



Département de Haute-Savoie

Echantillonnage du peuplement piscicole du lac d'Annecy

- Application du protocole EN 14757 -

Rapport établi pour le Syndicat Intercommunal du Lac d'Annecy et la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt de Haute-Savoie

Novembre 2007

Délégation régionale Rhône-Alpes
Parc de Parilly - Chemin des Chasseurs 69500 BRON
Tél : 04 72 78 89 40 - fax : 04 78 01 15 08 - @ : dr5@onema.fr

Participants à l'opération :

ONEMA *Délégation régionale Rhône-Alpes*

PARUSSATTI Sandro
RAYMOND Jean-Claude (rapporteur)

Délégation inter-régionale Bourgogne Franche-Comté

MICHEL Michel

Service Départemental de Haute-Savoie

WALTER Jacques
BEAUDUC Hervé
CELLIER Florent
COUTROT Guillaume
DEBRUILLE Claude

Brigade Mobile des Lacs Alpins

AUBRUN Alain
BALDECK Mathieu
GIUSTI Laurent
RENAUDON Frédéric

Sommaire

1 Contexte	4
2 Modalités d'échantillonnage et principes d'interprétation	
2-1 Norme d'échantillonnage EN 14757	4
2-2 Mesures conjointes	4
2-3 Principes d'interprétation	5
3 Résultats	
3-1 Température et oxygénation des eaux du lac	8
3-2 Richesse spécifique actuelle et antérieure	8
3-3 Rendements de pêche en 2007 et évolution depuis 1983	8
3-4 Comparaison avec d'autres lacs prospectés suivant le protocole EN 14757	12
3-5 Distribution spatiale des captures	12
4 Etat de la population de corégone	
4-1 Abondance et distribution spatiale	17
4-2 Distribution des classes de taille	17
4-3 Coefficient de condition des corégones capturés à Annecy	18
4-4 Comparaison de plusieurs populations de corégones exploitées	18
5 Eléments concernant l'omble chevalier	21
6 Bilan des observations et perspectives	
6-1 Synthèse des observations	22
6-2 Hypothèses sur l'abondance du corégone	22
6-3 Mesures conjointes dans le cadre de la présente étude et compléments à fournir	24
6-4 Réflexion critique sur la qualité et la portée des résultats des pêches scientifiques	24
7 Recommandations	25
CONCLUSION	26
Bibliographie	

1 Contexte

Durant l'année 2007, les prises de corégone par les pêcheurs à la ligne du lac d'Annecy ont accusé une baisse notable alors que, dans le même temps, les captures réalisées par les pêcheurs professionnels s'avéraient stables. Comme le suivi de routine des pêcheries ne suffisait pas à expliquer ce phénomène, une commission a été constituée afin de déterminer les mesures complémentaires nécessaires pour mieux en circonscrire les causes puis pour élaborer un plan d'action pour les traiter.

Le groupe de travail ainsi créé comporte les gestionnaires du milieu aquatique que sont l'État, représenté par la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt, les collectivités locales rassemblées au sein du Syndicat Intercommunal du lac d'Annecy et l'A.A.P.P.M.A. Annecy-Lac-Pêche, ainsi que les organismes de conseil techniques et scientifiques que sont l'INRA Thonon-les-Bains et l'ONEMA (service départemental et délégation régionale).

Cette commission a d'abord décidé la mise en place d'une expertise des données halieutiques recueillies dans le cadre du suivi des pêcheries professionnelle et amateur, en tenant compte des mesures de la qualité physico-chimique et biologique de l'eau du lac. En complément à cette démarche, il a été jugé opportun de confier à l'ONEMA la réalisation d'un échantillonnage de la faune piscicole du lac en application de la norme européenne CEN 14757. La présente note rapporte donc les résultats de cette opération d'échantillonnage qui s'est déroulée du 15 au 19 octobre 2007.

2 Modalités d'échantillonnage et principes d'interprétation

2-1 Norme d'échantillonnage EN 14757 – cf. tab 1 -

La stratégie d'échantillonnage est de type aléatoire avec un effort proportionnel aux dimensions du plan d'eau (superficie et profondeur maximale). Les engins sont de 2 types, filets maillant benthiques (30 x 1.5 m, 12 mailles contigues de 5 à 55 mm) de et filets maillant pélagiques (27.5 x 6 m, 11 mailles de 6.25 à 55 mm).

Les filets maillant benthiques sont déployés selon une stratification verticale, à partir de la carte bathymétrique du plan d'eau dans des strates de profondeur prédéterminée (0 à 3, 3 à 6, 6 à 12, 12 à 20, 20 à 35, 35 à 50, 50 à 75 m). Leur emplacement est fixé de façon aléatoire dans chaque strate.

Les filets maillant pélagiques sont disposés au point de plus grande profondeur et prospectent la tranche d'eau, de la surface jusqu'au fond par tranche de 6, 12 ou 18 m selon le nombre d'efforts mis en œuvre.

La superficie totale du lac d'Annecy est de 2 759 ha et sa profondeur maximale atteint 80,6m au niveau de la source du Boubioz. Cependant, cette zone de plus grande profondeur ne représente qu'une infime proportion de la superficie globale du lac (moins de 1%). Comme elle est incluse dans le périmètre de protection du captage d'eau potable de l'agglomération annecienne et que la navigation y est interdite, elle a été exclue de la prospection.

Parallèlement, la plaine lacustre se situe à 64.7m dans le grand lac et 55.2m dans le petit lac. La morphologie du lac d'Annecy incline donc à considérer séparément le petit et le grand lac. Cependant, la norme CEN 14757 ne prévoit une subdivision spatiale des plans d'eau à échantillonner que lorsque la superficie globale de ceux-ci ne dépasse 5000 ha.

Sur Annecy, la norme prévoit la mise en œuvre de 62 à 68 filets benthiques et préconise la prospection de 10 strates pélagiques au moyen d'un effort unitaire de 2 pics multimailles accouplés. De façon à ne pas faire perdurer la durée de l'échantillonnage, celui-ci a été réalisé par 2 équipes coordonnées qui ont tendu chacune 8 filets benthiques par nuit (4 x 2 x 8 = 64) et 1 équipe pour opérer la mise en place de 2 ou 3 efforts pélagiques par nuit.

Strates DCE	Filets bathyques			Filets pelagiques	
	Grand lac	Petit lac	Total	Strates DCE	Grand lac
0-2,9	7	3	10	0-5,9	2
3-5,9	5	5	10	6-11,9	2
6-11,9	5	5	10	12-17,9	2
12-19,9	5	5	10	18-23,9	2
20-34,9	6	4	10	24-29,9	2
35-49,9	6	4	10	30-35,9	2
50-74,9	4		4	36-41,9	2
				42-47,9	2
				48-53,9	2
				54-59,9	2
Nb. filets	38	26	64		20
Surface (m2)	1710	1170	2880		3300
TOTAL (m2)					6180

Tab. 1 description de l'effort de pêche mis en œuvre sur le lac d'Annecy en octobre 2007

2-2 Mesures conjointes

Simultanément au déroulement des opérations de pêche aux filets, le SILA, dans le cadre du suivi normal de la qualité des eaux du lac d'Annecy a réalisé le 16/10/07, deux verticales de mesures physico-chimiques au moyen d'une sonde multiparamètres (INRA Thonon-les-Bains), l'une dans le grand lac et l'autre dans le petit lac. Les données physico-chimiques antérieures seront utilisées dans un deuxième temps, à titre prospectif.

2-3 Principes d'interprétation

Les données acquises durant cette opération sont les premiers résultats de pêches scientifiques depuis 1983. Cette année-là, le CEMAGREF avait prospecté le lac au moyen de filets classiques (araignées, pics...) selon la méthode usuellement employée à cette époque.

La norme d'échantillonnage CEN14757, quand elle est mise en œuvre dans les règles de l'art, est censée fournir des données comparables dans le temps pour un lac donné et dans l'espace entre plusieurs lacs. Cependant, dans le cas du Lac d'Annecy, cette stratégie de prospection comporte des lacunes spatiales. En outre, trois points limitent les possibilités de comparaison avec d'autres lacs:

- 1° Cette norme n'est employée en France que depuis 2003 : peu de lacs ont donc été échantillonnés, au total une quarantaine.
- 2° Seuls 7 de ces 40 plans d'eau abritent du corégone, espèce cible de la présente démarche d'étude.
- 3° Enfin, parmi ces 7 lacs, deux seulement appartiennent à la gamme dimensionnelle du lac d'Annecy : il s'agit du Bourget et d'Aiguebelette.

Dans ce contexte, nous avons choisi d'étendre la comparaison, d'une part, à tous les lacs français prospectés suivant ce protocole et abritant des densités de corégones significatives (ce qui exclut le lac de Barberand, Ain), en incluant donc des plans d'eau de taille plus modeste. D'autre part, nous avons recherché auprès de l'institut suédois FISKERIVERKET des informations complémentaires sur des lacs naturels de gabarit comparable (superficie supérieure à 10 km², profondeur supérieure à 50m) et abritant une abondance notable de corégone.

Cependant, parmi les données qui nous ont été fournies par nos collègues suédois, seul un sous-ensemble très restreint s'est révélé finalement utilisable. En effet, d'une part, 8 lacs sur les 15 renseignés présentent une superficie quasiment double de celle du lac Bourget et sortent donc, à notre avis, de la gamme dimensionnelle à l'intérieur de laquelle des comparaisons sont pertinentes. D'autre part, la plupart des plans d'eau ont été prospectés à l'aide de protocoles différents du standard nordique choisit comme norme CEN, selon des modalités non encore stabilisées, voire à partir d'une prospection spatiale faisant abstraction de la zone pélagique, ce qui pose problème pour l'abondance du corégone.

Le peuplement pisciaire du lac d'Annecy sera donc comparé à celui des lacs d'Aiguebelette, du Bourget, de Chalain, du Grand Maclu et de Pierre-Châtel en ce qui concerne le territoire français et à celui des lacs Navarn (3 campagnes) et Stora Glä en ce qui concerne la Suède. Les caractéristiques générales de ces plans d'eau sont rassemblées dans le tableau 2.

Tab. 2 : Liste et caractéristiques des lacs retenus pour l'évaluation des résultats d'échantillonnage du lac d'Annecy

LAC	Aiguebelette	Annecy	Bourget	Chalain	Grand Maclu	Pierre-Chatel	Stora Gia	Navarn
Departement/pays	73	74	73	39	39	38	Suede	
Type physique	N4	N4	N4	N4	N4	N3	-	-
Altitude m	373	447	232	490	779	925	141	277
Superficie ha	545	2759	4462	230	25	110	3438	1021
Volum Mm3	166	1124	3600				nc	nc
Zmax m	72	65	146	34	26	13	65	52
Temps sejour mois	36	48	84	11				
Remarque	centrale hydroélectrique	régulé	régulé	centrale hydroélectrique			régulé	
Echantillonnage CEN	oct-05	oct-07	oct-05	oct-03	juil-05	août-07	août-07	juil-97 juil-00
Nb. benthiques	58	64	68	40	24	24	64	48
Strates pelagiques	9	10	9	5	4	2	4	0
Surface totale de filets m2	5580	6180	6030	3450	2400	1740	4200	2160

3 Résultats

3-1 Température et oxygénation des eaux du lac (fig. 1)

La température de surface, de l'ordre de 16°C dans les deux bassins, était tout à fait compatible avec l'activité normale des espèces présentes dans le lac d'Annecy. En outre, le plan d'eau est encore nettement stratifié : l'opération de pêche s'est donc déroulée dans les conditions préconisées pour la mise en œuvre de la norme.

Les mesures indiquent que le lac d'Annecy contient de l'oxygène dissous sur toute la colonne d'eau en fin de stratification. Ce pendant, les strates profondes montrent une tendance à la sous-saturation alors qu'une sursaturation est observée au niveau de la thermocline. L'intensité de cette sous-saturation de la strate benthique (juste au-dessus du sédiment) est toutefois difficile à apprécier car les mesures ne sont pas effectuées jusqu'au fond des bassins (60m dans le grand lac et 49 m dans le petit lac).

3-2 Richesse spécifique actuelle et antérieure (tab. 3)

L'échantillon récolté en 2007 compte 11 espèces de poissons et deux espèces d'écrevisses d'origine nord-américaine. Trois espèces signalées régulièrement dans les prises des pêcheurs font défaut: la truite lacustre, la carpe commune, la brème commune. En 1983, ces trois espèces avaient bien été capturées mais inversement, ni le chevesne, ni la vandoise ni le chabot n'avaient été échantillonnés (CEMAGREF, 1984). Cependant, l'échantillon actuel et celui de 1983 sont tous les deux largement dominés par le groupement perche-gardon-corégone.

Le blageon, dont la présence est mentionnée par Kreitmam (1932) et Poulet (*in* Laurent, 1985) ainsi que la brème bordelière (Laurent, 1985), n'ont pas été recapturés de très longue date. Poulet signale également la présence ancienne de l'épinoche et de la loche franche : ces deux espèces n'ont été observées ni en 1983 ni durant notre étude bien que le protocole CEN 14757 le permette puisque plusieurs individus appartenant à cette dernière espèce ont été maillés dans le cas du lac de Montriond (74, ONEMA, 2007).

A contrario, la blennie, a bien été capturée lors des deux opérations de pêche scientifique alors que son introduction serait récente, puisqu'elle aurait été effectuée en 1967 pour Laurent (1985) ou au début des années 1980 selon Keith & Allardi (2001). Quoi qu'il en soit, cette espèce présente un fort intérêt patrimonial : elle est inscrite à l'annexe III de la convention de Berne, et son biotope, tout comme celui de l'omble chevalier, de la vandoise, du brochet et du lavaret est susceptibles d'être protégé (arrêté du 08/12/1988).

Enfin, l'écrevisse exotique *Pacifastacus leniusculus* semble en pleine expansion. Initialement introduite dans le secteur de Talloires, elle est présente aujourd'hui dans l'ensemble du petit lac et tendrait à coloniser le grand lac.

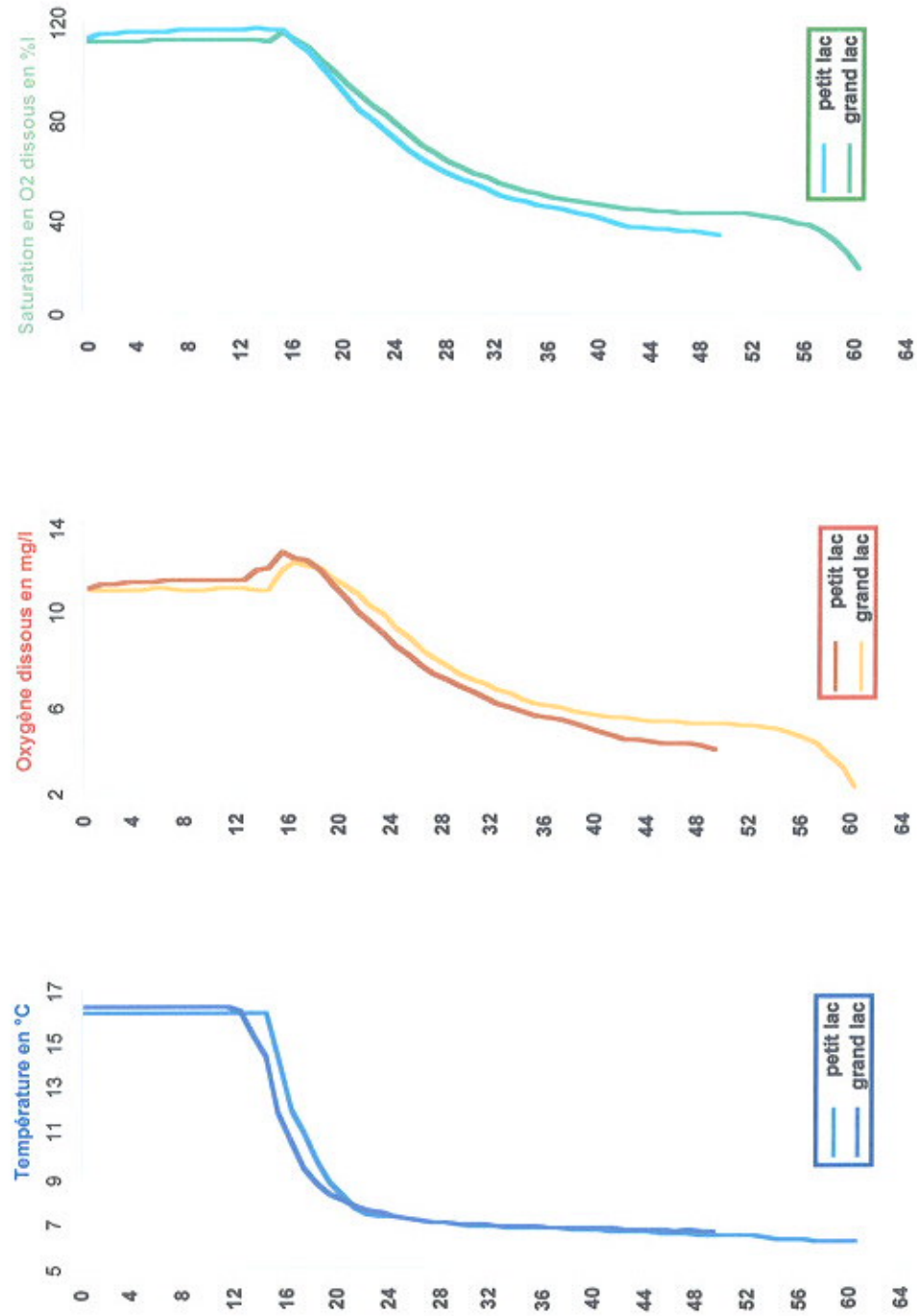
3-3 Rendements de pêche en 2007 et évolution depuis 1983 (tabs. 4 et 5 et ann. 1)

Les rendements de pêches observés en automne 2007 sont moyens au plan numérique (133,7 ind/1000 m²) et bas sur le plan pondéral (7,08 kg/1000 m²). Les rendements de capture observés en 1983, sont inférieurs sur le plan numérique (83,2 ind/1000 m²) et très supérieurs sur le plan pondéral (29,3 kg/1000 m²).

Les différences d'effort de capture entre les deux protocoles peuvent probablement expliquer une partie des variations de rendements car :

- les deux panels de maille déployés sont très variables, de 5 à 55 m aujourd'hui contre 10 à 60 m en 1983. En particulier, il existe dans le protocole EN 14757, trois vides de mailles inférieurs à 10 mm, 5, 6,25 et 8 mm dont on s'aperçoit qu'ils ont capturé à eux seuls 11,3 % de l'échantillon global (tab. 4).

Fig. 1 : température et oxygénation des eaux du lac d'Anney, mesurées durant la campagne d'échantillonnage du peuplement piscicole (16/10/07, données SILA et INRA Thonon-les-Bains)



Tabl. 3 : évolution du nombre d'espèces et des rangs d'abondances numériques recensés au lac d'Annecy

Famille	Genre	Espèce	Code	Nom commun	1868 1	1928 2	1931 3	1983 4	2007 5
Anguillidae	Anguilla	anguilla	ANG	anguille	x		1		
Barbatulidae	Barbatula	barbatula	LOF	loche franche	x		1		
Blenniidae	Salaria	fluviatilis	BLE	blennie				10	11
Cottidae	Cottus	gobio	CHA	chabot	x		1		10
Cyprinidae	Alburnus	alburnus	ABL	ablette			2	10	9
	Abramis	brama	BRE	brème			1	6	
	Blicca	bjoerkna	BRB	brème bordetière		x		10	
	Cyprinus	carpio	CCO	carpe	x		1	8	
	Gobio	gobio	GOU	goujon			1	7	4
	Leuciscus	cephalus	CHE	chevesne	x		1		12
	Leuciscus	leuciscus	VAN	vandoise					11
	Phoxinus	phoxinus	VAI	vairon	x		1		
	Rutilus	rutilus	GAR	gardon	x	x	3	1	2
	Telestes	soufia	BLN	blageon	x		1		
Tinca	tinca	TAN	tanche	x		1	4	8	
Esocidae	Esox	lucius	BRO	brochet				8	5
Lotidae	Lota	lota	LOT	lote	x		3	9	12
Percidae	Perca	fluviatilis	PER	perche	x		3	2	1
Salmonidae	Coregonus	lavaretus	COR	corégone		x	2	3	3
	Salmo	trutta	TRL	truite	x		2	10	
	Salvelinus	alpinus	OBL	omble chevalier		x	4	5	7

Nombre d'espèces recensées

12 17 14 13

Orconectes limosus **OCL** écrevisse américaine

Pacifastacus leniusculus **PFL** écrevisse signal

1 Poulet enquête **1868** *in* Laurent, 1985

2 Kreitmann enquête **1932**

3 CEMAGREF **1990** pêche scientifique aux filets maillants classiques

4 ONEMA Rhône-Alpes **2007** pêche scientifique - protocole CEN

Tab. 4 : Comparaison des résultats de l'application du protocole d'échantillonnage EN 14757 sur différents lacs naturels (rendements en ind./1000m2 et gr./1000m2 de filets)

Espèces	LACS			Chalain	Grand Maclu	Pierre-Châtel
	Aiguebelette	Annecy	Bourget			
ABL		0,81		0,58		
BLE		0,32				
BRE	2,69		2,17			5,75
BRO	1,79	1,46	0,54	1,45	0,42	0,57
CCO				0,29		0,57
CHA		0,65				
CHE	0,54	0,16	0,14	3,19		
COR	18,10	6,47	0,41	53,33	11,25	25,86
GAR	62,19	43,85	34,51	42,03	61,25	186,78
GOU	4,12	3,07		0,29		
GRE			6,09			88,51
LOT		0,16				
OBL	1,25	1,29	0,14			
OCL		8,41	1,49		2,92	1,72
PCH			26,25			
PER	44,98	63,59	150,74	184,93	56,25	1644,83
PES	0,18		0,81			
PFL		2,10				
ROT	4,30		3,11	5,22	13,33	35,63
SAN	0,36		2,84			
TAN	0,18	0,97		0,29	2,50	
TRF				0,29		
VAN		0,32				
Total	140,68	133,50	229,23	291,88	147,92	1990,23

ABL		3,24		18,84		
BLE		1,13				
BRE	19,00		26,25			5587,93
BRO	868,28	907,44	416,24	1684,35	101,67	70,11
CCO				142,61		4942,53
CHA		3,72				
CHE	214,70	132,62	227,33	4187,26		
COR	3999,28	656,80	39,11	9249,86	4618,33	5264,94
GAR	1749,64	1482,85	1118,13	1010,14	3968,33	6256,32
GOU	26,70	11,00		4,64		
GRE			56,70			403,45
LOT		7,61				
OBL	481,36	126,05	4,06			
OCL		135,44	29,50		33,33	9,77
PCH			2036,13			
PER	1742,83	1542,23	3430,68	11327,25	1862,08	12320,11
PES	14,70		35,18			
PFL		85,28				
ROT	351,61		746,14	1603,77	820,00	4012,07
SAN	307,53		1021,38			
TAN	244,80	1081,88		467,25	3310,00	
TRF				138,55		
VAN		3,24				
Total	10020,43	7080,74	9186,74	26834,49	14713,75	38867,24

Diversité	12	15	13	11	7	9
sauf écrivisses	11	13	12	11	6	8

- la représentativité des mailles mises en œuvre actuellement est constante (sauf pour la maille de 5mm qui n'est manquante que dans les filets pélagiques) alors que cela n'était pas le cas en 1983 où le « poids relatif » de chaque maille était très variable : notamment les filets de petite maille (10 mm) présentaient une surface très inférieure à celle des grandes mailles (45 et 60 mm).

Les rendements de capture numériques et pondéraux observés lors des deux périodes d'échantillonnage ont été comparés pour les mailles communes (10 et 35 mm) ou très voisines (15,5 ou 15 et 19,5 ou 20 mm). Cette approche met en évidence une diminution des densités et biomasses capturées entre 1983 et 2007 sauf dans la maille de 10 mm, dont les rendements sont similaires pour les deux époques (tab. 4). Cette double tendance pourrait refléter la constance d'un bon potentiel de production en alevins de l'année mais aussi une réduction de la capacité de l'écosystème à produire des sujets plus âgés. Entre les deux sous-échantillons considérés globalement, la baisse de rendement atteint 60%.

Mailles (mm)	Rendements numériques (ind/100m2)		Rendements pondéraux (gr/100m2)	
	1983	2007	1983	2007
10	24,6	25,4	193	253
15	77,5	-	3716	-
15,5	-	23,9	-	566
19,5	-	8,5	-	653
20	41,3	-	2712	-
35	13,6	4,63	5963	1616
TOTAL	157	62,43	12584	3088

Tab. 5 : comparaison des rendements des mailles identiques ou très voisines utilisées en 1983 et 2007

Pour les espèces dominantes du peuplement, l'évolution observée entre 1983 et 2007 apparaît plus contrastée. En effet, pour la perche, les rendements pondéraux sont similaires mais la densité de capture apparaît plus forte en 2007, essentiellement grâce à l'abondance des sujets de deux étés. En revanche, les rendements de gardon et surtout de corégone étaient nettement plus élevés en 1983.

3-4 Comparaison avec d'autres lacs prospectés suivant le protocole EN 14757 (tab. 4, ann. 2 et fig. 2)

Par rapport aux autres lacs français échantillonnés avec le protocole CEN 14757, le lac d'Annecy est celui qui affiche les rendements les plus bas, que ce soit au niveau numérique ou pondéral (fig. 2). Les Captures Par Unité d'Effort mesurées en 2007 à Annecy sont aussi nettement inférieures à celles qui ont été enregistrées sur des lacs suédois comparables (tab. 5). Ces indices convergent et témoignent de niveaux d'abondance et biomasse en place, toutes espèces confondues, assez bas sur le lac d'Annecy.

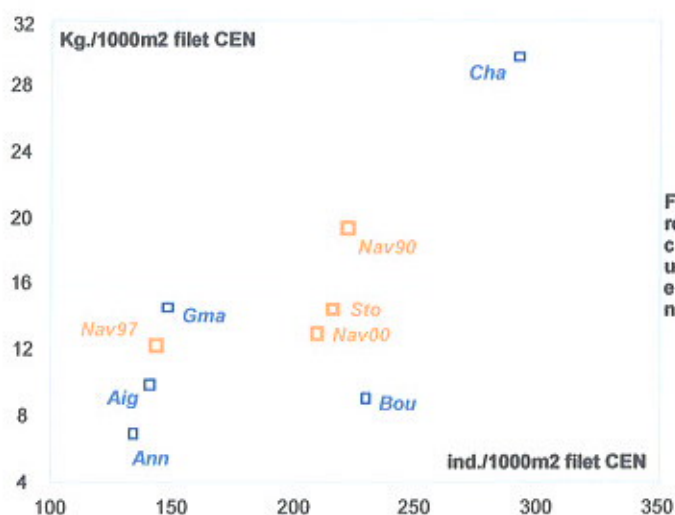


Fig. 2 comparaison des rendements globaux de captures observés sur un échantillon de lacs en application de la norme EN14757

En ce qui concerne le corégone, les captures par unités d'efforts observés en 2007 à Annecy, sont **bas** en valeur absolue puisqu'ils n'atteignent que **6,5** individus et **657** grammes pour 1000m² filet ce qui les classe sur le 1^{er} degré seulement d'une échelle d'abondance statistique allant de 1 à 5. Ces valeurs comptent parmi les plus faibles parmi toutes celles qui ont été mesurées sur le panel de lacs retenue, et ne dépassent que celles qui ont été observées au Bourget.

Remarques sur les limites de la comparaison avec les lacs suédois :

La portée de la comparaison avec les données suédoises mises à notre disposition est limitée par deux «bémols» importants.

D'une part, l'emploi de filets pélagiques, en Suède, est considéré comme complémentaire mais pas systématique malgré les préconisations du protocole nordique qui a donné lieu à la norme CEN. Or, les résultats seraient probablement différents si des efforts de pêche en zone pélagique avaient été déployés. En effet, l'ajout de filets pélagiques autorise a priori des captures supplémentaires mais la grande surface unitaire de ceux-ci (165 m²) augmente considérablement la surface totale de filets mis en œuvre). Par conséquent, il ne peut être écarté que leur mise en œuvre aurait pu induire une baisse des rendements numériques et pondéraux. Cette hypothèse est toutefois difficile à vérifier car la zone pélagique des lacs étudiés pourrait aussi abriter des bancs de corégones très denses ...

D'autre part, dans les lacs suédois, deux espèces de corégones peuvent cohabiter, le lavaret (*Coregonus lavaretus*, la « féra » du lac d'Annecy) et le corégone albula (*Coregonus albula*, espèce non présente à Annecy), susceptibles d'occuper des compartiments écologiques similaires. Par conséquent les abondances des deux espèces sont probablement inter-dépendantes ou au moins interférentes, sans que l'on puisse savoir si la présence de *Coregonus albula* est susceptible de limiter ou non le développement de *Coregonus lavaretus*.

3-5 Distribution spatiale des captures (tabs. 6 et 7 et figs. 3 (a et b) et 4 (a et b))

La norme CEN ne prévoit pas d'analyse de la répartition des captures, principalement du fait des lacunes d'échantillonnages de certaines strates et de l'absence de réplicats dans les strates pélagiques. Cependant, l'exploitation des indications sur la localisation des captures peut être réalisée en gardant à l'esprit plusieurs restrictions et limites d'interprétations.

- 1° Comme le recommande la norme, toutes les strates de profondeur ont été prospectées à chaque tendue (c'est-à-dire chaque jour). Par conséquent, une comparaison peut être effectuée entre les distributions verticales des captures des deux sous bassins. Cependant, cette approche de la répartition spatiale ne concerne que la strate benthique *sensu stricto* (c'est-à-dire la tranche d'eau de 1.5 m au-dessus du fond) et non pas dans toute la couche d'eau du plan d'eau correspondant à la strate considérée.
- 2° Pour que cette comparaison des distributions spatiales des captures entre petit et grand lacs soit totalement fiable, il aurait fallu que les différentes strates de chaque bassin aient été prospectées simultanément, ce qui n'a pas été le cas (non prévu par la norme).
- 3° Dans la zone pélagique, toutes les strates ne sont pas prospectées simultanément mais successivement : si les poissons modifient leur répartition verticale au cours de la campagne, le risque de redondance ou d'absence de certaines informations est important. Dans notre cas, grâce au doublement des équipes, cette prospection a été réalisée sur une période courte, du 15 au 19 octobre, et suivant des tranches d'eau 12 à 18 m d'épaisseur ce qui limite mais ne supprime pas complètement ce risque.
- 4° La confrontation des distributions verticales observées avec les mesures conjointes effectuées doit elle-aussi prendre en compte le fait que l'oxygénation de la masse d'eau peut varier du fait de la demande benthique sédimentaire, y compris à des profondeurs où la pleine eau semble correctement oxygénée.

3-5-1 Distribution verticale des captures

Au travers de la localisation sur l'axe vertical de l'ensemble des captures réalisées, il ressort que l'hypolimnion n'est fréquenté, au moment des pêches, qu'au-dessus de 50 m (fig. 3). Cette limitation...

Fig. 3 : distribution verticale des captures opérées au niveau des strates benthiques (a) et pélagiques (b) en application du protocole d'échantillonnage

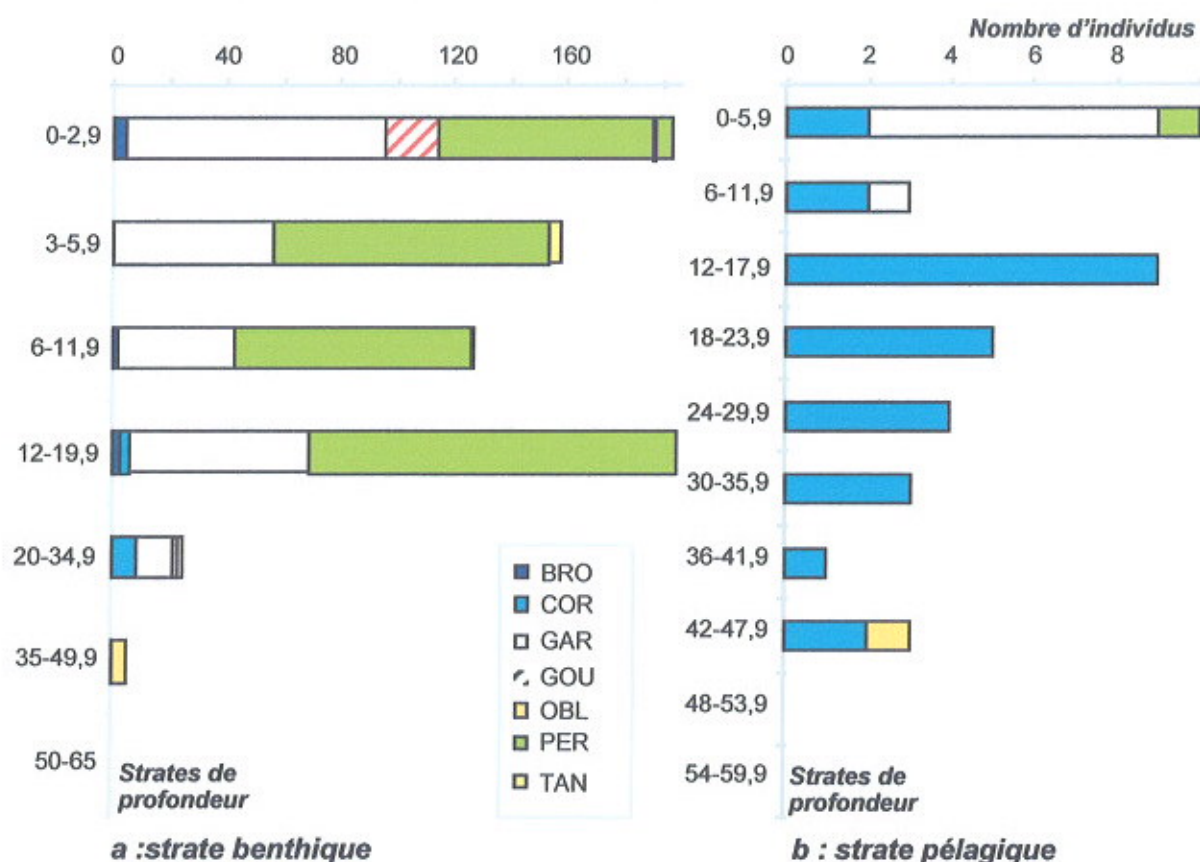
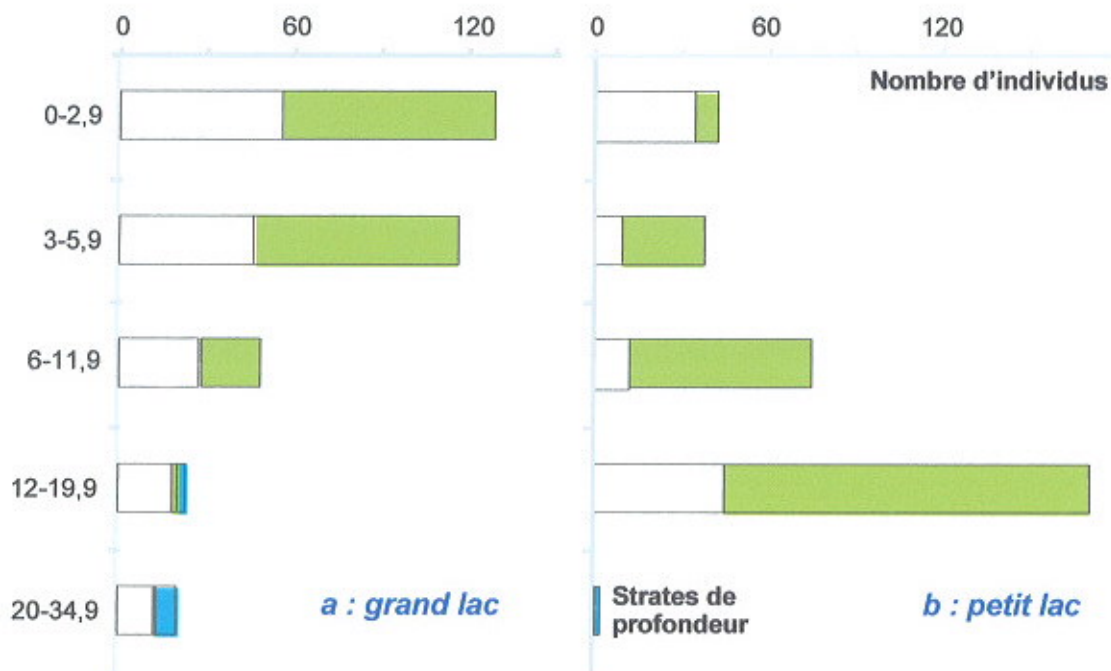


Fig. 4 : comparaison des captures opérées au niveau des strates benthiques des grand (a) et petit (b) lacs



montre qu'une partie importante du volume lacustre n'est pas utilisée ni par le corégone, ni par l'omble en fin de stratification estivale.

Dans les strates benthiques, la distribution des captures montre une occupation très majoritaire des strates supérieures jusqu'à 20 m par le gardon et la perche. Le corégone n'apparaît que dans les strates 12-20 m et 20-35 m. Quant à l'omble chevalier, il n'a été capturé qu'entre 20 et 50 m.

Dans la colonne d'eau de la zone centrale, on observe très peu de poissons, et pratiquement pas de perches ni de gardons. Cependant des corégones ont été capturés dans l'ensemble des strates prospectées jusqu'à 50 m avec une légère préférence des tranches comprises entre 12 et 24 m. Un unique omble a été capturé dans cette zone pélagique, entre 42 à 48 m de profondeur.

La courbe d'oxygénation des eaux du grand lac explique au moins partiellement la répartition des ombles et des corégones. En effet, d'une part, la barre des 5 mg/l O₂ dissous, seuil de confort pour l'omble chevalier est franchie dès 50 m de profondeur et d'autre part le taux d'oxygène chute ensuite brutalement en dessous de cette profondeur. En revanche, pour le corégone, le seuil de confort d'oxygène dissous descend à 4 mg/l et cette espèce fréquente l'hypolimnion jusqu'à une profondeur une peu plus importante.

Les répartitions verticales des captures observées dans chacun des deux bassins lacustres sont très différentes. En effet, d'une part, dans le grand lac, la fréquentation pisciaire baisse assez régulièrement jusqu'à la strate 20-35 m alors que, dans le petit lac, celle-ci cesse assez brutalement dès 20 m. D'autre part, les distributions relatives des perches et gardons dans les strates benthiques les moins profondes des deux sous-bassins sont inversées (fig. 4). Les mesures physico-chimiques effectuées simultanément à notre opération de pêche ne permettent pas d'expliquer cette différence de répartition verticale entre les bassins.

Typo filet	Strate	ABL	BLE	BRO	CHA	CHE	COR	GAR	GOU	LOF	OBL	OCL	PER	PFL	TAN	VAN
Benthiques	0-2,9	5	1	4				91	19			4	82	2	1	
	3-5,9		1					86				4	97	4	4	
	6-11,9			2		1		41				8	83	4	1	
	12-19,9			3	3		3	63				32	129	3		2
	20-34,9				1		9	12				2	4	1		
	35-49,9									1	5					
	50-65															
Pélagiques	0-5,9						2	7					1			
	6-11,9						2	1								
	12-17,9						9									
	18-23,9						5									
	24-29,9						4									
	30-35,9						3									
	36-41,9						1									
	42-47,9						2					1				
	48-53,9															
54-59,9																
Total		5	2	9	4	1	40	271	19	1	8	52	393	13	6	2

Tab. 6 : distribution des captures dans les différentes strates de profondeurs prospectées

3-5-2 Distribution horizontale des captures

Les densités observées sont, toutes espèces confondues, supérieures dans le petit lac qui abritent en particulier une densité de perche beaucoup plus forte. En revanche, les densités de gardon, d'omble et corégone sont supérieures dans le grand lac bien que le déséquilibre constaté soit moindre.

L'exploitation des données de distribution verticale et horizontale récoltées à l'occasion de ces pêches scientifiques témoigne d'une attractivité différente des deux sous bassins du lac vis-à-vis de la faune pisciaire. Ce résultat incline à suspecter d'importantes différences entre les états de santé et/ou les potentiels écologiques des deux bassins. Parallèlement, il confirme que le protocole d'échantillonnage

retenu est probablement insuffisant pour donner une image complète du peuplement et des populations de certaines espèces.

Espèce	Résultats bruts (ind.)		Rendements (ind./1000 m ²)	
	Grand lac	Petit lac	Grand lac	Petit lac
	ABL	-	5	-
BLE	1	1	0,58	0,85
BRO	4	5	2,34	4,27
CHA	2	2	1,17	1,71
CHE	1	-	0,58	-
COR	10	2	5,85	1,71
GAR	160	103	93,57	88,03
GOU	19	-	11,11	-
LOT	-	1	-	0,85
OBL	5	2	2,92	1,71
OCL	14	38	8,19	32,48
PER	166	228	97,08	193,16
PFL	2	11	1,17	9,40
TAN	5	1	2,92	0,85
VAN	-	2	-	1,71
Total	389	399	227,49	341,03
Diversité			12	13

Tab.7 : comparaison des rendements de pêche entre les deux sous-bassins du lac d'Annecy

3-6 Bilan sur les résultats des pêches CEN

En conclusion sur l'état du peuplement piscicole du lac d'Annecy, la mise en œuvre du protocole d'échantillonnage EN 14757 a permis d'actualiser les informations disponibles sur ce système. Ce lac montre une richesse spécifique élevée incluant plusieurs espèces d'intérêt patrimonial (blennie, chabot, lote, vandoise...). Son peuplement piscicole est dominé par le tryptique gardon-perche-corégone.

Toutefois, les rendements numériques et pondéraux de capture qui y ont été observés sont bas quel que soit le plan d'eau retenu pour comparaison. En particulier, les CPUE du corégone, qui peut être considéré comme une espèce centrale pour ce type de lac, sont basses en valeur absolue et parmi les plus faibles de toutes celles qui ont été enregistrées à l'aide du même protocole.

L'examen de la distribution spatiale des captures montre une répartition relative classique avec une forte abondance de gardons et perches dans les vingt premiers mètres au niveau de la strate benthique. Au niveau de la zone centrale, la fréquentation est très faible. Les captures sont dominées par le corégone, majoritairement capturé entre 12 et 24 m, mais pas en de-ça de 50 m de profondeur. Cette répartition est conforme à la structure de température et d'oxygénation de la colonne d'eau.

Enfin, l'analyse des captures réalisées dans chacun des deux bassins du lac, en plan et en volume, laisse apparaître des rendements plus élevés dans le petit lac notamment du fait d'un plus grand nombre de capture de perches, mais indique des densités de corégonnes et ombles plus faibles que dans le grand lac. Par ailleurs, la distribution verticale inversée des captures réalisées dans les strates benthiques respectives des deux bassins incline à suspecter que ces deux parties du lac fonctionnent de façon différente. Un protocole d'échantillonnage prenant en compte ces particularités de la cuvette lacustre d'Annecy aurait pu apporter des éléments complémentaires à ceux d'ores et déjà fournis.

4 Etat de la population de corégone

4-1 Abondance et distribution spatiale (cf. tab. 8).

Les rendements observés à Annecy sont très bas en valeur absolue (6,5 ind. et 657 gr./1000 m²). Plus des deux tiers des captures ont été réalisées préférentiellement dans la zone pélagique du grand lac, le tiers restant, composés uniquement de juvéniles de l'année se répartissant dans les strates benthiques des deux bassins.

LAC	Rendements numériques (ind./1000 m ² filets)			% captures benthiques
	Pélagiques	Benthiques	Total	
Aiguebelette	32,66	1,53	18,1	0,04
Annecy	8,48	4,17	6,47	0,30
Le Bourget	0,67	0,23	0,41	0,67
Chalain	87,27	22,22	53,33	0,22
Grand Maclu	14,81	8,33	11,25	0,59
Pierre-Châtel	31,82	22,22	25,86	0,53
Navarn 1990	-	35,8	35,8	-
Navarn 1997	-	58,33	58,33	-
Navarn 2000	-	25,46	25,46	-
Stora Gla 2007	0,76	3,82	2,86	0,92

Tab. 8 : comparaison des rendements en corégones observés dans les filets benthiques et pélagiques

La localisation essentiellement benthique des captures de corégones de l'année pose problème. En effet, cet éco-stade est censé, en cette saison, se nourrir plutôt aux dépens du zooplancton. Cette anomalie reste cependant à confirmer, étant donné l'insuffisance de prospection des couches pélagiques.

4-2 Distribution des classes de taille (fig. 5)

L'examen de la distribution des classes de taille indique la capture de trois classes d'âge probables avec une dominance assez nette des alevins de l'année dans l'échantillon (25 individus) et des juvéniles de deux étés (12 individus). Par conséquent, le recrutement naturel est effectif et le rapport entre les effectifs des individus de 1 et 2 étés semble indiquer un bon taux de survie entre ces 2 stades.

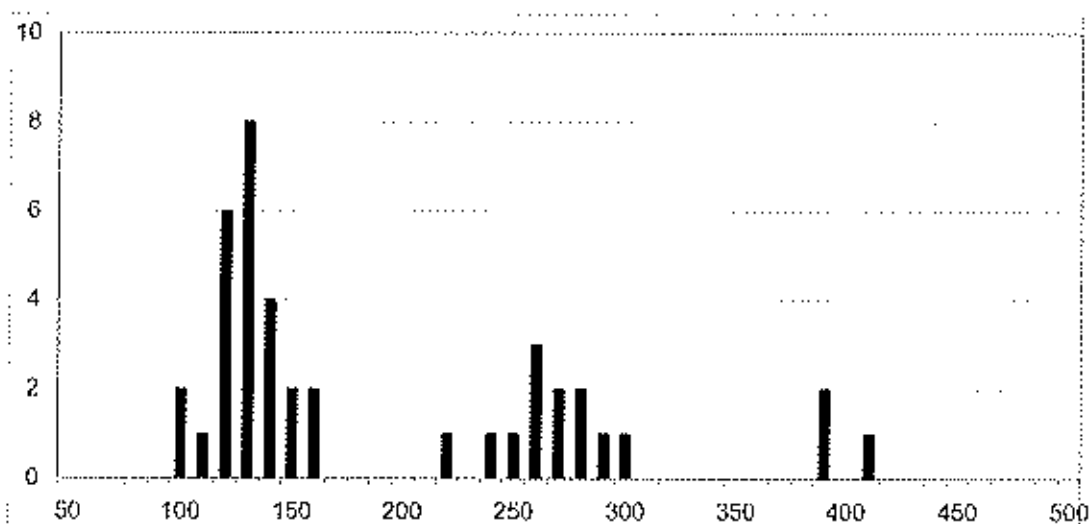


Figure 5 : distribution des classes de taille pour le corégone du lac d'Annecy

En revanche, le nombre de sujets de taille capturable est très bas et ne semble concerner qu'une unique classe d'âge (3 étés, âge à confirmer par lecture d'écaïlle). La faible densité de capture des adultes et l'absence dans l'échantillon des sujets plus âgés pourrait résulter des effets de l'exploitation intense de la population du lac. Cependant, l'absence, dans le dispositif d'échantillonnage, de maille supérieure à la maille utilisée par les professionnels constitue une lacune méthodologique importante pour le présent diagnostic.

4-3 Coefficient de condition des corégones capturés à Annecy (fig. 6).

Le coefficient de condition K traduit l'état général, l'embonpoint du poisson, il est donné par la formule :

$$K = 100 m \times L^{-3}$$

Avec : m = masse en g.
L = taille en cm.

Le calcul des coefficients individuels de conditions avec un regroupement par classe d'âge présumée (moyenne +/- intervalle de confiance au risque de 5 %) permet d'évaluer l'état d'embonpoint des individus affectés à ces classes d'âge sous réserve de la confirmation de leur homogénéité. Suivant cette approche, les alevins de l'année et les juvéniles de deux étés d'Annecy apparaissent très maigres.

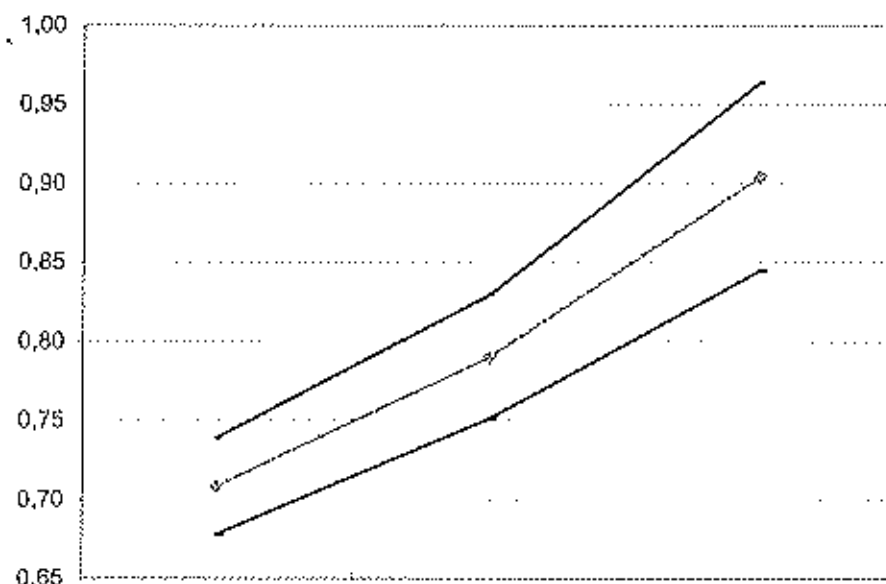


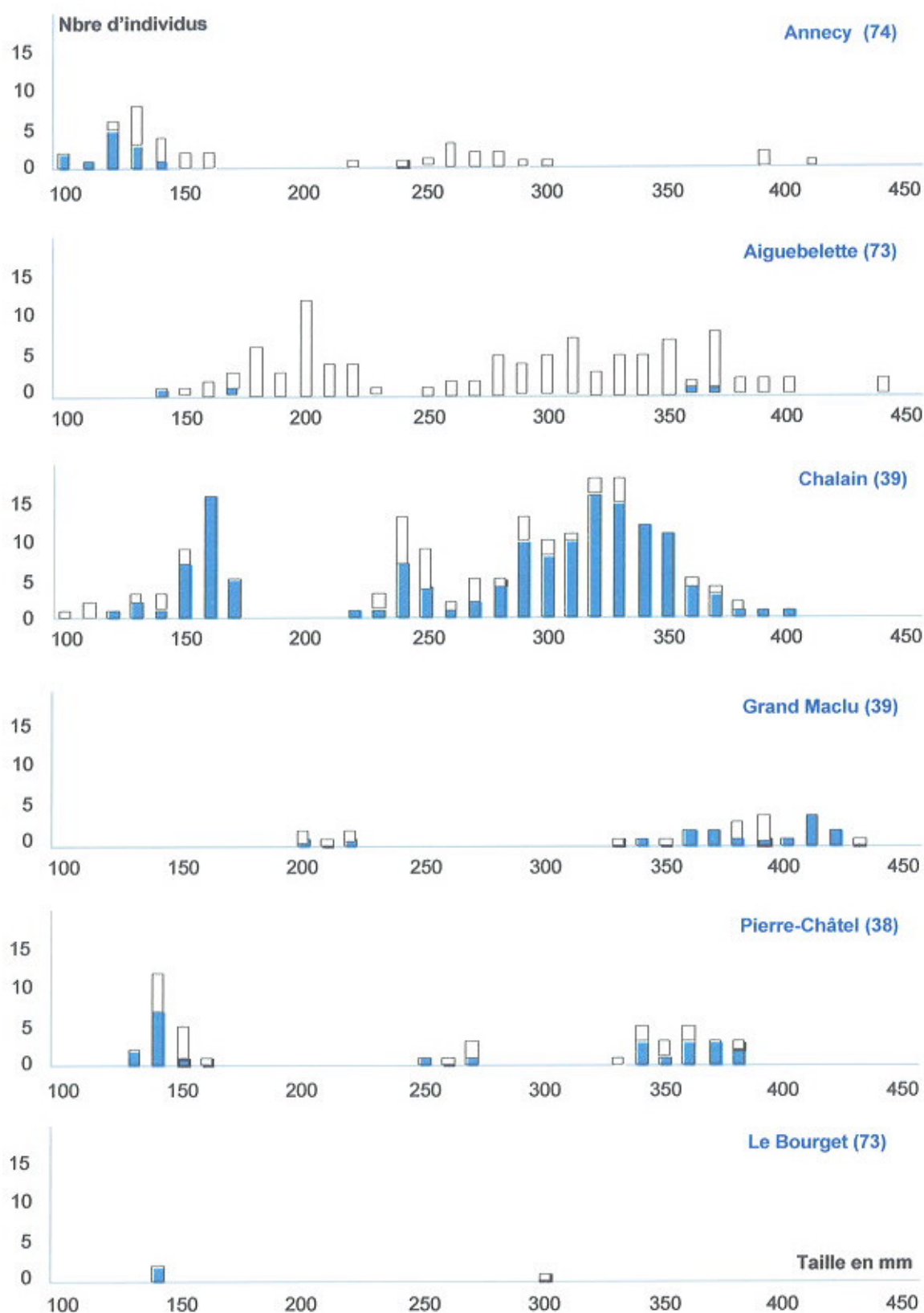
Fig. 6 : moyennes groupées par cohortes des coefficients de conditions des corégones du lac d'Annecy

Cette tendance pourrait traduire un déficit, périodique ou conjoncturel, de ressource alimentaire (nature, abondance, disponibilité...). Cet état de maigreur semble s'atténuer au fil des années puisque la valeur au bout du 3^{ème} été augmente pour se rapprocher de 1 (état de normalité pour cette classe d'âge ?), mais le nombre d'individus de ce sous-échantillon est tellement bas que sa signification est douteuse.

4-4 Comparaison de plusieurs populations de corégones exploitées (fig. 7)

Pour mieux comprendre la situation du corégone à Annecy, il paraît judicieux de la comparer avec celle de populations exploitées plus ou moins intensivement, soit par pêche à la ligne (Aiguebelette, Chalain) soit par pêche aux engins et à la ligne (Annecy, Le Bourget). Dans cette optique, les CPUE obtenues sur ces 4 lacs par l'application du protocole CEN en fin de saison, approchant la biomasse en place, ont été confrontées aux exportations de corégone par les pêcheries, reflétant davantage la production, et exprimées en kg exportés par ha de plan d'eau.

Fig. 8 : distribution en classes de tailles des différentes populations de corégones comparées



Cette approche comporte cependant une incertitude liée au caractère partiel du dépouillement des carnets de pêche amateurs des lacs du Bourget et surtout d'Aiguebelette. Dans le cas de ces deux

plans d'eau, la valeur issue du sous-échantillon de carnets exploités a été considérée comme un minimum et la moyenne de ce minimum et de l'extrapolation de cette valeur à la totalité des carnets, peu crédible, est retenue comme valeur maximum probable.

Compte tenu de cette réserve, il apparaît que les deux lacs exploités professionnellement supportent une exportation totale (amateur + professionnelle) par hectare de corégone nettement inférieure à celle qui est observée sur les deux autres plan d'eau. En effet, sur Annecy et sur le Bourget, les pêcheurs exportent respectivement 5.3 et 1.6 kg/ha alors que ces exportations sont comprises dans une gamme de 6.3 à 13 pour Aiguebelette et atteignent 11.2 kg/ha pour Chalain (fig.7).

Parallèlement, les rendements de pêche scientifique obtenus par l'application de l'EN 14757 en fin de saison sur Chalain et Aiguebelette sont également très supérieurs à ceux qui ont été observés sur le Bourget et sur Annecy suivant le même protocole. Sur les deux premiers lacs, les poissons de taille capturable demeurent plus abondants en fin de saison de pêche malgré l'intensité de l'exploitation halieutique, et appartiennent probablement à au moins deux classes d'âge à Aiguebelette, plus certainement une seule à Chalain.

Enfin, les « rendements » de pêches à la ligne mesurés en 2007 au lac d'Annecy (sous réserve de la saisie des carnets non encore restitués) se situent parmi les 5 plus faibles enregistrés ces 20 dernières années (minimum en 1993 avec 4.6 kg COR/ha). Certes, les récoltes issues de la pêche amateur aux lignes subissent des fluctuations beaucoup plus amples que celles qui caractérisent les résultats de la pêche professionnelle. Cependant, alors que les années de mauvaise pêche à la ligne étaient auparavant toujours suivies d'années meilleures, les quatre dernières années s'inscrivent dans une tendance plus stable de mauvais rendements : le phénomène ne peut donc pas s'expliquer uniquement par des fluctuations « naturelles ».

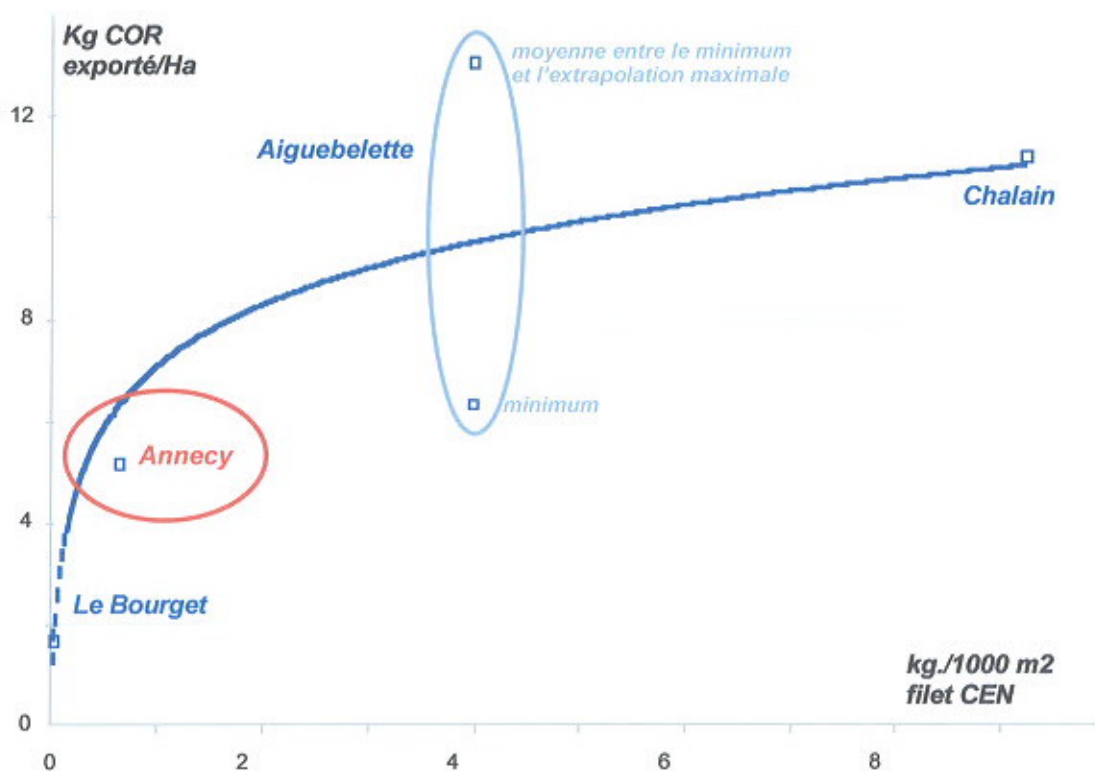


Fig. 7 : comparaison des exportations globales de corégone et des rendements de pêche en fin de saison, observés en application du protocole CEN

En revanche, lors de ces 4 dernières années, la tendance globale des rendements de pêche professionnels est plutôt stable. Ce contraste entre les deux modes de pêches combiné avec le faible niveau de la biomasse résiduelle en fin de saison, fait suspecter une réduction (naturelle et/ou induite)

de la ressource halieutique, beaucoup plus durement ressentie par un seul des deux type de pêche. Cette différence pourrait être liée à une modification du comportement spatial et/ou alimentaire de l'espèce «cible» corrélée aux changements de métabolisme du lac.

5 Eléments concernant l'omble chevalier

Très peu d'ombles ont été capturés durant cette campagne d'échantillonnage : l'abondance numérique est faible en valeur absolue (1,29 ind./1000 m² filet) est très faible sur le plan pondéral (126 gr./1000 m² filet).

Ces rendements sont en recul par rapport à ceux observés en 1983 (2,2 ind. et 1011 gr./1000 m² filets) et comparables à ceux mesurés à Aiguebelette avec le même protocole. En revanche, les résultats mesurés sur des lacs « de référence » (sensu DCE) comme Allos (04, 50 ha, 45 m de profondeur) sont nettement supérieurs, 22,5 ind. et 1988 gr./1000 m² filets CEN corroborent le niveau bas d'abondance mesurée à Annecy.

Sept des huit individus capturés l'ont été au niveau des strates benthiques du grand lac, entre 20 et 50 m de profondeur.

Au minimum trois classes d'âges sont représentées dans l'échantillon récolté - fig. 8 -. Il est important de noter que cinq ombles proviennent de déversements (adipeuse coupée), en particulier l'alevin de l'année (9 cm) et les deux juvéniles de deux étés (15 et 17 cm) : bien que certains sujets ne soient pas marqués et témoignent de la réalité du cycle biologique de l'espèce, la question de l'efficacité de la reproduction et de la survie des stades précoces de l'omble peut être posée.

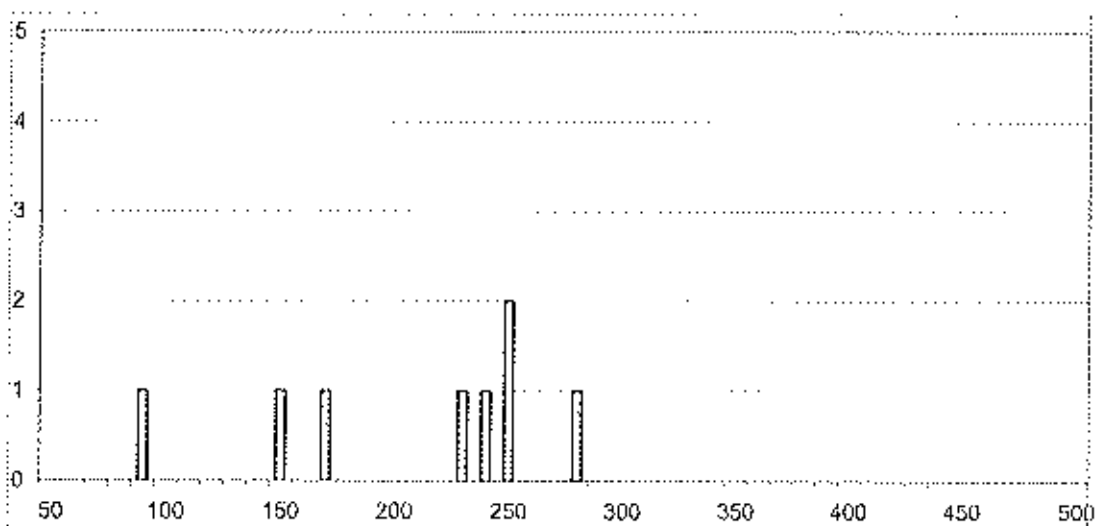


Figure 9 : distribution des classes de taille pour l'omble chevalier du lac d'Annecy

La faible proportion d'individus dépassant la taille légale de capture (26 cm) est vraisemblablement le reflet d'une exploitation forte de cette population, principalement par la pêche amateur.

6 Bilan des observations et perspectives

6-1 Synthèse des observations

L'application du protocole d'échantillonnage CEN 14757 sur le lac d'Annecy a essentiellement permis d'apporter des informations sur la composition spécifique, les abondances des espèces présentes, la structure des populations majoritaires. Le peuplement piscicole du lac est toujours dominé par le groupement perche-gardon-corégone mais les rendements pêche observés sont aujourd'hui parmi les plus bas observés par l'application du même protocole quelque soit le lac de comparaison.

En outre, quelques pistes quant à la distribution spatiale des populations majoritaires ont pu aussi être glanées mais demandent confirmation. En effet, l'analyse de la distribution spatiale des captures réalisées laisse transparaître, sous réserve des limites du protocole retenu, une différence entre les deux sous bassins lacustres pour les espèces majoritaires.

Enfin, l'échantillon de corégones récolté est très faible numériquement. Il est composé très probablement (et compte tenu des réserves sur la gamme de maille employée) de seulement trois classes d'âges. Cette dernière caractéristique peut traduire soit les effets d'une exploitation assez intensive de la population soit d'un dysfonctionnement qui pourrait brider l'abondance de cette population. Cette hypothèse est en adéquation avec la baisse constatée depuis quelques années pour les exportations par pêche à la ligne sur le lac d'Annecy.

6-2 Hypothèses sur l'abondance du corégone

Les quelques éléments en notre possession ne permettent pas de mettre en relation directe les faibles rendements de pêche scientifiques du corégone avec les données relatives à l'exploitation de cette population par les différentes pêcheries (professionnelle et amateur). En outre plusieurs autres pistes d'interprétation, dont certaines ne sont pas contradictoires, peuvent être suivies.

1° Le peuplement piscicole du lac pourrait être en train de subir un ajustement naturel de sa structure quantitative liée avec le déplacement du niveau trophique lacustre de l'oligotrophie à l'ultra-oligotrophie.

Les seules données piscicoles sont insuffisantes pour confirmer ou infirmer cette hypothèse. Si cette piste de travail était retenue, il conviendrait d'expertiser assez finement et sans doute de compléter les données émanant du suivi de qualité des eaux du lac. Toutefois, les quelques mesures d'oxygénation de la strate hypolimnionique profonde (fig. 10), d'ailleurs incomplètes, ne vont pas dans ce sens car un lac ultraoligotrophe a tendance à se «ré-oxygéner» et à non à se désoxygéner. Si cette hypothèse s'avérait tout de même fondée, la tendance à la baisse de la densité piscicole et au rajeunissement du peuplement et des populations serait appelée à se poursuivre.

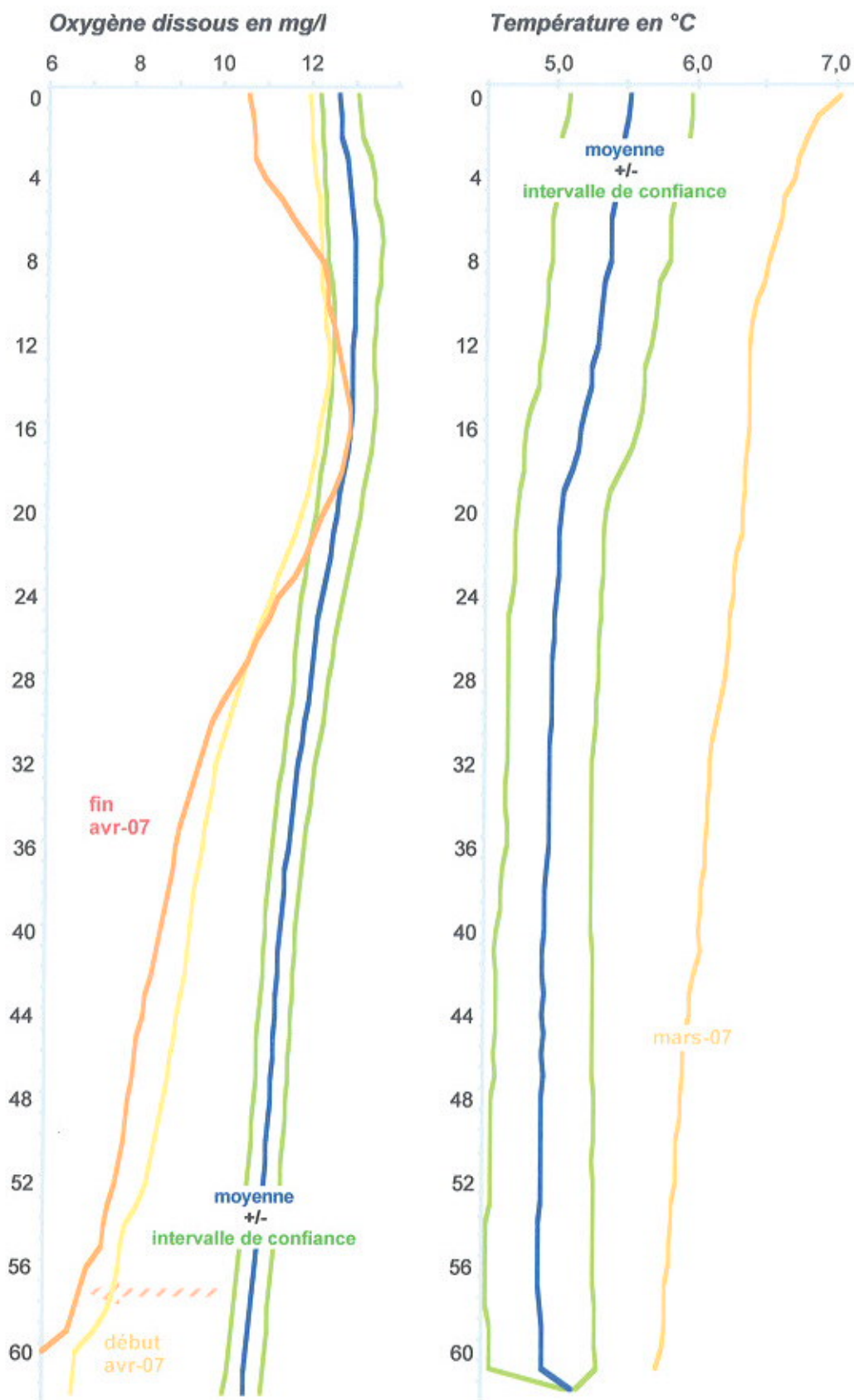
2° La baisse de récolte, constatée cette année par les pêcheurs à la ligne et le niveau d'exportation parmi les plus faibles observés jusqu'ici, sont le résultat d'une situation purement conjoncturelle et passagère.

L'hiver 2006/2007 particulièrement doux aurait modifié l'abondance et la répartition des ressources alimentaires du corégone, induisant un repositionnement trophique. Dans cette hypothèse, un repositionnement plus pélagique des bancs de corégone le rendrait moins vulnérable à la pêche à la ligne mais ne leur permettraient pas d'échapper à la pêche professionnelle. Observons que le protocole CEN privilégie, lui aussi, la prospection des strates benthiques au détriment des compartiments de pleine eau.

3° La baisse de la récolte constatée ces quatre dernières années par les pêcheurs à la ligne, et le faible niveau de biomasse résiduelle mesurée en octobre 2007 par les pêches scientifiques sont le résultat d'une tendance dysfonctionnelle affectant le lac d'Annecy.

En effet, les mesures physico-chimiques réalisées conjointement aux pêches scientifiques montrent une désoxygénation des couches profondes qui ne corrobore pas l'hypothèse d'une oligotrophisation mais indiquerait plutôt une tendance au dysfonctionnement. Or, la...

Fig. 10 : comparaison des courbes d'oxygénation et température en sortie d'hiver 2007 avec les normales observées les années précédentes à la même saison.



désoxygénation des strates benthiques est susceptible de limiter l'accès des corégones au benthos et/ou de grever l'abondance des taxons les plus sensibles de la faune benthique (certains chironomidae et la plupart des mollusques...).

Par conséquent, elle limite aussi les éclosions tardives et les densités de nymphes macroplanctoniques dont peuvent se nourrir les corégones en automne (DEGIORGI et al., 2006, observations au lac du Bourget). De fait, ceux-ci sont obligés de se nourrir aux dépens du plancton, comme cela est plus souvent le cas en été, après la vague d'éclosions printanières. La capture d'une majorité des corégones en pleine eau dans la zone centrale et d'une fraction notable de juvéniles de corégones, au niveau des strates benthiques les plus oxygénées, pourrait conforter cette hypothèse.

6-3 Mesures conjointes dans le cadre de la présente étude et compléments à fournir.

La comparaison des valeurs de température et d'oxygène dissous mesurées dans la colonne d'eau en mars et en avril 2007 avec celles qui ont été enregistrées à la même époque lors des années précédentes montre que les valeurs constatées en sortie d'hiver 2007 sont assez différentes des autres (fig. 8 et 9). En effet, pour cette dernière année, les couches d'eau sont nettement plus chaudes, y compris au fond et nettement moins oxygénées. En complément de cette vision ponctuelle, il serait judicieux d'observer la variation quantitative de l'oxygénation des fonds en fin de stratification hivernale estivale depuis les années 1980.

Parallèlement, il serait pertinent de vérifier l'impact de la désoxygénation récente sur le développement de la faune benthique, notamment les insectes à larve aquatique pour évaluer la réalité et l'importance d'un éventuel l'avancement des périodes d'éclosion ou de la diminution des densités de nymphes et de larves. Dans la même optique, il paraît nécessaire de pouvoir disposer de données complètes et actualisées sur l'état (abondance et diversité) de la faune benthique et sur son évolution saisonnière. Il serait ainsi loisible de les comparer, à saison équivalente avec les données antérieures disponibles (Auber & al, 1998, Borderelle et al. 2002).

Enfin, il paraît aussi judicieux de vérifier les hypothèses d'une modification du régime alimentaire du corégone, et de sa répartition spatiale, induites par une chute anormale mais peut être conjoncturelle de la ressource benthique ou/et du «macroplancton» nymphal. L'examen des quelques contenus stomacaux récoltés sur les juvéniles capturés dans la strate benthique et leur comparaison avec ceux provenant des individus capturés en zone pélagique pourrait apporter des éléments de réponses à cette question. Ces analyses seront réalisées prochainement et comparées aux éléments disponibles (entre autres, Baronnet, 1988), mais il faut souligner la petite taille de l'échantillon.

6-4 Réflexion critique sur la qualité et la portée des résultats des pêches scientifiques

L'application du protocole CEN sur des lacs de grande taille a montré que certaines des modalités et des principes qui le fondent limitent la portée et la fiabilité des résultats qu'il permet d'obtenir.

En particulier, la prospection des couches d'eau pélagiques en un seul site est un facteur d'erreur non systématique. Ainsi, à Aiguebelette (2005-06) des différences de rendement notables ont-elles été constatées à l'aide de l'application du protocole des filets verticaux (CSP, 2007) sur plusieurs secteurs de la zone pélagique alors les filets CEN n'ont été disposés que sur l'un des trois sous-bassins du lac (INRA, 2006, en conformité avec la norme). Pour le lac du Bourget, dont le gabarit est plus proche de celui d'Annecy mais dont la cuvette est morphologiquement plus homogène, des différences spatiales ont aussi été mises en évidence (CSP, 2006). Ces différences sont probablement d'autant plus marquées qu'il existe des subdivisions topographiques (sous bassins lacustres).

En outre, l'échantillonnage successif et non simultané des différentes couches composant la colonne d'eau pélagique constitue un risque d'erreur non systématique supplémentaire. En effet, si la répartition verticale des poissons varie au cours de la campagne de pêche, les captures risquent d'enregistrer des informations redondantes ou d'être lacunaires.

Parallèlement, les colonnes d'eau à proximité des zones de forte pente (talus, zone sub-littorale) sont ignorées par le protocole CEN alors que leur fréquentation est potentiellement différente de celles des couches de pleine eau de la zone centrale. Or, la représentativité surfacique des zones de talus varie

en fonction de la taille et de la forme des lacs et l'importance de cette lacune d'échantillonnage n'est donc pas constante d'où l'importance de s'en affranchir.

L'analyse de la distribution verticale des captures effectuées sur toute la colonne d'eau au droit des zones sublittorales à l'aide de filets verticaux (Aiguebelette et Bourget, CSP, 2007 et 2006) confirme que la seule prospection de la strate benthique des talus donne des résultats très partiels, en particulier pour le corégone. Enfin, sur le lac d'Annecy ce compartiment est loin d'être négligeable et aurait mérité d'être échantillonné en tant que tel.

Par conséquent, la mise en oeuvre du protocole des filets verticaux aurait peut-être donné des rendements de pêche similaires ou voisins, que ce soit globalement ou pour les espèces majoritaires, mais ces résultats auraient été assis sur une stratégie plus robuste. De plus, la réplication de la prospection de tous les habitats qui constitue le fondement de ce procédé aurait permis d'estimer la variabilité instrumentale de la mesure et de lever des incertitudes.

Dans le cas du corégone, il est tout de même probable que la prospection des couches de pleine eau situées au-dessus des talus aurait fait varier les résultats. Enfin, les modalités d'application propres de la méthode des filets verticaux aurait permis de confirmer ou d'infirmer les différences suspectées pour les deux sous-bassins.

7 Recommandations

Le poisson jouant un rôle d'indicateur de la qualité générale du milieu aquatique, les résultats de notre campagne, notamment les bas rendements constatés, globalement et pour les espèces sensibles, les distinctions apparentes entre le grand et le petit lac, d'étude nous amènent à proposer des pistes qu'il conviendrait d'approfondir pour expliquer les phénomènes ci-dessus.

Au vu des hypothèses émises sur la qualité physico-chimique et biologique des eaux du lac, des incertitudes liées au protocole d'échantillonnage de l'ichtyofaune, il nous semble opportun de proposer un panel d'investigations complémentaires, destiné d'une part, à lever les doutes sur l'état fonctionnel actuel du lac d'Annecy et d'autre part, à expliquer une possible modification d'état de la population de corégone (raréfaction, modification de distribution spatiale et/ou comportement alimentaire) et à en rechercher les causes.

En outre, il nous apparaît pertinent de spatialiser systématiquement les différentes approches qui seront développées de façon à distinguer et préciser l'état fonctionnel de chacun des sous-bassins :

Qualité de l'eau et du sédiment lacustre :

Sur l'eau, synthèse des données physico-chimiques existantes en matière d'oxygénation, azote et phosphore disponible avec recherche de tendance évolutive, pour évaluer le phénomène de ré-oligotrophisation du lac,

Sur le sédiment, caractérisation de l'état physico-chimique et recherche de l'état fonctionnel avec évaluation de la demande benthique en oxygène, complément de recherche sur la micropollution des sédiments lacustres, notamment sur les HAP dont les teneurs se sont avérées élevées à Annecy, vis-à-vis des autres grands lacs alpins (Léman, Bourget et Aiguebelette, AE RM, 2006),

Abondance et diversité, évolution annuelle de la faune benthique et de ses dérivés

Mise en oeuvre du protocole IBL (indice biologique lacustre), complété par une série de prélèvements à une profondeur intermédiaire entre z_1 et z_f (= $2/3 Z_{max}$, par exemple z_i à $0,33 Z_{max}$). Sur chacun des deux bassins, réalisation d'un minimum de trois transects de prélèvements respectant la logique ci-dessus en fin d'été (septembre) et fin de période de stratification (fin octobre),

Comparaison avec les données antérieures,

Mise en oeuvre d'un protocole expérimental d'évaluation de l'abondance et de la diversité du macroplancton nymphal et de son évolution saisonnière,

Evolution saisonnière du régime alimentaire du corégone

Parallèlement à l'analyse de l'évolution de l'abondance et la diversité de la faune benthique et au suivi du compartiment zooplanctonique déjà financé par le S.I.L.A., la composition du régime alimentaire du corégone et son évolution au cours d'une année permettra d'évaluer l'hypothèse d'une modification de ce régime et de quantifier ses effets possibles sur l'activité halieutique amateur, à partir d'un échantillon hebdomadaire minimal de 6 individus,

Précision des connaissances sur l'ichtyofaune lacustre

Approche approfondie et comparative de l'abondance et de la distribution spatiale des principales espèces du peuplement piscicole du lac d'Annecy selon le protocole filets verticaux, intégrant la prise en compte des particularités topographiques du lac d'Annecy,

CONCLUSION

La mise en œuvre du protocole d'échantillonnage EN 14757 sur le lac d'Annecy a permis d'actualiser les données descriptives du peuplement piscicole. Au de-là des principaux constats effectués, qui sont un groupement dominant stable de perche, gardon et corégone, un nombre notable d'espèces d'intérêt patrimonial, il apparaît des rendements de captures très bas en comparaison de ceux mesurés lors de la dernière démarche d'étude ou sur d'autres plans d'eau naturels.

L'analyse de la distribution spatiale des espèces majoritaires, gardon et perche, ainsi que des espèces cibles de l'étude, corégone et omble chevalier, indique, aux limites du protocole, une répartition conforme aux conditions de température et oxygénation mesurées simultanément et, secondairement, des distinctions verticales et horizontales entre les deux cuvettes du lac d'Annecy.

Ces conclusions ont permis d'émettre plusieurs hypothèses sur les raisons de l'état actuel du peuplement piscicole et plus précisément de la baisse des captures de corégonos qui ne semble pas pouvoir être imputée directement à un phénomène de ré oligotrophisation réelle ou simplement à une réaction conjoncturelle face à un épisode climatiquement exceptionnel.

La confirmation ou l'infirmité de ces hypothèses passe probablement par la réalisation d'un diagnostic hydrobiologique plus approfondi. Plus globalement, il semble stratégiquement opportun de mener une réflexion sur les paramètres à inclure durablement dans le suivi de la qualité du lac pour apprécier plus finement son évolution.

Les compléments techniques préconisés dont certains correspondent à une actualisation des connaissances permettront de préciser la qualité physico-chimique et hydrobiologique de certains compartiments comme le sédiment, dont l'état contrôle de nombreuses phases fonctionnelles de l'écosystème lacustre, en particulier l'alimentation de nombreuses espèces de poissons.

C'est probablement par la compréhension de l'état fonctionnel de ce compartiment que passe la connaissance des problèmes de certaines populations comme le corégone et la proposition des mesures de gestion mieux adaptées au cas du lac d'Annecy.

BIBLIOGRAPHIE :

CSP, 2007. Le lac d'Aiguebelette – Evolution du peuplement piscicole (campagne 2005-2006). Rap. Cons. Sup. Pêche, dél. rég. Lyon 32 p.

Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse, 2006. Inventaire exceptionnel de la contamination des milieux aquatiques par certaines substances dangereuses. Rap. Synthèse + annexes, 23 p.

GUILLARD J., VERGES C. & COLON M., 2006. Etude hydroacoustique de l'ichtyofaune du lac d'Aiguebelette – campagne 2005 -. Rap. INRA Thonon, I.L., 263-2006, 25 p.

CISALB, 2006. Suivi piscicole du lac du Bourget – exploitation des carnets volontaires de captures 2005. Rap. PMA01 - CISALB, 23 p.

CSP, 2006. Le peuplement piscicole du lac du Bourget – Etat en 2004-2005 –. Rap. Cons. Sup. Pêche, dél. rég. Lyon 30 p.

DEGIORGI F., CACHERA S., VERGES C., GUILLARD J., RAYMOND J.C., 2006. Synthèse des études piscicoles réalisées sur le lac du Bourget entre 2003 et 2005. Etat de santé du peuplement – Recherche des causes ralentissant ou limitant la restauration – Proposition de remédiation et de gestion halieutique. *Rapport coordonné et édité par l'Université de Franche Comté pour le CISALB*. 78 p. + 4 ann.

AFNOR, 2005. Echantillonnage des poissons à l'aide de filets maillants. NF EN 14757, rapport Afnor, 27 p.

FISKERIVERKET, 2004. Results of test fishing a lake in France with the nordic standard method for sampling fish with netmesh gillnets – a preliminary report – 6 p.

BORDERELLE, A.-L., VERNEAUX V. & GERDEAUX D., 2001. Biological quality assessment of three french lakes (Lake Annecy, Lake Grand Dornon, Lake Croix) using the Lake Biotic Index (LBI). *Arch. Hydrobiol.*, 162 (4) : 497-509.

DEGIORGI F., GRANDMOTTET J.-P. RAYMOND J.-C & RIVIER B., 2001. Echantillonnage de l'ichtyofaune lacustre : engins passifs et protocole de prospection., in GERDEAUX D. "*Gestion piscicole des grands plans d'eau*", INRA éd. Paris, 457 p. : 151-182.

AUBER E. & al., 1998. Participation à une étude sur le fonctionnement trophique du lac d'Annecy par l'analyse de la répartition bathymétrique de la macrofaune. *Mém. D.E.S.S. Univ. sciences Fr-Comté, Besançon* : 50 p.

BARONNET T., 1998. Contribution à l'étude des régimes alimentaires de poissons du lac d'Annecy *Mém. D.E.S.S. Univ. sciences Fr-Comté, Besançon* : 48 p.

DEGIORGI F., 1994. Étude de l'organisation spatiale de l'ichtyofaune lacustre. Prospection multi-saisonnière de 6 plans d'eau de l'Est de la France à l'aide de filets verticaux. *Thèse Univ. Besançon, Fr.-Comté* : 207 p. + annexes.

DEGIORGI F. & GRANDMOTTET J.-P., 1993. Relations entre la topographie aquatique et l'organisation spatiale de l'ichtyofaune lacustre : définition des modalités spatiales d'une stratégie de prélèvement reproductible. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 329 : 231-243.

LAURENT P.-J., 1985. Les poissons du lac d'Annecy : populations naturelles et populations acclimatées. *Bull. liaison C.S.P.*, n°37-38, 11-15.

CEMAGREF, 1984. Étude des populations ichtyologiques des grands plans d'eau : le lac d'Annecy et la retenue de Serre-Ponçon. *Rapp. Cemagref DQEPP*, 66 p.

Annexe 1 : Comparaison des rendements de pêche mesurés en 1983 et 2007 (CEMAGREF Lyon)

Familles	Espèce code	Rendements 1983		Rendements 2007		Evol.
		numériques ind/1000m ²	pondéraux gr/1000m ²	numériques ind/1000m ²	pondéraux gr/1000m ²	
Blenniidés	BLE	0,14	0,68	0,32	1,13	
Coregonidés	COR	15,52	6310,92	6,47	656,80	baisse
Cottidés	CHA	-	-	0,65	3,72	
Cyprinidés	ABL	0,14	5,45	0,01	3,24	stable
	BRE	1,91	3251,43	-	-	
	CHE	-	-	0,16	132,52	
	CMI	1,23	3545,47	-	-	
	GAR	36,89	6661,09	43,85	1482,85	baisse
	GOU	1,63	18,92	3,07	11,00	stable
	TAN	3,95	4795,13	0,97	1981,88	baisse
	VAN	-	-	0,32	3,24	
Esocidés	BRO	1,23	2048,05	1,46	907,44	(?)
Lotidés	LOT	0,68	100,33	0,16	7,61	baisse
Percidés	PER	17,56	1528,45	63,59	1542,23	stable
Salmonidés	OBL	2,18	1011,03	1,29	126,05	baisse
	TRF	0,14	10,21	-	-	
	OCL	-	-	8,41	135,44	
	PFL	-	-	2,10	85,28	
TOTAL		83,2	29287,16	133,70	7080,44	

Diversité (hors écrevisses)

13

13

ABL	Alburnus alburnus	ablette	bleak
BLE	Salaria fluviatilis	blennie	river blenny
BRE	Abramis brama	brème commune	common bream
BRO	Esox lucius	brochet	northern pike
CHA	Cottus gobio	chabot	sculpin
CHE	Leuciscus cephalus	chevasne	chub
CMI	Cyprinus carpio	carpe var. miroir	common carp
COR	Coregonus lavaretus	corégone	whitefish
GAR	Rutilus rutilus	ablette	roach
GOU	Gobio gobio	goujon	gudgeon
LOT	Lota lota	lote	burbot
OBL	Salvelinus alpinus	omble chevalier	arctic charr
PER	Perca fluviatilis	perche	perch
TAN	Tinca tinca	tanche	tench
TRF	Salmo trutta	truite de lac	brown trout
VAN	Leuciscus leuciscus	vandoise	dace
PFL	Pacifastacus leniusculus	écrevisse signal	signal crayfish
OCL	Orconectes limosus	écrevisse américaine	spiny cheek crayfish

Ann. 2 : résultats de campagnes de pêche sur des lacs suédois de gabarit comparable à celui du lac d'Annecy (FISKERIVERKET, 2007)

LAC	Espèce	Résultats bruts				Rendements de pêche			
		NAVARN	STORA GLA	NAVARN	STORA GLA	NAVARN	STORA GLA	NAVARN	STORA GLA
Date fère pose		19900709	19970721	20000719	20070813	19900709	19970721	20000719	20070813
Effectifs (ind.)	ABL				3				0,71
	BRO	5	2	2	1	1,69	0,93	0,93	0,24
	COA			3	111			1,39	26,43
	COR	106	126	55	12	35,80	58,33	25,46	2,86
	EPI	1	1			0,34	0,46		
	EPR	6	15	11	44	2,03	6,94	5,09	10,48
	EPT		2	1			0,93	0,46	
	GAR	19	25	13	11	6,42	11,57	6,02	2,62
	GRE				71				18,90
	LOT	5	9	4	8	1,69	4,17	1,85	1,90
PER	514	129	362	643	173,59	59,72	167,59	153,10	
Total	656	309	451	904	221,55	143,06	208,80	215,24	
Biomasses (gr.)	ABL				25				5,95
	BRO	4754	324	1261	419	1606,54	150,00	583,80	99,76
	COA			124	1224			57,41	291,43
	COR	13096	7310	6040	2625	4422,83	3384,26	2796,30	601,19
	EPI	1	1			0,34	0,46		
	EPR	40	274	41	838	13,51	126,85	18,98	199,52
	EPT		3	1			1,39	0,46	
	GAR	1532	442	796	616	517,39	204,63	368,52	146,67
	GRE				455				108,33
	LOT	746	1475	379	2192	251,94	682,87	175,46	521,90
PER	37485	18958	19599	52834	12659,57	7850,93	9073,61	12579,52	
Total	57654	26787	28241	61128	19471,12	12401,39	13074,54	14554,29	
Diversité	7	8	8	9					

AGENCE DE L'EAU RHONE-MEDITERRANEE ET CORSE

Recherche de substances dangereuses dans l'eau et le sédiment des lacs alpins (2005)

AIGUBELETTE		ANNECY		BOURGET		LEMAN
15-sep	25-oct	9-aoû	21-sep	2-nov	26-sep	28-oct

Analyse sur eau

Baryum		11	17	20	16	24	21
Bore			12	31	8	17	
Cuivre		3			6		
Cyanures		5					
Fluorures			60	73	69	89	78
Phosphore total	0,013	0,016		0,047	0,027	0,013	0,035
Zinc			23	7			
Atrazine				0,04		0,03	
Di(2-éthylhexyl)phtalate (DEHP)				8,7			
Naphtalène		0,04		0,03	0,04		
Tétrabutylétain		0,023					

Analyse sur sédiment

Antimoine			3,8				
Arsenic et comp. min.		15,7	5,9		5,7		13,3
Baryum		158	11		55,9		72
Béryllium		1	0,5		0,5		0,97
Bore		27,7	25,8		37,8		28
Cadmium et comp.		1	0,5		0,6		0,5
Chrome		40,3	29,5		43,5		33
Cobalt		9,5	5,2		7		6,7
Cuivre		13,7	11,3		22		13
Etain		2,7	9,1		1,6		2
Nickel		20	25,8		27,5		17,5
Plomb		35,9	26,3		22,7		37,6
Sélénium			4		4,2		
Tellure		8,3					7,2
Titane		1093	674		1406		946
Vanadium		43,9	27,5		44		56
Zinc		82,2	54		86,3		134
PCB 118					32		
PCB 138					62		
PCB 153					66		
PCB 180					40		
Tétrabutylétain		32					
3,4-Benzofluoranthène		96	211		59		149
3,4-Benzopyrène		34	112		73		112
Benzo(g,h,i)perylène		44	123				48
Benzo(k)fluoranthène		40	105		32		78
Fluoranthène		112	250		80		253
Indeno(1,2,3-cd)pyrène		80	125				102