

**APPROCHE TYPOLOGIQUE DES PEUPEMENTS  
PISCICOLES LACUSTRES FRANÇAIS.  
I. LES COMMUNAUTÉS DES PLANS D'EAU  
D'ALTITUDE SUPÉRIEURE À 1 500 M.**

**C. ARGILLIER (1), O. PRONIER (2), P. IRZ (1)**

---

(1) Cemagref, Unité Ressources Ichtyologiques en Plans d'Eau, 361 rue J.F. Breton, BP 5095, 34033 MONTPELLIER Cedex 1, France.

(2) CLS (Collecte Localisation Satellites), 8-10 rue Hermès, 31526 RAMONVILLE Cedex, France.

*Reçu le 08 novembre 2001  
Accepté le 22 avril 2002*

*Received 08 November, 2001  
Accepted 22 April, 2002*

**RÉSUMÉ**

Les liens entre les facteurs environnementaux et l'organisation des assemblages piscicoles lacustres ont été essentiellement étudiés sur le continent nord-américain. Nous présentons ici une analyse des communautés piscicoles des plans d'eau français. Les abondances relatives des espèces déterminées sur 98 sites ont été étudiées par analyses factorielles. Une distinction entre les communautés de poissons des plans d'eau « d'altitude » (> 1 500 m) et celles des retenues et lacs naturels de « plaine » (< 1 500 m) a été mise en évidence, conduisant à une analyse distincte de ces deux types de milieux.

Les communautés piscicoles des plans d'eau de montagne sont peu diversifiées (2 espèces en moyenne) et peuvent schématiquement se caractériser par 5 types en fonction de l'espèce de Salmonidé dominante. L'abondance de ces espèces est peu corrélée aux descripteurs de milieu étudiés et reflète plutôt les pratiques de gestion.

**Mots-clés :** plans d'eau, peuplement piscicole, facteurs environnementaux, Salmonidés.

**A TYPOLOGY OF FISH COMMUNITIES IN FRENCH LAKES.  
I. FISH ASSEMBLAGES IN MOUNTAIN LAKES (OVER 1 500 M ALTITUDE).**

**ABSTRACT**

Most of the investigations carried out on the relationship between lake fish community structure and environmental variables originate from Northern America. In our study, fish assemblages in French natural and man-made lakes were studied and related to the sites characteristics. Species relative abundance were collected on 98 lakes and processed by Correspondence Analysis. It showed a clear distinction between altitude (> 1 500 m) and lowland sites (< 1 500 m) that were therefore analysed separately in a second stage.

Mountain lakes and reservoirs display poor fish diversity (mean = 2) and can be classified on the basis of their dominant Salmonid species. Species abundances are not correlated to the environmental variables but are more likely to reflect fishery management practices.

**Key-words** : lake, reservoir, fish community, environmental factors, Salmonids.

## INTRODUCTION

L'étude des relations entre les communautés vivantes et leur environnement, à différents niveaux d'investigation, permet de comprendre les phénomènes biotiques et abiotiques régissant leur organisation. Complémentaires des études réalisées sur la biologie des espèces, les approches menées sur le peuplement piscicole s'avèrent plus à même d'éclairer la structuration des ensembles pluri-spécifiques.

A partir des réseaux de suivi piscicole, en particulier nord-américains, les premières classifications des communautés lacustres ont pu être établies et mises en relation avec les caractéristiques des sites (TONN et MAGNUSON, 1982 ; RAHEL, 1984 ; TONN *et al.*, 1990). Il est ainsi montré que le peuplement piscicole des lacs est lié à de nombreux facteurs locaux comme la morphométrie de la cuvette lacustre (HONDZO et STEFAN, 1996) en particulier la surface du lac, sa profondeur et la complexité des habitats (EADIE et KEAST, 1984). Les facteurs climatiques sont également importants (MACLEAN et MAGNUSON, 1977 ; PERSSON, 1986 ; GODINHO *et al.*, 1998), ainsi que la chimie de l'eau (RAGO et WIENER, 1986 ; RAHEL, 1986). A une échelle plus large, les possibilités de migration régissent les échanges entre le lac et son bassin. Le niveau de connectivité des milieux et la biogéographie permettent donc d'expliquer certaines évolutions en influant sur les cycles de colonisation/extinction des espèces (TONN *et al.*, 1995 ; MATTHEWS et ROBISON, 1998).

Peu de travaux équivalents ont été réalisés en Europe, même si des recherches ont été conduites pour expliquer la composition piscicole par la productivité des lacs en Suède (PERSSON *et al.*, 1991), et par diverses variables mésologiques sur les retenues portugaises (GODINHO *et al.*, 1998).

En France, bien que de nombreuses études aient été menées sur les plans d'eau, celles-ci étaient pour l'essentiel motivées par des questions d'ordre local et donc non coordonnées. La diversité des protocoles d'échantillonnage employés pour ces études complique considérablement les comparaisons entre sites. La grande majorité de ces plans d'eau n'ont de plus fait l'objet que d'interventions ponctuelles interdisant toutes approches de la dynamique des systèmes. Dans ce contexte, une première typologie des communautés piscicoles lacustres a été réalisée à partir d'une compilation de données recueillies sur 25 sites (CEMAGREF, 1987). Cette étude montrait une succession de peuplements dominés par les Salmonidés puis les Corégonidés, les Cyprinidés et/ou Percidés qui s'organisaient le long d'un gradient amont/aval et que l'on pouvait rapprocher de la zonation de HUET (1949) relative aux cours d'eau.

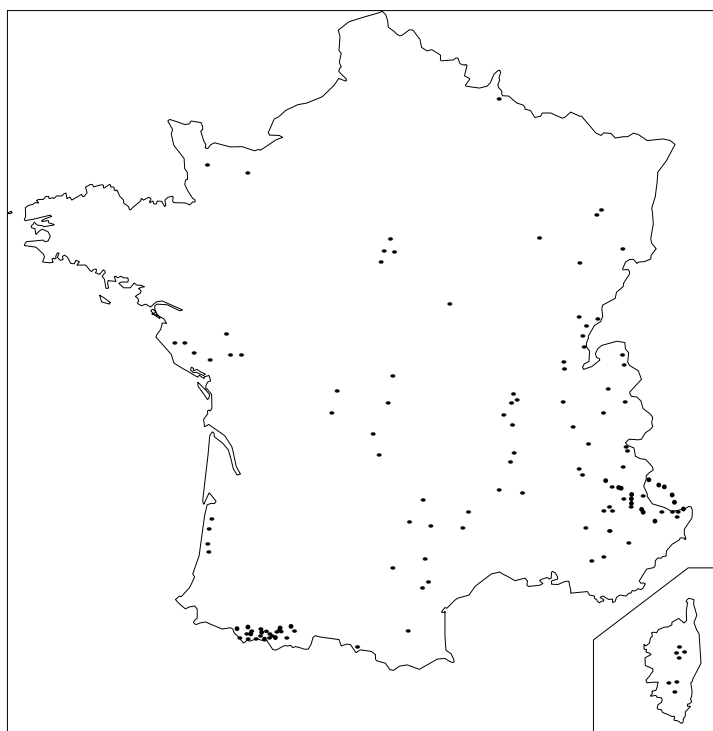
Notre étude s'inscrit dans la continuité de ces travaux et se propose d'examiner plus précisément la composition taxonomique des peuplements piscicoles des plans d'eau français et d'y apporter une interprétation par les caractéristiques des sites. Elle a d'abord été entreprise sur un ensemble de plans d'eau d'altitudes comprises entre 0 et 2 571 m. Après scission du jeu de données, la même démarche a été conduite séparément sur les plans d'eau situés au dessus et au dessous de 1 500 m d'altitude. Les recherches concernant ce dernier groupe de sites feront l'objet d'une deuxième partie (ARGILLIER *et al.*, 2002b).

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Sites d'étude et données piscicoles

Les 98 plans d'eau étudiés (Tableau I) se répartissent sur 36 départements et en majorité dans le sud-est de la France (Figure 1), ce qui s'explique en partie par les caractéristiques topographiques du territoire français. On observe une forte concentration des sites dans le massif pyrénéen (18 dans le département de Hautes-Pyrénées) et dans les Alpes du sud (12 dans le Parc National du Mercantour).

Les informations relatives aux peuplements piscicoles proviennent pour partie d'inventaires réalisés par le Cemagref avant 1997 selon le protocole décrit par SAINTONGE (1987), ou après 1997 selon le protocole standardisé développé par GUYARD *et al.* (1989) et repris par DEGIORGI (1994). Certaines données nous ont aimablement été communiquées par d'autres organismes qui ont effectué les pêches. D'autres données ont été obtenues lors de récupérations piscicoles suite à des vidanges décennales réalisées par obligation réglementaire (données EDF en particulier). Sur l'ensemble des plans d'eau, l'abondance relative en effectifs des espèces a été estimée par la proportion qu'elle représente dans l'ensemble des effectifs capturés. Ces valeurs ont ensuite été codées en trois classes d'abondance : 0 = absence, 1 = abondance moyenne, 2 = abondance forte. L'abondance relative bornant les classes 1 et 2 est l'abondance relative moyenne de l'espèce sur les sites où elle est présente. Ces classes tiennent ainsi compte de la distribution des abondances des espèces dans l'ensemble des sites (bornes des classes différentes pour chaque espèce).



**Figure 1**  
Localisation des 98 sites étudiés.

**Figure 1**  
Location of the 98 study sites.

**Tableau I**

Liste des 98 plans d'eau étudiés. Les sites d'altitude supérieure à 1 500 m sont indiqués en caractère gras.

**Table I**

List of the 98 study lakes. Names in bold are mountain lakes.

Nom	Code	Type	Source donnée**	Nom	Code	Type	Source donnée**
Aiguebelette	AIG73	LN	CSP	Laprade	LAP40	LN	Cemagref
<b>Allos</b>	ALL04	LN	Cemagref	<b>Laquette Aubert</b>	LAU65	LN	ENSAT
Annecy	ANN74	LN	Cemagref	<b>Laramon</b>	LAR05	LN	Cemagref
<b>Aratilles</b>	ARA65	LN	ENSAT	<b>Le Grand Lac</b>	LGL05	LN	Cemagref
<b>Ardiden</b>	ARD65	LN	ENSAT	<b>Les Cordes</b>	COR05	LN	Cemagref
<b>Aube</b>	AUB09	LN	Cemagref	Les Olivettes	OLI34	R	Cemagref
<b>Aumar</b>	AUM65	LN	ENSAT	Longemer	LON88	LN	Cemagref
<b>Autier</b>	AUT06	LN	Cemagref	L'Ospédale	OSP2A	R	Agence de l'Eau
<b>Barroude</b>	BAR65	LN	ENSAT	Maury	MAU12	R	EDF
<b>Bastan inférieur</b>	BAS65	LN	ENSAT	<b>Melo</b>	MEL2B	LN	Cemagref
<b>Bastani</b>	BAS2B	LN	Cemagref	Moliets	MOL40	LN	Cemagref
<b>Basto</b>	BAS06	R	Cemagref	Montbel	MON11	R	EDF
Bourget	BOU73	LN	Cemagref	Monteynard	MON38	R	CSP/Agence eau
<b>Cap de Long</b>	CDL65	R	ENSAT	Nantua	NAN01	LN	CSP/Agence eau
<b>Capitello</b>	CAP2B	LN	Cemagref	Naussac	NAU48	R	Cemagref
<b>Carbon</b>	CAR06	R	Cemagref	<b>Nègre</b>	NEG06	LN	Cemagref
Castillon	CAS04	R	Cemagref	<b>Nino</b>	NIN2B	LN	Cemagref
Cazaux	CAZ40	LN	Cemagref	<b>Oncet</b>	ONC65	LN	ENSAT
Chalain	CHA39	LN	AAPPMA	<b>Oulettes d'Estom</b>	OES65	LN	ENSAT
Charpal	CHA48	R	Cemagref	<b>Ours</b>	OUR65	LN	ENSAT
Chastang	CHA19	R	ENSAT	Paladru	PAL38	LN	CSP/Agence eau
Chaudanne	CHO04	R	Cemagref	Pannecièrre	PAN58	R	EDF
<b>Col Arratilles</b>	CAR65	LN	ENSAT	Pareloup	PAR12	R	EDF
Couesque	COU12	R	Cemagref	Parentis	PAR40	LN	Cemagref
Devesset	DEV07	R	CSP/Agence eau	Petichet	PET38	LN	CSP/Agence eau
Eguzon	EGU36	R	Cemagref	<b>Peyregnet de Cambales</b>	PDC65	LN	ENSAT
<b>Escoubous</b>	ESC65	R	ENSAT	Pont de Salars	PDS12	R	ENSAT
Esparon	ESP04	R	Cemagref	<b>Port Bielh</b>	PBI65	LN	ENSAT
<b>Estaing</b>	EST65	LN	ENSAT	<b>Pouey Laün</b>	PLA65	LN	ENSAT
<b>Fer</b>	FER06	LN	Cemagref	Quinson	QUI04	R	Cemagref
<b>Flaine</b>	FLA74	LN	CSP	Rabodanges	RAB61	R	Cemagref
<b>Fourcat</b>	FOU06	R	Cemagref	Remoray	REM25	LN	CSP
<b>Gaube</b>	GAU65	LN	ENSAT	Saint Cassien	SCA83	R	Cemagref
Gérardmer	GER88	LN	Cemagref	Saint Martial	SMA07	R	AAPPMA
<b>Gers</b>	GER74	LN	CSP	Saint Peyres	SPE81	R	ENSAT
<b>Glacé Estom</b>	GES65	LN	ENSAT	Sainte Croix	SCR04	R	Cemagref
Grangent	GRA42	R	Cemagref	Saint-Pardoux	SPA87	R	ENSAT
<b>Graveirette</b>	GRV06	LN	Cemagref	<b>Serpent</b>	SER05	LN	Cemagref
Ilay	ILA39	LN	CSP	Serre-Ponçon	SPO04	R	Cemagref
Issarlès	ISS07	LN	DIREN	Sylans	SYL01	LN	CSP/Agence eau
La Dathée	DAT14	R	AAPPMA	<b>Tavels</b>	TAV06	LN	Cemagref
<b>La Fous</b>	LFO06	LN	Cemagref	<b>Tignes</b>	TIG73	LN	Cemagref
<b>La Muta</b>	LMO06	R	Cemagref	Tolla	TOL2A	R	Cemagref
La Raviège	RAV34	R	Cemagref	<b>Trécolpas</b>	TRE06	R	Cemagref
Lac de l'Abbaye	ABB39	LN	Cemagref	Treignac	TRE19	R	Cemagref
<b>Lac Long Supérieur</b>	LLS06	R	Cemagref	Vielles Forges	VFO08	R	EDF
<b>Lac Noir</b>	NOI06	R	Cemagref	Villereest	VIL42	R	Cemagref
<b>Lac Vert</b>	VER06	R	Cemagref	<b>Vitalaca</b>	VIT2A	LN	Cemagref
Laffrey	LAF38	LN	CSP/Agence eau	Vouglans	VOU39	R	Cemagref

\* LN : lac naturel, R : retenue artificielle

\*\* AAPPMA : Association Agréée de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique, Cemagref : Centre de Recherche pour l'Ingénierie de l'Agriculture et de l'Environnement, CSP : Conseil Supérieur de la Pêche, DIREN : Direction Régionale de l'Environnement, EDF : Electricité de France, ENSAT : Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Toulouse

Les variables environnementales sont présentées dans le Tableau II. L'âge maximum correspond à celui donné à l'ensemble des lacs naturels et, pour cette variable, le calcul d'une valeur moyenne n'a pas de sens.

**Tableau II**  
**Moyennes et valeurs extrêmes des facteurs environnementaux étudiés.**

**Table II**  
**Mean and extreme values of environmental variables.**

Paramètres (unité)	Moyenne	Valeur minimale	Valeur maximale
Altitude (m)	1 351	8	2 571
Surface du plan d'eau (ha)	122	0,6	5 800
Profondeur maximale (m)	28	3	145
Marnage (m)	5,6	0	60
SLDF* = $\frac{P}{\sqrt{4 \times \Pi \times A}}$	2,4	1	12
Surface Bassin versant (ha)	4 580	31	652 000
Distance à la mer (km)	211	6	820
Distance à la source (km)	6,2	0	179
Âge (an)	-	4	14 000

\* Indice de développement de berge - P représente la longueur de berge (km) et A la superficie du plan d'eau (km<sup>2</sup>)

La plupart de ces variables ont été obtenues par analyse bibliographique. D'autres nous ont été communiquées oralement par les personnes impliquées sur les sites (scientifiques ayant réalisé les études ichtyologiques, utilisateurs ou gestionnaires). Les valeurs mesurables sur support cartographique ont été soit vérifiées soit déterminées à partir de cartes IGN au 25 000<sup>ème</sup> et 50 000<sup>ème</sup>. Le calcul des superficies des plans d'eau et des bassins versant a été réalisé sur Autocad<sup>®</sup> pour partie ainsi qu'à l'aide d'un planimètre. Les profils de distribution des différents paramètres nous ont conduit à appliquer une transformation logarithmique à l'ensemble des variables à l'exception de l'altitude, du marnage et de l'indice de développement des berges (ShoreLine Development Factor : SLDF) (EADIE et KEAST, 1984 ; MINNS, 1989).

### Approche analytique

Les matrices de données faunistiques ont été traitées par Analyse Factorielle des Correspondances (AFC). La ressemblance entre deux lignes ou entre deux colonnes est définie par une distance entre les deux modalités utilisant la métrique du  $\chi^2$ .

Les caractéristiques des sites ont été étudiées par Analyse en Composantes Principales (ACP) normée. Ces analyses nous ont permis de visualiser les positions relatives des sites sur les cartes factorielles et d'identifier les corrélations entre variables.

Un test de Monte-Carlo a été utilisé pour tester la significativité du lien entre matrice faunistique et matrice des paramètres de milieu. Ce test non paramétrique, basé sur la permutation des lignes de la matrice des variables faunistiques, permet de comparer les valeurs observées à des valeurs simulées (FRAILE *et al.*, 1993).

Les analyses factorielles et les tests de permutations ont été réalisés avec le logiciel ADE-4 (THIOULOUSE *et al.*, 1997).

## RÉSULTATS

### Analyse de l'ensemble des données faunistiques

Sur les 98 plans d'eau, plus de 120 000 poissons ont été capturés. Leur identification a révélé la présence de 40 espèces et sous-espèces (Tableau III). Le nombre d'espèces par site varie entre 1 et 20 avec une moyenne de 5. Parmi celles-ci, douze étaient représentées par des effectifs faibles résultant d'un problème de capturabilité aux filets maillants souvent utilisés dans les échantillonnages (cas de l'anguille, *Anguilla anguilla*) ou d'une faible occurrence. Ces espèces ne seront pas considérées dans les analyses suivantes. De plus, certains taxons ont été groupés en raison d'un certain homomorphisme rendant leur identification délicate lors des inventaires et/ou compte-tenu de leurs exigences écologiques proches (Tableau III). Ce sont donc en tout 25 espèces ou groupes d'espèces piscicoles lacustres qui ont été pris en compte dans les analyses suivantes.

L'AFC du tableau faunistique (Figure 2) montre une prédominance de l'axe F1 portant 25 % de l'inertie. Le reste se répartit de manière relativement homogène sur les autres facteurs. Le plan F1/F2 sur lequel les espèces ont été positionnées exprime 33,6 % de la variabilité totale. Sur l'axe F1, tous les Salmonidés, truite commune (*Salmo trutta fario*), truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*), omble chevalier (*Salvelinus alpinus*), cristivomer (*Salvelinus namaycush*) et saumon de fontaine (*Salvelinus fontinalis*), s'opposent aux autres espèces, en particulier le gardon (*Rutilus rutilus*), la tanche (*Tinca tinca*) et la brème (*Abramis brama* et/ou *Blicca bjoerkna*), qui constituent un groupe de Cyprinidés, ainsi qu'à la perche (*Perca fluviatilis*) et au brochet (*Esox lucius*). Cet axe F1 met en évidence une séparation des groupes d'espèces plutôt qu'une structure de l'ensemble des peuplements lacustres. Sur l'axe F2, on observe une opposition entre des espèces comme le sandre (*Stizostedion lucioperca*), le rotengle (*Scardinius erythrophthalmus*) et le saumon de fontaine et des poissons plus rhéophiles tels le goujon (*Gobio gobio*), le chevaine (*Leuciscus cephalus*) et la truite arc-en-ciel.

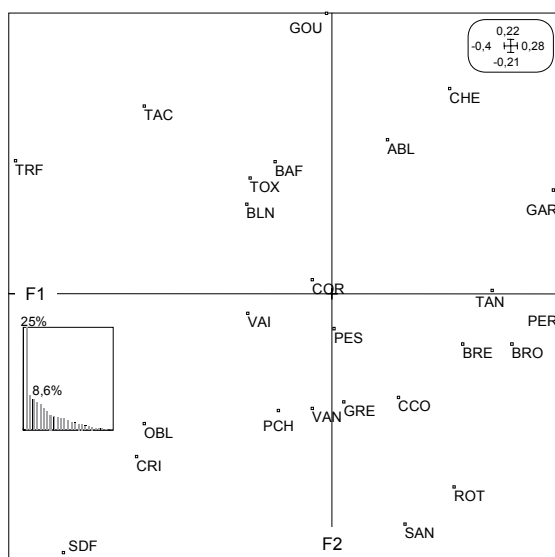


Figure 2

Représentation des 25 espèces sur le plan F1/F2 de l'AFC effectuée sur les données faunistiques de l'ensemble des plans d'eau.

Figure 2

Position of the 25 fish species on the first two axis of the CA carried out on the overall fish data.

**Tableau III**

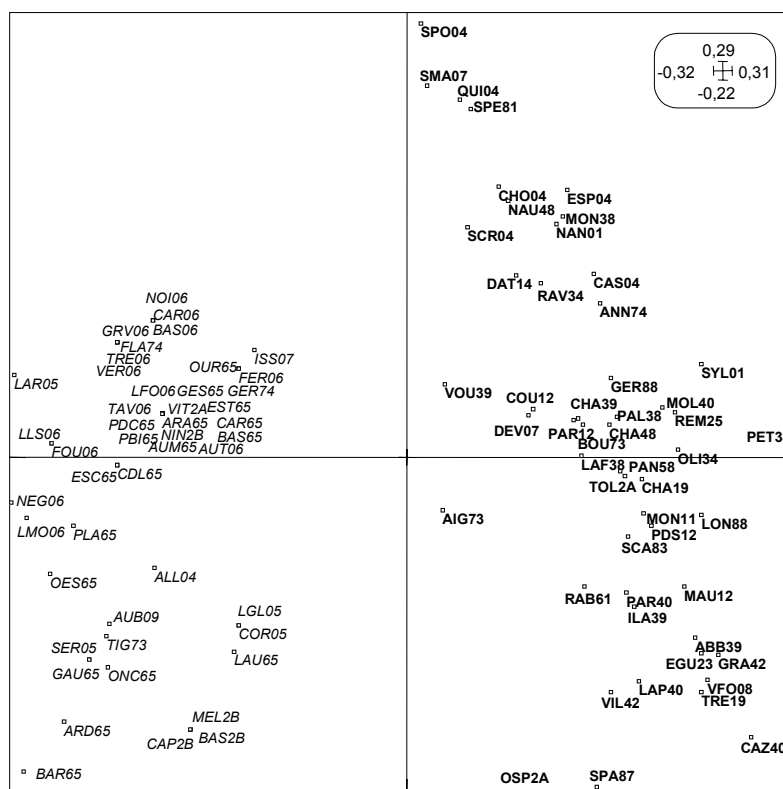
Liste des espèces identifiées dans les plans d'eau. (\*) Espèces non prises en compte dans les analyses.

**Table III**

List of the species identified in the study sites. (\*) Species excluded from the analysis.

Nom commun	Nom latin	Code
Able de Heckel *	<i>Leucaspilus delineatus</i>	
Ablette	<i>Alburnus alburnus</i>	ABL
Anguille *	<i>Anguilla anguilla</i>	
Barbeau	<i>Barbus barbus</i>	BAF
Black bass *	<i>Micropterus salmoides</i>	
Blageon	<i>Leuciscus soufia</i>	BLN
Blennie *	<i>Blennius fluviatilis</i>	
Brème bordelière	<i>Blicca bjoerkna</i>	Assimilée BRE
Brème commune	<i>Abramis brama</i>	BRE
Brochet	<i>Esox lucius</i>	BRO
Carassin *	<i>Carassius carassius</i>	
Carassin doré *	<i>Carassius auratus</i>	
Carpe commune	<i>Cyprinus carpio</i>	CCO
Carpe cuir	<i>Cyprinus carpio</i>	Assimilée CCO
Carpe miroir	<i>Cyprinus carpio</i>	Assimilée CCO
Chevaine	<i>Leuciscus cephalus</i>	CHE
Corégone	<i>Coregonus sp</i>	COR
Cristivomer	<i>Salvelinus namaycush</i>	CRI
Épinochette *	<i>Pungitius pungitius</i>	
Gambusie *	<i>Gambusia affinis</i>	
Gardon	<i>Rutilus rutilus</i>	GAR
Goujon	<i>Gobio gobio</i>	GOU
Grémille	<i>Gymnocephalus cernua</i>	GRE
Hotu *	<i>Chondrostoma nasus</i>	
Loche franche *	<i>Nemacheilus barbatulus</i>	
Lote *	<i>Lotta lotta</i>	
Ombre chevalier	<i>Salvelinus alpinus</i>	OBL
Poisson chat	<i>Ictalurus melas</i>	PCH
Perche	<i>Perca fluviatilis</i>	PER
Perche soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>	PES
Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	ROT
Sandre	<i>Stizostedion lucioperca</i>	SAN
Saumon de fontaine	<i>Salvelinus fontinalis</i>	SDF
Spirin *	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	
Tanche	<i>Tinca tinca</i>	TAN
Toxostome	<i>Chondrostoma toxostoma</i>	TOX
Truite arc-en-ciel	<i>Onchorhynchus mykiss</i>	TAC
Truite commune	<i>Salmo trutta fario</i>	TRF
Truite de lac	<i>Salmo trutta lacustris</i>	Assimilée TRF
Vairon	<i>Phoxinus phoxinus</i>	VAI
Vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i>	VAN
Vandoise rostrée	<i>Leuciscus leuciscus burdigalensis</i>	Assimilée VAN

La représentation des sites sur la même analyse fait apparaître une opposition forte entre deux groupes de plans d'eau sur l'axe F1 (Figure 3). Un quart de la variabilité de cette AFC est expliquée par cette scission entre les deux groupes de plans d'eau, qui de fait, masque les autres phénomènes.



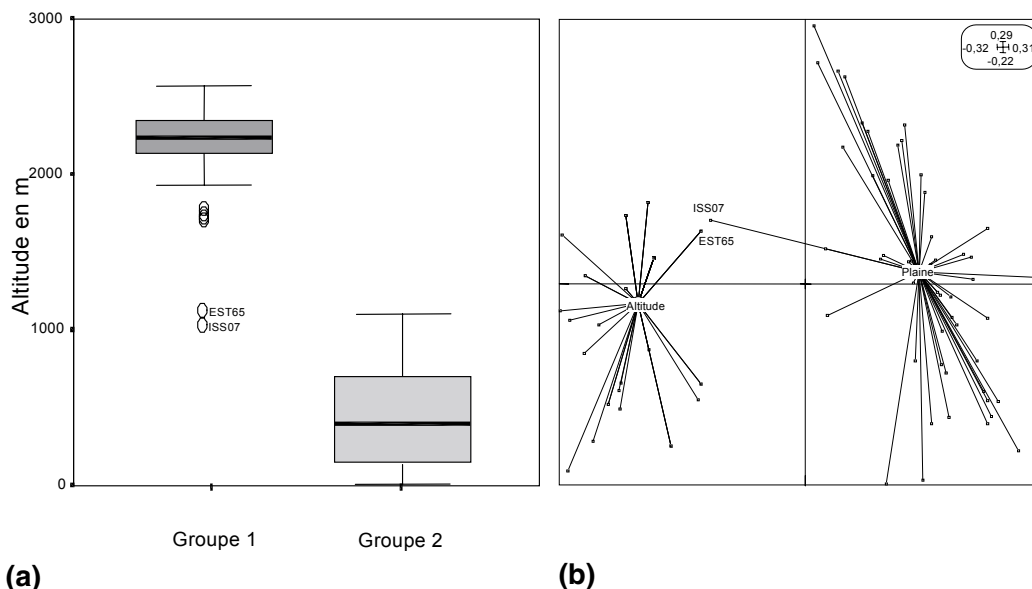
**Figure 3**  
Représentation des 98 plans d'eau sur le plan F1/F2 de l'AFC effectuée sur les classes d'abondance des espèces.

**Figure 3**  
Position of the 98 sites on the first two axis of the CA carried out on the overall fish data.

La représentation dite « en boîte à moustache » montre une différence très nette des altitudes entre les plans d'eau appartenant à chacun des groupes (Figure 4a). Ainsi, les sites dont le code est en italique sur la Figure 3, avec des coordonnées négatives sur F1, peuvent être considérés comme appartenant à un groupe de plans d'eau « d'altitude », situés à plus de 1 500 m alors que les autres constituent un groupe de plans d'eau de « plaine », situés au dessous de 1 500 m. Deux plans d'eau : Estaing (1 161 m) et Issarlès (1 000 m) se démarquent par leur position intermédiaire du point de vue de l'altitude alors que les communautés piscicoles qu'ils abritent (truite commune uniquement à Estaing et 80 % de corégone *Coregonus* sp. à Issarlès) les apparentent à des plans d'eau d'altitude. A l'inverse, d'autres sites tels que la retenue de Charpal (CHA48, 1 325 m), bien qu'à des altitudes supérieures, ne sont pas dominés par les Salmonidés. Les deux groupes ainsi identifiés ont été représentés sur l'AFC sous forme d'un diagramme barycentrique (Figure 4b). Celui-ci montre que la séparation des deux groupes de plans d'eau par les variables faunistiques se justifie également par les valeurs altitudinales.



Les deux groupes de plans d'eau identifiés par l'AFC se distinguent également par la richesse spécifique. Le nombre moyen d'espèces rencontrées dans les plans d'eau situés à moins et à plus de 1500 m d'altitude est respectivement de 9 et 2, cette différence étant significative ( $p < 0,001$ ).



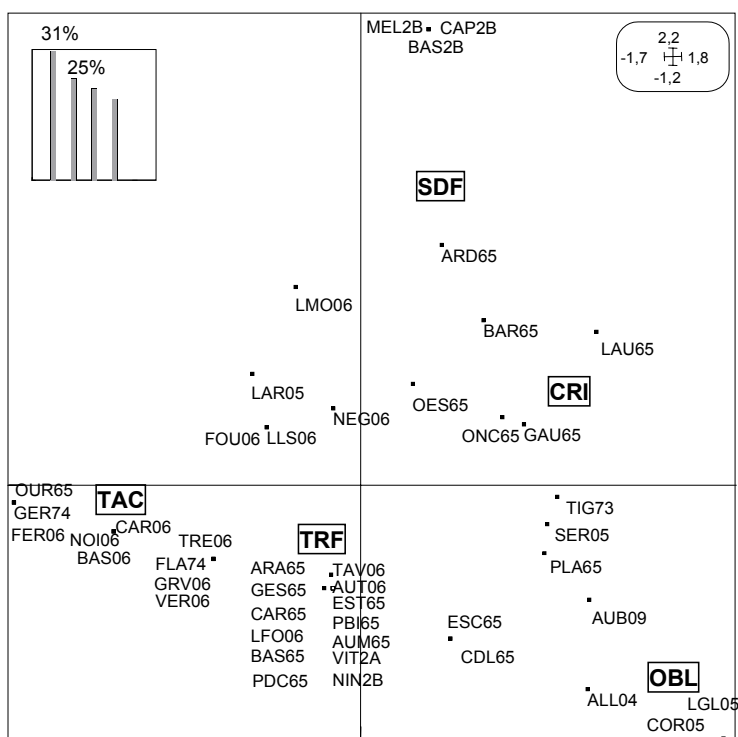
**Figure 4**  
**(a) Représentation en boîte à moustache des altitudes des 2 groupes déterminés par les coordonnées sur F1 de l'AFC des données piscicoles et (b) représentation barycentrique des plans d'eau de plaine et d'altitude sur le plan F1/F2 de l'AFC des données piscicoles.**

**Figure 4**  
**(a) Boxplot displaying the altitudes of lake groups based on their scores on the first axis of fish data CA and (b) mean position of lakes below and over 1 500 m altitude on the first two axis of fish data CA.**

#### Analyse des données faunistiques des plans d'eau d'altitude

Cette analyse porte sur 46 plans d'eau situés à une altitude supérieure à 1 500 m (2 163 m en moyenne) et dans lesquels neuf espèces ont été identifiées. Seulement 5 espèces de Salmonidés sont bien représentées (Tableau IV) ; la truite commune est l'espèce la plus fréquente et souvent la plus abondante dans ces milieux mais le saumon de fontaine et la truite arc-en-ciel sont deux espèces que l'on rencontre dans presque un tiers des sites. Le chevesne, le blageon (*Leuciscus souphia*), le rotengle et le vairon (*Phoxinus phoxinus*) sont des espèces d'accompagnement présentes au plus sur deux sites.

Le plan F1/F2 de l'AFC du tableau faunistique porte 56 % de l'inertie totale (Figure 5). On note une séparation nette des 5 espèces exprimant l'absence d'association. Deux oppositions importantes sont à l'origine de cette représentation : d'une part l'omble chevalier et la truite arc-en-ciel qui contribuent à l'élaboration de l'axe F1 et d'autre part l'omble chevalier et le saumon de fontaine qui s'expriment sur l'axe F2. Le calcul des coefficients de corrélations de Spearman entre ces 5 Salmonidés confirme l'opposition omble chevalier / truite arc-en-ciel, espèces qui ne sont associées sur aucun site. L'opposition entre la truite commune et le saumon de fontaine est également significative.



**Figure 5**  
 Représentation des espèces (en encadré) et des plans d'eau sur le plan F1/F2 de l'AFC des données piscicoles des 46 plans d'eau d'altitude. Les lacs au peuplement similaire sont projetés sur un même point.

**Figure 5**  
 Position of species (framed) and sites on the first two axis of fish data CA on the 46 mountain lakes. Lakes with similar communities are represented by a single spot.

**Tableau IV**  
 Fréquence de présence et abondance relative numérique moyenne des Salmonidés étudiées sur les plans d'eau d'altitude.

**Table IV**  
 Percentage occurrence and mean relative abundance of Salmonids in mountain lakes.

Nom commun	Code	Occurrence (%)	Abondance relative moyenne (%)
Cristivomer	CRI	19,6	7,9
Ombre chevalier	OBL	21,7	11,7
Saumon de fontaine	SDF	28,3	11,6
Truite arc-en-ciel	TAC	32,6	16,1
Truite commune	TRF	80,4	52,8

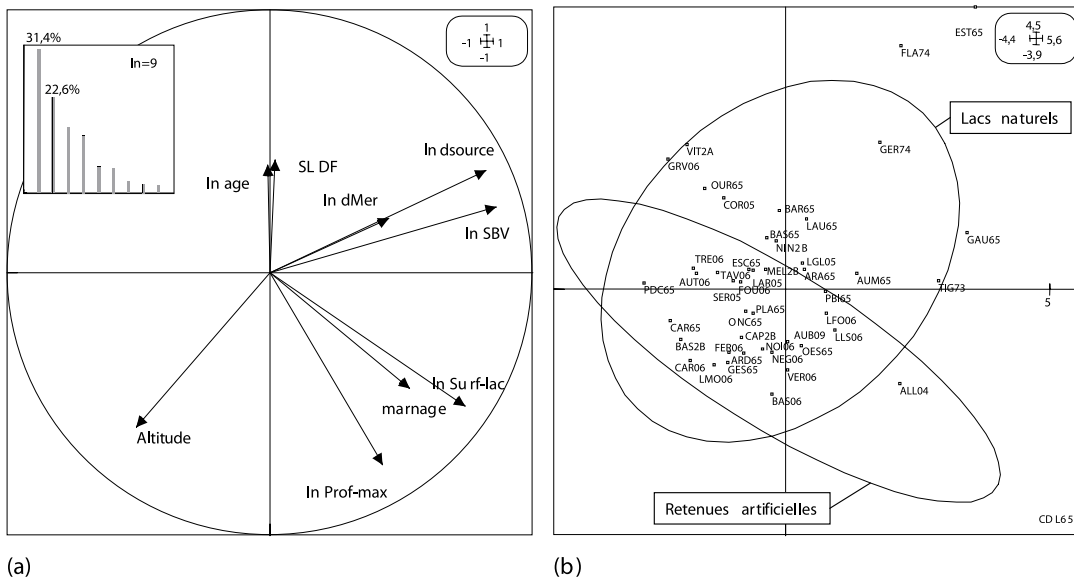
La présence et l'abondance de chacune des espèces ont été analysées en regard de la localisation du plan d'eau (massif, département) où elles ont été capturées et aucune tendance forte n'a pu être dégagée. Sur le jeu de données assez limité (seulement 10 retenues dont 8 dans le parc national du Mercantour), aucune différence nette n'a été mise en évidence entre les peuplements des lacs naturels et des retenues artificielles.

**Analyse des variables environnementales des plans d'eau d'altitude**

L'axe F1 de l'ACP normée, opposant les lacs à grand bassin versant à ceux situés plus en altitude, caractérise la position du site dans son bassin (Figure 6). Il peut être considéré comme un indice synthétique de gradient longitudinal.

Le second axe explique surtout la variable profondeur (Contribution Absolue : CA = 31 %), paramètre toutefois corrélé à la surface du lac et à l'altitude (respectivement CA = 14 % et CA = 17 %). Ce plan factoriel isole la retenue Cap de Long (CDL65) aux dimensions particulières (surface de 118 ha et profondeur maximale de 100 m) dans le jeu de données des plans d'eau d'altitude dont la surface moyenne est de 11 ha et la profondeur maximale moyenne de 19,5 m. Les autres plans d'eau s'ordonnent selon leur position dans leur bassin versant par projection sur l'axe 1.

La représentation en ellipse ne met pas en évidence de différence nette en ce qui concerne les caractéristiques des lacs naturels et des retenues artificielles.



**Figure 6**  
**Plan F1/F2 de l'ACP des descripteurs de milieu sur les plans d'eau d'altitude.**  
**(a) cercle des corrélations et (b) représentation en ellipse des types de plans d'eau (95 % d'intervalle de confiance pour chaque type de plan d'eau).**

**Figure 6**  
**First two axis of the PCA on mountain lakes environmental variables.**  
**(a) correlation circle, (b) position of the sites (ellipses display 95% confidence interval for each type of lake).**

### Relation peuplement/descripteurs des plans d'eau d'altitude

Ce volet devait initialement être traité en couplant l'AFC des données faunistiques et l'ACP des paramètres environnementaux par ACC. Le test initial de permutation des lignes a toutefois démontré la non significativité de l'inertie du tableau faunistique expliquée par les variables environnementales ( $p = 0,185$ , 1 000 permutations).

L'analyse indirecte des axes de l'AFC par corrélation avec les paramètres environnementaux a confirmé qu'aucune relation ne pouvait être établie entre les caractéristiques des plans d'eau et les communautés qu'ils abritaient. Les plans d'eau de montagne montrent donc des peuplements de Salmonidés dont les structures s'expliquent peu par les caractéristiques des sites prises en compte dans cette étude.

### DISCUSSION - CONCLUSION

Parmi les 75 à 80 espèces présentes dans le réseau hydrographique français (KEITH, 1998), seulement la moitié ont été rencontrées dans les lacs naturels et les retenues artificielles. De plus, une dizaine d'entre elles sont peu fréquentes et/ou peu abondantes.

Avec une moyenne de 5 espèces par site, la richesse spécifique des plans d'eau français peut être considérée comme relativement élevée par rapport à celle des lacs finlandais ou portugais (TONN *et al.*, 1990 ; GODINHO *et al.*, 1998). Il existe cependant des différences importantes entre les communautés des plans d'eau, l'altitude étant le premier critère de discrimination. Plusieurs auteurs s'accordent pour définir à 1 500 m la limite inférieure des lacs de montagne ce qui va dans le sens de nos observations (MARTINOT, 1989 ; RIVIER, 1996). Néanmoins, dans notre étude, la définition de cette limite altitudinale repose sur l'analyse d'un jeu de données avec peu de sites entre 1 300 et 1 800 m. Cette limite devrait donc être précisée après recueil de nouvelles informations.

Les résultats ont montré que sur les lacs d'altitude supérieure à 1 500 m, les peuplements piscicoles étaient peu diversifiés, voire monospécifiques et toujours dominés par une espèce de Salmonidé. La faible richesse spécifique est un critère de caractérisation de ces plans d'eau d'altitude. Les substrats peu diversifiés, les régimes thermiques rigoureux et les ressources trophiques limitées sont des éléments susceptibles de limiter la richesse spécifique comme cela a été montré dans les lacs du Wisconsin (BENSON et MAGNUSON, 1992), ou de l'Ontario (EADIE et KEAST, 1984).

D'autre part, beaucoup de ces lacs naturels d'altitude étaient initialement vierges de tout peuplement piscicole (GILLET, 1991). Les Salmonidés rencontrés dans ces milieux ont été pour la plupart introduits depuis le XIX<sup>ème</sup> siècle (HOLCIK, 1991 ; RIVIER, 1996). C'est en particulier le cas des espèces originaires d'Amérique du Nord telles que le saumon de fontaine, le cristivomer et la truite arc-en-ciel. La truite commune et l'omble chevalier sont des espèces autochtones mais qui ont également été déversées dans de nombreux sites (MACHINO, 1991 ; KEITH et ALLARDI, 2001) et dans la majorité de ceux que nous avons étudiés. Les Cyprinidés que l'on rencontre occasionnellement dans ces milieux auraient aussi été introduits soit volontairement par les gestionnaires soit par les pêcheurs au vif. De plus, une étude menée sur le même jeu de données a montré l'existence d'une relation assez forte entre l'abondance de l'espèce dans le milieu et l'importance des déversements dont elle a fait l'objet (ARGILLIER *et al.*, 2002a).

Il est cependant probable que plusieurs espèces de Salmonidés aient été déversées, en quantité équivalente, dans chaque lac. Les peuplements actuels, dominés par une seule espèce, seraient alors le reflet d'une certaine sélection par les conditions physiques des milieux agissant comme des filtres (TONN *et al.*, 1990). Dans les lacs pris

en compte par nos analyses, la dominance de chacune des cinq espèces de Salmonidés n'a pas pu être reliée aux paramètres environnementaux étudiés, qu'il s'agisse des descripteurs à l'échelle régionale ou locale. Les communautés présentes dans les lacs naturels et dans les retenues artificielles sont également comparables, vraisemblablement parce qu'en montagne, notamment dans le Mercantour où l'on a étudié le plus de sites, les retenues sont pour la plupart des anciens lacs naturels réaménagés (rehaussement des déversoirs, endiguement).

Dans ces milieux oligotrophes, les facteurs biotiques sont susceptibles d'avoir fortement contribué à la dominance d'une espèce. Des mécanismes de compétition interspécifique ont été mis en évidence entre l'omble et la truite commune dans les lacs du massif des Ecrins (CAVALLI, 1997). La ségrégation interactive, mécanisme par lequel des espèces présentant des exigences écologiques proches et un chevauchement de niches écologiques s'excluent par une amplification de petites différences généralement liées au comportement (FRASER et POWER, 1984 ; HEGGBERGET, 1984), serait un phénomène fréquent dans les lacs de montagne. Celui-ci pourrait expliquer la dominance d'une seule espèce de Salmonidés dans les communautés observées (NILSSON, 1955, 1960 ; RIVIER, 1996).

Ainsi, dans ces plans d'eau d'altitude, les paramètres présence/absence et abondance des espèces, probablement trop dépendants des actions de l'homme, n'ont pu être reliés aux facteurs environnementaux. Comme le suggèrent les résultats de CAVALLI (1997), les facteurs du milieu s'expriment certainement davantage sur les traits d'histoire de vie des espèces. Sur un ensemble de lacs d'altitude pourtant plus homogène que celui ayant fait l'objet de notre étude, ce dernier a montré des différences inter-lacs du taux de croissance de l'omble chevalier liées à la profondeur et au régime thermique.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient chaleureusement tous ceux qui ont contribué à l'enrichissement de la base de données qui constitue l'assise de ce travail et en particulier MM B. Rivier et B. Dumont (Cemagref Aix-en-Provence), MM A. Belaud, F. Dauba et P. Lim (ENSAT), MM T. Changeux et J.-C. Raymond (CSP), M J.-F. Perrin (Agence de l'Eau Rhône/Alpes), M A. Poirel et Mme Merle (EDF). Notre reconnaissance s'adresse également à M S. Messad (CIRAD) pour son assistance sur les aspects statistiques et l'analyse de données.

Cette étude a été réalisée grâce au soutien financier du Conseil Supérieur de la Pêche et du Conseil Régional du Languedoc-Roussillon.

## BIBLIOGRAPHIE

- ARGILLIER C., PRONIER O., CHANGEUX T., 2002a. Fishery management practices in French lakes. In : COWX I.G. (ed.), Management and ecology of lake and reservoir fisheries, 312-321, Blackwell Science, Oxford.
- ARGILLIER C., PRONIER O., IRZ P., MOLINIER O., 2002b. Approche typologique des peuplements piscicoles lacustres français. II. Structuration des communautés dans les plans d'eau d'altitude inférieure à 1 500 m. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 365/366, 389-404.
- BENSON J.B., MAGNUSON J.J., 1992. Spatial heterogeneity of littoral fish assemblages in lakes: relation to species diversity and habitat structure. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49, 1493-1500.
- CAVALLI L., 1997. Biologie des populations de Salmonidés des lacs de haute altitude du Parc National des Ecrins. Alimentation - Croissance - Reproduction. Thèse de doctorat. Université de Provence, Marseille. 207 p.

- CEMAGREF, 1987. Méthodologie de l'étude des grands plans d'eau : suivi piscicole et essai de typologie. Rapport d'étude. Paris. 31 p.
- DEGIORGI F., 1994. Etude de l'organisation spatiale de l'ichtyofaune lacustre. Prospection multisaisonnière de 6 plans d'eau de l'est de la France à l'aide de filets verticaux. Thèse de doctorat. Université de Franche-Comté, Besançon, 191 p.
- EADIE J.M., KEAST A., 1984. Ressources heterogeneity and fish diversity in lakes. *Can. J. Zool.*, 62, 1689-1695.
- FRAILE L., ESCOUFIER Y., RAIBAUT A., 1993. Analyse des correspondances de données planifiées : étude de la chémotaxie de la larve infestante d'un parasite. *Biometrics*, 49, 1142-1153.
- FRASER N.C., POWER G., 1984. The interactive segregation of landlocked Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) from lake charr (*S. namaycush*) and brook charr (*S. fontinalis*) in two lakes of subarctic Quebec, Canada. In : JOHNSON L., BURN B. (Eds.), *Biology of the Arctic Charr*, 163-181, Winnipeg Man. (Canada).
- GILLET C., 1991. Egg production in an arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) brood stock: Effects of temperature on the timing of spawning and the quality of eggs. *Aquat. Living Resour.*, 4, 109-116.
- GODINHO F.N., FERREIRA M.T., PORTUGAL E CASTRO M.I., 1998. Fish assemblage composition in relation to environmental gradients in Portuguese reservoirs. *Aquat. Living Resour.*, 11, 325-334.
- GUYARD A., GRANDMOTTET J.P., VERNEAUX J., 1989. Utilisation de batteries de filets verticaux à enroulement : nouvelle technique d'échantillonnage de la faune ichtyologique lacustre. Application à l'étude de la retenue du barrage de Vouglans (Jura). *Ann. Sci. Univ. Fr.-Comté, Besançon, Biol.-Ecol.*, 5, 59-70.
- HEGGERGET T.G., 1984. Habitat selection and segregation of parr of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*), brown trout, (*Salmo trutta*) and Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in two streams in north Norway. In : JOHNSON L., BURN B. (Eds.), *Biology of the Arctic Charr*, 217-231, Winnipeg Man. (Canada).
- HOLCIK J., 1991. Fish introductions in Europe with particular reference to its Central and Eastern Part. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 48, 13-23.
- HONDZO M., STEFAN G., 1996. Long-term lake water quality predictors. *J. Water Resour. Plann. Manage.*, 30, 2835-2852.
- HUET M., 1949. Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes. *Schweiz. Z. Hydrol.*, 11, 332-351.
- KEITH P., 1998. Evolution des peuplements ichtyologiques de France et stratégies de conservation. Thèse de doctorat. Université de Rennes I, Rennes. 235 p.
- KEITH P., ALLARDI J. (coord.), 2001. Atlas des poissons d'eau douce de France. *Patrimoines Naturels*, 47, 387 p.
- MACHINO Y., 1991. Répartition géographique de l'omble chevalier (Poisson, Salmonidae, *Salvelinus alpinus*) en France. Thèse de doctorat. Université Joseph Fourier, Grenoble. 438 p.
- MACLEAN J., MAGNUSON J.J., 1977. Species interactions in percid communities. *J. Fish. Res. Board Can.*, 34, 1941-1951.
- MARTINOT J.P., 1989. Les lacs de montagne : mieux connaître et bien gérer. In : *Conférence « Gestion environnementale des plans d'eau »*, 19, Aix-les-bains, 7-8 juin 1989, I.G.G.E.
- MATTHEWS W.J., ROBISON H.W., 1998. Influence of drainage connectivity, drainage area and regional species richness on fishes of the interior highlands in Arkansas. *Am. Midl. Nat.*, 139, 1-19.
- MINNS C.K., 1989. Factors affecting fish species richness in Ontario lakes. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 118, 533-545.
- NILSSON N.A., 1955. Studies on the feeding habits of trout and char in north swedish lakes. *Inst. Freshwat. Res. Drottningholm Rep.*, 36, 163-225.
- NILSSON N.A., 1960. Seasonal fluctuations in the food segregation of trout, char and whitefish in 14 north swedish lakes. *Inst. Freshwat. Res. Drottningholm Rep.*, 41, 185-205.

- PERSSON L., 1986. Temperature-induced shift in foraging ability in two fish species, roach (*Rutilus rutilus*) and perch (*Perca fluviatilis*): implications for coexistence between poikilotherms. *J. Anim. Ecol.*, 55, 829-839.
- PERSSON L., DIEHL S., JOHANSSON L., ANDERSSON G., HAMRIN S.F., 1991. Shifts in fish communities along the productivity gradient of temperate lakes-patterns and the importance of size-structured interactions. *J. Fish Biol.*, 38, 281-293.
- RAGO P.J., WIENER J.G., 1986. Does pH affect fish species richness when lake area is considered? *Trans. Am. Fish. Soc.*, 115, 438-447.
- RAHEL F.J., 1984. Factors structuring fish assemblages along a bog lake successional gradient. *Ecology*, 65, 1276-1289.
- RAHEL J.R., 1986. Biogeographic influences on fish species composition of northern Wisconsin lakes with applications for lake acidification studies. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43, 124-134.
- RIVIER B., 1996. Lacs de haute altitude : méthodes d'échantillonnage ichtyologique, gestion piscicole. Cemagref, Antony, 82 p.
- SAINTONGE F.X., 1987. Echantillonnage piscicole des grands plans d'eau / Utilisation de filets maillants. Cahier technique. Cemagref, Paris. 39 p.
- THIOULOUSE J., CHESSEL D., DOLEDEC S., OLIVIER J.M., 1997. ADE-4: a multivariate analysis and graphical display software. *Stat. Comput.*, 7, 75-83.
- TONN W.M., MAGNUSON J.J., 1982. Patterns in the species composition and richness of fish assemblages in northern Wisconsin lakes. *Ecology*, 63, 1149-1166.
- TONN W.M., MAGNUSON J.J., MARTTI R., TOIVONEN J., 1990. Intercontinental comparison of small-lake fish assemblages: the balance between local and regional processes. *Am. Nat.*, 136, 345-375.
- TONN W.M., VANDENBOS R.E., PASZKOWSKI C.A., 1995. L'habitat à une échelle globale : importance respective de l'immigration et de l'extinction pour les peuplements de poissons des petits lacs. In: GAUDIN P., SOUCHON Y., OOTH D.J., VIGNEUX E. (Eds.), Colloque habitat-poissons : Gestion des ressources aquatiques, Lyon (France), 6-8 dec. 1994, *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 337/338/339, 47-61.

