



Fédération Départementale pour la Pêche
et la Protection du Milieu Aquatique
« Le Villaret »
2092, route des Diacquenods
74370 SAINT-MARTIN BELLEVUE
Tel 0450468755
Fax 0450469051
Federation.peche74@wanadoo.fr



AAPPMA du Faucigny
18, quartier St Vincent
74300 CLUSES
Tel 0450962059
Fax 0450962759
aappma.faucigny@wanadoo.fr

Echantillonnage piscicole des lacs d'Anterne et de Pormenaz

- élaboration d'un plan de gestion rationnel des lacs d'altitude -



Réf rapport : FDP74. 09/03

HUCHET Philippe

Mars 2009

REMERCIEMENTS

au personnel de l'ONEMA avec lequel nous avons collaboré lors des pêches au filet réalisées en septembre 2007 : Florence PERNETTE, Claude DEBRUILE et Jean-Marc RICHARDOT pour la SD 74, Jean-Claude RAYMOND pour la DR5 de Lyon,

au personnel technique de la Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique : Guillaume Bini, Ludovic Catinaud, Arnaud Caudron et Laure Vigier.

à Monsieur Franck HORON, d'ASTERS, pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail réalisé sur le territoire des réserves naturelles de Sixt-Passy et Passy.

à l'AAPPMA du Faucigny pour avoir permis la réalisation de ces pêches sur son territoire, ainsi que pour avoir réalisé le marquage des poissons alevinés en 2006.

à Mr Alexis CHAMPIGNEULLE de l'INRA de Thonon pour la lecture des écailles

La partie de l'étude portant sur la contamination toxique (rapport FDP74 09/des poissons a été réalisée avec le soutien financier de :



Partenaires	Taux de participation (calculé sur le montant total)	Montant total
Autofinancement FDP74	28%	6362.56 €
Fond FNPF	28%	6362.56 €
Agence de l'eau RMC	44%	10135.40 €
TOTAL	100%	22860.52 €

Référence à citer : Huchet P., 2009. Echantillonnage piscicole des lacs d'Anterne et de Pormenaz - élaboration d'un plan de gestion rationnel des lacs d'altitude. *Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique*, 52p + annexes.

SOMMAIRE

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES	1
INTRODUCTION	3
I- Matériel et méthode :	4
I-1 <u>Synthèse des données existantes :</u>	4
I-2 <u>Etude des peuplements piscicoles des lacs d'Anterne et de Pormenaz :</u>	4
II- Le lac d'Anterne :	7
II-1 <u>Caractéristiques générales :</u>	7
II-2- <u>Physico-chimie et trophie :</u>	9
II-3- <u>Synusies benthiques :</u>	10
II-4 <u>Peuplement piscicole :</u>	10
II-4-1- <u>Bilan sur les alevinages :</u>	10
II-4-2- <u>Campagne de pêche 2007 :</u>	11
II-5 <u>Bilan sur le peuplement piscicole et la gestion du lac d'Anterne :</u>	19
III- Le lac de Pormenaz :	22
III-1 <u>Caractéristiques générales :</u>	22
III-2- <u>Physico-chimie et trophie :</u>	24
III-3- <u>Synusies benthiques :</u>	25
III-4 <u>Peuplement piscicole :</u>	25
III-4-1- <u>Bilan sur les alevinages :</u>	25
III-4-2- <u>Campagne de pêche 2007 :</u>	26
II-5 <u>Bilan sur le peuplement piscicole et la gestion du lac de Pormenaz :</u>	32
IV- Evaluation de la contamination des poissons par les micropolluants :	34
IV-1 <u>Contamination par les métaux :</u>	35
IV-2 <u>Contamination par les PCB :</u>	44
IV-3 <u>Bilan sur les contaminations toxiques :</u>	45
V- Les autres lacs d'altitude du Faucigny :	46
V-1 <u>Présentation des lacs :</u>	46
V-2 <u>Propositions de gestion :</u>	48
VI- Bilan sur les propositions de gestions et perspectives :	49
VI-1 <u>Bilan sur les propositions de gestion :</u>	49
VI-2 <u>Perspectives :</u>	50
BIBLIOGRAPHIE	51

Liste des Tableaux et Figures

TABLEAUX

- Tableau 1 : Efforts d'échantillonnage sur Anterne et Pormenaz (protocole CEN 14747)*
- Tableau 2 : récapitulatif des recherches de toxiques réalisées*
- Tableau 3 : Bilan des investigations pour chacun des lacs étudiés*
- Tableau 4 : Synthèse des résultats d'analyses physico-chimiques réalisés depuis 1984 sur le Lac d'Anterne*
- Tableau 5 : Résultats des pêches du lac d'Anterne (septembre 2007)*
- Tableau 6 : Résultats de biométrie sur les truites fario du lac d'Anterne*
- Tableau 7 : Résultats de biométrie sur les ombles chevaliers et alysses du lac d'Anterne*
- Tableau 8 : Coefficient de condition moyens des espèces échantillonnées sur le lac d'Anterne*
- Tableau 9 : Contenus stomacaux de la fraction des poissons analysés sur le lac d'Anterne (en vert, individus issus du recrutement naturel)*
- Tableau 10 : Synthèse des résultats d'analyses physico-chimiques réalisés depuis 1984 sur le Lac de Pormenaz*
- Tableau 11 : Résultats des pêches du lac de Pormenaz (septembre 2007)*
- Tableau 12 : Résultats de biométrie sur les truites fario du lac de Pormenaz*
- Tableau 13 : Résultats de biométrie sur les truites arc-en-ciel du lac de Pormenaz*
- Tableau 14 : Résultats de biométrie sur les ombles chevaliers du lac de Pormenaz*
- Tableau 15 : Résultats de biométrie sur les ombles alysses du lac de Pormenaz*
- Tableau 16 : Coefficient de condition moyens des espèces échantillonnées sur le lac de Pormenaz*
- Tableau 17 : Contenus stomacaux de la fraction des poissons analysés sur le lac de Pormenaz*
- Tableau 18 : Présentation de l'ensemble des résultats bruts des analyses de sept métaux lourds sur les poissons échantillonnés des lacs d'Anterne, de Pormenaz et du stock de La Puya. Concentrations en µg/Kg de poids frais (< = concentration inférieure au seuil de détection).*
- Tableau 19 : Regroupement statistique des échantillons pour les concentrations en Cd dans les viscères (comparaison multiple par paires suivant la procédure de Dunn (test bilatéral)).*
- Tableau 20 : Regroupement statistique des échantillons pour les concentrations en Cr dans les viscères (comparaison multiple par paires suivant la procédure de Dunn (test bilatéral)).*
- Tableau 21 : Regroupement statistique des échantillons pour les concentrations en Cu dans la chair (comparaison multiple par paires suivant la procédure de Dunn (test bilatéral)).*
- Tableau 22 : Regroupement statistique des échantillons pour les concentrations en Cu dans les viscères (comparaison multiple par paires suivant la procédure de Dunn (test bilatéral)).*
- Tableau 23 : Regroupement statistique des échantillons pour les concentrations en Ni dans les viscères (comparaison multiple par paires suivant la procédure de Dunn (test bilatéral)).*
- Tableau 24 : Regroupement statistique des échantillons pour les concentrations en Pb dans les viscères (comparaison multiple par paires suivant la procédure de Dunn (test bilatéral)).*
- Tableau 25 : Regroupement statistique des échantillons pour les concentrations en Zn dans la chair (comparaison multiple par paires suivant la procédure de Dunn (test bilatéral)).*
- Tableau 26 : Regroupement statistique des échantillons pour les concentrations en Zn dans les viscères (comparaison multiple par paires suivant la procédure de Dunn (test bilatéral)).*
- Tableau 27: Quantité de poissons à ingérer pour atteindre les doses journalières admissibles selon les valeurs fournies par l'INERIS (2005) et l'OMS (2002) sur l'ensemble des secteurs analysés en Haute-Savoie.*

Tableau 28 : Regroupement statistique des échantillons pour les concentrations en PCB (TEQ) dans les viscères (comparaison multiple par paires suivant la procédure de Dunn (test bilatéral)).

Tableau 29 : Principales caractéristiques des autres lacs de montagne piscicoles du Faucigny (CSP, 1992 ; Winiarski, 2000 ; Jochenbeim, 2002 ; Lazzaroto, 2007)

Tableau 30 : Plans d'alevinages des lacs d'altitude du Faucigny (2009-2013)

FIGURES

Figure 1 : Bassin versant topographique du lac d'Anterne (IGN TOP25 3530 ET)

Figure 2 : Photographie aérienne du lac d'Anterne (Géoportail)

Figure 3 : Bathymétrie du lac d'Anterne

Figure 4 : Bilan des alevinages du lac d'Anterne (1990-2006)

Figure 5 : Distribution verticale des captures (lac d'Anterne, septembre 2007)

Figure 6 : Histogramme taille-fréquence de la population de truite fario du lac d'Anterne

Figure 7 : Histogramme age-fréquence des populations d'ombles du lac d'Anterne

Figure 8 : Histogramme taille-fréquence des populations d'ombles du lac d'Anterne

Figure 9 : Bassin versant topographique du lac de Pormenaz (IGN TOP25 3530 ET)

Figure 10 : Photographie aérienne du lac de Pormenaz (Géoportail)

Figure 11 : Bathymétrie du lac de Pormenaz

Figure 12 : Bilan des alevinages du lac de Pormenaz (1990-2006)

Figure 13 : Distribution verticale des captures (lac de Pormenaz, septembre 2007)

Figure 14 : Histogramme taille-fréquence de la population de truite fario du lac de Pormenaz

Figure 15 : Histogramme taille-fréquence de la population d'ombles alysses du lac de Pormenaz

Figure 16 : Valeurs moyennes par secteur échantillonné des concentrations en métaux dans la chair et les viscères des poissons analysés.

Figure 17 : Concentration en PCB (TEQ pg/gPF) dans la chair et les viscères des poissons des lacs d'Anterne et de Pormenaz

Figure 18 : Echancier du programme de suivi de la gestion piscicole des lacs de montagnes

INTRODUCTION

Dans le contexte de la DCE (Directive Cadre sur l'Eau), le lac d'Anterne, plan d'eau d'altitude du Faucigny (Haute-Savoie), été retenu comme plan d'eau naturel de référence du bassin Rhône-Méditerranée-Corse par le CEMAGREF. Aussi l'ONEMA a-t-il été chargé en septembre 2007 de réaliser un échantillonnage standard au filet du peuplement piscicole du lac. La Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique et l'AAPPMA du Faucigny ont décidé de mettre à profit cet échantillonnage pour évaluer, outre l'état du peuplement, la gestion pratiquée sur ce lac. Dans ce cadre, la Fédération a prêté main forte aux agents de l'ONEMA, et il a été décidé conjointement de profiter de l'acheminement du matériel sur le lac d'Anterne pour réaliser dans la même optique un échantillonnage similaire sur le lac de Pormenaz, plan d'eau proche.

Les résultats de ces opérations et les conclusions qui en découleront, objet du présent rapport, serviront de première base à l'élaboration d'un plan de gestion rationnel des lacs de montagne du Faucigny. Cependant, s'ils constituent un point de départ à la rationalisation de la gestion des plans d'eau d'altitude, ces résultats n'en demeurent pas moins ponctuels spatialement et temporairement et devront être complétés en vue d'affiner et d'optimiser la gestion piscicole de ces systèmes emblématiques de la pêche dans notre département. Les perspectives futures entrevues par le biais de cette première étude seront présentées en conclusion du rapport.

I- Matériel et méthode :

I-1 Synthèse des données existantes :

Dans un premier temps, une synthèse des données disponibles a été réalisée sur chacun des lacs de montagne (altitude > 1500m) du Faucigny sur les compartiments suivants :

- Alevinages : réalisation d'une chronique des alevinages des lacs de montagne effectués par l'AAPPMA du Faucigny depuis 1990.
- Données mésologiques : réalisation d'une synthèse des résultats des différentes études menées sur les lacs d'altitude, concernant les compartiments physico-chimiques, macrobenthiques, géologiques et sédimentologiques. Les principales sources ont été la base de données sur les lacs de montagne réalisées par ASTERS en 2002 (Jochenbeim, 2002), les études de Winiarski et Lazzaroto sur la qualité des lacs du Brévent, Cornu, de Pormenaz, d'Anterne et Jovet (Winiarski, 2000 ; Lazzaroto, 2007), l'étude de Balvay et Blavoux sur le Lac Jovet (Balvay et Blavoux, 1981), et enfin l'échantillonnage piscicole du lac de Gers (Conseil Supérieur de la Pêche, 1998).

I-2 Etude des peuplements piscicoles des lacs d'Anterne et de Pormenaz :

➤ Echantillonnage au filet :

Les pêches ont été réalisées en septembre 2007 en collaboration avec l'ONEMA (Sd 74 et DR Lyon) selon le protocole d'échantillonnage CEN 14757. L'échantillonnage du lac d'Anterne a été réalisé dans le contexte de Directive Cadre européenne sur l'Eau, le lac ayant été retenu comme plan d'eau naturel de référence du bassin Rhône-Méditerranée-Corse. Celui du lac de Pormenaz a été demandé en complément par L'AAPPMA du Faucigny.

Les efforts de pêche correspondant au standard d'échantillonnage utilisés sont décrits dans le tableau 1. Le lac d'Anterne a fait l'objet de deux tendues (le 03/09/2007 et le 04/09/2007), celui de Pormenaz d'une seule (le 05/09/2007), en concordance avec la bathymétrie des plans d'eau.

LAC	Superficie (Ha)	Profondeur maximale (m)	Nombre de filets		Superficie totale (m2 filets)
			benthiques S.U. = 45 m2	pélagiques S.U. = 165 m2	
Anterne	11,6	13,2	16	4	1380
Pormenaz	4,6	9,5	8	0	360

Tableau 1 : Effort d'échantillonnage sur Anterne et Pormenaz (protocole CEN 14747)

Les poissons capturés ont tous été mesurés et pesés, et ont subi un prélèvement d'écailles dans la zone standardisée pour les salmonidés (Ombredane et Richard, 1990). Ces écaille ont permis d'évaluer l'âge de chaque individu. Les lectures d'écailles ont été réalisées par Mr Champigneulle de l'INRA de Thonon. La présence ou l'absence de nageoire adipeuse a également été relevée. En outre, un prélèvement des viscères a été effectué sur une fraction des individus appartenant aux populations de salmonidés de chacun des lacs en vue d'analyser leur bol alimentaire.

➤ Recherche de toxiques sur chair et viscères :

La fraction restante des salmonidés n'ayant pas fait l'objet d'un prélèvement des viscères a été envoyée en laboratoire pour y effectuer une recherche de toxiques sur chair et viscères. Les détails des échantillons et des analyses réalisées sont synthétisés dans le tableau 2.

Espèce	Anterne		Pormenaz		La Puya
	Métaux (CARSO)	PCB (LABERCA)	Métaux (CARSO)	PCB (LABERCA)	Métaux (CARSO)
OBL (nb. ind.)	3	4		1	
ALY (nb. ind.)	1		6	3	10
IND. (nb. ind.)	2				

Tableau 2 : récapitulatif des recherches de toxiques réalisées

Quatre poissons du lac d'Anterne et quatre poissons du lac de Pormenaz ont été envoyés au LABERCA (Laboratoire d'Etude des Résidus et des Contaminants dans les Aliments) de Nantes pour une recherche de PCB (PCB dioxin-like et PCB indicateurs). Les analyses ont été réalisées séparément sur la chair et sur les viscères.

En ce qui concerne les métaux, 6 poissons de chaque lac ont été envoyés au laboratoire CARSO (Lyon), ainsi qu'en tant que lot témoin 10 poissons de la pisciculture de La Puya (Annecy) dont sont originaires les ombles alysses alevinés. Les analyses ont également été réalisées séparément sur la chair et les viscères, et ont porté sur les métaux suivants : Cadmium, Chrome, Cuivre, Mercure, Nickel, Plomb, Zinc. Cette recherche a été réalisée selon une méthode interne ICP/MS après minéralisation.

➤ Traitement des résultats :

Les effectifs capturés ont été traités en pourcentages et rendements numériques et pondéraux. L'âge des individus a été estimé par scalimétrie sur l'ensemble des effectifs de salmonidés, et les otolithes des truites fario appartenant aux cohortes 2002, 2003 et 2004 ont été extraits et lus selon le protocole décrit par Caudron & Champigneulle (2006).

Le coefficient de condition K a été calculé pour l'ensemble des salmonidés. Il s'agit d'un coefficient traduisant l'embonpoint du poisson, qui est donné par la formule :

$$K = 100m \times L^3 \quad \text{avec } m = \text{masse en g.}, \text{ et } L = \text{taille en cm.}$$

Pour les salmonidés, la condition est d'autant meilleure que K est égal ou légèrement supérieur à 1. Il est cependant plus faible chez l'omble chevalier, dont la morphologie est généralement plus fine que celle des autres espèces de salmonidés.

Enfin, le régime alimentaire des individus dont les viscères ont été prélevés a été déterminé selon la méthode suivante :

- Séparation de l'estomac du reste du tube digestif et extraction du bol alimentaire par incision longitudinale
- Mesure du volume du bol alimentaire à l'aide d'une éprouvette et d'une seringue graduée au dixième de mL
- Détermination des proies identifiables à la famille pour le macrobenthos, à l'ordre pour les arthropodes terrestres et le zooplancton.

A l'aide des données obtenues a été calculée la largeur de la dimension alimentaire de la niche selon la méthode de Levins (1968) :

$$\text{Largeur de niche } r = 1 / (\sum (P_{ih})^2)$$

Où P_{ih} est la fréquence relative d'une nourriture h dans le bol alimentaire de l'espèce i.

Par ailleurs, le contenu intestinal a fait l'objet d'un dénombrement et d'une détermination lorsqu'elle était possible, les informations issues de ce traitement demeurant qualitatives.

I-3 Bilan des réalisations par lac :

Le récapitulatif des lacs étudiés et des investigations mises en œuvre sur chacun d'entre eux est décrit dans le tableau 3.

	Bilan alevinage	Synthèse données	Echantillonnage au filet 2007
Anterne	X	X	X
Pormenaz	X	X	X
Brévent	X	X	
Cornu	X	X	
Gers	X	X	
Grand Jovet	X	X	
Lessy	X	X	
Vernant	X	X	

Tableau 3 : Bilan des investigations pour chacun des lacs étudiés

II- Le lac d'Anterne :

II-1 Caractéristiques générales :

Le lac d'Anterne est situé à une altitude de 2060 m, au pied de la chaîne des Fiz et des Frêtes de Villy, au sein la réserve naturelle de Sixt-Passy (commune de Sixt Fer-à-Cheval). Son bassin versant, d'origine glacière, s'étend sur une superficie de 278 Ha (Cf. figure 1), et culmine à 2733 m au niveau de la pointe d'Anterne.

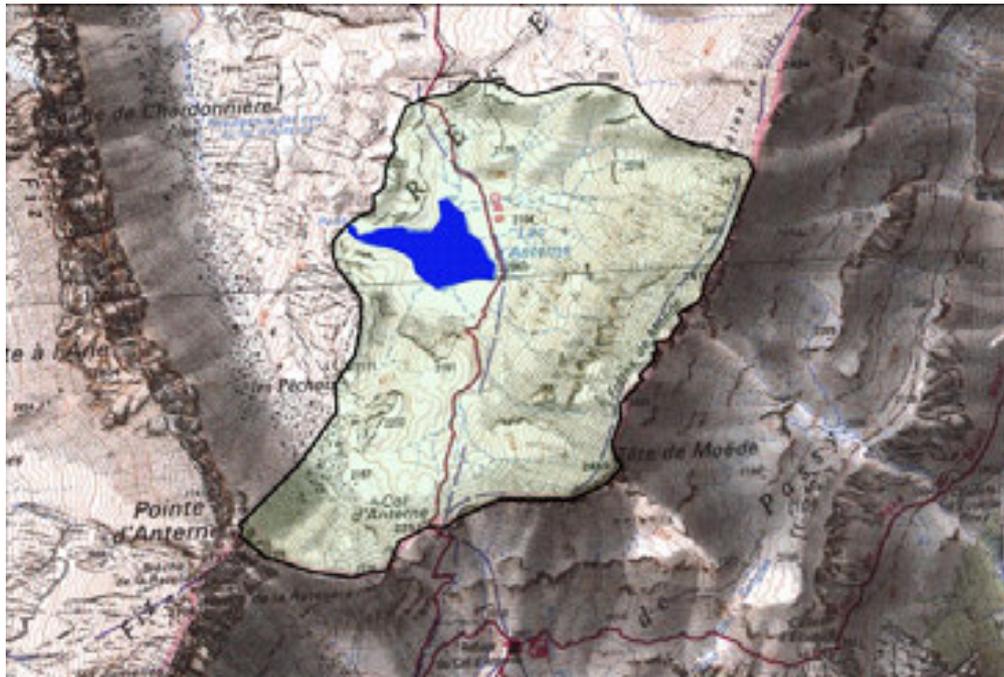


Figure 1 : Bassin versant topographique du lac d'Anterne (IGN TOP25 3530 ET)

L'occupation du sol sur le bassin est majoritairement composée de pelouses alpines, surfaces minérales et névés se partageant la surface restante (Cf. figure 2). L'alimentation du lac se fait par le biais de ruisseaux relativement diffus, l'efférence étant quand à elle une perte située sur la partie ouest du lac. De plus, le lac se trouvant sur une formation karstique, la quantification des apports en eau est difficile (Winiarski, 2000).

Le lac s'étend sur 11,6 Ha, et présente une profondeur maximale de 13,2 m (Cf. figure 3). La cuvette lacustre, amorcée par une dissolution karstique sous glaciaire, présente une tendance au comblement, l'affouillement dans les terrains marneux tendres étant intense (Jochenbeim, 2002). Du point de vue géologique, le lac se trouve à cheval sur deux formations, la majeure partie étant dans l'Oxfordien, le Dogger et le Lias, la pointe Nord-Ouest (pertes) étant dans le Malm soluble. De manière synthétique, le bassin est entièrement calcaire et schistocalcaire (Winiarski, 2000).

Le fond de la cuvette lacustre est recouvert de limon fin gris foncé. La couche sédimentaire présente une nette lamination, ainsi que deux niveaux sableux associés à des brindilles et des racines. La vitesse de sédimentation est de 1,6 mm/an, et les sédiments se révèlent sensibles aux séismes et aux avalanches (Jochenbeim, 2002).



Figure 2 : Photographie aérienne du lac d'Anterne (Géoportail)



Figure 3 : Bathymétrie du lac d'Anterne

II-2- Physico-chimie et trophie :

Les résultats des différentes campagnes d'analyses réalisées sur le lac d'Anterne, retranscrites dans le tableau 4, témoignent clairement de son caractère oligotrophe et de la stabilité temporelle de cette oligotrophie. L'excellente qualité physico-chimique des eaux ne laisse pas transparaître de problème de pollution. On note également l'influence du substratum géologique sur la minéralisation des eaux du lac, qui transparaît au travers de valeurs de pH et de conductivité assez élevées, conséquences des concentrations importantes en calcium et sulfates.

	CHACORNAC, 1986 ⁽¹⁾	SESIANO, 1987 ⁽²⁾		WINIARSKI, 2000 ⁽³⁾					LAZZAROTTO, 2007 ⁽³⁾										
	sept-84	surface	fond	août-92	août-93	août-94	août-95	août-96	29/07/1998	03/08/1999	04/08/2000	15/08/2001	06/08/2002	11/08/2003	30/07/2004	31/08/2005	07/08/2006	04/09/2007	
T° C	9	17	9	15,3	12,9	15,8	9,2	14			13,6	10			18,2			9,7	9,1
pH		7,87	7,88	7,66	7,92	6,78	6,75	7,67	8,18	8,2	8,03	8,08	7,95	7,91	7,94	8,03	6,16	7,93	
Transparence (m)	10	5									6,35	3	3,75	2,35	5,45	5,5	5	9,1	
Conductivité (µS/cm)	87	140	157	184,2	156	156,2	149,1	153,7	142	150 / 164,4	139 / 174,5	143	163	157 / 177,1	148 / 137,9	185	147 / 171,7	171 / 194	
Oxygène (mg/L)				7,8	7,6	6,9	7,9	7,3											
Oxygène (% sat)					95%	89%	87%	90%											
Chlorophylle a (µg/l)	5,5			1,65	4,18	1,74	0,1	1,8											
NO2 (mg/l)	0,022	0,004	0,004	0,149	0,13	0,13	0,079	0,16	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001		0,001	0,001		
NO3 (mg/l)	0,064	0,13	0,11	0,748	0,44	0,57	0,748	0,63	0,07	0,07	0,09	0,13	0,09	0,08	0,07	0,08	0,07	0,09	
NH4 (mg/l)	0,36	0,039	0,059	0,026	0	0,04	0,032	0,13	0,051	0,001	0,032	0,001	0,019	0,016	0,012	0,048	0,021	0,028	
N tot (mg/L)									0,36	0,72	0,16	0,16	0,19			0,42	0,16	0,44	
PO4 (mg/l)	0,075			0,23	0,02	0,07	0,015	0,03	0,002	0	0,011	0	0,001	0,138	0,001	0,016	0	0,008	
P tot (mg/L)									0,011	0,014	0,021	0	0,002	0,148		0,027	0,006	0,018	
COT (mg/l)		1,18	0,7						0,94	1,21	0,73	0,74	0,93			1,28	1,25	1,89	
SiO2 (mg/l)	1,11	1,82	1,98		0,51	1,44	1,406	1,03	1,51	1,31	1,2	6,54							
SO4 (mg/l)	3	4,4	11,2	7	8,33	7,5	7,5	3	6,1	5,1	4,8	4,91	5,48	6,84		6,5	6,1	0,69	
Mg (mg/l)	8,2 (ppm)	1,3	1,5	1,8	1,9	2	2	1,11	1,55	1,42	2,4	1,31	1,65	1,64		1,81	1,52	1,43	
Ca (mg/l)	34 (ppm)	28,2	31,1	41,38	75,8	32,4	27,3	19,23	30,5	28,1	23,1	25,5	30,5	29,6		33	28,7	32,7	
K (mg/l)				0,178	0,18	0,09	0	0,13	0,27	0,15	0,21	0,095	0,08	0,09		0,51	0,33	0,41	
Na (mg/l)				0,2	0,6	0,25	0,09	0,16	0,34	0,24	0,16	0,51	0,18	0,45		0,81	0,37	6,04	
Mn (mg/l)		0,008	0,09																
Cl (mg/l)		0,4	0,4						0,41	0,49	0,39	0,53	0,3	0,81		1,17	0,82	0,64	
Fe (mg/l)	0,015	0,1	0,08			17 (ppb)	0 (ppm)												
Sr (mg/l)																			
Cu (mg/l)																			
Cr (mg/l)							3,3 (ppb)												
Ni (mg/l)							0 (ppb)												
Pb (mg/l)							0 (ppb)												
Cd (mg/l)							0 (ppb)												
Zn (mg/l)							0 (ppb)												

Tableau 4 : Synthèse des résultats d'analyses physico-chimiques réalisés depuis 1984 sur le Lac d'Anterne

⁽¹⁾ analyses sur une colonne d'eau brute prélevée à la verticale de la plus grande profondeur.

⁽²⁾ analyses sur des échantillons d'eau prélevés en surface et en profondeur.

⁽³⁾ analyses sur des échantillon d'eau obtenu à partir d'une colonne d'eau de la surface à la proximité du fond, à la verticale du point le plus profond, par la méthode du tuyau souple immergé en polyéthylène.

II-3- Synusies benthiques :

La seule donnée sur le macrobenthos dans le cadre de cette étude est un inventaire qualitatif non exhaustif issu de la base de données d'ASTERS sur les lacs de montagne (Jochenbeim, 2002). Y sont relevées les présences :

- d'Oligochètes : Tubificidae : *Tubifex tubifex*
Lumbriculidae : *Stylodrilus heringianus*
- de mollusques : Sphaeriidae : *Pisidium casertanum*
- et d'insectes : Chironomidae : Orthocladiinae

II-4 Peuplement piscicole :

II-4-1- Bilan sur les alevinages :

Le peuplement piscicole du lac d'Anterne est essentiellement assuré par les alevinages annuels dont ce dernier fait l'objet depuis le début du siècle dernier. La figure 4 dresse le bilan qualitatif et quantitatif de ces alevinages de 1990 à 2006. Est ajouté, en comparaison, un optimum mono spécifique basé sur une charge de 500 alevins par Ha (Rivier, 1996).

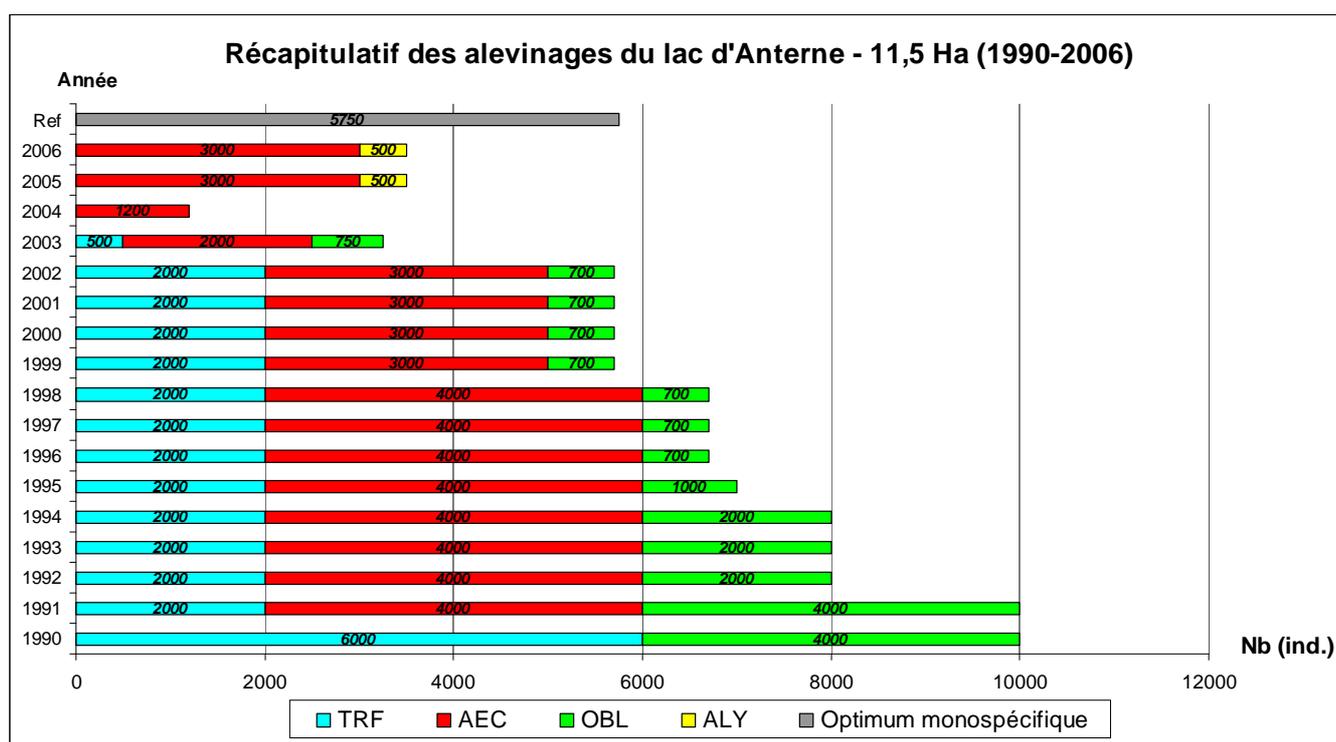


Figure 4 : *Bilan des alevinages du lac d'Anterne (1990-2006)*

Quatre espèces ont été déversées dans le lac d'Anterne au cours de ces 16 dernières années : La truite fario (TRF) jusqu'en 2003, la truite arc-en-ciel (AEC) depuis 1991, l'omble chevalier (OBL) jusqu'en 2003, et enfin depuis 2005 l'omble alyse (ALY).

Par ailleurs, en 2006, tous les poissons déversés ont été marqués par ablation de l'adipeuse. En outre, toutes les truites fario alevinées en 2002, 2003 et 2004 ont subi un fluoromarquage des otolithes par balnéation à l'alizarine red S (Caudron & Champigneulle, 2006). Ces marquages permettront de mettre en évidence une éventuelle reproduction naturelle sur la cohorte 2006 d'ombles, ainsi que sur les cohortes 2002, 2003 et 2004 de truites fario. De plus, l'absence d'alevinage en truite fario depuis 2004 permettra également de mettre en évidence un éventuel recrutement naturel sur les cohortes 2005 et 2006, de même que l'absence d'alevinage en ombles en 2004 sur la cohorte de cette même année.

II-4-2- Campagne de pêche 2007 :

Les résultats de la pêche réalisée en septembre 2007 sur le lac d'Anterne sont compilés dans le tableau 5 :

Lac	Espèce	Résultats bruts		Pourcentages		Rendements surfaciques	
		Unité	numériques ind.	pondéraux gr.	numériques %	pondéraux %	numériques ind./1000m ²
Anterne	TRF	8	1690	7,5	40,3	7,69	1625,00
	ALY	4	289	3,8	6,9	3,85	277,88
	IND	7	705	6,6	16,8	6,73	677,88
	OBL	14	1272	13,2	30,3	13,46	1223,08
	VAI	73	127	68,9	3,0	70,19	122,12
	Total		106	4083	100,0	97,4	101,92

Tableau 5 : Résultats des pêches du lac d'Anterne (septembre 2007)

➤ Rendements de capture :

Le lac présente un peuplement composé de 4 espèces : la truite fario, l'omble chevalier, l'omble alysse et le vairon. Parmi les ombles, certains individus pouvant appartenir à l'une ou l'autre des deux espèces présentes n'ont pu être clairement identifiés, et sont donc noté « IND ». Nous reviendrons sur le statut de ces individus dans la partie traitant de la structure des populations.

On note dans un premier temps l'absence totale de la truite arc-en-ciel, en dépit des alevinages importants mis en œuvre depuis 1991. Ce constat va dans le sens du fait que la truite arc-en-ciel n'est pas une espèce adaptée aux milieux d'altitude oligotrophes.

De manière globale, les rendements se révèlent très faibles, et traduisent un dysfonctionnement du lac vis-à-vis de son peuplement piscicole : si les effectifs semblent de prime abord acceptables (autours de 100ind./1000m²), il s'avère que ce sont les vairons qui rassemblent près de 70% de l'effectif, les trois espèces de salmonidés, pourtant objet de la gestion piscicole et de l'intérêt halieutique, ne représentant que 30% des captures. De même, la biomasse volumique est très faible (3926gr./1000m²), constat trouvant son explication dans l'observation des rendements par espèces :

- La masse moyenne des truites fario semble satisfaisante (211gr/ind), mais les effectifs sont très faibles et ne permettent pas d'obtenir un rendement pondéral satisfaisant.

- A contrario, les effectifs d'ombles sont plus importants, mais demeurent faibles. De plus, la faible masse individuelle moyenne (90 gr/ind) semble traduire un problème trophique pour les deux espèces d'ombles présentes.

Ces observations s'inscrivent parfaitement dans les conclusions de la plupart des auteurs ayant travaillé sur les lacs d'altitude :

- La truite fario, peu plastique vis-à-vis de son mode de vie, se révèle peu adaptée aux milieux très oligotrophes, d'autant plus lorsqu'elle se trouve en condition de sympatrie avec l'omble chevalier (Rivier, 1996 ; Cavalli, 1997).
- L'omble chevalier est quant à lui plus plastique, mais répond à l'oligotrophie du milieu par une stratégie adaptative visant à privilégier la survie sur la croissance (Johnson, 1987 ; Machino, 1991 ; Rivier, 1996), ce qui conduit au nanisme au sein de la population, et réduit considérablement l'intérêt halieutique de l'espèce. De plus, en condition de sympatrie avec la truite fario, les ombles se voient cantonnés aux zones profondes et pélagiques (Rivier, 1996 ; Cavalli, 1997), et, l'accès à la nourriture se restreignant alors, voient leur taux de croissance diminuer, de même que leurs capacités de reproduction (Rivier, 1996).

➤ Répartition spatiale des captures :

La totalité des poissons capturés l'a été à l'aide des filets benthiques, à l'exception d'un omble capturé au filet pélagique entre 3 et 5,9 m. De fait, il apparaît sur la Figure 5 que la majorité des captures a eu lieu en zone littorale et, dans une moindre mesure, sur le talus, les zones profondes semblant moins occupées. Ce constat tient principalement au fait que 70% de l'effectif est composé par les vairons, qui colonisent préférentiellement les zones peu profondes (Lien, 1981). Aussi, si l'on s'intéresse essentiellement aux salmonidés, il apparaît que la répartition des espèces suit les observations de Rivier et de Cavalli sur les lacs où cohabitent truites et ombles en condition sympatrique : la truite colonise la zone littorale (0-5m) tandis que les ombles, sous la pression de la compétition, se cantonnent principalement aux zones sublittorales (5-10 m) et pélagiques (> 10 m).

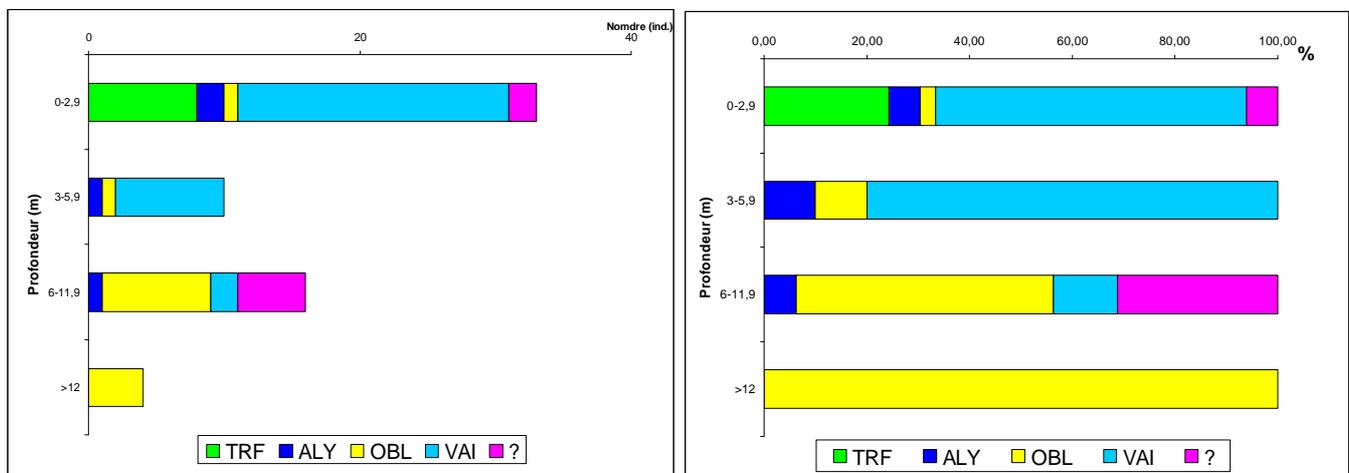


Figure 5 : Distribution verticale des captures (lac d'Anterne, septembre 2007)

➤ Caractéristiques de la population de truites fario :

Le tableau 6 synthétise les données biométriques et scalimétriques recueillies sur la population de truite fario échantillonnée sur le lac d'Anterne.

Espèce	longueur (mm)	masse (g)	Code	Obs	Lecture écailles
TRF	157	45	LAC09		2 +
TRF	330	390	LAC02		3 +
TRF	193	85	LAC05		3 +
TRF	313	335	LAC06		3 +
TRF	235	150	LAC01		4 +
TRF	266	200	LAC08		4 +
TRF	275	185	LAC03		4 +
TRF	292	300	LAC04		4 +

 recrutement naturel

Tableau 6 : Résultats de biométrie sur les truites fario du lac d'Anterne

Il apparaît, à la lecture des résultats scalimétriques, qu'il existe un recrutement naturel en truite fario sur le lac d'Anterne. En effet, les alevinages en truites fario ont cessé en 2003. Donc tous les individus appartenant aux cohortes suivantes (2004 et 2005, respectivement 3+ et 2+) ne peuvent qu'être issus d'une reproduction naturelle. De plus, du fait de ce constat, il est impossible en l'état de statuer sur le caractère naturel ou non des individus de la cohorte 4+ : il peuvent être issus soit de l'alevinage 2003, soit d'une reproduction naturelle (tout comme ceux des cohortes suivantes). Cependant, toutes les truites alevinées entre 2002 et 2004 en Haute-Savoie ont subi un fluoromarquage des otolithes par balnéation à l'alizarine red S (Caudron & Champigneulle, 2006). La lecture des otolithes permettra donc de distinguer les individus sauvages des individus issus du repeuplement. Il sera également effectué une lecture des otolithes sur les cohortes 3+ et 2+ afin de confirmer le caractère sauvage de ces poissons.

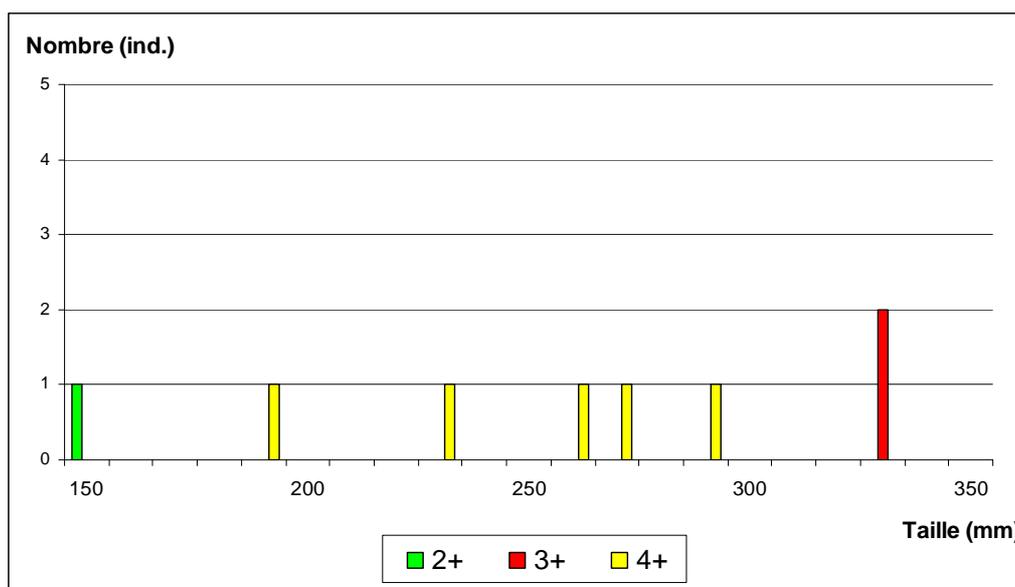


Figure 6 : Histogramme taille-fréquence de la population de truite fario du lac d'Anterne

Toujours est-il que la population de truites fario du lac se révèle très peu dense et totalement déstructurée. En dépit de l'existence d'un recrutement naturel, aucun juvénile (0+ et 1+) n'a été capturé, et on constate que les effectifs les plus importants sont ceux des cohortes les plus âgées, contrairement à ce que l'on en est droit d'attendre d'une population fonctionnelle. Il semble donc que le recrutement naturel, suite à l'arrêt des alevinages, ne permette pas de maintenir une population fonctionnellement autonome sur le lac. De plus, même au sein des cohortes sous influence des alevinages, les effectifs se révèlent insuffisants (seulement 5 poissons de la cohorte 4+ échantillonnés). Ce constat peut être imputable à la trop faible charge des alevinages pratiqués par le passé en comparaison avec l'optimum mono spécifique (Cf. figure 4) basé sur une charge de 500ind/Ha sur plusieurs années pour espérer installer une population satisfaisante (Rivier, 1996). La pression de pêche saisonnière, quant à elle, peut également influencer de deux manières sur l'état général de la population de truites fario : d'une part par le prélèvement des individus maillés (absence au sein de l'échantillon de tout individu de plus de 4 hivers), et d'autre part par la mortalité après remise à l'eau des poissons non maillés ou graciés (Casselmann, 2005). Ces effets sont d'autant plus marqués que l'on se trouve en système fermé et face à une population non fonctionnellement autonome.

En conclusion, il apparaît que la population de truite du lac d'Anterne est très peu dense, déstructurée et non fonctionnelle, en dépit de l'existence d'un recrutement naturel. De fait, si elle ne satisfait pas aux critères d'un bon fonctionnement écologique, elle ne répond pas non plus à l'objectif halieutique de la gestion du lac.

➤ *Caractéristiques des populations d'ombles :*

Le tableau 7 synthétise les données biométriques et scalimétriques recueillies sur les populations d'ombles échantillonnées sur le lac d'Anterne.

Espèce	longueur (mm)	masse (g)	Code	Obs	Lecture écailles
OBL	215	110	LAC28		3 +
OBL	210	100	LAC24		3 +
OBL	185	85	LAC25		3 +
OBL	225	125	LAC17		3 +
OBL	210	92	LAC10		3 +
OBL	205	75	LAC11		3 +
OBL	195	65	LAC19		3 +
OBL	219	90	LAC21		3 +
OBL	210	100	LAC22		3 +
OBL	210	110	LAC13		3 +
OBL	210	85	LAC32		3 +
OBL	222	85	LAC07		4 +
OBL	235	130	LAC27		4 +
?	145	20	LAC26		1 +
?	220	110	LAC12		2 +
?	220	100	LAC14		2 +
?	220	105	LAC15		2 +
?	210	95	LAC16		2 +
?	225	95	LAC18		2 +
?	220	100	LAC20		2 +
?	215	100	LAC31		2 +
ALY	195	70	LAC29	AD-	1 +
ALY	145	20	LAC30	AD-	1 +
ALY	200	90	LAC23	AD-	1 +
ALY	216	100	LAC33	AD-	1 +

 recrutement naturel

Tableau 7 : Résultats de biométrie sur les ombles chevaliers et alysses du lac d'Anterne

Deux espèces d'ombles sont présentes dans l'échantillonnage 2007 : l'omble chevalier et l'omble alysse. Ce dernier est un hybride fécond d'omble chevalier (*Salvenilus alpinus*) et de saumon de fontaine (*Salvenilus fontinalis*). La distinction des deux espèces sur des critères phénotypiques (couleur de la robe, etc...) n'étant pas fiable, seuls les chroniques d'alevinages et le marquage des poissons alevinés de la cohorte 2006 permettent de les distinguer :

- Les cohortes 2003 et 2004 (poissons 4+ et 3+) sont obligatoirement des ombles chevaliers, seule cette espèce ayant été alevinée jusqu'alors. Cependant, en 2004, aucun omble n'ayant été déversé, les poissons âgés de trois hivers lors des pêches (3+) sont donc forcément issus du recrutement naturel.
- Pour les cohortes suivantes, du fait de la mise en évidence de l'existence d'un recrutement naturel sur le lac d'Anterne, les poissons peuvent tout aussi bien être soit des ombles alysses issus de l'alevinage ou de la reproduction naturelle pour les 2+, soit des ombles chevaliers issus du recrutement naturel. Pour ce qui concerne les poissons d'un hiver (1+), les poissons ayant subi une ablation de la nageoire adipeuse (AD -) peuvent être clairement identifiés comme étant des ombles alysses déversés et marqués en 2006. En revanche, le poisson LAC26, âgé d'un hiver et non marqué (donc issu du recrutement naturel) ainsi que les poissons de la cohorte 2005 (non marqués mais pouvant être issus aussi bien de l'alevinage en alysses que du recrutement naturel) ne peuvent être clairement rattachés à l'une ou l'autre des deux espèces.

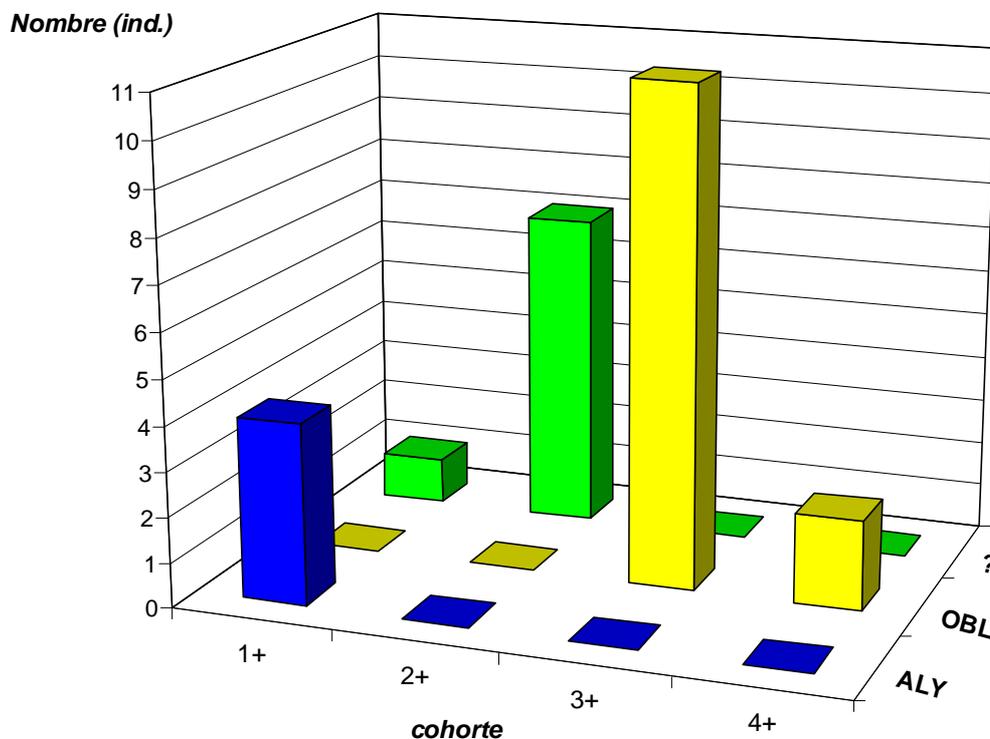


Figure 7 : Histogramme age-fréquence des populations d'ombles du lac d'Anterne

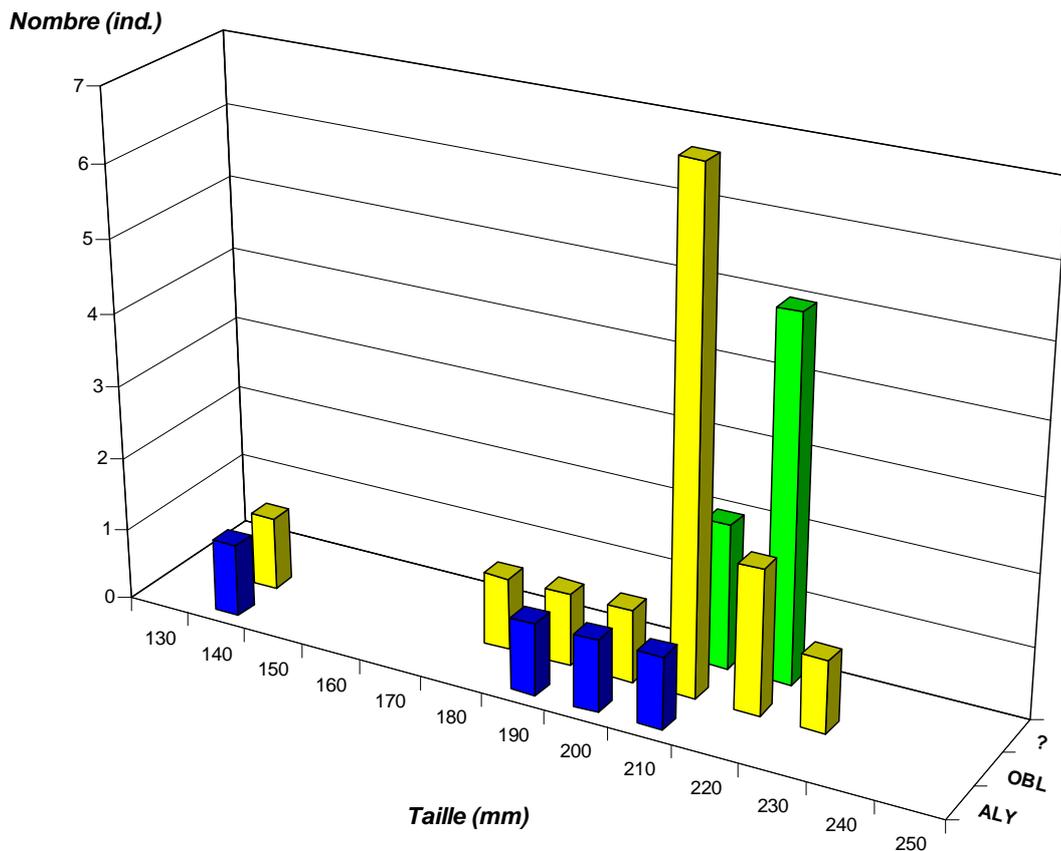


Figure 8 : Histogramme taille-fréquence des populations d'ombles du lac d'Anterne

Du fait de cette incertitude sur les poissons indéterminés, il semble difficile d'analyser la structure et la fonctionnalité de l'une ou l'autre des populations d'ombles. On peut tout de même noter la faible croissance des ombles chevaliers, pour lesquels les plus vieux individus échantillonnés atteignent péniblement 22/23 cm. En revanche, la croissance des ombles alysses semble plus importante, les poissons atteignant une vingtaine de centimètres en moyenne dès leur première année.

Par ailleurs, d'un point de vue numérique, si l'abondance globale en ombles, quelle que soit l'espèce, peut sembler faible, elle demeure en accord avec les quantités alevinées depuis une dizaine d'année (moins de 1000 individus par an), elles aussi très faibles en comparaison avec l'optimum mono spécifique du lac (Cf. figure 4). Cet état de fait traduit les effets concomitants d'une bonne survie des individus déversés et d'un recrutement naturel non négligeable conférant une certaine fonctionnalité à la population d'ombles chevaliers. Cependant, en dépit d'une certaine adaptation au milieu, des bémols sont à émettre vis-à-vis des alevinages en ombles chevaliers et alysses :

- Les ombles chevaliers, bien que capable de survivre dans le lac, ne répondent absolument pas aux objectifs halieutiques de la gestion du lac. En effet, leur stratégie d'adaptation à ce milieu oligotrophe, ainsi qu'aux conditions de sympatrie avec la truite fario les contraint à des croissances très faibles qui leur enlèvent tout intérêt halieutique.

- Les ombles alysses semblent être plus intéressants du point de vue de l'activité pêche, du fait d'une croissance plus importante. Mais la faiblesse des effectifs de la cohorte 2006, alliée à l'incertitude de l'appartenance à l'espèce des individus de la cohorte 2005, ne permet pas de statuer définitivement sur leur capacité d'adaptation aux conditions présentes sur le lac d'Anterne (capacités de survie notamment). De plus, ces poissons sont des hybrides féconds, ce qui pourrait poser des problèmes d'un point de vue écologique.

➤ Régimes alimentaires et coefficients de condition

Les tableaux 8 et 9 synthétisent les informations sur la condition et les régimes alimentaires des différentes espèces échantillonnées sur le lac d'Anterne.

	TRF	OBL	ALY	IND
moyenne	1,10	0,98	1,00	0,96
mini	0,88	0,77	0,94	0,65
maxi	1,20	1,32	1,12	1,03
écart type	0,10	0,18	0,08	0,07
intervalle de confiance à 5%	0,08	0,10	0,13	0,06

Tableau 8 : Coefficient de condition moyens des espèces échantillonnées sur le lac d'Anterne

Pour **la truite fario** le coefficient de condition spécifique plutôt élevé (Cf. tableau 4) reflète l'opportunisme alimentaire de l'espèce sur le lac d'Anterne, et dénote une absence de problème majeur de croissance. On ne note en outre pas de différence notable entre les différentes cohortes. Il apparaît donc que les truites fario du lac d'Anterne, bien qu'en sous effectif, sont de manière individuelle en bonne condition.

L'opportunisme alimentaire de l'espèce transparait au travers du régime mixte, composé à la fois de benthos (quasi essentiellement des chironomidae) et d'arthropodes terrestres (majoritairement des diptères adultes et des coléoptères), et confirme l'occupation préférentielle de la zone littorale par la truite fario en condition de sympatrie avec l'omble chevalier. Le même constat a été effectué dans les lacs du parc des Ecrins hébergeant les deux espèces (Cavalli, 1997).

D'autre part, il apparaît que pour la plupart des individus analysés, les arthropodes terrestres sont majoritaires dans le bol alimentaire. Il semble donc qu'en fin d'été, les truites aient tendance à s'alimenter en surface, probablement en liaison avec la diminution de la disponibilité des larves et nymphes de diptères chironomidae, qui sont à cette époque en fin de période d'émergence (Cavalli, 1997). Le taux de vacuité non négligeable (38% d'estomacs vides) et les volumes stomacaux relativement faibles (0.84 mL en moyenne) viennent corroborer cette hypothèse.

Enfin, on note l'absence de poissons (notamment les vairons) dans le régime alimentaire des poissons capturés. Ce constat peut trouver son explication dans le fait que les vairons colonisent préférentiellement les zones peu profondes de la zone littorale (< 5cm), où ils sont difficilement capturables.

Espèce	TAILLE	Poids	Code	Sexe	Obs	Age	Arthropodes aériens				Arachnides	Benthos				Nymphes Chironomidae	Vol estomac (mL)	% remp. intestin	Qualit. Intestin
							Insectes					Insectes			Mollusques				
							Diptères adultes	Coléoptères	Trichoptères adultes	Hyménoptères		Chironomidae	Tipulidae	Odontoceridae	Sphaeriidae				
TRF	235	150	LAC01	mâle mature	ad+											0	100	51 coléoptères	
TRF	330	390	LAC02	mâle mature	ad+											0	80		
TRF	275	185	LAC03	mâle mature	ad+		10	32		2		56			6	1,4	80	11 coléoptères	
TRF	292	300	LAC04	mâle mature	ad+		2	8								0,6	100	28 Coléoptères	
TRF	193	85	LAC05	mâle mature	ad+		4	9				7				0,6	100	19 Coléoptères	
TRF	313	335	LAC06	non mature	ad+											0	80		
TRF	266	200	LAC08	non mature	ad+			29					1		1	1,7	100	43 Coléoptères, 1 hyménoptère	
TRF	157	45	LAC09	mâle mature	ad+		24	42	1			427			1	2,4	100	21 coléoptères	
OBL	222	85	LAC07	mâle mature	ad+	4+						4	1		1	0,1	80		
OBL	235	130	LAC27	non mature	ad+	4+										0	20		
OBL	195	65	LAC19	mâle mature	ad+	3+						27			11	0,2	100	3 Chironomidae (2l. et 1 n.)	
OBL	219	90	LAC21	femelle mature	ad+	3+	3								1	0,05	50		
OBL	210	100	LAC22	femelle mature	ad+	3+						2			1	0,05	100	2 Tipulida (l.)	
OBL	210	85	LAC32	mâle mature	ad+	3+						2				< 0,05	0		
OBL	210	100	LAC24	femelle mature	ad+	3+		2				1				1,5	100	154 Sphaeriidae	
OBL	185	85	LAC25	femelle mature	ad+	3+						24			4	0,6	50		
OBL	215	110	LAC28	mâle mature	ad+	3+						3				< 0,05	20	7 Chironomidae (l.)	
?	215	100	LAC31	femelle mature	ad+	2+										0	50	4 Tipulidae (l.)	
?	145	20	LAC26	non mature	ad+	1+										0	50	2 chironomidae (l.)	
?	220	100	LAC20	mâle mature	ad+	2+										0	50		
ALY	145		LAC30	non mature	ad-	1+	23	4				11				0,3	80		
ALY	195	70	LAC29	non mature	ad-	1+	2	28		1	1	139				1,1	100	37 coléoptères	
ALY	216	100	LAC33	non mature	ad-	1+	11	49		1	1	307				2,1	100	63 Coléoptères	

Tableau 9 : Contenus stomacaux de la fraction des poissons analysés sur le lac d'Anterne (en vert, individus issus du recrutement naturel)

Pour les **ombles chevaliers**, le coefficient de condition moyen est également satisfaisant. Il est en outre supérieur aux observations réalisées en Isère, dans des lacs d'altitudes hébergeant une population d'omble chevalier en condition plurispécifique (FDPPMA 38, CSP DR5, Université de Franche-comté, 2004). Cela signifie qu'en dépit d'une faible croissance et de la compétition avec la truite fario, les ombles chevaliers du lac d'Anterne sont en bonne condition générale. Ce constat témoigne des fortes capacités d'adaptation de l'espèce, d'autant plus que l'analyse des contenus stomacaux met en évidence, tout comme la répartition verticale des captures, le confinement des ombles chevaliers dans les zones benthiques et pélagiques où l'accès à la nourriture est bien moindre qu'en zone littorale (Langeland & al., 2001 in Cavalli, 1997).

En effet, on constate que l'essentiel des proies capturées par les ombles chevaliers ont une origine benthique (chironomidae, mollusques sphaeridae), les proies terrestres étant très marginales. L'étranglement du spectre alimentaire des ombles à cette période de l'année, où la diminution de la disponibilité en proies benthiques (notamment les chironomidae) conduit normalement les poissons à l'élargir en consommant plus de proies exogènes (Cavalli, 1997), témoigne de l'accès limité des ombles à la zone littorale, occupée par les truites fario. De fait, cette restriction de l'accès à une ressource déjà limitée se fait ressentir sur le volume des contenus stomacaux, qui se révèle être encore plus faible que celui des truites fario (0.29 mL). Enfin, de même que pour les truites, on note la totale absence des poissons dans le bol alimentaire des ombles analysés.

Pour les **ombles alysses**, enfin, le coefficient de condition moyen témoigne également d'une bonne condition générale des poissons échantillonnés. De plus, l'analyse des contenus stomacaux révèle leur bonne adaptation au milieu : la largeur de leur spectre alimentaire est équivalente à celle des truites, avec une consommation mixte de proies benthiques et terrestres. Mais en plus, leur consommation de proies benthiques est largement supérieure à celle des truites, pour une consommation de proies exogène équivalente. Il en découle une valeur de largeur de niche supérieure à celle de truites (2.7 contre 1.71). De fait, si la répartition verticale des captures avait mis en évidence leur capacité à coloniser l'ensemble des zones du lacs (littorale, benthique et pélagique), leur spectre alimentaire confirme leur capacité à s'y nourrir. Ce constat se trouve appuyé par le fait que, en dépit de la période d'échantillonnage, le taux de vacuité soit nul et le volume moyen des contenus stomacaux soit plus élevé que ceux des autres espèces du lac. Cette efficacité des ombles alysses dans leur comportement alimentaire, assez proche de celui décrit pour les saumons de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) par Cavalli, explique probablement les fortes croissances observées.

II-5 Bilan sur le peuplement piscicole et la gestion du lac d'Anterne :

Il apparaît, au vu des résultats de la campagne de pêche 2007, que les abondances numériques et pondérales des différentes espèces de salmonidés présentes sur le lac sont faibles et ne satisfont pas aux objectifs halieutiques de la gestion du lac.

Les alevinages pratiqués au cours de ces 15 dernières années ont abouti à un peuplement plurispécifique. Or de nombreux auteurs ont montré qu'un tel peuplement n'est pas adapté aux milieux oligotrophes que sont les lacs de montagne, et provoque une baisse de la productivité piscicole des lacs du fait des ségrégations interactives découlant de la présence de plusieurs espèces (Rivier, 1996 ; Cavalli, 1997). Ces mêmes auteurs s'accordent à dire qu'un peuplement mono spécifique est la solution la plus adaptée aux lacs de montagne.

Outre cet aspect qualitatif des alevinages, ces derniers s'avèrent quantitativement insuffisants, en particulier au cours des 5 années ayant précédé la campagne de pêche, où les charges alevinées s'avèrent bien inférieures à l'optimum mono spécifique basé sur une charge de 500 alevins par Ha (Rivier, 1996).

De plus, les espèces choisies se révèlent peu adaptées aux objectifs de gestion du lac.

La truite arc en ciel se révèle incapable de survivre dans le lac, puisque l'on ne retrouve aucun individu de cette espèce dans l'échantillonnage, en dépit du fait qu'elle ait constitué la majeure partie de la charge en alevins au cours des 15 dernières années.

Si **la truite fario** semble capable de survivre dans le lac, et même de s'y reproduire, son manque de plasticité vis-à-vis de son mode vie ne lui permet de constituer un stock suffisant d'un point de vue halieutique.

L'omble chevalier, quant à lui, semble parfaitement adapté à la survie en lac de montagne, du fait d'une très forte capacité d'adaptation. Il se reproduit également sur le site du lac d'Anterne. Cependant, son adaptation aux conditions oligotrophes du lac le conduit à privilégier la survie et la reproduction sur la croissance (Rivier, 1996), conduisant à un nanisme des individus peu compatible avec une pêche de qualité.

Enfin, si **l'omble alysse** semble répondre aux objectifs de gestions du lac (bonne capacité d'adaptation, très fort opportunisme alimentaire, croissance satisfaisante), plusieurs bémols peuvent toutefois être émis à son encontre. D'une part, la gestion raisonnée du lac ne pourra se faire que par le biais d'un alevinage monospécifique durable : en d'autre terme, une fois l'espèce choisie, l'alevinage ne devra plus se faire qu'avec cette espèce et ce de manière pérenne. Or l'omble alysse étant un hybride issu de la pisciculture, les garanties quant à la certitude de pouvoir s'approvisionner en cette espèce sur une plage de temps importante ne sont pas certaines. D'autre part, en tant qu'hybride fécond, il demeure susceptible de provoquer des déséquilibres écologiques, d'autant plus que la biologie fine de cette espèce récente reste méconnue. Pour ces raisons, il ne semble pas pertinent de baser une gestion durable sur cette espèce.

De fait, aucune des espèces actuellement employées pour la gestion piscicole du lac d'Anterne ne semble pouvoir répondre à ses objectifs halieutiques, piscicoles et écologiques. Il conviendra donc, afin d'améliorer l'attrait halieutique du lac, de modifier la gestion piscicole et de l'orienter selon des critères pré-établis par Rivier (1996) :

- Alevinage mono-spécifique et durable.
- Choix d'une espèce adaptée au lac.
- Charge en alevins en concordance avec la taille du lac

L'espèce correspondant le mieux à ces critères, ainsi qu'à la possibilité de réinstaurer une pêche de qualité sur le lac d'Anterne semble être le saumon de fontaine (*Salvelinus fontinalis*). En effet, ce poisson se révèle particulièrement bien adapté à la survie dans les lacs de montagne oligotrophes (Rivier, 1996 ; Cavalli, 1997), du fait de son opportunisme alimentaire et de sa capacité à coloniser l'ensemble de la colonne d'eau. En outre, le peuplement déjà en place sur le lac ne devrait pas lui poser de problème en terme de compétition, les études réalisées sur des lacs l'hébergeant en condition de sympatrie ayant mis en évidence sa capacité à prendre rapidement le dessus sur la truite fario et l'omble chevalier

(Cavali, 1997). En outre, contrairement à l'omble alysse qui semble présenter les mêmes caractéristiques, la biologie du saumon de fontaine est bien connue, et sa présence depuis plusieurs années dans certains lacs alpins et pyrénéens permet de bénéficier d'un recul inexistant pour l'omble alysse. Enfin, l'approvisionnement en saumon de fontaine est relativement aisé et ne posera pas de problème dans le cas d'une gestion durable du lac d'Anterne.

Afin d'installer une population satisfaisant à l'halieutisme, il conviendra durant les 5 années suivant le changement de gestion d'effectuer un alevinage à hauteur de 500 ind./Ha (Rivier, 1996), ce qui correspond à une charge en alevins de 5750 poissons /an. Il sera également judicieux de mettre en place un suivi du changement de gestion à deux échelles : d'une part, par le biais d'un système de carnet de capture et d'une enquête de satisfaction auprès des pêcheurs (objectif halieutique), et, d'autre part, par un suivi scientifique du lac et de son peuplement (objectif écologique : diagnose du lac, pêche au filets au terme des 5 premières années de gestion).

III- Le lac de Pormenaz :

III-1 Caractéristiques générales :

Le lac de Pormenaz est situé à une altitude de 1945 m, au pied de la Pointe Noire de Pormenaz, au sein la réserve naturelle de Passy (commune de Passy). Son bassin versant, d'origine glaciaire, s'étend sur une superficie de 56 Ha (Cf. figure 9), et culmine à 2323m au niveau de la Pointe Noire de Pormenaz.



Figure 9 : Bassin versant topographique du lac de Pormenaz (IGN TOP25 3530 ET)

Le bassin est majoritairement occupé par les pelouses alpines, le reste de sa surface consistant en des pierriers et barres rocheuses. On note également la présence de tourbières sur le bassin. Par ailleurs l'usage pastoral sur le bassin y entraîne la présence de troupeaux ovins non gardés.

Le lac s'étend sur 4,6Ha, et présente une profondeur maximale de 9.5m (Cf. figure 11). La cuvette lacustre a pour origine l'action des glaciers sur une zone de faille majeure et d'un synclinal de la couverture sédimentaire (Winiarski, 2000). On note la présence d'une île au centre du lac, au nord est de laquelle se trouve la zone la plus profonde. D'un point de vue géologique, le lac se trouve le socle antéalpin, constitué de conglomérats, grès et schistes houillers. Il est traversé par une faille NNE/SSO. Sur le bassin versant on trouve des éléments cristallins (micaschistes, gneiss, migmatites à filon acide) et sur sa base des conglomérats, des grès et des schistes houillers, ainsi que des dolomies, des cargneules et des gypses du trias. (Jochenbeim, 2002 ; Winiarski, 2000).

En profondeur, les sédiments sont silto-argileux, riches en débris végétaux et larves de chironomes. Il n'y pas de lamination apparente du fait d'une teneur importante en matière organique masquant la présence d'horizons plus clairs. La vitesse de sédimentation est de 0,893 mm/an (Jochenbeim, 2002).



Figure 10 : Photographie aérienne du lac de Pormenaz (Géoportail)

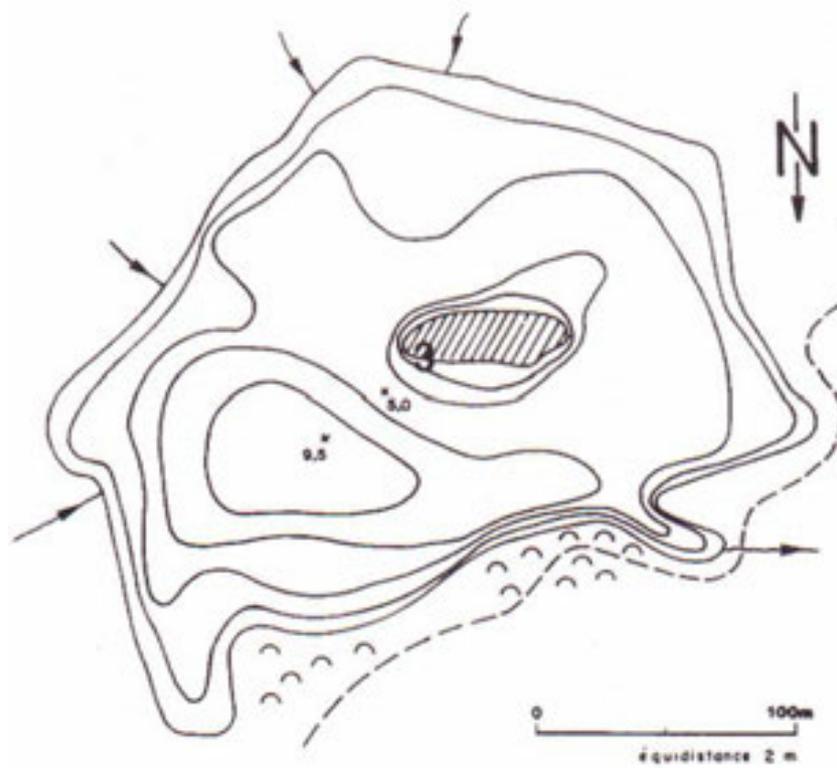


Figure 11 : Bathymétrie du lac de Pormenaz

III-2- Physico-chimie et trophie :

Le lac apparaît comme étant clairement oligotrophe au travers des résultats des différentes analyses réalisées. On note cependant quelques signes d'une légère pollution diffuse dans les résultats obtenus par Winiarski entre 1992 et 1996 (NO₂, PO₄). Toutefois, la qualité globale des eaux du lac reste excellente, d'autant plus que ce constat ne semble plus d'actualité au vu des résultats des analyses effectuées dans le cadre de l'observatoire des lacs des réserves naturelles mené par ASTERS (Lazzarotto, 2007). Enfin, les eaux du lac de Pormenaz sont plus faiblement minéralisées que celle du lac d'Anterne, en concordance avec la nature du substratum géologique du bassin versant.

	CHACORNAC, 1986 ⁽¹⁾		SESIANO, 1987 ⁽²⁾		WINIARSKI, 2000 ⁽³⁾					LAZZAROTTO, 2007 ⁽³⁾									
	sept-84		surface	fond	août-92	août-93	août-94	août-95	août-96	29/07/1998	02/08/1999	04/08/2000	15/08/2001	06/08/2002	11/08/2003	30/07/2004	31/08/2005	07/08/2006	04/09/2007
T° C	11		16	10	18,7	14,8	19,5	14,2	15,7		11,8	12,5			20,6			12,1	12,1
pH			7,73	6,42	6,25	6,07	7,59	6,64	6,53	6,94	7,22 / 6,55	8,02 / 6,7	7,25	6,96	7,44 / 6,53	7,02	7,35	7,3 / 5,11	7,35
Transparence (m)	8										6,3	5,25	7	6	6,58	7		7,3	4,53
Conductivité (µS/cm)	15		15	17	16,3	15	15,3	14,4	13,6	14	19 / 15,57	16,79	18		28 / 18,37	20 / 41,4	20	15 / 18,16	59
Oxygène (mg/L)						110%	92%	81%	94%										
Oxygène (% sat)					8,4	8,8	6,7	6,8	7,2										
Chlorophylle a (µg/l)	3,7				2,82	5,1	1,91	0,9	2,13										
NO ₂ (mg/l)	0,012	0,002	0,002	0,17	0,023	0,13	0,09	0,35	0,002	0,004	0,002	0	0,001	0,001		0	0,001		
NO ₃ (mg/l)	0,056	0,07	0,04	0,7	0,31	0,53	0,44	0,79	0,02	0,01	0,16	0	0,08	0,04	0,01	0,16	0,03		
NH ₄ (mg/l)	3	0,023	0,033	0,0129	0	0	0,026	0,045	0,049	0,001	0,04	0,001	0,047	0,024	0,016	0,007	0,015		
N tot (mg/L)									0,48	0,17	0,23	0,16	0,27			0,23	0,2		
PO ₄ (mg/l)	0,55			0,18	0,12	0,2	0,055	0,04	0,001	0,034	0,002	0	0,001	0,001		0,06	0,001		
P tot (mg/L)									0,016	0,043	0,005	0,002	0,004	0,008		0,069	0,01		
COT (mg/l)		1,52	1,24						1,63	1,63	0,34	1,35	1,41			1,94	1,48		
SiO ₂ (mg/l)	0,58	0,8	1,36		0,59	0,68	0,483	0,56	0,84	0,62	2,17	2,27	0,99	0,65		1,94	0,67		
SO ₄ (mg/l)	2	1,2	1,1	0,05	1,5	1	1	0	0,7	0,9	3,3	1,39	1,33	2,16		0,7	2,1		
Mg (mg/l)	3,8	0,4	0,6	0,63	0,62	0,63	0,38	0,55	0,55	0,97	1,28	0,54	1,1	0,67		0,59	0,6		
Ca (mg/l)	6,8	1,8	1,9	3,29	4,9	5,91	2	1,72	1,7	2,55	5,75	1,7	1,9	1,7		2,2	1,85		
K (mg/l)				0,113	0,1	0,09	0	0,06	0,41	0,24	0,25	0,088	0,13	0,2		0,188	0,16		
Na (mg/l)				0,165	0,28	0,22	0,045	0,22	0,32	0,31	0,47	0,48	0,66	0,38		0,5	0,3		
Mn (mg/l)		0,006	0,053																
Cl (mg/l)		0,1	0,5						0,18	0,42	0,29	0,38	0,6	1,08		0,53	0,57		
Fe (mg/l)	0,025	0,026	0,181																

Tableau 10 : Synthèse des résultats d'analyses physico-chimiques réalisés depuis 1984 sur le Lac de Pormenaz

⁽¹⁾ analyses sur une colonne d'eau brute prélevée à la verticale de la plus grande profondeur.

⁽²⁾ analyses sur des échantillons d'eau prélevés en surface et en profondeur.

⁽³⁾ analyses sur des échantillon d'eau obtenu à partir d'une colonne d'eau de la surface à la proximité du fond, à la verticale du point le plus profond, par la méthode du tuyau souple immergé en polyéthylène.

III-3- Synusies benthiques :

Aucune donnée concernant le macrobenthos n'a été trouvée dans la littérature.

III-4 Peuplement piscicole :

III-4-1- Bilan sur les alevinages :

Le peuplement piscicole du lac de Pormenaz est essentiellement assuré par les alevinages annuels dont ce dernier fait l'objet depuis le début du siècle dernier. La figure 12 dresse le bilan qualitatif et quantitatif de ces alevinages de 1990 à 2006. Est ajouté, en comparaison, un optimum mono spécifique basé sur une charge de 500 alevins par Ha (Rivier, 1996).

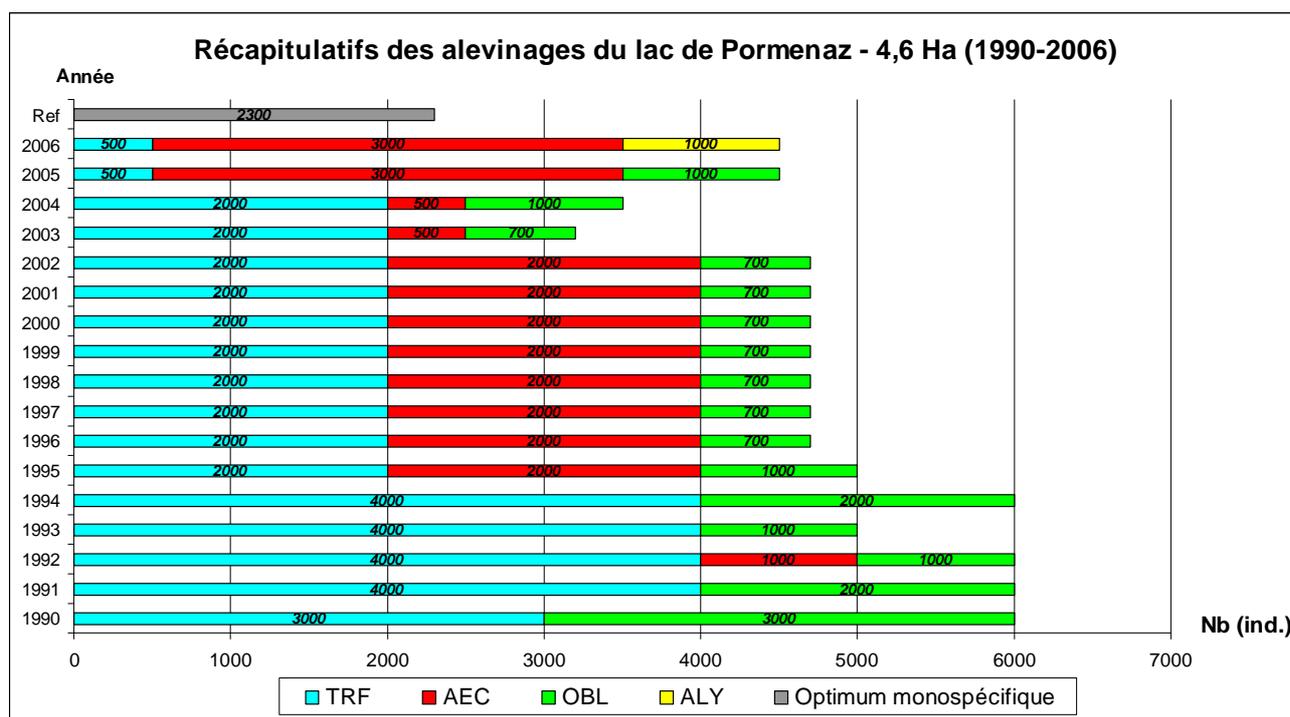


Figure 12 : Bilan des alevinages du lac de Pormenaz (1990-2006)

Quatre espèces ont été déversées dans le lac de Pormenaz au cours de ces 16 dernières années : La truite fario (TRF), la truite arc-en-ciel (AEC) depuis 1992, l'omble chevalier (OBL) jusqu'en 2005, et enfin depuis 2005 l'omble alysse (ALY).

Par ailleurs, en 2006, tous les poissons déversés ont été marqués par ablation de l'adipeuse. En outre, toutes les truites fario alevinées en 2002, 2003 et 2004 ont subi un fluoromarquage des otolithes par baignade à l'alizarine red S (Caudron & Champigneulle, 2006). Ces marquages permettront de mettre en évidence une éventuelle reproduction naturelle sur la cohorte 2006 d'ombles, ainsi que sur les cohortes 2002, 2003 et 2004 de truites fario.

III-4-2- Campagne de pêche 2007 :

Les résultats de la pêche réalisée en septembre 2007 sur le lac de Pormenaz sont compilés dans le tableau 11 :

Lac	Espèce	Résultats bruts		Pourcentages		Rendements surfaciques		
		Unité	numériques ind.	pondéraux gr.	numériques %	pondéraux %	numériques ind./1000m2	pondéraux gr./1000m2
Pormenaz	TRF		19	2031	18,1	64,4	52,78	5641,67
	ALY		15	755	14,3	23,9	41,67	2097,22
	OBL		1	72	1,0	2,3	2,78	200,00
	TAC		1	115	1,0	3,6	2,78	319,44
	VAI		69	183	65,7	5,8	191,67	508,33
	Total		105	3156	100,0	100,0	291,67	8766,67

Tableau 11 : Résultats des pêches du lac de Pormenaz (septembre 2007)

➤ Rendements de capture :

Le lac présente un peuplement composé de 5 espèces : la truite fario, l'omble chevalier, l'omble alysse, la truite arc-en-ciel et le vairon.

De manière globale, avec des rendements numériques de 292 ind/10a et pondéraux de 8767 g/10a, les résultats semblent satisfaisants, sans toutefois être optimaux. Du point de vue numérique, 65% de l'abondance est en effet soutenue par les vairons, contre 18% pour la truite fario. Du point de vue pondéral, en revanche, la truite fario constitue la majorité de la biomasse échantillonnée (65%). Cependant, le rendement pondéral global, bien que satisfaisant, reste en deçà de ceux de certains lacs de montagnes alpins (41 Kg/10a pour le lac du Grand Doménon (38), aux alentours de 15Kg/10a pour les lacs de Crop (38) et Lou (73) (Téléos, 2008)).

De manière spécifique, on constate que les situations sont différentes pour chacune des espèces (ou groupe d'espèces) échantillonnées :

- La population de vairons est dense et soutenue essentiellement par le recrutement naturel, et peut donc être considérée comme étant fonctionnelle.
- La population de truite fario présente une densité satisfaisante, mais une biomasse moyenne. De fait, la masse moyenne des individus est plus faible sur le lac de Pormenaz, où elle est de 107 g/ind., que sur le lac d'Anterne (211 g/ind.) ou sur le lac savoyard de Lou, où elle est de 180 g/ind. (Téléos, 2008). Ce constat peut être lié à deux causes probablement concomitantes : l'oligotrophie du milieu et la concurrence alimentaire avec les autres espèces présentes (Rivier, 1996 ; Cavalli, 1997). Cependant, la densité de truite fario sur le lac de Pormenaz se révèle beaucoup plus intéressante que sur le lac d'Anterne, l'espèce semblant trouver dans le lac de Pormenaz un milieu plus hospitalier.

- Les ombles chevaliers et alysse présentent une densité moyenne à faible en comparaison avec d'autres lacs alpins, et une biomasse moyenne à faible (masse individuelle moyenne de 52g/ind.), liée principalement au fait que plus 90% de l'effectif soit composé de poissons âgés d'un hiver (les ombles alysses n'ont été utilisés qu'en 2006).
- La truite arc-en-ciel, enfin, ne peut être considérée que comme présente, un seul individu ayant été capturé en dépit d'alevinages massifs et réguliers depuis 1995. Comme sur le lac d'Anterne, cette espèce montre ici sa totale inadaptation aux lacs de montagne oligotrophes.

➤ Répartition spatiale des captures :

La totalité des poissons capturés l'a été à l'aide des filets benthiques. Il apparaît sur la Figure 13 que la majorité des captures a eu lieu en zone littorale et, dans une moindre mesure, dans les zones situées entre 3 et 6 m de profondeur. Ce constat est à relier au fait que 82% des profondeurs sur le lac de Pormenaz soient comprises entre 0 et 6 m. En outre, en plus de ne représenter que 18% de la surface du lac, la zone profonde n'excède pas 9,5 m à son maximum. De fait, s'il existe une ségrégation spatiale interspécifique sur le lac (truites fario et arc-en-ciel absentes de la zone profonde), elle s'avère beaucoup moins marquée que sur le lac d'Anterne: les vairons colonisent l'ensemble de la lame d'eau, tout comme les ombles, et il apparaît que les espèces présentes sur le lac occupent de manière générale le même espace. Cette faible ségrégation spatiale imposée par la bathymétrie du lac de Pormenaz peut avoir pour effet d'y renforcer les effets de la compétition interspécifique.

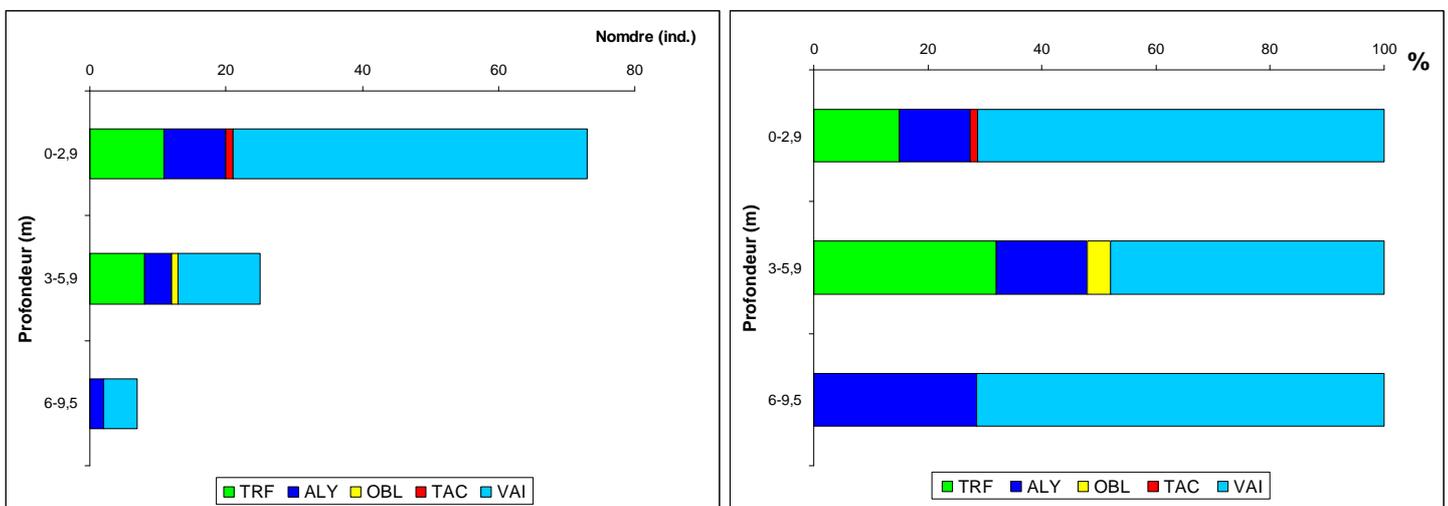


Figure 13 : Distribution verticale des captures (lac de Pormenaz, septembre 2007)

➤ Caractéristiques de la population de truites fario :

Le tableau 12 synthétise les données biométriques et scalimétriques recueillies sur la population de truite fario échantillonnée sur le lac de Pormenaz.

Contrairement au lac d'Anterne, les données scalimétriques ne permettent pas de mettre en évidence un éventuel recrutement naturel, les alevinages en truites fario ayant eu lieu de manière continue jusqu'en 2006. Cependant, la présence d'individus des cohortes

2003 et 2004 (respectivement 4+ et 3+) au sein de l'échantillon permettra une vérification de leur origine (alevinés ou reproduction naturelle) par lecture des otolithes, toutes les truites déversées dans le département ayant été marquées à l'alizarine red S entre 2002 et 2004 (Caudron & Champigneulle, 2006).

Espèce	longueur (mm)	masse (g)	Code	Obs	lecture écaille
TRF	170	52	LAC35		3 +
TRF	212	100	LAC36		3 +
TRF	212	95	LAC37		3 +
TRF	221	105	LAC38		4 +
TRF	250	140	LAC39		4 +
TRF	221	120	LAC40		3 +
TRF	222	106	LAC42		3 +
TRF	224	115	LAC43		3 +
TRF	238	120	LAC46		3 +
TRF	184	90	LAC47		3 +
TRF	192	80	LAC48		3 +
TRF	191	75	LAC54		3 +
TRF	242	145	LAC55		4 +
TRF	232	232	LAC56		3 +
TRF	228	110	LAC57		4 +
TRF	181	55	LAC59		2 +
TRF	165	53	LAC60		3 +
TRF	265	205	LAC61		2 +
TRF	252	150	LAC66		3 +

Tableau 12 : Résultats de biométrie sur les truites fario du lac de Pormenaz

L'analyse de la structure de la population de truite fario, présentée dans la figure 14, met en évidence la non fonctionnalité de cette dernière. En effet, on note d'une part l'absence des juvéniles (0+ et 1+) au sein de l'échantillon, et d'autre part l'absence de structuration en âge de la population. La répartition des tailles en fonction de l'âge témoigne en outre du caractère aléatoire des croissances entre et au sein des différentes cohortes, conséquence probable de la compétition inter et intra spécifique.

Les effets de cette compétition se font également ressentir sur la biomasse qui apparaît relativement faible en comparaison avec la densité en truites fario, satisfaisante quant à elle. Il en découle un poids individuel moyen relativement faible lui aussi, et significativement inférieur à celui des truites fario analysé sur le lac d'Anterne (test F de Fisher, $P < 0.05$). La même différence significative est constatée sur la taille moyenne des poissons. Plusieurs explications peuvent être apportées à ce constat :

- D'une part, une meilleure tolérance de l'espèce vis-à-vis des conditions proposées par le lac de Pormenaz que de celles du lac d'Anterne, ayant pour effet une meilleure survie des individus et donc une densité plus importante. Cette densité entraînerait cependant un accroissement de la compétition alimentaire intra spécifique, pénalisante sur la croissance individuelle au regard de la faiblesse de la ressource de ce milieu oligotrophe.
- D'autre part, une concurrence interspécifique accrue par l'absence de ségrégation spatiale évoquée précédemment et liée à la bathymétrie du lac, truites et ombles devant de fait exploiter la même niche. Si cette pression ne semble pas se répercuter sur la densité en truite fario, elle se fait tout de même ressentir sur la biomasse.

On note enfin l'absence au sein de l'échantillon d'individus de 30 cm ou plus. Pourtant, des captures de tels individus sont réalisées par les pêcheurs. Ce fait peut être imputable à un biais d'échantillonnage, mais également au fait que les pêches aient été réalisées en fin de saison de pêche, époque à laquelle une forte proportion des plus gros individus a pu être prélevée.

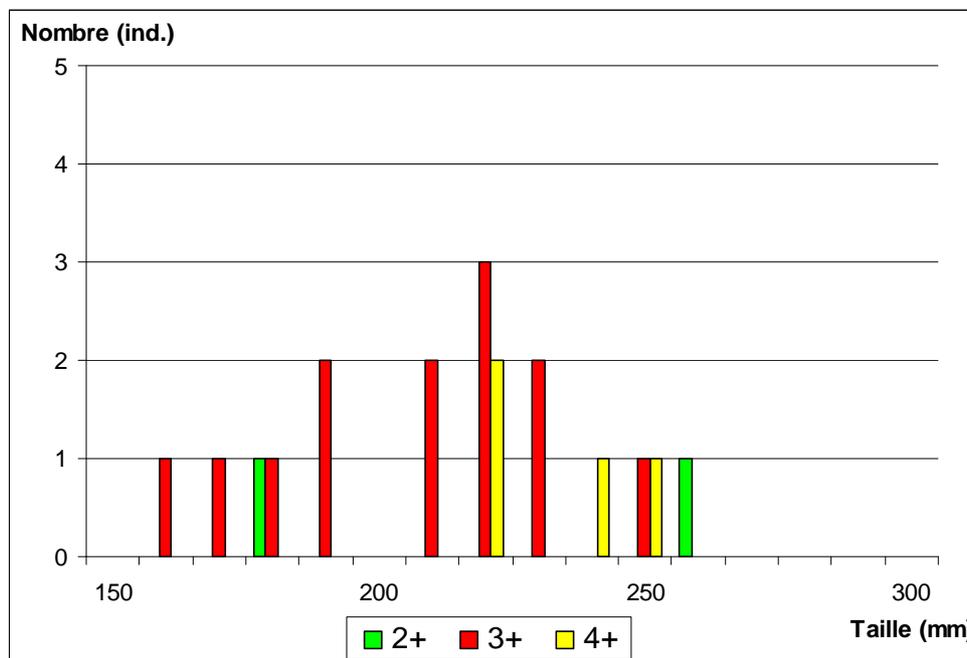


Figure 14 : Histogramme taille-fréquence de la population de truite fario du lac de Pormenaz

En conclusion, et en dépit de ces quelques bémols, la population de truites fario du lac de Pormenaz semble pouvoir satisfaire aux objectifs halieutiques de la gestion du lac. Sa non fonctionnalité conditionne cependant sa pérennité à la poursuite de l'alevinage.

➤ Caractéristiques de la population de truites arc-en-ciel :

La population de truites arc-en-ciel du lac de Pormenaz semble se limiter à la simple présence de l'espèce, en dépit d'alevinages soutenus jusqu'en 1995. En effet, un seul individu appartenant à la cohorte 2005, et décrit dans le tableau 13, a été capturé au cours de la campagne de pêche. Il semble donc que l'espèce ne parvienne pas à s'implanter dans le lac, du fait de son inadaptation aux milieux d'altitude oligotrophes.

Espèce	longueur (mm)	masse (g)	Code	Obs	lecture écaille
TAC	222	115	LAC34		2+

Tableau 13 : Résultats de biométrie sur les truites arc-en-ciel du lac de Pormenaz

De fait, il semble que la truite arc-en-ciel ne puisse pas satisfaire aux objectifs halieutiques et piscicoles de la gestion du lac de Pormenaz.

➤ Caractéristiques de la population d'ombles chevaliers :

La population d'ombles chevaliers du lac de Pormenaz semble se limiter à la simple présence de l'espèce, en dépit d'alevinages continus jusqu'en 2005. En effet, un seul individu

appartenant à la cohorte 2004, et décrit dans le tableau 14, a été capturé au cours de la campagne de pêche. Il semble donc que l'espèce ne parvienne pas à s'implanter dans le lac dans les conditions actuelles. Ce constat est probablement la conséquence de la compétition inter spécifique avec la truite fario, à laquelle les ombles chevaliers ne peuvent se soustraire du fait de l'impossibilité d'une ségrégation spatiale imposée par le profil de la cuvette lacustre et la faible profondeur du lac : en l'absence d'une zone profonde suffisamment grande, il semble que les ombles ne puissent soutenir la concurrence de la truite dans ses zones de prédilection, en surface et sur le talus (Rivier, 1996 ; Cavalli, 1997).

Espèce	longueur (mm)	masse (g)	Code	Obs	lecture écaille
OBL	209	72	LAC53		3 +

Tableau 14 : Résultats de biométrie sur les ombles chevaliers du lac de Pormenaz

De fait, il semble que l'omble chevalier ne puisse pas satisfaire aux objectifs halieutiques et piscicoles de la gestion du lac de Pormenaz.

➤ Caractéristiques de la population d'ombles alysses :

Le tableau 15 synthétise les données biométriques et scalimétriques recueillies sur la population d'ombles alysses échantillonnée sur le lac de Pormenaz.

Espèce	longueur (mm)	masse (g)	Code	Obs	lecture écaille
ALY	151	38	LAC41	AD-	1 +
ALY	176	51	LAC44	AD-	1 +
ALY	180	56	LAC45	AD-	1 +
ALY	196	70	LAC49	AD-	1 +
ALY	186	60	LAC50	AD-	1 +
ALY	154	39	LAC51	AD-	1 +
ALY	193	65	LAC52	AD-	1 +
ALY	131	24	LAC58	AD-	1 +
ALY	193	74	LAC62	AD-	1 +
ALY	202	80	LAC63	AD-	1 +
ALY	146	28	LAC64	AD-	1 +
ALY	153	38	LAC65	AD-	1 +
ALY	168	43	LAC67	AD-	1 +
ALY	165	44	LAC68	AD-	1 +
ALY	162	45	LAC69	AD-	1 +

Tableau 15 : Résultats de biométrie sur les ombles alysses du lac de Pormenaz

La population d'ombles alysses du lac de Pormenaz se limite en fait à une seule cohorte (les 1+), l'alevinage du lac avec cette hybride n'ayant été réalisé qu'en 2006. Les données scalimétriques et le marquage par ablation de la nageoire adipeuse des poissons alevinés confirment le fait que seuls des poissons issus de l'alevinage 2006 aient été capturés.

De fait, il est impossible de décrire une quelconque structure de population. Cependant, la répartition des tailles au sein de la cohorte (Cf Figure 15) met en évidence une assez forte croissance des ombles alysses dans le lac (taille moyenne de 17 cm), probablement favorisés par leur opportunisme alimentaire. La densité est également satisfaisante, d'autant plus qu'elle ne résulte que d'un alevinage unique.

Il semble donc que l'omble alysse s'est adapté au lac de Pormenaz. Cependant, ce constat est à tempérer : d'une part, on ne dispose pas recul suffisant pour juger de sa capacité d'adaptation réelle du fait que les observation ne sont basées que sur une année

d'alevinage. D'autre part, le fait que l'omble alysse soit un hybride fécond dont la biologie fine reste méconnue n'en fait pas un choix très judicieux pour l'alevinage des lacs de montagne, notamment en terme d'équilibre écologique.

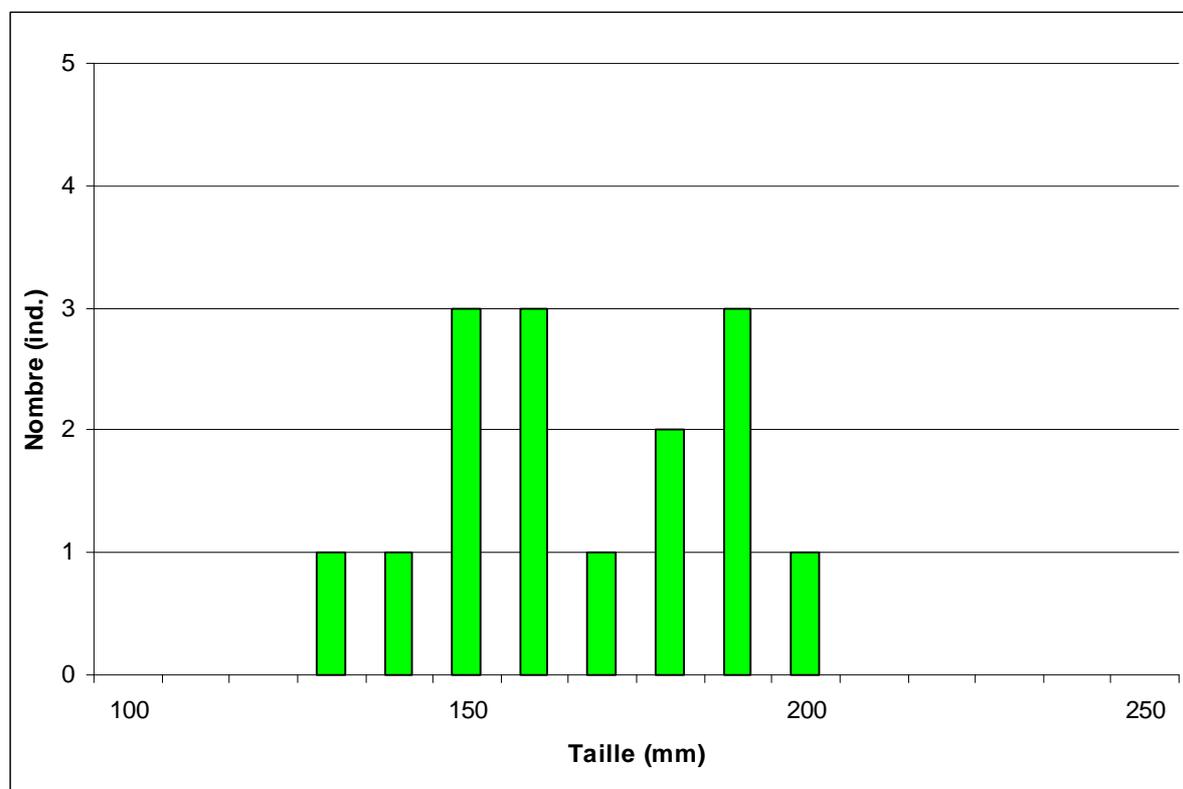


Figure 15 : Histogramme taille-fréquence de la population d'ombles alysses du lac de Pormenaz

➤ Régimes alimentaires et coefficients de condition

Les tableaux 16 et 17 synthétisent les informations sur la condition et les régimes alimentaires des différentes espèces échantillonnées sur le lac de Pormenaz.

	TRF	OBL	ALY	TAC
moyenne	1,03	0,78	0,99	1,05
mini	0,89	0,78	0,9	1,05
maxi	1,44	0,78	1,1	1,05
écart type	0,13	-	0,07	-
intervalle de confiance à 5%	0,06	-	0,04	-

Tableau 16 : Coefficient de condition moyens des espèces échantillonnées sur le lac de Pormenaz

En ce qui concerne **la truite fario**, on ne note pas de différence significative du coefficient de condition spécifique entre Anterne et Pormenaz (test F de Fisher, $P > 0.05$). De fait, le même constat d'une bonne condition générale reflétant l'opportunisme alimentaire de l'espèce dans ce milieu oligotrophe peut être fait.

Cet opportunisme alimentaire transparaît également au travers de l'analyse du régime alimentaire des truites fario du lac de Pormenaz, composé de benthos (chironomidae, sialidae, odontoceridae et sphaeridae) et d'arthropodes terrestres (majoritairement des diptères), mais également de zooplancton et de vairons. Le spectre alimentaire des truites fario sur le lac de Pormenaz semble donc être plus large que celui des truites du lac d'Anterne, ce que confirme les valeurs de largeurs de niche sur les deux lacs (1.71 pour Anterne contre 2.57 sur Pormenaz). Ce résultat découle probablement de la possibilité d'occupation de la quasi-totalité de la masse d'eau par les truites et de l'absence de ségrégation spatiale interspécifique sur le lac de Pormenaz, du fait de ses caractéristiques bathymétriques, contrairement au lac d'Anterne où les truites se retrouvent plutôt inféodées à la zone littorale sous l'effet de la ségrégation interactive avec les ombles chevaliers.

Ces conditions de milieu sur le lac de Pormenaz semblent être de manière globale plus favorable aux truites fario que ne le sont celles du lac d'Anterne. Elles se font d'ailleurs ressentir de manière positive sur la population de truites fario, se traduisant par une densité en plus importante sur le lac de Pormenaz, en dépit du corollaire d'une plus faible croissance que sur le lac d'Anterne.

Pour les **ombles alysses**, le coefficient de condition moyen témoigne également d'une bonne condition générale des poissons capturés. La valeur de largeur de niche (2,7) est équivalente à celles des truites fario, ainsi qu'à celle calculée sur les ombles alysses du lac d'Anterne. Cela témoigne, comme pour les truites fario, d'un opportunisme alimentaire spécifique pouvant s'exercer sur la quasi-totalité des compartiments lacustres. Il semble donc que l'omble alysse fasse montre d'une excellente capacité d'adaptation aux conditions présentes sur le lac de Pormenaz. On note toutefois la présence dans le bol alimentaire d'un des individus capturés d'une larve d'urodèle, probablement un triton. Ce résultat met clairement en évidence le problème soulevé précédemment des conséquences écologiques possibles de la présence de cet hybride dans les lacs de montagne.

Pour l'**omble chevalier** et la **truite arc-en-ciel**, la présence d'un unique individu de chacune des espèces dans l'échantillon ne permet pas de réaliser une analyse fiable. On notera simplement la faiblesse du coefficient de condition de l'omble capturé et la composition du bol alimentaire de la truite arc-en-ciel essentiellement constitué de zooplancton, témoins, en plus des très faibles densités, des difficultés à survivre rencontrées par ces deux espèces dans les conditions de milieu et de sympatrie présentes sur le lac de Pormenaz.

II-5 Bilan sur le peuplement piscicole et la gestion du lac de Pormenaz :

Au vu des résultats de cette campagne d'échantillonnage, il apparaît que la situation sur le lac de Pormenaz est sensiblement différente de celle observée sur le lac d'Anterne. On note toutefois deux points communs entre ces deux peuplements :

- Une population de **truite arc-en-ciel** inexistante ou quasi-inexistante, en dépit d'alevinages massifs et réguliers depuis plusieurs années. Il semble donc que cette espèce ne soit pas adaptée à la gestion des systèmes lacustres d'altitude de Haute-Savoie.
- Une bonne implantation de l'**omble alysse**, qui, du fait de son opportunisme alimentaire, parvient à se maintenir de manière satisfaisante dans le lac. Cependant, les doutes sur les conséquences écologiques que pourrait avoir à

Espèce	TAILLE	Poids	Code	Sexe	Obs	Age	Arthropodes aériens				Benthos				Nymphes	Zooplancton	Poissons	Vol estomac (mL)	% rep. intestin	Qualit. Intestin	
							Insectes				Arachnides	Insectes									Mollusques
							Diptères adultes	Coléoptères	Hétéroptères	Hyménoptère		Chironomidae	Sialis	Odontoceridae							
TAC	222	115	LAC34														1,1	100			
TRF	170	52	LAC35	femelle mature													0	0			
TRF	212	100	LAC36				37	2	1	1	1			21			0,5	50	1 Sialis, 1 plécoptère (ad.)		
TRF	212	95	LAC37														0	50	4 Sialis		
TRF	221	105	LAC38	femelle mature							1						0,2	100	28 Trichoptères, 1 Sialis, 4 diptères (ad.)		
TRF	250	140	LAC39	femelle mature													0	0			
TRF	221	120	LAC40	mâle mature			9										0,2	50	7 Sialis, 1 diptère (ad.), 2 coléoptères		
TRF	181	55	LAC59								1						0,1	80	1 Trichoptère		
TRF	165	53	LAC60														0	50			
TRF	265	205	LAC61												2		5,3	0			
TRF	252	150	LAC66	mâle mature							6	1			1		3,6	100	2 Chironomidae (L), 14 Sialis		
TRF	238	120	LAC46	femelle mature								1					0,2	50	16 Trichoptères, 1 Sialis		
TRF	184	90	LAC47	mâle mature							6		2		9		0,5	100	1 Sialis, 1 Chironomidae (L)		
TRF	192	80	LAC48								11			2	8		0,2	20			
TRF	191	75	LAC54												100		0,1	50	Zooplancton		
TRF	242	145	LAC55									1			100		0,2	80	Zooplancton		
TRF	232	232	LAC56	mâle mature								2					0,2	80	9 Sialis		
TRF	228	110	LAC57									1					0,1	80	3 sialis, 1 Trichoptère		
TRF	222	106	LAC42	femelle mature									1				0,1	80			
TRF	224	115	LAC43	femelle mature									2				0,2	50	13 Trichoptères		
ALY	151	38	LAC41		ad-	1+					3	2					0,1	100			
ALY	176	51	LAC44		ad-	1+											0	100			
ALY	180	56	LAC45		ad-	1+					4	3					0,2	100	1 urodèle		
ALY	154	39	LAC51		ad-	1+	41	2		2	17			4			0,4	50			
ALY	146	28	LAC64		ad-	1+		1									0,05	80			
ALY	153	38	LAC65		ad-	1+											0	80			

Tableau 17 : Contenus stomacaux de la fraction des poissons analysés sur le lac de Pormenaz

long terme la présence de cet hybride dans le lac de Pormenaz, ainsi que ceux concernant les possibilités d'un approvisionnement durable en alevins conduisent à écarter l'omble alysse d'un plan de gestion durable du lac tel que défini par Rivier (1996).

En ce qui concerne l'**omble chevalier**, il apparaît clairement que les conditions de sympatrie avec la truite fario lui sont fortement défavorables, et le pénalisent beaucoup plus que sur le lac d'Anterne, du fait notamment des différences de caractéristiques bathymétriques existant entre les deux lacs. Le lac de Pormenaz présente en effet une cuvette lacustre peu profonde et large une majorité de zones dont la profondeur n'excède pas 6m. Il en résulte que la ségrégation spatiale observée sur Anterne, et décrite par de nombreux auteurs (Rivier, 1996 ; Cavalli, 1997), ne peut avoir lieu sur le lac de Pormenaz. Les ombles doivent par conséquent y subir une compétition directe avec les truites fario, les deux espèces étant confinées par défaut aux mêmes niches. Il en résulte pour l'espèce des difficultés de croissance, mais également de survie qui font que l'omble chevalier ne peut satisfaire à l'objectif d'une pêche de qualité sur le lac de Pormenaz, aussi bien en terme de biomasse que de densité.

Pour la **truite fario**, enfin, il semble que les conditions proposées par le lac de Pormenaz soient relativement favorables. La densité observée est satisfaisante, et si l'on observe un léger déficit en terme de biomasse, ce dernier ne semble pas rédhibitoire quant à la pratique d'une pêche de qualité, et pourrait être diminué par la mise en place d'une gestion mono-spécifique basée sur un alevinage en truites fario (diminution puis arrêt à terme de la compétition inter-spécifique). Il semble donc que l'espèce puisse être utilisée dans le cadre d'un changement de gestion du lac de Pormenaz, sur la base d'une charge en alevinage de 500 ind./Ha, c'est-à-dire 2300 poissons/an, accompagnée de la mise en place des mêmes dispositifs que ceux décrits sur le lac d'Anterne : suivi auprès des pêcheurs pour vérifier la satisfaction de l'objectif halieutique et suivi scientifique du lac afin d'évaluer les effets globaux du changement de gestion du lac de Pormenaz sur une première durée de 5 ans.

IV- Evaluation de la contamination des poissons par les micropolluants :

Les recherches de toxiques (métaux, PCB) dans la chair et les viscères des poissons ont été effectuées sur des lots issus des pêches des lacs d'Anterne et de Pormenaz. Afin de s'affranchir d'un biais lié à une contamination métallique des alevins d'omble lors de leur phase d'élevage en pisciculture, un lot de 10 ombles alysses issus de la pisciculture de La Puya (Lac d'Annecy, dont sont issus les ombles introduits dans les lacs de montagne) a également fait l'objet d'une quantification des métaux dans la chair et les viscères (Cf. tableau 2).

Les résultats obtenus ont également été rapprochés de ceux des analyses réalisées en 2006 portant sur la contamination métallique des truites fario et arc-en-ciel du bassin de l'Arve (Caudron, 2006 ; Vigier, 2009), ainsi que des résultats des recherches de PCB dans les ombles des lacs du Bourget (CISALB, 2008), d'Annecy (SILA, 2007 ; DDSV74, 2008) et Léman (CIPEL, 2007 ; DDSV74, 2008). Une analyse statistique de ces résultats a été effectuée sous le logiciel XLSTAT 2009.3.01. La taille réduite des échantillons (< 30 individus) a conduit à utiliser des tests non paramétriques. Dans un premier temps, les moyennes des échantillons ont été comparées à l'aide du test de Kruskal-Wallis afin de mettre en évidence d'éventuelles différences significatives au sein de l'ensemble des lots. Le cas échéant, une comparaison multiple par paires suivant la procédure de Dunn (test bilatéral) a été effectuée afin de mettre en évidence les différences/ressemblances individuelles entre les

échantillons. Les résultats de ces test ne sont valables qu'en l'état des connaissances actuelles, c'est-à-dire que pour le jeu de données disponibles actuellement.

IV-1 Contamination par les métaux :

➤ Résultats globaux

La totalité des résultats bruts est présentée dans le tableau 18.

	ref poisson	esp	longueur totale (mm)	age	Cd		Cr		Cu		Hg		Ni		Pb		Zn	
					chair	viscères												
Lac Anterne	Lac 18	?	225	2+	<	700	<	<	<	5040	<	210	<	<	<	50	17600	178100
	Lac 17	OBL	225	3+	<	90	<	630	<	1680	<	<	<	560	<	<	10600	35400
	Lac 23	ALY	200	1+	<	70	<	<	<	1790	<	<	<	<	<	50	10900	68900
	Lac 10	OBL	210	3+	60	220	430	<	450	1240	<	<	390	<	<	70	29100	47000
	Lac 11	OBL	205	3+	<	<	<	<	450	610	<	<	<	<	<	<	<	11700
Lac 12	?	220	2+	<	120	<	200	<	800	<	<	<	<	<	60	8280	38600	
Lac Pormenaz	Lac 68	ALY	165	1+	<	140	<	<	<	890	<	<	<	<	<	50	10200	70700
	Lac 62	ALY	193	1+	<	90	1460	<	<	1570	<	<	1120	<	<	120	12500	132900
	Lac 58	ALY	131	1+	<	90	<	<	1980	1600	<	<	<	<	<	<	13600	42200
	Lac 63	ALY	202	1+	<	<	<	<	<	960	<	<	<	<	<	<	9240	43600
	Lac 69	ALY	162	1+	<	80	<	<	<	1150	<	<	<	<	<	80	10800	56000
Lac 67	ALY	168	1+	<	80	<	<	<	780	<	<	<	<	<	120	10600	73200	
La puya	LP 10	ALY	96	0+	<	<	<	610	570	3450	<	<	<	600	<	<	11600	58000
	LP 09	ALY	112	0+	<	<	<	<	520	2590	<	<	<	<	<	<	15400	37500
	LP 08	ALY	109	0+	<	<	<	<	510	5240	<	<	<	<	<	<	14500	37900
	LP 07	ALY	111	0+	<	<	<	<	<	2150	<	<	<	<	<	<	10600	35200
	LP 06	ALY	110	0+	<	<	<	<	620	2860	<	<	<	<	<	<	18900	90300
	LP 05	ALY	95	0+	<	<	<	<	710	2860	<	<	<	<	<	<	12800	61800
	LP 04	ALY	112	0+	<	<	<	<	670	4100	<	<	<	<	<	<	17900	54900
	LP 03	ALY	118	0+	<	<	<	<	<	2920	<	<	<	<	<	<	16700	74100
	LP 02	ALY	105	0+	<	<	<	<	<	1970	<	<	<	<	<	<	13000	35000
LP 01	ALY	101	0+	<	<	<	<	<	1770	<	<	<	<	<	<	17900	68400	

Tableau 18 : Présentation de l'ensemble des résultats bruts des analyses de sept métaux lourds sur les poissons échantillonnés des lacs d'Anterne, de Pormenaz et du stock de La Puya. Concentrations en $\mu\text{g/Kg}$ de poids frais (< = concentration inférieure au seuil de détection).

Sur les sept éléments recherchés dans les poissons issus des lacs, tous ont été détectés sur au moins un individu des deux lots. Les éléments les plus fréquemment détectés sont le Zinc, le Cuivre et le Cadmium. Le Plomb n'a été détecté que dans les viscères de la majorité des individus analysés. Le Chrome, le Nickel et le Mercure n'ont été retrouvés que dans quelques individus.

A l'exception du Nickel et du Chrome, il apparaît que la contamination est plus courante et plus importante dans les viscères des poissons. Pour ces deux éléments (Ni et Cr), on note que les individus présentant des concentrations supérieures aux seuils de détection ne sont jamais contaminés à la fois dans la chair et dans les viscères.

Globalement, les teneurs en métaux des poissons issus du stock de la Puya apparaissent moindres que celles des poissons échantillonnés sur les deux lacs d'altitude. En effet, l'analyse du lot témoin de poissons issus de la pisciculture met en évidence une contamination quasi inexistante et inférieure à celle détectée sur les lacs pour le Cadmium, le Chrome, le Nickel, le Mercure et le Plomb. Les concentrations en Zinc et en Cuivre dans la chair et les viscères des poissons semblent quant à elles être équivalentes dans les trois lots analysés. Enfin, à l'instar des observations réalisées sur des cours d'eau hauts savoyards (Caudron, 2006), on observe d'importantes variations inter-individus au sein des échantillons.

➤ Résultats par élément

La figure 16 présente les moyennes des concentrations détectées sur ces mêmes secteurs. Seul le mercure n'apparaît pas dans cette figure, un seul poisson du lac d'Anterne présentant une concentration supérieure au seuil de détection. A titre de comparaison, les résultats obtenus sur des truites fario et arc-en-ciel des cours d'eau du bassin versant de l'Arve également investigués (Caudron, 2006 ; Vigier, 2009) et sur les ombles de la pisciculture de La Puya figurent également sur les graphiques. C'est sur l'ensemble des lots figurant sur ces graphiques qu'a porté l'analyse statistique.

↳ **Cadmium**

Le Cadmium est principalement retrouvé dans les viscères des poissons, seul un individu du lac d'Anterne présentant des traces dans la chair (60 µg/Kg de poids frais). Pour ce qui est des valeurs des concentrations retrouvées dans les viscères, elles vont du seuil de détection (< 50µg/Kg pf) à 700 µg/kg pf pour Anterne et à 150 µg/kg pf pour Pormenaz. Les poissons de la pisciculture d'Annecy sont tous en dessous du seuil de détection.

- Comparaison avec les autres sites :

D'un point de vue statistique, le test de Kruskal-wallis met en évidence l'absence de différence significative au sein de l'ensemble des échantillons étudiés en ce qui concerne les concentrations dans la chair (p value= 0.542, alpha= 0.05), la plupart des individus analysés présentant des concentrations inférieures au seuil de détection.

En revanche, il semble qu'il existe une différence significative pour la teneur en Cadmium dans les viscères (p value< 0.0001, alpha= 0.05). La comparaison multiple par paires suivant la procédure de Dunn (test bilatéral) distingue les lots d'Anterne, de Pormenaz, du Bon Nant et, dans une moindre mesure de l'Arve à Sallanches de ceux des autres secteurs (Cf Tableau 19), en faisant apparaître leurs concentrations en Cadmium dans les viscères comme étant significativement plus importantes.

Echantillon	Effectif	Groupes		
La puya Cd V	10	A		
F. Reignier amt Cd V	5	A		
F. Reignier aval Cd V	5	A		
Borne amt Cd V	5	A		
Menoge amt Cd V	5	A		
Arve aval Cd V	11	A		
Arve Sallanches Cd V	9	A	B	
Pormenaz Cd V	6		B	C
Bon nant Cd V	9			C
Anterne Cd V	6			C

Tableau19 : Regroupement statistique des échantillons pour les concentrations en Cd dans les viscères (comparaison multiple par paires suivant la procédure de Dunn (test bilatéral)).

Il semble donc que sur ces secteurs, et notamment sur les deux lacs d'altitude, la concentration en Cadmium dans les viscères des poissons soit supérieure à un simple bruit de fond. Du fait de la position géographique des lacs, de l'absence de source de contamination directe sur leurs bassins versants et des origines connues du Cadmium (industrie, lessivages des routes, jus de décharge), ce constat semble être imputable aux retombées atmosphériques.

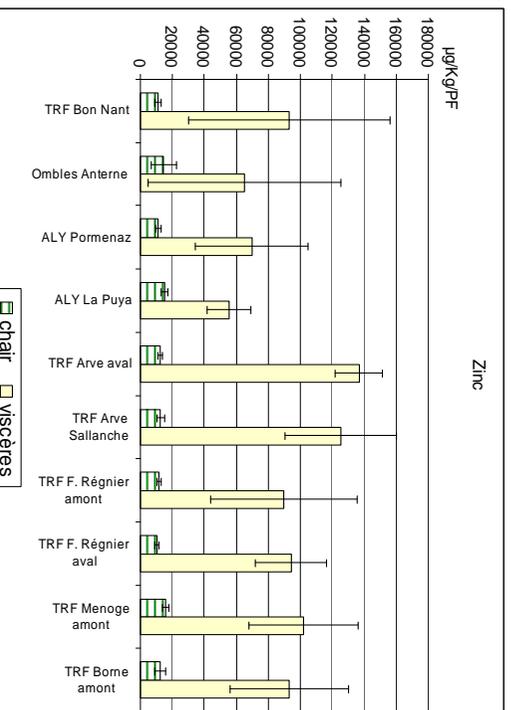
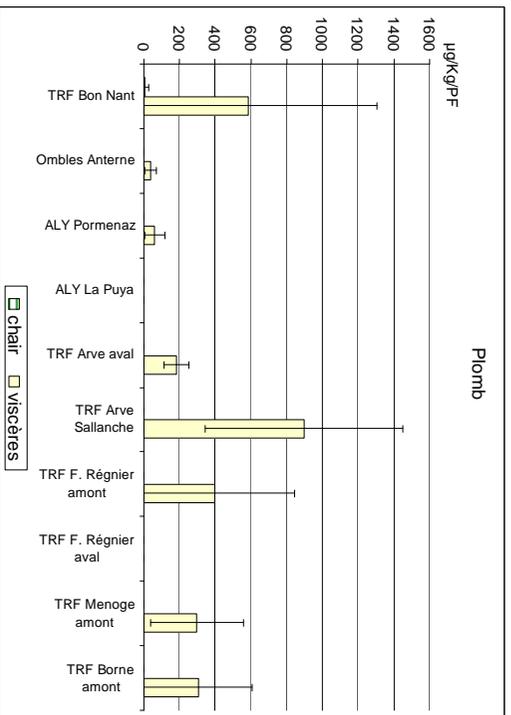
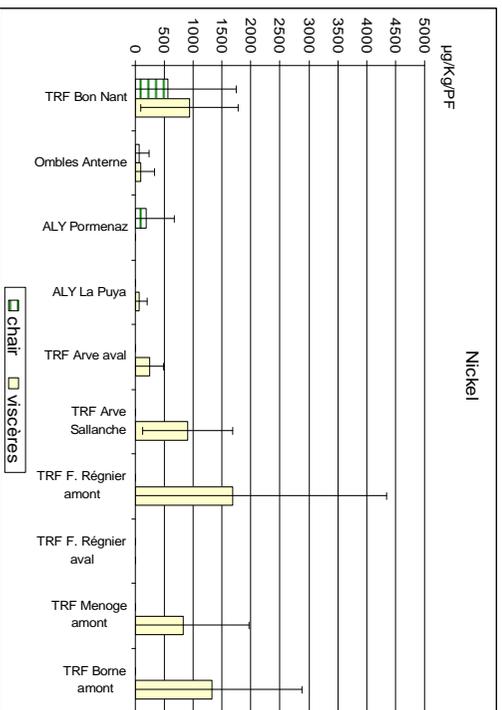
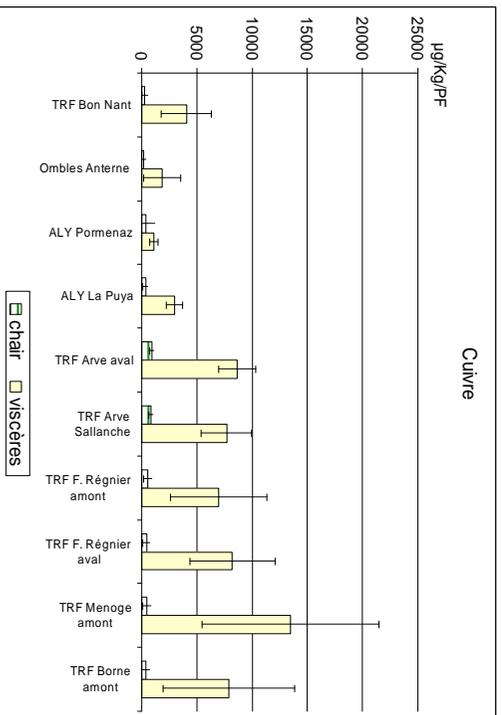
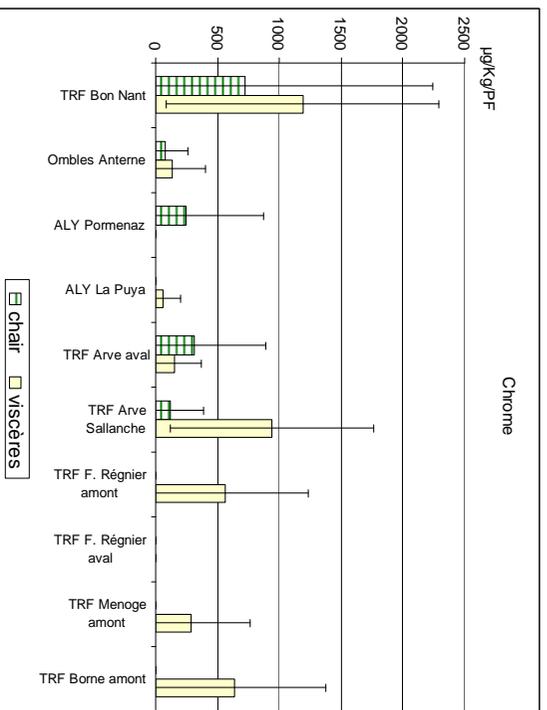
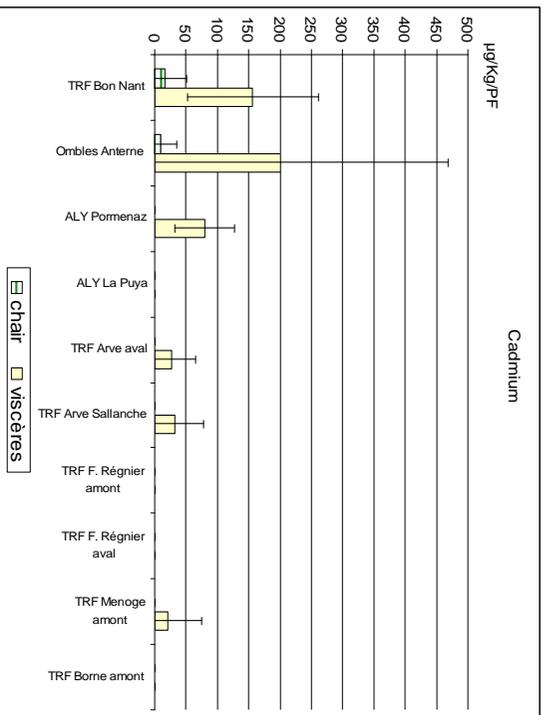


Figure 16 : Valeurs moyennes par secteur échantillonné des concentrations en métaux dans la chair et les viscères des poissons analysés.

☞ *Chrome*

Dans les trois lots analysés (Anterne, Pormenaz et LaPuya), on ne retrouve que très peu d'individus présentant des concentrations en Chrome supérieures au seuil de détection (< 200 µg/kg pf), que ce soit dans la chair ou dans les viscères (Cf tableau). On ne note également pas de différence notable de concentrations en Chrome entre la chair et les viscères.

- Comparaison avec les autres sites :

Le test de Kruskal-wallis met en évidence l'absence de différence significative au sein de l'ensemble des échantillons étudiés en ce qui concerne les concentrations dans la chair (p value= 0.71, alpha= 0.05), la plupart des individus analysés présentant des concentrations inférieures au seuil de détection.

En revanche, il semble qu'il existe une différence significative entre les différents lots pour la teneur en Cadmium dans les viscères (p value=0.009, alpha= 0.05). La situation se révèle cependant peu contrastée du fait de faibles valeurs moyennes sur l'ensemble des sites.

Echantillon	Effectif	Groupes		
Pormenaz Cr V	6	A		
F. Reignier aval Cr V	5	A		
La puya Cr V	10	A		
Arve aval Cr V	11	A	B	
Anterne Cr V	6	A	B	C
Menoge amt Cr V	5	A	B	C
F. Reignier amt Cr V	5		B	C
Borne amt Cr V	5		B	C
Arve Sallanches Cr V	9			C
Bon nant Cr V	9			C

Tableau 20 : Regroupement statistique des échantillons pour les concentrations en Cr dans les viscères (comparaison multiple par paires suivant la procédure de Dunn (test bilatéral)).

On note toutefois que Pormenaz, La Puya, et Anterne dans une moindre mesure, se situent dans la gamme de valeurs basses du département. Ce constat peut s'expliquer par une origine naturelle possible du Chrome sur ces sites, couplée à un éventuel « bruit de fond » d'origine anthropique du aux retombées atmosphériques.

☞ *Cuivre*

Pour les trois lots analysés, les concentrations en Cuivre se révèlent plus élevées dans les viscères que dans la chair, que ce soit en terme d'occurrence ou de valeurs de concentrations. En effet, tous les individus analysés présentent des concentrations supérieures au seuil de détection dans les viscères, tandis que seule une partie d'entre eux sont dans ce cas en ce qui concerne la chair. De plus, les valeurs moyennes des concentrations sont respectivement de 1860, 1158 et 2991 µg/kg pf pour Anterne, Pormenaz et La Puya, tandis qu'elles sont de 150, 330 et 350 µg/kg pf dans la chair. Ce constat est probablement lié au fait que le cuivre est principalement accumulé dans les viscères, et que seule une fraction passe dans le sang et dans la chair des poissons.

- Comparaison avec les autres sites :

Il existe une différence significative entre les différents lots aussi bien pour la teneur en Cadmium dans les viscères (Kruskal-walllis, p value < 0.0001, alpha = 0.05) que dans la chair (Kruskal-walllis, p value < 0.0001, alpha = 0.05). La situation se révèle cependant moins contrastée pour le compartiment chair, probablement du fait des mécanismes de bioaccumulation et de transfert du Cuivre évoqués plus haut.

Echantillon	Effectif	Groupes		
Anterne Cu C	6	A		
Pormenaz Cu C	6	A	B	
Bon nant Cu C	9	A	B	
La puya Cu C	10	A	B	
Borne amt Cu C	5	A	B	
F. Reignier aval Cu C	5	A	B	
Menoge amt Cu C	5	A	B	
F. Reignier amt Cu C	5		B	C
Arve aval Cu C	11			C
Arve Sallanches Cu C	9			C

Tableau 21 : Regroupement statistique des échantillons pour les concentrations en Cu dans la chair (comparaison multiple par paires suivant la procédure de Dunn (test bilatéral)).

Echantillon	Effectif	Groupes		
Pormenaz Cu V	6	A		
Anterne Cu V	6	A		
La puya Cu V	10	A		
Bon nant Cu V	9	A	B	
F. Reignier amt Cu V	5		B	C
Borne amt Cu V	5		B	C
Arve Sallanches Cu V	9			C
F. Reignier aval Cu V	5			C
Arve aval Cu V	11			C
Menoge amt Cu V	5			C

Tableau 22 : Regroupement statistique des échantillons pour les concentrations en Cu dans les viscères (comparaison multiple par paires suivant la procédure de Dunn (test bilatéral)).

Toujours est-il que Pormenaz, La Puya, et Anterne se situent dans la gamme de valeurs basses du département, que ce soit dans la chair ou dans les viscères. Ce constat peut s'expliquer par une origine naturelle possible du Cuivre, couplée à un éventuel « bruit de fond » d'origine anthropique, du aux retombées atmosphériques en ce qui concerne les lacs de montagne.

☞ **Mercur**e

De tous les poissons analysés au cours de cette étude, mais également lors d'études précédentes (Caudron, 2006 ; Vigier, 2009), seul un individu issu du lac d'Anterne présente une concentration en mercure dans les viscères supérieure au seuil de détection (<100 µg/kg pf). Ce seul individu ne permet pas de statuer sur une éventuelle contamination, le mercure détecté pouvant être d'origine naturelle, notamment du fait de la faible concentration détectée et du fait qu'un seul poisson soit concerné.

↳ *Nickel*

Pour les trois lots analysés, les concentrations en Nickel se limitent à de simples traces : seuls deux individus présentent des concentrations supérieures au seuil de détection (< 200 µg/kg pf) sur chacun des deux lac (1 dans la chair et 1 dans les viscères), tandis qu'aucun poissons ne dépasse le seuil de détection sur le lot issu de la pisciculture de la Puya.

- Comparaison avec les autres sites :

Le test de Kruskal-wallis met en évidence l'absence de différence significative au sein de l'ensemble des échantillons étudiés en ce qui concerne les concentrations dans la chair (p value= 0.327, alpha= 0.05), la plupart des individus analysés présentant des concentrations inférieures au seuil de détection.

En revanche, il semble qu'il existe une différence significative entre les différents lots pour la teneur en Nickel dans les viscères (p value=0.003, alpha= 0.05). Les trois échantillons analysés dans le cadre de cette étude se positionnent parmi les plus faibles valeurs moyennes, ce qui correspond probablement à un bruit de fond lié aux retombées atmosphériques (combustion charbon, fuel, incinérateurs).

Echantillon	Effectif	Groupes			
Pormenaz Ni V	6	A			
F. Reignier aval Ni V	5	A			
La puya Ni V	10	A			
Anterne Ni V	6	A	B		
Arve aval Ni V	11	A	B	C	
Menoge amt Ni V	5		B	C	D
Bon nant Ni V	9		B	C	D
Arve Sallanches Ni V	9			C	D
Borne amt Ni V	5			C	D
F. Reignier amt Ni V	5				D

Tableau 23 : Regroupement statistique des échantillons pour les concentrations en Ni dans les viscères (comparaison multiple par paires suivant la procédure de Dunn (test bilatéral)).

↳ *Plomb*

Pour les trois lots analysés au cours de cette étude, les concentrations en Plomb sont systématiquement inférieures au seuil de détection dans le compartiment chair, ainsi que dans les viscères des poissons de La Puya. Dans les viscères des poissons d'Anterne et de Pormenaz, les concentrations fluctuent entre le seuil de détection (<50 µg/kg pf) et respectivement 70 et 120 µg/kg pf. Ces valeurs correspondent à de simples traces et ne traduisent pas de contamination particulières.

- Comparaison avec les autres sites :

Le test de Kruskal-wallis met en évidence l'absence de différence significative au sein de l'ensemble des échantillons étudiés en ce qui concerne les concentrations dans la chair (p value= 0.649, alpha= 0.05), la quasi totalité des individus analysés présentant des concentrations inférieures au seuil de détection.

En revanche, il semble qu'il existe une différence significative entre les différents lots pour la teneur en Plomb dans les viscères (p value<0.0001, alpha= 0.05). Les trois échantillons analysés dans le cadre de cette étude se positionnent encore une fois parmi les

plus faibles valeurs moyennes, ce qui correspond probablement à un bruit de fond lié aux retombées atmosphériques (Arnaud, 2003). En outre, la présence de plomb dans les sédiments du lac d'Anterne liée à l'exploitation de filon argentifères à l'époque romaine avait été mise en évidence par ce même auteur (Arnaud, 2003), et peut également expliquer en partie les traces retrouvées dans les viscères des poissons de ce lac.

Echantillon	Effectif	Groupes			
La puya Pb V	10	A			
F. Reignier aval Pb V	5	A			
Anterne Pb V	6	A	B		
Pormenaz Pb V	6	A	B		
Arve aval Pb V	11		B	C	
Borne amt Pb V	5		B	C	D
Bon nant Pb V	9			C	D
Menoge amt Pb V	5			C	D
F. Reignier amt Pb V	5			C	D
Arve Sallanches Pb V	9				D

Tableau 24 : Regroupement statistique des échantillons pour les concentrations en Pb dans les viscères (comparaison multiple par paires suivant la procédure de Dunn (test bilatéral)).

☞ **Zinc**

Pour les trois lots analysés au cours de cette étude, les concentrations en Zinc sont systématiquement supérieures au seuil de détection, et ce aussi bien dans la chair que dans les viscères. De plus, les valeurs moyennes des concentrations sont systématiquement plus élevée dans les viscères : 65100, 69767 et 55310 $\mu\text{g/kg pf}$ pour Anterne, Pormenaz et La Puya, tandis qu'elles sont respectivement de 14697, 11157 et 14930 $\mu\text{g/kg pf}$ dans la chair. Ce constat est probablement lié aux modalités de bioaccumulation du Zinc, qui s'effectue principalement dans les viscères, seule une fraction passant dans le sang et dans la chair des poissons.

- Comparaison avec les autres sites :

L'analyse statistique de l'ensemble des lots analysés en Haute-Savoie met en évidence une différence significative entre eux, aussi bien en ce qui concerne la teneur en Cadmium dans les viscères (Kruskal-wallis, $p \text{ value} < 0.0001$, $\alpha = 0.05$) que dans la chair (Kruskal-wallis, $p \text{ value} = 0.013$, $\alpha = 0.05$).

La comparaison multiple par paires suivant la procédure de Dunn (test bilatéral) révèle une situation moins contrastée pour le compartiment chair, comme constaté précédemment pour le cuivre, probablement du fait des mécanismes de bioaccumulation. De fait, si Pormenaz se situent parmi les plus faibles moyennes observées, les lots d'Anterne et de La Puya figurent parmi les valeurs moyennes à fortes.

Pour les concentrations dans les viscères en revanche, les trois lots des sites objet de l'étude sont ceux qui présentent les plus faibles valeurs moyennes de concentration en Zinc.

Ces observations vont dans le sens de l'hypothèse d'une contamination globale liée aux retombées atmosphériques, émises en 2006 par Arnaud Caudron dans le cadre des analyses effectuées sur le bassin versant de l'Arve (Caudron, 2006).

Echantillon	Effectif	Groupes		
F. Reignier aval Zn C	5	A		
Bon nant Zn C	9	A		
Pormenaz Zn C	6	A		
F. Reignier amt Zn C	5	A	B	
Borne amt Zn C	5	A	B	
Arve aval Zn C	11	A	B	
Anterne Zn C	6	A	B	C
Arve Sallanches Zn C	9	A	B	C
La puya Zn C	10		B	C
Menoge amt Zn C	5			C

Tableau 25 : Regroupement statistique des échantillons pour les concentrations en Zn dans la chair (comparaison multiple par paires suivant la procédure de Dunn (test bilatéral)).

Echantillon	Effectif	Groupes			
La puya Zn V	10	A			
Anterne Zn V	6	A	B		
Pormenaz Zn V	6	A	B		
Bon nant Zn V	9	A	B		
F. Reignier amt Zn V	5	A	B	C	
Borne amt Zn V	5	A	B	C	D
F. Reignier aval Zn V	5		B	C	D
Menoge amt Zn V	5		B	C	D
Arve Sallanches Zn V	9			C	D
Arve aval Zn V	11				D

Tableau 26 : Regroupement statistique des échantillons pour les concentrations en Zn dans les viscères (comparaison multiple par paires suivant la procédure de Dunn (test bilatéral)).

➤ Comestibilité des poissons sur les secteurs échantillonnés

La quantité de poissons à ingérer pour atteindre les doses journalières admissibles selon les valeurs fournies par l'INERIS (2005) et l'OMS (2002), est calculée sur la base de la concentration moyenne obtenue sur l'ensemble des individus échantillonnés sur les lacs d'Anterne et de Pormenaz (Cf tableau 27).

Il apparaît que les doses journalières admissibles pourraient difficilement être atteinte sur les deux lacs. En effet, il faudrait, pour un individu de 65 Kg, consommer 800g de chair de poisson du lac de Pormenaz pour atteindre la DJA en Chrome (la plus pénalisante sur ce lac), et, de la même manière sur Anterne, 1.3 Kg de chair pour atteindre la DJA en Zinc. Ces chiffres correspondraient, au vu de la masse des poissons maillés observée lors de cette étude, à la consommation d'une dizaine d'ombles ou de truites par jour.

Secteur	Dose Journalière Admissible (INERIS, 2005) (µg/Kg/J)							Quantité moyenne présente dans la chair des poissons (µg/kg/PF)							Quantité nécessaire de chair pour atteindre la DJA pour une pers. de 65 kg (kg)						
	Cadmium	Chrome	Cuivre	Mercure	Nickel	Plomb	Zinc	Cadmium	Chrome	Cuivre	Mercure	Nickel	Plomb	Zinc	Cadmium	Chrome	Cuivre	Mercure	Nickel	Plomb	Zinc
Bon Nant								16	722	282	0	561	8	10827	2,1	0,3	32,2		0,6	29,3	1,8
Anterne	0,5	3	140	0,3	5	3,5	300	10	72	150	0	65	0	14697	3,3	2,7	60,7		5,0		1,3
Pormenaz								0	243	330	0	187	0	11157		0,8	27,6		1,7		1,7
La puya								0	0	360	0	0	0	14930			25,3				1,3
Arve aval								0	308	904	0	0	0	12282		0,6	10,1				1,6
Arve Sallanches								0	116	868	0	0	0	12611		1,7	10,5				1,5
F. Reignier amt								0	0	560	0	0	0	11520			16,3				1,7
F. Reignier aval								0	0	448	0	0	0	10200			20,3				1,9
Menoge amt								0	0	474	0	0	0	15900			19,2				1,2
Borne amt	32,5	195	9100	19,5	325	227,5	19500	0	0	364	0	0	0	12260			25,0				1,6

Tableau 27: Quantité de poissons à ingérer pour atteindre les doses journalières admissibles selon les valeurs fournies par l'INERIS (2005) et l'OMS (2002) sur l'ensemble des secteurs analysés en Haute-Savoie.

IV-2 Contamination par les PCB :

➤ Résultats globaux

Des traces de PCB ont été retrouvées dans tous les poissons analysés, que ce soit sur Anterne ou sur Pormenaz (Cf figure 17). Les concentrations sont systématiquement plus élevées dans les viscères, ce qui est probablement lié à la bioaccumulation préférentielle des PCB dans les graisses. Cependant, les concentrations retrouvées restent toutes en deçà de la valeur seuil de 8 pg/gPF TEQ. De plus, tous les individus analysés présentent des concentrations dans la chair inférieures à 1,5 pg/gPF TEQ. On peut donc exclure tout risque sanitaire en cas de consommation de poissons de ces deux lacs.

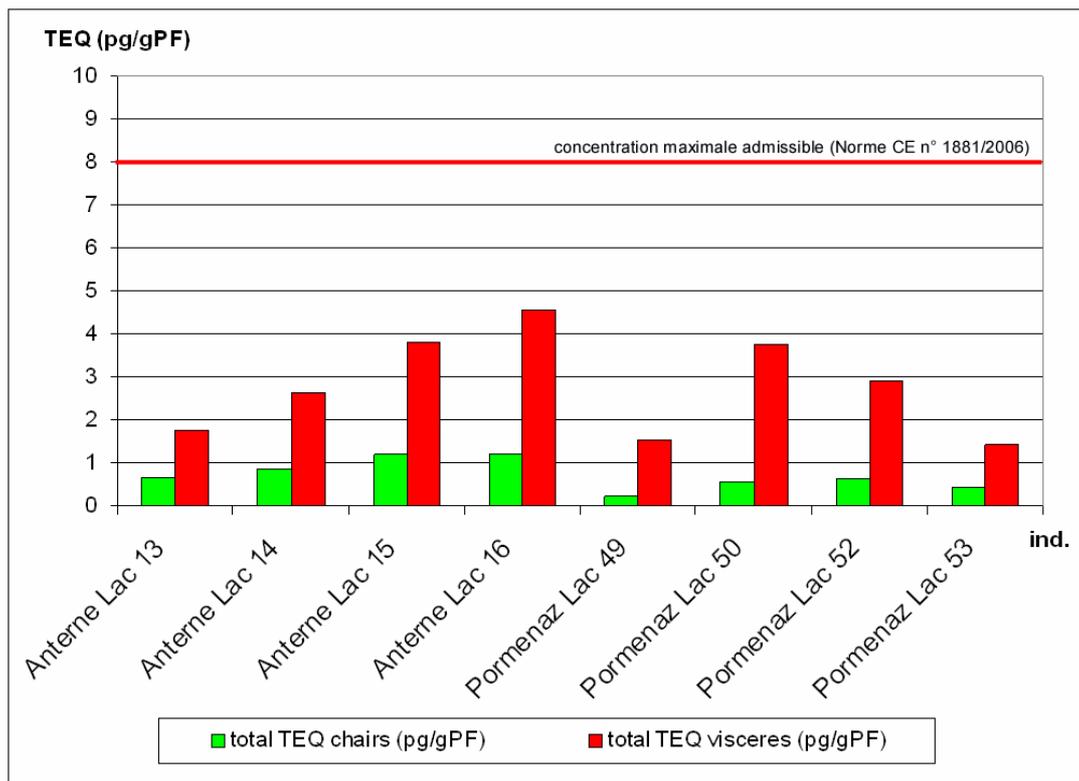


Figure 17 : Copncnetration en PCB (TEQ pg/gPF) dans la chair et les viscères des poissons des lacs d'Anterne et de Pormenaz

➤ Comparaisons avec les ombles des grands lacs alpins

L'analyse statistique n'a porté que sur les valeurs de concentrations dans la chair, seul ce compartiment ayant fait l'objet d'analyse dans les trois grands lacs alpins (Bourget (CISALB, 2008), Annecy (SILA, 2007 ; DDSV74, 2008) et Léman (CIPEL, 2007 ; DDSV74, 2008)). De plus, la comparaison n'a été faite qu'avec ces trois sites afin de ne comparer que des concentrations en PCB pour l'omble (les résultats disponibles sur d'autres sites concernant d'autres espèces).

Il existe des différences significatives au sein des cinq sites analysés (Kruskal-walllis, p value <0.0001, alpha= 0.05). La comparaison multiple par paires suivant la procédure de Dunn (test bilatéral) distingue clairement le lac du Bourget, assez fortement contaminé des autres sites (Cf tableau). Si Anterne et Pormenaz, les sites les moins contaminés, présentent

des différences significatives claires avec le Bourget et le Léman, ils n'en présentent pas avec le lac d'Annecy. Ce constat est du au fait que sur ce dernier, bien qu'un individu dépassant le seuil de 8 pg/gPF TEQ ait été trouvé, la valeur moyenne des concentration en équivalent dioxine demeure à un niveau relativement faible en comparaison avec les deux autres grands lacs alpins.

Echantillon	Groupes		
Lac Pormenaz TEQ C	A		
Lac Anterne TEQ C	A		
Lac d'Annecy TEQ C	A	B	
Lac Léman TEQ C		B	
Lac du Bourget TEQ C			C

Tableau 28 : Regroupement statistique des échantillons pour les concentrations en PCB (TEQ) dans les viscères (comparaison multiple par paires suivant la procédure de Dunn (test bilatéral)).

IV-3 Bilan sur les contaminations toxiques :

De manière globale, les deux lacs de montagne étudiés présentent des concentrations en toxiques dans la chair et les viscères des poissons se positionnant dans la gamme basse des valeurs moyennes constatées dans le département, et correspondant à un bruit de fond constaté sur les sites les moins pollués (concentrations ubiquitaires).

Cependant, il existe une exception à ce constat concernant le Cadmium, pour lequel Anterne et Pormenaz présentent des valeurs moyennes de concentrations figurant parmi les plus fortes de tous les sites sur lesquels nous possédons des données. L'hypothèse d'une contamination des poissons lors de la première phase de leur vie en pisciculture peut être écartée, puisque pour cet élément, comme d'ailleurs pour tous les autres analysés au cours de cette étude, les poissons issus du stock de la Puya présentent des concentrations inférieures ou égales à celle des poissons des lacs.

De plus, on note également la présence de PCB, en faible quantité, dans les poissons de ces deux lacs de montagnes. L'origine naturelle des ces deux composés (Cd et PCB) étant plus qu'improbable, il apparaît que, bien que situés à 2000 m d'altitude, et bien que les bassins versants de ces plans d'eau soit dépourvus de sources de contaminations directe, puisque composés d'alpages de pierriers et de névés, ces milieux ne sont pas exempt de contamination toxique. La seule origine possible et vraisemblable de cette contamination est un apport par les retombées atmosphériques (pluie, neige).

De fait, il apparaît au vu des résultats de cette étude, que la contamination par les toxiques est aujourd'hui globale, et qu'aussi préservés que peuvent paraître les milieux, aucun n'est exempt d'une contamination correspondant à un bruit de fond lié à des activités anthropiques pourtant absentes du bassin versant. Si dans le cas des lacs d'Anterne et de Pormenaz, cette contamination ne pose aucun problème sanitaire du fait de sa faible intensité, sa simple présence soulève des interrogations du point de vue environnemental, d'autant plus que les effets des composés incriminés sur la faune sauvage restent encore peu connus.

V- Les autres lacs d'altitude du Faucigny :

V-1 Présentation des lacs :

On dénombre six autres lacs situés au dessus de 1500m d'altitude sur le territoire du Faucigny : les lacs du Brévent, Cornu, de Gers, Jovet, de Lessy et Vernant. Trois d'entre eux sont situés au sein d'une réserve naturelle : le Brévent et le Cornu dans la réserve des aiguilles rouges, le grand lac Jovet dans celle des Contamines-Montjoie

Ces lacs n'ont pas fait l'objet de pêches en 2007, à la différence d'Anterne et de Pormenaz. Cependant, une synthèse bibliographique des connaissances acquises sur ces milieux a été réalisée (Cf tableau 29), ainsi qu'un bilan qualitatif et quantitatif des pratiques d'alevinage de 1990 à 2006 (Cf annexe 2). En plus des informations synthétisées dans le tableau , il faut signaler la présence d'une population fonctionnelle d'ombles chevaliers issue d'alevinages passés dans le grand lac Jovet. Cependant, les ombles du lac Jovet font également montre de la stratégie adaptative décrite dans la littérature (Johnson, 1987 ; Machino, 1991 ; Rivier, 1996) et visant à privilégier la survie sur la croissance. Il en résulte un important phénomène de nanisme leur enlevant tout intérêt halieutique.

Paramètre	détail	Unité	Brévent	Cornu	Gers	Grand Jovet	Lessy	Vernant
Situation plan d'eau	Commune X émissaire Y émissaire		Chamonix Mont-Blanc 947 996,8 2 113 235,4	Chamonix Mont-Blanc 949 417,4 2 116 328,9	Samoens 939 961,5 2 123 759,5	Les Contamines-Montjoie 941 557,3 2 093 557,3	Le Petit-Bornand les Glières 917 661,3 2 118 054,0	Arraches 937 573,0 2 123 052,0
Caractéristiques bassin versant	superficie altitude maximale point culminant orientation bassin géologie globale occupation sol usages	Ha m	21,8 2293 Grand Balcon N.E - S.O roches métamorphiques dominance minérale pastoral (ovin et caprin)	89 2561 Aiguille Pourrie E.N.E - O.S.O roches métamorphiques dominance minérale -	54 2385 Les Verdets S.S.O - N.N.E grès pelouses, pierriers, falaises pastoral et ski	71,2 3196 Mont Tondu N.E - S.O roches métamorphiques dominance minérale -	114,9 2408 Pic de Jallouvre N.N.E - S.S.O calcaire pelouses, pierriers, falaises	114,8 2218 Les Grands Vans E - O grès pelouse alpines pastoral et ski
Caractéristiques globales plan d'eau	altitude profondeur maximale superficie totale périmètre afférence efférence trophie sédimentologie vitesse sédimentation	m m Ha m	2127 20,4 2,4 791 diffuse Ravin du Brévent oligotrophe dominance matière amorphe 1,07 mm/an	2276 22 5,3 1675 diffuse Torrent du lac Cornu oligotrophe dominance matière amorphe 0,672 mm/an	1533 3,5 7,3 980 diffuse Torrent de Gers mésotrophe - -	2174 12 7,5 1196 Bonnant Bon nant oligotrophe vase minérale -	1733 5 7,5 1194 diffuse perte sous-lacustre - -	1831 9 3 615 diffuse Torrent de l'épine - -
Gestion piscicole	Espèce alevinées		TRF, TAC, OBL jusqu'en 2007	TRF, TAC, OBL, ALY jusqu'en 2007	TRF, TAC jusqu'en 2007	TRF jusqu'en 1997, TAC depuis 1991	SDF depuis 2007	TRF, TAC, OBL, ALY jusqu'en 2007
Observations			Usage pastoral (ovins) Risque d'évolution à la mésotrophie (Winiarky, 2000)	Lac acide	Pollution (NH4, PO4) liée à la fréquentation par les bovins (CSP, 1998)	Lac très faiblement minéralisé		

Tableau 29 : Principales caractéristiques des autres lacs de montagne piscicoles du Faucigny (CSP, 1992 ; Winiarski, 2000 ; Jochenbeim, 2002 ; Lazzaroto, 2007)

V-2 Propositions de gestion :

Il apparaît, au vu des chroniques d'alevinage et des témoignages des pêcheurs, que ces lacs hébergent également des peuplements piscicoles plurispécifiques. De fait, comme pour Anterne et Pormenaz, et afin d'homogénéiser la gestion des lacs d'altitude du Faucigny, il conviendra d'appliquer sur chacun d'entre eux, dans la mesure des connaissances disponibles, un plan de gestion établi sur les bases énoncées dans la littérature (Rivier, 1996 ; Cavalli, 1997) : mise en place d'une gestion monospécifique, avec une charge en alevins de 500 ind./Ha, et à partir d'une espèce répondant à plusieurs critères :

- Elle doit être adaptée aux caractéristiques physiques et mésologiques du lac
- L'approvisionnement durable en alevins doit être sur
- Elle doit satisfaire à l'halieutisme (image de l'espèce, taille des poissons)
- Sa biologie doit être connue

➤ Lac du Brévent

Sur ce lac, le même constat est fait que sur Pormenaz de la part des pêcheurs, à savoir une pêche satisfaisante de truites fario, aussi bien en terme de nombre qu'en terme de taille de capture. Il semble donc intéressant d'utiliser cette espèce pour la gestion monospécifique du lac du Brévent.

➤ Lac Cornu

Il s'agit du lac piscicole le plus haut du département. Il semble, au vu des résultats des pêcheurs le fréquentant, qu'aucune des espèces introduites jusqu'à maintenant, *id est* la truite fario, la truite arc-en-ciel et l'omble chevalier, ne soit parvenu à s'implanter et à satisfaire aux objectifs halieutiques de la gestion du lac. Ce constat est probablement dû aux caractéristiques générales de ce dernier (oligotrophie, ratio surface/profondeur, temps de prise en glace). L'espèce qui semble le mieux convenir à ce plan d'eau, et qui n'a jamais été utilisée jusqu'à présent par les gestionnaires, est le cristivomer (*Salvelinus namaycush*). En effet, ce poisson est décrit dans la littérature comme étant particulièrement bien adaptée aux lacs les plus oligotrophes et de profondeur importante, du fait notamment de son régime alimentaire (Wales, 1946 ; Nilsson & Svårdson, 1968 *in* Rivier, 1996 ; Cavalli, 1997). De plus, en terme d'halieutisme et de développement touristique, cette espèce bénéficie d'une excellente image auprès des pêcheurs. La gestion piscicole du lac pourra donc être orientée vers un alevinage monospécifique en cristivomer sur le lac Cornu.

➤ Lac de Gers

Les alevinages pratiqués sur le lac de Gers ont été plutôt sporadiques depuis 2001 (Cf annexe 2). En outre, ils visaient à mettre en place un peuplement plurispécifique (truites fario et arc-en-ciel). Par ailleurs, il semble que le lac subisse une pollution minérale (NH₄, PO₄) liée à la présence de bovins sur le bassin et venant s'abreuver directement dans le lac. Cette surcharge nutritive provoque des désoxygénations des zones profondes du lac (CSP, 1992), ce qui tend à diminuer son hospitalité vis-à-vis de la faune piscicole. Du fait de ces dysfonctionnements, il semble judicieux dans le cadre de la gestion de ce plan d'eau d'utiliser une espèce relativement robuste, et capable de coloniser indifféremment toutes les zones favorables du lac : l'espèce correspondant le plus à cette description est le saumon de fontaine (*Salvelinus fontinalis*).

➤ Grand lac Jovet

Sur ce lac, le principal problème de gestion piscicole est lié à la présence d'une population fonctionnelle d'ombles chevaliers ayant tendance au nanisme. L'attrait du lac vis-à-vis des pêcheurs se trouve fortement grevé par l'omniprésence au sein des captures de petits ombles peu intéressants en terme d'halieutisme. De plus, les autres espèces introduites (TRF, TAC) subissent une forte pression de compétition de la part de cette population d'ombles bien implantée, et ne parviennent pas à s'installer de manière durable et satisfaisante, ni à prendre le dessus sur les ombles chevaliers. Afin de rendre son attrait à ce lac, il semblera judicieux d'utiliser une espèce capable de s'implanter au dépend des ombles et de satisfaire les pêcheurs : le cristivomer est à même de répondre à ce double objectif, du fait de son caractère ichtyophage et de sa bonne image auprès des pêcheurs.

➤ Lac de Lessy

Sur le lac de Lessy, la gestion piscicole a débuté en 2007. En effet le lac subissait auparavant d'importants marnages liés à des fuites au niveau de failles dans son socle, créant une situation peu propice à l'installation d'une population de poisson et à la pratique de la pêche. Ces fuites ayant été jugulées, un empoissonnement annuel en saumon de fontaine a été mis en place. Il conviendra simplement de poursuivre cette gestion monospécifique.

➤ Lac de Vernant

Sur le lac de Vernant, on constate également à la lecture des chroniques la pratique d'alevinages plurispécifiques. Afin d'optimiser les résultats de la gestion sur le plan d'eau, il conviendra de mettre en place un alevinage monospécifique. L'espèce qui semble le mieux convenir aux critères pré-établis exposés ci-dessus est le saumon de fontaine, qui devrait s'acclimater facilement au lac et parvenir à supplanter, de par son opportunisme, les individus des espèces précédemment alevinées encore présents dans le lac.

VI- Bilan sur les propositions de gestions et perspectives :

VI-1 Bilan sur les propositions de gestion :

Le tableau 30 synthétise les plans d'alevinage proposés pour les lacs d'altitude du Faucigny pour la période 2009-2013, et basés sur une charge de 500 ind. /Ha.

	Espèce pressentie	Quantité d'alevins
Anterne	saumon de fontaine	5750
Pormenaz	truite fario	2300
Brévent	truite fario	1200
Cornu	cristivomer	2650
Gers	saumon de fontaine	3650
Grand Jovet	cristivomer	3750
Lessy	saumon de fontaine	3750
Vernant	saumon de fontaine	1500

Tableau 30 : Plans d'alevinages des lacs d'altitude du Faucigny (2009-2013)

VI-2 Perspectives :

Les changements de gestion préconisés devront s'accompagner d'un suivi des effets à moyen terme. Pour ce faire, il conviendra :

- De réaliser un premier bilan sur la gestion au bout des 5 premières années (temps d'une génération chez la plupart des espèces à l'exception du cristivomer). Ce bilan portera d'une part sur la satisfaction de l'objectif halieutique (enquête de satisfaction auprès des pêcheurs, carnets de captures volontaires), et d'autre part sur l'évaluation de l'efficacité de la mise en place d'un peuplement piscicole sur des lacs témoins (pêche au filet).
- D'affiner les connaissances générales sur les lacs d'altitude (voir d'acquérir de premières données sur certains plans d'eau), afin de pouvoir optimiser leur gestion au terme des 5 premières années et du bilan qui sera dressé. Une diagnose simplifiée de chacun des lacs sera donc réalisée, sur la base du protocole élaboré par l'ONEMA, Téléos et la FDPMA 38 mis en place en Isère et en Savoie (Téléos & al., 2008).
- Enfin, d'évaluer l'impact réel des poissons introduits sur la faune associée aux systèmes lacustres d'altitude. Pour ce faire, un projet de programme interdépartemental visant à étudier les interactions poissons/amphibiens en lacs de montagne est en train de se monter, en collaboration avec Le Laboratoire d'Ecologie Alpine de Chambéry et les Fédérations de pêche d'Isère et de Savoie.

La figure 18 synthétise sous forme d'échéancier le projet de suivi de la gestion des lacs de montagne du Faucigny.

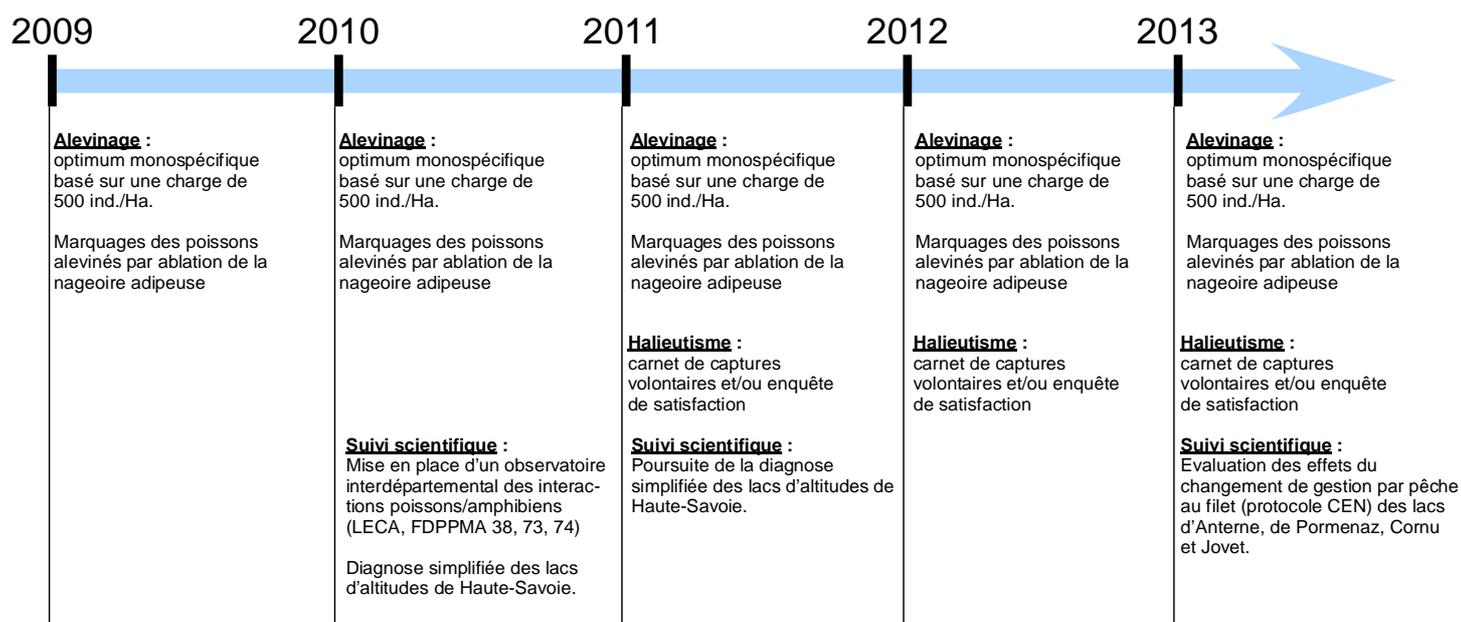


Figure 18 : Echéancier du programme de suivi de la gestion piscicole des lacs de montagnes

BIBLIOGRAPHIE

Agence de l'eau RMC, 2009. Pollution par les PCB. http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/milieux-continentaux/pollution_PCB/index.php

Arnaud F., 2003. Signatures climatique et anthropique dans les sédiments holocènes des lacs du Bourget et d'Anterne (nord-ouest des Alpes). Paléohydrologie et contamination au plomb. Thèse de doctorat, Lille, École doctorale des sciences de la matière du rayonnement et de l'environnement, *Université des Sciences et Techniques de Lille 1*, 196 pages

Balvay G., Blavoux B., 1981. Le grand lac Jovet (Haute-Savoie), milieu oligotrophe de haute montagne. *Revue de Géographie Alpine, Année 1981, Vol. 69, N°3*, 421-442.

Cachéra S., 2005. Métaux et micropolluants organiques dans les eaux et les poissons du lac du Bourget, campagne 2005. Note de synthèse. CISALB, Chambéry.

Casselman, S. J., 2005. Catch-and-release angling: a review with guidelines for proper fish handling practices. *Fish & Wildlife Branch. Ontario Ministry of Natural Resources. Peterborough, Ontario*, 26 p.

Caudron, A. & Champigneulle, A., 2006. Technique de fluoromarquage en masse à grande échelle des otolithes d'alevins vésiculés de truite commune (*Salmo trutta* L.) à l'aide de l'Alizarine red S. *Cybium*, 30, 65-72.

Caudron, A., 2006. Première évaluation de la contamination par les métaux lourds chez la truite commune (*Salmo trutta*) sur le bassin de l'Arve. *Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique*, rapport FDP74.06/03, 11p.

Cavalli L., 1997, Biologie des populations de salmonidés des lacs de haute altitude du Parc National des Ecrins, alimentation – croissance – reproduction. *Thèse doct. Univ. Provence Aix Marseille*, 209p.

CSP DR5, 1992. Echantillonnage piscicole du lac de Gers. *Rapport d'étude*, 4p + annexe.

CSP DR5, FDPPMA 38, Université de Franche-comté., 2005, Diagnose écologique simplifiée des lacs de Crop e du rand Doménon (massif de Belledone) – Comparaison avec les lacs Crozets, du Lou (73) et de Flaine (74). *Rapport CSP/DR 5/FDPPMA 38*, 34p + annexes.

INERIS, 2005. Fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. http://www.ineris.fr/index.php?module=cms&action=getContent&id_heading_object=3.

Jochenbeim L., 2002. Atlas des lacs des réserves naturelles de Haute-Savoie. *ASTERS*.

Lazzaroto J., 2007. L'évolution physico-chimique de cinq lacs d'altitude des réserves naturelles de Haute-Savoie depuis 1998. *ASTERS*, 24p + annexe.

Levins, R., 1968. Evolution in Changing Environments, *Princeton University Press*, 132p.

Machino Y., 1991. Répartition géographique de l'Ombre chevalier (Poisson, Salmonidae, *Salvelinus alpinus*) en France. *Rapport présenté pour l'obtention du diplôme supérieur de Recherches. Université Joseph FOURIER, Grenoble I*, 438p.

Ombredane D. et Richard A., 1990. Détermination de la zone optimale de prélèvement d'écaillés chez les smolts de truite de mer (*Salmo trutta* L.). *Bull. Fr. Pêche Pisc.*, 319, 224-238.

Rivier B., 1996. Lacs de haute altitude : méthodes d'échantillonnage ichtyologique, gestion piscicole. *Collection Etudes du CEMAGREF, série gestion des milieux aquatiques, Cemagref éditions*, 122p.

Téléos, ONEMA, FDPPMA 38, 2008. Synthèse des études de 5 lacs du massif de Belledonne en Isère - Essai de typologie fonctionnelle - Fondements pour la gestion piscicole. *Rapport d'étude Téléos/ONEMA/FDPPMA 38*, 32p.

Veysseyre A., Moutard K., Ferrari C. Van de velde K., Barbante C., Cozzi G., Capodaglio G. Boutron C., 2001. Heavy metals in fresh snow collected at different altitudes in the Chamonix and Maurienne valleys, French Alps: initial results. *Atmospheric environment*, 35, 415-425.

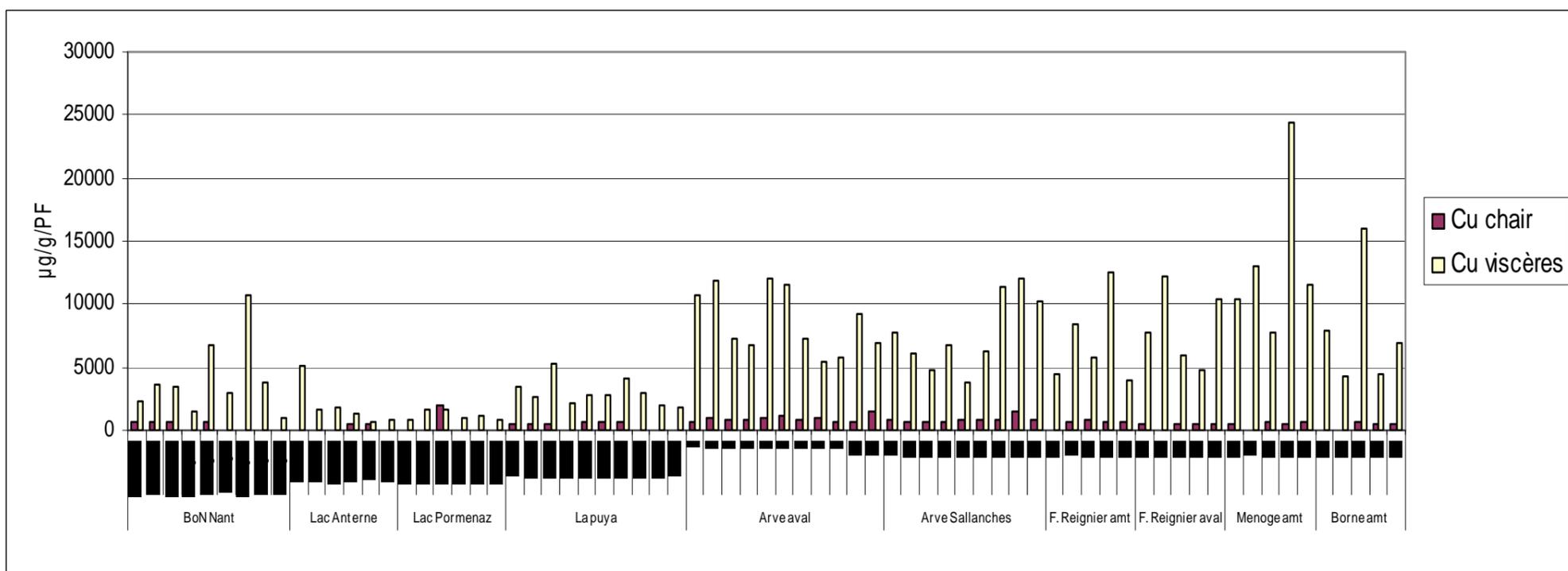
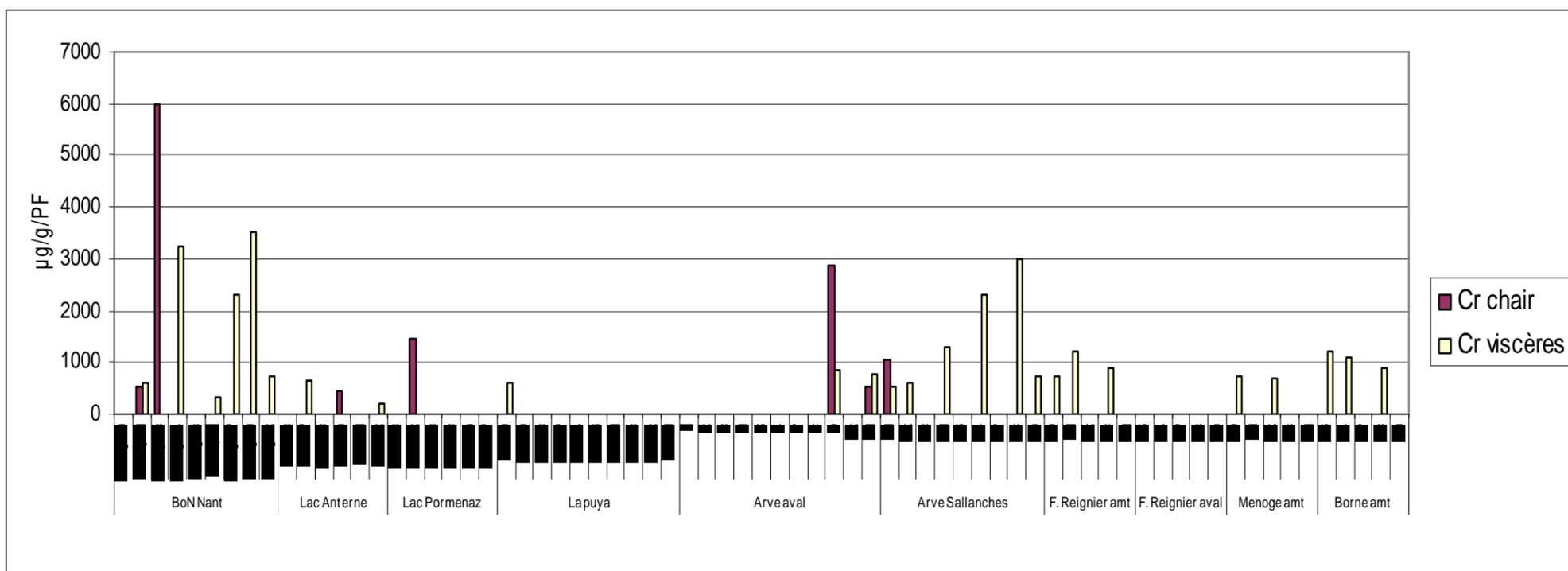
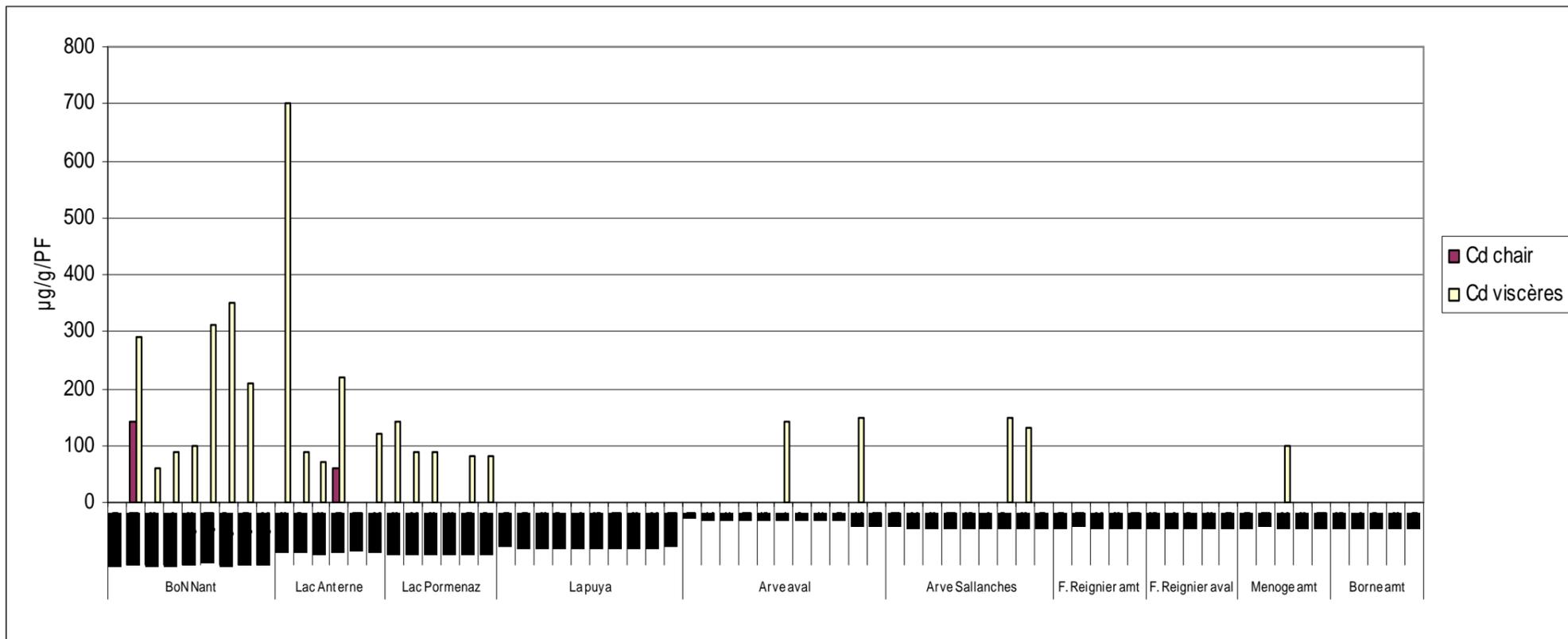
Vigier L., 2009. Diagnostic de la qualité du milieu aquatique et des peuplements piscicoles sur le bassin versant du Bon Nant. *Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique*, Rapport FDP74.09/04, 78p + annexes.

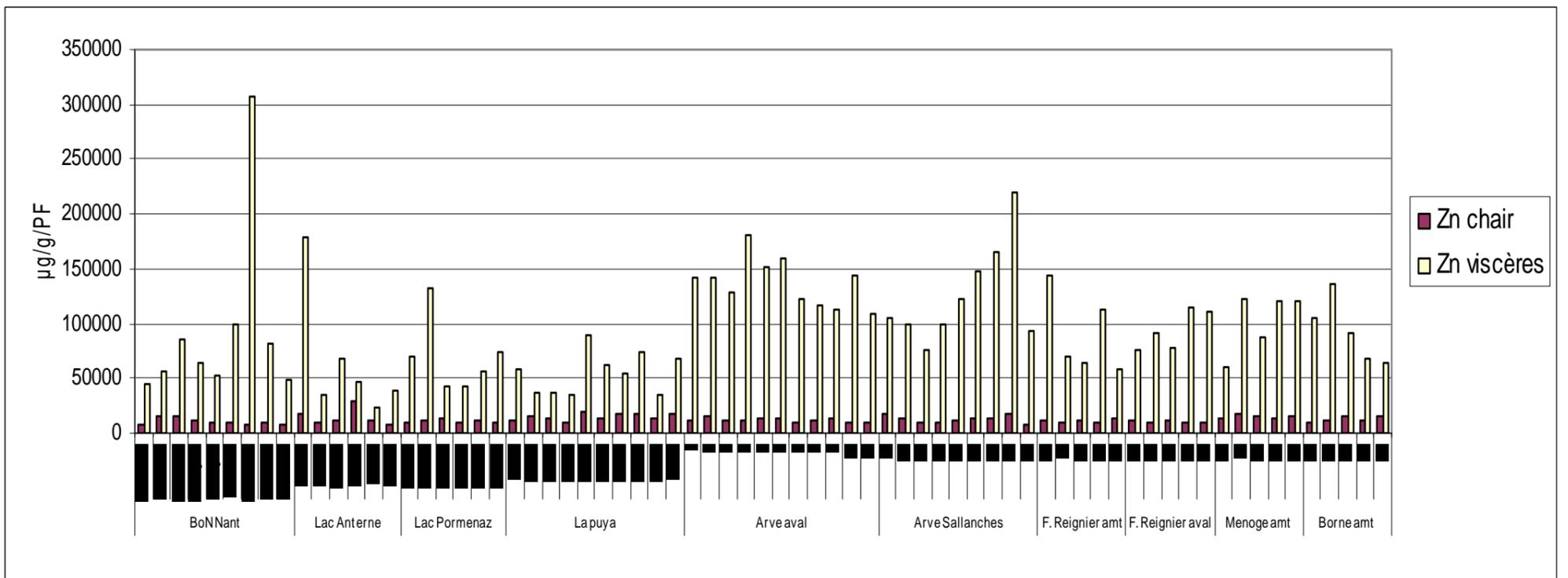
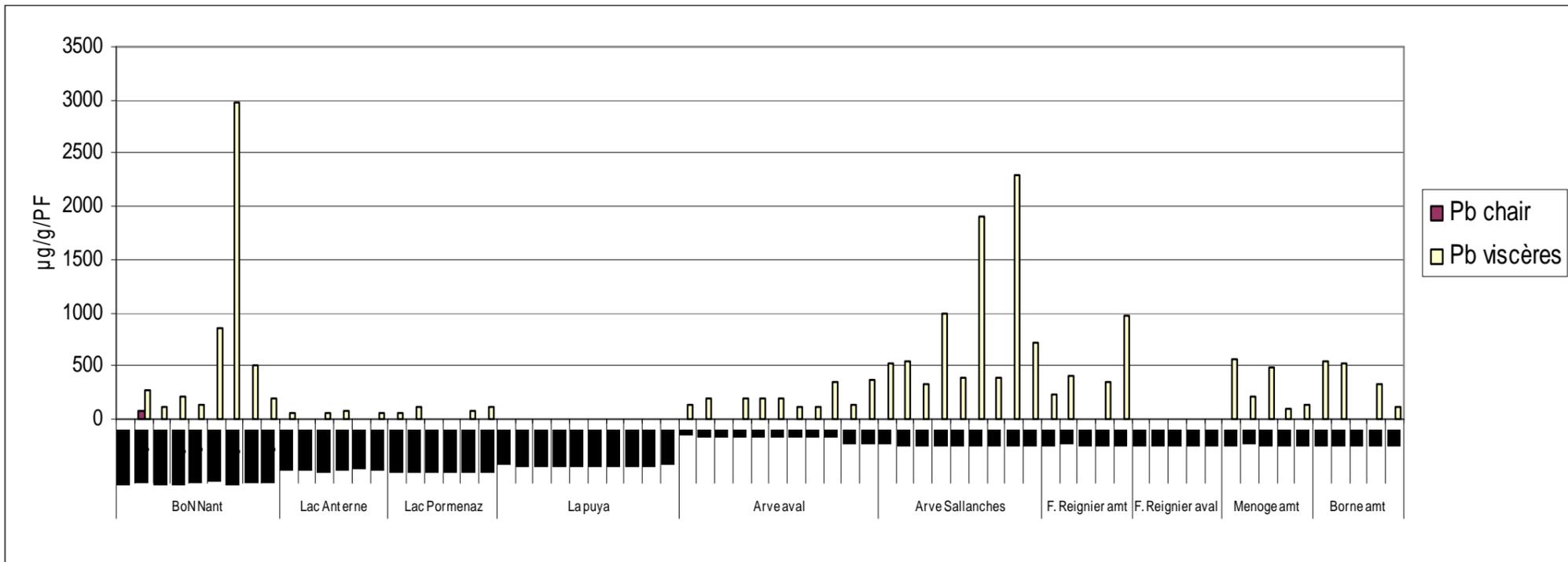
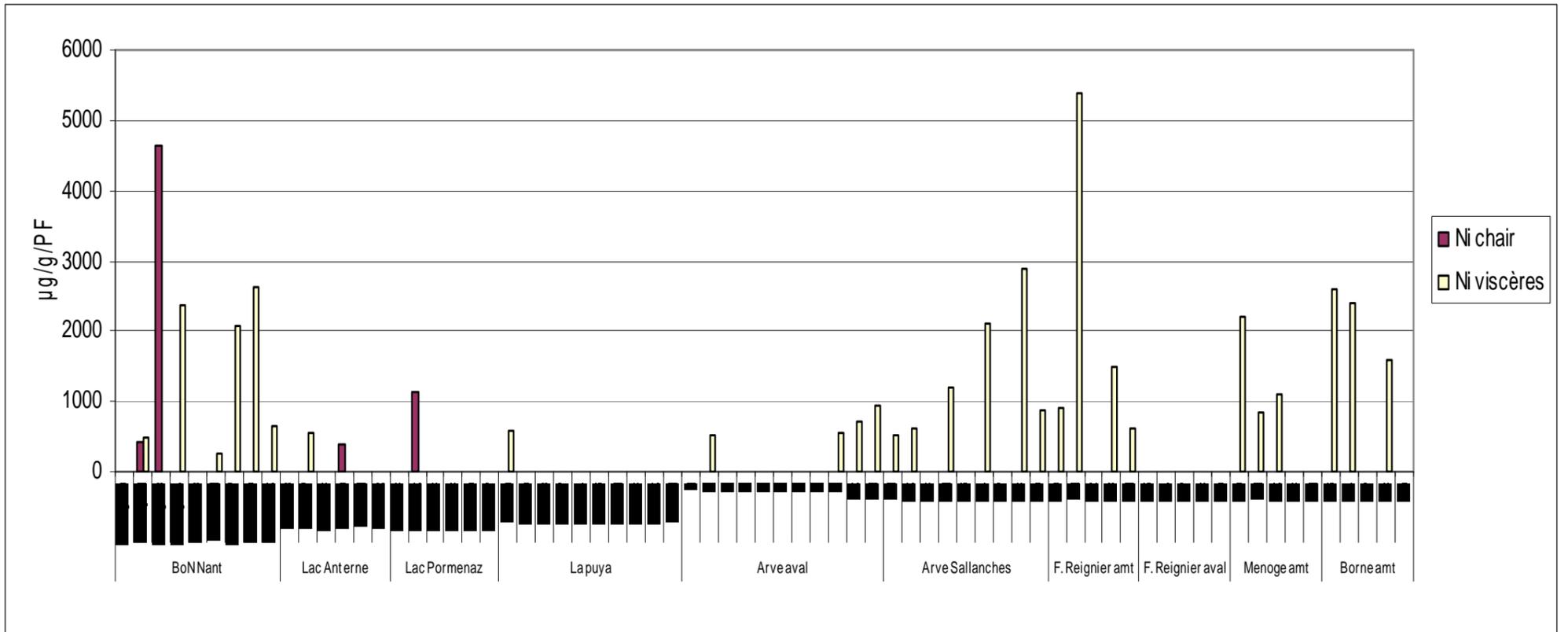
Winiarski T., 2000. Les lacs montagnards : indicateurs de la qualité du milieu. Application aux lacs d'altitude des réserves naturelles de Haute-Savoie. *Revue de Géographie Alpine, Année 2000, Vol. 88, N°3*, 9-22.

ANNEXES

ANNEXE 1

Résultats des recherches de métaux lourds dans la chair et les viscères des ombles d'Anterne et de Pormenaz. Comparaison avec les résultats obtenus sur les poissons (Caudron, 2006 ; Vigier, 2009) de plusieurs cours d'eau du bassin de l'Arve et de la pisciculture de La Puya.





ANNEXE 2

Bilan sur les alevinages effectués entre 1990 et 2006 sur les lacs de montagnes du Faucigny

