophylle observés au lac Morency le 9 septembre 2001. Noter les valeurs élevées en chlorophylle, un indicateur d'algues, et en oxygène entre 7,5 et 9,5 mètres de profondeur. Dans un tel lac, la profondeur des prises d'eau destinée à être traitée pour consommation ne devrait pas dépasser 7 mètres afin d'éviter le colmatage prématuré des filtres par la grande quantité d'algues présente entre 8 et 11 mètres (données aimablement fournies par la professeure Bernadette Pinel-Alloul, Université de Montréal).



- a) **L'abondance excessive du phosphore** : le phosphore stimule la croissance du [phytoplancton](#) et des [plantes aquatiques](#) (macrophytes). Puisque ces organismes produisent de l'oxygène par photosynthèse, les lacs mésotrophes et eutrophes tendront à développer des concentrations en oxygène élevées en surface durant la journée, mais qui diminueront durant la nuit. Dans les lacs mésotrophes et eutrophes stratifiés, la sédimentation de grandes quantités d'algues produites dans la zone éclairée vers les eaux profondes et obscures causera leur décomposition, et occasionnera ainsi une demande biologique anormale en oxygène. Puisque l'hypolimnion ne peut se recharger en oxygène atmosphérique que durant les périodes de circulation printanières et automnales, sa réserve d'oxygène s'épuisera complètement pendant l'été, et parfois même pendant l'hiver sous la glace. Le taux de consommation d'oxygène

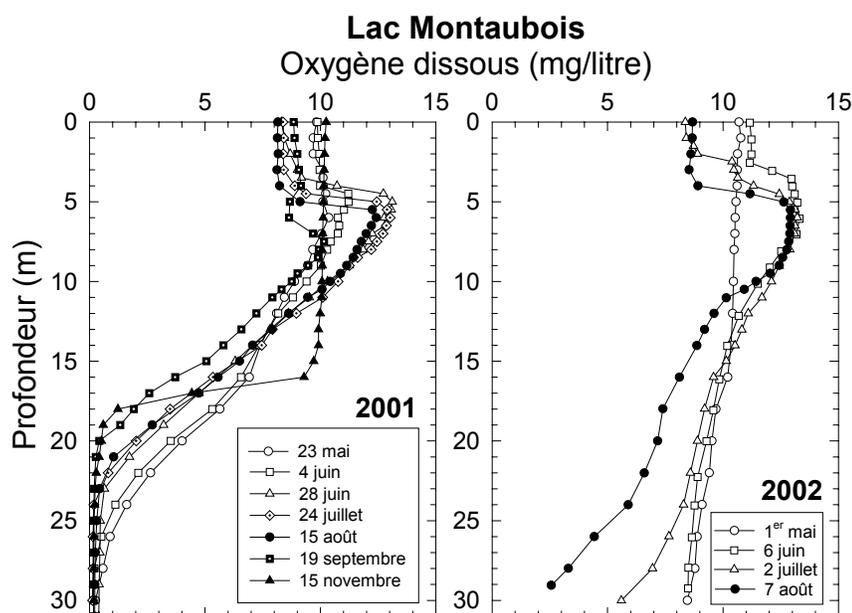
hypolimnétique, exprimé en unités de milligramme par mètre carré par jour, se nomme « déficit hypolimnétique en oxygène » (DHO). Le DHO est proportionnel à la production de phytoplancton et sert souvent d'indicateur du degré de santé des lacs. Malheureusement, pour les raisons expliquées plus bas, cet indicateur n'a qu'une utilité limitée dans les Laurentides.

- b) Un volume réduit de l'hypolimnion :** dans les lacs des Laurentides dont la profondeur maximale n'excède pas 10 à 18 mètres, la disparition de l'oxygène dans les eaux profondes durant l'été est un phénomène tout à fait normal et ne devrait pas être une cause d'inquiétude. En raison de leur faible volume hypolimnétique, ces lacs, même les plus oligotrophes d'entre eux, ne peuvent tout simplement pas emmagasiner une réserve d'oxygène suffisante au printemps et en automne. Les profils d'oxygène du lac [Croche](#) (Annexe 3) à la Station de biologie des Laurentides, illustrent particulièrement bien ce phénomène, appelé « [anoxie morphométrique](#) ». En conséquence, les riverains de tels lacs ne devraient pas se laisser impressionner par les arguments de consultants bien intentionnés qui, sur la seule base d'une perte marquée en oxygène dans les eaux profondes, pourraient diagnostiquer un problème anormal et recommander l'oxygénation artificielle d'un lac.
- c) La ré-oxygénation printanière incomplète ou absente:** selon la croyance générale, répandue même parmi les spécialistes, les lacs des Laurentides connaissent deux périodes de circulation annuelles, soit une au printemps, juste après le départ de la glace, et une autre en automne, durant lesquelles le lac se recharge complètement en oxygène. En réalité, la circulation printanière complète ne se produit qu'une fois tous les cinq à dix ans dans les lacs dont la taille est inférieure à deux ou trois kilomètres. Le plus souvent, cette circulation n'est que partielle, même dans les lacs de plus grande taille, tel le lac de **l'Achigan**. Ce phénomène s'explique à la fois par la lenteur du mécanisme de ré-oxygénation de l'eau et par l'établissement très rapide d'une stratification thermique dans les heures ou les jours suivant le départ de la glace au printemps. Alors qu'un lac d'une dizaine de mètres de profondeur peut mettre une à deux semaines à s'équilibrer avec l'oxygène atmosphérique, il arrive souvent que la fonte des glaces coïncide avec une période de beau temps ensoleillé qui aura tôt fait de réchauffer les eaux superficielles de quelques degrés et d'établir ainsi une stratification durable avant même que le lac n'ait eu le temps de se recharger en oxygène. Ce phénomène est illustré de façon particulièrement saisissante à la [Figure 14](#) par les profils d'oxygène observés au lac **Montaubois** durant deux années consécutives.

En 2001, ce lac relativement profond pour sa taille ne s'est jamais oxygéné complètement, comme le montrent le profil d'oxygène du 23 mai, observé trois semaines après le départ de la glace, et celui du 15 novembre, mesuré seulement deux jours avant la prise des glaces. Au printemps suivant, une vague de température anormalement froide ([Figure 15](#)) survenue durant les trois premières semaines du mois de mai a permis au lac d'effectuer une circulation prolongée et

de se recharger complètement en oxygène, tel de montré par les profils du 1<sup>er</sup> mai et du 6 juin 2002.

**Figure 14.** Évolution de la concentration en oxygène dissous durant la période libre de glace dans le lac **Montaubois** en 2001 et 2002. Noter les profils très différents obtenus vers les mêmes dates durant les deux années consécutives. Les profils de température mesurés dans ce lac aux dates correspondantes apparaissent à [l'Annexe 3](#).



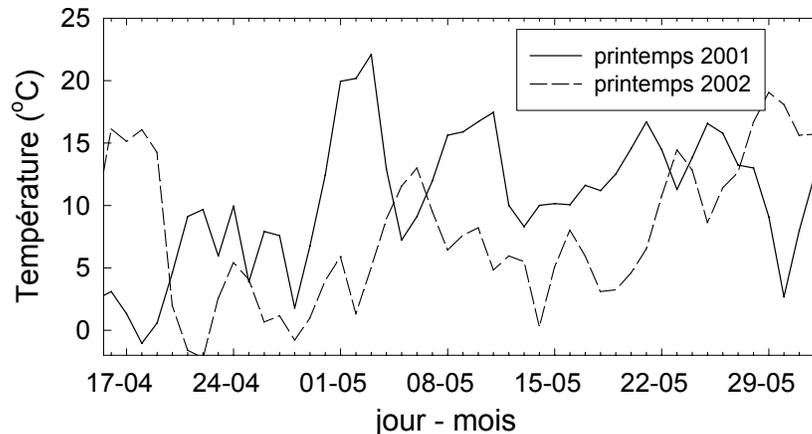
Le phénomène de ré-oxygénation printanière variable peut être observé dans tous les lacs étudiés en comparant les mesures de 2001 et 2002, à l'exception du lac [de l'Achigan](#) (le plus grand) où l'oxygénation printanière a été bonne durant les deux années, et du lac [Renaud](#), trop peu profond pour développer une stratification thermique durable.

Ce comportement imprévisible des lac des Laurentides a plusieurs conséquences dans les programmes de suivi et de diagnose écologique des lacs :

- Puisque les lacs ne se rechargent pas en oxygène tous les printemps, il est difficile de suivre l'évolution de leur déficit hypolimnétique d'une année à l'autre. Les plans de surveillance à long terme des lacs doivent donc compter sur d'autres indicateurs d'eutrophisation, sauf dans le cas des plus grands lacs de la région tels les lacs **de l'Achigan, Ouareau, Tremblant et Archambault** qui emmagasinent toujours des réserves d'oxygène assez importantes pour permettre la mesure du DHO.

- Pour la même raison, dans un lac donné, la simple comparaison de profils d'oxygène obtenus aux mêmes dates, mais à des années différentes, ne permet pas de conclure sur l'amélioration ou la détérioration des conditions responsables de la demande biologique d'oxygène dans l'hypolimnion. Cependant, de telles données sont nécessaires à l'évaluation de la capacité de support d'un lac pour certaines espèces de poisson.
- La ré-oxygénation printanière incomplète ou absente s'ajoute à l'autre cause naturelle d'anoxie (volume hypolimnétique insuffisant, ou anoxie morphométrique) dans les lacs et explique pourquoi même les lacs les plus oligotrophes et les moins perturbés peuvent devenir anoxiques. La présence d'anoxie n'indique donc pas nécessairement l'existence d'un problème d'eutrophisation auquel des correctifs doivent être apportés.

**Figure 15.** Moyenne quotidienne de la température de l'air à la Station de biologie des Laurentides entre les 15 avril et 1<sup>er</sup> juin 2001 et 2002. Noter les températures anormalement fraîches enregistrées en 2002 durant les deux premières semaines suivant le départ de la glace, survenue entre les 26 avril et 2 mai, selon les lacs. La vague de froid du printemps 2002 a permis aux lacs de circuler complètement cette année-là.



**d) Les apports naturels importants en matières humiques provenant du bassin versant :** le carbone organique (COD) coloré provenant du bassin versant peut contribuer à accentuer les problèmes d'anoxie de deux façons. Tout d'abord, en réduisant la pénétration de la lumière aux premiers mètres de profondeur, il supprime toute possibilité de photosynthèse, génératrice d'oxygène, dans le [métalimnion](#) et l'hypolimnion. Ensuite, certains spécialistes croient que les composés humiques peuvent être décomposés par les bactéries et créer ainsi une demande biologique supplémentaire en oxygène.

## 5.4 Mobilisation et transport du phosphore dans le bassin versant du lac Connelly et détermination des coefficients d'exportation associés aux habitations, aux milieux humides et à la forêt

Les résultats de la [Section 5.1](#) ont permis de relier statistiquement la concentration en phosphore observée dans les 16 lacs aux trois principaux facteurs suivants :

- Le temps de séjour de l'eau dans les lacs
- L'importance des milieux humides dans le bassin versant
- L'impact humain

L'existence de liens statistiquement significatifs entre la concentration en phosphore, les milieux humides et l'impact humain vient éclairer notre compréhension des lacs laurentidiens. Ces liens indiquent, par exemple, que les pratiques actuelles et passées d'aménagement des bassins versants et des berges augmentent fort probablement les apports en phosphore aux lacs. Toutefois, ces relations ne permettent pas de localiser avec précision ni d'identifier exactement les sources de problèmes dans un bassin versant. Elles ne permettent pas non plus d'estimer la contribution spécifique de l'impact humain et des milieux humides pour chaque lac. Pourtant, ces informations sont nécessaires à l'établissement de budgets individuels en phosphore, ceci afin d'identifier les lacs qui devraient recevoir une attention particulière.

Dans le but de comprendre comment et où le phosphore, le carbone et les sédiments (matières en suspension) sont mobilisés dans un bassin versant représentatif des conditions rencontrées dans les Laurentides, un échantillonnage exhaustif du réseau hydrologique du bassin versant du lac **Connelly** a été effectué entre le 31 mai 2001 et le 1<sup>er</sup> juin 2002. Les concentrations en phosphore total, phosphore total dissous, carbone organique dissous et matières en suspension ont été mesurées à 24 reprises à 20 points de prélèvement localisés sur la carte topographique de l'[Annexe 4](#). Ces points de prélèvement, ainsi que le réseau hydrographique ont été superposés sur une mosaïque des photographies aériennes acquises en août 2001 à l'[Annexe 5](#). Les résultats de ce travail sont résumés sous forme de concentrations moyennes pondérées pour le débit et sous forme de coefficient d'exportation à chaque point (site) de prélèvement au [Tableau 1](#). Les débits quotidiens et les résultats détaillés de concentrations en phosphore total, phosphore total dissous, carbone organique dissous, et matières en suspension sont consignés dans un fichier EXCEL accompagnant ce rapport.

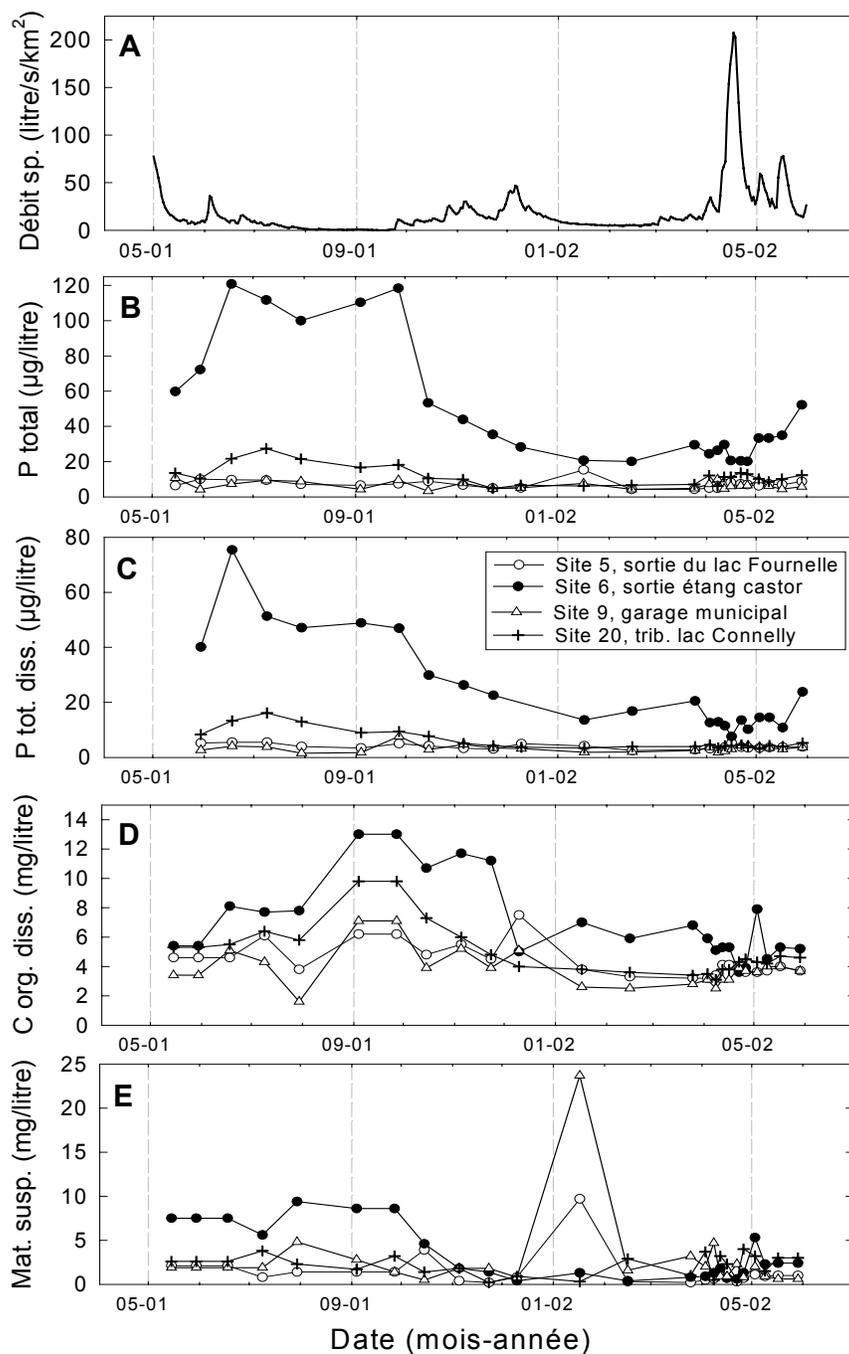
L'évolution annuelle du débit et des variables chimiques est illustrée pour quatre points de prélèvement représentatifs à la [Figure 16](#). Cette figure montre bien les grandes différences observées au niveau de la qualité des eaux entre les différents ruisseaux du bassin versant. Nos mesures ont permis de confirmer, sur le terrain, que les sous-bassins versants contenant des milieux humides importants exportent beaucoup plus de phosphore et de carbone organique dissous que les autres sous-bassins.

La répartition des coefficients d'exportation de phosphore total, phosphore total dissous et matières en suspension (MES) sur l'ensemble du bassin versant du lac **Connelly** est illustrée à l'[Annexe 6](#). Les valeurs reportées sur cette carte, tout comme celles du **Tableau 1**, sont les coefficients représentatifs de l'ensemble des sous-bassins versants situés en amont des points d'échantillonnage. L'examen de cette carte montre que les valeurs élevées d'exportation de phosphore sont associées aux milieux humides récemment créés par le castor (points 1, 4, 6, 16 et 21 [Annexe 4](#)) et aux secteurs densément peuplés (points 17, 18, 19 et 20). Notons que le point 1 est situé à la sortie du lac **Desjardins** et que son bassin versant ne contient pas de milieux humides proprement dits; cependant, le niveau du lac Desjardins a, par le passé, été considérablement relevé par un barrage de castor, ce qui a causé la mortalité de la forêt riveraine et rendu ce lac mésotrophe (voir la photographie aérienne de ce lac dans le dossier "PhotosAériennes" sur le disque).

#### **5.41 Sélection du coefficient d'exportation de phosphore spécifique à la forêt (2,75 mgP/m<sup>2</sup>/an)**

Le [Tableau 1](#) montre que le coefficient d'exportation des six sous-bassins situés en amont du réseau hydrographique (1, 4, 6, 9, 10, 13 et 21) varie de 2,3 à 21,3 mgP/m<sup>2</sup>/an. Cependant, contrairement au plan d'échantillonnage initial qui, sur la base des dernières cartes topographiques provinciales à l'échelle 1 :20 000, prévoyait l'inclusion de quelques sous-bassins représentant uniquement de la forêt, il s'est avéré, suite à l'acquisition des photographies aériennes en août 2001 et 2002, que ces sous-bassins contenaient tous des milieux humides d'importance variable. Parmi ces sous-bassins, les moins perturbés étaient ceux définis par les points 9 et 10, qui sont presque exclusivement couverts de forêt, mais dont les ruisseaux drainent le garage municipal, quelques habitations, et s'écoulent le long de la route 333 ([Annexe 4](#)). Les coefficients d'exportation en phosphore total trouvés pour ces deux stations sont de 3,33 et 2,27 mgP/m<sup>2</sup>/an. Sur la base de ces résultats, une valeur de 2,75 mgP/m<sup>2</sup>/an a été utilisée comme coefficient d'exportation spécifique pour la forêt dans le calcul des budgets en phosphore des lacs ([Annexe 9](#)). Des travaux en cours à la Station de biologie des Laurentides permettront de préciser la valeur de ce coefficient au cours des prochaines années.

**Figure 16 :** A) Débit spécifique au seuil jaugeur du lac **Croche** et évolution des concentrations en B) phosphore total, C) phosphore total dissous, D) carbone organique dissous et E) matières en suspension de mai 2001 à juin 2002 dans quatre ruisseaux du bassin versant du lac **Connelly**. Remarquer les concentrations élevées au point 6, influencé par une étendue de forêt noyée par le castor ([photo 8](#)).



#### 5.42 Sélection du coefficient d'exportation de phosphore spécifique aux milieux humides (110 mgP/m<sup>2</sup>/an)

Deux sous-bassins versants situés en amont et définis par les points 4 et 6 ([photo 8](#)) ne contiennent que de la forêt et des superficies importantes en milieux humides surtout constitués d'étendues de forêt inondées par le castor. Ces sous-bassins ont été utilisés pour estimer le coefficient d'exportation spécifique aux milieux humides de la façon suivante. De la charge annuelle en phosphore total transitant par ces points, on a tout d'abord soustrait la contribution de la forêt saine, telle qu'estimée en multipliant la superficie en forêt par le coefficient d'exportation déterminé ci-haut (2,75 mgP/m<sup>2</sup>/an). La charge résiduelle a ensuite été divisée par la superficie inondée (mesurée sur les photographies aériennes) pour obtenir le coefficient d'exportation spécifique à ce milieu humide. Les valeurs ainsi obtenues pour les milieux humides contenus dans les sous-bassins 4 et 6 sont de 194 et 85 mgP/m<sup>2</sup>/an. Un suivi annuel du complexe marécageux situé en amont du lac à l'Ours ([photo 10](#)), à l'extérieur du bassin versant du lac Connelly donne, quant à lui, un coefficient de 49 mgP/m<sup>2</sup>/an. Ces mesures démontrent que les milieux humides exportent beaucoup plus de phosphore que la forêt. Soulignons que ces valeurs sont très supérieures celles généralement utilisées dans la littérature scientifique (20 à 30 mgP/m<sup>2</sup>/an, selon les auteurs). Cependant, le faible nombre de milieux humides suivis dans cette étude ne permet pas d'attribuer un coefficient précis pour chaque type de milieu humide. Une valeur provisoire moyenne de 110 mgP/m<sup>2</sup>/an a été utilisée dans le calcul des budgets en phosphore des lacs.

#### 5.43 Détermination du coefficient d'exportation spécifique aux résidences (70 gP/personne/an)

Les points de prélèvement 12 et 17 définissent un sous-bassin versant (1,24 km<sup>2</sup>) particulier recouvert à 85% de forêt et occupé par 141 résidences permanentes et 17 résidences saisonnières ([Annexe 7](#)). Selon les données de Statistiques Canada, chaque résidence était occupée, en moyenne, par 2,3 habitants en 2001. En supposant un taux d'occupation de 0,35 pour les 17 résidences saisonnières, la population estimée pour ce sous-bassin s'élève à 338 personnes.années. Les mesures de charges en phosphore total aux deux points montrent une libération de 24,4 kg entre les deux points, dont 2,9 kg proviennent de la forêt. Ces chiffres permettent de conclure que le taux d'exportation de phosphore par les occupants de ces habitations s'élève à 64 g/personne/an. Des mesures du même type effectuées par la Station de biologie dans d'autres bassins versants habités des Laurentides montrent que ce coefficient se situe entre 60 et 70 g/personne/an. Par souci de précaution, une valeur de 70 g/personne/an a été utilisée dans les calculs de budget de l'[Annexe 9](#).

Il importe de bien comprendre les limites d'application de ce coefficient d'exportation. Le phosphore d'origine domestique peut provenir de plusieurs sources très variées incluant des installations septiques de conception et d'âge divers (scellées, non scellées avec champs d'épuration sous-terre, hors-terre, etc...). Il peut provenir aussi de l'application de fertilisants à pelouse, de fertilisants et composts à jardins, et encore de

l'érosion des fossés routiers. Le coefficient de 70 g/personne/an ne s'applique à aucune de ces sources en particulier. Il doit plutôt être considéré comme représentant l'ensemble des activités résidentielles, actuelles et passées, émettrices de phosphore. Il est possible que ce coefficient ne soit pas représentatif des développements résidentiels plus récents tels ceux entourant les lacs **Tracy** et **Montaubois**, où il pourrait être moindre en raison de l'évolution des normes d'aménagement au fil des ans. Cependant, les mesures d'exportation établies dans le cadre de la présente étude constituent une première au Québec et se sont les seules que nous possédons.

#### 5.44 Calcul des apports en phosphore pour chaque lac

Puisque les forêts, les milieux humides et les habitations représentent les principales sources de phosphore dans les bassins versants alimentant les 16 lacs, les coefficients trouvés en 5,41, 5,42 et 5,43 ont été utilisés pour établir la contribution de ces sources la charge totale reçue par chaque lac. De plus, les suppositions suivantes ont été faites :

- 1- Les retombées atmosphériques directes sur le lac fournissent 15 mgP/m<sup>2</sup>/an, en accord avec les mesures effectuées par d'autres chercheurs en Ontario.
- 2- Soixante-dix pour cent (70%) des résidences entourant tous les lacs, sauf dans les cas des lacs **Connelly**, **de l'Achigan** et **Morency**, sont des habitations saisonnières occupées seulement 35% du temps par 2,3 personnes en moyenne. Des valeurs respectives de 60%, 65% et 60% ont été utilisées pour la proportion de résidences saisonnières aux lacs **Connelly** et **de l'Achigan**. Les résidences permanentes ont été considérées comme étant occupées durant toute l'année par 2,3 personnes. Ces proportions ont été utilisées faute de chiffres précis; les budgets de l'Annexe 9 pourront être révisés à la demande des associations lacs qui disposeraient de chiffres plus précis.
- 3- À l'exception de certains sous-bassins versants du lac **Connelly**, le nombre de résidences n'a pas été directement tiré des registres municipaux. Ce nombre a plutôt été tiré du nombre de constructions apparaissant sur les dernières cartes topographiques provinciales à l'échelle de 1 : 20 000 et multiplié par un facteur de 1,05, lui-même déterminé par comparaison des registres municipaux aux données topographiques dans le secteur du lac **Connelly**.

Les fiches individuelles de chaque lac sont regroupées à l'[Annexe 9](#). On peut y trouver les renseignements suivants :

- Les **données de base** ayant servi au calcul. Lorsque le budget en phosphore considère les apports de lacs situés en amont, la superficie du bassin versant indiquée à ce tableau exclut les superficies des sous-bassins de ces autres lacs.
- Le **budget**, donne les principales sources répertoriées ainsi que le total et l'importance relative de ces sources. Les contributions des autres lacs ont été

calculées en multipliant la concentration moyenne observée dans ces lacs par le débit spécifique de la région pour les années 2001 et 2002 (18,0 litres/seconde/km<sup>2</sup>).

- Un troisième tableau donne la **concentration moyenne observée** dans le lac entre mai 2001 et août 2002, la **concentration naturelle estimée**, et la **concentration attendue** si les sources humaines étaient réduites de moitié dans ce lac. La concentration naturelle a été estimée en multipliant la concentration observée par le rapport entre la somme des sources naturelles et le total des apports actuels. Ces chiffres fournissent une idée du résultat que produiraient d'éventuels efforts de réduction des sources d'origine humaine.
- Une expression des la somme des sources naturelles sous forme de quantité de **sacs de fertilisant à pelouse**. Ici, il a été supposé qu'un sac de fertilisant de 20 kg contenait 611 grammes de phosphore, soit la moyenne des teneurs indiquées par les fabricants dans les formules de printemps, d'été et d'automne. Ce chiffre a été ajouté afin d'illustrer la sensibilité de chaque lac à l'usage des fertilisant dans son bassin versant.
- Certaines fiches contiennent enfin des notes particulières à chaque lac.

Soulignons que l'incertitude entourant les valeurs associées à chaque source peut atteindre 50% et que ces fiches n'ont qu'une valeur indicatrice, mais potentiellement très utile. Elles peuvent servir, par exemple, à identifier les lacs particulièrement influencés par les apports humains. Le lecteur constatera que les 16 lacs diffèrent radicalement quant à leurs principales sources de phosphore. Le phosphore contenu dans les précipitations directes au lac représente une source majeure pour les lacs [Cornu](#), [Croche](#), [Montaibois](#) et [Tracy](#). La forêt contribue la majeure partie du phosphore reçu par les lacs [Fournelle](#) et [Gordon](#) alors que les milieux humides sont des sources importantes pour les lacs de [l'Achigan](#), à [l'Ours](#) et [Pin Rouge](#). La majorité du phosphore reçu par les sept autres lacs ([Bleu](#), [en Cœur](#), [Connelly](#), [Écho](#), [Morency](#), [Renaud](#) et [René](#)) provient probablement de sources humaines; de ce dernier groupe, les lacs montrant des concentrations en phosphore s'approchant ou dépassant 10 µg/litre devraient recevoir une attention particulière.

**Tableau 1.** Propriétés des sous-bassins versants du lac **Connely**, concentrations moyennes pondérées et coefficients spécifiques d'exportation du carbone organique dissous (COD), des matières en suspension (MES), du phosphore total (P total) et du phosphore total dissous pour chacun des sous-bassins situés en amont des points de prélèvement.

Point de prélèvement	Latitude N (deg, décimale)	Longitude W (deg, décimale)	Altitude (m)	Aire du sous-bassin (km <sup>2</sup> )	Milieux humides (km <sup>2</sup> )	Lacs (km <sup>2</sup> )	Habitations	COD (mg/litre)	MES (mg/litre)	P total (µg/litre)	P total dissous (µg/litre)	COD (g/m <sup>2</sup> /a)	MES (g/m <sup>2</sup> /a)	P total (mg/m <sup>2</sup> /a)	P total dissous (mg/m <sup>2</sup> /a)
								Concentration moyenne				Coefficient d'exportation spécifique			
1	45,916151	74,068663	351	0,35	0,016	0,06	1	4.29	1.01	12.85	6.37	2,44	0,57	7,31	3,63
2	45,914985	74,056079	305	1,59	0,016	0,16	3	3.69	0.76	5.68	3.30	2,10	0,43	3,23	1,87
3	45,913491	74,046724	283	2,14	0,016	0,19	34	3.65	0.77	6.19	3.21	2,07	0,44	3,52	1,83
4	45,916794	74,044593	290	0,70	0,028	0,00	0	4.58	1.44	10.37	5.57	2,61	0,82	5,90	3,17
5	45,910015	74,031784	280	3,93	0,056	0,38	76	4.50	1.21	7.16	4.04	2,56	0,69	4,07	2,30
6	45,911834	74,028324	284	0,95	0,098	0,00	0	6.29	2.07	37.48	18.15	3,58	1,18	21,32	10,32
7	45,908857	74,010693	263	6,46	0,212	0,44	89	4.46	1.06	7.82	4.62	2,53	0,60	4,45	2,63
8	45,908611	74,006478	260	8,61	0,268	0,45	123	4.53	0.50	7.72	4.80	2,58	0,28	4,39	2,73
9	45,922167	74,017709	297	0,25	0,000	0,00	2	3.86	2.25	5.86	3.19	2,19	1,28	3,33	1,81
10	45,915962	74,015116	278	1,10	0,018	0,00	9	3.17	0.99	4.00	2.31	1,81	0,56	2,27	1,31
11	45,904254	73,999304	257	9,52	0,287	0,45	133	4.25	1.16	7.54	4.48	2,42	0,66	4,29	2,55
12	45,897431	73,995810	215	11,35	0,287	0,46	175	4.28	0.92	7.00	4.02	2,43	0,52	3,98	2,28
13	45,916344	73,991368	238	1,82	0,027	0,00	0	5.39	1.56	10.31	5.90	3,06	0,89	5,86	3,36
14	45,914618	73,991016	235	3,03	0,049	0,01	0	4.07	0.67	6.53	3.89	2,32	0,38	3,71	2,21
16	45,906862	73,986268	233	4,10	0,097	0,02	24	5.23	1.29	17.05	10.62	2,97	0,74	9,70	6,04
17	45,903277	73,983113	202	12,59	0,287	0,46	333	4.11	1.96	9.76	4.40	2,34	1,11	5,55	2,50
18	45,903471	73,982946	200	4,25	0,097	0,02	68	4.90	1.57	14.64	9.22	2,79	0,89	8,32	5,24
19	45,903689	73,981331	200	16,88	0,097	0,48	404	4.32	1.85	11.98	4.89	2,45	1,05	6,81	2,78
20	45,902236	73,977555	196	16,96	0,097	0,48	439	4.55	2.30	10.63	5.10	2,59	1,31	6,05	2,90
21	45,904501	73,963401	191	2,03	0,041	0,02	33	6.08	2.01	14.74	7.31	3,46	1,15	8,40	4,20

## 5.5 L'érosion : mobilisation et transport des matières en suspension dans le bassin versant du lac Connelly

La carte des coefficients d'exportation de MES présentée à l' [Annexe 6](#) révèle l'existence de quelques « points chauds », notamment au point 9, près du garage municipal, aux points 17, 18, 19 et 20, situés en aval des secteurs densément peuplés, et au point 6, en aval d'une étendue de forêt inondée par le castor ([Annexe 4](#)). Dans ce dernier cas, les particules en suspension étaient surtout composées de bactéries et de fungus tapissant en quantités massives le petit ruisseau sortant de l'aire inondée.

La carte de l' [Annexe 8](#) représente la charge annuelle de MES transitant dans le réseau hydrographique du lac **Connelly**. Elle a été obtenue en multipliant le coefficient d'exportation ( $\text{g/m}^2/\text{an}$ ) par la superficie du sous-bassin défini par chaque point de prélèvement. On y constate que la majorité des MES arrivant au lac **Connelly** sont produites entre les points 8 et 11, et surtout entre les points 12 et 17 ([Annexe 4](#)) situés en amont et en aval du secteur le plus peuplé du bassin versant. Ces résultats montrent que les pratiques actuelles de gestion du territoire génèrent une quantité appréciable de sédiments qui pourraient, une fois déposés dans le lac, stimuler la croissance des plantes aquatiques et contribuer à exacerber le problème du myriophylle à épi dans ce lac. La liste des sources possibles de MES indésirables est longue et inclut les techniques inadéquates d'entretien des fossés routiers, les chantiers de construction, le remblaiement et le déplacement de terre près des fossés et des ruisseaux, l'ouverture subite de brèches dans les barrages de castor et la pratique de chemins forestiers temporaires ne respectant pas les normes de traversée des ruisseaux.

## 6.0 Conclusions et recommandations

- 6.1 Le suivi des 16 lacs et du réseau hydrographique du bassin versant du lac **Connelly** démontre que les milieux humides et les habitations sont des sources significatives de phosphore aux lacs. Selon les budgets présentés à l'[Annexe 9](#), les habitations fournissent entre 1% et 75% du phosphore parvenant aux différents lacs, alors que les milieux humides, particulièrement les forêts inondées par le castor, contribuent jusqu'à 62% du phosphore.
- 6.2 Les lacs dont les teneurs en phosphore approchent le seuil de 10 µg/litre et pour lesquels les habitations représentent une fraction supérieure à 25% des apports totaux devraient faire l'objet d'interventions prioritaires visant à réduire les apports en phosphore et en particules (sédiments). Cette liste comprend les lacs **Bleu, Écho, René, Renaud et Connelly**; elle devrait aussi inclure le petit lac **Des Sources**, qui n'apparaît pas dans la présente étude, mais qui souffre d'eutrophisation avancée causant une anoxie hivernale totale.
- 6.3 Puisque l'occupation des bassins versants par l'homme, selon les normes actuelles ou passées de lotissement et d'aménagement des terrains, cause une augmentation de la concentration en phosphore et donc une détérioration de certains lacs, les municipalités devraient poursuivre ou encourager les initiatives visant à minimiser les apports en phosphore sur l'ensemble du territoire. Plusieurs moyens pourraient être considérés :
- 6.31 **La renaturalisation des rives**, des ruisseaux et des bordures de fossés routiers reliés à des ruisseaux. Ces efforts de renaturalisation peuvent prendre plusieurs formes. Les initiatives passées et récentes de plantation d'espèces indigènes d'arbres et d'arbustes constituent certainement une partie de la solution. Cependant, cette option est relativement coûteuse et semble n'attirer que le segment le plus écologiquement engagé de la population. Puisque le principal ennemi de la renaturalisation est certainement la tondeuse à gazon, les municipalités devraient explorer la possibilité de restreindre ou d'interdire son usage à proximité des lacs, des ruisseaux et des fossés routiers. Ici, la nature ferait gratuitement son œuvre en quelques années seulement.
- 6.32 Réglementer ou interdire **l'usage des fertilisants** en bordure des lacs, des ruisseaux et des fossés communicant avec des ruisseaux. Les fiches de l'[Annexe 9](#) montrent que les apports annuels de phosphore dans certains lacs de petite taille sont équivalents à seulement quelques sacs de fertilisant à pelouse. Ce chiffres indiquent que la perte d'une fraction de ces fertilisants vers le lac peut être dommageable pour le lac. En conséquence, les municipalités devraient mettre à profit l'expérience récemment acquise en réglementation des pesticides afin de restreindre ou

d'interdire l'usage des fertilisants à proximité des lacs et de leur réseau hydrologique.

6.33 **Un contrôle éclairé du castor.** Les milieux forestiers récemment inondés par le castor représentent une source d'éléments nutritifs qui peut parfois dépasser en importance celles dues à l'activité humaine. Cependant, ceci ne veut pas dire que le castor doit être systématiquement éliminé du territoire dans la seule intention d'améliorer la qualité des lacs. Les milieux humides jouent en effet un rôle irremplaçable dans le maintien de la diversité biologique d'un territoire. Dans les Laurentides, le castor est le principal agent de création et de maintien des milieux humides. Puisque cette espèce connaît une expansion marquée depuis une vingtaine d'années, un certain degré de contrôle pourrait être envisagé, en particulier lorsqu'une nouvelle aire inondée menace un lac particulièrement sensible. Les municipalités auraient donc intérêt à développer une grille de décision visant à faciliter la reconnaissance des situations nécessitant une intervention. Certaines précautions élémentaires devraient être prises. Par exemple, les étangs de castor indésirables devraient être vidangés progressivement, de façon à éviter l'érosion et l'envasement des ruisseaux situés en aval. De plus, ces travaux devraient être effectués tard en automne, lorsque le l'afflux soudain d'éléments nutritifs dans le lac récepteur aura un effet minimal sur la croissance des algues.

6.34 **Combattre l'érosion des berges** et des fossés. L'étude du bassin versant du lac **Connelly** montre que l'érosion représente une source encore importante de phosphore (et d'envasement du littoral). Ici, la renaturation des berges et des bordures de ruisseaux et de fossés jouera un rôle important. Des règlements particuliers visant les sites de construction devraient être envisagés. Le RAPPEL ([www.rappel.qc.ca](http://www.rappel.qc.ca)) publie des guides de bonne pratique très utiles à ce sujet.

6.35 Mesures assurant l'entretien régulier des **installations septiques**.

6.36 Encourager l'usage de [détergents](#) à faible teneur en phosphore.

6.4 Le lac **Morency**. Puisque ce lac sert de prise d'eau potable, il devrait faire l'objet d'une attention particulière. Lors de nos visites, nous avons noté une abondance inhabituelle de périphyton et d'algues filamenteuses dans le secteur sud-ouest du lac, près du complexe hôtelier. Bien que cette situation ne pose probablement aucun problème immédiat de santé humaine, la présence d'algues filamenteuses indique l'influence d'une source anormale d'éléments nutritifs. Il serait donc prudent de caractériser cette situation en détail et d'y apporter des correctifs, si nécessaire.

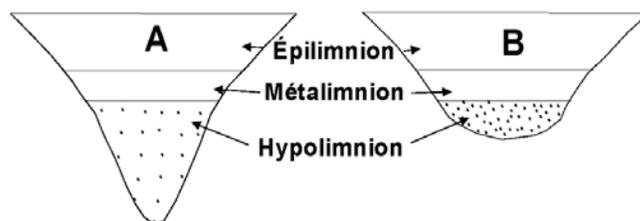
- 6.5 Les petits lacs à long temps de séjour, tels les lacs **Tracy** et **Montaubois** sont particulièrement sensibles aux apports supplémentaires en phosphore. Leur aménagement devrait donc faire l'objet d'une attention particulière.
- 6.6 La présente étude constitue la première page du carnet de bord de certains lacs des municipalités de Saint-Hippolyte et de Prévost. Ce carnet de bord devrait être mis à jour toutes les cinq à dix années environ, de façon à mesurer les effets des mesures correctrices qui pourraient être entreprises et de façon à pouvoir détecter toute détérioration additionnelle des lacs. Les données qui y sont consignées forment un ensemble minimum de descripteurs dont l'évolution devrait être suivie à long terme. Deux autres indicateurs de l'exposition des lacs à des sources excessives d'éléments nutritifs devraient être ajoutés au carnet de bord des lacs; ces indicateurs sont le développement des plantes aquatiques et du biofilm en zone littorale.

## 7.0 GLOSSAIRE : Quelques définitions et notions de limnologie

On appelle limnologie la discipline qui s'intéresse à la biologie, la chimie et la physique des lacs et des eaux courantes. Cette section présente quelques définitions et notions élémentaires qui aideront à la compréhension du texte.

**Algues** : plantes microscopiques, généralement invisibles à l'œil nu. Les algues vivant en suspension dans l'eau forment le phytoplancton, alors que celles attachées aux substrats solides tels les roches, le bois et les plantes aquatiques vasculaires font partie d'une communauté appelée périphyton ou biofilm ([photo 2](#)). Certaines algues, appelées filamenteuses, sont facilement visibles à l'œil nu et vivent attachées aux plantes aquatiques et aux substrats solides; elles ressemblent à de fins cheveux verts dont la longueur varie de quelques millimètres à plusieurs centimètres ([photo 13](#), [photo 14](#), [photo 15](#)). La présence d'algues filamenteuses indique toujours une source localement importante d'éléments nutritifs (végétation en décomposition, installation septique déficiente, rejet d'eaux polluées).

**Anoxie morphométrique** : désigne une situation où la disparition rapide de l'oxygène des eaux profondes et froides de l'hypolimnion résulte non pas d'une production biologique excessive (eutrophisation), mais plutôt d'un trop faible volume hypolimnétique (due à la forme de la cuvette). Cette situation est commune dans les petits lacs des Laurentides, où la profondeur maximale dépasse rarement 20 mètres.



Dans l'exemple ci-haut, les lacs A et B reçoivent les mêmes quantités de nutriments et leurs zones éclairées réalisent des productivités biologiques égales. Les algues produites dans l'épilimnion sédimentent éventuellement dans l'hypolimnion où elles causent des demandes biologiques en oxygène égales. Cependant, puisque la quantité d'oxygène stocké au printemps dans le lac B est plus petite que dans le lac A, l'oxygène y sera épuisé plus rapidement.

**Anoxique** : dépourvu d'oxygène.

**Bactéries** : organismes unicellulaires microscopiques normalement bénéfiques et présents en grande quantité dans les eaux (typiquement plus d'un million par centimètre cube) et les sédiments. Les bactéries jouent un rôle essentiel dans la décomposition de la matière organique et le recyclage des éléments nutritifs; elle servent aussi de nourriture au zooplancton. Certaines bactéries, telles les

coliformes fécaux, peuvent provenir d'installations septiques déficientes ou mal entretenues et peuvent indiquer la présence de bactéries et virus pathogènes humains.

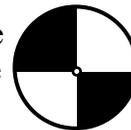
**Bassin versant :** Portion du territoire qui capte l'eau s'écoulant dans un lac ou un cours d'eau.

**Benthos :** nom donné à l'ensemble des animaux invertébrés (insectes aquatiques, petits vers, mollusques) vivant dans les sédiments des lacs et des rivières. Le benthos constitue une source de nourriture importante pour les poissons tels la perchaude, l'achigan et l'omble de fontaine.

**Capacité de support d'un lac :** Quantité maximale de perturbation (développement immobilier, coupe forestière, etc...) que peut subir un lac sans causer le dépassement d'un critère déterminé de qualité du milieu. On utilise souvent la concentration en phosphore et un seuil de 10 µg/litre comme critère de qualité à ne pas dépasser. Cependant, d'autres critères de qualité du milieu, tels la transparence de l'eau, l'abondance et la diversité de la flore et de la faune aquatique ou littorale, peuvent être appliqués.

**Carbone organique dissous ou COD :** Nom désignant l'ensemble des composés organiques (à base de carbone) trouvés en solution dans l'eau des lacs et des rivières. Dans les lacs et rivières des Laurentides, la majeure partie du COD a une teinte brune ([photo 9](#)) et provient de matière végétale mal décomposée produite dans les tourbières, les marais, et les sols saturés d'eau. Dans nos lacs, la présence de COD en concentrations supérieures à 3 mg/litre diminue sensiblement la transparence de l'eau. Une concentration de 15 mg/litre donne à l'eau une apparence de thé.

**Disque de Secchi :** disque noir et blanc d'un diamètre de 20 centimètres utilisé pour estimer la transparence de l'eau. Du côté ombragé de l'embarcation, le disque est lentement descendu dans l'eau, au moyen d'une corde graduée, jusqu'à ce qu'il devienne tout juste imperceptible. On note cette profondeur et on le remonte ensuite très doucement jusqu'à ce qu'il devienne tout juste perceptible. La transparence de l'eau correspond à la moyenne entre ces deux profondeurs. Du nom de son inventeur, ce dispositif fournit, à très peu de frais, une information précieuse sur l'évolution de la qualité de l'eau d'un lac au fil des années.



**Élément nutritif (nutriment) :** Élément chimique minéral essentiel à la vie des algues et des plantes. On connaît une vingtaine d'éléments chimiques essentiels à la croissance des algues et des plantes. La majorité ne sont requis qu'en quantités infinitésimales alors que d'autres, tels le carbone, l'azote et le phosphore sont requis en plus grandes quantités.

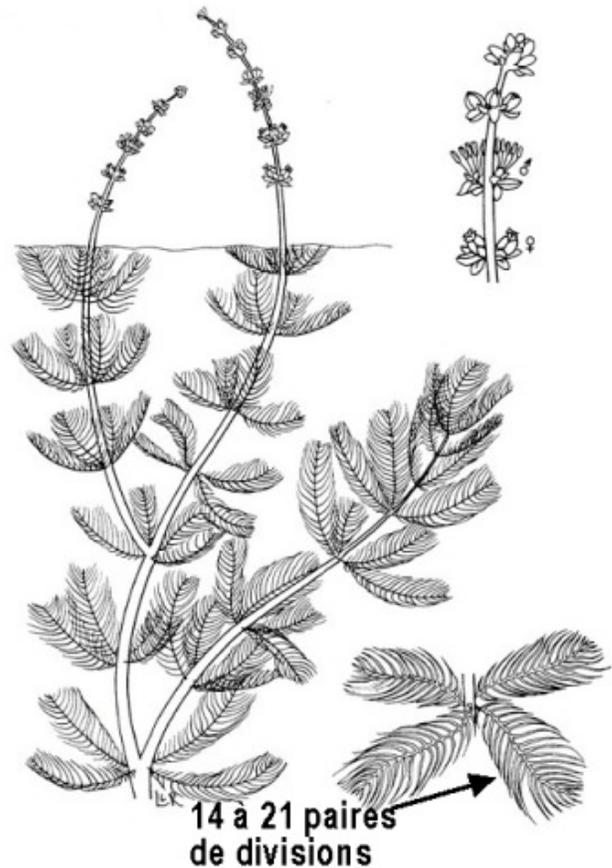
**Eutrophisation :** Dégradation de la qualité des milieux aquatiques causée par une surabondance d'éléments nutritifs, en particulier de phosphore. Cette dégradation

se manifeste par un développement indésirable d'algues et de plantes aquatiques, une diminution de la transparence des eaux, l'anoxie prononcée des eaux profondes, et la perte de certaines espèces sensibles de poissons d'eaux froides (salmonidés) et, dans les cas extrêmes, l'axphysie totale des poissons durant l'hiver. De plus, un excès en phosphore peut causer l'apparition d'algues nuisibles et parfois toxiques appelées algues bleu-vertes ou cyanobactéries. On décrit souvent l'eutrophisation en termes de *vieillissement accéléré* des lacs. Cette image n'est pas tout à fait juste car, par définition, le vieillissement est un processus irréversible alors qu'il est possible de réhabiliter un lac devenu eutrophe en y réduisant les apports de nutriments.

**Microgramme** : un microgramme = un millième de milligramme = un millionième de gramme. Un microgramme par litre ( $\mu\text{g/litre}$ ) est une quantité infinitésimale; elle correspond approximativement à la concentration que l'on obtiendrait en dissolvant une cuiller à thé de sel dans une piscine olympique!

**Myriophylle à épi** ([photo 1](#)): Cette plante originaire d'Europe, d'Asie et d'Afrique a été introduite en Amérique du Nord au début du 20<sup>e</sup> siècle. Elle est probablement arrivée au Québec dans les années soixante (peut-être avant dans le Saint-Laurent) et elle était déjà bien implantée en Estrie au début des années soixante-dix. Elle est maintenant fréquente dans les vallées de la Gatineau et de

la Lièvre. On la rencontre occasionnellement dans les Laurentides et en Abitibi, où sa présence notable près des bases d'hydravion indique que ce moyen de transport aurait pu être un vecteur important en plus des remorques de bateaux. Sous l'eau, ses feuilles ont l'apparence de plumes. Cette plante très agressive affectionne les sédiments fertiles reposant à une profondeur de un à quatre mètres; son système racinaire très efficace lui permet de déplacer ses concurrents et de parvenir ainsi à atteindre des biomasses impressionnantes. Elle forme ainsi des herbiers monospécifiques denses nuisant à certains usages des plans d'eau. Dans les Laurentides, le myriophylle semble affectionner particulièrement les lacs réunissant une ou plusieurs des conditions suivantes: 1- situés à une altitude inférieure à environ 230 mètres (ce qui correspond à la limite de l'extension de la Mer de Champlain) comme les lacs de



**l'Achigan, Connelly, Écho, Maskinongé et Ouimet**; 2- influencés par une formation géologique particulière composée de marbres et autres roches calco-silicatées (lacs **Duhamel, Maskinongé et Ouimet**); 3- exposés à des apports importants en azote et en phosphore (plusieurs lacs). Les riverains des lacs où la plante est encore absente mais possédant une de ces trois caractéristiques (exemples: **Cornu, Bleu, Beaven, MacDonald** et peut-être le lac **Tremblant**) devraient adopter des mesures visant à prévenir son introduction. Des tests effectués à la Station de biologie des Laurentides ont montré que dans la municipalité de Saint-Hippolyte, le myriophylle à épi pourrait s'implanter facilement dans le lac à **l'Ours**, mais qu'il n'arriverait pas à s'implanter rapidement dans les autres lacs où il n'est pas déjà présent. Illustration : Center for Aquatic Plants, Université de Floride.

**Périphyton** : Communauté composée en grande partie d'organismes microscopiques (algues, bactéries, zooplancton) et de benthos vivant attachée aux substrats solides. Le périphyton a souvent une apparence brunâtre et son épaisseur peut atteindre plusieurs millimètres dans les milieux fertiles et protégés des vents ([photo 2](#)).

**Phytoplancton** : Algues microscopiques ([photo 11](#)) vivant librement et le plus souvent en suspension passive dans l'eau (voir « algues »). Elles servent de nourriture au zooplancton ([photo 12](#)).

**Phosphore** : Élément chimique essentiel à la vie. Bien que relativement abondant dans les roches et dans les sols, le phosphore forme des composés chimiques généralement peu solubles, ce qui explique sa rareté dans le milieu aquatique. Parmi tous les éléments requis par les organismes aquatiques, le phosphore est généralement celui qui est le moins abondant par rapport à la demande. C'est pourquoi on le qualifie souvent d'élément limitant. Une disponibilité trop grande en phosphore provoque une croissance excessive des algues et des plantes ([photo 4](#)) et cause ainsi une détérioration des lacs et des rivières (eutrophisation). L'agriculture, la pisciculture, et l'utilisation excessive de fertilisants à pelouses et jardins sont des sources problématiques de phosphore dans le milieu aquatique.

**Plantes aquatiques ou macrophytes** : Dans ce rapport, l'expression « plantes aquatiques » désigne les plantes vasculaires à feuilles submergées ([photo 16](#)), flottantes ([photo 3](#)) ou émergentes dont la taille varie de quelques centimètres à quelques mètres. La majorité des espèces s'enracinent dans les sédiments peu profonds, d'où elles puisent leurs éléments nutritifs, à l'instar des plantes terrestres. C'est pourquoi les fonds vaseux et riches en éléments nutritifs peuvent soutenir une forte croissance de plantes aquatiques. Certaines plantes flottent librement à la surface de l'eau (lentilles d'eau, ou lemnacées) ou reposent sur les fonds peu profonds (lemnacées, cératophyllacées); la présence de ces plantes libres est toujours indicatrice de conditions eutrophes.

**Sédiments (vase)**: Boue constituée de fines particules de composition diverse déposée au fond des lacs. Dans les lacs des Laurentides, les sédiments sont surtout composés de fins débris organiques provenant de la végétation terrestre auxquels s'ajoutent des particules minérales apportées par les ruisseaux et les vents, et aussi un peu de matière organique produite localement par les algues et

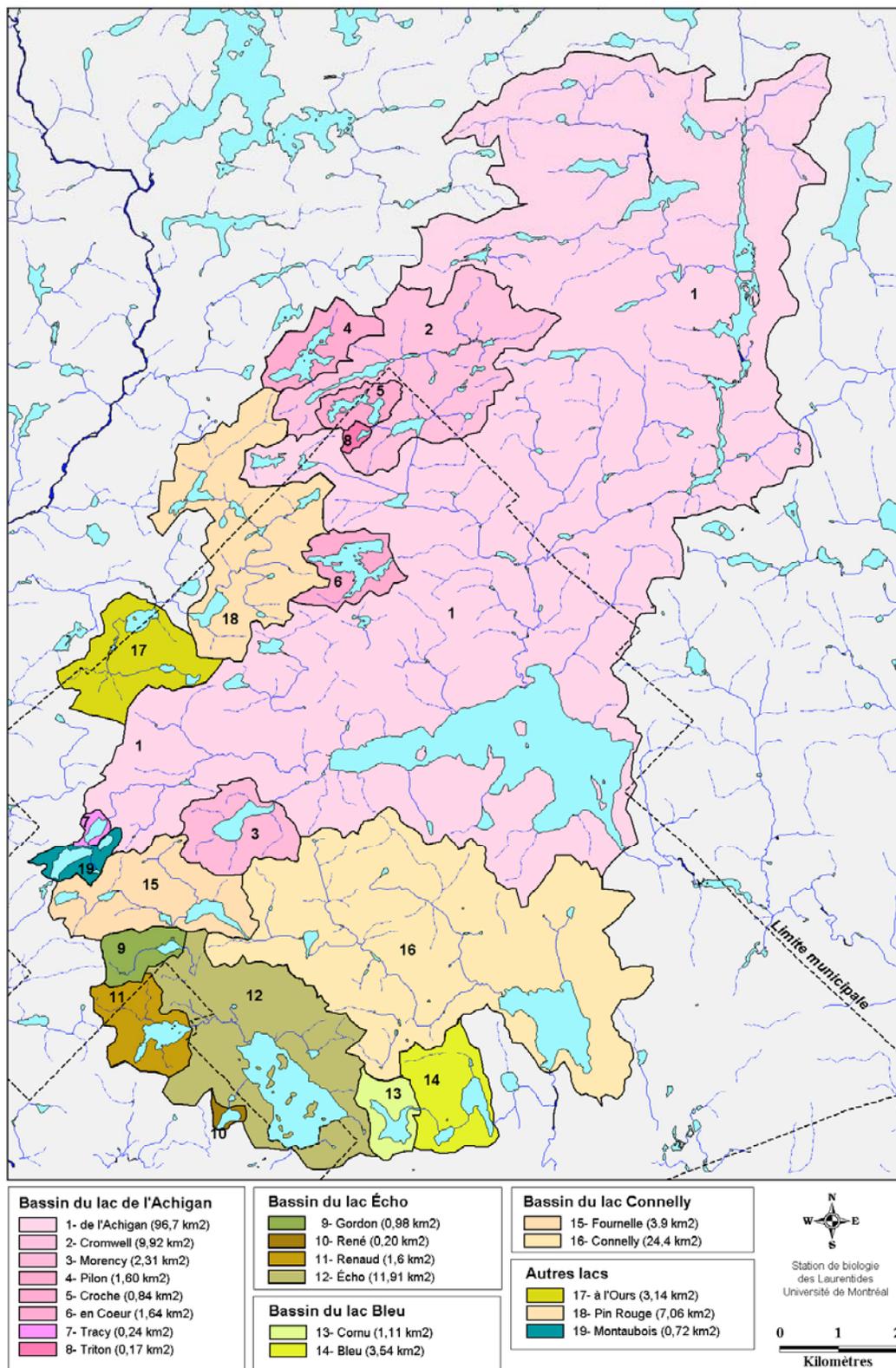
les plantes aquatiques. Les sédiments sont colonisés en grands nombres par des bactéries qui recyclent l'azote et le phosphore contenu dans la matière organique.

Les sédiments s'accumulent dans le fond des lacs à un taux d'environ 0,5 millimètre par année. Un lac de 10 mètres de profondeur mettra donc environ 20 000 ans à se remplir complètement. Dans les grands lacs comme le lac **de l'Achigan**, les sédiments ne s'accumulent pas sur les plages et dans le littoral peu profond des endroits exposés au vent, où l'action des vagues est importante. Par contre, on les retrouve jusqu'à la rive des baies protégées du vent et des petits lacs, au grand désespoir des baigneurs. Certains charlatans vendent, à fort prix, des cultures bactériennes ou des systèmes d'aération qui, prétendent, « font disparaître » les sédiments. C'est faux; ne vous y laissez pas prendre!

**Zooplancton** : Petits animaux généralement microscopiques ([photo 12](#)), mais dont la taille peut atteindre un à deux millimètres. Le zooplancton se nourrit surtout de phytoplancton et de bactéries. Il sert à son tour de nourriture à plusieurs espèces de poisson, dont l'omble de fontaine.

## ANNEXE 1. Carte d'ensemble des bassins versants

## Bassins versants des lacs de Saint-Hippolyte



**ANNEXE 2. Évolution saisonnière de la concentration en  
phosphore total, carbone organique dissous,  
et de la transparence dans les 16 lacs en 2001  
et 2002**

[de l'Achigan](#)

[Bleu](#)

[en Cœur](#)

[Connelly](#)

[Cornu](#)

[Croche](#)

[Écho](#)

[Fournelle](#)

[Gordon](#)

[Montaubois](#)

[Morency](#)

[à l'Ours](#)

[Pin Rouge](#)

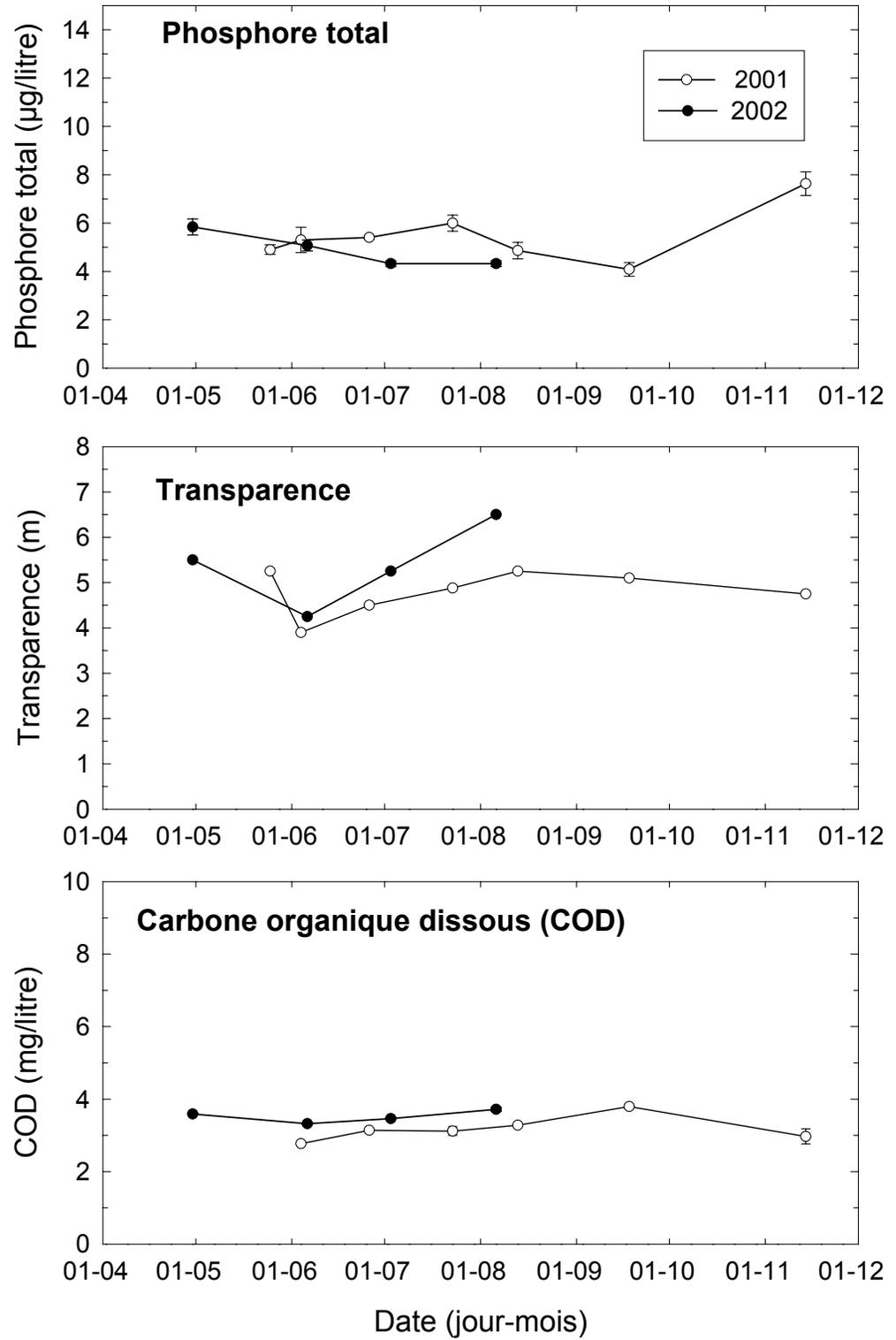
[Renaud](#)

[René](#)

[Tracy](#)

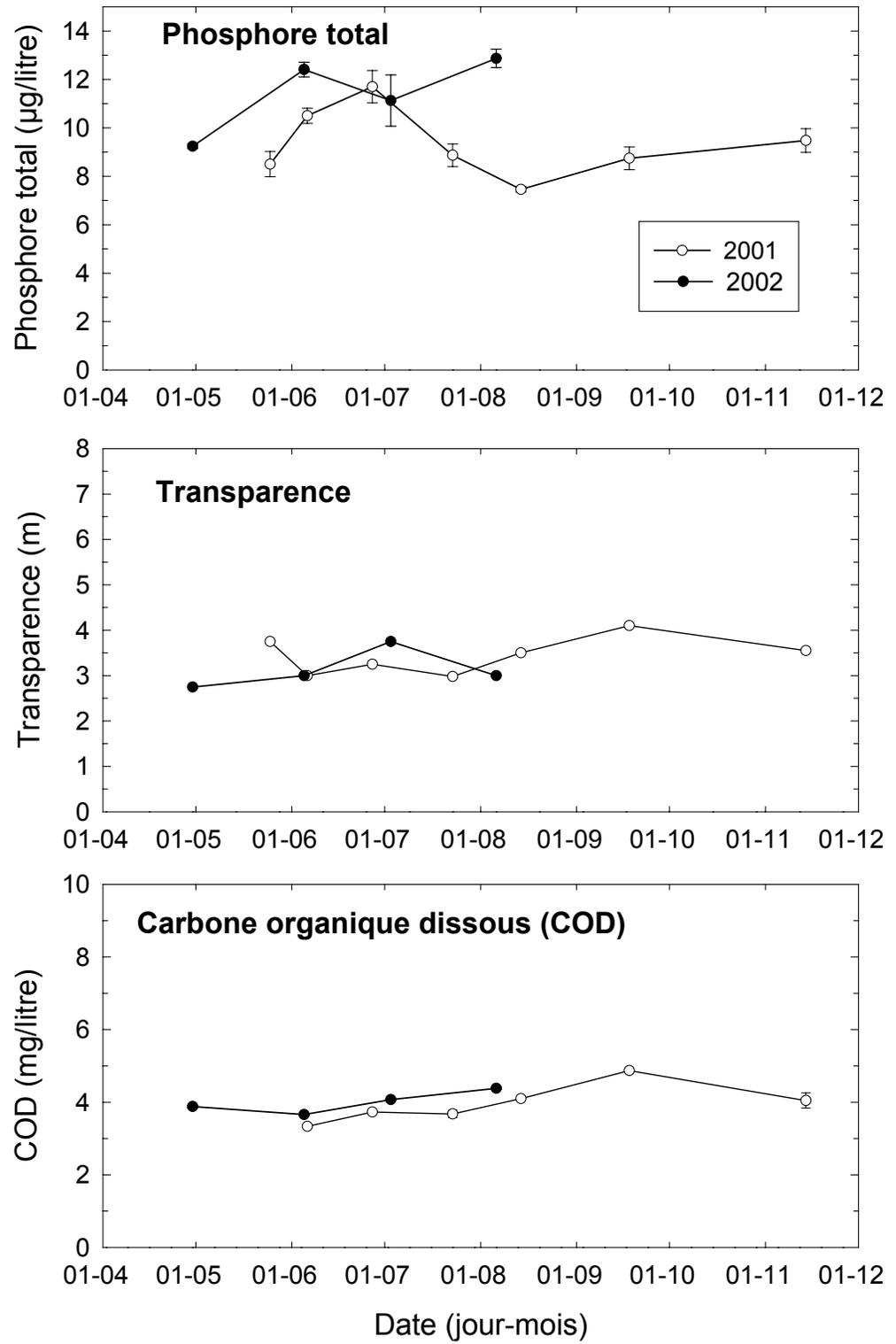
de l'Achigan

## Lac de l'Achigan



Source: Station de biologie des Laurentides, Université de Montréal

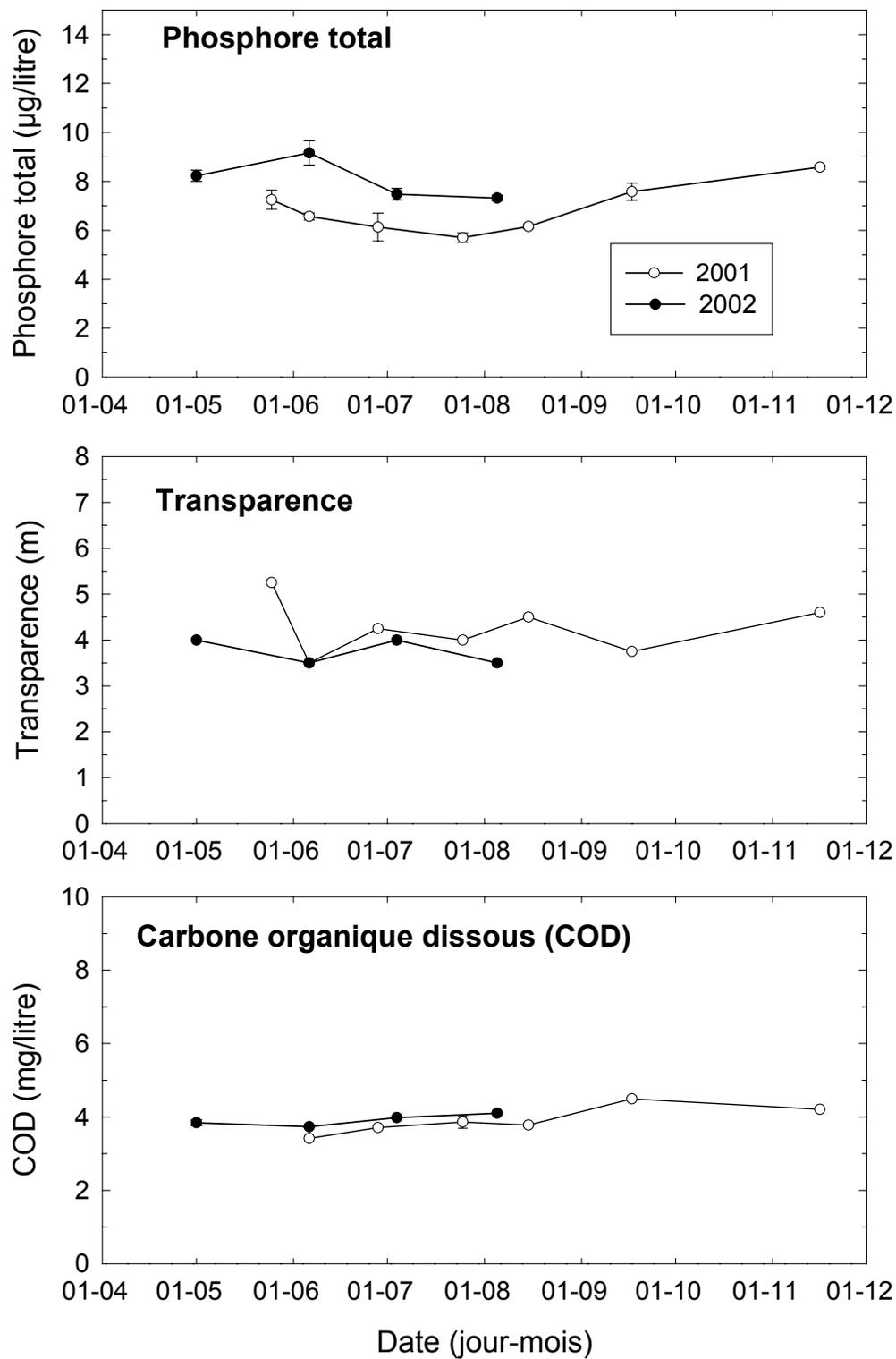
### Lac Bleu



Source: Station de biologie des Laurentides, Université de Montréal

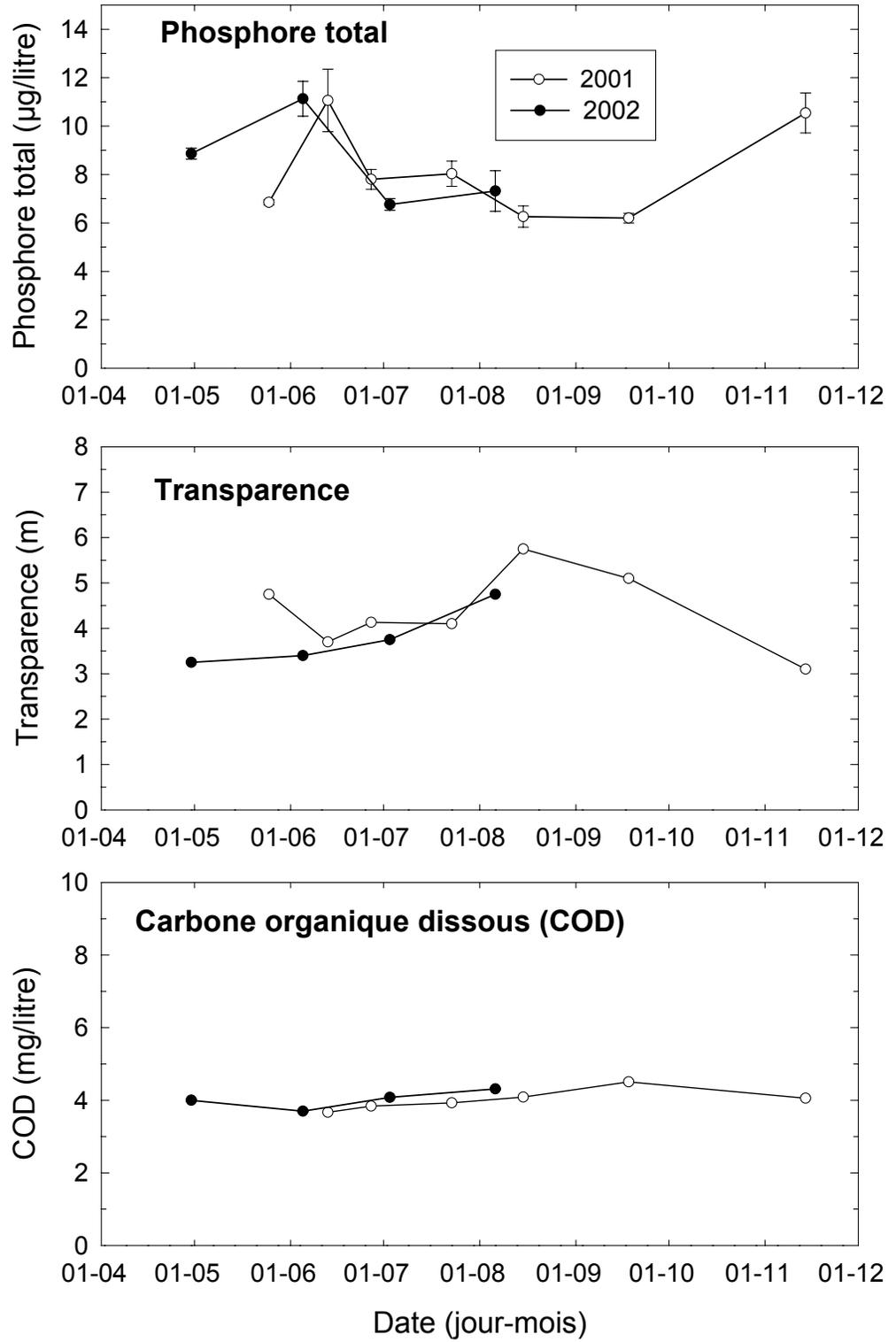
en Cœur

## Lac en Cœur



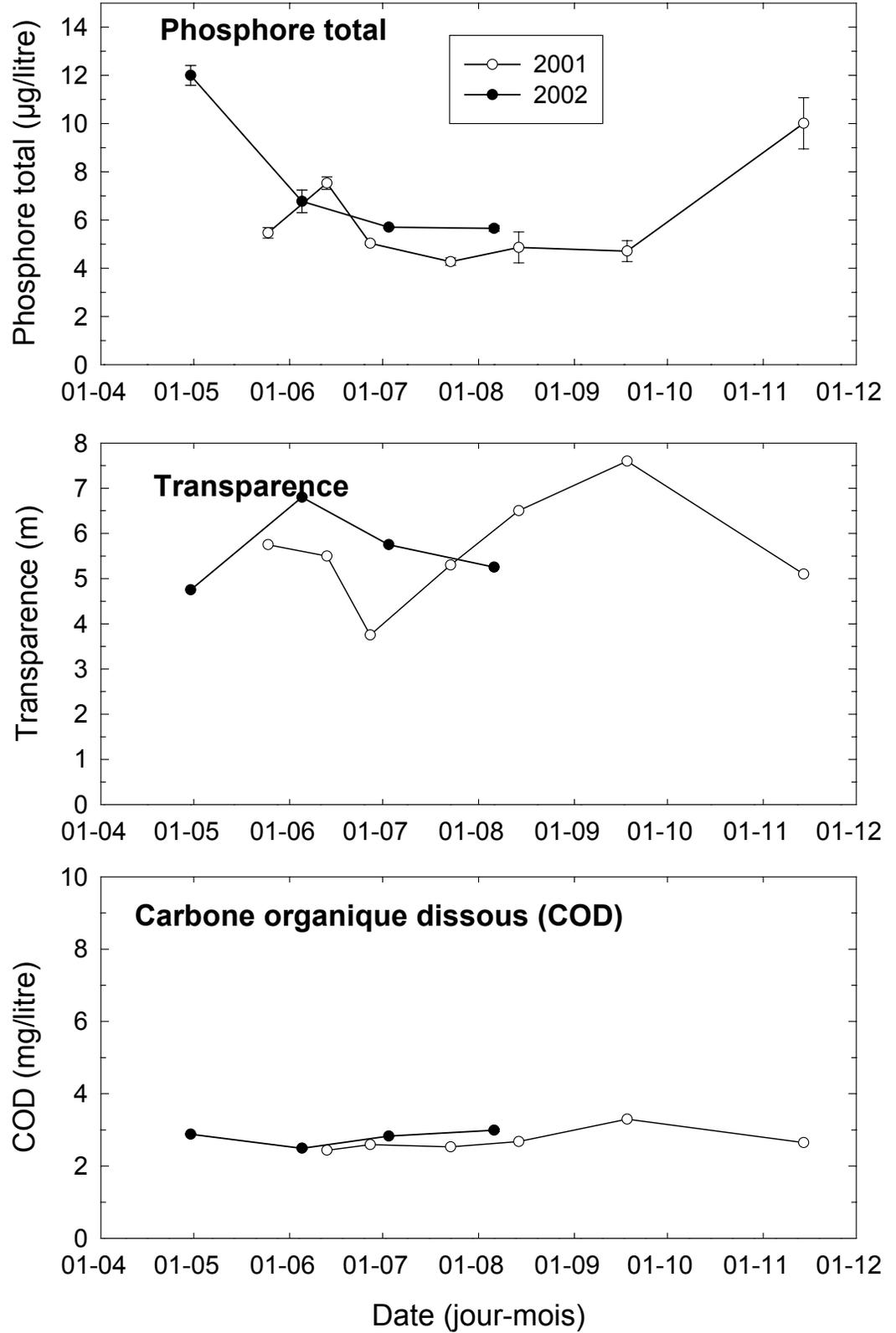
Source: Station de biologie des Laurentides, Université de Montréal

### Lac Connelly

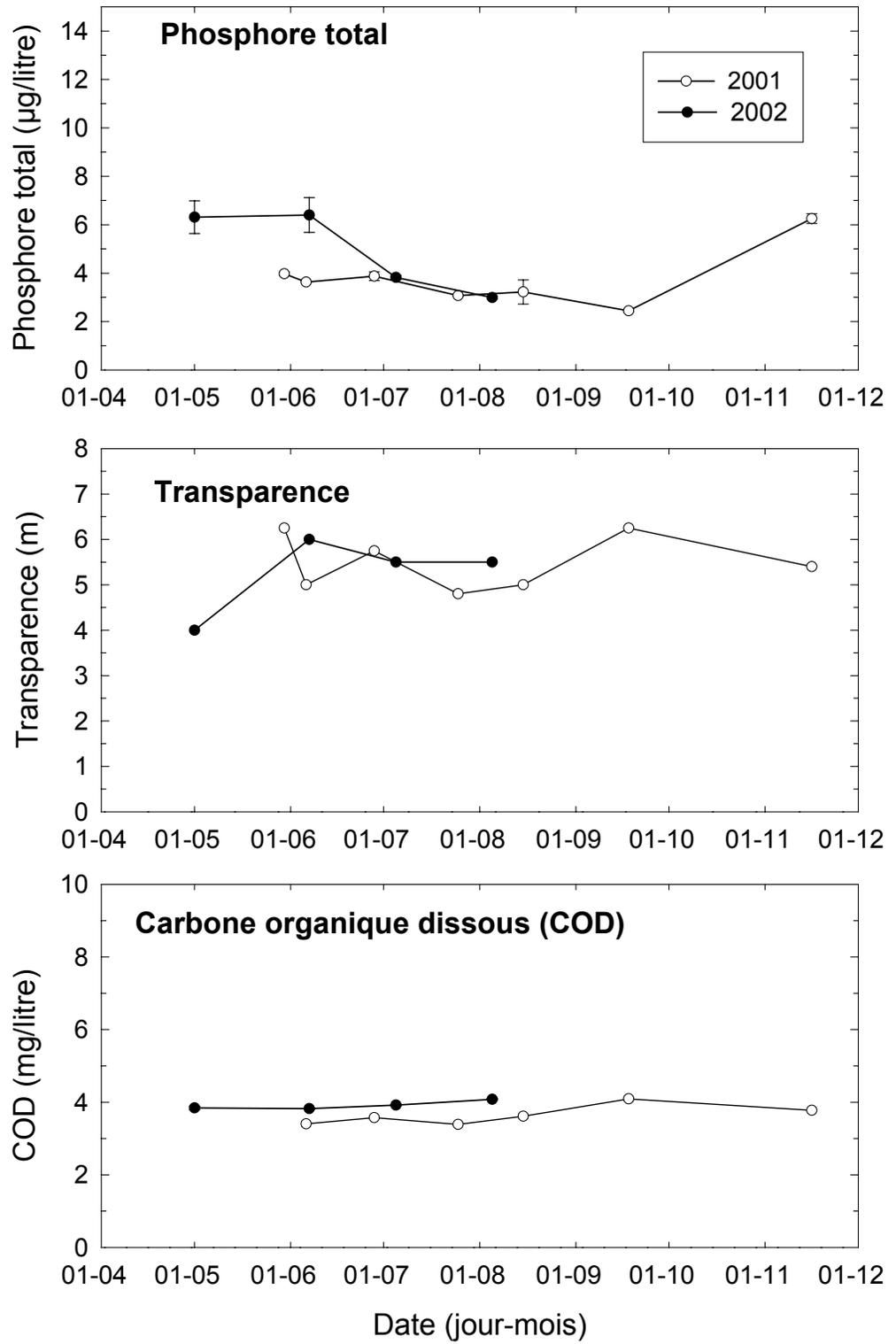


Source: Station de biologie des Laurentides, Université de Montréal

### Lac Cornu

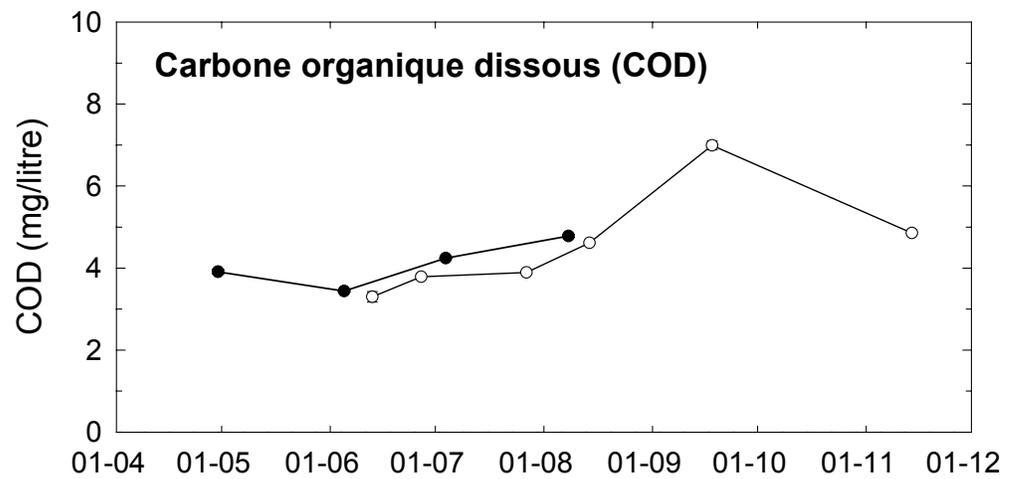
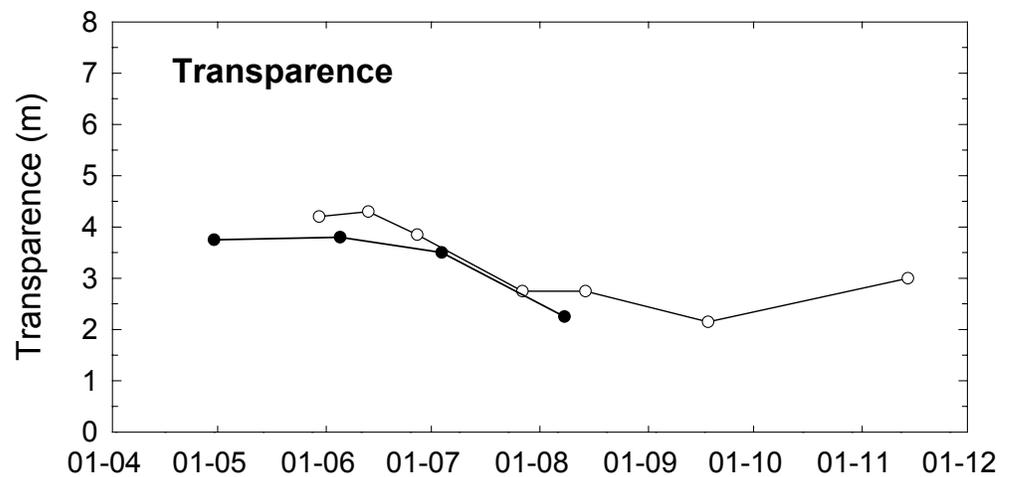
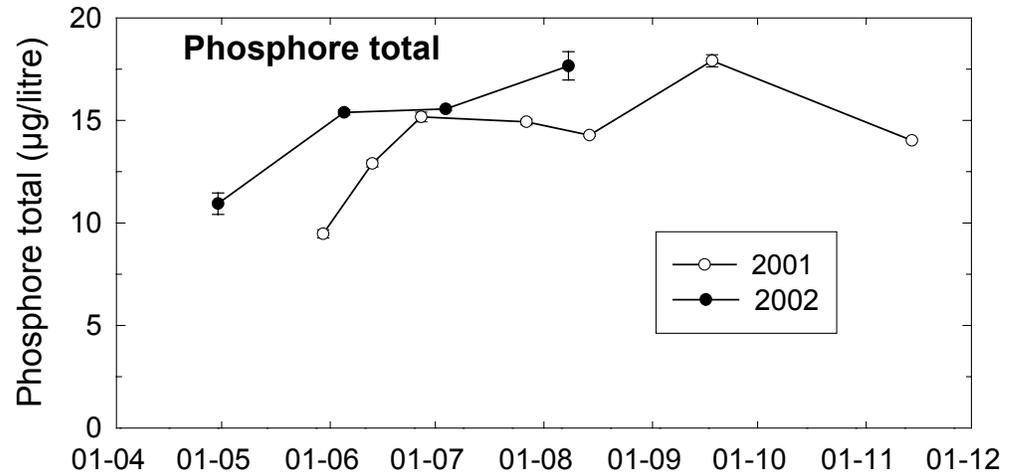


### Lac Croche



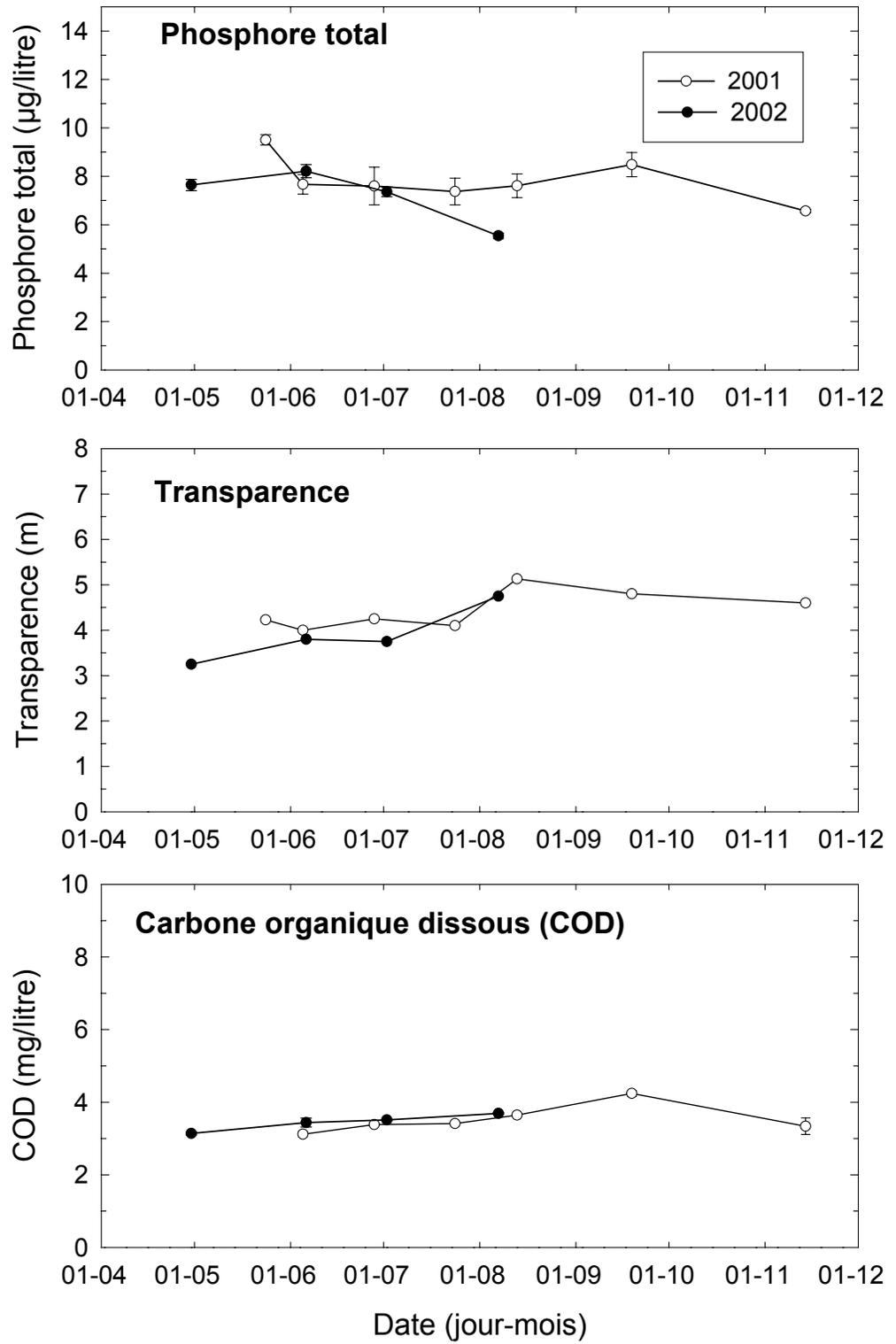
Source: Station de biologie des Laurentides, Université de Montréal

## Lac Echo



Date (jour-mois)

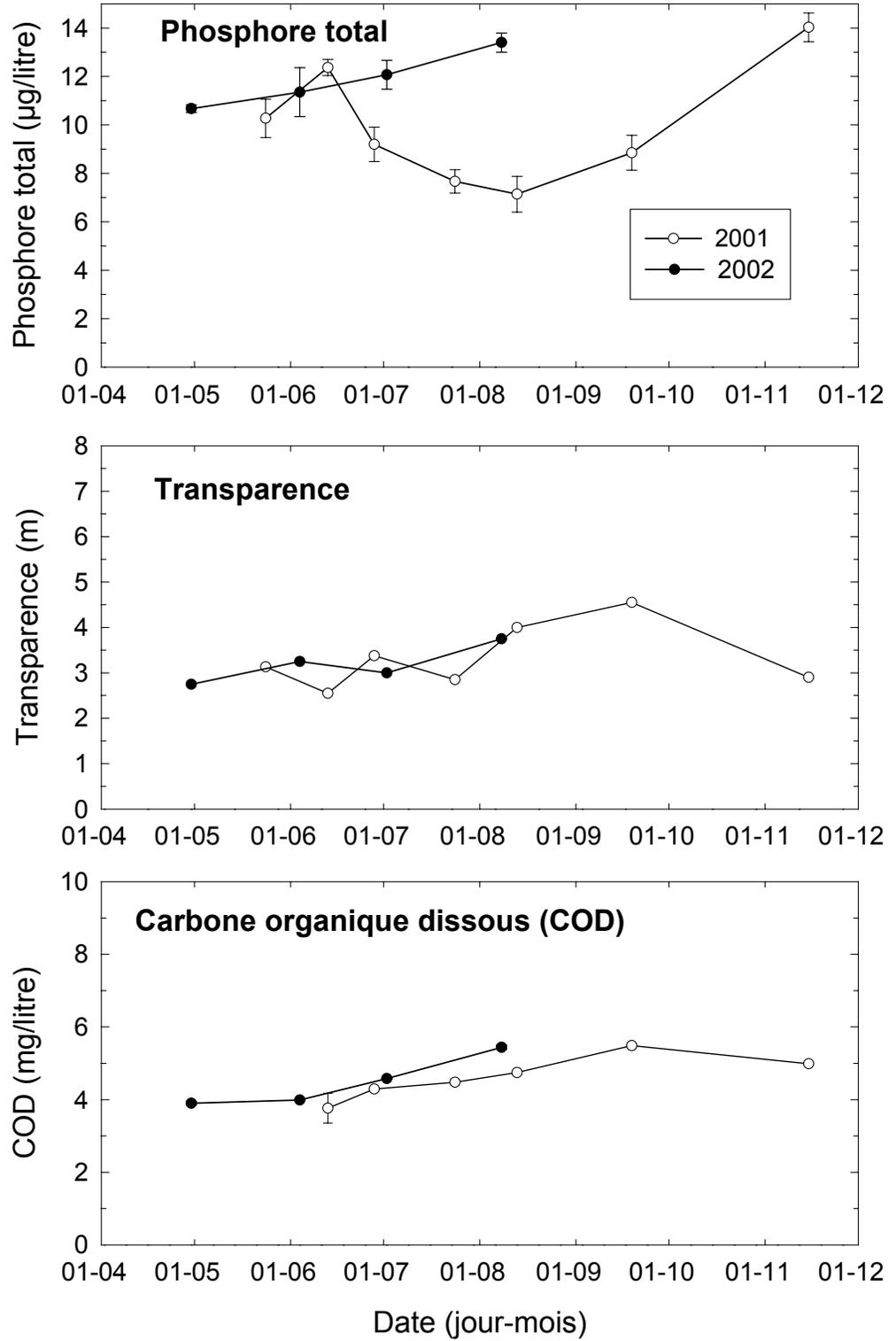
### Lac Fournelle



Source: Station de biologie des Laurentides, Université de Montréal

Gordon

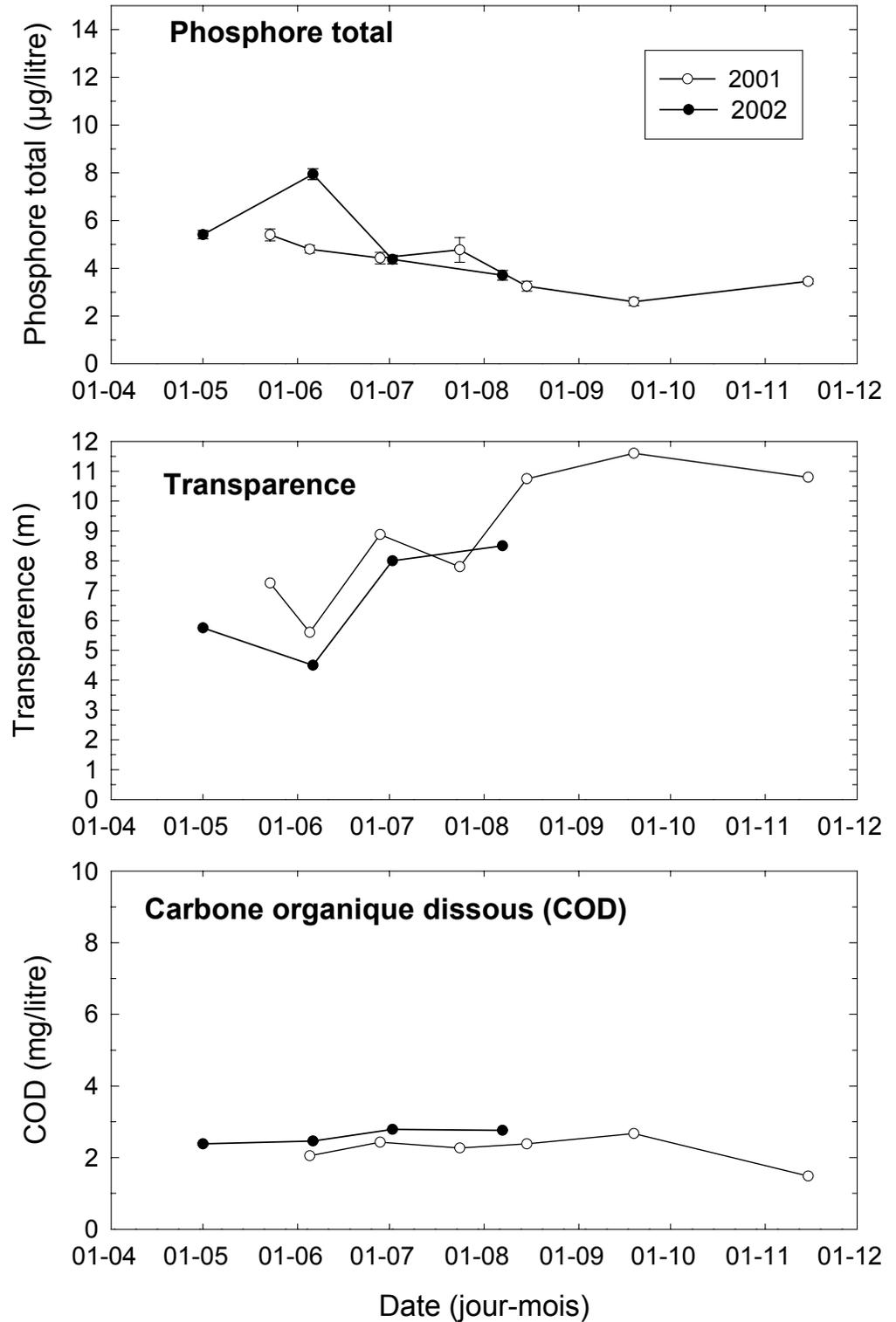
### Lac Gordon



Source: Station de biologie des Laurentides, Université de Montréal

Montaubois

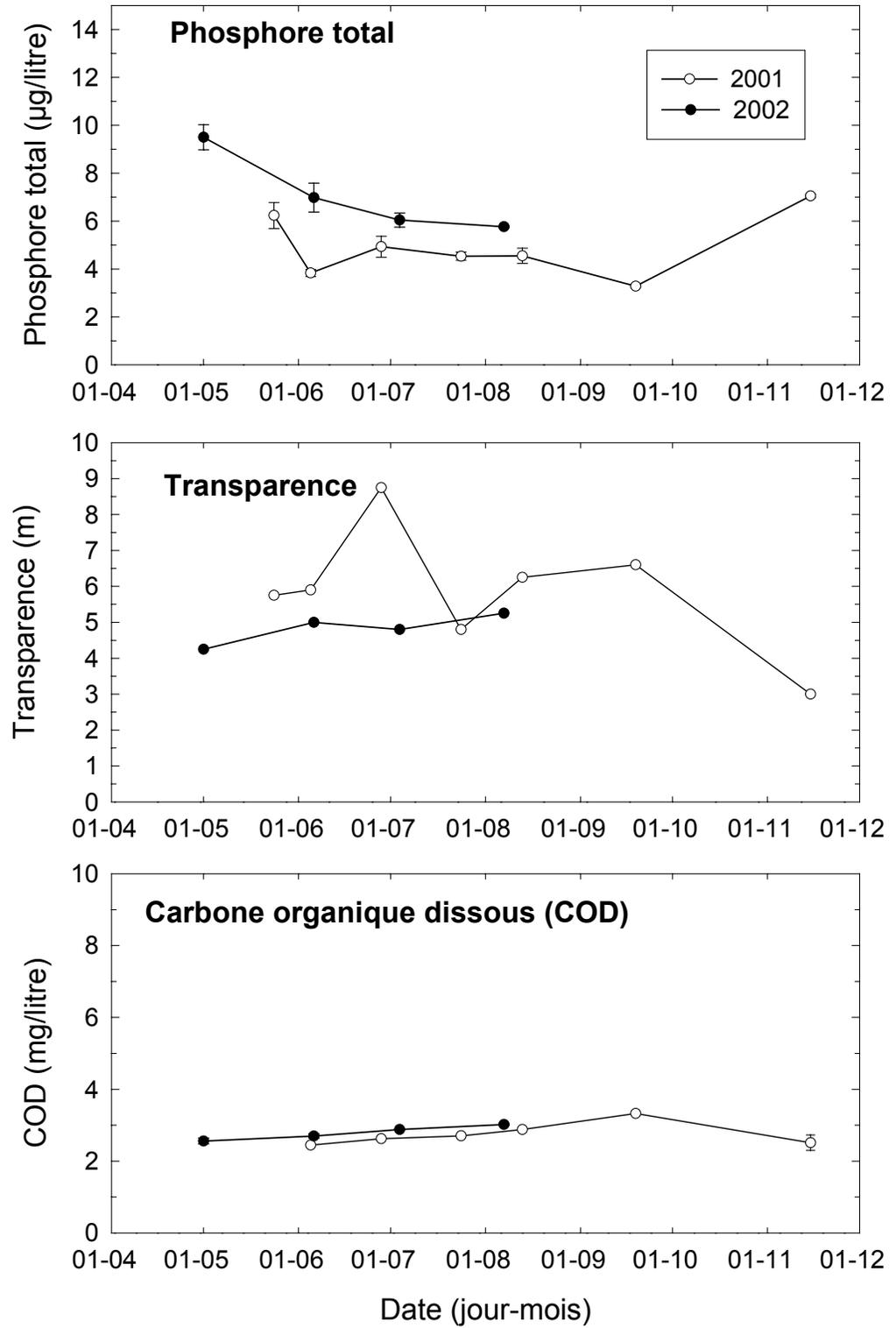
### Lac Montaubois



Source: Station de biologie des Laurentides, Université de Montréal

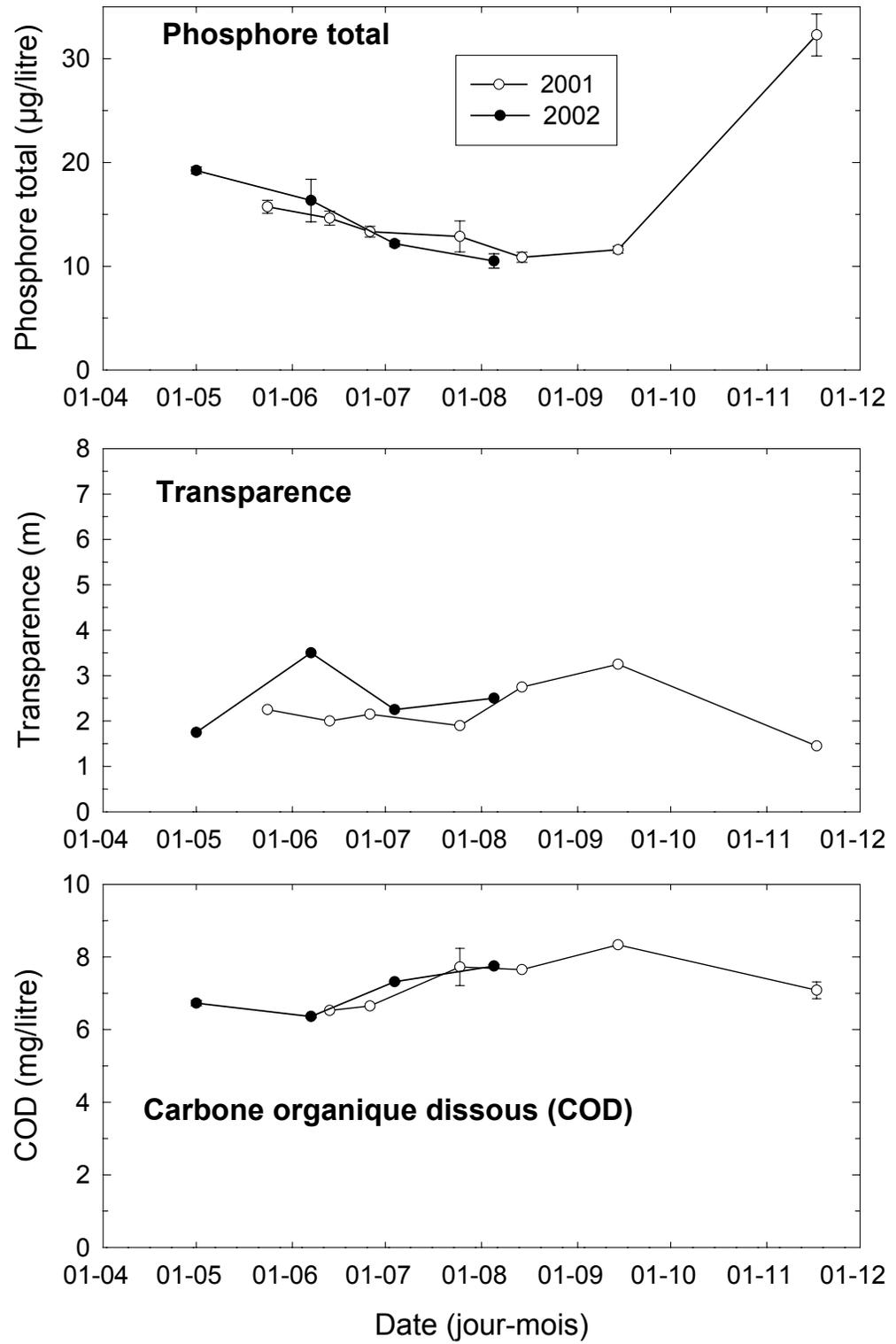
Morency

### Lac Morency



Source: Station de biologie des Laurentides, Université de Montréal

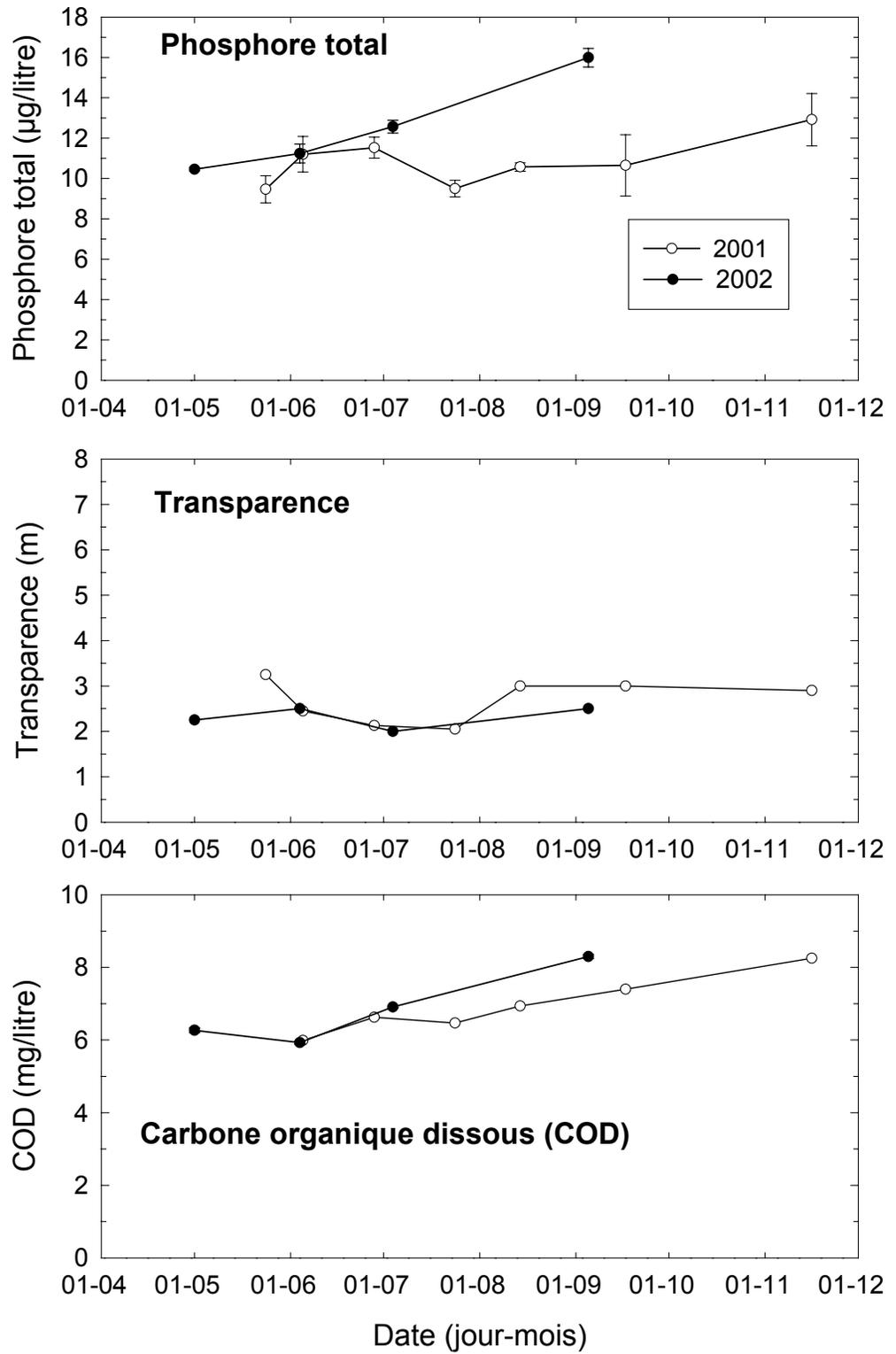
## Lac à l'Ours



Source: Station de biologie des Laurentides, Université de Montréal

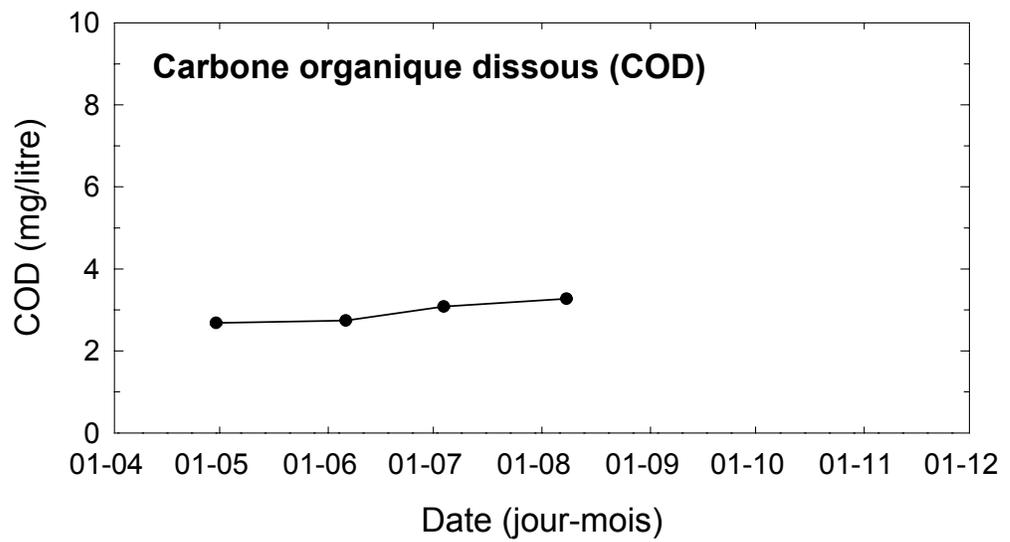
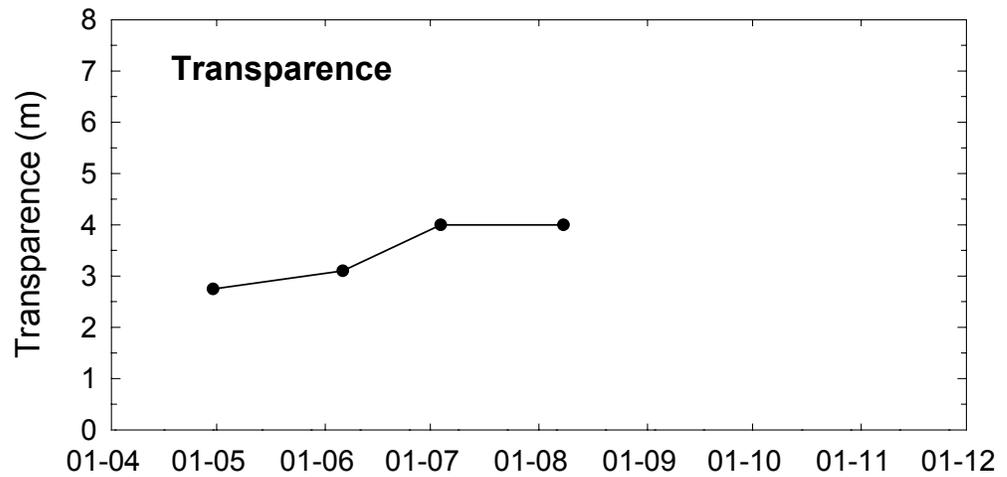
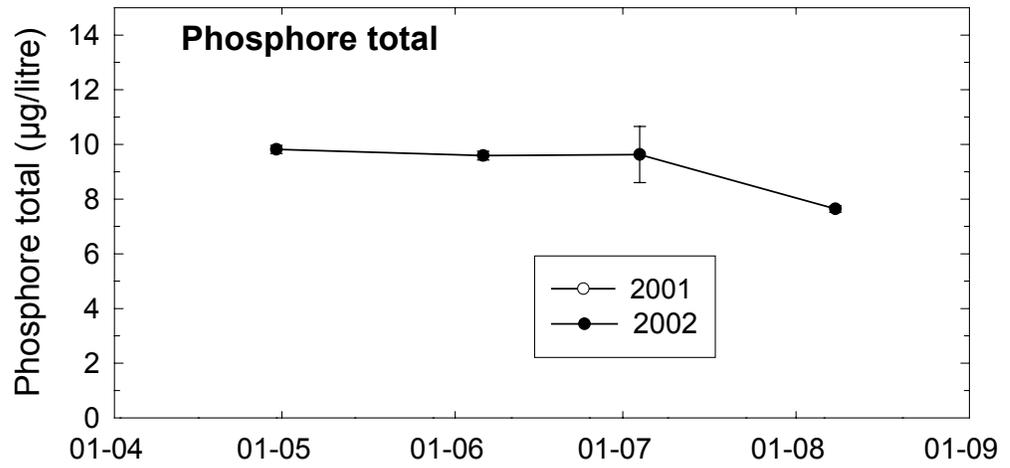
Pin Rouge

### Lac Pin Rouge



Source: Station de biologie des Laurentides, Université de Montréal

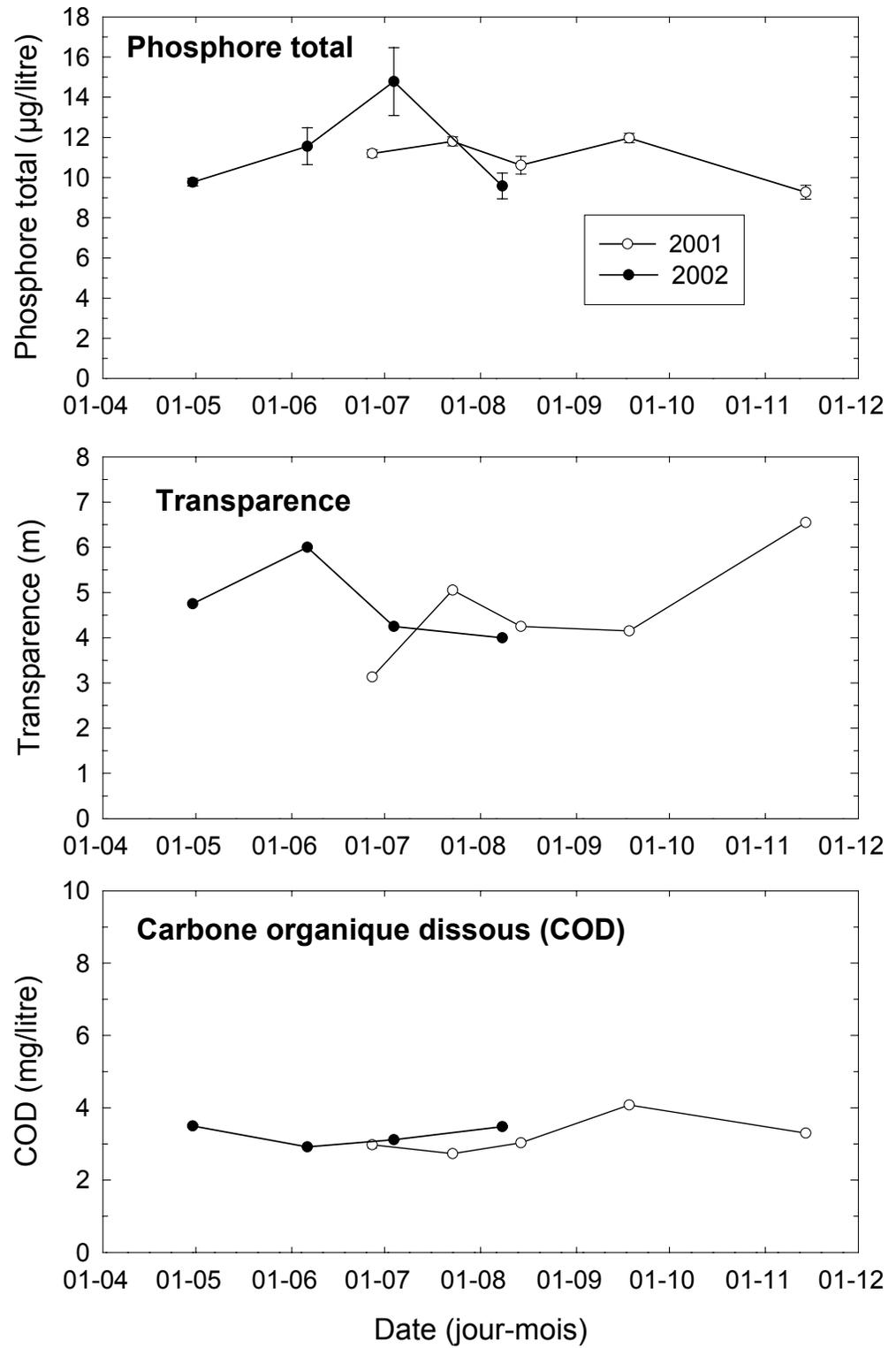
### Lac Renaud



Source: Station de biologie des Laurentides, Université de Montréal

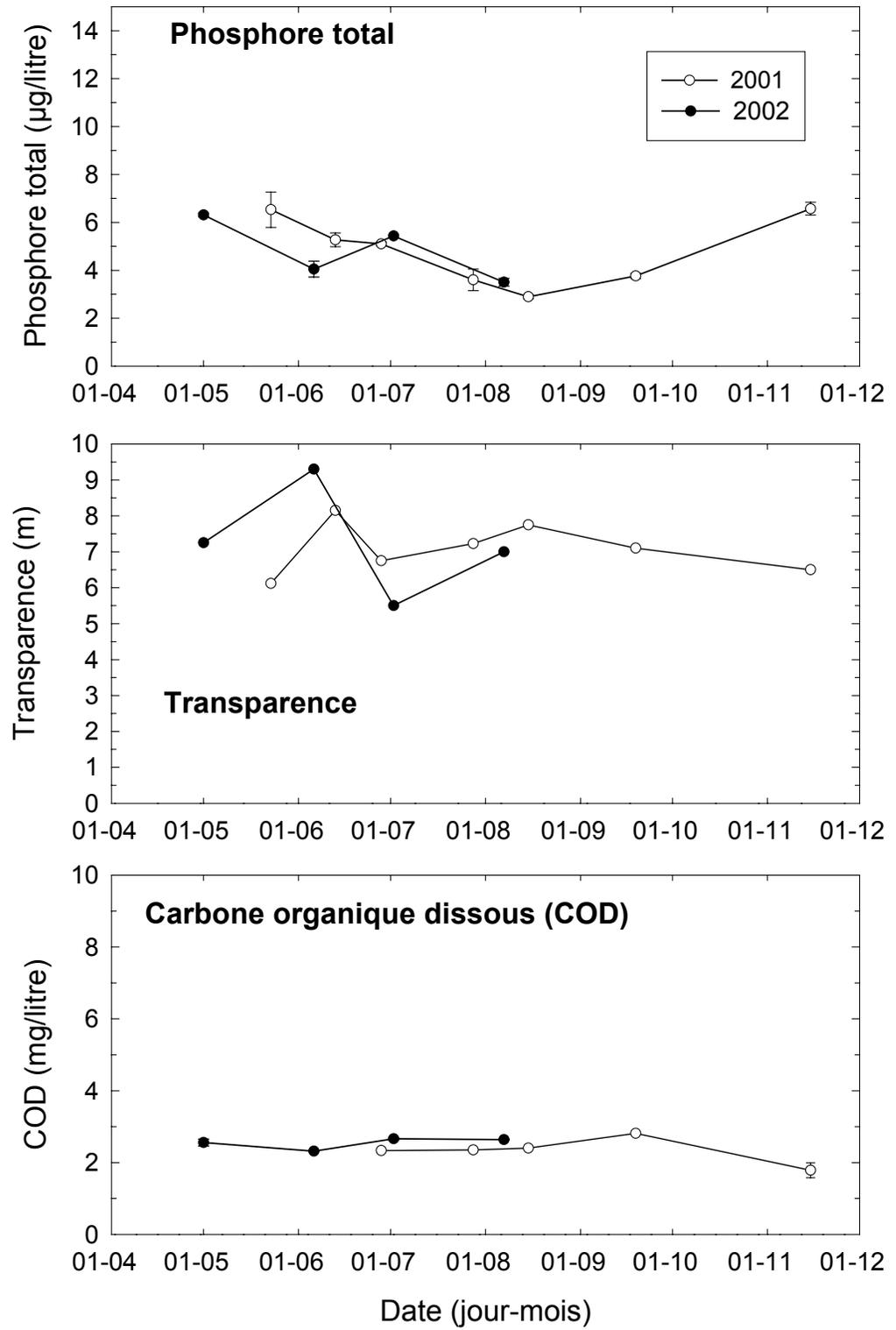
René

## Lac René



Source: Station de biologie des Laurentides, Université de Montréal

### Lac Tracy



Source: Station de biologie des Laurentides, Université de Montréal

**ANNEXE 3. Évolution saisonnière des profils de température  
et d'oxygène dans les 16 lacs**

[de l'Achigan](#)

[Bleu](#)

[en Cœur](#)

[Connelly](#)

[Cornu](#)

[Croche](#)

[Écho](#)

[Fournelle](#)

[Gordon](#)

[Montaubois](#)

[Morency](#)

[à l'Ours](#)

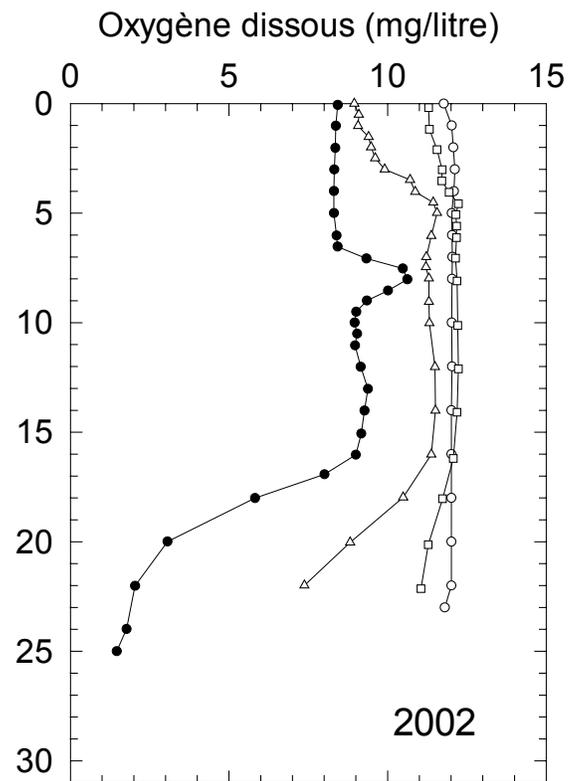
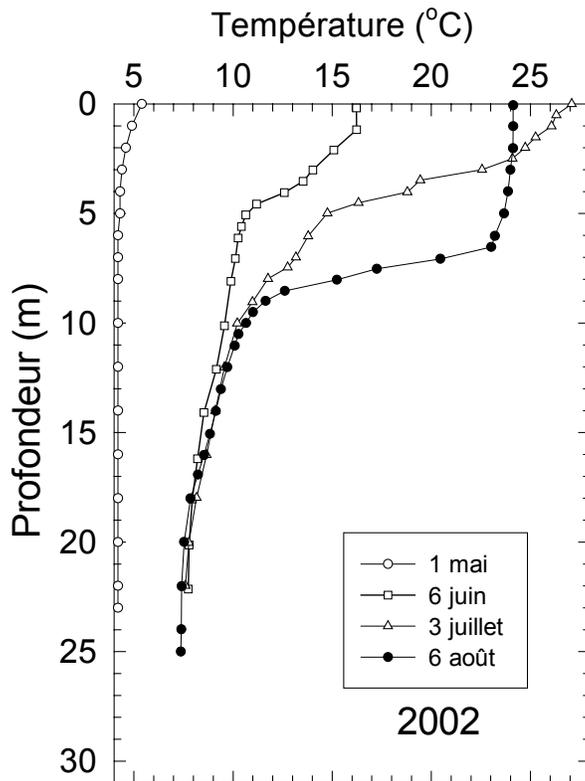
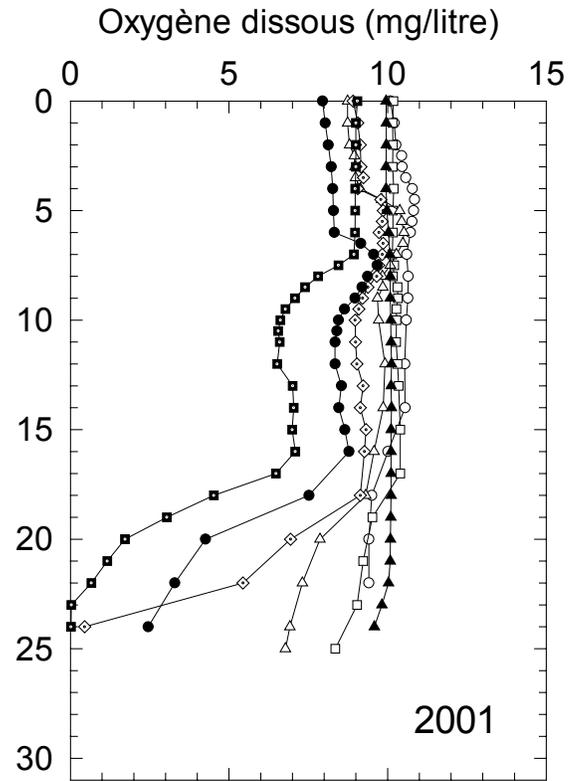
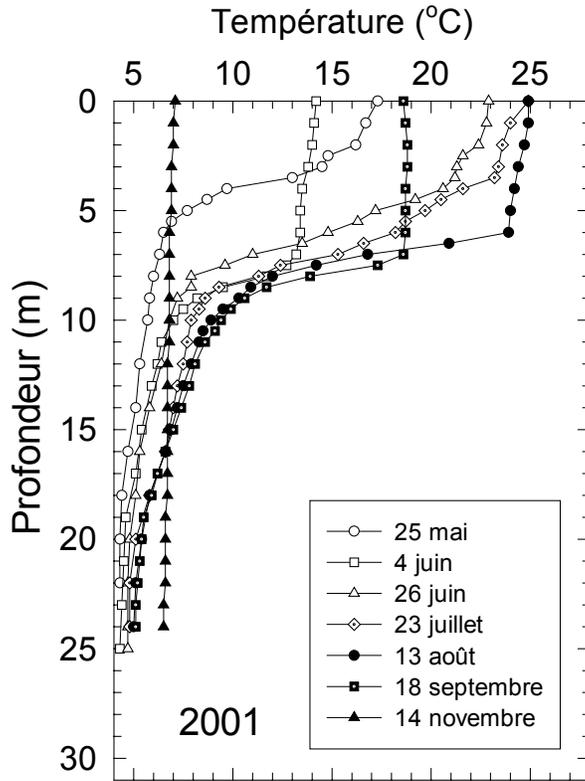
[Pin Rouge](#)

[Renaud](#)

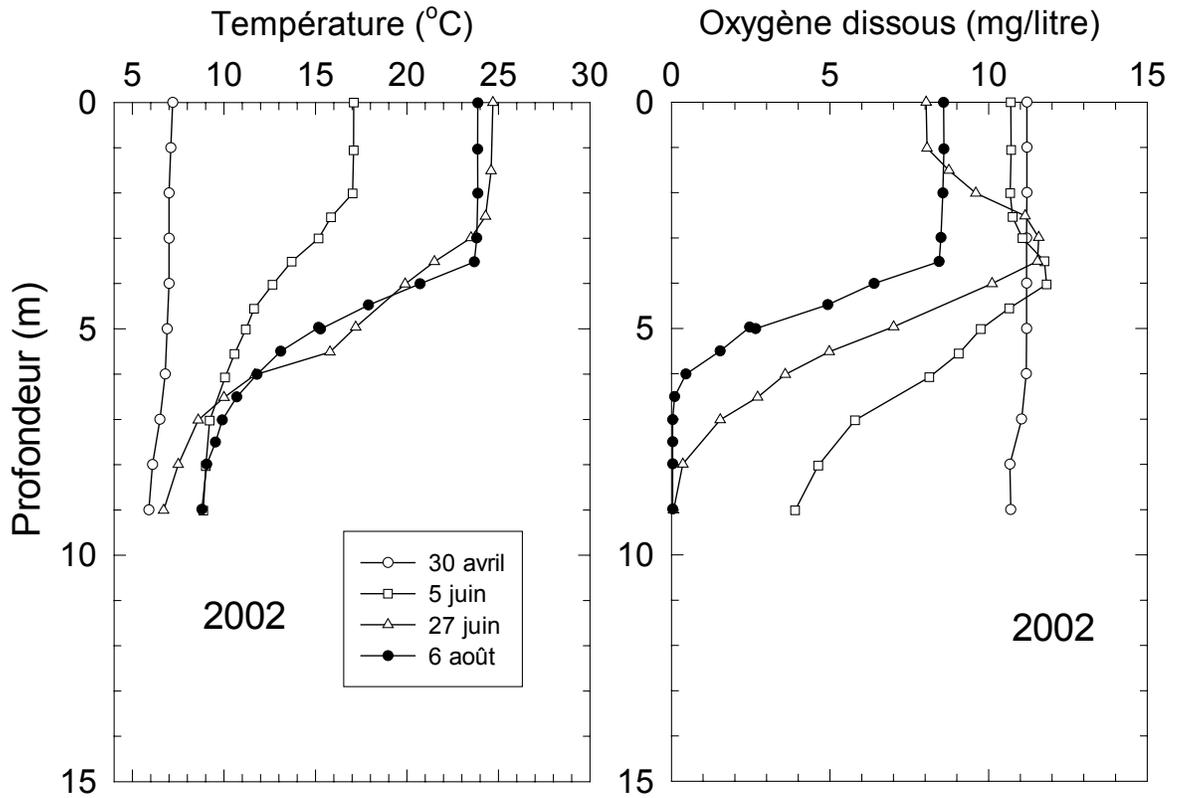
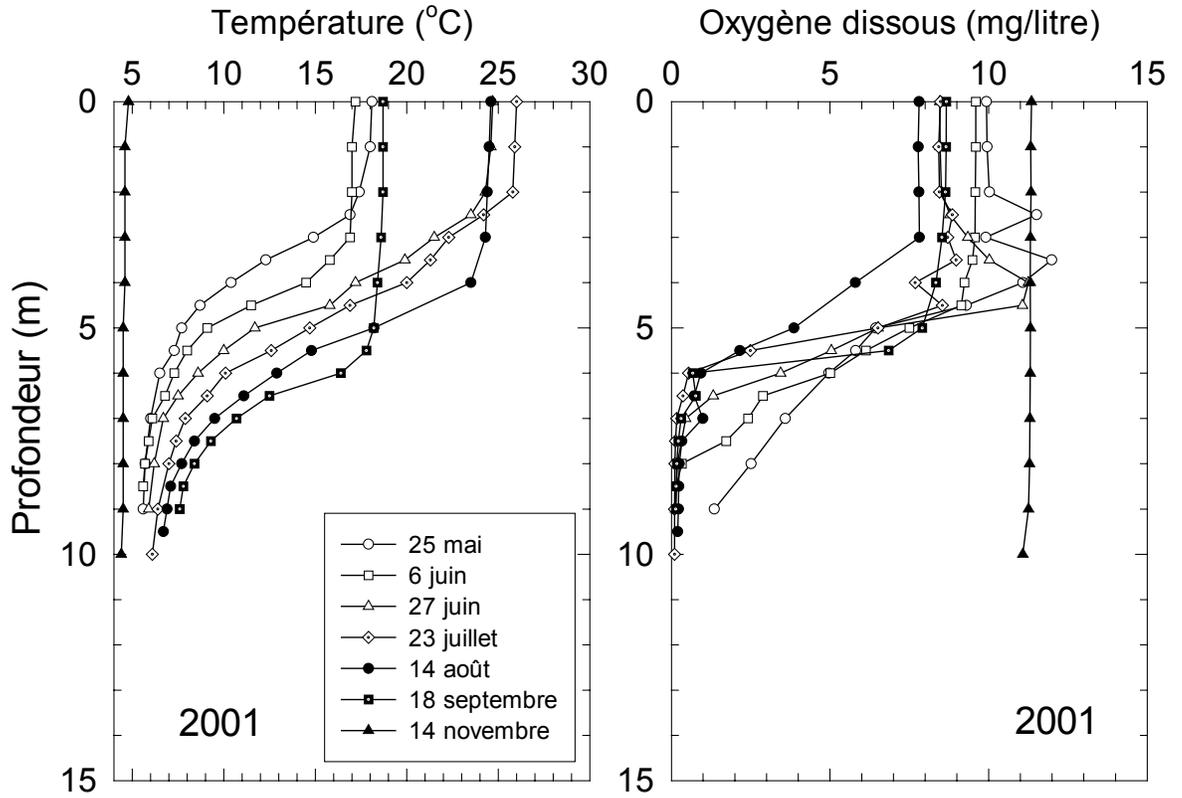
[René](#)

[Tracy](#)

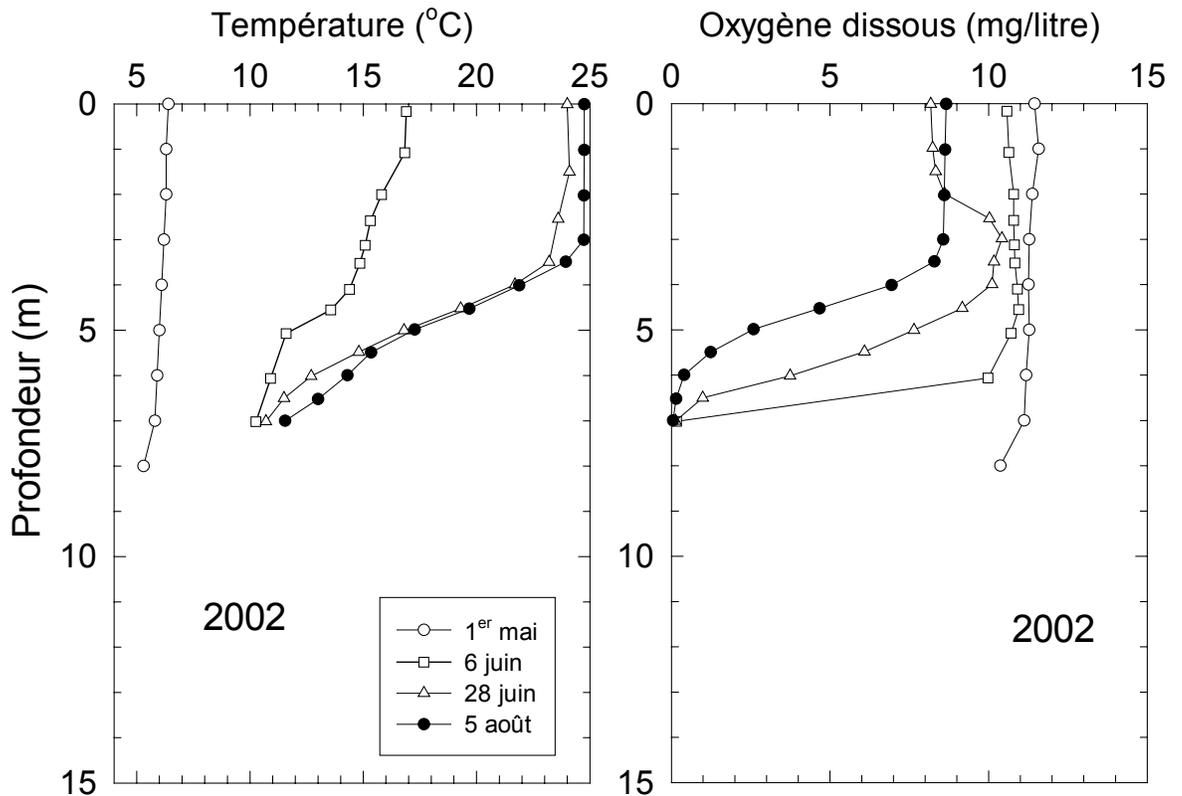
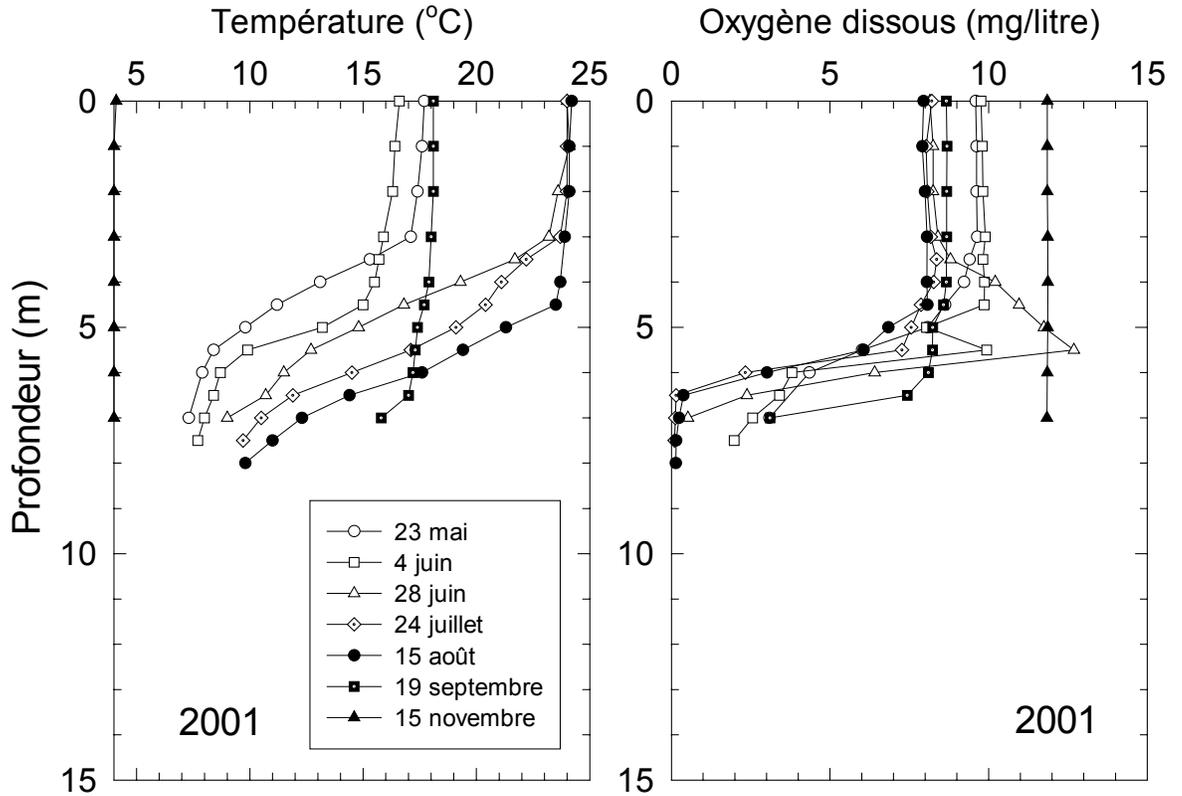
# Lac de l'Achigan



### Lac Bleu

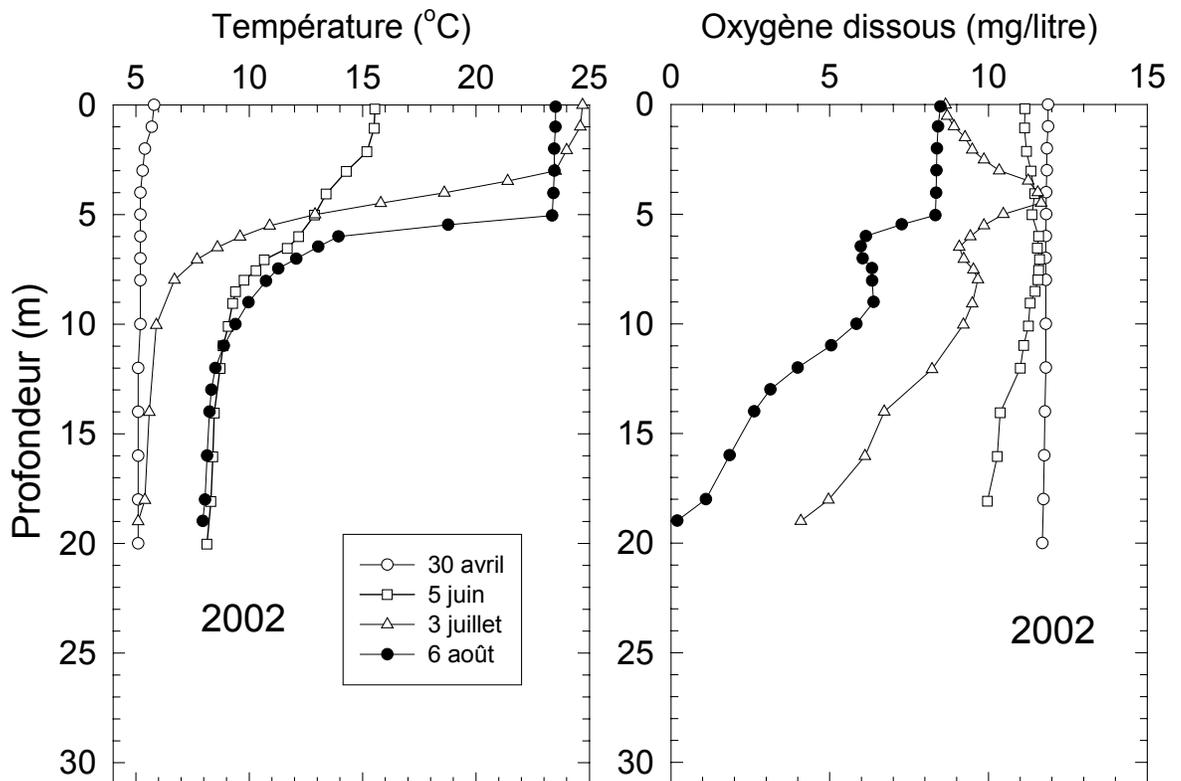
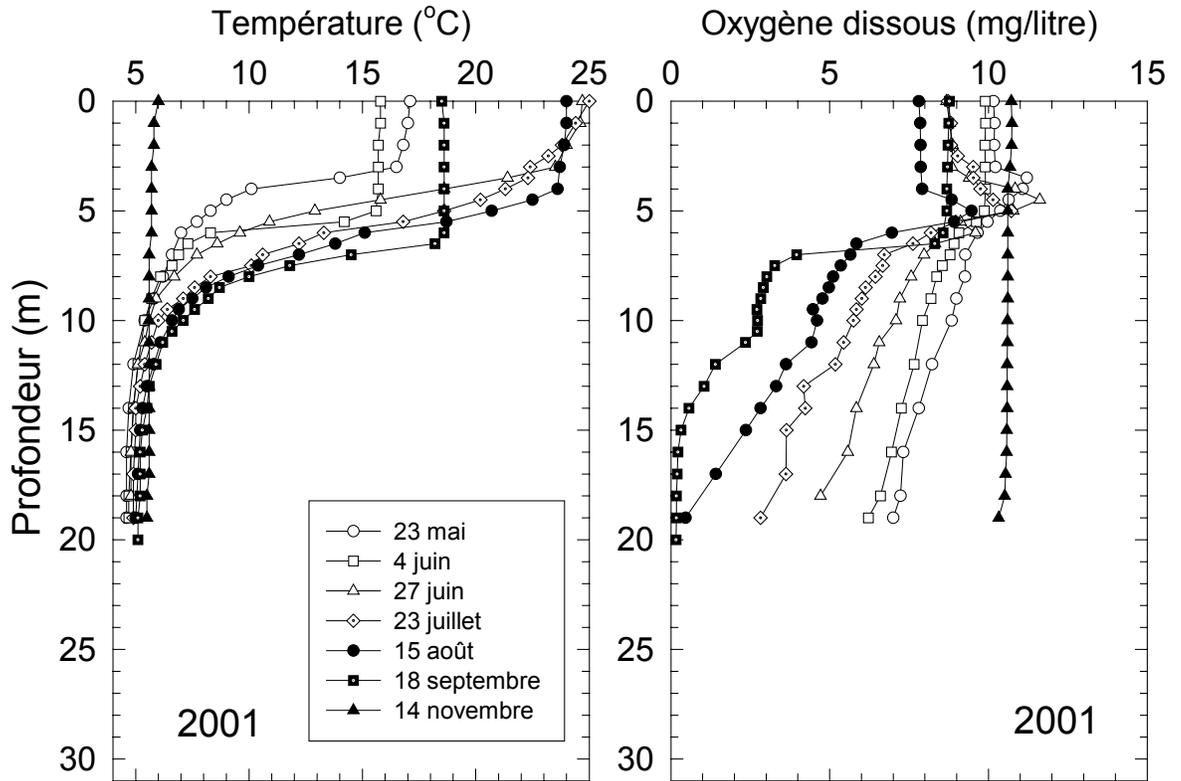


# Lac en Cœur

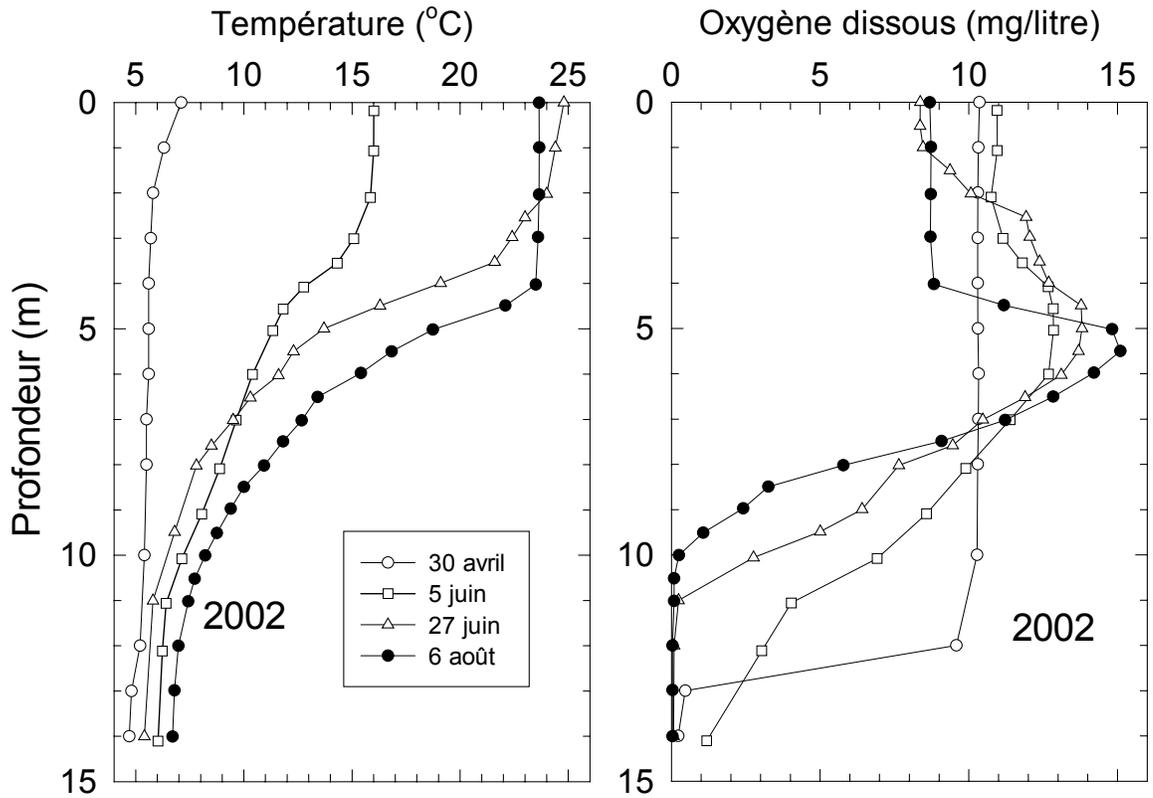
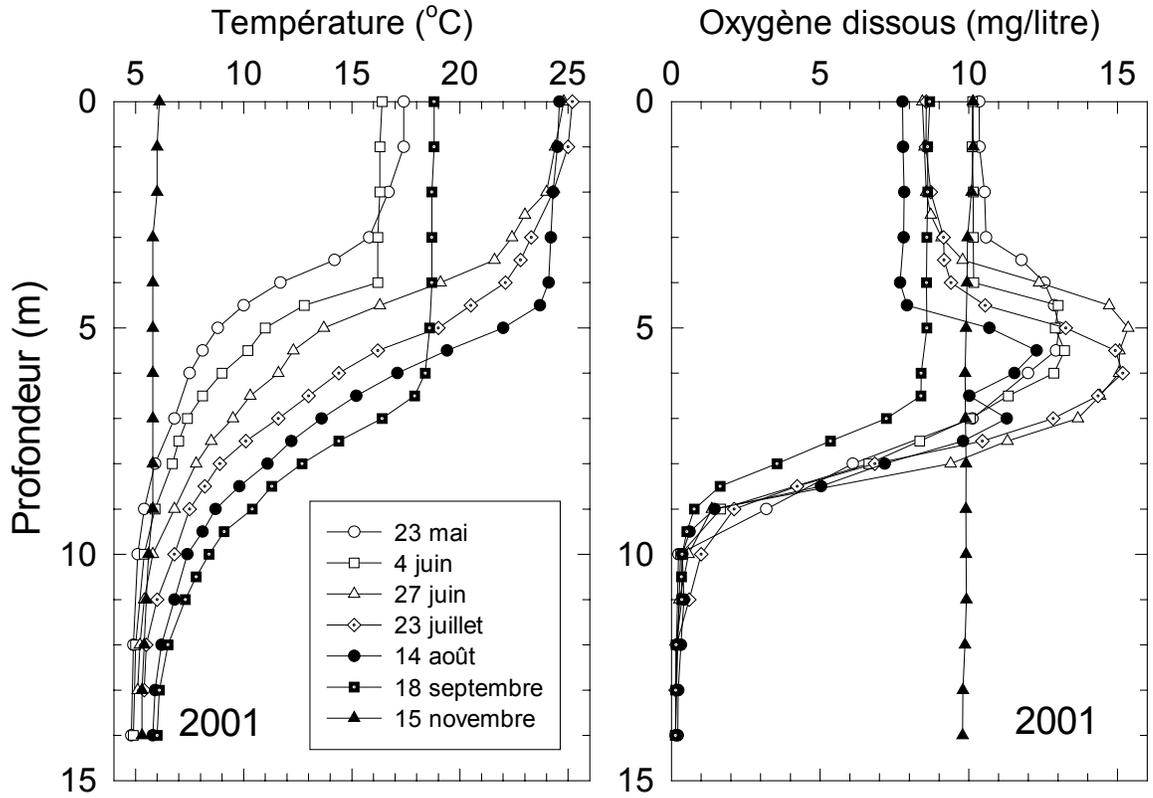


Connelly

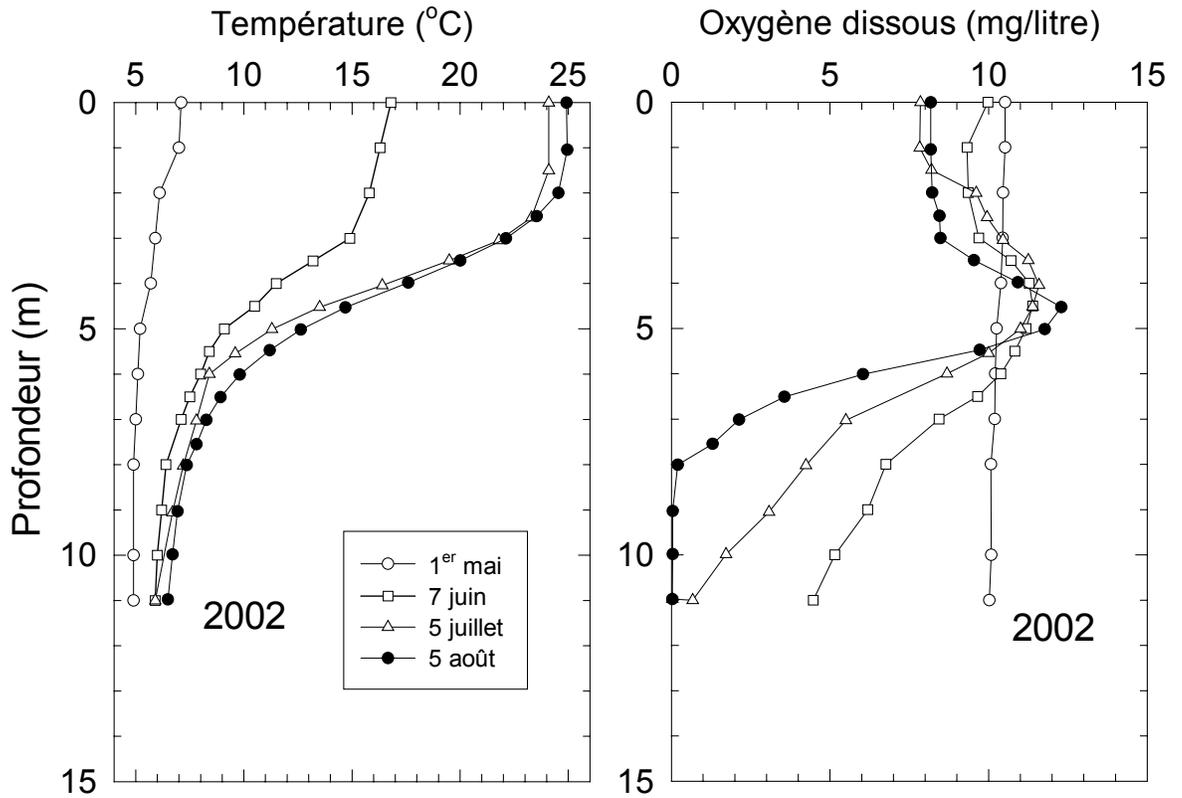
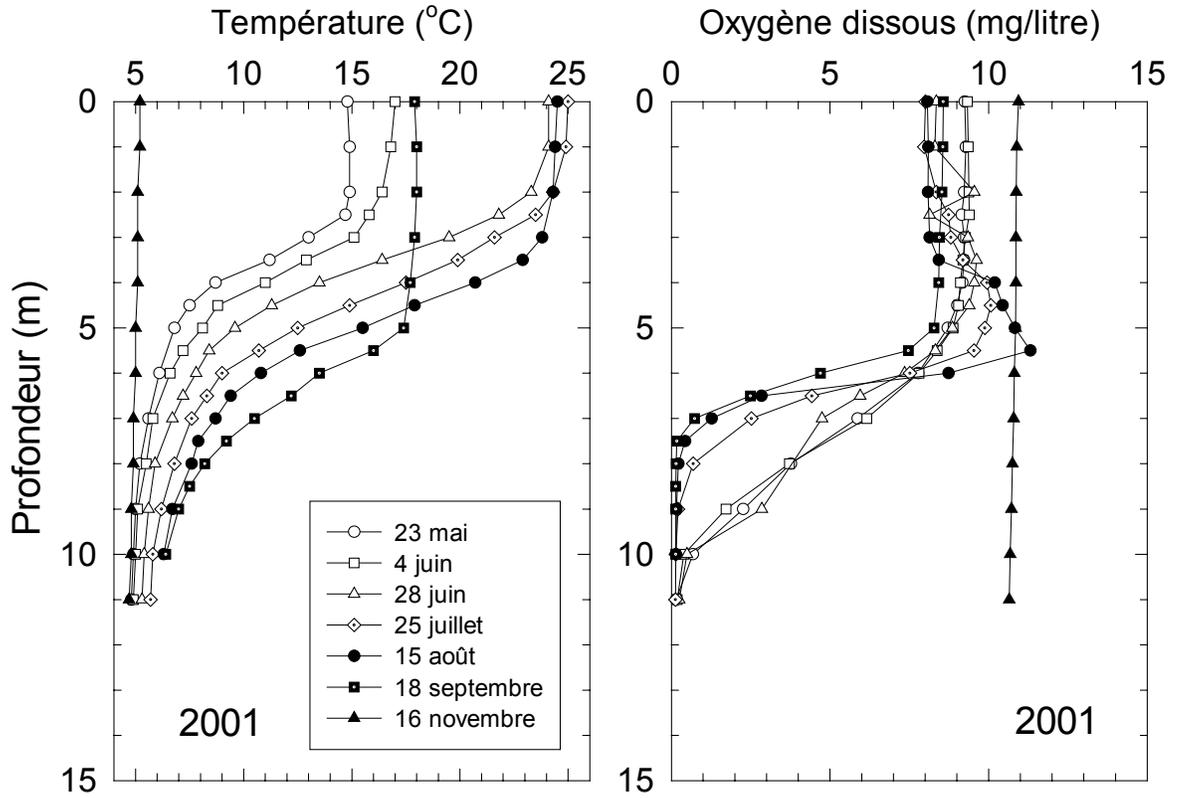
### Lac Connelly



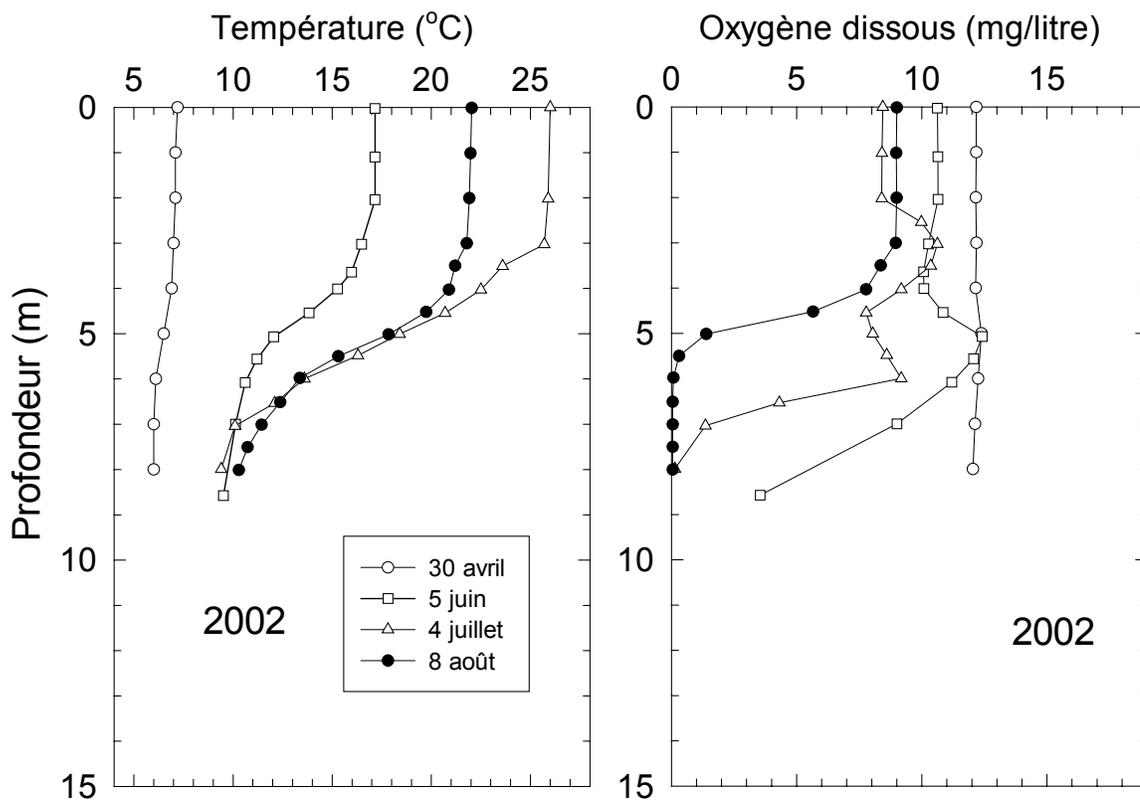
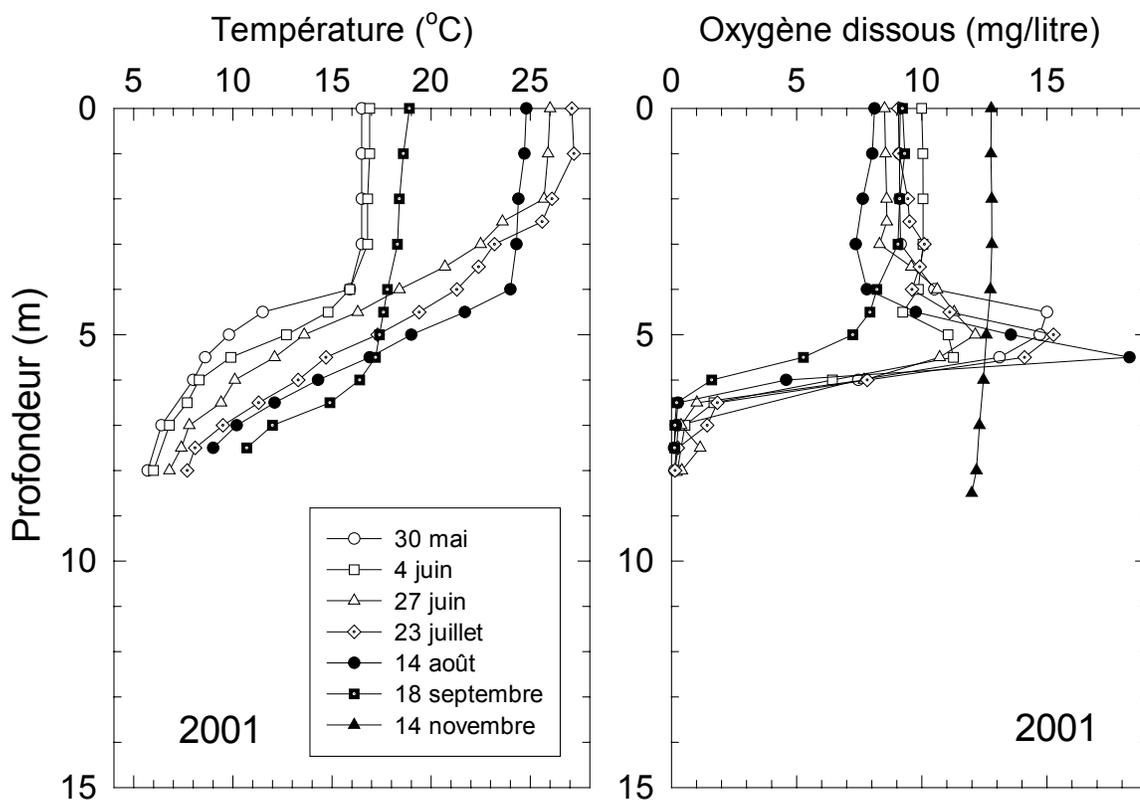
### Lac Cornu



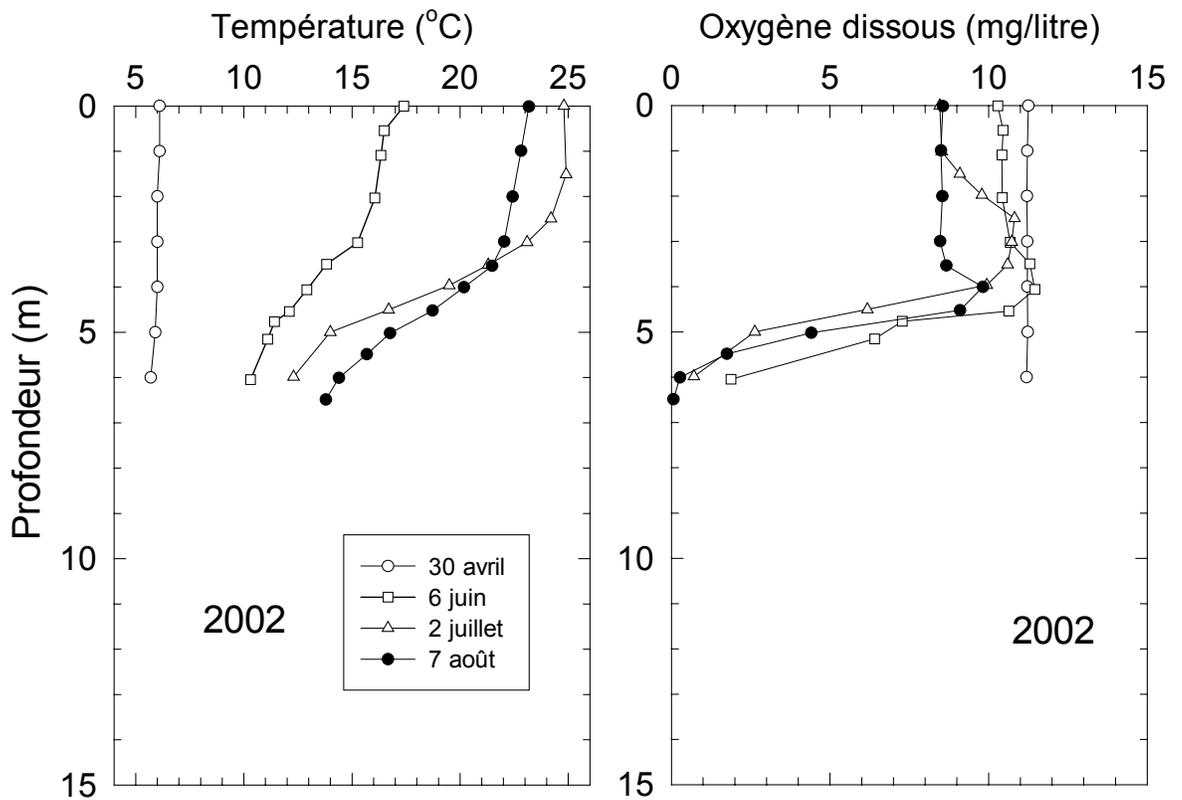
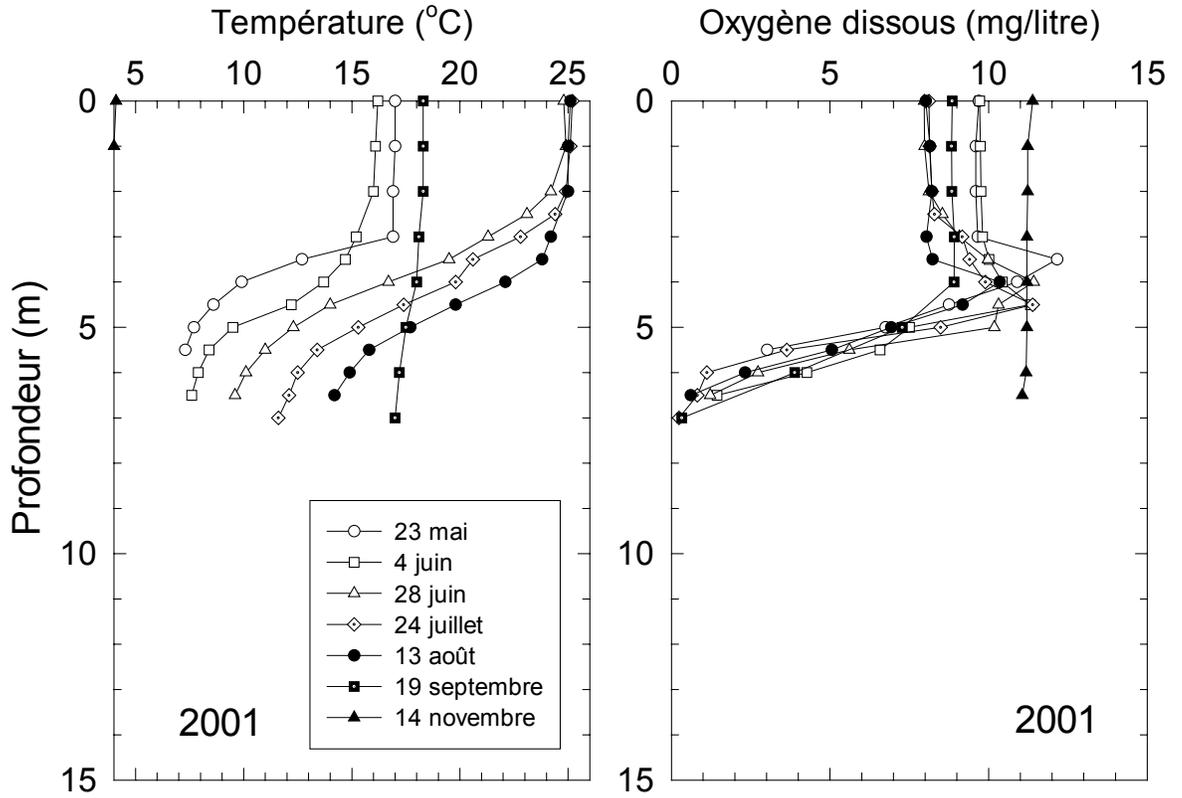
### Lac Croche



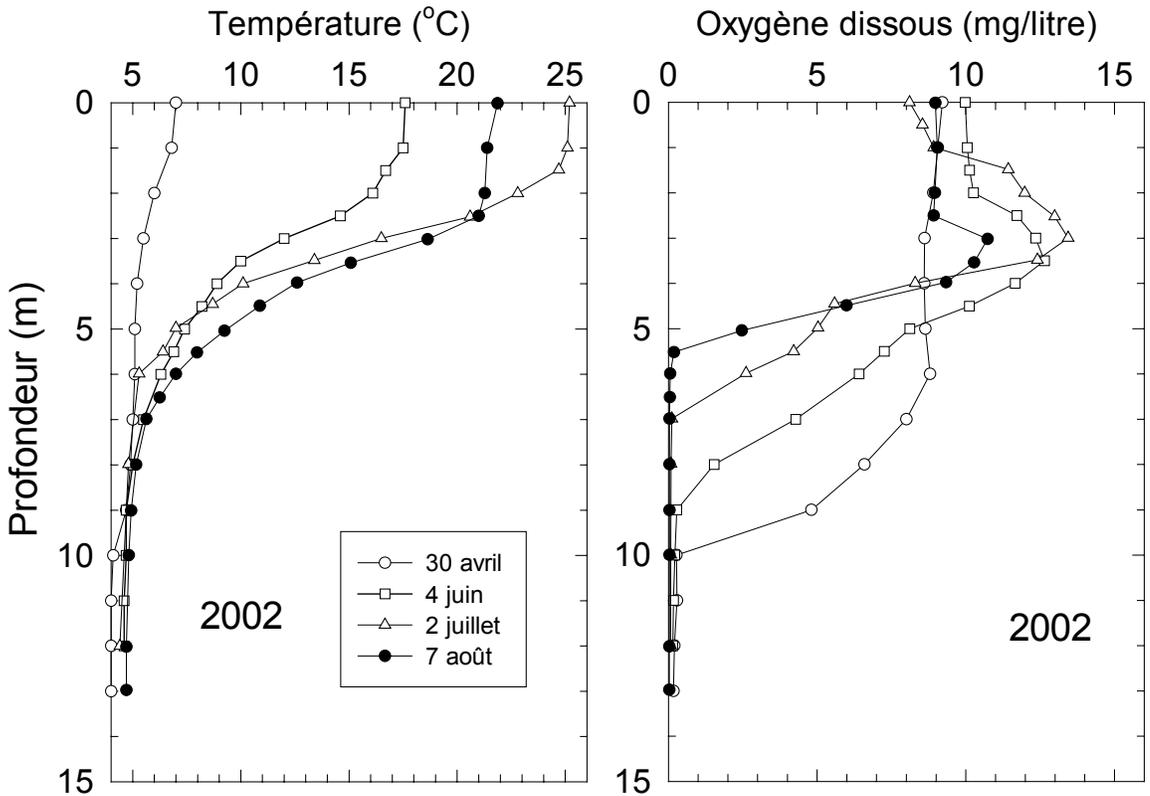
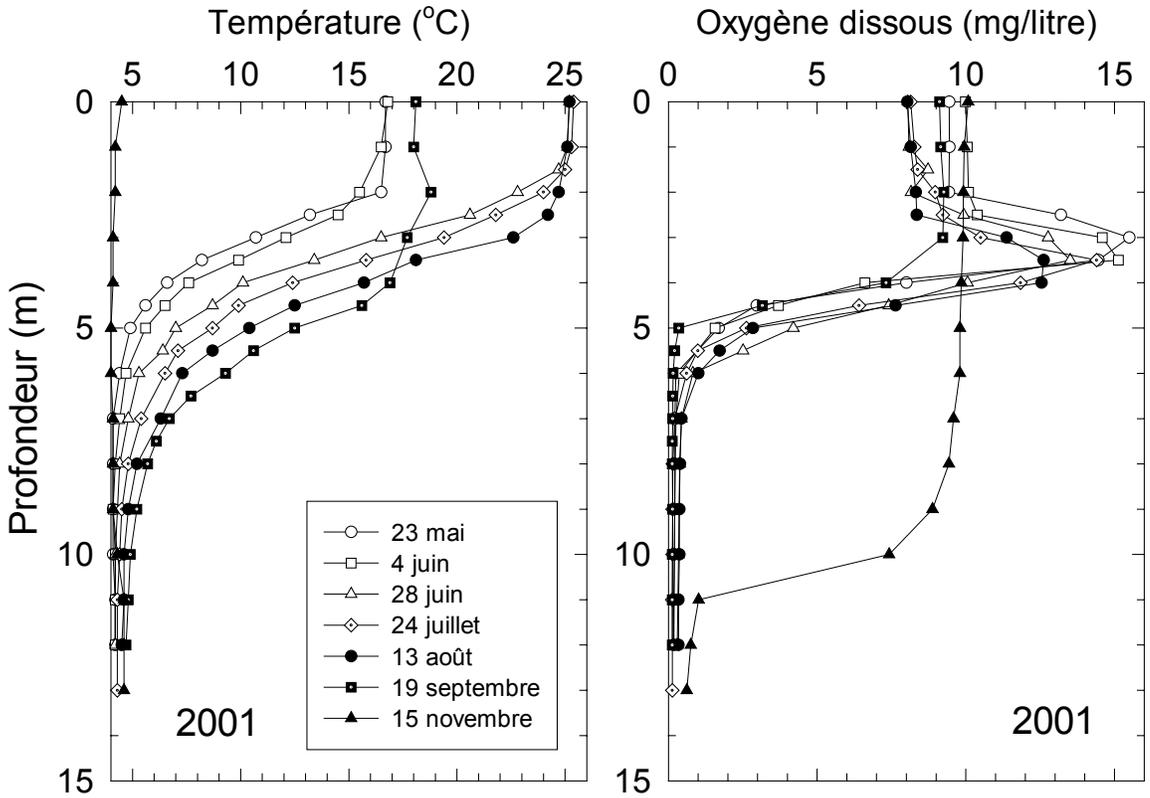
### Lac Echo



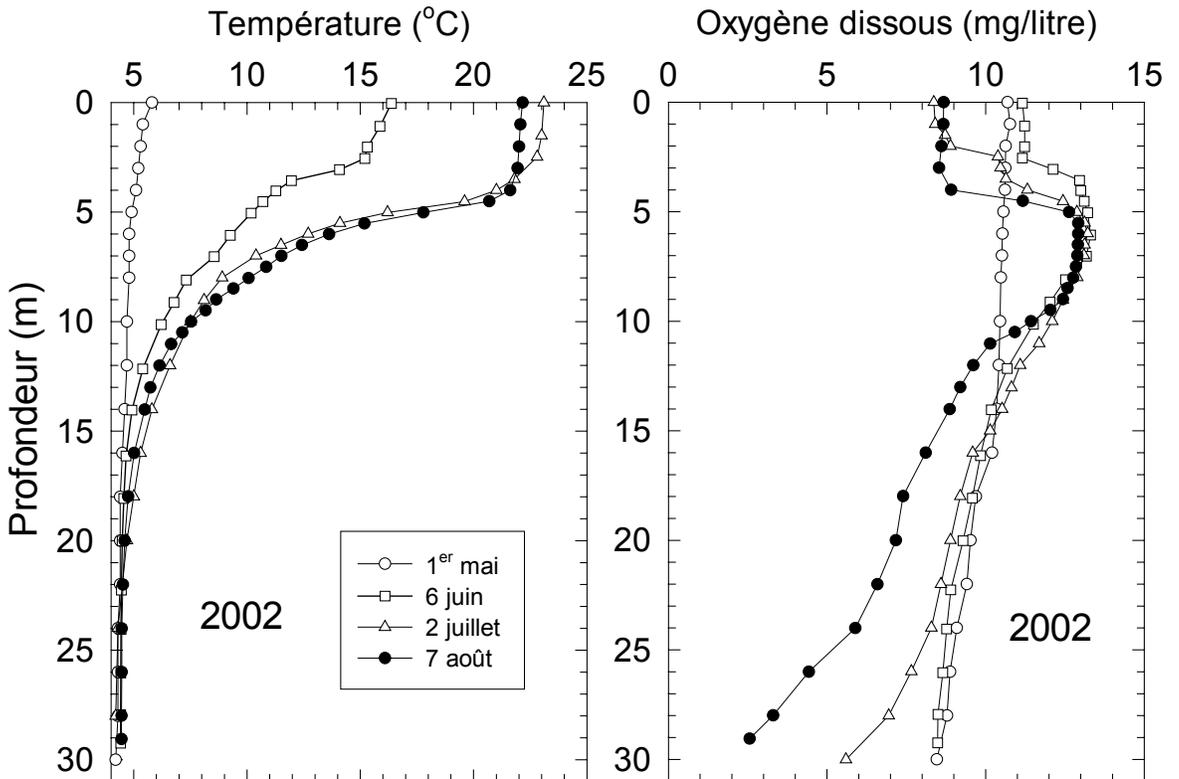
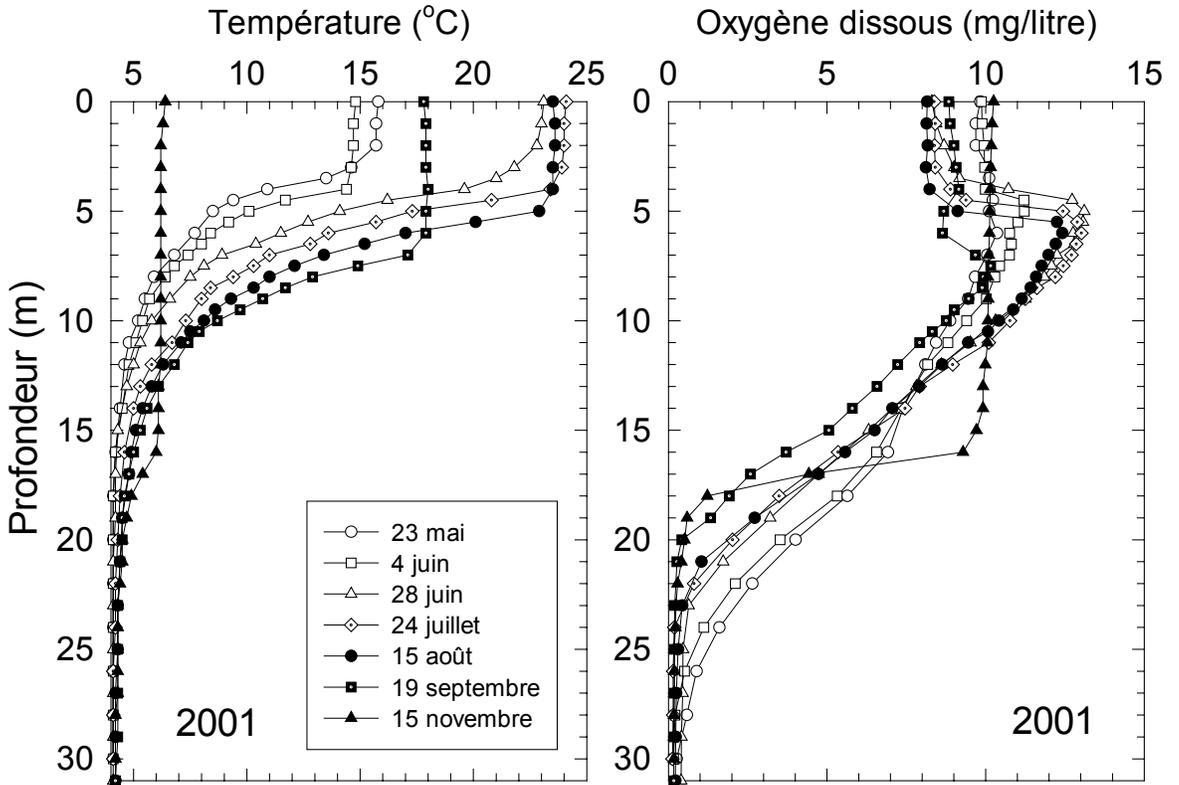
### Lac Fournelle



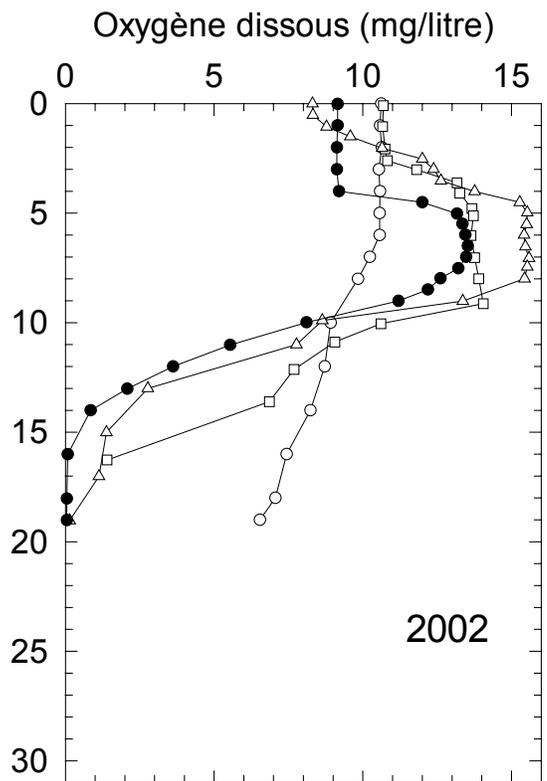
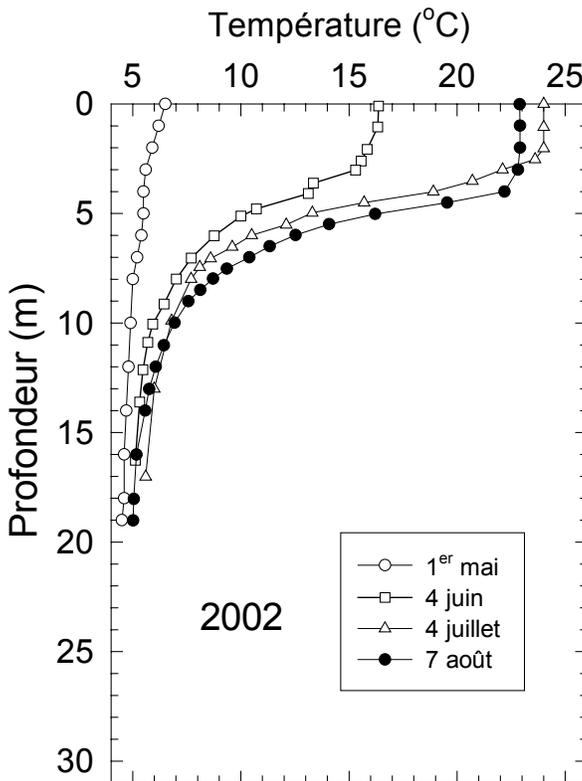
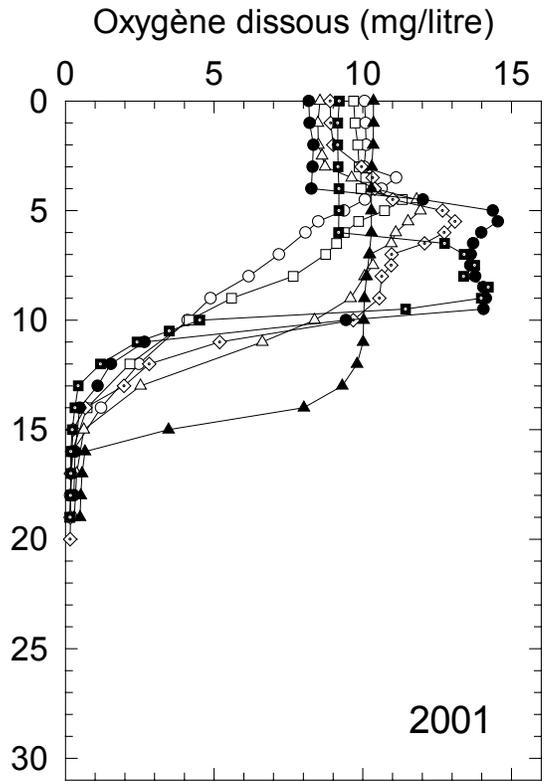
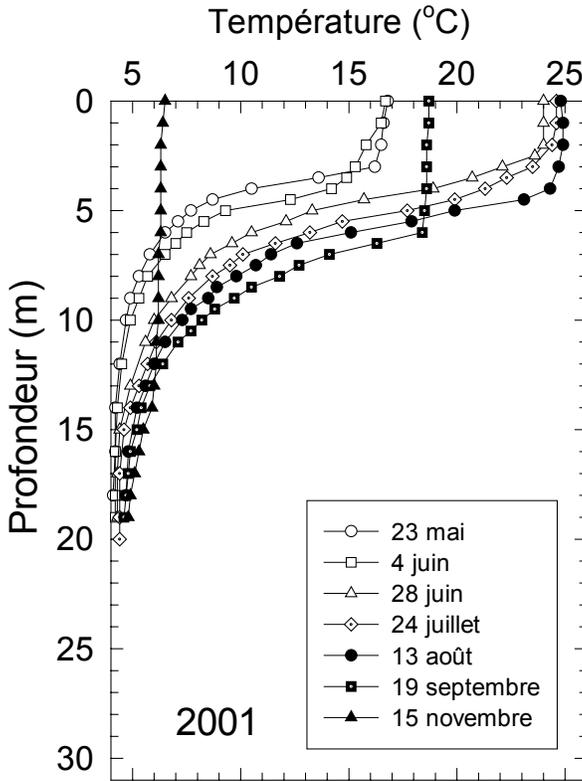
### Lac Gordon



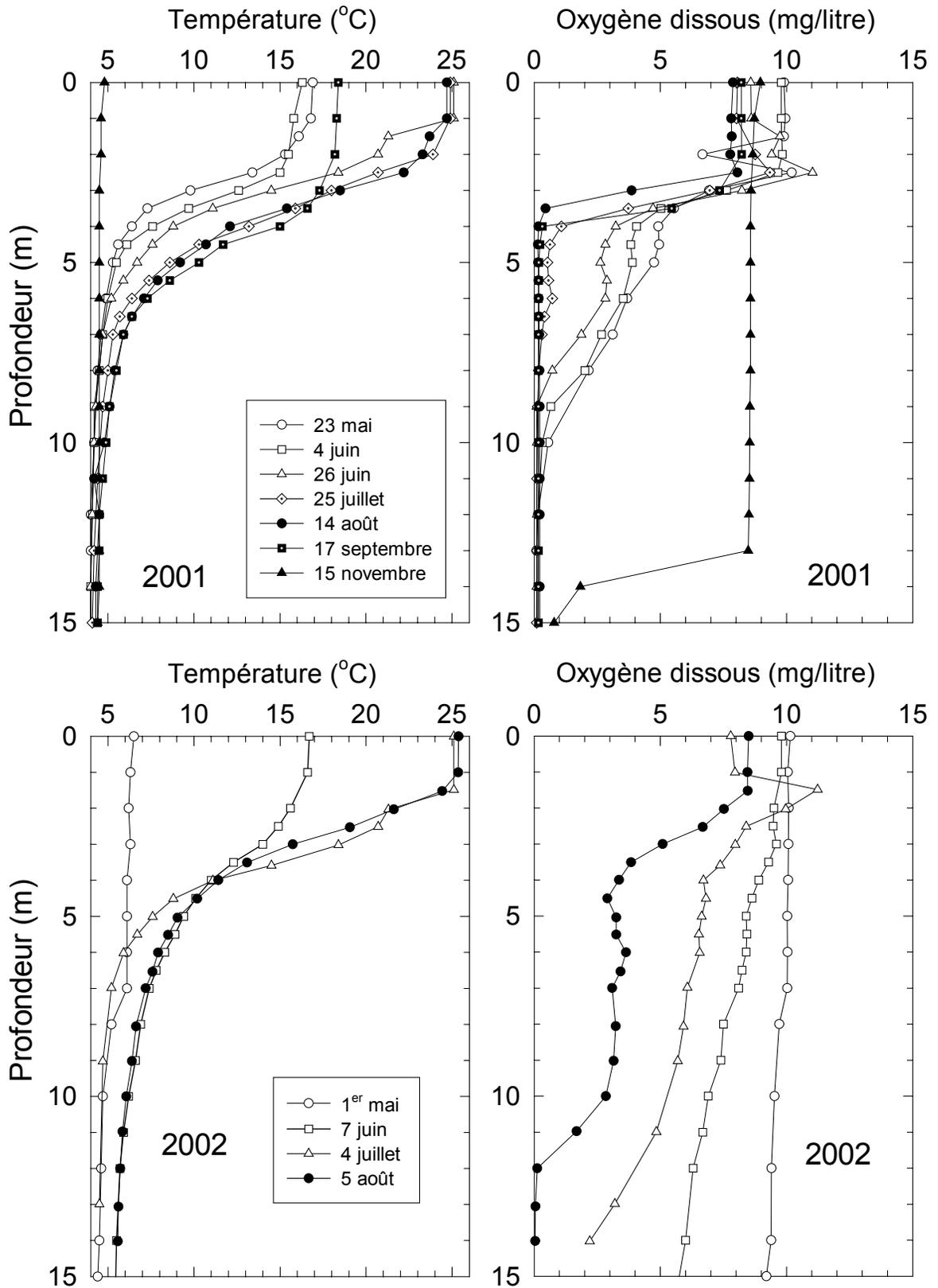
### Lac Montaubois



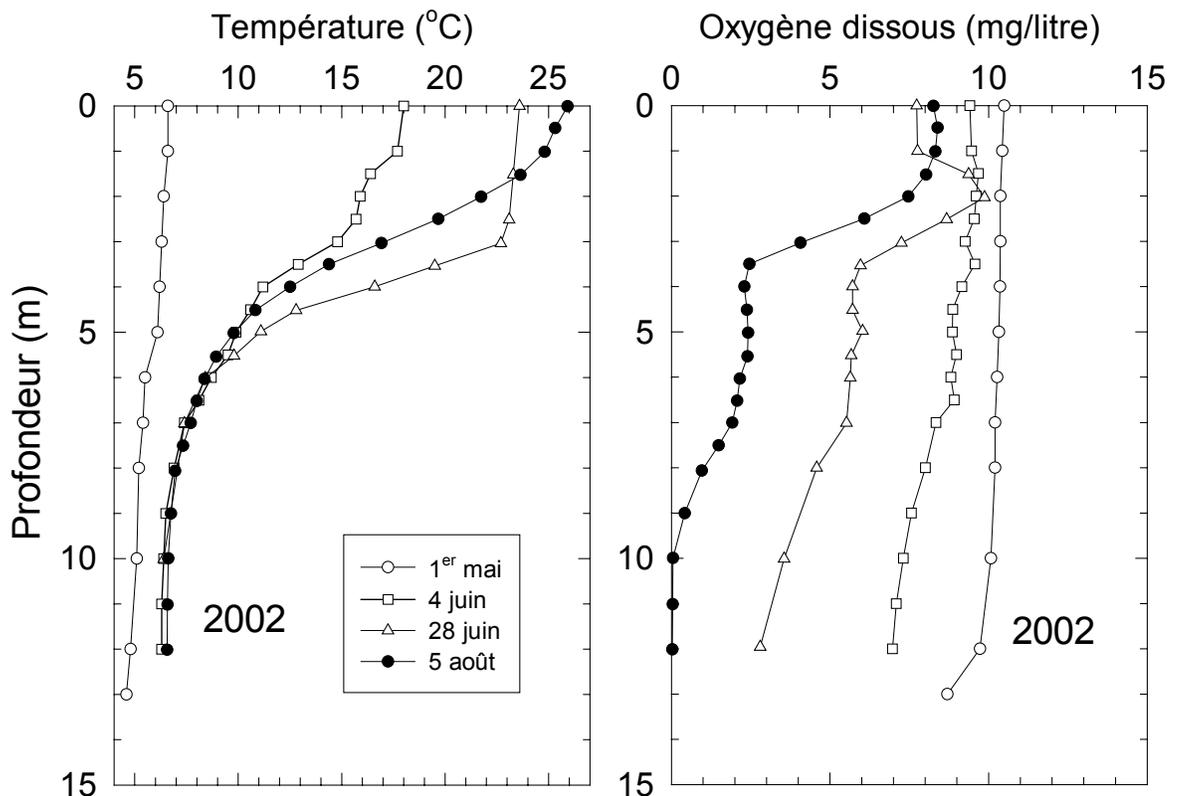
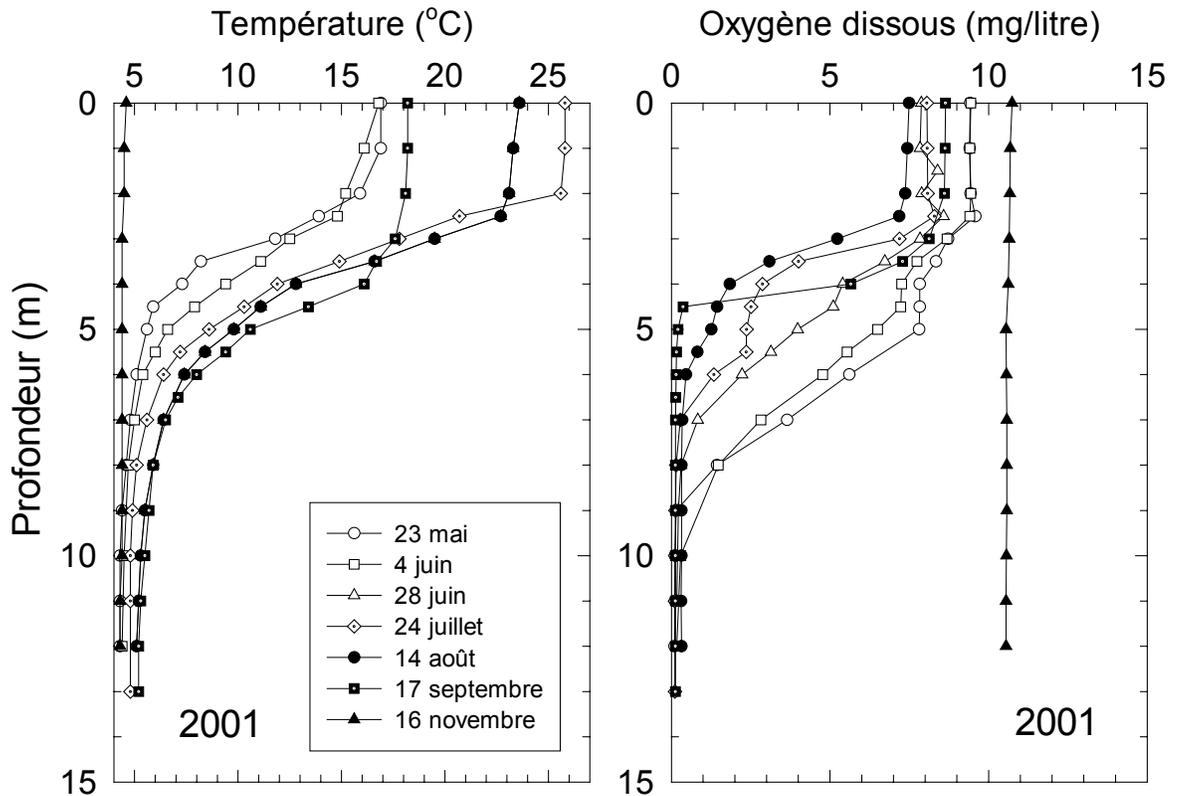
### Lac Morency



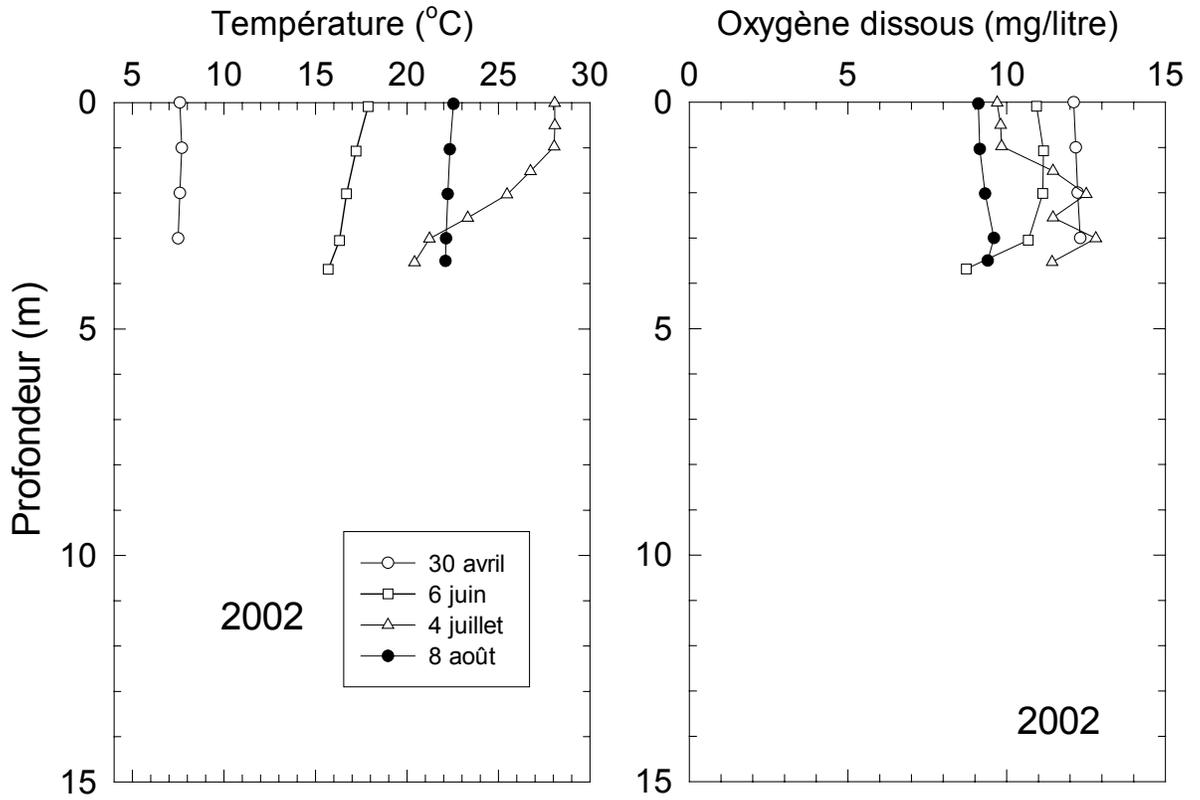
## Lac à l'Ours



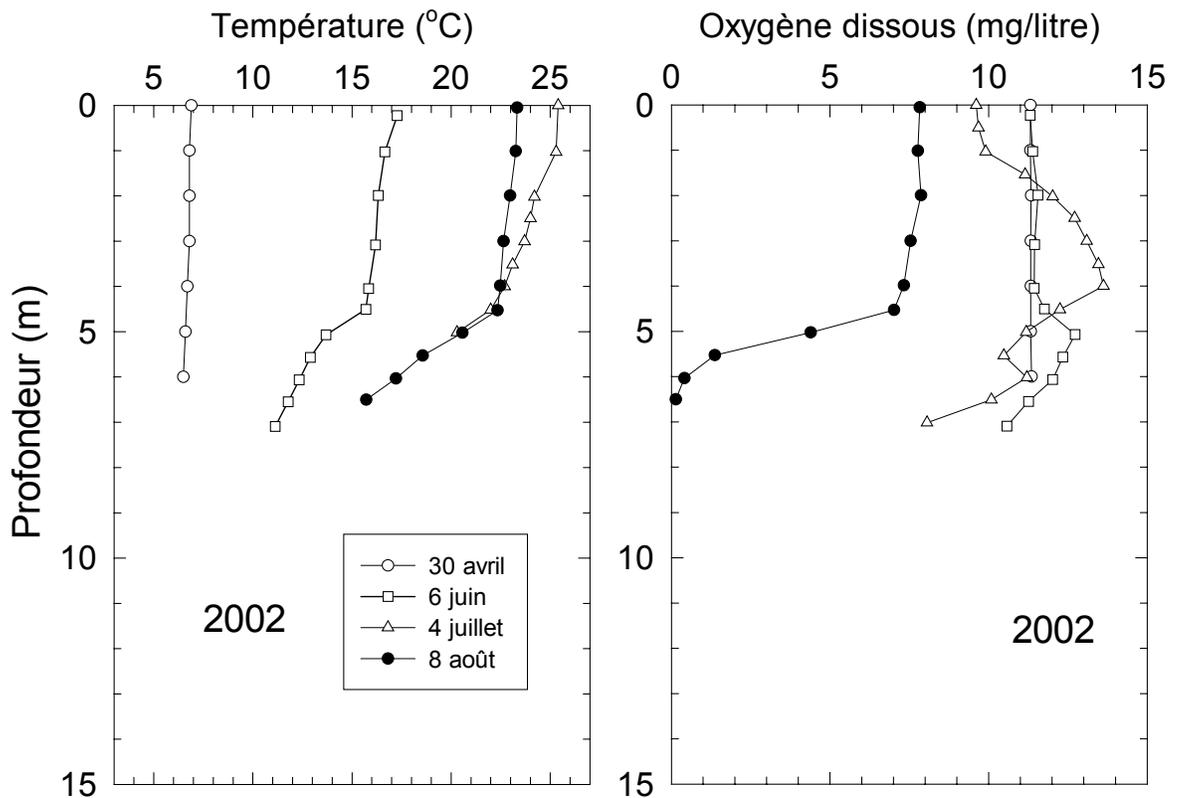
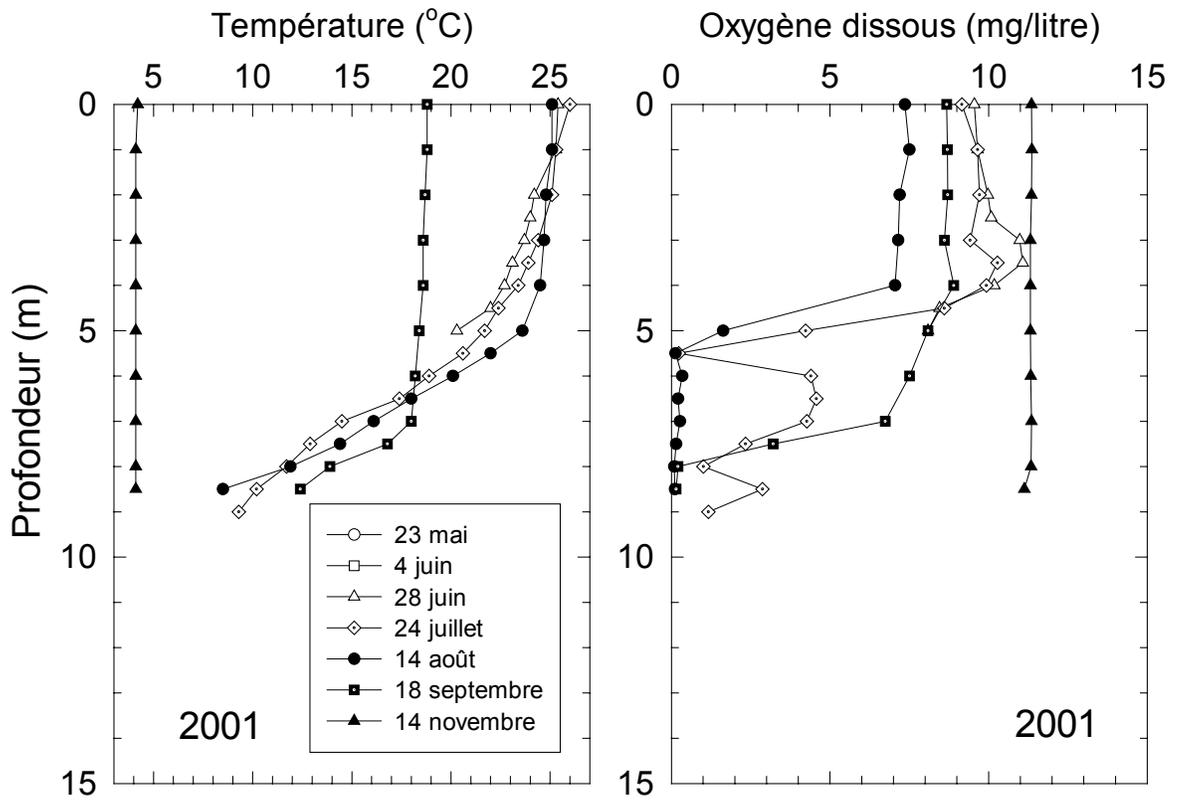
## Lac Pin Rouge



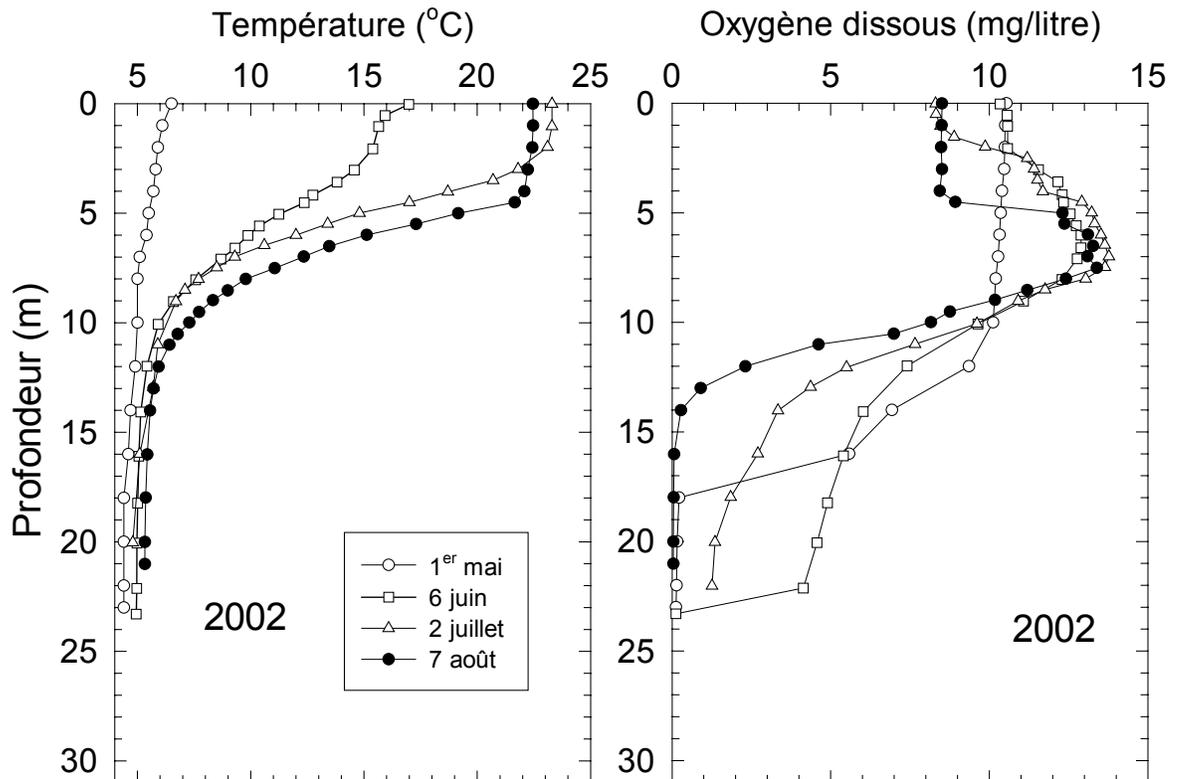
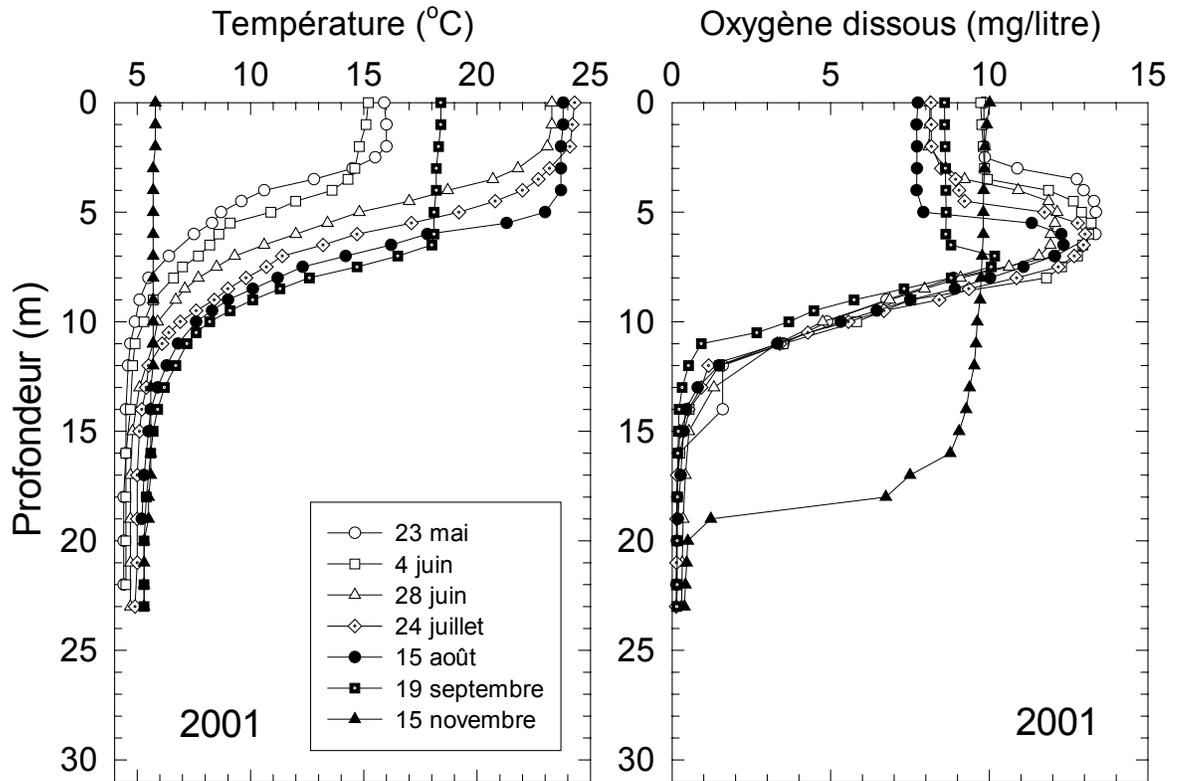
### Lac Renaud



### Lac René

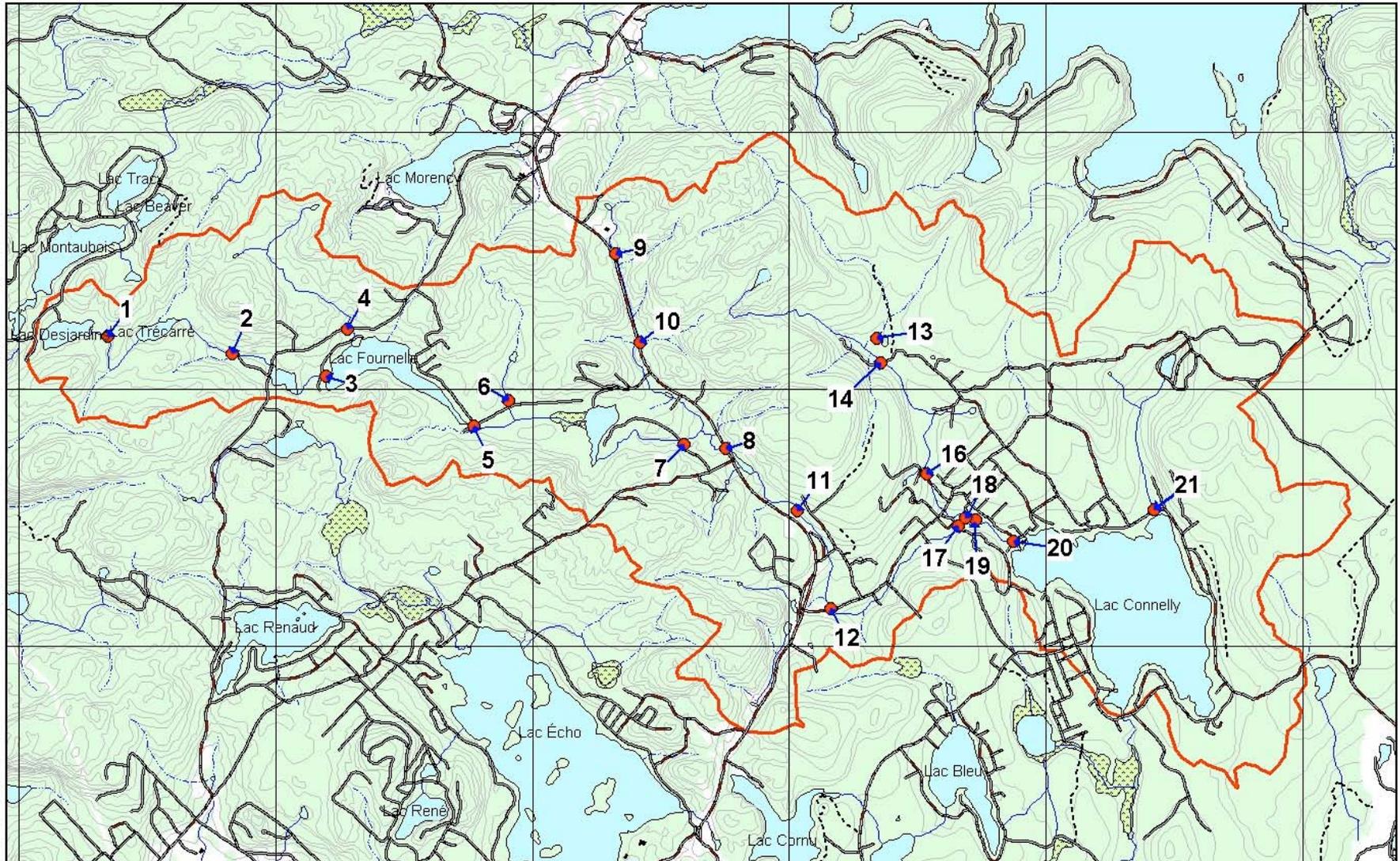


### Lac Tracy



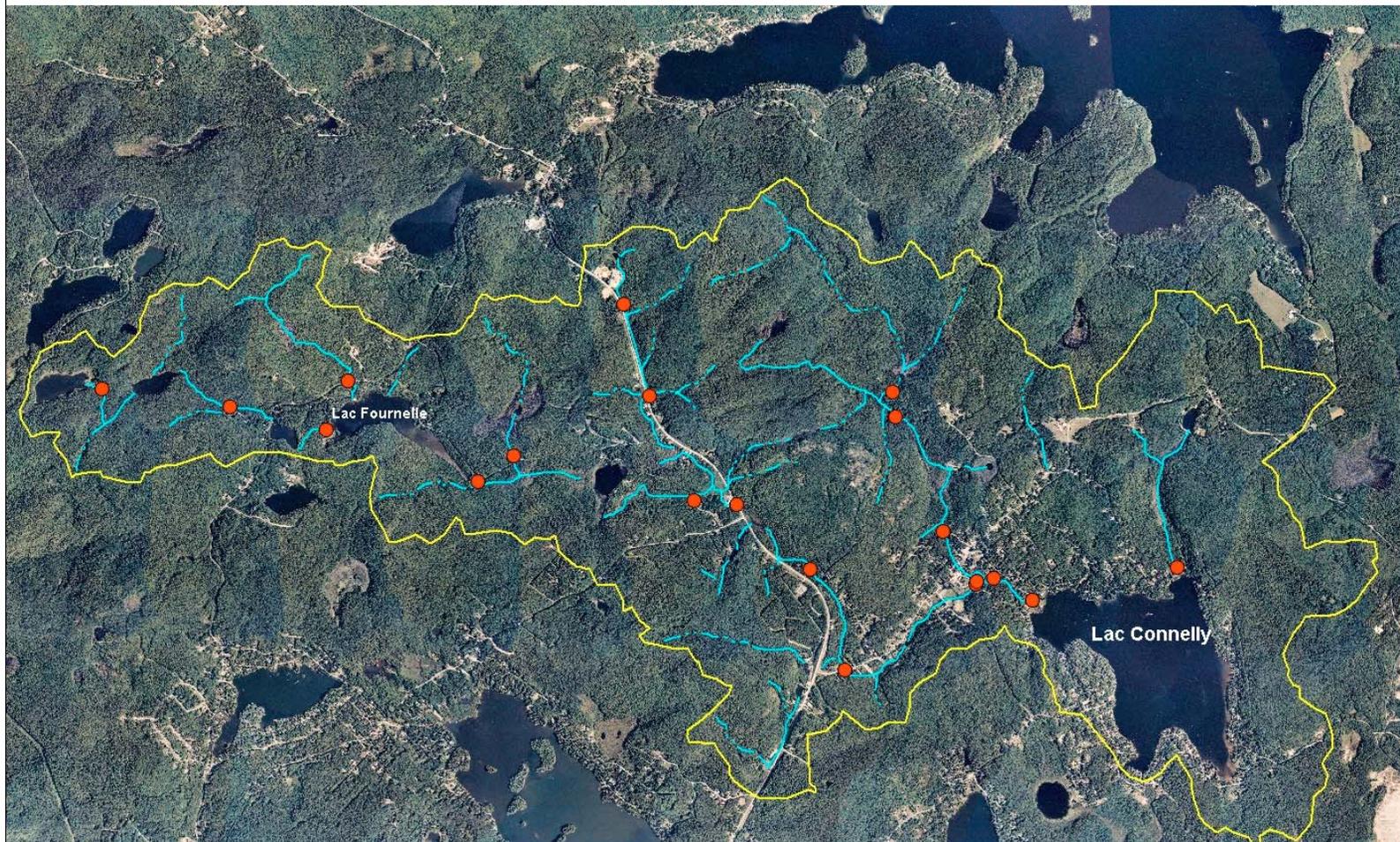
**Annexe 4. Localisation, sur la carte topographique, des stations d'échantillonnage dans le bassin versant du lac Connelly.**

**Le bassin versant du lac Connelly**  
Localisation des points d'échantillonnage



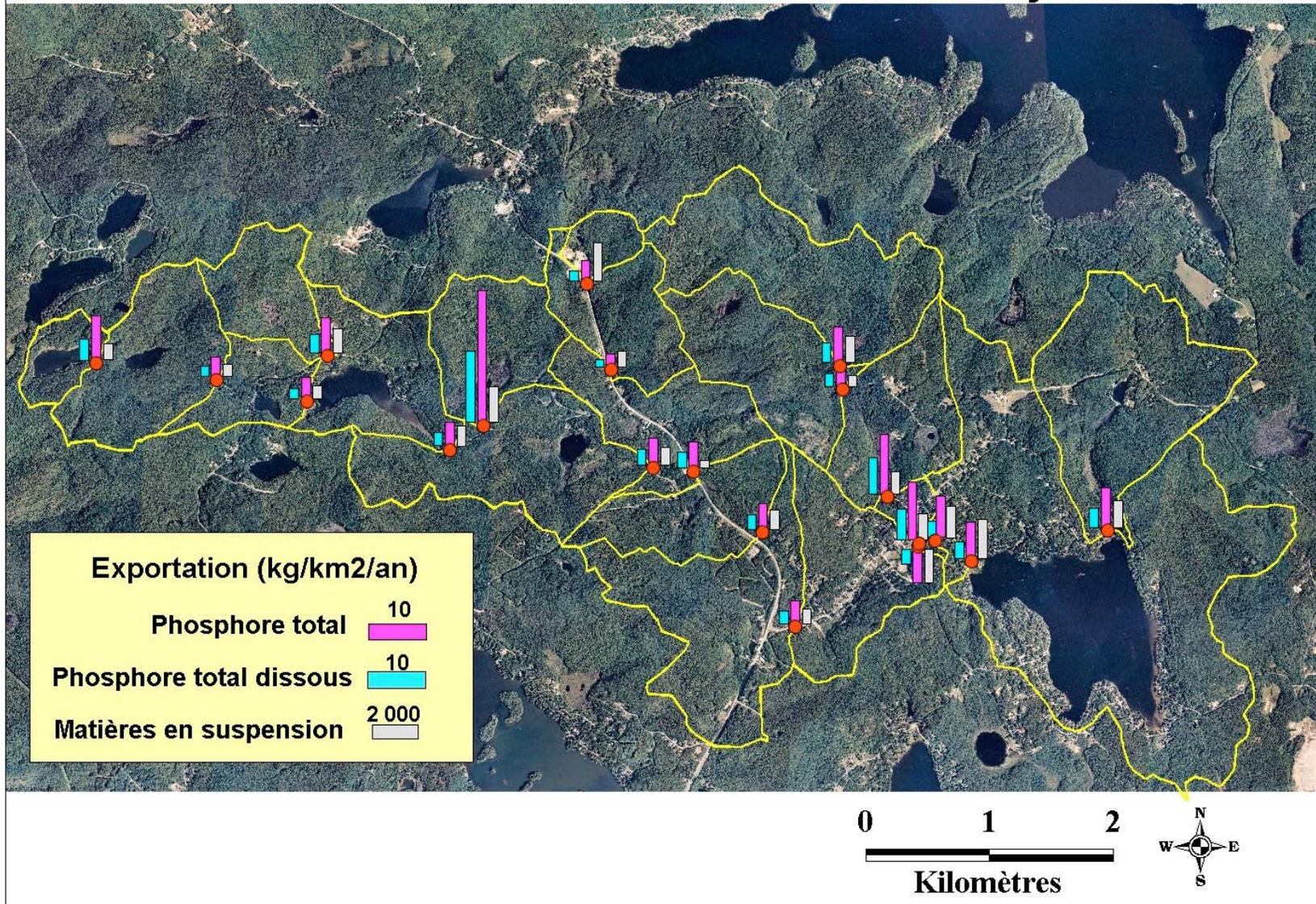
**Annexe 5. Limites et réseau hydrographique du bassin versant du lac Connelly superposés sur la mosaïque de photographies aériennes.**

**Le bassin versant du lac Connelly**  
Localisation des points de prélèvement

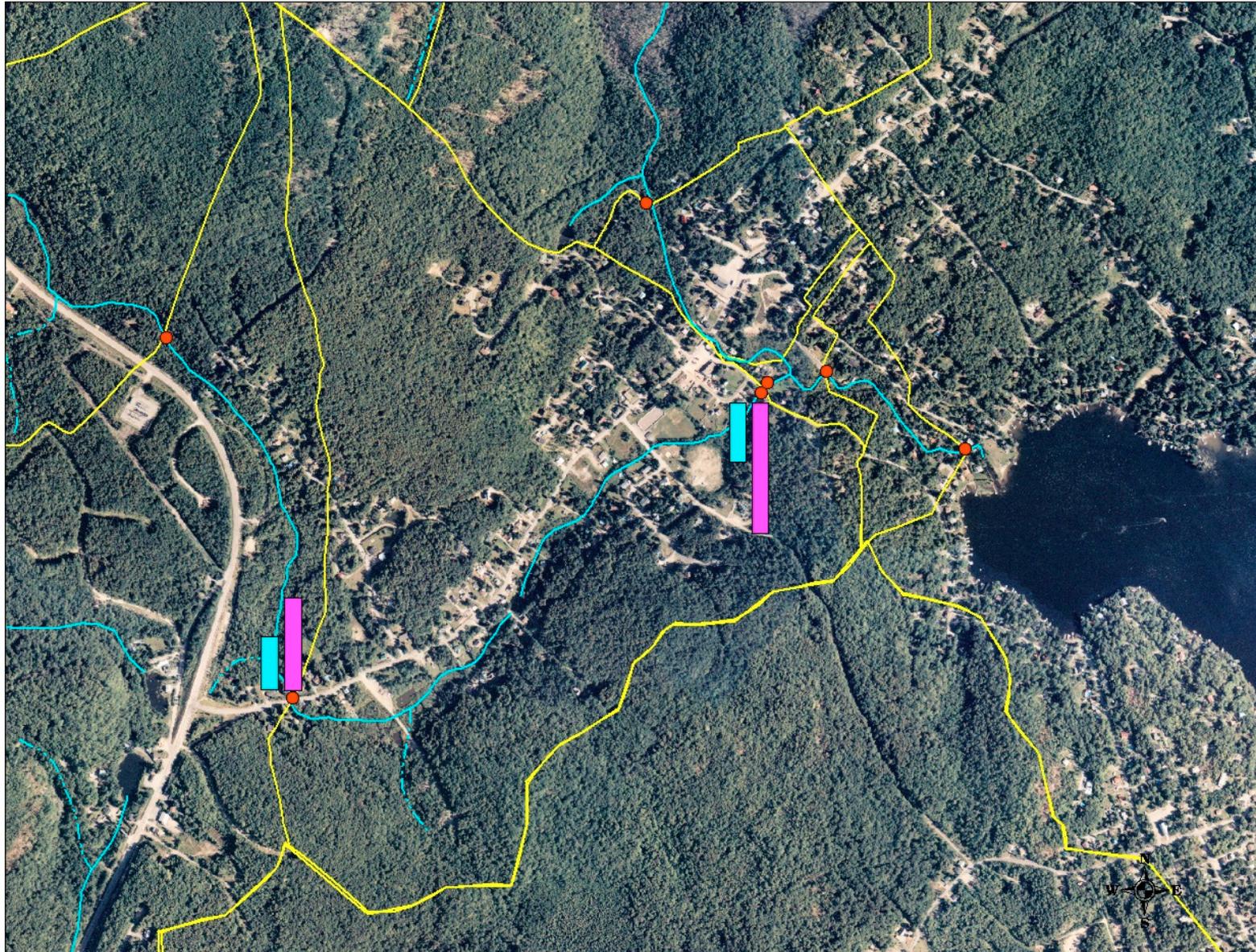


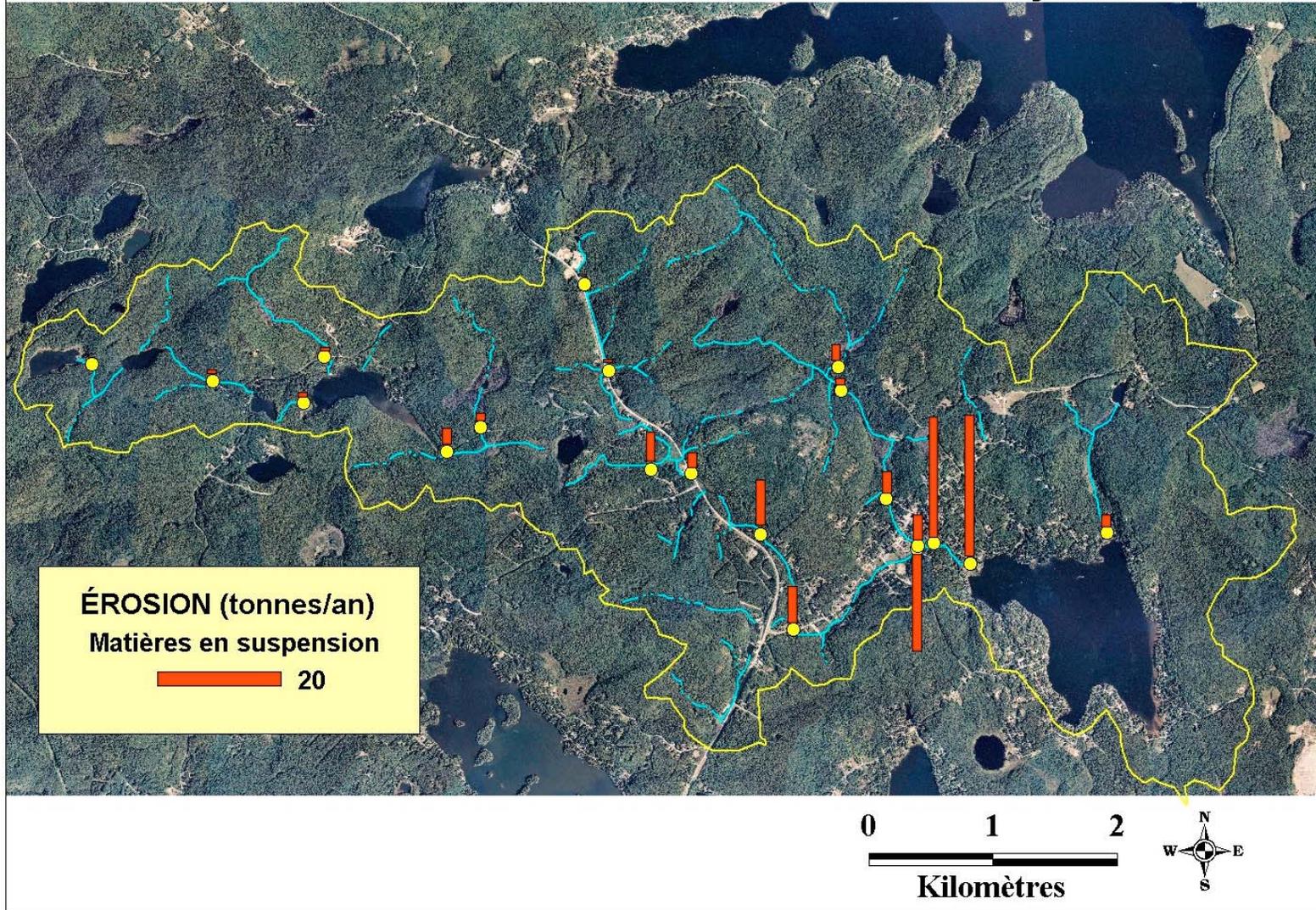
Annexe 6. Coefficients d'exportation de phosphore total, phosphore dissous et matières en suspension par les 20 sous-bassins (délimités en jaune) définis aux points de prélèvement. N.B. :  $1 \text{ kg/km}^2 = 1 \text{ mg/m}^2$ .

## Le bassin versant du lac Connelly



**Annexe 7. Détail du sous-bassin défini par les points 12 et 17, et ayant servi à la détermination du coefficient d'exportation par les résidences.**



**Annexe 8. Charge annuelle en matières en suspension aux 20 points de prélèvement.****Le bassin versant du lac Connelly**

## **Annexe 9. Budgets individuels en phosphore des 16 lacs :**

[de l'Achigan](#)

[Bleu](#)

[en Cœur](#)

[Connelly](#)

[Cornu](#)

[Croche](#)

[Écho](#)

[Fournelle](#)

[Gordon](#)

[Montaibois](#)

[Morency](#)

[à l'Ours](#)

[Pin Rouge](#)

[Renaud](#)

[René](#)

[Tracy](#)

## LAC DE L'ACHIGAN BUDGET PROVISOIRE EN PHOSPHORE

### Données de base

Superficie du lac (km <sup>2</sup> ) :	5,31
Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> ) :	94,2
Superficie des milieux humides (km <sup>2</sup> ) :	2,30
Superficie en forêt (km <sup>2</sup> ) :	88,9
Nombre de résidences :	971

### Budget

Source	kg/année	%
Précipitations directes	79,7	12
Forêts	238,1	35
Milieux humides	253,0	38
<b>Résidences</b>	<b>90,3</b>	<b>14</b>
Lac Morency	7,5	1
<b>TOTAL</b>	<b>668,5</b>	<b>100</b>

<b>Concentration moyenne naturelle estimée :</b>	<b>4,5 µg/litre</b>
<b>Concentration moyenne observée en phosphore total :</b>	<b>5,3 µg/litre</b>
<b>Concentration réalisable en réduisant l'impact humain de moitié:</b>	<b>4,9 µg/litre</b>

### Équivalent en sacs de fertilisant à pelouse pour ce lac: 934

934 sacs de fertilisant contiennent autant de phosphore que la somme annuelle des apports naturels pour ce lac.

Sac de 20kg contenant 7% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou 611g de P.

N.B. : Les résidences situées autour des lacs Lafond, Beaudry, Beaulne et Duffy n'ont pas été considérés dans ce budget.

N.B.: Le budget entrée-sortie en phosphore de ce lac sera mesuré exactement jusqu'en 2005 par échantillonnage systématique de tous les tributaires et de l'émissaire du lac.

## LAC BLEU BUDGET PROVISOIRE EN PHOSPHORE

### Données de base

Superficie du lac (km <sup>2</sup> ) :	0,24
Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> ) :	2,43
Superficie des milieux humides (km <sup>2</sup> ) :	0,025
Superficie en forêt (km <sup>2</sup> ) :	2,17
Nombre de résidences :	204

### Budget

Source	kg/année	%
Précipitations directes	3,53	10
Forêts	5,97	17
Milieux humides	2,75	8
<b>Résidences</b>	<b>17,87</b>	<b>50</b>
Lac Cornu	5,36	15
<b>TOTAL</b>	<b>35,5</b>	<b>100</b>

<b>Concentration moyenne naturelle estimée :</b>	<b>3,5 µg/litre</b>
<b>Concentration moyenne observée en phosphore total :</b>	<b>10,1 µg/litre</b>
<b>Concentration réalisable en réduisant l'impact humain de moitié:</b>	<b>7,5 µg/litre</b>

### Équivalent en sacs de fertilisant à pelouse pour ce lac: 20

20 sacs de fertilisant contiennent autant de phosphore que la somme annuelle des apports naturels pour ce lac.  
Sac de 20kg contenant 7% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou 611g de P.

## LAC EN COEUR BUDGET PROVISOIRE EN PHOSPHORE

### Données de base

Superficie du lac (km <sup>2</sup> ) :	0,45
Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> ) :	1,64
Superficie des milieux humides (km <sup>2</sup> ) :	0
Superficie en forêt (km <sup>2</sup> ) :	1,19
Nombre de résidences :	81

### Budget

Source	kg/année	%
Précipitations directes	6,72	39
Forêts	3,27	19
Milieux humides	0	0
<b>Résidences</b>	<b>7,1</b>	<b>42</b>
<hr/>		
TOTAL	17,1	100

<b>Concentration moyenne naturelle estimée :</b>	<b>3,9 µg/litre</b>
<b>Concentration moyenne observée en phosphore total :</b>	<b>6,7 µg/litre</b>
<b>Concentration réalisable en réduisant l'impact humain de moitié:</b>	<b>5,3 µg/litre</b>

### Équivalent en sacs de fertilisant à pelouse pour ce lac: 16

16 sacs de fertilisant contiennent autant de phosphore que la somme annuelle des apports naturels pour ce lac.  
Sac de 20kg contenant 7% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou 611g de P.

## LAC CONNELLY BUDGET PROVISOIRE EN PHOSPHORE

### Données de base

Superficie du lac (km <sup>2</sup> ) :	1,24
Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> ) :	24,36
Superficie des milieux humides (km <sup>2</sup> ) :	0,39
Superficie en forêt (km <sup>2</sup> ) :	22,73
Nombre de résidences :	1066

### Budget

Source	kg/année	%
Précipitations directes	18,6	8
Forêts	62,5	27
Milieux humides	42,9	19
<b>Résidences</b>	<b>104,7</b>	<b>46</b>
<hr/>		
TOTAL	228,7	100

<b>Concentration moyenne naturelle estimée :</b>	<b>4,5 µg/litre</b>
<b>Concentration moyenne observée en phosphore total :</b>	<b>8,3 µg/litre</b>
<b>Concentration réalisable en réduisant l'impact humain de moitié:</b>	<b>6,4 µg/litre</b>

### Équivalent en sacs de fertilisant à pelouse pour ce lac: 202

202 sacs de fertilisant contiennent autant de phosphore que la somme annuelle des apports naturels pour ce lac.

Sac de 20kg contenant 7% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou 611g de P.

N.B.: La présence de cinq petits lacs d'ordre inférieur a été ignorée dans l'estimation du budget.

N.B.: L'extrapolation, au bassin versant entier, du coefficient spécifique mesuré au tributaire principal du lac (6,25 mgP/m<sup>2</sup>/an, point 20) donnerait une valeur de 144,5 kgP/an à laquelle la contribution des précipitations directes (18,6 kg/an) doit être ajoutée, pour un total de 163 kg/an. Cependant, le sous-bassin 20 ne comprend que 63% du nombre total de résidences.

N.B.: Le budget entrée-sortie en phosphore de ce lac sera mesuré exactement jusqu'en 2005 par échantillonnage systématique de tous les tributaires et de l'émissaire du lac.

## LAC CORNU BUDGET PROVISOIRE EN PHOSPHORE

### Données de base

Superficie du lac (km <sup>2</sup> ) :	0,22
Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> ) :	1,11
Superficie des milieux humides (km <sup>2</sup> ) :	0,025
Superficie en forêt (km <sup>2</sup> ) :	0
Nombre de résidences :	33

### Budget

Source	kg/année	%
Précipitations directes	3,36	39
Forêts	2,43	28
Milieux humides	0	0
<b>Résidences</b>	<b>2,86</b>	<b>33</b>
<hr/>		
TOTAL	8,65	100

<b>Concentration moyenne naturelle estimée :</b>	<b>4,4 µg/litre</b>
<b>Concentration moyenne actuelle en phosphore total :</b>	<b>6,6 µg/litre</b>
<b>Concentration réalisable en réduisant l'impact humain de moitié:</b>	<b>5,5 µg/litre</b>

### Équivalent en sacs de fertilisant à pelouse pour ce lac: 9

9 sacs de fertilisant contiennent autant de phosphore que la somme annuelle des apports naturels pour ce lac.  
Sac de 20kg contenant 7% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou 611g de P.

## LAC CROCHE BUDGET PROVISOIRE EN PHOSPHORE

### Données de base

Superficie du lac (km <sup>2</sup> ) :	0,18
Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> ) :	1,07
Superficie des milieux humides (km <sup>2</sup> ) :	0
Superficie en forêt (km <sup>2</sup> ) :	0,89
Nombre de résidences :	1

### Budget

Source	kg/année	%
Précipitations directes	2,70	52
Forêts	2,45	47
Milieux humides	0	0
<b>Résidences</b>	<b>0,07</b>	<b>1</b>
<hr/>		
TOTAL	5,22	100

<b>Concentration moyenne naturelle estimée :</b>	<b>4,2 µg/litre</b>
<b>Concentration moyenne observée en phosphore total :</b>	<b>4,2 µg/litre</b>
<b>Concentration réalisable en réduisant l'impact humain de moitié:</b>	<b>4,2 µg/litre</b>

### Équivalent en sacs de fertilisant à pelouse pour ce lac: 8

8 sacs de fertilisant contiennent autant de phosphore que la somme annuelle des apports naturels pour ce lac.  
Sac de 20kg contenant 7% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou 611g de P.

## LAC ÉCHO

### BUDGET PROVISOIRE EN PHOSPHORE

#### Données de base

Superficie du lac (km <sup>2</sup> ) :	1,62
Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> ) :	8,82
Superficie des milieux humides (km <sup>2</sup> ) :	0,30
Superficie en forêt (km <sup>2</sup> ) :	6,90
Nombre de résidences :	624

#### Budget

Source	kg/année	%
Précipitations directes	24,3	16
Forêts	19,0	13
Milieux humides	32,9	22
<b>Résidences</b>	<b>54,7</b>	<b>37</b>
Lac Renaud	10,2	7
Lac Gordon	5,7	4
Lac René	1,2	1
<b>TOTAL</b>	<b>148,0</b>	<b>100</b>

<b>Concentration moyenne naturelle estimée :</b>	<b>9,1 µg/litre</b>
<b>Concentration moyenne observée en phosphore total :</b>	<b>14,4 µg/litre</b>
<b>Concentration réalisable en réduisant l'impact humain de moitié:</b>	<b>11,7 µg/litre</b>

#### Équivalent en sacs de fertilisant à pelouse pour ce lac: 125

125 sacs de fertilisant contiennent autant de phosphore que la somme annuelle des apports naturels pour ce lac.

Sac de 20kg contenant 7% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou 611g de P.

N.B.: Le scénario de réduction de l'impact humain est appliqué au sous-bassin versant du lac Écho seulement.

## LAC FOURNELLE BUDGET PROVISOIRE EN PHOSPHORE

### Données de base

Superficie du lac (km <sup>2</sup> ) :	0,20
Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> ) :	3,92
Superficie des milieux humides (km <sup>2</sup> ) :	0,04
Superficie en forêt (km <sup>2</sup> ) :	3,69
Nombre de résidences :	84

### Budget

Source	kg/année	%
Précipitations directes	2,94	12
Forêts	10,14	41
Milieux humides	4,07	11
<b>Résidences</b>	<b>7,37</b>	<b>30</b>
<hr/>		
TOTAL	24,52	100

<b>Concentration moyenne naturelle estimée :</b>	<b>5,4 µg/litre</b>
<b>Concentration moyenne observée en phosphore total :</b>	<b>7,6 µg/litre</b>
<b>Concentration réalisable en réduisant l'impact humain de moitié:</b>	<b>6,5 µg/litre</b>

### Équivalent en sacs de fertilisant à pelouse pour ce lac: 28

28 sacs de fertilisant contiennent autant de phosphore que la somme annuelle des apports naturels pour ce lac.  
Sac de 20kg contenant 7% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou 611g de P.

## LAC GORDON BUDGET PROVISOIRE EN PHOSPHORE

### Données de base

Superficie du lac (km <sup>2</sup> ) :	0,06
Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> ) :	0,98
Superficie des milieux humides (km <sup>2</sup> ) :	0
Superficie en forêt (km <sup>2</sup> ) :	0,92
Nombre de résidences :	19

### Budget

Source	kg/année	%
Précipitations directes	0,90	18
Forêts	2,53	50
Milieux humides	0	0
<b>Résidences</b>	<b>1,66</b>	<b>33</b>
<b>TOTAL</b>	<b>4,09</b>	<b>100</b>

<b>Concentration moyenne naturelle estimée :</b>	<b>7,2 µg/litre</b>
<b>Concentration moyenne observée en phosphore total :</b>	<b>10,6 µg/litre</b>
<b>Concentration réalisable en réduisant l'impact humain de moitié:</b>	<b>8,9 µg/litre</b>

### Équivalent en sacs de fertilisant à pelouse pour ce lac: 6

6 sacs de fertilisant contiennent autant de phosphore que la somme annuelle des apports naturels pour ce lac.  
Sac de 20kg contenant 7% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou 611g de P.

## LAC MONTAUBOIS BUDGET PROVISOIRE EN PHOSPHORE

### Données de base

Superficie du lac (km <sup>2</sup> ) :	0,17
Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> ) :	0,72
Superficie des milieux humides (km <sup>2</sup> ) :	0
Superficie en forêt (km <sup>2</sup> ) :	0,55
Nombre de résidences :	27

### Budget

Source	kg/année	%
Précipitations directes	2,49	39
Forêts	1,52	24
Milieux humides	0	0
<b>Résidences</b>	<b>2,40</b>	<b>37</b>
<hr/>		
TOTAL	6,41	100

<b>Concentration moyenne naturelle estimée :</b>	<b>2,9 µg/litre</b>
<b>Concentration moyenne observée en phosphore total :</b>	<b>4,6 µg/litre</b>
<b>Concentration réalisable en réduisant l'impact humain de moitié :</b>	<b>3,7 µg/litre</b>

### Équivalent en sacs de fertilisant à pelouse pour ce lac: 7

7 sacs de fertilisant contiennent autant de phosphore que la somme annuelle des apports naturels pour ce lac.  
Sac de 20kg contenant 7% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou 611g de P.

N.B.: Les aménagements résidentiels aux lac Montaubois étant plus récents et plus naturels que ceux du bassin versant du lac Connelly, il est probable que le coefficient d'exportation de phosphore pour les résidences soit inférieur à celui estimé dans le bassin versant du lac Connelly, et utilisé dans le calcul de ce budget. En conséquence, l'effet d'une réduction de 50% de l'impact humain au lac Montaubois serait probablement moindre que la réduction de 0,9 µg/litre estimée selon le tableau précédent. Pour la même raison, la concentration naturelle estimée pourrait être légèrement supérieure à 2,9 µg/litre.

## LAC MORENCY BUDGET PROVISOIRE EN PHOSPHORE

### Données de base

Superficie du lac (km <sup>2</sup> ) :	0,26
Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> ) :	2,31
Superficie des milieux humides (km <sup>2</sup> ) :	0
Superficie en forêt (km <sup>2</sup> ) :	2,05
Nombre de résidences :	107

### Budget

Source	kg/année	%
Précipitations directes	3,89	19
Forêts	5,64	28
Milieux humides	0	0
<b>Résidences</b>	<b>10,52</b>	<b>53</b>
Hôtel	?	?
<b>TOTAL</b>	<b>20,04</b>	<b>100</b>

<b>Concentration moyenne naturelle estimée :</b>	<b>2,7 µg/litre</b>
<b>Concentration moyenne observée en phosphore total :</b>	<b>5,7 µg/litre</b>
<b>Concentration réalisable en réduisant l'impact humain de moitié:</b>	<b>4,2 µg/litre</b>

### Équivalent en sacs de fertilisant à pelouse pour ce lac: 16

16 sacs de fertilisant contiennent autant de phosphore que la somme annuelle des apports naturels pour ce lac.  
Sac de 20kg contenant 7% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou 611g de P.

N.B.: La contribution de l'Hôtel n'a pas été prise en considération, mais pourrait être substantielle, tel qu'indiqué par la présence d'algues filamenteuses en été dans le secteur sud-ouest du lac.

## LAC À L'OURS BUDGET PROVISOIRE EN PHOSPHORE

### Données de base

Superficie du lac (km <sup>2</sup> ) :	0,15
Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> ) :	3,14
Superficie des milieux humides (km <sup>2</sup> ) :	0,23
Superficie en forêt (km <sup>2</sup> ) :	3,76
Nombre de résidences :	67

### Budget

Source	kg/année	%
Précipitations directes	2,19	5
Forêts	7,60	19
Milieux humides	25,3	62
<b>Résidences</b>	<b>5,90</b>	<b>14</b>
<hr/>		
TOTAL	41,0	100

<b>Concentration moyenne naturelle estimée :</b>	<b>13,2 µg/litre</b>
<b>Concentration moyenne observée en phosphore total :</b>	<b>15,4 µg/litre</b>
<b>Concentration réalisable en réduisant l'impact humain de moitié:</b>	<b>14,3 µg/litre</b>

### Équivalent en sacs de fertilisant à pelouse pour ce lac: 57

57 sacs de fertilisant contiennent autant de phosphore que la somme annuelle des apports naturels pour ce lac.  
Sac de 20kg contenant 7% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou 611g de P.

## LAC PIN ROUGE BUDGET PROVISOIRE EN PHOSPHORE

### Données de base

Superficie du lac (km <sup>2</sup> ) :	0,15
Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> ) :	7,06
Superficie des milieux humides (km <sup>2</sup> ) :	0,45
Superficie en forêt (km <sup>2</sup> ) :	6,45
Nombre de résidences :	129

### Budget

Source	kg/année	%
Précipitations directes	2,31	3
Forêts	17,74	22
Milieux humides	49,94	61
<b>Résidences</b>	<b>11,33</b>	<b>14</b>
<hr/>		
TOTAL	78,32	100

<b>Concentration moyenne naturelle estimée :</b>	<b>9,9 µg/litre</b>
<b>Concentration moyenne observée en phosphore total :</b>	<b>11,5 µg/litre</b>
<b>Concentration réalisable en réduisant l'impact humain de moitié:</b>	<b>10.7 µg/litre</b>

### Équivalent en sacs de fertilisant à pelouse pour ce lac: 115

115 sacs de fertilisant contiennent autant de phosphore que la somme annuelle des apports naturels pour ce lac.

Sac de 20kg contenant 7% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou 611g de P.

## LAC RENAUD BUDGET PROVISOIRE EN PHOSPHORE

### Données de base

Superficie du lac (km <sup>2</sup> ) :	0,27
Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> ) :	1,91
Superficie des milieux humides (km <sup>2</sup> ) :	0,024
Superficie en forêt (km <sup>2</sup> ) :	1,61
Nombre de résidences :	191

### Budget

Source	kg/année	%
Précipitations directes	4,11	15
Forêts	4,43	16
Milieux humides	2,64	9
<b>Résidences</b>	<b>16,8</b>	<b>60</b>
<hr/>		
TOTAL	27,95	100

<b>Concentration moyenne naturelle estimée :</b>	<b>3,7 µg/litre?</b>
<b>Concentration moyenne observée en phosphore total :</b>	<b>9,2 µg/litre</b>
<b>Concentration réalisable en réduisant l'impact humain de moitié:</b>	<b>6,4 µg/litre</b>

### Équivalent en sacs de fertilisant à pelouse pour ce lac: 18

18 sacs de fertilisant contiennent autant de phosphore que la somme annuelle des apports naturels pour ce lac.  
Sac de 20kg contenant 7% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou 611g de P.

N.B.: Étant artificiel, ce lac pourrait avoir des sources internes de phosphore issues de la décomposition du sol végétal possiblement laissé sur place avant la mise en eau. La concentration moyenne naturelle est donc particulièrement hypothétique dans ce cas.

## LAC RENÉ

### BUDGET PROVISOIRE EN PHOSPHORE

#### Données de base

Superficie du lac (km <sup>2</sup> ) :	0,07
Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> ) :	1,07
Superficie des milieux humides (km <sup>2</sup> ) :	0,20
Superficie en forêt (km <sup>2</sup> ) :	0,13
Nombre de résidences :	48

#### Budget

Source	kg/année	%
Précipitations directes	1,06	19
Forêts	0,36	6
Milieux humides	0	0
<b>Résidences</b>	<b>4,24</b>	<b>75</b>
<hr/>		
TOTAL	5,65	100

<b>Concentration moyenne naturelle estimée :</b>	<b>2,8 µg/litre</b>
<b>Concentration moyenne observée en phosphore total :</b>	<b>11,2 µg/litre</b>
<b>Concentration réalisable en réduisant l'impact humain de moitié:</b>	<b>7,0 µg/litre</b>

#### Équivalent en sacs de fertilisant à pelouse pour ce lac: 2

2 sacs de fertilisant contiennent autant de phosphore que la somme annuelle des apports naturels pour ce lac.  
Sac de 20kg contenant 7% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou 611g de P.

## LAC TRACY BUDGET PROVISOIRE EN PHOSPHORE

### Données de base

Superficie du lac (km <sup>2</sup> ) :	0,08
Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> ) :	0,24
Superficie des milieux humides (km <sup>2</sup> ) :	0
Superficie en forêt (km <sup>2</sup> ) :	0,16
Nombre de résidences :	19

### Budget

Source	kg/année	%
Précipitations directes	1,25	37
Forêts	0,43	13
Milieux humides	0	0
<b>Résidences</b>	<b>1,66</b>	<b>50</b>
<hr/>		
TOTAL	3,34	100

<b>Concentration moyenne naturelle estimée :</b>	<b>2,4 µg/litre</b>
<b>Concentration moyenne observée en phosphore total :</b>	<b>4,8 µg/litre</b>
<b>Concentration réalisable en réduisant l'impact humain de moitié:</b>	<b>3,6 µg/litre</b>

### Équivalent en sacs de fertilisant à pelouse pour ce lac: 3

3 sacs de fertilisant contiennent autant de phosphore que la somme annuelle des apports naturels pour ce lac.  
Sac de 20kg contenant 7% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou 611g de P.

N.B.: Les aménagements résidentiels aux lac Tracy étant plus récents et plus naturels que ceux du bassin versant du lac Connelly, il est probable que le coefficient d'exportation de phosphore pour les résidences soit inférieur à celui estimé dans le bassin versant du lac Connelly, et utilisé dans le calcul de ce budget. En conséquence, l'effet d'une réduction de 50% de l'impact humain au lac Tracy serait probablement moindre que la réduction de 1,2 µg/litre estimée selon le tableau précédent. Pour la même raison, la concentration naturelle estimée pourrait être légèrement supérieure à 2,4 µg/litre.

## **Photos**

**Photo 1.** Herbier de myriophylle à épi au lac Connelly.



**Photo 2.** Couche de périphyton (biofilm) croissant sur les roches au bord du lac de l'Achigan. La couleur brune du matériel indique l'abondance d'algues diatomées. De telles manifestations sont les premiers symptômes d'apports excessifs en phosphore et en azote.



**Photo 3.** Deux espèces de plantes aquatiques à feuilles flottantes typiques des Laurentides (Brasénie et Nymphéa odorant).



**Photo 4.** Lac devenu eutrophe suite à l'installation d'une pisciculture dans son bassin versant. Municipalité de Notre-Dame-du-Laus.



**Photo 5.** Vue aérienne d'un petit lac mésotrophe, le lac Beaver (côté gauche de la photo), situé à quelques pas des lacs Tracy et Montaubois. Sa couleur verdâtre traduit la présence de d'une quantité anormale de phytoplancton résultant de l'abondance de phosphore dans ce lac peu profond. Municipalité de Saint-Hippolyte.



**Photo 6.** Chemin de bois traversant illégalement un petit ruisseau et causant une érosion importante. Fréquentes dans les Laurentides, de telles pratiques d'exploitation forestière endommagent les frayères et contribuent à l'eutrophisation des ruisseaux et des lacs. Municipalité de Val-Des-Lacs.



**Photo 7.** Fossé routier mal conçu provoquant, durant la crue printanière, l'érosion du terrain et transportant des quantités importantes de sédiments et d'éléments nutritifs vers le prochain lac. Municipalité de Val-Morin.



**Photo 8.** Parcelle de forêt noyée par le castor dans le bassin versant du lac Connelly, située en amont du point de prélèvement No. 6. Ces milieux nouvellement créés sont des sources importantes d'éléments nutritifs pour les lacs des Laurentides.



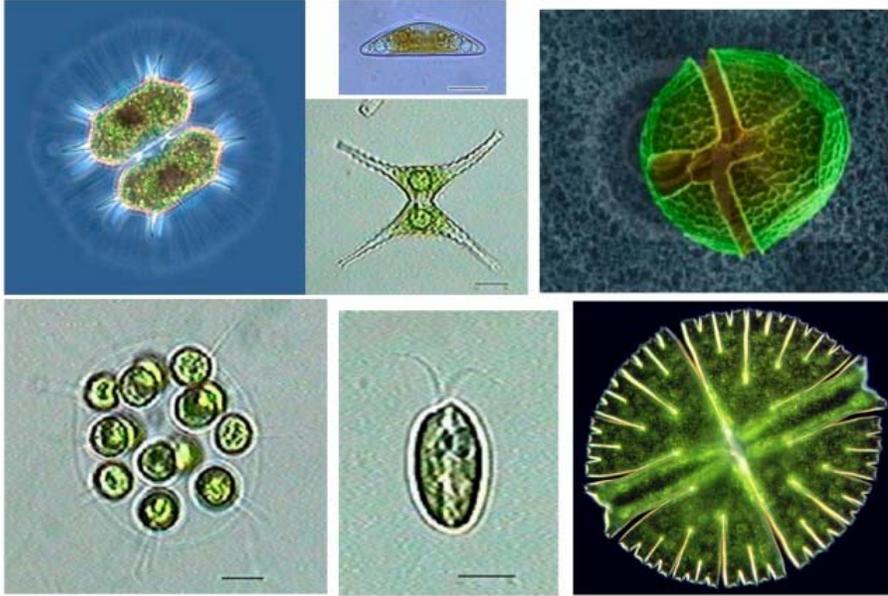
**Photo 9.** Couleur brune caractéristique de plusieurs ruisseaux, rivières et lacs des Laurentides, due à la présence de composés humiques issus des milieux humides ou inondés (marécages, tourbières, étangs de castor) présents dans le bassin versant.



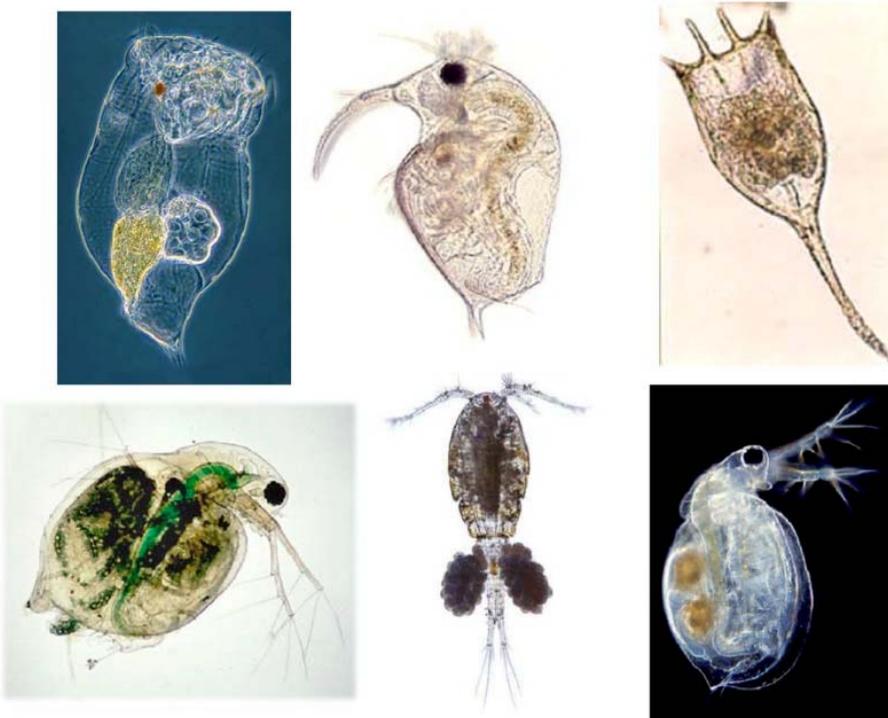
**Photo 10.** Marécage important maintenu par le castor et situé juste en amont du lac à l'Ours.



**Photo 11.** Algues microscopiques composant le phytoplancton des lacs. Ces algues servent de nourriture au zooplancton qui, à son tour, est consommé par les poissons.



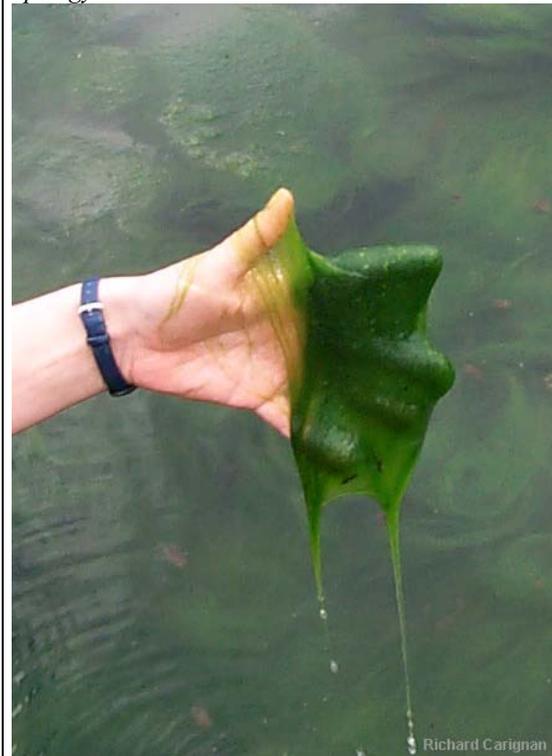
**Photo 12.** Organismes représentatifs du zooplancton



**Photo 13.** Algues filamenteuses du genre *Spirogyra* présentes en abondance dans un lac de Val-Morin. Ce lac reçoit l'effluent de l'installation septique non-conforme d'un hôtel. Ces problèmes sont encore fréquents dans les Laurentides.



**Photo 14.** Gros plan de l'algue filamenteuse *Spirogyra* montrée ci-haut.



**Photo 15.** Cerne d'algues filamenteuses dû à la présence d'une source d'éléments nutritifs localisée près du rivage. Ces algues trahissent généralement la présence d'une installation septique déficiente ou encore l'usage de fertilisants.



**Photo 16.** Plantes aquatiques submergées (potamot de Richardson, vallisnérie). Lorsque présentes en quantités modérées, comme dans cette illustration, les plantes aquatiques jouent un rôle bénéfique dans les lacs; il ne faut pas les arracher!



**Photo 17.** Seuil jaugeur en « V » situé à l'exutoire du lac Croche, Station de biologie des Laurentides. Cette installation permet de mesurer en continu le débit d'un ruisseau. Elle a été utilisée dans cette étude pour estimer le débit spécifique des ruisseaux du bassin versant du lac Connelly.

