

36009630

CARACTÉRISATION PHYSICO-CHIMIQUE
DES LACS DU PONTIAC-TÉMISCAMINGUE
DU RÉSEAU TADPA-QUÉBEC

Denys Fortin
Direction des eaux intérieures
Région du Québec



Centre Saint-Laurent
Conservation et Protection
Environnement Canada

QH
545
A17
F67

Août 1991

RÉSUMÉ

Les lacs de la région du Pontiac-Témiscamingue sont très sensibles à l'acidification et sont soumis à des charges atmosphériques de sulfates humides au-dessus de 20 kg/ha/an. Six lacs de tête de la région sont échantillonnés régulièrement depuis mai 1986 dans le cadre du réseau de surveillance TADPA-Québec. Quatre lacs sont échantillonnés à tous les deux mois (stations temporelles) alors que les deux autres lacs sont échantillonnés deux fois par année (stations spatiales). Les critères de sélection des lacs, leurs localisations et les caractéristiques chimiques de leur eau sont présentés dans ce rapport.

Entre mai 1986 et mars 1990, plusieurs tendances temporelles dans les séries des quatre variables principales ont été détectées à l'aide de tests non paramétriques adaptés aux séries de qualité de l'eau. En général, il y a des signes de diminution du stress dû à l'acidification dans la région, soit des diminutions dans les concentrations de sulfates et des augmentations de l'alcalinité. Il demeure toutefois que des tendances décroissantes du pH ont été détectées pour deux stations temporelles. Les moyennes de pH, d'alcalinité et de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ pour les quatre stations temporelles du Pontiac-Témiscamingue sont basses et se situent entre celles des régions 1 et 2 du réseau TADPA. Les valeurs de sulfates des lacs temporels de la région du Pontiac-Témiscamingue sont plus élevées que celles des régions 1 à 3, situées à l'est de Montréal.

ABSTRACT

The lakes in the Pontiac-Temiscamingue region are very sensitive to acidification and receive wet atmospheric sulfate loading over 20 kg/ha/yr. Six headwater lakes from the area are sampled regularly since May 1986 as part of the Quebec component of the **LRTAP** network. Four of the lakes are sampled every two months (temporal stations) while the remaining two are sampled twice a year (spatial stations). Selection criteria for the lakes as well as their location and water chemical characteristics are presented in this report.

Between May 1986 and March 1990, several time trends for the four main variables were detected using nonparametric tests adapted to water quality time series. In general, there are signs of a reduction in stress due to acidification in this area as decreases in sulfates and increases in alkalinity were identified. However, decreasing trends in pH were detected in two lakes. The average pH, alkalinity and $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ for the four temporal lakes in the Pontiac-Temiscamingue region are low and fall between the averages of regions 1 and 2 of the network. Sulfate values for the Pontiac-Temiscamingue lakes are higher than those of lakes in regions 1 to 3 located east of Montreal.

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier les personnes suivantes pour leurs contributions au présent rapport: Madeleine Papineau et John Haemmerli d'Environnement Canada pour leurs commentaires lors de la révision du présent document, André Bouchard pour ses commentaires sur l'analyse des données, Denis Labonté pour les aspects de présentation ainsi que les nombreuses autres personnes impliquées de près ou de loin dans l'échantillonnage du réseau TADPA. Le personnel des laboratoires de Longueuil et de Burlington mérite aussi une mention pour le support soutenu au fil des ans.

TABLE DES MATIERES

RÉSUMÉ	iii
ABSTRACT	iv
REMERCIEMENTS	v
LISTE DES FIGURES	ix
LISTE DES TABLEAUX	x
1 INTRODUCTION	1
2 DESCRIPTION DE LA RÉGION DU PONTIAC-TÉMISCAMINGUE	3
2.1 Localisation	3
2.2 Cadre géologique	3
2.3 Végétation	5
2.4 Source de polluants aéroportés acides	5
2.5 Les précipitations	7
2.6 Indicateurs de la qualité de l'eau	8
3 SÉLECTION DES LACS DE LA RÉGION DU PONTIAC-TÉMISCAMINGUE	10
3.1 Inventaire des lacs de la région de l'Outaouais	10
3.2 Critères de sélection pour le réseau TADPA	12
3.3 Choix final des lacs	13

4	RÉSULTAT DE L'ÉCHANTILLONNAGE DE LA RÉGION 6 DU RÉSEAU TADPA	16
4.1	Méthodologie et banque de données	16
4.2	Méthodes statistiques	18
4.2.1	Cadre statistique de la conception du réseau	18
4.2.2	Méthodes statistiques utilisant les tests non-paramétriques	19
4.3	Application des tests de détection de tendance	20
4.3.1	Caractéristiques des séries chronologiques	20
4.3.2	Détermination des tendances temporelles	21
4.4	La physico-chimie moyenne de la région 6 de 1986 à 1990	28
4.5	Comparaison avec les autres régions du réseau	33
5	CONCLUSIONS	39
	RÉFÉRENCES	41
	ANNEXE 1 QUALITÉ DES PRÉCIPITATIONS	45.
	ANNEXE 2 LISTE DES DONNÉES DES LACS DE LA RÉGION 6	49

LISTE DES FIGURES

1	Carte de localisation des lacs du réseau TADPA-Québec en 1990	2
2	Provinces et sous-provinces tectoniques au Québec	4
3	Divisions forestières du Québec	6
4	Localisation des 317 lacs de la région de l'Outaouais	11
5	Carte de localisation des lacs de la région 6, réseau TADPA	14
6	Évolution du pH des lacs temporels de la région du Pontiac-Témiscamingue	25
7	Évolution de l'alcalinité des lacs temporels de la région du Pontiac-Témiscamingue	26
8	Évolution des sulfates des lacs temporels de la région du Pontiac-Témiscamingue	27
9	Évolution de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ des lacs temporels de la région du Pontiac-Témiscamingue	29
10	Évolution du pH et de l'alcalinité des lacs temporels de la région 6	30
11	Évolution des sulfates et de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ pour les lacs temporels de la région 6	31
12	Variation du pH et de l'alcalinité des lacs temporels des régions 1 à 6	35
13	Variation des sulfates et de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ des lacs temporels des régions 1 à 6	36

LISTE DES TABLEAUX

1	Résultats d'études antérieures dans le Pontiac-Témiscamingue	9
2	Statut et localisation des lacs du réseau TADPA-Québec, région 6, Pontiac-Témiscamingue	15
3	Liste des lacs du réseau TADPA-Québec, région 1 à 5	17
4	Persistance et périodicité des séries des lacs temporels de la région 6	20
5	Séries chronologiques avec tendances significatives	22
6	Séries chronologiques avec tendances non-significatives	23
7	Résultats pour les lacs spatiaux de la région 6 du réseau TADPA	32
8	Moyennes régionales des variables discriminantes et intervalles de confiance à 90 % sur ces moyennes, hiver 1982	33

Le réseau TADPA-Québec fait partie d'un programme de surveillance de la qualité de l'eau mis en place par Environnement Canada au début des années 80 et destiné à mettre en évidence l'effet d'une éventuelle réduction des émissions de polluants aéroportés acides sur le milieu aquatique. Initialement, le réseau comprenait 12 stations servant à établir les tendances temporelles (lacs temporels) et qui étaient échantillonnées à tous les deux mois et 23 autres stations qui assuraient une couverture spatiale (lacs spatiaux) et qui étaient échantillonnées aux six mois. Ces 35 stations étaient réparties dans cinq régions. La région du Pontiac-Témiscamingue est venue se greffer à ces cinq régions en mai 1986 pour concorder avec le début du réseau de surveillance de l'acidité des lacs du Québec (RESSALQ) dans l'Outaouais. Quatre lacs temporels et deux lacs spatiaux ont ainsi été ajoutés au réseau. Une deuxième extension a eu lieu en 1989 pour couvrir la Côte-Nord. En 1990, le réseau se composait de 64 lacs de tête de bassin versant et le territoire couvert s'étendait de la frontière ontarienne (rivière des Outaouais), au nord de Sept-Iles (Côte-Nord), sur la rive nord du Saint-Laurent. De plus amples informations sur la conception et l'opération du réseau sont disponibles dans Bobée et al. (1983) et dans Fortin (1990).

Ce rapport traite plus spécifiquement des lacs de la région du Pontiac-Témiscamingue soit la région 6 du réseau TADPA (figure 1). Il se veut la suite des rapports de Bouchard (1989) sur la qualité de l'eau des lacs de la Côte-Nord et de Bouchard et Haemmerli (1990) sur les tendances dans les séries chronologiques des paramètres de la qualité de l'eau des lacs des régions 1 à 5. Ce rapport se divise en deux parties. La première comprend la caractérisation du territoire et un résumé des étapes menant au choix de lacs à inclure dans le réseau TADPA. Cette sélection a fait appel aux données du RESSALQ du Ministère de l'Environnement du Québec (MENVIQ) (Dupont, 1988). La deuxième partie présente les résultats obtenus par le réseau TADPA de mai 1986 à mars 1990. L'accent est mis sur la détection des tendances temporelles et une caractérisation spatiale de la qualité de l'eau des lacs de cette région.

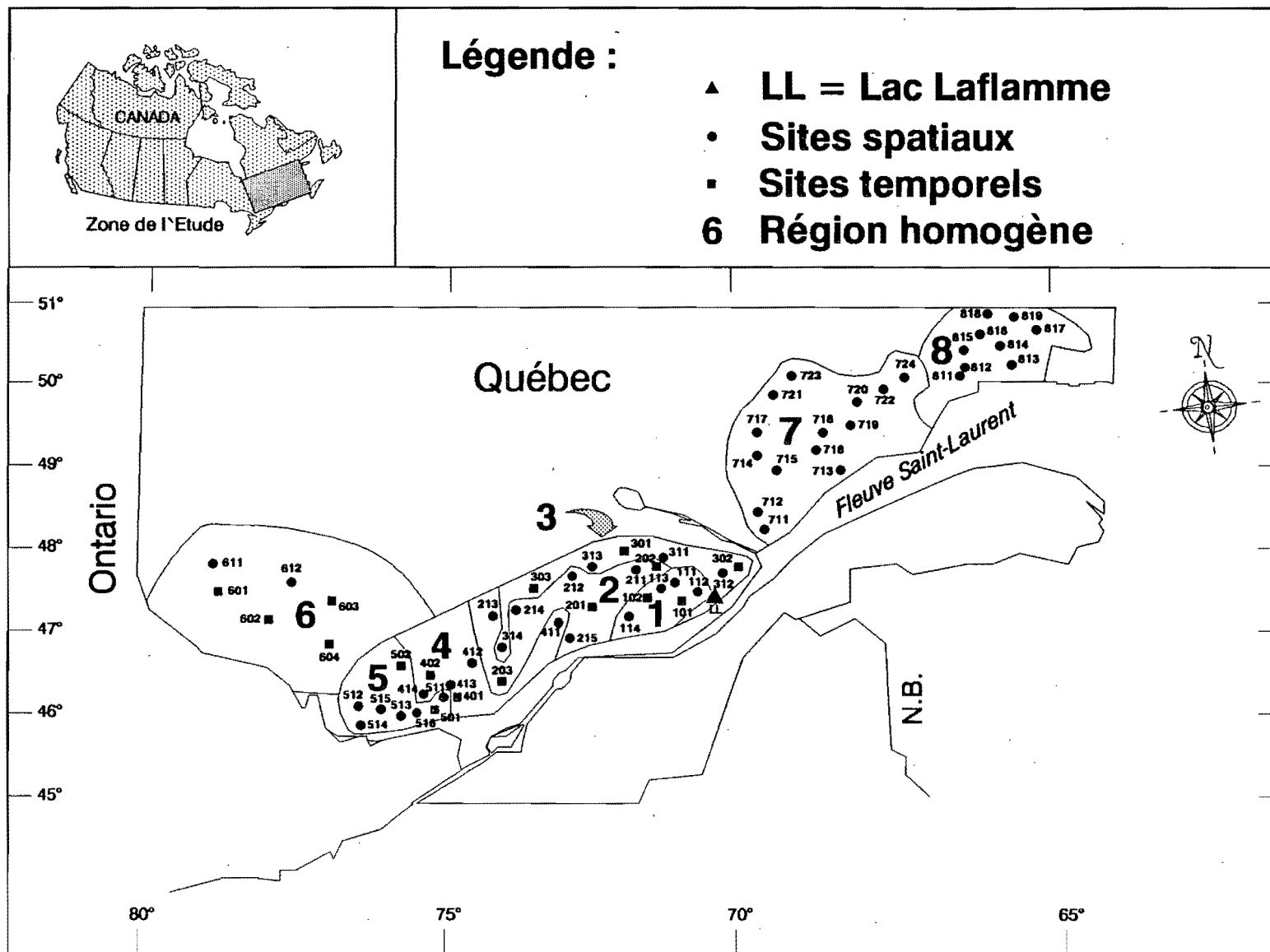


Figure 1 : Carte de localisation des lacs du réseau TADPA-Québec en 1990.
(les numéros des lacs réfèrent à la liste des tableaux 2 et 3)

2 DESCRIPTION DE LA RÉGION DU PONTIAC-TÉMISCAMINGUE

2.1 Localisation

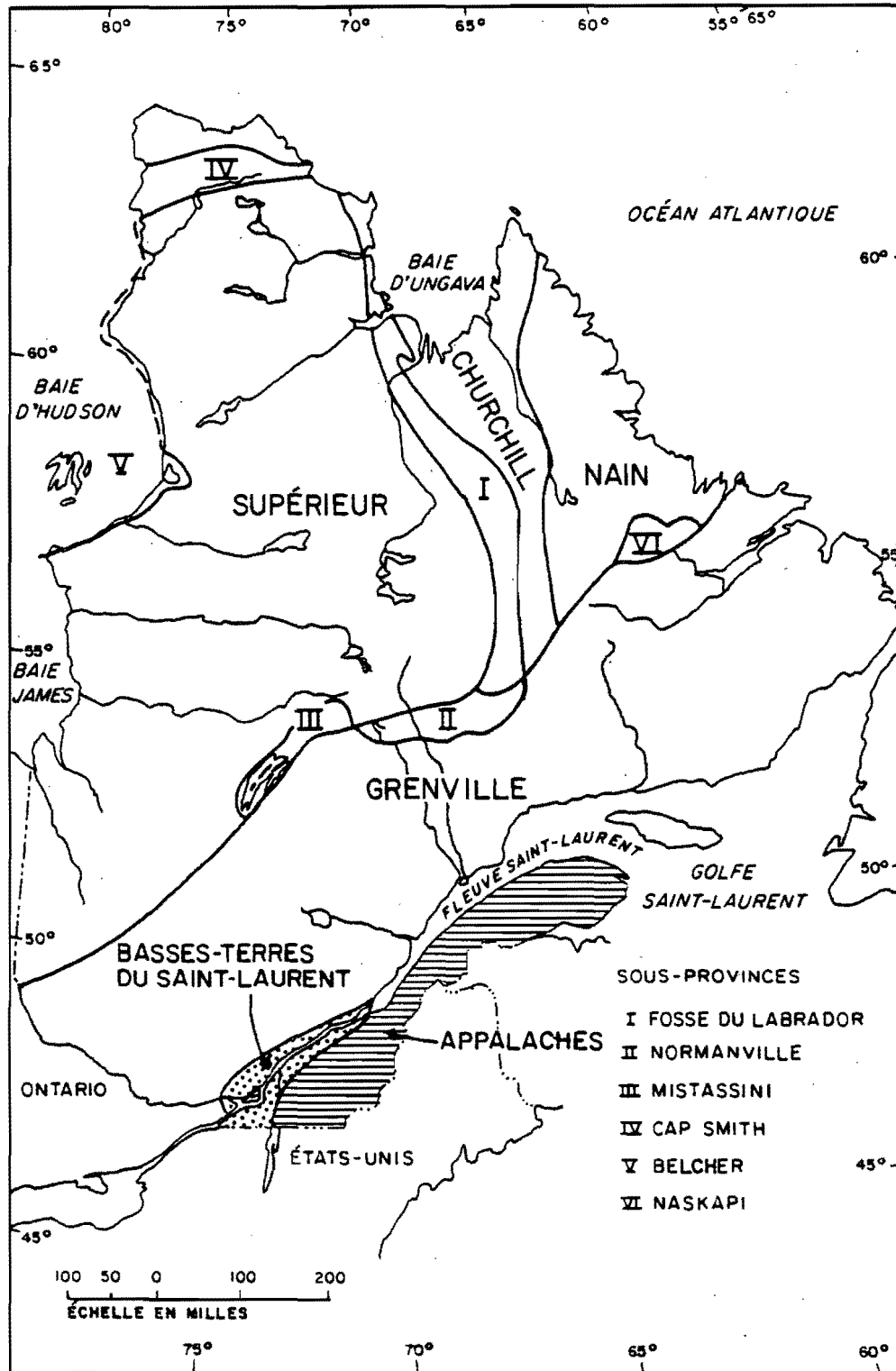
Dans ce rapport, la région du Pontiac-Témiscamingue (région 6 du réseau TADPA) réfère à la zone située entre la rivière des Outaouais au sud, les réservoirs Cabonga et Decelles au nord et Maniwaki (riv. Gatineau) à l'est. Cette région est située entre le 46° et le 47°N de latitude et le 78°30' et 76°30'O de longitude.

2.2 Cadre géologique

Cette zone d'étude est située sur le Bouclier canadien et plus spécifiquement dans la province tectonique de Grenville (figure 2). Le portrait géologique actuel de cette province est principalement issu de l'orogénèse grenvillienne (Landry et Mercier, 1983).

La majorité des roches du Pontiac-Témiscamingue ont connu un métamorphisme élevé. On y retrouve principalement, des roches métasédimentaires, des roches métamorphiques et des roches ignées (Avramtchev et LeBel-Drolet, 1981). L'absence de carbonates dans l'assise rocheuse et la faible altérabilité du socle rocheux donne à la région une sensibilité plus élevée aux précipitations acides qu'une région plus riche en carbonates facilement altérables.

La physiographie du Pontiac-Témiscamingue est due en majeure partie à la dernière glaciation, soit celle du Wisconsin. La moraine de fond (till) déposée par le glacier en retraite varie en épaisseur de 2 à 8 mètres ce qui correspond à une couverture assez mince (Gamache et Lachance, 1985), mais peut atteindre 30 mètres dans les vallées. Les nombreux eskers de cette région forment aussi des secteurs de till épais. Ce matériel de granulométrie hétérogène est issu de l'action des glaces (érosion mécanique) sur l'assise rocheuse. La roche-mère reflète généralement sa



Source : Gouvernement du Canada, 1974

FIGURE 2 Provinces et Sous-Provinces Tectoniques au Québec.

composition minéralogique quoique le till rencontré à certains endroits, suite au transport glaciaire et fluvio-glaciaire, puisse avoir une composition minéralogique sensiblement différente de celle de la roche sous-jacente. De façon générale, le transport glaciaire au Québec varie de quelques kilomètres à plusieurs centaines de kilomètres. La variabilité qui existe entre la composition des dépôts meubles et celle de la roche-mère pourrait expliquer dans certains cas les différences de sensibilité aux précipitations acides des divers bassins versants d'un même socle rocheux.

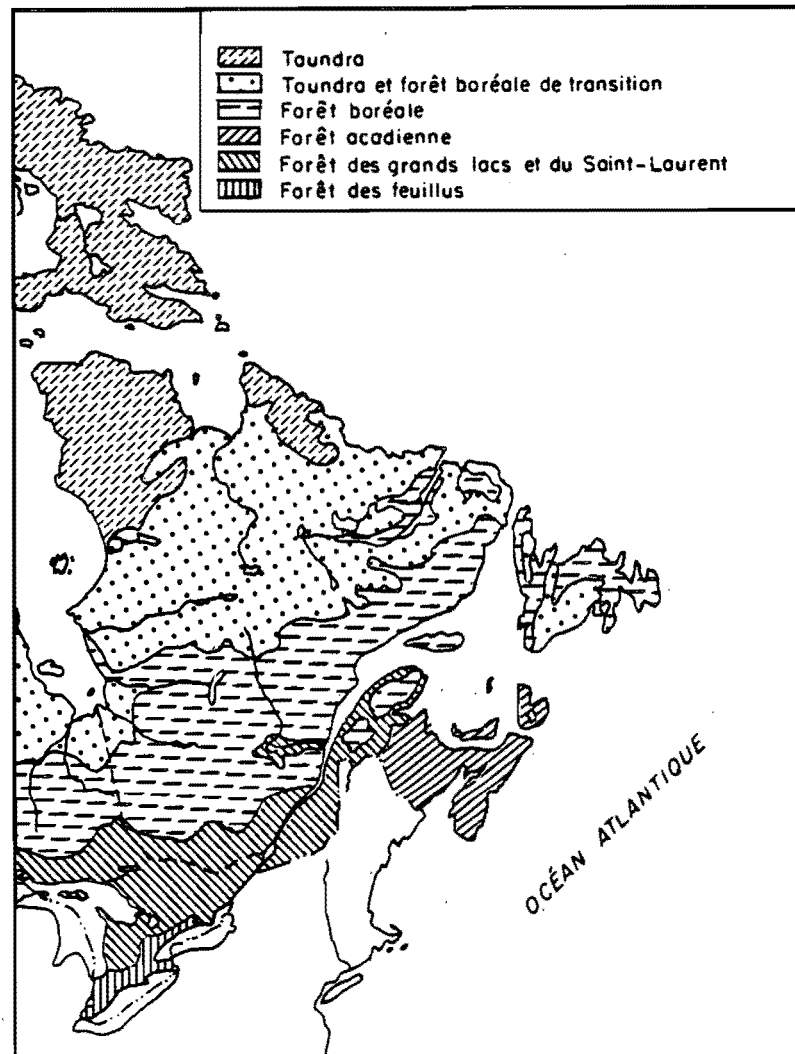
Le profil des sols (horizons pédologiques) le plus répandu dans le Pontiac-Témiscamingue est celui du podzol, principalement des podzols humo-ferriques.

2.3 Végétation

Les bassins versants à l'étude sont situés à la limite nord de la forêt des Grands-Lacs et du St-Laurent surtout occupée par les feuillus tels le bouleau jaune, l'érable à sucre, le hêtre en association avec le pin blanc et le pin rouge. On y rencontre également l'érable rouge, la pruche, l'épinette blanche et le sapin baumier (Gamache et Lachance, 1985). La figure 3 donne un aperçu des types de forêts retrouvés au Québec.

2.4 Sources de polluants aéroportés acides

Dans l'est du Canada, les dommages attribuables aux dépôts acides sont causés surtout par l'anhydride sulfureux (SO_2) rejeté par les fonderies et les centrales électriques de l'est du Canada ainsi que les centrales électriques du Midwest et du nord des États-Unis. La région hydrographique de l'Outaouais est en aval des vents dominants en provenance de l'Ontario et des régions fortement industrialisées des États-Unis telle la vallée de l'Ohio. Plus particulièrement, le Pontiac-Témiscamingue est sous



Source : Gouvernement du Canada, (1978)

FIGURE 3 Divisions forestières du Québec.

l'influence de deux zones canadiennes où les émissions de SO_2 sont importantes. Ainsi le réservoir Dumoine qui est compris dans la zone de cette étude est à 180 km au sud-est de Rouyn-Noranda (Québec) et à 230 km à l'est de Sudbury (Ontario).

2.5 Les précipitations

Les précipitations dans la région du Pontiac-Témiscamingue font l'objet d'une surveillance par le réseau d'échantillonnage des précipitations du Québec depuis le début des années 1980 (voir annexe 1). La station de Rapide-des-Joachims se situe au sud-ouest du territoire, la station Belleterre au nord-ouest, la station Wright au sud-est et les stations Le Domaine et Lytton à l'est.

Le volume de précipitations reçu annuellement aux différentes stations varie de 782 mm (1982; Le Domaine) à 1129 mm (1988, Belleterre). Le pH annuel de ces précipitations est bas et varie de 4,22 (1987; Rapide-des-Joachims) à 4,43 (1986; Belleterre).

Les moyennes de dépôts de sulfates dans les précipitations ont été de 23 kg/ha/an à Wright (1985-1988) et à Lytton (1987-1988), de 22 kg/ha/an à Rapide-des-Joachims (1985-1988) et de 21 kg/ha/an à Belleterre (1985-1988). Ces valeurs de dépôts humides seraient supérieures à la norme de 15 kg/ha/an proposée par Dupont (1988) pour une protection adéquate des écosystèmes aquatiques modérément sensibles de la région de l'Outaouais.

La concentration moyenne de sulfates dans les précipitations de l'ensemble des stations est de 2,4 mg/L (50 $\mu\text{eq/L}$). Dupont (1988) a rapporté, dans la région de l'Outaouais, une décroissance dans les concentrations de sulfates dans les précipitations du sud et sud-ouest vers le nord et le nord-est et des concentrations élevées de

sulfates près de Rouyn-Noranda.

2.6 Indicateurs de la qualité de l'eau

Dans les études sur l'acidification des systèmes aquatiques, les plans d'eau sont souvent caractérisés en terme d'état de l'acidité (pH, alcalinité), en terme de niveau de minéralisation des eaux ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) et d'après le degré d'agression des lacs par les polluants aéroportés acides (SO_4^{2-}).

La région du Témiscamingue a été identifiée comme une des régions à forte densité de lacs acides ($\text{pH} < 5,5$) suite aux inventaires de Dupont et Grimard (1986), Dupont (1984, 1985, 1988) et Frenette (1986). Dupont (1988) rapporte que 23% des lacs de la région de l'Outaouais présentent un pH inférieur ou égal à 5,5 et que 63% des lacs présentent un pH inférieur ou égal à 6,0. Le pH moyen des lacs de l'Outaouais est de 5,9 (tableau 1).

Pour ce qui est de l'alcalinité, 83% des lacs du secteur du Pontiac-Témiscamingue sud (au sud de $46^{\circ}40\text{N}$) ont des valeurs faibles d'alcalinité ($< 100 \mu\text{eq/L}$) et la médiane se situe à $60 \mu\text{eq/L}$ (3 mg/L) (Dupont, 1985). Dans le secteur ouest du Témiscamingue, l'alcalinité moyenne est de $37 \mu\text{eq/L}$ (1,8 mg/L) (Frenette, 1986). Une alcalinité inférieure à 2 mg CaCO_3/L ($40 \mu\text{eq/L}$) est considérée comme un niveau extrême de sensibilité aux retombées acides. Dans l'Outaouais, la région du Témiscamingue est celle qui compte le plus grand nombre de lacs à faible alcalinité (Dupont, 1988).

Les lacs du Pontiac-Témiscamingue ont un faible niveau de minéralisation des eaux et une sensibilité élevée à l'acidification ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} < 200 \mu\text{eq/L}$). Dans Harvey et al, (1981), il est mentionné que les concentrations de calcium des lacs du

Bouclier canadien se situent entre 50 et 300 $\mu\text{eq/L}$. Les valeurs de calcium des lacs de l'Outaouais rapportées par Dupont (1985, 1988) se situent autour de 120 $\mu\text{eq/L}$ (2,8 mg/L) alors que la somme du calcium et du magnésium est d'environ 198 $\mu\text{eq/L}$.

Des études à l'échelle du Québec (Dupont et Grimard, 1986; Bobée *et al.*, 1983) ont mis en évidence une zone particulièrement affectée par les sulfates dans la région de la rivière des Outaouais. Dupont (1988) a noté une forte concentration de lacs ayant des valeurs élevées de sulfates au sud et au sud ouest de la région de l'Outaouais. Les concentrations de sulfates excédaient généralement 6 mg/L à ces endroits. Frenette (1986) rapporte même une concentration moyenne de 9 mg/L dans l'ouest du Témiscamingue. Selon Harvey *et al.* (1981) les concentrations naturelles maximales de sulfates provenant des bassins versants des lacs du Bouclier canadien ne devraient pas dépasser 30 $\mu\text{eq/L}$ à 60 $\mu\text{eq/L}$. Dupont (1988) a calculé que 85,6% des lacs de l'Outaouais présenteraient une concentration naturelle de sulfates comprise entre 17 et 60 $\mu\text{eq/L}$ (0,8 à 2,9 mg/L). Dans cette région, il est donc fort probable que les lacs soient déjà affectés par le transport à distance des polluants atmosphériques vu qu'il n'y a aucune source naturelle de sulfates dans la région (aucun dépôt de sulfures massifs connu).

TABLEAU 1 Résultats (moyennes) d'études antérieures dans le Pontiac-Témiscamingue

Auteur	Secteur	Date	# de lac	pH	Alc $\mu\text{eq/L}$	Ca+Mg $\mu\text{eq/L}$	SO ₄ $\mu\text{eq/L}$
Dupont 1988	Outaouais	Mars 1986	317	5,9	80	198	116
Frenette 1986	Témisc. ouest	Mars 1984	39	5,7	37	181	188
Dupont 1985	Témisc. sud	Mars 1983	35	6,0	61	208	147

3 SÉLECTION DES LACS DE LA RÉGION DU PONTIAC-TÉMISCAMINGUE

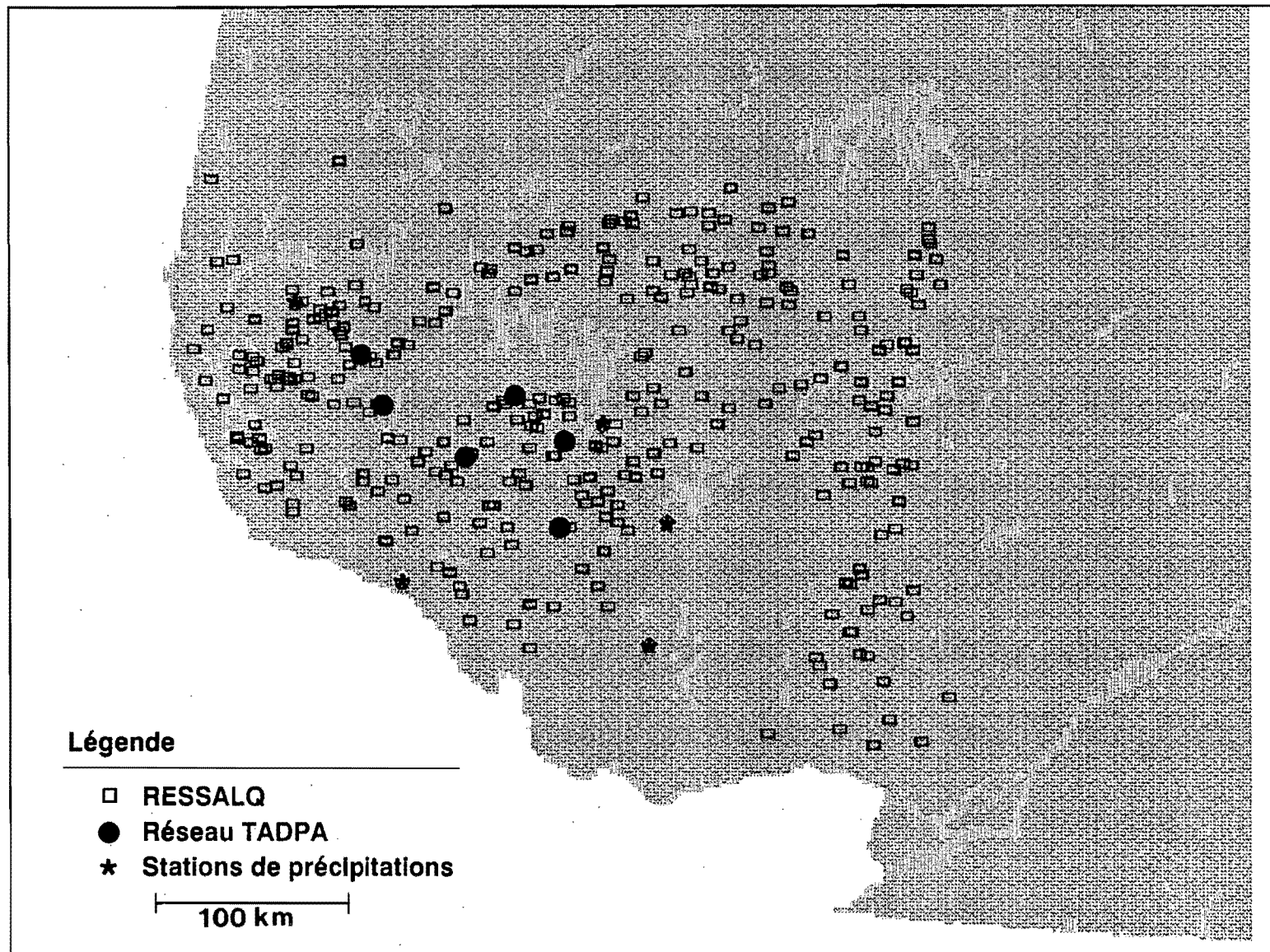
La décision fut prise d'étendre le réseau TADPA à la région du Pontiac-Témiscamingue en 1986 pour assurer un suivi temporel au réseau spatial RESSALQ qui débutait ses opérations en mars 1986 avec la région de l'Outaouais. Un deuxième inventaire dans cette région du RESSALQ est prévu en 1991 ou après la réalisation des réductions d'émissions de SO_2 . Le choix des nouvelles stations temporelles et spatiales pour le réseau TADPA-Québec a donc été effectué à partir des données recueillies par l'inventaire provincial de mars 1986 (Dupont, 1988).

3.1 Inventaire des lacs de la région de l'Outaouais

Le nombre de lacs échantillonnés en mars 1986 par le MENVIQ était de 317 pour l'ensemble de la région de l'Outaouais. Les lacs échantillonnés par le MENVIQ, n'étaient pas exclusivement des lacs de tête de bassin hydrographique et ils répondaient aux critères de sélection suivant:

- 1) Superficie comprise entre 10 et 2000 hectares (0,1 à 20 km^2)
- 2) Absence d'activités humaines importantes (mine, ville, etc.)
- 3) Non-considération des tourbières (bog lake)

Des 40 180 lacs recensés dans cette région, 337 stations furent sélectionnées au hasard et 317 échantillonnées. Les processus de sélection du MENVIQ sont décrits dans Dupont (1988). La figure 4 montre la répartition géographique des lacs échantillonnés dans la région du Pontiac-Témiscamingue ainsi que les stations de mesure des précipitations.



**Figure 4 Localisation des 317 lacs de la région de l'Outaouais
(adapté de Dupont 1988)**

3.2 Critères de sélection pour le réseau TADPA

La méthode utilisée pour choisir les lacs à partir de l'inventaire du RESSALQ pour l'intégration au réseau TADPA est subordonnée à certains facteurs dont le court laps de temps (1 mois) entre la disponibilité des analyses du MENVIQ (Dupont, 1988) et la première date d'échantillonnage du réseau TADPA dans la région du Pontiac-Témiscamingue et les ressources limitées (financière et main-d'oeuvre) disponibles pour cette extension. Les lacs furent choisis comme suit:

- Comme pour la partie originale du réseau, une superposition des cartes de distribution des paramètres alcalinité, $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, SO_4 et pH, a permis de subdiviser la région en sous-régions homogènes.

- Seuls les lacs de tête ont été retenus. Une première sélection de 43 lacs de tête répartis dans ces sous-régions et représentatifs des paramètres physico-chimiques de celles-ci a été examinée.

- Les photos aériennes de ces 43 lacs furent étudiées afin de déceler la présence de contraintes physiques (routes, chalets, coupes forestières, mines, tourbières) et ceci a permis de réduire le nombre de lacs répondant aux critères de sélection à 21 lacs. Cette vingtaine de lacs fut visitée en hélicoptère en mai 1986 lors de la première tournée du réseau TADPA dans cette région afin d'éliminer les lacs drainant des tourbières et ceux soumis à des perturbations humaines récentes.

- Des informations additionnelles sur la méthodologie de sélection des lacs du réseau TADPA sont disponibles dans Bobée et al. (1983).

3.3 Choix final des lacs

Des 12 lacs qui respectaient les critères de sélection du MENVIQ et d'Environnement Canada, six furent retenus. La sélection finale a favorisé une bonne distribution spatiale sur le territoire et une qualité de l'eau des lacs représentative des moyennes régionales pour les quatre paramètres principaux. De plus, des contraintes logistiques tel que la limite d'heures de vol par jour ont été considérées. En mai 1986, les quatre lacs temporels avaient un pH moyen de 5,9, une alcalinité moyenne de 0,5 mg/L, une concentration moyenne de sulfates de 5,6 mg/L et $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ moyen de 115 $\mu\text{eq/L}$.

Une structure avec quatre lacs temporels et deux lacs spatiaux a été retenue. La région du Pontiac-Témiscamingue comprend plus de stations temporelles que dans les autres régions qui n'en ont que deux ou trois, car elle est issue de la fusion de deux sous-régions. Cette fusion a été effectuée pour répondre à des contraintes d'allocation des ressources. Par contre, le nombre de lacs spatiaux ne reflète toutefois pas cette fusion. Les sites retenus en mai 1986 étaient les lacs 6827, 88188, Poirier, Blériot, Caspel et 77487. Les lacs Caspel et 77487 furent remplacés à cause de perturbations dans leurs bassins versants dues à la coupe forestière. Bien que les premiers choix de remplacement aient été les lacs de la Drave et MRN-75829 de l'inventaire du **RESSALQ**, ces lacs ne correspondaient pas aux critères une fois sur le terrain. Les lacs de tête les plus proches ont donc été sélectionnés, soit les lacs Murex et Padnom respectivement. Pour ce dernier lac, on ne disposait pas du numéro MRN, donc il fut baptisé Padnom. La figure 5 donne l'emplacement sur le territoire de ces six lacs. Les lacs 6827, 88188, Poirier et Blériot sont des sites temporels, tandis que les lacs Murex et Padnom sont des sites spatiaux. Le tableau 2 donne la localisation en longitude et latitude des sites d'échantillonnage.

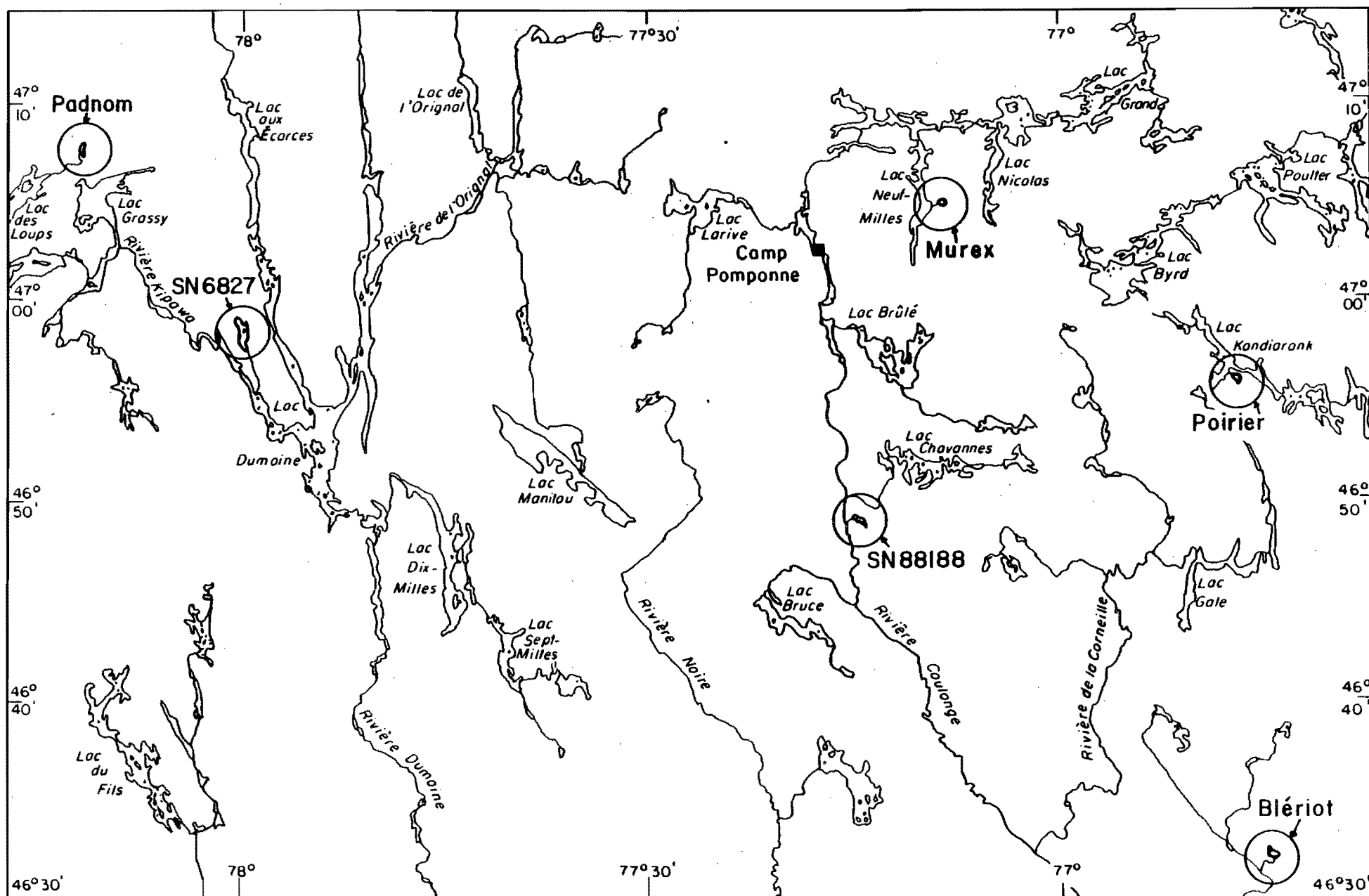


FIGURE 5 Carte de localisation des lacs de la région 6, réseau TADPA.

TABLEAU 2 Statut et localisation des lacs du réseau TADPA-Québec
Région 6, Pontiac-Témiscamingue

Numéro	Nom	Code NAQUADAT	Coordonnées (Long, Lat)		Date d'entrée
601	6827	01QU02KJ0031	78 00 00	46 59 03	86/05/27
602	88188	01QU02KH0021	77 24 30	46 48 00	86/05/27
603	Poirier	01QU02LH0211	76 46 30	46 55 30	86/05/27
604	Blériot	01QU02KG0031	76 44 40	46 31 47	86/05/27
611	Padnom	01QU02JE0071	78 11 55	47 12 25	86/12/02
612	Murex	01QU02KG0051	77 08 35	47 05 40	87/05/26
698	77487	01QU02JE0051	78 39 22	47 02 11	86/05/27
699	Caspel	01QU02KJ0021	77 37 30	46 38 00	86/05/27

Numéro: de la forme XYZ où X est le numéro de la zone, Y est le statut de la station: 0 site temporel, 1 station spatial, 9 station abandonnée et Z un numéro arbitraire.

4 RÉSULTAT DE L'ÉCHANTILLONNAGE DE LA RÉGION 6 DU RÉSEAU TADPA

4.1 Méthodologie et banque de données

L'échantillonnage des régions 1 à 5 du réseau TADPA a débuté le 29 mai 1983 mais dans la région du Pontiac-Témiscamingue il a débuté le 27 mai 1986. L'échantillonnage est effectué en hélicoptère selon le calendrier présenté à l'annexe 2.

L'échantillonnage s'est fait à l'aide d'un échantillonneur porte-bouteilles muni d'une corde longue de six mètres, permettant de recueillir un échantillon intégré des cinq premiers mètres du lac. Simultanément, une sonde "Hydrolab" permet de mesurer, *in situ*, le pH, la température, l'oxygène dissous et la conductivité. Cinq bouteilles d'eau sont recueillies à chaque lac et placées au frais dans une glacière. Un programme d'assurance de qualité sur le terrain est en opération pour le réseau.

Les échantillons sont par la suite envoyés à Longueuil au laboratoire régional du Capitaine Bernier d'Environnement Canada à la fin de chaque journée, afin de mesurer les divers paramètres chimiques (cations majeurs, anions majeurs, pH, conductivité, alcalinité, couleur, silice, carbone organique dissous, carbone inorganique dissous, azote ammoniacal). Une partie de l'échantillon est filtrée et acidifiée pour les analyses de l'aluminium, du fer et du manganèse qui sont effectuées au laboratoire national des eaux intérieures à Burlington (Ontario). Les méthodes analytiques utilisées ainsi que la méthode de validation des données sont documentées dans Fortin (1990). Les données sont archivées dans la banque NAQUADAT de la Direction de la qualité des eaux à Ottawa. On retrouve à l'annexe 2 les données utilisées pour le traitement. Les noms et les numéros des lacs des régions 1 à 5 du réseau TADPA sont présentés au tableau 3.

TABLEAU 3 Liste des lacs du réseau TADPA-Québec, régions 1 à 5

Numéro	Nom	Code NAQUADAT	Longitude	Latitude	Date d'entrée
REGION 1					
101	Bonneville	01QU02PC0001	71 24 20	47 16 40	83/06/06
102	Lagou	01QU02PB0003	71 49 20	47 18 15	83/06/08
111	Veilleux	01QU02PB0004	71 34 30	47 23 40	83/06/06
112	Macleod	01QU02PE0001	70 58 40	47 28 00	83/06/06
113	Josselin	01QU02PB0005	71 40 00	47 22 00	84/06/05
114	Najoua	01QU02PB0002	72 05 00	47 02 30	83/06/05
REGION 2					
201	Eclair	01QU02NF0003	73 00 10	46 51 20	83/06/01
202	Lemaine	01QU02RG0002	71 46 10	47 43 10	83/06/05
203	Truite Rouge	01QU02LC0015	74 05 00	46 09 00	84/04/01
211	Congre	01QU02PA0002	72 01 40	47 42 00	83/06/05
212	Fauvette	01QU02NE0001	73 14 00	47 20 20	83/06/05
213	Adanys	01QU02NF0001	74 19 30	46 48 20	83/06/01
214	Boisvert	01QU02NF0002	74 02 40	46 45 30	83/06/01
215	Thibert	01QU02OC0003	73 10 00	46 39 00	84/01/31
REGION 3					
301	Chômeur	01QU02NE0003	72 13 00	47 50 00	83/06/05
302	Thomas	01QU02RH0001	70 14 30	47 53 00	83/06/06
303	Nolette	01QU02NF0005	73 47 30	47 05 00	84/04/01
311	Daniel	01QU02RG0001	71 48 20	47 47 20	83/06/05
312	Belle Truite	01QU02PF0001	70 35 40	47 49 30	83/06/05
313	Pothier	01QU02NE0002	73 02 30	47 38 30	83/06/05
314	Laurent	01QU02NF0021	74 12 00	46 28 30	83/06/01
REGION 4					
401	Chevreuil	01QU02LD0009	74 56 00	46 03 00	83/05/31
402	Kidney	01QU02LD0010	75 14 00	46 12 30	84/04/01
411	Des Jones	01QU02OC0002	73 23 00	46 45 00	83/06/01
412	Général-White	01QU02LC0016	74 41 00	46 22 00	84/05/28
413	Grégoire	01QU02LD0011	74 58 00	46 08 30	84/05/28
414	Des Papillons	01QU02LF0011	75 20 00	46 06 30	83/05/31
REGION 5					
501	Blais	01QU02LD0005	75 10 00	45 56 00	83/05/29
502	David	01QU02LF0002	75 35 00	46 18 30	83/05/31
511	Scelier	01QU02LD0008	75 01 00	46 03 30	83/05/31
512	Bohème	01QU02LH0185	76 07 00	45 52 30	83/05/29
513	Sheridan	01QU02LF0004	75 37 30	45 44 00	83/05/29
514	Clair	01QU02LH0186	76 04 00	45 36 00	83/05/29
515	Duck	01QU02LH0187	75 51 30	45 50 30	83/05/29
516	Graham	01QU02LF0003	75 23 00	45 48 00	83/05/29

Numéro: de la forme XYZ où X est le numéro de la région,
Y est le statut de la station: 0 site temporel, 1 station spatial, 9 station abandonnée et
Z un numéro arbitraire.

Pour l'interprétation, quatre variables de qualité sont considérées, soit le pH, la somme des cations ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$), l'alcalinité totale et les sulfates. Les séries des quatre lacs temporels contiennent les séries des quatre paramètres principaux et sont constituées de 28 valeurs utilisables pour la caractérisation temporelle de l'évolution des variables de qualité. Certaines séries (notamment l'alcalinité) comprennent des valeurs sous la limite de détection de la méthode d'analyse chimique. Celles-ci ont été remplacées par les deux tiers de la limite de détection (ex.: $<0,1$ est remplacé par 0,067). Les études de tendances temporelles n'ont pas été effectuées sur les séries des lacs spatiaux ($N=6$ ou 8).

4.2 Méthodes statistiques

4.2.1 Cadre statistique de la conception du réseau. - L'objectif du réseau de surveillance de la qualité des eaux d'Environnement Canada est de mettre en évidence l'effet d'une éventuelle réduction des émissions de polluants sur le milieu aquatique. La composante québécoise du réseau TADPA a été mise sur pied en 1983 suite à l'examen des documents et des données existants, et après traitement d'une banque de données du projet Inventaire et des séries temporelles du bassin calibré du lac Laflamme, en suivant une procédure statistique rigoureuse (Bobée et al., 1983).

Le cadre statistique défini par Lettenmaier et Burges (1977) a été utilisé pour la mise sur pied des cinq premières régions du réseau. Ce cadre a permis de choisir la taille de l'échantillon à prélever, pour une période donnée, permettant de détecter une tendance d'amplitude déterminée par rapport à l'écart type de la série des résidus, en fonction de l'autocorrélation de celle-ci, du niveau de confiance et de la puissance du test appliqué.

Pour le réseau TADPA la tendance devait être détectée à un niveau inférieur ou égal à l'écart type de la série des résidus, après 5 à 7 ans, pour un niveau de confiance $(1-\alpha)$ de 90% et une puissance du test $(1-\beta)$ de 90%. En fonction des coefficients d'autocorrélation des séries (pH, alcalinité, sulfates, $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) du lac Laflamme, la fréquence appropriée était de six échantillons par an, à intervalles réguliers de deux mois.

Lors de l'extension du réseau TADPA à la région du Pontiac-Témiscamingue, la fréquence d'échantillonnage pour les stations temporelles a été conservée à six échantillons l'an, à intervalles réguliers de deux mois.

4.2.2 Méthodes statistiques utilisant les tests non-paramétriques. - Peu après que le réseau ait été conçu et implanté, des travaux importants ont été fait par Berryman (1984) sur l'application des tests non-paramétriques aux séries de qualité de l'eau. Une méthodologie a été développée pour déterminer le test approprié à la détection de tendances dans les séries chronologiques de qualité de l'eau en tenant compte de la persistance et de la périodicité.

Les différents tests retenus ainsi que leur puissance, les conditions d'application selon le type de tendance à détecter, la persistance et la périodicité des séries, ainsi que la procédure de sélection et d'application des tests, sont décrits dans Berryman et al. (1988) et Bouchard et Haemmerli (1990). Le logiciel de détection des tendances DETECT (Cluis et al., 1988), a été utilisé pour la caractérisation des séries chronologiques des lacs de la région du Pontiac-Témiscamingue, comme ce fut le cas pour les cinq premières régions du réseau TADPA. Cette étude se limite toutefois aux quatre paramètres principaux du réseau TADPA.

4.3 Application des tests de détection de tendance

4.3.1 Caractéristiques des séries chronologiques.- Les tests statistiques appropriés ont été appliqués aux séries (pH, alcalinité, SO_4 , $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) des lacs temporels de la région du Pontiac-Témiscamingue. En premier lieu, les caractéristiques des séries, soit la persistance et la périodicité (saisonnalité), ont été déterminées et les résultats sont présentés au tableau 4. Les séries des variables utilisées possèdent relativement peu de persistance sauf pour des séries d'alcalinité et de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$. Deux des quatre séries d'alcalinité montrent de la persistance, soit celles des lacs 6827 et 88188. Deux séries de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ montrent également de la persistance, soit celles des lacs 88188 et Poirier. Les variations dans la présence de persistance pour un paramètre donné peuvent parfois être reliées aux caractéristiques des bassins versants étudiés. Par exemple, les bassins ou lacs avec des longs temps de résidence peuvent favoriser le phénomène de persistance dans les données.

TABLEAU 4 Persistance et périodicité des séries des lacs temporels de la région 6 (en nombre de lacs)

VARIABLE	PERIODICITE		PERSISTANCE	
	nbre de lacs		nbre de lacs	
	oui	non	oui	non
pH	-	4	-	4
Alcalinité	-	4	2	2
SO_4	-	4	-	4
$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$	-	4	2	2

Les persistances rencontrées sont toutes de type Markovienne. Selon Cluis et al. (1988), une persistance est de type Markovienne si le coefficient d'autocorrélation d'ordre 1 est significativement différent de 0 alors que le coefficient d'autocorrélation d'ordre 2 n'est pas significativement différent de 0. Une persistance sera de type non Markovienne si les coefficients d'autocorrélation d'ordre 1 et 2 sont significativement différents de 0.

La périodicité fait référence à la présence d'une composante cyclique dans une série chronologique. Parmi les séries à l'étude, aucune des séries ne démontre de la périodicité.

4.3.2 Détermination des tendances temporelles.- Les résultats de l'analyse de détection de tendance dans les séries de qualité de l'eau des lacs de la région du Pontiac-Témiscamingue sont présentés aux tableaux 5 et 6. Le tableau 5 présente les résultats pour les séries possédant des tendances significatives à un niveau de $\alpha=95\%$ alors que le tableau 6 est réservé pour les séries ne possédant pas de tendances significatives. Le test de Kendall a été employé lorsque la série ne démontrait ni persistance, ni périodicité. Pour les séries avec persistance et sans périodicité, le test de Spearman & Lettenmaier a été employé. L'amplitude du changement dans une série a été calculée à partir des valeurs initiales et finales de la droite de régression pour la série.

Malgré la période relativement courte de 4 ans, des tendances temporelles ont été détectées dans la moitié des séries de la qualité des eaux. Il y a des tendances temporelles pour chaque paramètre et pour chaque lac. Les séries de pH de deux des quatre lacs (lac 88188 et Poirier) montrent des tendances monotones décroissantes et donc des tendances croissantes en ions H^+ . Les séries d'alcalinité de

TABLEAU 5 Séries chronologiques avec tendances significatives
(mai 1986 à mars 1990)

Variable	Lac	X	Test	Pers	Peri	Tendance	V _i	V _f	V _f -V _i
pH	602	6,0	Kendall	non	non	TMD	6,18	5,90	- 0,28
pH	603	5,5	Kendall	non	non	TMD	5,65	5,37	- 0,28
Alc	601	2,0	Spear&Lett	oui	non	TMC	1,60	2,35	+0,75
Alc	602	1,1	Spear&Lett	oui	non	TMC	0,94	1,20	+0,26
SO ₄	601	5,1	Kendall	non	non	TMD	5,42	4,77	- 0,65
SO ₄	604	6,2	Kendall	non	non	TMD	6,36	6,04	- 0,32
Ca+Mg	601	126	Kendall	non	non	TMD	127,9	123,8	- 4,15
Ca+Mg	604	122	Kendall	non	non	TMD	123,7	120,4	- 3,25

Unité: Alcalinité et SO₄ en mg/L et Ca + Mg en μ eq/L

Numéro des lacs: Lac 6827 (601), Lac 8188 (602), Lac Poirier (603), Lac Blériot (604)

X: moyenne

Spear&Lett: Spearman et Lettenmaier

Pers: Persistance

Peri: Périodicité

TMC: Tendance monotone croissante

TMD: Tendance monotone décroissante

V_i: Valeur initiale de la régression

V_f: Valeur finale de la régression

TABLEAU 6 Séries chronologiques avec tendances non-significatives
(mai 1986 à mars 1990)

Variable	Lac	X	Test	Pers	Peri	Tendance	V _i	V _f	V _f -V _i
pH	601	6,4	Kendall	non	non	non	6,41	6,40	- 0,01
pH	604	5,9	Kendall	non	non	non	5,95	5,76	- 0,19
Alc	603	0,1	Kendall	non	non	non	0,13	0,16	+0,03
Alc	604	0,4	Kendall	non	non	non	0,38	0,49	+0,11
SO ₄	602	5,4	Kendall	non	non	non	5,61	5,24	- 0,37
SO ₄	603	5,0	Kendall	non	non	non	5,12	4,92	- 0,20
Ca+Mg	602	118	Spear&Lett	oui	non	non	120,1	115,3	- 4,86
Ca+Mg	603	94	Spear&Lett	oui	non	non	100,1	87,8	- 12,3

Unité: Alcalinité et SO₄ en mg/L et Ca + Mg en $\mu\text{eq/L}$

Numéro des lacs: Lac 6827 (601), Lac 8188 (602), Lac Poirier (603), Lac Blériot (604)

X: moyenne

Spear&Lett: Spearman et Lettenmaier

Pers: Persistance

Peri: Périodicité

V_i: Valeur initiale de la régression

V_f: Valeur finale de la régression

deux des quatre lacs (lacs 6827 et 88188) démontrent des tendances monotones croissantes. En ce qui a trait aux séries de sulfates et de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ des lacs 6827 et Blériot, les tendances monotones sont décroissantes.

Les figures 6 à 9 montrent l'évolution des séries pour les quatre lacs. Le pH des lacs 88188 et Poirier a diminué de près de 0,3 unité de mai 1986 à mars 1990 dans les deux cas ce qui représente en terme de l'ion H^+ des augmentations de 5,8 et 6,0 $\mu\text{eq/L}$ respectivement (figure 6). Le pH du lac 88188 est maintenant sous 6,0 alors que celui du lac Poirier est passé sous 5,5. Bien qu'aucune tendance n'ait été identifiée pour la série du pH du lac Blériot, la droite de régression indique toutefois une légère baisse (tableau 6). Le pH du lac 6827 est demeuré stable à 6,4 de 1986 à 1990.

L'alcalinité est à la hausse dans les deux lacs ayant les plus fortes alcalinités. L'alcalinité du lac 88188 a connu une augmentation de 0,26 mg/L alors que c'est l'alcalinité du lac 6827 qui a enregistré la plus forte hausse de la région 6 avec une augmentation de 0,75 mg/L soit d'environ 50% (figure 7). Le fait qu'il y ait une augmentation de l'alcalinité et une baisse du pH au lac 88188 n'est pas encore expliqué. Les alcalinités des lacs Poirier et Blériot sont relativement stables à des niveaux extrêmement faibles.

Même si seulement deux séries démontrent des tendances significatives, il y a une baisse générale dans le niveau des sulfates dans les quatre lacs temporels de cette région (figure 8). Les concentrations de sulfates du lac 6827 ont connu la plus forte baisse soit une diminution de 0,65 mg/L. Une diminution marquée dans les concentrations de sulfates a eu lieu en juillet 1988. Depuis ce temps, les concentrations de sulfates se maintiennent autour de 4,8 mg/L. Les concentrations de sulfates des lacs 88188 et Blériot ont subi des diminutions 0,37 et 0,32 mg/L respectivement. Les

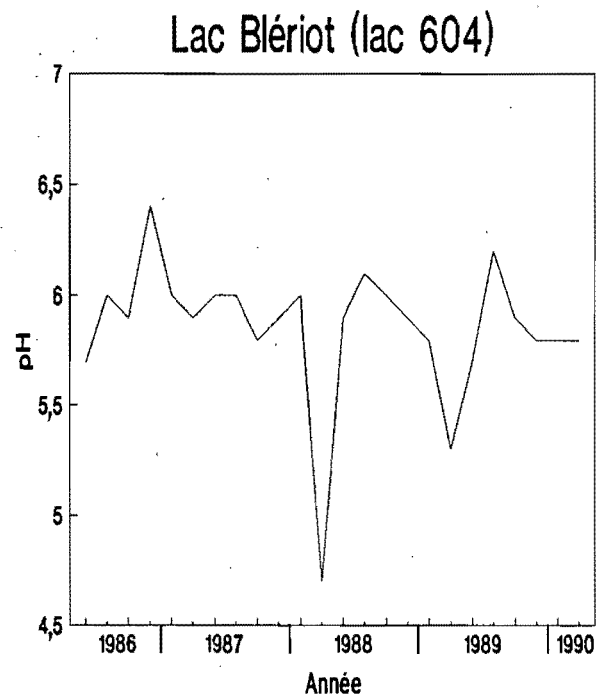
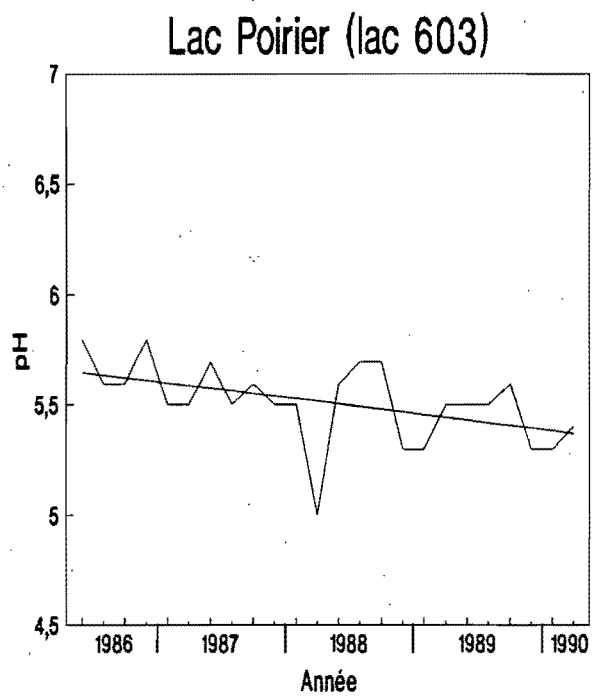
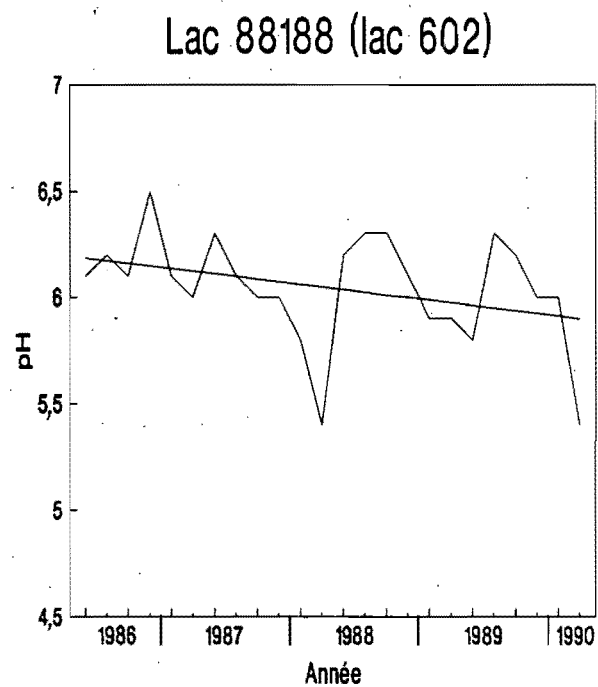
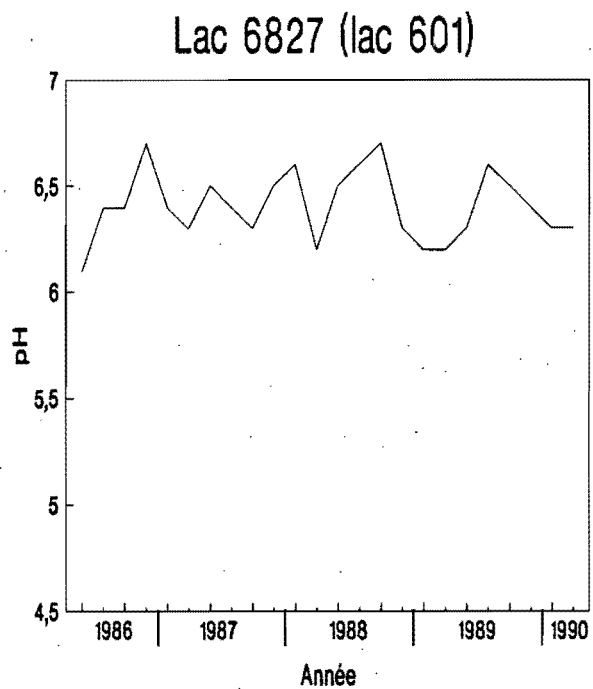


Figure 6 Évolution du pH des lacs temporels de la région du Pontiac-Témiscamingue (region 6).

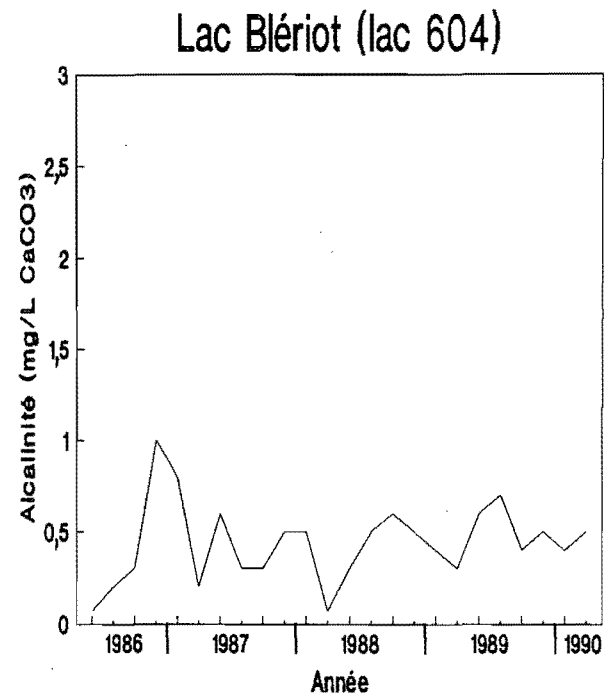
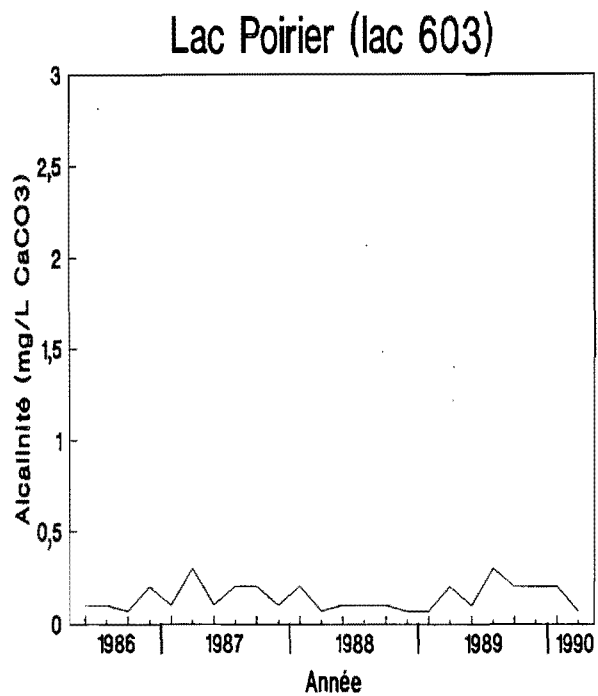
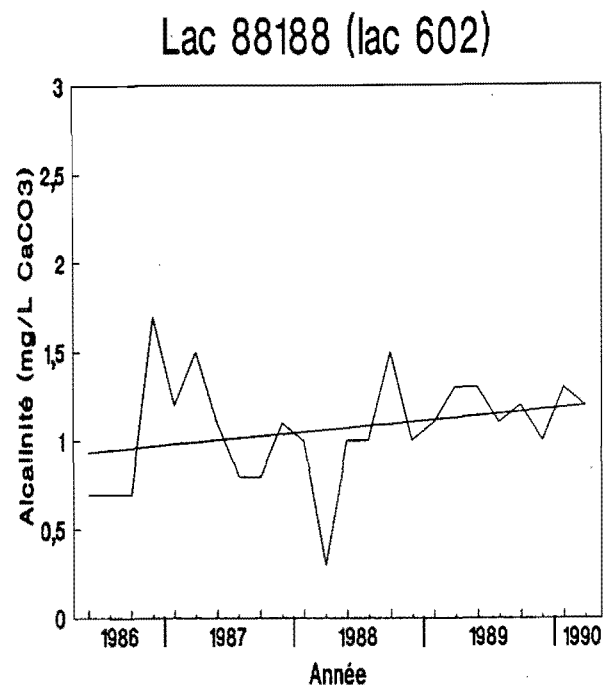
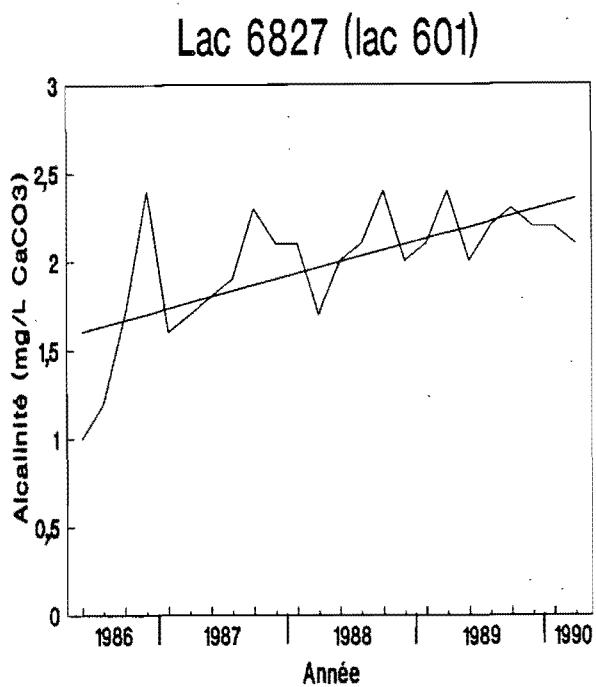


Figure 7 Évolution de l'alcalinité des lacs temporels de la région du Pontiac-Témiscamingue (région 6).

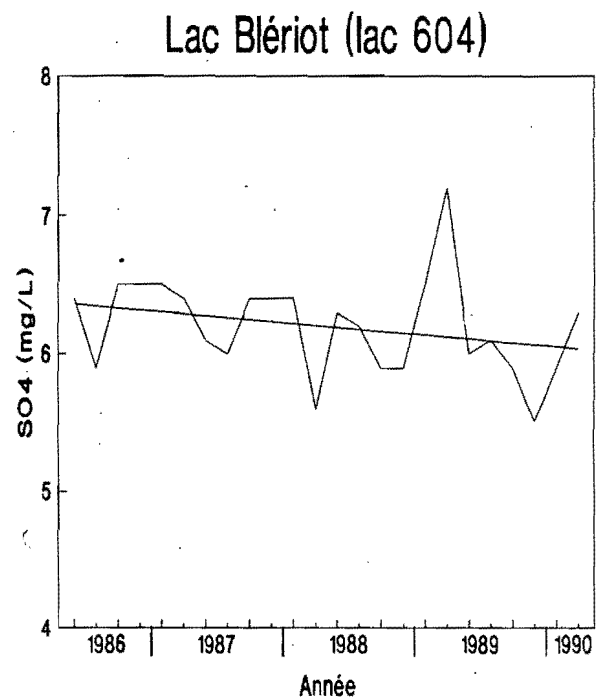
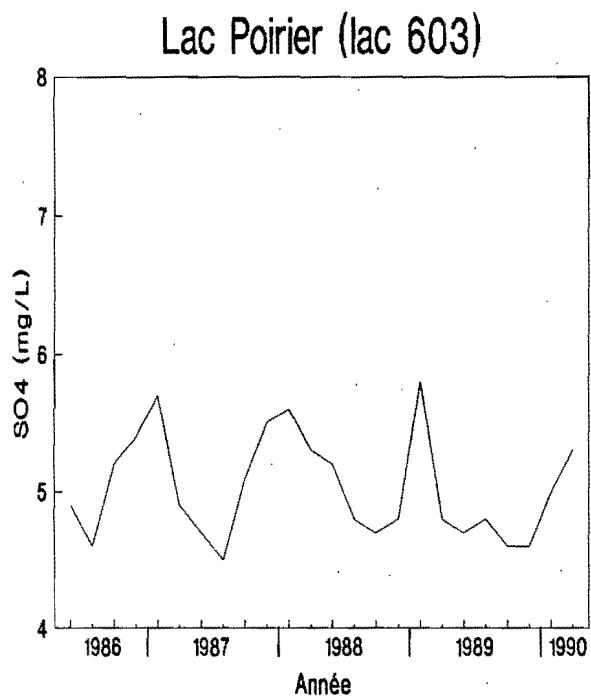
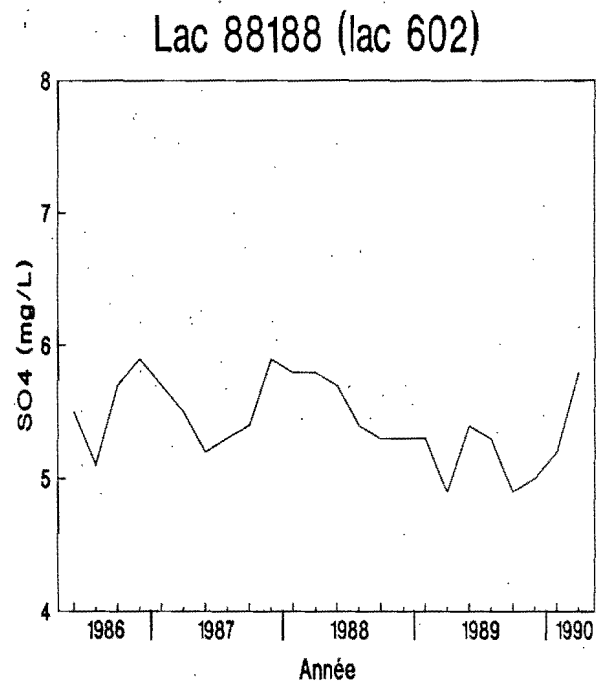
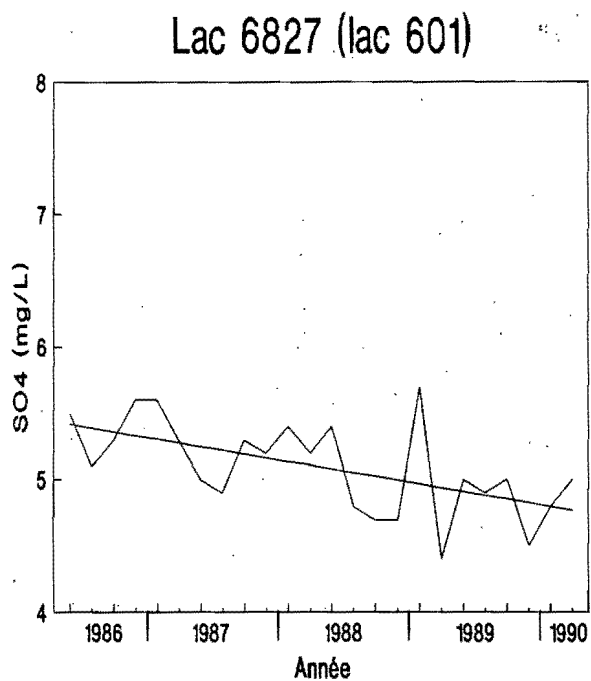


Figure 8 Évolution des sulfates des lacs temporels de la région du Pontiac-Témiscamingue (région 6).

concentrations de sulfates du lac Poirier sont les plus faibles des quatre lacs (5 mg/L) et n'ont subi qu'une diminution de 0,2 mg/L. La diminution des sulfates et l'augmentation de l'alcalinité pourraient indiquer qu'il y a eu une diminution récente des apports atmosphériques acides pour les lacs 6827, 88188 et Blériot.

Dans le cas des séries de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, la présence de persistance dans les séries des lacs 88188 et Poirier semble influencer la détection de tendance. Lorsqu'il y a de la persistance dans une série, le nombre effectif d'observations est plus bas et il est plus difficile de détecter une tendance significative (Bouchard et Haemmerli, 1990). Donc, bien que la diminution la plus importante soit notée au lac Poirier (de 12 $\mu\text{eq/L}$) cette tendance n'est pas considérée comme significative. Les droites de régression des séries des quatre lacs indiquent une diminution de la somme du calcium et du magnésium (figure 9). Cette somme dans le cas des lacs 6827, 88188 et Blériot a connu une diminution inférieure à 5 $\mu\text{eq/L}$.

4.4 La physico-chimie moyenne de la région 6 de 1986 à 1990

Dans l'ensemble, pour la région du Pontiac-Témiscamingue, le pH moyen des lacs temporels a subi une baisse de 0,2 unité de mai 1986 à mars 1990, passant de 6,05 à 5,86, ce qui équivaut à une baisse de 3% (figure 10). Dans le cas de l'alcalinité, il y a eu une augmentation de la moyenne pour les lacs temporels de la région de 0,3 mg/L (38%), soit de 0,76 à 1,05 mg/L (figure 10). La moyenne des concentrations de sulfates est passée de 5,63 à 5,24 mg/L, soit une diminution de 0,4 mg/L (7%) (figure 11). Enfin, la moyenne de la somme du calcium et du magnésium est passée de 118,0 à 111,8 $\mu\text{eq/L}$, soit une diminution de 6,2 $\mu\text{eq/L}$ (5%) (figure 11).

Dans le cas des lacs spatiaux, Padnom et Murex, les séries sont trop courtes pour l'application des tests non-paramétriques. Les résultats d'échantillonnage

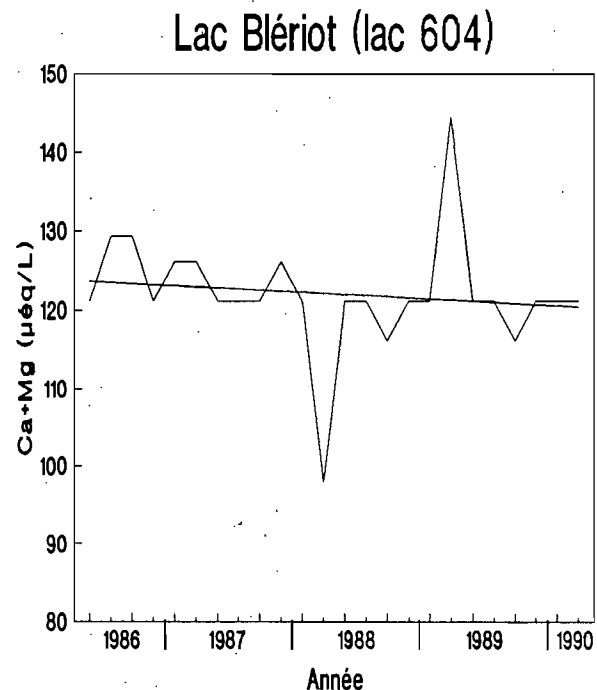
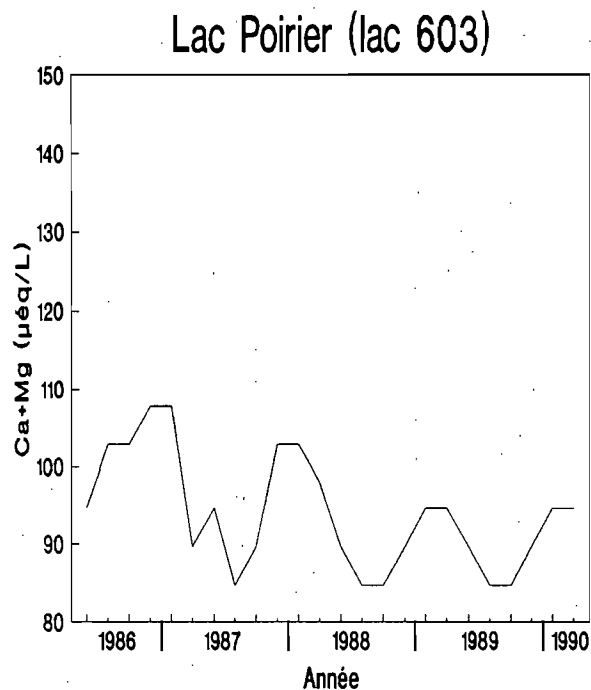
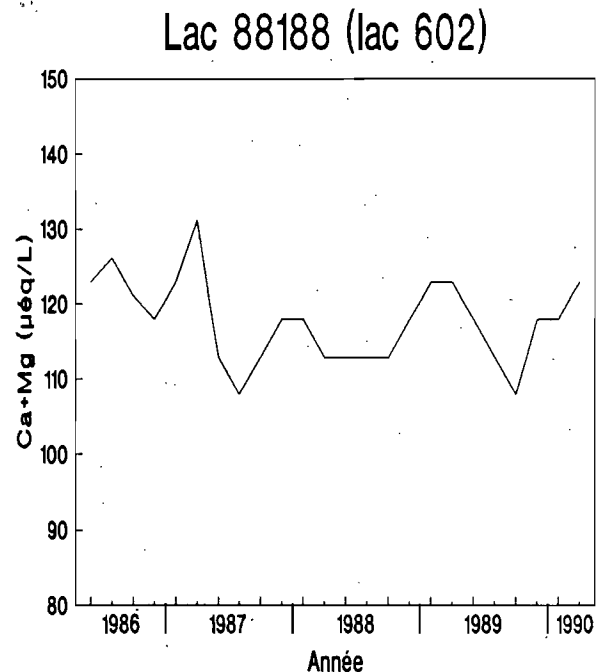
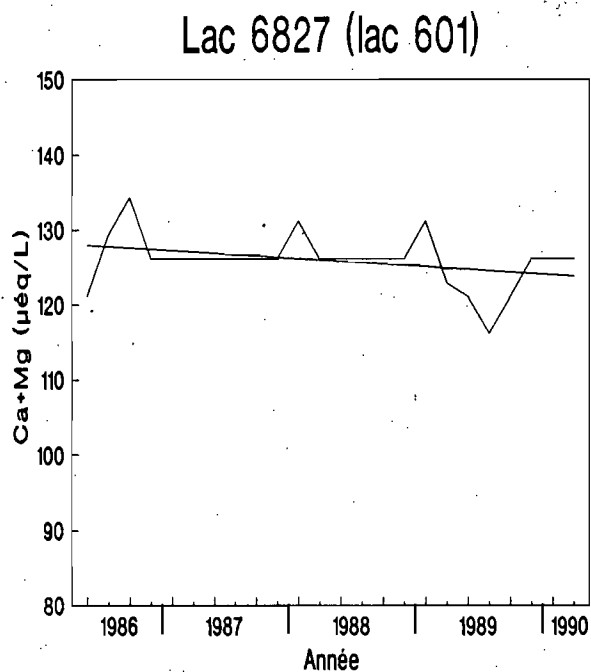


Figure 9 Évolution de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ des lacs temporels de la région du Pontiac-Témiscamingue (région 6).

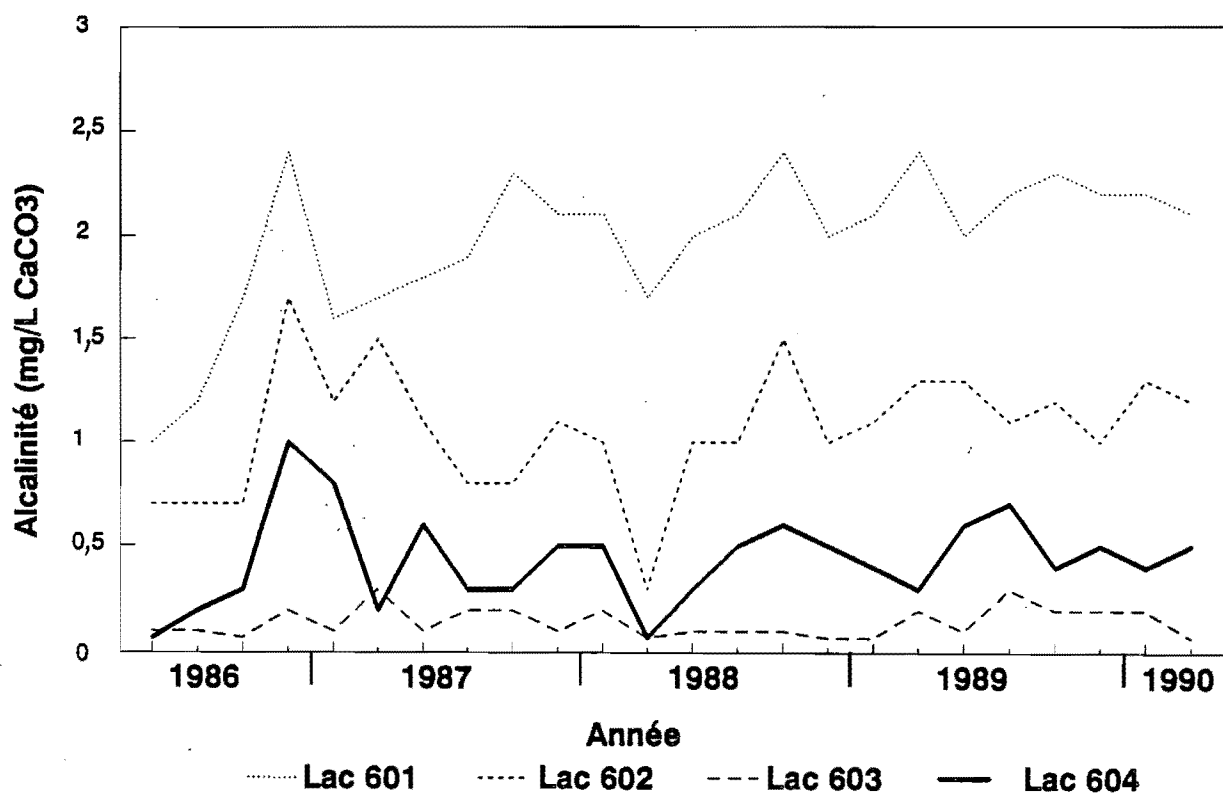
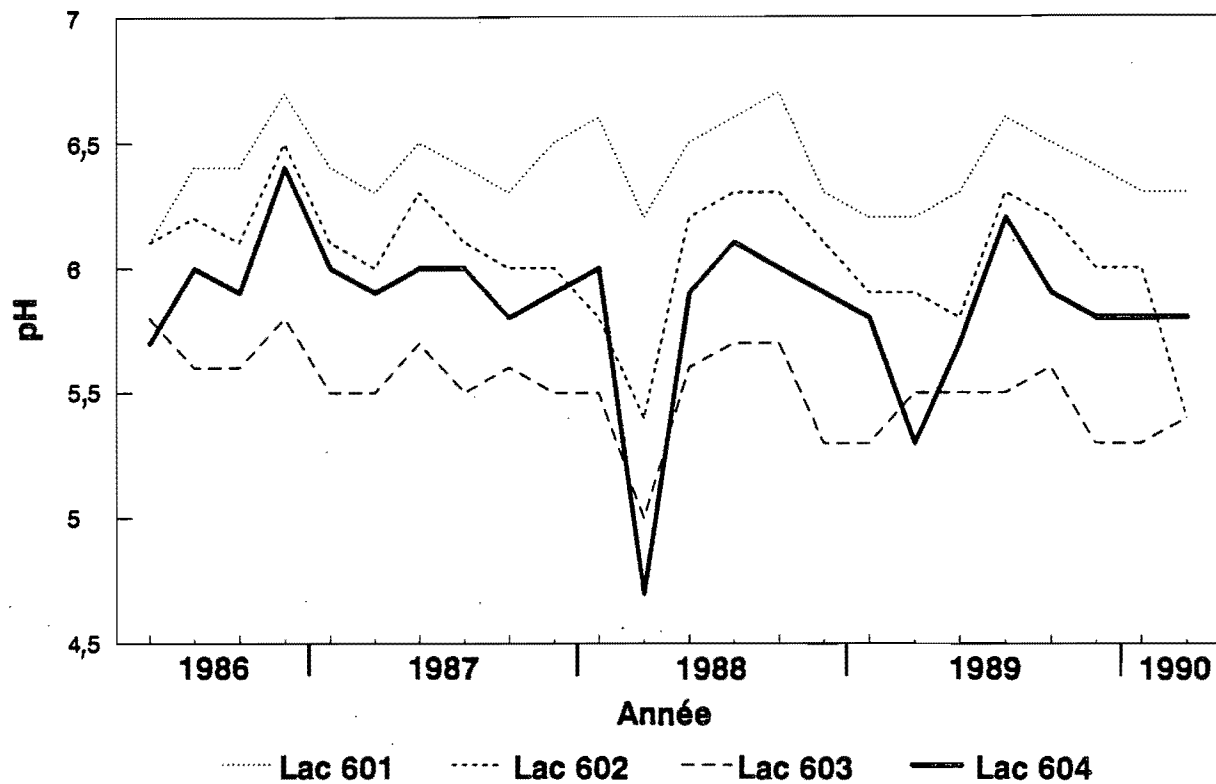


Figure 10: Évolution du pH et de l'alcalinité des lacs temporels de la région 6

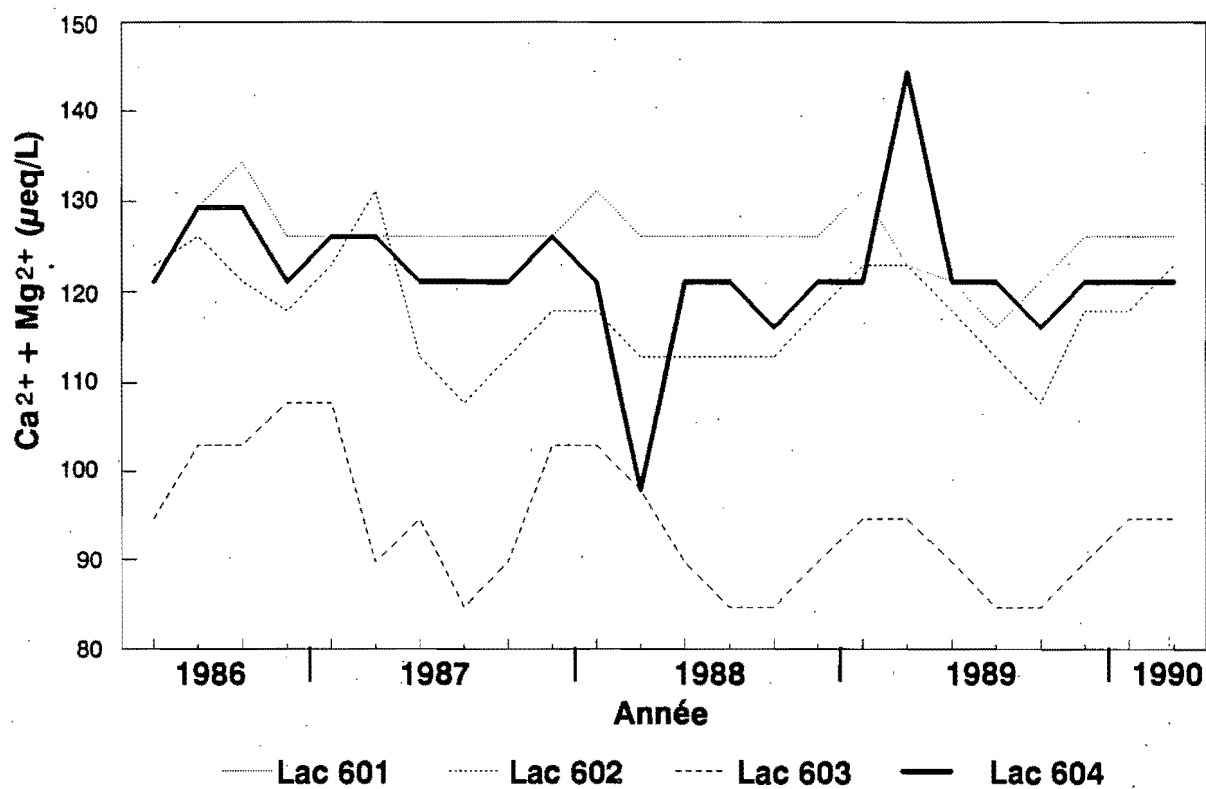
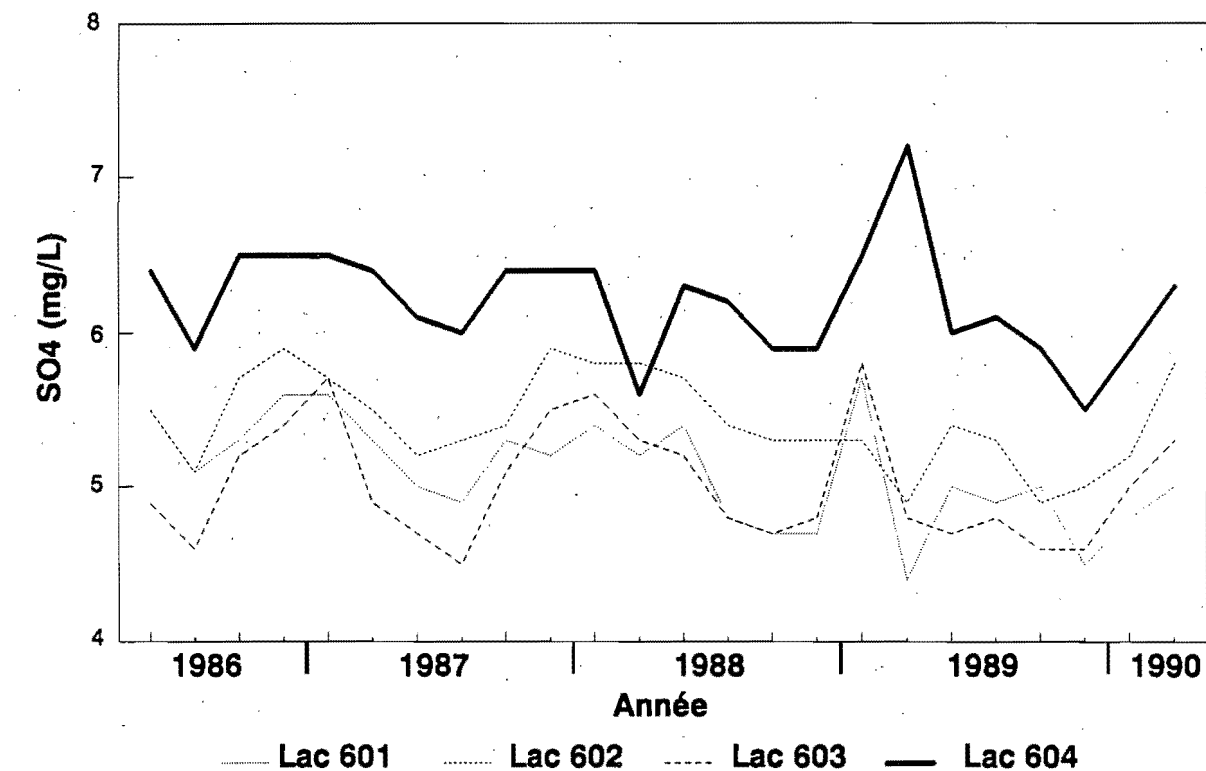


Figure 11 : Évolution des sulfates et de Ca²⁺ + Mg²⁺ pour les lacs temporels de la région 6.

sont donnés au tableau 7 et à l'annexe 2. Dans le cas du lac Padnom, le pH suit la tendance régionale et il y a une diminution de 1986 à 1990. L'alcalinité toutefois est à la baisse. Le lac Murex est demeuré avec des eaux acides, une très faible alcalinité et des valeurs élevées de sulfates et de couleur (annexe 2).

TABLEAU 7 Résultats pour les lacs spatiaux de la région 6 du réseau TADPA

Nom	Date	pH	Alcalinité (mg/L)	Sulfates (mg/L)	Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (µeq/L)
Padnom	86-12-02	6,6	1,9	7,3	141
	87-05-26	6,3	1,3	6,4	136
	87-12-02	6,4	1,4	6,5	136
	88-05-31	6,2	1,3	6,6	136
	88-12-07	5,8	0,6	6,6	131
	89-05-24	5,7	0,7	6,8	131
	89-12-12	5,7	0,5	7,8	136
	90-03-20	5,7	0,8	7,6	141
	Moyenne	6,0	1,1	7,0	136
Murex	87-05-26	5,3	<0,1	7,8	141
	87-12-02	5,4	0,3	8,0	136
	88-05-31	5,3	0,3	8,0	126
	88-12-07	5,1	<0,1	6,9	131
	89-05-24	5,3	0,2	6,7	118
	89-12-12	5,3	0,3	7,5	141
	90-03-20	5,4	0,7	8,2	149
	Moyenne	5,3	0,3	7,6	132

4.5 Comparaison avec les autres régions du réseau

La brève comparaison qui suit, entre les lacs de la région du Pontiac-Témiscamingue et les cinq premières régions (situées entre le Saguenay et la frontière Québec-Ontario) permet de situer la qualité de l'eau de la région 6 par rapport aux autres régions en ce qui a trait au pH, à l'alcalinité, aux sulfates et à la somme du calcium et du magnésium.

Le tableau 8 résume les moyennes régionales de ces quatre variables et les intervalles de confiance à 90% obtenues lors de la conception du réseau à partir du projet Inventaire (Bobée *et al.*, 1983). Lors du projet Inventaire, les analyses ont été effectuées au laboratoire du Capitaine Bernier à Longueuil.

TABLEAU 8 Moyennes régionales des variables discriminantes et intervalles de confiance à 90% sur ces moyennes ($\pm$), hiver 1982 (adapté d'Haemmerli, 1985).

Région	# lacs	Alcalinité $\mu\text{éq/L}$	Ca+Mg $\mu\text{éq/L}$	pH	SO ₄ $\mu\text{éq/L}$
1	20	22,6 (3,4)	90,5 (3,0)	5,40 (0,08)	77,9 (3,7)
2	44	37,2 (3,7)	127,3 (3,8)	5,59 (0,06)	105,5 (3,1)
3	41	166,0 (13,4)	221,6 (10,1)	6,23 (0,05)	83,2 (3,7)
4	29	170,6 (19,3)	283,3 (19,9)	6,42 (0,05)	134,6 (4,5)
5	17	493,9 (66,4)	627,8 (67,2)	6,84 (0,11)	183,0 (13,1)

Aux figures 12 et 13 se retrouvent les moyennes du pH, de l'alcalinité, des sulfates et de la somme du calcium et du magnésium pour les lacs temporels par région et par passe d'échantillonnage de mai 1986 à mars 1990.

Le pH moyen des lacs temporels du Pontiac-Témiscamingue est de 6. Ce pH s'apparente à celui de la région 2 et est un des plus bas du réseau (figure 12). Seul le pH moyen des lacs temporels de la région 1 est beaucoup plus bas que celui des lacs de la région 6 (sauf en mars 1988). Le pH moyen pour l'ensemble des lacs temporels des six régions est de 6,4.

Dans le cas de l'alcalinité, le même patron se répète. L'alcalinité moyenne des lacs temporels de la région 6 est de 0,9 mg/L (18 $\mu\text{eq/L}$) et elle se situe entre l'alcalinité des régions 1 (3,4 $\mu\text{eq/L}$) et 2 (28 $\mu\text{eq/L}$) (figure 12). Dans ces trois régions l'alcalinité moyenne est extrêmement basse. L'alcalinité moyenne pour tous les lacs temporels du réseau est de 5,42 (108 $\mu\text{eq/L}$).

Pour la région 6, la moyenne de la somme du calcium et du magnésium des lacs temporels (115 $\mu\text{eq/L}$) se situe encore une fois très près de celle de la région 2 (125 $\mu\text{eq/L}$) et supérieure seulement à la moyenne de la région 1 (85 $\mu\text{eq/L}$) (figure 13). Les régions 1 et 2 ont conservé des moyennes très près des valeurs mesurées en 1982 (tableau 8). La moyenne de la somme du calcium et du magnésium pour les lacs temporels des six régions est de 211 $\mu\text{eq/L}$.

La concentration des sulfates est le seul de quatre paramètres à démontrer un patron différent (figure 13). La concentration moyenne de SO_4 pour les lacs temporels de la région 6 est 5,4 mg/L (112 $\mu\text{eq/L}$). Bien que cette moyenne s'apparente à celle de la région 2 (5,1 mg/L), elle est supérieure à celle des régions 1, 2 et 3. Ceci reflète la position plus à l'ouest de la région 6 par rapport aux trois

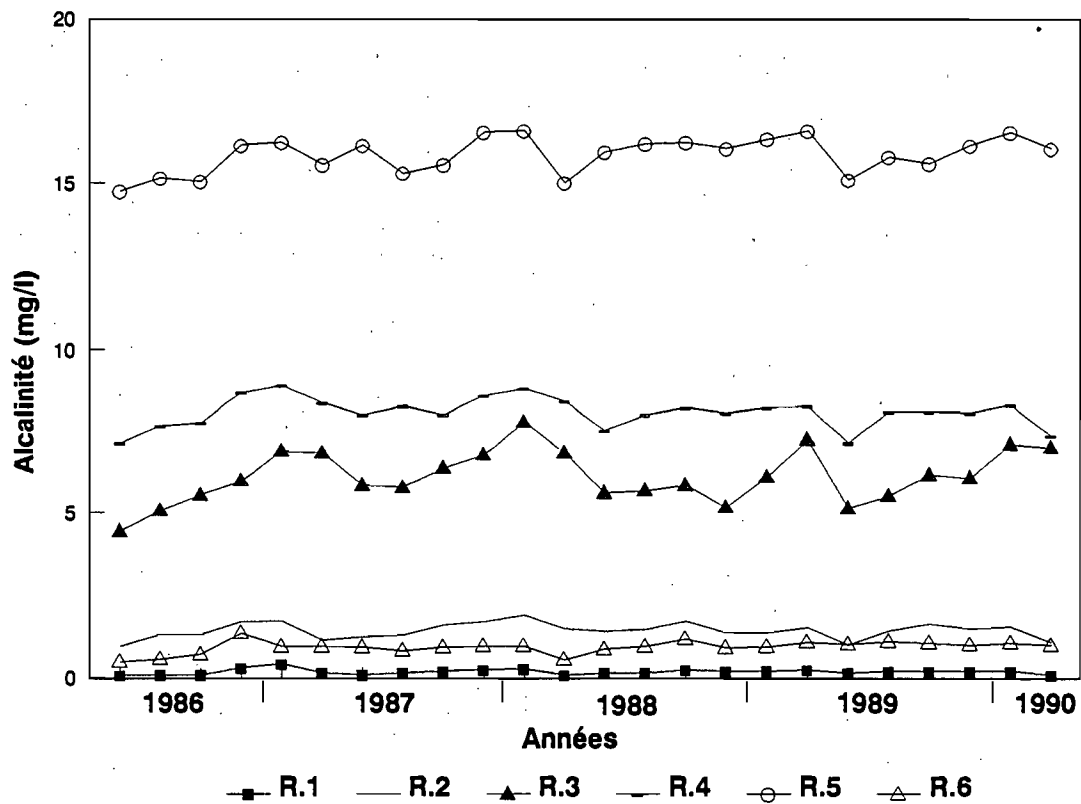
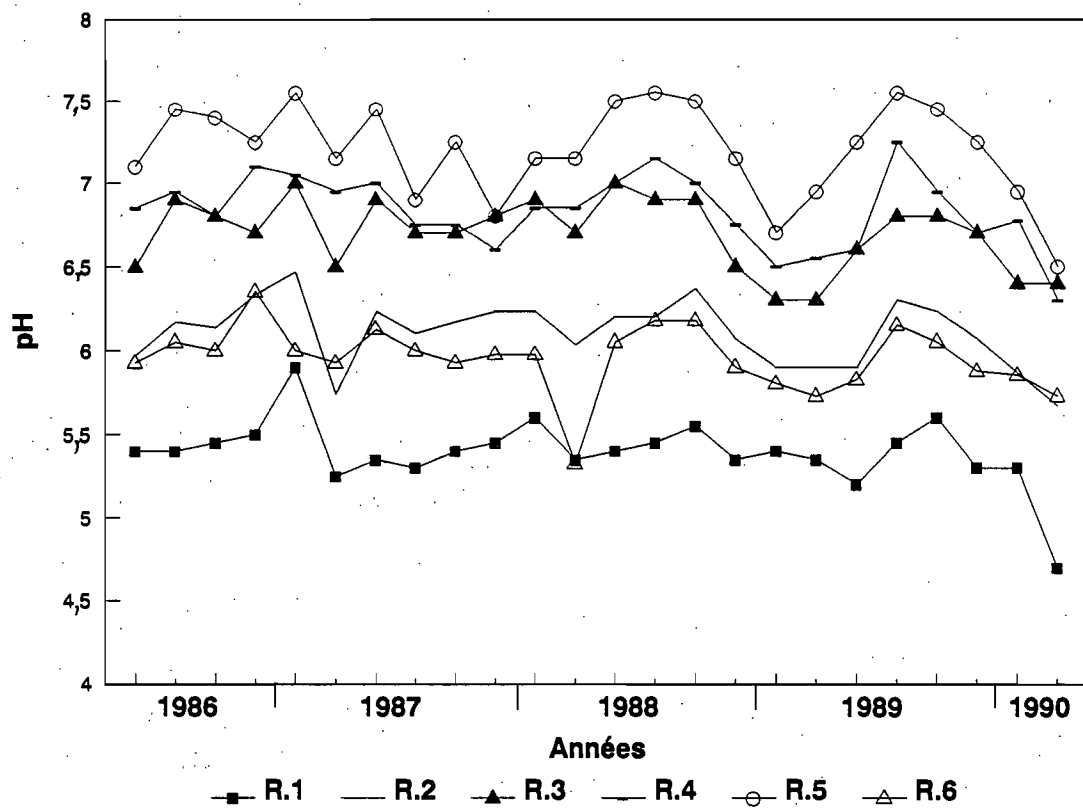


Figure 12 Variation du pH et de l'alcalinité des lacs temporels des régions 1 à 6.

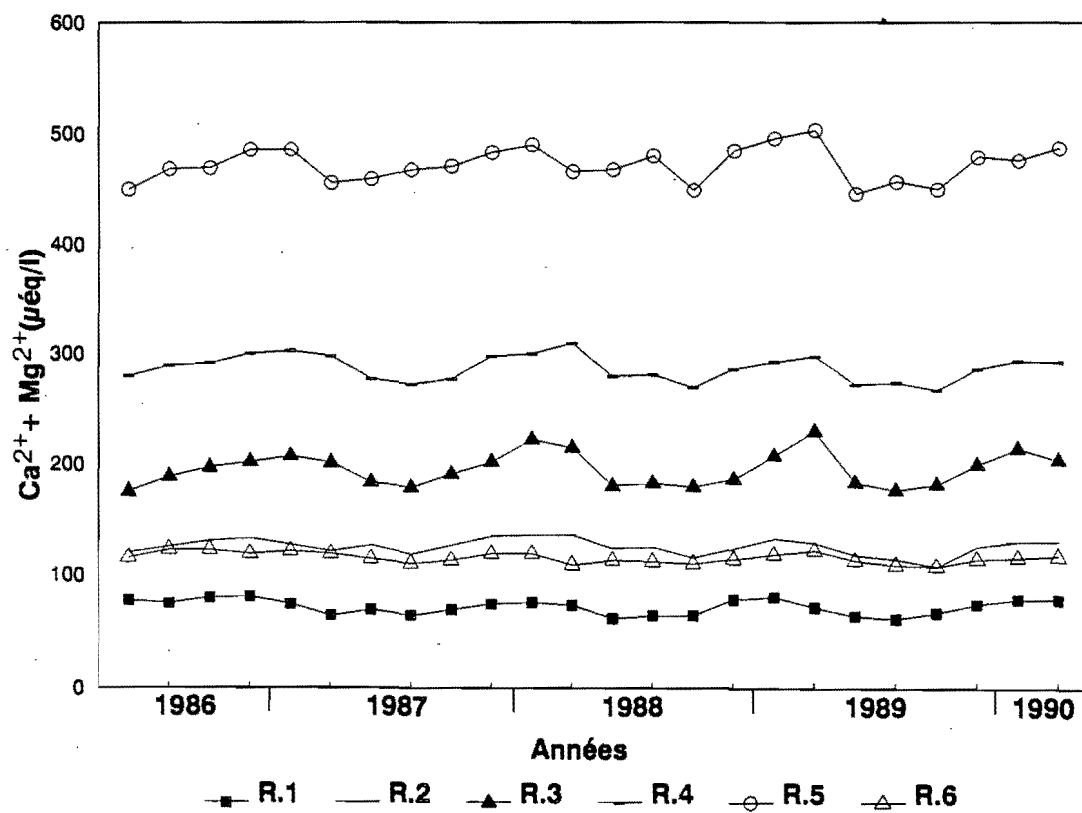
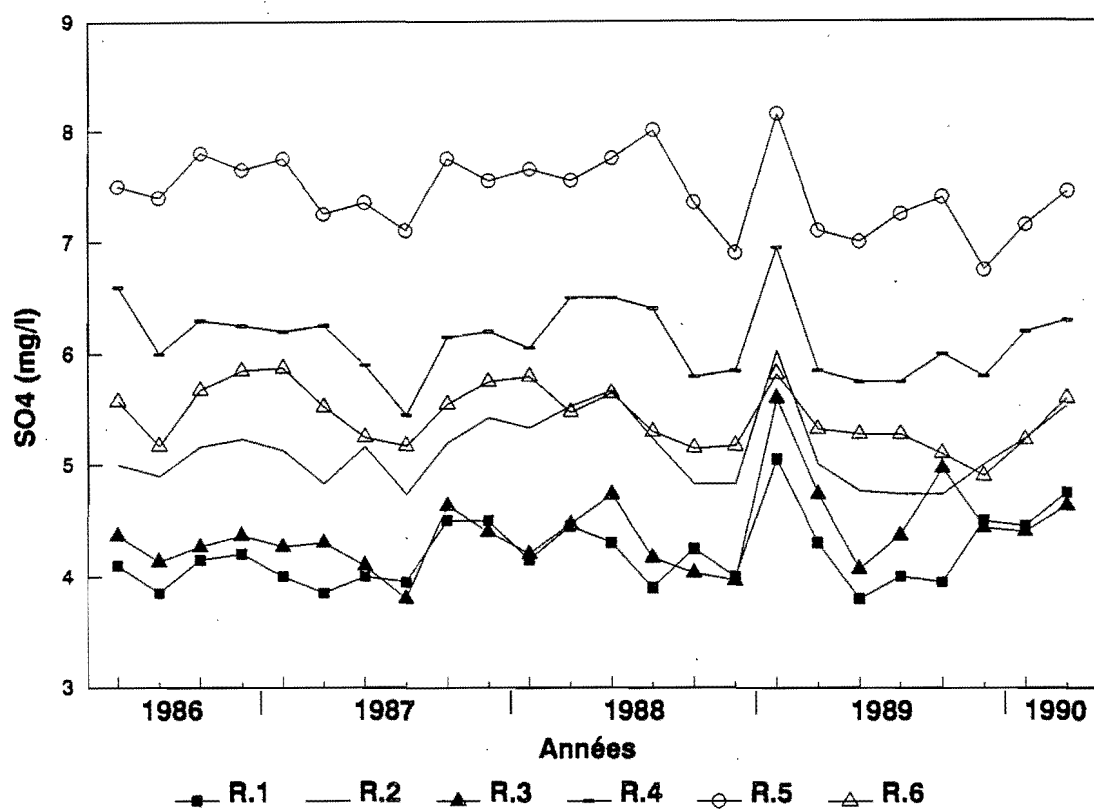


Figure 13 Variation des sulfates et de Ca²⁺ + Mg²⁺ des lacs temporels des régions 1 à 6.

autres. Les charges atmosphériques ont tendance à diminuer du sud-ouest vers le nord-est au Québec. La moyenne des sulfates pour les stations temporels du réseau de mai 1986 à mars 1990 est de 5,5 mg/L.

Tout comme la région 6, où des tendances significatives à la baisse de sulfates ont été identifiées, Bouchard et Haemmerli (1990) ont également détecté des tendances significatives à la baisse pour les séries de sulfates des quatre lacs temporels des régions 4 et 5 pour la période de mai 1983 à mars 1988. Dans ce secteur, six des huit lacs temporels montrent donc des tendances significatives à la baisse des sulfates dans l'eau.

La prochaine étape de cette étude sera de refaire les tests de détection de tendances sur des séries de cinq ans qui concordent dans les six régions soit de mai 1986 à mars 1991. Il serait aussi intéressant de quantifier et d'inclure les lacs spatiaux dans la documentation des tendances temporelles régionales.

Six lacs du Pontiac-Témiscamingue sont échantillonnés depuis mai 1986 dans le cadre du réseau des lacs TADPA-Québec. Une extension du réseau TADPA dans la région était primordiale car les lacs de cette région sont très sensibles à l'acidification et également près d'importantes sources canadiennes d'anhydride sulfureux. De plus, il était important d'assurer un suivi temporel au programme d'inventaire des lacs (RESSALQ) du MENVIQ qui débutait en mars 1986 par la région de l'Outaouais.

Les quatre lacs temporels ont été choisis dans la banque du RESSALQ et la qualité de l'eau est aussi représentative que possible des moyennes régionales des quatre paramètres discriminants du réseau TADPA. Seulement deux lacs spatiaux sont échantillonnés dans cette région dont un lac acide et coloré (Murex). Les deux premiers lacs spatiaux ont été abandonnés à cause de perturbations dans leurs bassins et ont été remplacés en décembre 1986 et mai 1987.

Les séries de pH, d'alcalinité, de sulfates et de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ de quatre ans des lacs temporels ont été étudiées pour déterminer la présence de périodicité, de persistance et de tendance monotone. Aucune des séries ne démontrait de la périodicité alors que seulement deux séries d'alcalinité et deux séries de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ démontraient de la persistance. La présence de persistance diminue le nombre effectif d'observations et donc la possibilité de détecter une tendance temporelle. Malgré les courtes séries, huit tendances ont été détectées. Il y a eu des diminutions de pH dans les lacs 88188 et Poirier. Curieusement, une tendance à la hausse de l'alcalinité a également été détectée pour le lac 88188. Il n'y a pas eu d'autre tendance dans les trois autres paramètres du lac Poirier. Dans le cas du lac 6827, le pH est demeuré stable mais l'alcalinité a augmenté alors que les sulfates et la somme des cations ont connu des tendances à la baisse. Ce lac démontre donc des signes de récupération face aux polluants atmosphériques acides. C'est également le lac temporel le moins

acide. Dans le cas du lac Blériot, des diminutions des sulfates et de la somme des cations sont notées. Malgré cette diminution, les concentrations des sulfates restent élevées, l'alcalinité est très basse et le pH est demeuré sous 6,0.

Si l'ensemble des lacs temporels de la région 6 est considéré, on note que le pH moyen est assez stable avec une légère baisse. L'alcalinité moyenne est légèrement à la hausse avec une augmentation de 0,3 mg/L (6 $\mu\text{eq/L}$) depuis quatre ans. La concentration moyenne de sulfates a baissé de 0,4 mg/L (8 $\mu\text{eq/L}$). La moyenne régionale de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ a également diminué de 6,2 $\mu\text{eq/L}$. Les séries des lacs spatiaux sont très courtes donc n'ont pas été soumises aux tests de détection de tendance. Toutefois le lac Padnom semble s'acidifier (diminution du pH et de l'alcalinité) alors que le lac Murex est demeuré avec des eaux acides et des concentrations élevées de sulfates.

Les moyennes régionales de pH, d'alcalinité et de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ des lacs temporels de la région 6 sont généralement basses et se situent entre celles des régions 1 et 2 du réseau TADPA. Ces deux régions se situent à l'est de Montréal. Par contre, la moyenne régionale des sulfates des lacs temporels de la région 6 est de 5,4 mg/l et se situe entre celles des régions ayant des lacs à fortes concentrations de sulfates dans l'ouest (régions 4 et 5) et celle des trois autres régions à l'est où les concentrations de sulfates sont plus faibles. Les valeurs de sulfates dans les lacs semblent suivre les variations des concentrations de sulfates dans les précipitations qui diminuent généralement du sud-ouest au nord-est de la province.

Les lacs du Pontiac-Témiscamingue du réseau TADPA s'avèrent très utiles pour l'obtention d'une meilleure compréhension de l'évolution de l'acidification des eaux lacustres québécoises.

RÉFÉRENCES

- Avramtchev, L. et S. LeBel-Drolet, (1981). Carte des gîtes minéraux du Québec. Région de l'Abitibi. Ministère de l'Énergie et des ressources, DPV-744.
- Berryman, D., (1984). Caractérisation statistiques des séries temporelles du lac Laflamme et incidences sur l'opération du réseau TADPA de détection des tendances dans l'acidification des eaux de surface. Environnement Canada, Direction générale des eaux intérieures, région du Québec. 48 p.
- Berryman, D., B. Bobée, D. Cluis and J. Haemmerli, (1988). Non parametric tests for trend detection in water quality time series. Water Resources Bulletin 24(1).
- Bobée, B., M. Lachance, J. Haemmerli, A. Tessier, J-Y Charette et J. Kramer (1983). Évaluation de la sensibilité à l'acidification des lacs du sud du Québec et incidences sur le réseau d'acquisition de données. INRS-eau, rapport scientifique #157, 198p., 4 annexes, 1 appendice.
- Bouchard, A. (1989). Caractérisation de la qualité de l'eau des lacs de la Côte-Nord et choix d'un scénario d'échantillonnage dans le cadre du Réseau TADPA-Québec. Environnement Canada, Conservation et Protection, région du Québec, Direction des eaux intérieures, 45 p., 6 annexes.
- Bouchard, A. et J. Haemmerli (1990). Etudes des tendances dans les séries chronologiques de la qualité de l'eau des lacs du réseau TADPA-Québec. Environnement Canada, Conservation et Protection, région du Québec, Centre Saint-Laurent, Direction des eaux intérieures, 86 p.

- Cluis, D.A., C. Laberge et C. Houle, (1988). Détection des tendances et dépassement de normes en qualité de l'eau. INRS-Eau, Université du Québec, Ste-Foy, 127 p.
- Dupont, J. (1984). Nature et étendue de l'acidification de 64 lacs de la région de Rouyn-Noranda. Service de la qualité des eaux, Ministère de l'Environnement du Québec, publication PA-9, 127 p. 6 annexes.
- Dupont, J. (1985). Etude de la variabilité spatiale de la physico-chimie des lacs de la région de l'Outaouais en relation avec les précipitations acides. Ministère de l'Environnement du Québec, Direction des relevés aquatiques, PA-17, 112 p.
- Dupont, J. (1988). Réseau québécois de surveillance de l'acidité des eaux de surface - État de l'acidité des lacs de la région hydrographique de l'Outaouais. Ministère de l'Environnement du Québec, Direction de la qualité du milieu aquatique, Publication QEN/PA-29, 81 p., 2 annexes.
- Dupont, J. et Y. Grimard (1986). Systematic study of lake water acidity in Quebec. Water, Air and Soil Pollution, 31 (1-2): 223-230.
- Fortin, D. (1990). Réseau TADPA-Québec: Banque de données physico-chimiques 1983-1990. Environnement Canada, Conservation et Protection, Région du Québec, Centre Saint-Laurent, Direction des eaux intérieures, 22 p. 1 annexe.
- Frenette, J.-J., (1986). Étude du niveau d'acidité de 39 lacs du Témiscamingue. Direction des relevés aquatiques, Ministère de l'Environnement du Québec, publication no PA-24, 78 p.

Gamache, D. et M. Lachance, (1985). Sensibilité à l'acidification des lacs du Bouclier canadien: Analyse et interprétation de données géologiques et biophysiques de 158 bassins versants du sud du Québec. Environnement Canada, Document de travail #41, 118 p.

Gouvernement du Canada, (1978). Le système canadien de classification des sols. Publication 1646, Ministère de l'Agriculture du Canada. Commission canadienne de pédologie. Direction de la recherche, Ottawa, (Ontario).

Gouvernement du Canada, (1974). Atlas national du Canada. Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources. 4ième édition révisée. Ottawa (Ont.) 12 plaques, 254 p.

Haemmerli, J., (1985). Réseau TDPA d'échantillonnage de la qualité des eaux de surface -volet québécois. Rapport d'évaluation 1ère année d'opération (1983-84). Environnement Canada, Direction générale des eaux intérieures, région du Québec, 30 p.

Harvey, H.H., R.C. Pierce, P.J. Dillon, J.R. Kramer and D.M. Whelpdale, (1981). Acidification in the Canadian aquatic environment - Scientific criteria for assessing the effects of acidic deposition on aquatic ecosystems. Publication NRCC, no: 18476, 369 p.

Landry, B. et M. Mercier (1983). Notions de géologie. Modulo Éditeur, Montréal, 426 p.

Lettenmaier, D.P. and S.J. Burges, (1977). Design of Trend Monitoring Networks. JEED, proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol. 103, No. EE5, pp. 785-802.

ANNEXE 1

QUALITÉ DES PRÉCIPITATIONS

Wright (84-06-14 à ..)

76°03'N

46°04'W

Année	Volume mm	pH	SO ₄ mg/L	SO ₄ kg/ha	H kg/ha
1985	871,6	4,26	2,38	20,7	0,49
1986	893,0	4,30	2,52	22,5	0,45
1987	860,5	4,25	2,71	23,3	0,49
1988	990,8	4,29	2,51	24,9	0,51

Le Domaine (81-06-17 à 86-02-25)

76°32'N

47°02'W

Année	Volume mm	pH	SO ₄ mg/L	SO ₄ kg/ha	H kg/ha
1982	782,0	4,29	2,43	19,0	0,40
1983	893,0	4,30	2,31	24,7	0,47
1984	860,5	4,25	2,12	22,8	0,48

Lytton (86-09-17 à ..)

76°02'N

46°38'W

Année	Volume mm	pH	SO ₄ mg/L	SO ₄ kg/ha	H kg/ha
1987	848,4	4,24	2,74	23,2	0,51
1988	1066,9	4,39	2,21	23,6	0,44

Rapide-des-Joachims (81-06-17 à ..)

77°42'N 46°12'W

Année	Volume mm	pH	SO ₄ mg/L	SO ₄ kg/ha	H kg/ha
1982	845,4	4,25	2,54	21,4	0,48
1983	1051,3	4,33	2,41	25,4	0,50
1984	1069,1	4,24	2,98	31,8	0,62
1985	956,7	4,29	2,49	23,8	0,50
1986	791,0	4,37	2,28	18,0	0,34
1987	840,5	4,22	2,69	22,6	0,51
1988	973,5	4,29	2,38	23,2	0,50

Belleterre (84-10-20 à ..)

78°42'N 47°23'W

Année	Volume mm	pH	SO ₄ mg/L	SO ₄ kg/ha	H kg/ha
1985	852,7	4,27	2,59	22,0	0,46
1986	984,7	4,43	1,92	18,9	0,37
1987	806,4	4,38	2,16	17,4	0,34
1988	1129,2	4,32	2,28	25,7	0,55

Source des données:

Grimard, Y., 1984. Réseau d'échantillonnage des précipitations du Québec: Sommaire des données de la qualité des eaux de précipitations 1981-1982-1983. Service de la qualité des eaux, ministère de l'Environnement du Québec, rapport PA-11, 163 p.

Grimard, Y., 1985. REPQ: Sommaire des données de la qualité des eaux de précipitations 1984. MENVIQ, 99 p.

Jacques, G. et Y., Grimard, 1987. REPQ: Sommaire des données de la qualité des eaux de précipitations 1985. MENVIQ, 73 p.

Jacques, G. et G., Boulet, 1988. REPQ: Sommaire des données de la qualité des eaux de précipitations 1986. MENVIQ, 77 p.

Boulet, G. et G., Jacques, 1989. REPQ: Sommaire des données de la qualité des eaux de précipitations 1987. MENVIQ, 90 p.

Jacques, G. et G., Boulet, 1990. REPQ: Sommaire des données de la qualité des eaux de précipitations 1988. MENVIQ, 93 p.

ANNEXE 2

LISTE DES DONNÉES DES LACS DE LA RÉGION 6

RÉSEAU TADPA-QUÉBEC

RÉGION 6

601				SN-6827												Alt.: 329 m.			surf. lac: 89 ha.				
pH	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	NH4 mg/L N	ALCT mg/L CaCO3	ALCG mg/L CaCO3	SO4C mg/L	SO4CI mg/L	Cl mg/L	NO3 mg/L N	DOC mg/L	DIC mg/L	Coul unité Hazen	Cond µS/cm	Al mg/L	Mn mg/L	Fe mg/L	SiO2 mg/L	TOU	AN	MO	JO
6.1	1.6	0.5	0.5	0.58	0.009	1.0	1.08	5.5	6.07	0.3	0.02	3.8	<0.1	32	19.7	0.037	0.019	0.0205	1.79	19L	86	5	27
6.4	1.6	0.6	0.6	0.49	0.007	1.2	1.25	5.1	5.39	0.3	<0.01	3.4	0.3	6	18.7	0.081	0.003	0.0059	0.55	20L	86	7	29
6.4	1.7	0.6	0.6	0.49	<0.001	1.7	1.84	5.3	4.91	0.3	<0.01	3.2	0.4	6	20.2	0.004	0.004	0.0062	1.09	21L	86	10	1
6.7	1.7	0.5	0.7	0.51	0.007	2.4	1.74	5.6	4.90	0.3	<0.01	3.3	0.4	7	20.4	0.014	0.002	0.0061	1.56	22L	86	12	2
6.4	1.7	0.5	0.7	0.55	0.025	1.6	1.83	5.6	M	0.3	<0.01	3.4	0.3	8	21.1	0.015	<0.002	0.0062	1.69	23L	87	1	27
6.3	1.7	0.5	0.6	0.49	0.019	1.7	1.77	5.3	6.06	0.3	0.02	3.0	0.8	8	22.8	0.011	0.008	0.0079	1.70	24L	87	4	3
6.5	1.7	0.5	0.6	0.41	0.024	1.8	1.70	5.0	5.05	0.3	<0.01	3.6	0.4	10	21.9	0.020	<0.002	0.0122	1.59	25L	87	5	26
6.4	1.7	0.5	0.6	0.37	<0.001	1.9	2.03	4.9	4.96	0.3	0.01	3.4	0.7	4	23.7	0.012	0.002	0.0047	1.63	26L	87	8	6
6.3	1.7	0.5	0.6	0.49	<0.001	2.3	2.14	5.3	5.09	0.3	<0.01	3.5	1.0	8	24.6	0.010	0.002	0.0034	2.14	27L	87	9	29
6.5	1.7	0.5	0.6	0.49	0.008	2.1	2.29	5.2	5.13	0.3	<0.01	3.4	0.9	6	20.2	0.006	0.011	0.0039	2.60	28L	87	12	2
6.6	1.8	0.5	0.7	0.53	0.016	2.1	2.32	5.4	5.03	0.3	0.01	3.5	0.4	7	20.8	0.0076	0.005	0.0044	2.62	29L	88	1	26
6.2	1.7	0.5	0.6	0.50	0.042	1.7	1.66	5.2	4.99	0.3	0.18	3.4	0.6	5	21.5	0.007	0.003	0.0038	2.48	30L	88	3	30
6.5	1.7	0.5	0.6	0.48	0.008	2.0	2.16	5.4	4.80	0.3	<0.01	3.8	0.7	6	19.3	0.012	0.012	0.0081	2.69	31L	88	5	31
6.6	1.7	0.5	0.6	0.50	<0.001	2.1	2.38	4.8	A	0.3	<0.01	3.9	0.6	7	20.8	0.004	<0.002	0.0033	2.08	32L	88	7	27
6.7	1.7	0.5	0.6	0.39	<0.001	2.4	2.38	4.7	4.49	0.3	<0.01	3.9	0.5	5	19.7	0.003	<0.002	0.0019	2.24	33L	88	9	27
6.3	1.7	0.5	0.6	0.41	<0.001	2.0	2.24	4.7	M	0.3	0.01	4.4	<0.1	17	20.1	0.019	0.013	0.0322	2.77	34L	88	12	7
6.2	1.8	0.5	0.6	0.45	0.032	2.1	2.42	5.7	M	0.4	0.02	3.8	0.5	13	23.1	0.017	0.013	0.0265	2.87	35L	89	2	7
6.2	1.8	0.4	0.6	0.25	0.027	2.4	2.49	4.4	4.8	0.3	0.04	3.6	0.3	5	21.6	0.016	0.010	0.0151	3.03	36L	89	3	21
6.3	1.6	0.5	0.5	0.37	<0.001	2.0	2.06	5.0	4.6	0.3	0.05	3.4	0.5	17	19.3	0.032	0.028	0.0274	2.88	37L	89	5	24
6.6	1.5	0.5	0.6	0.41	0.004	2.2	2.18	4.9	4.6	0.3	<0.01	3.7	0.5	10	18.9	0.011	<0.002	0.0029	1.82	38L	89	7	24
6.5	1.6	0.5	0.6	0.47	<0.001	2.3	2.41	5.0	M	0.3	<0.01	M	M	8	19.8	0.007	0.016	0.0164	1.74	39L	89	9	25
6.4	1.7	0.5	0.6	0.45	0.003	2.2	2.38	4.5	M	0.4	0.01	M	M	16	19.8	0.008	<0.002	0.0069	1.67	40L	89	12	12
6.3	1.7	0.5	0.6	0.44	0.005	2.2	2.38	4.8	M	0.3	0.02	M	M	7	20.4	0.010	<0.002	0.0090	1.86	41L	90	1	29
6.3	1.7	0.5	0.7	0.50	0.029	2.1	2.29	5.0	M	0.3	0.05	M	M	13	22.8	0.011	<0.002	0.0057	1.90	42L	90	3	20
6.4	1.7	0.5	0.6	0.48	0.007	2.1	2.17	5.0	4.98	0.3	<0.01	3.5	0.5	8	20.4	0.011	0.003	0.0062	1.88	Médiane			
6.1	1.5	0.4	0.5	0.25	<0.001	1.0	1.08	4.4	4.49	0.3	<0.01	3.0	<0.1	4	18.7	0.003	<0.002	0.0019	0.55	Minimum			
6.7	1.8	0.6	0.7	0.58	0.042	2.4	2.49	5.7	6.07	0.4	0.18	4.4	1.0	32	24.6	0.081	0.028	0.0322	3.03	Maximum			
# 126 Dupont (1988)																							
6.1	1.8	0.6	0.7	0.6	0.01	1.8	---	5.0	---	0.4	0.01	3.8	0.6	6	21.0	0.01	0.01	0.02	---	86 3			

602

SN-88188

Alt.: 450 m.

surf. lac: 21 ha.

pH	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	NH4 mg/L	ALCT mg/L	ALCG mg/L	SO4C mg/L	SO4CI mg/L	Cl mg/L	NO3 mg/L	DOC mg/L	DIC mg/L	Coul unité Hazen	Cond µS/cm	Al mg/L	Mn mg/L	Fe mg/L	SiO2 mg/L	TOU	AN	MO	JO
6.1	1.8	0.4	0.5	0.34	0.008	0.7	0.79	5.5	6.20	0.2	0.01	3.0	0.1	32	17.9	0.039	0.021	0.0087	1.49	19L	86	5	27
6.2	1.7	0.5	0.6	0.26	0.004	0.7	0.88	5.1	5.55	0.2	<0.01	2.9	0.3	2	19.0	0.012	0.004	0.0044	0.31	20L	86	7	29
6.1	1.6	0.5	0.6	0.27	<0.001	0.7	1.25	5.7	5.28	0.2	<0.01	2.7	0.3	3	19.3	0.005	0.007	0.0043	0.32	21L	86	10	1
6.5	1.7	0.4	0.6	0.26	0.014	1.7	1.27	5.9	5.74	0.3	0.02	2.8	0.2	4	20.1	0.018	0.004	0.0037	0.63	22L	86	12	2
6.1	1.8	0.4	0.6	0.30	0.039	1.2	1.39	5.7	M	0.3	0.02	2.8	0.2	4	20.8	0.032	0.008	0.0054	0.78	23L	87	1	27
6.0	1.8	0.5	0.6	0.27	0.056	1.5	1.56	5.5	6.36	0.3	0.04	2.8	0.5	8	23.1	0.030	0.037	0.0150	1.29	24L	87	4	3
6.3	1.6	0.4	0.6	0.16	0.028	1.1	1.06	5.2	5.19	0.3	0.01	2.7	0.3	6	21.0	0.024	0.010	0.0075	0.84	25L	87	5	26
6.1	1.5	0.4	0.6	0.18	0.003	0.8	1.08	5.3	5.35	0.2	0.01	2.9	0.3	8	21.9	0.008	0.014	0.0045	0.32	26L	87	8	6
6.0	1.6	0.4	0.6	0.25	0.005	0.8	1.05	5.4	5.28	0.2	<0.01	3.0	0.5	4	22.4	0.007	0.009	0.0047	0.39	27L	87	9	29
6.0	1.7	0.4	0.6	0.25	0.023	1.1	1.19	5.9	5.52	0.3	0.03	3.1	0.3	9	19.2	0.017	0.011	0.0071	0.71	28L	87	12	2
5.8	1.7	0.4	0.7	0.29	0.036	1.0	0.90	5.8	5.55	0.3	0.03	2.9	0.3	4	21.0	0.0212	0.011	0.0103	0.98	29L	88	1	26
5.4	1.6	0.4	0.6	0.26	0.074	0.3	0.21	5.8	A	0.4	0.22	2.9	0.1	2	21.9	0.017	0.020	0.0105	0.99	30L	88	3	30
6.2	1.6	0.4	0.6	0.27	0.009	1.0	1.19	5.7	5.37	0.2	0.02	2.8	0.3	6	19.1	0.025	0.023	0.0074	1.22	31L	88	5	31
6.3	1.6	0.4	0.6	0.28	<0.001	1.0	1.20	5.4	A	0.3	<0.01	3.2	0.2	3	19.7	0.007	0.008	0.0048	0.26	32L	88	7	27
6.3	1.6	0.4	0.6	0.21	0.014	1.5	1.31	5.3	4.93	0.2	<0.01	3.2	0.4	1	18.6	0.006	0.002	0.0079	0.38	33L	88	9	27
6.1	1.7	0.4	0.6	0.22	0.007	1.0	1.17	5.3	M	0.3	0.02	4.1	0.3	10	19.7	0.029	0.008	0.0097	1.12	34L	88	12	7
5.9	1.8	0.4	0.6	0.23	0.051	1.1	1.57	6.3	M	0.3	0.03	3.0	0.3	10	23.4	0.029	0.014	0.0147	1.41	35L	89	2	7
5.9	1.8	0.4	0.6	0.25	0.053	1.3	1.32	4.9	5.6	0.3	0.05	2.8	1.2	2	20.4	0.027	0.023	0.0136	1.46	36L	89	3	21
5.8	1.7	0.4	0.5	0.18	0.017	1.3	1.24	5.4	5.1	0.3	0.05	2.5	0.3	10	18.9	0.046	0.042	0.0214	2.13	37L	89	5	24
6.3	1.6	0.4	0.6	0.18	0.004	1.1	1.01	5.3	5.2	0.5	<0.01	2.6	0.5	3	17.5	0.012	<0.002	0.0020	0.41	38L	89	7	24
6.2	1.5	0.4	0.6	0.23	<0.001	1.2	1.19	4.9	M	0.2	<0.01	M	M	5	18.5	0.116	0.009	0.0070	0.29	39L	89	9	25
6.0	1.7	0.4	0.6	0.22	0.003	1.0	1.19	5.0	M	0.3	0.02	M	M	12	19.4	0.022	<0.002	0.0079	0.65	40L	89	12	12
6.0	1.7	0.4	0.6	0.21	0.017	1.3	1.32	5.2	M	0.3	0.03	M	M	3	20.4	0.022	0.012	0.0088	0.88	41L	90	1	29
5.4	1.8	0.4	0.7	0.27	0.051	1.2	1.40	5.8	M	0.3	0.08	M	M	13	18.4	0.028	0.028	0.0103	1.01	42L	90	3	20
6.1	1.7	0.4	0.6	0.25	0.014	1.1	1.19	5.4	5.37	0.3	0.02	2.9	0.3	4	19.7	0.022	0.01	0.0077	0.81	Médiane			
5.4	1.5	0.4	0.5	0.16	<0.001	0.3	0.21	4.9	4.93	0.2	<0.01	2.5	0.1	1	17.5	0.005	<0.002	0.002	0.26	Minimum			
6.5	1.8	0.5	0.7	0.34	0.074	1.7	1.57	6.3	6.36	0.5	0.22	4.1	1.2	32	23.4	0.116	0.042	0.0214	2.13	Maximum			

82 Dupont (1988)

5.8	1.9	0.4	0.6	0.3	0.04	1.5	---	5.5	---	0.4	0.02	3.2	1.2	3	20.2	0.01	0.02	0.02	---	86	3
-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	-----	---	------	------	------	------	-----	----	---

603

POIRIER

Alt.: 434 m.

surf. lac: 14 ha.

pH	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	NH4 mg/L	ALCT mg/L	ALCG mg/L	SO4C mg/L	SO4CI mg/L	Cl mg/L	NO3 mg/L	DOC mg/L	DIC mg/L	Coul unité Hazen	Cond µS/cm	Al mg/L	Mn mg/L	Fe mg/L	SiO2 mg/L	TOU	AN	MO	JO
					N	CaCO3	CaCO3				N												
5.8	1.4	0.3	0.3	0.38	0.010	0.1	0.21	4.9	5.26	0.2	<0.01	3.4	<0.1	14	15.2	0.041	0.059	0.0162	1.24	19L	86	5	27
5.6	1.4	0.4	0.4	0.26	0.007	0.1	0.25	4.6	4.97	0.2	<0.01	3.3	0.2	6	16.2	0.022	0.027	0.0071	0.17	20L	86	7	29
5.6	1.4	0.4	0.4	0.24	0.001	<0.1	0.22	5.2	4.76	0.2	<0.01	3.0	0.3	6	16.8	0.016	0.027	0.0282	0.05	21L	86	10	1
5.8	1.5	0.4	0.5	0.27	0.016	0.2	0.26	5.4	4.90	0.2	<0.01	3.2	0.2	11	18.5	0.037	0.042	0.0200	0.40	22L	86	12	5
5.5	1.5	0.4	0.6	0.35	0.036	0.1	0.33	5.7	M	0.3	0.02	3.1	0.1	11	20.0	0.042	0.021	0.0339	0.44	23L	87	1	27
5.5	1.3	0.3	0.4	0.25	0.043	0.3	0.32	4.9	5.35	0.3	0.05	3.1	0.1	8	20.0	0.034	0.053	0.0340	0.50	24L	87	4	3
5.7	1.4	0.3	0.4	0.17	0.029	0.1	0.31	4.7	4.92	0.3	<0.01	3.0	0.1	6	18.3	0.033	0.030	0.0267	0.33	25L	87	5	26
5.5	1.2	0.3	0.4	0.18	0.001	0.2	0.24	4.5	4.81	0.2	0.01	2.9	0.1	4	19.0	0.020	0.030	0.0116	0.05	26L	87	8	6
5.6	1.3	0.3	0.5	0.24	0.003	0.2	0.24	5.1	5.00	0.2	<0.01	3.8	0.2	4	19.4	0.040	0.030	0.0279	0.39	27L	87	9	29
5.5	1.4	0.4	0.4	0.25	0.017	0.1	0.11	5.5	5.15	0.3	0.03	3.2	0.1	9	17.1	0.181	0.026	0.033	0.94	28L	87	12	2
5.5	1.4	0.4	0.5	0.28	0.028	0.2	0.26	5.6	A	0.3	0.03	3.6	0.1	11	18.1	0.0391	0.025	0.0314	1.04	29L	88	1	26
5.0	1.3	0.4	0.5	0.28	0.053	<0.1	-0.36	5.3	A	0.3	0.17	3.0	0.1	5	21.4	0.033	0.032	0.0276	0.96	30L	88	3	30
5.6	1.3	0.3	0.4	0.28	0.004	0.1	0.37	5.2	4.69	0.3	<0.01	3.2	0.1	6	15.9	0.043	0.034	0.0156	0.81	31L	88	5	31
5.7	1.2	0.3	0.4	0.29	<0.001	0.1	0.41	4.8	A	0.2	<0.01	3.1	0.2	3	16.9	0.010	0.038	0.0037	0.11	32L	88	7	27
5.7	1.2	0.3	0.4	0.22	<0.001	0.1	0.21	4.7	4.4	0.3	<0.01	3.3	0.1	1	16.2	0.019	0.028	0.0174	0.06	33L	88	9	27
5.3	1.3	0.3	0.4	0.22	<0.001	<0.1	0.30	4.8	M	0.3	0.01	3.5	0.1	13	17.2	0.049	0.021	0.0237	0.71	34L	88	12	7
5.3	1.4	0.3	0.4	0.25	0.013	<0.1	0.15	5.8	M	0.3	0.01	3.2	0.1	10	22.3	0.044	0.026	0.0253	0.81	35L	89	2	7
5.5	1.4	0.3	0.4	0.30	0.011	0.2	0.23	4.8	5.3	0.3	0.02	3.1	<0.1	2	19.6	0.045	0.038	0.0263	0.93	36L	89	3	21
5.5	1.3	0.3	0.4	0.22	<0.001	0.1	0.37	4.7	4.6	0.3	0.01	2.9	0.2	14	15.8	0.052	0.060	0.0297	1.14	37L	89	5	24
5.5	1.2	0.3	0.4	0.21	0.009	0.3	0.15	4.8	4.6	0.3	<0.01	2.9	0.4	10	15.2	0.034	0.047	0.0181	0.12	38L	89	7	24
5.6	1.2	0.3	0.4	0.24	<0.001	0.2	0.15	4.6	M	0.2	<0.01	M	M	8	16.2	0.024	0.028	0.0241	0.29	39L	89	9	25
5.3	1.3	0.3	0.4	0.25	0.003	0.2	0.17	4.6	M	0.3	0.01	M	M	9	17.5	0.044	<0.002	0.0164	0.54	40L	89	12	12
5.3	1.4	0.3	0.4	0.23	0.005	0.2	0.40	5.0	M	0.3	0.03	M	M	7	18.2	0.043	0.027	0.0182	0.68	41L	90	1	29
5.4	1.4	0.3	0.5	0.30	0.042	<0.1	0.30	5.3	M	0.3	0.12	M	M	13	18.4	0.047	0.056	0.0193	0.74	42L	90	3	20
5.5	1.4	0.3	0.4	0.25	0.008	0.1	0.24	4.9	4.91	0.3	0.01	3.2	0.1	8	17.8	0.04	0.03	0.0239	0.52	Médiane			
5.0	1.2	0.3	0.3	0.17	<0.001	<0.1	-0.36	4.5	4.4	0.2	<0.01	2.9	<0.1	1	15.2	0.01	<0.002	0.0037	0.05	Minimum			
5.8	1.5	0.4	0.6	0.38	0.053	0.3	0.41	5.8	5.35	0.3	0.17	3.8	0.4	14	22.3	0.181	0.06	0.034	1.24	Maximum			

94 Dupont (1988)

5.6	1.5	0.4	0.5	0.3	0.01	1.0	---	5.0	---	0.4	0.01	2.8	0.6	5	17.5	0.02	0.05	0.04	---	86	3
-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	-----	---	------	------	------	------	-----	----	---

604

BLÉRIOT

Alt.: 344 m.

surf. lac: 54 ha.

pH	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	NH4 mg/L	ALCT mg/L	ALCG mg/L	SO4C mg/L	SO4CI mg/L	Cl mg/L	NO3 mg/L	DOC mg/L	DIC mg/L	Coul unité Hazen	Cond µS/cm	Al mg/L	Mn mg/L	Fe mg/L	SiO2 mg/L	TOU	AN	MO	JO
					N	CaCO3	CaCO3				N												
5.7	1.6	0.5	0.4	0.33	0.017	<0.1	0.04	6.4	6.68	0.2	0.03	1.9	0.1	7	18.4	0.033	0.033	0.0049	0.91	19L	86	5	27
6.0	1.6	0.6	0.5	0.22	0.004	0.2	0.38	5.9	6.39	0.2	<0.01	1.7	0.2	0	20.4	0.010	0.018	0.0014	0.39	20L	86	7	29
5.9	1.6	0.6	0.5	0.24	<0.001	0.3	0.61	6.5	6.30	0.2	<0.01	1.6	0.4	0	20.6	0.008	0.026	0.0031	0.37	21L	86	10	1
6.4	1.6	0.5	0.5	0.23	0.009	1.0	0.72	6.5	6.47	0.2	<0.01	1.7	0.2	4	20.6	0.020	0.037	0.0091	0.46	22L	86	12	2
6.0	1.7	0.5	0.5	0.26	0.025	0.8	0.64	6.5	M	0.3	0.02	1.7	0.2	4	21.2	0.020	0.034	0.0069	0.47	23L	87	1	27
5.9	1.7	0.5	0.5	0.22	0.027	0.2	0.62	6.4	7.25	0.3	0.03	1.8	0.2	4	23.4	0.018	0.044	0.0074	0.47	24L	87	4	3
6.0	1.6	0.5	0.5	0.13	0.024	0.6	0.45	6.1	6.68	0.3	0.01	1.8	0.2	1	22.0	0.020	0.032	0.0099	0.42	25L	87	5	26
6.0	1.6	0.5	0.5	0.16	<0.001	0.3	0.50	6.0	6.25	0.2	0.01	1.8	0.1	1	23.3	0.005	0.024	0.0014	0.23	26L	87	8	6
5.8	1.6	0.5	0.5	0.20	0.041	0.3	0.46	6.4	6.29	0.2	<0.01	1.8	0.3	4	20.2	0.006	0.310	0.0024	0.31	27L	87	9	29
5.9	1.7	0.5	0.5	0.23	0.013	0.5	0.73	6.4	6.40	0.2	0.02	1.8	0.2	6	19.9	0.016	0.035	0.0151	0.68	28L	87	12	2
6.0	1.6	0.5	0.5	0.24	0.023	0.5	0.54	6.4	6.20	0.3	0.02	1.9	0.2	4	20.4	0.0156	0.034	0.0136	0.68	29L	88	1	26
4.7	1.3	0.4	0.4	0.19	0.077	<0.1	-1.11	5.6	A	0.3	0.33	1.6	0.1	2	26.2	0.019	0.029	0.0080	0.48	30L	88	3	30
5.9	1.6	0.5	0.5	0.22	0.017	0.3	0.50	6.3	5.85	0.3	0.02	1.9	<0.1	3	19.7	0.018	0.034	0.0046	0.92	31L	88	5	31
6.1	1.6	0.5	0.5	0.22	<0.001	0.5	0.56	6.2	A	0.2	0.01	1.8	0.2	3	20.3	0.006	0.023	0.0015	0.48	32L	88	7	27
6.0	1.5	0.5	0.5	0.17	0.004	0.6	0.50	5.9	6.23	0.2	<0.01	2.1	0.1	1	19.9	0.008	0.025	0.0029	0.53	33L	88	9	27
5.9	1.6	0.5	0.5	0.18	<0.001	0.5	0.91	5.9	M	0.3	0.01	M	M	6	20.3	0.025	0.038	0.0170	0.94	34L	88	12	6
5.8	1.6	0.5	0.5	0.18	0.029	0.4	0.73	6.5	M	0.3	0.02	2.0	0.2	6	21.7	0.024	0.038	0.0074	0.90	35L	89	2	7
5.3	1.9	0.6	0.6	0.27	0.056	0.3	<0.01	7.2	7.7	0.4	0.20	2.0	0.1	0	26.4	0.023	0.043	0.0086	1.11	36L	89	3	21
5.7	1.6	0.5	0.4	0.16	0.011	0.6	0.61	6.0	5.9	0.3	0.04	1.6	0.2	7	19.4	0.038	0.040	0.0102	1.20	37L	89	5	24
6.2	1.6	0.5	0.4	0.17	0.003	0.7	0.67	6.1	5.9	A	<0.01	1.6	0.3	3	18.5	0.018	0.028	0.0027	0.70	38L	89	7	24
5.9	1.5	0.5	0.5	0.19	<0.001	0.4	0.50	5.9	M	0.3	<0.01	M	M	5	19.2	0.158	0.028	0.0036	0.61	39L	89	9	25
5.8	1.6	0.5	0.5	0.18	0.003	0.5	0.59	5.5	M	0.3	0.01	M	M	12	19.7	0.028	0.037	0.0154	0.86	40L	89	12	12
5.8	1.6	0.5	0.5	0.16	0.017	0.4	0.65	5.9	M	0.3	0.02	M	M	3	20.1	0.025	0.036	0.0122	0.91	41L	90	1	29
5.8	1.6	0.5	0.5	0.23	0.051	0.5	0.56	6.3	M	0.3	0.10	M	M	9	21.1	0.029	0.035	0.0074	0.89	42L	90	3	20
5.9	1.6	0.5	0.5	0.21	0.015	0.4	0.56	6.2	6.3	0.3	0.02	1.8	0.2	4	20.4	0.02	0.034	0.0074	0.64	Médiane			
4.7	1.3	0.4	0.4	0.13	<0.001	<0.1	-1.11	5.5	5.85	0.2	<0.01	1.6	<0.1	0	18.4	0.005	0.018	0.0014	0.23	Minimum			
6.4	1.9	0.6	0.6	0.33	0.077	1.0	0.91	7.2	7.7	0.4	0.33	2.1	0.4	12	26.4	0.158	0.31	0.017	1.2	Maximum			

59 Dupont (1988)

5.8	1.8	0.6	0.6	0.3	0.03	0.9	---	7.0	---	0.4	0.02	1.6	0.2	2	21.2	0.01	0.04	0.01	---	86	3
-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	-----	---	------	------	------	------	-----	----	---

611

PADNOM

pH	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	NH4 mg/L N	ALCT mg/L CaCO3	ALCG mg/L CaCO3	SO4C mg/L	SO4CI mg/L	Cl mg/L	NO3 mg/L N	DOC mg/L	DIC mg/L	Coul unité Hazen	Cond µS/cm	Al mg/L	Mn mg/L	Fe mg/L	SiO2 mg/L	TOU	AN	MO	JO
6.6	2.0	0.5	0.8	0.48	0.017	1.9	1.35	7.3	A	0.3	0.02	3.2	<0.1	7	23.6	0.030	0.016	0.0091	1.67	22L	86	12	2
6.3	1.9	0.5	0.7	0.35	0.032	1.3	1.26	6.4	6.27	0.3	<0.01	3.2	0.3	6	24.6	0.042	0.016	0.0180	1.97	25L	87	5	26
6.4	1.9	0.5	0.8	0.42	0.018	1.4	1.57	6.5	6.28	0.3	0.03	3.5	0.4	6	22.1	0.012	0.006	0.0027	1.57	28L	87	12	2
6.2	1.9	0.5	0.7	0.43	0.011	1.3	1.38	6.6	6.40	0.4	0.02	3.4	0.5	10	21.8	0.034	0.021	0.0055	2.05	31L	88	5	31
5.8	1.8	0.5	0.7	0.36	0.002	0.6	0.84	6.6	M	0.3	0.01	3.5	0.1	17	22.6	0.062	0.012	0.0171	1.36	34L	88	12	7
5.7	1.8	0.5	0.6	0.31	<0.001	0.7	0.69	6.8	6.4	0.3	0.05	3.6	0.2	14	21.9	0.083	0.038	0.0106	2.28	37L	89	5	24
5.7	1.9	0.5	0.7	0.41	0.003	0.5	0.66	7.8	M	0.3	0.02	M	M	12	23.0	0.042	0.023	0.0096	0.77	40L	89	12	12
5.7	2.0	0.5	0.8	0.46	0.042	0.8	1.03	7.6	M	0.3	0.06	M	M	16	25.4	0.011	<0.002	0.0099	1.15	42L	90	3	20
6.0	1.9	0.5	0.7	0.42	0.014	1.0	1.14	6.7	6.34	0.3	0.02	3.4	0.2	11	22.8	0.042	0.018	0.0098	1.62	Médiane			
5.7	1.8	0.5	0.6	0.31	<0.001	0.5	0.66	6.4	6.27	0.3	<0.01	3.2	<0.1	6	21.8	0.012	0.006	0.0027	0.77	Minimum			
6.6	2.0	0.5	0.8	0.48	0.042	1.9	1.57	7.8	6.4	0.4	0.06	3.6	0.5	17	25.4	0.083	0.038	0.018	2.28	Maximum			

612

MUREX

pH	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	NH4 mg/L N	ALCT mg/L CaCO3	ALCG mg/L CaCO3	SO4C mg/L	SO4CI mg/L	Cl mg/L	NO3 mg/L N	DOC mg/L	DIC mg/L	Coul unité Hazen	Cond µS/cm	Al mg/L	Mn mg/L	Fe mg/L	SiO2 mg/L	TOU	AN	MO	JO
5.3	2.0	0.5	0.6	0.29	0.049	<0.1	0.36	7.8	A	0.6	0.01	6.6	0.2	55	27.2	0.137	0.044	0.208	4.26	25L	87	5	26
5.4	1.9	0.5	0.7	0.36	0.021	0.3	0.43	8.0	A	0.6	0.03	7.6	0.5	61	22.9	0.125	0.031	0.225	3.63	28L	87	12	2
5.3	1.7	0.5	0.6	0.40	0.002	0.3	0.42	8.0	A	0.5	<0.01	7.1	0.3	60	22.2	0.135	0.047	0.192	4.12	31L	88	5	31
5.1	1.8	0.5	0.6	0.31	<0.001	<0.1	0.18	6.9	M	0.5	0.01	9.0	<0.1	69	23.2	0.160	0.028	0.217	3.52	34L	88	12	7
5.3	1.7	0.4	0.5	0.32	0.009	0.2	0.28	6.7	5.6	0.5	0.02	6.2	0.2	68	21.2	0.142	0.052	0.311	4.38	37L	89	5	24
5.3	2.0	0.5	0.6	0.34	0.003	0.3	0.34	7.5	M	0.5	0.03	M	M	57	23.7	0.120	0.023	0.258	3.19	40L	89	12	12
5.4	2.1	0.6	0.7	0.41	0.077	0.7	0.91	8.2	M	0.6	0.08	M	M	60	26.6	0.138	0.058	0.404	4.11	42L	90	3	20
5.3	1.9	0.5	0.6	0.34	0.009	0.3	0.36	7.8	5.6	0.5	0.02	7.1	0.2	60	23.2	0.137	0.044	0.225	4.11	Médiane			
5.1	1.7	0.4	0.5	0.29	<0.001	<0.1	0.18	6.7	5.6	0.5	<0.01	6.2	<0.1	55	21.2	0.12	0.023	0.192	3.19	Minimum			
5.4	2.1	0.6	0.7	0.41	0.077	0.7	0.91	8.2	5.6	0.6	0.08	9.0	0.5	69	27.2	0.16	0.058	0.404	4.38	Maximum			

698

77487

pH	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	NH4 mg/L N	ALCT mg/L CaCO3	ALCG mg/L CaCO3	SO4C mg/L	SO4CI mg/L	Cl mg/L	NO3 mg/L N	DOC mg/L	DIC mg/L	Coul unité Hazen	Cond µS/cm	Al mg/L	Mn mg/L	Fe mg/L	SiO2 mg/L	TOU	AN	MO	JO
4.9	1.9	0.5	0.6	0.59	0.006	<0.1	-0.67	9.1	8.16	0.6	0.01	7.6	<0.1	85	27.5	0.222	0.102	0.291	4.14	19L	86	5	27

699

CASPEL

pH	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	NH4 mg/L N	ALCT mg/L CaCO3	ALCG mg/L CaCO3	SO4C mg/L	SO4CI mg/L	Cl mg/L	NO3 mg/L N	DOC mg/L	DIC mg/L	Coul unité Hazen	Cond µS/cm	Al mg/L	Mn mg/L	Fe mg/L	SiO2 mg/L	TOU	AN	MO	JO
5.7	2.8	0.6	0.5	0.48	0.010	0.6	1.17	9.0	7.85	0.5	<0.01	8.5	<0.1	58	27.4	0.131	0.013	0.118	3.57	19L	86	5	27