

Université du Québec

INRS-EAU

Mémoire de Maîtrise

Présenté

Comme Exigence Partielle

de la Maîtrise en Science de L'Eau

par

Pierre D'Arcy

**RELATIONS ENTRE LES PROPRIÉTÉS DU BASSIN VERSANT,
LA MORPHOMÉTRIE DU LAC ET LA QUALITÉ DES EAUX .**

Août 1993

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Richard Carignan qui m'a donné l'opportunité de réaliser ce projet fort intéressant. Ses conseils judicieux et son expertise furent indispensables à bien des égards. Des remerciements s'adressent également à Sylvie St-Pierre, René Rodrique et Normand Canuel pour leur support technique tant au laboratoire que sur le terrain. Enfin, je tiens à remercier mon épouse Marie-Andrée, et mes enfants Geneviève et Pascale qui, par leur compréhension bienveillante, m'ont permis de me consacrer entièrement à la réalisation de ce projet.

RÉSUMÉ

Une trentaine de lacs situés sur le Bouclier canadien dans la région de Québec ont été échantillonnés à quatre reprises entre juin et octobre 1992 pour vérifier l'influence des propriétés morphométriques des bassins versants et des lacs sur des propriétés limnologiques telles que le nitrate, le phosphore, la chlorophylle-a, etc.. L'analyse de régression multiple a été utilisée pour développer des modèles de prédictions empiriques des propriétés limnologiques. Les résultats obtenus permettent de prédire plus de 60% de la variabilité de plusieurs propriétés limnologiques avec quatre variables indépendantes, du bassin et/ou du lac, ou moins. Des indices de la pente moyenne du bassin versant ont été développés et ces derniers entrent significativement dans presque tous les modèles de prédiction. La pente explique à elle seule, dans certains modèles, plus de 50% de la variabilité de certaines propriétés limnologiques. L'inclusion de la pente moyenne du bassin versant et sa relation avec le type d'écoulement se produisant dans ce dernier réduit l'importance accordée traditionnellement à certains autres paramètres, comme par exemple le rapport de l'aire de drainage sur l'aire du lac pour expliquer la variabilité du carbone organique dissous. Les modèles de régression obtenus sont calibrés pour une région relativement homogène, mais nous croyons qu'un paramètre comme la pente du bassin versant peut s'appliquer de façon tout aussi significative à d'autres régions.

Cette étude contient également des informations sur le comportement saisonnier des lacs, l'évolution saisonnière des propriétés chimiques, biologiques et physiques (lumière), ainsi qu'une bathymétrie de tous les lacs échantillonnés.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
REMERCIEMENTS.....	i
RÉSUMÉ.....	ii
TABLE DES MATIÈRES.....	iii
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES.....	vii
1- INTRODUCTION.....	1
2- RÉGION D'ÉTUDE.....	7
2.1- Description physiographique.....	7
3- MÉTHODOLOGIE.....	13
3.1- Sélection des lacs.....	13
3.2- Échantillonnage.....	13
3.3- Analyses chimiques.....	14
3.4- Propriétés physiques et morphométriques.....	17
3.4.1- Indices de pente.....	17
3.4.2- Couvert forestier.....	20
3.4.3- Volume des lacs.....	22
3.4.4- Temps de résidence.....	23
3.4.5- Coefficient d'extinction lumineuse.....	23
3.5- Analyses statistiques.....	24
4- RÉSULTATS.....	26

TABLE DES MATIÈRES (suite)

	Page
4.1- Description limnologique.....	26
4.1.1- Évolution temporelle.....	32
4.2.1- Importance des propriétés physiques et morphométriques.....	39
4.2.2- Constance temporelle des variables explicatives.....	41
5- INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS.....	42
5.1- Interprétation des résultats.....	42
5.1.1- Carbone organique dissous.....	42
5.1.2- Nitrate et ammonium.....	47
5.1.3- Phosphore total.....	51
5.1.4- Chlorophylle-a.....	55
5.1.5- Sulfate.....	57
5.1.6- Somme des cations.....	59
5.1.7- Fer et pH.....	60
5.2- Discussion générale.....	60
CONCLUSION.....	65
RÉFÉRENCES.....	66
ANNEXE I- Profil de température, d'oxygène dissous et du coefficient d'extinction lumineuse.....	I-1
ANNEXE II- Cartes bathymétriques et volume des lacs.....	II-1
ANNEXE III- Matrices de corrélation partielle.....	III-1
ANNEXE IV- Données physiques et chimiques des bassins et des lacs.....	IV-1
ANNEXE V- Évolution temporelle des éléments chimiques et biologiques.....	V-1

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1- Principales espèces forestières.....	11
Tableau 2- Méthodes analytiques.....	15
Tableau 3- Classes des essences forestières.....	21
Tableau 4.1a- Définition des paramètres du bassin versant.....	26
Tableau 4.1b- Définition des paramètres du lac.....	27
Tableau 4.2a- Statistiques descriptives des variables du bassin versant.....	29
Tableau 4.2b- Statistiques descriptives des variables du lac.....	30
Tableau 4.3- Statistiques descriptives des éléments chimiques.....	31
Tableau 4.4- Taux de disparition du nitrate pour l'épilimnion.....	33
Tableau 4.5- Résumé des modèles de régression multiple.....	36
Tableau 5.1- Pourcentage de la contribution éolienne du phosphore.....	54
Tableau 5.2- Comparaison de certains paramètres morphométriques et chimiques avec d'autres études.....	61

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1- Localisation des lacs.....	8
Figure 2- Carte minérale de la région de Québec.....	9
Figure 3- Les zones de végétation du Québec.....	10
Figure 4- Modèle de l'indice de pente 1.....	18
Figure 5- Modèle de l'indice de pente 2.....	19
Figure 6- Distribution de NO ₂ +NO ₃ dans les lacs.....	35
Figure 7- Distribution de NH ₄ dans les lacs.....	35
Figure 8- Distribution de PT dans les lacs.....	39
Figure 9- Distribution de CHa dans les lacs.....	40
Figure 10- Distribution de COD dans les lacs.....	40

1. INTRODUCTION

Les relations existant entre les propriétés morphométriques des bassins versants et des lacs et les propriétés limnologiques (chimiques et biologiques) intéressent depuis longtemps les limnologues. Fee (1979) rapporte que la limnologie de la première moitié du siècle s'est intéressée, en partie, aux relations générales entre les caractéristiques morphologiques, thermiques, hydrologiques et chimiques des bassins et la productivité des lacs (Naumann, 1932; Thienemann, 1925). Thienemann (1927) a suggéré que la morphométrie du lac était un facteur déterminant de la productivité. Des recherches ultérieures ont confirmé cette hypothèse (Rounsefell, 1946; Carlander, 1955; Larkin, 1964). Plus récemment, certains chercheurs ont mis l'accent sur les facteurs édaphiques propres au bassin, par exemple la végétation, pour expliquer la variation de la productivité des lacs (Moss, 1980; Pennington, 1981). D'autres ont continué à attribuer à la morphométrie du lac un rôle prédominant (Manny et al., 1978; Whitehead et Crissman, 1978; Wetzel, 1979; Carpenter, 1981). Duarte et Kalff (1989) ont observé qu'une combinaison de facteurs édaphiques (géologie du bassin) et morphométriques (profondeur moyenne du lac) expliquaient une partie de la variabilité de la biomasse phytoplanctonique et de la concentration en phosphore total.

Depuis les années soixante dix, la limnologie s'est concentrée particulièrement sur les problèmes d'eutrophisation et d'acidification. Les problèmes d'eutrophisation, d'un côté, ont amené les chercheurs à quantifier les sources du phosphore dans les lacs. Dillon et Kirchner (1975) ont observé que les bassins forestiers sur substrat igné du Bouclier canadien exportaient moins de phosphore total ($4.8 \text{ mg m}^{-2} \text{ an}^{-1}$) que les bassins comportant des forêts et des pâturages ($11.0 \text{ mg m}^{-2} \text{ an}^{-1}$). La même différence d'exportation fut observée sur les bassins de substrat sédimentaire quoique les valeurs d'exportation soient supérieures: forêts ($10.7 \text{ mg m}^{-2} \text{ an}^{-1}$), forêts et pâturages ($28.8 \text{ mg m}^{-2} \text{ an}^{-1}$). Kirchner (1975) a, de son côté, développé un modèle de régression simple entre l'exportation de phosphore par les bassins forestiers de substrat igné et la densité de drainage ($r^2 = 0.88$, $n = 18$).

Des modèles de prédiction de l'état trophique des lacs à partir des propriétés morphométriques et chimiques ont aussi été développés. Dillon (1974) a repris et adapté le modèle de Vollenweider (1968) qui estimait l'état trophique des lacs à partir de la charge de phosphore dans les lacs en fonction de la profondeur moyenne et du temps de résidence des eaux. La relation significative existant entre la production primaire et la charge de phosphore dans les lacs permettait de prédire l'état trophique des lacs à partir de propriétés morphométriques. Les propriétés morphométriques devaient également apporter des explications aux différences de productivités observées parmi les lacs. Schindler (1971) a suggéré, dans une étude sur les lacs de la région expérimentale (ELA) en Ontario, que des différences morphométriques telles que le rapport de l'aire du bassin sur le volume du lac expliquaient une partie importante de la variabilité de la chlorophylle dans les lacs. Les résultats qu'il a obtenus sont significatifs mais la population étudiée se limitait à huit lacs. Dillon (1975) suggérait de son côté que le taux de renouvellement des lacs expliquaient la différence de productivité entre les lacs. Ces observations portaient sur deux lacs de l'Ontario, le Four Mile Lake et le Cameron Lake, qui avaient un degré d'eutrophisation similaire même si le premier lac recevait une charge de phosphore annuel vingt fois inférieure à celle du second.

Dillon et Rigler (1974) ont utilisé la concentration de chlorophylle-a comme indice de l'état trophique des lacs, et ils ont développé un modèle de prédiction de la concentration estivale de chlorophylle-a à partir d'une seule mesure de la concentration de phosphore total prise lors de la circulation printanière des lacs. Les résultats qu'ils ont obtenu montrent un coefficient de corrélation de 0.95. Un index de l'état trophique des lacs a été développé par Carlson (1976) dans lequel il intégrait des paramètres tels que la transparence du disque de Secchi, la concentration de phosphore et de chlorophylle-a, etc. L'application de cet index servait non seulement à classer les lacs selon leur état trophique, mais aussi à vérifier les relations existant entre des propriétés limnologiques comme, par exemple, le phosphore et le disque de Secchi.

De l'autre côté, l'acidification des lacs a donné lieu à des échantillonnages à grande échelle (Schofield, 1976; Pfeiffer et Festa, 1980) qui demandaient non seulement de considérer les propriétés des lacs, mais aussi celles de leurs bassins versants pour comprendre les variations du pH et de l'alcalinité. Lachance et Gamache (1985) ont observé, pour 258 lacs, que l'acidification par les précipitations atmosphériques était également reliée à la géologie et aux dépôts meubles des bassins versants. Les lacs situés sur le Bouclier apparaissaient plus vulnérables et menacés du fait de leur faible capacité de neutralisation de la charge acide. Schofield et al. (1985) ont constaté une influence similaire de la géologie et des dépôts meubles pour trois lacs de la région des Adirondacks qui recevaient des quantités comparables de précipitations atmosphériques acides. La variation du pH des lacs (4.7 - 6.2) était attribuée à des différences d'épaisseur des dépôts meubles et au temps de résidence de l'eau dans les sols. Panther Lake (pH = 6.2) avait un till épais et une perméabilité du sol élevée ce qui augmentait la percolation de l'eau vers les horizons profonds et le temps de contact avec le sol. Le temps de contact prolongé enrichissait l'eau souterraine en cations basiques et par conséquent le lac. Woods Lake (pH = 4.7) avait, lui, un till mince et une perméabilité du sol faible, ce qui réduisait le temps de contact de l'eau avec le sol et confinait le ruissellement dans les horizons superficiels du sol riches en aluminium.

Loucks et al. (1986) ont étudié 316 bassins versants du nord du Wisconsin dont les données sur plus d'une centaine de propriétés des bassins versants (topographie, géologie, morphométrie des lacs, chimie des précipitations atmosphériques, etc.) sont accumulées depuis 1980. Les analyses de régression qu'ils ont effectuées montrent que la taille du bassin, la profondeur du lac ou le temps de résidence des eaux, et l'intensité des apports anthropiques dans le bassin expliquent la variabilité de la capacité de neutralisation de la charge acide. Les résultats qu'ils ont observé diffèrent des études précédentes en suggérant que l'acidité des lacs peut ne pas être en équilibre avec les caractéristiques chimiques des précipitations actuelles.

Rapp et al. (1985) ont réalisé une étude similaire sur 267 lacs dans le nord-est du Minnesota. Les résultats rapportés montrent que la variation de l'alcalinité des lacs est le paramètre de la qualité des eaux le plus difficile à expliquer. Les régressions les plus significatives pour l'alcalinité s'obtenaient lorsqu'ils utilisaient seulement les lacs de tête. Dans ce cas, 38% de la variabilité de l'alcalinité s'expliquait par les apports atmosphériques de sulfate, le temps de renouvellement de l'eau, la présence de couvert forestier feuillu sur le bassin, et le potentiel d'érosion du substrat rocheux. Hunsaker et al. (1986) ont observé que les dépôts atmosphériques humides, l'altitude des lacs, et le couvert forestier étaient les principales variables explicatives de la variation du pH des lacs de la région des Adirondacks. Des résultats similaires sont rapportés par Lachance et Buteau (1989) pour 35 lacs du réseau TADPA-Québec opéré par Environnement Canada.

Shaffer et Church (1989) ont déterminé la contribution relative de la partie terrestre et lacustre dans les budgets d'alcalinité de lacs de drainage de différentes régions des États-Unis. Une des méthodes utilisées pour établir la contribution de chaque entité (bassin et lac) est le rapport de l'aire de drainage sur l'aire du lac. Les différentes méthodes utilisées donnaient des résultats comparables et montraient que la contribution lacustre dans le budget de l'alcalinité était inférieure à 7% pour la plupart des lacs de drainage des régions étudiées.

Les recherches sur l'acidification ont aussi porté sur les communautés phyto- et zooplanctoniques. Earle et al. (1987) n'ont pas observé d'effets de l'acidification anthropique sur les communautés phytoplanctoniques de 97 lacs à Terre-Neuve. Les observations sur la variation spatiale des communautés phytoplanctoniques étaient reliées non à l'acidification des lacs par l'homme mais aux comportements propres au phytoplancton. Les observations de Pinel-Alloul et al. (1987) sur la structure spatiale du zooplancton dans 54 lacs du Québec s'apparentent à celles d'Earle. En effet, l'abondance du zooplancton dans les lacs était davantage reliée aux indices trophiques (transparence, couleur, carbone organique) qu'aux indices d'acidification (pH, aluminium, sulfate, rapport alcalinité/sulfate), et certaines communautés présentaient des

préférences marquées soient pour les eaux alcalines (p.e. copépodes cyclopides) ou les eaux acides (rotifères).

L'influence du bassin versant sur les lacs a également été observée pour des propriétés limnologiques telles la couleur de l'eau et le carbone organique dissous. L'importance du carbone organique dissous dans les lacs est bien connue. Il conditionne la profondeur de la zone photique, la température de l'eau, la productivité du lac, etc. Schindler (1971) a relié la concentration de carbone organique dissous des lacs au rapport aire de drainage sur aire du lac et ces observations ont été confirmées par Curtis (1991), Engstrom (1987), et Rasmussen et al. (1989). Ces derniers ont de plus observé que la pente moyenne du bassin versant pouvait expliquer la variabilité du carbone organique dissous des lacs. La taille du bassin versant, par son rôle de capteur des précipitations atmosphériques, peut aussi expliquer l'exportation vers les lacs d'éléments nutritifs tels le nitrate et le phosphore (Dillon et Molot, 1990; Prairie et Kalff, 1986).

Notre étude s'inscrit dans le courant qui cherche à mieux comprendre les interactions du système bassin versant - lac. Le premier objectif est d'établir des modèles de prédiction empiriques de certaines propriétés limnologiques telles le phosphore, l'azote inorganique, le carbone organique dissous, la chlorophylle-a, etc., à partir des propriétés morphométriques des bassins versants et des lacs. Le modèle de base utilisé repose sur celui proposé par Rapp et al. (1985):

Intrants * médiation du bassin (processus biogéochimiques) = concentration dans le lac

Les résultats des recherches antérieures présentés ci-haut illustrent bien l'intérêt d'une telle étude.

Un second objectif est de procurer des informations saisonnières sur le comportement de certaines propriétés limnologiques des lacs de la région de Québec. Les suivis saisonniers ou annuels des lacs de la région de Québec sont plutôt rares.

Les études menées dans la région (Bobée et al., 1982; Richard, 1982; Lachance et Gamache, 1985; Dupont, 1989) visaient principalement à déterminer l'état d'acidification des lacs et comprenaient généralement un seul échantillonnage. Certaines propriétés limnologiques importantes comme le phosphore et la chlorophylle-a n'étaient pas non plus mesurées. Les résultats que nous avons obtenus montrent à cet égard l'existence d'une variation saisonnière marquée chez l'ammonium et le nitrate alors que les autres propriétés limnologiques mesurées ne fluctuent que légèrement.

2. RÉGION D'ÉTUDE

2.1 - Description physiographique

La figure 1 présente la localisation des lacs échantillonnés. Ce territoire fait partie de la région hydrographique de la Mauricie et couvre une superficie d'environ 6500 km². La majorité des lacs appartiennent au domaine public, Parc des Laurentides, Réserve de Portneuf, Réserve Écologique de Tantaré, et quelques-uns au secteur privé, ZEC (Zone d'Exploitation Contrôlée). Tous les lacs sont situés sur le Bouclier Précambrien et font partie de la Province structurale de Grenville. La lithologie (fig. 2) est caractérisée principalement par des roches ignées (granite, gabbro, etc.) et métamorphiques (amphibolite, gneiss, migmatite, mangérite, etc.).

L'épaisseur et les types de dépôts meubles peuvent varier d'un bassin à l'autre. Le till indifférencié peut varier de quelques centimètres à plus d'un mètre, voire plusieurs mètres dans certains cas. Les cartes géomorphologiques ne donnent pas d'indication très précise sur l'épaisseur des dépôts meubles. Les dépôts les plus épais se retrouvent dans les vallées et les fractures, et les plus minces sur les sommets et les pentes abruptes (Lachance et Gamache, 1985). Les dépôts contiennent des sédiments juxtaglaciaires, mis en place au contact de la glace (p. e. tills de fond, quelques eskers), et/ou proglaciaires, accumulés au-delà du glacier dans des rivières, des lacs ou la mer, et sont constitués principalement de sable, gravier et cailloux.

Les sols de la région dérivent en grande partie de la roche sous-jacente et correspondent généralement à des podzols humo-ferriques orthiques développés sur des tills minces (Clayton et al., 1978; Environnement Canada, 1980). Du fait qu'il existe très peu de données concernant les sols du Bouclier, il nous a été impossible de les inclure dans notre étude.

Notre territoire d'échantillonnage traverse trois zones de végétation bien distinctes: feuillue, mélangée, résineuse (fig. 3). Les principales espèces forestières rencontrées sur les bassins sont présentées au tableau 1.

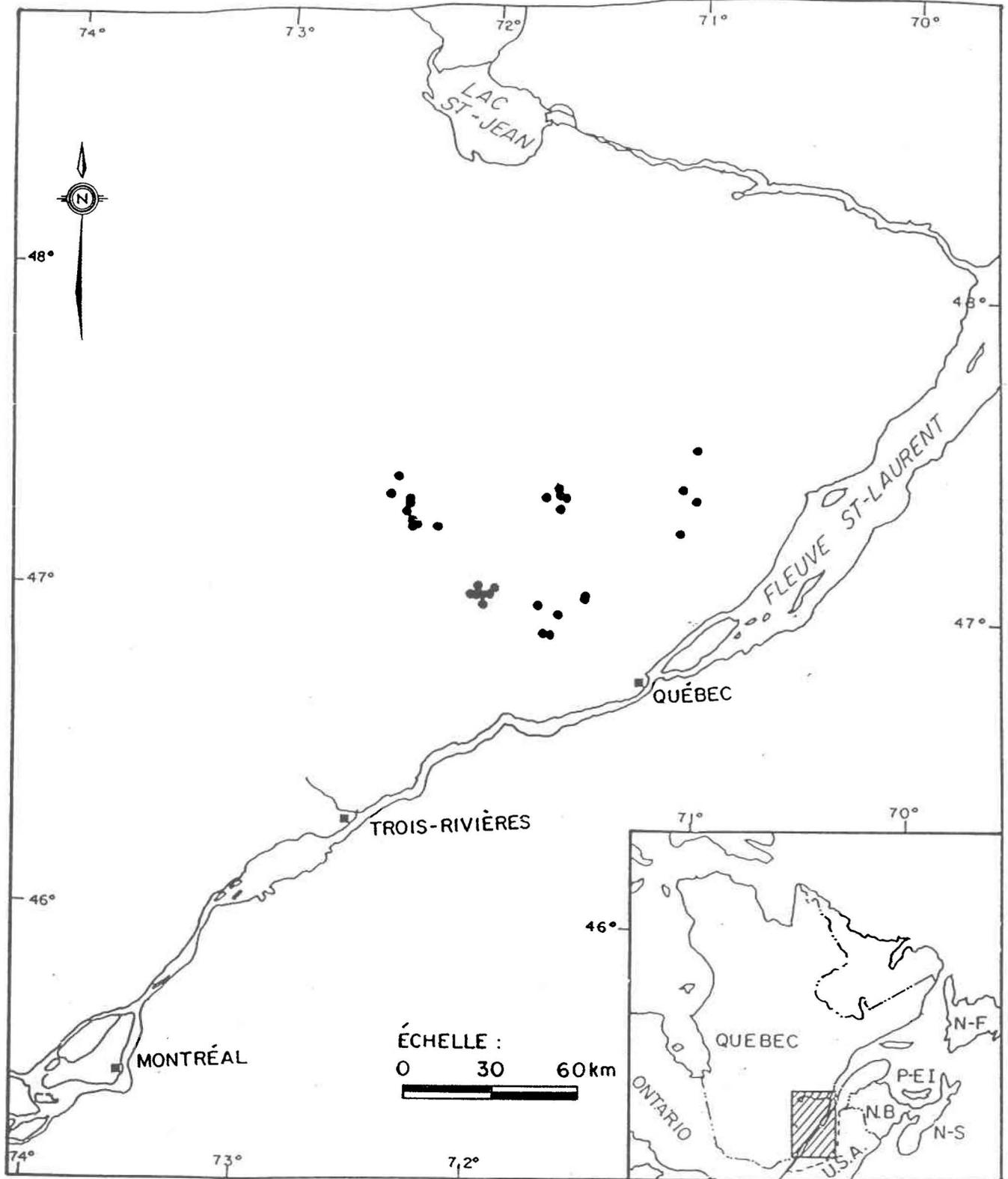


Figure 1. Localisation des lacs

Échelle: 1 : 1 25 000 (approx.)

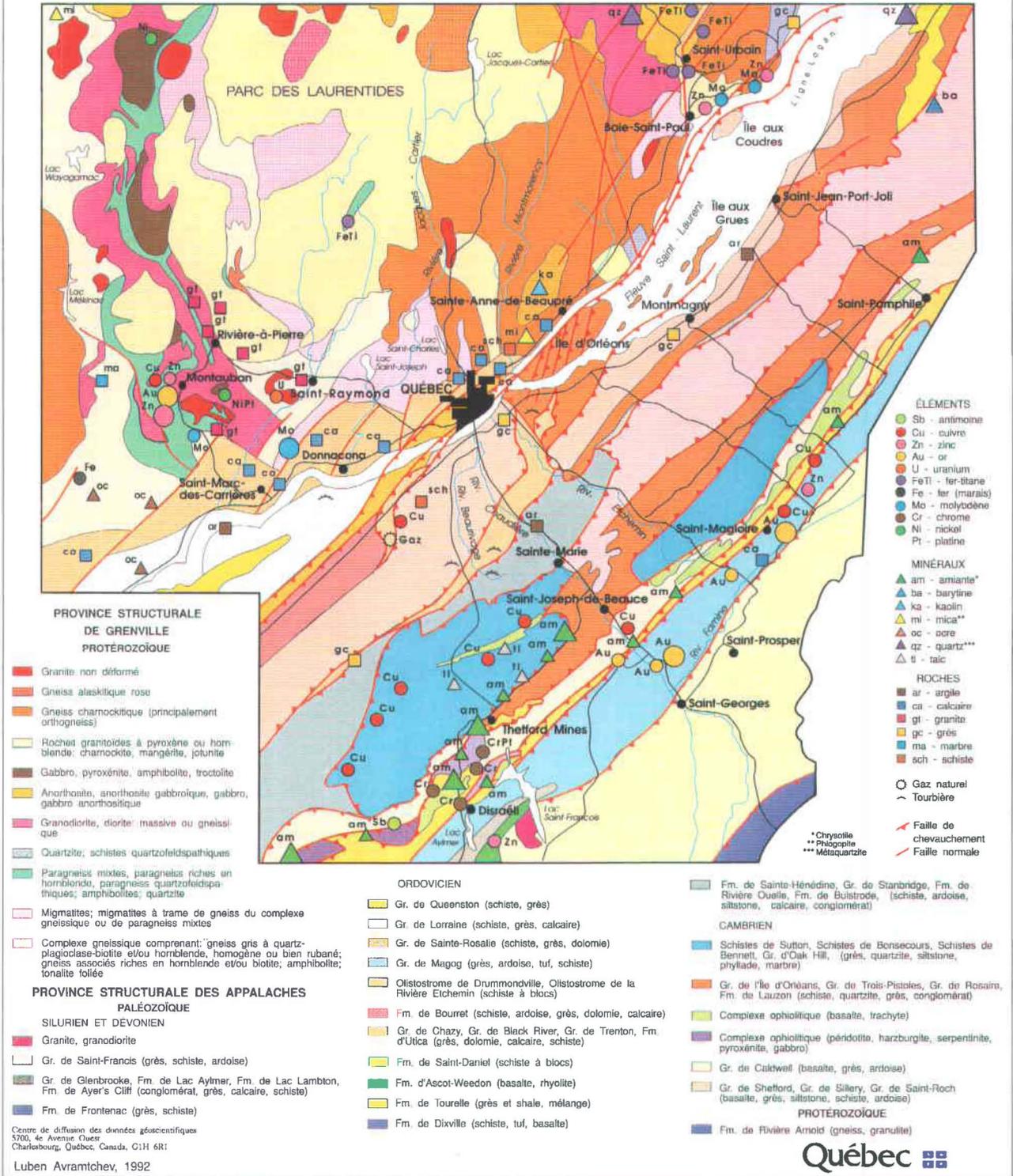


FIGURE 2.

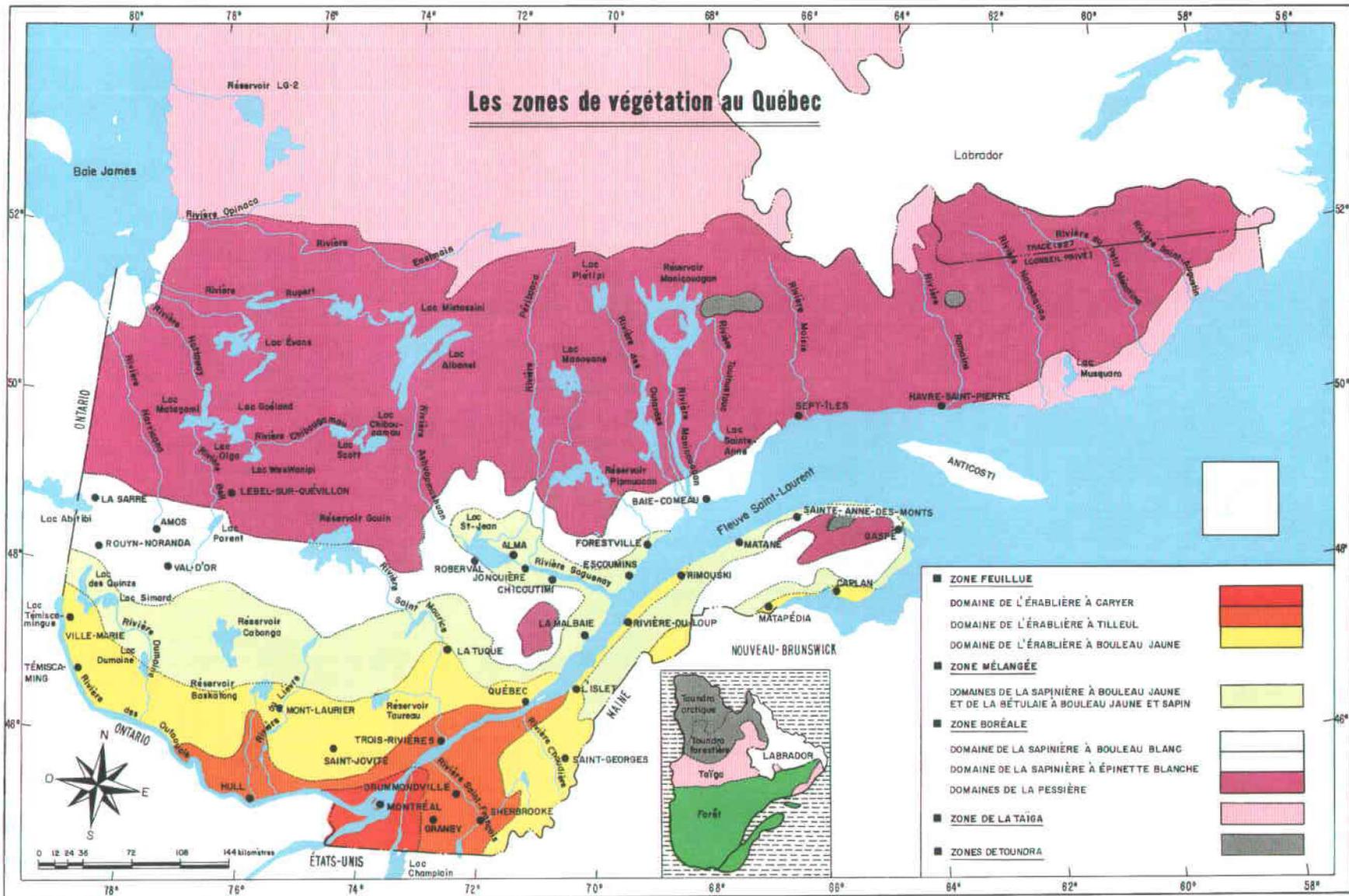


FIGURE 3.

Tableau 1. Principales espèces forestières

Essences	Espèces	Nom Latin
Feuillue	bouleau jaune	<u>Betula alleghaniensis</u> Britton
	bouleau blanc	<u>Betula papyrifera</u> Marsh
	érable à sucre	<u>Acer saccharum</u> Marsh
	érable rouge	<u>Acer rubrum</u> L.
	peuplier faux-tremble	<u>Populus tremuloïdes</u> Michx.
Conifère	épinette blanche	<u>Picea glauca</u> (Moench) Voss
	épinette noire	<u>Picea mariana</u> (Mill.) BSP.
	mélèze laricin	<u>Larix laricina</u> (Du Roi) Koch
	pin blanc	<u>Pinus strobus</u> L.
	pin gris	<u>Pinus banksiana</u> Lamb.
	sapin baumier	<u>Abies balsamea</u> (L.) Mill.

La répartition des espèces suit le modèle habituel, c'est à dire que les conifères se retrouvent sur les pentes abruptes, les sols mal drainés, et à haute altitude, et les feuillus sur les sols bien drainés et à altitude moins élevée.

Depuis la mise en place du couvert végétal actuel, il y a 5000 ans (Richard, 1985), les peuplements forestiers ont été affectés par des incidents naturels et des activités humaines qui ont perturbé les successions naturelles. Ces perturbations résultent en des peuplements qui, sur notre territoire, ont une moyenne d'âge entre 40 et 50 ans. Seuls quelques secteurs protégés ont des peuplements dont l'âge dépasse le siècle.

Le climat, de type continental, est caractérisé par des températures moyennes annuelles variant entre 0.4 °C (forêt Montmorency) et 3.5 °C (forêt Duchesnay).

Les températures les plus froides sont enregistrées au mois de janvier où elles atteignent en moyenne $-15.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (forêt Montmorency). Les autres stations enregistrent des valeurs légèrement supérieures à cette dernière. En été, les températures les plus élevées sont atteintes en juillet où elles varient entre 14 et $18.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ selon les endroits. Les précipitations annuelles moyennes varient de 1100 mm (Rivière à Pierre) à 1500 mm (forêt Montmorency). Près de 40% de ces précipitations tombent sous forme de neige à la station Montmorency alors que ce pourcentage est d'environ 25% pour les autres stations. Les précipitations reçues au cours de notre échantillonnage correspondent aux normales mensuelles sauf pour juillet, où elles ont été un peu plus de deux fois supérieures à la normale.

Les lacs échantillonnés sont dimictiques et l'ordre hydrographique varie de 1 à 4 (un seul lac est d'ordre 4). Seulement quelques lacs ont à leur exutoire un barrage de castor et la grande majorité n'ont pas d'habitations humaines. Les quelques chalets observés sont principalement situés dans les ZEC et l'occupation périodique de ces derniers est reliée aux activités de chasse et de pêche. Aucune route principale ne passe à proximité des lacs. Les voies d'accès sont des routes de gravier non entretenues l'hiver. Certaines parties des bassins versants ont été affectées soit par des épidémies naturelles, ou par des coupes forestières. De façon générale, les coupes forestières relativement importantes remontent à plus de trente ans alors que les plus récentes ne couvrent qu'une portion mineure du bassin.

3. MÉTHODOLOGIE

3.1 - Sélection des lacs

Les critères de sélection des lacs reposent sur l'accessibilité par voie terrestre et sur la minimisation, dans le bassin, de perturbations dues aux activités anthropiques. Le couvert forestier des bassins devait aussi varier de feuillu à conifère pour vérifier l'influence possible de peuplements différents sur les propriétés limnologiques.

3.2 - Échantillonnage

Les lacs ont été visités à quatre reprises entre la fin mai et la fin octobre 1992. Ce choix représente un compromis entre nos contraintes logistiques et la recommandation de Marshall et al. (1988). Ces derniers ont observé que les moyennes saisonnières de la chlorophylle-*a* (CHa) de lacs oligotrophes peuvent être estimées avec une erreur acceptable si cinq observations ou plus sont effectuées. Lorsque plusieurs paramètres sont analysés, le nombre d'observation requises est basé sur le paramètre qui connaît la plus grande variabilité. Dans notre cas, le nitrate était le paramètre le plus variable et il a été possible de vérifier, avec un lac échantillonné hebdomadairement (Couture, 1992), que quatre échantillonnages suffisaient pour estimer la moyenne saisonnière avec une erreur inférieure à 30%. Cette erreur est considérée par Marshall comme raisonnable. L'erreur chez les autres paramètres est moindre du fait de leur plus grande stabilité.

L'échantillonnage s'étendait sur huit jours et consistait à prendre des échantillons intégrés de l'épilimnion au centre du lac ou à un autre point lorsque la profondeur au centre n'était pas suffisante. La limite inférieure de l'épilimnion était déterminée par le gradient de température où l'écart devait être $\leq 1^{\circ}\text{C}$ par mètre (Patalas, 1984). L'eau était prélevée à l'aide d'un boyau en PVC, rincé à plusieurs reprises avec l'eau du lac, et versée dans une bouteille de 4 L en plastique (Baxter Canlab) préalablement rincée 5 fois avec l'eau du lac. L'eau était ensuite bien mélangée et versée dans des bouteilles de 1L en polyéthylène à grande ouverture. Ces dernières étaient rincées à quatre reprises avec de l'eau déminéralisée et cinq fois avec l'eau du lac.

Environ 500 ml étaient versés dans une bouteille pour la mesure des propriétés chimiques, et 500 autres dans une autre bouteille pour la mesure de la chlorophylle-a. Des duplicats étaient prélevés à chaque lac et les échantillons étaient conservés dans une glacière à 4°C jusqu'au laboratoire de l'INRS-Eau.

Des profils de température, d'oxygène dissous et de lumière ont également été effectués, ainsi qu'une mesure de la profondeur du disque de Secchi. Les appareils et méthodes utilisés sont présentés au Tableau 2 et les profils pour chaque lac et chaque échantillonnage sont présentés à l'annexe I.

3.3 - Analyses chimiques

Le pH et la conductivité (octobre seulement) étaient mesurés au laboratoire dans les 24h suivant le prélèvement des échantillons. Les filtrations étaient effectuées dès le retour au laboratoire. Cinquante millilitres étaient filtrés pour les anions, les cations et le carbone organique dissous (COD) sur filtre pré-rincé DM-450 0.45 µm 47 mm et conservés à 4°C dans des bouteilles de 60 ou 125 ml en polyéthylène préalablement trempées durant plusieurs jours dans une solution de HCl 10% et rincées à 4 reprises à l'eau déminéralisée.

Cinquante millilitres étaient utilisés pour le phosphore total (PT) et 50 aussi pour le phosphore total filtré (PTF). Les mêmes filtres que mentionnés précédemment étaient utilisés pour PTF. Les échantillons pour PT et PTF étaient conservés pendant une dizaine de jours à la température du laboratoire dans des fioles Erlenmeyer et recouvertes de papier d'aluminium. Les fioles étaient préalablement lavées avec du savon sans phosphore (Liquinox) et rincées à plusieurs reprises avec de l'eau déionisée et une dernière fois avec de l'eau déionisée ultrapure. Elles étaient ensuite séchées tête inversée à l'abri de la poussière et recouvertes avec du papier d'aluminium.

Lors des analyses, 0,5 g de persulfate de potassium étaient ajoutés aux échantillons qui étaient mis à l'autoclave pour 45 minutes à 121°C. Les lectures étaient prises sur le spectromètre

avec des cellules de 10 cm à une longueur d'onde de 885 nm.

Pour la chlorophylle-a, 250 ml étaient filtrés sur filtre Whatmann GFC 47 mm en présence de $MgCO_3$ dans un local à l'abri de sources lumineuses directes. Les filtres étaient ensuite enveloppés dans du papier d'aluminium et conservés au congélateur à $-40^{\circ}C$ jusqu'aux analyses. La chlorophylle-a était extraite par macération des filtres dans 10 ml d'acétone 90% v/v pendant 24h. Les filtres étaient ensuite centrifugés pendant 10 minutes à 2000 r/min et 8 ml étaient prélevés pour la lecture par fluorimétrie. Une seconde lecture était faite après acidification pour éviter une surestimation de la chlorophylle-a due à la présence de phéopigments.

Le carbone organique dissous était dosé par conductivimétrie où l'échantillon était prétraité à l'acide sulfurique (1,0 N) et mélangé à du persulfate de potassium 4% (p/v), puis irradié aux ultraviolets.

Les dosages de NO_3^- et NH_4^+ étaient effectués dans les 48h suivant l'échantillonnage alors que ceux du PT, PTF, COD, et CHa avaient lieu dans les 14 jours. L'analyse de SO_4^{2-} suivait immédiatement les précédentes et 15 ml d'échantillons étaient ensuite acidifiés avec 75 μ L de HNO_3 pour les analyses ultérieures des autres métaux: Ca, Mg, Na, K, et Fe.

Tableau 2. Méthodes analytiques

Paramètre	Unité	Méthode	Appareil	Étalon
alcalinité	μ éq/L	titration Gran avec HCl 0.0100M	pH-mètre	
conductivité	mhos		conductivimètre de type radiomètre (CDM 2E)	
pH			pH mètre Fisher modèle 50	
chlorophylle- <u>a</u>	μ g/L	dosage par fluorimétrie	fluorimètre Turner Design 10-005	20, 100, 200

Tableau 2. Suite

Paramètre	Unité	Méthode	Appareil	Étalon
carbone organique dissous	mg/L	dosage par conductivimétrie automatisée	auto-analyseur	1, 5, 10, 15, 20
calcium	mg/L	spectrophotométrie d'émission au plasma	ICP Jarrel Ash, Atomscan 25	1 et 10
magnésium	mg/L	spectrophotométrie d'émission au plasma	ICP Jarrel Ash, Atomscan 25	0.1 et 1
sodium	mg/L	spectrophotométrie d'émission au plasma	ICP Jarrel Ash, Atomscan 25	0.2 et 2
fer	mg/L	spectrophotométrie d'émission au plasma d'argon	ICP Jarrel Ash, Atomscan 25	0.2 et 2
potassium	mg/l	dosage absorption atomique avec flamme	Varian Spectra 20	0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1
nitrite et nitrate	µg/L	dosage par colorimétrie automatisée avec colonne de cadmium	auto-analyseur Technicon II	5, 10, 20, 50, 100
ammonium	µg/L	dosage par colorimétrie automatisée	auto-analyseur Technicon II	5, 10, 20, 50, 100
phosphore	µg/L	dosage par colorimétrie manuel selon Murphy et Riley, 1962	spectromètre Spectronic 601	
sulfate	mg/L	dosage par conductivimétrie	chromatographe ionique, Dionex DX-300	0.6, 1.5, 3, 4.5, 6
oxygène	mg/L	dosage avec un oxymètre calibré en fonction de l'altitude	YSI model 58	
température	°C		YSI modèle 58	
coefficient d'extinction lumineuse*	m ⁻¹		sonde LI-COR modèle LI-190 SA et LI-192 SA	
transparence**	m	disque de Secchi		

* Les données de luminosité n'ont pas été prises au mois de juin ni pour 3 lacs en octobre.

** La profondeur du disque de Secchi n'a pas été prise en juin.

3.4 - Propriétés physiques et morphométriques

Les propriétés physiques et morphométriques ont été obtenues à partir de cartes topographiques et forestières au 1:20000, de cartes géologiques et géomorphologiques au 1:50000, et de photos aériennes au 1:10000 et au 1:15000. Toutes les mesures des aires et des distances ont été effectuées sur une table numérique avec le logiciel Sigma Scan. Plusieurs mesures ont été vérifiées en pesant des surfaces calquées sur papier pour s'assurer de la précision du logiciel.

3.4.1 - Indices de pente

Cinq indices de pente ont été utilisés pour le calcul de la pente moyenne du bassin versant. Un premier indice (**P1**) est obtenu en traçant des lignes droites qui partent de la limite du bassin et se rendent jusqu'à la bordure du lac. La différence d'altitude entre ces 2 points est calculée et divisée par la distance qui les sépare. Le résultat est multiplié par 100 pour avoir l'indice sous forme de pourcentage (fig. 4). Le nombre de lignes dépend de la forme et de la complexité du bassin versant et varie entre 15 et 75. La pente moyenne s'obtient en sommant la pente de chaque ligne et en la divisant par le nombre total de lignes (équation 1):

$$P1 = \left\{ \left[\sum_{j=1}^n (\text{ALT}(\mathbf{B})_j - \text{ALT}(\mathbf{L})) \div D_j \right] \times 100 \right\} \div n \quad (\text{équation 1})$$

où P1 = pente moyenne du bassin, en %

ALT(B)_j = altitude à la limite du bassin au point j (m)

ALT(L) = altitude du lac (m)

D_j = distance, au point j, entre le bassin et le lac, en mètre

n = nombre total de lignes

Le deuxième indice (**PP1**) est issu du premier et ne fait que pondérer la pente de chaque ligne. Pour ce faire, la pente de la ligne est multipliée par sa distance et divisée par la somme des

distances des lignes. L'influence d'une répartition non équilibrée des lignes peut ainsi être atténuée quoique cette pondération s'applique davantage lorsque peu de lignes sont utilisées. La pente moyenne pondérée du bassin s'obtient en sommant chaque pente moyenne pondérée (équation 2).

$$PP1 = \frac{\sum_{j=1}^n [(i_j \times D_j) \div \sum D_j]}{\quad} \quad (\text{équation 2})$$

où PP1 = pente moyenne pondérée du bassin, en %

i_j = pente de la ligne j, en %

D_j = distance, au point j, entre le bassin et le lac (m)

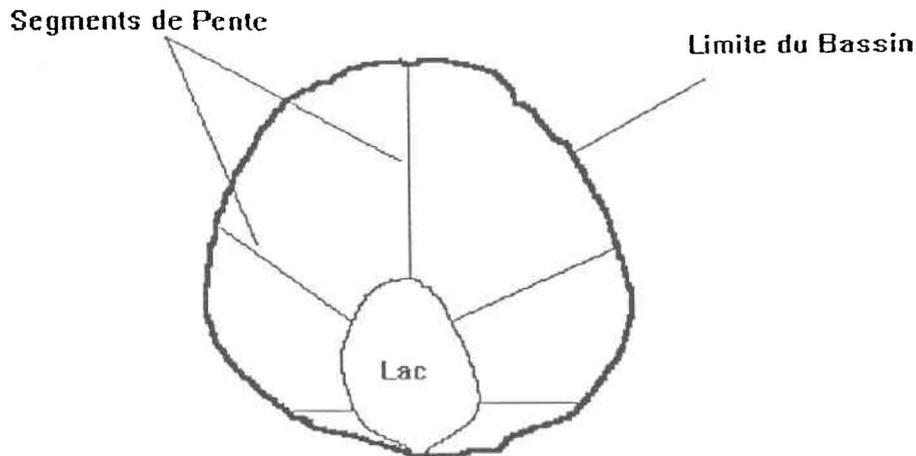


Figure 4. Modèle de l'indice de pente 1 (P1).

Le troisième indice (**P2**) tient compte des trajectoires naturelles d'écoulement et les lignes sont tracées orthogonalement aux courbes de niveau. Ceci a pour effet de simuler le parcours que l'eau emprunte sur le bassin. Une dizaine de lignes réparties proportionnellement sur le bassin sont utilisées pour le calcul de la pente. Lorsque des ruisseaux drainent le bassin, leurs sous-bassins sont délimités et les lignes (≈ 10), dans ces cas, vont de la limite du sous-bassin jusqu'à la hauteur du ruisseau plutôt qu'au lac (fig. 5). Le calcul de la pente du bassin se fait à partir de l'équation 1.

Le quatrième indice (**PP2**) est également une pondération du précédent. Cette dernière s'obtient en multipliant les pentes moyennes de chaque sous-bassin par l'aire qu'elles recouvrent, et en les divisant par l'aire de drainage du bassin.

La sommation de chaque pente moyenne pondérée donne la pente moyenne pondérée du bassin (équation 3).

$$\mathbf{PP2} = \left(\sum_{j=1}^n i_{\text{moy}}(\mathbf{SB})_j \times \mathbf{A}(\mathbf{SB})_j \right) \div \mathbf{ad} \quad (\text{équation 3})$$

où **PP2** = pente moyenne pondérée du bassin, en %

$i_{\text{moy}}(\mathbf{SB})_j$ = pente moyenne du sous-bassin j , en %

$\mathbf{A}(\mathbf{SB})_j$ = aire du sous-bassin j , en km^2

ad = aire de drainage, en km^2

Le but de cette pondération est de réduire l'importance que pourrait avoir une partie du bassin versant, dont la pente serait soit très forte ou très faible, par rapport à l'ensemble du bassin.

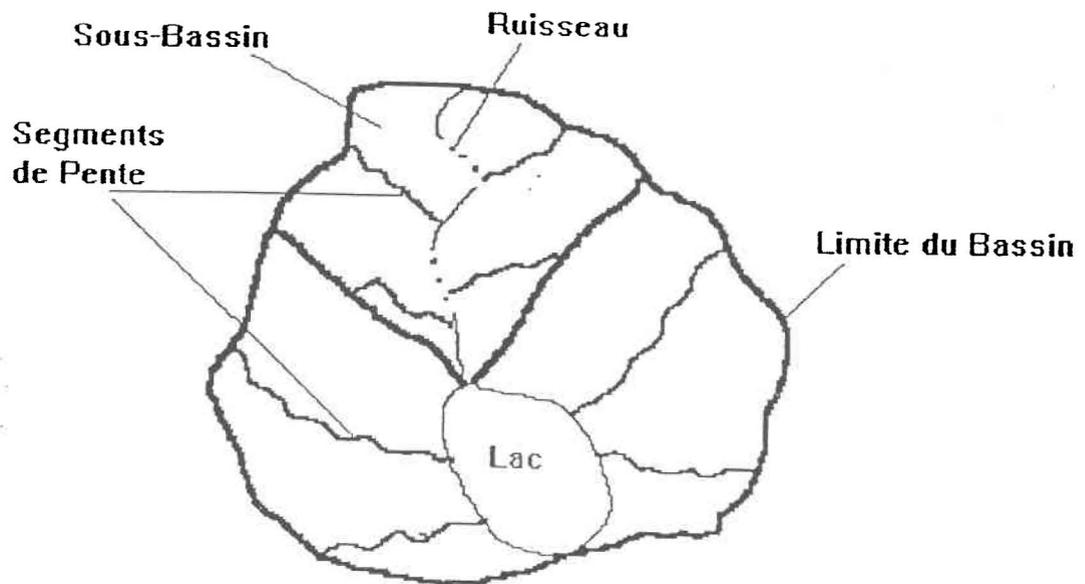


Figure 5. Modèle de l'indice de pente 2 [P2]

Le dernier indice (**P3**) est tiré de la littérature (Rasmussen et al., 1989) et s'exprime ainsi:

$$P3 = [R \div ((\sqrt{ab \div \pi} - \sqrt{al \div \pi}) \times 100)] \quad (\text{équation 4})$$

où P3 = pente moyenne du bassin, en %

R = altitude moyenne de la limite du bassin moins celle du lac (m)

ab = aire totale du bassin, en m²

al = aire du lac, en m²

Cet indice perçoit le bassin versant comme un cône tronqué.

3.4.2 - Couvert forestier

Le calcul de l'importance relative de chaque essence forestière (Tableau 3) s'est fait en mesurant l'aire de chaque parcelle forestière présente sur le bassin et en la multipliant par le pourcentage de recouvrement des peuplements dont les classes sont définies par les normes d'inventaires forestiers (Anonyme, 1991).

Ces classes contiennent certaines imprécisions qui obligent à approximer le pourcentage de recouvrement des différents peuplements. Par exemple, un peuplement est défini résineux lorsque plus de 75% de la parcelle forestière est occupée par les essences résineuses. Cette définition peut signifier une occupation totale (100%) par les résineux ou une occupation partielle (25%) par les feuillus. Nous avons donc attribué à chaque peuplement la moitié de la différence entre l'occupation totale (100%) et la limite inférieure de la classe (75%), c.-à-d. $0.5 \times (100\% - 75\%) = 12.5\%$. Cette approximation a pour effet de rendre impossible l'occupation totale par une seule essence.

Le même principe est appliqué aux peuplement mélangés qui sont également définis par l'occupation des résineux; 25 à 75% de la parcelle forestière occupée par les essences résineuses.

Dans ce cas-ci, 50% de la parcelle forestière est en premier lieu attribué aux différents peuplements, feuillus et résineux. Lorsqu'un peuplement est prédominant, nous ajoutons à ce 50% la moitié de la différence entre la limite supérieure de la classe (75%) et l'occupation attribuée aux peuplements (50%), c.-à-d. $50\% + (0.5 \times (75\% - 50\%)) = 62.5\%$. Cette différence, 12.5% est retranchée du peuplement non prédominant, c.-à-d. $50\% - 12.5\% = 37.5\%$, afin que le pourcentage de la parcelle forestière soit équivalent à 100%. Dans certains cas, présence de plantation ou perturbations, l'occupation de la parcelle forestière correspond à 25 ou 50%.

Les terrains forestiers improductifs humides ont été assignés à la classe " marais ". Par erreur, les terrains secs et improductifs ont été inclus dans cette classe. Cette erreur peut être considérée comme négligeable puisque les terrains secs constituent moins de 10% des marais et que ces marais, lorsqu'ils sont présents sur les bassins, couvrent une superficie inférieure à 6% de l'aire de drainage.

Tableau 3. Classes des essences forestières.

Peuplement	Définition	Classes
résineux	plus de 75% de P-F* occupée par les essences résineuses	87.5% x P-F => résineux 12.5% x P-F => feuillus
feuillus	moins de 25% de P-F occupée par les essences résineuses	87.5% x P-F => feuillus 12.5% x P-F => résineux
mélangés	entre 25 et 75% de P-F occupée par les essences résineuses	<u>Prédominance résineuse</u> 62.5% x P-F => résineux 37.5% x P-F => feuillus <u>Prédominance feuillue</u> 62.5% x P-F => feuillus 37.5% x P-F => résineux
plantation	le peuplement origine d'une plantation	50% x P-F => essence plantée

Tableau 3. Suite.

Peuplement	Définition	Classes
perturbations	coupe partielle, coupe partielle par bande, chablis partiel, épidémie légère	50% x P-F => pour chaque essence présente
perturbations	coupe totale, brûlis total, épidémie sévère	25% x P-F => pour chaque essence présente
terrains forestiers improductifs	P-F dénudée et semi-dénudée sec et P-F dénudée et semi-dénudée humide	100% x P-F => marais

* P-F signifie parcelle forestière.

3.4.3 - Volume des lacs

La bathymétrie de chaque lac (annexe II) fut réalisée à l'aide d'un échosondeur Furuno (FE-6300) et de photos aériennes agrandies. Ces dernières servaient à fixer des points de repères sur la rive des lacs pour dresser les lignes de parcours.

Le volume du lac a été calculé suivant Wetzel et Likens (1991):

$$V_s = (h \div 3) \times (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \times A_2}) \quad (\text{équation 5})$$

où V_s = volume de la strate, en m^3

h = épaisseur de la strate (m)

A_1 = aire de la surface supérieure, en m^2

A_2 = aire de la surface inférieure de la strate dont le volume doit être calculé, en m^2 .

Le volume total est la somme du volume de chaque strate. Le volume de l'épilimnion est établi en prenant la profondeur moyenne de l'épilimnion pour les mois de juillet et août. Quant à la profondeur moyenne des lacs, elle dérive du rapport volume du lac sur l'aire du lac.

3.4.4 - Temps de résidence

Le temps de résidence théorique des eaux du lac et de l'épilimnion est estimé par:

$$TR = VOL/Q \quad (\text{équation 6})$$

où TR = temps de résidence du lac, en jours

VOL = volume du lac, en m³

Q = écoulement moyen du bassin versant, en m³. an⁻¹.

L'écoulement moyen fut déterminé à partir de données d'Environnement Canada (1992) sur les débits de rivières qui drainent notre territoire d'étude, et des précipitations annuelles moyennes (période 1982-91) obtenues de stations météorologiques sises à l'intérieur de notre territoire. Le choix de la période 1982-91 repose sur la station qui a la durée d'enregistrement la plus courte, et permet d'avoir des données temporelles comparables. La méthode utilisée suppose que l'évapotranspiration sur l'aire de drainage est semblable à l'évaporation du lac. De ces données, une valeur moyenne de 65% (61-69%) des précipitations annuelles moyennes a été obtenue pour l'écoulement.

Les précipitations annuelles moyennes pour chaque bassin sont estimées à partir de l'altitude du lac (225-898m) dans les bassins et celle d'une station météorologique d'altitude voisine (73-640m). Les apports par les bassins s'obtiennent en multipliant leurs aires (m²) par 65% des précipitations annuelles moyennes (m . an⁻¹) qu'ils reçoivent.

3.4.5 - Coefficient d'extinction lumineuse

Le coefficient d'extinction de la lumière disponible à la photosynthèse (400-700 nm) est calculé suivant Wetzel (1983):

$$\eta = (\ln I_1 - \ln I_z)/z \quad (\text{équation 7})$$

où η = coefficient d'extinction lumineuse à la profondeur z

I_1 = luminosité à 1 m

I_z = luminosité à la profondeur z .

Le coefficient calculé est la moyenne de la zone échantillonnée et exclut le premier mètre de la surface où l'effet des vagues rend difficile la détermination précise du coefficient d'extinction (Wetzel, 1983). Le coefficient d'extinction lumineuse et la transparence (disque de Secchi) n'ont pas été mesurés en juin et les valeurs attribuées à ce mois proviennent des moyennes des 3 autres échantillonnages.

3.5 - Analyses statistiques

Avant de procéder aux analyses de régression multiple, les variables qui ne suivent pas une distribution normale sont linéarisées par le LOG_{10} ou la racine carrée des valeurs.

De plus, seuls les lacs possédant une profondeur moyenne supérieure à 2 mètres sont retenus. Le choix d'utiliser la régression multiple repose sur des arguments similaires à ceux exposés par Rapp et al. (1985), où les différents mécanismes impliqués dans le système bassin versant/lac semblent explicités plus clairement qu'en utilisant les méthodes d'analyses discriminantes (Eilers et al., 1983), ou en composantes principales (Haines et Akielaszek, 1983).

Les régressions sont effectuées avec le logiciel Statgraphics (ver. 4.0) et les valeurs du rapport de F pour les entrées et sorties des variables du modèle sont fixées à 3.5. Les variables physiques et morphométriques sont divisées en 3 groupes distincts:

- variables propres au bassin versant (ex.: aire du bassin, pente, végétation, etc.)
- variables propres au lac (ex.: aire du lac, volume, profondeur, etc.)
- variables propres à la fois au bassin versant et au lac (ex.: temps de résidence, rapport aire de drainage/aire du lac, convergence topographique, etc.)

La variable dépendante ne doit pas entretenir de relation causale apparente avec une ou des variables indépendantes, et ce pour éviter les relations artificielles. Par exemple, la teneur en

COD de l'eau détermine la profondeur de l'épilimnion et les variables reliées à l'épilimnion (volume, temps de résidence) auront nécessairement une forte relation avec le COD. Lorsque des situations comme celles-ci se présentent, ces variables indépendantes sont exclues des régressions.

Les régressions sont premièrement effectuées avec les variables de chaque groupe, puis en combinant les groupes par deux, et enfin en incluant les variables de tous les groupes. Le modèle final sélectionné est celui qui a présenté le plus haut coefficient de détermination, r^2 , lors des différentes étapes.

4. RÉSULTATS

4.1 - Description limnologique

Une brève définition des propriétés physiques et morphométriques ainsi que quelques statistiques descriptives sont présentées aux Tableau 4.1 et 4.2 respectivement. Certaines moyennes du Tableau 4.2 peuvent être influencées par la faible profondeur d'un des lacs, St-Jacques (1 m). Les détails pour chaque lac apparaissent à l'annexe IV.

Tableau 4.1a. Définition des paramètres du bassin versant.

Paramètre	Abréviation	Définition	Unité
carte topographique	carte topo		1:20000
altitude	ALT	altitude du lac	m
aire du bassin	AB	aire de drainage + aire de tous les lacs	km ²
aire de drainage	AD	aire du bassin sans les lacs	km ²
nombre de lac(s)	NBL	nombre de lac(s) dans AB autre(s) que celui échantillonné	
périmètre du bassin	PERB		km
longueur maximale du bassin	LBV	longueur à partir de l'exutoire jusqu'au point le plus éloigné	km
tributaire(s)	TRIB	nombre de tributaire(s) sur le bassin	
drainage	DR	longueur drainée par les tributaires	km
densité de drainage	DD	rapport entre DR/AB	km . km ²
précipitations	PRÉC	valeurs des précipitations moyennes (1982-91)	m
pente 1	P1	indice de pente 1	%
pente 1 pondérée	PP1	indice de pente 1 pondérée	%
pente 2	P2	indice de pente 2	%

Tableau 4.1a. Suite

Paramètre	Abréviation	Définition	Unité
penne 2 pondérée	PP2	indice de penne 2 pondérée	%
penne 3	P3	indice de penne 3	%
résineux	R1 et R2	r1 = résineux seuls r2 = résineux plus épidémies sévères	%
feuillus	F		%
marais	MAR	terrains forestiers improductifs secs et humides	%
coupe totale	CT		%
coupe totale 10 ans	CT(10)	âge de la coupe totale	%
coupe partielle et par bande	CP+CB		%
épidémie légère	EL		%
épidémie sévère	ES		%
brûlis	BR		%
chablis partiel	CHP		%
chablis total	CH		%

Tableau 4.1b. Définition des paramètres du lac.

Paramètre	Abréviation	Définition	Unité
aire du lac	ALS	aire du lac	km ²
aire des lacs	AL	aire de tous les lacs sur le bassin	km ²
périmètre du lac	PER	périmètre du lac	km
longueur maximale du lac	LM		km
développement de la ligne de rivage	DL	$DL = PER \div (2 \times \sqrt{\pi \times ALS})$	
profondeur moyenne du lac	ZM	$ZM = VOL \div ALS$	m
profondeur maximale	ZMA		m

Tableau 4.1b. Suite

Paramètre	Abréviation	Définition	Unité
volume du lac	VOL		m ³
volume de l'épilimnion	VOLE		m ³
rapport surface/volume de l'épilimnion	SSE	$SSE = (ALS - AE^*) \div VOLE$	
Secchi	SEC	profondeur du disque de Secchi	m
coefficient d'extinction lumineuse	η		m ⁻¹
temps de résidence du lac	TR	$TR = VOL \div Q^{**}$	jrs
temps de résidence de l'épilimnion	TRE	$TRE = VOLE \div Q$	jrs
débit spécifique du lac	QS	débit du lac \div ALS	m . an ⁻¹
température	TE	température moyenne de l'épilimnion	°C

* Aire à la limite inférieure de l'épilimnion.

** Q a la même signification qu'au chapitre précédent.

Le sens physique de quelques variables, dont certaines ne sont pas incluses dans les tableaux mérite d'être précisé. Les variables **ZM/ZMA** (Carpenter, 1983) et **SSE** (Fee, 1979) expriment la morphométrie du lac et sont parfois interprétées comme des indicateurs de la productivité de ce dernier. Carpenter associe une augmentation du recyclage des nutriments des sédiments de surface au décroissement du rapport **ZM/ZMA**. Fee estime que plus le rapport **SSE** est élevé, plus la probabilité est grande pour qu'une particule contenant un nutriment soit retenue dans l'épilimnion. La reminéralisation à la surface des sédiments épilimnétiques est rapide à cause des températures et des concentrations en oxygène plus élevées, et ceci favorise le relargage des nutriments vers l'épilimnion pour supporter une plus forte productivité.

Les variables **QS** (m.an⁻¹) (Kirchner et Dillon, 1975), **ALS/VOL** et **ALS/VOLE** (m⁻¹) réfèrent,

de façon différente, aux apports atmosphériques sur le lac qui s'avèrent, dans certains cas, très significatifs. La variable **AB/VOL** (m^{-1}) (Schindler, 1971) exprime la charge des éléments nutritifs dans un écosystème lacustre. La variable **CTP** (m) réfère à un facteur de convergence topographique et se définit par le rapport aire de drainage sur périmètre du lac. Ce rapport suggère le développement de zones saturées à proximité du lac lorsque les valeurs de l'aire de drainage sont élevées et celles du périmètre du lac petites. Ces zones saturées se formeraient par un effet d'entonnoir où le sol serait dans l'incapacité d'absorber entièrement l'eau provenant du bassin. Cette incapacité créerait des zones de résurgence de l'eau en bordure du lac et favoriserait le ruissellement de surface. Cet indice n'est toutefois qu'une approximation des zones possibles de saturation et une meilleure précision s'obtiendrait en considérant la conductivité hydraulique des sols et la localisation des brisures de pente. Enfin, la variable **MAR** semble n'être qu'une expression différente de la pente du bassin. Cette hypothèse repose sur le fait que **MAR** entre toujours, dans les modèles de régression, en sens opposé avec la pente ou se substitue entièrement à cette dernière. De plus, la faible proportion de **MAR** sur les bassins (< 6%) rend difficile son association avec les milieux tourbeux qui sont reconnus pour influencer fortement la physico-chimie des lacs par, entre autres, l'exportation élevée d'éléments nutritifs (Richardson, 1985; Urban et al., 1989; Mulholland et Kuenzler, 1979).

Tableau 4.2a. Statistiques descriptives des variables du bassin versant.

Paramètre	Moyenne	Médiane	Écart(\pm)*	Minimum	Maximum	Étendue
latitude				46°56'	47°28'	
longitude				71°07'	72°28'	
ALT	465	403	184	225	898	673
AB	2.71	2.06	2.00	0.27	7.13	6.86
AD	2.37	1.80	1.76	0.22	6.50	6.28
AD/AL	8.00	7.00	3.50	3.50	16.40	12.90
PERB	7.41	7.29	3.20	2.21	15.18	12.97
LBV	2.08	1.95	0.86	0.70	3.69	2.98
DR	2.44	1.57	2.50	0	9.50	9.50

Tableau 4.2a. Suite

Paramètre	Moyenne	Médiane	Écart(\pm)	Minimum	Maximum	Étendue
DD	0.76	0.68	0.50	0	2.36	2.36
TRIB	2.03	2.00	1.50	0	6.00	6.00
P1	14.50	13.70	5.10	6.00	25.70	19.70
PP1	13.20	12.50	5.40	6.00	30.70	24.70
P2	14.20	14.80	3.90	6.40	22.80	16.40
PP2	14.50	14.20	4.90	5.90	28.50	22.60
P3	12.30	9.90	6.80	5.20	35.70	30.40
R1	45.10	44.60	16.30	17.20	83.70	66.50
R2	51.30	45.70	19.30	17.20	84.40	67.20
F	44.80	47.50	18.90	12.20	82.80	70.60
MAR	1.30	0.50	1.70	0	5.90	5.90
CTP	0.72	0.54	0.68	0.13	4.00	3.87
AB/VOL	3.33	1.72	5.62	0.45	32.41	31.96

* Un écart type.

Tableau 4.2b. Statistiques descriptives des variables du lac.

Paramètre	Moyenne	Médiane	Écart(\pm)	Minimum	Maximum	Étendue
ALS	0.27	0.21	0.26	0.03	1.39	1.36
PER	3.54	2.96	2.17	1.17	9.86	8.69
LM	1.05	1.01	0.50	0.34	2.31	1.97
DL	2.08	1.97	0.80	0.32	5.45	5.13
ZM	5.50	5.90	2.40	0.70	10.70	10.00
ZMA	15.80	17.00	7.60	1.00	34.00	33.00
ZM/ZMA	0.37	0.36	0.09	0.24	0.70	0.46
VOL	1.83E6	1.25E6	2.48E6	1.20E5	1.34E7	1.32E7
VOLE	9.93E5	6.80E5	1.14E6	8.3E4	5.63E6	5.55E6
TR	287	249	200	11	954	943
TRE	162	132	111	11	555	544
SEC	4.5	3.7	2.3	0.7	9.6	8.9
η	0.90	0.90	0.40	0.40	1.90	1.50
SSE	0.16	0.13	0.09	0.05	0.46	0.41

Tableau 4.2b. Suite

Paramètre	Moyenne	Médiane	Écart (\pm)	Minimum	Maximum	Étendue
TE*	17.5	17.9	1.4	13.9	19	5.1
ALS/VOL	0.25	0.17	0.24	0.09	1.43	1.34
ALS/VOLE	0.39	0.31	0.24	0.16	1.43	1.27
QS	9.35	7.14	5.51	3.79	27.65	23.86

* Moyenne de juillet et août.

Les indices de pente varient par un facteur de 3 à 5, à l'exception de **P3** où la variation est près de 7. Des tests de Student effectués sur les indices de pente ne montrent aucune différence significative entre les moyennes ($\alpha = 0.05$). Seul l'indice de pente **P3** a une distribution qui diffère de la loi normale et est linéarisé par le logarithme.

Le Tableau 4.3 présente quelques statistiques descriptives sur les paramètres de la qualité de l'eau. Ces résultats sont obtenus à partir des moyennes des 4 échantillonnages. Les valeurs sous la limite de détection sont représentées par < 1.0 .

Tableau 4.3. Statistiques descriptives des éléments chimiques.

Paramètre	Moyenne	Médiane	Écart (\pm)	Minimum	Maximum	Étendue	Coefficient de Variation (%) ^a
NH4*	9.1	7.3	5.6	< 1.0	25.9	25.3	61.5
NO2+NO3*	21.5	17.5	17.9	< 1.0	62.2	62.2	83.3
COD**	4.1	4.2	1.6	1.3	7.6	6.3	39.0
PT*	9.1	8.4	3.9	4.2	23.7	19.5	42.9
PTF*	2.8	2.6	1.4	1.2	7.6	6.4	50.0
CHa*	2.7	2.1	1.7	0.6	7.1	6.5	63.0
SO4**	1.2	1.2	0.2	0.8	1.6	0.8	16.7
Na**	0.5	0.5	0.1	0.3	0.9	0.6	20.0
Mg**	0.3	0.3	0.1	0.2	0.5	0.3	33.3
Ca**	1.4	1.4	0.4	0.9	2.1	1.2	28.6

Tableau 4.3. Suite

Paramètre	Moyenne	Médiane	Écart (\pm)	Minimum	Maximum	Étendue	Coefficient de Variation (%) ^a
Fe**	0.09	0.08	0.06	0.001	0.23	0.23	66.7
K**	0.2	0.2	0.1	0.1	0.5	0.4	50.0
pH	5.9	5.9	0.5	5.1	6.7	1.6	8.5
ALC***	25.4	18.2	24.7	-2.74	82.9	85.6	97.2
COND***	17.8	18.0	3.4	12.5	25.5	13.0	19.1

^a Le coefficient de variation s'obtient par le rapport de l'écart type sur la moyenne.

* Les unités sont en $\mu\text{g/L}$.

** Les unités sont en mg/L .

***L'alcalinité (ALC) ($\mu\text{éq/L}$) et la conductivité (COND) (mhos) ont été mesurées pour l'échantillonnage d'octobre seulement.

Les coefficients de variation montrent que cinq paramètres, NO_3^- , NH_4^+ , CHa, Fe et ALC, ont des variations supérieures à 50%. En faisant abstraction de l'alcalinité et du fer, ce sont NO_3^- , Cha, et NH_4^+ qui montrent les variations les plus significatives. La forte variation de Fe est causée par une valeur minimum qui peut résulter d'une erreur analytique. La valeur maximale de 23.7 pour le phosphore total provient du lac St-Jacques et peut être attribuée à sa faible profondeur et à la resuspension des sédiments par l'action du vent. L'exclusion de ce lac ramènerait la valeur maximale de PT à 14.3.

4.1.1 - Évolution temporelle

Les graphiques présentant l'évolution temporelle des éléments chimiques pour chaque lac ainsi que quelques histogrammes sont à l'annexe V. La plupart des lacs étaient stratifiés au début juin (v. annexe I) et les quelques exceptions étaient en voie de stratification. À l'échantillonnage d'octobre, la majorité des lacs étaient en circulation.

Pendant la période de stratification, une zone anoxique s'est développée dans un petit nombre de lacs et l'épaisseur de cette zone variait de un mètre à quelques mètres selon les lacs (Bédard, au Cochon, du Doute, de la Rivière (ZEC), Samson, Tarbell, et Turgeon).

Comme mentionné plus haut, NO_3^- et NH_4^+ présentent les variations temporelles les plus accentuées (fig. 6 et 7). L'accroissement du nombre de lacs sous la limite de détection est constante pour NO_3^- et atteint un sommet au mois d'août où près du deux tiers des lacs sont sous la limite de détection. Une décroissance prononcée survient en octobre où seulement quatre lacs sont encore sous la limite de détection. Cette même tendance s'observe pour NH_4^+ où plus aucun lac est sous la limite de détection en octobre. Cette variabilité de l'azote inorganique est observée également pour d'autres lacs (Couture, 1992; Likens, 1985; Wetzel et al., 1977) ainsi que dans les ruisseaux (Hill, 1978; Swank et Casey, 1982). La diminution de NO_3^- dans les lacs se fait rapidement entre juin et juillet et est illustrée au Tableau 4.4. Les taux de diminution de NO_3^- sont obtenues à partir de l'équation suivante:

$$\Delta C / \Delta t = (C_0 - C_1) / \Delta t \quad (\text{équation 7})$$

où C_0 et C_1 sont respectivement les concentrations pour juin et juillet et Δt le nombre de jours entre les échantillonnages.

Tableau 4.4. Taux de disparition de NO_3^- pour l'épilimnion des lacs^a entre juin et juillet.

Lac	Taux de disparition ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{jr}^{-1}$)
Alexandre	1.6
Bédard	0.86
Belle-Fontaine	2.64
Clair	0.77

Tableau 4.4. Suite

Lac	Taux de disparition (mg . m ⁻³ . jr ⁻¹)
au Cochon	0.13
du Cordon	0.9
petit Delaney	0.6
du Doute	1.07
Forget	1.18
de la Hauteur	0.74
Laflamme	0.66
Masson	1.74
Michel	0.39
Pussort	0.09
Richard	1.25
de la Rivière (RES)	0.59
Samson	0.46
Sioux	1.08
Tantará	1.23
petit Tantará	1.19
Tourilli	0.41
Trépanier	0.73

^a - Les lacs sous la limite de détection en juin ne sont pas inclus.

Cette diminution peut être causée par des réactions qui ont lieu dans les lacs: (a) dénitrification dans les sédiments, (b) pertes à l'exutoire, (c) assimilation par les algues et les bactéries planctoniques, et (d) sédimentation du plancton (Wetzel, 1983), ou qui se déroulent sur le bassin versant: (a) dénitrification dans les ruisseaux durant les périodes de faible débit (Hill, 1979), (b) activité biologique dans les sols (Likens et al., 1977), (c) augmentation de la température et de l'assimilation d'azote par la végétation (Vitousek et al., 1979), et (d) dénitrification dans les sols (Vitousek et al., 1979).

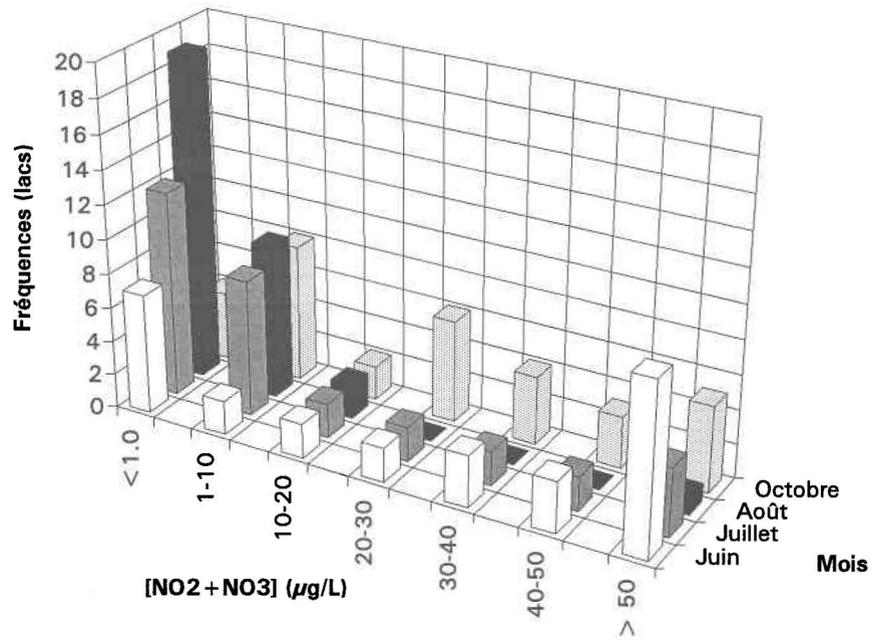


Figure 6. Distribution de NO₂+NO₃ dans les lacs du Bouclier (juin à octobre 1992)

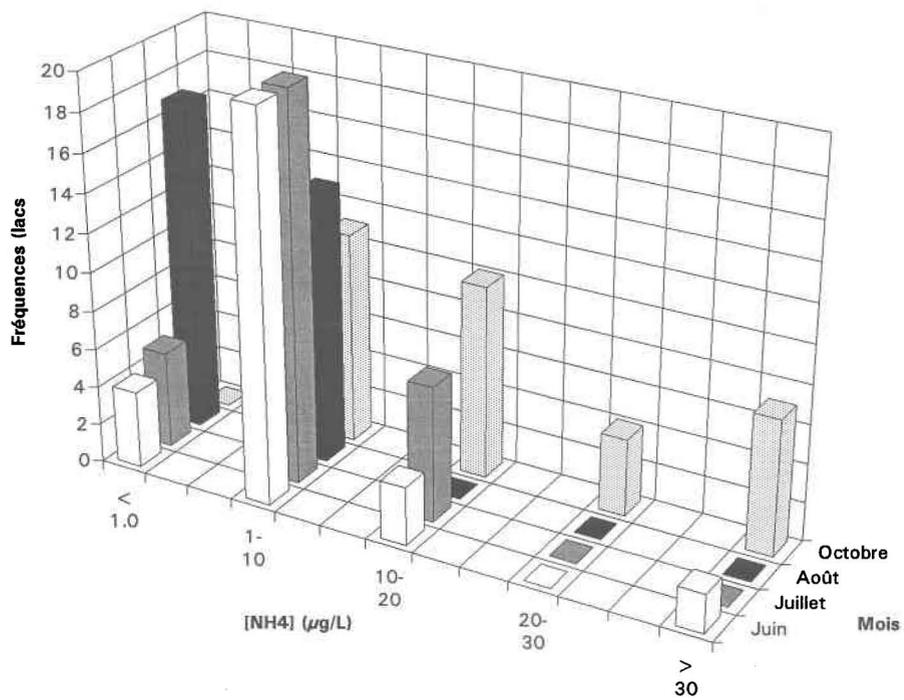


Figure 7. Distribution de NH₄ dans les lacs du Bouclier (juin à octobre 1992).

Les variations saisonnières des autres substances sont beaucoup moins prononcées (figure 8 à 10), voire très faibles dans certains cas (exemple SO_4^{2-} fig. V-33, annexe V). Les fluctuations de PT (fig. 8), CHa (fig. 9), et COD (fig. 10) ne présentent pas de tendances saisonnières distinctes où l'ensemble des lacs seraient affectés significativement par des processus comme chez le nitrate. Les variations observées ne concernent, tout au plus, que quelques lacs. Cette constance saisonnière, pour l'ensemble des lacs, est particulièrement visible dans le cas du COD où la chute des feuilles, qui avait eu lieu en octobre, n'a pas modifié la distribution de la concentration du COD dans les lacs.

4.2 - Analyses de régression

Le Tableau 4.5 présente un résumé des analyses de régression multiple significative pour chacun des échantillonnages et pour les données moyennes. Les équations complètes des régressions apparaissent à l'annexe VI. Certains paramètres (alcalinité, conductivité, coefficient d'extinction lumineuse) n'ont pas été mesurés à toutes les campagnes d'échantillonnage et sont inscrits non disponibles au Tableau 4.5. Les variables NO_3^- , NH_4^+ , $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ ne suivent pas une distribution normale au mois d'août à cause du nombre important de valeurs sous la limite de détection et ont dû être linéarisées. Leur inclusion ne vise qu'à vérifier s'il existe une constance temporelle chez les variables explicatives.

Tableau 4.5. Résumé des modèles de régression multiple pour chaque échantillonnage et pour les données moyennes des quatre campagnes d'échantillonnage.

Variables Dépendantes	Variables Indépendantes				
	Juin	Juillet	Août	Octobre	Moyenne
COD	(-)PERB (-)P3 (+)AD/AL ($r^2=0.58$)*	(-)P3 (-)PERB (+)MAR (+)R2 ($r^2=0.62$)	(-)P3 (-)PERB (+)AD/AL ($r^2=0.57$)	(-)PP1 (-)LBV (+)R1 (+)AD/AL ($r^2=0.67$)	(-)P3 (-)PERB (+)AD/AL ($r^2=0.62$)

Tableau 4.5. Suite

Variables Dépendantes	Variables Indépendantes				
	Juin	Juillet	Août	Octobre	Moyenne
NO_3^-	(+)P1 (-)TRIB (-)TE (-)ALS/VOL ($r^2=0.71$)	(+)P1 (-)R1 (+)VOLE ($r^2=0.54$)	(+)P2 (+)ZM/ZMA ($r^2=0.29$)	(+)P1 (+)DR ($r^2=0.42$)	(+)P1 (+)LBV ($r^2=0.66$)
NH_4^+	(+)PP1 ($r^2=0.43$)	(+)P2 ($r^2=0.17$)	(+)P2 ($r^2=0.30$)	(-)MAR ($r^2=0.27$)	(+)PP2 (-)ALT (-)MAR ($r^2=0.55$)
$\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$	(+)P1 (-)TE (-)TRIB (-)ALS/VOL ($r^2=0.78$)	(+)P2 (+)F (-)MAR (-)TE ($r^2=0.63$)	(+)P2 (+)ZM/ZMA ($r^2=0.33$)	(+)P1 (+)DR (-)MAR ($r^2=0.41$)	(+)P1 (+)AB (-)MAR ($r^2=0.70$)
PT	(-)PP2 (-)TE (-)VOL (+)MAR ($r^2=0.53$)	(+)MAR (+)ALS/VOLE ($r^2=0.59$)	(+)ALS/VOLE (+)QS (-)P2 ($r^2=0.59$)	(-)LM (-)PP1 ($r^2=0.33$)	(+)ALS/VOLE (+)MAR ($r^2=0.64$)
CHa	(-)P1 (-)PERB (+)MAR ($r^2=0.48$)	(-)LBV (-)PP1 (+)MAR (+)ALT (+)TRIB ($r^2=0.73$)	(-)P1 (-)R1 (-)DR (+)MAR ($r^2=0.64$)	(-)PP1 (-)CTP (-)PERB (+)MAR ($r^2=0.62$)	(-)P1 (-)AB (+)MAR ($r^2=0.75$)
SO_4^{2-}	(-)ALT (+)AD/AL ($r^2=0.81$)	(-)ALT (+)AD/AL ($r^2=0.73$)	(-)ALT ($r^2=0.66$)	(-)ALT (+)AD/AL ($r^2=0.57$)	(-)ALT ($r^2=0.67$)
Na	(-)PP2 (-)R2 (-)DL ($r^2=0.39$)	(+)ALS/VOL (-)PP1 (+)ZM (+)TE ($r^2=0.59$)	(+)ALS/VOL (+)ZM (+)F ($r^2=0.58$)	(-)PP1 (+)ZM (+)ALS/VOL (+)F ($r^2=0.55$)	(-)PP1 (+)SSE (+)ZM (+)TE ($r^2=0.47$)
Ca	(-)P1 (-)PERB (+)ZM/ZMA (+)F ($r^2=0.75$)	(-)PP1 (-)AD (+)TE ($r^2=0.55$)	(-)P1 (-)AD (+)F ($r^2=0.55$)	(-)P1(-)LM (+)F ($r^2=0.53$)	(+)ALT (+)F (-)AD (-)P1 (+)LM ($r^2=0.69$)

Tableau 4.5. Suite

Variables Dépendantes	Variables Indépendantes				
	Juin	Juillet	Août	Octobre	Moyenne
Mg	(-)P1 (-)DR (+)ZM/ZMA (r ² =0.65)	(-)PP1 (-)LM (+)F (+)SSE (+)ALT (r ² =0.70)	(-)P1 (-)LM (+)F (+)SSE (+)ALT (r ² =0.69)	(-)PP1 (-)LM (-)DD (+)F (+)ALT (r ² =0.71)	(-)PP1 (-)LM (-)DD (+)F (r ² =0.66)
K	(-)ALT (r ² =0.26)	(-)ALT (r ² =0.24)	(+)F (r ² =0.23)	(+)F (r ² =0.22)	(+)F (+)ZM (+)ALS/VOLE (r ² =0.37)
Ca+Na+Mg+ K	(-)PP1 (-)LM (-)PERB (+)ALT (+)F (r ² =0.74)	(-)PP1 (-)LM (+)F (+)ALT (+)SSE (r ² =0.68)	(-)PP1 (-)LM (-)AD/AL (+)ALT (+)SSE (+)F (r ² =0.75)	(-)PP1 (-)LM (+)F (r ² =0.53)	(-)PP1 (-)LM (-)DD (+)F (r ² =0.76)
Fe	(-)TR (r ² =0.10)	(-)P3 (-)ALS (r ² =0.39)	(+)AD/AL (r ² =0.23)	(-)P3 (-)LM (+)DL (r ² =0.29)	(-)P3 (-)ALS (+)R2 (r ² =0.44)
pH	(-)PP2 (-)DD (r ² =0.31)	(-)DL (-)R1 (+)SSE (r ² =0.33)	aucune	(-)DL (+)ZM/ZMA (r ² =0.30)	(-)DL (-)R1 (+)ZM (+)ALS/VOL (r ² =0.40)
ALC	nd**	nd	nd	(-)AD (-)R1 (r ² =0.27)	nd
COND	nd	nd	nd	(-)ALT (r ² =0.30)	nd
η	nd	(-)PP1 (-)TRE (+)ALS/VOLE (r ² =0.56)	(+)DD (-)SSE (+)ALS/VOLE (r ² =0.70)	(-)P3 (+)AD/AL (+)PERB (r ² =0.54)	(-)PP1 (-)SSE (+)AD/AL (+)ALS/VOLE (r ² =0.72)

* r² ajusté aux degrés de liberté.

** Non disponible.

() Indique le sens de la relation.

4.2.1 - Importance des propriétés physiques et morphométriques

Le Tableau 4.5 illustre bien l'importance des variables propres au bassin versant. De fait, elles comptent pour près du deux tiers des variables explicatives et les indices de pente tiennent un rôle prédominant dans ce groupe. La variabilité de certains paramètres de la qualité des eaux est expliquée exclusivement par les propriétés du bassin versant alors que d'autres font intervenir celles du lac et du bassin. La plupart des paramètres considérés requièrent moins de quatre variables explicatives pour atteindre des r^2 supérieurs à 60%.

Parmi les indices de pente utilisés, les indices **P1** et **PP1** sont ceux qui entrent le plus fréquemment dans les modèles. Ces deux indices ont l'avantage d'être faciles et rapides à mesurer.

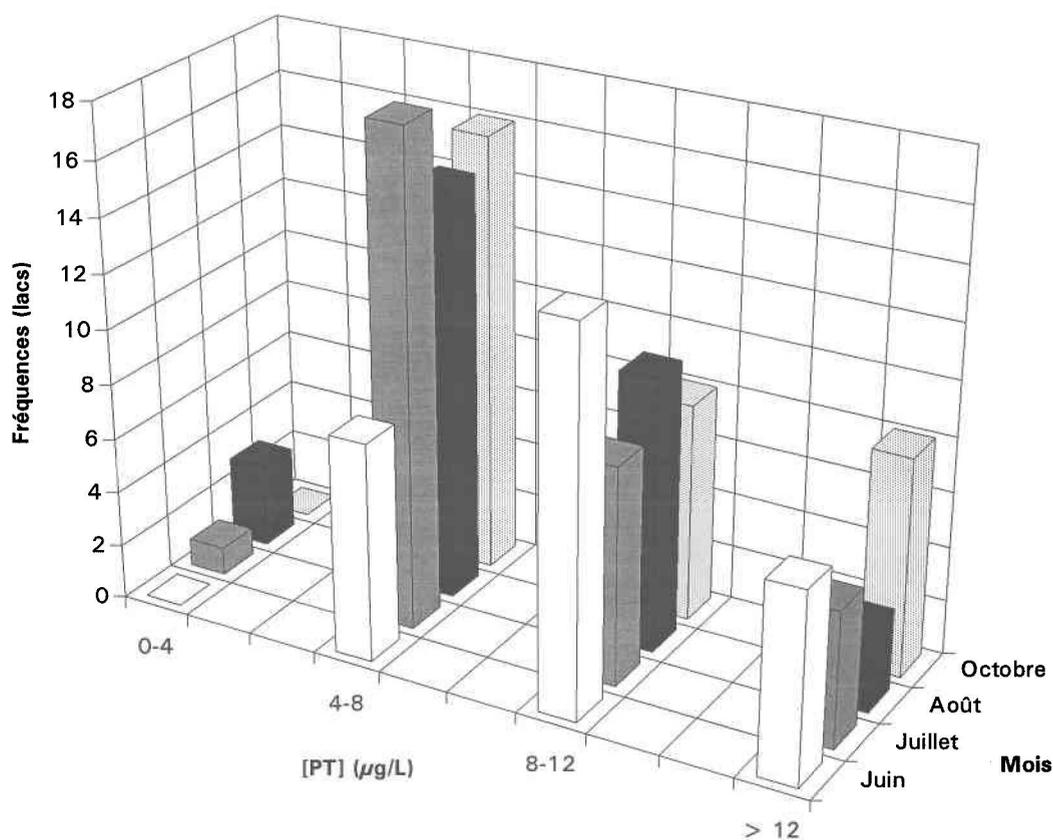


Figure 8. Distribution de PT dans les lacs du Bouclier (juin à octobre 1992).

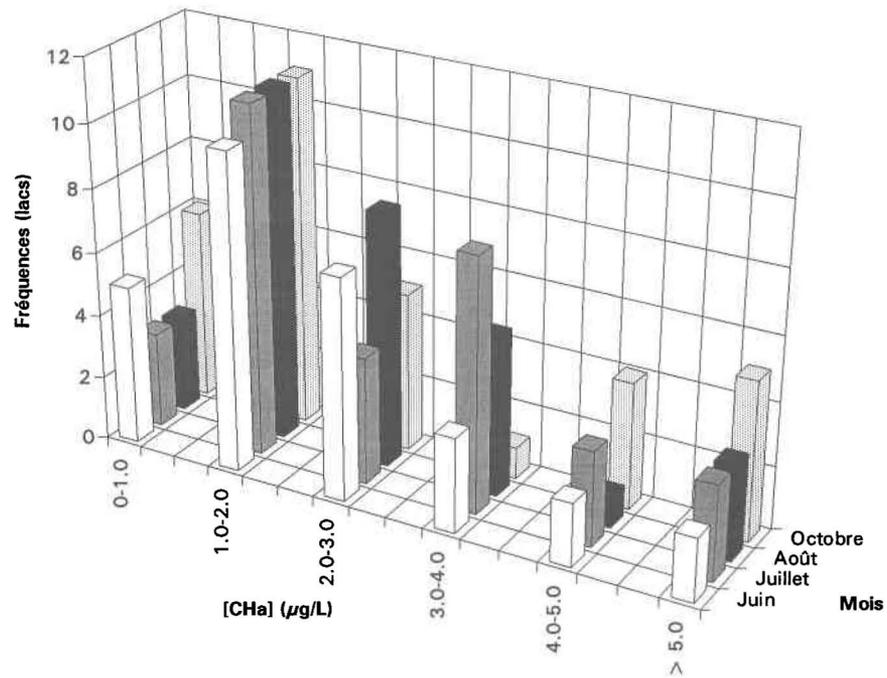


Figure 9. Distribution de CHa dans les lacs du Bouclier (juin à octobre 1992).

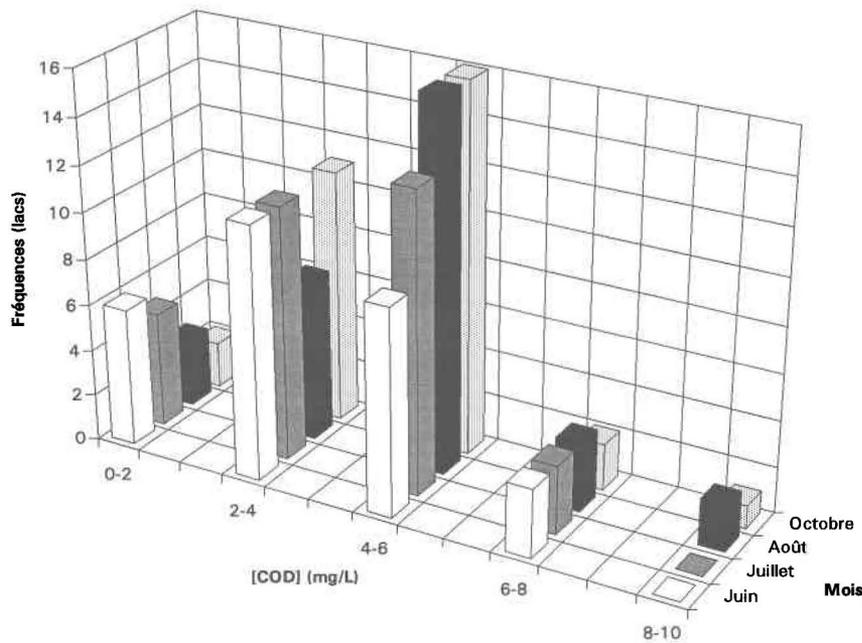


Figure 10. Distribution de COD dans les lacs du Bouclier (juin à octobre 1992).

4.2.2 - Constance temporelle des variables explicatives

Le Tableau 4.5 permet également de déterminer si les variables explicatives pour les données moyennes sont récurrentes à chaque échantillonnage. L'intérêt de cette vérification réside, sur le plan pratique, dans l'utilisation des prédicteurs autres que ceux des données moyennes pour prédire la qualité saisonnière des eaux.

De façon générale, nous n'observons qu'une légère variation saisonnière des meilleurs prédicteurs. Cette variation peut tenir à l'absence de quelques variables pour certains mois (Secchi en juin, etc.) ou à la grande variabilité de la substance prédite, comme le NO_3^- et le NH_4^+ . Si les prédicteurs diffèrent quelque peu saisonnièrement, nous observons cependant que l'entité à laquelle ils réfèrent, soit le bassin ou le lac, elle, est maintenue.

5. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

5.1- Interprétation des résultats

L'interprétation des modèles de régression se fera principalement à partir des résultats des données moyennes. Les variables dépendantes représentent les concentrations des propriétés chimiques mesurées dans les lacs. Chaque modèle de régression est présenté avec la valeur du r^2 lorsque la variable indépendante est introduite dans le modèle. Cette procédure permet d'évaluer la contribution de chaque variable indépendante dans l'explication de la variabilité de la variable dépendante. Les équations complètes des modèles de régression sont présentées à l'annexe VI. Des modèles alternatifs sont dans certains cas proposés par mesure de comparaison ou de simplification.

5.1.1- Carbone organique dissous

$$\text{COD} = 12.89 - 7.45\text{LOG}(\text{P3}) - 0.36(\text{PERB}) + 0.18(\text{AD} / \text{AL}) \quad (\text{équation 8})$$

$$r^2 = \quad 0.21 \quad 0.50 \quad 0.62$$

$$\text{COD} = 11.34 - 6.95\text{LOG}(\text{P3}) - 0.53(\text{AB}) + 0.16(\text{AD} / \text{AL}) \quad (\text{équation 8a})$$

$$r^2 = \quad 0.21 \quad 0.48 \quad 0.57$$

$$\text{SE} = 1.60 \quad 1.25 \quad 0.12 \quad 0.06$$

$$p = < 0.0001 \quad < 0.0001 \quad 0.0002 \quad 0.0183$$

$$r_{\text{final}}^2 = 0.57 \quad \text{SE} = 1.05 \quad p < 0.0001$$

$$\text{COD} = 5.66 - 0.25(\text{PP1}) - 2.18\text{LOG}(\text{ALS}) \quad (\text{équation 8b})$$

$$r^2 = \quad 0.36 \quad 0.57$$

$$\text{SE} = 0.57 \quad 0.04 \quad 0.57$$

$$p = < 0.0001 \quad < 0.0001 \quad 0.0007$$

$$r_{\text{final}}^2 = 0.57 \quad \text{SE} = 1.05 \quad p < 0.0001$$

$$\text{COD} = 9.37 - 0.24(\text{PP1}) - 0.20(\text{PERB}) - 0.002(\text{TR}) \quad (\text{équation 8c})$$

r^2	=	0.36	0.49	0.58
SE	=	0.89	0.04	0.06
p	=	< 0.0001	< 0.0001	0.0042
r^2_{final}	=	0.58	SE = 1.04	p < 0.0001

$$\text{COD} = 8.35 - 0.23(\text{PP1}) - 0.27(\text{AB}) - 0.003(\text{TR}) \quad (\text{équation 8d})$$

r^2	=	0.36	0.43	0.53
SE	=	0.77	0.04	0.11
p	=	< 0.0001	< 0.0001	0.020
r^2_{final}	=	0.53	SE = 1.09	p < 0.0001

Les principales sources de COD dans les lacs sont terrestres, autochtones, et atmosphériques (Quay et al., 1986; Rau, 1978; Likens, 1985; Cronan, 1990). La contribution du COD terrestre a souvent été reliée à la couleur de l'eau des lacs et une relation positive entre cette dernière et le rapport AD/AL fut observée par Schindler (1971). Des études ultérieures ont confirmé cette observation (Engstrom, 1987; Rasmussen et al., 1989; Curtis, 1991) et Rasmussen et al. ont de plus observé que la pente moyenne du bassin versant, le temps de résidence de l'eau, l'aire du lac, et la profondeur moyenne du lac influençaient significativement la couleur de l'eau des lacs.

Les modèles que nous avons obtenu pour le COD s'apparentent aux résultats rapportés dans la littérature. Le COD (équation 8) est relié positivement au rapport aire de drainage sur aire du lac (AD/AL) tel qu'observé par Schindler (1971), Rasmussen et al. (1989), et Engstrom (1987), et est négativement relié à la pente du bassin (P3) et au périmètre (PERB) de celui-ci. Rasmussen et al. ont observé une relation similaire avec la pente, mais l'influence négative du périmètre ou de l'aire du bassin (AB) (équation 8a) n'a pas été rapportée dans la littérature.

L'importance de la contribution de ces variables semble reliée à l'indice de pente qui entre dans le modèle de régression. Les équations 8 et 8a montrent que les variables **PERB** et **AB** sont les plus importantes et ces variables expliquent respectivement 29 et 27% de la variabilité du COD. À l'inverse, les équations 8c et 8d montrent que **PP1** est la variable explicative dominante de ces modèles et que **PERB** et **AB** n'expliquent plus que 13 et 7% de la variabilité du COD. L'équation 8b offre un compromis intéressant pour l'interprétation des variables **PERB** et **AB**. En effet, l'équation 8b montre que deux variables reliées négativement, **PP1** et **ALS**, expliquent 57% de la variabilité du COD. Rasmussen et al. ont observé également une relation négative entre l'aire du lac (**ALS**) et le COD. Ils considèrent la variable **ALS** comme une propriété limnologique corrélée au temps de résidence de l'eau, et interprètent la relation négative avec le COD comme étant reliée à la dégradation photochimique et biologique de la matière humique qui entre dans l'eau, ainsi qu'à la floculation de cette dernière. Cette interprétation ne peut s'appliquer qu'avec prudence à notre modèle du COD (équation 8b) car la matrice de corrélation, à l'annexe III, montre une corrélation significative mais pas très forte entre **ALS** et **TR** ($r = 0.51$, $p < 0.05$). En supposant que la variable **ALS** soit une expression différente du temps de résidence de l'eau (**TR**), les variables **PERB** et **AB** prendraient alors toute leur sens car elles sont fortement et significativement corrélées avec **ALS**: **PERB** ($r = 0.78$, $p < 0.05$) et **AB** ($r = 0.75$, $p < 0.05$). La difficulté de maintenir cette interprétation réside dans les corrélations non significatives de **PERB** ($r = 0.06$, $p > 0.05$) et **AB** ($r = 0.08$, $p > 0.05$) avec **TR**.

Une seconde hypothèse pour expliquer la variable **ALS**, et les corrélées **PERB** et **AB**, serait la productivité autochtone. Schindler et al. (1992) ont suggéré que les lacs ayant de petits bassins auraient un rapport COD autochtone/COD allochtone élevé. L'expérience qu'ils ont menée au lac L224 à ELA (lac qui a la plus faible concentration de COD de tous les lacs de ELA) n'a pas été concluante en ce sens et a plutôt suggéré que le réservoir de COD du lac était d'origine allochtone. Même si la production autochtone de COD peut représenter 20% du carbone fixé par le phytoplancton dans les lacs de ELA (Nalewajko et Schindler, 1976), il apparaît que la majeure

partie du COD excrétée est sous la forme de composés, à faible poids moléculaire, très labiles qui sont rapidement consommés par les bactéries et les algues. Ce COD ne peut conséquemment s'accumuler dans le réservoir du COD. Cependant, une partie du COD excrétée par les algues se lie rapidement à des substances à poids moléculaire élevé ce qui les rend plus réfractaires (Nalewajko et Lean, 1972; Nalewajko et Schindler, 1976). La métabolisation lente de ces composés de COD autochtone, qui sont aussi réfractaires que ceux d'origine allochtone, prolongent leur temps de séjour dans la colonne d'eau. Schindler et al. (1992) ont aussi observé un changement brusque dans le réservoir du COD lors d'expériences de fertilisation de certains lacs avec du phosphore. Ce changement était apparemment causé par des taux de croissance plus élevés des algues qui, conséquemment augmentait la proportion du COD d'origine autochtone.

À la différence du lac L224 à ELA, les petits lacs que nous avons échantillonnés présentaient majoritairement les concentrations de carbone organique dissous, de phosphore, et de chlorophylle-*a* les plus élevées. Il apparaît réaliste de suggérer que la relation négative du COD avec les variables **ALS**, **PERB**, et **AB**, pour la population de lacs étudiés, soit causée par une productivité autochtone plus élevée chez les petits lacs. Cette productivité plus forte dans les petits lacs a aussi été observée par Gorham et al. (1983).

La contribution du bassin dans l'apport de COD semble également avoir des limites. Engstrom (1987) a observé une relation asymptotique entre la concentration de matière humique dans les lacs et le rapport **AD/AL**. Son modèle de prédiction impliquait une série de courbes construites à partir de conditions hydrologiques (profondeur moyenne, précipitations nettes, perte interne de la matière humique) reflétant des situations extrêmes et moyennes des lacs du Labrador. La courbe qui représentait les conditions moyennes évoluait linéairement lorsque le rapport **AD/AL** était inférieur à 6. Cette relation linéaire se transformait en asymptote lorsque le rapport **AD/AL** devenait supérieur à 10.

Engstrom explique l'asymptote par l'importance, chez les petits bassins, de l'effet de dilution par les précipitations tombant directement sur les lacs. Ces observations suggèrent, d'une part, que la relation positive entre **COD** et **AD/AL**, qui explique 12% de la variabilité du COD de notre modèle de régression linéaire (équation 8 et 8a), s'appliquerait principalement aux bassins ayant un faible rapport **AD/AL**. D'autre part, l'importance des variables **PERB** (équation 8) et **AB** (équation 8a) dans ces modèles, et l'hypothèse émise précédemment au sujet de la productivité autochtone, supposent un facteur autre que l'effet de dilution par les précipitations pour expliquer la variabilité du COD chez les petits lacs.

La relation négative de COD avec la pente signifierait que la pente moyenne du bassin versant peut influencer le mode de ruissellement dans le bassin et, conséquemment, sa composition chimique. Plusieurs études ont observé une similarité entre les concentrations du COD dans l'horizon B des podzols et celles des ruisseaux (McDowell et Wood, 1984; David et Vance, 1991; McDowell et Likens, 1988; Easthouse et al., 1992; Cronan et Aiken, 1985). D'autres ont relié la concentration du COD des ruisseaux à l'eau souterraine (Fisher et Likens, 1973), ou à celle de la zone riparienne (Tate et Meyer, 1983). Cronan (1990) a observé, à l'aide d'un modèle de simulation, que la concentration du COD dans les ruisseaux pouvait être un mélange d'eaux provenant des horizons organiques (L, F, H, et B), et de l'eau souterraine.

Du fait que notre territoire soit principalement recouvert par des podzols, et que la gamme de concentration du COD dans les lacs échantillonnés ($1.3-7.5 \text{ mg C} \cdot \text{L}^{-1}$) corresponde à celle que Cronan a observé dans l'horizon B du sol ($4-8 \text{ mg C} \cdot \text{L}^{-1}$) et dans l'eau souterraine ($1-3 \text{ mg C} \cdot \text{L}^{-1}$), nous permet de suggérer qu'une partie du COD des lacs proviendraient de ces endroits. La relation entre la pente moyenne du bassin versant et le mode de ruissellement dans le bassin signifierait qu'une pente douce, c.-à-d. négative, favoriserait un écoulement dans les horizons superficiels du sol riches en COD. Cet écoulement dans les horizons superficiels serait causé par une plus faible profondeur de la nappe phréatique qui empêcherait l'eau de percoler dans les horizons profonds. À l'inverse, une pente abrupte, c.-à-d. positive, favoriserait un ruissellement, par la force de gravité, dans les horizons minéraux et profonds du sol presque dépourvus en COD.

Cette interprétation est une simplification d'un phénomène beaucoup plus complexe qui implique des facteurs propres à chaque bassin tels que la conductivité hydraulique, le type de sol, la géologie, etc. Elle permet cependant d'établir un lien entre la gamme de concentration mesurée dans les lacs et celle des différents horizons pédologiques.

La relation négative du COD avec le temps de résidence (TR), équations 8c et 8d, signifierait qu'un temps de résidence court des eaux réduirait la floculation du COD.

Notre modèle n'inclut pas dans les variables prédictives la végétation. Cronan et Aiken (1985) et Carignan (données non publiées) ont observé que les horizons superficiels des sols de conifères avaient des concentrations de COD supérieures à celles des feuillus. Mais Cronan et al. (1987) ont observé que la qualité des eaux de surface était indépendante des types de couvert forestier sur les bassins. L'observation de Cronan et al. (1987) accentue l'importance du mode de ruissellement sur le bassin comme facteur déterminant la chimie des eaux de surface (Sullivan et al., 1986; Lawrence et al., 1988; Neal et al., 1989; Mulder et al., 1990; Rapp et al., 1985).

5.1.2 - Nitrate et ammonium

$$\text{NO}_3^- = -36.07 + 2.89(\text{P1}) + 8.32(\text{LBV}) \quad (\text{équation 9})$$

$$r^2 = \quad \quad 0.53 \quad \quad 0.66$$

$$\text{NO}_3^- = -27.90 + 2.89(\text{P1}) + 3.39(\text{AB}) \quad (\text{équation 9a})$$

$$r^2 = \quad \quad 0.53 \quad \quad 0.64$$

$$\text{SE} = 7.08 \quad \quad 0.42 \quad \quad 1.06$$

$$p = 0.0005 \quad < 0.0001 \quad 0.0036$$

$$r_{\text{final}}^2 = 0.64 \quad \text{SE} = 10.93 \quad p < 0.0001$$

$$\text{NO}_3^- = -82.02 + 82.63\text{LOG}(\text{P3}) + 7.13(\text{AB}) \quad (\text{équation 9b})$$

r^2	=	0.16	0.55
SE	=	17.63	14.63
p	=	0.0001	< 0.0001
r^2_{final}	=	0.55	SE = 12.34
			p < 0.0001

$$\text{NO}_3^- = -97.37 + 2.90(\text{P1}) + 12.97\text{LOG}(\text{VOL}) \quad (\text{équation 9c})$$

r^2	=	0.53	0.64
SE	=	25.86	0.42
p	=	0.0008	< 0.0001
r^2_{final}	=	0.64	SE = 10.92
			p < 0.0001

$$\text{NO}_3^- = -22.97 + 2.83(\text{P1}) + 10.82\text{LOG}(\text{VOL}) - 3.45(\text{TE}) \quad (\text{équation 9d})$$

r^2	=	0.53	0.64	0.69
SE	=	40.17	0.39	3.88
p	=	0.5724	< 0.0001	0.0097
r^2_{final}	=	0.69	SE = 10.14	p < 0.0001

Les sources majeures de l'azote inorganique dans les lacs sont les précipitations directes sur le lac, le ruissellement, et la fixation (Likens, 1985). L'exportation par les bassins versants est variable (Dillon et al., 1991) et peut dépendre du stade évolutif de la végétation qui les recouvre (Vitousek, 1977).

Les variables reliées positivement à NO_3^- et expliquant 66% de sa variabilité (équation 9), sont la pente et la longueur du bassin. L'importance de la pente dans ce modèle du NO_3^- est sans équivoque car elle explique 53% de la variabilité de NO_3^- .

Une relation positive entre la pente et l'exportation de NO_3^- des bassins est également observée chez Dillon et al. (1991) et Molot et Dillon (1991). La mobilité de cet anion est proposée par Dillon comme facteur explicatif. Nous pouvons ajouter à cette mobilité le fait que les pentes abruptes favorisent l'écoulement en profondeur où la dénitrification et l'assimilation par la végétation sont réduites.

Des conditions hydrologiques humides sont nécessaires pour la mobilité de NO_3^- , comme en font foi les observations de Vitousek et al. (1979) qui ont remarqué qu'un déficit en eau des sols empêchait la mobilité et la perte de l'anion. Les observations de Vitousek s'appliquaient à des écosystèmes perturbés mais peuvent être extrapolées à tous les écosystèmes du fait qu'un agent de transport soit nécessaire.

L'importance de la variable **LBV**, ou **AB** dans les équations 9 et 9a, suggère un rôle relativement mineur des apports atmosphériques. Ces variables n'expliquent respectivement que 13% et 11% de la variabilité NO_3^- et suppose que le NO_3^- atmosphérique n'est pas un facteur très important. L'équation 9b contraste singulièrement avec ce qui précède car la contribution de la variable **AB** est de 39% dans cette équation alors que la pente est reléguée au second plan en expliquant que 16% de la variabilité de NO_3^- . L'importance de la variable **AB** dans l'équation 9b apparaît exagérée. Dillon et al. (1991) présentent dans leurs matrices de corrélation des valeurs de coefficients entre NO_3^- et la pente ($r = 0.41$, échantillonnage pour un an, et $r = 0.66$, moyenne pour huit ans) qui s'apparentent davantage à ce que nous obtenons avec l'indice **P1**.

Ici comme dans les modèles de régression du **COD**, **AB** ou **PERB** semble prédominer dans l'explication de la variabilité des régressions lorsque l'indice de pente **P3** entre avec ces variables dans les modèles. À l'inverse, l'importance de ces variables diminue significativement lorsque les indices **P1** ou **PP1** entre dans les modèles.

Cette divergence peut être due à une imprécision dans le calcul de l'indice **P3** (v. équation 4). En effet, Rasmussen et al. (1989) ont utilisé la différence entre l'aire de drainage et l'aire du lac pour estimer la distance qui sépare les limites externes de ces deux entités. Or, l'aire de drainage ou du lac ne prend pas en considération la forme de ces derniers.

De ce fait, des bassins ou lacs d'aires similaires donneront toujours une mesure identique de la distance séparant leurs limites externes respectives, et ce même s'ils peuvent avoir des formes très variées. Les indices que nous avons développés (v. section 3.4.1) quoique légèrement plus long à calculer, évitent cette imprécision.

L'équation 9c suggère l'utilisation du volume du lac (**LOG VOL**) plutôt que **AB** (équation 9a) pour obtenir un modèle de régression comparable. L'équation 9d inclut la température de l'épilimnion (**TE**) pour faire augmenter le r^2 à 69%, mais l'importance de cette variable dans le modèle du NO_3^- apparaît secondaire.

$$\text{NH}_4^+ = 7.56 - 3.60\sqrt{(\text{MAR})} + 0.63(\text{PP2}) - 0.01(\text{ALT}) \quad (\text{équation 10})$$

$$r^2 = \quad 0.32 \quad 0.47 \quad 0.55$$

La pente explique aussi une partie de la variabilité (15%) de NH_4^+ , mais cette fois avec l'altitude et les marais reliés négativement. La force de la régression a diminuée par rapport à NO_3^- . En admettant que **MAR** soit aussi un indice de pente, cette dernière expliquerait 47% de la variabilité de NH_4^+ dans les lacs. La source principale de NH_4^+ seraient les bassins et une explication probable pourrait être ce qui suit:

Le NH_4^+ est reconnu pour être fortement retenu sur les bassins par adsorption dans les sols (Nicolson, 1988; Dillon et al., 1991), et la compétition intense que se livrent les plantes et les bactéries du sol pour l'obtention de NH_4^+ (Likens et al., 1977) rend ce dernier pratiquement immobile sur le bassin. Une pente forte associée à un écoulement en profondeur dans les horizons minéraux Bc et C du sol, où les racines sont le plus souvent absentes, serait une explication de l'exportation de NH_4^+ vers les lacs.

La variable ALT reliée négativement n'explique que 8% de la variabilité du modèle. La relation inverse entre NH_4^+ et ALT pourrait être liée au processus d'évapotranspiration plus intense à basse altitude. L'évapotranspiration a pour effet d'accroître la concentration de NH_4^+ dans les précipitations et l'eau de ruissellement. La faible contribution de la variable ALT montre cependant que l'évapotranspiration ne constitue pas un facteur important.

Des modèles alternatifs avec les autres indices de pente ou d'autres variables résultent en des r^2 inférieurs à 0.50, et ne sont pas présentés ici.

5.1.3 - Phosphore total

$$\text{PT} = 2.02 + 15.13(\text{ALS} / \text{VOLE}) + 1.68\sqrt{(\text{MAR})} \quad (\text{équation 11})$$

$$r^2 = \quad \quad 0.44 \quad \quad 0.64$$

$$\text{PT} = 1.11 + 14.49\sqrt{(\text{ALS} / \text{VOL})} + 1.45\sqrt{(\text{MAR})} \quad (\text{équation 11a})$$

$$r^2 = \quad \quad 0.17 \quad \quad 0.30$$

$$\text{SE} = 2.25 \quad 4.85 \quad 0.58$$

$$p = 0.6246 \quad 0.0059 \quad 0.0183$$

$$r_{\text{final}}^2 = 0.30 \quad \text{SE} = 2.51 \quad p < 0.005$$

$$\begin{aligned}
 \text{PT} &= 45.65 - 4.37\text{LOG}(\text{VOL}) - 10.23\text{LOG}(\text{P3}) && \text{(équation 11b)} \\
 r^2 &= && 0.18 && 0.51 \\
 \text{SE} &= 6.55 && 0.86 && 2.29 \\
 p &= < 0.0001 && 0.0001 && < 0.0001 \\
 r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.51} && \text{SE} = \mathbf{2.10} && \mathbf{p} < \mathbf{0.0001}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{PT} &= 36.82 - 3.93\text{LOG}(\text{VOL}) - 0.34(\text{PP1}) && \text{(équation 11c)} \\
 r^2 &= && 0.18 && 0.48 \\
 \text{SE} &= 5.65 && 0.85 && 0.08 \\
 p &= < 0.0001 && 0.0001 && 0.0003 \\
 r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.48} && \text{SE} = \mathbf{2.17} && \mathbf{p} < \mathbf{0.0005}
 \end{aligned}$$

Plusieurs auteurs identifient les apports atmosphériques comme étant la source principale du phosphore dans les lacs (Osgood, 1988; Cole et al., 1990; Dillon et al., 1991; Ahl, 1988). Ce lien tient à la forte rétention du phosphore exercée par les écosystèmes forestiers (Wood et al., 1984).

Deux variables entrent dans le modèle (équation 11) pour expliquer 64% de la variabilité de PT dans les lacs soit **ALS/VOLE**, qui explique 44% du modèle, et $\sqrt{(\text{MAR})}$ qui en explique 20%. La variable **ALS/VOLE** est reliée positivement et exprime les apports atmosphériques tombant directement sur le lac en fonction d'un facteur de dilution, le volume de l'épilimnion. Cette variable s'apparente à celle développée par Schindler (1971), **AB/VOL**, mais précise davantage le rôle joué par les apports atmosphériques. Cependant, lorsque nous utilisons une variable similaire comme $\sqrt{(\text{ALS} / \text{VOL})}$ dans l'équation 11a, les résultats obtenus sont beaucoup moins significatifs et rend même secondaire la contribution présumée des apports atmosphériques. La forte contribution de la variable **ALS/VOLE** semble principalement causée par le volume de l'épilimnion (**VOLE**).

En effet, il est reconnu qu'une proportion significative du phosphore est complexé par la matière organique dissoute et particulaire (Meyer, 1979; Newbold et al., 1983; Stumm et Morgan, 1970) et cette complexation du phosphore conditionne la profondeur de l'épilimnion comme le fait le COD. Les équations 12 et 12a montrent la proportion de phosphore lié au COD:

$$\text{PT} = 2.84 + 1.48(\text{COD}) \quad (\text{équation 12})$$

$$r^2 = 0.62 \quad \text{SE} = 1.88 \quad p < 0.0001$$

$$\text{PTF} = 0.39 + 0.57(\text{COD}) \quad (\text{équation 12a})$$

$$r^2 = 0.70 \quad \text{SE} = 0.61 \quad p < 0.0001$$

Ce lien du phosphore avec le COD suggère une origine commune de ces substances. Les modèles alternatifs 11b et 11c présentent deux variables qui expliquent près de 50% de la variabilité du phosphore dans les lacs: le volume du lac et la pente reliés négativement. La pente contribue, à elle seule, à expliquer 30% de la variabilité de PT. La relation négative de la pente avec PT conduit à utiliser la même interprétation que pour le modèle du COD, à savoir qu'elle favorise un écoulement dans les horizons superficiels du sol où le phosphore est plus abondant. La relation négative de PT avec le volume du lac (**LOG VOL**) exprime l'influence de la taille des lacs où, comme proposé dans le modèle du COD, les petits lacs apparaissent plus productifs.

Le lien du phosphore avec la pente, exprimant la contribution édaphique, ne se traduit pas, cependant, par une contribution significative des tributaires. Kirchner (1975) avait pourtant observé une relation linéaire entre l'exportation de phosphore et la densité de drainage (**DD**). Une régression simple effectuée entre **PT** et **DD** ne donne pas de résultats significatifs ($r^2 = 0.008$, $p < 0.7$). Rigler (1977) propose une explication à la contribution des tributaires.

Il a estimé que le rapport **AD/AL** doit approcher une valeur de dix avant que la contribution du phosphore par les tributaires égale la contribution atmosphérique ou éolienne sur des bassins forestiers de roches ignées (tableau 5.1). La majorité de nos lacs ont un rapport **AD/AL** inférieur à dix et ce qui expliquerait l'exclusion de la variable **DD**. Cependant, le pourcentage de la contribution éolienne proposé par Rigler ne s'applique pas davantage à ce que nous avons observé (v. équation 11a). Dans cette équation, la contribution éolienne exprimée par la variable $\sqrt{(ALS / VOL)}$ apparaît mineure (17%). L'importance de la contribution éolienne du phosphore devrait se traduire par une relation significative entre la chlorophylle-*a* et les variables exprimant les apports éoliens. Or, les variables incluses dans le modèle de **LOG CHa** (v. équation 13) ne se rapportent pas aux apports éoliens et suggère que l'estimation de Rigler de 37 mg P.m⁻² .an⁻¹ par les apports éoliens est inappropriée aux lacs que nous avons étudiés.

Tableau 5.1. Pourcentage de la contribution éolienne du P sur les lacs, et influence du rapport ad/al. Apports éoliens estimés à 37 mg .m⁻² .an⁻¹. Selon Rigler (1977).

AD/AL	% DE LA CONTRIBUTION ÉOLIENNE	
	BASSIN FORESTIER IGNÉE	BASSIN FORESTIER SÉDIMENTAIRE
3	72	35
10	44	14
30	21	5
100	7	2

L'absence de la variable **SSE** dans les modèles confirme les observations d'Osgood (1988) qui suggère, pour les lacs dimictiques, de ne considérer que l'hydrodynamique externe dans l'établissement de modèle prédictif des éléments nutritifs parce que le phosphore de l'hypolimnion n'atteint pas l'épilimnion lors des périodes de stratification. De plus, Schindler (1977) n'a pas trouvé de gradient du phosphore dans les eaux interstitielles des sédiments de l'épilimnion.

5.1.4 - Chlorophylle-a

$$\text{LOG CHa} = 0.89 - 0.03(\text{P1}) - 0.07(\text{AB}) + 0.13\sqrt{(\text{MAR})} \quad (\text{équation 13})$$

$$r^2 = 0.45 \quad 0.63 \quad 0.75$$

Les limnologues s'interrogent depuis longtemps sur les propriétés morphométriques qui influencent le plus la productivité des lacs (Fee, 1979; Carpenter et al., 1985). La taille du lac, sa profondeur, et la surface des sédiments épilimnétiques sont des paramètres souvent invoqués pour expliquer la variabilité de la productivité des lacs.

Le modèle que nous avons obtenu diffère de ceux proposés dans la littérature. La variabilité de la chlorophylle-a est expliquée à 75% par 3 variables: la pente et l'aire du bassin, reliées négativement, et les marais reliés positivement. Les variables entrant dans le modèle de **LOG CHa** correspondent à celles utilisées dans les modèles du COD et de PT. L'interprétation attribuée à ces variables dans les modèles du COD et de PT s'applique aussi bien pour le modèle de **LOG CHa** et ne mérite pas de plus ample développement. Signalons seulement que l'importance de la pente est dans ce modèle de **LOG CHa** très significative et explique presque, à elle seule, la moitié de la variabilité de la chlorophylle-a des lacs. Ce genre de relation ne trouve pas, à notre connaissance, d'équivalent dans la littérature. Duarte et Kalff (1989) ont trouvé une relation significative entre la géologie, la profondeur moyenne, et **CHa**, mais ils n'ont pas introduit de paramètre, tel que la pente, comme facteur explicatif.

La variable **SSE** est absente du modèle de **LOG CHa** et une régression simple (équation 13a) effectuée entre **CHa** et **SSE** donne des résultats non significatifs:

$$\text{LOG CHa} = 0.24 + 0.70(\text{SSE}) \quad (\text{équation 13a})$$

$$r^2 = 0.06 \quad \text{SE} = 0.26 \quad p < 0.20 \quad n = 30$$

Fee (1979) avait observé que la productivité primaire ($\text{g C.m}^{-3}.\text{an}^{-1}$) était beaucoup mieux corrélée à la variable SSE (équation 13b) que la chlorophylle (équation 13c):

$$\text{Prod. Prim.} = 1.70 + 23.70(\text{SSE}) \quad (\text{équation 13b})$$

$$r^2 = 0.88 \quad n = 21$$

$$[\text{CHI}] = 2.40 + 6.50(\text{SSE}) \quad (\text{équation 13c})$$

$$r^2 = 0.32 \quad n = 21$$

Fee a observé une meilleure corrélation que nous entre la chlorophylle et SSE et la différence entre les coefficients de pente est significative. L'étendue des concentrations de chlorophylle que Fee a mesurées ($1.5 - 30 \mu\text{g/L}$) est largement supérieure à nos observations ($0.6 - 7.1 \mu\text{g/L}$) et pourrait expliquer cette différence.

La prédiction de la chlorophylle-a à partir des concentrations de phosphore dans les lacs est un exercice commun. Une régression simple effectuée entre CHa et PT pour les données moyennes des échantillonnages donne l'équation suivante:

$$\text{LOG CHa} = -0.763 + 0.533\text{LOG}(\text{PT}) \quad (\text{équation 14})$$

$$r^2 = 0.51 \quad \text{SE} = 0.19 \quad p < 0.0001 \quad n = 30$$

Ces résultats se comparent à ceux rapportés par Canfield (1983) pour des lacs de la Floride (équation 14a) mais la pente est inférieure à celle observée par Riley et Prepas (1985) pour des lacs stratifiés (équation 14b):

$$\text{LOG CHa} = -0.15 + 0.74\text{LOG}(\text{PT}) \quad (\text{équation 14a})$$

$$r^2 = 0.59 \quad n = 223$$

$$\text{LOGCHa} = -0.555 + 1.015\text{LOG}(\text{PT})_{\text{printanier}} \quad (\text{équation 14b})$$

$$r^2 = 0.64 \quad n = 31$$

La différence des coefficients de pente de l'étude de Canfield et la nôtre avec celui de Riley et Prepas peut être attribuée à l'utilisation, par ces derniers, des concentrations de phosphore printanier pour prédire la concentration estivale de chlorophylle-a, ou encore, qu'une proportion plus importante du phosphore total n'est pas disponible aux algues dans nos lacs.

5.1.5 - Sulfate

$$\text{SO}_4^{2-} = 1.64 - 0.00085(\text{ALT}) \quad (\text{équation 15})$$

$$r^2 = 0.67$$

La source majeure de SO_4^{2-} est atmosphérique (Rapp et al., 1985; Driscoll et Newton, 1985; Jeffries et al., 1988) quoique l'altération des roches et des dépôts meubles (Reynolds et Johnson, 1972) peut, dans certains cas, constituer une source importante. Les sulfures sont communs dans les roches du Bouclier mais leur concentration est généralement très faible. Leur altération conduit à la formation de SO_4^{2-} . Le SO_4^{2-} a des propriétés conservatives reconnues (Driscoll et al., 1989; Church et al., 1990) et sa rétention par les bassins est inférieure à celle du NO_3^- (Dillon et Molot, 1990), et ce, particulièrement sur les podzols (Driscoll et Newton, 1985). Certains budgets montrent un équilibre entre les intrants et extrants de SO_4^{2-} (Nicolson, 1988; Driscoll et al., 1989).

Le modèle de régression de SO_4^{2-} permet d'expliquer 67% de sa variabilité à l'aide d'une seule variable reliée négativement, l'altitude. La relation inverse entre l'altitude et SO_4^{2-} diffère des observations de Schofield et al. (1985) et Nicolson (1988) qui ont rapporté une relation positive entre l'altitude et SO_4^{2-} .

Vitousek (1977) a cependant observé une relation similaire à la nôtre pour des ruisseaux de montagne, et l'attribue à une évapotranspiration plus grande à faible altitude. Une relation inverse entre la concentration de SO_4^{2-} et l'évaporation a été trouvée par Rapp et al. (1985) dans des lacs du Minnesota, mais ces derniers précisent que cette relation peut être causée par un gradient géographique est-ouest. En effet, l'évaporation augmente vers l'ouest de l'état, alors que décroît les dépositions atmosphériques. Lachance et Gamache (1985) rapportent également un gradient géographique pour des lacs du Québec mais cette fois, il est ouest-est. Les dépositions atmosphériques sont, au Québec, plus importantes à l'ouest à cause de la proximité des sources d'émission.

Ces observations divergentes peuvent possiblement s'expliquer par la différence dans la taille des échantillonnages effectués, et le territoire couvert. C'est ce que Loucks et al. (1986) suggèrent, à partir de leur étude (316 lacs dans le nord du Wisconsin), lorsqu'ils observent que l'augmentation des concentrations de SO_4^{2-} par l'évaporation est un paramètre qui varie de région en région.

Kelso et al. (1988) ont avancé que les dépôts secs de SO_4^{2-} sont plus élevés à haute altitude et qu'une relation positive devrait s'obtenir entre SO_4^{2-} et l'altitude. Cette relation apparaît toutefois relative car les précipitations augmentent également avec l'altitude diminuant la concentration du SO_4^{2-} atmosphérique. Cette divergence entre nos résultats et ceux de Kelso peut être attribuée à des différences régionales d'évaporation et de déposition.

Il ressort de ces divergences que certains mécanismes sont plus perceptibles dans une région homogène, alors que d'autres le sont sur un territoire plus vaste. De là, la difficulté de généraliser les observations.

5.1.6 - Somme des cations (Ca+Mg+Na+K)

$$\text{Ca + Mg + Na + K} = 3.62 + 0.02(\text{F}) - 0.66(\text{LM}) - 0.07(\text{PP1}) + 0.37(\text{DD}) \quad (\text{équation 16})$$

$$r^2 = \quad \quad \quad 0.20 \quad 0.37 \quad 0.57 \quad 0.65$$

La source principale de ces cations est la dissolution des roches (Vitousek, 1977; Likens et al., 1977). Les apports atmosphériques constituent généralement moins de 20% des bilans annuels (Likens et al., 1977).

Quatre variables expliquent 65% de la variabilité de ces cations. Les plus significatives sont le pourcentage de feuillus sur le bassin (F), la longueur du lac (LM), et la pente (PP1). Les colloïdes du sol sont, de façon prédominante, chargés négativement ce qui a pour effet de retenir les cations dans la pellicule d'eau entourant les surfaces de colloïdes. Cette rétention réduit la perte par lessivage de Ca, Mg, Na, et K, et les rend disponibles à l'assimilation par la végétation (Bohn et al., 1985). La rétention des cations dans les horizons superficiels du sol et la forte capacité d'échange de ces cations expliquent la relation négative qu'ils ont avec la pente. Peters et Murdoch (1985) ont observé que les sols de feuillus ont une capacité d'échange de cations plus élevée que les conifères et ceci expliquerait la relation positive des cations avec le pourcentage de feuillus sur les bassins.

L'autre variable significative, LM, est l'équivalente de l'aire du lac (ALS), la matrice de corrélation montre une relation significative entre ALS et LM ($r = 0.84$, $p < 0.05$), et signifierait que les cations sont plus abondants dans les petits lacs.

5.1.7 - Fer et pH

$$\text{Fe} = 0.16 + 0.001(\mathbf{R2}) - 0.10\mathbf{LOG}(\mathbf{ALS}) - 0.19\mathbf{LOG}(\mathbf{P3}) \quad (\text{équation 17})$$

$$r^2 = \quad \quad 0.13 \quad \quad 0.21 \quad \quad 0.44$$

Le fer et le pH ont des modèles dont le r^2 est inférieur à 50%, et ce même si les variables explicatives entrant dans les modèles respectifs, sont physiquement significatives. Le fer étant principalement complexé à la matière organique ($r = 0.72$, $p < 0.05$) dans les eaux naturelles (Wetzel, 1983), il en résulte une similarité entre les variables explicatives du modèle du COD et celui du fer. De fait, et si on maintient toujours l'interprétation de **PERB** du modèle du COD, les variables ont la même signification sauf que la proportion de résineux sur les bassins entre dans le modèle du fer. L'interprétation des variables s'apparente donc à celle proposée pour le COD.

$$\text{pH} = 3.47 - 0.16(\mathbf{DL}) - 0.01(\mathbf{R1}) + 5.50\sqrt{(\mathbf{ALS} / \mathbf{VOL})} + 0.17(\mathbf{ZM}) \quad (\text{équation 18})$$

$$r^2 = \quad \quad 0.13 \quad \quad 0.22 \quad \quad 0.34 \quad \quad 0.40$$

En ce qui concerne le pH, la relation inverse avec la proportion de résineux (**R1**) a aussi été observée par Hunsaker et al. (1986). L'indice de développement du rivage (**DL**), relié négativement, pourrait signifier une contribution des acides organiques plus importantes dans les lacs qui s'éloignent d'une forme circulaire, mais ce point reste à vérifier. La variable **ALS/VOL** reflète les apports atmosphériques sur le lac. La profondeur moyenne (**ZM**) pourrait aussi être reliée à la productivité des lacs. La relation positive de **ZM** avec **pH** impliquerait que les lacs plus profonds, et moins productifs, auraient un pH plus élevé.

5.2 - Discussion générale

Le tableau 5.2 présente une comparaison de certains paramètres morphométriques et chimiques avec d'autres échantillonnages également effectués au Québec.

Tableau 5.2 - Comparaison de certains paramètres morphométriques et chimiques avec d'autres études. Valeur moyenne avec étendue.

Paramètres	Kelso et al. 1986 secteur Québec	Pinel-Alloul et al. 1990 Bouclier canadien	Notre étude 1992 Bouclier canadien
N	251	54	32
<u>Morphométrie</u>			
aire du lac (km ²)	1.47 (0.12-178.4)	2.08 (0.36-7.21)	0.27 (0.03-1.39)
prof. maximale (m)	17.5 (1.0-90.0)	21.1 (4.0-83.0)	15.8 (1.0-34.0)
aire du bassin (km ²)	253.4 (0.78-531.9)	38.56 (2.61-298.43)	2.71 (0.27-7.13)
altitude du lac (m)	403 (30-920)	362 (76-755)	465 (225-898)
<u>Chim. et Phys.</u>			
pH	6.54 (4.71-8.38)	6.0 (5.2-8.3)	5.9 (5.1-6.7)
COD (mg . L ⁻¹)	3.3 (1.0-16.0)	5.9 (2.0-11.0)	4.1 (1.3-7.6)
Ca (mg . L ⁻¹)	1.3 (1.6-14.4)	1.3 (0.2-6.8)	1.4 (0.9-2.1)
Mg (mg . L ⁻¹)	0.5 (0.1-5.2)	0.4 (0.1-2.3)	0.3 (0.2-0.5)
Na (mg . L ⁻¹)	0.3 (0.1-0.5)	0.2 (0.1-0.5)	0.5 (0.3-0.9)
SO4-S (mg . L ⁻¹)	1.3 (0.1-0.5)	1.2 (0.3-3.7)	1.2 (0.8-1.6)
NO3 (µg . L ⁻¹)		11.8 (5.0-60.1)	21.5 (< 1.0-62.2)
Secchi (m)		3.7 (1.0-8.0)	4.5 (0.7-9.5)

Les caractéristiques chimiques de notre population de lacs sont semblables à celles trouvées par d'autres auteurs (Pinel-Alloul et al., 1990; Kelso et al., 1986), et ce en dépit d'un écart considérable dans la taille des lacs et des bassins. Notre étude a montré que les caractéristiques morphométriques, et particulièrement la pente, influençaient la plupart des propriétés limnologiques importantes. Cette prédominance morphométrique n'apparaît pas dans l'étude de King et Hart (1988) qui considèrent la chimie des sols (horizon Bh) comme facteur explicatif dominant de la qualité des eaux et ignorent l'influence que peut exercer les autres paramètres morphométriques.

Lachance et Buteau (1989) incluent également des données sur la composition chimique des sols ce que nous n'avons pas fait dans notre étude. Les interactions sol-eau sont déterminantes pour la chimie des eaux de surface (McDowell et Wood, 1984), mais l'obtention de données précises sur les caractéristiques locales des sols s'éloigne de nos objectifs initiaux de relier la chimie et la productivité des eaux à des paramètres facilement mesurables.

L'imprécision de certaines mesures peut être à l'origine de l'exclusion de certaines variables dans les modèles de régression. Par exemple, l'indice de pente utilisé par Lachance et Buteau (1989) donne des valeurs inconsistantes avec les indices que nous avons développés, et s'éloigne également de l'indice de Rasmussen et al. (1989). L'estimation du volume de leurs lacs, et conséquemment du temps de résidence, est aussi très approximative. Cette imprécision peut réduire l'importance de ces variables et les exclure des modèles.

L'étude que nous avons réalisée s'apparente à celle que Dillon et al. (1991) ont effectuée sur des ruisseaux de la région de Muskoka-Haliburton en Ontario, quoique leur intérêt portait sur l'exportation des substances chimiques par les ruisseaux, alors que le nôtre visait les concentrations de ces substances dans les lacs. Deux points particuliers nous distinguent: (a) certains de leurs modèles incluent des variables chimiques comme variables prédictives, ce que nous avons évité de faire, et (b) le nombre de variables explicatives entrant dans leurs modèles dépend du nombre d'années considérées pour établir les moyennes. Lorsqu'ils utilisaient les données moyennes sur trois années ou moins, certains modèles requéraient plus de 15 variables explicatives pour obtenir des r^2 supérieurs à 70%. Le nombre de variables diminuaient à 10 ou moins lorsqu'ils prenaient les données moyennes sur quatre années ou plus. L'entrée d'un si grand nombre de variables dans les modèles réduit considérablement leur signification physique.

En fixant le niveau de signification à 0.15 pour l'entrer des variables dans les modèles, ce qui apparaît très permissif, ils devaient conséquemment se retrouver avec un grand nombre de variables prédictives.

Les résultats qu'ils obtiennent donnent des r^2 supérieurs à 70% pour des variables log-transformées. Lors d'essais préliminaires, nous avons également inclu des variables chimiques dans les variables indépendantes et plusieurs modèles avaient des $r^2 \geq 0.80$. Par contre, les informations requises pour réaliser ces modèles ne s'obtenaient plus à partir des seules propriétés morphométriques des lacs ou des bassins.

Notre critère de sélection des modèles de régression s'est basé non seulement sur la force de la relation mais aussi sur la signification physique des variables explicatives.

L'avantage de leur étude repose sur le nombre d'années consécutives d'échantillonnages permettant d'estimer la variabilité annuelle des propriétés chimiques. Les quatre échantillonnages que nous avons effectués représentent une moyenne saisonnière pour une seule année. Une validation à long terme de ces résultats nécessiterait de répéter l'exercice pendant quelques années.

L'influence de la pente sur la qualité des eaux de surface avait été mise en évidence dans les années 1960 (Dugdale et Dugdale, 1961; Mackenthun et al., 1964). Cette piste semble avoir été délaissée jusqu'aux travaux de Rasmussen et al. (1989) et Dillon et al. (1991). Certaines études hydrologiques effectuées sur de petits bassins (O'Loughlin, 1986; Wolock et al., 1989) utilisent la pente dans des modèles de prédiction des zones de saturation potentielles et dans la prédiction de l'alcalinité des lacs. Leurs résultats montrent une corrélation positive entre un index du temps de contact de l'eau dans le sol, qui implique l'utilisation de la pente dans le calcul, et l'alcalinité des lacs. Le parcours que l'eau emprunte sur le bassin et l'influence que cette trajectoire exerce sur la chimie des eaux de surface est un secteur de recherche très actuel (Wolock et al., 1989; Newton et al., 1987; Rapp et al., 1985).

La pente moyenne du bassin peut être un indicateur approximatif de ce parcours. Dans certaines régressions (annexe VI) la pente peut expliquer, à elle seule, plus de 50% de la variabilité des propriétés de la qualité de l'eau. L'importance de la pente semble telle que Dillon et al. (1991) qualifient de causal le lien existant entre les propriétés chimiques des eaux et la pente. Cette prédominance justifie la poursuite des recherches dans ce domaine.

Les résultats que nous avons obtenus, sont calibrés pour des petits bassins d'une région passablement homogène et ne peuvent être extrapolés que sous toute réserve.

L'étude de lacs provenant d'une région restreinte, dont le rapport AD/AL est inférieur à 10, et qui est exempte de perturbations anthropiques majeures offre l'opportunité de trouver des paramètres morphométriques qui représentent bien les interactions régissant le système bassin versant-lac.

Une étude portant sur une plus grande échelle pourrait donner des résultats différents et des modèles moins précis.

C'est ce qui s'est produit avec l'étude de Brylinski et Mann (1973) qui désiraient trouver les propriétés morphométriques ou physiques déterminant la productivité des lacs. Les lacs sélectionnés venaient aussi bien des tropiques que de l'arctique, et leur taille variait de plusieurs ordres de grandeur. L'énergie solaire fut le principal paramètre explicatif de la variabilité de la productivité des lacs. Ils ont introduit le paramètre AB/V de Schindler sans succès, et ont conclu que ce paramètre s'appliquait préférentiellement à l'échelle locale et régionale que globale. L'inverse de cette proposition est aussi vrai, c'est à dire que l'énergie solaire peut ne pas être un paramètre explicatif important pour une région comme la nôtre. Une extrapolation des paramètres explicatifs obtenus à une échelle particulière peut s'avérer non concluante.

CONCLUSION

L'étude que nous avons poursuivie visait à explorer les relations empiriques existant entre les propriétés de la colonne d'eau et la morphométrie des lacs et de leurs bassins versants. L'analyse de régression multiple nous a permis de proposer des équations empiriques qui peuvent servir à estimer les concentrations de certains éléments chimiques dans les lacs du Bouclier canadien.

Cette approche a démontré que les propriétés morphométriques, et particulièrement la pente des bassins versants, pouvaient expliquer plus du deux tiers de la variabilité de substances telles le nitrate, le phosphore, la chlorophylle-a, etc., dans les lacs. L'interprétation des résultats, à la lumière d'études similaires et de données présentées dans la littérature, suggère que la plupart des paramètres morphométriques qui sont entrés dans les modèles de régression ont une causalité physique qui pourra faire l'objet de recherches futures.

L'étude du système bassin versant - lac offre l'opportunité de réduire les coûts reliés aux opérations de terrain. La possibilité de construire des modèles de prédiction empiriques à partir d'instruments cartographiques, de photos aériennes, et d'images satellites, dont les informations sont facilement accessibles, permet de minimiser les déplacements sur le terrain et les analyses en laboratoire. Des applications concrètes telles la prédiction de la présence de poissons dans les lacs (Beauchamps et al., 1992), et une adaptation de ces prédictions à la gestion de la pêche sportive apparaissent fort intéressantes. Les sites de villégiature et le nombre d'habitations limnologiquement tolérables, pourraient aussi être estimés et même légiférés. De cette façon, les efforts scientifiques, économiques et récréatifs pourraient s'orienter vers la prévention des problèmes d'eutrophisation plutôt que sur la restauration des lacs. L'amélioration des outils cartographiques et informatiques permet, aujourd'hui, d'assurer une meilleure gestion limnologique qui mériterait certainement une attention plus soutenue.

RÉFÉRENCES

- Ahl, T.. 1988. Background yield of phosphorus from drainage area and atmosphere. *Hydrobiologia*, 170:35-44.
- Anonyme. 1991. Les normes d'inventaires forestiers. Les Publications du Québec. 177p.
- Beauchamps, J.J., S.W. Christensen, et E.P. Smith. 1992. Selection of factors affecting the presence of Brook Trout (*Salvelinus fontinalis*) in Adirondack lakes: a case study. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49:597-608.
- Bobée, B., Y. Grimard, M. Lachance, et A. Tessier. 1982. Nature et étendue de l'acidification des lacs du Québec. INRS-EAU, rapport No 140, 243p.
- Bohn, H.L., B.L. McNeal, et G.A. O'Connor. 1985. Soil Chemistry. John Wiley and Sons, 2ème édition, 341p.
- Brylinski, M., et K.H. Mann. 1973. An analysis of factors governing productivity in lakes and reservoirs. *Limnol. Oceanogr.* 18:1-14.
- Canfield, D.E.. 1983. Prediction of chlorophyll-a concentrations in Florida lakes: the importance of phosphorus and nitrogen. *Water Resour. Bull.* 19:255-262.
- Carlander, K.D.. 1955. The standing crop of fish in lakes. *J. Fish. Bd. Can.* 12:543-570.
- Carlson, R.E.. 1977. A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.* 22:361-369.
- Carpenter, S.R., J.R. Kitchell, et J.R. Hodgson. 1985. Cascading trophic interactions and lake productivity. *Bioscience.* 35:634-639.
- Carpenter, S.R.. 1981. Submersed vegetation: an internal factor in the lake ecosystem succession. *The Amer. Nat.* 118:372-383.
- Carpenter, S.R.. 1983. Lake geometry: implications for production and sediment accretion rate. *J. Theor. Biol.*, 105:273-286.
- Church, M.R., P.W. Shaffer, K.N. Eshleman, et B.P. Rochelle. 1990. Potential future effects of current levels of sulfur deposition on stream chemistry in the southern Ridge Mountains, U.S.. *Water, Air, Soil Pollut.* 50:39-48.
- Clayton, J.S., W.A. Ehrlich, D.B. Cann, J.H. Day, et I.B. Marshall. 1978. Soils of Canada. Research Branch, Department, of agriculture, 2 volumes.
- Cole, J.J., N.F. Caraco, et G.E. Likens. 1990. Short-range atmospheric transport: a significant source of phosphorus to an oligotrophic lake. *Limnol. Oceanogr.* 35:1230-1237.
- Couture, S.. 1992. Étude sur la réponse du bassin versant du lac Laflamme aux précipitations acides: juin 1981-mai 1990. Environnement Canada, Centre Saint-Laurent, 63p.

- Cronan, C.S., et G.R. Aiken. 1985. Chemistry and transport of soluble humic substances in forested watersheds of the Adirondack Park, New York. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 49:1697-1705.
- Cronan, C.S., J.S. Conlan, et S. Skibinski. 1987. Forest vegetation in relation to surface water chemistry in the north branch of the Moose River, Adirondack Park, New York. *Biogeochem.* 3:121-128.
- Cronan, C.S.. 1990. Organic acids in aquatic ecosystems. Eds. E.M. Perdue et E.T. Gjessing, John Wiley and Sons, pp.245-260.
- Curtis, P.J.. 1991. Biogeochemistry of iron in small Precambrian Shield lakes at the Experimental Lakes area, northwestern Ontario. Ph. D. Thesis, Univ. of Manitoba, 284p.
- David, M.B., et G.F. Vance. 1991. Chemical characteristics and origin of organics acids in streams and seepage lakes of central Maine. *Biogeochem.* 12:17-41.
- Dillon, P.J., et F.H. Rigler. 1974. The phosphorus-chlorophyll relationship in lakes. *Limnol. Oceanogr.* 19:767-773.
- Dillon, P.J. 1974. The application of the phosphorus concept to eutrophication research. *Nat. Res. Council of Can.*, 42p.
- Dillon, P.J., et L.A. Molot. 1990. The role of ammonium and nitrate retention in the acidification of lakes and forested catchments. *Biogeochem.* 11:23-43.
- Dillon, P.J., et W.B. Kirchner. 1975. The effects of geology and land use on the export of phosphorus from watersheds. *Water Res.* 9:135-148.
- Dillon, P.J., L.A. Molot, et W.A. Scheider. 1991. Phosphorus and nitrogen export from forested stream catchments in central Ontario. *J. Environ. Qual.* 20:857-864.
- Dillon, P.J.. 1975. The phosphorus budget of Cameron lake, Ontario: The importance of flushing rate to the degree of eutrophy of lakes. *Limnol. Oceanogr.* 20:28-39.
- Driscoll, C.T., et R.M. Newton. 1985. Chemical characteristics of Adirondack lakes. *Environ. Sci. Technol.* 19:1018-1024.
- Driscoll, C.T., G.E. Likens, L.O. Hedin, J.S. Eaton, et F.H. Bormann. 1989. Changes in the chemistry of surface waters. *Environ. Sci. Technol.* 23:137-143.
- Duarte, C.M., et J. Kalff. 1989. The influence of catchment geology and lake depth on phytoplankton biomass. *Arch. Hydrobiol.* 115:27-40.
- Dugdale, R.C., et V.A. Dugdale. 1961. Sources of phosphorus and nitrogen for lakes on Afognak Island. *Limnol. Oceanogr.* 6:13-23.

- Dupont, J.. 1989. État de l'acidité des lacs de la région hydrographique de la Mauricie. Réseau spatial de la surveillance de l'acidité des lacs du Québec, Direction de la qualité du milieu aquatique, Min. de l'Environnement du Québec, AC/DOQ, No AC 890002, ENVIRODOQ No QEN/PA-33/1, 84p.
- Earle, J.C., H.C. Duthie, et D.A. Scruton. 1987. Analysis of the phytoplankton composition of 95 Labrador lakes, with special references to natural and anthropogenic acidification. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43:1804-1811.
- Easthouse, K.B., J. Mulder, N. Christophersen, et H.M. Seip. 1992. Dissolved organic carbon fractions in soil and stream water during variable hydrological conditions at Birkenes, southern Norway. *Water Resour. Res.* 28:1585-1596.
- Eilers, J.M., G.E. Glass, K.E. Webster, et J.A. Rogalla. 1983. Hydrologic control of lake susceptibility to acidification. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40:1896-1904.
- Engstrom, D.R.. 1987. Influence of vegetation and hydrology on the humus budgets of Labrador lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44:1306-1314.
- Environnement Canada. 1980. Inventaire des sources naturelles et des émissions de composés de soufre. Direction générale de l'assainissement de l'air, Service de la Protection de l'Environnement, Rapport EPS-3-AP-79-2F, 80p.
- Environnement Canada. 1992. Sommaire chronologique de l'écoulement: Québec. Direction générale des eaux intérieures, 526p.
- Fee, E.J.. 1979. A relation between lake morphometry and primary productivity and its use in interpreting whole-lake eutrophication experiments. *Limnol. Oceanogr.* 24:401-416.
- Fisher, S.G., et G.E. Likens. 1973. Energy flow in Bear Brook, New Hampshire: an integrative approach to stream ecosystem metabolism. *Ecol. Monogr.* 43:421-439.
- Gorham, E., W.E. Dean, et J.E. Sanger. 1983. The chemical composition of lakes in the North-Central United States. *Limnol. Oceanogr.* 28:287-301.
- Haines, T.A., et J. Akielaszek. 1983. A regional survey of chemistry of headwater streams in New England: vulnerability to acidification. FWS/OBS-80/40.15, U.S. Fish and Wildlife Service, Eastern Energy and Land Use Team, Washington, D.C.
- Hill, A.R.. 1978. Factors affecting the export of nitrate-nitrogen from drainage basins in southern Ontario. *Water Res.* 12:1045-1057.
- Hill, A.R.. 1979. Denitrification in the nitrogen budget of a river ecosystem. *Nature*, 281: 291-292.

- Hunsaker, C.T., J.L. Malanchuk, R.J. Olson, S.W. Christensen, et R.S. Turner. 1986. Adirondack headwater lake chemistry relationships with watershed characteristics. *Water, Air, Soil Pollut.* 31:79-88.
- Jeffries, D.S., S. Dean, J.R.M. Kelso, et I.K. Morrison. 1988. Physical, chemical, and biological characteristics of the Turkey Lakes Watershed, central Ontario, Canada. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45:3-13.
- Kelso, J.R.M., C.K. Minns, J.E. Gray, et M.L. Jones. 1986. Acidification of surface waters in eastern Canada and its relationship to aquatic biota. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* No 87, 42p.
- King, M., et W.C. Hart. 1988. Determination of important terrestrial parameters for prediction of water quality in 35 canadian Shield lakes. Préparé pour Environnement Canada, Technical University of Nova Scotia, Center for Water Resources Study, Halifax, Internal Data report 88-2.
- Kirchner, W.B., et P.J. Dillon. 1975. An empirical method of estimating the retention of phosphorus in lakes. *Water Resour. Res.* 11:182-183.
- Kirchner, W.B.. 1975. An examination of the relationship between drainage basin morphology and the export of phosphorus. *Limnol. Oceanogr.* 20:267-270.
- Lachance, M., et D. Gamache. 1985. Sensibilité à l'acidification des lacs du Bouclier Canadien: analyse et interprétation des données géologiques et biophysiques de 158 bassins versants du sud du Québec. Environnement Canada, document No 41, 118p.
- Lachance, M., et F. Buteau. 1989. Étude des relations entre les caractéristiques terrestres des bassins versants et la qualité de l'eau des 35 lacs du réseau TADPA. Rapport No 277, pour environnement Canada.
- Larkin, P.A.. 1964. Canadian lakes. *Int. Ver. Theor. Angew. Limnol. Verh.* 15:76-90.
- Lawrence, G.B., C.T. Driscoll, et R.D. Fuller. 1988. Hydrologic control of aluminium chemistry in an acidic headwater stream. *Water Resour. Res.* 24:659-669.
- Likens, G.E., F.H. Bormann, R.S. Pierce, J.S. Eaton, et N.M. Johnson. 1977. *Biogeochemistry of a forested ecosystem.* Springer-Verlag, New York, 146p.
- Likens, G.E.. 1985. *An ecosystem approach to aquatic ecology.* Springer-Verlag, New York, 516p.
- Loucks, O.L., G.E. Glass, J.A. Sorensen, B.W. Liukkonen, J. Allert, et G. Rapp Jr. 1986. Role of precipitation chemistry versus other watershed properties in Wisconsin lake acidification. *Water, Air, Soil Pollut.* 31:67-77.

- Mackenthun, K.M., W.M. Ingram, et R. Pages. 1964. Limnological aspects of recreational lakes. U.S. Dept. Health, Education and Welfare. Health Serv., Publ. 1167, 176p.
- Manny, B.A., R.G. Wetzel, et R.E. Bailey. 1978. Paleolimnological sedimentation of organic carbon, nitrogen, phosphorus, fossil pigments, pollen, and diatoms in a hypereutrophic, hardwater lake. A case history of eutrophication. *Polskie Arch. Hydrobiol.* 25:243-267.
- Marshall, C.T., A. Morin, et R.H. Peters. 1988. Estimates of mean chlorophyll-*a* concentration: Prevision, accuracy, and sampling design. *Water Resour. Bull.* 24:1027-1034.
- McDowell, W.H., et G.E. Likens. 1988. Origin, composition and flux of dissolved organic carbon in the Hubbard Brook valley. *Ecol. Monogr.* 58:177-195.
- McDowell, W.H., et T. Wood. 1984. Podzolization: soil processes control dissolved organic carbon concentrations in stream water. *Soil Science*, 137:23-32.
- Meyer, J.L.. 1979. The role of sediments and bryophytes in phosphorus dynamics in a headwater stream ecosystem. *Limnol. Oceanogr.* 24:365-376.
- Molot, L.A., et P.J. Dillon. 1991. Nitrogen phosphorus ratios and the prediction of chlorophyll in phosphorus-limited lakes in central Ontario. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48:140-145.
- Moss, B.. 1980. Ecology of fresh water. John Wiley and Sons Inc., New York, 332p.
- Mulder, J.N., N. Christophersen, M. Haughs, R.D. Vogt, S. Andersen, et D.O. Andersen. 1990. Water flow paths and hydrochemical controls in the Birkenes catchment as inferred from a rainstorm high in seasalts. *Water Resour. Res.* 26:611-622.
- Mulholland, P.J., et E.J. Kuenzler. 1979. Organic carbon export from upland and forested wetland watersheds. *Limnol. Oceanogr.* 24:960-966.
- Nalewajko, C., et D.R.S. Lean. 1972. Growth and excretion in planctonic algae and bacteria. *J. Phycol.* 8:361-366.
- Nalewajko, C., et D.W. Schindler. 1976. Primary production, extracellular release and heterotrophy in two lakes in the ELA, Northwestern Ontario. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 33:219-226.
- Naumann, E.. 1932. Grundzuge der regionalen limnologie. *Binnengewasser.* 11. 176p.
- Neal, C., B. Reynolds, P. Stevens, et M. Harnung. 1989. Hydrogeochemical controls for inorganic aluminium in an acid stream and soil waters at two upland catchments in Wales. *J. Hydrol.* 106:155-175.
- Newbold, J.D., J.W. Elwood, R.V. O'Neill, et A.L. Sheldon. 1983. Phosphorus dynamics in a woodland stream ecosystem: a study of nutrient spiralling. *Ecology.* 64:1249-1265.

- Newton, R.M., J. Weintraub, et R. April. 1987. The relationship between surface water chemistry and geology in the north branch of the Moose River. *Biogeochem.* 3:21-35.
- Nicolson, J.. 1988. Water and chemical budgets for terrestrial basins at the Turkey Lakes Watershed. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45:88-95.
- O'Loughlin, E.M. 1986. Prediction of surface saturation zones in natural catchments by topographic analysis. *Water Resour. Res.* 22:794-804.
- Osgood, R.A.. 1988. Lake mixis and internal phosphorus dynamics. *Arch. Hydrobiol.* 113:629-638.
- Patalas, K.. 1984. Mid-summer mixing depths of lakes of different latitudes. *Int. Ver. Theor. Angew. Limnol. Verh.* 22:97-102.
- Pennington, W.. 1981. Records of a lake's life in time: the sediments. *Hydrobiologia*, 79:197-219.
- Peters, N.E., et P.S. Murdoch. 1985. Hydrogeologic comparison of an acidic-lake basin with a neutral-lake basin in the west central Adirondack Mountains, New York. *Water, Air, Soil Pollut.* 26:387-402.
- Pfeiffer, M., et P. Festa. 1980. Acidity of lakes in the Adirondack region of New York in relation to fish resources. FW-P168(10/80), New York State Dept. of Envir. Conserv., Albany, N.Y..
- Pinel-Alloul, B., G. Méthot, et G. Codin-Blumer. 1987. Structure spatiale du zooplancton des lacs du Québec: relation avec l'acidité. *Naturaliste Can.* 114:295-305.
- Pinel-Alloul, B., G. Méthot, G. Verreault, et Y. Vigneault. 1990. Zooplankton species association in Quebec lakes: variation with abiotic factors, including natural and anthropogenic acidification. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47:110-121.
- Prairie, Y.T., et J. Kalf. 1986. Effect of catchment size on phosphorus export. *Water Resour. Bull.* 22:465-470.
- Quay, P.D., S. Emerson, B.M. Quay, et A.H. Devol. 1986. The carbon cycle for lake Washington- a stable isotope study. *Limnol. Oceanogr.* 31:596-611.
- Rapp Jr., G., J.D. Alert, et al.. 1985. Acid deposition and watershed characteristics in relation to lake chemistry in northern Minnesota. *Envir. Internat.* 11:425-440.
- Rasmussen, J.B., L. Godbout, et M. Schallenberg. 1989. The humic content of lake water and its relationship to watershed and lake morphometry. *Limnol. Oceanogr.* 34:1336-1343.
- Rau, G.. 1978. Carbon-13 depletion in a subalpine lake: carbon flow implications. *Science.* 201:901-902.

- Reynolds, R.C., et N.M. Johnson. 1972. Chemical weathering in the temperate glacial environment of the northern Cascade Mountains. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 36:537-554.
- Richard, P.J.H. 1985. Couvert végétal et paléoenvironnements du Québec entre 1200 et 8000 ans BP. *Recherches amérindiennes au Québec*, 15:39-56.
- Richard, Y.. 1982. Relations entre le niveau d'acidité de 158 lacs du Parc des Laurentides et l'évolution de leurs statistiques de pêche au cours des neuf dernières années. Service de la qualité des eaux, Min. de l'Environnement du Québec, public. No PA-5, ENVIRODOQ ND 03921, 115p.
- Richardson, C.J.. 1985. Mechanisms controlling phosphorus retention capacity in freshwater wetlands. *Science.* 228:1424-1427.
- Riley, E.T., et E.E. Prepas. 1985. Comparison of the phosphorus-chlorophyll relationships in mixed and stratified lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42:831-835.
- Rounsefell, G.A. 1946. Fish production in lakes as a guide for estimating production in proposed reservoirs. *Copeia.* 1946:29-40.
- Schindler, D.W., S.E. Bayley, P.J. Curtis, et al.. 1992. Natural and man-caused factors affecting the abundance and cycling of dissolved organic substances in precambrian shield lakes. *Hydrobiologia*, 229:1-21.
- Schindler, D.W.. 1971. A hypothesis to explain differences and similarities among lakes in the Experimental Lakes Area, northwestern Ontario. *J. Fish. Bd. Can.* 28:295-300.
- Schindler, D.W.. 1977. Evolution of phosphorus limitation in lakes. *Science.* 195:260-262.
- Schofield C.L.. 1976. Acidification of Adirondack lakes by atmospheric precipitation: extent and magnitude of the problem. Final Rep. D.J. Project. F-28-4, New York State Dept. of Envir. Conserv. 11p.
- Schofield, C.L., J.N. Galloway, et G.R. Hendry. 1985. Surface water chemistry in the ILWAS basins. *Water, Air, Soil Pollut.* 26:403-423.
- Shaffer, P.W., et M.R. Church. 1989. Terrestrial and in-lake contributions to alkalinity budgets of drainage lakes: an assessment of regional differences. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46:509-515.
- Stumm, W., et J.J. Morgan. 1970. *Aquatic chemistry.* John Wiley and Sons, 583p.
- Sullivan, T.J., N. Christophersen, I.P. Muniz, H.M. Seip, et P.D. Sullivan. 1986. Aqueous aluminium chemistry response to episodic increases in discharge. *Nature.* 323:324-327.
- Swank, W.T., et W.H. Casey. 1982. Nitrate depletion in a second-order mountain stream. *J. Environ. Qual.* 11:581-584.

- Tate, C.M., et J.L. Meyer. 1983. The influence of hydrologic conditions and successional state on dissolved organic carbon export from forested watersheds. *Ecology* 64: 25-32.
- Thiennemann, A. 1925. Die Binnengewässer Mitteleuropas. *Binnengewässer*. 1. 225p.
- Thiennemann, A. 1927. Der Bau des Seebeckers und seiner Bedeutung für das Leben in See. *Verh. Zool. Bot. Ges. Wein.* 77:87-91.
- Urban, N.R., S.E. Bayley, et S.J. Eisenreich. 1989. Export of dissolved organic carbon and acidity from peatlands, *Water Resour. Res.* 25:1619-1628.
- Vitousek, P.M., J.R. Gosz, C.C. Grier, J.M. Melillo, W.A. Reiners, et R.L. Todd. 1979. Nitrate losses from disturbed ecosystems. *Science*. 204:469-474.
- Vitousek, P.M.. 1977. The regulation of element concentrations in mountain streams in the northeastern United States. *Ecol. Monogr.* 47:65-87.
- Vollenweider, R.A.. 1968. The scientific basis of the lake and stream eutrophication with particular reference to phosphorus and nitrogen as eutrophication factors. Tech. Report OECD, Paris, DAS/C81/68, 27:1-182.
- Wetzel, R.G., et G.E. Likens. 1991. *Limnological analysis*, 2nd edition, Springer-Verlag Inc., New York, 391p.
- Wetzel, R.G., H. Corners, et B.A. Manny. 1977. Seasonal changes in particulate and dissolved organic carbon and nitrogen in a headwater stream. *Arch. Hydrobiol.* 80:20-39.
- Wetzel, R.G.. 1979. The role of the littoral zone and detritus in lake metabolism. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* 13:145-161.
- Wetzel, R.G.. 1983. *Limnology*, 2nd edition, CBS College Publishing, 768p.
- Whitehead, D.R., et T.L. Crisman. 1978. Paleolimnological studies of a small New England (USA) ponds. I: late-glacial and post-glacial trophic oscillations. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 25:471-481.
- Wolock, D.M., G.M. Hornberger, K.J. Beven, et W.G. Campbell. 1989. The relationship of catchment topography and soil hydraulic characteristics to lake alkalinity in the northeastern United States. *Water Resour. Res.* 25:829-837.
- Wood, T., F.H. Bormann, et G.K. Voigt. 1984. Phosphorus cycling in a northern hardwood forest: biological and chemical control. *Science*. 23:391-393.

ANNEXE I

**PROFILS DE TEMPÉRATURE, D'OXYGÈNE DISSOUS,
ET DU COEFFICIENT D'EXTINCTION LUMINEUSE**

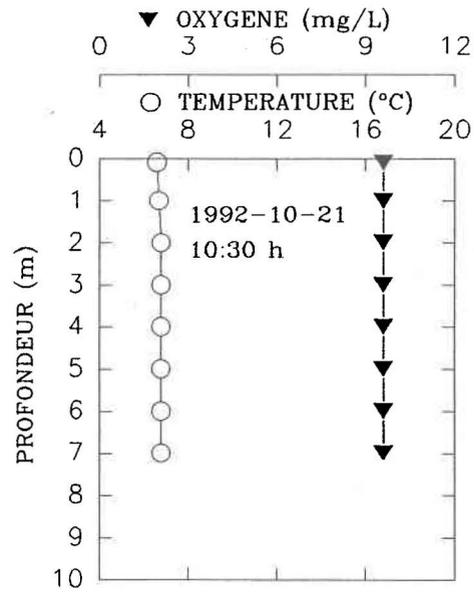
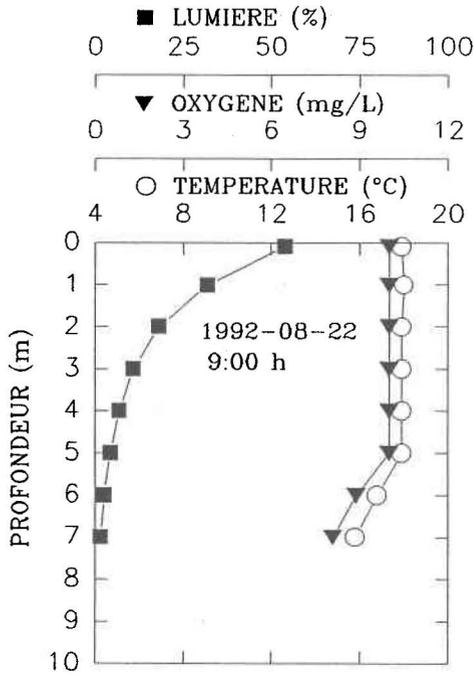
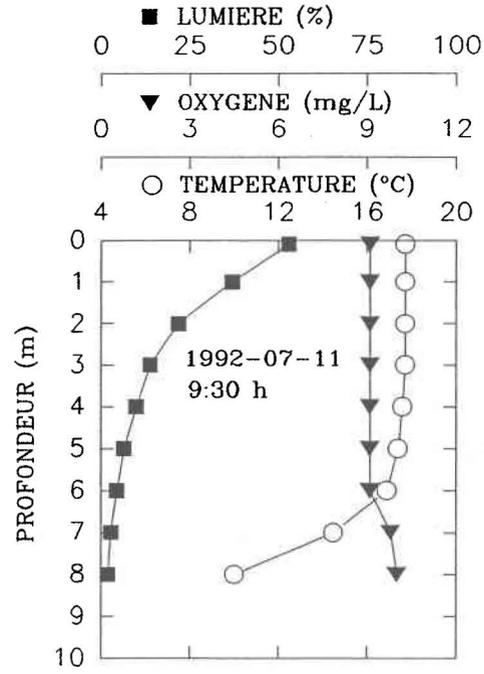
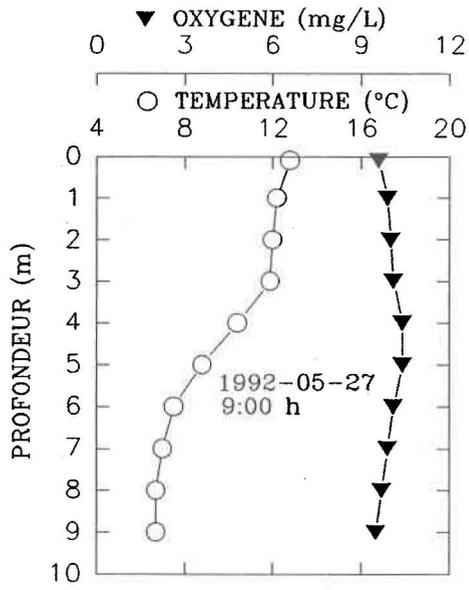


Figure I-1. Lac Alexandre

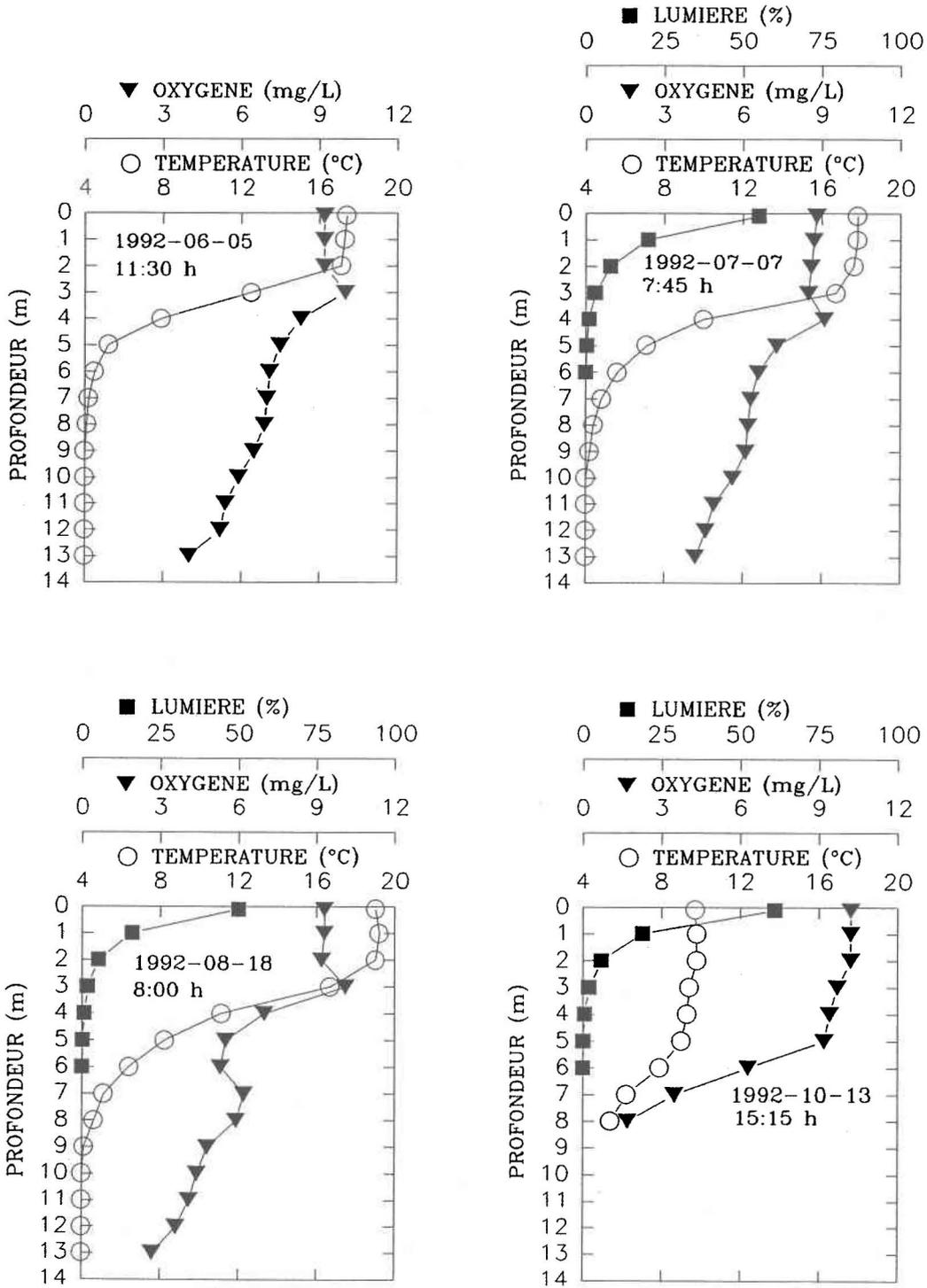


Figure I-2. Lac Arcand

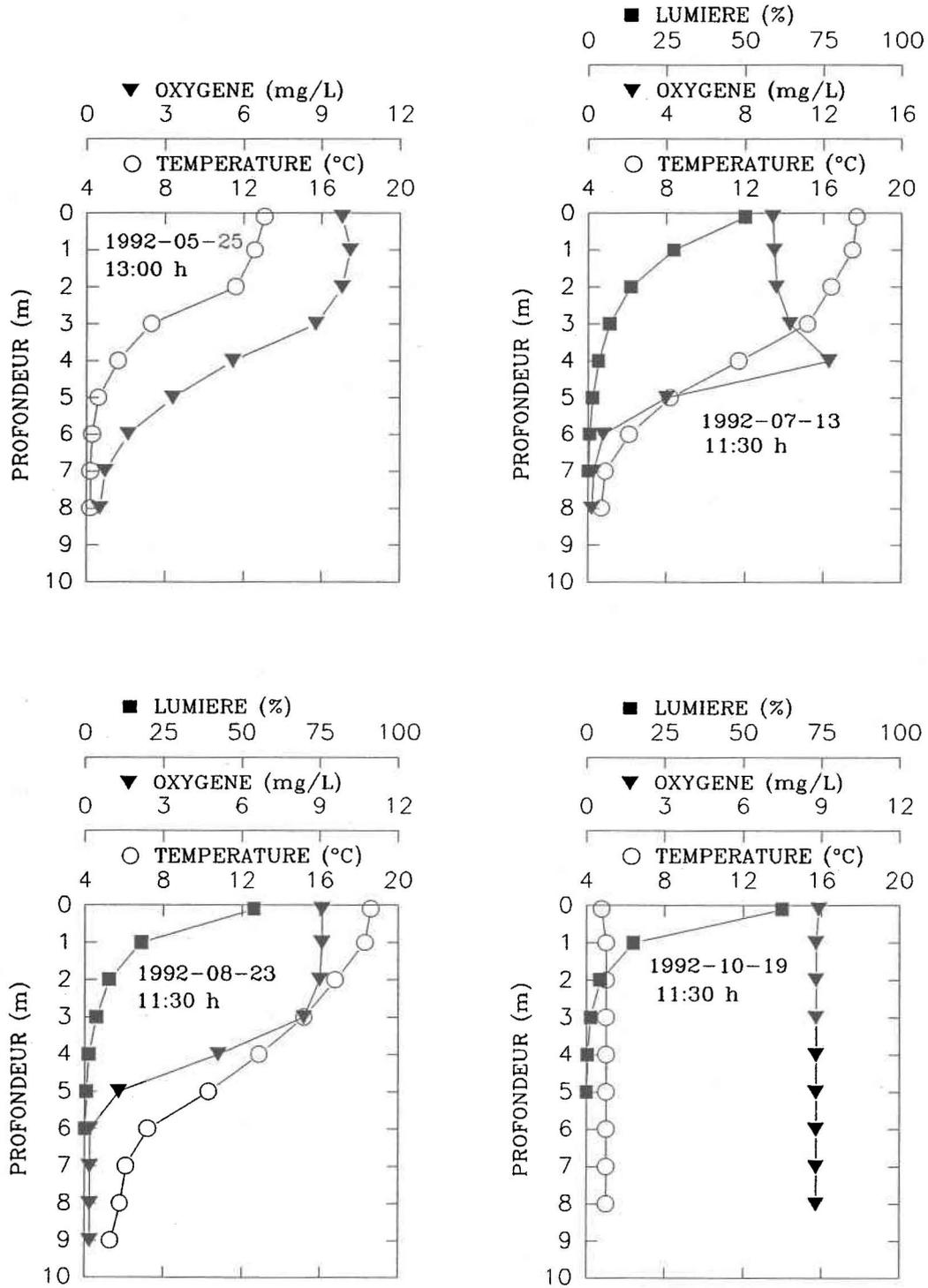


Figure I-3. Lac Bédard

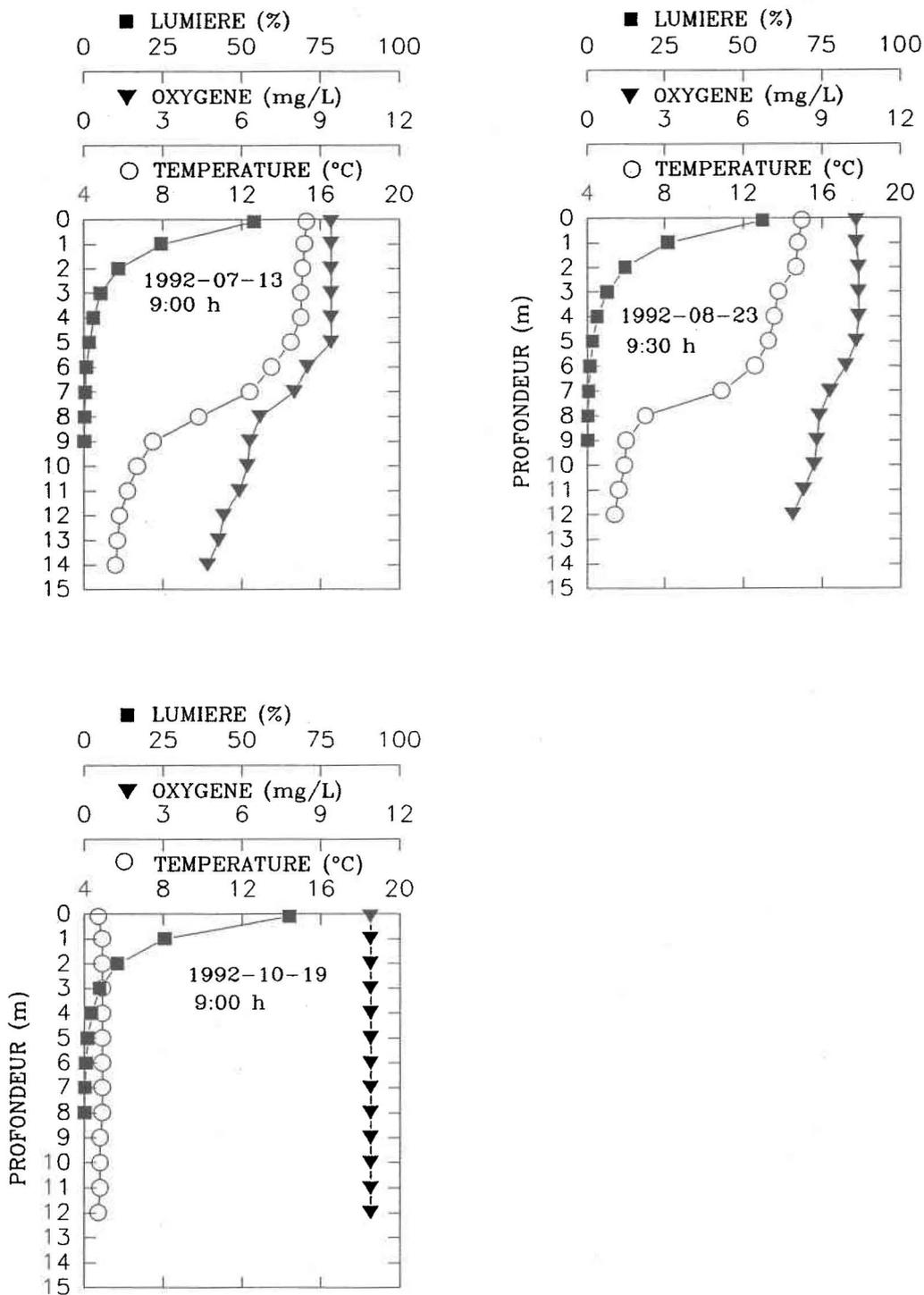


Figure I-4. Lac Belle-Fontaine

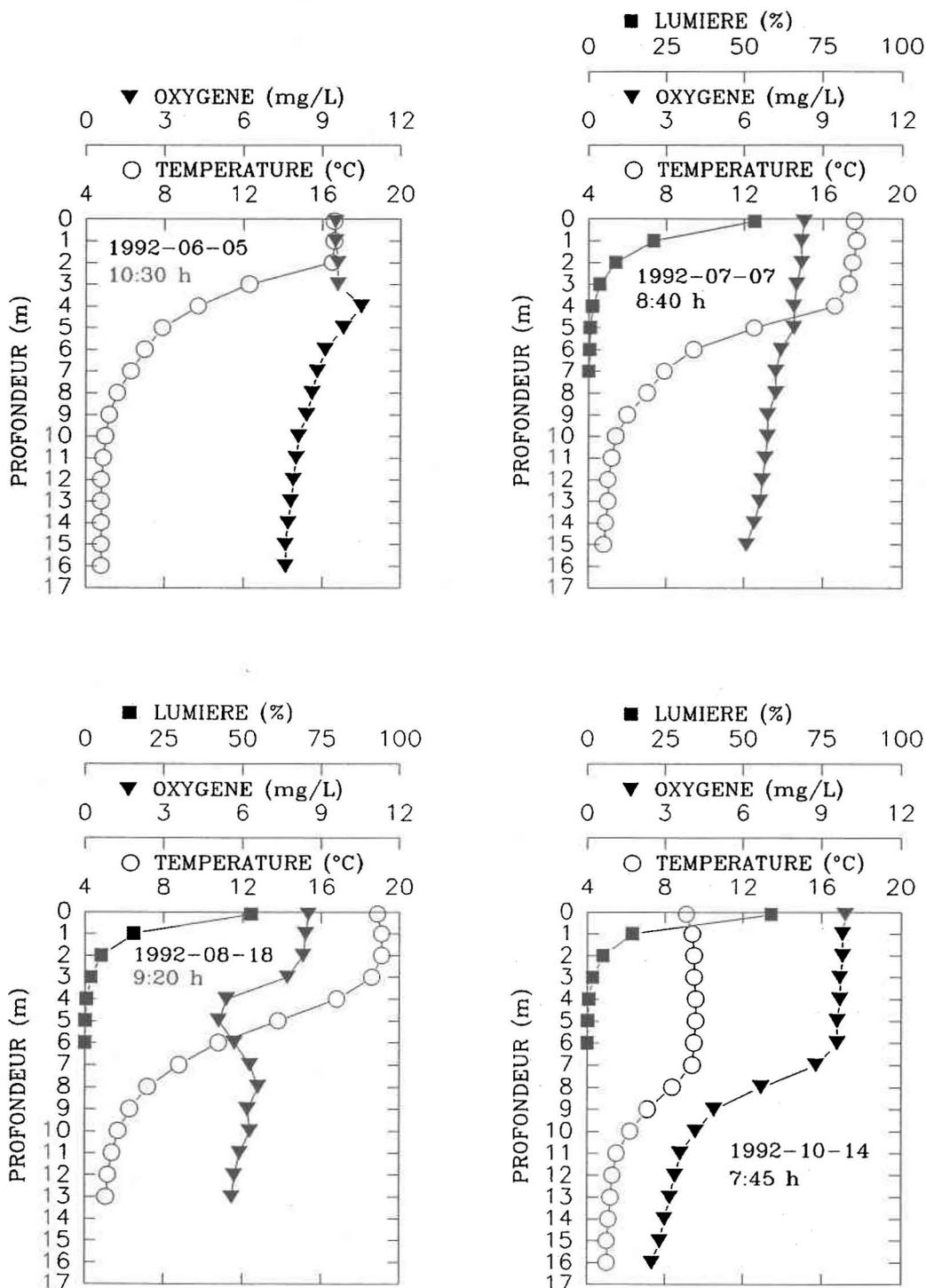


Figure I-5. Lac Casgrain

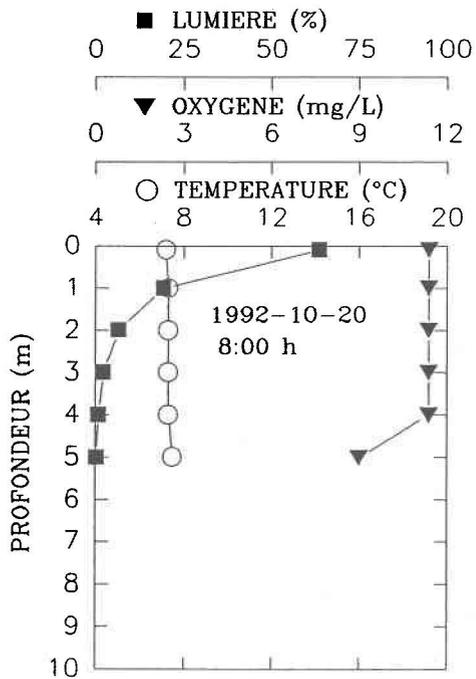
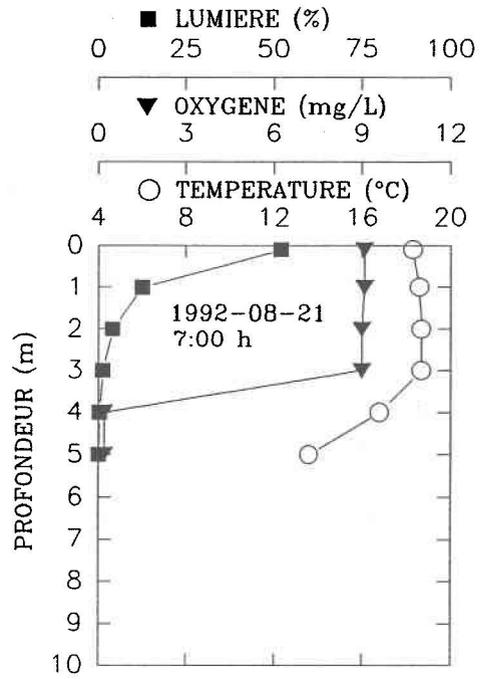
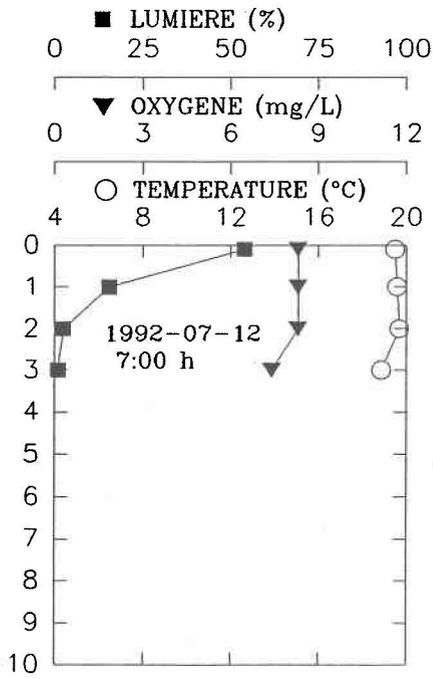


Figure I-6. Lac au Cèdre

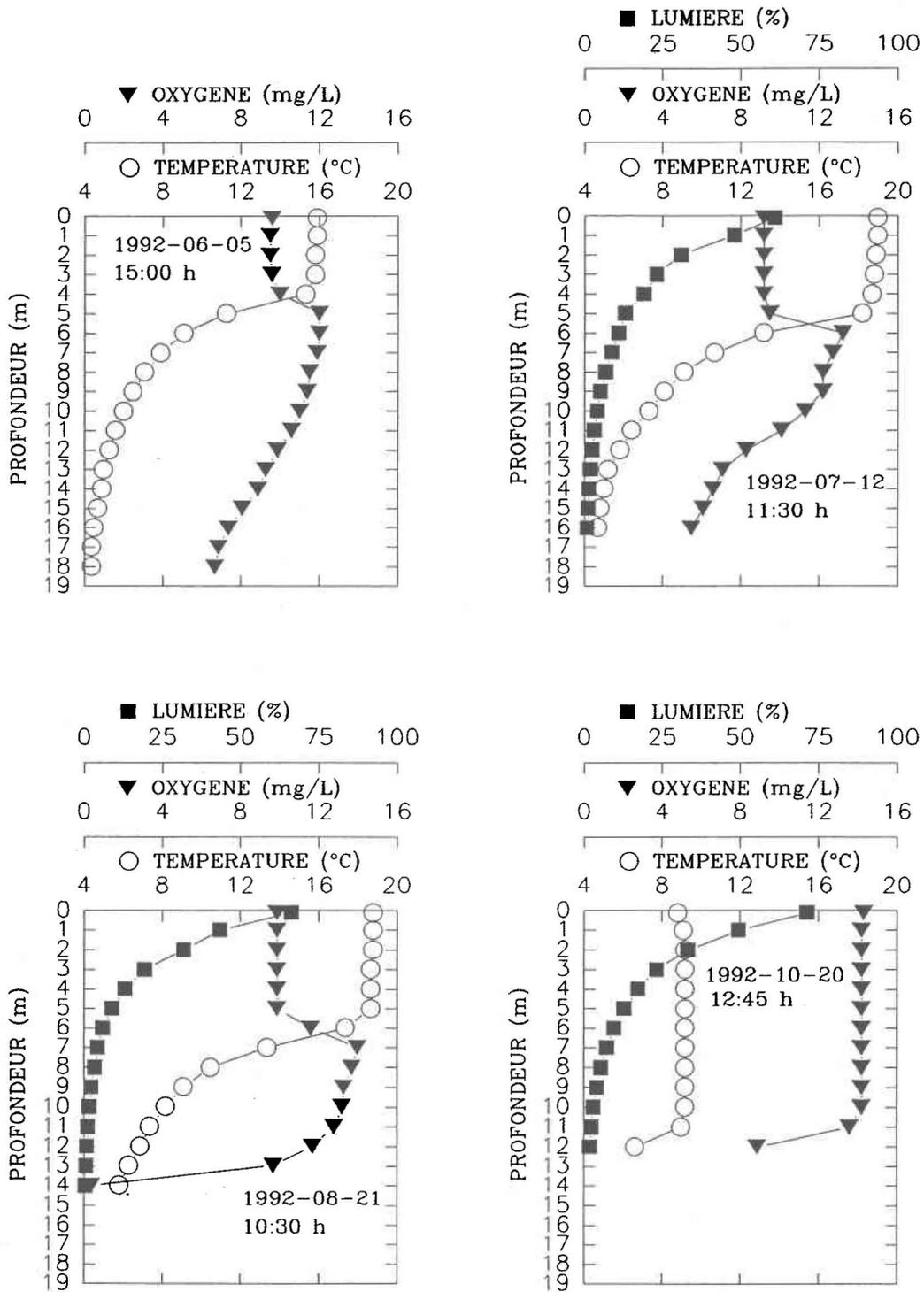


Figure I-7. Lac Clair

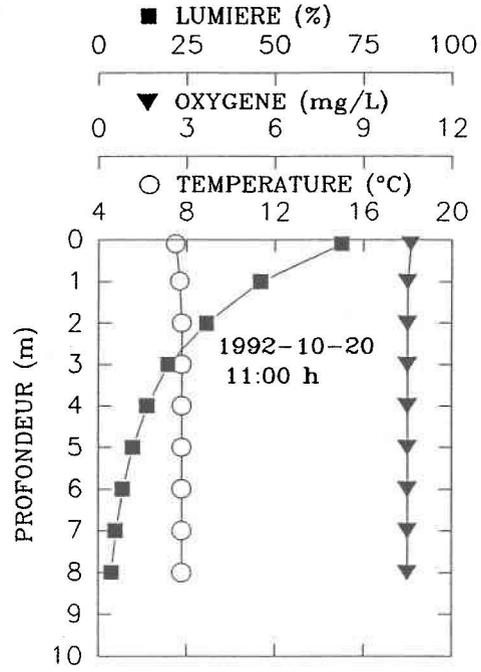
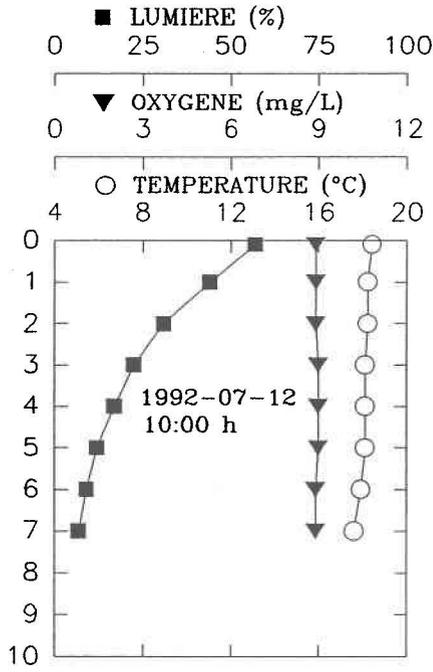


Figure I-8. Lac de Claire

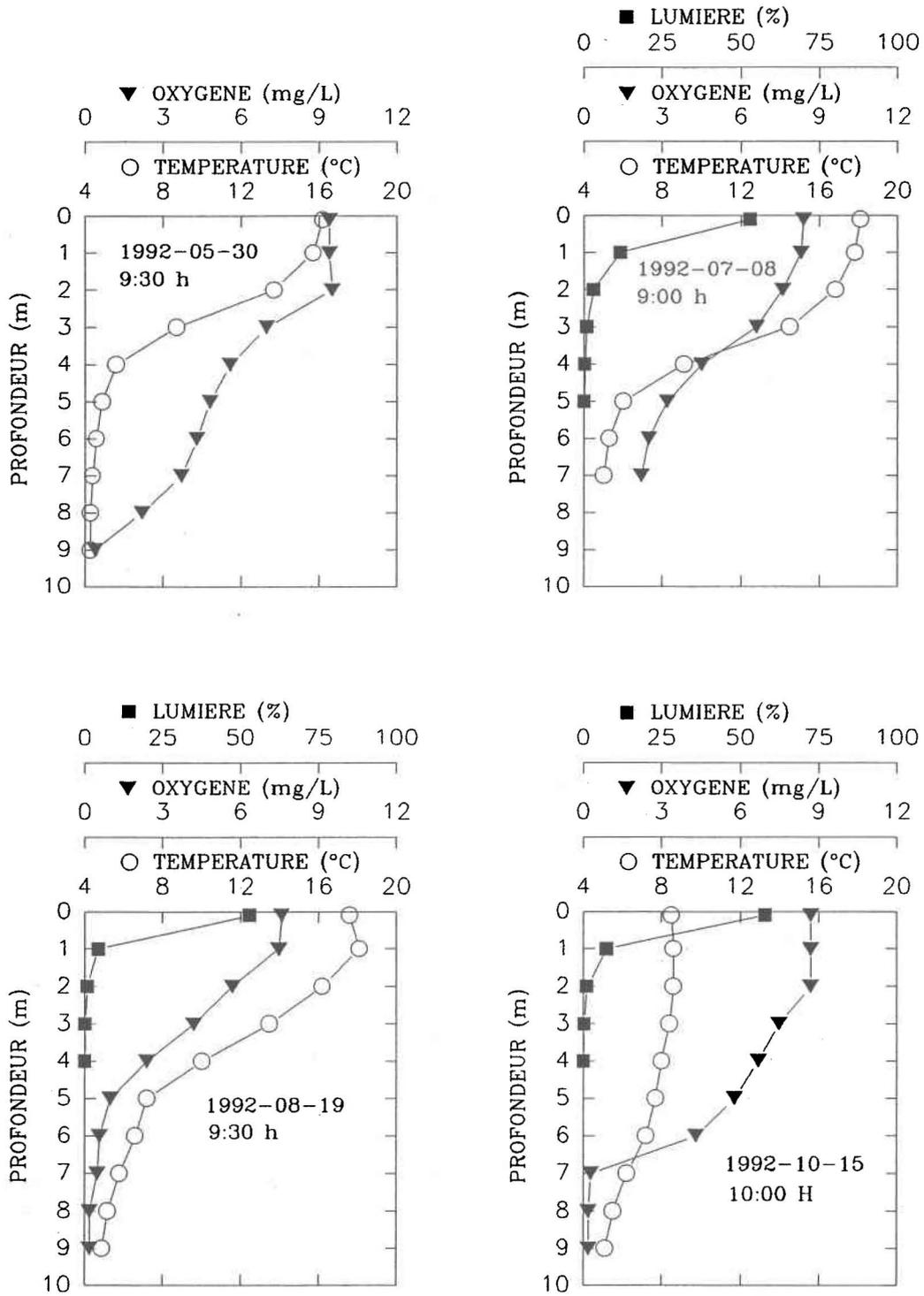


Figure I-9. Lac au Cochon

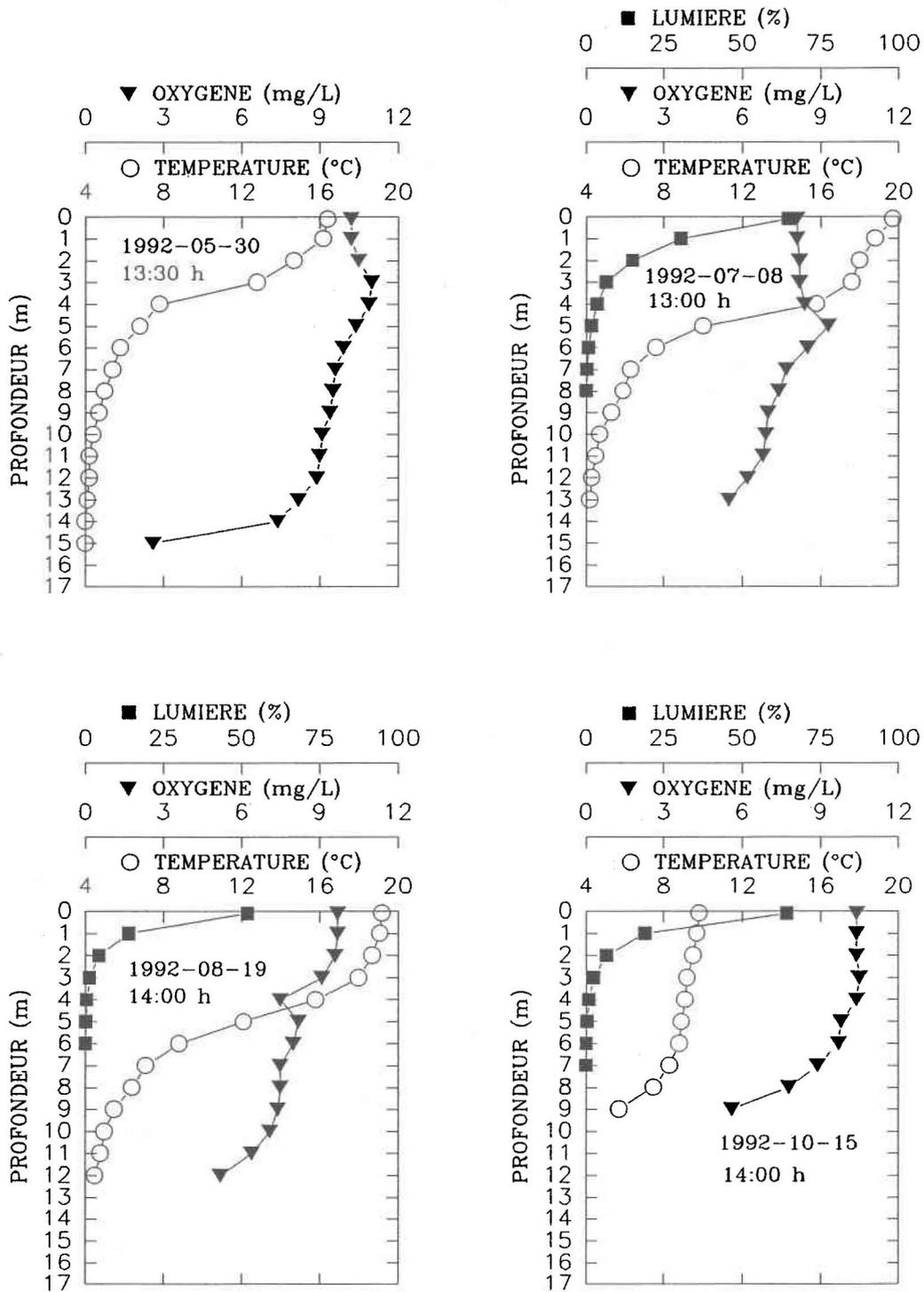


Figure I-10. Lac du Cordon

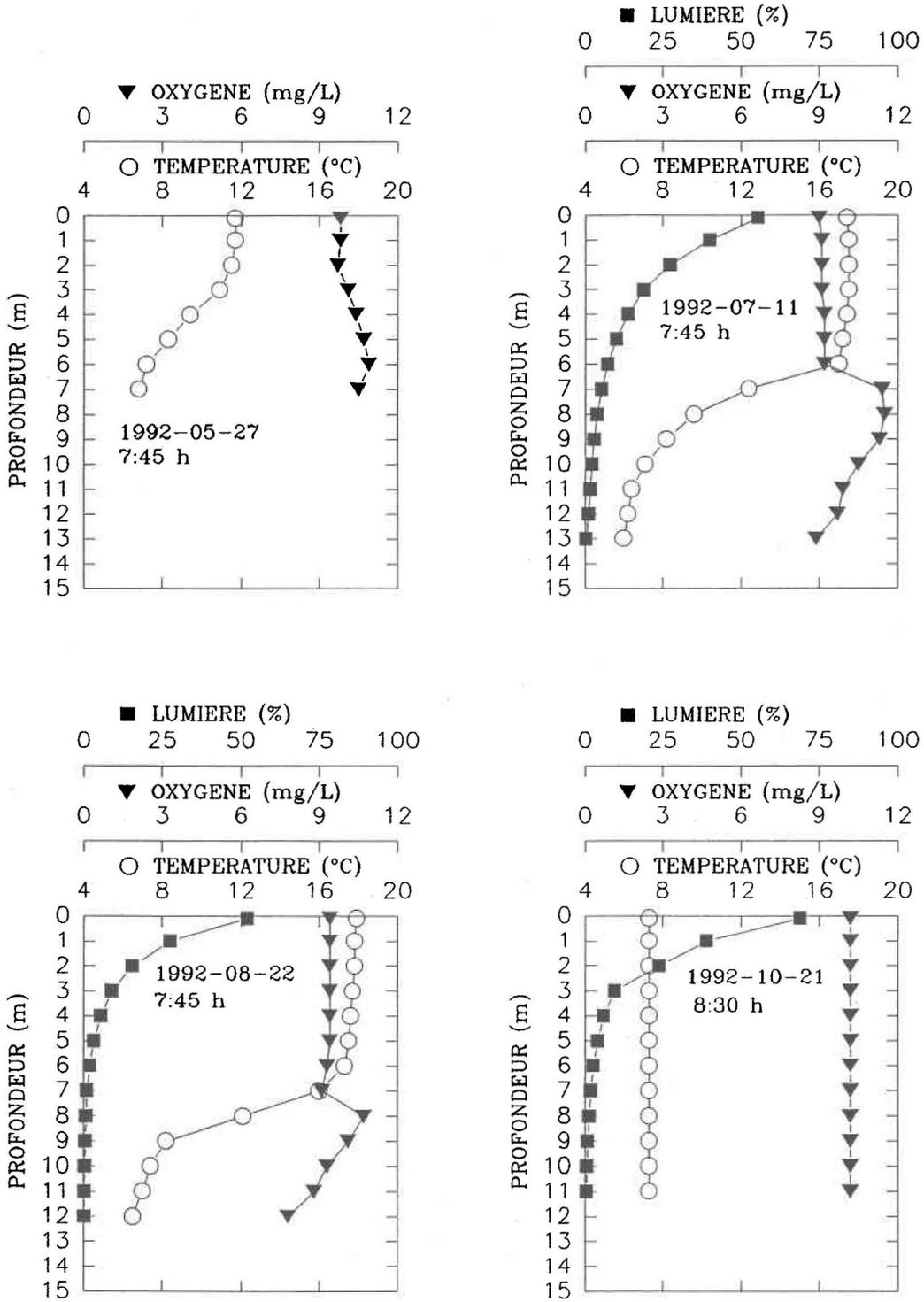


Figure I-11. Lac petit Delaney

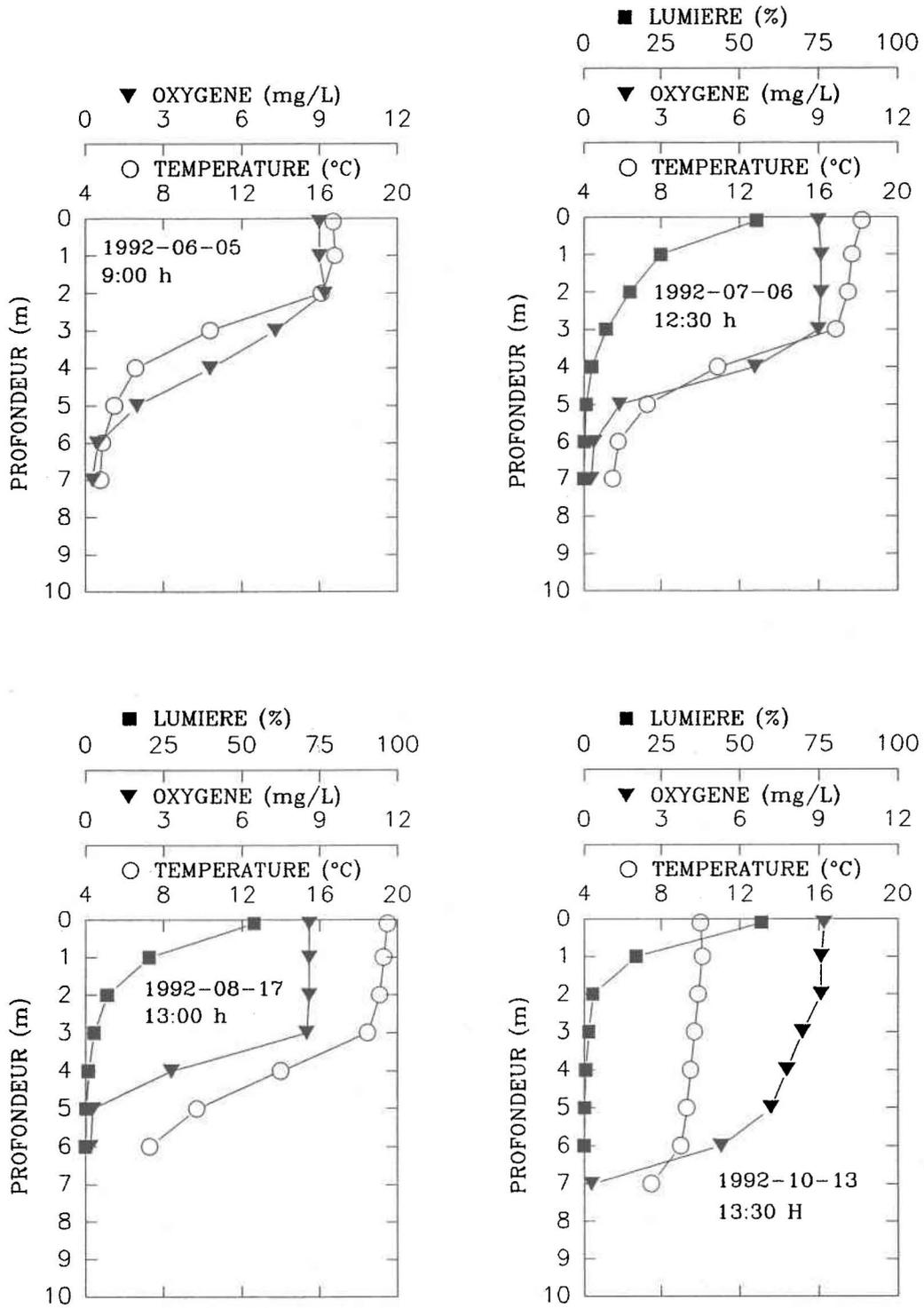


Figure I-12. Lac du Doue

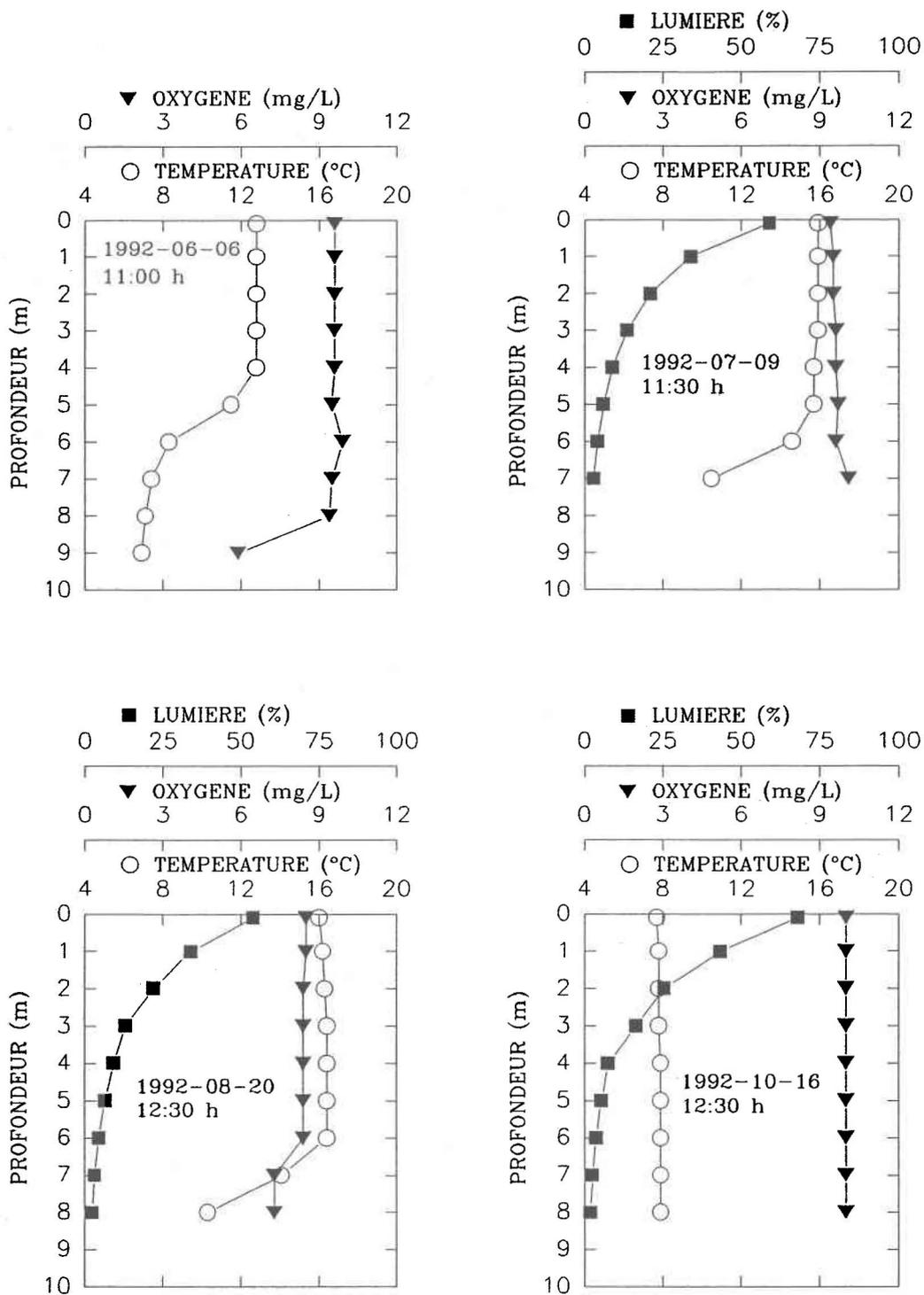


Figure I-13. Lac Forget

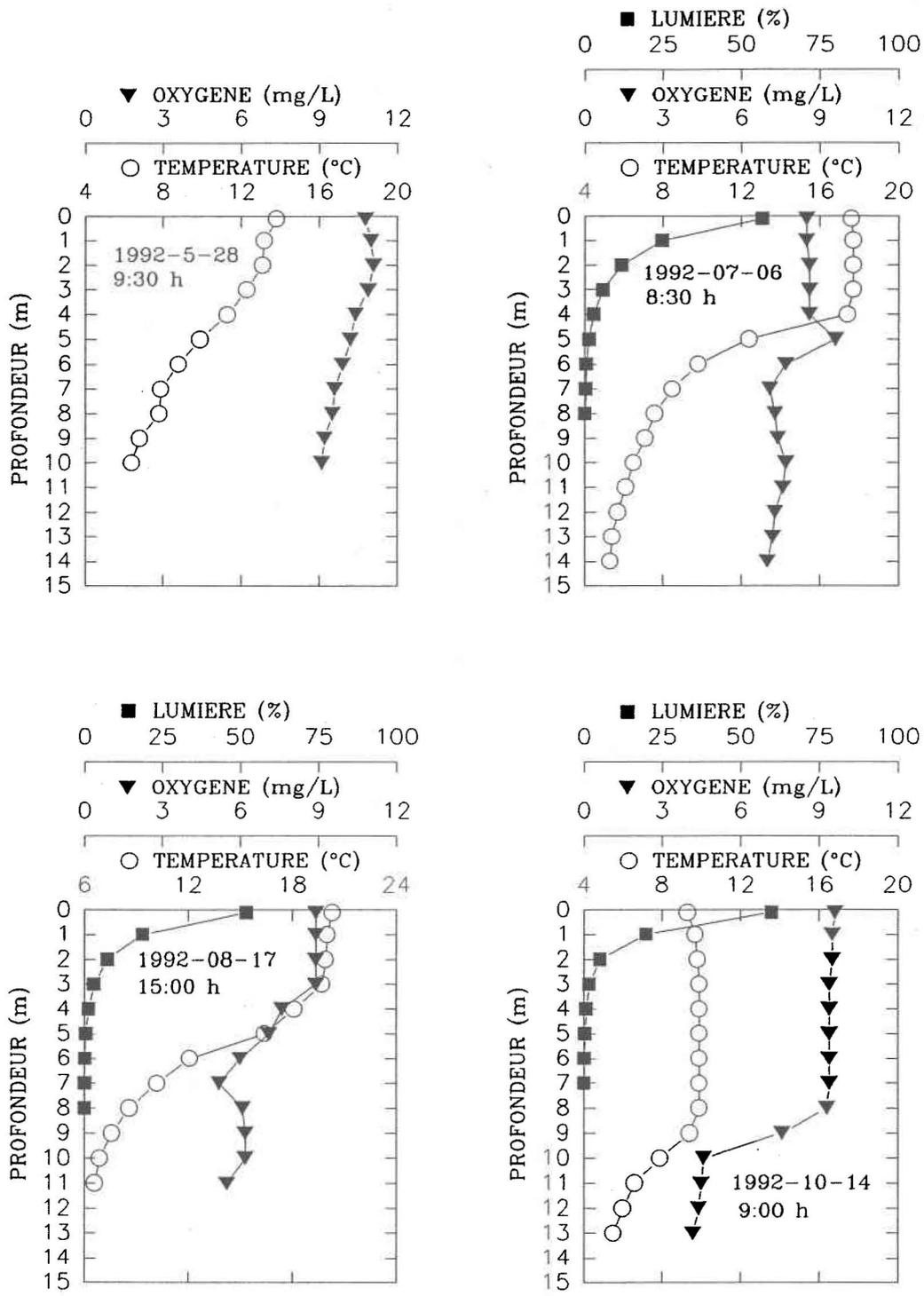


Figure I-14. Lac Gérald

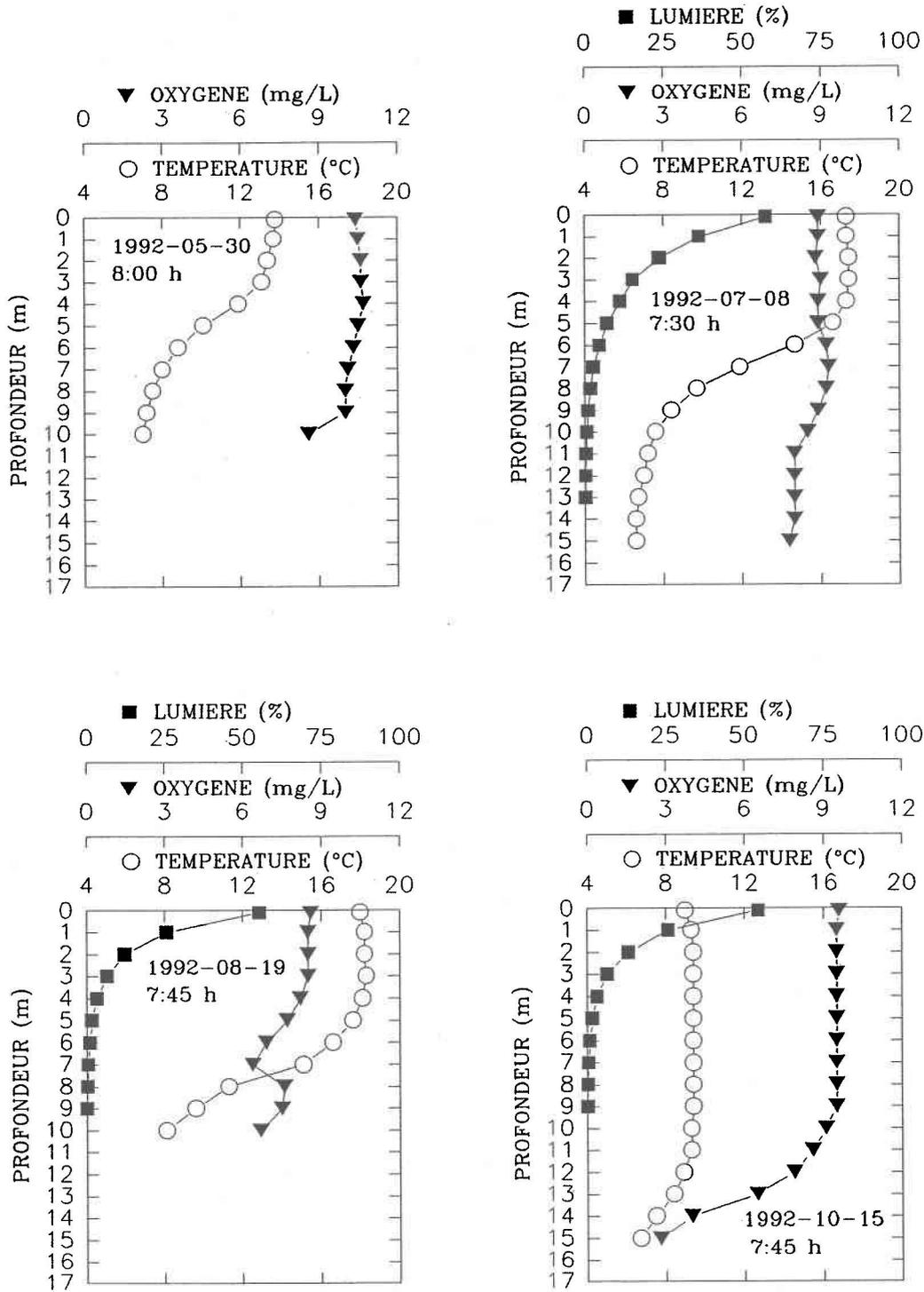


Figure I-15. Lac de la Hauteur

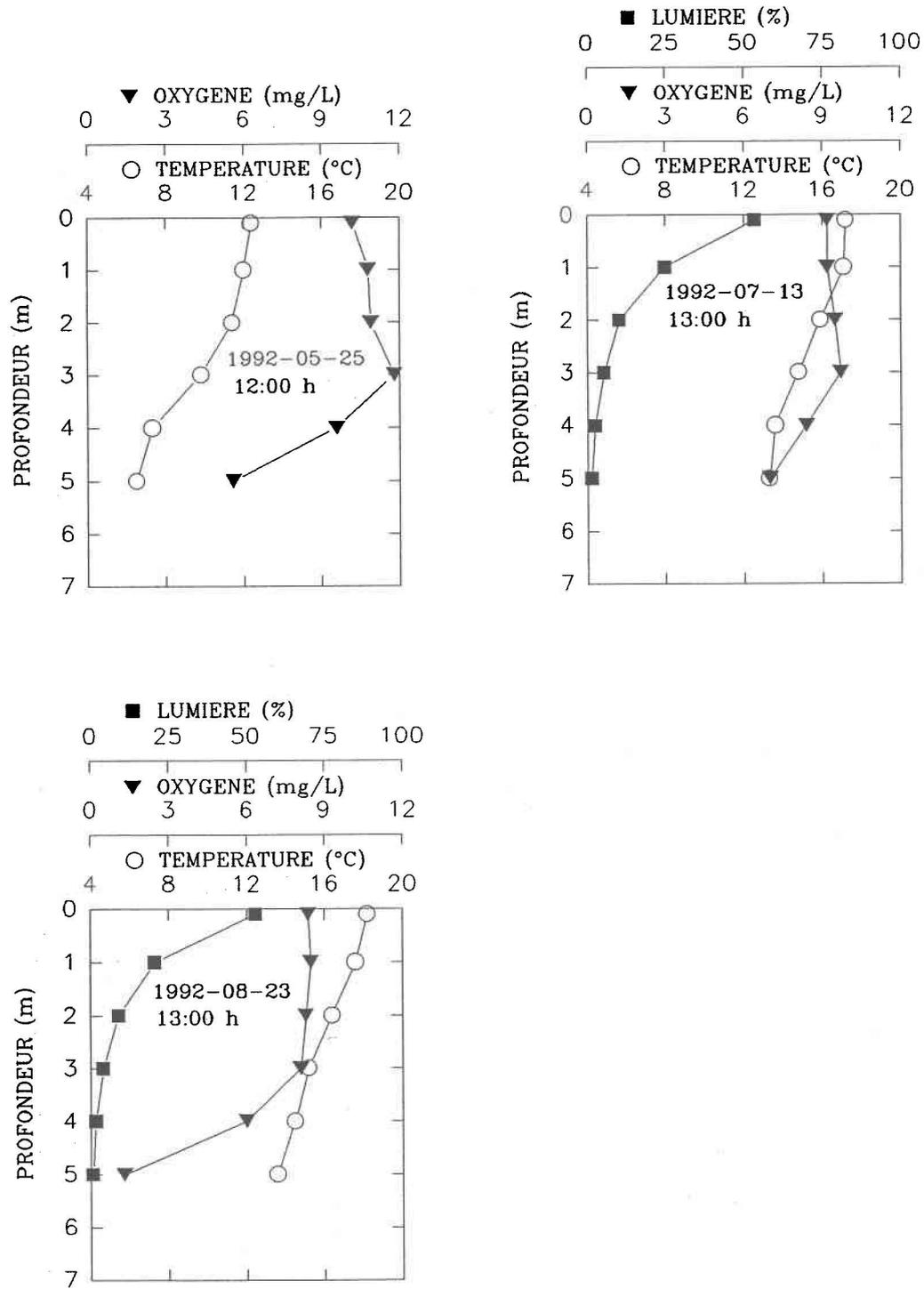


Figure I-16. Lac Laflamme

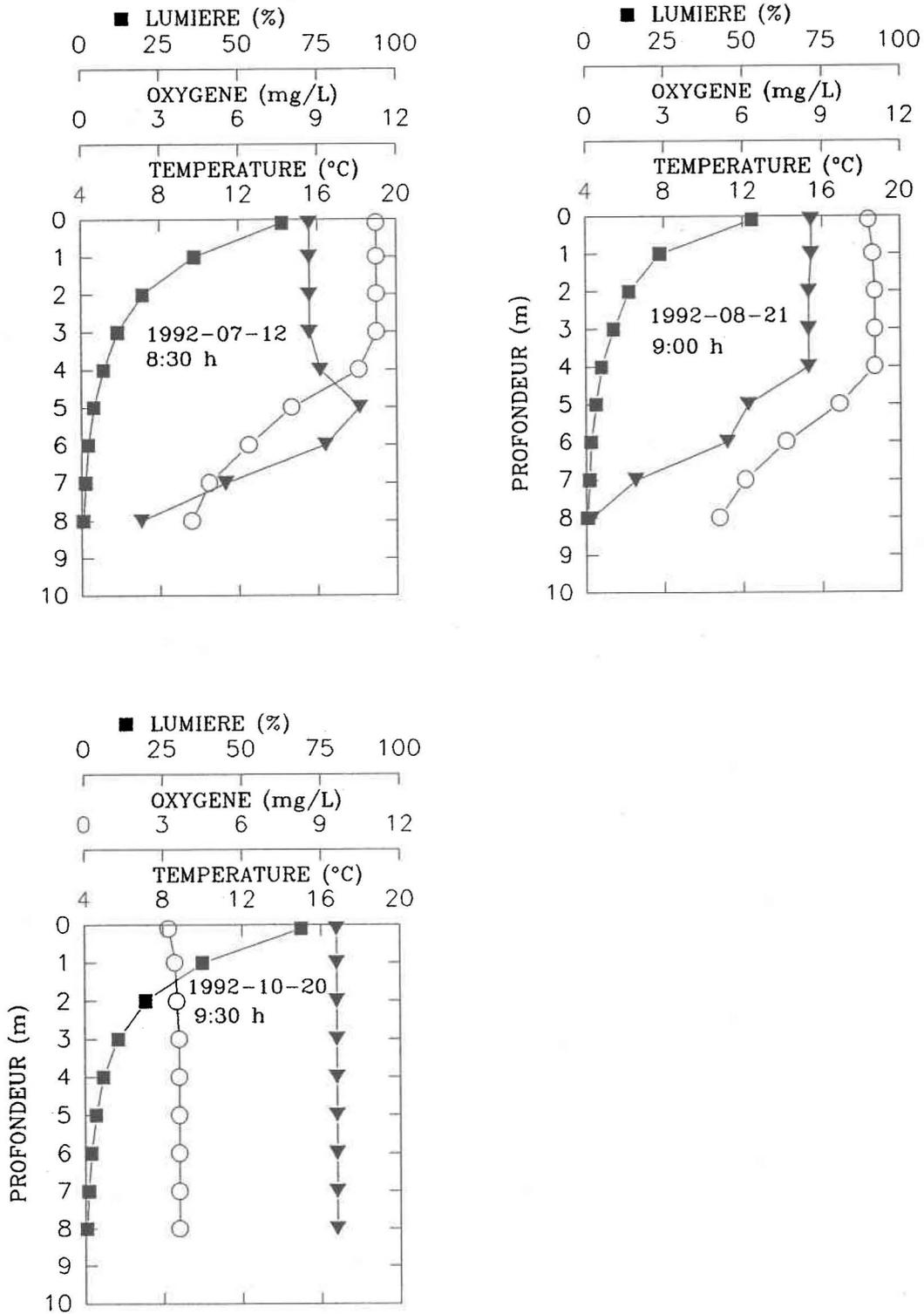


Figure I-17. Lac Maher

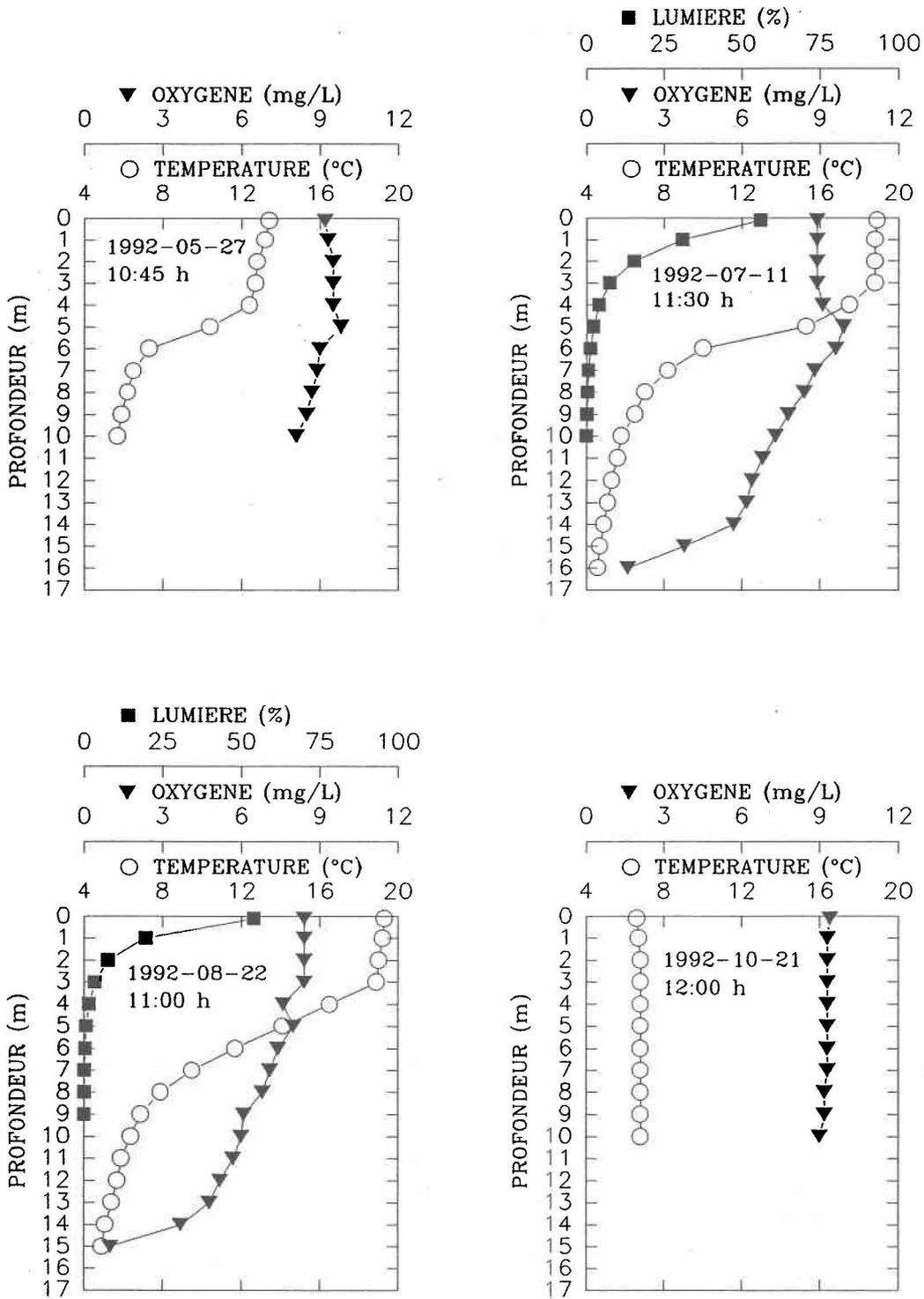


Figure I-18. Lac Masson

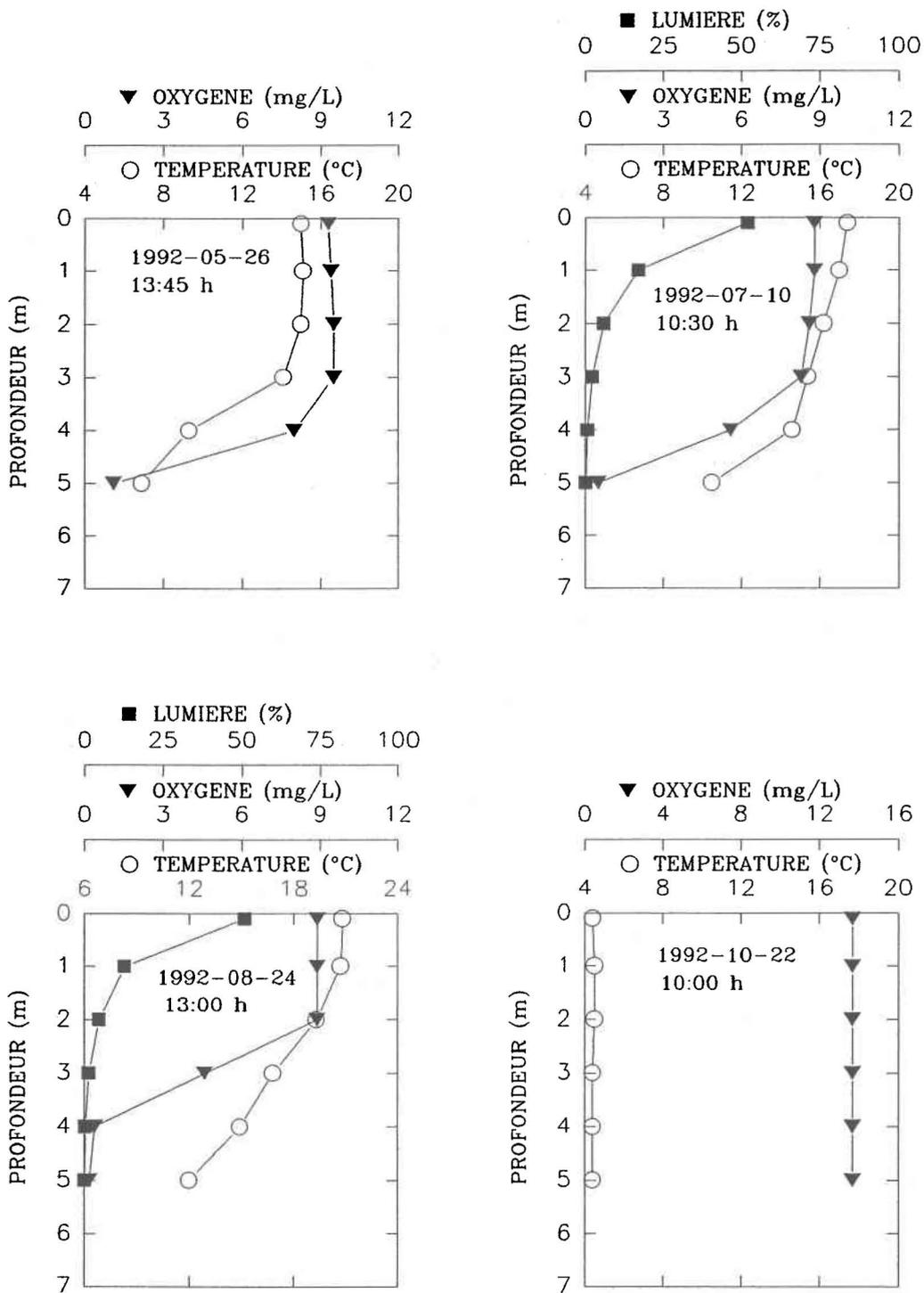


Figure I-19. Lac Michel

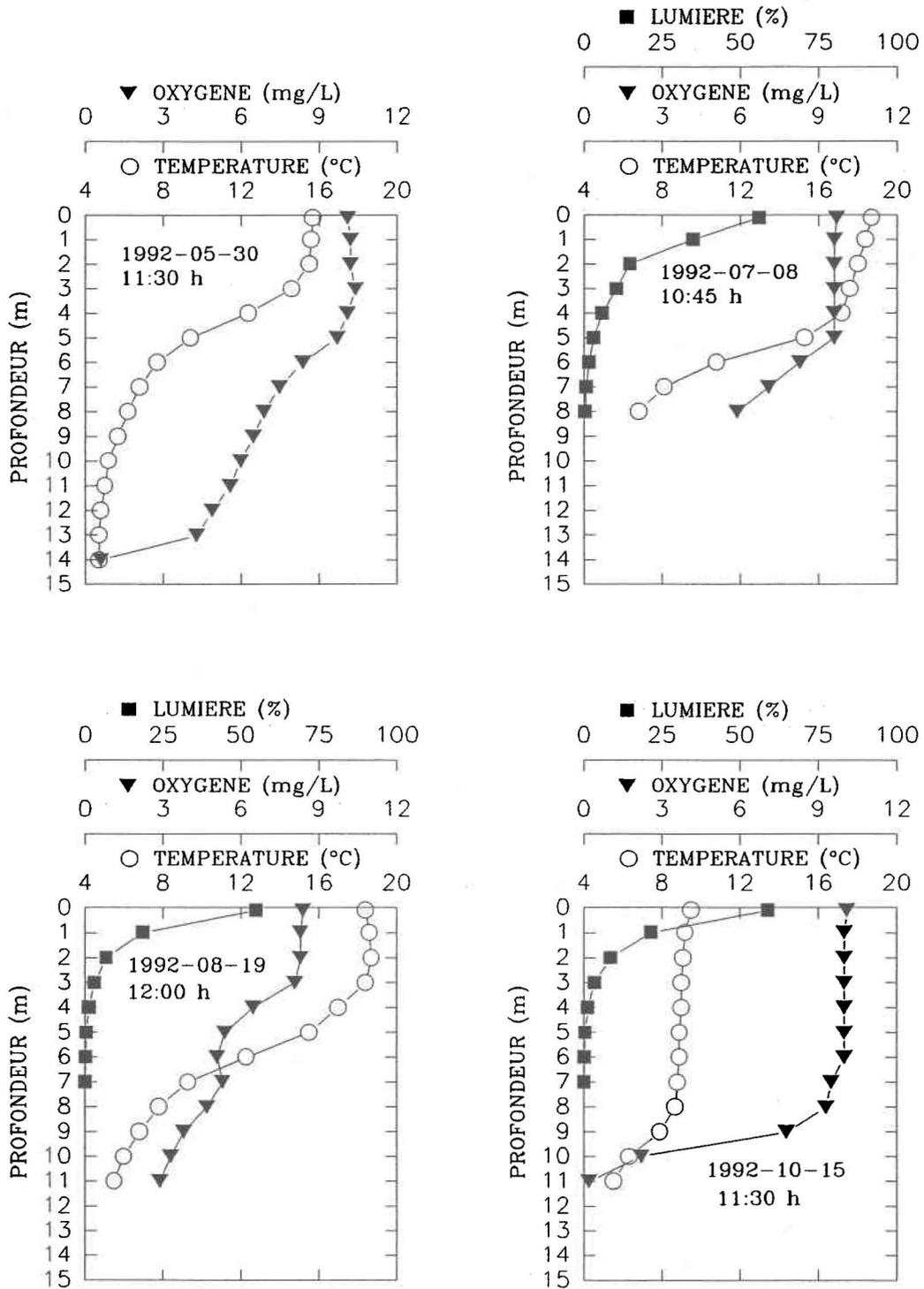


Figure I-20. Lac Pussort

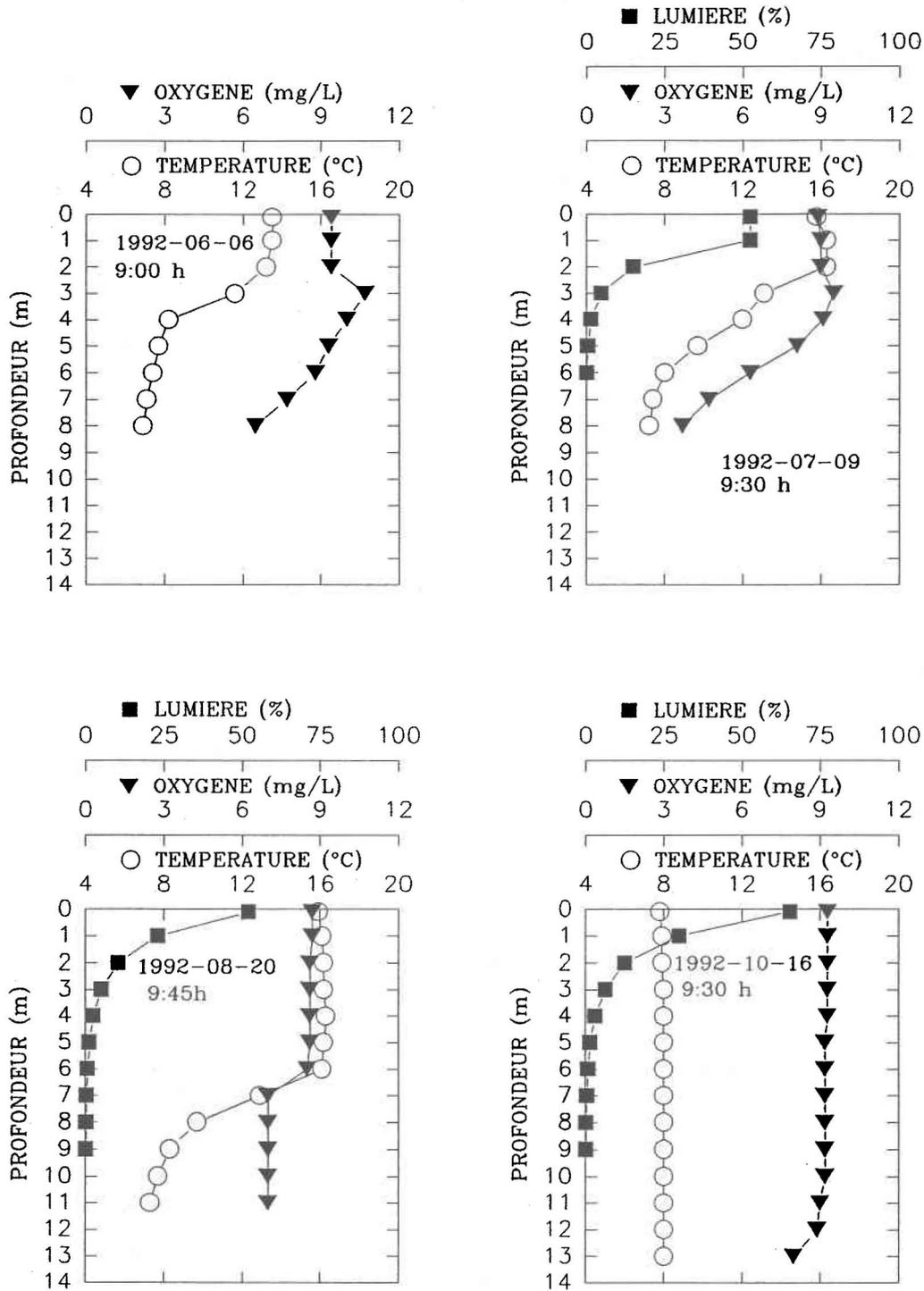


Figure I-21. Lac Richard

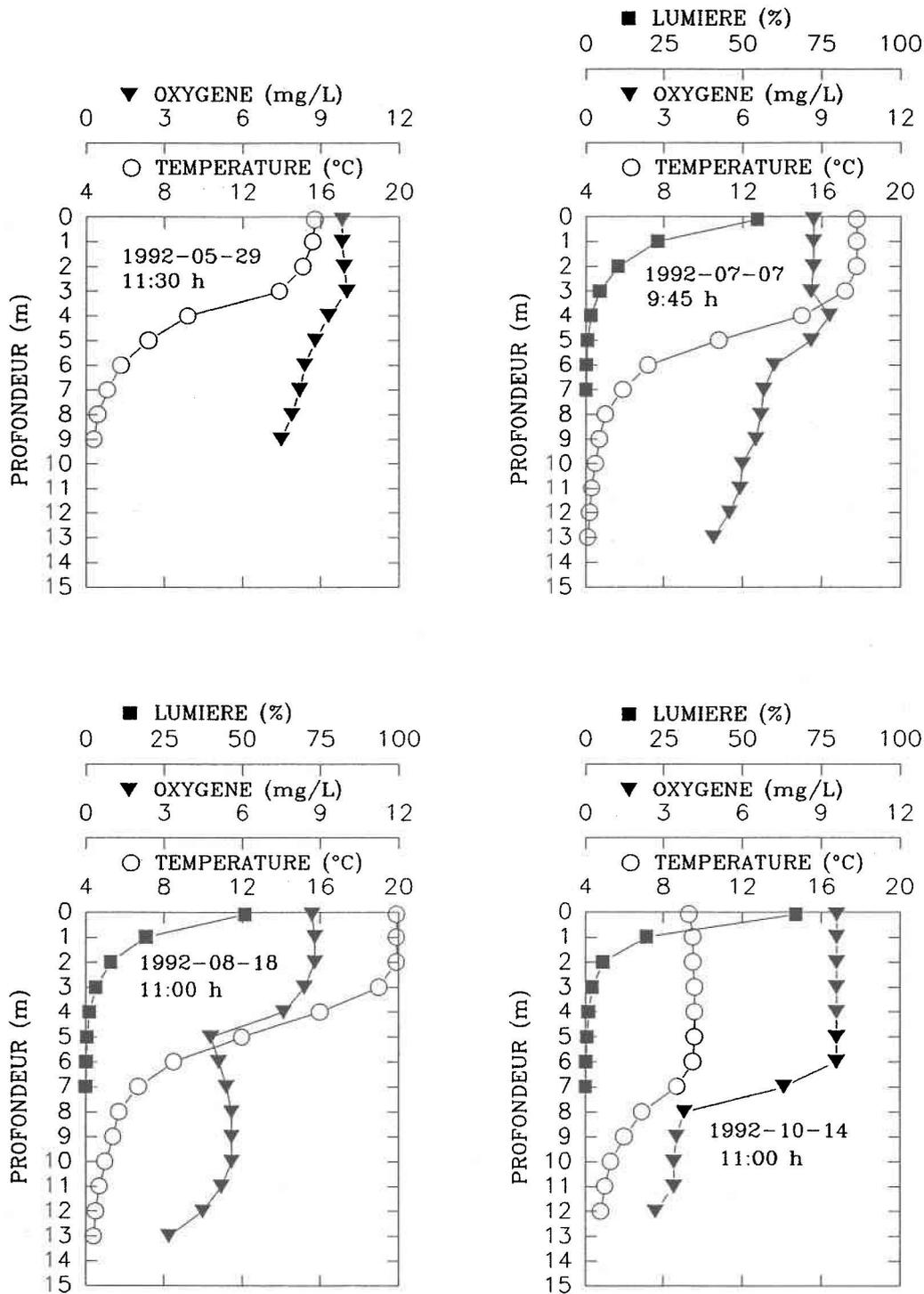


Figure I-22. Lac de la Rivière (RES)

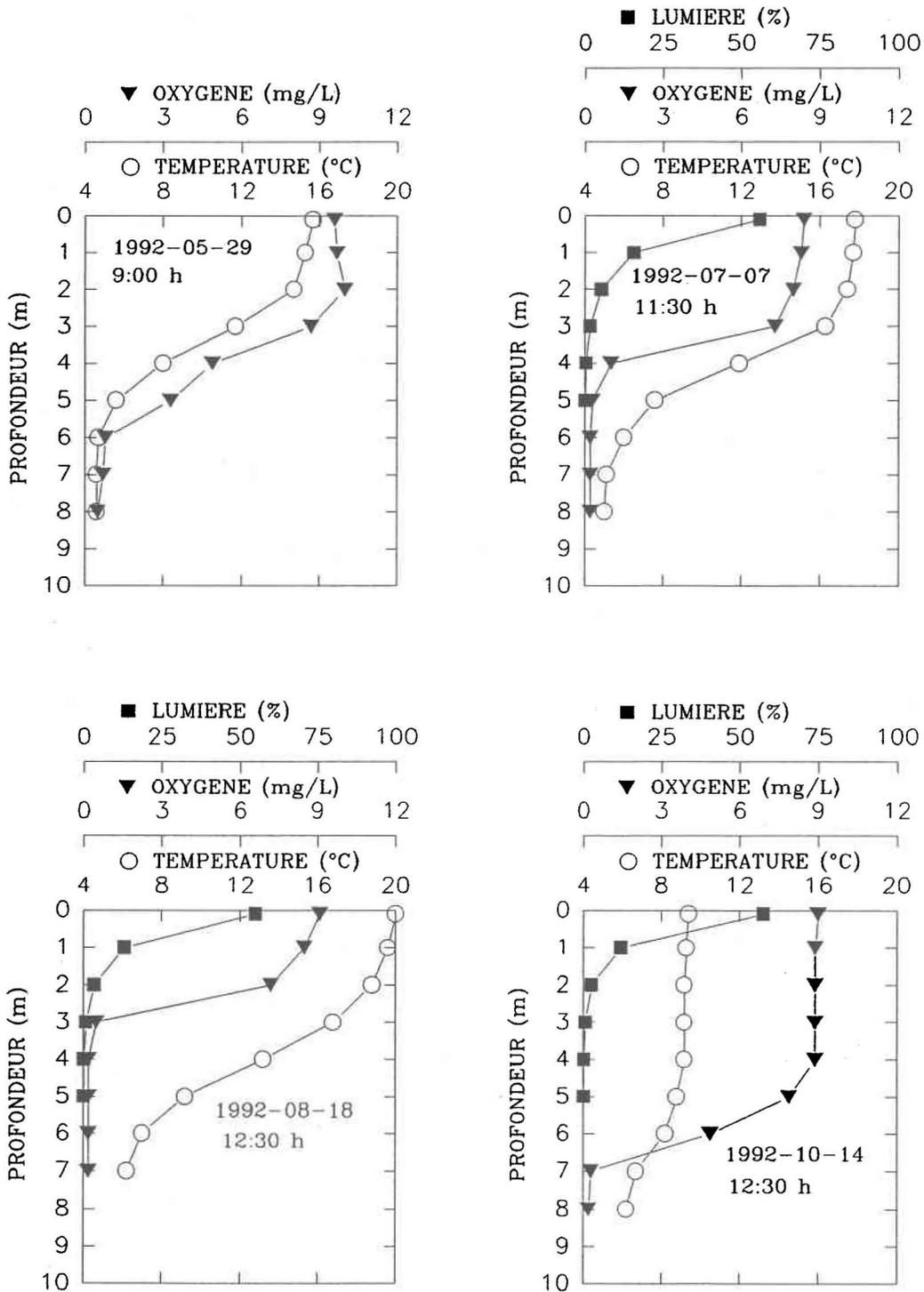


Figure I-23. Lac de la Rivière (ZEC)

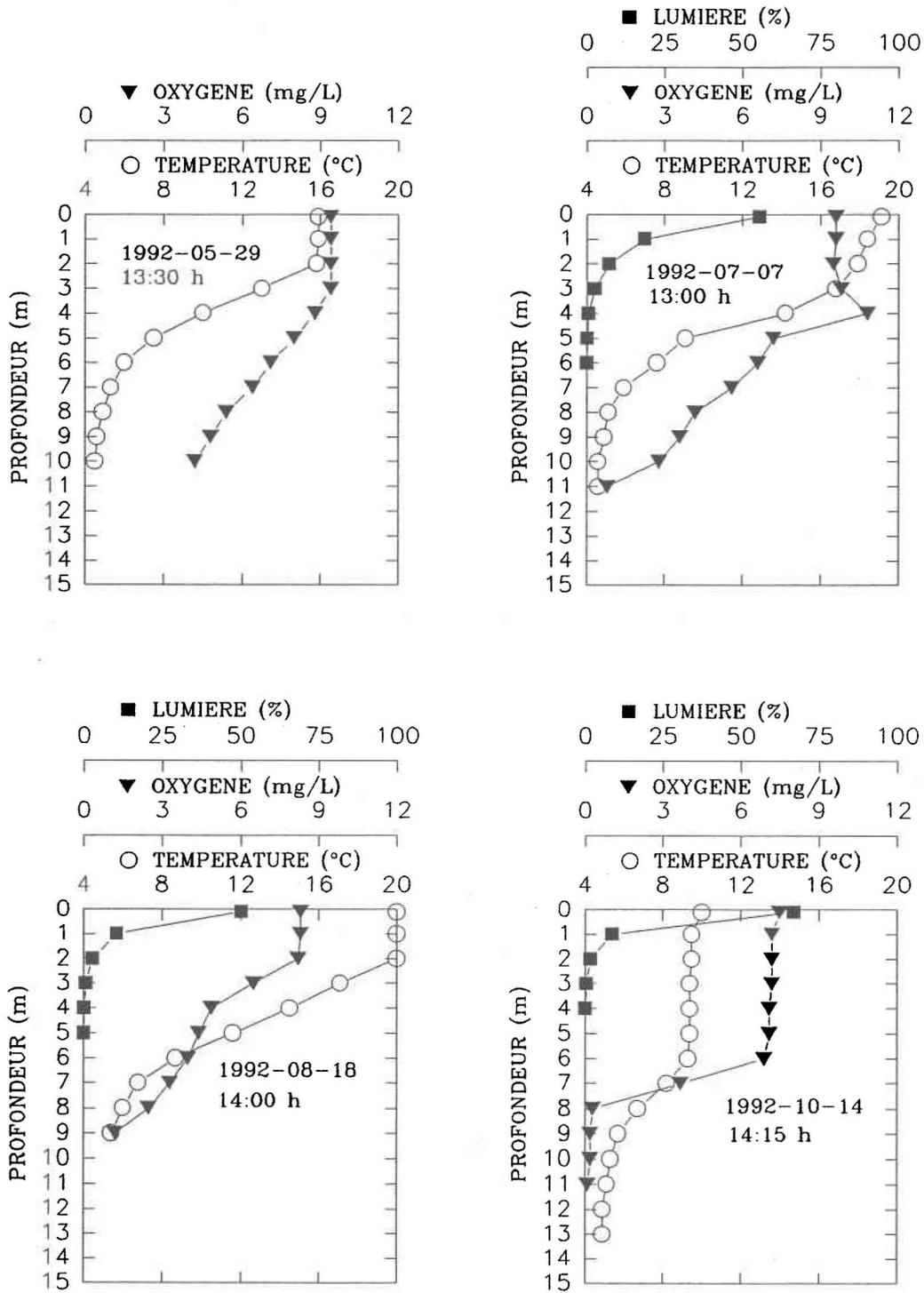


Figure I-24. Lac Samson

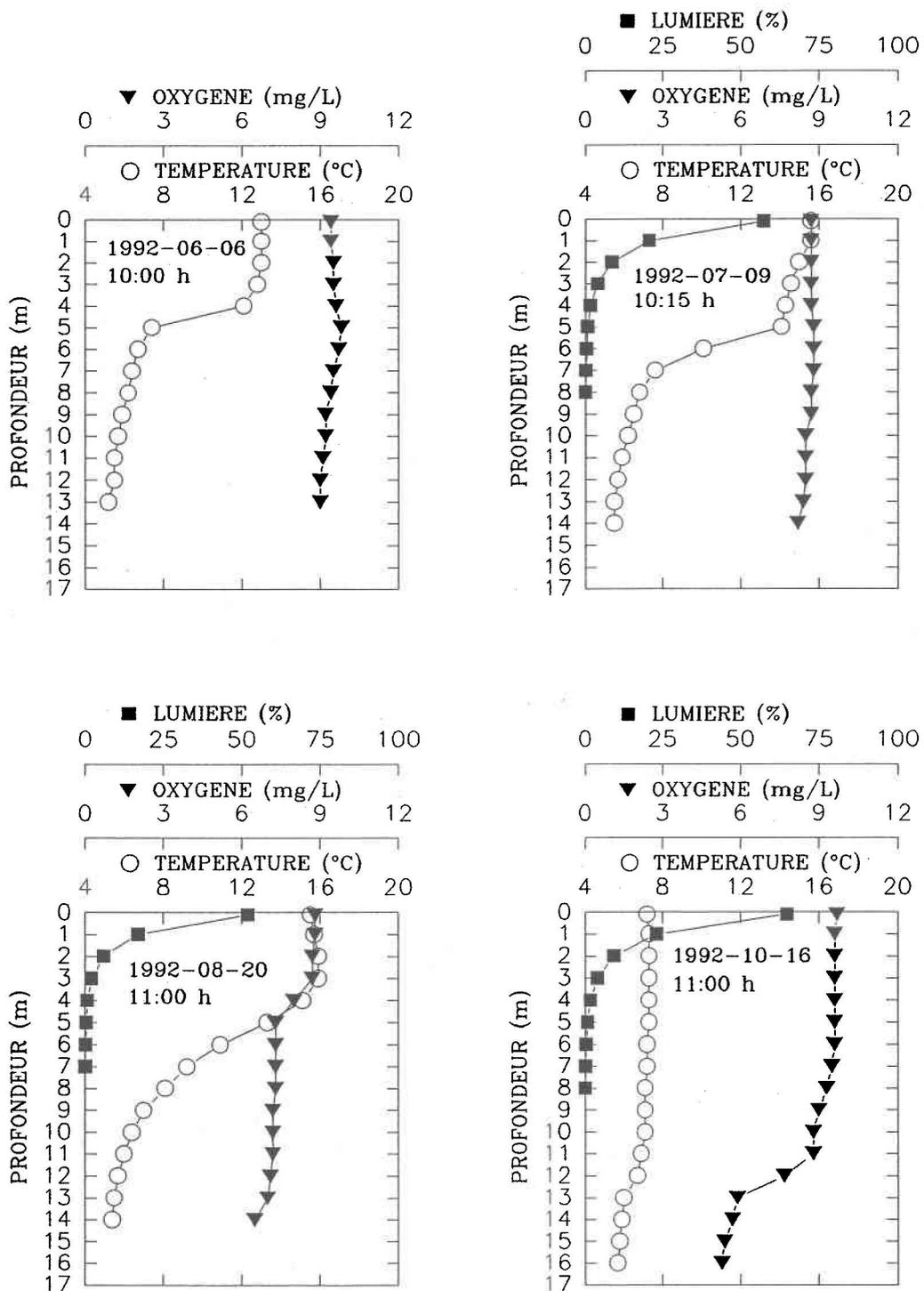


Figure I-25. Lac Sioux

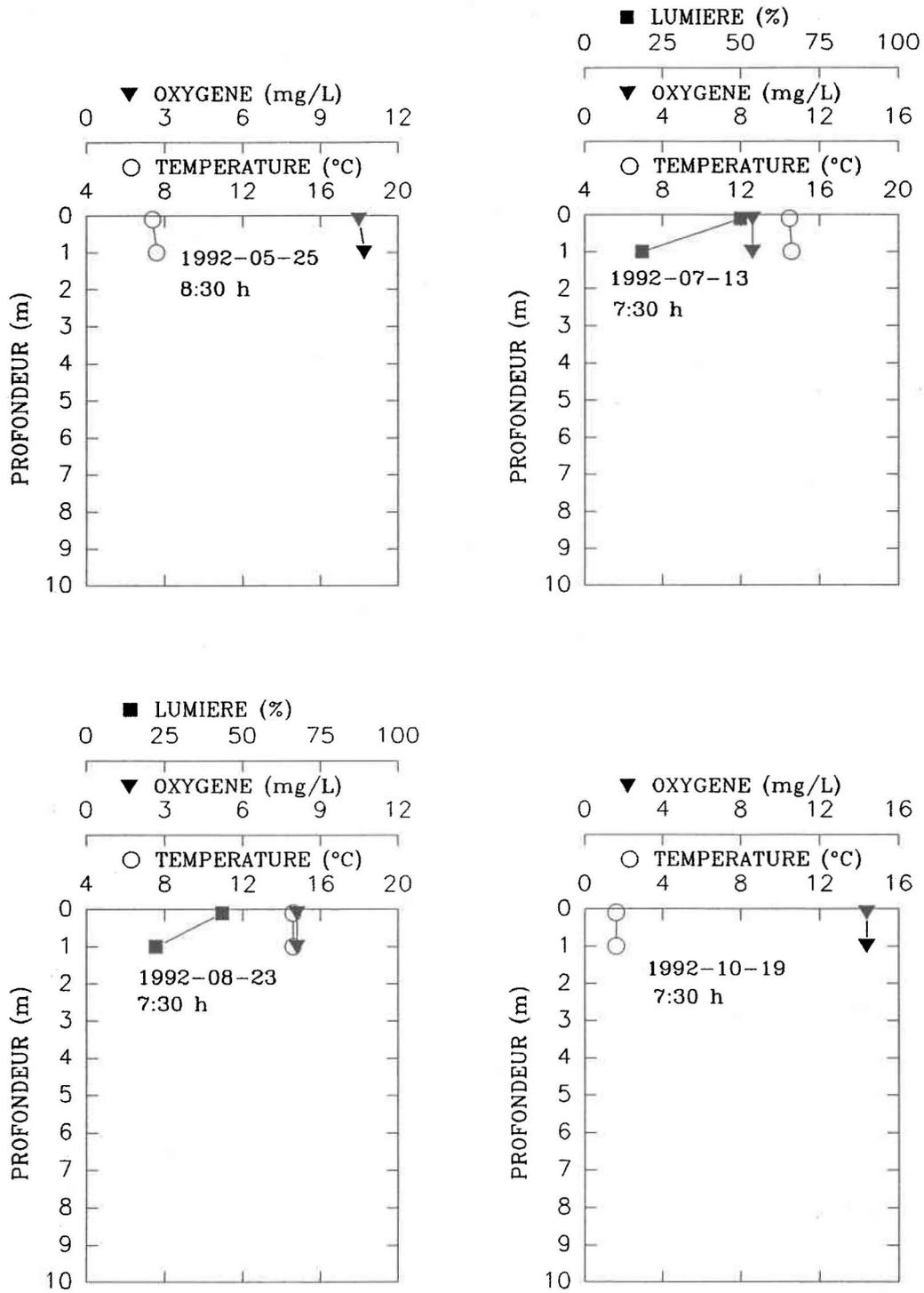


Figure I-26. Lac St-Jacques

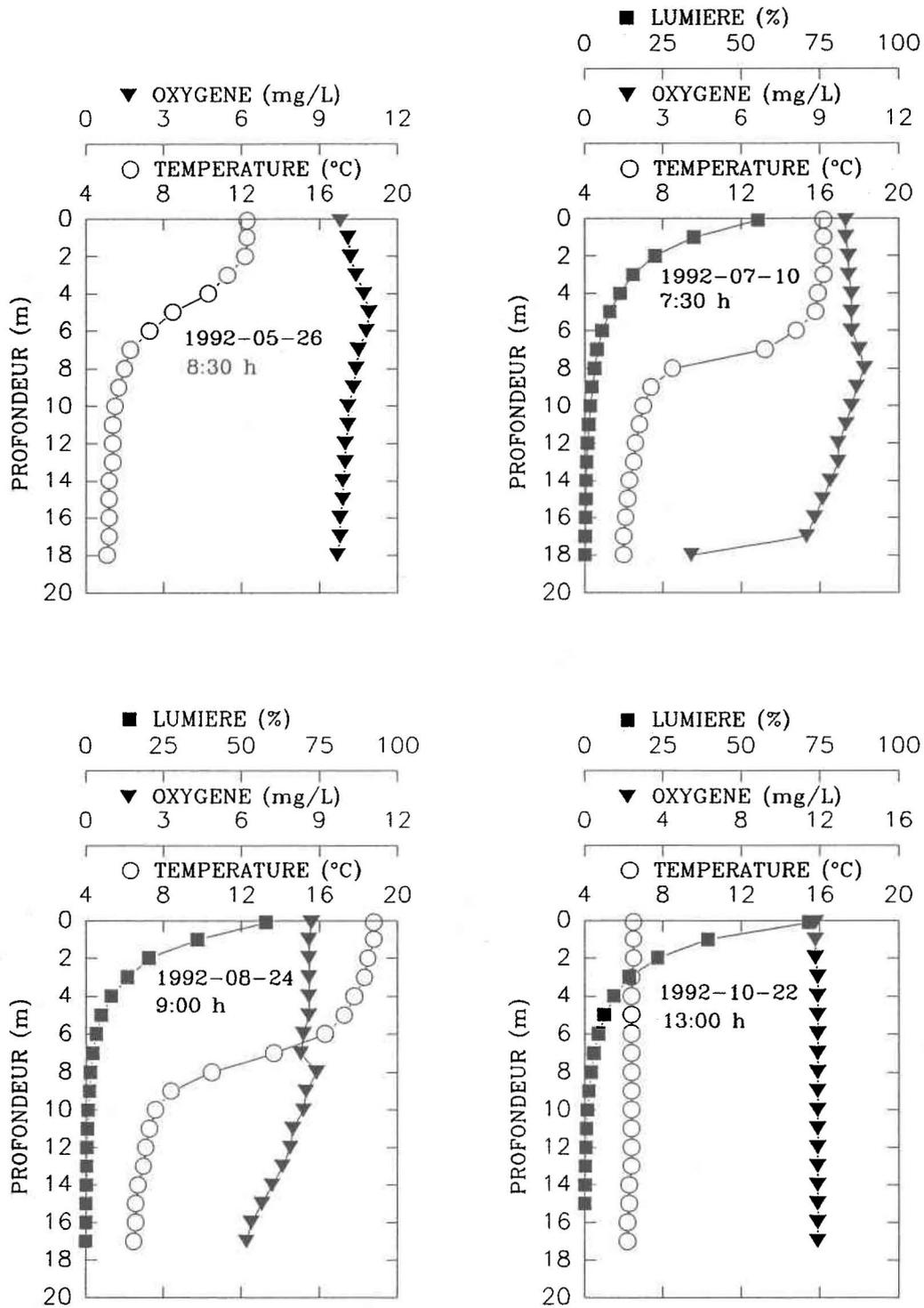


Figure I-27. Lac Tantaré

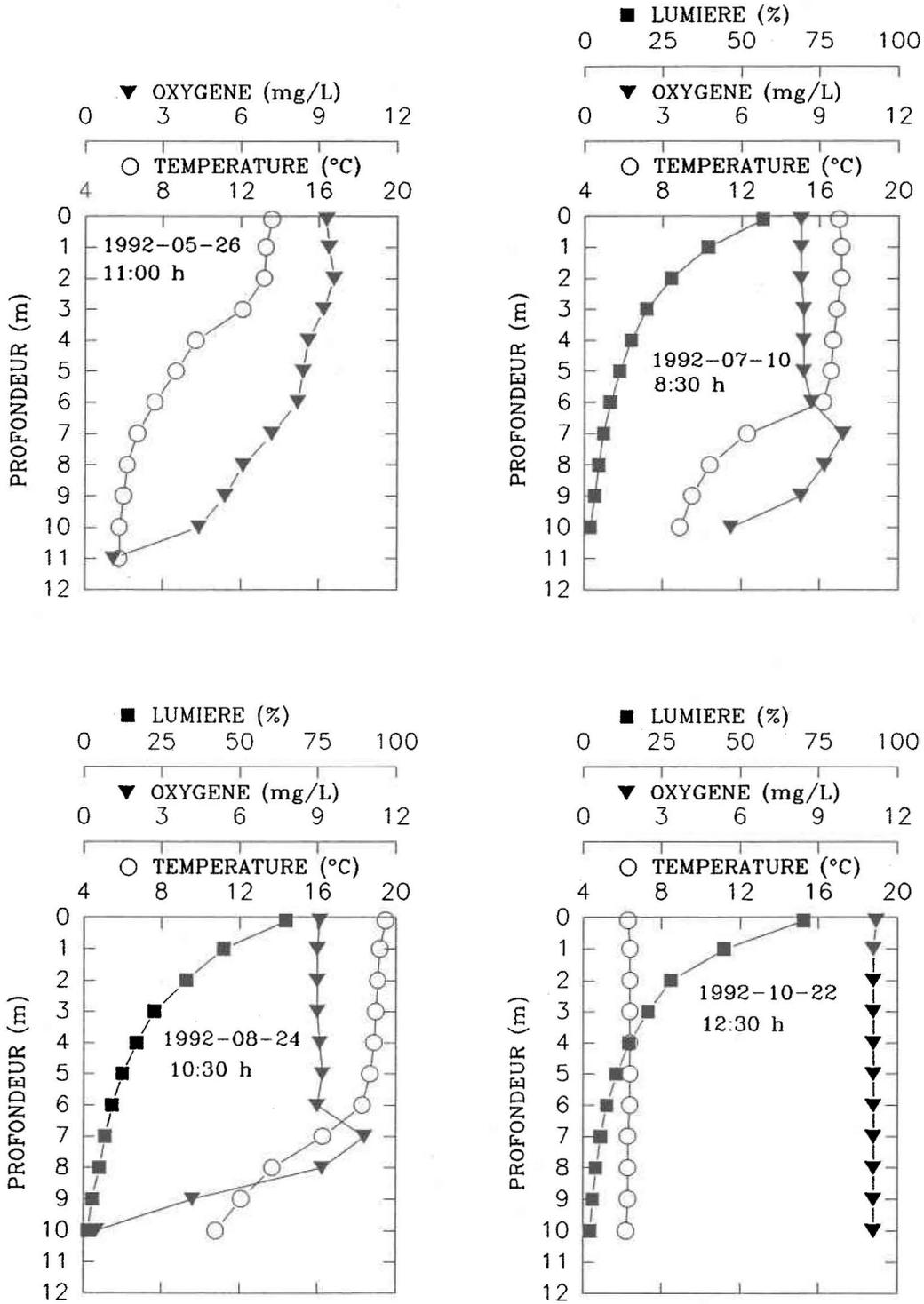


Figure I-28. Lac petit Tantaré

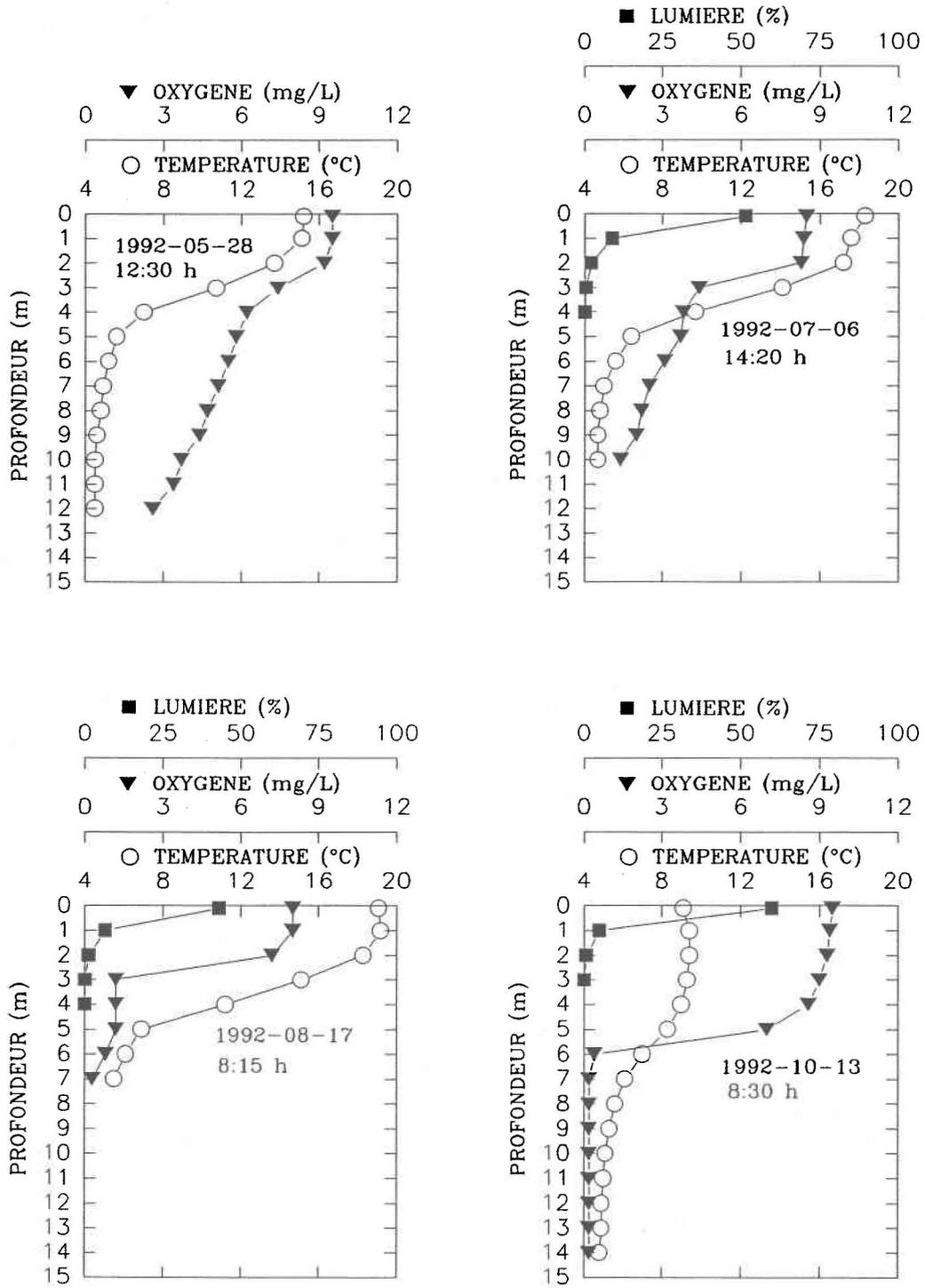


Figure I-29. Lac Tarbell

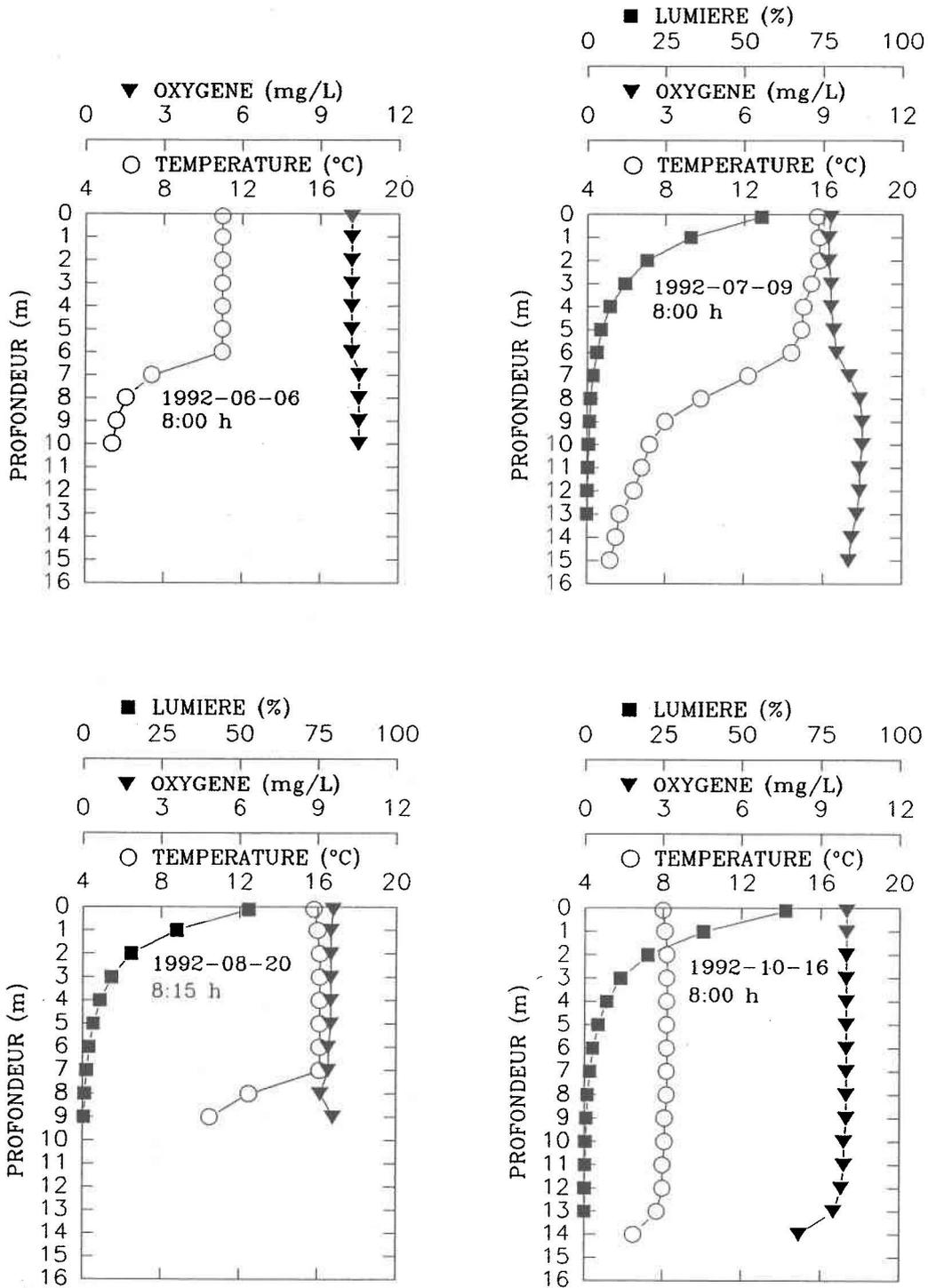


Figure I-30. Lac Tourilli

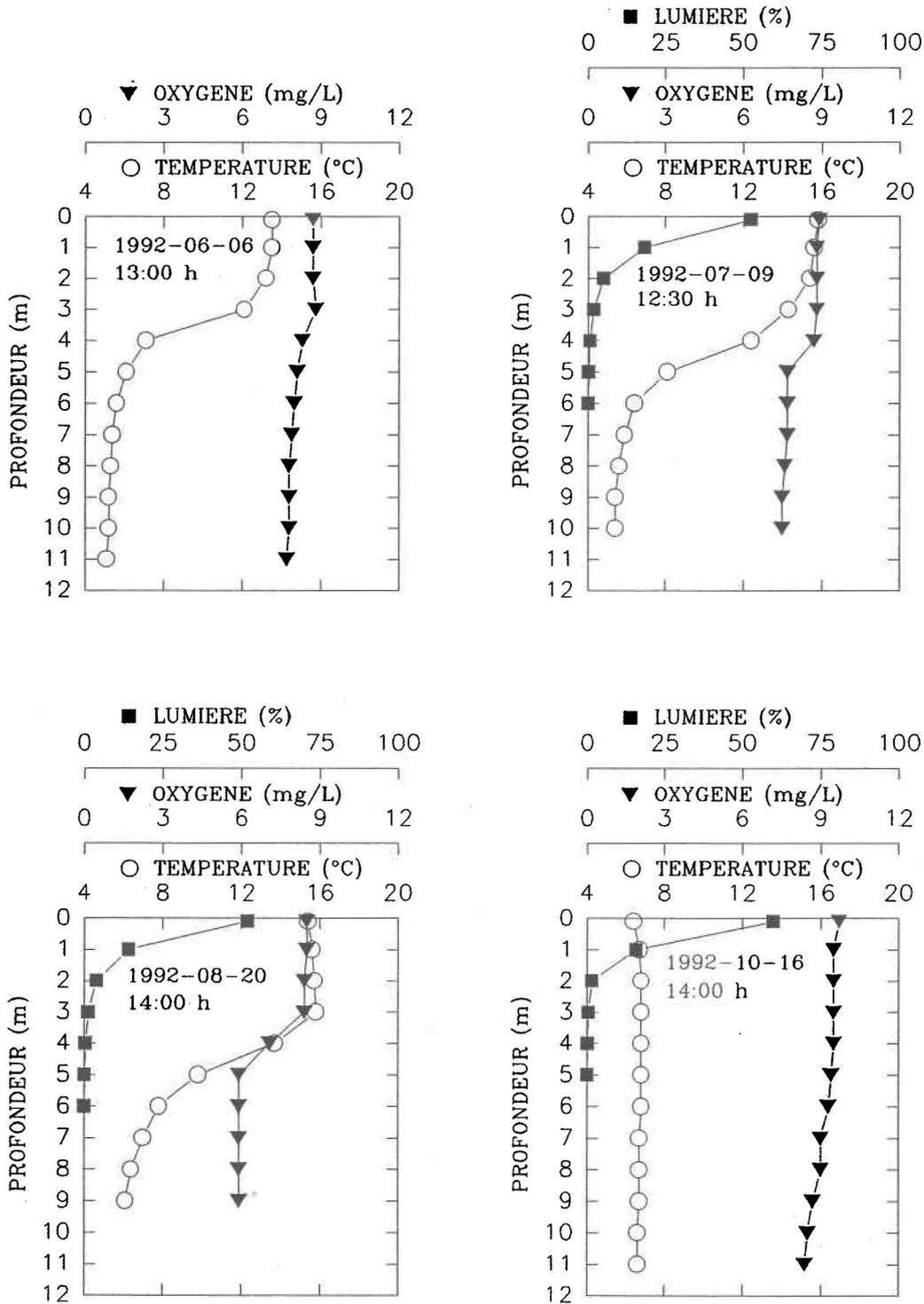


Figure I-31. Lac Trépanier

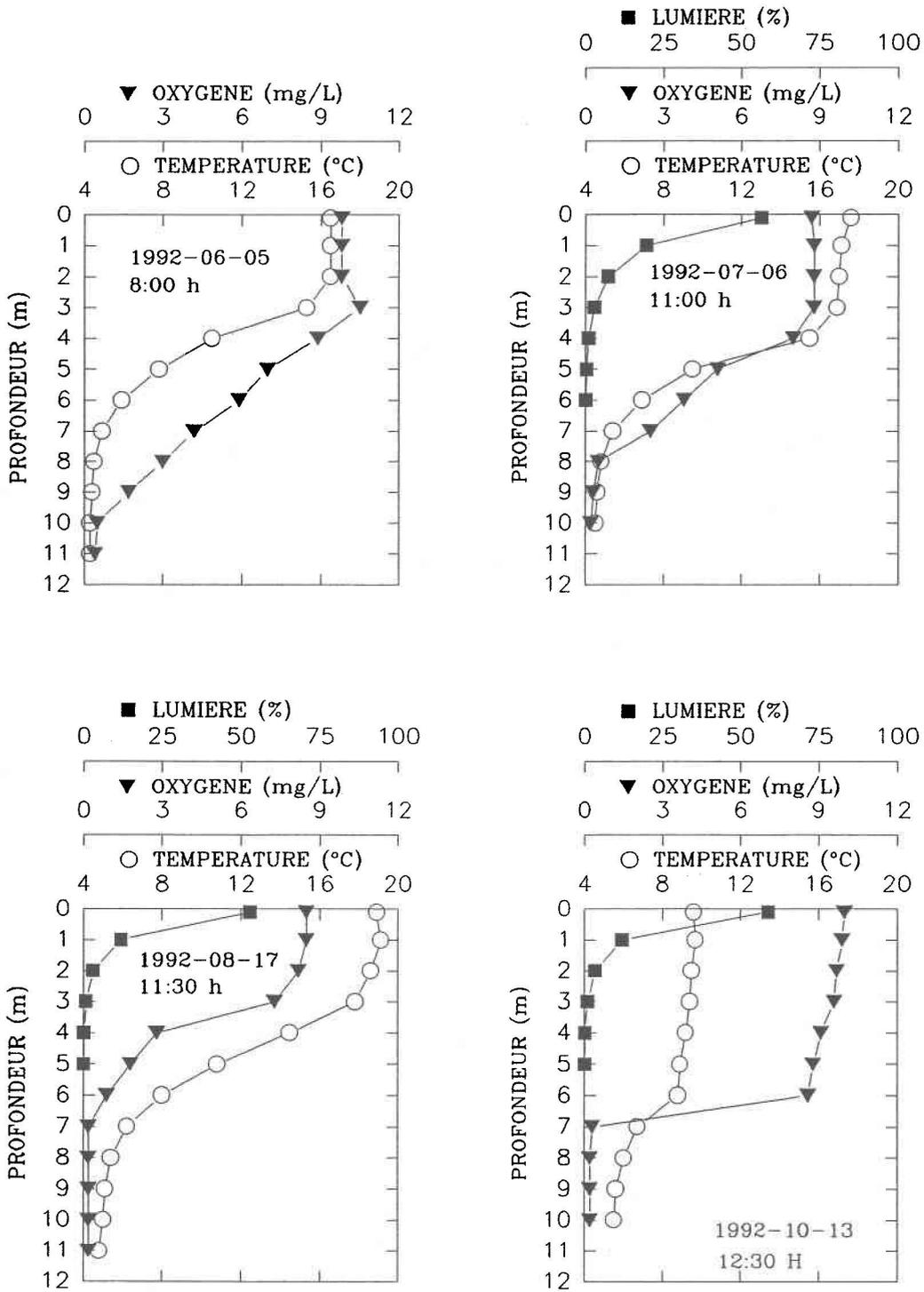


Figure I-32. Lac Turgeon

ANNEXE II

CARTES BATHYMÉTRIQUES ET VOLUME DES LACS

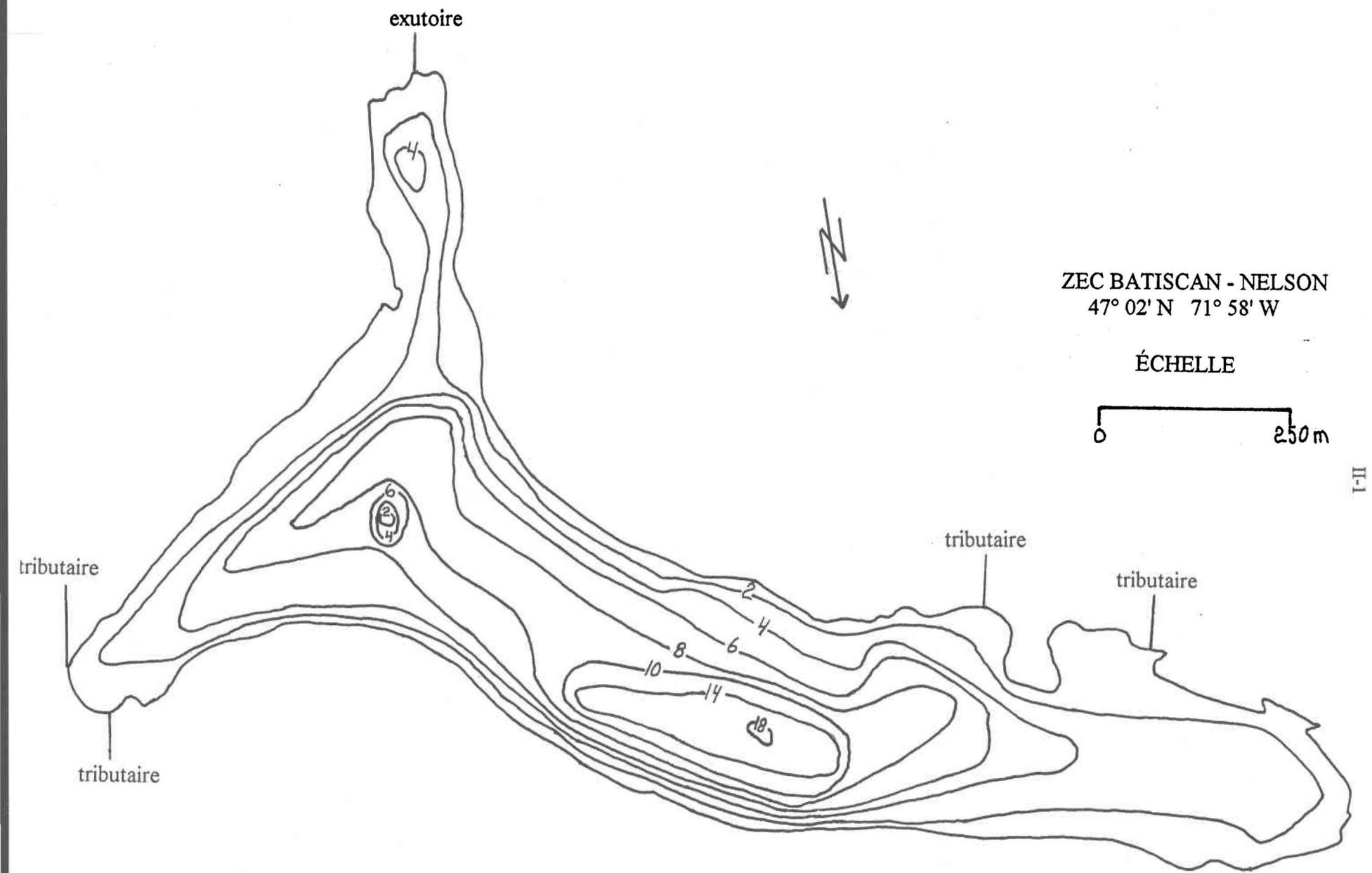
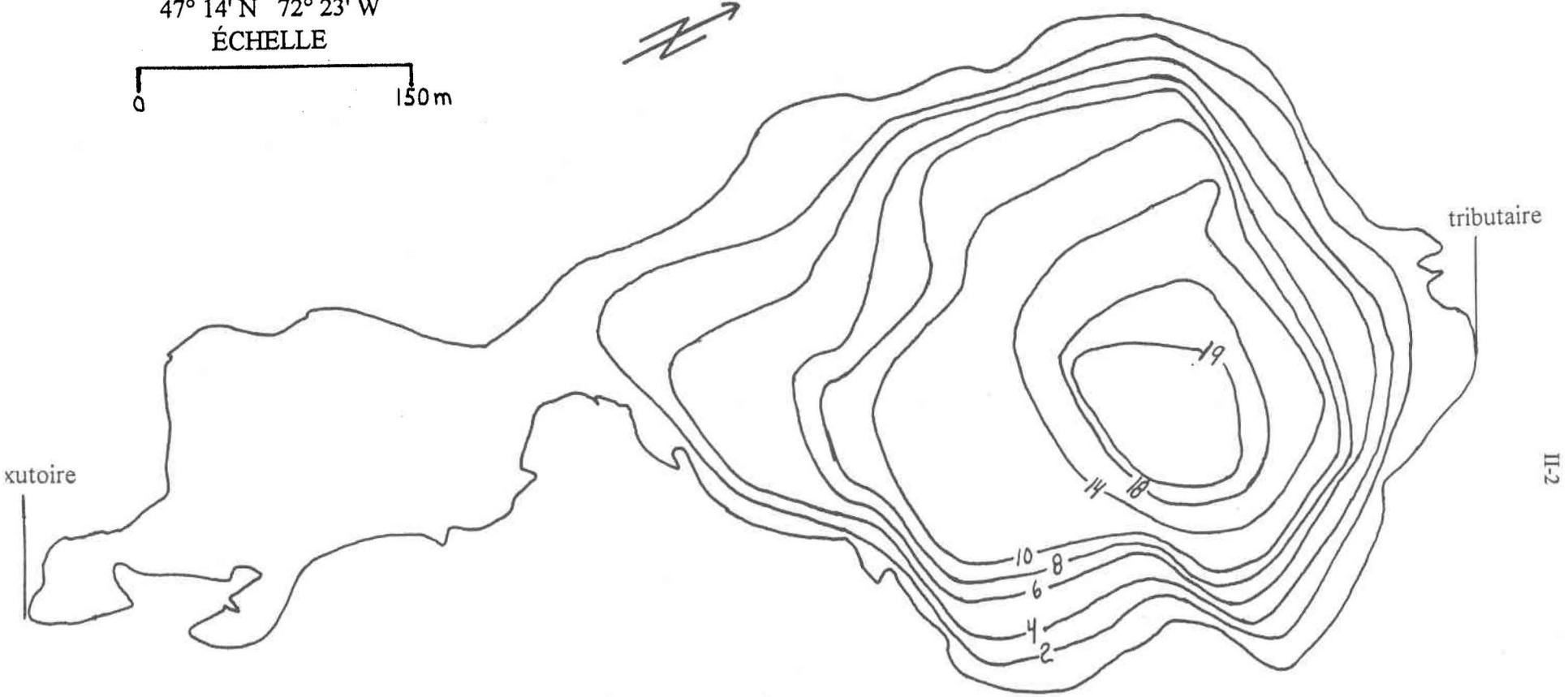


FIG. II-1. Carte bathymétrique du lac Alexandre.

RÉSEVE DE PORTNEUF
47° 14' N 72° 23' W
ÉCHELLE



II-2

FIG. II-2. Carte bathymétrique du lac Arcand.

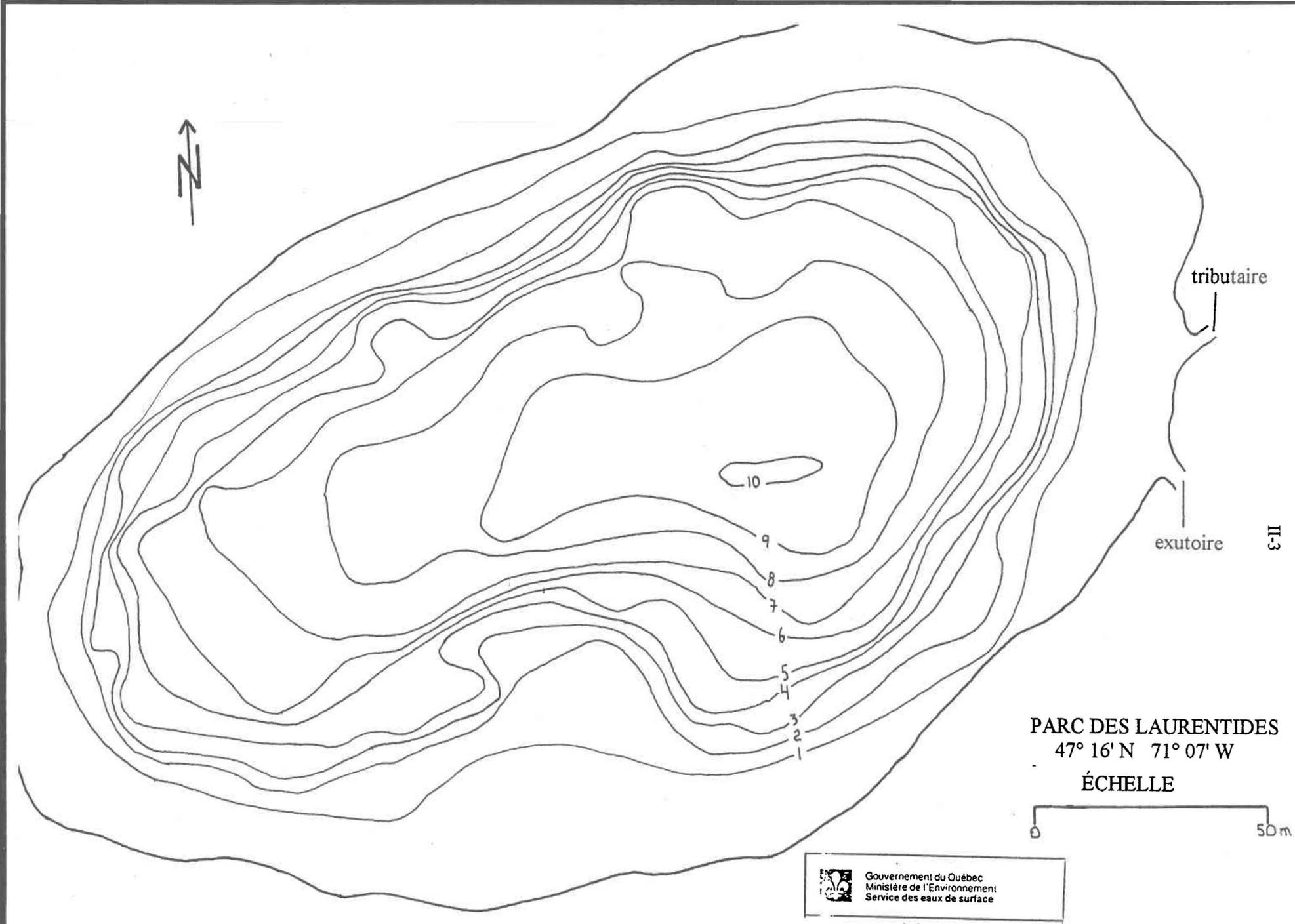


FIG. II-3. Carte bathymétrique du lac Bédard.

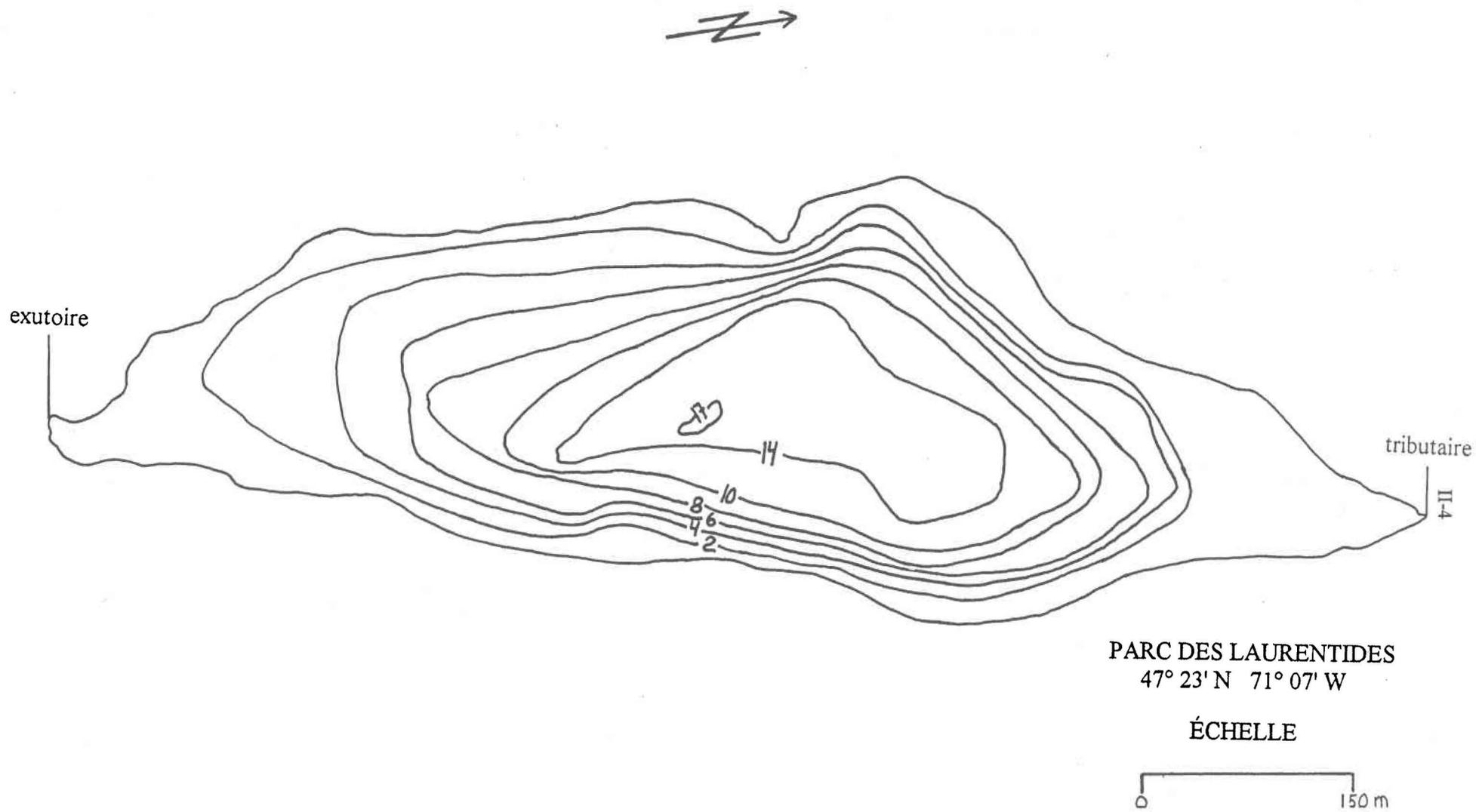


FIG. II-4. Carte bathymétrique du lac Belle-Fontaine.

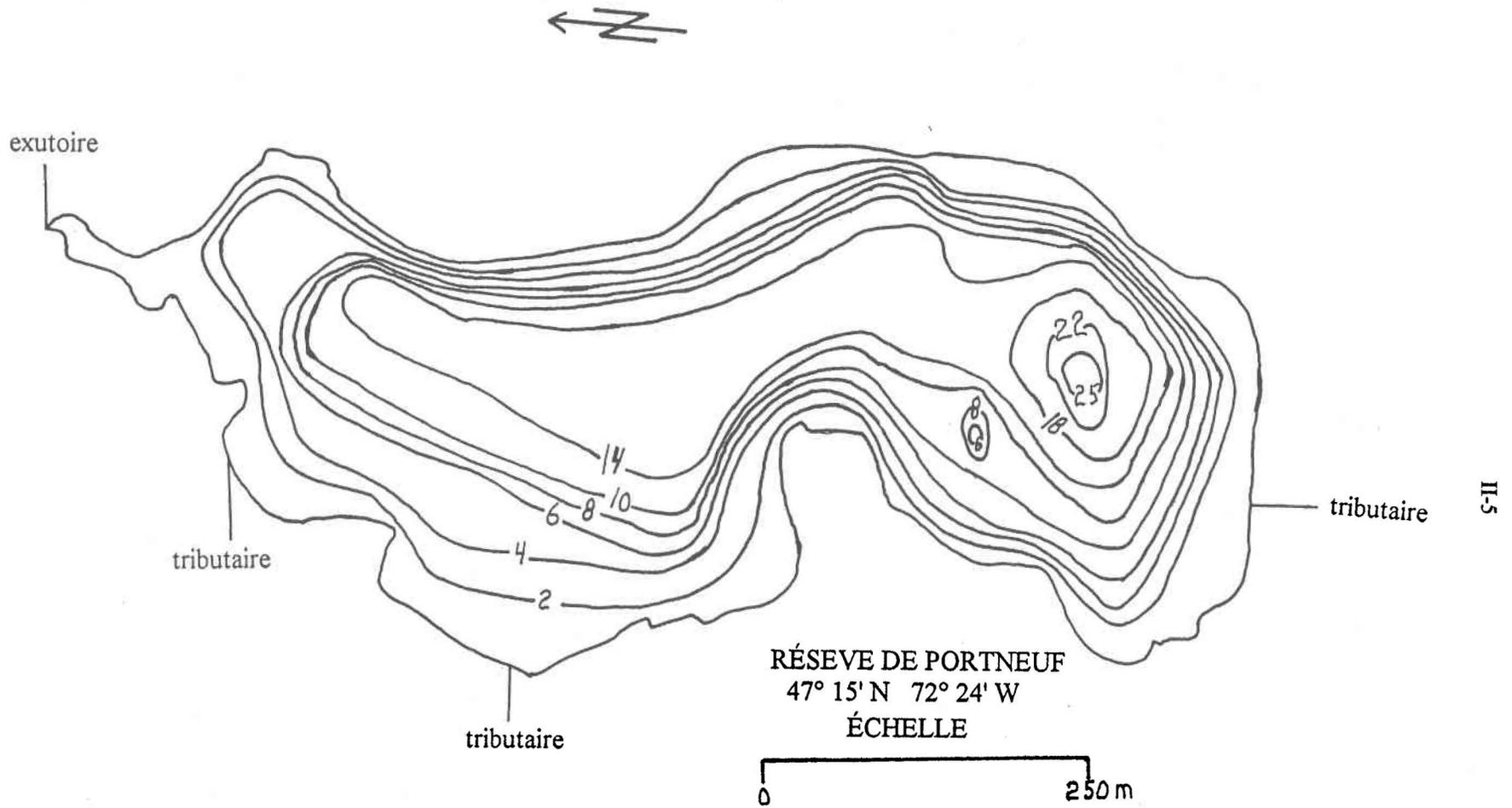


FIG. II-5. Carte bathymétrique du lac Casgrain.

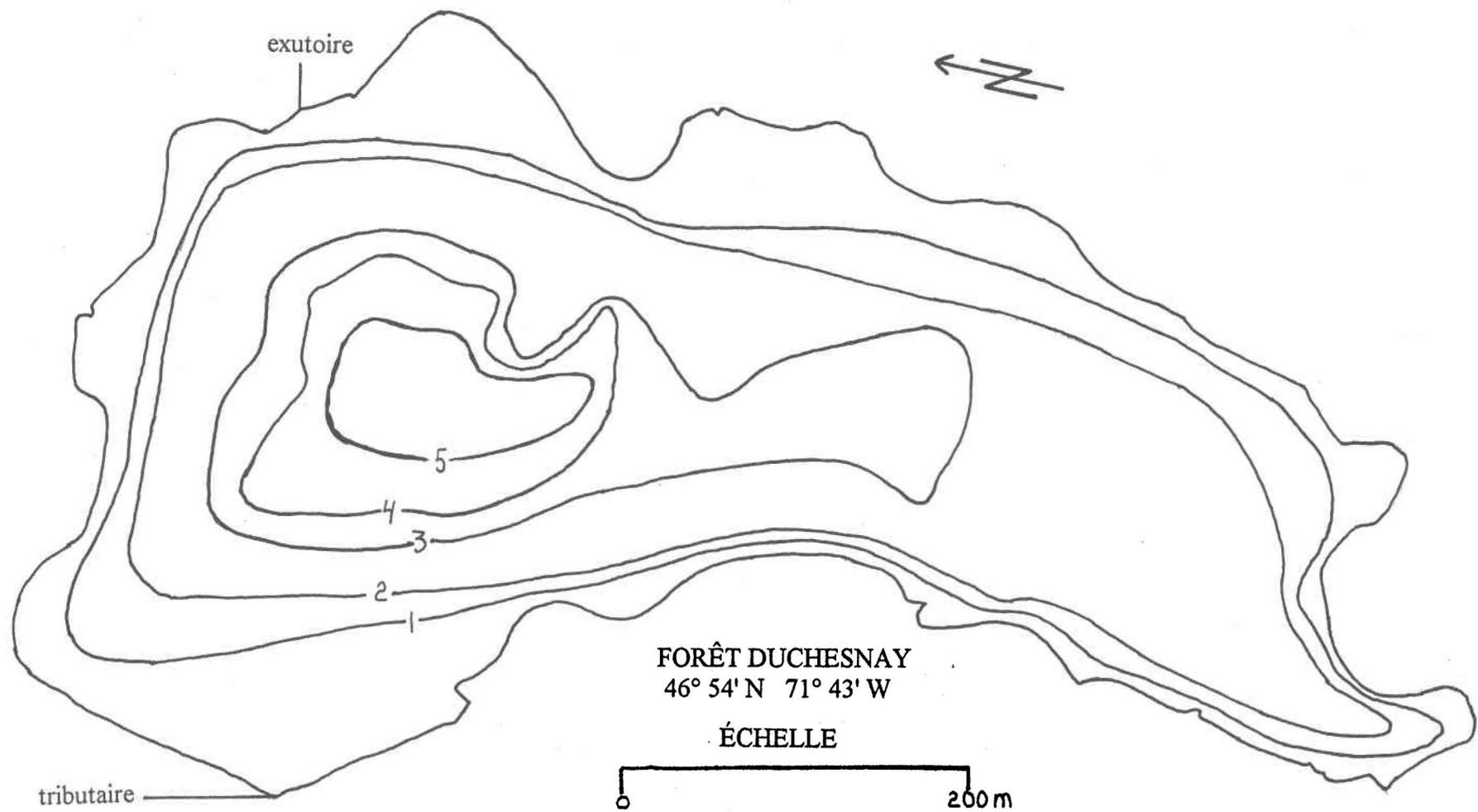


FIG. II-6. Carte bathymétrique du lac au Cèdre.

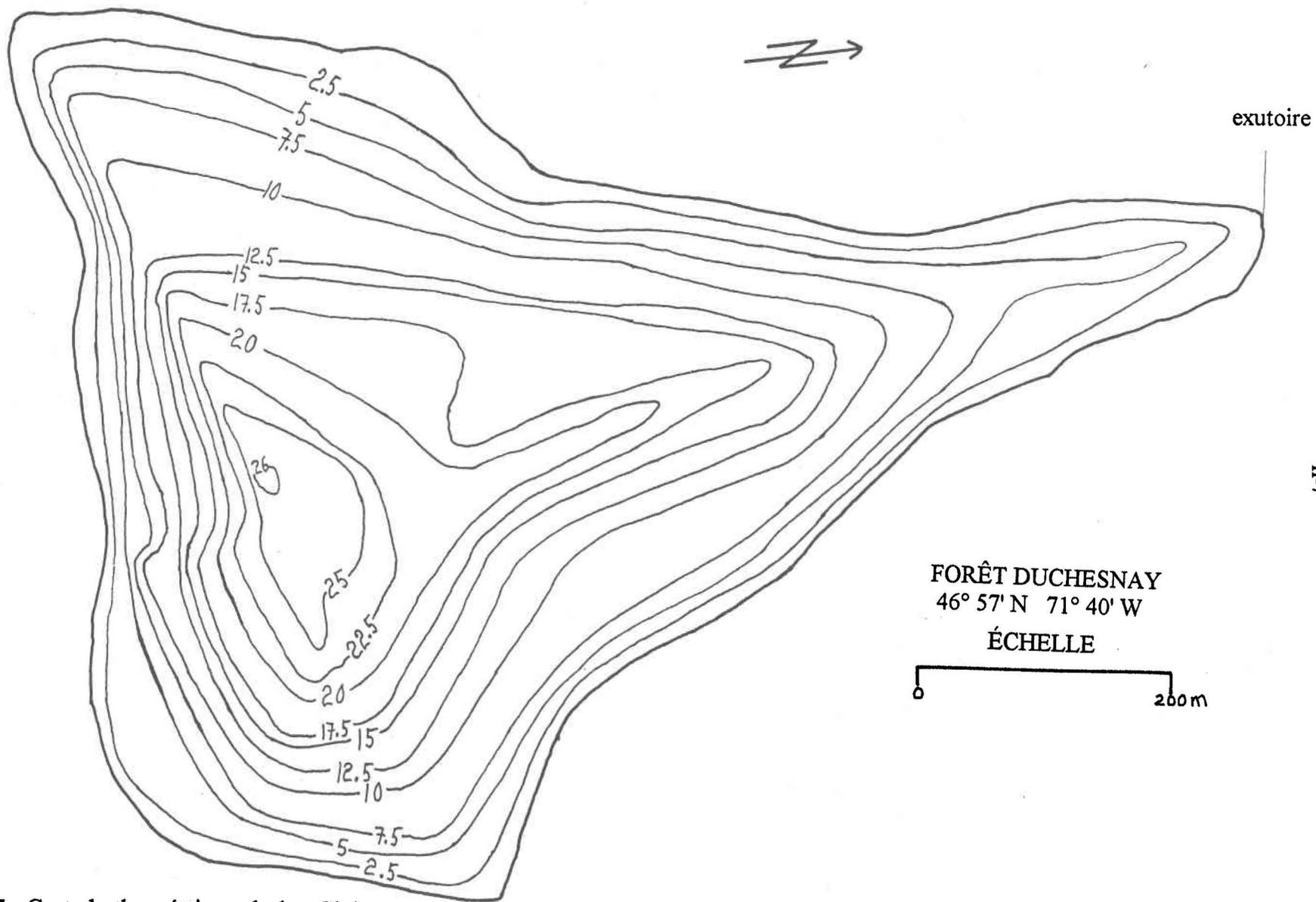


FIG. II-7. Carte bathymétrique du lac Clair.

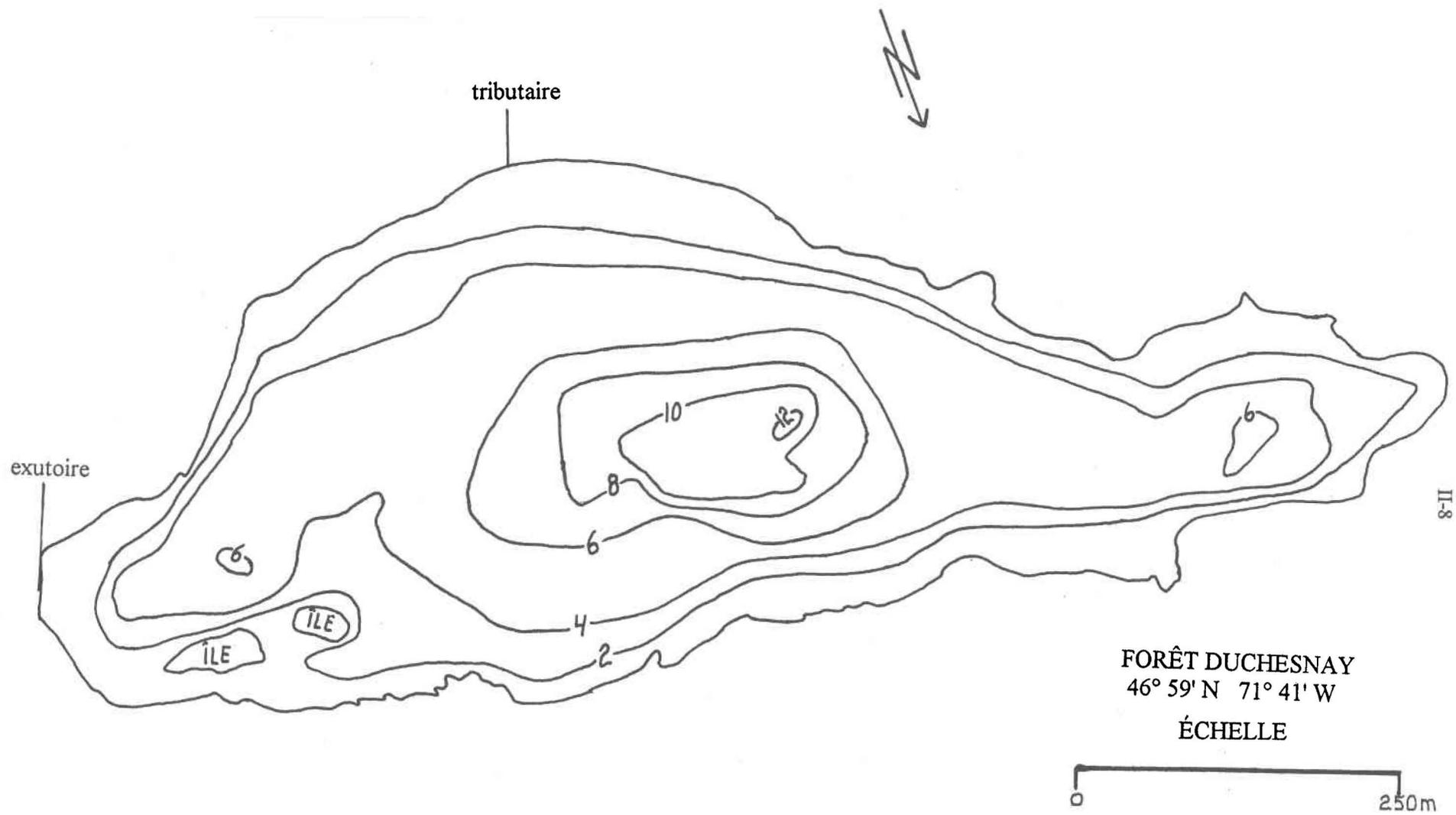


FIG. II-8. Carte bathymétrique du lac de Claire.

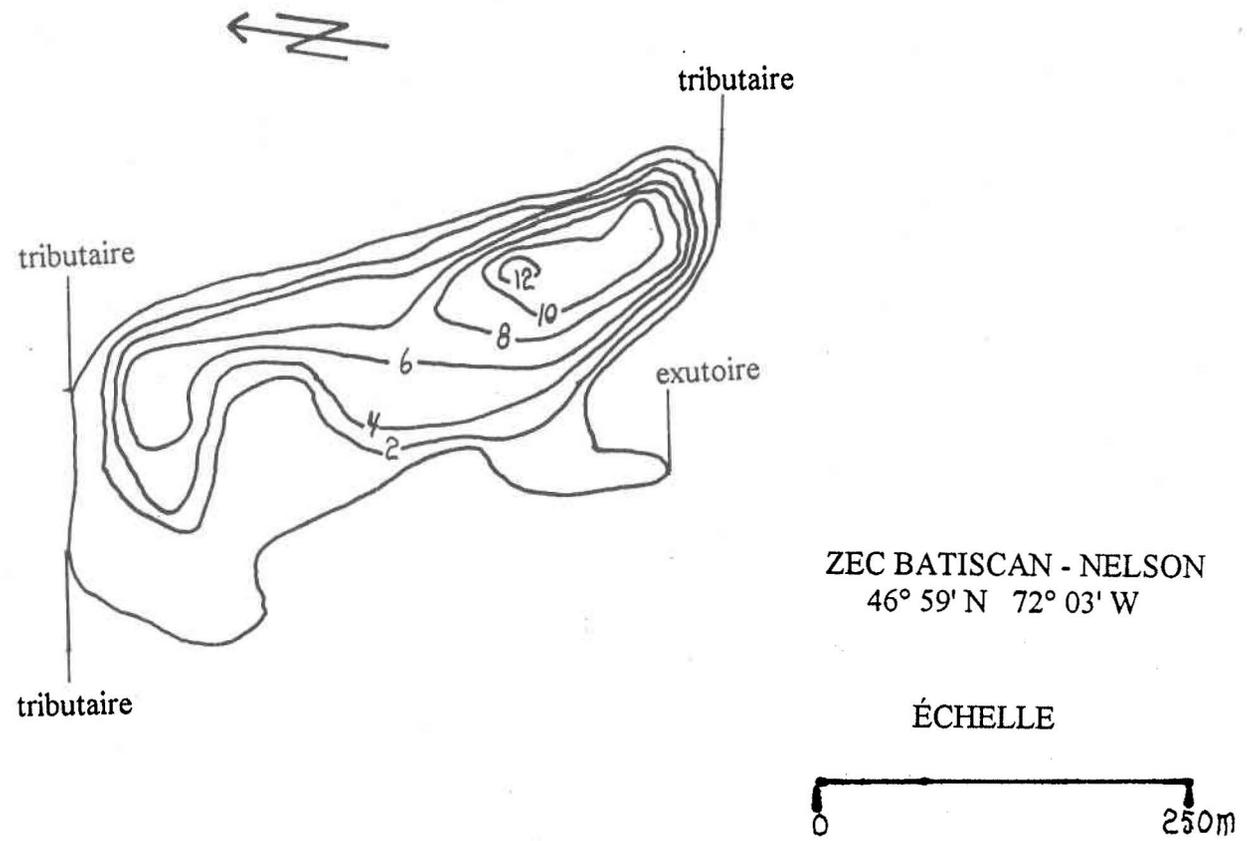


FIG. II-9. Carte bathymétrique du lac au Cochon.

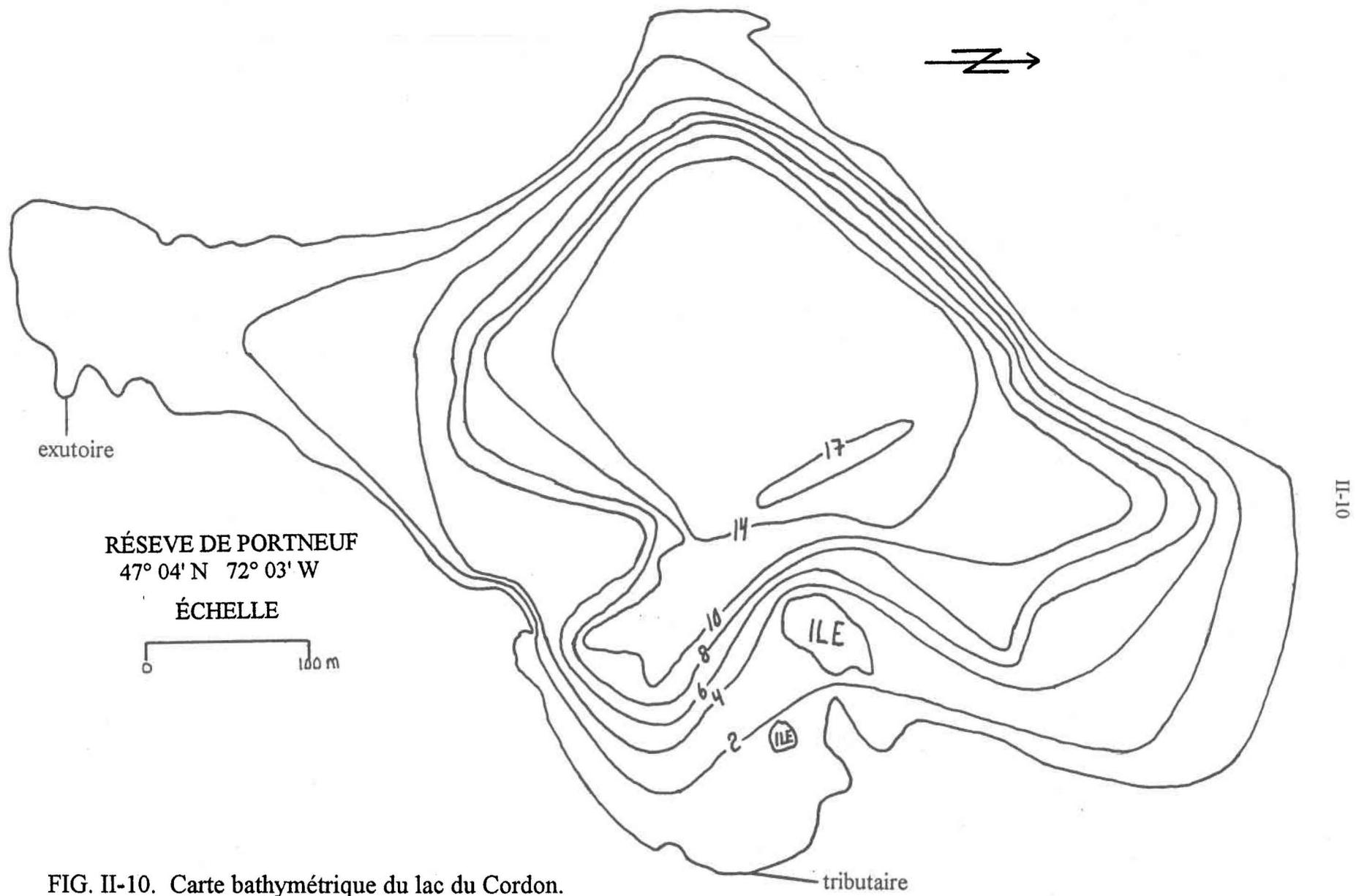


FIG. II-10. Carte bathymétrique du lac du Cordon.

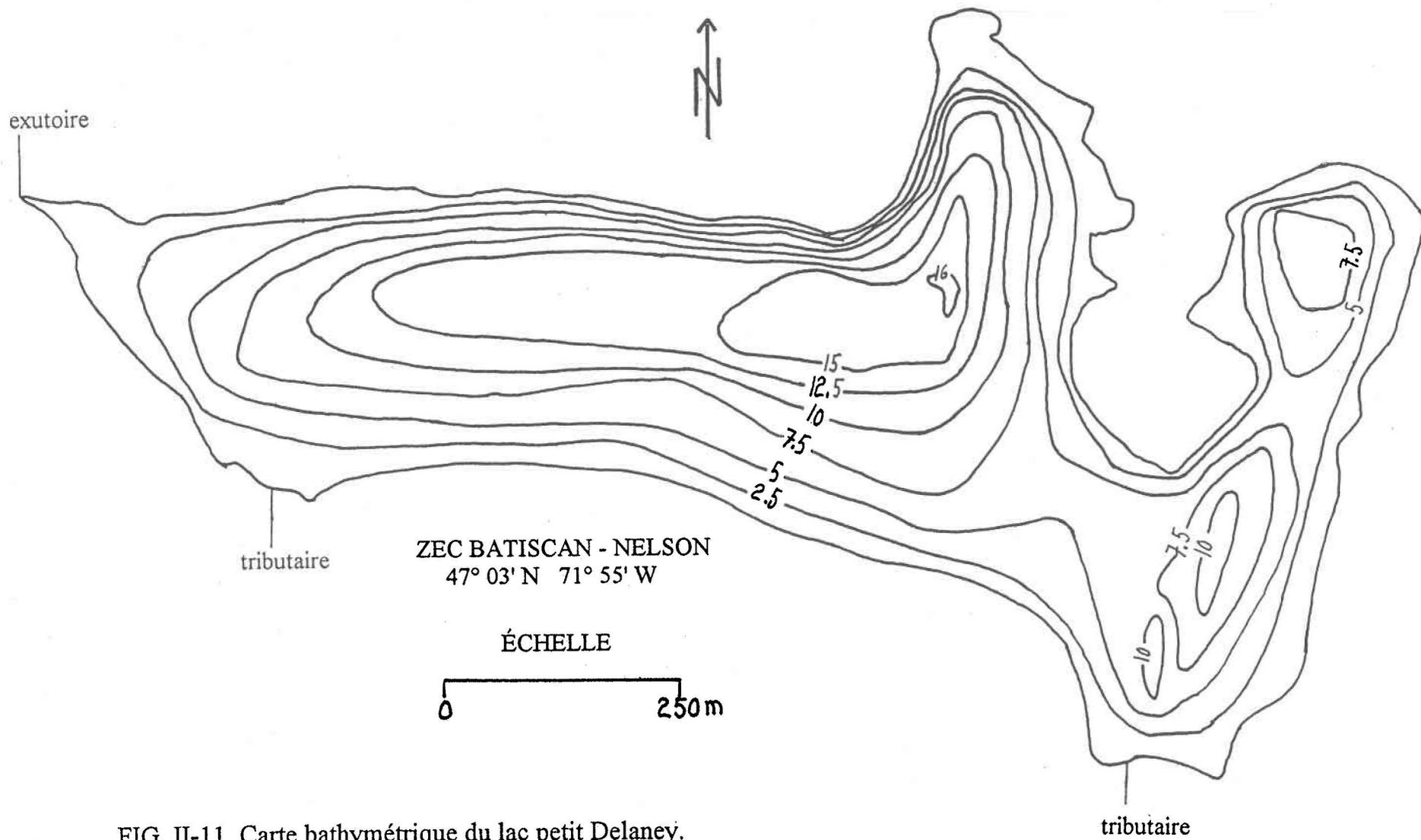
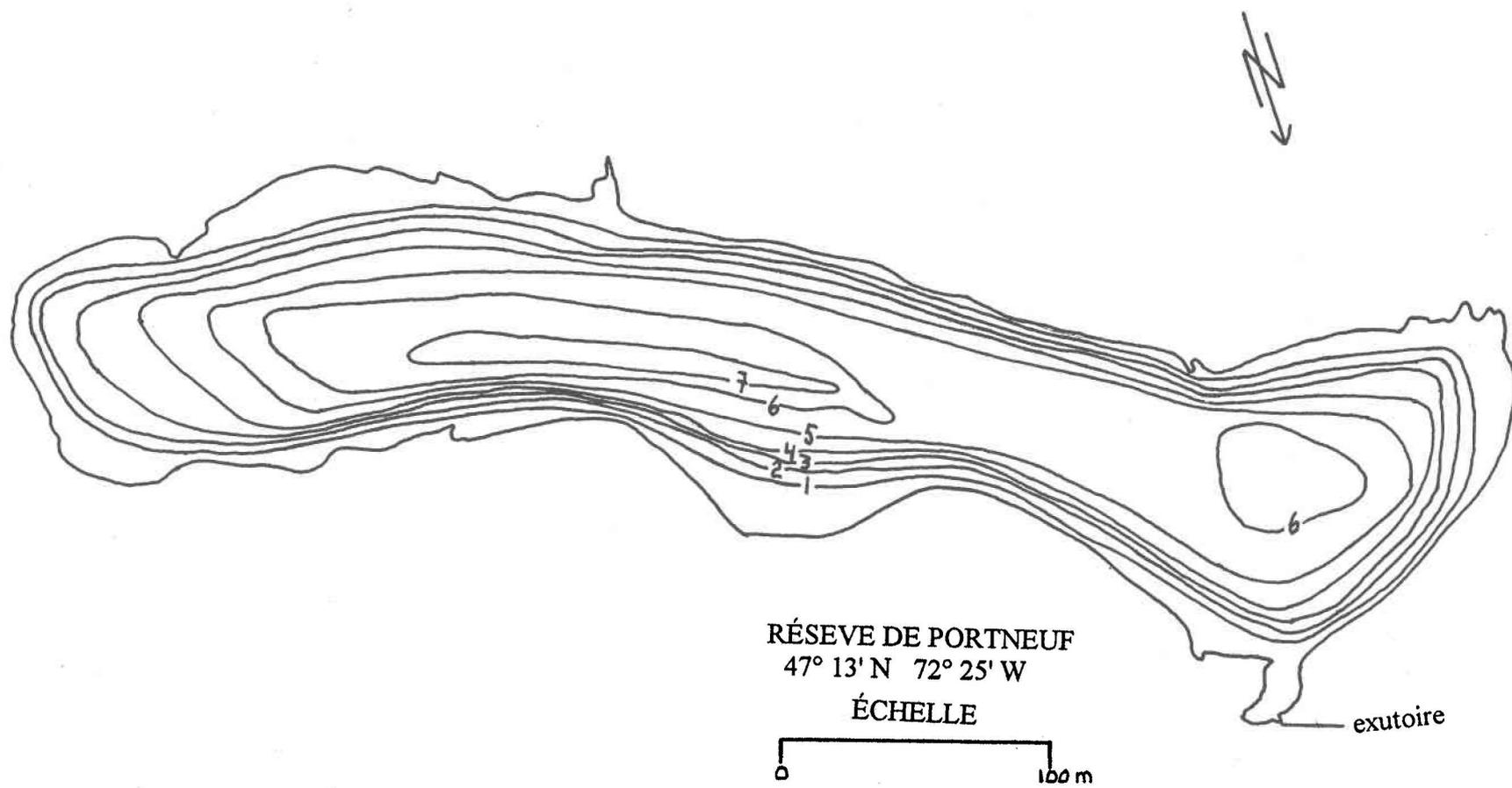
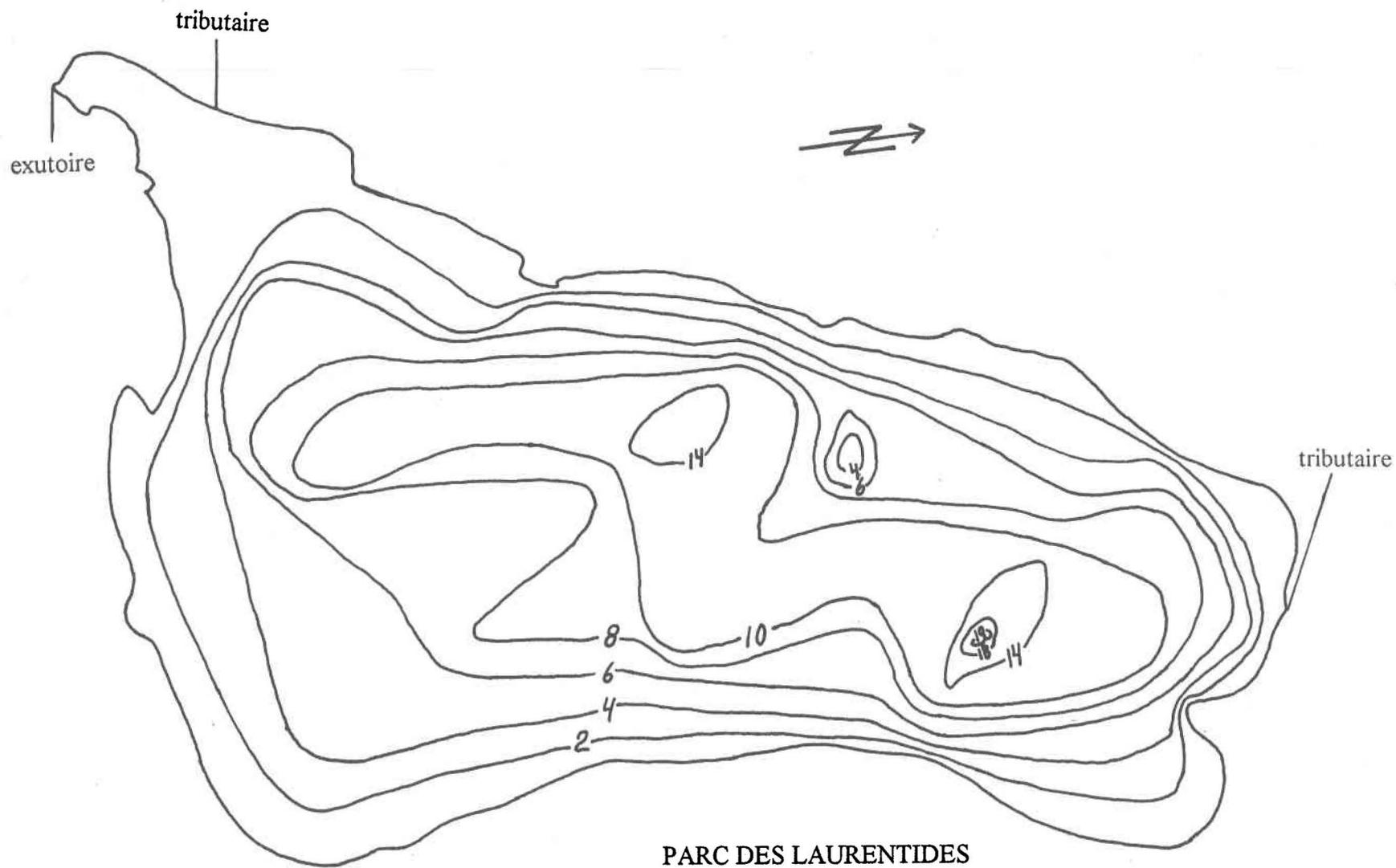


FIG. II-11 Carte bathymétrique du lac petit Delaney.



II-12

FIG. II-12. Carte bathymétrique du lac du Doute.



II-13

PARC DES LAURENTIDES

47° 19' N 71° 36' W

ÉCHELLE

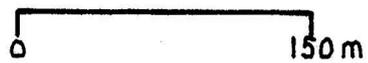


FIG. II-13. Carte bathymétrique du lac Forget.

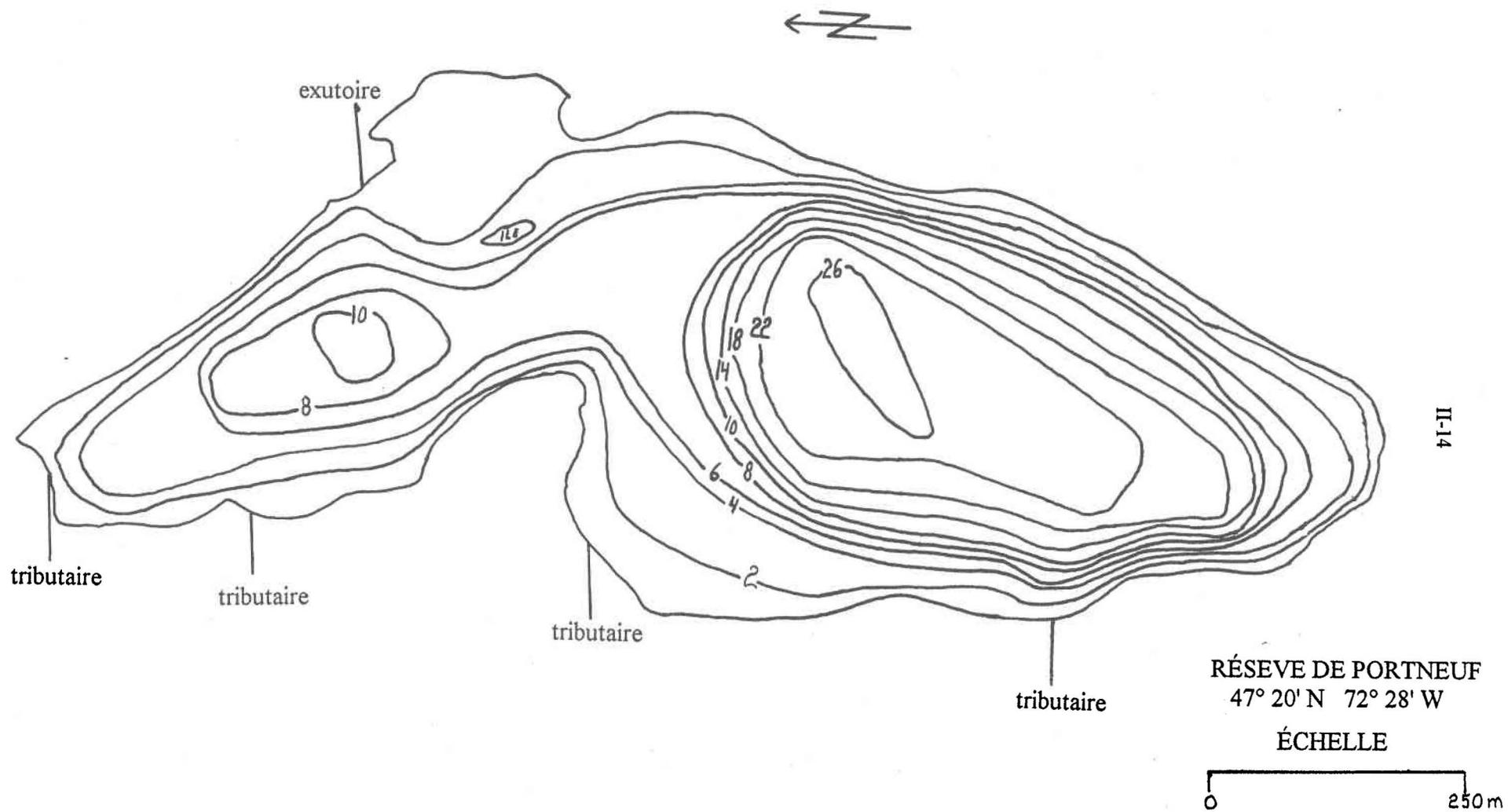


FIG. II-14. Carte bathymétrique du lac Gérald.

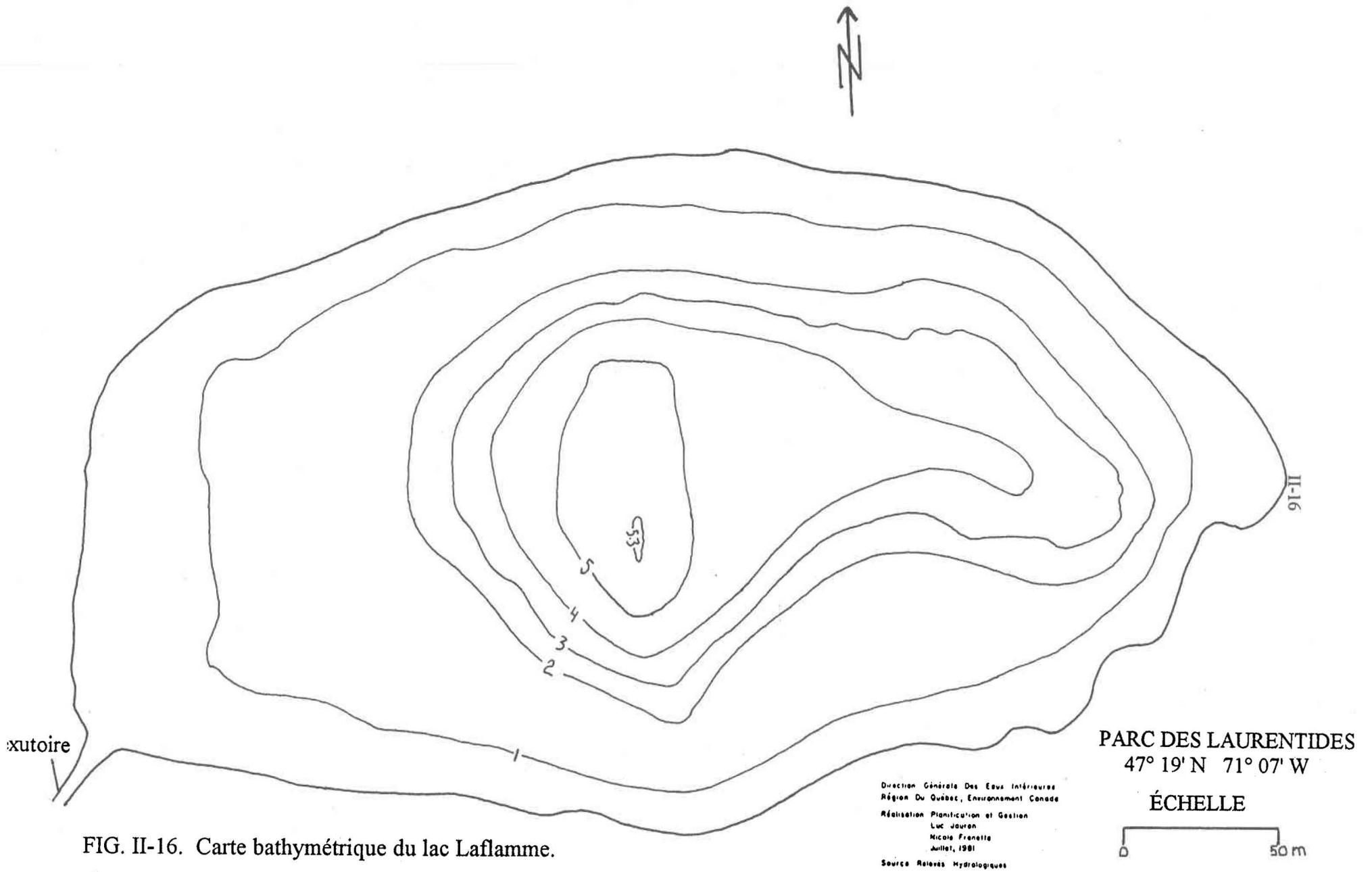


FIG. II-16. Carte bathymétrique du lac Laflamme.

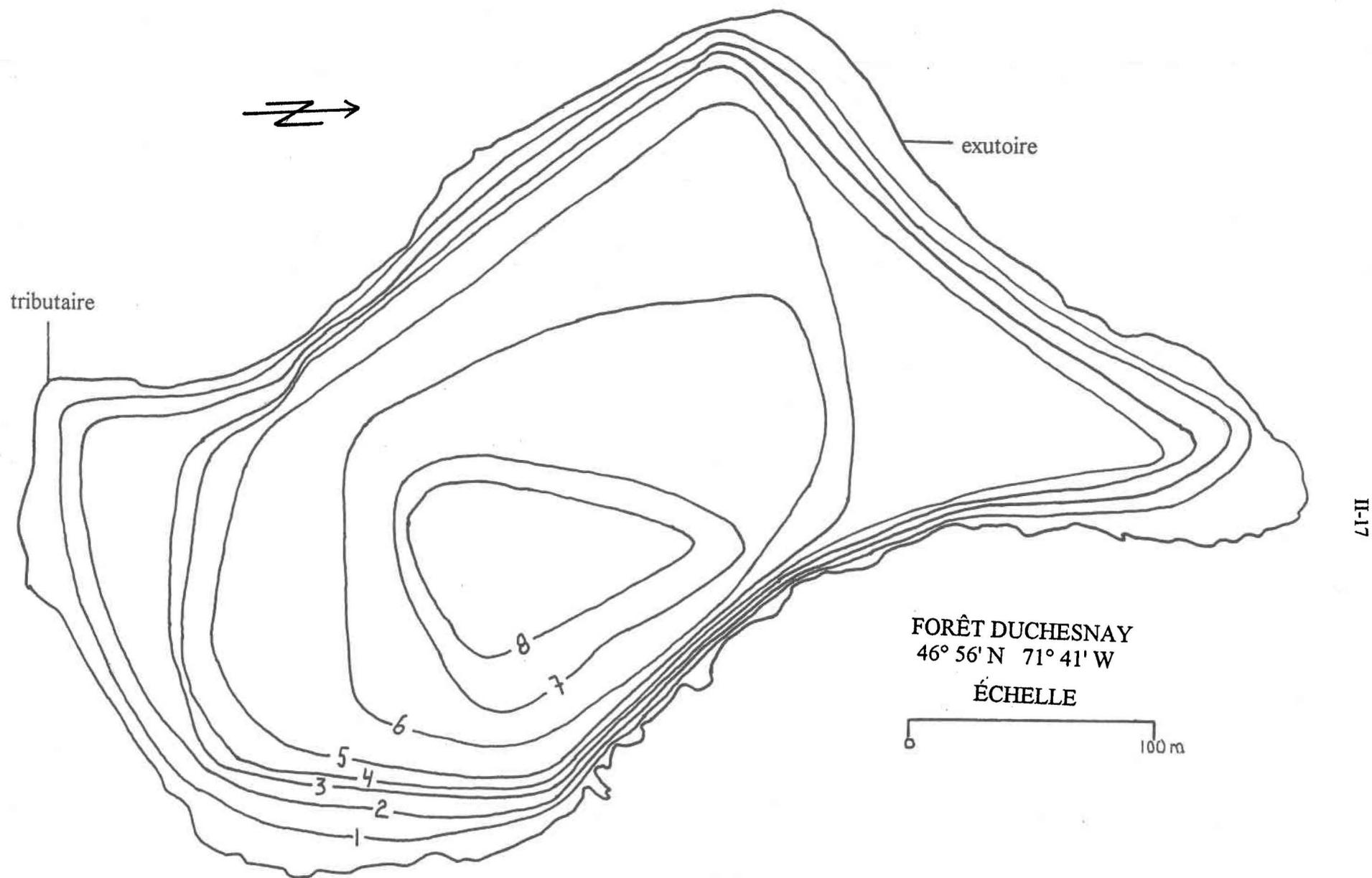


FIG. II-17. Carte bathymétrique du lac Maher.

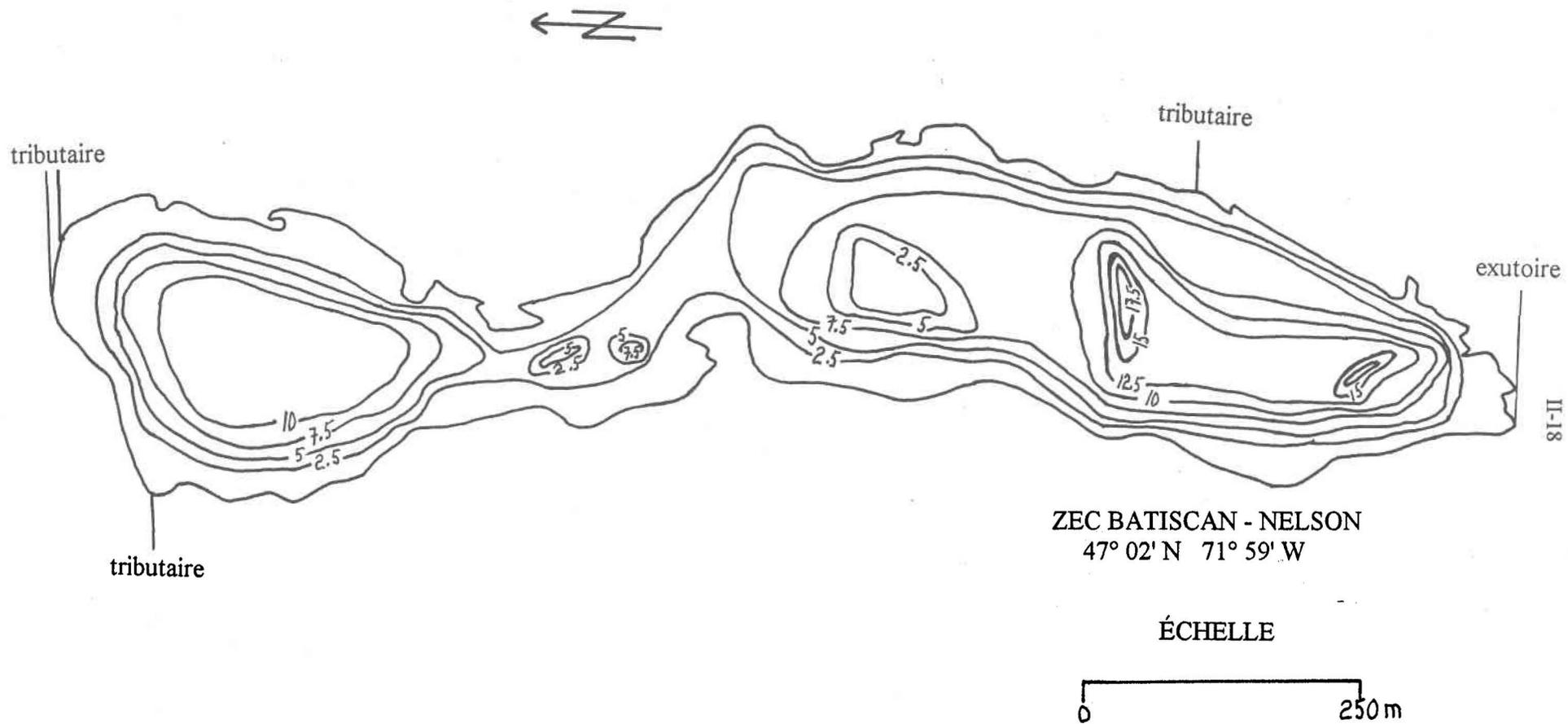


FIG. II-18. Carte bathymétrique du lac Masson.

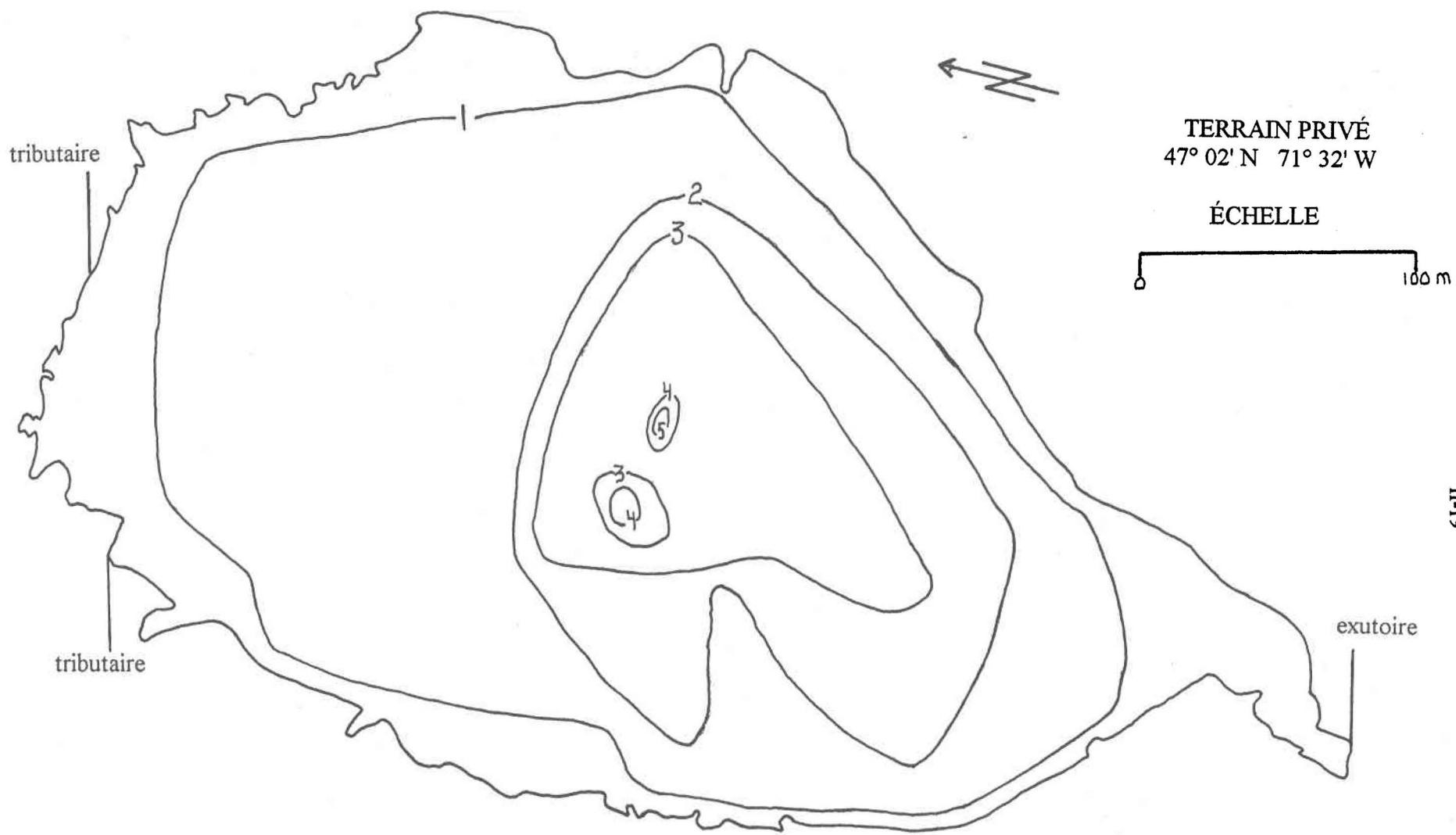


FIG. II-19. Carte bathymétrique du lac Michel.

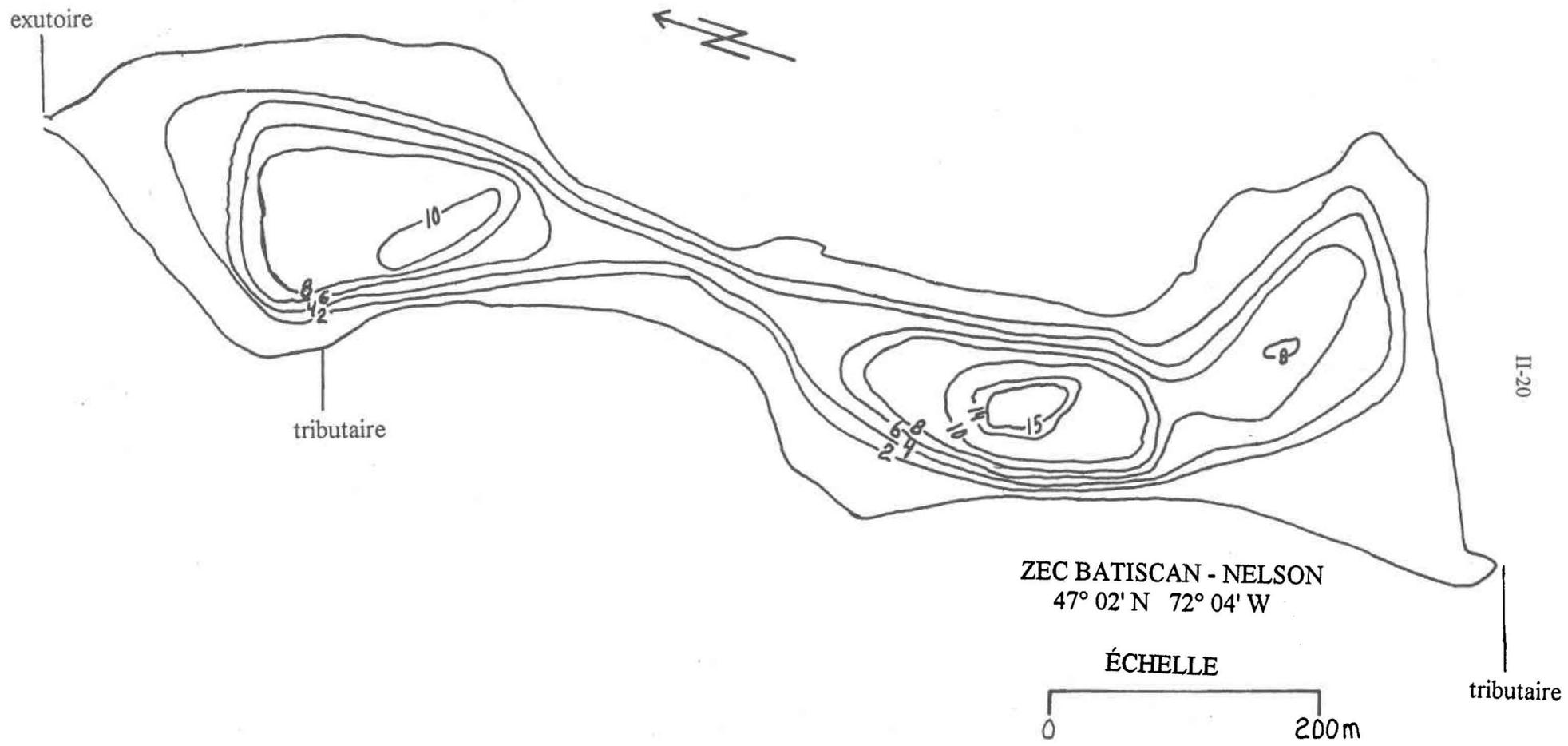
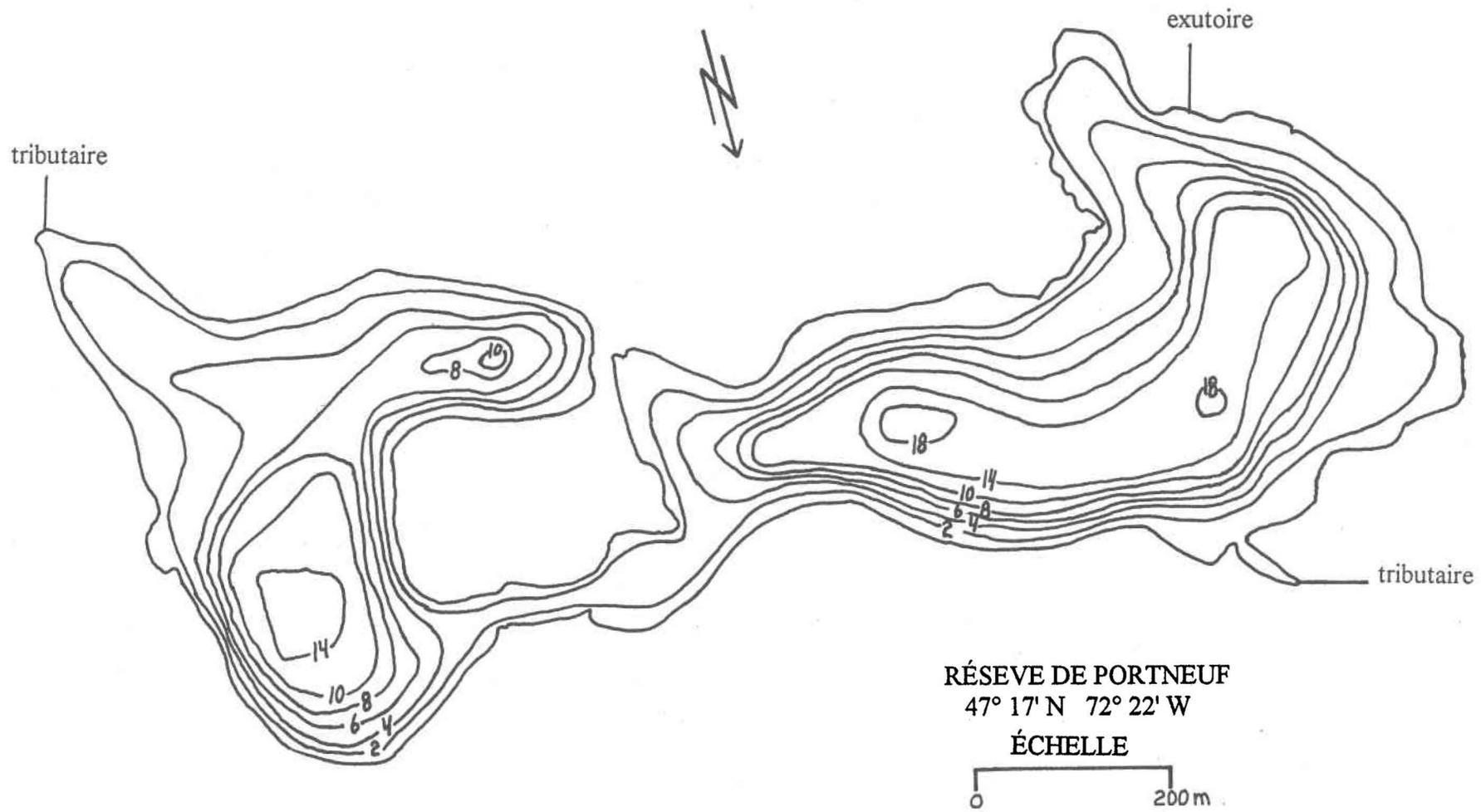


FIG. II-20. Carte bathymétrique du lac Pussort.



II-22

FIG.II-22. Carte bathymétrique du lac de la Rivière.

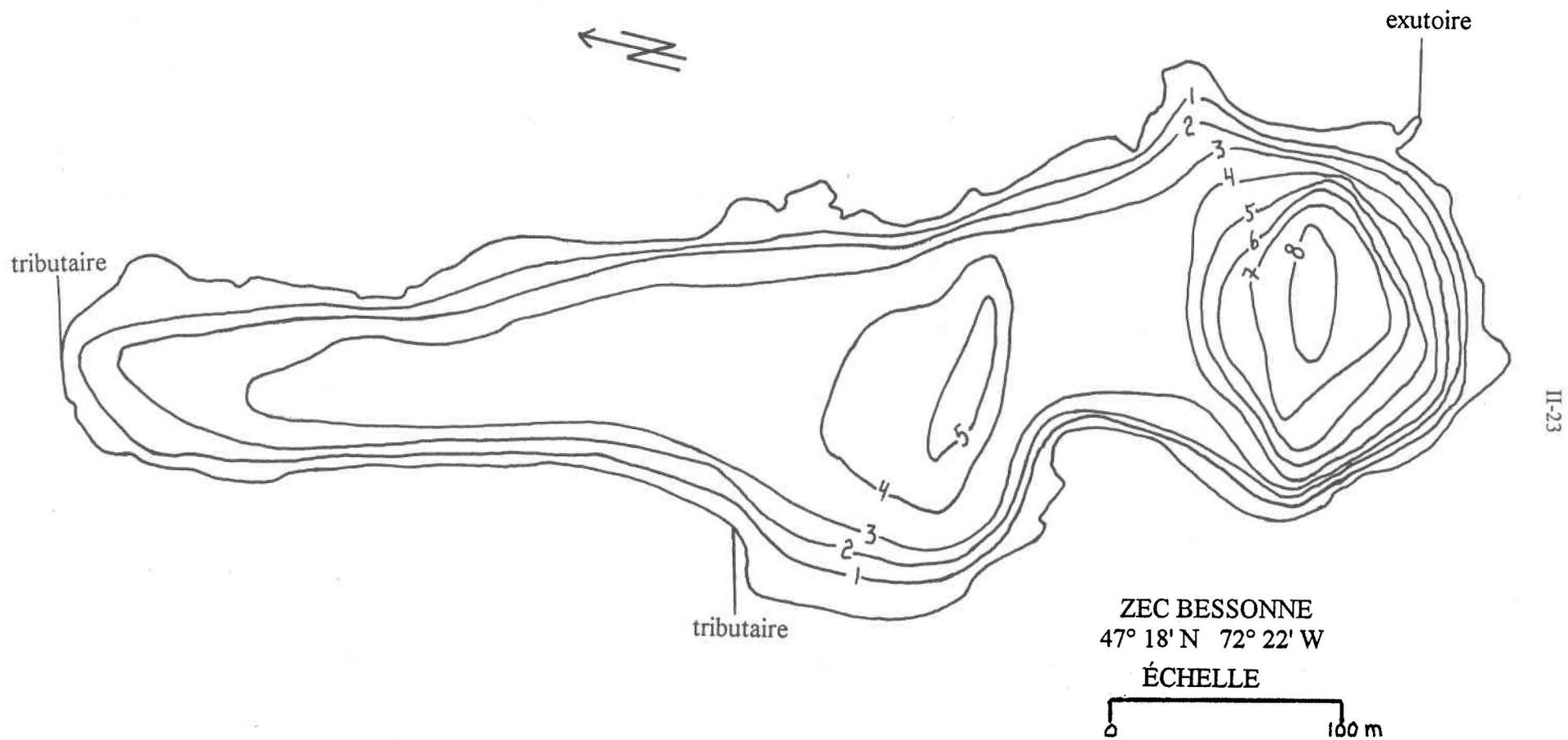
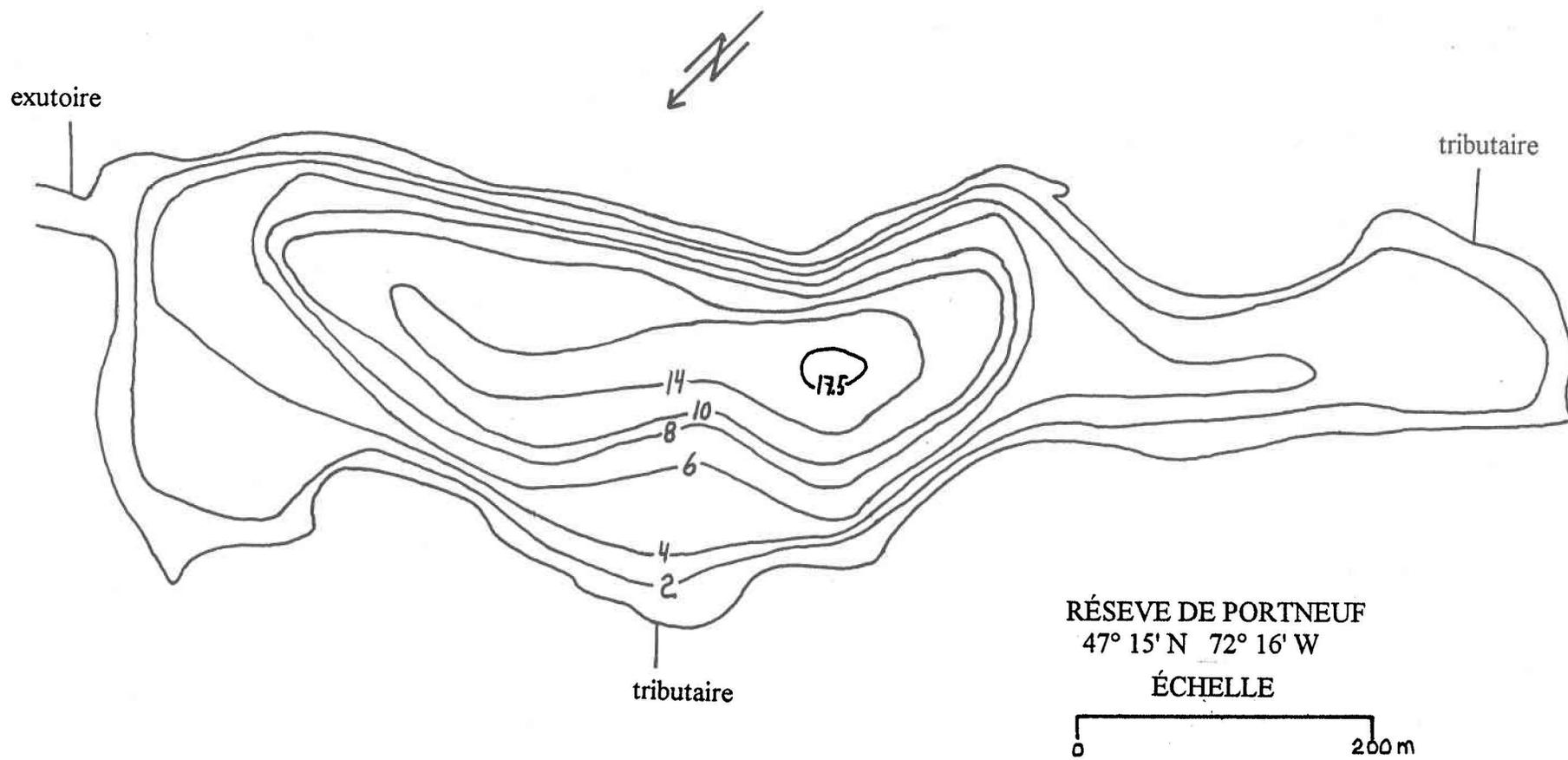


FIG. II-23. Carte bathymétrique du lac de la Rivière (ZEC).



II-24

FIG. II-24. Carte bathymétrique du lac Samson.

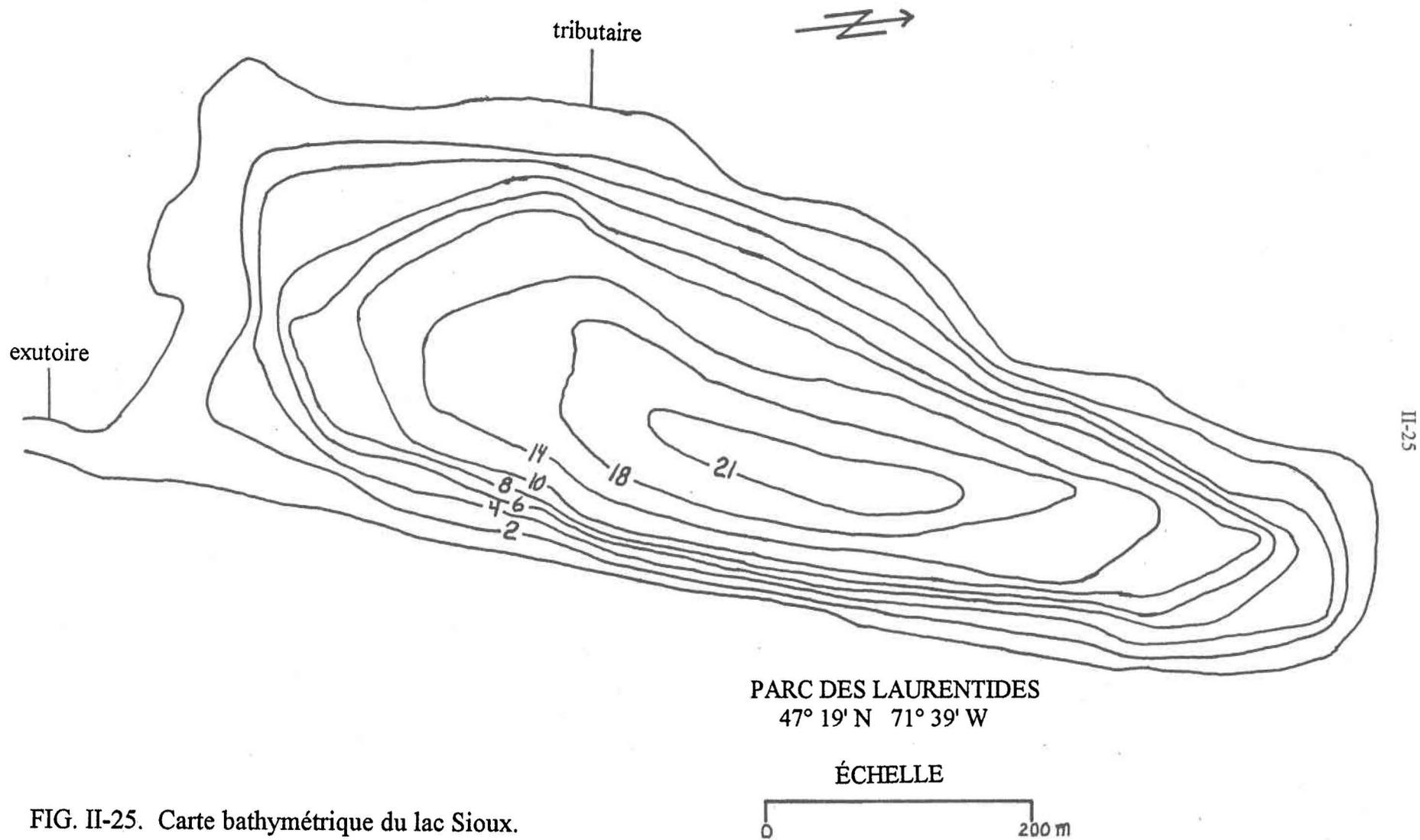
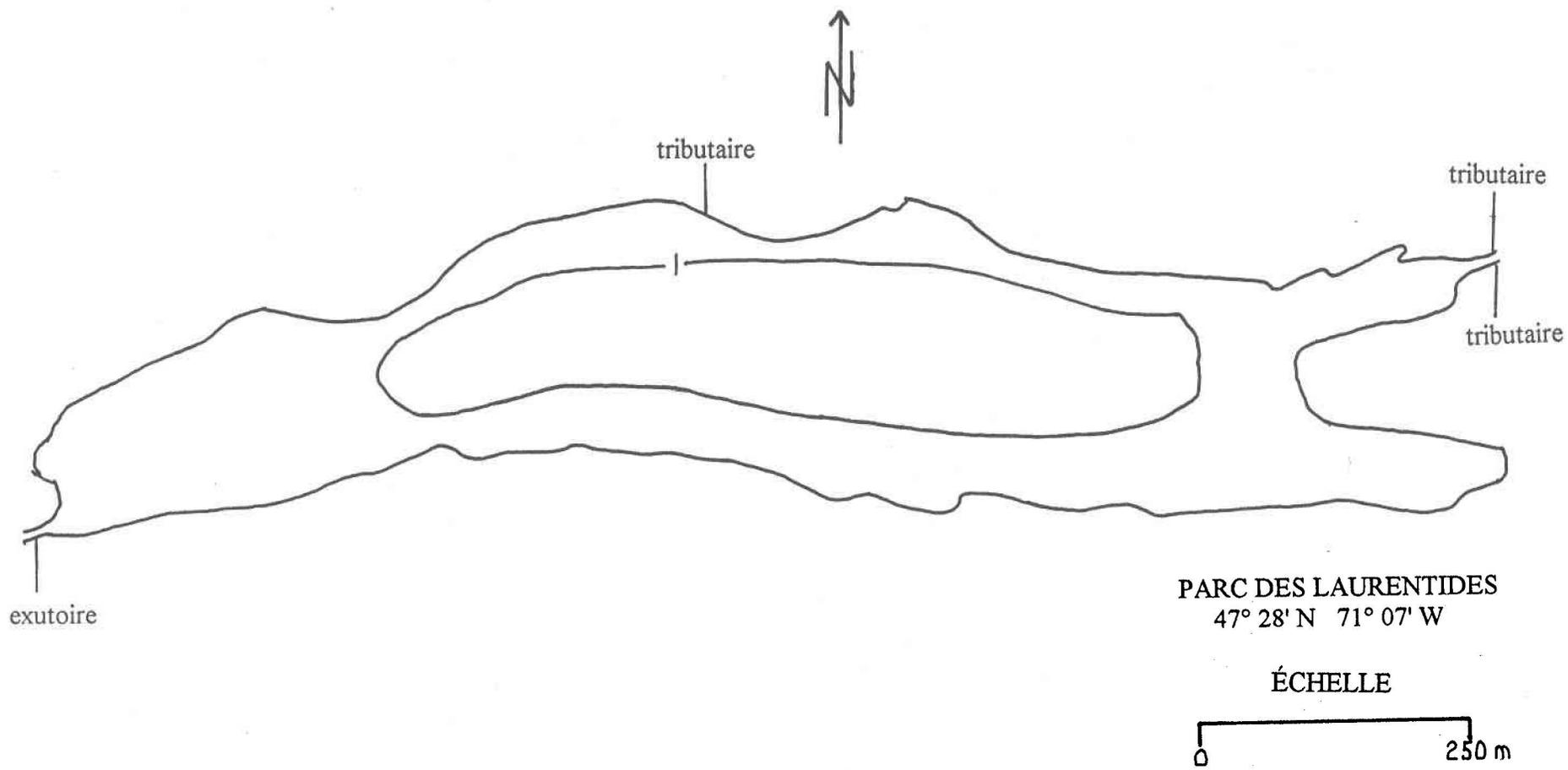
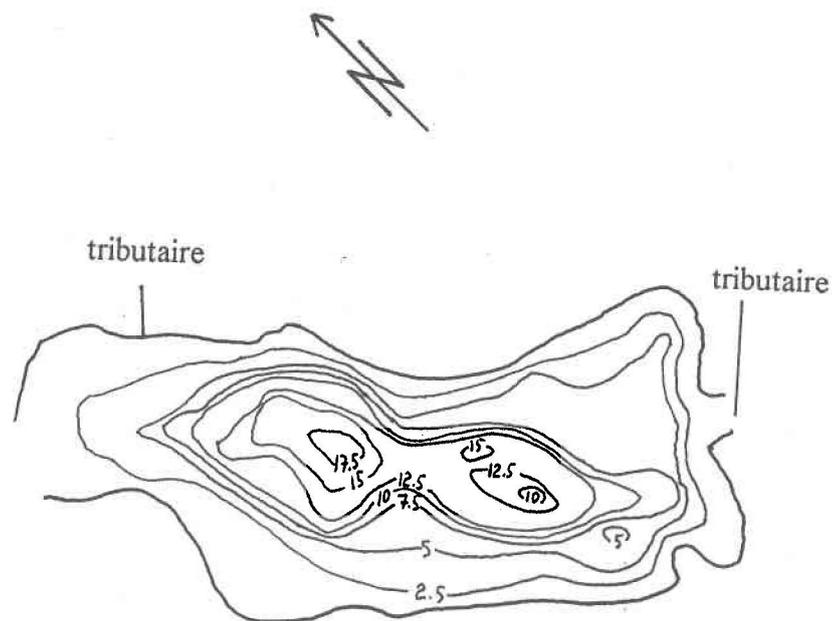


FIG. II-25. Carte bathymétrique du lac Sioux.



II-26

FIG. II-26. Carte bathymétrique du lac St-Jacques.



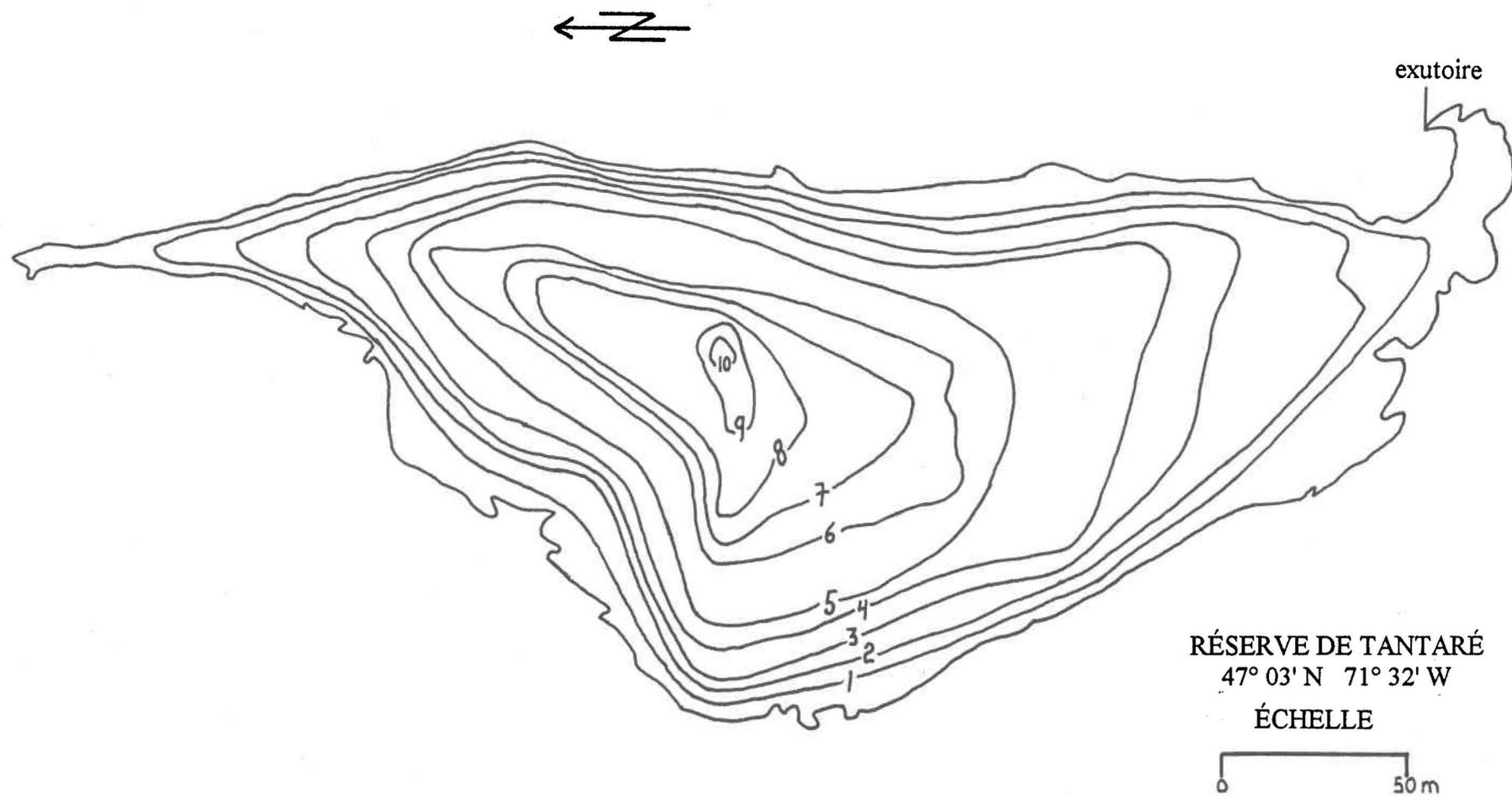
RÉSERVE DE TANTARÉ
47° 03' N 71° 32' W

ÉCHELLE



Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
Service des eaux de surface

FIG. II-27. Carte bathymétrique du lac Tantaré(2^e bassin).



II-28

FIG. II-28. Carte bathymétrique du lac petit Tantaré.

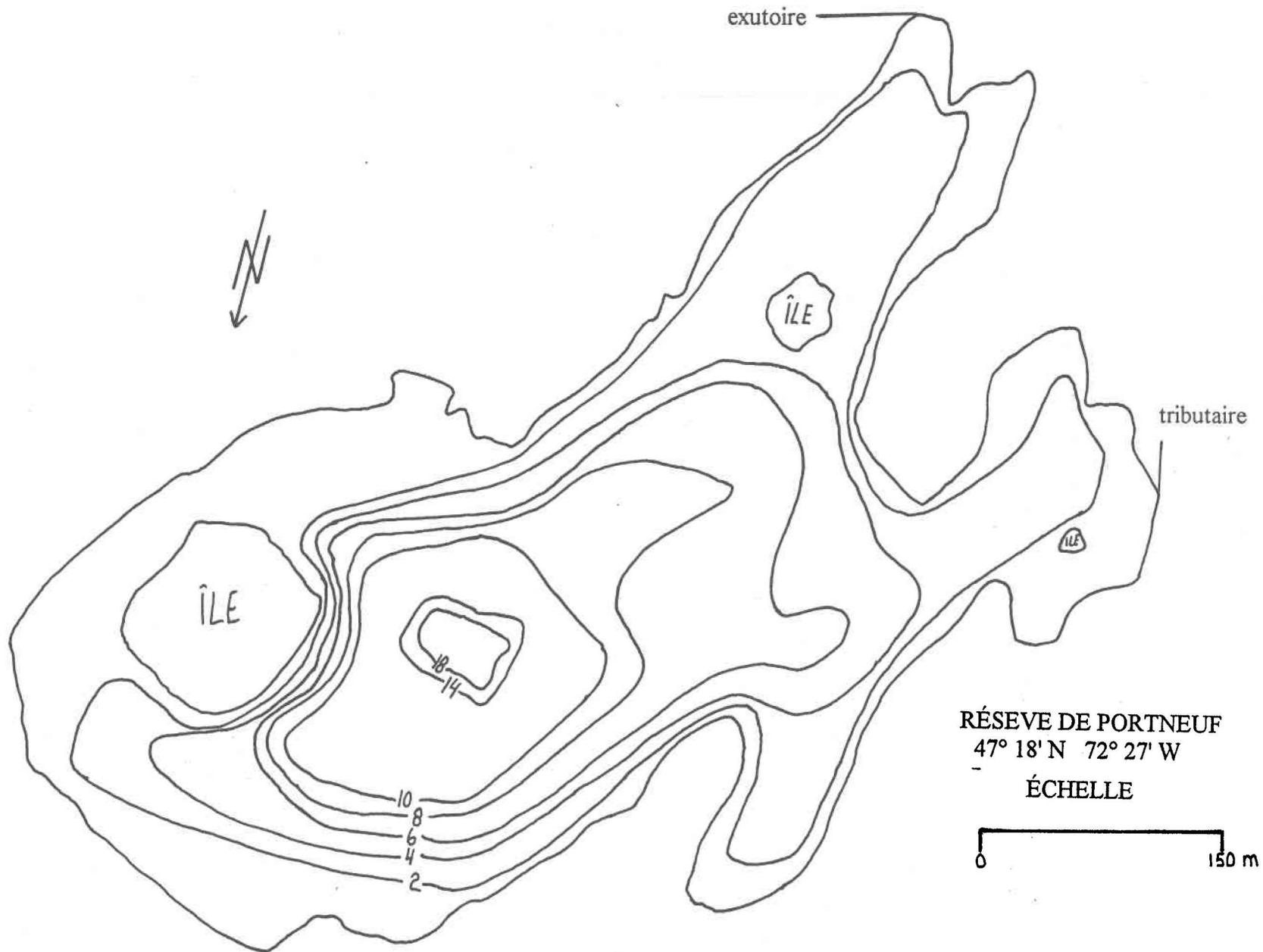


FIG. II-29. Carte bathymétrique du lac Tarbell.

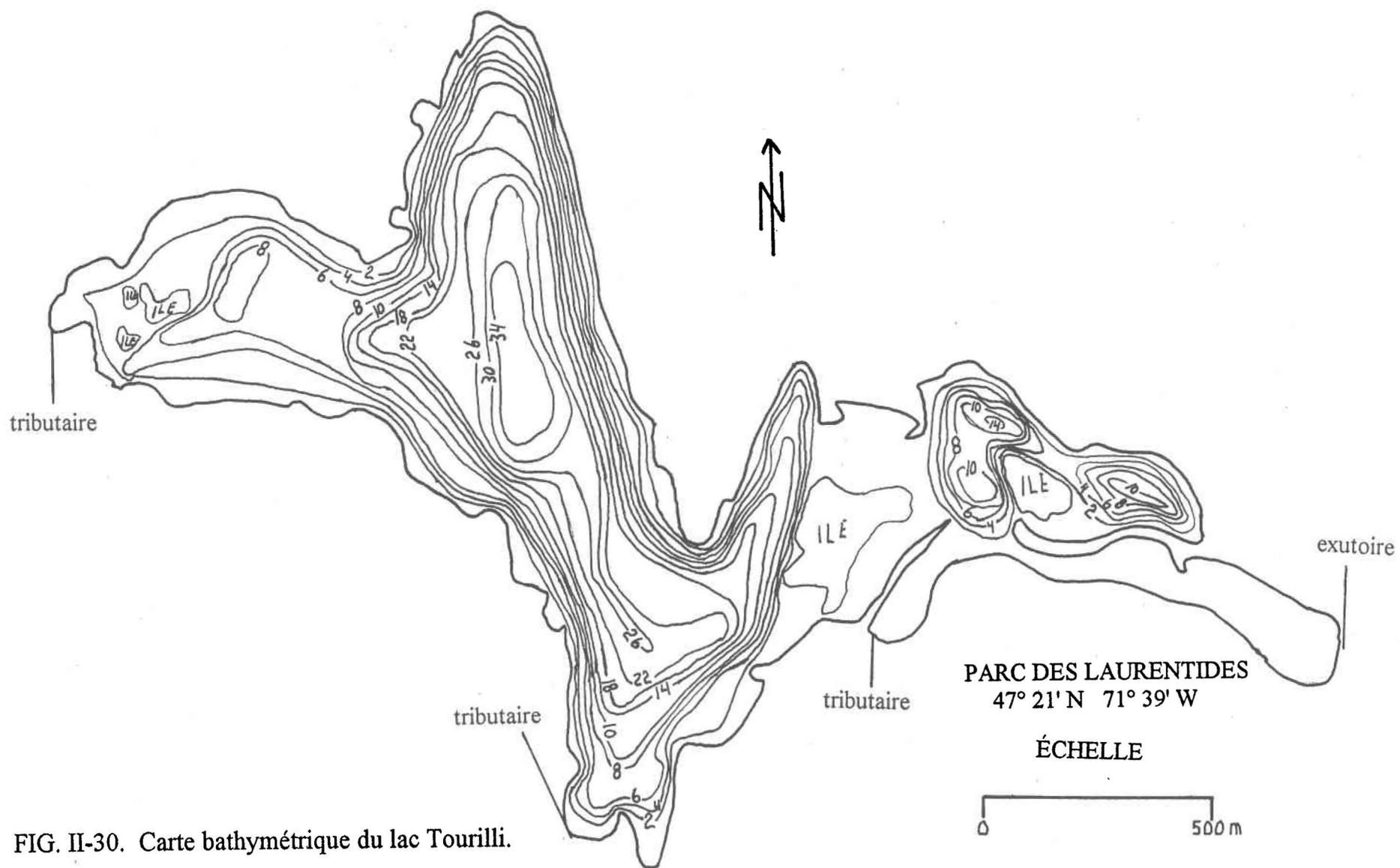
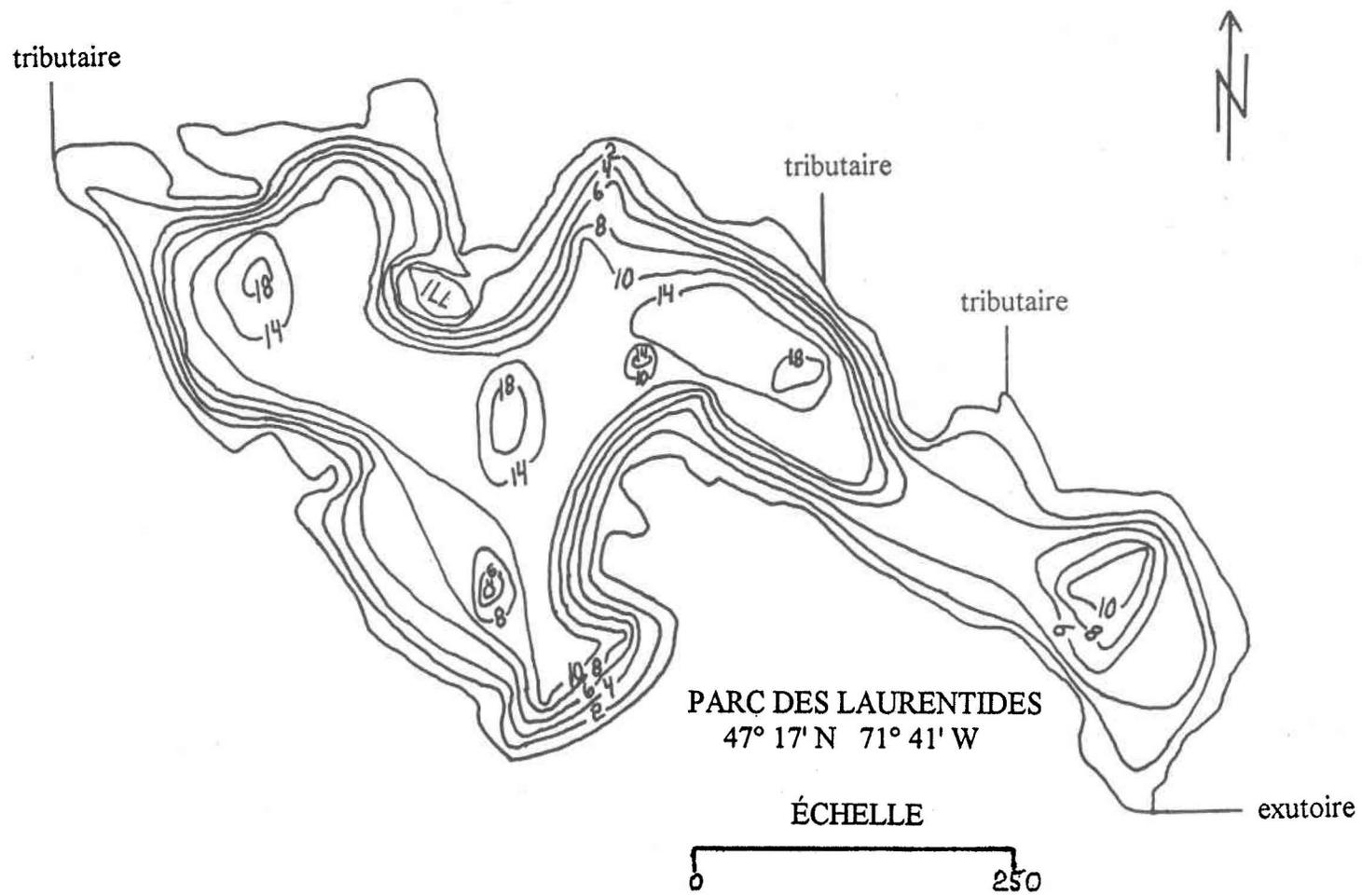


FIG. II-30. Carte bathymétrique du lac Tourilli.



II-31

FIG. II-31. Carte bathymétrique du lac Trépanier.

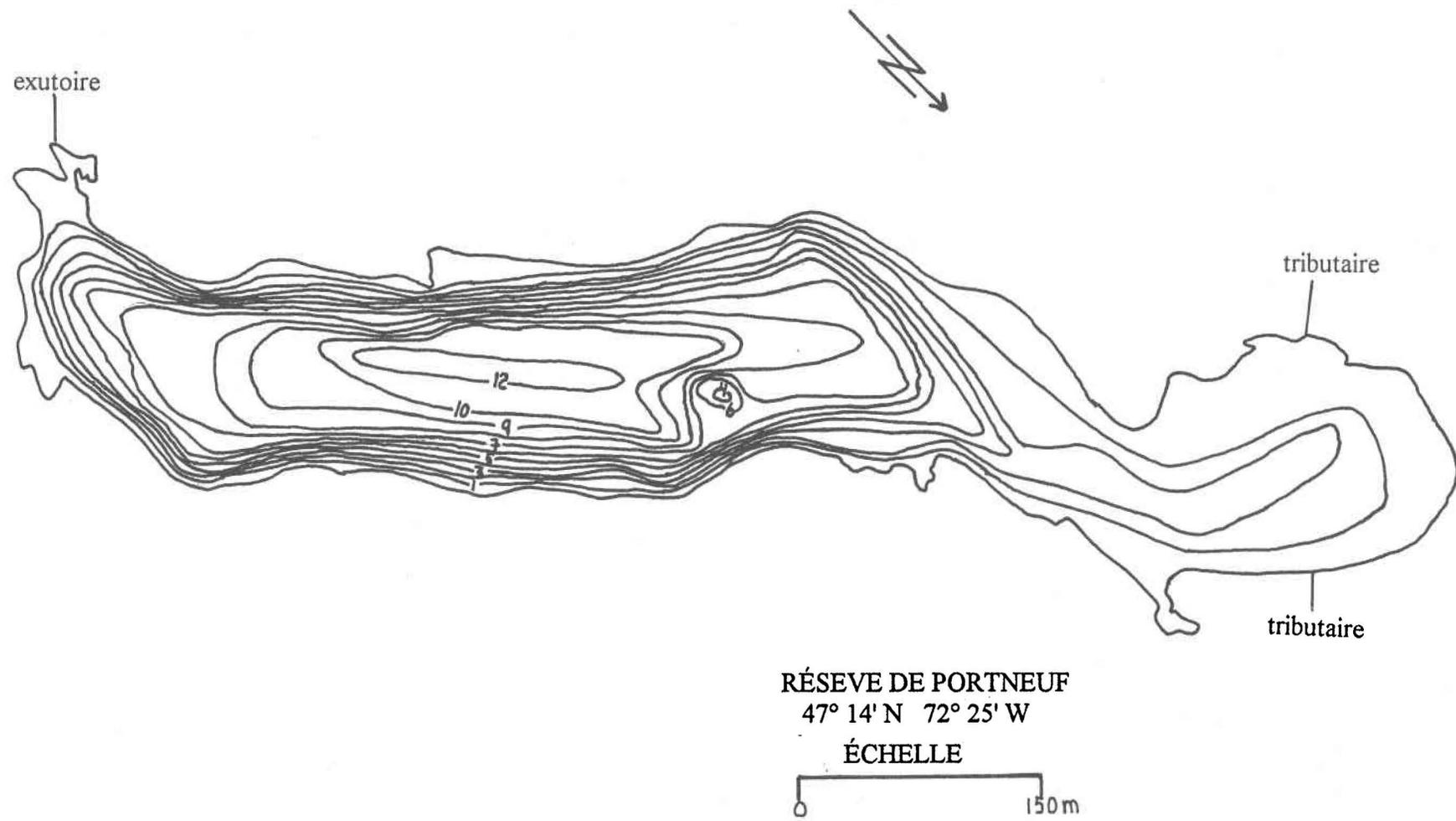


FIG. II-32. Carte bathymétrique du lac Turgeon.

TABLEAU IIa. VOLUME DES LACS

Lac Alexandre	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilimn. (m ³)
	0	516125	550000			2071742
	2	376078	400761.25	946832.6	35.01	
	4	251516	268023.83	664350.1	24.56	
	6	182517	194496.2	460559.4	17.03	
	8	105260	112168.56	302912.3	11.2	
	10	43706.69	46575.3	154015.4	5.69	
	14	22781.5	24276.72	139303.8	5.15	
	18	343.61	366.16	36832.51	1.36	
				2704806		

Lac Arcand	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilimn. (m ³)
	0	156372	140000			431377.3
	2	103391	92566.06	230936.5	24.88	
	4	86673.44	77598.81	169945	18.31	
	6	68911.44	61696.48	138991.7	14.97	
	8	58036.69	51960.3	113517.5	12.23	
	10	45493.36	40730.25	92462.95	9.96	
	14	22379.97	20036.81	119112.8	12.83	
	18	10470.56	9374.3	57488.35	6.19	
	18.8	5930.99	5310.02	5797.24	0.62	
				928252.1		

Lac Bédard	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilimn. (m ³)
	0	34508.92	44800			93740.92
	1	24859.65	32273.17	38365.78	20.56	
	2	20875.41	27100.78	29649.35	15.89	
	3	18775.68	24374.87	25725.79	13.78	
	4	16930.38	21979.28	23166.75	12.41	
	5	14680.61	19058.59	20501.59	10.99	
	6	12376.67	16067.58	17541.82	9.4	
	7	9885.7	12833.76	14420.42	7.73	
	8	6009.91	7802.16	10214.16	5.47	
	9	2784.51	3614.9	5575.93	2.99	
	10	92.14	119.62	1464.03	0.78	
				186625.6		

TABLEAU IIa. Suite

Lac Belle-Fontaine	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilmn. (m ³)
	0	186085	191000			794710.56
	2	133641	137170.81	326689.2	26.73	
	4	107041	109868.24	246534.6	20.18	
	6	84775.18	87014.32	196438.92	16.08	
	8	65620.24	67353.44	153948.71	12.6	
	10	48939.29	50231.91	117167.61	9.59	
	14	25857.76	26540.73	151047.38	12.36	
	17	380.68	390.73	30151.77	2.47	
				1221978.2		

Lac Casgrain	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilmn. (m ³)
	0	228563	200000			643482.28
	2	178501	156194.13	355292.82	21.91	
	4	151223	132325	288189.46	17.77	
	6	122295.31	107012.34	238889.91	14.73	
	8	105059	91930.01	198751.51	12.26	
	10	85522.49	74834.93	166472.11	10.27	
	14	56291.85	49257.19	246407.81	15.2	
	18	9454.96	8273.39	103623.74	6.39	
	22	2557.86	2238.21	19753.09	1.22	
	25	837.02	732.42	4250.99	0.26	
				1621631.4		

Lac au Cèdre	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilmn. (m ³)
	0	213413	210000			437230.69
	1	157160	154646.62	181619.01	40.22	
	2	127374	125336.98	139735.41	30.95	
	3	47215.05	46459.97	82702.17	18.32	
	4	21824.32	21475.29	33174.1	7.35	
	5	8298	8165.29	14294.21	3.17	
				451524.91		

TABLEAU IIa. Suite

Lac Clair	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilimn. (m ³)
	0	358349	350000			2171920.88
	2.5	312304	305027.78	818140.7	21.93	
	5	264385	258225.22	703254.7	18.85	
	7.5	225768	220507.94	597796.4	16.02	
	10	172591	168569.89	484896.4	13	
	12.5	128732	125732.74	366572.3	9.82	
	15	105910	103442.45	286016.2	7.67	
	17.5	72024.37	70346.31	215910.7	5.79	
	20	42968.63	41967.52	138873.8	3.72	
	22.5	21541.43	21039.54	77268.34	2.07	
	25	10771.63	10520.67	38698.38	1.04	
	26	153.06	149.49	3974.75	0.11	
				3731403		

Lac de Claire	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilimn. (m ³)
	0	278619	290000			1212091.1
	2	206672	215114.12	503253.5	42.23	
	4	153764	160044.94	373804.5	31.37	
	6	47622.06	49567.32	199119.8	16.71	
	8	23619.97	24584.8	72707.07	6.1	
	10	10336.12	10758.33	34404.21	2.89	
	12	257.67	268.19	8483.42	0.71	
				1191772		

Lac au Cochon	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilimn. (m ³)
	0	71992.92	60000			96159.26
	2	44485.1	37074.56	96159.26	39.6	
	4	34344.51	28623.24	65515.85	26.98	
	6	18995.16	15830.86	43827.31	18.05	
	8	9137.95	7615.71	22951.12	9.45	
	10	4507.35	3756.49	11147.25	4.59	
	12	260.93	217.46	3251.86	1.34	
				242852.7		

TABLEAU Ila. Suite

Lac du Cordon	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilmn. (m ³)
	"ILE"	1885.35	1711.55			332551.35
	"ILE"	173.35	157.37			
	0	209294	190000			
	2	158216	143630.68	332551.35	25.19	
	4	120192	109111.97	251953.21	19.09	
	6	96006.21	87155.77	195857.08	14.84	
	8	82168.34	74593.56	161586.47	12.24	
	10	66751.26	60597.72	134949.14	10.22	
	14	42344.79	38441.18	196404.36	14.88	
	17	1428.89	1297.17	46799.85	3.55	
				1320101.46		

Lac Delaney	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilmn. (m ³)
	0	497104	490000			2687417.22
	2.5	395347	389697.19	1097231.08	32.87	
	5	301892.8	297578.51	856510.66	25.66	
	7.5	197538.8	194715.82	610840.3	18.3	
	10	124418.29	122640.25	393239.68	11.78	
	12.5	76752.91	75656.05	245517.63	7.35	
	15	25347.09	24984.86	120098.32	3.6	
	16.5	659.99	650.56	14833.53	0.44	
				3338271.2		

Lac du Doute	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilmn. (m ³)
	0	53633.57	60000			140041.06
	1	43125.97	48245.12	54015.87	24.17	
	2	38560.61	43137.84	45667.67	20.43	
	3	33645.82	37639.65	40357.52	18.06	
	4	28516.64	31901.63	34731.12	15.54	
	5	21381.49	23919.52	27814.97	12.44	
	6	8281.85	9264.92	16023.7	7.17	
	7	1423.62	1592.61	4899.6	2.19	
				223510.45		

TABLEAU IIa. Suite

Lac Forget	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilimn. (m ³)
	0	247356	256000			1118906.11
	2	196277.1	203136.14	458118.3	29.25	
	4	159925.1	165513.73	368008.3	23.5	
	6	123741	128065.21	292779.5	18.69	
	8	78669.11	81418.24	207730.3	13.26	
	10	49026.63	50739.89	130954.8	8.36	
	14	5636.9	5833.88	98371.64	6.28	
	18	307.48	318.22	10019.51	0.64	
	19	61.8	63.96	174.95	0.01	
				<u>1566157</u>		

Lac Gérald	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilimn. (m ³)
	0	428017	426000			1399088.72
	2	349345	347698.74	772374.6	19.66	
	4	281554	280227.2	626714.1	15.95	
	6	231800	230707.66	510133.1	12.99	
	8	169745.4	168945.48	398052.7	10.13	
	10	136415.1	135772.22	304114	7.74	
	14	112153	111624.49	494005.9	12.57	
	18	91144.53	90715.01	403956.8	10.28	
	22	58816.89	58539.72	296169.9	7.54	
	26	9836.1	9789.75	123025	3.13	
				<u>3928546</u>		

Lac de la Hauteur	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilimn. (m ³)
	0	346807	330000			1327763.28
	2	258824	246280.84	574243	29.75	
	4	197365	187800.28	432762	22.42	
	6	141288	134440.88	320758.3	16.62	
	8	85147.12	81020.71	213219.2	11.05	
	10	56451.98	53716.2	133805	6.93	
	14	29319.27	27898.4	160435.1	8.31	
	18	10795.58	10272.4	73466.1	3.81	
	22	1233.14	1173.38	19890.11	1.03	
	24.5	384.08	365.47	1828.09	0.09	
				<u>1930407</u>		

TABLEAU Ila. Suite

Lac Laflamme	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilimn. (m ³)
	0	64816.65	60000			82880.91
	1	46367.94	42922.26	51223.34	42.73	
	2	23335.12	21601.05	31657.57	26.41	
	3	16795.64	15547.53	18491.53	15.42	
	4	10362.32	9592.28	12450.65	10.39	
	5	2863.34	2650.56	5761.71	4.81	
	5.3	32.5	30.08	296.3	0.25	
				119881.1		

Lac Maher	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilimn. (m ³)
	0	97138.88	100000			379482.31
	1	85379.85	87894.62	93882.25	21.16	
	2	78592.88	80907.75	84377.07	19.02	
	3	69002.49	71034.89	75917.8	17.11	
	4	63902.87	65785.06	68393.18	15.42	
	5	47091.35	48478.37	56912.01	12.83	
	6	27202.28	28003.49	37775.67	8.51	
	7	10138.23	10436.84	18512.06	4.17	
	8	5466.3	5627.3	7909.26	1.78	
				443679.3		

Lac Masson	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilimn. (m ³)
	0	244134	240000			985021.505
	2.5	181429.1	178356.92	521043.5	34.06	
	5	150199.4	147655.99	406912.5	26.6	
	7.5	101991.9	100264.84	307996.2	20.13	
	10	51368.22	50498.38	184932.9	12.09	
	12.5	18058.04	17752.26	81826.32	5.35	
	15	3020.61	2969.46	23318.5	1.52	
	17	940.19	924.27	3700.26	0.24	
				1529730		

TABLEAU IIa. Suite

Lac Michel	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilimn. (m ³)
	0	84667.44	90000			123742.16
	1	64103.65	68141.06	78817.53	53.55	
	2	23703.93	25196.86	44924.63	30.52	
	3	11723.92	12462.32	18459.85	12.54	
	4	255.67	271.77	4858.15	3.3	
	5	26.61	28.29	129.25	0.09	
				147189.4		

Lac Pussort	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilimn. (m ³)
	0	181076	150000			380192.16
	2	101590	84155.27	231005.8	37.36	
	4	78977.63	65423.61	149186.4	24.13	
	6	52086.88	43147.81	107801.5	17.44	
	8	32504.17	26925.86	69439.15	11.23	
	10	12380.1	10255.44	35865.77	5.8	
	14	2619.16	2169.66	22856.25	3.7	
	15.2	1644.86	1362.57	2100.65	0.34	
				618255.5		

Lac Richard	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilimn. (m ³)
	0	710219	660000			2860401.88
	2	542972.5	504579.35	1161107	20.71	
	4	452029.2	420066.6	923355.8	16.47	
	6	383878.3	356734.61	775939.2	13.84	
	8	321106.1	298400.94	654268.2	11.67	
	10	253338	235424.68	532583.1	9.5	
	14	176414	163939.91	794429.3	14.17	
	18	89114.94	82813.7	484362.3	8.64	
	22	27462.24	25520.4	205741.7	3.67	
	26	6919.25	6429.99	59680.53	1.06	
	29	3528.48	3278.99	14300.7	0.26	
				5605768		

TABLEAU IIa. Suite

Lac de la Rivière	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilmn. (m ³)
	0	434566	440000			1482157.12
	2	345598	349919.51	788201.8	28.03	
	4	249318.6	252436.14	599708.8	21.33	
	6	185001.9	187315.28	438135.3	15.58	
	8	141300.8	143067.72	329390.9	11.71	
	10	105633.7	106954.63	249148.4	8.86	
	14	52993.01	53655.66	315152.8	11.21	
	18	2963.3	3000.36	92458.73	3.29	
				2812197		

Lac de la Rivière(ZEC)	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilmn. (m ³)
	0	80838.22	90000			209355.7
	1	67020.06	74615.76	82187.8	29.69	
	2	58465.94	65092.16	69799.79	25.22	
	3	44888.96	49976.44	57368.11	20.72	
	4	18081.79	20131.08	33942.09	12.26	
	5	10041.25	11179.28	15437.35	5.58	
	6	6829.43	7603.45	9334.11	3.37	
	7	4251.98	4733.88	6112.27	2.21	
	8	890.14	991.02	2630.29	0.95	
				276811.8		

Lac Samson	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilmn. (m ³)
	0	201477	210000			716301.885
	2	164416	171371.22	380717.4	29.62	
	4	115672	120565.23	290451.5	22.6	
	6	78879.43	82216.23	201561.7	15.68	
	8	61828.26	64443.75	146299.7	11.38	
	10	46930.29	48915.57	113003.1	8.79	
	14	16720.54	17427.86	127387.9	9.91	
	17.5	810.8	845.1	25795.83	2.01	
				1285217		

TABLEAU II a. Suite

Lac Sioux	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilmn. (m ³)
	0	252140	250000			
	2	195317	193659.28	442462	21.05	800199.31
	4	165883	164475.09	357737.3	17.02	
	6	137082	135918.54	299940.2	14.27	
	8	117465	116468.03	252136.4	11.99	
	10	97063.45	96239.64	212386.3	10.1	
	14	61487.55	60965.68	311738.3	14.83	
	18	28546.78	28304.49	174414.1	8.3	
	21	8058.43	7990.04	51332.95	2.44	
				<u>2102147</u>		

Lac Tantaré	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilmn. (m ³)
	0	321927	330000			1569058.54
	2.5	218321	223795.86	687961.9	34.53	
	5	157659.7	161613.35	479657.6	24.08	
	7.5	97031.42	99464.69	323220.5	16.22	
	10	77475.32	79418.18	223134.1	11.2	
	12.5	56577.49	57996.29	171068.1	8.59	
	15	15797.57	16193.73	87363.33	4.39	
	17.5	1918.82	1966.93	19837.01	1	
				<u>1992242</u>		

Lac Petit Tantaré	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilmn. (m ³)
	0	33862.18	31000			111478.79
	1	28429.79	26026.79	28477.18	23.76	
	2	25273.4	23137.19	24567.82	20.5	
	3	20480.16	18749.09	20904.72	17.44	
	4	16677.69	15268.02	16978.79	14.17	
	5	11208.4	10261.02	12681.88	10.58	
	6	6223.95	5697.88	7868.4	6.57	
	7	3921.28	3589.84	4603.46	3.84	
	8	2086.85	1910.46	2706.37	2.26	
	9	271.85	248.87	949.62	0.79	
	10	15.41	14.11	107.41	0.09	
				<u>119845.7</u>		

TABLEAU IIa. Suite

Lac Tarbell	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilimn. (m ³)
	"ILE"	10030.6				327250.4
	"ILE"	1350.83				
	0	192060	200000			
	2	124620	129771.95	327250	37.24	
	4	79065.5	82334.2	210315	23.94	
	6	57114.4	59475.61	141192	16.07	
	8	34228.5	35643.53	94107.8	10.71	
	10	21345	22227.44	57345.4	6.53	
	14	3424.66	3566.24	46262.6	5.27	
	14.8	1869.82	1947.12	2172.93	0.25	
				<u>878646</u>		

Lac Tourilli	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilimn. (m ³)
	"ILE"	13988.1				5627842
	"ILE"	6144.3				
	"ILE"	1197.41				
	"ILE"	1417.73				
	0	1356190	1370000			
	2	965781	975615.93	2334485	17.48	
	4	799863	808007.87	1780993	13.34	
	6	698403	705514.77	1512365	11.33	
	8	542444	547967.47	1250169	9.36	
	10	463662	468383.93	1015311	7.6	
	14	378719	382575.65	1699028	12.72	
	18	312797	315982.19	1394995	10.45	
	22	226193	228496.31	1084241	8.12	
	26	125971	127253.76	701693	5.26	
	30	66041.8	66714.25	381476	2.86	
	34	33399.7	33739.78	197197	1.48	
				<u>1.3E+07</u>		

Lac Trépanier	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilimn. (m ³)
	0	225021	260000			843874.3
	2	179450	207345.09	466353	25.74	
	4	147793	170767.12	377521	20.83	
	6	117425	135678.84	305774	16.88	
	8	96486.5	111485.12	246768	13.62	
	10	69868.6	80729.48	191389	10.56	
	14	16640.6	19227.31	185807	10.25	
	18	2205.22	2548.01	38366.3	2.12	
				<u>1811979</u>		

TABLEAU IIa. Suite

Lac Turgeon	Strate (m)	Aire (m ²)	Aire Convertie pour 1:20000	Volume (m ³)	% des Strates	Vol. Épilmn. (m ³)
	0	116481	120000			256559.2
	1	88152.37	90815.53	105070	19.78	
	2	73046.18	75252.98	82912	15.61	
	3	60290.26	62111.69	68577	12.91	
	4	54512.77	56159.65	59111	11.13	
	5	48171.58	49626.89	52860	9.95	
	6	43372.72	44683.05	47133	8.87	
	7	34709.92	35758.54	40138	7.56	
	8	24008.09	24733.4	30077	5.66	
	9	16446.72	16943.59	20716	3.9	
	10	10977.51	11309.15	14032	2.64	
	11.7	2257.73	2325.94	10633	2	
				<u>531259</u>		

ANNEXE III

MATRICES DE CORRÉLATION DE PEARSON

Tableau III a. Variables du Bassin vs Chimiques. (30 lacs)

Variables	[doc]	[nh4]	[no3]	[pt]	[cha]§	[so4]	[ca]	[na]	[mg]	[k]	[fe]	ph	n
alt	-0.170	-0.120	0.278	-0.027	-0.256	0.822**	-0.511**	-0.350	-0.271	-0.499**	0.159	-0.152	-0.164
ab	-0.170	-0.232	0.278	-0.239	-0.361*	-0.244	-0.497**	-0.297	-0.374*	-0.141	-0.154	-0.337	-0.196
ad	-0.158	-0.235	0.280	-0.218	-0.367*	-0.239	-0.516**	-0.307	-0.393*	-0.165	-0.126	-0.363*	-0.176
dr	0.010	-0.224	0.112	-0.065	-0.230	-0.046	-0.358	-0.305	-0.271	-0.133	0.025	-0.375*	0.005
dd	0.347	-0.238	-0.124	0.089	0.044	0.311	-0.092	-0.144	-0.158	0.001	0.165	-0.351	0.322
perb	-0.154	-0.317	0.242	-0.233	-0.312	-0.181	-0.451*	-0.231	-0.355	-0.117	-0.159	-0.329	-0.180
lbv	-0.196	-0.264	-0.308	-0.256	-0.319	-0.207	-0.460**	-0.214	-0.338	-0.124	-0.198	-0.306	-0.212
p1	-0.612**	0.573**	0.737**	-0.475**	-0.688**	-0.080	-0.409*	-0.260	-0.567**	-0.023	-0.226	-0.107	-0.559**
pp1	-0.616**	0.544**	0.527**	-0.362*	-0.584**	-0.141	-0.346	-0.323	-0.489**	-0.075	-0.200	0.061	-0.546**
p2	-0.552**	0.452*	0.682**	-0.507**	-0.699**	-0.097	-0.496**	-0.364*	-0.644**	-0.222	-0.163	-0.269	-0.508**
pp2	-0.652**	0.528**	0.668**	-0.483**	-0.689**	-0.130	-0.533**	-0.479**	-0.663**	-0.221	-0.211	-0.264	-0.579**
p3§	-0.488**	0.424*	0.435*	-0.328	-0.346	0.067	0.003	-0.002	-0.183	0.072	-0.271	0.185	-0.421**
r1	0.252	-0.129	-0.085	0.198	-0.170	-0.242	-0.335	-0.207	-0.096	-0.303	0.230	-0.348	0.237
r2	0.098	-0.016	0.048	0.179	-0.118	-0.716**	-0.438*	-0.381*	-0.193	-0.475**	0.399*	-0.306	0.137
f	-0.101	0.076	-0.036	-0.182	0.144	0.729**	0.479**	0.362*	0.227	0.515**	-0.379*	0.313	-0.125
mar§§	0.309	-0.587**	-0.353	0.371*	0.461**	0.087	0.151	0.138	0.273	0.067	0.052	0.132	0.281

§ Variables transformées avec le LOG

§§ Variables transformées avec la racine carrée

** Significativement différent de zéro au niveau de 1%.

* Significativement différent de zéro au niveau de 5%.

Tableau III b. Variables Mixtes vs chimiques. (30 lacs)

Variables	[doc]	[nh4]	[no3]	[pt]	[cha]§	[so4]	[ca]	[na]	[mg]	[k]	[fe]	ph	n
tr	-0.265	0.021	0.151	-0.450*	-0.085	0.114	0.102	0.040	0.096	0.262	-0.354	0.123	-0.327
tre	-0.580**	0.151	0.297	-0.621**	-0.252	0.100	0.009	0.013	-0.064	0.082	-0.569**	0.164	-0.592**
als/vol§	0.178	0.059	-0.305	0.448*	0.272	-0.021	0.305	0.377*	0.282	-0.022	0.108	0.281	0.229
als/vole	0.672**	0.037	-0.462**	0.679**	0.424*	0.015	0.358	0.308	0.441*	0.151	0.552**	0.089	0.677**
ctp§	-0.031	-0.338	0.208	-0.189	-0.206	-0.046	-0.245	-0.001	-0.196	0.020	-0.191	-0.135	-0.087
ab/vol	0.279	-0.185	-0.256	0.487**	0.149	-0.044	0.131	0.235	0.099	0.038	0.244	0.032	0.285
ad/al	0.342	-0.180	-0.134	0.252	-0.010	0.230	-0.092	-0.041	-0.145	-0.212	0.303	-0.325	0.369*

§ Variables transformées avec le LOG

§§ Variables transformées avec la racine carrée

** Significativement différent de zéro au niveau de 1%.

* Significativement différent de zéro au niveau de 5%.

Tableau III c. Variables du Lac vs Chimiques. (30 lacs)

Variables	[doc]	[nh4]	[no3]	[pt]	[cha]§	[so4]	[ca]	[na]	[mg]	[k]	[fe]	ph	n
als§	-0.211	-0.313	0.229	-0.410*	-0.190	-0.098	-0.264	-0.035	-0.171	0.027	-0.396*	-0.071	-0.274
per§	-0.049	-0.293	0.039	-0.129	-0.123	-0.049	-0.279	-0.132	-0.198	-0.078	-0.103	-0.234	-0.072
lm	-0.238	-0.239	0.181	-0.392*	-0.242	-0.116	-0.397	-0.210	-0.360*	-0.169	-0.332	-0.274	-0.293
dl	0.095	-0.063	-0.089	0.195	-0.060	-0.149	-0.271	-0.300	-0.227	-0.183	0.282	-0.395*	0.141
zm	-0.183	-0.216	0.251	-0.418*	-0.190	0.002	-0.153	-0.157	-0.101	0.120	-0.221	-0.121	-0.253
zma	-0.139	-0.234	0.146	-0.402*	-0.206	-0.066	-0.283	-0.261	-0.206	-0.004	-0.215	-0.255	-0.222
zm/zma	-0.119	0.256	0.208	0.034	0.138	0.110	0.353	0.250	0.247	0.176	-0.039	0.373*	-0.046
vol§	-0.219	-0.274	0.272	-0.458**	-0.228	-0.068	-0.285	-0.132	-0.205	0.039	-0.345	-0.133	-0.286
vole§	-0.403*	-0.250	0.351	-0.560**	-0.312	-0.086	-0.322	-0.115	-0.273	-0.027	-0.505**	-0.074	-0.453
sse	-0.392*	-0.259	0.285	-0.466**	-0.271	-0.157	-0.319	-0.038	-0.239	-0.060	-0.546**	-0.018	-0.430*
qs§	0.160	-0.249	0.033	0.280	-0.106	-0.239	-0.240	-0.145	-0.164	-0.132	0.333	-0.273	0.190
te	0.111	0.169	-0.351	0.084	0.161	0.784**	0.565**	0.451*	0.314	0.464**	-0.141	0.292	0.073
sec	-0.876**	0.298	0.656**	-0.771**	-0.758**	-0.074	-0.405*	-0.303	-0.481**	-0.072	-0.654**	-0.046	-0.871**

* Variables transformées avec le LOG

** Variables transformées avec la racine carrée

§ Significativement différent de zéro au niveau de 1%.

§§ Significativement différent de zéro au niveau de 5%.

Tableau III d. Variables du Lac vs Mixtes. (30 lacs)

Variables	tr	tre	als/vol§	als/vole	ctp§	ab/vol	ad/al
als§	0.507**	0.421*	-0.613**	-0.551**	0.625**	-0.433*	-0.234
per§	0.086	0.138	-0.431*	0.105	-0.206	0.009	0.627**
lm	0.361*	0.340	-0.534**	-0.556**	0.438*	-0.368*	-0.127
dl	-0.280	-0.201	-0.092	-0.095	-0.252	0.131	0.187
zm	0.735**	0.511**	-0.931**	-0.595**	0.403*	-0.623**	-0.137
zma	0.640**	0.417*	-0.859**	-0.555**	0.501**	-0.565**	-0.119
zm/zma	0.006	0.063	0.199	0.078	-0.403*	-0.003	-0.109
vol§	0.608**	0.474**	-0.800**	-0.632**	0.589**	-0.555**	-0.204
vole§	0.536**	0.545**	-0.691**	-0.756**	0.586**	-0.483**	-0.229
sse	0.356	0.405*	-0.384*	-0.562**	0.587**	-0.312	-0.287
qs§	-0.597**	-0.588**	0.040	-0.013	0.386*	0.649**	0.528**
te	0.095	0.164	0.250	0.158	-0.294	0.015	-0.004
sec	0.284	0.586**	-0.191	-0.594**	0.081	-0.203	-0.321

§ Variables transformées avec le LOG

§§ Variables transformées avec la racine carrée

** Significativement différent de zéro au niveau de 1%.

* Significativement différent de zéro au niveau de 5%.

Tableau III e. Variables du bassin vs Mixtes. (30 lacs)

Variables	tr	tre	als/vol§	als/vole	ctp§	ab/vol	ad/al
alt	-0.135	-0.190	-0.099	-0.018	0.179	0.038	-0.010
ab	0.081	0.018	-0.503**	-0.505**	0.734**	-0.035	0.054
ad	0.024	-0.017	-0.490**	-0.504**	0.721**	-0.001	0.123
dr	-0.170	-0.245	-0.437*	-0.361**	0.567**	0.088	0.402*
dd	-0.244	-0.381*	-0.360*	-0.107	0.422*	0.075	0.679**
perb	0.060	0.004	-0.521**	-0.537**	0.737**	-0.022	0.121
lbv	0.138	0.091	-0.531**	-0.546**	0.709**	-0.082	0.090
p1	-0.007	0.249	-0.010	-0.239	-0.136	-0.118	-0.140
pp1	-0.092	0.191	0.172	-0.158	-0.328	-0.049	-0.152
p2	0.008	0.199	-0.306	-0.450*	0.230	-0.146	0.000
pp2	-0.062	0.185	-0.160	-0.440*	0.062	-0.111	-0.043
p3§	-0.009	0.213	0.251	-0.012	-0.410*	-0.150	-0.083
mar§§	-0.265	-0.322	-0.040	-0.111	0.324	0.256	0.212
r1	-0.411*	-0.450*	0.297	0.394*	0.063	0.343	0.295
r2	-0.260	-0.378*	0.078	0.262	0.028	0.111	0.046
f	0.343	0.444*	-0.114	-0.255	-0.104	-0.208	-0.112

§ Variables transformées avec le LOG

§§ Variables transformées avec la racine carrée

** Significativement différent de zéro au niveau de 1%.

* Significativement différent de zéro au niveau de 5%.

Tableau III f. Variables du bassin vs Lac. (30 lacs)

Variables	als§	per§	lm	dl	zm	zma	zm/zma	vol§	vole§	sse	qs§	te	sec
alt	0.059	-0.029	0.126	0.083	0.130	0.175	-0.134	0.085	0.063	0.007	0.345	-0.845**	0.063
ab	0.753**	0.573**	0.657**	0.310	0.514**	0.623**	-0.415*	0.737**	0.745**	-0.417*	0.463**	-0.367*	0.185
ad	0.723**	0.602**	0.637**	0.361*	0.486**	0.585**	-0.398*	0.709**	0.722**	-0.419*	0.514**	-0.366*	0.171
dr	0.446*	0.536**	0.380*	0.463**	0.390*	0.453*	-0.312	0.481**	0.451*	-0.395*	0.620**	-0.231	0.011
dd	0.211	0.348	0.219	0.272	0.254	0.328	-0.342	0.273	0.178	-0.314	0.398*	-0.026	-0.308
perb	0.778**	0.654**	0.721**	0.368*	0.525**	0.636**	-0.453*	0.761**	0.771**	-0.431*	0.493**	0-0.359	0.127
lbv	0.759**	0.582**	0.767**	0.293	0.552**	0.673**	-0.429*	0.753**	0.768**	-0.427*	0.417*	-0.404*	0.156
p1	-0.135	-0.117	-0.094	-0.103	-0.010	-0.209	0.255	-0.110	-0.002	-0.069	-0.094	-0.048	0.662**
pp1	-0.366*	-0.293	-0.271	-0.096	-0.256	-0.325	0.252	-0.342	-0.214	0.112	-0.128	0.001	0.654**
p2	0.162	0.087	0.158	-0.023	0.180	0.133	0.013	0.213	0.291	-0.309	0.110	-0.208	0.615**
pp2	-0.054	-0.090	-0.013	-0.042	0.039	-0.014	0.106	0.002	0.114	-0.184	0.067	-0.183	0.715**
p3§	-0.455*	-0.481**	-0.451*	-0.339	-0.266	-0.405*	0.409*	-0.427*	-0.330	0.250	-0.332	0.102	0.471**
mar§§	0.218	0.344	0.114	0.172	0.047	0.044	-0.113	0.177	0.177	-0.031	0.359	-0.051	-0.331
r1	-0.308	-0.254	-0.201	-0.001	-0.299	-0.194	-0.128	-0.331	-0.355	0.355	0.323	-0.332	-0.114
r2	-0.211	-0.259	-0.165	0.058	-0.075	-0.011	-0.080	-0.181	-0.247	0.184	0.326	-0.738**	-0.136
f	0.185	0.216	0.125	-0.067	0.117	0.037	0.133	0.175	0.228	-0.202	-0.389*	0.738**	0.148

§ Variables transformées avec le LOG

§§ Variables transformées avec la racine carrée

** Significativement différent de zéro au niveau de 1%.

* Significativement différent de zéro au niveau de 5%.

Tableau III g. Variables du Bassin. (30 lacs)

Variables	alt	ab	ad	dr	dd	perb	lbv	p1	pp1	p2	pp2	p3§	r1	r2	f	mar§§	
alt	1.000	0.272	0.269	0.104	-0.167	0.215	0.287	0.187	0.186	0.241	0.234	-0.005	0.505**	0.846**	-0.863**	-0.132	
ab		1.000	0.995**	0.834**	0.389*	0.965**	0.891**	-0.101	-0.248	0.320	0.179	-0.554**	-0.190	0.085	-0.138	0.317	
ad			1.000	0.861**	0.424*	0.968**	0.894**	-0.085	-0.243	0.332	0.188	-0.552**	-0.003	0.083	-0.143	0.339	
dr				1.000	0.713**	0.830**	0.712**	-0.241	-0.329	0.209	0.099	-0.549**	-0.006	0.042	-0.085	0.404*	
dd					1.000	0.465**	0.371*	-0.343	-0.458*	0.067	-0.107	-0.431*	-0.021	-0.125	0.095	0.408*	
perb						1.000	0.935**	-0.156	-0.341	0.263	0.088	-0.587**	-0.097	0.008	-0.073	0.357	
lbv							1.000	-0.096	-0.314	0.254	0.080	-0.528**	0.012	0.065	-0.106	0.266	
p1								1.000	0.881**	0.784**	0.840**	0.711**	0.050	0.042	-0.020	-0.422*	
pp1									1.000	0.596**	0.819**	0.825**	0.114	0.135	-0.086	-0.453*	
p2										1.000	0.897**	0.365*	-0.038	0.112	-0.108	-0.203	
pp2											1.000	0.561**	0.023	0.146	-0.123	-0.226	
p3§												1.000	0.004	0.023	0.057	-0.443*	
r1													1.000	0.654**	-0.056	0.696**	
r2														1.000	-0.972**	-0.207	
f															1.000	0.136	
mar§§																	1.000

§ Variables transformées avec le LOG

§§ Variables transformées avec la racine carrée

** Significativement différent de zéro au niveau de 1%.

* Significativement différent de zéro au niveau de 5%.

Tableau III h. Variables du Lac. (30 lacs)

Variables	als§	per§	lm	dl	zm	zma	zm/zma	vol§	vole§	sse	qs§	te	sec
als§	1.000	0.627**	0.843**	0.035	0.670**	0.774**	-0.458**	0.963**	0.960**	0.927**	-0.081	-0.190	0.176
per§		1.000	0.682**	0.715**	0.367*	0.431*	-0.357	0.610**	0.622**	0.560**	0.211	-0.081	0.009
lm			1.000	0.233	0.538**	0.740**	-0.565**	0.813**	0.833**	0.818**	-0.083	-0.192	0.163
dl				1.000	-0.011	0.017	-0.102	0.048	0.045	0.005	0.507**	-0.134	-0.158
zm					1.000	0.906**	-0.161	0.835**	0.723**	0.450*	-0.061	-0.263	0.176
zma						1.000	-0.519**	0.883**	0.786**	0.617**	-0.082	-0.293	0.155
zm/zma							1.000	-0.404*	-0.379*	-0.498**	-0.050	0.164	-0.033
vol§								1.000	0.958**	0.828**	-0.075	-0.233	0.195
vole§									1.000	0.908**	-0.068	-0.201	0.364*
sse										1.000	-0.095	-0.203	0.342
qs§											1.000	-0.416*	-0.152
te												1.000	-0.037
sec													1.000

§ Variables transformées avec le LOG

§§ Variables transformées avec la racine carrée

** Significativement différent de zéro au niveau de 1%.

* Significativement différent de zéro au niveau de 5%.

Tableau III i. Variables Mixtes. (30 lacs)

Variables	tr	tre	als/vol§	als/vole	ctp§	ab/vol	ad/al
tr	1.000	0.854**	-0.625**	-0.371*	0.024	-0.751**	-0.562**
tre		1.000	-0.441*	-0.573**	-0.097	-0.653**	-0.547**
als/vol§			1.000	0.655**	-0.333	0.681**	0.072
als/vole				1.000	-0.313	0.435*	0.120
ctp§					1.000	0.159	0.253
ab/vol						1.000	0.402*
ad/al							1.000

§ Variables transformées avec le LOG

§§ Variables transformées avec la racine carrée

** Significativement différent de zéro au niveau de 1%.

* Significativement différent de zéro au niveau de 5%.

ANNEXE IV
DONNÉES PHYSIQUES ET CHIMIQUES
DES BASSINS ET DES LACS

Tableau IV a. Coordonnées, géologie et géomorphologie des bassins versants

Identification	Carte Topo 1:20 000	Coordonnées Géographiques	Géologie	Géomorphologie
Alexandre	21 M4/S-O	7°02' N 71°58'	Migmatite	*, R, IA, IAR
Arcand	31 P1/N-O	7°14' N 72°23'	Gabbro Metagabbro Amphibolite	IA, 2BE, 7
Bédard	21M6/S-E	7°16' N 71°07'	Gneiss charnockitiques	IA, IAR
Belle-Fontaine	21 M6/N-E	7°23' N 71°07'	Mangérite	*, IA, IAR
Casgrain	31P8/S-O	7°15' N 72°24'	Gabbro Metagabbro Amphibolite	IA, IAR, 2BE, 7
au Cèdre	21L13/N-O	6°54' N 71°43'	Complexe gneissique	*, IA, IAR, 2BE
Clair	21L13/N-E	6°57' N 71°40'	Complexe gneissique	*, IA, IAR
de Claire	21L13/N-E	6°59' N 71°41'	Complexe gneissique	*, IA, IAR
au Cochon	31 I16/N-E	6°59' N 72°03'	Granite avec pegmatite	IA, IAR
du Cordon	31P1/S-E	7°04' N 72°03'	Migmatite	*, IA, IAR
Delaney	21M4/S-O	7°03' N 71°55'	Mangérite Migmatite	*, R, IA, IAR
du Doute	31P1/N-O	7°13' N 72°25'	Gabbro Métagabbro Amphibolite	*, IAR, 2BE
Forget	21M5/S-E	7°19' N 71°36'	Mangérite	*, IA, IAR, 2BE, Esker
Gérald	31P8/S-O	7°20' N 72°28'	Migmatite	*, IA, IAR
de la Hauteur	31P1/S-E	7°01' N 72°00'	Granite avec pegmatite	*, IA, IAR
Laflamme	21M6/S-E	7°19' N 71°07'	Gneiss charnockitiques	IA, IAR

Légende de la Géomorphologie
* - substratum rocheux
R- affleurement rocheux (moins de 25cm de matériel meuble recouvre le substratum)
IA- Till indifférencié (épaisseur moyenne supérieure à 1m)
IAR- Till indifférencié mince (épaisseur moyenne 25cm à 1m)
2A- Dépôts juxta-glaciaires (constitués de sables, gravier, cailloux, etc.)
2BE- Epandage (dépôts pro- glaciaires composés de sable, gravier et cailloux émoussés)
7- Dépôts organiques (constitués d'une accumulation de matière organique plus ou moins décomposés)
Esker- Idem à 2A

Tableau IV a. Suite.

Identification	Carte Topo 1:20 000	Coordonnées Géographiques	Géologie	Géomorphologie
Maher	21L13/N-E	46°56' N 71°41'	Complexe gneissique	*, IA, IAR
Masson	21M4/S-O	47°02' N 71°59'	Migmatite Granite avec pegmatite	*, R, IA, IAR, 2A, Esker
Michel	21M4/S-E	47°02' N 71°32'	Complexe gneissique	*, R, IA, IAR, Esker
Pussort	31P1/S-E	47°02' N 72°04'	Granite avec pegmatite	*, IA, IAR
Richard	21M5/S-E	47°18' N 71°40'	Mangérite	*, R, IA, IAR, 2BE
de la Rivière	31P8/S-O	47°17' N 72°22'	Migmatite	IA, IAR
Rivière(ZEC)	31P8/S-O	47°18' N 72°22'	Migmatite	IA, IAR
Samson	31P8/S-O	47°15' N 72°16'	Granite avec pegmatite Gabbro Métagabbro Amphibolite	*, IA, IAR
Sioux	21M5/S-E	47°19' N 71°39'	Mangérite	*, IA, IAR, 2BE
St-Jacques	21M6/N-E	47°28' N 71°07'	Mangérite	*, IA, IAR
Tantaré	21M4/S-E	47°03' N 71°32'	Mangérite Complexe gneissique Compl. charnockitique	*, R, IA, IAR, Esker
petit Tantaré	21M4/S-E	47°03' N 71°32'	Complexe gneissique	*, IAR, Esker
Tarbell	31P8/S-O	47°18' N 72°27'	Migmatites	*, IA, 2BE
Tourilli	21M5/S-E	47°21' N 71°39'	Mangérite	*, IA, IAR, Esker
Trépanier	21M5/S-E	47°17' N 71°41'	Mangérite	*, Ia, IAR, 2BE, Esker
Turgeon	31P1/N-O	47°14' N 72°25'	Gabbro Métagabbro Amphibolite	*, IA, IAR

Tableau IV b. Peuplements forestiers recouvrant les bassins versants.

Identification	%Réinsoux	%Fauillu	%Marais	% CT	% CT(10)	% CP + CB	% EL	% ES	% BR	% CHP	% CH
Alexandre	32.11	55.01	0.56		1.38	10.94					
Arcand	45.39	52.27	2.34								
Bédard	29.52	15.64			53.99		0.85				
Belle-Fontaine	83.73	12.87	3.4								
Casgrain	39.23	57.4	3.37								
au Cèdre	40.31	55.53	4.16								
Clair	17.19	82.81									
de Claire	25.56	74.07	0.37								
au Cochon	66.26	33.74									
du Cordon	45.81	54.19									
Delaney	41.65	53.29	0.46		2.14						
du Doute	58.02	41.98									
Forget	41.57	23.02					22.28	13.02			
Gérald	34.23	63.61	2.16								
de la Hauteur	45.5	54.5									
Laflamme	77.37	16.59		1.43						4.61	
Maher	21.39	78.62									
Masson	36.58	48.59				14.83					
Michel	44.8	42.55		8.54		4.1					
Puesort	53.49	32.28	0.57	13.05		0.6					
Richard	47.2	40.59	1.56				7.02	3.63			
de la Rivière	27.05	62.29	5.93		0.89				0.89		
Rivière(ZEC)	30.16	60.03	3.59		2.07					4.01	
Samson	44.42	54.51	1.07								
Sioux	30.26	25.91	1.0				22.29	15.54			
St-Jacques	83.46	12.19	4.35								
Tenteré	53.59	39.92	2.49			1.55	1.04			1.04	0.37
petit Tenteré	57.92	42.08									
Tarbell	53.26	46.46	0.28								
Tourilli	45.1	24.86					25.61	4.41			
Trépanier	47.47	21.71	1.49				28.06	1.27			
Turgeon	42.82	53.14	4.04								

LEGENDE
CT = Coupe Totale
CT(10) = Coupe Totale, 10 ans
CP = Coupe Partielle
CB = Coupe par Bande
EL = Epidémie Légère
ES = Epidémie Sévère
BR = Brûlis
CH = Chablis Totale
CHP = Chablis Partielle

Tableau IV c. Propriétés physiques et morphométriques des bassins versants

Identification	Altitude (m)	Aire bassin (km ²)	Aire drainage (km ²)	Ratio Ad/AI	Drainage (km)	Dens. drain. (km . km ²)	CTP (m)	Résineux 1 (%)	Résineux 2 (%)	Feuillus (%)	Marais (%)
Alexandre	475	4.516	3.905	6.39	3.64	0.81	0.66	32.11	32.11	55.01	0.56
Arcand	321	1.001	0.858	6	0.89	0.89	0.31	45.39	45.39	52.27	2.34
Bédard	678	0.266	0.219	4.66	0	0	0.14	29.52	84.36	15.64	0
Belle-Fontaine	898	3.305	3.017	10.48	2.15	0.65	1.26	83.73	83.73	12.87	3.4
Casgrain	326	3.341	3.143	15.87	7.87	2.36	1.00	39.23	39.23	57.4	3.37
au Cèdre	225	1.789	1.576	7.4	0.77	0.43	0.60	40.31	40.31	55.53	4.16
Clair	250	1.675	1.323	3.76	0	0	0.43	17.19	17.19	82.81	0
de Claire	275	2.027	1.74	6.06	1.07	0.53	0.39	25.56	25.56	74.07	0.37
au Cochon	330	0.84	0.78	13	1.48	1.76	0.42	66.26	66.26	33.74	0
du Cordon	380	1.368	1.18	6.28	1.14	0.83	0.46	45.81	45.81	54.19	0
petit Delaney	475	3.378	3.195	5.88	1.6	0.43	0.58	41.65	41.65	53.29	0.46
du Doute	366	0.307	0.248	4.2	0	0	0.13	58.02	58.02	41.98	0
Forget	669	1.784	1.464	4.58	1.24	0.7	0.50	41.57	76.87	23.02	0
Gérald	354	3.922	3.06	3.55	3.92	1	0.67	34.23	34.23	63.61	2.16
de la Hauteur	429	2.836	2.502	7.49	3.22	1.14	0.37	45.5	45.5	54.5	0
Laflamme	771	0.684	0.616	9.06	0	0	0.42	77.37	77.37	16.59	0
Maher	235	0.768	0.669	6.76	0.46	0.6	0.39	21.39	21.39	78.62	0
Masson	434	3.321	3.086	13.13	3.58	1.08	0.88	36.58	36.58	48.59	0
Michel	406	1.232	1.138	12.11	0.68	0.55	0.85	44.8	44.8	42.55	0
Pussort	381	2.54	2.279	8.73	1.64	0.65	0.74	53.49	53.49	32.28	0.57
Richard	668	4.962	4.207	5.57	2.81	0.57	0.46	47.2	57.85	40.59	1.56
de la Rivière	327	3.47	3.03	6.89	3.82	1.1	0.47	27.05	27.94	62.29	5.93
Rivière (ZEC)	326	1.96	1.72	7.17	1.31	0.67	0.88	30.16	30.16	60.03	3.59
Samson	314	3.112	2.898	13.54	3.85	1.24	0.96	44.42	44.42	54.51	1.07
Sioux	668	2.102	1.854	7.48	1.72	0.82	0.62	30.26	68.09	25.91	1
St-Jacques	859	6.58	6.203	16.45	5.56	0.84	1.12	83.46	83.46	12.19	4.35
Tantaré	451	6.85	5.966	6.75	8.43	1.23	1.63	53.59	54.63	39.92	2.49
petit Tantaré	462	0.266	0.235	7.58	0	0	0.20	57.92	57.92	42.08	0
Tarbell	354	1.268	1.059	5.07	0.35	0.27	0.37	53.26	53.26	46.46	0.28
Tourilli	666	6.736	5.282	3.63	3.72	0.55	4.00	45.1	75.12	24.86	0
Trépanier	667	7.133	6.498	10.23	9.5	1.33	0.66	47.47	76.8	21.71	1.49
Turgeon	375	1.338	1.207	9.21	1.55	1.16	0.49	42.82	42.82	53.14	4.04

Tableau IV c. Suite

Identification	Périm. bassin (km)	Long. bassin (km)	Précipitations (m)	Ab/vol (m-1)	Nbre de tributaire(s)	Pente 1 (%)	Pente 1 pond. (%)	Pente 2 (%)	Pente 2 pond. (%)	Pente3 (%)
Alexandre	10.42	2.47	0.741	1.67	4	17.51	15.33	16.14	16.03	8.15
Arcand	5.04	1.69	0.741	1.08	1	7.59	6.97	7.59	7.61	8.89
Bédard	2.81	0.92	1.008	1.42	0	17.4	18.8	17.46	18.06	17.16
Belle-Fontaine	8.9	3.04	1.008	2.71	1	18.6	15.49	16.18	16.22	13.02
Casgrain	8.74	2.42	0.741	2.06	3	6	6.04	11.29	11.35	7.95
au Cèdre	6.93	2.05	0.852	3.96	1	8.62	8.84	8.11	8.5	12.88
Clair	6.28	1.98	0.852	0.45	0	14.66	12.96	13.71	12.41	14.56
de Claire	6.89	1.39	0.852	1.70	1	19.16	19.82	16.02	16.96	23.26
au Cochon	4.07	1.07	0.741	3.46	3	14	12.86	16.09	14.19	12.41
du Cordon	5.34	1.65	0.741	1.04	1	21.47	16.46	14.94	13.71	16.17
petit Delaney	8.15	2.62	0.741	1.01	2	25.71	18.64	22.79	22.3	12.98
du Doute	2.25	0.71	0.741	1.38	0	11.37	12.85	9.41	10.58	9.82
Forget	6.17	1.52	1.008	1.14	2	14.77	15.29	15.55	15.04	13.60
Gérald	9.55	2.27	0.741	1.00	6	8.68	7.25	12.4	11.77	5.93
de la Hauteur	9.9	3.45	0.741	1.47	5	12.57	9.8	13.16	11.92	7.84
Laflamme	3.17	1.05	1.008	5.70	0	13.49	14.05	9.86	10.05	13.56
Maher	4.15	1.48	0.852	1.73	1	21.27	17.73	17.43	18.29	22.09
Masson	9.34	2.62	0.741	2.17	4	13.27	10.41	12.89	11.48	9.15
Michel	12.08	3.5	0.741	8.38	2	24.35	25.02	21.46	28.48	28.57
Pussort	7.9	2.03	0.741	4.11	2	14.52	12.03	15.53	14.65	9.01
Richard	10.03	3.06	1.008	0.89	4	14.32	13.98	14.69	14.43	8.70
de la Rivière	8.49	1.88	0.741	1.23	2	8.51	7.17	10.33	9.99	7.28
Rivière (ZEC)	6.62	1.75	0.741	7.08	2	10.77	9.93	10.3	10.51	5.96
Samson	8.1	1.91	0.741	2.42	3	13.65	12.24	15.64	15.03	9.96
Sioux	7.65	1.99	1.008	1.00	1	13.84	9.68	13.88	13.85	12.33
St-Jacques	5.06	1.64	1.008	32.41	3	11.79	11.13	11.93	11.99	7.58
Tantaré	12.8	3.29	0.741	3.44	2	18.37	15.09	22.22	21.98	9.66
petit Tantaré	2.21	0.78	0.741	2.22	0	23.73	30.69	15.62	24.96	35.67
Tarbell	4.55	1.5	0.741	1.44	1	7.94	6.11	6.4	5.9	6.55
Tourilli	12.76	3.65	1.008	0.50	3	11.25	10.17	15.46	15.61	7.72
Trépanier	15.18	3.69	1.008	3.94	3	11.41	10.07	13.97	14.18	5.25
Turgeon	5.62	1.49	0.741	2.52	2	12.56	11.08	14.96	14.58	10.35

Tableau IV d. Propriétés physiques et morphométriques des lacs.

Identification	Aire du lac (km ²)	Périm. lac (km)	Long. max. lac (km)	Nbre d'autre(s) lac(s)	Aire autre(s) lac(s) (km ²)	Dévelop. du rivage	Prof. moy. (m)	Prof. max. (m)	Ratio zm/zma	Prof. épilm.* (m)	Secchi** (m)
Alexandre	0.55	5.88	1.7	1	0.061	2.24	4.92	18.2	0.27	6	6.32
Arcand	0.14	2.73	0.75			2.06	6.63	18.8	0.35	3	2.9
Bédard	0.045	1.56	0.34			2.07	4.16	10	0.42	3	3.52
Belle-Fontaine	0.191	2.39	1.03	1	0.097	1.54	6.39	17	0.38	5	4.72
Casgrain	0.2	3.13	0.9			1.97	8.11	25	0.32	4	2.97
au Cèdre	0.21	2.62	0.83			1.61	2.15	5.2	0.41	4	1.88
Clair	0.35	3.11	1.05			1.48	10.66	26	0.41	6	8.47
de Claire	0.29	4.48	1.12			2.35	4.11	12.3	0.33	6	7.73
au Cochon	0.06	1.87	0.5			2.15	4.05	12.5	0.32	2	2.28
du Cordon	0.19	2.54	0.81			1.64	6.95	17	0.41	2	3.48
petit Delaney	0.49	5.47	1.42	1	0.053	2.2	6.81	16.5	0.41	6	8.15
du Doute	0.06	1.91	0.56			2.2	3.72	7	0.53	3	3.64
Forget	0.256	2.95	0.92	1	0.064	1.64	6.12	19	0.32	6	6.05
Gérald	0.426	4.56	1.38	2	0.111	1.97	9.22	26.2	0.35	4	3.6
de la Hauteur	0.33	6.71	2.31			3.3	5.85	24.5	0.24	6	5.85
Laflamme	0.06	1.45	0.4			1.67	2	5.3	0.38	2	4.3
Maher	0.1	1.72	0.56			1.53	4.44	8.6	0.52	5	5.51
Masson	0.24	3.49	1.37			2.01	6.38	17	0.38	4	4.45
Michel	0.09	1.34	0.47			1.26	1.63	4.7	0.35	2	3.08
Pussort	0.15	3.08	1.09	2	0.111	2.24	4.12	15.2	0.27	4	4.55
Richard	0.66	9.05	2.13	3	0.095	3.14	8.49	29	0.29	6	3.82
de la Rivière	0.44	6.42	1.38	1	0.011	2.73	6.39	18.5	0.35	3	3.5
Rivière (ZEC)	0.09	1.95	0.73	1	0.15	1.83	3.08	8.4	0.37	3	3.35
Samson	0.21	3.03	1.08			1.87	6.12	17.5	0.35	3	2.6
Sioux	0.25	2.97	1.15			1.68	8.41	21	0.40	4	3.95
St-Jacques	0.29	5.55	1.6	2	0.087	2.91	0.7	1	0.70	0	0.7
Tantaré	0.33	3.67	1	3	0.554	1.8	6.04	18	0.34	6	9.58
petit Tantaré	0.031	1.17	0.36			1.87	3.87	10.2	0.38	6	9.63
Tarbell	0.21	2.86	0.73			1.76	4.19	14.8	0.28	2	1.87
Tourilli	1.39	10.5	1.89	1	0.064	3.49	9.61	34	0.28	6	6.02
Trépanier	0.26	9.86	1.1	4	0.375	5.45	6.97	18	0.39	4	2.98
Turgeon	0.12	2.44	0.93	1	0.12	1.99	4.43	11.7	0.38	3	2.5

* Moyenne de juillet et août

** Moyenne de tous les échantillonnages

Tableau IV d. Suite.

Identification	Volume (x 10 ³ m ³)	Vol. épilm. (x 10 ³ m ³)	Temps résid. (jours)	Temps résid. épilm. (jours)	Extinc. lumin. ** (n .m -1)	T° épilm.* (° C)	als/vol (m-1)	als/voie (m-1)	SSE (m-1)	QS (m .an-1)
Alexandre	2705	2072	295	226	0.476	17.8	0.20	0.27	0.172	6.08
Arcand	928	431	457	212	1.078	18	0.15	0.32	0.128	5.30
Bédard	187	94	255	128	0.957	17.2	0.24	0.48	0.213	5.96
Belle-Fontaine	1221	795	134	87	0.773	14.6	0.16	0.24	0.117	17.44
Casgrain	1622	644	239	95	1.088	17.9	0.12	0.31	0.106	12.38
au Cèdre	452	437	108	105	1.255	18.8	0.46	0.48	0.432	7.26
Clair	3731	2172	954	556	0.355	18.8	0.09	0.16	0.051	4.08
de Claire	1192	1076	252	225	0.349	18.2	0.24	0.27	0.223	5.96
au Cochon	243	96	142	56	1.765	17.5	0.25	0.63	0.240	10.37
du Cordon	1320	333	475	120	0.997	19	0.14	0.57	0.138	5.34
petit Delaney	3338	2687	487	392	0.445	17.6	0.15	0.18	0.091	5.11
du Doute	223	140	358	225	0.965	18.4	0.27	0.43	0.157	3.79
Forget	1566	1119	318	227	0.461	16.1	0.16	0.23	0.114	7.02
Gérald	3929	1399	493	176	0.922	18.6	0.11	0.30	0.104	6.82
de la Hauteur	1930	1328	335	231	0.616	17.6	0.17	0.25	0.148	6.37
Laflamme	120	83	64	44	0.822	17.1	0.50	0.72	0.458	11.49
Maher	444	379	248	211	0.596	18.7	0.23	0.26	0.137	6.54
Masson	1530	985	227	146	0.784	18.6	0.16	0.24	0.078	10.25
Michel	147	124	60	51	1.136	18.2	0.61	0.73	0.525	10.14
Pussort	618	380	120	74	0.855	18.1	0.24	0.39	0.224	12.55
Richard	5606	2860	409	209	0.924	16.2	0.12	0.23	0.106	7.58
de la Rivière	2812	1482	399	210	0.937	18.7	0.16	0.30	0.094	5.84
Rivière (ZEC)	277	209	70	53	1.202	18.1	0.32	0.43	0.191	16.14
Samson	1285	716	203	113	1.382	18.9	0.16	0.29	0.084	10.98
Sioux	2102	800	362	138	0.952	13.9	0.12	0.31	0.108	8.48
St-Jacques	203	203	11	11	1.19	14.7	1.43	1.43	0.000	22.87
Tantaré	1992	1569	143	113	0.472	17.1	0.17	0.21	0.127	15.38
petit Tantaré	120	112	222	207	0.357	18	0.26	0.28	0.223	6.36
Tarbell	879	327	341	127	1.899	17.8	0.24	0.64	0.214	4.47
Tourilli	13352	5628	718	303	0.533	15.8	0.10	0.25	0.118	4.88
Trépanier	1812	844	92	43	1.182	15.3	0.14	0.31	0.105	27.65
Turgeon	531	257	195	95	1.267	17.9	0.23	0.47	0.226	8.26

Tableau IV e. Données chimiques des lacs, juin 1992

LAC	DATE	[NH4-N] (µg/L)	[NO2+NO3] (µg/L)	[COD] (mg/L)	[PT] (µg/L)	[PTF] (µg/L)	[CHA] (µg/L)
ALEXANDRE	92/05/27	19.4 ± 0.2	89.2 ± 1.9	1.87 ± 0.00	7.36 ± 0.35	2.55 ± 0.45	0.11 ± 0.00
ARCAND	92/06/05	2.7 ± 0.1	<1.0 ± 0.0	4.74 ± 0.00	10.80 ± 0.10	3.44 ± 0.05	2.96 ± 0.09
BÉDARD	92/05/25	3.2 ± 0.2	42.1 ± 0.1	3.22 ± 0.00	17.60 ± 0.30	6.68 ± 0.45	2.49 ± 0.11
BELLE-FONTAINE	92/05/25	5.7 ± 0.1	129.3 ± 0.6	3.42 ± 0.00	11.68 ± 0.15	4.45 ± 0.15	2.16 * ±
CASGRAIN	92/06/05	7.7 ± 2.7	<1.0 ± 0.0	4.21 ± 0.05	9.63 ± 2.40	3.76 ± 0.05	4.83 ± 0.12
CLAIR	92/06/05	8.5 ± 0.5	63.7 ± 0.1	1.76 ± 0.03	4.16 ± 0.45	1.44 ± 0.00	1.03 ± 0.02
COCHON	92/05/30	7.2 ± 1.6	4.9 ± 0.0	6.42 ± 0.00	10.16 ± 0.55	3.10 ± 0.10	1.39 ± 0.07
du CORDON	92/05/30	2.9 ± 0.6	72.5 ± 0.3	4.14 ± 0.05	7.36 ± 0.00	2.23 ± 0.00	1.20 ± 0.01
petit DELANEY	92/05/27	35.0 ± 11.7	80.2 ± 0.3	1.55 ± 0.07	7.76 ± 0.25	2.15 ± 0.25	0.71 ± 0.06
du DOUTE	92/06/05	3.3 ± 0.9	37.5 ± 0.3	3.58 ± 0.00	10.32 ± 2.30	3.12 ± 0.10	2.61 ± 0.14
FORGET	92/06/06	2.6 ± 0.7	58.6 ± 0.7	1.92 ± 0.00	6.00 ± 0.70	1.60 ± 0.20	1.24 ± 0.03
GÉRALD	92/05/28	<1.0 ± 0.0	<1.0 ± 0.0	4.53 ± 0.05	16.24 ± 1.85	4.90 ± 0.75	4.48 * ± 2.34
de la HAUTEUR	92/05/30	8.4 ± 4.2	47.5 ± 0.2	2.45 ± 0.00	8.88 ± 0.55	1.35 ± 0.40	1.88 ± 0.00
LAFLAMME	92/05/25	2.8 ± 0.1	32.2 ± 0.6	3.66 ± 0.05	15.04 ± 0.15	4.45 ± 0.00	3.62 ± 0.14
MASSON	92/05/27	<1.0 ± 0.0	69.4 ± 0.2	3.27 ± 0.05	11.80 ± 8.40	3.26 ± 0.05	0.17 ± 0.02
MICHEL	92/05/26	14.7 ± 0.0	17.4 ± 0.2	3.90 ± 0.29	10.88 ± 0.30	4.40 ± 6.60	3.11 ± 0.09
PUSSORT	92/05/30	8.3 ± 7.3	3.6 ± 0.0	3.93 ± 0.03	9.68 ± 0.10	1.99 ± 0.10	1.89 ± 0.43
RICHARD	92/06/06	1.7 ± 0.2	48.3 ± 0.8	4.16 ± 0.00	9.84 ± 0.25	3.76 ± 0.05	2.14 ± 0.16
de la RIVIÈRE(RES)	92/05/29	<1.0 ± 0.0	22.8 ± 0.0	4.16 ± 0.03	11.68 ± 2.40	3.18 ± 0.15	4.00 ± 0.16
de la RIVIÈRE(ZEC)	92/05/29	<1.0 ± 0.0	<1.0 ± 0.0	4.62 ± 0.04	16.00 ± 0.30	3.90 ± 0.05	8.33 ± 0.45
SAMSON	92/05/29	1.3 ± 0.0	21.0 ± 0.1	5.61 ± 0.02	12.08 ± 0.10	3.26 ± 0.24	2.79 ± 0.14
SIOUX	92/06/06	1.2 ± 0.7	87.5 ± 0.3	3.51 ± 0.02	7.44 ± 0.05	2.88 ± 0.00	1.42 ± 0.04
ST-JACQUES	92/05/25	2.5 ± 0.4	<1.0 ± 0.0	7.00 ± 0.09	28.80 ± 0.60	9.46 ± 0.25	1.90 ± 0.95
TANTARÉ	92/05/26	2.0 ± 0.0	101.0 ± 0.4	1.91 ± 0.04	7.36 ± 1.15	2.47 ± 0.25	0.54 ± 0.01
petit TANTARÉ	92/05/26	48.8 ± 0.3	79.0 ± 0.6	1.17 ± 0.32	8.88 ± 1.35	2.07 ± 0.00	0.71 ± 0.06
TARBELL	92/05/28	1.6 ± 1.1	<1.0 ± 0.0	7.34 ± 0.05	16.40 ± 0.10	6.20 ± 0.20	5.05 ± 0.02
TOURILLI	92/06/06	10.5 ± 0.0	66.2 ± 1.3	2.31 ± 0.10	5.36 ± 0.55	1.76 ± 0.00	1.11 ± 0.04
TRÉPANIER	92/06/06	3.6 ± 0.4	33.8 ± 0.0	3.96 ± 0.00	9.76 ± 10.60	4.00 ± 0.00	1.83 ± 0.04
TURGEON	92/06/05	3.8 ± 0.5	<1.0 ± 0.0	4.25 ± 0.09	11.68 ± 2.85	3.20 ± 0.30	2.88 ± 0.05

± écart à la moyenne

* Valeur obtenue en comparant avec les autres échantillonnages

** Une seule valeur de disponible

Tableau IV e. Suite.

LAC	[SO ₄ -S] (mg/L)	[Na] (mg/L)	[Mg] (mg/L)	[Ca] (mg/L)	[Fe] (mg/L)	[K] (mg/L)	pH
ALEXANDRE	1.26 ± 0.01	0.512 ± 0.01	0.202 ± 0.00	1.02 ± 0.03	0.061 ± 0.04	0.13 ± 0.00	5.39
ARCAND	1.51 ± 0.01	0.585 ± 0.02	0.394 ± 0.00	1.78 ± 0.00	0.102 ± 0.01	0.28 ± 0.02	5.91
BÉDARD	0.96 ± 0.00	0.507 ± 0.06	0.310 ± 0.00	1.47 ± 0.01	0.133 ± 0.00	0.07 ± 0.05	6.05
BELLE-FONTAINE	1.03 ± 0.01	0.483 ± 0.00	0.294 ± 0.00	1.10 ± 0.00	0.116 ± 0.01	0.17 ± 0.03	5.70
CASGRAIN	1.49 ± 0.01	0.540 ± 0.02	0.382 ± 0.00	1.71 ± 0.00	0.080 ± 0.02	0.17 ± 0.01	5.65
CLAIR	1.46 ± 0.00	0.754 ± 0.22	0.437 ± 0.14	2.07 ± 0.74	0.002 ± 0.00	0.42 ± 0.01	6.39
COCHON	1.46 ± 0.00	0.504 ± 0.00	0.231 ± 0.00	1.37 ± 0.07	0.103 ± 0.03	0.28 ± 0.07	5.25
du CORDON	1.44 ± 0.00	0.575 ± 0.12	0.282 ± 0.09	1.47 ± 0.61	0.130 ± 0.06	0.50 ± 0.04	5.84
petit DELANEY	1.24 ± 0.00	0.496 ± 0.01	0.210 ± 0.00	0.98 ± 0.01	0.041 ± 0.03	0.10 ± 0.00	5.46
du DOUTE	1.23 ± 0.01	0.396 ± 0.08	0.433 ± 0.07	1.97 ± 0.39	0.048 ± 0.00	0.14 ± 0.02	5.54
FORGET	0.99 ± 0.01	0.532 ± 0.01	0.332 ± 0.01	1.35 ± 0.03	0.020 ± 0.02	0.19 ± 0.01	6.10
GÉRALD	1.53 ± 0.01	0.718 ± 0.35	0.461 ± 0.00	2.05 ± 0.00	0.091 ± 0.01	0.33 ± 0.10	6.59
de la HAUTEUR	1.32 ± 0.01	0.432 * ± *	0.216 * ± *	1.19 * ± *	0.028 * ± *	0.16 ± 0.12	5.28
LAFLAMME	1.03 ± 0.01	0.737 ± 0.01	0.410 ± 0.01	1.80 ± 0.03	0.074 ± 0.01	0.19 ± 0.01	6.38
MASSON	1.36 ± 0.01	0.585 ± 0.01	0.281 ± 0.00	1.34 ± 0.01	0.080 ± 0.04	0.16 ± 0.01	5.82
MICHEL	1.19 ± 0.01	0.479 ± 0.00	0.276 ± 0.01	1.24 ± 0.03	0.105 ± 0.01	0.13 ± 0.01	5.84
PUSSORT	1.44 ± 0.02	0.514 ± 0.08	0.229 ± 0.05	1.22 ± 0.24	0.063 ± 0.02	0.29 ± 0.02	5.41
RICHARD	1.00 ± 0.01	0.442 ± 0.02	0.309 ± 0.00	1.06 ± 0.01	0.089 ± 0.04	0.21 ± 0.00	5.53
de la RIVIÈRE(RES)	1.39 ± 0.00	0.566 ± 0.08	0.331 ± 0.05	1.65 ± 0.28	0.056 ± 0.07	0.29 ± 0.00	6.17
de la RIVIÈRE(ZEC)	1.27 ± 0.00	0.598 ± 0.23	0.348 ± 0.14	1.82 ± 0.77	0.171 ± 0.01	0.41 ± 0.04	6.41
SAMSON	1.58 ± 0.00	0.569 ± 0.17	0.271 ± 0.11	1.51 ± 0.62	0.205 ± 0.02	0.27 ± 0.03	5.28
SIoux	1.01 ± 0.01	0.437 ± 0.00	0.336 ± 0.06	0.96 ± 0.01	0.091 ± 0.00	0.13 ± 0.00	5.30
ST-JACQUES	0.73 ± 0.00	0.578 ± 0.12	0.386 ± 0.06	1.35 ± 0.24	0.149 ± 0.03	0.11 ± 0.01	5.16
TANTARÉ	1.26 ± 0.00	0.432 ± 0.01	0.237 ± 0.00	0.96 ± 0.02	0.020 ± 0.01	0.22 ± 0.00	5.07
petit TANTARÉ	1.28 ± 0.00	0.292 ± 0.00	0.175 ± 0.00	0.90 ± 0.03	0.058 ± 0.02	0.22 ± 0.01	5.42
TARBELL	1.22 ± 0.00	0.536 ± 0.30	0.475 ± 0.19	1.55 ± 1.12	0.194 ± 0.10	0.29 ± 0.04	5.81
TOURILLI	1.06 ± 0.01	0.427 ± 0.00	0.257 ± 0.01	1.12 ± 0.00	0.055 ± 0.01	0.14 ± 0.00	5.37
TRÉPANIER	0.98 ± 0.01	0.377 ± 0.02	0.269 ± 0.01	0.94 ± 0.03	0.139 ± 0.01	0.18 ± 0.00	5.09
TURGEON	1.44 ± 0.00	0.533 ± 0.66	0.422 ± 0.42	1.81 ± 2.30	0.083 ± 0.01	0.16 ± 0.00	5.84

Tableau IV f. Données chimiques des lacs, juillet 1992

LAC	DATE	[NH4-N] (µg/L)		[NO2+NO3] (µg/L)		[COD] (mg/L)		[PT] (µg/L)	[PTF] (µg/L)	[CHA] (µg/L)			
ALEXANDRE	92/07/06	3.1	0.0	25.5	0.4	2.17	0.04	5.70	0.95	2.61	0.95	1.92	0.09
ARCAND	92/07/07	4.0	0.5	<2.	0.0	4.88	0.01	9.93	1.80	2.91	0.25	6.46	0.04
BÉDARD	92/07/13	2.9	0.4	<2.	0.0	3.83	0.05	9.63	1.45	3.13	0.00	2.20	0.00
BELLE-FONTAINE	92/07/13	<2.	0.0	<2.	0.0	3.50	0.00	6.47	0.45	2.68	0.15	2.61	0.14
CASGRAIN	92/07/07	6.6	0.0	3.2	0.2	4.33	0.02	8.86	0.10	2.98	0.00	2.89	0.05
au CÈDRE	92/07/12	<2.	0.0	<2.	0.0	4.32	0.07	12.71	0.55	2.16	0.20	3.48	1.47
CLAIR	92/07/12	<2.	0.0	34.5	0.7	1.73	0.05	4.39	1.15	0.75	0.00	1.10	0.28
de CLAIRE	92/07/12	6.1	1.1	44.7	0.9	1.64	0.04	6.01	1.25	1.19	0.00	1.26	0.02
COCHON	92/07/08	3.7	0.2	<2.	0.0	6.15	0.10	11.94	0.85	4.55	0.40	4.44	0.51
du CORDON	92/07/08	6.5	0.8	37.4	0.3	3.69	0.02	7.01	1.00	2.02	0.05	1.63	0.02
petit DELANEY	92/07/11	14.3	0.2	55.7	0.2	1.73	0.05	7.24	3.20	1.19	0.15	0.64	0.00
du DOUTE	92/07/06	5.7	0.6	3.4	0.4	3.85	0.14	6.16	0.00	1.87	0.10	3.08 *	*
FORGET	92/07/09	6.1	0.0	18.5	0.0	2.25	0.04	4.00	0.35	0.89	0.00	3.66	0.00
GÉRALD	92/07/06	5.1	0.3	<2.	0.0	4.60	0.15	7.70	0.45	2.31	0.25	4.17	0.04
de la HAUTEUR	92/07/08	11.2	0.3	18.7	0.7	2.29	0.10	4.08	0.55	1.27	0.10	0.55	0.00
LAFLAMME	92/07/13	3.0	0.4	<2.	0.0	4.40	0.07	9.86	0.60	3.13	0.00	3.11	0.18
MAHER	92/07/12	19.3	4.6	77.3	1.1	2.21	0.00	4.39	0.05	1.19	0.00	1.60	0.32
MASSON	92/07/11	<2.	0.0	<2.	0.0	1.90	0.04	7.78	1.95	1.64	0.00	2.38	0.09
MICHEL	92/07/10	1.8	1.8	<2.	0.0	5.05	0.23	7.86	0.30	2.46	0.10	3.25	0.04
PUSSORT	92/07/08	5.1	0.0	<2.	0.0	3.34	0.01	7.05	0.25	1.87	0.10	1.03	0.07
RICHARD	92/07/09	7.0	0.4	5.9	0.0	4.89	0.00	10.85	1.60	3.28	0.10	3.43	0.14
de la RIVIÈRE(RES)	92/07/07	3.6	0.2	<2.	0.0	4.43	0.00	7.55	0.20	1.94	0.15	4.08	0.04
de la RIVIÈRE(ZEC)	92/07/07	<2.	0.0	2.1	1.1	4.88	0.00	14.40	0.25	4.32	0.00	5.49	0.09
SAMSON	92/07/07	10.3	0.3	3.2	0.2	5.07	0.01	8.39	0.05	3.28	0.15	1.74	0.09
SIOUX	92/07/09	7.4	3.6	50.8	1.2	4.24	0.00	5.70	0.00	2.09	0.00	3.43	0.14
ST-JACQUES	92/07/13	5.5	2.0	<2.	0.0	7.63	0.05	15.25	0.00	7.89	0.00	1.51	0.14
TANTARÉ	92/07/10	16.0	0.2	45.7	0.3	2.16	0.05	4.93	2.30	1.19	0.00	0.57	0.02
petit TANTARÉ	92/07/10	7.7	0.0	25.6	0.2	1.29	0.00	6.70	0.05	1.12	0.05	1.31	0.03
TARBELL	92/07/06	11.3	0.2	2.8	0.2	6.58	0.04	14.08	2.10	4.70	0.05	3.07	0.23
TOURILLI	92/07/09	7.9	0.0	52.2	0.2	2.48	0.00	5.02	4.65	1.34	0.30	1.12	0.07
TRÉPANIER	92/07/09	11.0	0.3	8.8	0.0	4.71	0.00	11.55	1.50	3.65	0.20	1.70	0.05
TURGEON	92/07/06	8.0	0.6	2.4	0.2	4.55	0.04	12.01	0.65	2.61	0.05	7.14	0.37

± écart à la moyenne

* Valeur obtenue en comparant avec les autres échantillonnages

** Une seule valeur de disponible

Tableau IV f. Suite.

LAC	[SO4-S] (mg/L)	[Na] (mg/L)	[Mg] (mg/L)	[Ca] (mg/L)	[Fe] (mg/L)	[K] (mg/L)	pH
ALEXANDRE	1.20 ± 0.00	0.461 ± 0.01	0.200 ± 0.00	0.96 ± 0.43	0.031 ± 0.02	0.17 ± 0.01	5.93
ARCAND	1.46 ± 0.00	0.520 ± 0.00	0.402 ± 0.01	1.74 ± 0.05	0.101 ± 0.03	0.29 ± 0.00	6.06
BÉDARD	0.95 ± 0.00	0.479 ± 0.00	0.361 ± 0.00	1.73 ± 0.02	0.103 ± 0.02	0.08 ± 0.01	6.63
BELLE-FONTAINE	0.98 ± 0.01	0.458 ± 0.00	0.289 ± 0.00	1.07 ± 0.01	0.091 ± 0.01	0.10 ± 0.00	6.25
CASGRAIN	1.40 ± 0.00	0.475 ± 0.00	0.378 ± 0.00	1.62 ± 0.02	0.089 ± 0.01	0.21 ± 0.00	6.16
au CÈDRE	1.37 ± 0.01	0.952 ± 0.01	0.474 ± 0.01	2.14 ± 0.05	0.024 ± 0.00	0.35 ± 0.00	6.82
CLAIR	1.44 ± 0.00	0.766 ± 0.00	0.451 ± 0.01	2.17 ± 0.10	0.011 ± 0.01	0.34 ± 0.01	6.95
de CLAIRE	1.25 ± 0.00	0.450 ± 0.01	0.248 ± 0.00	1.34 ± 0.01	0.012 ± 0.01	0.19 ± 0.01	6.55
COCHON	1.40 ± 0.00	0.533 ± 0.01	0.240 ± 0.00	1.35 ± 0.01	0.159 ± 0.01	0.24 ± 0.00	5.23
du CORDON	1.46 ± 0.01	0.587 ± 0.01	0.296 ± 0.01	1.51 ± 0.02	0.098 ± 0.05	0.45 ± 0.00	5.97
petit DELANEY	1.21 ± 0.01	0.475 ± 0.01	0.209 ± 0.00	0.92 ± 0.00	0.011 ± 0.01	0.15 ± 0.00	5.9
du DOUTE	1.19 ± 0.01	0.361 ± 0.01	0.315 ± 0.01	1.21 ± 0.03	0.041 ± 0.00	0.12 ± 0.00	5.88
FORGET	0.95 ± 0.00	0.492 ± 0.00	0.290 ± 0.00	1.36 ± 0.02	0.023 ± 0.01	0.23 ± 0.01	6.63
GÉRALD	1.54 ± 0.00	0.695 ± 0.01	0.478 ± 0.01	2.06 ± 0.06	0.055 ± 0.02	0.31 ± 0.01	6.45
de la HAUTEUR	1.33 ± 0.00	0.422 ± 0.00	0.240 ± 0.00	1.22 ± 0.04	0.039 ± 0.13	0.14 ± 0.01	5.41
LAFLAMME	1.05 ± 0.00	0.787 * ±	0.501 * ±	1.86 * ±	0.052 * ±	0.18 * ±	6.77
MAHER	1.57 ± 0.00	0.680 ± 0.01	0.427 ± 0.01	2.02 ± 0.07	0.017 ± 0.01	0.33 ± 0.02	6.75
MASSON	1.32 ± 0.00	0.596 ± 0.00	0.290 ± 0.00	1.33 ± 0.01	0.040 ± 0.01	0.24 ± 0.02	6.21
MICHEL	1.11 ± 0.02	0.492 ± 0.01	0.293 ± 0.00	1.20 ± 0.01	0.096 ± 0.02	0.17 ± 0.01	5.7
PUSSORT	1.44 ± 0.00	0.529 ± 0.00	0.237 ± 0.00	1.22 ± 0.00	0.050 ± 0.00	0.17 ± 0.01	5.43
RICHARD	0.96 ± 0.00	0.455 * ±	0.254 * ±	1.10 * ±	0.093 * ±	0.22 ± 0.01	5.91
de la RIVIÈRE(RES)	1.35 ± 0.00	0.586 ± 0.00	0.345 ± 0.00	1.73 ± 0.01	0.046 ± 0.01	0.24 ± 0.00	6.18
de la RIVIÈRE(ZEC)	1.17 ± 0.00	0.579 ± 0.01	0.338 ± 0.00	1.69 ± 0.00	0.143 ± 0.01	0.33 ± 0.00	6.41
SAMSON	1.56 ± 0.00	0.581 ± 0.01	0.289 ± 0.01	1.50 ± 0.02	0.128 ± 0.06	0.15 ± 0.01	5.46
SIOUX	0.97 ± 0.00	0.433 ± 0.00	0.224 ± 0.00	1.05 ± 0.01	0.072 ± 0.01	0.19 ± 0.01	5.87
ST-JACQUES	0.44 ± 0.01	0.489 ± 0.01	0.362 ± 0.00	1.33 ± 0.04	0.169 ± 0.00	0.05 ± 0.00	5.92
TANTARÉ	1.19 ± 0.01	0.426 * ±	0.245 * ±	0.96 * ±	0.032 * ±	0.26 ± 0.01	5.76
petit TANTARÉ	1.22 ± 0.01	0.263 ± 0.00	0.176 ± 0.00	0.88 ± 0.01	0.034 ± 0.01	0.25 ± 0.00	5.32
TARBELL	1.22 ± 0.01	0.536 ± 0.01	0.487 ± 0.00	1.50 ± 0.01	0.173 ± 0.00	0.27 ± 0.01	6.03
TOURILLI	1.02 ± 0.01	0.377 ± 0.01	0.212 ± 0.00	1.02 ± 0.00	0.028 ± 0.01	0.19 ± 0.00	5.87
TRÉPANIER	0.97 ± 0.00	0.351 ± 0.01	0.226 ± 0.00	0.93 ± 0.01	0.162 ± 0.00	0.23 ± 0.00	5.49
TURGEON	1.38 ± 0.00	0.544 ± 0.00	0.462 ± 0.02	1.91 ± 0.18	0.121 ± 0.00	0.21 ± 0.00	6.25

Tableau IV g. Données chimiques des lacs, août 1992

LAC	DATE	[NH ₄ -N] (µg/L)		[NO ₂ +NO ₃] (µg/L g/L)		[COD] (mg/L)		[PT] (µg/L)	[PTF] (µg/L)	[CHA] (µg/L)			
ALEXANDRE	92/08/22	<1.	0.0	<1.	0.0	2.60	0.10	4.08	0.25	1.02	0.00	2.25	0.05
ARCAND	92/08/18	<1.	0.0	<1.	0.0	6.30	0.00	9.94	1.85	2.62	0.40	3.50	0.10
BÉDARD	92/08/23	<1.	0.0	6.6	0.0	4.20	0.00	10.29	1.35	4.00	0.20	2.75	0.35
BELLE-FONTAINE	92/08/23	<1.	0.0	1.2	0.0	3.80	0.00	7.57	0.25	2.03	0.00	1.37	0.00
CASGRAIN	92/08/18	<1.	0.0	14.9	0.0	5.25	0.05	10.39	0.55	3.56	0.05	2.45	0.05
au CÈDRE	92/08/21	<1.	0.0	<2.	0.0	5.05	0.05	12.24	0.35	3.73	0.10	7.40	0.30
CLAIR	92/08/21	2.5	0.4	<1.	0.0	1.90	0.00	3.94	0.10	0.95	0.20	3.00	0.02
COCHON	92/08/19	8.1	0.6	<2.	0.0	9.60	0.10	11.87	2.05	4.87	0.05	1.44	0.16
du CORDON	92/08/19	5.2	0.2	2.3	0.3	6.00	0.10	9.28	0.35	1.87	0.10	1.31	1.80
petit DELANEY	92/08/22	4.8	0.6	1.7	0.0	2.00	0.10	4.23	0.10	1.09	0.05	1.83	0.09
du DOUTE	92/08/17	<1.	0.0	54.2	0.0	4.50	0.00	6.68	0.25	1.87	0.10	2.60	0.30
FORGET	92/08/20	<1.	0.0	<1.	0.0	2.30	0.00	4.01	0.15	1.38	0.05	1.81	0.07
GÉRALD	92/08/17	<1.	0.0	<1.	0.0	5.30	0.00	6.46	0.85	2.03	0.00	3.66	0.18
de la HAUTEUR	92/08/19	1.0	0.5	2.0	0.2	3.20	0.00	4.60	0.75	1.31	0.30	1.74	0.05
LAFLAMME	92/08/23	<1.	0.0	1.2	0.0	4.25	0.05	10.02	2.30	3.49	0.00	1.10	0.09
MAHER	92/08/21	2.9	0.4	<2.	0.1	2.40	0.00	3.94	0.20	1.09	0.05	2.43	0.05
MASSON	92/08/22	<1.	0.0	<2.	0.0	4.60	0.00	5.27	0.95	1.74	0.00	1.28	0.09
MICHEL	92/08/24	8.1	0.2	<2.	0.0	5.10	0.20	6.53	0.30	2.62	0.00	1.31	0.03
PUSSORT	92/08/19	5.3	0.1	9.6	0.1	4.90	0.00	5.05	0.30	1.87	0.10	1.19	0.00
RICHARD	92/08/20	3.0	0.3	<1.	0.2	4.10	0.10	7.57	1.65	1.67	0.05	2.29	0.09
de la RIVIÈRE(RES)	92/08/18	<1.	0.0	16.5	0.0	5.10	0.00	6.31	0.50	2.11	0.10	3.05	0.15
de la RIVIÈRE(ZEC)	92/08/18	<1.	0.0	<1.	0.0	6.25	0.05	14.54	1.05	3.92	0.00	10.66	0.78
SAMSON	92/08/18	<1.	0.0	<2.	0.0	6.75	0.05	10.39	1.65	2.76	0.00	5.26	0.14
SIOUX	92/08/20	3.1	0.1	4.6	1.3	4.45	0.05	6.24	0.60	1.99	0.00	3.85	0.19
ST-JACQUES	92/08/23	<1.	0.0	2.4	0.0	5.95	0.05	15.21	1.10	7.49	0.05	0.85	0.03
TANTARÉ	92/08/24	7.0	0.2	<2.	0.0	2.50	0.10	2.97	0.15	1.16	0.00	0.60	0.05
petit TANTARÉ	92/08/24	3.3	0.1	<1.	0.0	1.45	0.25	5.94	0.15	1.02	0.00	0.71	0.02
TARBELL	92/08/17	<1.	0.0	<2.	0.0	8.25	0.05	10.54	0.30	4.29	0.05	4.03	0.28
TOURILLI	92/08/20	4.8	0.2	4.58	0.3	3.35	0.65	4.90	0.30	1.38	0.05	2.86	0.02
TRÉPANIER	92/08/20	6.1	0.6	2.35	0.2	4.85	0.05	10.61	2.30	3.49	0.15	1.92	0.18
TURGEON	92/08/17	<1.	0.0	<2.	0.0	5.40	0.10	9.95	1.20	3.56	0.05	3.48	0.19

± écart à la moyenne

* Valeur obtenue en comparant avec les autres échantillonnages

** Une seule valeur disponible

Tableau IV g. Suite.

LAC	[SO4-S] (mg/L)	[Na] (mg/L)	[Mg] (mg/L)	[Ca] (mg/L)	[Fe] (mg/L)	[K] (mg/L)	pH
ALEXANDRE	1.19 ± 0.00	0.445 ± 0.01	0.169 ± 0.00	0.80 ± 0.02	0.054 ± 0.00	0.14 ± 0.00	5.99
ARCAND	1.40 ± 0.00	0.501 ± 0.00	0.359 ± 0.01	1.60 ± 0.04	0.094 ± 0.00	0.24 ± 0.00	6.13
BÉDARD	0.93 ± 0.00	0.438 ± 0.01	0.299 ± 0.00	1.42 ± 0.00	0.128 ± 0.00	0.07 ± 0.01	6.56
BELLE-FONTAINE	1.01 ± 0.00	0.464 ± 0.00	0.260 ± 0.00	0.86 ± 0.00	0.103 ± 0.00	0.09 ± 0.01	6.25
CASGRAIN	1.33 ± 0.00	0.449 ± 0.01	0.343 ± 0.00	1.46 ± 0.04	0.038 ± 0.00	0.17 ± 0.01	6.24
au CÈDRE	1.35 ± 0.00	0.869 ± 0.02	0.442 ± 0.00	1.86 ± 0.02	0.023 ± 0.00	0.31 ± 0.01	6.85
CLAIR	1.44 ± 0.00	0.704 ± 0.01	0.400 ± 0.00	1.82 ± 0.01	0.005 ± 0.00	0.31 ± 0.01	6.50
COCHON	1.34 ± 0.00	0.431 ± 0.01	0.195 ± 0.01	1.16 ± 0.03	0.266 ± 0.02	0.15 ± 0.00	4.69
du CORDON	1.38 ± 0.00	0.529 ± 0.08	0.264 ± 0.02	1.35 ± 0.08	0.087 ± 0.07	0.56 ± 0.02	5.90
petit DELANEY	1.20 ± 0.00	0.507 ± 0.01	0.201 ± 0.00	0.94 ± 0.01	0.028 ± 0.00	0.15 ± 0.00	5.93
du DOUTE	1.19 ± 0.00	0.377 ± 0.00	0.291 ± 0.00	1.19 ± 0.01	0.048 ± 0.01	0.10 ± 0.00	5.68
FORGET	0.98 ± 0.00	0.520 ± 0.02	0.291 ± 0.01	1.35 ± 0.04	0.022 ± 0.01	0.22 ± 0.01	6.66
GÉRALD	1.50 ± 0.00	0.716 ± 0.00	0.451 ± 0.00	2.04 ± 0.03	0.038 ± 0.02	0.27 ± 0.00	6.53
de la HAUTEUR	1.29 ± 0.00	0.417 ± 0.01	0.202 ± 0.00	1.10 ± 0.02	0.083 ± 0.02	0.11 ± 0.01	5.31
LAFLAMME	1.14 ± 0.00	0.767 ± 0.01	0.430 ± 0.00	1.82 ± 0.03	0.080 ± 0.00	0.11 ± 0.00	6.82
MAHER	1.56 ± 0.00	0.668 ± 0.01	0.412 ± 0.00	1.95 ± 0.02	0.030 ± 0.00	0.29 ± 0.00	6.68
MASSON	1.28 ± 0.00	0.516 ± 0.01	0.243 ± 0.01	1.11 ± 0.02	0.091 ± 0.00	0.14 ± 0.00	6.18
MICHEL	1.11 ± 0.00	0.440 ± 0.01	0.263 ± 0.00	1.17 ± 0.01	0.135 ± 0.02	0.11 ± 0.00	5.79
PUSSORT	1.38 ± 0.00	0.473 ± 0.01	0.218 ± 0.00	1.18 ± 0.02	0.124 ± 0.02	0.10 ± 0.01	5.08
RICHARD	1.00 ± 0.00	0.409 ± 0.00	0.232 ± 0.00	1.02 ± 0.03	0.035 ± 0.01	0.21 ± 0.00	5.99
de la RIVIÈRE(RES)	1.30 ± 0.00	0.529 ± 0.01	0.314 ± 0.00	1.59 ± 0.04	0.022 ± 0.00	0.20 ± 0.00	6.13
de la RIVIÈRE(ZEC)	1.13 ± 0.00	0.580 ± 0.00	0.346 ± 0.00	1.83 * ± 0.82	0.138 ± 0.01	0.27 ± 0.01	6.44
SAMSON	1.51 ± 0.00	0.543 ± 0.01	0.255 ± 0.00	1.49 ± 0.01	0.230 ± 0.00	0.10 ± 0.00	5.26
SIOUX	0.98 ± 0.00	0.396 ± 0.00	0.209 ± 0.01	0.98 ± 0.02	0.126 ± 0.02	0.13 ± 0.01	5.47
ST-JACQUES	0.98 ± 0.00	0.583 ± 0.00	0.385 ± 0.00	1.32 ± 0.01	0.194 ± 0.01	0.05 ± 0.00	5.87
TANTARÉ	1.21 ± 0.00	0.382 ± 0.01	0.215 ± 0.00	0.89 ± 0.01	0.022 ± 0.01	0.18 ± 0.00	5.86
petit TANTARÉ	1.27 ± 0.00	0.266 ± 0.02	0.170 ± 0.00	0.85 ± 0.03	0.033 ± 0.01	0.21 ± 0.00	5.40
TARBELL	1.13 ± 0.00	0.517 ± 0.01	0.462 ± 0.00	1.53 * ± 0.69	0.161 ± 0.00	0.20 ± 0.00	5.75
TOURILLI	1.01 ± 0.00	0.381 ± 0.00	0.198 ± 0.10	0.95 * ± 0.47	0.021 ± 0.01	0.19** ± **	5.82
TRÉPANIER	1.03 ± 0.00	0.348 ± 0.02	0.217 ± 0.00	0.92 ± 0.01	0.194 ± 0.00	0.15 ± 0.00	5.36
TURGEON	1.35 ± 0.00	0.499 ± 0.01	0.432 ± 0.16	1.77 ± 0.10	0.170 ± 0.03	0.16 ± 0.01	6.26

Tableau IV h. Données chimiques des lacs, octobre 1992.

LAC	DATE	[NH ₄ -N] (µg/L)	[NO ₂ + NO ₃] (µg/L)	[COD] (mg/L)	[PT] (µg/L)	[PTF] (µg/L)	[CHA] (µg/L)
ALEXANDRE	92/10/21	30.0 ± 4.0	25.1 ± 0.2	2.70 ± 0.06	6.21 ± 1.25	2.06 ± 0.05	0.50 ± 0.00
ARCAND	92/10/13	9.7 ± 1.6	<1.0 ± 0.0	5.58 ± 0.04	10.73 ± 0.65	3.04 ± 0.00	4.94 ± 0.55
BÉDARD	92/10/19	74.1 ± 0.0	7.1 ± 0.0	3.75 ± 0.26	16.94 ± 0.00	3.65 ± 0.00	7.27 ± 0.32
BELLE-FONTAINE	92/10/19	5.6 ± 0.9	17.9 ± 0.1	3.66 ± 0.05	9.71 ± 0.10	3.43 ± 0.10	1.06 ± 0.05
CASGRAIN	92/10/14	10.8 ± 0.8	11.3 ± 0.1	5.09 ± 0.05	9.78 ± 0.45	3.89 ± 0.05	6.95 ± 0.00
au CÈDRE	92/10/20	1.7 ± 1.7	<1.0 ± 0.0	5.18 ± 0.10	13.87 ± 0.85	2.44 ± 0.00	9.15 ± 0.00
CLAIR	92/10/20	14.4 ± 0.8	9.8 ± 0.0	2.02 ± 0.05	4.45 ± 0.25	1.60 ± 0.10	1.56 ± 0.10
de CLAIRE	92/10/20	13.5 ± 1.8	22.3 ± 0.3	2.00 ± 0.05	5.70 ± 0.15	1.60 ± 0.10	1.54 ± 0.03
COCHON	92/10/15	36.8 ± 1.1	39.1 ± 0.1	7.80 ± 0.10	13.14 ± 0.55	4.11 ± 1.70	1.08 ± 0.03
du CORDON	92/10/15	32.1 ± 2.1	46.4 ± 0.3	5.41 ± 0.00	8.54 ± 1.25	3.35 ± 0.00	1.10 ± 0.00
petit DELANEY	92/10/21	7.7 ± 0.2	34.1 ± 0.0	2.29 ± 0.01	6.50 ± 0.95	1.75 ± 0.05	2.11 ± 0.46
du DOUTE	92/10/13	42.5 ± 1.3	2.1 ± 0.2	4.54 ± 0.00	7.30 ± 0.60	2.36 ± 0.05	4.03 ± 0.19
FORGET	92/10/16	8.4 ± 0.0	1.6 ± 0.1	2.03 ± 0.00	5.26 ± 0.55	1.52 ± 0.00	1.46 ± 0.00
GÉRALD	92/10/14	4.4 ± 0.4	<1.0 ± 0.0	5.25 ± 0.11	10.44 ± 0.50	3.35 ± 0.15	4.10 ± 1.69
de la HAUTEUR	92/10/15	10.3 ± 2.7	24.6 ± 0.1	3.37 ± 0.01	7.08 ± 2.15	1.45 ± 0.25	2.56 ± 0.00
LAFLAMME	92/10/19	10.3 ± 0.3	21.6 ± 0.1	4.50 ± 0.06	9.27 ± 0.05	3.96 ± 0.00	1.37 ± 0.04
MAHER	92/10/20	55.4 ± 1.8	55.2 ± 0.0	2.37 ± 0.00	7.38 ± 0.05	1.91 ± 0.10	2.47 ± 0.00
MASSON	92/10/21	24.2 ± 2.7	54.8 ± 0.1	4.24 ± 0.04	5.62 ± 0.10	2.89 ± 0.00	0.78 ± 0.00
MICHEL	92/10/22	32.7 ± 2.5	43.5 ± 0.1	5.18 ± 0.00	7.45 ± 0.15	3.04 ± 0.00	2.29 ± 0.09
PUSSORT	92/10/15	28.8 ± 0.1	24.2 ± 0.1	4.89 ± 0.06	6.13 ± 0.30	2.21 ± 0.50	0.92 ± 0.05
RICHARD	92/10/16	10.9 ± 0.1	46.7 ± 0.0	3.58 ± 0.01	6.72 ± 0.60	2.59 ± 0.00	1.26 ± 0.02
de la RIVIÈRE(RES)	92/10/14	7.9 ± 3.1	1.0 ± 0.0	5.24 ± 0.05	9.20 ± 0.15	2.74 ± 0.00	4.53 ± 0.14
de la RIVIÈRE(ZEC)	92/10/14	24.4 ± 1.4	5.3 ± 0.4	5.97 ± 0.05	12.41 ± 0.30	4.41 ± 0.00	3.71 ± 0.14
SAMSON	92/10/14	16.2 ± 1.1	2.3 ± 0.3	6.69 ± 0.00	10.22 ± 0.30	3.35 ± 1.05	1.56 ± 0.00
SIoux	92/10/16	11.7 ± 2.1	59.6 ± 0.2	4.10 ± 0.00	6.79 ± 0.65	2.51 ± 0.20	1.88 ± 0.04
ST-JACQUES	92/10/19	1.6 ± 0.4	37.4 ± 0.1	5.61 ± 0.05	35.34 ± 2.05	5.48 ± 0.90	2.11 ± 0.10
TANTARÉ	92/10/22	14.1 ± 0.3	56.4 ± 0.1	2.55 ± 0.01	4.09 ± 0.30	1.60 ± 0.10	0.71 ± 0.02
petit TANTARÉ	92/10/22	7.3 ± 0.4	36.2 ± 0.6	1.25 ± 0.01	5.41 ± 0.10	1.45 ± 0.05	0.92 ± 0.00
TARBELL	92/10/13	13.0 ± 1.1	<1.0 ± 0.0	8.29 ± 0.06	15.33 ± 0.75	6.77 ± 0.35	11.35 ± 0.37
TOURILLI	92/10/16	21.1 ± 0.4	26.3 ± 0.0	2.56 ± 0.00	4.82 ± 0.30	1.67 ± 0.00	0.85 ± 0.03
TRÉPANIER	92/10/16	9.7 ± 0.4	64.1 ± 0.2	4.42 ± 0.00	15.26 ± 0.05	2.21 ± 0.10	1.17 ± 0.12
TURGEON	92/10/13	8.7 ± 0.2	3.1 ± 0.2	5.03 ± 0.01	12.56 ± 1.75	3.88 ± 0.40	5.03 ± 0.28

± écart à la moyenne

Tableau IV h. Suite

LAC	[SO4-S] (mg/L)	[Na] (mg/L)	[Mg] (mg/L)	[Ca] (mg/L)	[Fe] (mg/L)	[K] (mg/L)	ALC ($\mu\text{eq/L}$)	COND (mhos)	pH
ALEXANDRE	1.20 ± 0.01	0.487 ± 0.02	0.203 ± 0.00	1.07 ± 0.02	0.069 ± 0.01	0.18 ± 0.02	4.69	16.5	5.74
ARCAND	1.37 ± 0.00	0.556 ± 0.00	0.397 ± 0.00	1.85 ± 0.00	0.079 ± 0.01	0.26 ± 0.01	34.54	19.5	6.18
BÉDARD	0.94 ± 0.00	0.560 ± 0.02	0.415 ± 0.01	2.02 ± 0.01	0.336 ± 0.06	0.13 ± 0.01	82.63	18.5	6.42
BELLE-FONTAINE	1.06 ± 0.00	0.495 ± 0.01	0.306 ± 0.14	1.20 ± 0.01	0.101 ± 0.01	0.09 ± 0.00	21.14	14.5	5.93
CASGRAIN	1.33 ± 0.00	0.494 ± 0.00	0.378 ± 0.00	1.70 ± 0.01	0.089 ± 0.00	0.20 ± 0.00	27.38	18.5	6.04
au CÈDRE	1.33 ± 0.00	0.951 ± 0.00	0.480 ± 0.01	2.05 ± 0.02	0.022 ± 0.01	0.33 ± 0.02	73.44	22.5	6.43
CLAIR	1.44 ± 0.00	0.792 ± 0.00	0.459 ± 0.01	2.22 ± 0.02	0.003 ± 0.00	0.33 ± 0.01	88.02	25.0	6.15
de CLAIRE	1.23 ± 0.01	0.436 ± 0.02	0.240 ± 0.01	1.37 ± 0.01	0.015 ± 0.01	0.17 ± 0.01	17.05	15.5	5.82
COCHON	1.44 ± 0.00	0.548 ± 0.00	0.258 ± 0.00	1.61 ± 0.01	0.240 ± 0.02	0.18 ± 0.00	2.16	19.5	5.05
du CORDON	1.39 ± 0.00	0.609 ± 0.01	0.285 ± 0.00	1.54 ± 0.01	0.107 ± 0.02	0.52 ± 0.01	17.44	18.5	5.80
petit DELANEY	1.17 ± 0.01	0.470 ± 0.00	0.205 ± 0.00	0.97 ± 0.00	0.240 ± 0.02	0.13 ± 0.00	3.92	18.0	5.88
du DOUTE	1.14 ± 0.00	0.451 ± 0.01	0.306 ± 0.00	1.29 ± 0.02	0.176 ± 0.00	0.13 ± 0.01	17.73	15.5	5.81
FORGET	0.99 ± 0.00	0.553 ± 0.01	0.307 ± 0.00	1.37 ± 0.00	0.039 ± 0.01	0.21 ± 0.01	52.75	16.0	6.15
GÉRALD	1.46 ± 0.02	0.742 ± 0.02	0.460 ± 0.01	2.06 ± 0.01	0.069 ± 0.01	0.28 ± 0.00	48.82	25.5	6.39
de la HAUTEUR	1.30 ± 0.00	0.456 ± 0.01	0.205 ± 0.00	1.13 ± 0.00	0.052 ± 0.02	0.13 ± 0.01	-2.74	16.5	5.08
LAFLAMME	1.18 ± 0.01	0.856 ± 0.00	0.447 ± 0.00	1.97 ± 0.49	0.075 ± 0.00	0.14 ± 0.01	77.01	20.5	6.41
MAHER	1.54 ± 0.00	0.746 ± 0.01	0.443 ± 0.01	2.12 ± 0.01	0.043 ± 0.00	0.32 ± 0.02	65.13	23.0	6.43
MASSON	1.28 ± 0.00	0.594 ± 0.01	0.288 ± 0.00	1.42 ± 0.03	0.153 ± 0.02	0.18 ± 0.00	18.63	18.0	6.05
MICHEL	1.19 ± 0.00	0.508 ± 0.01	0.278 ± 0.00	1.32 ± 0.01	0.086 ± 0.06	0.14 ± 0.01	11.21	16.0	5.70
PUSSORT	1.39 ± 0.00	0.540 ± 0.00	0.233 ± 0.00	1.25 ± 0.00	0.147 ± 0.00	0.14 ± 0.01	3.44	16.5	5.08
RICHARD	1.01 ± 0.00	0.443 ± 0.00	0.250 ± 0.00	1.08 ± 0.01	0.088 ± 0.01	0.20 ± 0.00	12.61	13.5	5.57
de la RIVIÈRE(RES)	1.31 ± 0.00	0.582 ± 0.00	0.333 ± 0.00	1.63 ± 0.01	0.064 ± 0.00	0.21 ± 0.00	23.01	18.5	6.01
de la RIVIÈRE(ZEC)	1.11 ± 0.01	0.636 ± 0.01	0.360 ± 0.00	1.93 ± 0.03	0.184 ± 0.05	0.33 ± 0.02	46.96	19.5	6.29
SAMSON	1.42 ± 0.00	0.577 ± 0.00	0.268 ± 0.00	1.54 ± 0.02	0.193 ± 0.00	0.12 ± 0.00	8.28	18.0	5.10
SIOUX	1.02 ± 0.00	0.442 ± 0.01	0.225 ± 0.00	1.07 ± 0.02	0.103 ± 0.00	0.15 ± 0.00	7.29	13.0	5.19
ST-JACQUES	1.11 ± 0.01	0.663 ± 0.02	0.411 ± 0.00	1.40 ± 0.01	0.158 ± 0.00	0.05 ± 0.01	24.79	16.5	5.68
TANTARÉ	1.24 ± 0.00	0.415 ± 0.00	0.240 ± 0.00	1.00 ± 0.00	0.013 ± 0.00	0.21 ± 0.00	6.59	15.5	5.79
petit TANTARÉ	1.35 ± 0.04	0.266 ± 0.01	0.169 ± 0.00	0.92 ± 0.00	0.042 ± 0.00	0.22 ± 0.01	-2.28	13.0	5.45
TARBELL	1.09 ± 0.00	0.553 ± 0.01	0.477 ± 0.01	1.62 ± 0.03	0.336 ± 0.01	0.22 ± 0.00	29.4	20.5	5.94
TOURILLI	1.05 ± 0.00	0.372 ± 0.01	0.203 ± 0.00	0.99 ± 0.01	0.021 ± 0.01	0.18 ± 0.00	9.74	12.5	5.47
TRÉPANIER	1.04 ± 0.00	0.384 ± 0.01	0.245 ± 0.00	1.01 ± 0.00	0.292 ± 0.00	0.18 ± 0.00	-32.97	13.5	4.55
TURGEON	1.34 ± 0.01	0.558 ± 0.00	0.412 ± 0.00	1.76 ± 0.02	0.208 ± 0.00	0.18 ± 0.00	36.02	21.5	6.18

Tableau IV i. Données chimiques moyennes des 4 échantillonnages

LAC	[NH4-N] (µg/L)	[NO2+NO3] (µg/L)	[COD] (mg/L)	[PT] (µg/L)	[PTF] (µg/L)	[CHA] (µg/L)
ALEXANDRE	13.1 ± 14.1	35.0 ± 38.1	2.34 ± 0.39	5.84 ± 1.36	2.06 ± 0.74	1.20 ± 1.05
ARCAND	4.1 ± 4.1	<1. ± 0.0	5.38 ± 0.72	10.35 ± 0.48	3.00 ± 0.34	4.47 ± 1.57
BÉDARD	20.0 ± 36.0	12.3 ± 20.1	3.75 ± 0.40	13.62 ± 4.24	4.37 ± 1.58	3.68 ± 2.41
BELLE-FONTAINE	2.8 ± 3.3	36.8 ± 62.2	3.60 ± 0.17	8.86 ± 2.31	3.15 ± 1.04	1.80 ± 0.71
CASGRAIN	6.3 ± 4.5	3.6 ± 5.3	4.72 ± 0.53	9.67 ± 0.63	3.55 ± 0.40	4.28 ± 2.06
au CÈDRE*	0.6 ± 0.9	<1. ± 0.0	4.85 ± 0.46	12.94 ± 0.84	2.78 ± 0.84	6.68 ± 2.90
CLAIR	6.3 ± 6.5	27.0 ± 28.4	1.85 ± 0.13	4.24 ± 0.23	1.19 ± 0.40	1.67 ± 0.92
de CLAIRE**	9.8 ± 5.2	33.5 ± 15.8	1.82 ± 0.25	5.86 ± 0.22	1.40 ± 0.29	1.40 ± 0.20
COCHON	13.9 ± 15.3	12.7 ± 17.9	7.49 ± 1.58	11.78 ± 1.23	4.16 ± 0.77	2.09 ± 1.58
du CORDON	11.7 ± 13.7	39.4 ± 29.5	4.81 ± 1.08	8.05 ± 1.05	2.37 ± 0.67	1.31 ± 0.23
petit DELANEY	15.5 ± 13.6	46.2 ± 28.1	1.89 ± 0.32	6.43 ± 1.56	1.54 ± 0.50	1.32 ± 0.76
du DOUTE	12.9 ± 19.9	10.7 ± 17.9	4.12 ± 0.48	7.62 ± 1.86	2.31 ± 0.59	3.08 ± 0.67
FORGET	4.3 ± 3.7	19.7 ± 27.3	2.12 ± 0.18	4.82 ± 0.99	1.35 ± 0.32	2.04 ± 1.10
GÉRALD	4.8 ± 2.8	<1. ± 0.0	4.92 ± 0.41	10.21 ± 4.35	3.15 ± 1.30	4.10 ± 0.34
de la HAUTEUR	10.0 ± 4.6	23.3 ± 18.7	2.83 ± 0.54	6.16 ± 2.24	1.35 ± 0.08	1.68 ± 0.84
LAFLAMME	4.0 ± 4.4	13.9 ± 15.7	4.20 ± 0.38	11.05 ± 2.68	3.76 ± 0.57	2.30 ± 1.25
MAHER*	25.9 ± 26.9	62.2 ± 13.0	2.33 ± 0.10	5.24 ± 1.87	1.40 ± 0.45	2.17 ± 0.49
MASSON	6.1 ± 12.1	31.1 ± 36.4	3.50 ± 1.21	7.62 ± 3.00	2.38 ± 0.81	1.15 ± 0.94
MICHEL	14.3 ± 13.3	15.2 ± 20.5	4.81 ± 0.61	8.18 ± 1.88	3.13 ± 0.88	2.49 ± 0.89
PUSSORT	11.9 ± 11.4	7.5 ± 11.3	4.27 ± 0.77	6.98 ± 1.98	1.98 ± 0.16	1.26 ± 0.44
RICHARD	5.6 ± 4.2	25.5 ± 25.4	4.18 ± 0.54	8.75 ± 1.92	2.83 ± 0.91	2.28 ± 0.89
de la RIVIÈRE(RES)	2.9 ± 3.7	6.0 ± 11.2	4.73 ± 0.52	8.69 ± 2.32	2.49 ± 0.57	3.92 ± 0.62
de la RIVIÈRE(ZEC)	6.1 ± 12.2	1.8 ± 2.5	5.43 ± 0.80	14.34 ± 1.47	4.14 ± 0.27	7.05 ± 3.07
SAMSON	7.0 ± 7.7	6.6 ± 9.7	6.03 ± 0.83	10.27 ± 1.51	3.16 ± 0.27	2.84 ± 1.70
SIoux	5.8 ± 4.7	51.9 ± 32.3	4.08 ± 0.40	6.54 ± 0.75	2.37 ± 0.41	2.65 ± 1.18
ST-JACQUES	2.4 ± 2.3	9.4 ± 18.7	6.55 ± 0.93	23.65 ± 10.08	7.58 ± 1.64	1.59 ± 0.55
TANTARÉ	9.8 ± 6.5	54.9 ± 35.1	2.28 ± 0.30	4.84 ± 1.86	1.61 ± 0.61	0.61 ± 0.07
petit TANTARÉ	16.8 ± 21.5	35.2 ± 32.9	1.29 ± 0.12	6.73 ± 1.53	1.42 ± 0.47	0.91 ± 0.28
TARBELL	13.0 ± 6.6	0.7 ± 1.4	7.62 ± 0.82	14.09 ± 2.55	5.49 ± 1.18	5.88 ± 3.74
TOURILLI	11.1 ± 7.1	37.3 ± 27.4	2.68 ± 0.46	5.03 ± 0.24	1.54 ± 0.21	1.49 ± 0.93
TRÉPANIÉ	7.6 ± 3.3	27.3 ± 28.1	4.49 ± 0.39	11.80 ± 2.42	3.34 ± 0.78	1.66 ± 0.34
TURGEON	5.1 ± 4.0	1.4 ± 1.6	4.81 ± 0.51	11.55 ± 1.13	3.31 ± 0.54	4.63 ± 1.90

± un écart-type

* 3 échantillonnages

** 2 échantillonnages

Tableau IV i. Suite

LAC	[SO ₄ -S] (mg/L)	[Na] (mg/L)	[Mg] (mg/L)	[Ca] (mg/L)	[Fe] (mg/L)	[K] (mg/L)	pH
ALEXANDRE	1.21 ± 0.03	0.476 ± 0.03	0.194 ± 0.02	0.96 ± 0.12	0.054 ± 0.02	0.16 ± 0.02	5.76 ± 0.27
ARCAND	1.44 ± 0.06	0.541 ± 0.04	0.388 ± 0.02	1.74 ± 0.11	0.094 ± 0.01	0.27 ± 0.02	6.07 ± 0.12
BÉDARD	0.95 ± 0.01	0.496 ± 0.05	0.346 ± 0.05	1.66 ± 0.28	0.233 ± 0.11	0.09 ± 0.03	6.42 ± 0.26
BELLE-FONTAINE	1.02 ± 0.03	0.475 ± 0.02	0.287 ± 0.02	1.06 ± 0.14	0.103 ± 0.01	0.11 ± 0.04	6.03 ± 0.27
CASGRAIN	1.39 ± 0.08	0.490 ± 0.04	0.370 ± 0.02	1.62 ± 0.12	0.074 ± 0.02	0.19 ± 0.02	6.02 ± 0.26
au CÈDRE*	1.35 ± 0.02	0.924 ± 0.05	0.465 ± 0.02	2.02 ± 0.14	0.023 ± 0.00	0.33 ± 0.02	6.70 ± 0.23
CLAIR	1.45 ± 0.01	0.754 ± 0.04	0.437 ± 0.03	2.07 ± 0.18	0.005 ± 0.00	0.35 ± 0.05	6.50 ± 0.34
de CLAIRE**	1.24 ± 0.01	0.443 ± 0.01	0.244 ± 0.01	1.36 ± 0.02	0.014 ± 0.00	0.18 ± 0.01	6.19 ± 0.52
COCHON	1.41 ± 0.05	0.504 ± 0.05	0.231 ± 0.03	1.37 ± 0.18	0.192 ± 0.07	0.21 ± 0.06	5.06 ± 0.26
du CORDON	1.42 ± 0.04	0.575 ± 0.03	0.282 ± 0.01	1.47 ± 0.08	0.106 ± 0.02	0.51 ± 0.05	5.88 ± 0.07
petit DELANEY	1.21 ± 0.03	0.487 ± 0.02	0.206 ± 0.02	0.95 ± 0.03	0.026 ± 0.11	0.13 ± 0.02	5.79 ± 0.22
du DOUTE	1.19 ± 0.04	0.396 ± 0.04	0.336 ± 0.07	1.42 ± 0.37	0.078 ± 0.07	0.12 ± 0.02	5.73 ± 0.15
FORGET	0.98 ± 0.02	0.524 ± 0.03	0.305 ± 0.02	1.36 ± 0.01	0.026 ± 0.01	0.21 ± 0.02	6.39 ± 0.30
GÉRALD	1.51 ± 0.04	0.718 ± 0.02	0.463 ± 0.01	2.05 ± 0.01	0.063 ± 0.02	0.30 ± 0.03	6.49 ± 0.09
de la HAUTEUR	1.31 ± 0.02	0.432 ± 0.02	0.216 ± 0.02	1.16 ± 0.05	0.051 ± 0.02	0.14 ± 0.02	5.27 ± 0.14
LAFLAMME	1.10 ± 0.07	0.787 ± 0.05	0.447 ± 0.04	1.86 ± 0.08	0.07 ± 0.01	0.16 ± 0.04	6.60 ± 0.23
MAHER*	1.56 ± 0.01	0.698 ± 0.04	0.321 ± 0.02	2.03 ± 0.09	0.03 ± 0.01	0.31 ± 0.02	6.62 ± 0.17
MASSON	1.30 ± 0.04	0.573 ± 0.04	0.276 ± 0.02	1.30 ± 0.13	0.057 ± 0.05	0.18 ± 0.04	6.07 ± 0.18
MICHEL	1.15 ± 0.05	0.480 ± 0.03	0.278 ± 0.01	1.23 ± 0.07	0.106 ± 0.02	0.14 ± 0.03	5.76 ± 0.07
PUSSORT	1.41 ± 0.03	0.514 ± 0.03	0.229 ± 0.01	1.22 ± 0.03	0.096 ± 0.05	0.18 ± 0.08	5.25 ± 0.20
RICHARD	0.99 ± 0.02	0.437 ± 0.02	0.261 ± 0.03	1.07 ± 0.03	0.076 ± 0.03	0.21 ± 0.01	5.75 ± 0.23
de la RIVIÈRE(RES)	1.34 ± 0.04	0.566 ± 0.03	0.331 ± 0.01	1.65 ± 0.06	0.047 ± 0.02	0.24 ± 0.04	6.12 ± 0.08
de la RIVIÈRE(ZEC)	1.17 ± 0.07	0.598 ± 0.03	0.348 ± 0.01	1.82 ± 0.10	0.138 ± 0.02	0.34 ± 0.06	6.39 ± 0.07
SAMSON	1.52 ± 0.07	0.568 ± 0.02	0.271 ± 0.01	1.51 ± 0.02	0.189 ± 0.04	0.16 ± 0.08	5.28 ± 0.15
SIoux	1.00 ± 0.02	0.427 ± 0.02	0.248 ± 0.06	1.02 ± 0.05	0.098 ± 0.02	0.15 ± 0.03	5.46 ± 0.30
ST-JACQUES	0.82 ± 0.03	0.578 ± 0.07	0.386 ± 0.02	1.35 ± 0.04	0.168 ± 0.02	0.07 ± 0.03	5.66 ± 0.35
TANTARÉ	1.23 ± 0.03	0.414 ± 0.02	0.234 ± 0.01	0.95 ± 0.05	0.022 ± 0.01	0.22 ± 0.03	5.62 ± 0.37
petit TANTARÉ	1.28 ± 0.05	0.272 ± 0.01	0.173 ± 0.01	0.89 ± 0.03	0.042 ± 0.01	0.23 ± 0.02	5.40 ± 0.06
TARBELL	1.17 ± 0.07	0.536 ± 0.01	0.475 ± 0.01	1.55 ± 0.05	0.216 ± 0.08	0.22 ± 0.04	5.88 ± 0.13
TOURILLI	1.04 ± 0.02	0.389 ± 0.03	0.218 ± 0.03	1.02 ± 0.07	0.031 ± 0.02	0.18 ± 0.02	5.63 ± 0.25
TRÉPANIER	1.01 ± 0.04	0.365 ± 0.02	0.239 ± 0.02	0.95 ± 0.04	0.197 ± 0.07	0.19 ± 0.03	5.12 ± 0.42
TURGEON	1.38 ± 0.05	0.534 ± 0.03	0.432 ± 0.02	1.81 ± 0.07	0.146 ± 0.05	0.18 ± 0.02	6.13 ± 0.20

ANNEXE V

ÉVOLUTION TEMPORELLE DES ÉLÉMENTS

CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES

V-1

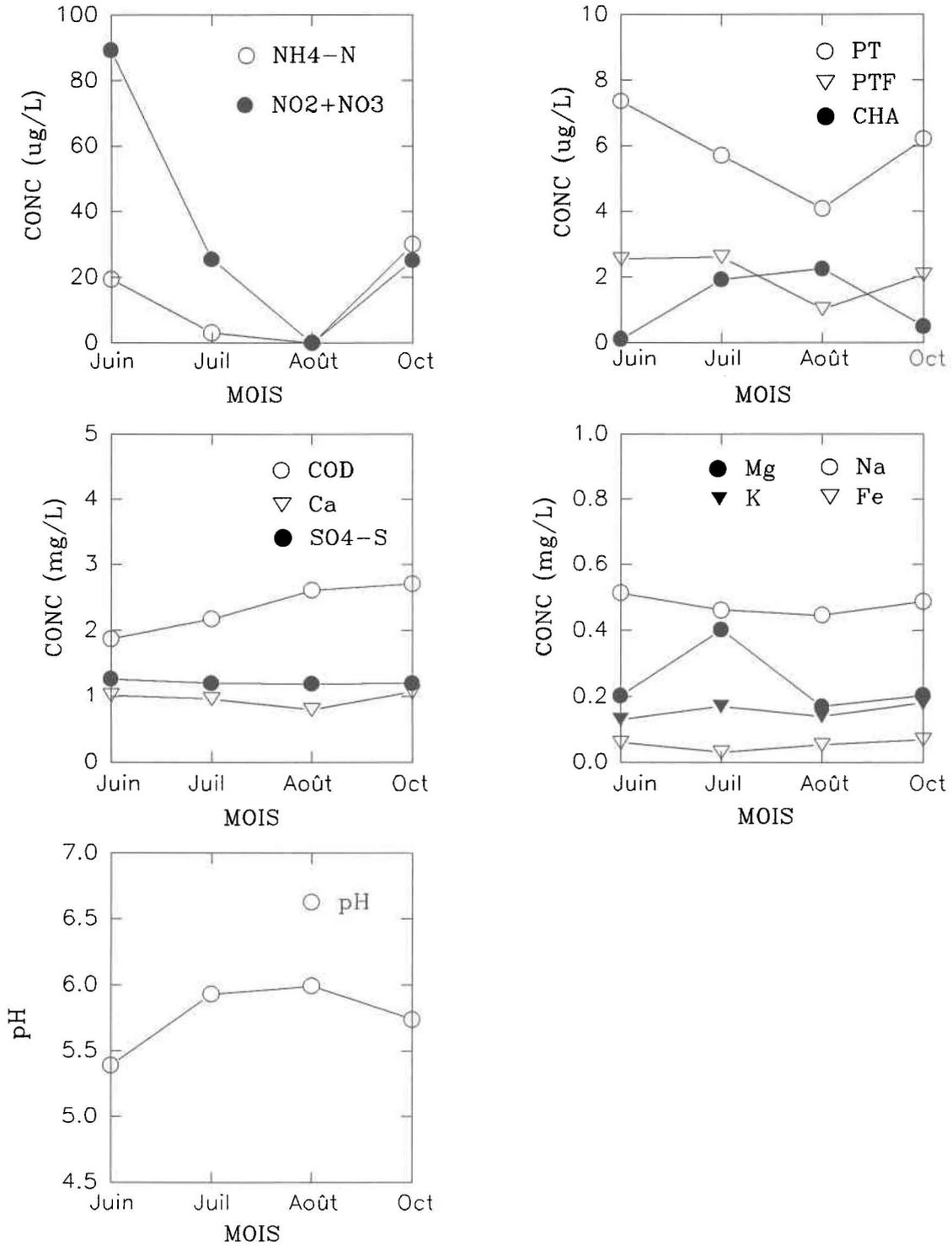


Figure V-1. Lac Alexandre

V-2

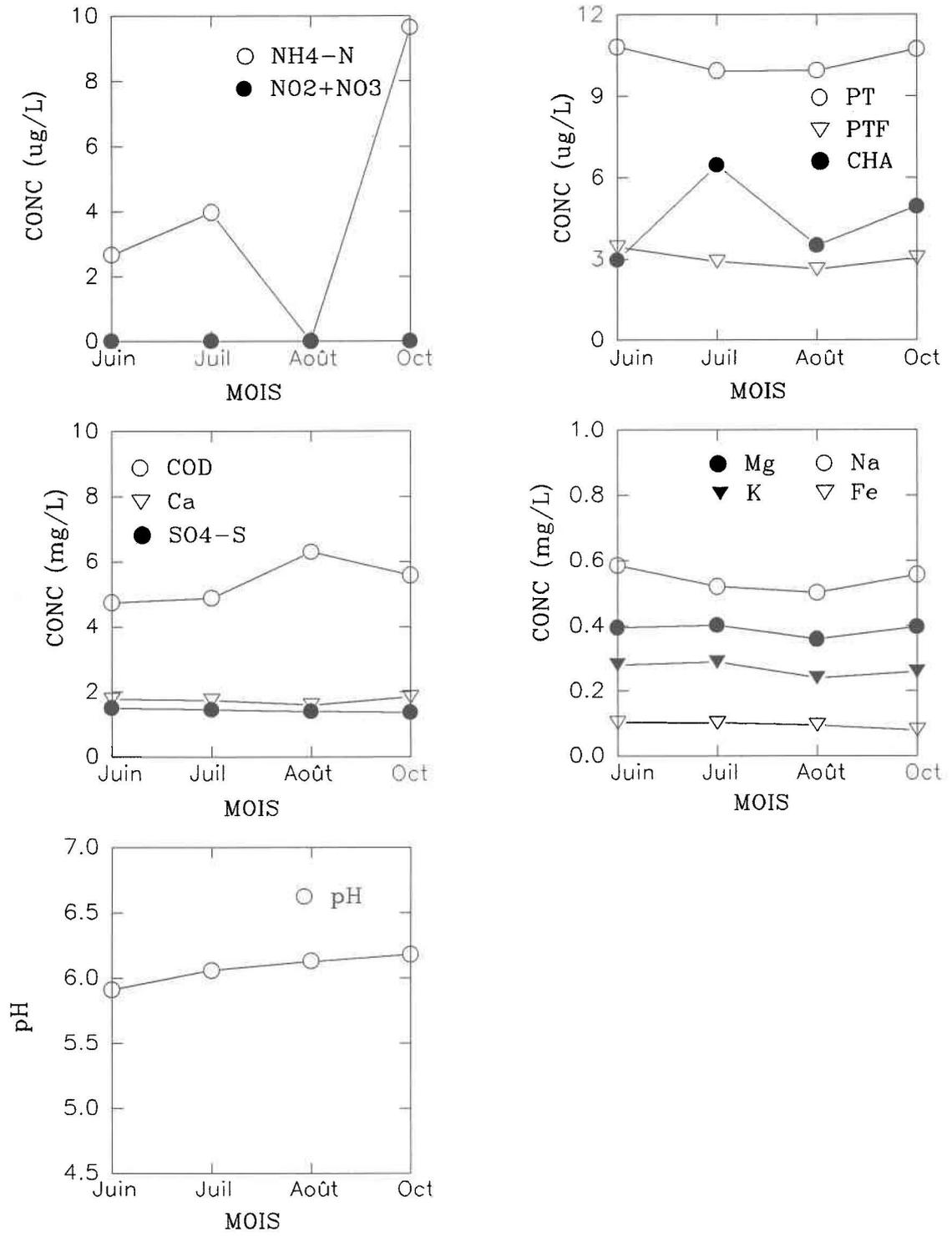


Figure V-2. Lac Arcand.

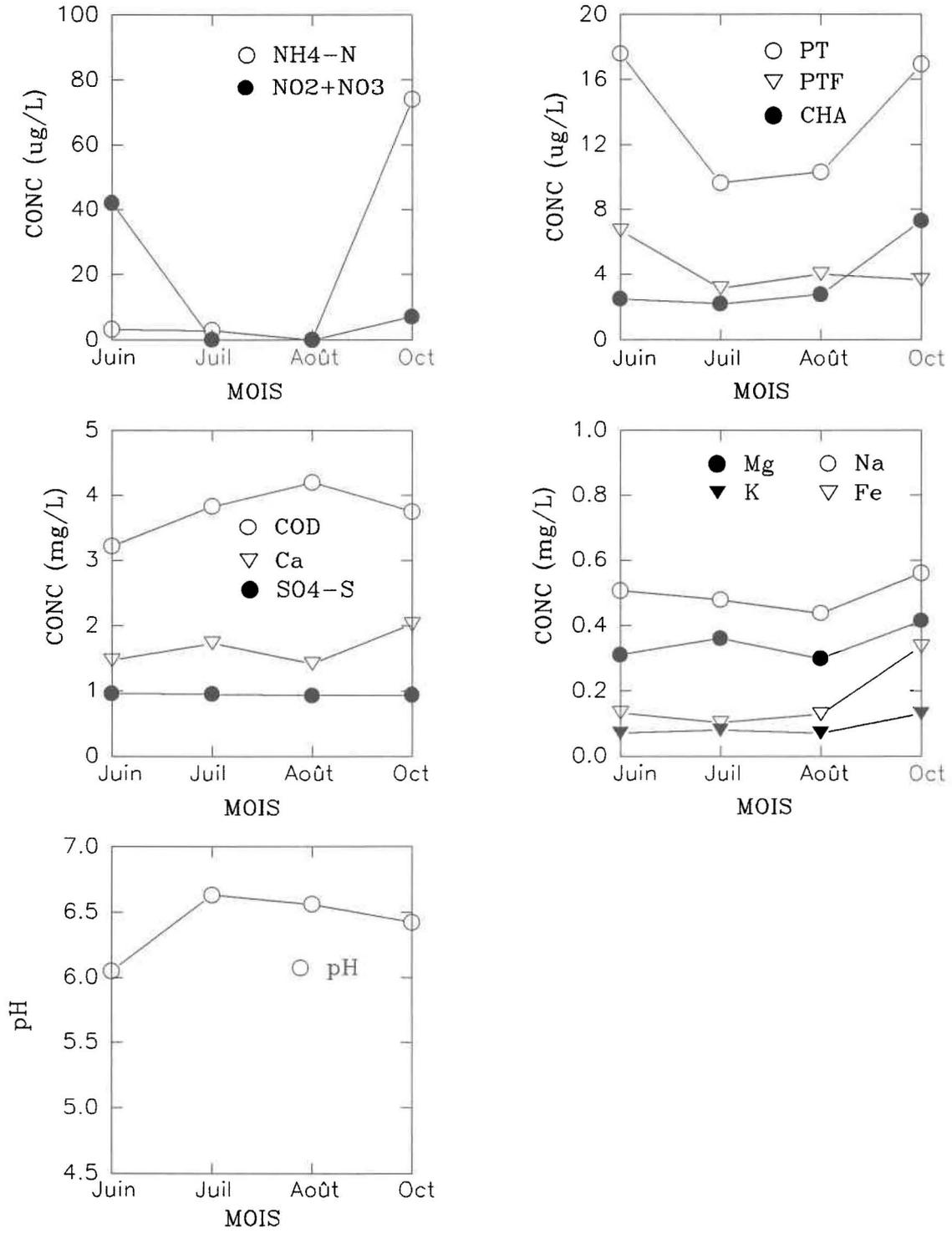


Figure V-3. Lac Bédard.

V-4

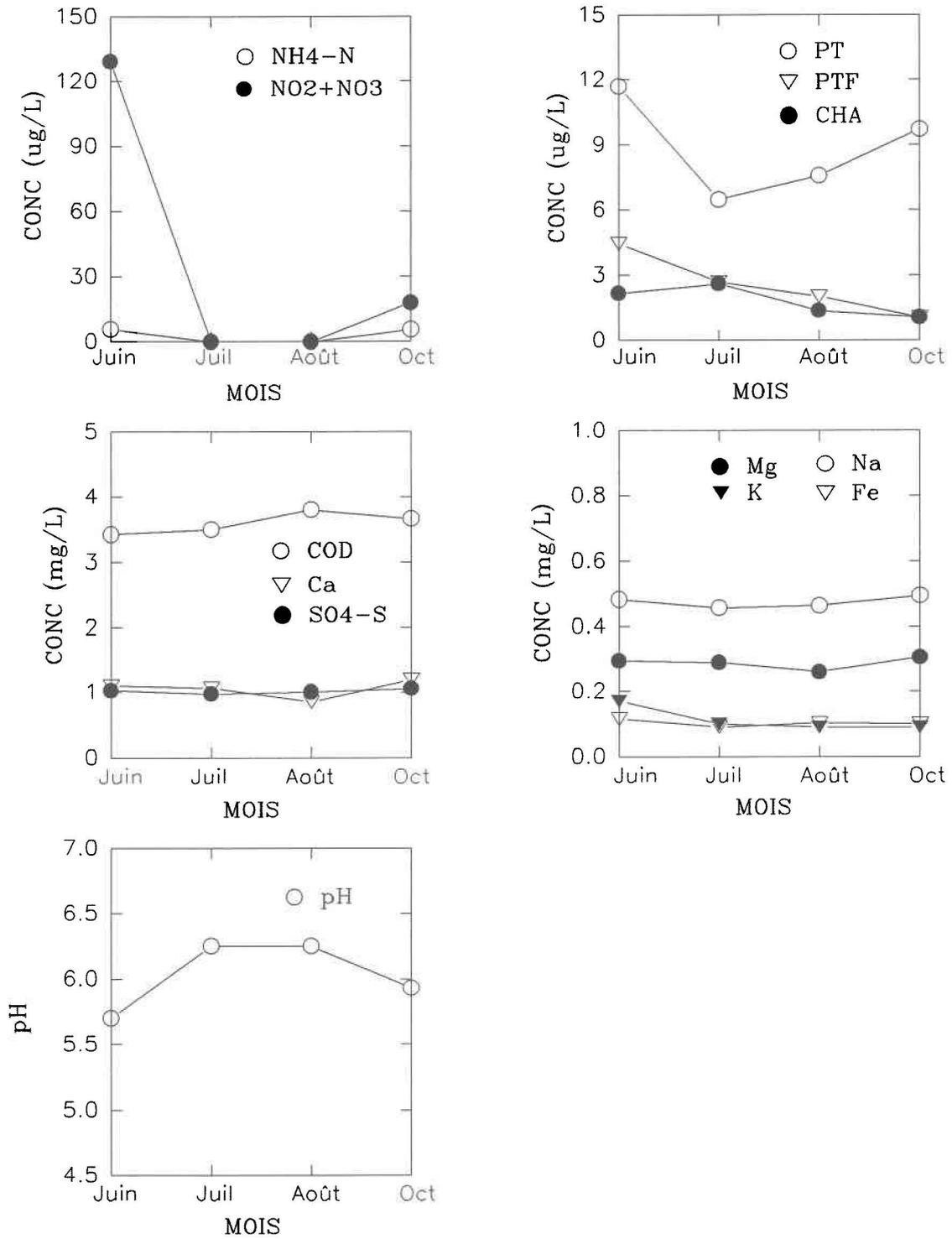


Figure V-4. Lac Belle-Fontaine.

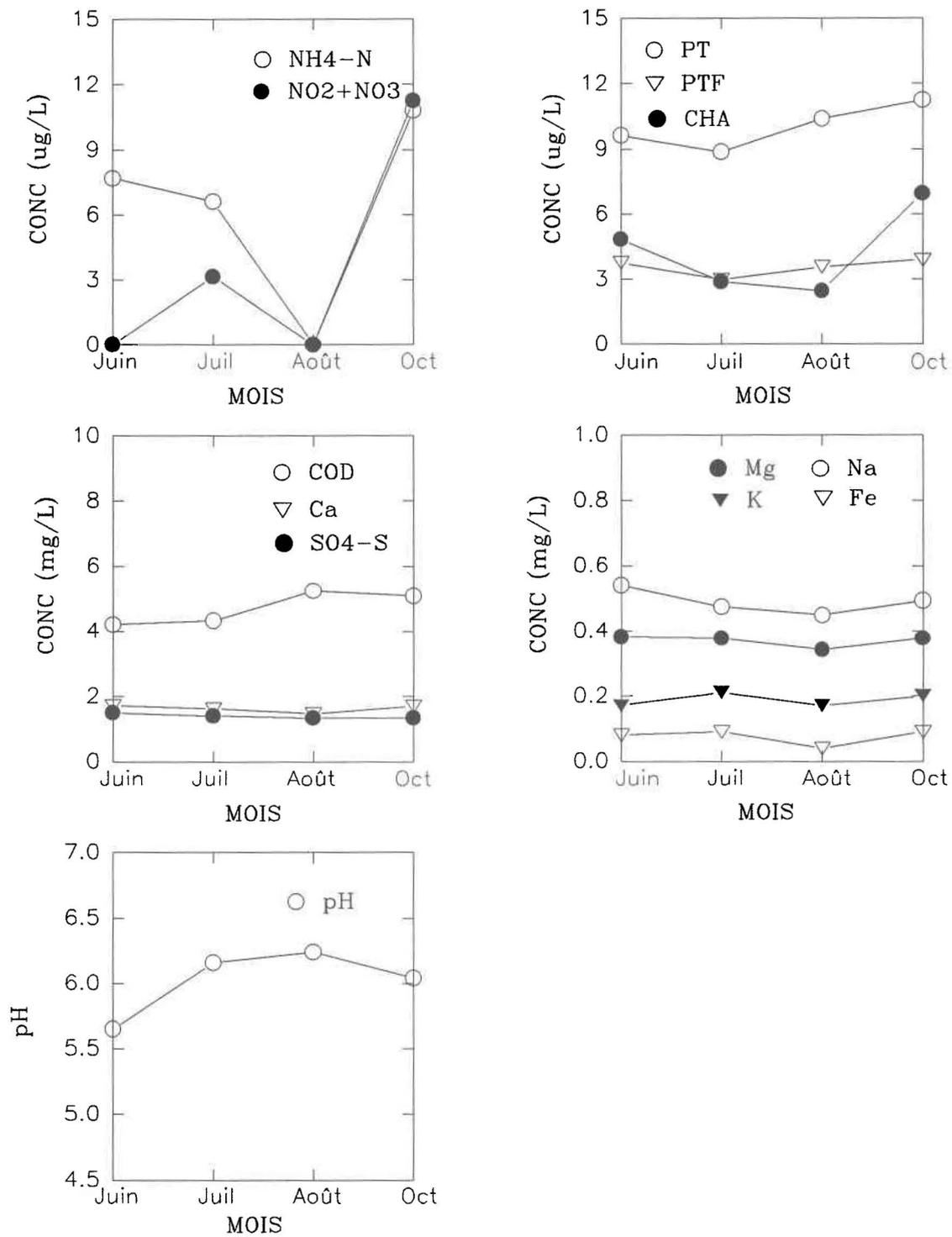


Figure V-5. Lac Casgrain.

V-6

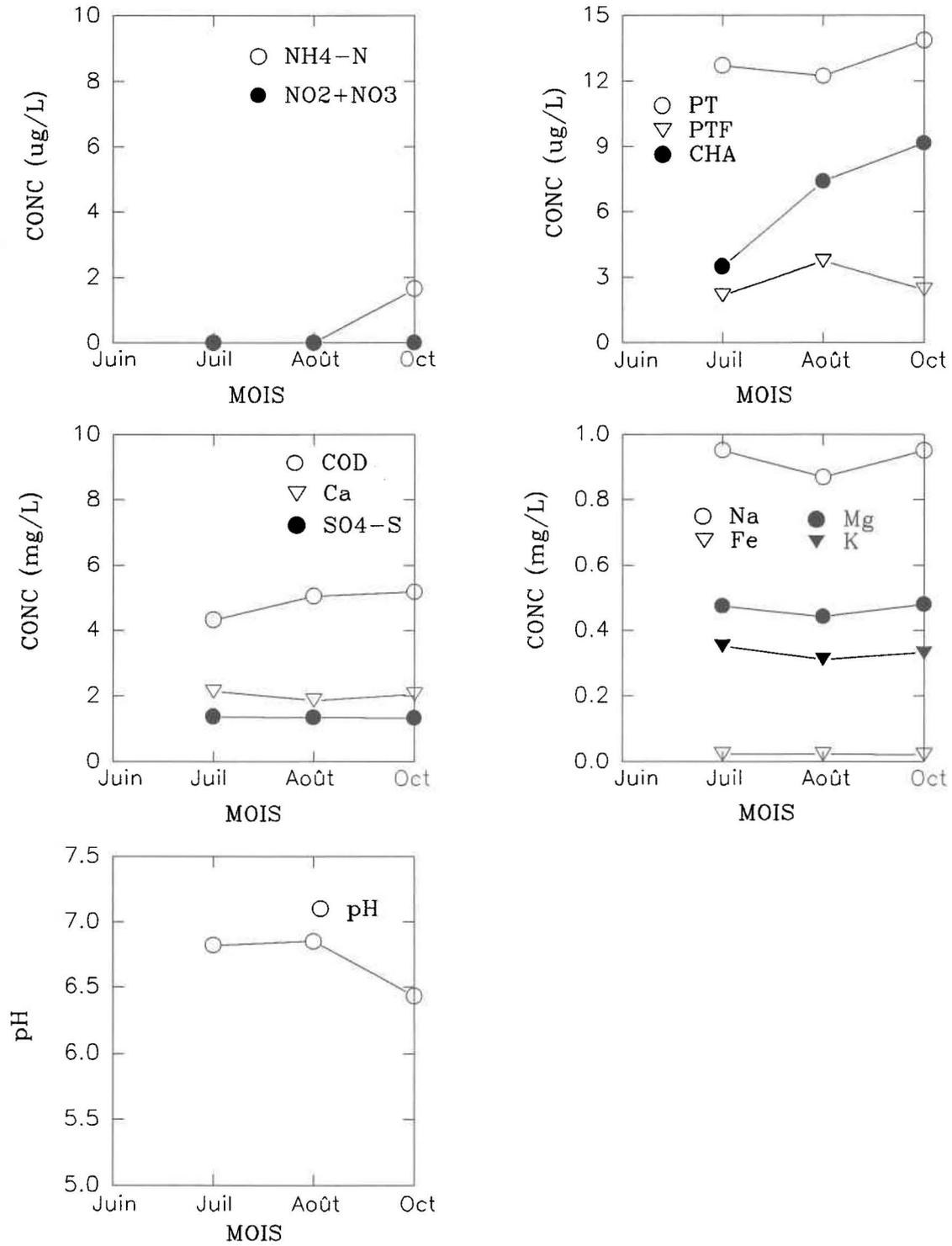


Figure V-6. Lac au Cèdre.

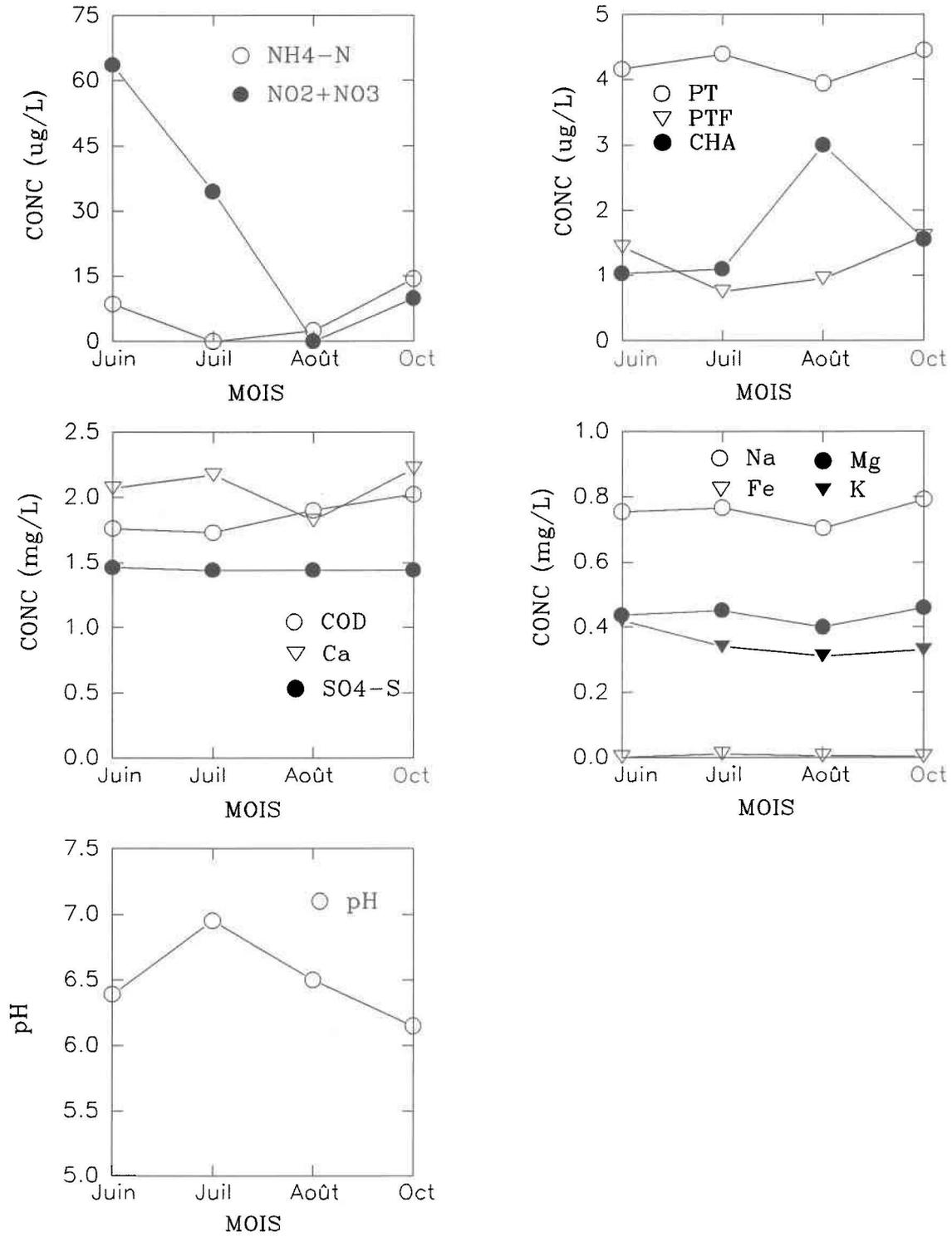


Figure V-7. Lac Clair.

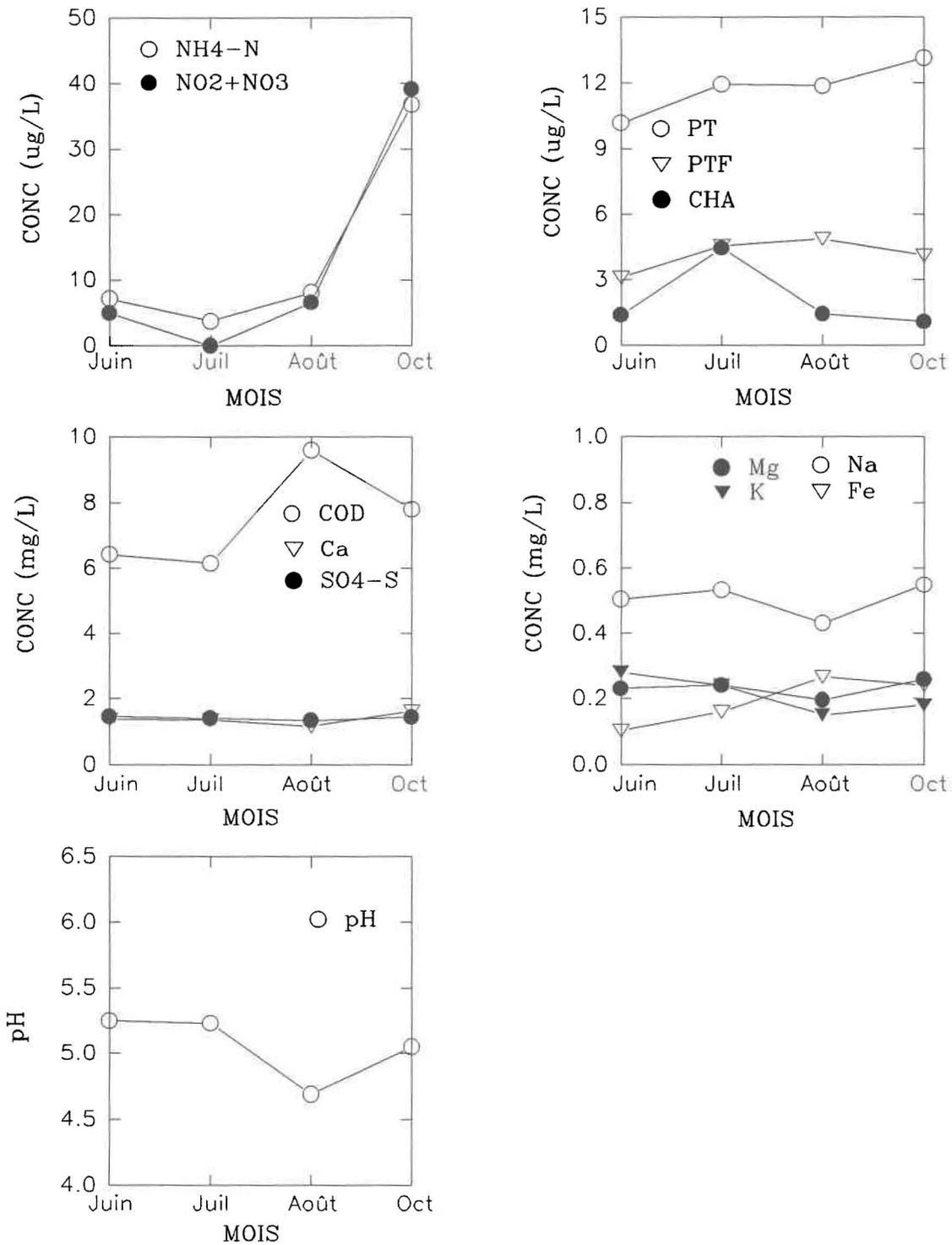


Figure V-8. Lac au Cochon.

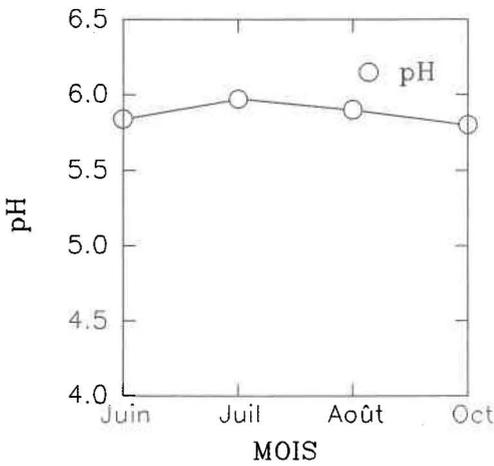
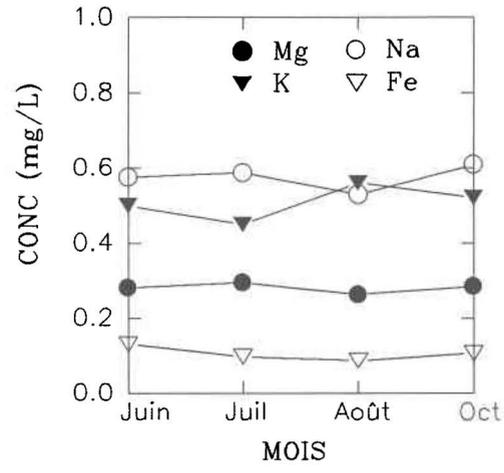
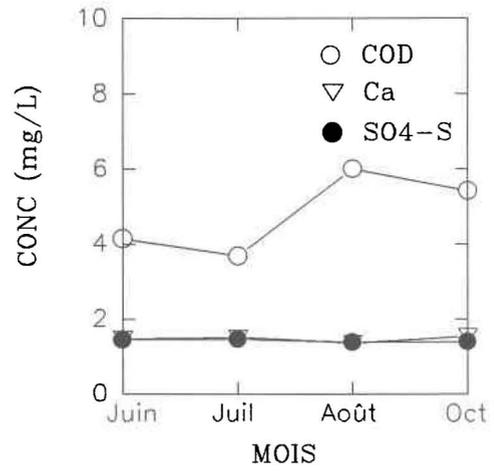
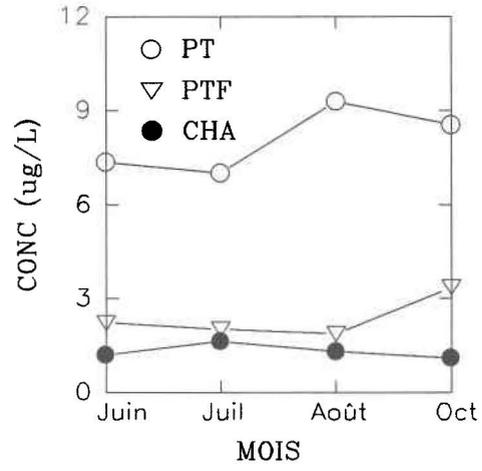
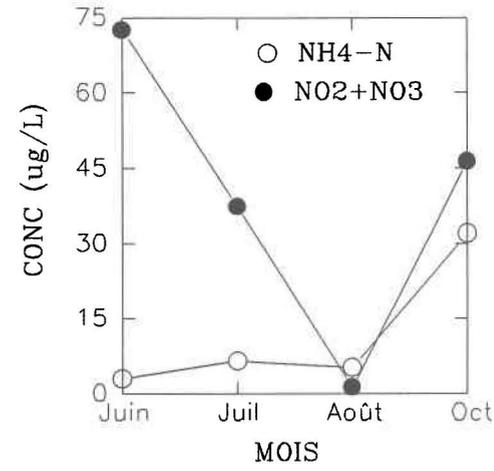


Figure V-9. Lac du Cordon.

V-10

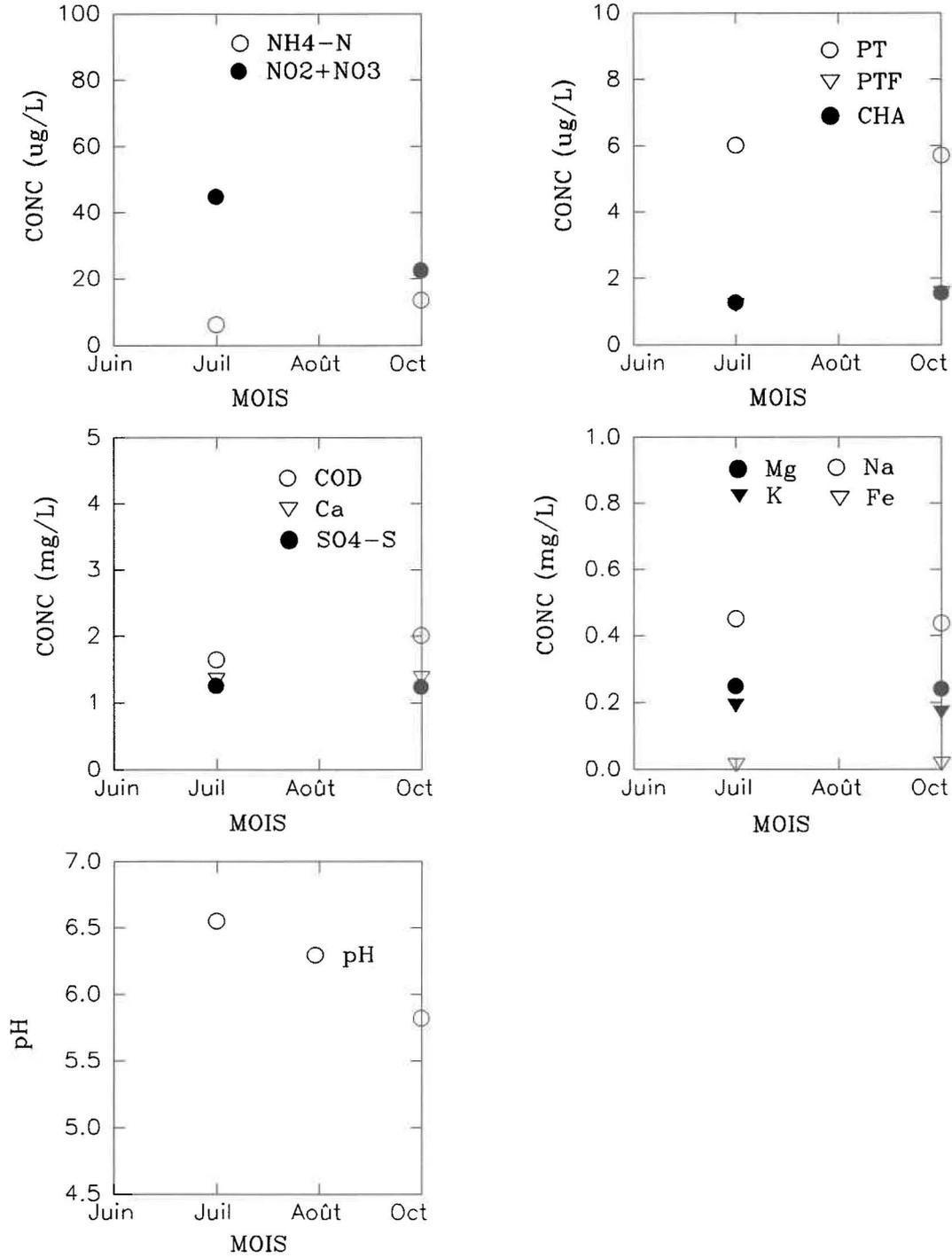


Figure V-10. Lac de Claire.

V-11

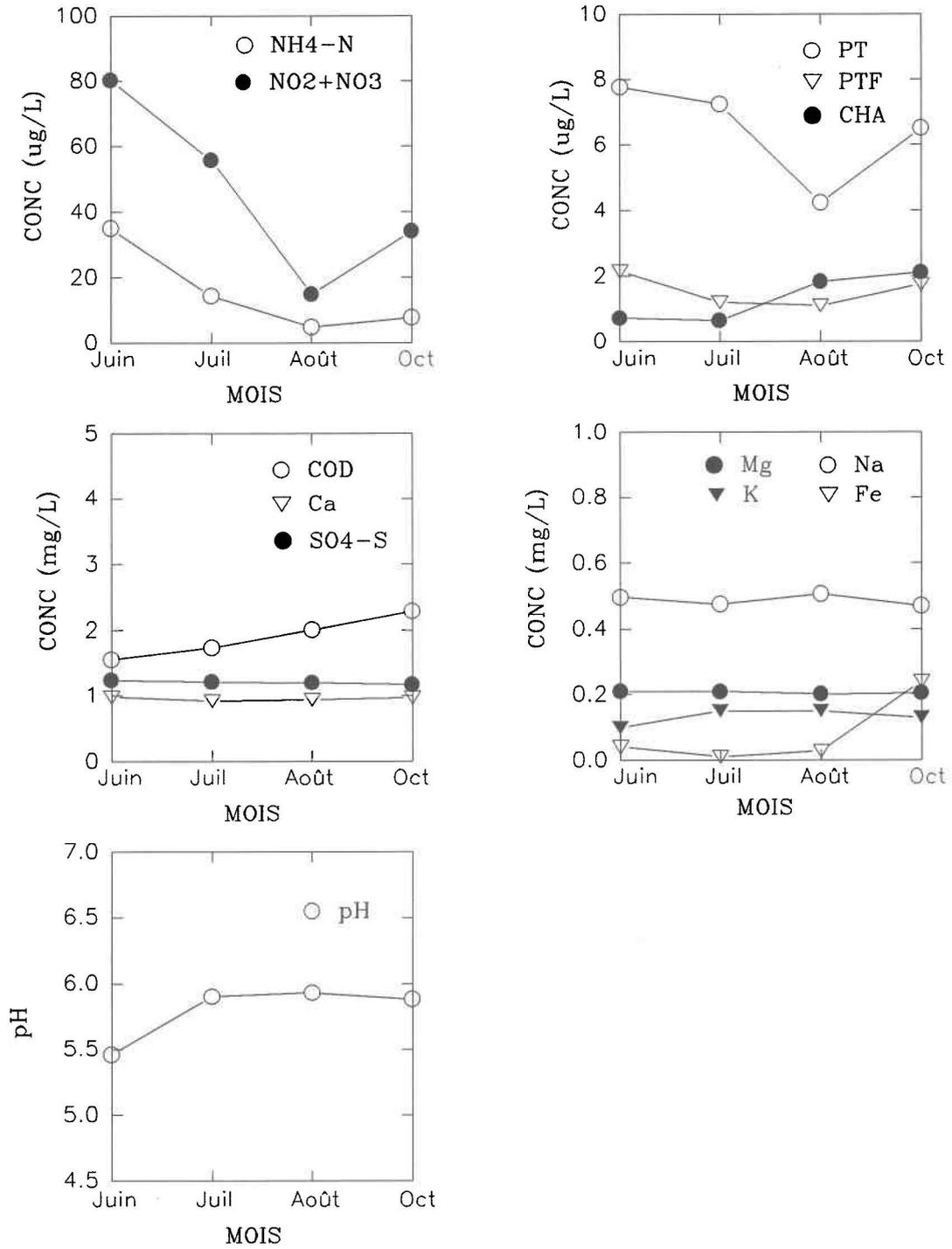


Figure V-11. Lac petit Delaney.

V-12

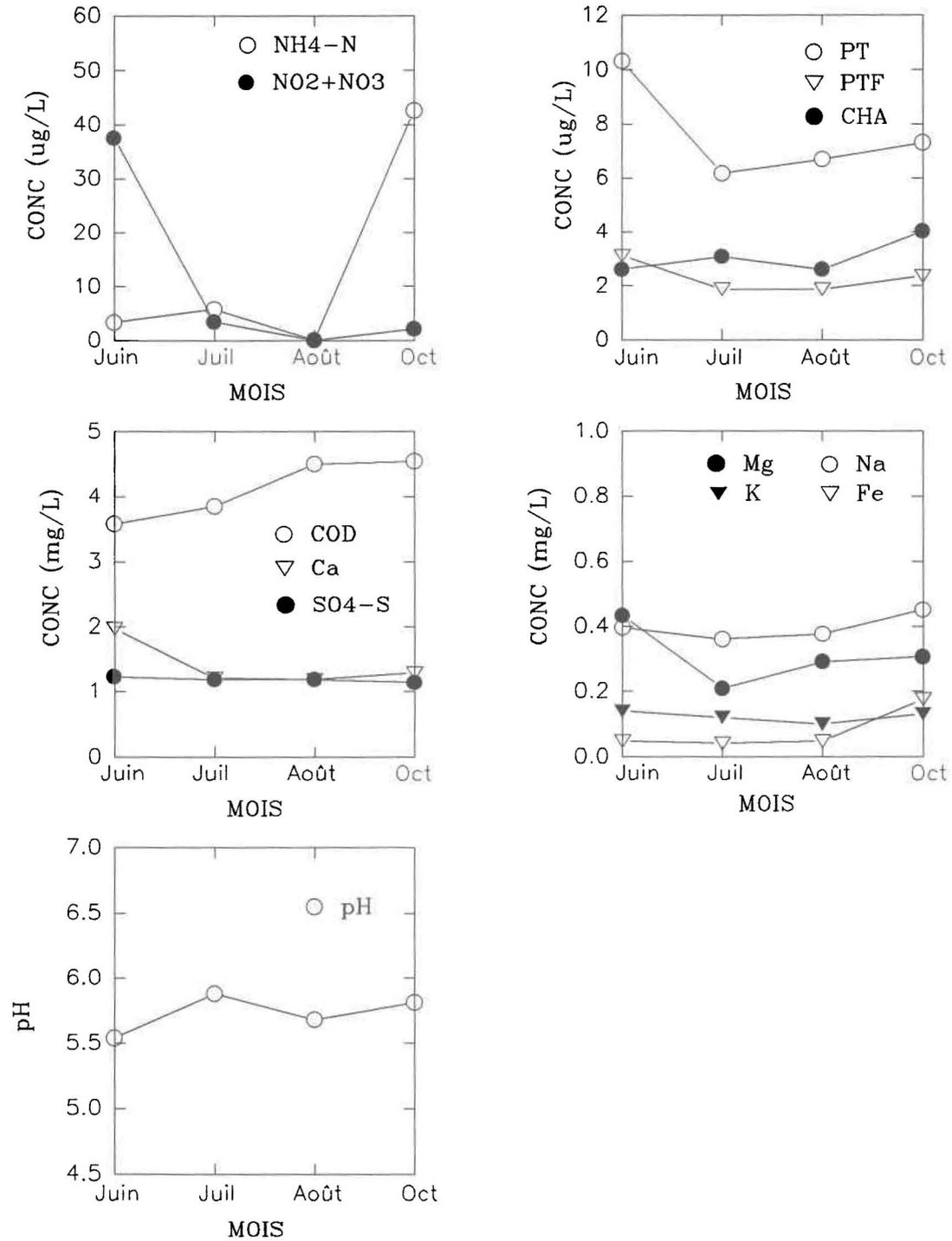


Figure V-12. Lac du Doute.

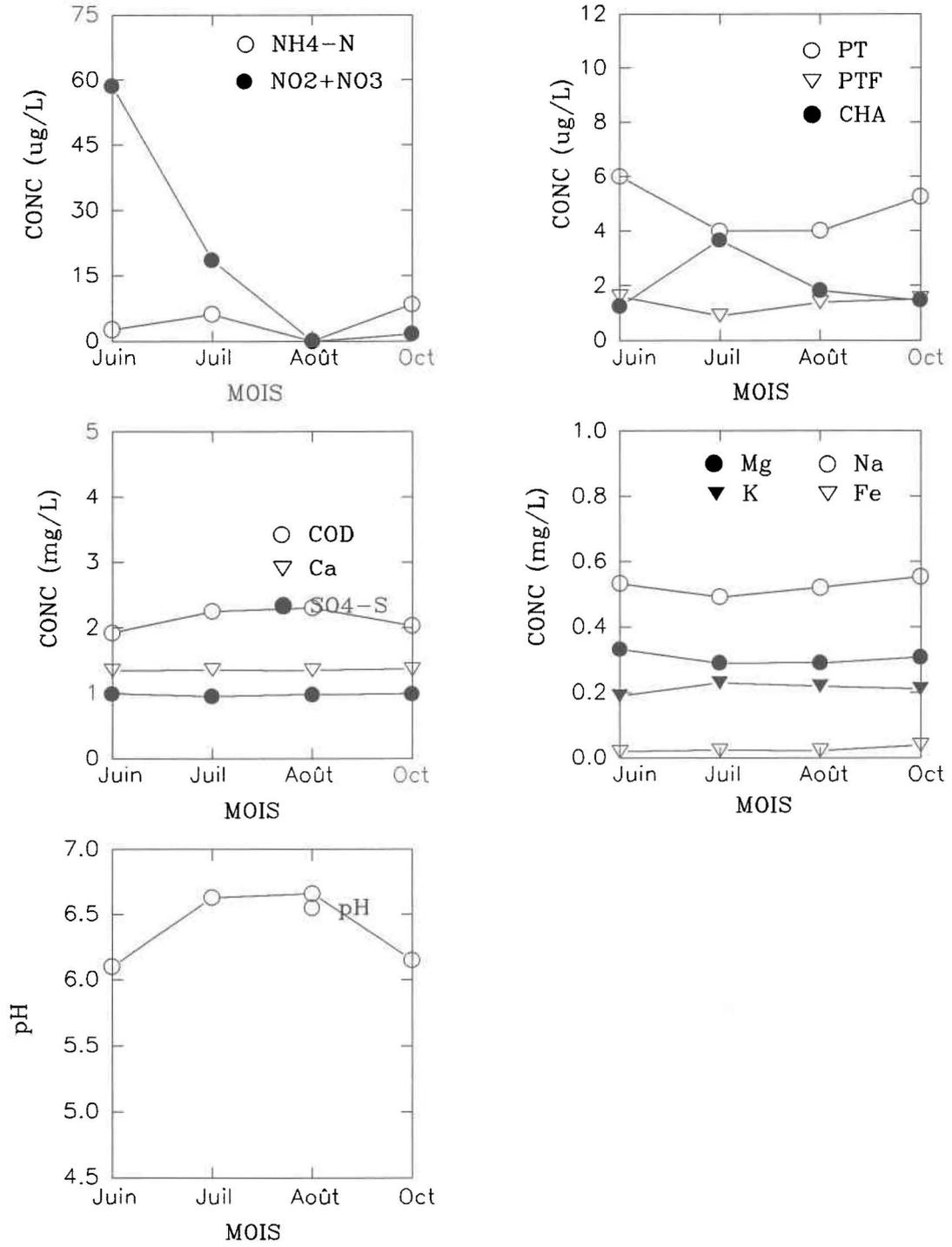


Figure V-13. Lac Forget.

V-14

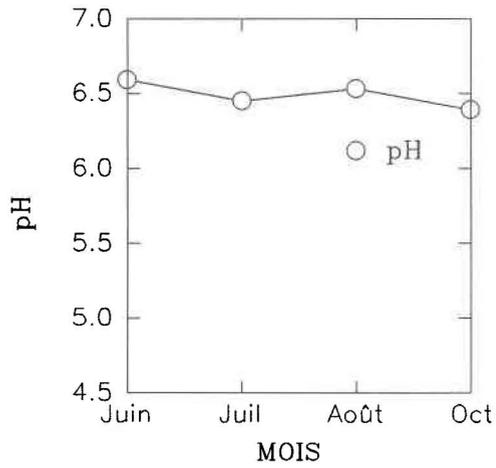
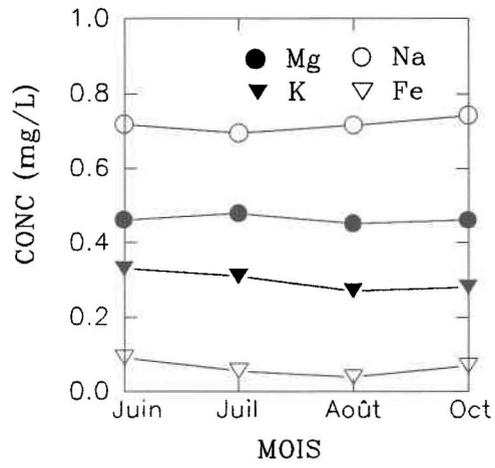
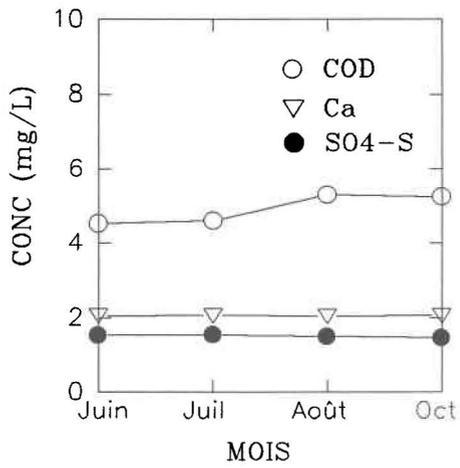
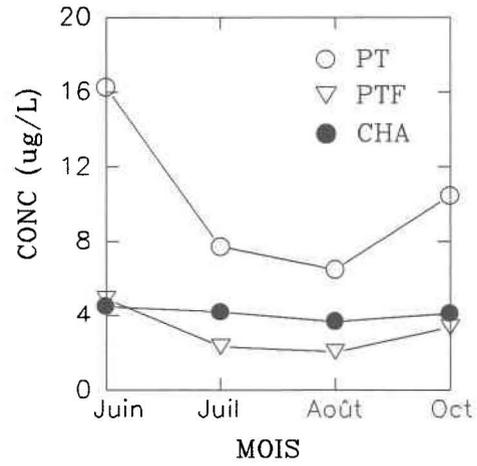
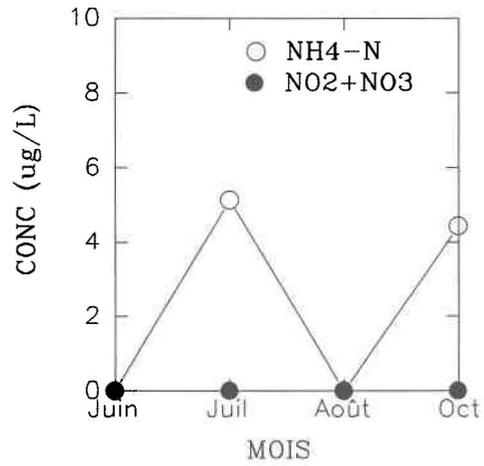


Figure V-14. Lac Gérald.

V-15

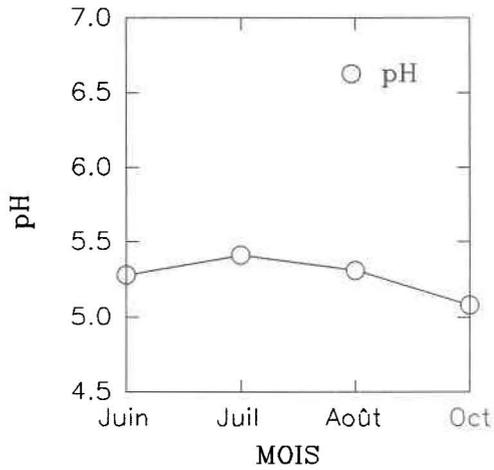
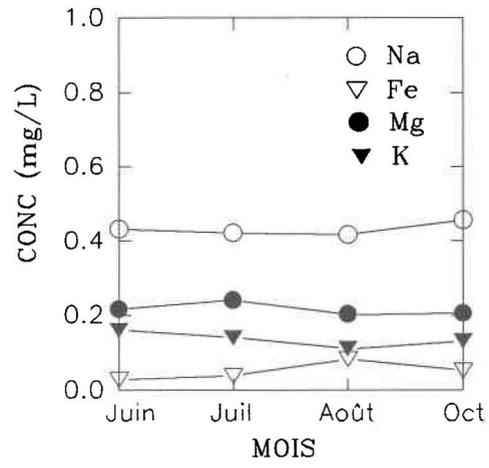
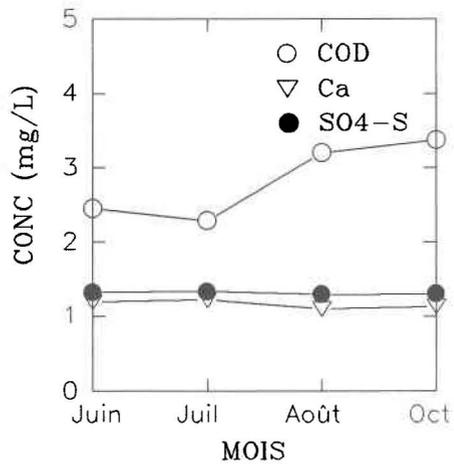
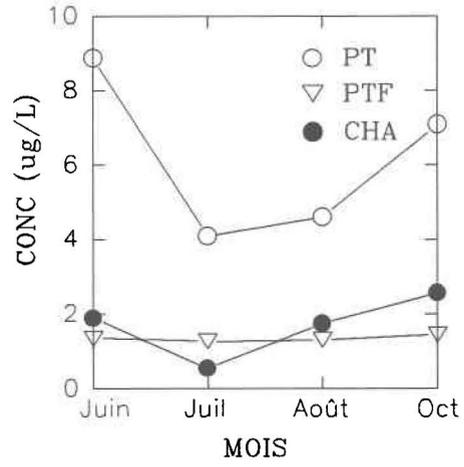
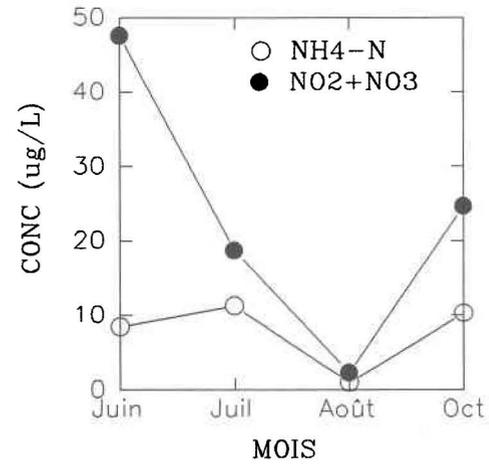


Figure V-15. Lac de la Hauteur.

V-16

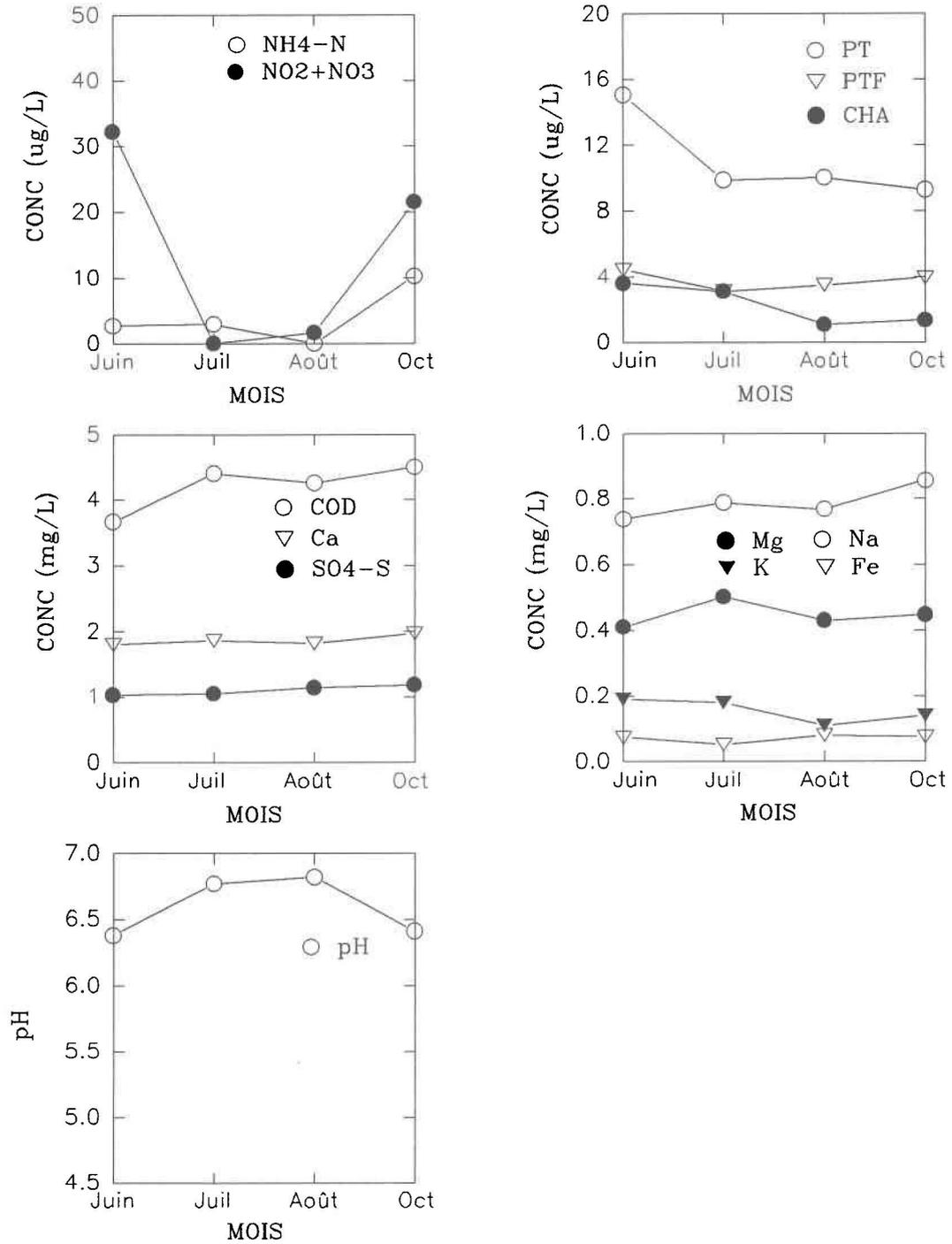


Figure V-16. Lac Laflamme.

V-17

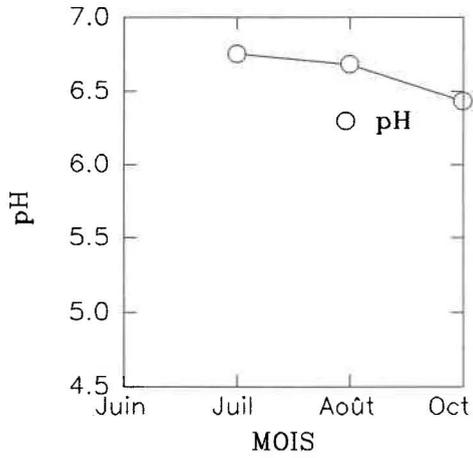
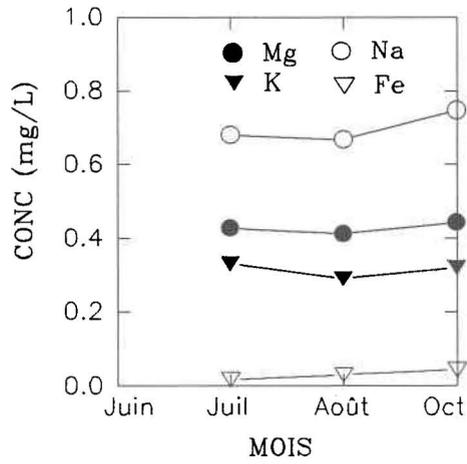
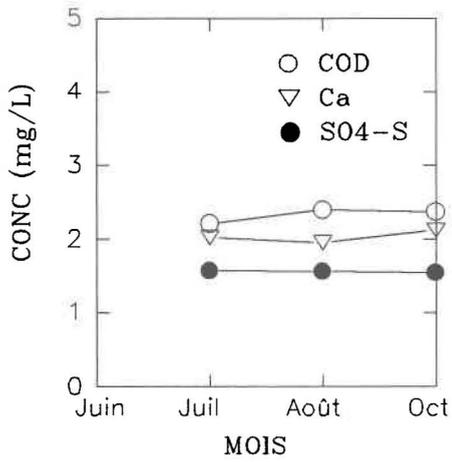
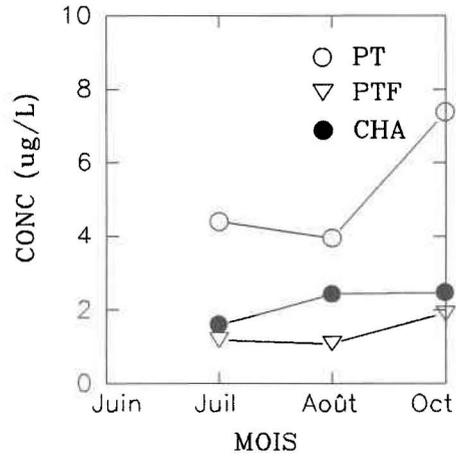
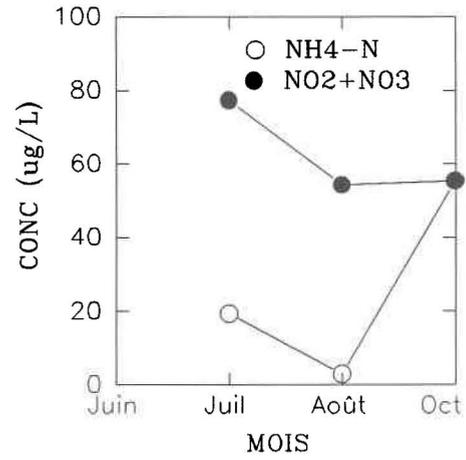


Figure V-17. Lac Maher.

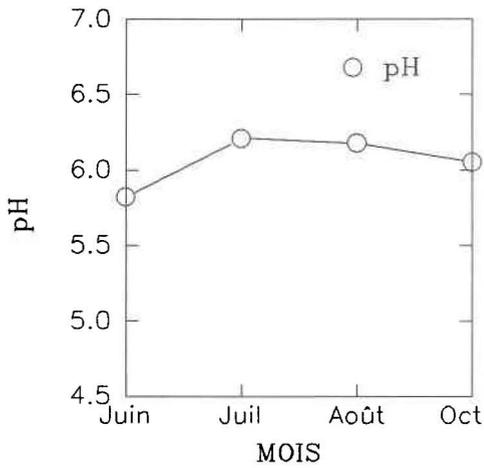
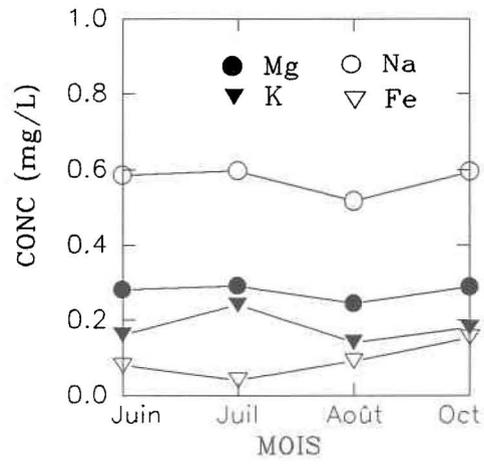
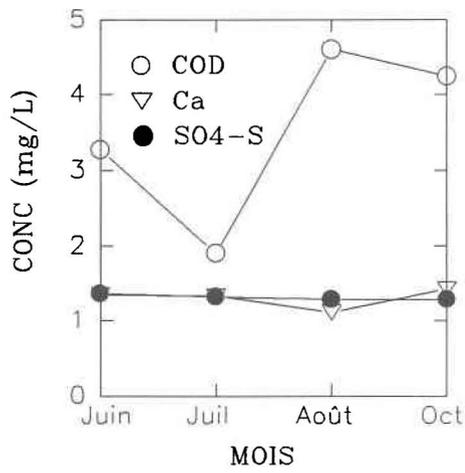
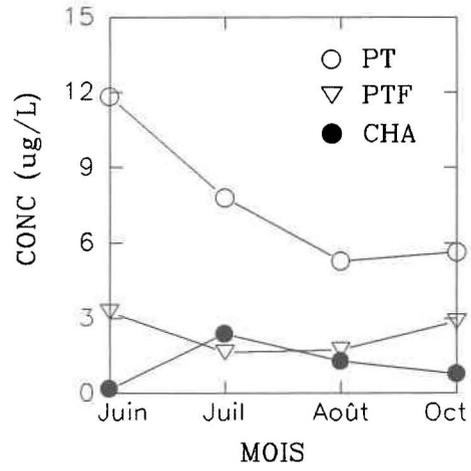
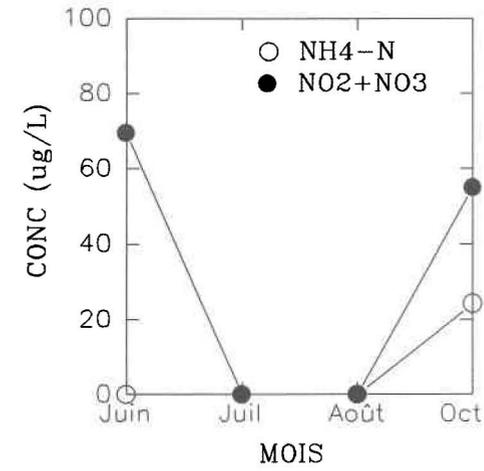


Figure V-18. Lac Masson.

V-19

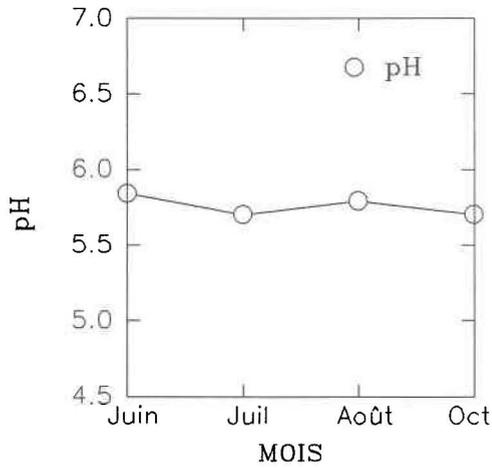
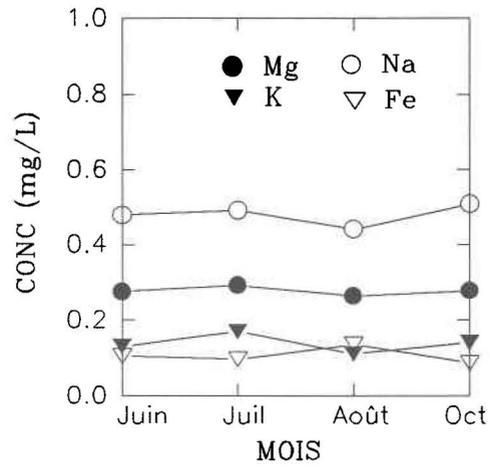
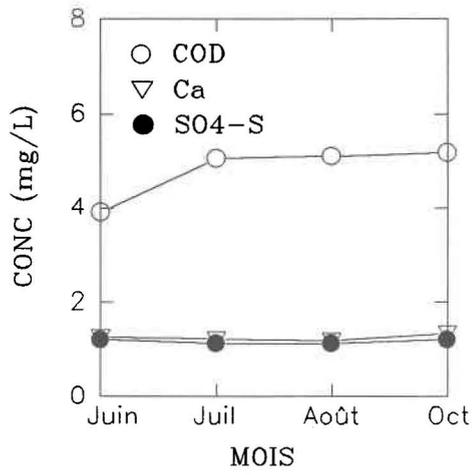
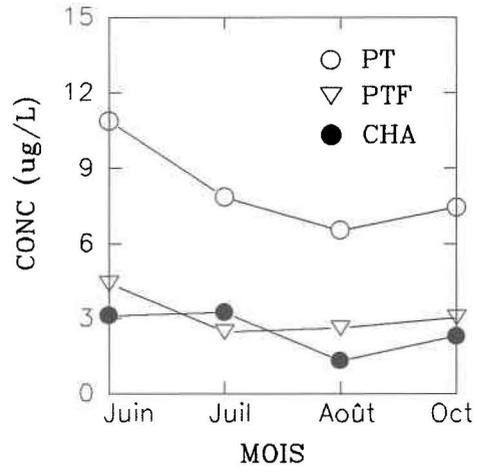
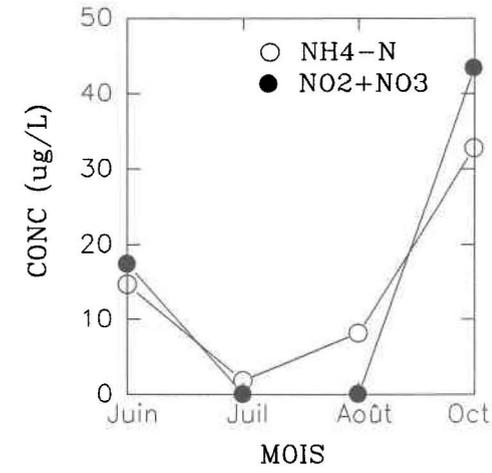


Figure V-19. Lac Michel.

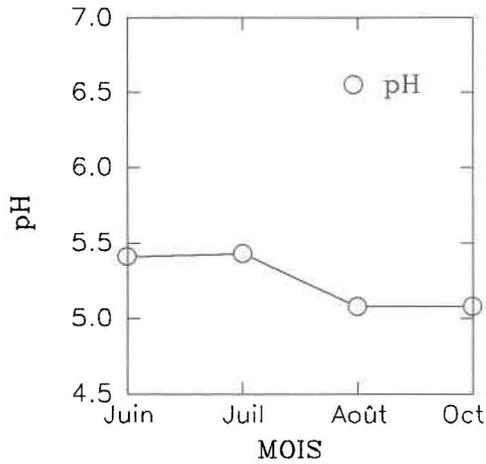
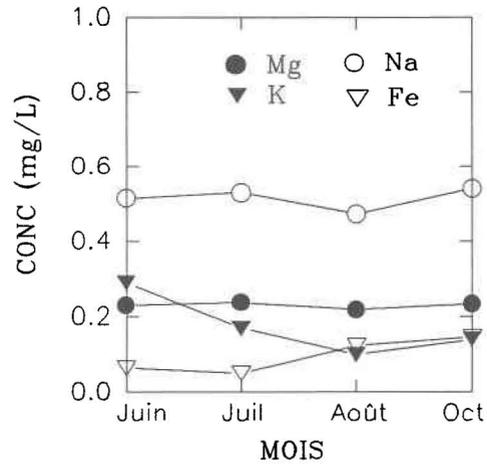
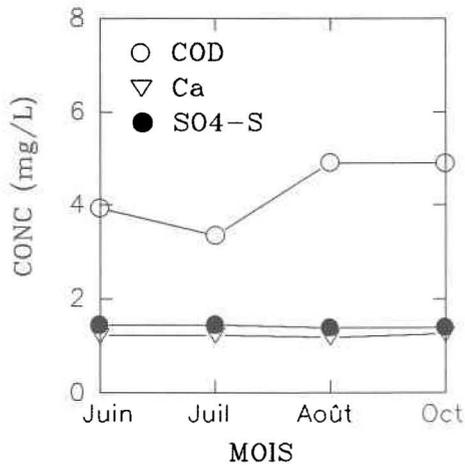
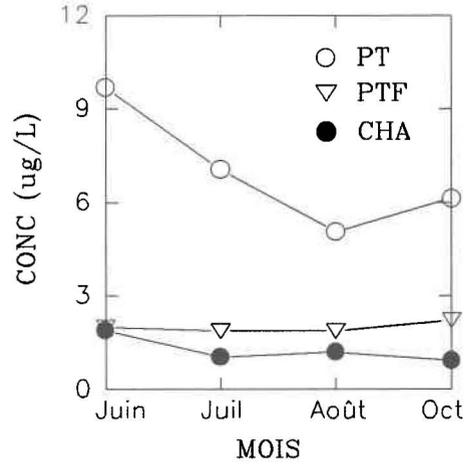
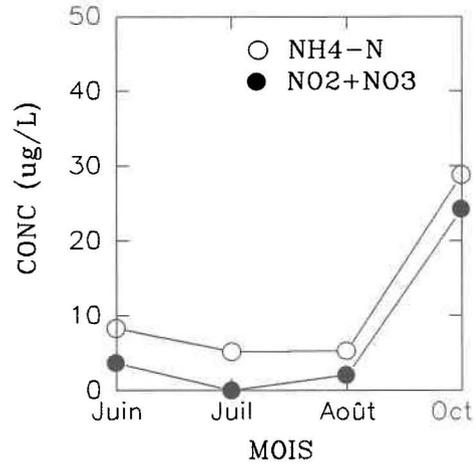


Figure V-20. Lac Pussort.

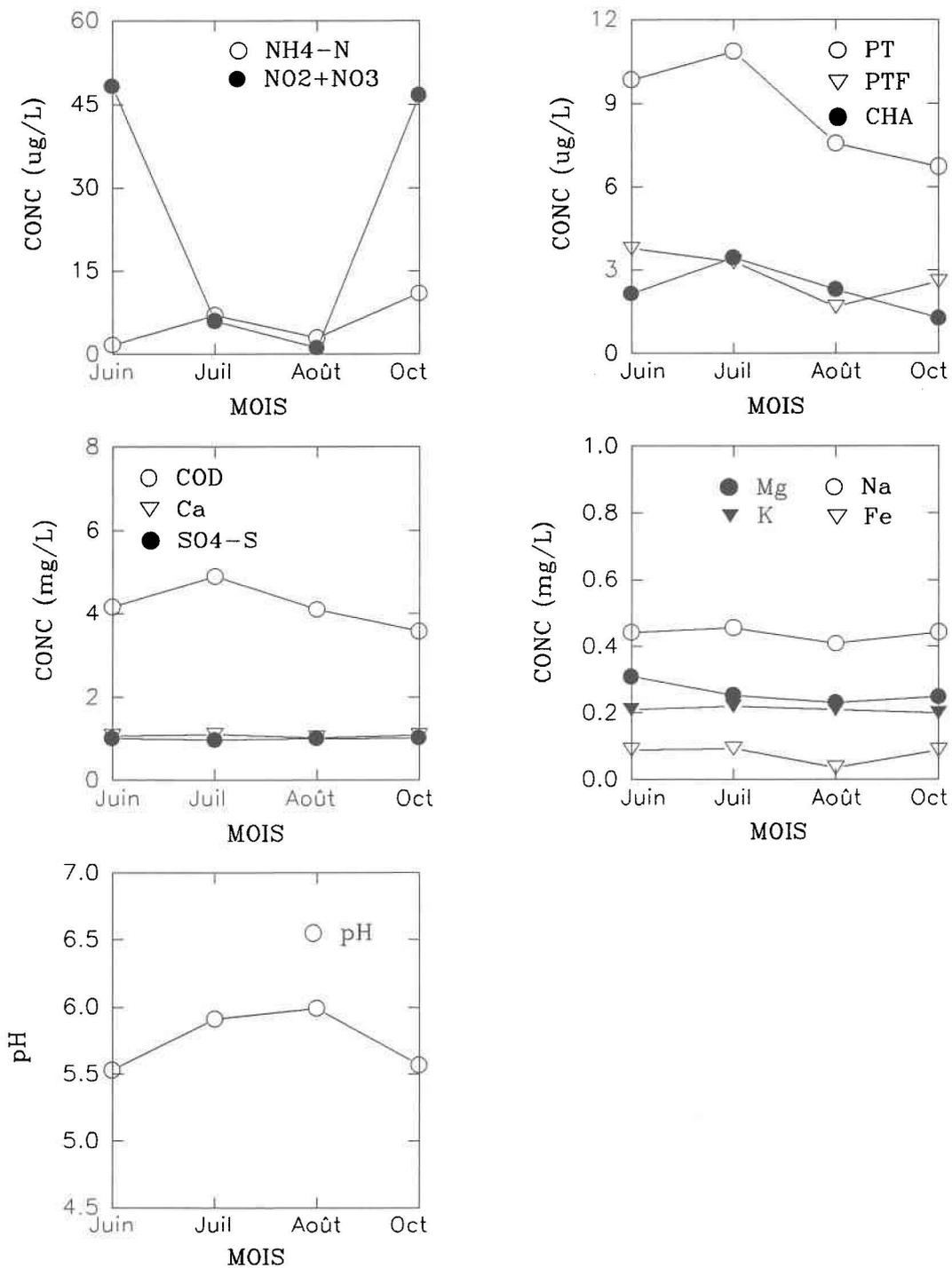


Figure V-21. Lac Richard.

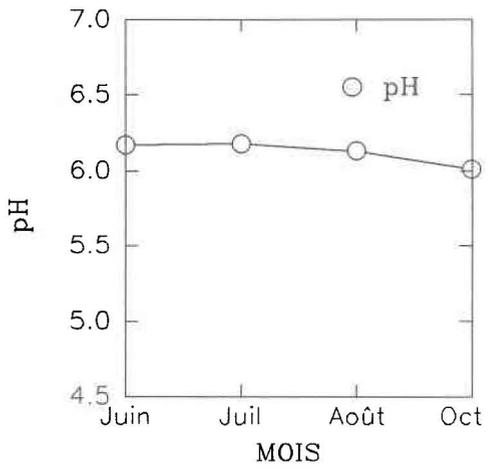
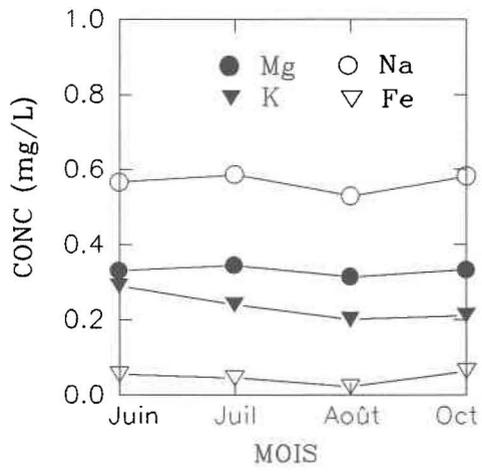
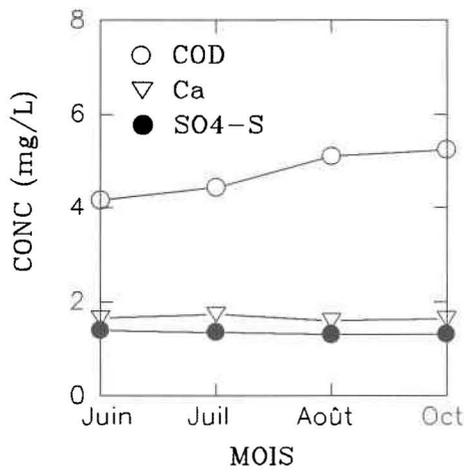
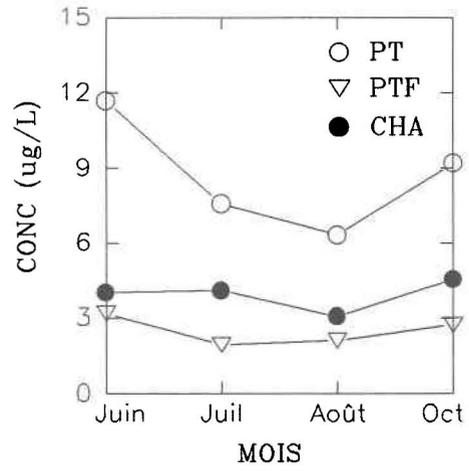
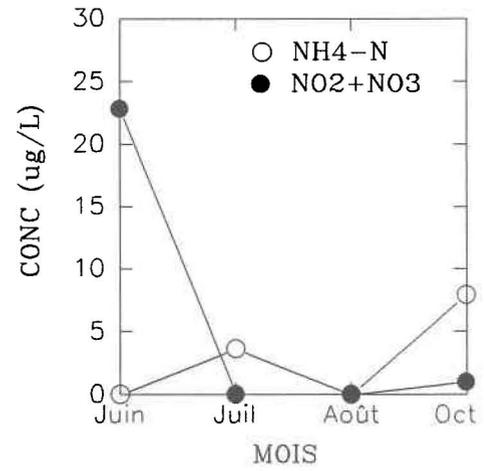


Figure V-22. Lac de la Rivière (Réserve)

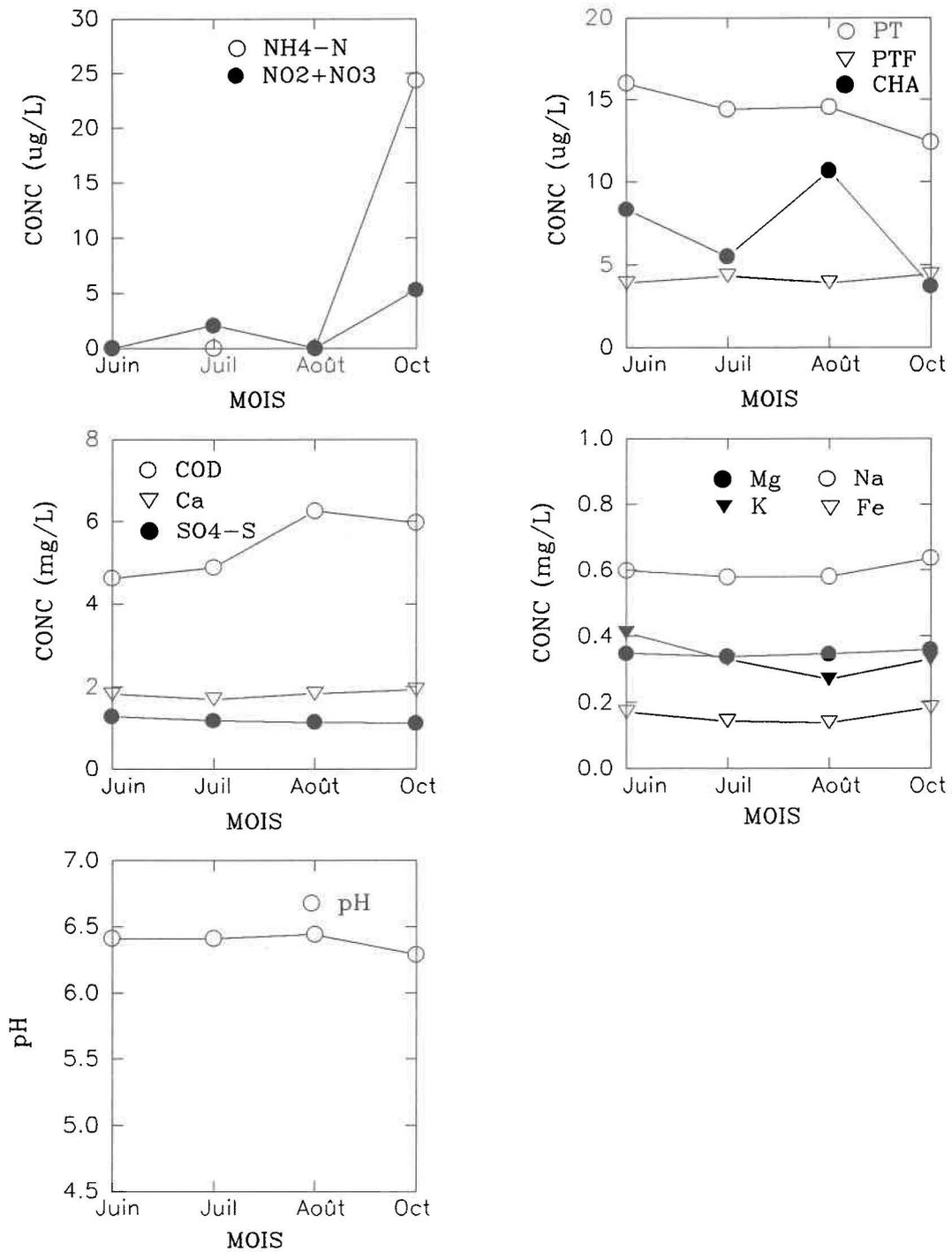


Figure V-23. Lac de la Rivière (ZEC).

V-24

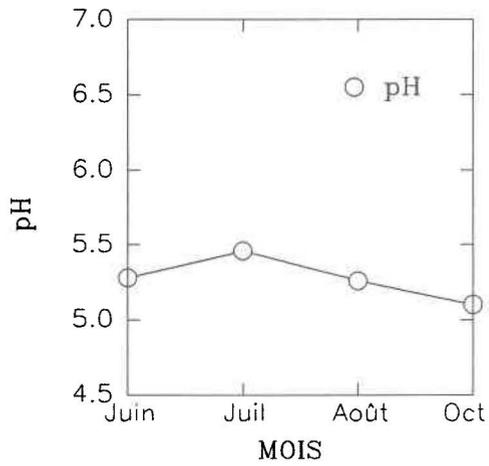
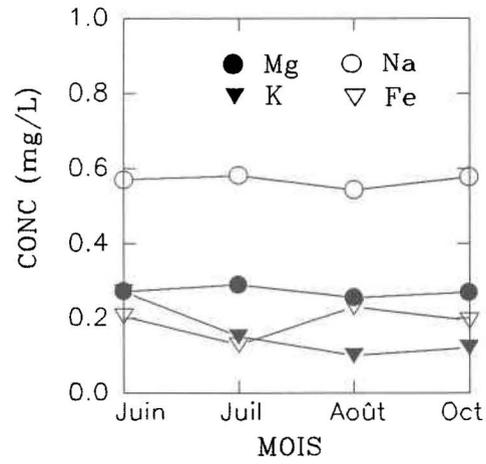
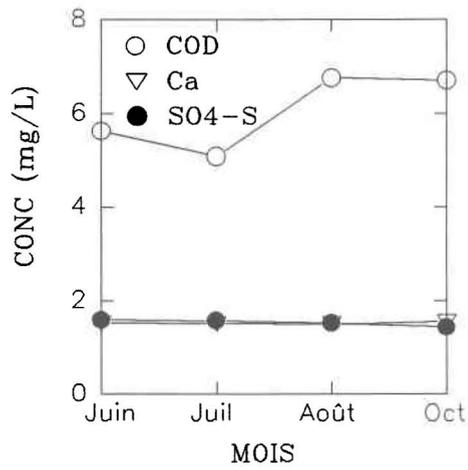
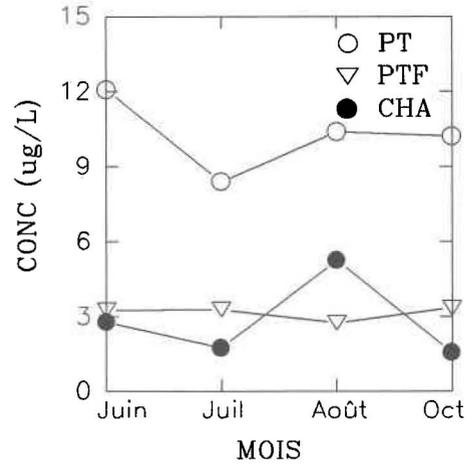
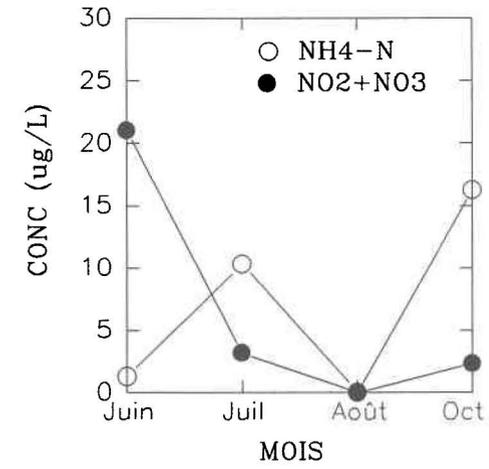


Figure V-24. Lac Samson.

V-25

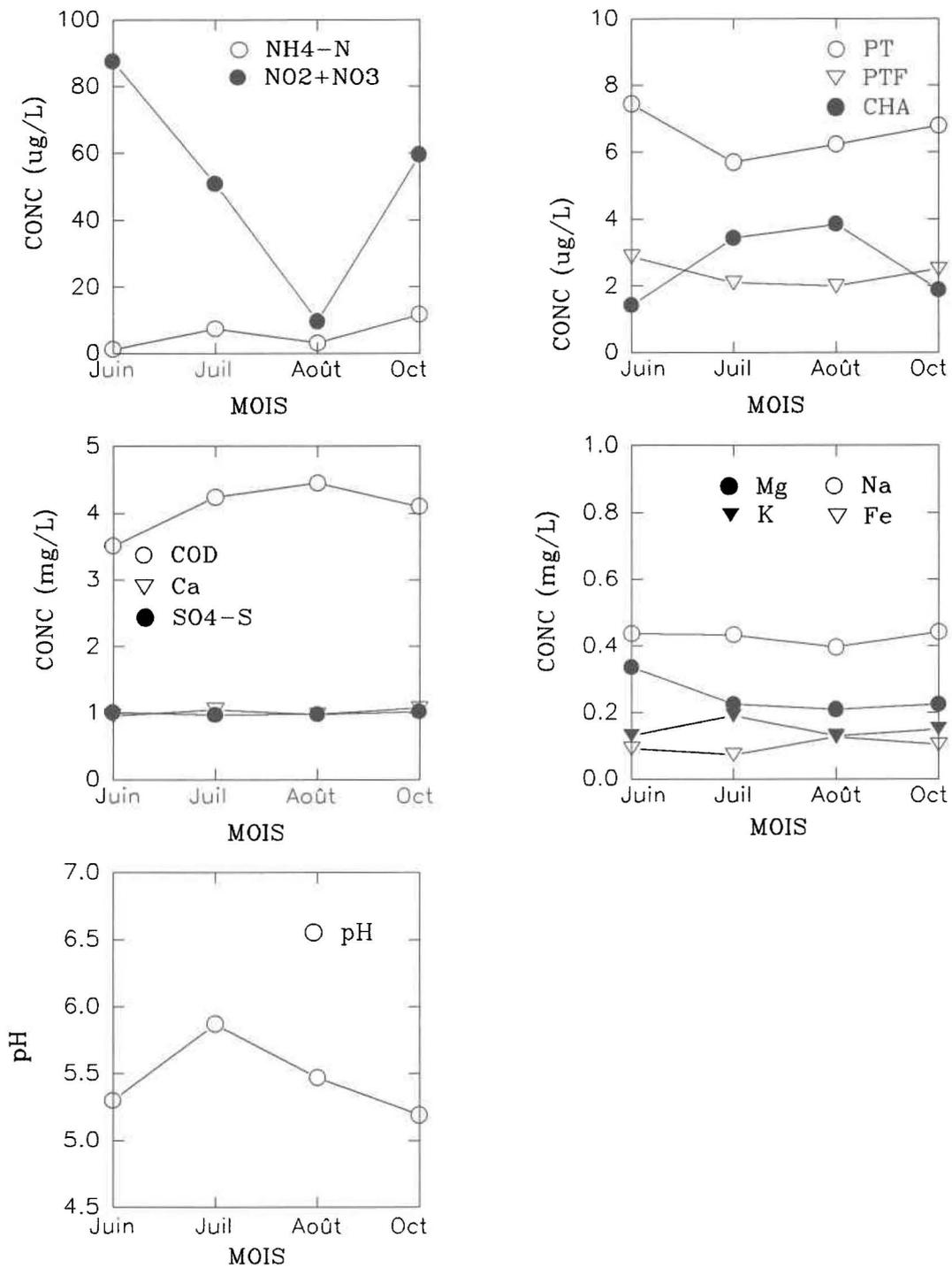


Figure V-25. Lac Sioux.

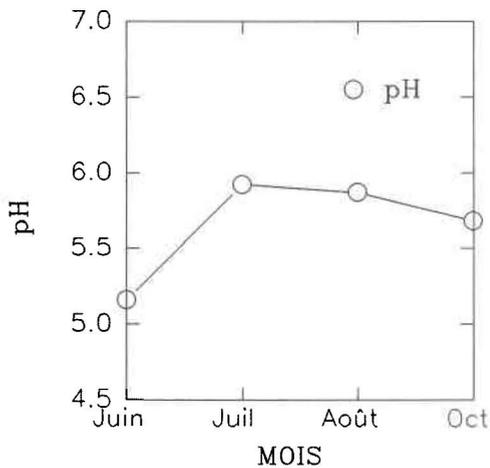
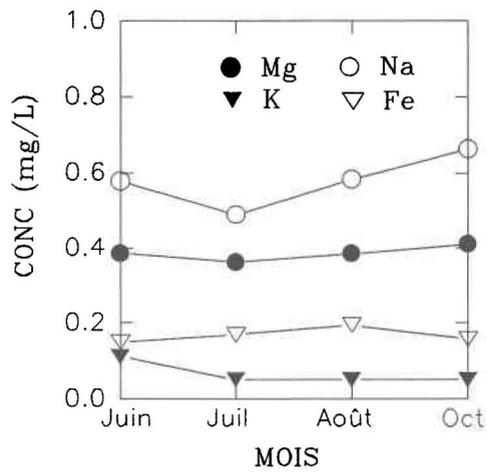
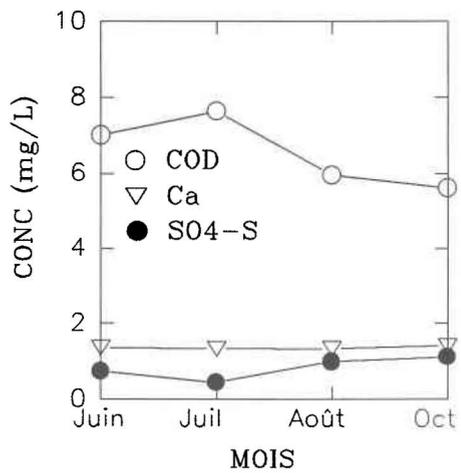
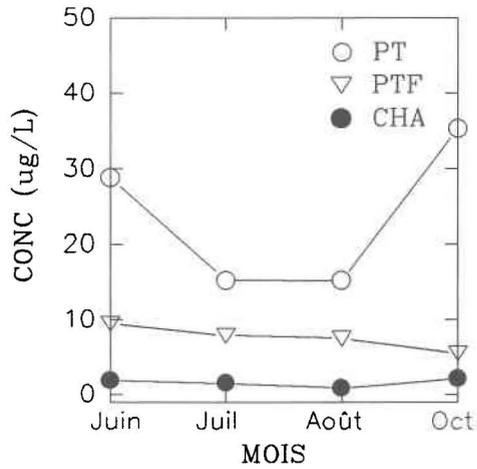
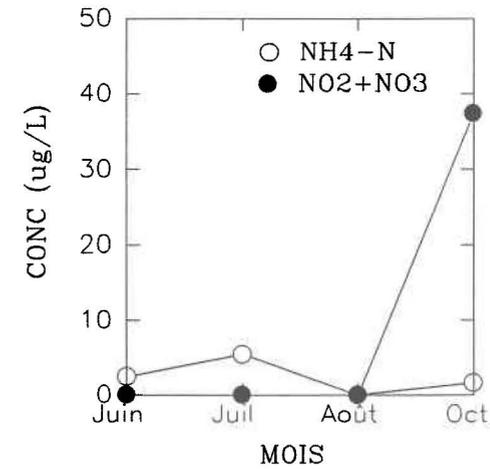


Figure V-26. Lac St-Jacques.

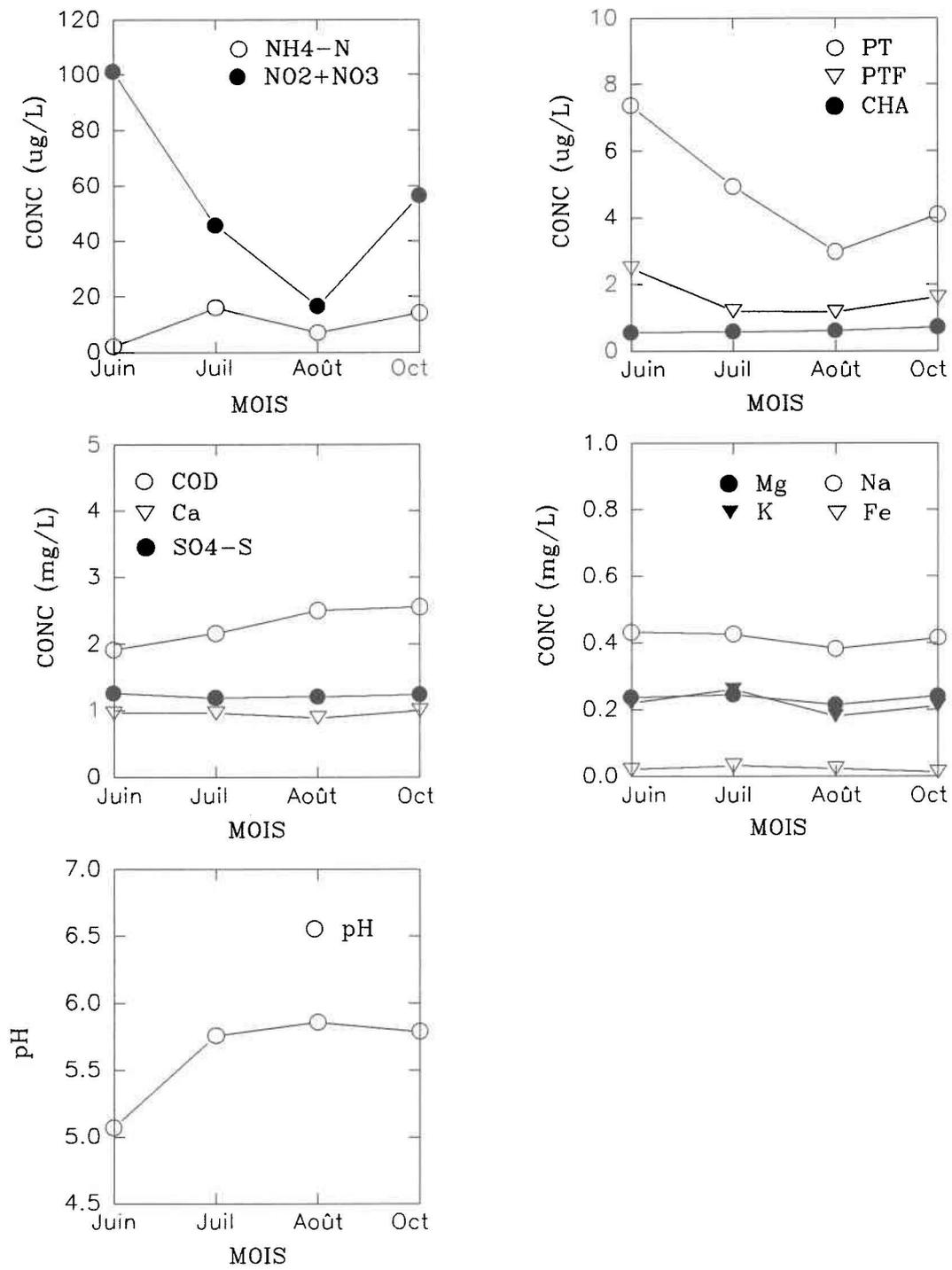


Figure V-27. Lac Tantaré.

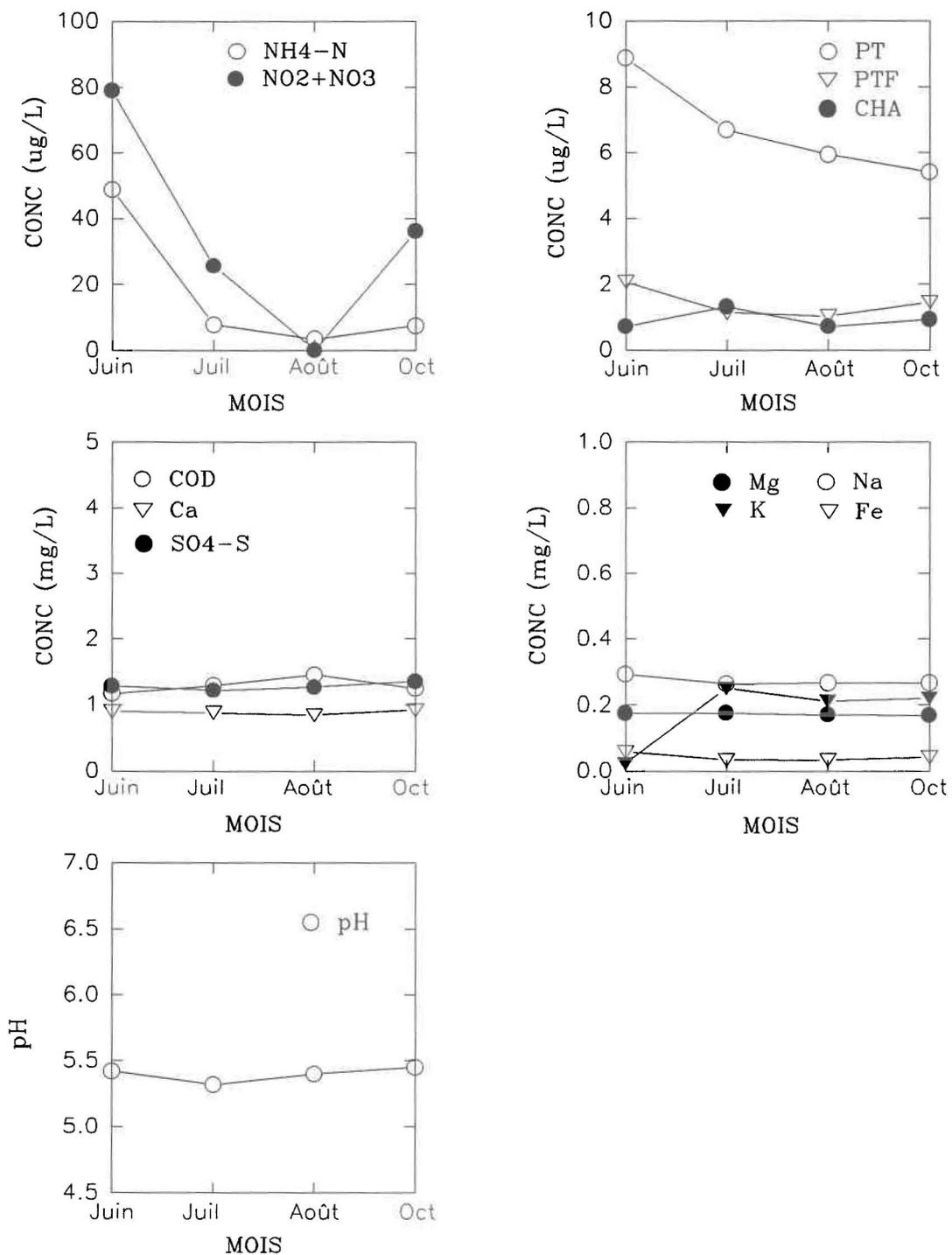


Figure V-28. Lac petit Tantaré.

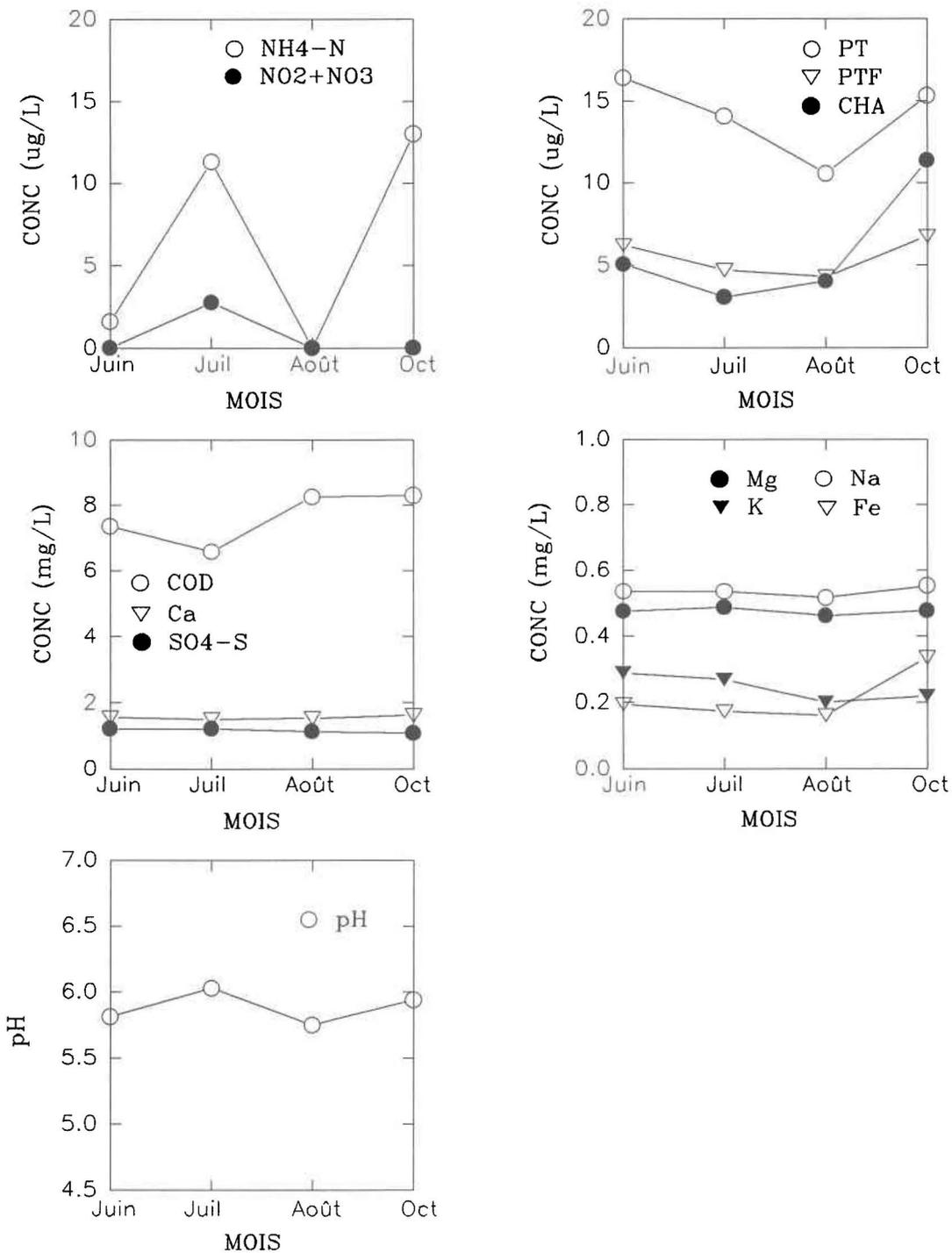


Figure V-29. Lac Tarbell.

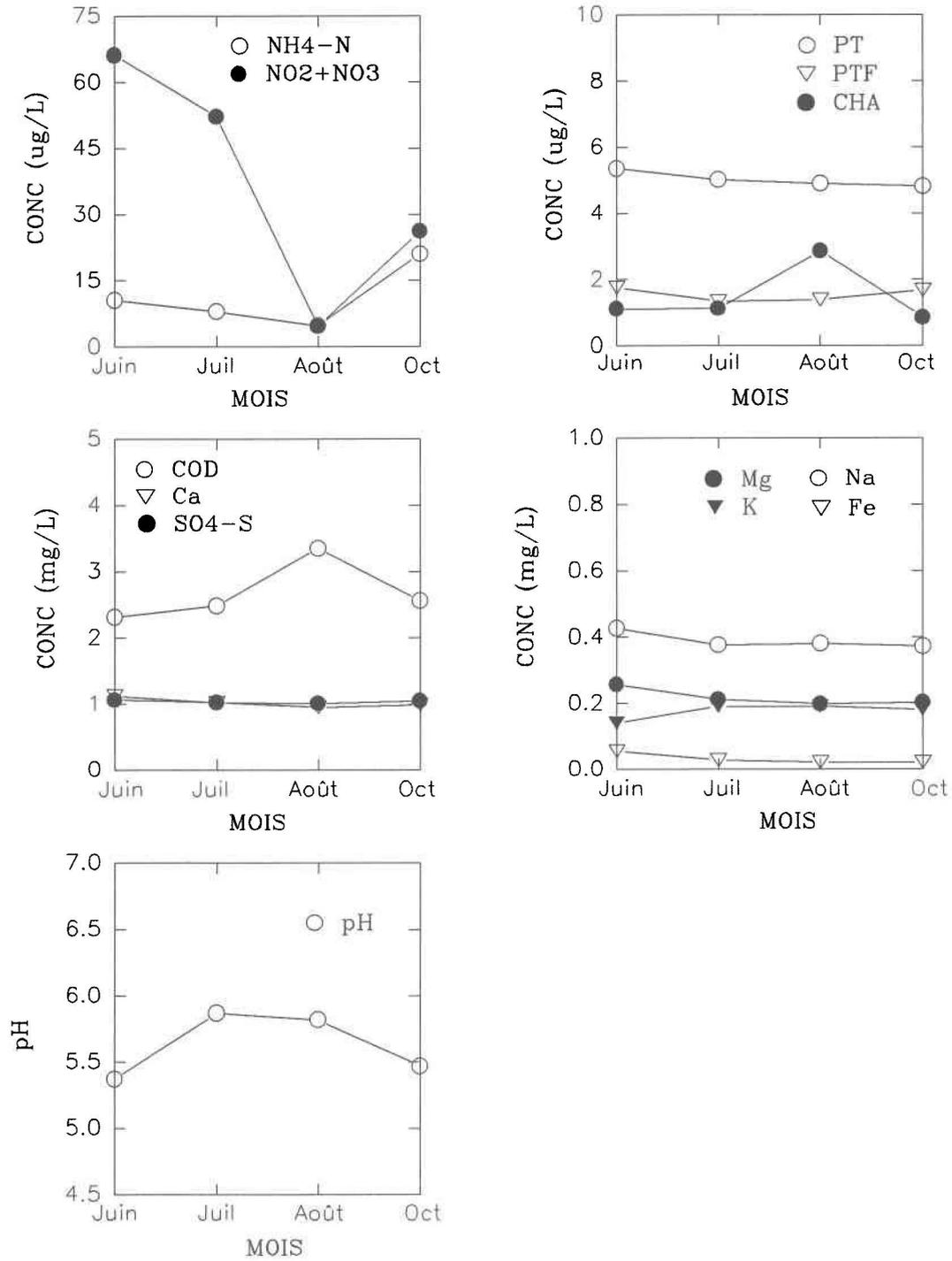


Figure 30. Lac Tourilli.

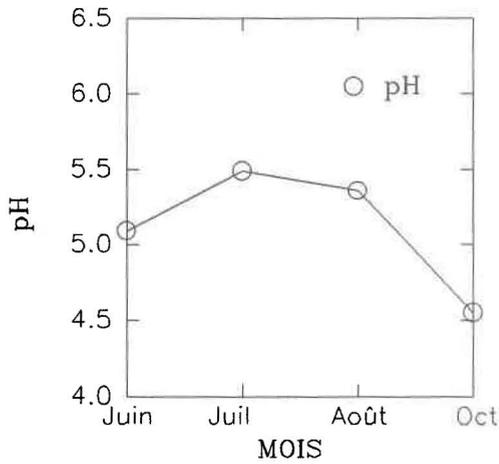
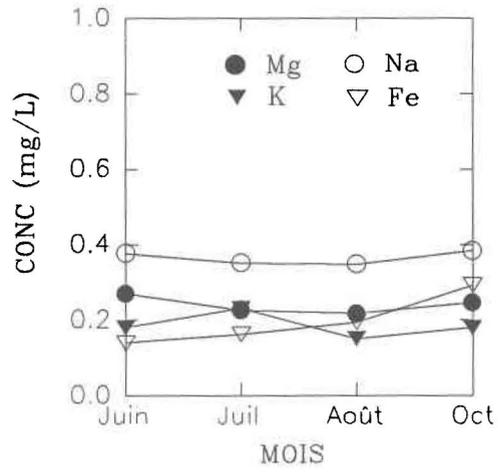
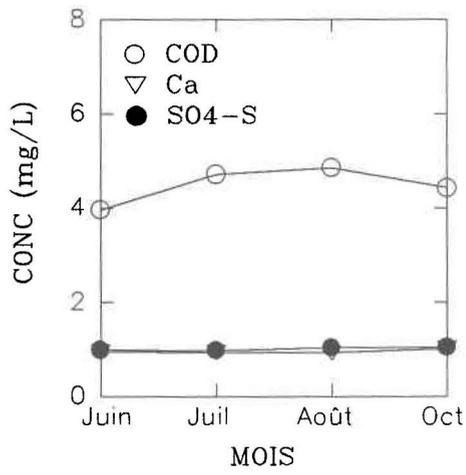
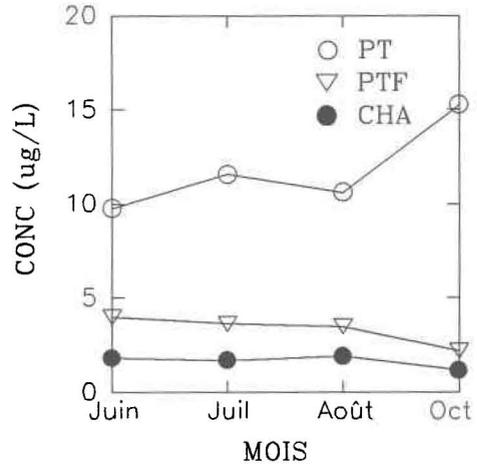
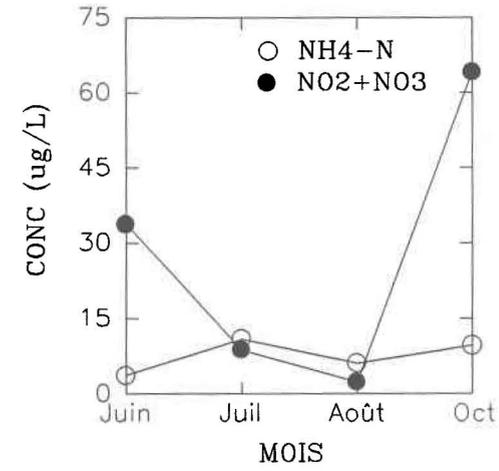


Figure V-31. Lac Trépanier.

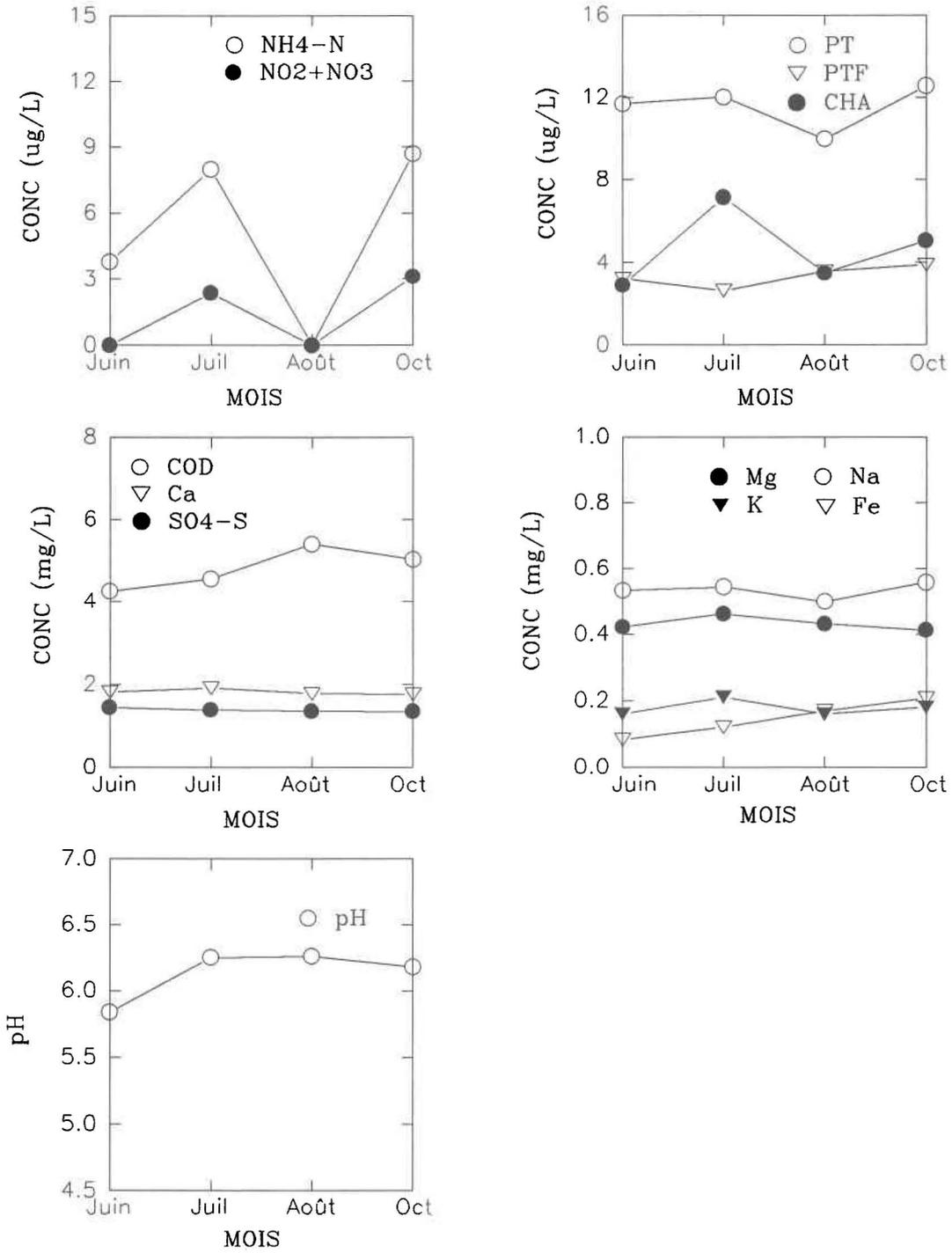


Figure V-32. Lac Turgeon.

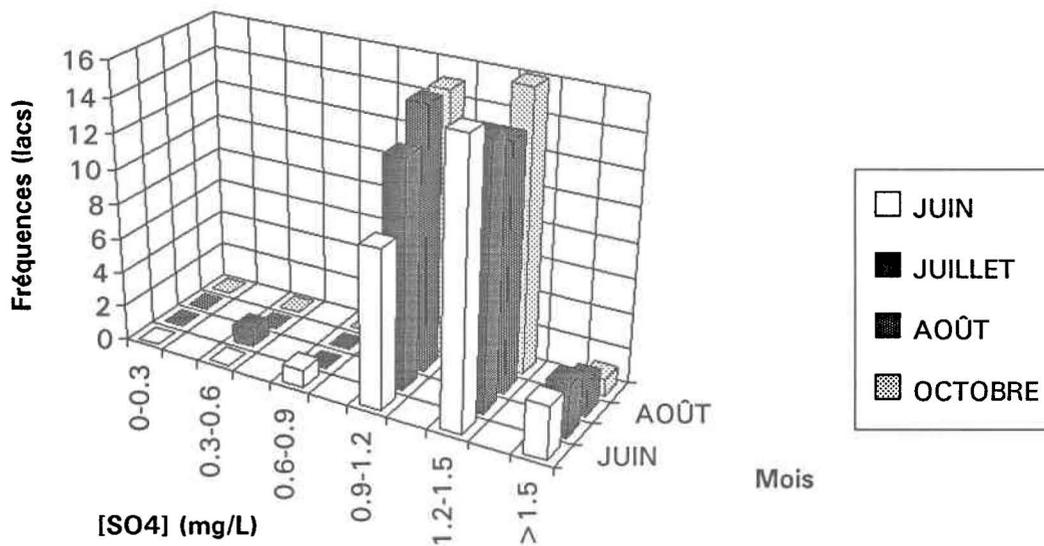


Figure V-33. Distribution de SO4 dans les lacs du Bouclier (juin à octobre 1992).

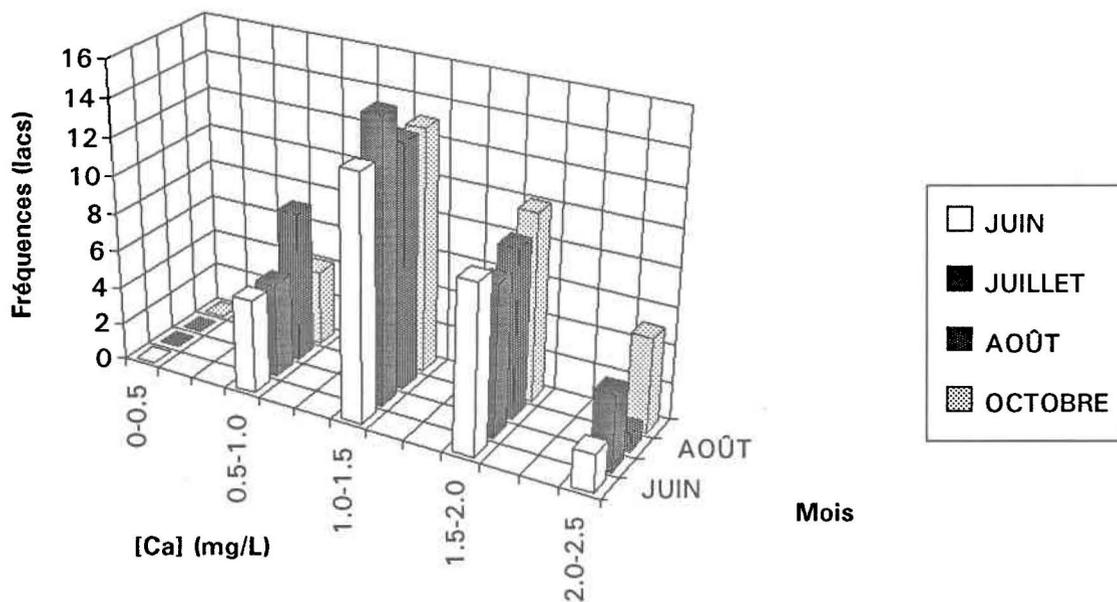


Figure V-34. Distribution de Ca dans les lacs du Bouclier (juin à octobre 1992).

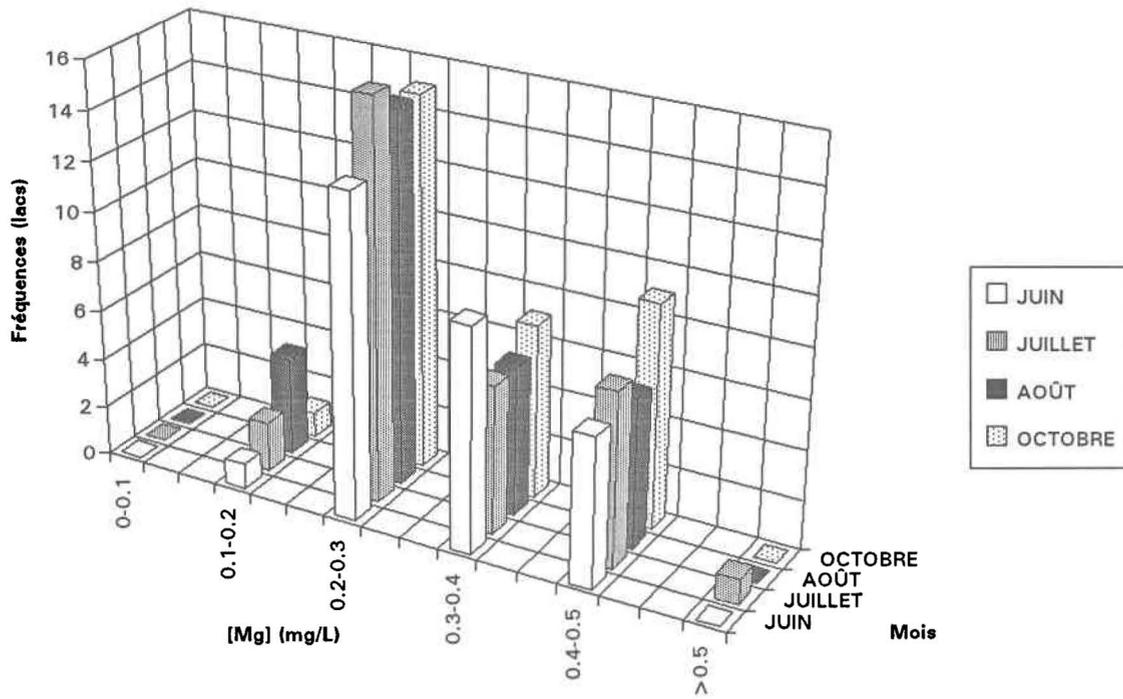


Figure V-35. Distribution de Mg dans les lacs du Bouclier (juin à octobre 1992).

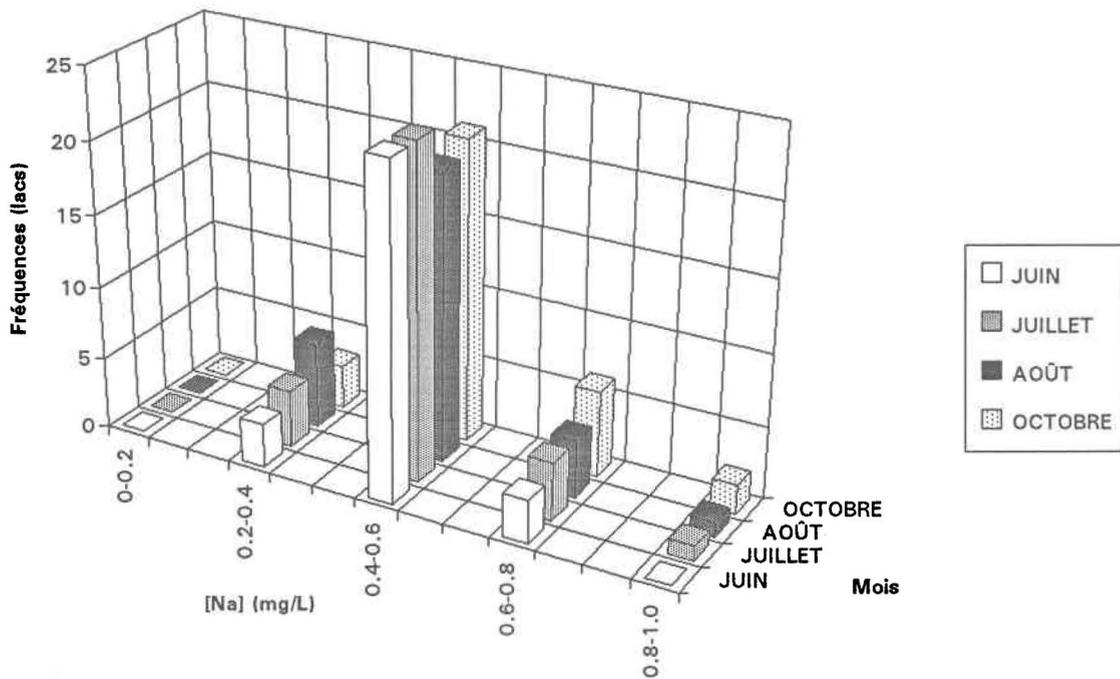


Figure V-36. Distribution de Na dans les lacs du Bouclier (juin à octobre 1992).

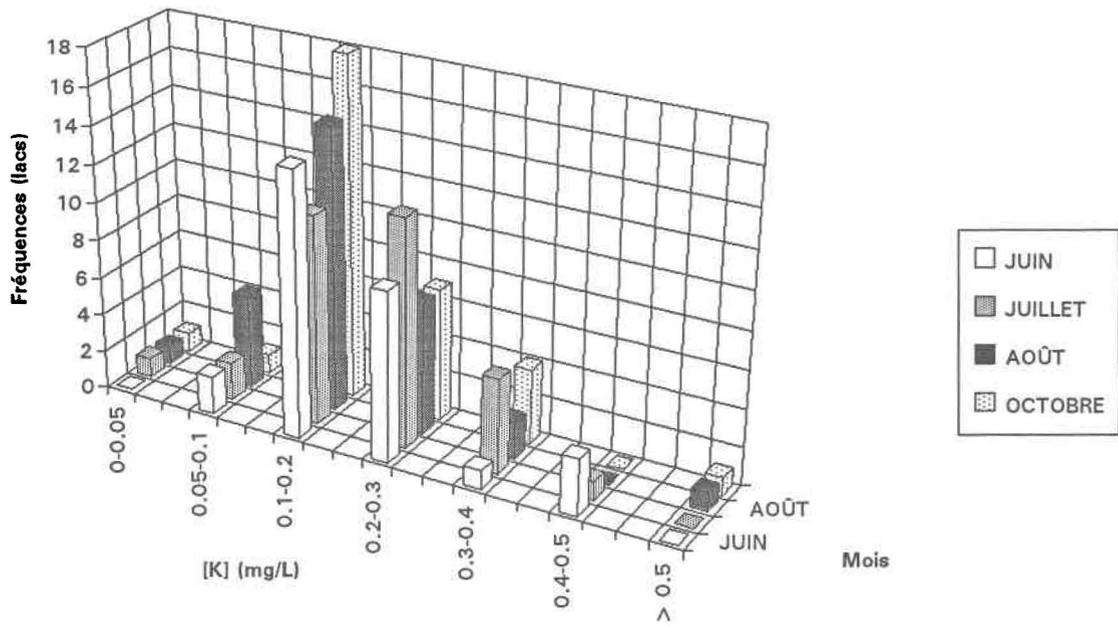


Figure 37. Distribution de K dans les lacs du Bouclier (juin à octobre 1992).

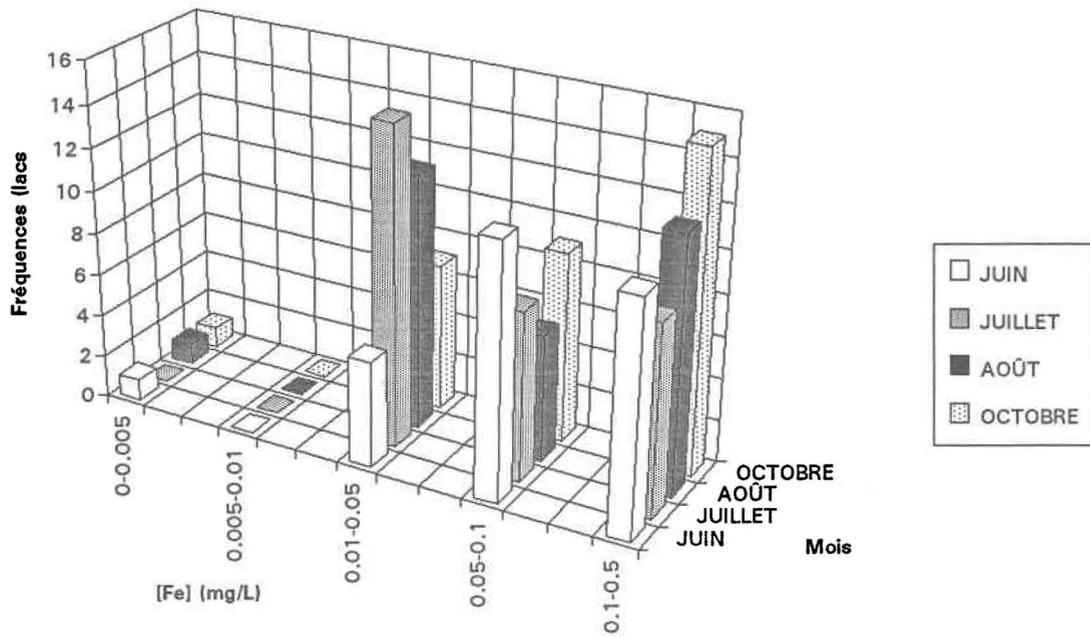


Figure V-38. Distribution de Fe dans les lacs du Bouclier (juin à octobre 1992).

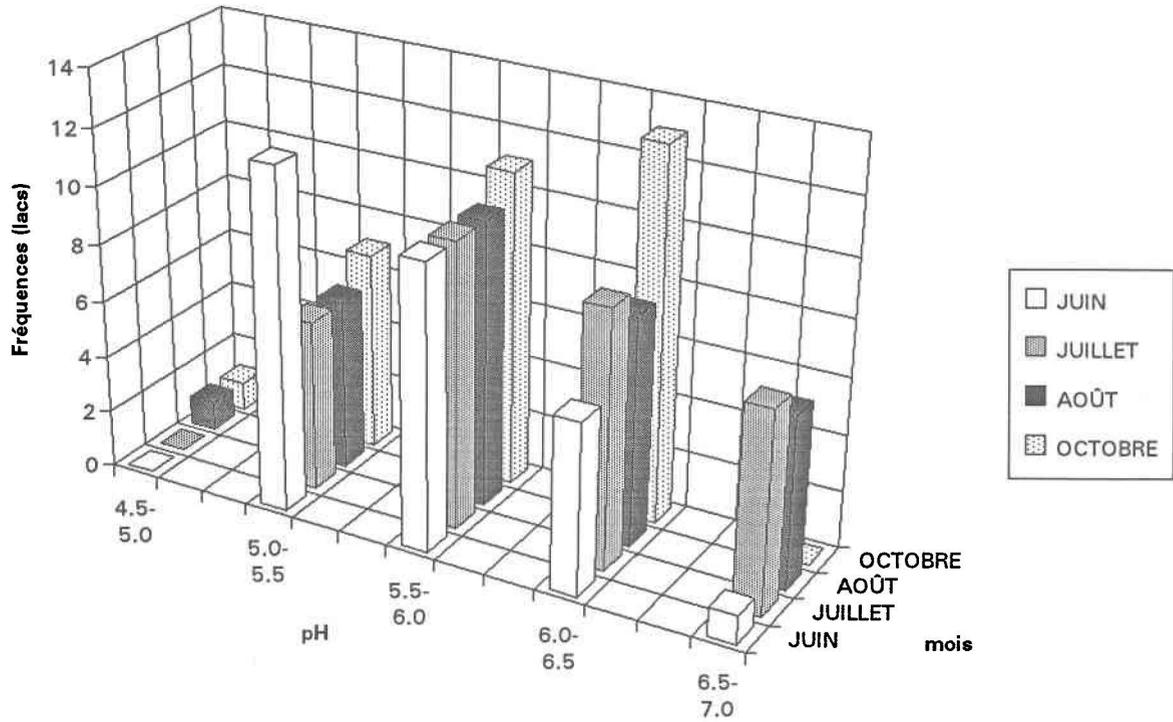


Figure V-39. Distribution du pH dans les lacs du Bouclier (juin à octobre 1992).

ANNEXE VI

ÉQUATIONS DES RÉGRESSIONS MULTIPLES

Jun 1992

$$\text{COD} = 12.1 - 0.33(\text{PERB}) - 7.20 \text{ LOG}(\text{P3}) + 0.16(\text{AD} / \text{AL}) \quad (\text{équation VI - 1})$$

r^2	=	0.30	0.45	0.58	
SE	=	1.76	0.07	1.34	0.05
p	=	< 0.0001	0.0001	< 0.0001	0.009
r^2_{final}	=	0.58	SE = 0.96	p < 0.0001	

$$\text{NO}_3^- = 213.34 + 3.32(\text{P1}) - 9.71(\text{TE}) - 156.96\sqrt{(\text{ALS} / \text{VOL})} - 6.07(\text{TRIB}) \quad (\text{équation VI - 2})$$

r^2	=	0.47	0.60	0.67	0.71	
SE	=	52.78	0.99	2.47	48.25	2.88
p	=	0.0005	0.0029	0.0007	0.0036	0.047
r^2_{final}	=	0.71	SE = 19.79	p < 0.0001		

$$\sqrt{\text{NH}_4^+} = -12.95 + 1.59(\text{PP1}) \quad (\text{équation VI - 3})$$

r^2	=	0.51		
SE	=	4.05	0.30	
p	=	0.0037	< 0.0001	
r^2_{final}	=	0.51	SE = 7.71	p < 0.0001

$$\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+ = 192.87 + 4.87(\text{P1}) - 9.51(\text{TE}) - 151.50\sqrt{(\text{ALS} / \text{VOL})} - 5.73(\text{TRIB}) \quad (\text{équation VI - 4})$$

r^2	=	0.60	0.70	0.75	0.78	
SE	=	52.97	0.99	2.48	48.42	2.89
p	=	0.0014	0.0001	0.0009	0.0049	0.0602
r^2_{final}	=	0.78	SE = 19.87	p < 0.0001		

$$PT = 56.42 - 0.46(PP2) - 0.88(TE) - 4.73 \text{ LOG}(VOL) + 1.78\sqrt{MAR} \quad (\text{équation VI - 5})$$

r^2	=	0.21	0.34	0.46	0.53	
SE	=	9.42	0.13	0.32	0.99	0.62
p	=	< 0.0001	0.0019	0.0116	0.0001	0.0091
r^2_{final}	=	0.53	SE = 2.39	p < 0.0005		

$$\text{LOG CHa} = 1.08 - 0.04(P1) + 0.21\sqrt{MAR} - 0.06(\text{PERB}) \quad (\text{équation VI - 6})$$

r^2	=	0.28	0.39	0.48	
SE	=	0.25	0.01	0.08	0.02
p	=	0.0003	0.0046	0.0212	0.0057
r^2_{final}	=	0.48	SE = 0.30	p < 0.0005	

$$SO_4^2 = 1.64 - 0.001(ALT) + 0.01(AD / AL) \quad (\text{équation VI - 7})$$

r^2	=	0.76	0.81	
SE	=	0.06	0.0001	0.005
p	=	< 0.0001	< 0.0001	0.0081
r^2_{final}	=	0.81	SE = 0.08	p < 0.0001

$$Na = 0.85 - 0.01(PP2) - 0.002(R2) - 0.04(DL) \quad (\text{équation VI - 8})$$

r^2	=	0.23	0.31	0.39	
SE	=	0.08	0.004	0.001	0.02
p	=	< 0.0001	0.0089	0.0578	0.0539
r^2_{final}	=	0.39	SE = 0.08	p < 0.005	

$$\text{Ca} = 1.41 - 0.05(\text{P1}) - 0.04(\text{PERB}) + 0.01(\text{F}) + 1.80(\text{ZM} / \text{ZMA}) \quad (\text{équation VI - 9})$$

$$\begin{aligned} r^2 &= && 0.28 & 0.54 & 0.68 & 0.75 \\ \text{SE} &= 0.32 & 0.01 & 0.01 & 0.002 & 0.68 \\ p &= 0.0002 & < 0.0001 & 0.0014 & 0.0012 & 0.0149 \\ r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.75} & \text{SE} = \mathbf{0.19} & & p < \mathbf{0.0001} \end{aligned}$$

$$\text{Mg} = 0.34 - 0.01(\text{P1}) + 0.56(\text{ZM} / \text{ZMA}) - 0.01(\text{DR}) \quad (\text{équation VI - 10})$$

$$\begin{aligned} r^2 &= && 0.37 & 0.57 & 0.65 \\ \text{SE} &= 0.07 & 0.002 & 0.17 & 0.004 \\ p &= < 0.0001 & < 0.0001 & 0.0036 & 0.0167 \\ r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.65} & \text{SE} = \mathbf{0.05} & & p < \mathbf{0.0001} \end{aligned}$$

$$\text{K} = 0.38 - 0.0003(\text{ALT}) \quad (\text{équation VI - 11})$$

$$\begin{aligned} r^2 &= && 0.26 \\ \text{SE} &= 0.05 & 0.0001 \\ p &= < 0.0001 & 0.0039 \\ r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.26} & \text{SE} = \mathbf{0.09} & p < \mathbf{0.005} \end{aligned}$$

$$\text{Ca} + \text{Na} + \text{Mg} + \text{K} = 1.99 + 0.03(\text{F}) - 0.07(\text{PP1}) - 0.57(\text{LM}) + 0.002(\text{ALT}) - 0.06(\text{PERB}) \quad (\text{équation VI - 12})$$

$$\begin{aligned} r^2 &= && 0.23 & 0.44 & 0.61 & 0.68 & 0.74 \\ \text{SE} &= 0.63 & 0.01 & 0.01 & 0.19 & 0.001 & 0.03 \\ p &= 0.0047 & 0.0003 & < 0.0001 & 0.006 & 0.0122 & 0.0212 \\ r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.74} & \text{SE} = \mathbf{0.29} & & p < \mathbf{0.0001} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Fe} &= 0.12 - 0.0001(\text{TR}) && \text{(équation VI - 13)} \\
 r^2 &= && 0.10 \\
 \text{SE} &= 0.02 && 0.00005 \\
 p &= < 0.0001 && 0.0561 \\
 r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.10} && \text{SE} = \mathbf{0.05} && p < \mathbf{0.1}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{pH} &= 6.73 - 0.05(\text{PP2}) - 0.32(\text{DD}) && \text{(équation VI - 14)} \\
 r^2 &= && 0.17 && 0.31 \\
 \text{SE} &= 0.29 && 0.02 && 0.13 \\
 p &= < 0.0001 && 0.058 && 0.0232 \\
 r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.31} && \text{SE} = \mathbf{0.38} && p < \mathbf{0.005}
 \end{aligned}$$

Juillet 1992

$$\text{COD} = 10.03 - 5.65\text{LOG}(\text{P3}) - 0.31(\text{PERB}) + 0.66\sqrt{(\text{MAR})} + 0.02(\text{R2}) \quad (\text{équation VI - 15})$$

r^2	=	0.22	0.47	0.53	0.62
SE	=	1.59	1.12	0.06	0.23
p	=	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0088
r_{final}^2	=	0.62	SE = 0.88	p < 0.0001	0.0142

$$\sqrt{\text{NO}_3^-} = -11.36 + 0.36(\text{P1}) + 1.99\text{LOG}(\text{VOLE}) - 0.05(\text{R1}) \quad (\text{équation VI - 16})$$

r^2	=	0.32	0.49	0.54
SE	=	5.29	0.07	0.81
p	=	0.0414	0.0001	0.0208
r_{final}^2	=	0.54	SE = 1.97	p < 0.0001

$$\text{NH}_4^+ = -1.63 + 0.57(\text{P2}) \quad (\text{équation VI - 17})$$

r^2	=	0.17
SE	=	3.13
p	=	0.6075
r_{final}^2	=	0.17
		SE = 4.39
		p < 0.0129

$$\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+ = 116.38 + 3.20(\text{P2}) + 1.02(\text{F}) - 10.09(\text{TE}) - 13.29\sqrt{(\text{MAR})} \quad (\text{équation VI - 18})$$

r^2	=	0.32	0.40	0.48	0.63
SE	=	46.11	0.80	0.22	2.73
p	=	0.0183	0.0005	0.0001	0.0011
r_{final}^2	=	0.63	SE = 15.47	p < 0.0001	0.0023

$$PT = 1.70 + 14.08(ALS / VOLE) + 1.79\sqrt{(MAR)} \quad (\text{équation VI - 19})$$

r^2	=	0.36	0.58
SE	= 1.05	2.51	0.45
p	= 0.1152	< 0.0001	0.0005
r^2_{final}	= 0.58	SE = 1.94	p < 0.0001

$$LOG CHa = 0.84 - 0.35(LBV) - 0.03(PP1) + 0.17\sqrt{(MAR)} + 0.01(ALT) + 0.06(TRIB) \quad (\text{équation VI - 20})$$

r^2	=	0.14	0.46	0.56	0.68	0.73
SE	= 0.14	0.05	0.01	0.04	0.0001	0.02
p	= < 0.0001	< 0.0001	0.0004	0.0004	0.0005	0.0313
r^2_{final}	= 0.73	SE = 0.15	p < 0.0001			

$$SO_4^{2-} = 1.59 - 0.001(ALT) + 0.01(AD / AL) \quad (\text{équation VI - 21})$$

r^2	=	0.70	0.73
SE	= 0.07	0.0001	0.01
p	= < 0.0001	< 0.0001	0.0442
r^2_{final}	= 0.73	SE = 0.10	p < 0.0001

$$Na = -1.62 + 0.04(TE) - 0.01(PP1) + 2.20\sqrt{(ALS / VOL)} + 0.08(ZM) \quad (\text{équation VI - 22})$$

r^2	=	0.26	0.36	0.42	0.65
SE	= 0.37	0.01	0.003	0.46	0.02
p	= 0.0002	0.0004	0.0333	0.0001	0.0003
r^2_{final}	= 0.65	SE = 0.08	p < 0.0001		

$$\begin{aligned}
 \text{Ca} &= 0.34 + 0.11(\text{TE}) - 0.04(\text{PP1}) - 0.11(\text{AD}) && \text{(équation VI - 23)} \\
 r^2 &= && 0.26 \quad 0.38 \quad 0.55 \\
 \text{SE} &= 0.66 && 0.04 \quad 0.01 \quad 0.03 \\
 p &= 0.6090 && 0.0059 \quad 0.0012 \quad 0.0024 \\
 r_{\text{final}}^2 &= 0.55 && \text{SE} = 0.27 \quad p < 0.0001
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mg} &= 0.03 - 0.01(\text{PP1}) - 0.14(\text{LM}) + 0.01(\text{F}) + 0.001(\text{ALT}) + 0.41(\text{SSE}) && \text{(équation VI - 24)} \\
 r^2 &= && 0.15 \quad 0.40 \quad 0.48 \quad 0.58 \quad 0.70 \\
 \text{SE} &= 0.12 && 0.002 \quad 0.03 \quad 0.001 \quad 0.0001 \quad 0.12 \\
 p &= 0.7960 && < 0.0001 \quad < 0.0001 \quad 0.0001 \quad 0.0009 \quad 0.0031 \\
 r_{\text{final}}^2 &= 0.70 && \text{SE} = 0.05 \quad p < 0.0001
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{K} &= 0.34 - 0.0002(\text{ALT}) && \text{(équation VI - 25)} \\
 r^2 &= && 0.24 \\
 \text{SE} &= 0.04 && 0.0001 \\
 p &= < 0.0001 && 0.0038 \\
 r_{\text{final}}^2 &= 0.24 && \text{SE} = 0.07 \quad p < 0.005
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K} &= 0.64 + 2.68(\text{SSE}) - 0.07(\text{PP1}) + 0.04(\text{F}) - 0.75(\text{LM}) + 0.003(\text{ALT}) && \text{(équation VI - 26)} \\
 r^2 &= && 0.29 \quad 0.37 \quad 0.47 \quad 0.59 \quad 0.68 \\
 \text{SE} &= 0.79 && 0.85 \quad 0.01 \quad 0.01 \quad 0.18 \quad 0.001 \\
 p &= 0.4235 && 0.0042 \quad 0.0001 \quad 0.0001 \quad 0.0004 \quad 0.0104 \\
 r_{\text{final}}^2 &= 0.68 && \text{SE} = 0.37 \quad p < 0.0001
 \end{aligned}$$

$$\text{Fe} = 0.19 - 0.17\text{LOG}(\text{P3}) - 0.78\text{LOG}(\text{ALS}) \quad (\text{équation VI - 27})$$

$$\begin{aligned} r^2 &= && 0.13 && 0.39 \\ \text{SE} &= 0.04 && 0.04 && 0.02 \\ p &= < 0.0001 && 0.0003 && 0.0012 \\ r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.39} && \text{SE} = \mathbf{0.04} && p < \mathbf{0.0005} \end{aligned}$$

$$\text{pH} = 6.87 - 0.02(\text{R1}) + 1.88(\text{SSE}) - 0.18(\text{DL}) \quad (\text{équation VI - 28})$$

$$\begin{aligned} r^2 &= && 0.12 && 0.25 && 0.33 \\ \text{SE} &= 0.30 && 0.01 && 0.85 && 0.09 \\ p &= < 0.0001 && 0.0037 && 0.0361 && 0.0525 \\ r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.33} && \text{SE} = \mathbf{0.39} && p < \mathbf{0.005} \end{aligned}$$

$$\eta = 1.05 + 0.81(\text{ALS} / \text{VOLE}) - 0.03(\text{PP1}) - 0.001(\text{TRE}) \quad (\text{équation VI - 29})$$

$$\begin{aligned} r^2 &= && 0.30 && 0.51 && 0.56 \\ \text{SE} &= 0.22 && 0.37 && 0.01 && 0.0004 \\ p &= 0.0001 && 0.0363 && 0.0017 && 0.0658 \\ r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.56} && \text{SE} = \mathbf{0.23} && p < \mathbf{0.0001} \end{aligned}$$

Août 1992

$$\text{COD} = 14.66 - 8.71\text{LOG}(\text{P3}) - 0.42(\text{PERB}) + 0.24(\text{AD} / \text{AL}) \quad (\text{équation VI - 30})$$

r^2	=	0.13	0.41	0.57
SE	=	2.21	1.64	0.09
p	=	< 0.0001	< 0.0001	0.0001
r_{final}^2	=	0.57	SE = 1.23	p < 0.0001

$$\text{NO}_3^- = -35.02 + 1.14(\text{P2}) + 63.86(\text{ZM} / \text{ZMA}) \quad (\text{équation VI - 31})$$

r^2	=	0.15	0.29
SE	=	11.10	0.44
p	=	0.004	0.0157
r_{final}^2	=	0.29	SE = 8.94
			p < 0.005

$$\text{NH}_4^+ = -3.37 + 0.38(\text{P2}) \quad (\text{équation VI - 32})$$

r^2	=	0.30
SE	=	1.54
p	=	0.0379
r_{final}^2	=	0.30
		SE = 2.16
		p < 0.005

$$\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+ = -37.41 + 1.53(\text{P2}) + 61.10(\text{ZM} / \text{ZMA}) \quad (\text{équation VI - 33})$$

r^2	=	0.23	0.33
SE	=	11.92	0.47
p	=	0.0042	0.0035
r_{final}^2	=	0.33	SE = 9.6
			p < 0.005

$$\begin{aligned}
 \text{PT} &= 5.14 + 11.47(\text{ALS} / \text{VOLE}) + 0.22\text{LOG}(\text{QS}) - 0.25(\text{P2}) && \text{(équation VI - 34)} \\
 r^2 &= && 0.43 && 0.52 && 0.59 \\
 \text{SE} &= 2.26 && 2.88 && 0.07 && 0.11 \\
 p &= 0.0318 && 0.0005 && 0.0074 && 0.0322 \\
 r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.59} && \text{SE} = \mathbf{1.99} && \mathbf{p} < \mathbf{0.0001}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{LOG CHa} &= 1.11 - 0.03(\text{P1}) - 0.01(\text{R1}) - 0.05(\text{DR}) + 0.12\sqrt{(\text{MAR})} && \text{(équation VI - 35)} \\
 r^2 &= && 0.28 && 0.46 && 0.56 && 0.64 \\
 \text{SE} &= 0.15 && 0.01 && 0.002 && 0.01 && 0.04 \\
 p &= < 0.0001 && 0.0012 && 0.0007 && 0.0016 && 0.0013 \\
 r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.64} && \text{SE} = \mathbf{0.16} && \mathbf{p} < \mathbf{0.0001}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{SO}_4^{2-} &= 1.62 - 0.001(\text{ALT}) && \text{(équation VI- 36)} \\
 r^2 &= && 0.66 \\
 \text{SE} &= 0.05 && 0.0001 \\
 p &= < 0.0001 && < 0.0001 \\
 r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.66} && \text{SE} = \mathbf{0.10} && \mathbf{p} < \mathbf{0.0001}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Na} &= -1.18 + 0.003(\text{F}) + 2.38\sqrt{(\text{ALS} / \text{VOL})} + 0.08(\text{ZM}) && \text{(équation VI - 37)} \\
 r^2 &= && 0.14 && 0.33 && 0.58 \\
 \text{SE} &= 0.32 && 0.001 && 0.46 && 0.02 \\
 p &= 0.001 && 0.0014 && < 0.0001 && 0.0004 \\
 r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.58} && \text{SE} = \mathbf{0.09} && \mathbf{p} < \mathbf{0.0001}
 \end{aligned}$$

$$\text{Ca} = 1.62 + 0.01(\text{F}) - 0.10(\text{AD}) - 0.03(\text{P1}) \quad (\text{équation VI - 38})$$

$$\begin{aligned} r^2 &= && 0.23 & 0.38 & 0.55 \\ \text{SE} &= 0.22 & 0.003 & 0.03 & 0.01 \\ \text{p} &= < 0.0001 & 0.0031 & 0.0019 & 0.0035 \\ r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.55} & \text{SE} = \mathbf{0.26} & \text{p} < \mathbf{0.0001} \end{aligned}$$

$$\text{Mg} = -0.03 - 0.01(\text{P1}) - 0.11(\text{LM}) + 0.01(\text{F}) + 0.001(\text{ALT}) + 0.33(\text{SSE}) \quad (\text{équation VI - 39})$$

$$\begin{aligned} r^2 &= && 0.18 & 0.34 & 0.49 & 0.60 & 0.69 \\ \text{SE} &= 0.12 & 0.002 & 0.02 & 0.001 & 0.0001 & 0.12 \\ \text{p} &= 0.8218 & < 0.0001 & 0.0002 & < 0.0001 & 0.0014 & 0.0135 \\ r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.69} & \text{SE} = \mathbf{0.05} & \text{p} < \mathbf{0.0001} \end{aligned}$$

$$\text{K} = 0.07 + 0.003(\text{F}) \quad (\text{équation VI - 40})$$

$$\begin{aligned} r^2 &= && 0.22 \\ \text{SE} &= 0.04 & 0.001 \\ \text{p} &= 0.1316 & 0.0055 \\ r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.22} & \text{SE} = \mathbf{0.09} & \text{p} < \mathbf{0.01} \end{aligned}$$

$$\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K} = 0.68 + 0.04(\text{F}) + 2.66(\text{SSE}) - 0.07(\text{PP1}) - 0.73(\text{LM}) + 0.003(\text{ALT}) - 0.04(\text{AD} / \text{AL}) \quad (\text{équation VI - 41})$$

$$\begin{aligned} r^2 &= && 0.26 & 0.46 & 0.52 & 0.61 & 0.72 & 0.75 \\ \text{SE} &= 0.75 & 0.01 & 0.73 & 0.01 & 0.15 & 0.001 & 0.02 \\ \text{p} &= 0.3739 & < 0.0001 & 0.0015 & 0.0001 & 0.0001 & 0.0045 & 0.0522 \\ r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.75} & \text{SE} = \mathbf{0.31} & \text{p} < \mathbf{0.0001} \end{aligned}$$

$$\text{pH} = \text{AUCUNE VARIABLE} \quad (\text{équation VI- 42})$$

$$\eta = 0.005 + 2.73(\text{ALS} / \text{VOLE}) + 0.29(\text{DD}) - 1.43(\text{SSE})$$

(équation VI - 43)

r^2	=	0.46	0.67	0.70
SE	= 0.13	0.42	0.08	0.69
p	= 0.9709	< 0.0001	0.0016	0.0497
r_{final}^2	= 0.70	SE = 0.22	p < 0.0001	

Octobre 1992

$$\text{COD} = 7.37 - 0.26(\text{PP1}) - 0.97(\text{LBV}) + 0.03(\text{R1}) + 0.12(\text{AD} / \text{AL}) \quad (\text{équation VI - 44})$$

$$\begin{aligned} r^2 &= && 0.37 & 0.54 & 0.64 & 0.67 \\ \text{SE} &= 0.99 & 0.04 & 0.23 & 0.01 & 0.06 \\ \text{p} &= < 0.0001 & < 0.0001 & 0.0003 & 0.0289 & 0.0688 \\ r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.67} & \text{SE} = \mathbf{0.99} & & \text{p} < \mathbf{0.0001} \end{aligned}$$

$$\text{NO}_3^- = -23.91 + 2.62(\text{P1}) + 4.15(\text{DR}) \quad (\text{équation VI - 45})$$

$$\begin{aligned} r^2 &= && 0.21 & 0.42 \\ \text{SE} &= 10.56 & 0.63 & 1.25 \\ \text{p} &= 0.0319 & 0.0003 & 0.0025 \\ r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.42} & \text{SE} = \mathbf{16.20} & \text{p} < \mathbf{0.0005} \end{aligned}$$

$$\text{LOG NH}_4^+ = 3.08 - 0.54\sqrt{(\text{MAR})} \quad (\text{équation VI - 46})$$

$$\begin{aligned} r^2 &= && 0.27 \\ \text{SE} &= 0.18 & 0.16 \\ \text{p} &= < 0.0001 & 0.0018 \\ r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.27} & \text{SE} = \mathbf{0.68} & \text{p} < \mathbf{0.005} \end{aligned}$$

$$\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+ = 11.25 + 2.36(\text{P1}) - 16.27\sqrt{(\text{MAR})} + 4.40(\text{DR}) \quad (\text{équation VI - 47})$$

$$\begin{aligned} r^2 &= && 0.23 & 0.30 & 0.41 \\ \text{SE} &= 16.33 & 0.91 & 5.88 & 1.78 \\ \text{p} &= 0.4969 & 0.0156 & 0.0103 & 0.0204 \\ r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.41} & \text{SE} = \mathbf{21.77} & \text{p} < \mathbf{0.001} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{PT} &= 17.26 - 3.84(\text{LM}) - 0.33(\text{PP1}) && \text{(équation VI- 48)} \\
 r^2 &= && 0.13 && 0.33 \\
 \text{SE} &= 2.17 && 1.15 && 0.11 \\
 p &= < 0.0001 && 0.0024 && 0.0052 \\
 r_{\text{final}}^2 &= 0.33 && \text{SE} = 2.92 && p < 0.005
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{LOG CHa} &= 0.90 - 0.04(\text{PP1}) - 0.05(\text{PERB}) + 0.17\sqrt{(\text{MAR})} - 0.44\text{LOG}(\text{CTP}) && \text{(équation VI - 49)} \\
 r^2 &= && 0.17 && 0.47 && 0.57 && 0.62 \\
 \text{SE} &= 0.24 && 0.01 && 0.02 && 0.06 && 0.21 \\
 p &= 0.001 && 0.0004 && 0.0220 && 0.0084 && 0.0458 \\
 r_{\text{final}}^2 &= 0.62 && \text{SE} = 0.22 && p < 0.0001
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{SO}_4^{2-} &= 1.45 - 0.001(\text{ALT}) + 0.01(\text{AD} / \text{AL}) && \text{(équation VI- 50)} \\
 r^2 &= && 0.53 && 0.57 \\
 \text{SE} &= 0.073 && 0.0001 && 0.006 \\
 p &= < 0.0001 && < 0.0001 && 0.0542 \\
 r_{\text{final}}^2 &= 0.57 && \text{SE} = 0.11 && p < 0.0001
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Na} &= -1.02 + 2.45\sqrt{(\text{ALS} / \text{VOL})} + 0.08(\text{ZM}) + 0.003(\text{F}) - 0.007(\text{PP1}) && \text{(équation VI - 51)} \\
 r^2 &= && 0.14 && 0.39 && 0.50 && 0.55 \\
 \text{SE} &= 0.39 && 0.54 && 0.02 && 0.001 && 0.004 \\
 p &= 0.0146 && 0.0001 && 0.0029 && 0.0134 && 0.0657 \\
 r_{\text{final}}^2 &= 0.55 && \text{SE} = 0.099 && p < 0.0005
 \end{aligned}$$

$$\mathbf{Ca} = 1.97 - 0.46(\mathbf{LM}) + 0.01(\mathbf{F}) - 0.03(\mathbf{P1}) \quad (\text{équation VI - 52})$$

$$\begin{aligned} r^2 &= && 0.18 & 0.39 & 0.53 \\ \mathbf{SE} &= 0.23 && 0.10 & 0.002 & 0.01 \\ \mathbf{p} &= < 0.0001 && 0.0002 & 0.0012 & 0.0047 \\ r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.53} && \mathbf{SE} = \mathbf{0.28} & & \mathbf{p} < \mathbf{0.0001} \end{aligned}$$

$$\mathbf{Mg} = 0.32 - 0.16(\mathbf{LM}) - 0.01(\mathbf{PP1}) - 0.06(\mathbf{DD}) + 0.004(\mathbf{F}) + 0.0004(\mathbf{ALT}) \quad (\text{équation VI - 53})$$

$$\begin{aligned} r^2 &= && 0.17 & 0.44 & 0.54 & 0.63 & 0.71 \\ \mathbf{SE} &= 0.11 && 0.02 & 0.002 & 0.02 & 0.001 & 0.0001 \\ \mathbf{p} &= 0.0062 && < 0.0001 & < 0.0001 & 0.0078 & 0.0006 & 0.0079 \\ r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.71} && \mathbf{SE} = \mathbf{0.05} & & \mathbf{p} < \mathbf{0.0001} \end{aligned}$$

$$\mathbf{K} = 0.09 + 0.002(\mathbf{F}) \quad (\text{équation VI - 54})$$

$$\begin{aligned} r^2 &= && 0.22 \\ \mathbf{SE} &= 0.04 && 0.001 \\ \mathbf{p} &= 0.0168 && 0.0049 \\ r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.22} && \mathbf{SE} = \mathbf{0.08} & & \mathbf{p} < \mathbf{0.005} \end{aligned}$$

$$\mathbf{Ca} + \mathbf{Mg} + \mathbf{Na} + \mathbf{K} = 3.41 - 0.82(\mathbf{LM}) + 0.02(\mathbf{F}) - 0.06(\mathbf{PP1}) \quad (\text{équation VI - 55})$$

$$\begin{aligned} r^2 &= && 0.15 & 0.36 & 0.53 \\ \mathbf{SE} &= 0.40 && 0.18 & 0.004 & 0.02 \\ \mathbf{p} &= < 0.0001 && 0.0001 & 0.0015 & 0.003 \\ r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.53} && \mathbf{SE} = \mathbf{0.46} & & \mathbf{p} < \mathbf{0.0001} \end{aligned}$$

$$\mathbf{Fe} = 0.36 + 0.04(\mathbf{DL}) - 0.10(\mathbf{LM}) - 0.20\mathbf{LOG}(\mathbf{P3}) \quad (\text{équation VI - 56})$$

$$\begin{aligned} r^2 &= && 0.08 && 0.19 && 0.29 \\ \mathbf{SE} &= 0.13 && 0.02 && 0.03 && 0.09 \\ \mathbf{p} &= 0.0106 && 0.0607 && 0.0055 && 0.0396 \\ r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.29} && \mathbf{SE} = \mathbf{0.08} && \mathbf{p} < \mathbf{0.01} \end{aligned}$$

$$\mathbf{pH} = 5.54 - 0.28(\mathbf{DL}) + 2.37(\mathbf{ZM/ZMA}) \quad (\text{équation VI - 57})$$

$$\begin{aligned} r^2 &= && 0.22 && 0.30 \\ \mathbf{SE} &= 0.49 && 0.09 && 1.19 \\ \mathbf{p} &= < 0.0001 && 0.006 && 0.0565 \\ r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.30} && \mathbf{SE} = \mathbf{0.42} && \mathbf{p} < \mathbf{0.005} \end{aligned}$$

$$\eta = 3.41 - 1.96\mathbf{LOG}(\mathbf{P3}) - 0.11(\mathbf{PERB}) + 0.05(\mathbf{AD/AL}) \quad (\text{équation VI - 58})$$

$$\begin{aligned} r^2 &= && 0.11 && 0.43 && 0.54 \\ \mathbf{SE} &= 0.54 && 0.39 && 0.02 && 0.02 \\ \mathbf{p} &= < 0.0001 && < 0.0001 && 0.0001 && 0.0132 \\ r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.54} && \mathbf{SE} = \mathbf{0.32} && \mathbf{p} < \mathbf{0.0001} \end{aligned}$$

$$\mathbf{ALC} = 66.12 - 7.06(\mathbf{AD}) - 0.54(\mathbf{R1}) \quad (\text{équation VI - 59})$$

$$\begin{aligned} r^2 &= && 0.18 && 0.27 \\ \mathbf{SE} &= 13.55 && 2.43 && 0.27 \\ \mathbf{p} &= < 0.0001 && 0.0072 && 0.0512 \\ r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.27} && \mathbf{SE} = \mathbf{21.75} && \mathbf{p} < \mathbf{0.01} \end{aligned}$$

$$\text{COND} = 23.00 - 0.01(\text{ALT})$$

(équation VI - 60)

$$r^2 = 0.30$$

$$\text{SE} = 1.49 \quad 0.003$$

$$p = < 0.0001 \quad 0.001$$

$$r_{\text{final}}^2 = 0.30 \quad \text{SE} = 2.89 \quad p < 0.005$$

Moyenne des 4 échantillonnages de 1992

$$\text{COD} = 12.89 - 7.45\text{LOG}(\text{P3}) - 0.36(\text{PERB}) + 0.18(\text{AD} / \text{AL}) \quad (\text{équation VI - 61})$$

r^2	=	0.21	0.50	0.62
SE	=	1.67	1.21	0.07
p	=	<0.0001	<0.0001	<0.0001
r_{final}^2	=	0.62	SE = 0.99	p < 0.0001

$$\text{NO}_3^- = -36.07 + 2.89(\text{P1}) + 8.32(\text{LBV}) \quad (\text{équation VI - 62})$$

r^2	=	0.53	0.66
SE	=	8.08	0.40
p	=	0.0001	<0.0001
r_{final}^2	=	0.66	SE = 10.60
			p < 0.0001

$$\text{NH}_4^+ = 7.56 - 3.60\sqrt{(\text{MAR})} + 0.63(\text{PP2}) - 0.01(\text{ALT}) \quad (\text{équation VI - 63})$$

r^2	=	0.32	0.47	0.55
SE	=	3.07	0.004	0.89
p	=	0.0209	0.0276	0.0004
r_{final}^2	=	0.55	SE = 3.77	p < 0.0001

$$\text{NO}_3 + \text{NH}_4 = -16.40 + 3.07(\text{P1}) + 3.69(\text{AB}) - 7.01\sqrt{(\text{MAR})} \quad (\text{équation VI - 64})$$

r^2	=	0.60	0.65	0.70
SE	=	8.80	0.48	1.19
p	=	0.0736	<0.0001	0.0047
r_{final}^2	=	0.70	SE = 11.70	p < 0.0001

$$\begin{aligned}
 \text{PT} &= 2.02 + 15.13(\text{ALS}/\text{VOLE}) + 1.68\sqrt{(\text{MAR})} && \text{(équation VI-65)} \\
 r^2 &= && 0.44 && 0.64 \\
 \text{SE} &= 0.97 && 2.34 && 0.42 \\
 p &= 0.0482 &<& 0.0001 && 0.0004 \\
 r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.64} && \text{SE} = \mathbf{1.81} && \mathbf{p} < \mathbf{0.0001}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{LOG CHa} &= 0.89 - 0.03(\text{P1}) - 0.07(\text{AB}) + 0.13\sqrt{(\text{MAR})} && \text{(équation VI - 66)} \\
 r^2 &= && 0.45 && 0.63 && 0.75 \\
 \text{SE} &= 0.10 && 0.01 && 0.01 && 0.03 \\
 p &= < 0.0001 &<& 0.0001 &<& 0.0001 && 0.0013 \\
 r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.75} && \text{SE} = \mathbf{0.13} && \mathbf{p} < \mathbf{0.0001}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{SO}_4^{2-} &= 1.64 - 0.00085(\text{ALT}) && \text{(équation VI - 67)} \\
 r^2 &= && 0.67 \\
 \text{SE} &= 0.08 && 0.0001 \\
 p &= < 0.0001 &<& 0.0001 \\
 r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.67} && \text{SE} = \mathbf{0.103} && \mathbf{p} < \mathbf{0.0001}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Na} &= -0.62 + 0.05(\text{TE}) + 1.11(\text{SSE}) + 0.03(\text{ZM}) - 0.01(\text{PP1}) && \text{(équation VI - 68)} \\
 r^2 &= && 0.17 && 0.28 && 0.40 && 0.47 \\
 \text{SE} &= 0.33 && 0.01 && 0.33 && 0.01 && 0.04 \\
 p &= 0.0750 && 0.0024 && 0.0022 && 0.0482 && 0.0576 \\
 r_{\text{final}}^2 &= \mathbf{0.47} && \text{SE} = \mathbf{0.10} && \mathbf{p} < \mathbf{0.001}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ca} &= 1.07 - 0.06(\text{AD}) - 0.04(\text{P1}) + 0.02(\text{F}) - 0.36(\text{LM}) + 0.001(\text{ALT}) && \text{(équation VI - 69)} \\ r^2 &= && 0.24 \quad 0.43 \quad 0.59 \quad 0.63 \quad 0.69 \\ \text{SE} &= 0.41 && 0.03 \quad 0.01 \quad 0.01 \quad 0.12 \quad 0.001 \\ \text{p} &= 0.0148 && 0.0575 \quad 0.0001 \quad 0.0007 \quad 0.0063 \quad 0.0331 \\ r_{\text{final}}^2 &= 0.69 && \text{SE} = 0.21 \quad \text{p} < 0.0001 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mg} &= 0.59 - 0.01(\text{PP1}) - 0.09(\text{LM}) - 0.07(\text{DD}) + 0.001(\text{F}) && \text{(équation VI - 70)} \\ r^2 &= && 0.21 \quad 0.46 \quad 0.60 \quad 0.66 \\ \text{SE} &= 0.05 && 0.002 \quad 0.02 \quad 0.02 \quad 0.001 \\ \text{p} &= < 0.0001 && < 0.0001 \quad 0.0001 \quad 0.0014 \quad 0.0229 \\ r_{\text{final}}^2 &= 0.66 && \text{SE} = 0.05 \quad \text{p} < 0.0001 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{K} &= 0.11 + 0.003(\text{F}) + 0.31(\text{ALS/VOLE}) + 0.01(\text{ZM}) && \text{(équation VI - 71)} \\ r^2 &= && 0.24 \quad 0.30 \quad 0.37 \\ \text{SE} &= 0.09 && 0.001 \quad 0.11 \quad 0.01 \\ \text{p} &= 0.216 && 0.0005 \quad 0.0111 \quad 0.0636 \\ r_{\text{final}}^2 &= 0.37 && \text{SE} = 0.07 \quad \text{p} < 0.005 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K} &= 3.62 + 0.02(\text{F}) - 0.66(\text{LM}) - 0.07(\text{PP1}) + 0.37(\text{DD}) && \text{(équation VI - 72)} \\ r^2 &= && 0.20 \quad 0.37 \quad 0.57 \quad 0.65 \\ \text{SE} &= 0.36 && 0.004 \quad 0.15 \quad 0.02 \quad 0.14 \\ \text{p} &= < 0.0001 && 0.0001 \quad 0.0001 \quad 0.0001 \quad 0.0164 \\ r_{\text{final}}^2 &= 0.65 && \text{SE} = 0.37 \quad \text{p} < 0.0001 \end{aligned}$$

$$\text{Fe} = 0.16 + 0.001(\text{R2}) - 0.10\text{LOG}(\text{ALS}) - 0.19\text{LOG}(\text{P3}) \quad (\text{équation VI - 73})$$

r^2	=	0.13	0.21	0.44
SE	= 0.06	0.0005	0.03	0.05
p	= 0.0093	0.0544	0.0013	0.0019
r_{final}^2	= 0.44	SE = 0.05	p < 0.0005	

$$\text{pH} = 3.47 - 0.16(\text{DL}) - 0.01(\text{R1}) + 5.50\sqrt{(\text{ALS}/\text{VOL})} + 0.17(\text{ZM}) \quad (\text{équation VI - 74})$$

r^2	=	0.13	0.22	0.34	0.40
SE	= 1.47	0.09	0.005	2.04	0.09
p	= 0.0263	0.0684	0.0067	0.0122	0.0697
r_{final}^2	= 0.40	SE = 0.37	p < 0.0017		

$$\eta = 0.46 + 2.24(\text{ALS}/\text{VOLE}) - 0.03(\text{PP1}) + 0.03(\text{AD}/\text{AL}) - 1.37(\text{SSE}) \quad (\text{équation VI - 75})$$

r^2	=	0.44	0.63	0.68	0.72
SE	= 0.19	0.41	0.01	0.01	0.63
p	= 0.0211	< 0.0001	0.0034	0.0308	0.0389
r_{final}^2	= 0.72	SE = 0.21	p < 0.0001		