

Zooplancton limnétique de 46 lacs et 17 rivières du territoire de la baie de James

BERNADETTE PINEL-ALLOUL

Département des Sciences biologiques, Université de Montréal, C.P. 6128, Montréal, (Qué.), Canada H3C 3J7

PIERRE LEGENDRE

Centre de Recherche en Sciences de l'Environnement, Université du Québec à Montréal, C.P. 8888, Montréal, (Qué.), Canada H3C 3P8

ET

ETIENNE MAGNIN

Département des Sciences biologiques, Université de Montréal, C.P. 6128, Montréal, (Qué.), Canada H3C 3J7

Reçu le 19 septembre 1977

PINEL-ALLOUL, B., P. LEGENDRE et E. MAGNIN. 1979. Zooplancton limnétique de 46 lacs et 17 rivières du territoire de la baie de James. *Can. J. Zool.* 57: 1693-1709.

De juin à octobre 1973, 335 échantillons de plancton limnétique ont été recueillis dans 46 lacs et 17 rivières du territoire de la baie de James. Au total, 60 zooplanctontes ont été dénombrés, dont 20 Copépodes, 27 Cladocères et 13 Rotifères. Les espèces les plus communes et les plus répandues sont des sténothermes d'eau froide (*Leptodiptomus minutus*, *Diacyclops bicuspidatus thomasi*, *Epischura lacustris*, *Holopedium gibberum*, *Bosmina longirostris*, *Daphnia longiremis* et *Kellicottia longispina*). Pour étudier la typologie des échantillons de lacs, trois types d'analyses statistiques ont été utilisées: une analyse en composantes principales, un groupement à liens simples et un groupement à liens complets. Ces analyses ont produit cinq types de lacs. Les lacs de types IV et V sont situés dans le nord-est du territoire, ceux de types I et II sont situés à l'ouest dans la zone d'invasion de la mer glaciaire de Tyrrell, alors que les lacs de type III occupent une position intermédiaire. Les lacs des types II, III et V ont une faible superficie. Les communautés zooplanctoniques caractéristiques de chacun de ces types ont été définies, alors que les composantes principales et les composantes de la diversité ont été mises en corrélation avec les descripteurs du milieu.

PINEL-ALLOUL, B., P. LEGENDRE, and E. MAGNIN. 1979. Zooplancton limnétique de 46 lacs et 17 rivières du territoire de la baie de James. *Can. J. Zool.* 57: 1693-1709.

From June through October 1973, 335 samples of limnetic plankton were collected from 46 lakes and 17 rivers of the James Bay area. Sixty zooplanktonic species were identified (20 Copepoda, 27 Cladocera, and 13 Rotifera). The most common and widespread species are cold stenotherms (*Leptodiptomus minutus*, *Diacyclops bicuspidatus thomasi*, *Epischura lacustris*, *Holopedium gibberum*, *Bosmina longirostris*, *Daphnia longiremis*, and *Kellicottia longispina*). In order to study the typology of the lake samples, the data were subjected to three types of statistical analyses: principal components analysis, single linkage, and complete linkage clustering. Five groups of lakes emerged from these analyses: types IV and V are located in the northeastern portion of the studied area, whereas types I and II were identified in the western portion, corresponding with the area occupied by the Tyrrell glacial sea. Type III fills an intermediate position. Types II, III, and V are small lakes. The characteristic zooplanktonic communities of each group are described, whereas the principal components and the components of the diversity are correlated with the environmental data.

Introduction

A notre connaissance, le zooplancton des plans d'eau des régions du Québec situées à l'est de la baie de James et s'étendant jusqu'à la baie d'Ungava n'a été étudié que par un petit nombre de chercheurs: Juday (1927), Johansen (1931), et Reed (1963). Le nombre de travaux sur le zooplancton des régions plus méridionales du Québec est d'ailleurs assez restreint. On peut citer ceux de Bernard (1970), Bernard et Lagueux (1972, 1975), Filteau (1955, 1960) et Lanouette (1946) dans la région des Laurentides au nord de Québec, ceux de Margari-

tora *et al.* (1975) dans les Laurentides au nord de Montréal, ceux de Jones *et al.* (1975) dans le lac de barrage Manic 5, ceux de Pope (1973) dans les lacs du bassin de la rivière Matamek et ceux de Morry *et al.* (1973) dans les lacs du parc de la Gatineau. Ces travaux sont, de plus, souvent limités à un seul groupe taxonomique et à un seul ou quelques lacs. Face à ces lacunes, nous avons participé avec le Service Environnement de la Société d'énergie de la Baie James à un vaste programme d'inventaire dans les rivières et les lacs du territoire de la baie de James. Le but de ces recherches était d'estimer les

0008-4301/79/081693-17\$01.00/0

©1979 National Research Council of Canada/Conseil national de recherches du Canada

TABLEAU 1. Lacs inventoriés sur le territoire de la baie de James: surface (Surf), profondeur maximale (Prof), altitude (Alt), pH, conductance (Cond) et nombre de prélèvements (N)

Lacs	No	Surf, km ²	Prof, m	Alt, m	pH	Cond, μS/cm	N
Alder	1	9	25	110	6-7.2	40	13
Attila	2	13	20	145	5.9-7.4	30-50	23
Gugu	3	4	5	150	6	25	1
Carbillet	4	8	30	150	6.8-7.6	20	4
Béréziuk	5	61	90	160	6.5-7.5	20	18
Coutaceau	6	28	40	150	6.5	17	12
Vert	7	0.1	6	182	6	12	1
Tourbière 2	8	0.2	1	145	6.5	50	1
Grande Pointe	9	—	3	243	6-6.8	13-17	3
A	10	13	15	274	6.4-6.9	15-16	1
Tilly	11	—	25	396	6.5	14-16	2
Brune	12	7	3	300	7.4	12-13	1
Corvette	13	91	10	300	6-6.3	12-13.5	3
Marbot	14	5	8	300	7.3-7.8	12-13.5	1
Nichicun	15	202	30	548	6	14	4
Hurault	16	45	15	548	7.5	9.5	1
Vincelotte	17	64	25	455	6	14	1
Sakami	18	530	110	183	6.7	14-22	10
Boyd	19	86	25	197	6	18	2
Jacques	20	0.2	4	135	6.5	15	4
Lemaitre	21	67	5	506	6.5	9	1
Duplanter	22	58	15	502	6.5	9-10	4
Porée	23	17	5	510	6.7	9-12	1
Vermeulle	24	76	8	518	6.5	8	2
Clairambault	25	95	3	518	7-7.15	9	1
Delorme	26	96	18	509	7	9.5	2
Genin	27	20	5	518	7	8.5	1
Brisay	28	38	4	548	6.8	10-12	1
Marsilly	29	13	5	520	7-7.5	8	1
Caniapiscau	30	157	35	527	6.5-7	9.5	1
Le Grand	31	11	7	550	7-7.4	10	1
Fontanges	32	15	9	490	5.5	8	1
Neret	33	47	15	490	6.5	7.7-9.5	1
Brion	34	23	4	518	6.7	7.5	1
Chastelain	35	15	3	487	6.8	7.5	1
Pau	36	10	3	500	—	9-10	1
Opinaca	37	36	25	207	6.5	25	3
Low	38	98	49	209	6.8	18	1
Petit Opinaca	39	45	30	190	6.5	17-20	1
Baudeau	40	23	30	395	6-7.4	10-14	2
Woollett	41	69	5	348	6.5-7.8	25	2
Mistassini	42	2100	177	375	7	30	19
Matagami	43	150	15	248	7	40	12
Yasinski	44	58	25	135	7	25-37	4
B-160	45	9	56	160	—	—	1
Tourbière 1	46	—	—	—	5.5	27-33	1

effets de la construction des lacs de barrage sur le zooplancton. Ce dernier aspect ne sera cependant pas traité dans cet article; nous avons pensé qu'il était prématuré de le faire dans l'état actuel de nos connaissances. Ces recherches nous ont par contre permis de bien connaître les communautés zooplanctoniques des lacs et des rivières de cette région: leur composition spécifique, leur structure et leur diversité. Ce sont ces différents aspects que nous nous proposons de présenter dans les pages qui suivent en insistant plus particulièrement sur la typologie des échantillons de zooplancton lacustre.

Matériel et méthode

Caractéristiques des lacs et des rivières étudiés

Les 46 lacs étudiés ont une superficie variant de 0.1 à 2100 km² et une profondeur variant de 1 à 177 m (Tableau 1). Ils se situent entre 110 et 550 m d'altitude. Les eaux ont une faible conductance (7.5-50 μS/cm) et sont généralement acides, le pH variant de 5.5 à 7.8. Les eaux des rivières étudiées ont sensiblement les mêmes caractéristiques physico-chimiques que celles des lacs qu'elles drainent (Tableau 2).

Pour 44 des 46 lacs du Tableau 1, 14 autres descripteurs furent obtenus des banques de données écologiques de la Société de développement de la Baie James (SDBJ) et de la Société d'énergie de la Baie James (SEBJ). Ces données ont été rassemblées par Beauvais et Legendre (1977) au cours d'une étude de la faune

TABLEAU 2. Rivières inventoriées sur le territoire de la baie de James: profondeur maximale (Prof), pH, conductance (Cond) et nombre de prélèvements (N)

No	Rivières et tronçons de rivières	Prof, m	pH	Cond, µS/cm	N
I	La Grande Rivière en aval de LG-1	5	5.5-7.5	15-21	54
II	La Grande Rivière entre LG-1 et LG-2	5	6.5	15-22	6
III	La Grande Rivière au niveau de LG-2	7.2	5.8-7.8	11-20	23
IV	La Grande Rivière du mille 148 au mille 280	30	6.4-7.5	12-17	14
V	Kanaaupscow du mille 2.5 au mille 47.5	10	6.7-7.6	13-21	17
VI	Kanaaupscow du mille 55 au mille 163	8.5	5.6-7.2	19-27	5
VII	Sakami	4.5	6.4-7.4	9.5-12.5	2
VIII	Caniapiscou du mille 291 au mille 294	5	6.2-7.1	10-11.6	2
IX	Caniapiscou au mille 275	3	7-7.5	—	5
X	Opinaca du mille 1 au mille 164	5	5.4-6.7	10.5-33.2	7
XI	Petite rivière Opinaca au mille 52.5	3	6.5-6.8	20-40	3
XII	Eastmain	—	6-7	10-27	3
XIII	Wabissinane	5	6.8-7.4	13-26	2
XIV	Rupert à la sortie du lac Mistassini	3	6-7.2	25-40	12
XV	Bell	8	6.2-6.7	25-40	2
XVI	Allard	2	4.2-7.3	60	1
XVII	Waswanipi	6	6.5-7.3	27-35	1

ichtyologique de ces mêmes lacs. Elles concernent la position et certaines caractéristiques des lacs eux-mêmes, ainsi que la géomorphologie de la région immédiatement voisine de la station d'échantillonnage (Tableau 3). La Figure 1 indique la position géographique de tous les milieux inventoriés.

Matériel et méthode d'échantillonnage

Au total, 335 échantillons de plancton ont été recueillis à différentes dates et à différentes stations entre le début du mois de juin et la fin du mois d'octobre 1973. Ils ont été regroupés en 52 échantillons mensuels, après que l'on ait ramené les décomptes à une même unité de volume d'eau filtrée. Compte tenu des difficultés d'accessibilité, tous les déplacements devant se faire en hydravion, certains sites ont été visités plus fréquemment que d'autres (Tableaux 1 et 2). L'échantillonnage se faisait au centre des lacs ou des rivières à l'aide d'un filet Wisconsin (mailles de 153 µm) tiré derrière une chaloupe sur une distance de 30 m environ. La profondeur d'échantillonnage était de 1 mètre et le volume filtré d'environ 1717 litres soit 1.7 m³.

Méthodes d'analyses statistiques

Typologie des échantillons de zooplancton lacustre

Les données d'abondance des espèces zooplanctoniques dans les 52 échantillons mensuels de lacs, ramenés en nombres d'individus par mètre cube, ont été utilisées pour grouper les échantillons selon la similarité de leur faune zooplanctonique. Ces données furent d'abord normalisées par la transformation $\ln(x + 1)$, puis la similarité entre les différentes paires possibles de stations fut calculée à l'aide de l'indice attribué au mathématicien Steinhaus par Motyka *et al.* (1950). Pour une paire donnée d'échantillons, cet indice se calcule par la formule:

$$[1] S = 2W/A + B$$

dans laquelle A est la somme des abondances d'espèces pour le premier échantillon, B est la somme dans le second échantillon, alors que W est la somme, pour les différentes espèces, de la valeur minimale que prend une espèce dans l'un ou l'autre échantillon. Ces valeurs sont assemblées en une matrice de similarité S entre échantillons. Dans la recherche du groupement, cette matrice sert comme base à trois types d'analyses différentes: une analyse en composantes principales, un groupement à liens simples et un groupement non-hiérarchique à liens complets.

Afin d'obtenir une représentation de la typologie des échantillons dans un espace factoriel de dimensions réduites, des

composantes principales ont été calculées à partir des données d'abondance d'espèces normalisées, comme l'ont recommandé plusieurs auteurs et en particulier Sprules (1977) dans le cas du zooplancton lacustre. Or les composantes principales, qui sont calculées à partir d'une matrice de dispersion (variance-covariance) entre les espèces, peuvent être sérieusement faussées si la matrice des données de base contient beaucoup de zéros, comme c'est le cas ici, puisque des covariances fortes résulteraient de la dispersion conjointe décrite par des paires de zéros. Une procédure de calcul spéciale a donc été employée pour éliminer les doubles zéros de chaque calcul de covariance de la matrice de dispersion, quitte à ce que chaque covariance soit basée sur un nombre différent de degrés de liberté et que la matrice de dispersion soit mal conformée. Puisqu'il ne s'agit pas ici d'employer les composantes principales comme mode de partition de la variance, mais plutôt comme méthode de projection en espace réduit, on peut s'attendre à ce que les composantes principales ainsi calculées représentent adéquatement les distances euclidiennes entre les échantillons dans l'espace des espèces.

La projection des objets dans l'espace réduit des trois premières composantes principales a été utilisée, en conjonction avec les groupements à liens simples et à liens complets, pour dégager la typologie des échantillons.

La matrice S a servi de base à un groupement non-hiérarchique à liens complets (Sørensen 1948). Après quelques essais, le niveau de similarité de 0.64 a été choisi comme niveau d'intérêt et l'on procéda au calcul de tous les groupes d'au moins trois échantillons, qui ont entre eux tous des similarités égales ou supérieures à 0.64. Parmi tous les groupes ainsi formés, les groupes indépendants les plus grands possibles ont été extraits et utilisés comme noyaux de groupement autour desquels ont été ajoutés, à liens simples, les échantillons qui leur étaient reliés avec une similarité égale ou supérieure à 0.64: les liens complets ne sont pas utilisés seuls, car ils groupent trop peu d'échantillons à un niveau de similarité écologiquement intéressant. La chaîne des liens primaires (ou dendrites: Lukaszewicz 1951), formée des premiers liens de similarité par lesquels les objets deviennent membres d'un groupe ou qui relie pour la première fois deux groupes, a été extraite du groupement à liens simples et tracée sur le graphique d'ordination des deux premières composantes principales, comme l'ont recommandé plusieurs auteurs (Gower et Ross 1969; Rohlf 1970; Schnell 1970; Jackson et Crovello 1971; Legendre 1976). De cette façon, il fut possible de

TABLEAU 3. Descripteurs utilisés pour l'interprétation de la typologie des communautés zooplanctoniques lacustres

(1) Longueur	{ (13) Abondance de ruisseaux		
(2) Latitude			
(3) Altitude, m	{ (14) Abondance des habitats ripicoles 1, absent ou très peu 2, peu 3, moyen 4, beaucoup		
(4) Superficie, km ²			
(5) Profondeur de la station, m			
(6) pH			
(7) Conductance, µS	(15) Découpage de la rive 1, régulier 2, irrégulier 3, très irrégulier		
(8) Transparence, m			
(9) Relief F, plat U, ondulé R, moutonné H, montueux M, montagneux			
(10) Epaisseur des matériaux meubles 1, épais 2, épais et mince 3, épais et affleurements 4, mince et épais 5, mince 6, mince et affleurements 7, affleurements et épais 8, affleurements et mince 9, affleurements	(16) Pente de la beine 1, douce 2, modérée 3, abrupte		
		(17) Pente des rives 1, douce 2, douce, modérée 3, douce, abrupte 4, modérée, douce 5, modérée 6, modérée, abrupte 7, abrupte, douce 8, abrupte, modérée 9, abrupte	
			(18) Système de drainage 1, ouvert, profond 2, ouvert, peu profond 3, ouvert, tourbeux 4, restreint, profond 5, restreint, peu profond 6, restreint, tourbeux 7, fermé, profond 8, fermé, peu profond 9, fermé et tourbeux
	{ (11) Nature des matériaux géologiques de surface (dominants)		
	(19) Matériaux des rives (dominants) 0, roche en place 1, till 2, sédiments fluviaux-glaciaires 3, sédiments deltaïques 4, sédiments fluviaux ou glacio-lacustres 5, sédiments marins ou littoraux 6, sédiments littoraux 7, sédiments organiques		

combiner les avantages du groupement à liens à ceux de l'ordination en espace réduit: les liens simples donnent une image exacte des relations entre points voisins, alors que leur tendance à l'enchaînement est corrigée par l'analyse factorielle qui représente au mieux les distances entre les principaux groupes.

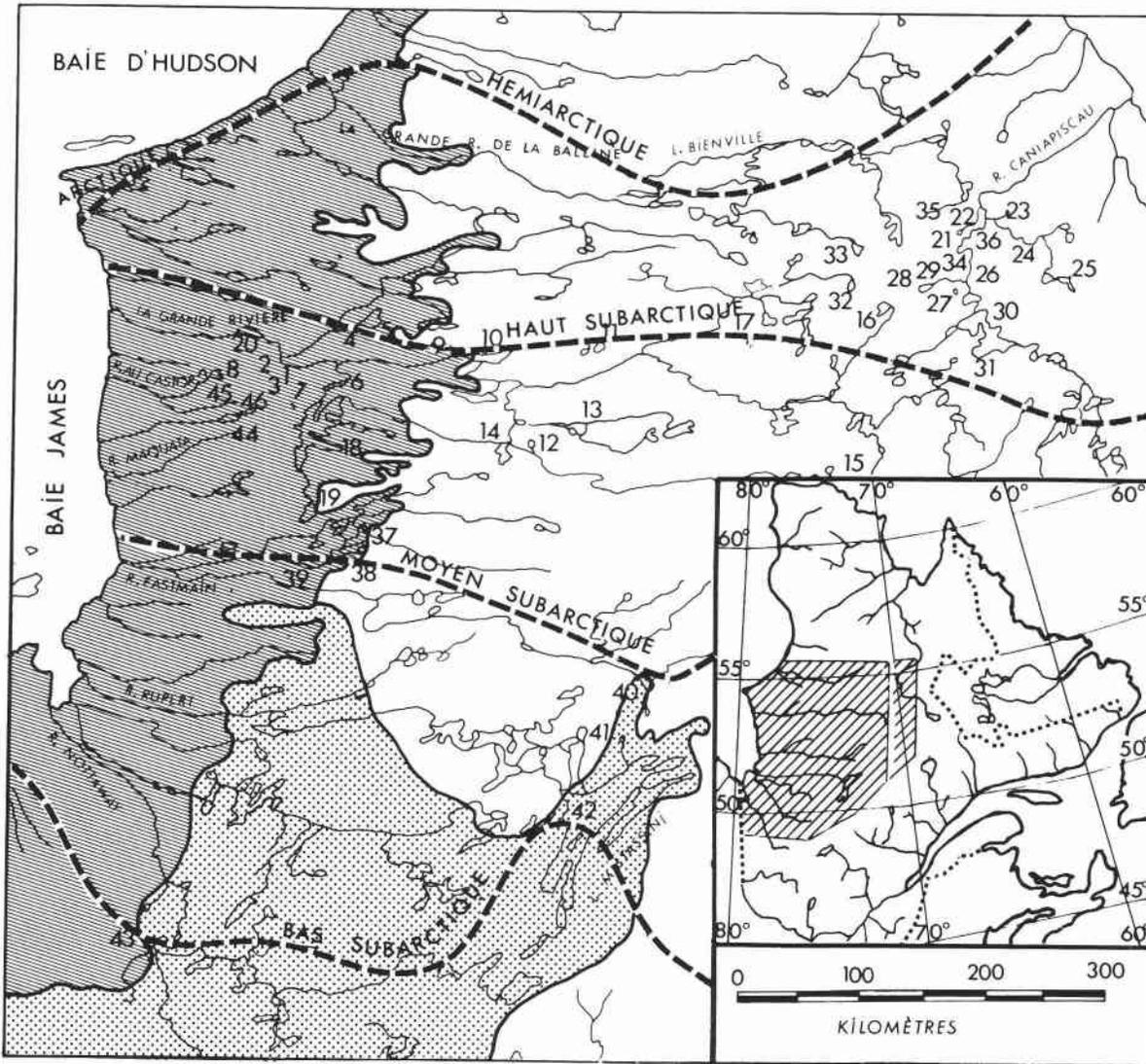
Interprétation de la typologie des échantillons

Pour interpréter un groupement obtenu par une méthode comparable à celle décrite ci-dessus, Sprules (1977) a calculé des corrélations de rang entre ses composantes principales d'une part et une série de variables limnologiques d'autre part. Au cours de la présente étude, des corrélations linéaires (r de Pearson) ont été calculées, de même que des r partiels qui permettent de connaître la relation spécifique d'une variable avec une composante en éliminant l'effet que toutes les autres variables peuvent avoir sur cette corrélation.

Cependant, comme la typologie des échantillons retenue ne forme pas un quadrillage orthogonal aux axes principaux, la valeur de cette méthode est limitée pour son interprétation. Toutefois, puisque la typologie peut être, elle-même, considérée comme un descripteur non-ordonné des lacs (ses différentes

descriptions étant: type I, type II, etc.), elle peut être comparée à tous les descripteurs limnologiques et géomorphologiques à tour de rôle, par la méthode des tableaux de contingence. Pour ce faire, les descripteurs métriques doivent être divisés en classes; les descripteurs géomorphologiques (nos 9 à 19 au Tableau 3) sont déjà sous cette forme.

Les lignes d'un tableau de contingence correspondent aux différentes descriptions du descripteur à analyser et leurs colonnes correspondent aux différents types de lacs. Chaque case du tableau correspond donc à une description pour le descripteur typologie et à une description pour le descripteur interprétatif, et on y écrit le nombre de lacs qui présentent simultanément ces deux descriptions. On dit qu'une description "favorise" un type de lac lorsque ce type s'y retrouve plus souvent que l'on pourrait s'y attendre si les lacs de ce type étaient distribués au hasard dans les différentes descriptions de ce descripteur. La méthode d'analyse de tableaux de contingence en termes de probabilités conditionnelles est explicitée plus en détail dans Legendre et Legendre (1979), de même que les statistiques que l'on peut calculer sur les tableaux de contingence. Parmi elles, le χ^2 mesure le degré de contingence des deux descripteurs en présence



-  Limite d'invasion de la mer de Tyrrell
-  Dépôts lacustres Barlow - Objibway

FIG. 1. Lacs et rivières du territoire de la baie de James inventoriés en 1973.

et il peut être testé quant à sa signification, avec [(lignes - 1) × (colonnes - 1)] degrés de liberté.

Diversité

La diversité des espèces d'une communauté est un paramètre biotique synthétique qui peut être mis en relation avec d'autres propriétés de ces communautés ainsi qu'avec divers descripteurs du milieu auquel chaque communauté est exposée. La

diversité, ainsi que ses composantes, peuvent être mesurées de diverses façons. Ces mesures ont été revues entre autres par Pielou (1969), Hendrickson et Ehrlich (1971), Hurlbert (1971) et plus récemment par Legendre et Legendre (1979).

Dans cette étude, la diversité a été mesurée par la formule de Shannon (1948):

$$[2] H = - \sum p_i \log p_i$$

lacustris (65%), *D. longiremis* (53%), *C. sphaericus* (41%), *K. cochlearis* et *A. priodonta* (35%), *A. harpae*, *C. scutifer* et *S. crystallina* (29%). Parmi ces dernières, *K. longispina* représente plus de 10% du zooplancton dans 35% des rivières et les autres ne dominent que dans 12 à 6% des rivières (Tableau 5).

Typologie des échantillons

La Figure 2 illustre les résultats du groupement des échantillons selon leur composition en zooplancton. Cette figure consiste en une projection des échantillons dans l'espace réduit des trois premières composantes principales extraites de la matrice de dispersion (76% de la variance), sur laquelle a été tracée la chaîne des liens primaires de similarité entre échantillons. Les liens primaires entre membres de groupes à liens complets sont indiqués par des tirets foncés, alors que les liens simples par lesquels les autres échantillons sont ajoutés à ces groupes de base sont indiqués par des tirets légers. Le troisième axe principal (16% de la variance) a été employé pour cette projection puisqu'il permet de séparer certains groupes, comme on le verra ci-dessous.

Suivant la recommandation de Sprules (1977), une autre projection des échantillons a été réalisée dans un espace réduit de composantes principales extraites de la matrice de corrélation entre espèces (matrice de dispersion des variables centrées réduites), de façon à donner même poids aux différentes espèces, abondantes ou rares. Les résultats obtenus sont essentiellement les mêmes que ceux illustrés sur la Figure 2, quoique les premières composantes principales expliquent une fraction légèrement inférieure de la variance totale (62%), dans ce cas.

Les lacs du type III (Fig. 2) auraient pu être fusionnés au type IV dont ils ne représentent à vrai dire qu'un sous-type. Les lacs 10 et 12 étaient en effet associés, à liens complets, à plusieurs lacs du type IV, en particulier au lac no 9: c'est pourquoi ils sont reliés par des tirets foncés dans la Figure 2, même s'ils ne forment pas un groupe de 3 lacs. Cependant, lors d'un groupement flexible ($\beta = -0.5$; Lance and Williams 1966) les lacs 10, 12 et 14 formaient un groupe bien défini: considérant d'autre part leur proximité dans l'espace réduit des premières composantes principales (Fig. 2), il a été décidé de les considérer comme un type distinct afin d'évaluer, par la suite de l'analyse, s'il y avait matière à distinction.

Les échantillons qui n'étaient liés à aucun autre au niveau de similarité de 0.64, choisi comme seuil, seront considérés comme non-classifiés pour la suite de l'étude. Ils seront cependant inclus dans les

calculs de corrélations qui, à la section suivante, serviront à interpréter les trois composantes principales retenues.

Il convient enfin de mentionner que des groupements séparés, effectués sur les échantillons récoltés en juin et juillet d'une part, d'août à octobre d'autre part, ont produit en général les mêmes types de lacs qu'à la Figure 2.

Nous considérons donc les groupes suivants de lacs, pour la suite de l'analyse: Type I: lacs nos 17, 18, 37, 38, 39, 42, 43, 44, 45; Type II: lacs nos 2, 4, 5, 7, 46; Type III: lacs nos 10, 12, 14; Type IV: lacs nos 6, 9, 11, 13, 15, 16, 19, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33; Type V: lacs nos 3, 25, 34, 35, 36. Les lacs 1, 8, 20, 40 et 41 restent non classifiés.

Interprétation de la typologie des échantillons

Le Tableau 6 résume les calculs de corrélations entre les composantes principales et les descripteurs du milieu.

La comparaison des corrélations partielles avec les Figures 2 et 3 montre que le premier axe principal permet surtout de dégager les types extrêmes (I à gauche, V à droite) pour les descripteurs profondeur et longueur (voir le Tableau 7); le changement de signe du descripteur altitude entre la corrélation simple et la corrélation partielle indique pour sa part que, si l'on contrôle l'influence des autres descripteurs explicatifs, les échantillons provenant de lacs situés en altitude plus basse se trouvent plus à droite sur le premier axe principal. Le deuxième axe principal représente principalement un gradient latitudinal. Quant au troisième axe principal qui sépare clairement les types I et II (fortement positifs sur cet axe) des autres types, ses corrélations simples expriment le gradient principal de l'échantillon de lacs, les types I et II étant constitués de lacs plus profonds, situés plus à l'ouest et à plus basse altitude que les autres; la corrélation partielle positive avec la latitude est un phénomène limité aux lacs du type I, phénomène qui se dégage après élimination de l'influence des autres descripteurs explicatifs.

L'interprétation du groupement lui-même est cependant plus complète à la suite de l'analyse des tableaux de contingence (Tableau 7, qui présente seulement les descripteurs qui aident à différencier les types; l'interprétation de ce tableau quant aux types II, III et V doit se faire avec beaucoup de circonspection attendu le petit nombre de lacs dans ces groupes). Il se dégage de cette analyse que l'échantillon de lacs est constitué de deux blocs principaux, I et II d'une part, IV et V d'autre part, le type III occupant une position intermédiaire.

Les descriptions de longueur et de latitude, au Tableau 7, ont permis de tracer schématiquement

TABLEAU 5. Occurrence des espèces dans les 46 lacs et les 17 rivières ou portions de rivières inventoriés

Espèces	Pourcentage des lacs et des rivières dans lesquelles			
	Se trouvent les espèces		Les espèces dominant	
	Lacs	Rivières	Lacs	Rivières
Copépodes				
<i>Calanoides</i>				
<i>Epischura lacustris</i> S. A. Forbes 1882	89	65	26	12
<i>Eurytemora canadensis</i> Marsh 1920	0	6		
<i>Limnocalanus macrurus</i> Sars 1863	17	6		
<i>Aglaodiaptomus spatulocrenatus</i> Sars 1863	11	24		
<i>Leptodiaptomus minutus</i> Lilljeborg 1889	94	88	65	65
<i>Leptodiaptomus sicilis</i> S. A. Forbes 1882	13	12	2	
<i>Leptodiaptomus ashlandi</i> Marsh 1893	7	12		6
<i>Onychodiaptomus sanguineus</i> S. A. Forbes 1876	0	6		
<i>Skistodiaptomus oregonensis</i> Lilljeborg 1889	9	12	2	
<i>Cyclopoïdes</i>				
<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine 1820)*	2	6		
<i>Mesocyclops edax</i> (S. A. Forbes 1891)	11	12		
<i>Paracyclops fimbriatus poppei</i> (Rehberg 1880)*	0	6		
<i>Eucyclops prionophorus</i> Kiefer 1931*	0	6		
<i>Eucyclops agilis</i> (Koch 1938)*	11	12		
<i>Cyclops scutifer</i> Sars 1863	46	29	13	6
<i>Diacyclops bicuspidatus thomasi</i> S. A. Forbes 1882	83	82	44	59
<i>Acanthocyclops vernalis</i> (Fischer 1853)	9	18		
<i>Acanthocyclops capillatus</i> Sars 1863	4	6		
<i>Harpacticoides</i>				
<i>Tachidius disiopes</i> *	0	6		
<i>Canthocamptus cf. robertcokeri</i> M. S. Wilson 1958*	0	6		
Cladocères				
<i>Leptodora kindtii</i> (Focke 1844)	24	18		
<i>Sida crystallina</i> (O. F. Müller 1875)	22	29		
<i>Holopedium gibberum</i> Zaddach 1855	89	71	52	12
<i>Daphnia longiremis</i> Sars 1861	80	53	26	6
<i>Daphnia dubia</i> Herrick 1895	20	0		
<i>Daphnia galeata mendotae</i> Birge 1918	20	6		
<i>Daphnia retrocurva</i> Forbes 1882	13	18		
<i>Daphnia middendorffiana</i> Fischer 1851	2	0		
<i>Daphnia pulex</i> Leydig 1860	11	6		
<i>Daphnia catawba</i> Coker 1926	2	6		6
<i>Scapholeberis kingi</i> Sars 1903*	0	12		
<i>Bosmina longirostris</i> (O. F. Müller 1785)	80	94	52	65
<i>Ophryoxus gracilis</i> Sars 1861*	11	18	2	
<i>Ilyocryptus cf. acutifrons</i> Sars 1862*	0	6		
<i>Bullatifrons</i> sp. Frey 1975*	7	12		
<i>Monospilus dispar</i> Sars 1861*	0	6		
<i>Acroperus harpae</i> Baird 1843*	9	29		6
<i>Alona guttata</i> Sars 1862*	0	6		
<i>Alona affinis</i> (Leydig 1860)*	9	6		
<i>Alona quadrangularis</i> (O. F. Müller 1785)*	2	12		
<i>Alona costata</i> Sars 1862*	2	6		
<i>Alona rectangula</i> Sars 1861*	0	6		
<i>Chydorus sphaericus</i> (O. F. Müller 1785)	15	41		
<i>Chydorus sphaericus</i> var. <i>coelatus</i> Schödler	4	6		
<i>Chydorus piger</i> (Sars 1862)*	2	0		
<i>Alonella nana</i> (Baird 1850)*	2	6		
<i>Alonella acutirostris</i> (Birge 1878)*	2	12		
Rotifères				
<i>Euchlanis</i> sp. Ehrenberg*	0	6		
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott 1879)	85	65	54	35
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse 1851)	37	35	7	6

TABLEAU 5. (Concluded)

Espèces	Pourcentage des lacs et des rivières dans lesquelles			
	Se trouvent les espèces		Les espèces dominant	
	Lacs	Rivières	Lacs	Rivières
<i>Keratella taurocephala</i> Myers	17	24		
<i>Trichotria tetractis</i> (Ehrenberg 1830)	0	6		
<i>Monostyla quadridentata</i> (Ehrenberg 1832)*	0	6		
<i>Trichocerca cylindrica</i> (Imhof 1891)	20	18		
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse 1850	26	35	2	
<i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin 1943	7	6		
<i>Synchaeta</i> sp. Ehrenberg 1832	0	6		6
<i>Ploesoma (Bipalpus) hudsoni</i> Wisniewski 1953	7	6		
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg 1834)	4	0		
<i>Conochilus unicornis</i> (Rousselet 1892)	17	12	9	

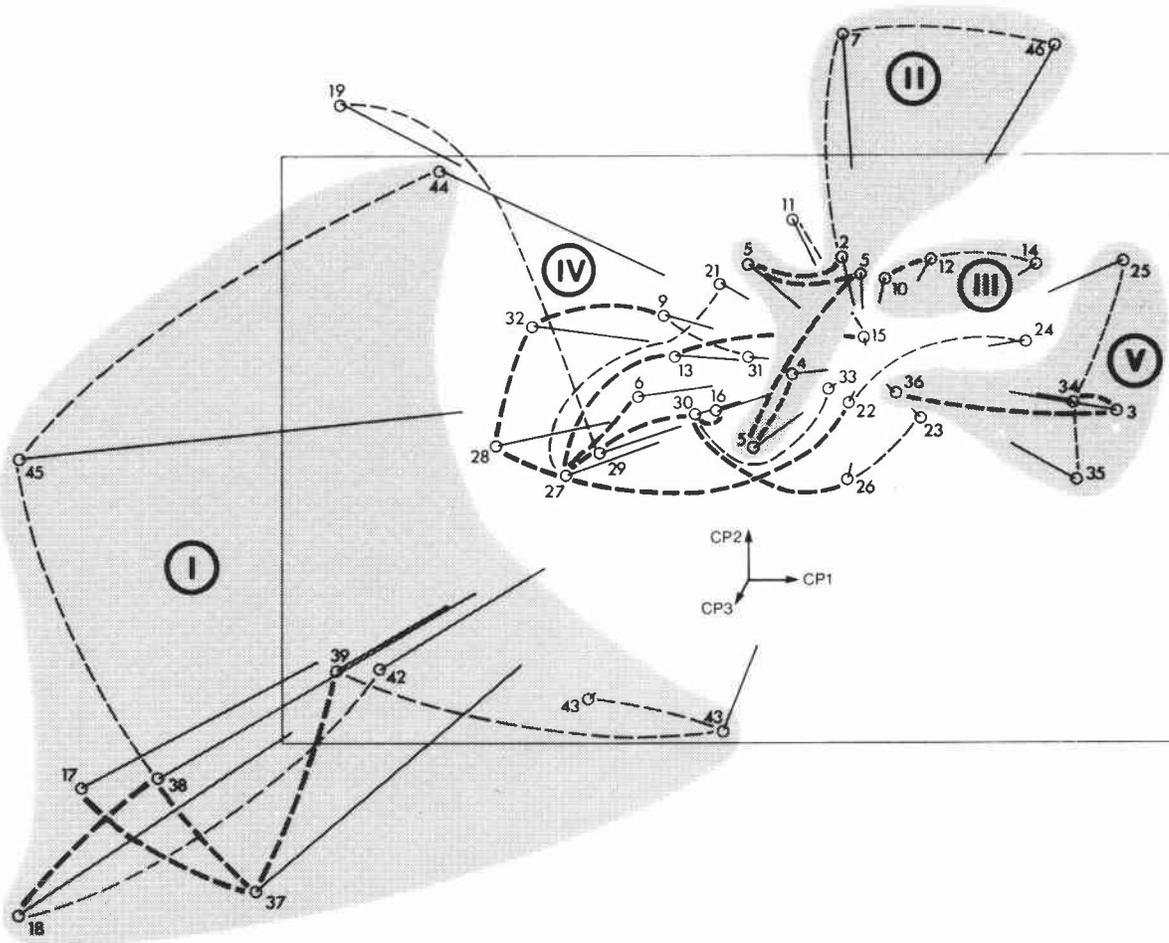


FIG. 2. Représentation des stations de lacs (mêmes numéros qu'au Tableau 1) dans l'espace factoriel des trois premières composantes principales extraites de la matrice de dispersion (le troisième axe, CP3, représenté en perspective, est perpendiculaire au rectangle qui représente le plan des deux premières composantes principales, CP1 et CP2). Les liens de similarité les plus élevés qui unissent les échantillons membres de groupes à liens complets, au niveau de similarité $S \geq 0.64$, sont indiqués par des tirets foncés. Les tirets légers représentent l'addition (à liens simples) d'échantillons à ces groupes de base. Les groupes I, II, III et V sont délimités par ombrage.

Can. J. Zool. Downloaded from www.nrcresearchpress.com by 24.200.148.244 on 07/20/18
For personal use only.

TABLEAU 6. Interprétation des trois premières composantes principales (CP1 à CP3) par corrélation avec cinq descripteurs métriques. Deux mesures de dépendance sont présentées dans chaque case: le r de Pearson, puis le r partiel

	Longitude	Latitude	Altitude	Superficie	Profondeur (station)
CP1	-0.195	0.255	0.127	-0.209	-0.338*
	-0.281	0.009	-0.299*	0.109	-0.324*
CP2	0.010	0.387**	-0.059	-0.293*	-0.258
	0.060	0.073**	-0.037	-0.135	-0.245
CP3	0.406**	0.049	-0.437**	0.052	0.439**
	0.235	0.362*	0.127	-0.405	0.369*

*, $p \leq 0.05$; **, $p \geq 0.01$.

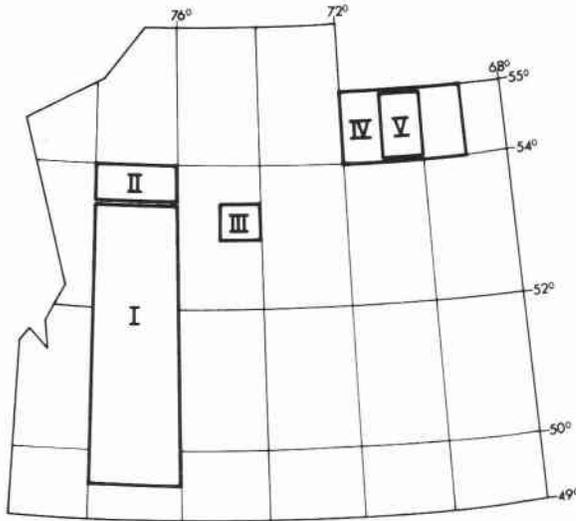


FIG. 3. Représentation schématique de la localisation des types de lacs sur le territoire étudié (données du Tableau 7).

sur la Figure 3 les zones correspondant à la localisation de la majorité des lacs de chaque type. Les lacs des types IV et V sont situés plus en altitude, dans le nord-est du territoire, dans la région des plateaux de bouclier canadien. Ces lacs sont peu profonds et leurs eaux transparentes sont de faible conductance. Le till prédomine souvent dans leurs bassins et sur leurs rives. Ruisseaux et habitats ripicoles sont peu abondants et la pente de leur beine est douce.

Les lacs des types I et II sont situés à basse altitude, dans la partie ouest du territoire, dans la zone d'invasion de la mer glaciaire de Tyrrell (Fig. 1). Ces lacs sont plus profonds, de conductance plus élevée et de plus faible transparence. Les matériaux importants dans leurs bassins sont les matériaux organiques (tourbières). Ruisseaux et habitats ripicoles peuvent y être plus abondants alors que la pente de leur beine est souvent plus abrupte.

Les types II, IV et V sont formés de petits lacs. Le type II appartient à la zone d'invasion de la mer de Tyrrell, alors que le type V provient de la région des plateaux, et plus particulièrement de la zone de décrépitude de la calotte glaciaire de Scheffer, il y a environ 7000 ans. Les lacs du type III occupent, en altitude et géographiquement, une position intermédiaire entre le type I et la plus grande partie des lacs du type IV, quoique certains lacs du type IV se retrouvent dans la même région (lacs nos 6, 9, 11, 13, et 19). Ils sont cependant situés en haut de la cote d'altitude de 250 m et, comme il en a été fait mention plus haut, leur faune zooplanctonique ressemble avant tout à celle des lacs du type IV. On peut cependant constater que, outre leur superficie, ils se distinguent encore du type IV par les matériaux que l'on trouve dans leurs bassins et sur leurs rives, matériaux constitués principalement de sédiments fluvio-glaciaires plutôt que de tills. Ils en résulte que la conductance de leurs eaux est légèrement plus élevée. Si l'on admet que des populations zooplanctoniques puissent être sensibles à de telles différences, il devient justifié de reconnaître ces lacs comme un type distinct.

Les communautés zooplanctoniques (composition spécifique relative) de chacun des types de lacs, définies par les trois types d'analyses statistiques, sont décrites au Tableau 8. Les lacs de type I, situés à basse altitude dans la région ouest du territoire (Fig. 3), ont une communauté limnétique bien diversifiée (36 espèces) qui se caractérise par la dominance de *Bosmina longirostris* (30%), *Leptodiptomus minutus* (14%), *Diacyclops bicuspidatus thomasi* (10%) et la présence d'espèces communes dans le territoire (*Conochilus unicornis* et *Kellicottia longispina* (8%), *Holopedium gibberum* et *Aglaodiaptomus spatulocrenatus* (7%), *Epischura lacustris* (6%). Rappelons que le qualificatif de "dominant" est attribué aux espèces qui représentent numériquement plus de 10% de la communauté (Patalas 1954, 1964).

Bosmina longirostris (30%), *Leptodiptomus minutus* (25%), *Diacyclops bicuspidatus thomasi* (16%) et *Holopedium gibberum* (13%) forment l'association caractéristique du zooplancton limnétique des lacs de type II. Ces lacs se singularisent aussi par un plus petit nombre d'espèces (19) et la présence de plusieurs espèces qui s'y retrouvent préférentiellement ou uniquement: *Leptodiptomus sicilis* et *Limnocalanus macrurus*, *Alonella acutirostris* et *Filinia longiseta*.

La communauté zooplanctonique des lacs de type III est pauvre en espèces (13) et se caractérise par la dominance des Rotifères, en particulier *Kellicottia longispina* (38%) associé à *Keratella cochlearis* (18%). On y observe aussi la nette dominance de *Bosmina longirostris* (19%) et *Leptodiptomus minutus* (16%).

La communauté zooplanctonique des lacs de type IV se rapproche de celle des lacs de type III, comme l'indiquaient déjà les résultats des analyses de groupement (Fig. 2), dans le sens que *Kellicottia longispina* y est aussi une espèce très importante (21%). Elle en diffère cependant par plusieurs points qui justifient la discrimination faite entre les types III et IV. En effet, *Leptodiptomus minutus* (26%) et *Diacyclops bicuspidatus thomasi* (10%) sont relativement plus nombreux dans les lacs de type IV que dans ceux de type III tandis que *Bosmina longirostris* (10%) l'est moins. Certaines espèces abondantes dans les lacs de type III (*Keratella cochlearis*) disparaissent presque dans ceux de type IV tandis que d'autres espèces (*Daphnia longiremis*, *Holopedium gibberum*), quasiment absentes dans les lacs de type III, deviennent abondantes et même dominantes (> 10%) dans les lacs de type IV.

La communauté zooplanctonique des lacs de type V est très particulière. Elle est caractérisée par l'association de deux Cladocères, *Holopedium gibberum* (44%) et *Daphnia longiremis* (21%) et de deux Copépodes, *Epischura lacustris* (12%) et *Cyclops scutifer* (10%). A part *Leptodiptomus minutus* (16%) et *Diacyclops bicuspidatus thomasi* (5%) qui sont les deux autres espèces secondairement importantes, les autres espèces ne forment jamais plus de 1% de la communauté.

Le Tableau 8 met aussi en évidence la distribution géographique de certains diaptomides. *Leptodiptomus ashlandi* est inféodé aux lacs de type I situés dans la partie sud-ouest du territoire et la limite nordique de sa répartition semble se situer au nord du bassin de drainage de la rivière Eastmain. *Leptodiptomus sicilis* se cantonne dans les lacs situés dans la zone d'inondation de la mer glaciaire de Tyrell (Types I et II) mais plutôt au nord du

TABLEAU 7. Descripteurs du milieu caractéristiques de chaque type de lac. Seules sont indiquées les descriptions qui "favorisent" le type de lac. Les descripteurs 11 à 19 sont codés tel qu'au Tableau 3. Les descripteurs 1 à 8 étaient divisés en classes pour cette analyse

	χ^2	Type I (9 lacs)	Type II (5 lacs)	Type III (3 lacs)	Type IV (19 lacs)	Type V (5 lacs)
(1) Longitude	**	76°-78°	76°-78°	74°-75°	69°-72°	70°-71°
(2) Latitude	*	49.5°-53.5°	53.5°-54°	53°-53.5°	54°-55°	54°-55°
(3) Altitude	**	150-250 m	100-200 m	250-300 m	450-550 m	450-550 m
(4) Superficie	***	20-2100 km ²	0-10 km ²	0-10 km ²	10-100 km ²	0-10 km ²
(5) Profondeur (station)	**	> 20 m	> 20 m	0-20 m	0-20 m	0-5 m
(7) Conductance	**	10-40 μ S	10-30 μ S	10-20 μ S	5-15 μ S	—
(8) Transparence		0-4 m	2-4 m	4-6 m	0-8 m	—
(11) Nature (dominant)		7	—	2	1.7	1
(12) Nature (sous-dominants)		7	7	2	1.7	7
(13) Ruisseaux		1-3	2	1	1.2	2
(14) Habitats ripicoles		2.3	2	1	1.2	1.2
(16) Pente de la berge		1.2	3	1	1	1
(18) Drainage		1.2	1.5	2	1.2	2.5
(19) Matériaux rives	*	—	0.1	2	1	1

*, $p \leq 0.05$; **, $p \leq 0.01$; ***, $p \leq 0.001$; —, indique une insuffisance d'information ou de précision.

TABLEAU 8. Abondance relative des différentes espèces zooplanctoniques dans chaque type de lacs

Espèces	Type I (9 lacs)	Type II (5 lacs)	Type III (3 lacs)	Type IV (19 lacs)	Type V (5 lacs)
<i>Aglaodiaptomus spatulocrenatus</i>	6.6	0	0.4	0	0
<i>Epischura lacustris</i>	5.7	4.6	2.3	3.5	12.2
<i>Leptodiaptomus ashlandi</i>	0.4	0	0	0	0
<i>Leptodiaptomus minutus</i>	14.3	25.0	16.2	26.1	6.3
<i>Leptodiaptomus sicilis</i>	0.2	5.9	0	0.3	0
<i>Limnocalanus macrurus</i>	<0.1	1.4	0	0	0
<i>Skistodiaptomus oregonensis</i>	<0.1	0	0	0.6	0
<i>Acanthocyclops capillatus</i>	0	0	0	0	0.4
<i>Acanthocyclops vernalis</i>	<0.1	0	0	0	0
<i>Cyclops scutifer</i>	0.2	0.5	0	3.0	10.1
<i>Diaacyclops bicuspidatus thomasi</i>	9.7	15.8	3.3	9.7	5.2
<i>Eucyclops agilis</i>	<0.1	0	0	<0.1	0.1
<i>Macrocyclus albidus</i> (8)					
<i>Mesocyclus edax</i>	<0.1	0	0	<0.1	0
<i>Acroperus harpae</i>	<0.1	<0.1	0.4	0	0
<i>Alona affinis</i>	<0.1	0	0	0	0.1
<i>Alona costata</i> (1)	0	0	0	0	0
<i>Alona quadrangularis</i> (1)	0	0	0	0	0
<i>Alonella acutirostris</i>	0	<0.1	0	0	0
<i>Alonella nana</i>	<0.1	0	0	0	0
<i>Bosmina longirostris</i>	29.9	30.4	19.5	10.5	0
<i>Bullatifrons</i> sp.	0	0	0.2	0	0.1
<i>Chydorus piger</i>	<0.1	0	0	0	0
<i>Chydorus sphaericus</i>	<0.1	0	0.2	<0.1	0
<i>Chydorus sphaericus</i> var. <i>coelatus</i>	<0.1	0	0	0	0
<i>Daphnia catawba</i>	0.1	0	0	0	0
<i>Daphnia dubia</i>	0.1	0.2	0	<0.1	0
<i>Daphnia galeata mendotae</i>	0.4	0.1	0	0.3	0
<i>Daphnia longiremis</i>	3.6	1.0	0.2	6.9	20.7
<i>Daphnia middendorffiana</i> (8)					
<i>Daphnia pulex</i>	0	0	0	0.2	0
<i>Daphnia retrocurva</i>	0.6	0.1	0	0.7	0
<i>Holopedium gibberum</i>	7.4	12.9	0.6	14.6	43.9
<i>Leptodora kindtii</i>	<0.1	0.3	0	0.1	0
<i>Ophryoxus gracilis</i>	<0.1	0	0.2	0.4	0.1
<i>Sida crystallina</i>	<0.1	0.2	0	<0.1	0.5
<i>Asplanchna priodonta</i>	1.9	0.5	0	<0.1	0
<i>Conochilus unicornis</i>	8.5	0	0	0	0
<i>Filinia longiseta</i>	0	<0.1	0	0	0
<i>Kellicottia longispina</i>	8.3	0.8	38.3	20.7	0.1
<i>Keratella cochlearis</i>	0.5	0	18.2	1.1	0
<i>Keratella taurocephala</i>	0.7	0	0	<0.1	0
<i>Ploesoma (bipalpus) hudsoni</i>	<0.1	0	0	0	0
<i>Polyarthra vulgaris</i>	<0.1	0	0	0	0
<i>Trichocerca cylindrica</i>	0.3	0	0	0.9	0
Nombre d'espèces	36	19	13	24	13

NOTE: (8) ou (1), espèces présentes au seul lac no 8 ou no 1.

bassin de drainage de la rivière Eastmain. D'autres espèces comme *Cyclops scutifer*, *Daphnia longiremis* et *Holopedium gibberum* se distribuent préférentiellement dans les lacs peu profonds et plus en altitude (Types IV et V) à l'est du territoire.

Diversité

Dans les lacs, l'indice de diversité du zooplancton limnétique (log à base 2) varie de 0.99 (lac Yasinski, septembre) à 3.24 bits (lac Matagami,

juillet); sa valeur moyenne est de 2.37. La régularité est très variables: de 0.29 au lac Yasinski où la communauté est dominée par *Bosmina longirostris* (80.6%) à 0.89 au lac Woollett où l'abondance relative des différentes espèces est sensiblement égale (Tableau 9). Dans les rivières, nous observons une variation plus forte de l'indice de diversité (0.35 à 3.21) et de la régularité (0.36 à 1.00) (Tableau 10). Cela peut être dû à plusieurs facteurs: rapidité du courant au lieu de prélèvement qui entraîne une

TABLEAU 9. Composantes de la diversité (H , base 2) des communautés zooplanctoniques des lacs situés sur le territoire de la baie de James

No	Lac	Mois	H	N	R	Types
1	Alder	juin	3.11	18	0.75	II
1	Alder	août	3.15	16	0.79	II
2	Attila	juin	2.21	11	0.64	II
2	Attila	juillet	1.75	12	0.49	II
3	Gugu	juin	2.17	6	0.84	III
4	Carbillet	juillet	2.13	9	0.67	V
5	Béréziuk	juillet	2.48	11	0.72	V
5	Béréziuk	août	2.27	9	0.72	V
5	Béréziuk	septembre	1.98	7	0.70	V
6	Coutaceau	juin	2.93	14	0.77	II
7	Vert	octobre	1.73	6	0.67	VI
8	Tourbière no 2	octobre	1.29	8	0.43	—
9	Grande-Pointe	juillet	2.55	11	0.74	I
10	A	juillet	2.32	8	0.77	IV
11	Tilly	juin	1.58	7	0.56	I
12	Brune	juillet	2.23	8	0.74	IV
13	Corvette	juillet	2.68	10	0.81	I
14	Marbot	juillet	1.46	8	0.49	IV
15	Nichicun	août	2.81	14	0.74	I
16	Hurault	août	2.31	10	0.69	I
17	Vincelotte	août	2.93	12	0.82	II
18	Sakami	juillet	3.23	26	0.69	II
19	Boyd	octobre	2.98	13	0.80	II
20	Jacques	juillet	2.21	8	0.74	—
21	Lemaitre	juin	2.27	7	0.81	I
22	Duplanter	juin	2.64	11	0.76	I
23	Porée	juin	2.23	8	0.74	I
24	Vermeulle	juin	2.27	11	0.65	I
25	Clairambault	juin	2.59	8	0.86	III
26	Delorme	juillet	2.33	9	0.73	I
27	Genin	juillet	2.57	9	0.81	I
28	Brisay	juillet	2.38	9	0.75	I
29	Marsilly	juillet	2.45	8	0.82	I
30	Caniapiscau	juillet	2.62	10	0.79	I
31	Le Grand	juillet	2.08	10	0.62	I
32	Fontanges	août	2.31	7	0.82	I
33	Neret	août	2.57	8	0.86	I
34	Brion	juin	2.35	7	0.84	III
35	Chastelain	juin	1.42	4	0.71	III
36	Pau	juin	1.91	8	0.64	III
37	Opinaca	juin	2.70	11	0.78	II
38	Low	juin	2.93	11	0.85	II
39	Petit Opinaca	juin	2.86	10	0.86	II
40	Baudeau	juillet	1.32	13	0.36	II
41	Woollett	juillet	2.96	10	0.89	IV
42	Mistassini	août	3.20	21	0.73	II
42	Mistassini	septembre	3.16	15	0.81	II
43	Matagami	juin	2.75	17	0.67	II
43	Matagami	juillet	3.24	18	0.78	II
44	Yasinski	septembre	0.99	11	0.29	II
45	B-160	septembre	2.06	9	0.65	II
46	Tourbière no 1	octobre	1.69	4	0.85	VI

NOTE: N , nombre d'espèces; R , régularité.

faible diversité, emplacement du site d'échantillonnage à la sortie d'un lac (station XIV, rivière Rupert à la décharge du lac Mistassini) et zones de rivières ressemblant plus à des milieux lenticques qu'à des milieux lotiques (station III sur la Grande Rivière au niveau de LG-2, station VII sur la

Sakami, station XIV sur la Rupert), entraînant de fortes diversités.

Le tableau 11 résume la corrélation de la diversité du zooplancton des lacs et de ses composantes (nombre d'espèces et régularité) avec cinq descripteurs métriques des lacs. Les résultats de ces

TABLEAU 10. Nombre d'espèces (N), indice de diversité (H , base 2) et régularité (R) des communautés zooplanctoniques dans les rivières situées sur le territoire de la baie de James. Le Tableau 2 donne des précisions sur les diverses portions de rivières

Rivières	H	N	R
I	2.51	22	0.36
II*	1.85	7	0.71
III	3.19	20	0.65
IV	2.61	13	0.62
V	2.89	15	0.63
VI*	0.92	3	0.67
VII*	3.21	14	0.93
VIII	2.35	13	0.54
IX*	1.00	2	1.00
X	2.41	11	0.58
XI	2.86	12	0.83
XII	1.48	7	0.57
XIII	0.35	5	0.40
XIV	3.10	23	0.57
XV	2.78	10	0.90
XVI*	1.03	6	0.40
XVII*	2.46	9	0.78

*Moins de 100 individus dans l'échantillon.

calculs indiquent que si on considère séparément les composantes de la diversité, seul le nombre d'espèces varie en fonction de tous les descripteurs du milieu. Les coefficients de corrélation partielle indiquent pour leur part que le nombre d'espèces diminue à mesure qu'augmente la latitude (gradient latitudinal normal), et qu'il augmente au contraire avec la profondeur de la station d'échantillonnage et, à un degré moindre, avec la superficie du lac. La régularité de distribution des espèces ne semble pas, pour sa part, varier en fonction des facteurs explicatifs analysés au Tableau 11.

L'analyse d'un tableau de contingence de la typologie des lacs par rapport au nombre d'espèces, ne révèle aucune relation claire. Quant aux tableaux typologie-régularité, il montre que les échantillons provenant des lacs des types IV et V ont tendance à avoir une plus grande régularité, quant à la distribution des fréquences de leurs espèces de zooplancton. Cette tendance n'est cependant pas assez prononcée pour être dégagée par les corrélations du Tableau 11.

Discussion

La structure de la communauté zooplanctonique des lacs du territoire de la baie de James (en moyenne 4 Copépodes, 4 Cladocères, 2 Rotifères) se compare à celle du zooplancton limnétique des lacs de la région "Experimental Lakes Area" (ELA) au nord-ouest de l'Ontario, dans lesquels on retrouve en moyenne 4.5 Copépodes et 3.9 Clado-

cères; cependant, nous avons dénombré au cours de cette étude un plus grand nombre de crustacés (14 Copépodes, 22 Cladocères) que dans les lacs de la région ELA (12 Copépodes, 16 Cladocères) (Patalas 1971), ce qui s'explique par la présence dans nos échantillons limnétiques d'espèces d'origine littorale (indiquées par un astérisque au Tableau 5). Le zooplancton des lacs du nord de la Suède (Lötmaker 1964) présente aussi la même structure que celui des lacs étudiés, cependant il en diffère par sa composition spécifique. Par contre, la structure zooplanctonique observée ici est différente de celle observée dans les lacs du Colorado (Pennak 1957), les lacs des Rocheuses (Anderson 1971) et les lacs terre-neuviens (Daggett et Davis 1975).

Les crustacés dominants (*Leptodiptomus minutus*, *Epischura lacustris*, *Bosmina longirostris*, *Holopedium gibberum* et *Diacyclops bicuspidatus thomasi*) sont les mêmes que ceux des lacs des types I et II de la région ELA, dans le nord-ouest de l'Ontario (Patalas 1971) et se retrouvent sur tout le bouclier canadien (Reed 1963; Patalas 1972; Patalas et Salki 1973, 1974a, 1974b; Pope 1973; Schindler 1972; Schindler et Noven 1971; Sheppard T. Powell Consultants Ltd. 1971, 1972, 1973). D'autre part le calanoïde *Limnocalanus macrurus*, caractéristique des grands lacs très profonds et aux eaux transparentes de la région ELA, a aussi été trouvé dans les plus grands lacs du territoire de la baie de James: Sakami, Carbillet, Béréziuk, Low, Mistassini et Matagami (Types I et II).

L'analyse typologique des échantillons de zooplancton lacustre a permis de définir cinq types de lacs. Ce sont les caractéristiques géomorphologiques et physico-chimiques qui déterminent le type de communauté zooplanctonique des lacs du territoire de la baie de James, comme l'avaient observé Patalas (1971) et Sprules (1977) pour les lacs du nord-ouest Ontarien, les lacs du Parc Provincial Killarney et les lacs Haliburton au sud de l'Ontario. La séparation entre les deux blocs principaux de lacs, soit les types I et II à l'ouest et les types III, IV et V à l'est, est marquée par la cote d'altitude de 250 m, qui correspond presque exactement à la limite de l'invasion marine post-glaciaire de Tyrrell. La grande division des lacs selon cette cote d'altitude, démontrée ici pour la faune zooplanctonique, avait déjà été observée par Legendre et Beauvais (1978) pour la faune ichtyologique lacustre sur ce même territoire.

Ces auteurs avaient par ailleurs observé, pareillement aux résultats de la présente étude, une faible augmentation de la régularité de la distribution de

TABLEAU 11. Interprétation de la diversité du zooplancton lacustre et de ses composantes par corrélation avec cinq descripteur métriques. Deux mesures de dépendance sont présentées dans chaque case: le r de Pearson, puis le r partiel

	Longitude	Latitude	Altitude	Superficie	Profondeur (station)
Diversité	0.013 -0.058	-0.282* -0.172	-0.018 -0.021	0.439** 0.154	0.331* 0.111
Nombre d'espèces	0.276* 0.005	-0.534*** -0.287*	-0.255* 0.017	0.627*** 0.205	0.630*** 0.316*
Régularité	-0.176 -0.002	0.108 0.085	0.156 0.002	0.063 0.163	-0.099 -0.138

*, $p \leq 0.05$; **, $p \leq 0.01$; ***, $p \leq 0.001$.

fréquence des espèces de poissons, de l'ouest à l'est de ce même territoire. L'augmentation de la régularité zooplanctonique dans les lacs des types IV et V pourrait s'expliquer, ici encore, par une plus faible activité biologique (lacs moins productifs) que dans les lacs du type I, causée par la plus faible conductance (elle-même reliée aux matériaux géologiques de surface) ainsi que par leur localisation plus nordique.

La discrimination faite au sein des échantillons de zooplancton lacustre se base surtout sur les variations observées dans l'abondance relative des espèces dominantes car ce sont presque toujours les mêmes espèces qui caractérisent les différents types de lacs (à l'exception du Type V): *Leptodiptomus minutus*, *Bosmina longirostris*, *Kellicottia longispina*, *Holopedium gibberum* et *Diacyclops bicuspidatus thomasi*. Des comparaisons faites entre notre essai de typologie et ceux de Sprules (1977) sur les lacs ontariens également situés sur le bouclier canadien indiquent que les espèces les plus représentatives des lacs du territoire de la baie de James ne sont pas caractéristiques des mêmes types de lacs à travers tout le bouclier canadien, bien que leur distribution zoogéographique y soit générale.

On peut citer plusieurs exemples à l'appui de cet énoncé. Ainsi, au nord du Québec, le calanoïde dominant, *Leptodiptomus minutus*, est associé à tous les types de lacs mais préférentiellement aux lacs des types II et IV (Tableau 8) qui sont respectivement des lacs profonds et des lacs peu profonds et peu minéralisés. Par contre, en Ontario, dans la région ELA et dans les lacs Haliburton, cette espèce est associée aux grands lacs, clairs et profonds comme nos lacs de type II alors que dans les lacs du parc national Killarney elle se trouve dans les mêmes milieux que ceux de type IV décrits sur le territoire de la baie de James. Le Cladocère *Bosmina longirostris* caractérise plutôt les lacs de types I et II qui sont situés dans la zone d'invasion de la

mer de Tyrrell et qui sont plus profonds, mieux minéralisés et moins transparents que les autres lacs du territoire. Il est représentatif des lacs acides, clairs et riches en sulfates du parc national Killarney et des grands lacs, clairs et pauvres en phosphore de la région de Haliburton. Les lacs de types IV et V, qui comptent parmi les lacs les moins profonds du territoire de la baie de James, se distinguent par l'abondance relative très élevée du Cladocère *Holopedium gibberum* (15 à 44%). Ces lacs sont aussi caractérisés par un système de drainage non ouvert. Parmi les lacs Haliburton au sud de l'Ontario, le lac Talbot qui est aussi extrêmement peu profond et dont le système de drainage est fermé, se singularise également par une forte abondance d'*Holopedium gibberum* (22%). Le cyclopoïde *Diacyclops bicuspidatus thomasi*, relativement plus abondant dans les lacs de type II du territoire de la baie de James, est caractéristique des grands lacs clairs de la région ELA, des lacs peu transparents, à pH neutre et pauvres en sulfates du parc national Killarney et des lacs à forte charge organique de la région de Haliburton.

L'analyse typologique d'échantillons prélevés sur une période de 5 mois, comme c'est le cas dans cette étude, peut être évidemment influencée par la variabilité saisonnière de la structure des communautés. Pour pallier à l'action de cette variation temporelle, nous avons effectué des analyses séparées sur les échantillons de juin et juillet d'une part, et d'août à octobre d'autre part. Les groupements produits par chacune des analyses ont été semblables à ceux reflétés par une analyse groupée (Fig. 2). Ceci indiquerait que la variabilité temporelle des échantillons n'influence pas significativement la typologie qui, comme nous l'avons montré, reflète surtout des facteurs géomorphologiques (profondeur, latitude, longitude). Toutefois, la caractérisation des lacs de types I et V est mise en évidence par des espèces reconnues

comme espèces monocycliques printanières dans le lac B-160 (no 45) où nous avons étudié la dynamique saisonnière du zooplancton (Pinel-Alloul 1976, 1977). Il s'agit du Rotifère *Conochilus unicornis* caractéristique du type I (8.5%) et du Copépode *Epischura lacustris*, caractéristique des lacs de type V (12%) qui ont tous été échantillonnés en juin.

Nos résultats indiquent aussi que le nombre d'espèces (et donc la diversité zooplanctonique) présente une corrélation positive avec la superficie et la profondeur des lacs et que les lacs situés plus au nord supporteraient moins d'espèces zooplanctoniques que ceux situés plus au sud. Toutefois ce ne sont pas les seuls facteurs qui influencent la structure des communautés zooplanctoniques, le nombre d'espèces dans le zooplancton des lacs augmentant aussi avec la transparence (Patalas 1971), la température des eaux de l'épilimnion, la longueur de la saison de végétation, le degré d'eutrophisation et la production de phytoplancton (Patalas 1975; Brylinski et Mann 1973; Johnson 1975). Il ne faut pas non plus omettre le rôle de la prédation. Anderson (1971) a observé la prédation des cyclopoïdes par les diptomides carnivores. Ce sont cependant les poissons planctonophages qui jouent le rôle le plus important. Au lac Michigan, l'introduction d'*Alosa pseudoharengus* a entraîné une diminution des grandes espèces au profit des petites (Wells 1970). Sur le territoire de la baie de James, l'épinoche à trois épines et les jeunes alevins mangent du plancton (Dufort et Méthot 1974); cependant, à la baie de James, le touladi adulte ne semble pas se nourrir principalement de zooplancton comme il le fait dans certains lacs du parc Algonquin (Martin 1966), peut-être parce que le zooplancton n'y est pas assez abondant (Johnson 1975).

Remerciements

Le support logistique nécessaire à l'exécution de cet inventaire a été fourni par la Société d'énergie de la Baie James. Les prélèvements ont été faits par les équipes de biologistes du Service Environnement de cette société. Les docteurs G. F. Margaritora et B. Dussart nous ont assisté lors de l'identification des spécimens. A tous, nous témoignons notre sincère gratitude. Le temps-machine pour effectuer les calculs a été fourni par le Service de l'Informatique de l'Université du Québec à Montréal.

ANDERSON, R. S. 1971. Crustacean plankton of 146 alpine and subalpine lakes and ponds in western Canada. *J. Fish. Res. Board Can.* **28**: 331-321.

BEAUVAIS, A., et P. LEGENDRE. 1977. Niches et associations de

poissons dans les lacs de la Radissonie québécoise. Une étude effectuée pour le compte de la Société d'énergie de la Baie James. Centre de Recherches en Sciences de l'Environnement, Université du Québec à Montréal, Montréal.

BERNARD, J. G. 1970. Spectre planctonique (Cladocères et Copépodes) du lac Bédard, Forêt de Montmorency. Thèse de Ph.D. Université Laval, Québec, Québec.

BERNARD, J. G., et R. LAGUEUX. 1972. Association planctonique (Cladocères et Copépodes) d'un lac dimictique du parc des Laurentides, Québec. *Nat. Can.* **99**: 381-409.

— 1975. Cycles vitaux des principaux crustacés planctoniques d'un lac dimictique du parc des Laurentides, Québec. *Nat. Can.* **102**: 33-44.

BRYLINSKI, M., and K. H. MANN. 1973. An analysis of factors governing productivity in lakes and reservoirs. *Limnol. Oceanogr.* **28**: 1-14.

DAGGETT, R. F., and C. C. DAVIS. 1975. Distribution and occurrence of some littoral freshwater microcrustaceans in Newfoundland. *Nat. Can.* **102**: 45-55.

DUFORT, F., et G. MÉTHOT. 1974. Régime alimentaire des poissons des rivières et des lacs de la région de LG-2. Programme S.E.B.J. no 3, Rapport de recherches no 25.

FILTEAU, G. 1955. Contribution à l'étude de la faune planctonique des lacs du parc des Laurentides. *Ann. Assoc. Can. Fr. Av. Sci.* **21**: 90-91.

— 1960. Contribution à l'étude du plancton de la région du Québec. *Ann. Assoc. Can. Fr. Av. Sci.* **26**: 97.

GOWER, J. C., et G. J. S. ROSS. 1969. Minimum spanning trees and single linkage cluster analysis. *Appl. Stat.* **18**: 54-64.

HENDRICKSON, J. A., JR., and P. R. EHRLICH. 1971. An expanded concept of "species diversity." *Not. Nat. Acad. Nat. Sci. Philadelphia*, **439**: 1-6.

HURLBERT, S. H. 1971. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology*, **52**: 577-586.

JACKSON, R. C., and T. J. CROVELLO. 1971. A comparison of numerical and biosystematic studies in *Haplopappus*. *Brittonia*, **23**: 54-70.

JOHANSEN, F. 1931. Observations on Canadian freshwater Crustacea. *Can. Field-Nat.* **45**: 80-83.

JOHNSON, L. 1975. Distribution of fish species in Great Bear Lake, Northwest Territories, with reference to zooplankton, benthic invertebrates, and environment conditions. *J. Fish. Res. Board Can.* **32**: 1989-2004.

JONES, H. G., M. LECLERC, M. MEYBECK, M. OUELLETTE et A. ROUSSEAU. 1975. Etude limnologique préliminaire du réservoir Manicouagan, Québec. *Verh. Int. Ver. Limnol.* **19**: 1758-1767.

JUDAY, C. 1927. Freshwater Cladocera from the east shore of Hudson and James Bay. *Can. Field-Nat.* **41**: 130-131.

LANCE, G. N., et W. T. WILLIAMS. 1966. A generalized sorting strategy for computer classification. *Nature (London)*, **212**: 218.

LANOUELLETTE, C. 1946. Le plancton du lac Horatio-Walker, parc des Laurentides étude qualitative et quantitative. Mémoire de M.Sc. Université de Montréal, Montréal.

LEGENDRE, L., et P. LEGENDRE. 1979. Ecologie numérique. Tome I. Le traitement multiple des données écologiques. Tome II. La structure des données écologiques. Mason, Paris et les Presses de l'Université du Québec, Québec.

LEGENDRE, P. 1976. An appropriate space for clustering selected groups of Western North American *Salmo*. *Syst. Zool.* **25**: 193-195.

LEGENDRE, P., et A. BEAUVAIS. 1978. Niches et associations de poissons des lacs de la Radissonie québécoise. *Nat. Can.* **105**: 137-158.

LOYD, M., and R. J. GHELARDI. 1964. A table for calculating the "equitability" component of species diversity. *J. Anim. Ecol.* **33**: 217-225.

- LÖTMAKER, T. 1964. Studies on planktonic crustaceans in thirteen lakes in northern Sweden. *Inst. Freshwater Res. Drottningholm. Rep.* **45**: 113-189.
- LUKASZEWICZ, J. 1951. Sur la liaison et la division des points d'un ensemble fini. *Colloq. Math.* **2**: 282-285.
- MARGALEF, R. 1958. Information theory in ecology. *Gen. Syst.* **3**: 36-71.
- MARGARITORA, F. G., E. MAGNIN et B. PINEL-ALLOUL. 1975. Les Cladocères littoraux de trois lacs des Laurentides à Saint-Hyppolyte (Québec). *Can. J. Zool.* **53**: 1898-1906.
- MARTIN, N. V. 1966. The significance of food habits in the biology, exploration and management of Algonquin Park lake trout. *Trans. Am. Fish. Soc.* **95**: 415-422.
- MORRY, C. J., J. P. CUERRIER et D. J. FABER. 1973. Crustacean plankton of Gatineau Park, Qué. *Nat. Can.* **100**(6): 551-560.
- MOTYKA, J., B. DOBRZANSKI et S. ZAWADZKI. 1950. Wstępne badania nad lakami południowoschodniej Lubelszczyzny. (Preliminary studies on meadows in the south-east of the province Lublin.) *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska Sect. E*, **5**: 367-447.
- PATALAS, K. 1954. Pelagic crustacean complexes of 28 Pomeranian lakes. *Ekol. Pol.* **2**: 61-92.
- 1964. The crustacean plankton communities in 52 lakes of different altitudinal zones of Northern Colorado. *Verh. Int. Ver. Limnol.* **15**: 719-726.
- 1971. Crustacean plankton communities in forty five lakes in the experimental lakes area, Northwestern Ontario. *J. Fish. Res. Board Can.* **28**: 231-244.
- 1972. Crustacean plankton and the eutrophication of St. Lawrence Great Lakes. *J. Fish. Res. Board Can.* **29**: 1451-1462.
- 1975. The crustacean plankton communities of fourteen North American Great Lakes. *Verh. Int. Ver. Limnol.* **19**: 504-511.
- PATALAS, K., and A. SALKI. 1973. Crustacean plankton and the eutrophication of lakes in the Okanagan Valley, British Columbia. *J. Fish. Res. Board Can.* **30**: 519-542.
- 1974a. Zooplankton study in Southern India Lake. The Lake Winnipeg, Churchill and Nelson Rivers Study Board. *Tech. Rep. 5*, Vol. 1.
- 1974b. Crustacean plankton of lakes of the lower Churchill River and Rat-Burntwood River systems. The Lake Winnipeg, Churchill and Nelson Rivers study board. *Tech. Rep. 5*, Vol. 2.
- PENNAK, R. W. 1957. Species composition of limnetic zooplankton communities. *Limnol. Oceanogr.* **2**: 222-232.
- PIELOU, E. C. 1969. An introduction to mathematical ecology. John Wiley & Sons, New York.
- PINEL-ALLOUL, B. 1976. Etude du zooplancton récolté en 1976 dans la région des lacs Hélène et Nathalie. Programme S.E.B.J. no 3, 2e partie. Rapport de recherches no 31. Université de Montréal, Montréal.
- 1977. Etude du zooplancton récolté en 1975 dans le bassin de la rivière au Castor. Programme S.E.B.J. no 54, 2e partie. Rapport de recherches no 39. Université de Montréal, Montréal.
- POPE, G. F. 1973. Variations in the zooplankton communities of lakes of the Matamek River system related to fish. Ph.D. Thesis, University of Waterloo, Guelph.
- REED, E. B. 1963. Records of freshwater Crustacea from arctic and subarctic Canada. *Natl. Mus. Can. Bull.* **199**: 29-62.
- ROHLF, F. J. 1970. Adaptive hierarchical clustering schemes. *Syst. Zool.* **19**: 58-82.
- SCHINDLER, D. W. 1972. Production of phytoplankton and zooplankton in Canadian Shield Lakes. *Dans* Productivity problems of freshwater. Warszawa, Krakow. pp. 311-331.
- SCHINDLER, D. E., et B. NOVEN. 1971. Vertical distribution and seasonal abundance of zooplankton in two shallow lakes of the experimental area, Northwestern Ontario. *J. Fish. Res. Board Can.* **28**: 245-256.
- SCHNELL, G. D. 1970. A phenetic study of the suborder Lari (Aves). I. Methods and results of principal components analyses. *Syst. Zool.* **19**: 35-57.
- SHANNON, C. E. 1948. A mathematical theory of communications. *Bell Syst. Tech. J.* **27**: 379-423, 623-656.
- SHEPPART T. POWELL CONSULTANTS LIMITED. 1971. Churchill Falls Power Project Water. Water quality and biological study. Vol. 2. Churchill Falls (Labrador) Corp. Ltd., Labrador.
- 1972. Churchill Falls Power Project Water. Water quality and biological study. Vol. 3. Churchill Falls (Labrador) Corp. Ltd., Labrador.
- 1973. Churchill Falls Power Project Water. Water quality and biological study. Vol. 4. Churchill Falls (Labrador) Corp. Ltd., Labrador.
- SØRENSEN, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analysis of the vegetation on Danish commons. *Biol. Skr.* **5**: 1-34.
- SPRULES, W. G. 1977. Crustacean zooplankton communities as indicators of limnological conditions: an approach using principal component analysis. *J. Fish. Res. Board Can.* **34**: 962-975.
- WELLS, L. 1970. Seasonal abundance and vertical movements of planktonic crustacea in lake Michigan. *Fish. Bull., Fish. Wildl. Serv. U.S.* **60**(172): 343-369.