

TYOLOGIE ECOLOGIQUE D'UN GROUPE DE LACS DU MOYEN NORD QUEBECOIS

par P. LEGENDRE^{1,2}, F. LONG¹ et A. BEAUBAIS¹

Une typologie orientée a été obtenue à partir d'un échantillon de 173 lacs de la Radissonie québécoise. L'orientation a été donnée en pondérant les différents descripteurs physiques et géomorphologiques, qui formaient la base de la classification, en fonction de l'information qu'ils ont en commun avec l'indice de productivité des lacs établi par Ryder. La typologie reconnaît 12 groupes au sein du continuum géomorphologique et biologique que représente l'échantillon de lacs. La première division de l'échantillon répartit les lacs en 2 groupes selon la longitude : à l'ouest se trouvent les lacs plus productifs de la zone d'invasion de la mer de Tyrrell où dominent principalement le roc et les matériaux organiques, alors qu'à l'est, dans la région des plateaux où dominent les matériaux grossiers témoins du passage des glaciers, se trouvent des lacs à activité biologique plus faible. Cette typologie a été conçue de façon à ce qu'un lac puisse être identifié à son type à la suite d'une simple analyse de son bassin-versant en fonction de quelques descripteurs de la carte écologique du territoire, ainsi que d'une consultation de la photographie aérienne pour établir sa profondeur.

Ecological typology of a group of lakes in northwestern Québec

An oriented typology has been obtained from a sample of 173 lakes of northwestern Québec. The orientation was provided by weighing the various physical and geomorphological descriptors, on which the classification process was based, according to the amount of information they shared with Ryder's morpho-edaphic index of lake productivity. 12 types of lakes were determined in the geomorphological and biological continuum formed by the lake sample. The first major partition of the sample divides the lakes in two groups, roughly after their longitude: westwards are found more productive lakes, in the area formerly invaded by the Tyrrell glacial sea where rocky and organic materials dominate, while eastwards, in the plateaux area where glacial deposits are dominant, lakes with less important biological activity are found. This typology has been built so as to identify easily a lake to its type, after analyzing a few descriptors of its drainage basin on the ecological map of the area, and studying the aerial photograph in order to estimate its depth.

1. — INTRODUCTION

Des projets hydroélectriques de grande envergure sont en voie de modifier de façon importante la physionomie de la Radissonie québécoise. Ce territoire de 410 000 km² (*fig. 1*) comprend l'ensemble des ter-

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

2. Adresse actuelle : Département de Sciences biologiques, Université de Montréal, C. P. 6128, Montréal, Québec H3C 3J7.

res qui, du côté québécois, appartiennent (ou appartiendront, à la suite des travaux) au bassin de drainage de la baie de James (Laverdière

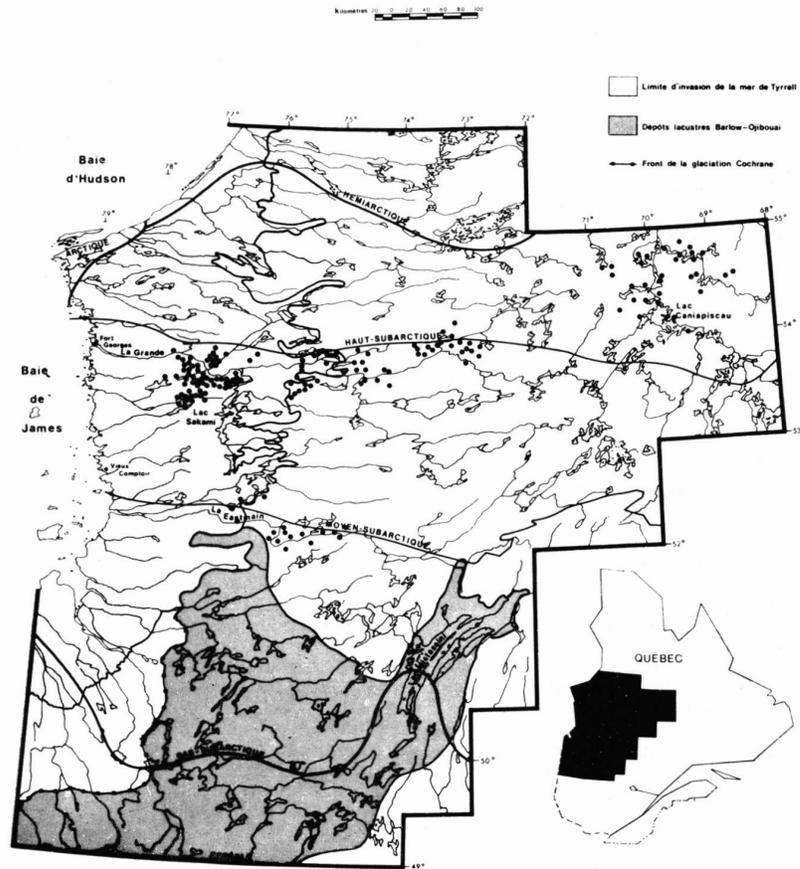


FIG. 1. — Carte de la Radissonie québécoise montrant les zones bioclimatiques (Zarnovican *et al.* 1976) ainsi que les limites d'extension de la mer de Tyrrell et des dépôts lacustre Barlow-Ojibouai. Les 173 lacs de la présente étude, situés entre les 52° et 55° N, y sont représentés par des cercles pleins.

1969). La baie de James, située entre les 51° et 55° de latitude nord, forme l'extrémité sud de la baie ou mer d'Hudson. En particulier, des aménagements de diverses natures toucheront certains des milliers de lacs qui s'y trouvent : aménagements en vue de les intégrer au réseau hydroélectrique ou dans le but de les rendre accessibles à des

fins récréatives. Il est donc impérieux d'en arriver à un mode de gestion des lacs de ce territoire qui permette d'évaluer au moins de façon sommaire leur potentiel écologique.

Une masse importante de données ont été recueillies depuis 1973 afin d'arriver à définir l'écologie particulière de cette région. En particulier, la carte géologique du territoire fournit la description détaillée de sa géomorphologie, alors que les inventaires de lacs comportent, entre autres, les listes de capture de poissons, des descripteurs de localisation ainsi que des renseignements sur la profondeur et sur la conductivité des eaux. D'autres informations encore étaient disponibles sur les cartes géologiques publiées. Le présent travail, qui fait suite à une étude préliminaire de classification des lacs de ce territoire (Legendre *et al.* 1976), tentera d'employer ces données, récoltées dans des buts divers mais autres que celui poursuivi ici, pour grouper les lacs dans un schéma typologique de classification. Cet article se veut donc à la fois une contribution méthodologique à l'analyse écologique multidimensionnelle des données que recèlent les grandes banques qui foisonnent depuis la désacralisation de l'ordinateur, et aussi un instrument de gestion mis à la disposition du planificateur.

Cet instrument consiste en un schéma de classification reflétant les propriétés biotiques potentielles des lacs naturels à partir d'une photo-interprétation géomorphologique de leur bassin hydrographique, sans qu'il ne soit nécessaire de procéder à l'échantillonnage puis à l'analyse physico-chimique et biologique. Sous-jacente à cet exercice, on retrouve donc l'hypothèse que l'écologie d'un milieu lacustre est conditionnée en grande partie par la géomorphologie du bassin-versant, en particulier des rives sur lesquelles ruissellent les eaux, ainsi que par la morphologie du lac lui-même.

Le mot *typologie* est employé ici dans le sens d'un groupement d'objets écologiques tirés d'un continuum, qui ne vise qu'à établir des types permettant de décrire jusqu'à un certain point la structure de ce continuum (Legendre & Legendre 1979). En tant que typologie, le schéma de classification aura aussi, évidemment, ses limites : il ne pourra rendre compte de toute la variabilité existant à l'intérieur des groupes et, d'autre part, il devra laisser de côté quelques lacs, intermédiaires entre les groupes, dont l'inclusion aurait obscurci les descriptions des groupes et rendu imprécises les différences entre eux.

2. — MATERIEL

2.1. — Choix des lacs

Une première liste de lacs a été établie, comprenant tous ceux pour lesquels des inventaires ichtyologiques ainsi que des données de pro-

fondeur moyenne et de conductivité, à tout le moins, étaient disponibles (voir section 2.2). Ces deux derniers descripteurs ont été jugés essentiels puisqu'ils s'étaient révélés très significatifs lors d'une première tentative de classification de lacs de ce même territoire (Legendre *et al.* 1976). Parmi ces lacs, nos collègues du Ministère des Richesses naturelles du Québec, qui se sont chargés par la suite d'établir la description des bassins de drainage (section 2.3), ont sélectionné 173 lacs après avoir éliminé les très grands lacs ayant des bassins de drainage de plus de 2 000 km² : d'une part, il aurait fallu trop de temps pour déterminer les matériaux géologiques de surface de tels bassins et d'autre part, les bassins de drainage des grands lacs, particulièrement dans la partie est du territoire, sont parfois difficilement délimitables puisque certains lacs peuvent se déverser dans deux bassins différents, selon la période de l'année.

Les 173 lacs retenus sont situés entre les 52° et 55° N et ils sont distribués le long des rivières Eastmain et La Grande, ainsi que dans la région du lac Caniapiscau (*fig. 1*).

2.2. — Données extraites des banques

Le territoire de la Radissonie québécoise a été inventorié au complet, entre 1973 et 1975, par les équipes d'écologistes de la Section des Etudes écologiques régionales (SEER) d'Environnement Canada. Ce territoire a été divisé en 40 000 unités environ, dites « cellules écologiques », chaque cellule formant l'intersection d'un écosystème terrestre et d'un écosystème aquatique (Legendre & Gagnon 1977), de telle sorte qu'à chaque cellule correspondent les descripteurs de son écosystème terrestre et ceux de son écosystème aquatique. Une cellule est donc une parcelle de territoire caractérisée par des éléments topographiques, des matériaux de surface, un certain type de sol et des masses d'eau particulières. Ces données sont réunies dans la banque de données informatisée de la Société de Développement de la Baie James. Certains descripteurs ont été extraits de cette banque de données et ont servi à la description des bassins de drainage et des zones riveraines des lacs (section 2.3).

De 1973 à 1976, un grand nombre de stations de lac ont été échantillonnées par les équipes de la Société d'énergie de la Baie James, dans différents bassins hydrographiques de la Radissonie québécoise. Ces données (physico-chimie, inventaires de poissons, de plancton, de benthos, etc.) sont réunies dans une autre banque de données informatisée. Pour un certain nombre de lacs, incluant les 173 de la présente étude, des descripteurs physico-chimiques ainsi que des données de capture de poissons avaient été extraits de cette banque de données, au cours d'une étude antérieure (Legendre & Beauvais 1978). Un sous-fichier a donc été constitué, pour les 173 lacs, comportant les

données de profondeur moyenne, de conductivité, ainsi que la présence ou l'absence des 13 espèces de poissons présentes dans plus de 5 % des échantillons (tableau I).

2.3. — Descripteurs des bassins et des rives

Le Service Qualité des Eaux du Ministère des Richesses naturelles du Québec s'est chargé de délimiter les bassins de drainage des 173 lacs de la présente étude sur les cartes topographiques à l'échelle 1 : 250 000 et de reporter ces contours sur la carte des cellules écologiques à l'échelle du 1 : 125 000 (section 2.2), puis de compiler les données décrivant les bassins et les rives. La méthode de compilation, décrite en détail dans Legendre *et al.* (1978), consistait à extraire les descripteurs pertinents pour les différentes cellules d'un bassin de drainage (ou du pourtour d'un lac, pour la description des rives) et, après planimétrie, à calculer soit la valeur moyenne du descripteur, soit le dominant et le sous-dominant dans le cas des matériaux géologiques.

Les contours des bassins étaient aussi reportés sur les cartes géologiques à l'échelle du 1 : 1 000 000 afin de déterminer le type de substrat sur lequel repose la plus grande partie de chacun des bassins. Ce descripteur, appelé « groupe géologique », ainsi que les autres descripteurs des bassins et des rives, sont détaillés au tableau I.

Enfin, l'altitude du lac, mesurée sur les cartes topographiques, a permis de déterminer si le lac appartenait aux basses terres, aux moyennes terres ou aux hautes terres (descripteur « zone » au tableau I).

Le fichier de données résultant constitue une matrice de 173 lacs et de 31 descripteurs. Il n'est pas présenté ici à cause des contraintes d'espace, mais il est disponible sur demande aux auteurs, ainsi que dans le rapport de Legendre *et al.* (1978).

3. — METHODES

3.1. — Schéma de l'analyse

L'analyse avait pour but d'établir, à partir des descripteurs des bassins et des rives, une typologie des lacs reflétant leurs propriétés biotiques potentielles. Il convenait donc de rechercher cette typologie à l'aide d'une méthode de classification dite « orientée ». En effet, l'écologiste qui tente de typifier dans un phénomène qui, comme les lacs de ce territoire, forme un continuum, peut établir autant de typologies

TABLEAU I. — Descripteurs des 173 lacs de l'étude. Les résultats référeront parfois aux numéros de code des descriptions.

-
- 1) *Longitude* : de 68° à 78° W
- 2) *Latitude* : de 52° à 55° N
- 3) *Zone*
1. Basse terres : zone d'invasion de la mer de Tyrrell, limitée à l'est par l'absence d'argile marine dans le bassin de drainage
 2. Moyennes terres : limitées à l'ouest par l'argile marine et à l'est par la cote d'altitude de 300 m
 3. Hautes terres : plus de 300 m d'altitude.
- 4) *Profondeur moyenne*
1. 0-5 m
 2. 5-10 m
 3. 10 m et plus.
- 5) *Conductivité des eaux* : de 8 à 78 μ S/cm
- 6) *Groupe géologique*
- | | |
|----------------------|------------------------------------|
| 1. Quartzite | 5. Granites foliés |
| 2. Gneiss granitique | 6. Laves métamorphiques |
| 3. Roche granitique | 7. Gneiss granitique à oligoclase. |
| 4. Gneiss et schiste | |
- 7) *Matériaux de surface dominants du bassin*
1. Affleurements rocheux
 2. Matériaux grossiers
 3. Organique
 4. Argile et limon.
- 8) *Matériaux de surface dominants et sous-dominants du bassin*
(19 descriptions : différentes combinaisons des 4 matériaux du descripteur n° 7, tenant compte des proportions de chacun. Détails dans Legendre *et al.* 1978).
- 9-10) *Relief du bassin et des rives*
1. F Plat
 2. U Ondulé
 3. R Moutonné
 4. H Montueux
 5. M Montagneux.
- 11) *Abondance de ruisseaux dans les cellules riveraines* et 12) *Abondance des zones ripicoles dans les cellules riveraines*
(habitat en bordure des eaux courantes, quelles soient temporaires ou permanentes).
- | | |
|------------------------|--|
| 1. Absents ou très peu | |
| 2. Peu | |
| 3. Moyennement | |
| 4. Beaucoup | |
| 5. Très abondants | |
- 13) *Découpage des rives*
1. Régulier
 2. Irrégulier
 3. Très irrégulier.
- 14) *Pente de la berme* (dominance et sous-dominance) et 15) *Pentes des rives*
- | | |
|-------------------|---------------------|
| 1. Doux | 6. Modéré - abrupte |
| 2. Doux - modéré | 7. Abrupte - doux |
| 3. Doux - abrupte | 8. Abrupte - modéré |
| 4. Modéré - doux | 9. Abrupte. |
| 5. Modéré | |
-

- 16) *Système de drainage des cellules riveraines*
- | | |
|---------------------------|-----------------------|
| 1. Ouvert, profond | 6 Restreint, tourbeux |
| 2. Ouvert, peu profond | 7. Fermé, profond |
| 3. Ouvert, tourbeux | 8. Fermé, peu profond |
| 4. Restreint, profond | 9. Fermé, tourbeux. |
| 5. Restreint, peu profond | |
- 17) *Matériaux de surface dominants des rives*
1. Affleurements rocheux
 2. Matériaux grossiers
 3. Organique
 4. Argile et limon.
- 18) *Matériaux de surface dominants et sous-dominants des rives*
(Les 16 combinaisons possibles des 4 matériaux du descripteur n° 17, pris deux à deux)
- | | |
|--------------------------|-------------------------------|
| 19) *Cisco de lac | <i>Coregonus artedii</i> |
| 20) *Doré jaune | <i>Stizostedion vitreum</i> |
| 21) *Epinoche à 9 épines | <i>Pungitius pungitius</i> |
| 22) *Grand brochet | <i>Esox lucius</i> |
| 23) *Grand corégone | <i>Coregonus clupeaformis</i> |
| 24) *Lotte | <i>Lota lota</i> |
| 25) *Méné de lac | <i>Couesius plumbeus</i> |
| 26) *Ménom'ni rond | <i>Prosopium cylindraceum</i> |
| 27) *Meunier noir | <i>Catostomus commersoni</i> |
| 28) *Meunier rouge | <i>Catostomus catostomus</i> |
| 29) *Omble de fontaine | <i>Salvelinus fontinalis</i> |
| 30) *Perchaude | <i>Perca fluviatilis</i> |
| 31) *Touladi | <i>Salvelinus namaycush</i> |

* Poissons : présence ou absence de l'espèce.

différentes qu'il lui plaît, en faisant varier les descripteurs utilisés, l'importance qu'il accorde à chacun ou la mesure de ressemblance employée. Il convient donc d'orienter les classifications écologiques en fonction du phénomène à dégager.

Ce problème a été résolu en employant, en amont du processus de classification, l'information que l'on possède déjà sur le sujet. Cette solution a été retenue pour la présente étude : chaque descripteur a été pondéré en fonction de sa capacité de refléter un indice de production. Aucune mesure directe de production n'étant disponible, il fut décidé d'employer un indice biotique calculé à partir des données disponibles. L'indice morpho-édaphique, développé par Ryder (1965) comme indicateur du rendement en poissons, se qualifiait comme indice biotique intégrateur, puisqu'il a été validé pour les poissons, qui sont des producteurs secondaires ou tertiaires. Cet indice est défini comme le rapport :

$$\text{indice morpho-édaphique} = \frac{\text{solides dissous totaux (mg/l)}}{\text{profondeur moyenne (m)}}$$

Les solides totaux ont été obtenus des valeurs de conductivité par l'équation empirique :

$$\text{solides dissous totaux} = 3 (\text{conductivité})^{0,75}$$

dérivée des coefficients publiés par Richard & Nguyen (1961). Cette équation colle bien aux coefficients de ces auteurs pour les valeurs de conductivité inférieures à 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$: la valeur la plus élevée mesurée parmi les 173 lacs est de 78 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

D'autres motifs supportaient le choix de l'indice morpho-édaphique comme mesure indirecte du potentiel biotique des lacs : (1) ses composantes, la conductivité et la profondeur moyenne, étaient les deux variables les plus significatives lors d'une première tentative de classification « adansonienne » d'un échantillon de lacs de ce territoire (Legendre *et al.* 1976) ; (2) de plus, l'examen des relations entre la présence de certaines espèces et la valeur de l'indice morpho-édaphique (tableau II) a permis d'établir que les espèces, connues dans la littérature comme des espèces fréquentant des eaux plus productives, avaient bien été pêchées dans les lacs à indice morpho-édaphique élevé, et inversement ; (3) enfin, la première grande partition des lacs, obtenue par cette méthode de classification orientée, sera validée à l'aide d'une autre typologie obtenue exclusivement à partir des données de présence-absence des poissons.

Cette façon d'orienter une classification ne rend cependant pas la typologie prisonnière de son orientation. En effet, l'indice morpho-édaphique forme une ordination unidimensionnelle des lacs, ou bidimensionnelle si on ordonne séparément selon ses deux composantes, alors que, comme on le verra aux figures 2 et 3, les types obtenus synthétisent l'information provenant d'un nombre plus grand de dimensions, au niveau des descripteurs de la carte écologique du territoire. Ceci permet d'abord de définir des types de lacs plus compacts et plus informatifs qu'à l'aide de l'indice morpho-édaphique seulement. Cette approche du problème permettra ainsi de classer les lacs, de façon grossière, par simple référence à la carte écologique et aux photographies aériennes, sitôt qu'une méthode d'interprétation fiable sera disponible pour déterminer si la profondeur du lac est inférieure ou non à 5 m. Ceci fait de cette typologie un instrument efficace de gestion pour des territoires aussi vastes que celui considéré ici, où le coût de récolte d'un échantillon est très élevé.

Les lacs du présent échantillon remplissent les principaux critères spécifiés par Ryder *et al.* (1974) permettant d'aborder l'étude de leur potentiel de productivité à l'aide de l'indice morpho-édaphique. Cependant, il ne s'agit pas ici de calculer les valeurs de production en poissons par les équations de Ryder : on s'intéresse simplement à l'aspect général de la courbe de l'indice morpho-édaphique, comme indicateur du poids à accorder aux différents descripteurs dans la suite du calcul.

TABLEAU II. — Espèces caractérisant les différentes valeurs de l'indice morpho-édaphique, dont la variation a été divisée en 7 classes. « (» indique l'exclusion de la valeur borne et «] » son inclusion. Le « + » indique une présence caractéristique de l'espèce par rapport à la classe d'indice morpho-édaphique, un « — » indique l'absence. Un blanc indique que dans ce cas, ni la présence ni l'absence de l'espèce ne sont caractéristiques des lacs dans cette classe.

Espèces	Classe d'indice morpho-édaphique en $\text{mg l}^{-1}\text{m}^{-1}$						
	(0-2]	(2-3]	(3-5]	(5-8]	(8-12]	(12-15]	(15-)
<i>Salvelinus fontinalis</i>	+	+	—	—	—	—	—
<i>Catostomus catostomus</i>	+	+	+	—	—	—	—
<i>Couesius plumbeus</i>	+	+	+	—	—	—	—
<i>Prosopium cylindraceum</i>	+	+	+	—	—	—	—
<i>Salvelinus namaycush</i>	+	+	+	—	—	—	—
<i>Coregonus clupeaformis</i>	+	+	+	+	—	—	—
<i>Pungitius pungitius</i>							
<i>Lota lota</i>	+	—	+	—	—	+	—
<i>Catostomus commersoni</i>	—	—	+	+	+	—	+
<i>Coregonus artedii</i>	—	—	—	+	+	+	—
<i>Esox lucius</i>	—	—	+	+	—	+	+
<i>Perca fluviatilis</i>	—	—	—	+	+	+	+
<i>Stizostedion vitreum</i>	—	—	—	+	+	+	+

3.2. — Méthodes de calcul

L'indice morpho-édaphique, calculé pour chacun des lacs, a été comparé à tour de rôle aux descripteurs 4 à 18 du tableau I, à l'exception des descripteurs « matériaux dominants » (n^{os} 7 et 17) puisque cette information était contenue dans les « matériaux dominants et sous-dominants » (n^{os} 8 et 18).

Cette comparaison de descripteurs a été effectuée dans des tableaux de contingence, puisque plusieurs parmi les descripteurs n^{os} 4 à 18 sont du type non-ordonné, ce qui prévient l'emploi de coefficients de corrélation, paramétriques ou non. Un tableau de contingence est un tableau rectangulaire dont les lignes correspondent aux différentes descriptions de l'un des descripteurs de la comparaison (par exemple : les différents groupes géologiques du descripteur n^o 6) et les colonnes aux descriptions de l'autre descripteur (par exemple, dans ce cas, l'indice morpho-édaphique divisé en 11 classes à peu près équiprobables). Dans chaque case du tableau, on écrit le nombre de lacs qui présentent simultanément les deux descriptions correspondantes, pour les deux descripteurs comparés. La mesure de similarité entre descripteurs, calculée à partir de chaque tableau de contingence, est le coefficient d'information réciproque décrit dans Legendre & Rogers (1972), soit le complément de la métrique de Rajski (1961), défini comme le rapport de l'information commune aux deux descripteurs

sur leur information totale. Ces mesures de similarité sont devenues les poids w_i des 13 descripteurs i dans le calcul de la similarité entre lacs.

La matrice de similarité entre lacs, qui servira de base à leur groupement et à leur ordination ci-dessous, a été calculée à partir de l'indice général d'Estabrook & Rogers (1966), tel que complété par Legendre & Legendre (1979). La forme générale de la similarité entre deux lacs x_1 et x_2 est la suivante :

$$S(x_1, x_2) = \frac{\sum_{i=1}^n w_{i12} s_{i12}}{\sum_{i=1}^n w_{i12}}$$

Les w_i prennent, soit la valeur de la pondération du descripteur i calculée au paragraphe précédent, soit la valeur 0 si l'information à propos de ce descripteur est absente pour l'un ou l'autre lac. Les s_i sont des valeurs de similarité partielle entre les deux lacs pour le descripteur i : (1) pour les descripteurs ordonnés, ils se calculent à partir d'une fonction empirique de deux nombres d et k , bâtie de façon à ce que la similarité partielle décroisse avec l'éloignement des deux descriptions :

$$s_{i12} = f(d_{i12}, k_i) = \begin{cases} \frac{2(k+1-d)}{2k+2+dk} & \text{quand } d \leq k \\ 0 & \text{quand } d > k \end{cases}$$

où d est la distance entre les descriptions des deux lacs pour le descripteur i , alors que k est un paramètre d'étalement que l'usager établit pour chaque descripteur ; (2) pour les descripteurs non-ordonnés comme les groupes géologiques (n° 6) ainsi que les matériaux de surface dominants et sous-dominants (nos 8 et 18), une matrice de similarités partielles *ad hoc* est fournie au programme d'ordinateur, qui y sélectionne la valeur de s_i appropriée. Il est à noter que les descripteurs de localisation (nos 1 à 3) et de présence de poissons (nos 19 à 31), qui serviront plus tard à l'interprétation de la typologie, ont été exclus des calculs de similarité entre lacs. La matrice de similarité entre lacs, ainsi produite, a servi de base (1) à un groupement des lacs par la méthode des liens simples et (2) à leur ordination dans un espace réduit de coordonnées principales (Gower 1966).

Le second groupement des lacs, sur la base de la présence ou de l'absence des 13 espèces de poissons (descripteurs 19 à 31 au tableau I) a été effectué suivant la même méthode, à cette différence près que la matrice de similarité entre lacs fut calculée par l'entremise du coefficient de communauté plutôt que du coefficient général d'Estabrook & Rogers décrit ci-dessus. Le coefficient de communauté de Jaccard (1908) mesure leur similarité comme le rapport du nombre d'espèces présentes dans l'un *et* l'autre lac (intersection), sur le nombre total d'espèces trouvées dans les deux lacs réunis.

Les relations entre l'indice morpho-édaphique et la présence de dif-

férentes espèces de poissons ont été étudiées en faisant une fois de plus appel aux tableaux de contingence, décrits ci-dessus. De même, la typologie des lacs a été interprétée par la même méthode en fonction de tous les descripteurs du tableau I : il suffit pour cela de définir un nouveau descripteur « typologie » dont les différentes descriptions sont les types découverts à l'étape du groupement ; ce nouveau descripteur non-ordonné peut être comparé à tout autre descripteur au moyen d'un tableau de contingence. La méthode d'analyse des relations entre descripteurs par tableaux de contingence, décrite en détail dans Legendre & Legendre (1979), consiste à identifier les cases du tableau de contingence où on retrouve davantage de lacs que l'on pourrait s'y attendre si les deux descripteurs étaient distribués au hasard l'un par rapport à l'autre. Outre le coefficient d'information réciproque décrit plus haut, le χ^2 est une autre statistique qui fut calculée sur les tableaux de contingences : il mesure le degré de contingence des deux descripteurs en présence et il peut être testé quant à sa signification, avec [(lignes — 1) \times (colonnes — 1)] degrés de liberté.

Enfin, la représentativité de l'échantillon de lacs pour l'ensemble du territoire a été évaluée au cours d'une reconnaissance aérienne d'ouest en est dans l'axe de la rivière La Grande, puis du nord au sud dans le corridor situé entre les 75° et 79° W.

4. — RESULTATS

4.1. — Pondération des descripteurs par l'indice morpho-édaphique

L'analyse des valeurs d'information réciproque, calculées entre l'indice morpho-édaphique et les descripteurs du bassin et des rives de chacun des lacs, a fourni les résultats décrits au tableau III.

4.2. — Typologie des lacs

Les valeurs de S au tableau III sont les poids w_i , dont ont été affectés ces 13 descripteurs i dans le calcul de la similarité entre lacs, par le coefficient d'Estabrook & Rogers (voir la section 3.2). Cette matrice de similarité entre lacs a permis d'ordonner les 173 lacs dans un espace réduit de coordonnées principales, dans lequel a été tracé l'arbre de longueur minimum produit par le groupement à liens simples.

Il ne serait pas heuristique de reproduire sur une figure l'ensemble des liens simples que nous avons tracés entre tous les objets-lacs, dans l'espace réduit des deux premières coordonnées principales, puis-

TABLEAU III. — Mesures de l'information réciproque (S) entre l'indice morpho-édaphique et chaque descripteur du bassin et des rives.

Descripteurs	S
4) Profondeur moyenne	0,122
5) Conductivité	0,119
6) Groupe géologique	0,052
8) Matériaux de surface dominants et sous-dominants du bassin	0,158
9) Relief du bassin	0,044
10) Relief des rives	0,035
11) Abondance de ruisseaux	0,058
12) Abondance des zones ripicoles	0,063
13) Découpage des rives	0,028
14) Pente de la berme	0,075
15) Pente des rives	0,066
16) Système de drainage	0,041
18) Matériaux de surface dominants et sous-dominants des rives	0,110

que cette projection ne préserve qu'à 26 % les relations de distance entre les 173 lacs. Cependant, cette projection, structurée par l'arbre de longueur minimum, permettrait déjà d'observer une séparation très nette entre les lacs situés à gauche sur la première coordonnée et ceux

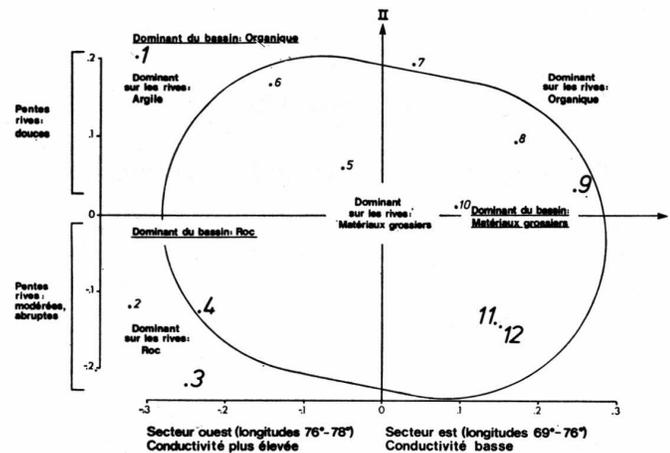


FIG. 2. — Typologie des lacs : représentation des centroïdes des 12 groupes (n° 1 à 12) dans l'espace factoriel des deux premières coordonnées principales (I et II). Les groupes de lacs de plus de 5 m sont indiqués par des chiffres plus grands. Certains éléments d'explication de la typologie, tirés du modèle, sont représentés : les matériaux dominants du bassin s'appliquent au quadrant dans lequel ils sont inscrits ; les matériaux dominants sur les rives sont des matériaux grossiers à l'intérieur de l'ellipse, ou encore chacun des trois autres types de matériaux à l'extérieur, dans le quadrant dans lequel ils sont inscrits ; l'abscisse rend bien compte de différences dans la géographie et la conductivité alors que l'ordonnée est explicable par des différences de pente de la rive.

situés à droite. Douze groupes de lacs ont été identifiés en traçant la chaîne primaire des liens de similarité de 1,00 jusqu'à 0,65. La répartition des centroïdes de ces douze groupes (fig. 2), qui a davantage d'intérêt ici, permet de constater que la première coordonnée principale sépare les groupes 1 à 6 des groupes 7 à 12.

Sept des 173 lacs ont été exclus de la typologie et de la suite de l'étude ; pour trois d'entre eux, il est apparu qu'il y avait contradiction entre les données disponibles sur leur profondeur moyenne, alors que les quatre autres ne formaient aucun lien de similarité plus élevé que 0,65 pour l'indice utilisé ; leurs différences résident principalement dans la combinaison des matériaux de leur bassin et de leurs rives. L'inclusion de ces quatre lacs dans le groupe le plus rapproché aurait obscurci la typologie et rendu plus difficile la formulation du modèle à la section 4.4.

4.3. — Groupement selon la faune ichtyologique

Les données de présence-absence des 13 espèces de poissons du tableau I (descripteurs n^{os} 19 à 31) n'ont permis d'identifier, après groupement et ordination dans un espace de coordonnées principales, que deux groupes de lacs différant quant à leur faune ichtyologique. L'analyse des tableaux de contingence mettant ce groupement des lacs en relation avec les descripteurs binaires de présence-absence des 13 espèces (résumés au tableau IV) permet de découvrir que ces deux groupes de lacs favorisent chacun la présence de cinq espèces différentes.

TABLEAU IV. — Comparaison du groupement selon la faune ichtyologique (groupes 1 et 2) avec les descripteurs binaires de présence (+) ou d'absence (—) des espèces de poissons. Seules sont mentionnées les 10 espèces suffisamment associées au groupement pour que leur χ^2 ait une probabilité inférieure au seuil de signification de 0,05. Les espèces sont énumérées dans le même ordre qu'au tableau 2, afin de faciliter la comparaison.

Espèces	p (χ^2)	Groupe 1	Groupe 2
<i>Catostomus catostomus</i>	0,0000	—	+
<i>Couesius plumbeus</i>	0,0000	—	+
<i>Prosopium cylindraceum</i>	0,0000	—	+
<i>Salvelinus namaycush</i>	0,0000	—	+
<i>Coregonus clupeaformis</i>	0,0060	—	+
<i>Catostomus commersoni</i>	0,0000	+	—
<i>Coregonus artedii</i>	0,0000	+	—
<i>Esox lucius</i>	0,0007	+	—
<i>Perca fluviatilis</i>	0,0000	+	—
<i>Stizostedion vitreum</i>	0,0000	+	—

4.4. — Modèle interprétatif de la typologie des lacs

Pour que la typologie des lacs devienne un instrument d'aménagement, il convient de chercher à la présenter sous la forme d'un modèle utilisable comme clef d'identification, qui permette de retrouver à quel groupe appartient un lac, à partir seulement des descripteurs que l'on peut obtenir sans échantillonnage sur le terrain. Pour le présent exercice, il s'agit des descripteurs 1 à 18 du tableau I, à l'exclusion de la conductivité (n° 5).

L'interprétation de la typologie a cherché à dégager d'abord un descripteur qui divise mieux que tout autre l'échantillon de lacs. Ce descripteur sera sélectionné comme base d'une première partition et les sous-ensembles de lacs ainsi obtenus seront analysés séparément afin de découvrir une sous-partition des groupes de lacs expliquée par un ou deux nouveaux descripteurs. Ce processus a permis d'établir le modèle interprétatif présenté à la figure 3, modèle hiérarchisé comme une clef d'identification.

On a vu à la section 4.2 que la première coordonnée principale, qui rend compte de la plus grande fraction des distances entre lacs, exprimées par leur matrice de ressemblance, séparait clairement les lacs en deux sous-ensembles : à gauche les lacs du secteur ouest formant les groupes 1 à 6, à droite les lacs des groupes 7 à 12 provenant du secteur est. Le descripteur longitude n'est cependant pas un critère absolu de partition. La partition des lacs est, en fait, reliée plutôt à la géomorphologie (voir la position du 76° W sur la figure 1) : la première colonne du tableau V permet de découvrir les descripteurs les plus reliés à cette première partition des lacs. Le tableau VI résume les faits saillants de cette partition. La division en secteurs est et ouest se justifie aussi à partir des données ichtyologiques (Tableau VII).

Le tableau V permet de comparer différentes partitions des lacs quant à leur capacité d'être interprétées par les 17 descripteurs potentiellement explicatifs. Quatre partitions différentes des lacs, considérées comme autant de descripteurs non-ordonnés, ont été comparées à tour de rôle aux descripteurs 1 à 4 et 6 à 18. Le coefficient d'information réciproque est noté au tableau pour chaque comparaison, de même que la signification du carré de contingence (χ^2).

Il est possible de comparer deux partitions différentes des lacs, en comptant d'une part le nombre de descripteurs en relation significative avec les deux partitions et d'autre part le nombre de descripteurs significatifs pour l'une ou l'autre partition : le rapport de ces deux nombres est un coefficient de communauté de Jaccard, qui décrit à quel point les deux partitions sont explicables à l'aide des mêmes des-

<p>Ruisseaux et zones ripicoles: peu à moyennement</p> <p>Dominant rives: matériaux grossiers</p> <p>Pentes rives: variables</p> <p>Conductivité: 10-25µS/cm</p> <p>IME moyen: 7,74</p> <p>Dominant rives: organique</p> <p>Pentes rives: douces</p> <p>Conductivité: 5-15µS/cm</p> <p>IME moyen: 7,05</p> <p>Ruisseaux et zones ripicoles: absents ou très peu</p> <p>Dominant rives: matériaux grossiers</p> <p>Pentes rives: douces ou modérées</p> <p>Conductivité: 3-15µS/cm</p> <p>IME moyen: 5,00</p>	<p>Dominant rives: roc</p> <p>Ruisseaux et zones ripicoles: peu</p> <p>Pentes rives: modérées ou abruptes</p> <p>Conductivité: 20-50µS/cm</p> <p>IME moyen: 16,47</p>	<p>Groupes géologiques: laves métamorphiques</p> <p>Dominant rives: matériaux grossiers</p> <p>Ruisseaux: peu à moyennement</p> <p>Pentes rives: douces</p> <p>Conductivité: 15-55µS/cm</p> <p>IME moyen: 20,69</p> <p>Groupes géologiques: roche granitique, granites foliés</p> <p>Dominant rives: matériaux grossiers</p> <p>Ruisseaux: peu à moyennement</p> <p>Zones ripicoles: moy.-beaucoup</p> <p>Pentes rives: douces</p> <p>Conductivité: 15-25µS/cm</p> <p>IME moyen: 7,76</p>
<p>Ruisseaux et zones ripicoles: peu à moyennement</p> <p>Dominant rives: matériaux grossiers</p> <p>Pentes rives: modérées ou abruptes</p> <p>Conductivité: 10-20µS/cm</p> <p>IME moyen: 3,40</p> <p>Ruisseaux et zones ripicoles: absents ou très peu</p> <p>Dominant rives: matériaux grossiers</p> <p>Pentes rives: modérées ou abruptes</p> <p>Conductivité: 5-15µS/cm</p> <p>IME moyen: 2,28</p> <p>Dominant rives: matériaux grossiers</p> <p>Pentes rives: douces</p> <p>Conductivité: 5-15µS/cm</p> <p>IME moyen: 2,14</p>	<p>Dominant rives: matériaux grossiers</p> <p>Ruisseaux et zones ripicoles: peu</p> <p>Pentes rives: modérées</p> <p>Conductivité: 15-45µS/cm</p> <p>IME moyen: 6,04</p> <p>Dominant rives: roc</p> <p>Ruisseaux et zones ripicoles: peu</p> <p>Pentes rives: modérées ou abruptes</p> <p>Conductivité: 25-55µS/cm</p> <p>IME moyen: 4,05</p>	<p>Dominant rives: argile</p> <p>Ruisseaux et zones ripicoles: moyennement</p> <p>Pentes rives: douces</p> <p>Conductivité: 25-55µS/cm</p> <p>IME moyen: 11,31</p>

Profondeur moyenne 0 - 5 m

Profondeur moyenne plus de 5m

Dominant du bassin:

Matériaux grossiers

Roc

Organique

Fig. 3. — Modèle interprétatif de la typologie des lacs en 12 groupes (encadrés). IME: indice morpho-édaphique en mg l⁻¹m⁻¹. Les descripteurs diagnostiques principaux sont en italique.

TABLEAU V. — Similarité (coefficients d'information réciproque) entre quatre partitions et les descripteurs des bassins et des rives, avec leur signification (p (χ^2) $\leq 0,05$ significatif : marqué d'un *).

Partition	en 2 secteurs (est-ouest)	en 12 groupes	des groupes 1 à 6	des groupes 7 à 12
1) Longitude	0,2820*	0,2614*	0,0658	0,1389*
2) Latitude	0,1062*	0,1319*	0,0760*	0,1035*
3) Zone	0,1994*	0,1443*	0,0449	0,0692*
4) Profondeur moyenne	0,0003	0,1986*	0,1800*	0,3150*
6) Groupe géologique	0,0568*	0,1248*	0,1192*	0,1067*
7) Mat. dominants du bassin	0,3866*	0,2392*	0,1740*	0,0295
8) Mat. dom. & s-dom. bassin	0,2140*	0,2736*	0,3062*	0,0780
9) Relief du bassin	0,0750*	0,0697	0,0408	0,0437
10) Relief des rives	0,0920*	0,1016*	0,0403	0,0882*
11) Abondance de ruisseaux	0,0588*	0,1120*	0,1848*	0,0621*
12) Abondance des zones ripicoles	0,0280*	0,1013*	0,1764*	0,0725*
13) Découpage des rives	0,0031	0,0385	0,0733	0,0307
14) Pente de la berme	0,0454*	0,1611*	0,1352	0,1912*
15) Pente des rives	0,0269*	0,1738*	0,2763*	0,1488*
16) Système de drainage	0,0345*	0,0528*	0,0647	0,0311
17) Mat. dominants des rives	0,1173*	0,2345*	0,3591*	0,1320*
18) Mat. dom. & s-dom. rives	0,1325*	0,2943*	0,4220*	0,1466*

TABLEAU VI. — Explication de la partition des lacs, en deux secteurs, selon la première coordonnée principale de la figure 2.

Lacs du secteur ouest (groupes 1 à 6)	Lacs du secteur est (groupes 7 à 12)
1. Matériaux de surface dominants du bassin : roc, organique, argile dans 94 % des cas.	1. Matériaux de surface dominants du bassin : matériaux grossiers dans 95 % des cas.
2. Longitude : 98 % sont situés à l'ouest du 76° W.	2. Longitude : 94 % sont situés à l'est du 76° W.
3. Zone : aucun dans les hautes terres, 24 % dans les moyennes terres, 76 % dans les basses terres.	3. Zone : 51 % dans les hautes terres, 37 % dans les moyennes terres, 12 % dans les basses terres.
4. 97 % ont une conductivité supérieure à 15 μ S/cm.	4. 86 % ont une conductivité inférieure à 15 μ S/cm.
5. 71 % ont leur indice morpho-édaphique supérieur ou égal à 6 $\text{mg l}^{-1}\text{m}^{-1}$.	5. 78 % ont leur indice morpho-édaphique inférieur à 6 $\text{mg l}^{-1}\text{m}^{-1}$.

TABLEAU VII. — Résultats des tableaux de contingence comparant d'une part les secteurs est et ouest de la typologie des lacs, d'autre part les espèces de poissons à tour de rôle, ainsi que les deux groupes identifiés lors du groupement selon la faune ichtyologique (tableau IV). Seules les espèces qui présentent un χ^2 significatif au-dessous du seuil de probabilité de 0,05 sont présentées dans ce tableau.

	p(χ^2)	Secteur ouest	Secteur est
<i>Catostomus catostomus</i>	0,0071	—	+
<i>Couesius plumbeus</i>	0,0000	—	+
<i>Prosopium cylindraceum</i>	0,0002	—	+
<i>Salvelinus namaycush</i>	0,0000	—	+
<i>Coregonus clupeaformis</i>	0,0000	—	+
<i>Coregonus artedii</i>	0,0004	+	—
<i>Perca fluviatilis</i>	0,0000	+	—
<i>Stizostedion vitreum</i>	0,0062	+	—
Groupement selon la faune ichtyologique	0,0000	1	2

TABLEAU VIII. — Matrice symétrique des coefficients de communauté décrivant à quel point deux partitions sont explicables à l'aide des mêmes descripteurs.

	Partition en 2 secteurs (est-ouest)	Partition en 12 groupes	Partition des groupes 1 à 6	Partition des groupes 7 à 12
2 groupes	1,00			
12 groupes	0,88	1,00		
Groupes 1-6	0,56	0,67	1,00	
Groupes 7-12	0,69	0,80	0,57	1,00

cripteurs. Le tableau VIII présente les coefficients de communauté que l'on trouve entre les quatre partitions analysées au tableau V : la partition est-ouest des lacs (Tableau VI), la partition en 12 groupes (fig. 2 et 3), la partition des groupes de lacs 1 à 6 seulement, enfin la partition qui considère exclusivement les lacs des groupes 7 à 12. Cette analyse montre que chacune des trois autres partitions ressemble davantage à la partition en 12 groupes qu'à toute autre. On constate donc que la partition en 12 groupes a été remaniée en trois composantes hiérarchisées entre lesquelles il n'y a que peu d'information commune, la partition est-ouest chapeautant les partitions des groupes 1 à 6 d'une part, 7 à 12 d'autre part. Il n'y a d'ailleurs que 57 % des descripteurs significatifs qui soient les mêmes pour ces deux dernières partitions. Ces calculs permettent de comprendre pourquoi il y a lieu d'analyser séparément les groupes 1 à 6 d'une part et 7 à 12

d'autre part, puisque ces deux partitions obéissent à des descripteurs explicatifs différents (deux dernières colonnes du tableau V).

Tous ces éléments explicatifs sont rassemblés dans le modèle interprétatif de la typologie, à la figure 3. La conductivité (divisée en classes par pas de 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et l'indice morpho-édaphique y ont été ajoutés pour fins de comparaison. Comme au tableau VI les descriptions mentionnées sont celles de la très grande majorité des lacs de chaque groupe, quoique certains lacs puissent s'écarter du type pour l'un ou l'autre des descripteurs. Puisque la typologie a été orientée, à la section 4.1, en fonction de l'indice morpho-édaphique, il n'est pas surprenant de retrouver son influence au niveau du modèle, qui est donc présenté de façon à ce que la valeur de l'indice morpho-édaphique augmente de la gauche vers la droite et du bas vers le haut.

4.5. — Les groupes de lacs de la typologie

Certains éléments d'explication de la typologie, tirés du tableau VI ainsi que de la figure 3, ont été ajoutés à la figure 2 de façon à expliquer, du moins en partie, la dispersion des centroïdes des groupes. Outre l'explication de l'abscisse et de l'ordonnée (séparément par la longitude et par la pente des rives, puis conjointement par les matériaux dominants du bassin), on remarque aussi l'influence centripète des matériaux grossiers sur les rives, par rapport aux autres types de matériaux. Ceci illustre bien le fait que le regroupement des lacs au sein des 12 types résulte d'une certaine structure de redondance des descripteurs, due à l'uniformité relative des conditions qui génèrent certains types de bassins lacustres dans des portions données d'un territoire : c'est justement cette structure de redondance des descripteurs que l'on cherche à dégager dans toute opération de classification ou de typologie.

5. — DISCUSSION

La structure dégagée aux figures 2 et 3 n'est qu'une typologie d'un ensemble de lacs qui, sur les plans géomorphologique et géographique aussi bien que biologique, représentent un continuum, c'est-à-dire une réalité sans discontinuité où tous les intermédiaires existent ou, du moins, peuvent exister. La discussion qui suit tentera d'abord d'expliquer, par la biologie des espèces, certaines relations entre phénomènes biotiques que montrent les résultats ci-dessus, avant de s'interroger sur la représentativité de la typologie, puis sur l'intérêt de l'ensemble des descripteurs géomorphologiques que cette typologie a tenté d'employer comme indicateurs des caractéristiques biotiques générales des lacs.

5.1. — Biologie des espèces principales de poissons

Le tableau II indique clairement la préférence de certaines espèces de poissons en fonction de l'indice morpho-édaphique. Les *Catostomus commersoni*, *Coregonus artedii*, *Esox lucius*, *Perca fluviatilis* et *Stizostedion vitreum*, caractéristiques des lacs aux indices morpho-édaphiques relativement élevés, pour le territoire considéré, sont des espèces qui s'approchent ici de la limite nord de leur répartition (sauf *Esox lucius*) et qui sont connues en général comme des espèces habitant les lacs relativement chauds, où l'activité biologique est assez élevée (Scott & Crossman 1974). La plupart de ces espèces fréquentent donc des lacs peu profonds ou encore les baies peu profondes de grands lacs ; *Coregonus artedii*, *Esox lucius* et *Perca fluviatilis* peuvent aussi être trouvés en profondeur, le facteur limitant semblant être la température. Au contraire, *Salvelinus fontinalis*, *Catostomus catostomus*, *Couesius plumbeus*, *Prosopium cylindraceum*, *Salvelinus namaycush* et *Coregonus clupeaformis* caractérisent les lacs aux indices morpho-édaphiques faibles : l'aire de répartition de toutes ces espèces s'étend loin vers l'Arctique, dans le nord du Québec ou les Territoires du Nord-Ouest. Elles sont aussi connues pour fréquenter des lacs aux eaux fraîches, souvent profonds, où l'activité biologique est plus réduite (Scott & Crossman 1974).

Ces observations confirment qu'il est légitime d'employer cet indice comme indicateur général de productivité des lacs, dans le territoire visé ici, faute de mesures directes de productivité.

Il faut considérer que le tableau II n'indique que de fortes tendances et non la présence obligatoire ou l'absence totale des espèces. En effet, dans le groupe des espèces caractéristiques d'indices morpho-édaphiques élevés, certaines espèces, comme *Perca fluviatilis*, caractérisent ces lacs de façon plus exclusive, puisque 88 % des lacs où on la retrouve ont un indice morpho-édaphique plus grand que 5,0 et que cette espèce n'a jamais été capturée dans les valeurs les plus faibles de l'indice morpho-édaphique. Par contre, *Esox lucius* et *Stizostedion vitreum* sont plus tolérants et se retrouvent un peu partout sur le territoire, mais leur fréquence est beaucoup plus élevée dans les lacs aux indices morpho-édaphiques élevés ; on les retrouve peu dans les lacs aux indices morpho-édaphiques très faibles, 90 % des captures d'*Esox lucius* ayant été effectuées dans des indices morpho-édaphiques plus grands que 3,0, et 87 % dans le cas de *Stizostedion vitreum*.

Parmi les espèces caractéristiques d'indices morpho-édaphiques faibles, 85 % des captures de *Catostomus catostomus*, 88 % de celles de *Salvelinus namaycush* et 71 % des présences de *Salvelinus fontinalis* se retrouvent dans des indices inférieurs à 5,0 alors que la totalité des captures de *Prosopium cylindraceum*, 92 % de celles du *Couesius*

plumbeus et 81 % des captures de *Coregonus clupeaformis* ont été effectuées dans les lacs dont l'indice morpho-édaphique était inférieur à 8,0.

5.2. — Biologie des secteurs est et ouest

Les résultats présentés aux sections 4.4 et 4.5 montrent que la partition des lacs en deux secteurs, est et ouest, selon la première coordonnée principale extraite de la matrice d'association entre les lacs, correspond aussi de façon très significative (bas du tableau VII) à une partition des lacs en deux groupes selon leur faune ichtyologique. Or les espèces qui ressortent des tableaux IV et VII comme caractéristiques de l'un et l'autre groupe sont justement les mêmes que Legendre & Beauvais (1978) ont identifié comme formant les deux associations principales d'espèces de poissons du territoire : l'association de l'*Esox lucius* (incluant *Stizostedion vitreum*, *Catostomus commersoni*, *Coregonus artedii* et *Perca fluviatilis*) caractérisent les eaux relativement chaudes et souvent turbides des basses terres de l'ouest et du sud-ouest du territoire, ce qui correspond essentiellement à la zone d'invasion de la mer glaciaire de Tyrrell et à une partie de la zone touchée par le lac glaciaire Barlow-Ojibouai (fig. 1). Ces espèces répondent en bonne partie au gradient de température : la température des eaux diminue, non seulement du sud au nord de ce territoire, mais aussi d'ouest en est à cause de l'élévation en altitude (Magnin 1977). L'association du *Coregonus clupeaformis* (qui inclut *Catostomus catostomus*, *Salvelinus namaycush*, *Prosopium cylindraceum* et *Couesius plumbeus*) caractérise par contre les lacs transparents et de faible conductivité de la région des plateaux (Legendre & Beauvais 1978).

On retrouve la même séparation des lacs du territoire en secteurs est (eau froide et pauvre) et ouest (eau plus chaude et relativement minéralisée) dans les récoltes de zooplancton, du moins au nord du 52° parallèle (Pinel-Alloul *et al.* 1979). D'autre part, cette analyse des données de zooplancton montre, tout comme l'analyse des données ichtyologiques par Legendre & Beauvais d'ailleurs, une tendance à une augmentation de la régularité de distribution de fréquence des espèces, dans le secteur est, ce qui pourrait être une conséquence de la plus grande stabilité de ces milieux, due à une activité biologique (production, etc.) plus réduite.

Si l'on tente de caractériser les 12 groupes de lacs de la typologie à l'aide des espèces de poissons qui s'y trouvent, les distributions de probabilités conditionnelles des tableaux de contingence montrent (1) que *Perca fluviatilis* est tout à fait absente des groupes 9, 11 et 12 et qu'elle caractérise uniquement des groupes de lacs dont les indices morpho-édaphiques sont élevés ; (2) que *Salvelinus namaycush*, au

contraire, est absent de tous les groupes du secteur ouest ainsi que du groupe 7, alors qu'il caractérise les groupes 8, 9, 11 et 12, soit des groupes présentant des indices morpho-édaphiques plutôt faibles ; (3) que *Coregonus clupeaformis*, *Catostomus catostomus* et *Couesius plumbeus* caractérisent aussi les groupes à indice morpho-édaphique plus faible, *Couesius plumbeus*, par exemple, n'ayant jamais été capturé dans des lacs des groupes 1 à 6 de la typologie.

5.3. — Représentativité de la typologie des lacs

La typologie établie à partir de 173 lacs de la Radissonie québécoise ne peut être directement appliquée à tout le territoire ; en effet, la carte représentant la situation de chacun de ces lacs (*fig. 1*) montre que le nord du territoire, soit la vallée de La Grande et la région du lac Caniapiscou, est bien représenté par cet échantillon, alors qu'aucun des lacs au sud n'a été sélectionné, soit à cause de leurs trop grandes dimensions, soit à cause d'un manque de données ; le même cas se présente pour le bord de la baie de James. Quant au centre du territoire, en latitude, il n'est que très faiblement représenté dans l'échantillon (16 lacs de la vallée de la Eastmain).

Une reconnaissance aérienne sur le terrain nous a permis d'apprécier *de visu* les différences marquées qui existent entre les paysages de la partie nord et ceux de la partie sud. On retrouve dans la partie nord (1) la zone d'invasion de la mer de Tyrrell à l'ouest, qui présente un paysage d'affleurements rocheux et de tourbières dans des sédiments épais, où les lacs sont petits et rares ; (2) la moraine active de la calotte glaciaire de Scheffer au centre, où l'on retrouve surtout des dépôts fluvio-glaciaires et des lacs en plus grand nombre ; (3) au nord-est, la moraine de décrépitude de cette même calotte glaciaire a laissé de nombreux blocs erratiques et a creusé un grand nombre de lacs de toutes tailles, qui donnent au paysage l'aspect d'une immense étendue d'eau parsemée d'îles.

La partie sud, elle, en plus d'avoir subi l'invasion marine, a été touchée par l'avancée glaciaire de Cochrane et par le lac Barlow-Ojibouai ; ces deux manifestations géologiques se traduisent aujourd'hui par (1) une zone de tills argileux et de matériaux marins ou lacustres remaniés par l'avancée de Cochrane, qui se caractérise par des petits lacs, en terrain plat recouvert à 75 % de tourbières, alors que (2) la zone du lac glaciaire Barlow-Ojibouai forme une vaste étendue de matériaux lacustres qui supportent des lacs plutôt grands, peu profonds et aux eaux très turbides. Il ne sera donc pas possible d'appliquer une typologie, construite à partir des lacs du nord du territoire, à la partie sud qui lui est si différente.

5.4. — Le modèle typologique et ses descripteurs

La présente typologie en douze groupes donne une idée assez claire des phénomènes qui causent l'augmentation de l'indice morpho-édaphique, car les descripteurs qui expliquent la séparation des groupes permettent de faire ressortir des tendances qui s'avèrent plausibles pour le territoire.

La figure 2 dégage les grands phénomènes qui, au nord du territoire, permettent de différencier facilement des groupes de lacs : d'abord, la nature des matériaux de surface du bassin et la longitude, qui reflètent la différence entre les lacs de la zone d'invasion marine et ceux de la partie est, non touchée par l'invasion ; puis les facteurs qui, à l'intérieur de chacune de ces grandes zones, permettent de différencier des sous-groupes : la profondeur, les matériaux et les pentes des rives, ainsi que les matériaux du bassin (dans le secteur ouest).

La figure 3 vient compléter cette première ébauche en apportant des indices supplémentaires sur l'importance de l'indice de productivité de ces groupes de lacs et sur les phénomènes qui peuvent l'expliquer. Les valeurs les plus grandes de l'indice morpho-édaphique se retrouvent dans les lacs peu profonds dont les bassins sont recouverts de roc ou de matériaux organiques, alors que les plus faibles sont caractéristiques des lacs de plus de 5 m dont les bassins sont recouverts de matériaux grossiers.

6. — CONCLUSIONS

1) Après différents essais, une typologie orientée a été obtenue à partir d'un échantillon de 173 lacs de la Radissonie québécoise. L'orientation a été donnée en pondérant les différents descripteurs physiques et géomorphologiques, utilisés comme base de la classification, en fonction de l'information qu'ils ont en commun avec l'indice morpho-édaphique de Ryder (1964, 1965). Cet indice était la seule mesure disponible de la productivité des lacs. Cette orientation de base n'en rend pas la typologie résultante complètement dépendante, puisque celle-ci rend compte d'un plus grand nombre de dimensions au niveau des descripteurs de la carte écologique du territoire. D'autre part, la valeur de l'indice morpho-édaphique comme indicateur de l'activité biologique d'un lac a été vérifiée en observant les espèces de poissons associées aux différentes valeurs de l'indice morpho-édaphique.

2) A l'intérieur du continuum géomorphologique et biologique que représente l'échantillon de lacs, une typologie en 12 groupes a été dégagée. Cette typologie est elle-même une partition plus fine d'une typologie de base en 2 groupes, établie aussi bien à l'aide des descrip-

leurs physiques et géomorphologiques qu'en considérant uniquement les données de pêche de poissons.

3) La première division de l'échantillon de lacs les répartit selon la longitude. A l'ouest se trouvent des lacs plus productifs, dans la zone d'invasion de la mer glaciaire de Tyrrell où dominent principalement le roc et les matériaux organiques, alors qu'à l'est, dans la région des plateaux où dominent les matériaux grossiers témoins du passage des glaciers, se trouvent des lacs à activité biologique plus faible. On trouve l'empreinte de cette division de base dans les espèces de poissons qui fréquentent les deux milieux. La typologie en 12 groupes rend d'abord compte des matériaux dominants dans le bassin hydrographique des lacs, ainsi que de la profondeur des lacs, mais elle rend compte aussi de l'abondance des ruisseaux et des zones ripicoles, des matériaux dominants sur les rives ainsi que de la pente des rives, et finalement du groupe géologique du bassin.

4) Cette typologie ne peut être extrapolée aux lacs situés au sud du 52^e parallèle. En effet, presque tous les lacs de l'échantillon considéré au cours de la présente étude proviennent des régions du territoire au nord de la rivière Eastmain. La typologie établie à partir de ces lacs ne peut en aucun cas être appliquée aux régions plus au sud, témoins d'une histoire glaciaire très différente.

5) La typologie des lacs en 12 groupes a été conçue de façon à ce qu'un lac puisse être identifié à son type à la suite d'une simple analyse de son bassin-versant en fonction de quelques descripteurs de la carte écologique du territoire, ainsi que d'une consultation de la photographie aérienne pour établir la profondeur du lac, sitôt qu'une méthode fidèle d'interprétation sera disponible pour déterminer quels lacs ont moins de 5 m de profondeur. Ceci fera de cette typologie un instrument efficace de gestion du territoire.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été financée par et réalisée pour le compte de la Société d'énergie de la Baie James (SEBJ), dans le cadre de l'*Entente sur les Etudes biophysiques* entre la Société de développement de la Baie James (SDBJ) et Environnement Canada. Nous tenons également à remercier la Direction Environnement de la SEBJ, ainsi que le personnel de la base de terrain du Lac Hélène, pour avoir organisé et supporté une reconnaissance aérienne du territoire en 1977. Nous avons beaucoup apprécié, au cours de cette reconnaissance aérienne, la compagnie de Monsieur Jean-Maurice Mondoux, biologiste alors à l'emploi du Service des Etudes écologiques régionales (SEER) d'Environnement Canada, qui nous a servi de guide et d'interprète de la géomorphologie.

C'est sous la responsabilité de Monsieur Camille Paré, biologiste au Service Qualité des Eaux du Ministère des Richesses naturelles du Québec, qu'a été effectuée la délimitation des 173 bassins de drainage et la compilation des données géologiques et géomorphologiques. Monsieur Paré a aussi revu et commenté une version préliminaire de ce texte. Monsieur Claude Marier, alors programmeur au CERSE, a contribué de façon importante à l'analyse des données.

TRAVAUX CITÉS

- ESTABROOK (G. F.) and ROGERS (D. J.). 1966. — A general method of taxonomic description for a computed similarity measure. *Bioscience*, 16 : 789-793.
- GOWER (J. C.). 1966. — Some distance properties of latent root and vector methods used in multivariate analysis. *Biometrika*, 53 : 325-338.
- JACCARD (P.). 1908. — Nouvelles recherches sur la distribution florale. *Bull. Soc. vaud. Sci. nat.*, 44 : 223-270.
- LAVERDIÈRE (C.). 1969. — Le retrait de la calotte glaciaire de Scheffer : du Témiscamingue au Nouveau-Québec. *Rev. Géogr. Montr.*, 23 : 233-246.
- LEGENDRE (L.) et LEGENDRE (P.). 1979. — *Écologie numérique*. Tome I : *Le traitement multiple des données écologiques*. Tome II : *La structure des données écologiques*. Collection d'Écologie, 12 et 13. Masson, Paris et les Presses de l'Université du Québec. XIV + 197 p., VIII + 254 p.
- LEGENDRE (P.) et BEAUVAIS (A.). 1978. — Niches et associations de poissons des lacs de la Radissonie québécoise. *Naturaliste can.*, 105 : 137-158.
- LEGENDRE (P.) and GAGNON (M.). 1977. — The ecological data bank of the James Bay hydroelectric development. Pp. 305-309 in : B. Dreyfus, ed. *Proc. fifth Bienn. Int. CODATA Conf.*, Boulder, Colorado, June/July 1976. Pergamon Press, New York, XXVI + 642 p.
- LEGENDRE (P.), LONG (F.) et BEAUVAIS (A.). 1978. — *Typologie écologique des lacs de la Radissonie québécoise au nord du 52^e parallèle*. CERSE, Université du Québec à Montréal. Polycopié, IV + 101 p.
- LEGENDRE (P.), PARÉ (C.) et LONG (F.). 1976. — Classification des lacs : physico-chimie, phytoplancton et photo-interprétation. Pp. 369-387 in : *Environnement - Baie James. Symposium 1976, compte rendu*, XXII + 883 p.
- LEGENDRE (P.) and ROGERS (D. J.). 1972. — Characters and clustering in taxonomy : a synthesis of two taximetric procedures. *Taxon* 21 (5/6) : 527-606.
- MAGNIN (E.). 1977. — *Écologie des eaux douces du territoire de la Baie James*. Société d'Énergie de la Baie James, Montréal, 454 p.
- PINEL-ALLOUL (B.), LEGENDRE (P.) et MAGNIN (E.). 1979. — Zooplancton limnétique de 46 lacs et 17 rivières du territoire de la baie de James. *Can. J. Zool.*, 57 : 1693-1709.
- RAJSKI (C.). 1961. — Entropy and metric spaces. Pp. 44-45 in : C. Cherry, ed. *Information theory*. Butterworths, London, 476 p.
- RICHARD (C.) et NGUYEN (Van Cu). 1961. — Relation entre la résistivité d'une eau et son taux de minéralisation. *L'eau*, 1 : 22-24.
- RYDER (R. A.). 1964. — Chemical characteristics of Ontario lakes with reference to a method for estimating fish production. *Ont. Dep. Lands For. Sect. Rep. (Fish.)*, no. 48, 75 p.
- RYDER (R. A.). 1965. — A method for estimating the potential fish production of north-temperate lakes. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 94 : 214-218.
- RYDER (R. A.), KERR (S. R.), LOFTUS (K. H.) and REGIER (H. A.). 1974. — The morphoedaphic index, a fish yield estimator. Review and evaluation. *J. Fish. Res. Board Can.*, 31 : 663-688.
- SCOTT (W. B.) et CROSSMAN (E. J.). 1974. — *Poissons d'eau douce du Canada*. Bull. 184, Office des Recherches sur les Pêcheries du Canada, Ottawa, XI + 1 026 p.
- ZARNOVICAN (R.), DUCRUC (J. P.), GERARDIN (V.), JURDANT (M.) et AUDET (G.). 1976. — Utilisation de la végétation dans la classification et la cartographie écologique du territoire de la Baie James. Pp. 81-102 in : *Environnement - Baie James. Symposium 1976, compte rendu*, XXII + 883 p.