

EA 3781 Evolution Génome et
Environnement



Etude hydrobiologique du lac de Rabuons (Alpes Maritimes)

Rapport d'Etude à la Maison Régionale de l'Eau
Convention 2004

Laurent Cavalli¹, Guy Brun¹, Rémi Chappaz¹, Arlette Cazaubon² & Corinne Cuoc¹.

UNIVERSITE AIX MARSEILLE I
3 Place Victor Hugo 13331 Marseille cedex 03
Tél & Fax : 04 91 10 63 53

Le lac de Rabuons est situé dans le massif du Mercantour, à 70 km environ au nord de la ville de Nice et à 2500 m d'altitude. Il occupe 26 ha au creux d'un cirque bordé de sommets avoisinant 3000 m. Sa profondeur maximum est de 50 m. Recouvert par la glace et la neige du mois de novembre au début du mois de juillet, il est alimenté en été par la fonte des névés. Notre travail a eu pour objet la définition des caractéristiques physiques et chimiques des eaux et l'étude de la faune et de la flore du lac. Les différents compartiments seront abordés à partir des résultats des prélèvements réalisés en juillet et septembre 2003.

(¹) Equipe EGEE EA 3781 Université Aix Marseille I

(²) L2EE IMEP UMR 6116 Université Aix Marseille III

Etude hydrobiologique du lac de Rabuons (2003)

1. Le Milieu :	3
1.1. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau	3
1.2 Conductivité	4
1.3 Température	4
2. Le peuplement benthique.	7
3. Le peuplement zooplanctonique	8
4. Le peuplement phytoplanctonique	11
5. Le peuplement ichtyologique	15
5.1 Bilan des captures	15
5.2 Alimentation des truites	18
5.3 Croissance des truites	20
5.4 Reproduction	23
6. Conclusion	25
7. Eléments bibliographiques	27

1. Le Milieu :

1.1. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau

Les résultats concernant l'analyse physico-chimique de l'eau prélevée en juillet (point 4) et en septembre sont données dans le tableau 1.

Tab 1. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de lac Rabuons

	Juillet 2003		Septembre 2003		Juillet 1983
	Surface	Fond	Surface	Fond	Surface
pH	7	6.8	6.9	6.8	
CO ₃ Ca mg.l-1	18	18	20	20	
SiO ₂ mg.l-1	1	1.1	1	1	
N (NO ₃) mg.l-1	0.9	1.3	1.1	1.4	1
P (PO ₄) mg.l-1	0.01	0.02	0.01	0.01	0,01
CL- mg.l-1	nd	nd	nd	nd	
Secchi (m)	7.6		11.4		8
MES mg.l-1	0.5			0.6	

Nutriments :

Les analyses montrent une eau de bonne qualité; quelque soit la période d'échantillonnage, les valeurs de nitrates et phosphore sont très faibles.

Transparence:

Lorsque la masse d'eau est homogène, les radiations lumineuses comprises entre 400 et 700 nm pénètrent en profondeur selon une loi exponentielle décroissante. La zone euphotique est définie comme la couche entre la surface et la profondeur où l'éclairement est encore suffisant pour permettre la photosynthèse. Elle correspond globalement à la zone de production où zone trophogène délimité par la zone de compensation, niveau où l'assimilation du carbone par photosynthèse contrebalance les pertes de carbone par respiration. On admet généralement que la quantité de lumière qui atteint cette zone correspond à 1% de la quantité de lumière reçue en surface.

L'épaisseur de la zone euphotique Z_{eu} peut être évaluée approximativement à partir de la transparence Z_{ds} mesurée à partir du disque de *Secchi* par la relation:

$$Z_{eu} = 2.5 Z_{ds}$$

La transparence de l'eau est en étroite relation avec les matières en suspension et les matières dissoutes dans l'eau. La transparence des eaux a fait l'objet de mesures à partir d'un disque de *Secchi* (disque de 30cm de diamètre avec en alternance des secteurs blancs et noirs). Le disque est descendu depuis la surface lorsque le soleil est au zénith, vers le fond.

Dans le lac Rabuons, la transparence reste élevée, avec plus de 11m, en profondeur de disparition du disque, en septembre : les eaux sont claires et peu turbides. La différence de transparence entre juillet et septembre s'explique par la présence de cellules algales, très abondantes avec les températures plus élevées du mois de juillet.

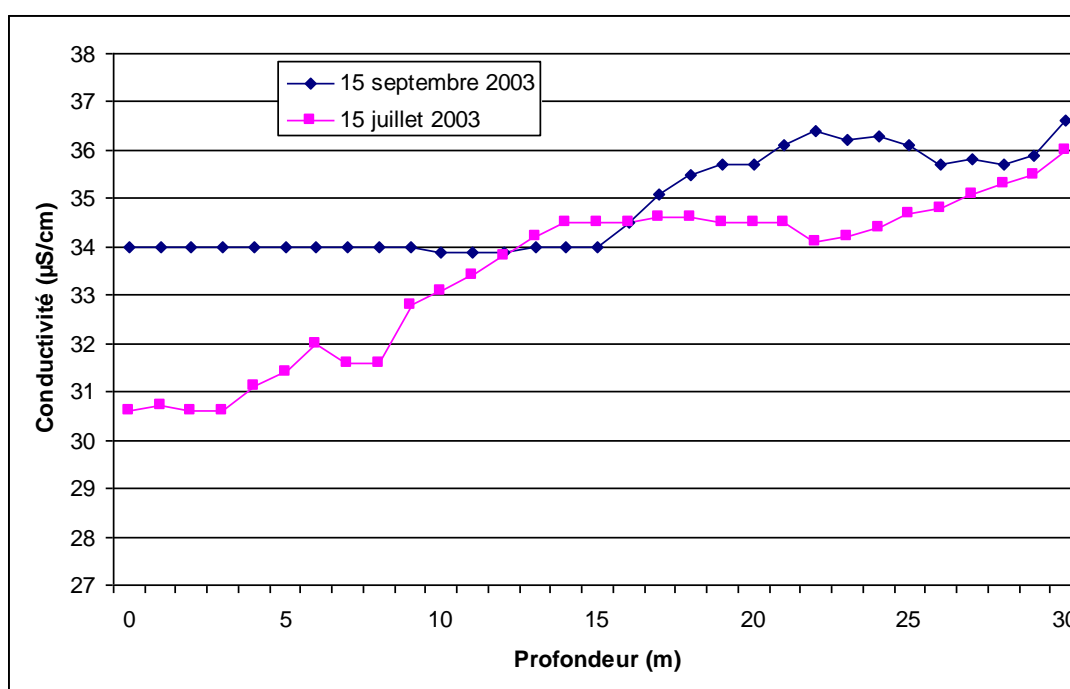
La zone euphotique mesure 19 m d'épaisseur en juillet et 28.5m en septembre, c'est à dire au moins la moitié de la profondeur du lac. Ces valeurs sont très importantes; elles expliquent les concentrations en oxygène rencontrées, toujours supérieures à 6mg.l^{-1} .

Au sujet de l'oxygène, il peut exister un problème de déficit en zone profonde en fin de période hivernale après huit mois de stratification thermique.

1.2 Conductivité :

Les résultats ainsi que les valeurs de conductivité mesurées sur l'ensemble de la colonne d'eau en juillet et septembre (Fig. 1) montrent une eau très peu minéralisée en relation avec la nature du bassin versant. La conductivité varie légèrement entre la surface et le fond, (variation de $6\mu\text{S/cm}$ soit environ 15%), elle varie peu d'une campagne à l'autre. En septembre 2003, la conductivité suit d'abord la température; elle est constante ($34\mu\text{S/cm}$) jusqu'à -16m puis elle augmente de quelques points alors que la température diminue avec la profondeur. En juillet la conductivité augmente légèrement depuis la surface vers le fond.

Fig 1. Mesures de conductivité – lac de Rabuons.



1.3 Température :

La mesure de la température de l'eau a été réalisée par deux approches distinctes et complémentaires.

Au niveau du point 1, nous avons installé pendant toute la durée de l'étude un bouée avec une sonde thermique enregistreuse. Il s'agit de sondes étanches Pekly 8000 (Hermann Moritz) dont la gamme d'utilisation s'étend de -35°C à $+49^{\circ}\text{C}$. La température était mesurée puis stockée toutes les heures. Le transfert des données se faisant par l'utilisation d'une interface vers un micro ordinateur équipé d'un tableur.

Une sonde a été placée à -2m de façon conventionnelle pour éviter des petites variations thermiques liées à des rafraîchissements ou réchauffements ponctuels, (alternance jour- nuit, épisode orageux,...). Cette sonde nous permet de caractériser le lac d'un point de vue des processus biologiques qui sont, pour partie, sous contrôle thermique.

Au droit de la bouée, lors de chaque campagne de mesures, nous avons mesuré la température sur la colonne d'eau, de la surface jusqu'au fond. Un oxymètre- thermomètre de marque WTW équipé d'une sonde et de 20 mètres de câble nous a permis de mesurer les valeurs tous les mètres, bien au delà de la thermocline.

En juillet les valeurs sont comprises entre 15°C en surface et 4°C au fond, le lac est stratifié sur 4 à 5m et la thermocline est épaisse, elle s'établit entre -5 et -10m .

En septembre, les eaux de surface commencent à se refroidir (10°C) tandis que les eaux de fond sont toujours à 4°C (Fig. 2.). Dans les semaines qui suivent, les températures vont s'équilibrer entre la surface et le fond et un simple coup de vent permettra le brassage entre les eaux de surface et les eaux de fond.

Ce lac est de type dimictique, c'est-à-dire présentant deux phases de stratification thermique en été et en hiver et deux périodes de mélange au printemps et à l'automne.

La principale caractéristique du lac de Rabuons est sa profondeur, suffisamment importante pour maintenir au fond une température constante de 4°C .

Les températures enregistrées entre juillet et septembre (Fig. 3.) montrent des valeurs maximales en juillet, autour de 15°C . On observe des variations de faible amplitude entre le jour et la nuit mais également entre juillet et août les valeurs de température commencent à diminuer seulement au cours du mois de septembre pour atteindre des valeurs inférieures à 10°C au 15 septembre 2003.

Lorsque l'on compare les enregistrements à ceux effectués sur des lacs de haute altitude du parc des Ecrins, on constate que le lac de Rabuons présente des températures

relativement élevées compte tenu de son altitude, comparables à des valeurs observées sur des lacs situés 200 m plus bas en altitude dans le parc des Ecrins.

Fig. 2. Mesures de température – lac de Rabuons, zone centrale Station Bouée.

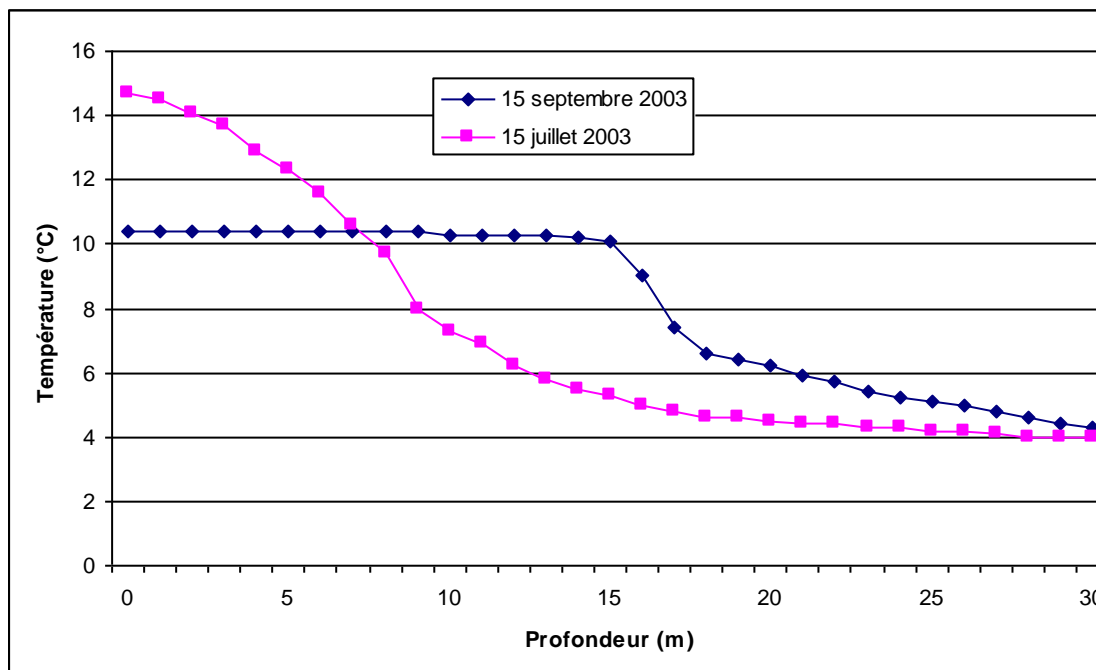
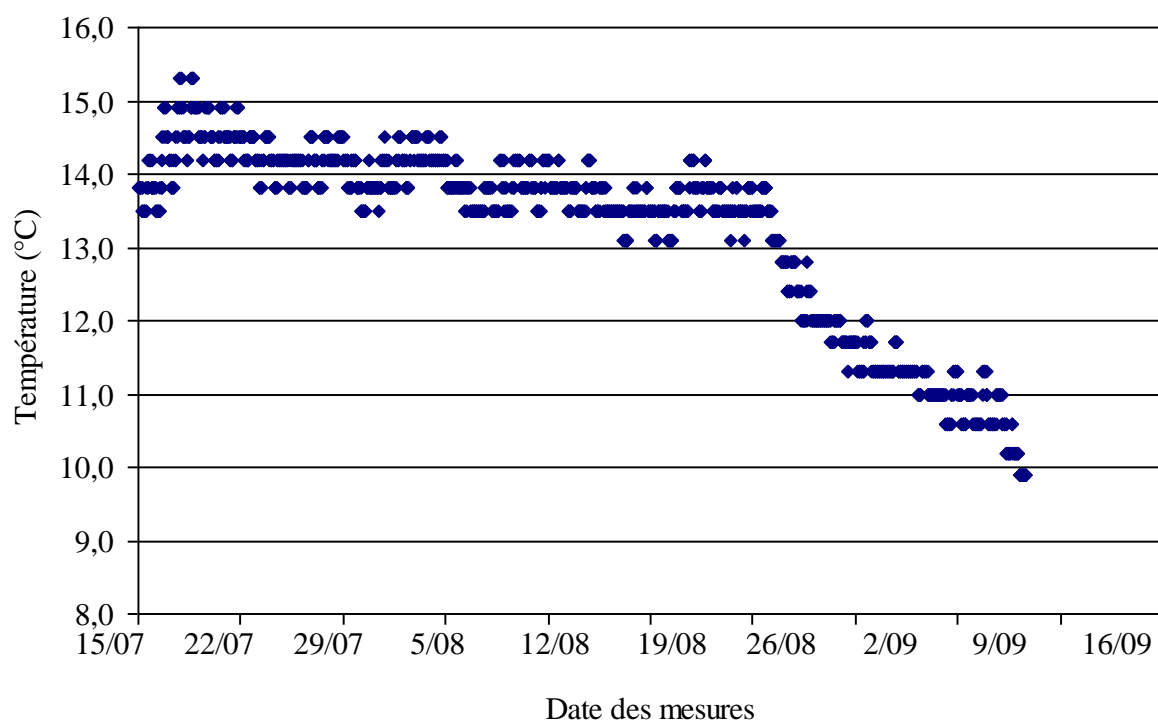


Fig. 3. Mesures de température – lac de Rabuons, zone centrale Station Bouée.
Enregistrement de température en continu (moins deux mètres sous la surface)



2. Le peuplement benthique.

Méthodes :

Les prélèvements de faune benthique ont été effectués depuis la surface à l'aide d'une benne d'Eckman de 400cm² de surface. Le volume prélevé par chaque benne dépend de la résistance du substratum, un substratum de limons fins opposant souvent une résistance moindre qu'un substratum mixte, limons + sables + petits cailloux. Les prélèvements sont effectués en zone centrale, où les apports de particules sont plus stables et la granulométrie plus fine.

Trois répliqués sont systématiquement réalisés lors de chaque prélèvement. Les prélèvements sont fixés individuellement dans une solution de formol à 5% puis analysés au laboratoire sous une loupe binoculaire.

Résultats :

La faune benthique du lac est peu dense, constituée essentiellement d'oligochètes (F. Tubificidae) et de Diptères chironomes (Tab. 2.). Les densités d'Oligochètes varient selon les points de prélèvements entre 50 et 150 individus .m⁻². Seule une larve de Diptère *Chironomidae* entière a été observée (soit 15 individus .m⁻²). On constate d'autre part l'accumulation d'exuvies et de capsules céphaliques sur le fond, qui témoignent de la lenteur des processus de minéralisation. Le ruisseau qui alimente le lac à partir des névés abrite de nombreuses larves d'insectes, plécoptères, trichoptères, éphéméroptères, diptères, coléoptères.

Tab.2. Résultats des prélèvements d'invertébrés benthiques – Lac de Rabuons juillet et septembre 2003. (pour la localisation des différents points se référer à la fig 5).

		Juillet			Septembre		
		Point 2	Point 3	Point 4	Point 2	Point 3	Point 4
Répliquat 1	Oligochètes	50	70	90	50	80	150
	Diptères Chironomes (larves)	15	5	0	0	0	0
Répliquat 2	Oligochètes	40	60	80	40	120	140
	Diptères Chironomes (larves)	10	0	0	0	0	0
Répliquat 3	Oligochètes	70	50	80	20	70	120
	Diptères Chironomes (larves)	10	5	0	0	0	0

3. Le peuplement zooplanctonique

L'inventaire faunistique réalisé en 1982 avait donné les résultats suivants :

CRUSTACES :

Cladocères : *Daphnia longispina*, *Chydorus sphaericus*

Copépodes : *Eucyclops* sp., *Cyclops tartricus tartricus* (aujourd'hui *Cyclops abyssarum tartricus* Kozminski, 1927), *Arctodiaptomus alpinus* (aujourd'hui *Arctodiaptomus (Rhabdodiaptomus) alpinus* Imhof, 1885)

ROTIFERES : *Keratella quadrata*

Les valeurs de densité sont présentées dans le tableau 3 (in Brun *et al*, 1985).

Tab. 3. Densité des organismes zooplanctoniques (nombre d'individus.m⁻²) dans la zone d'abondance maximum, entre 5 et 10 m de profondeur. (+ présence de quelques individus.)

	octobre	juillet
<i>Daphnia longispina</i>	5 100	200
<i>Chydorus sphaericus</i>	20	+
<i>Eucyclops</i> sp.	+	+
<i>Cyclops tartricus tartricus</i>	180	+
<i>Arctodiaptomus alpinus</i> (femelles ovigères)	+	+
Larves nauplii de copépodes	+	650
<i>Keratella quadrata</i>	93	

En 1982, le cladocère *Daphnia longispina* constitue en toute saison l'essentiel du plancton (Tab. 3) dont la densité est maximum dans la couche 5-10 m. La proportion de femelles éhippiales (femelle portant des œufs) dans cette espèce qui est de l'ordre de 15 à 20 % en octobre, dépasse 60 % en décembre. Un autre cladocère, *Chydorus sphaericus*, et deux copépodes, *Arctodiaptomus alpinus* et *Cyclops tartricus tartricus*, l'accompagnent. La majorité des cyclopidés sont adultes au début de la saison froide. Le nombre de femelles

ovigères est très faible. Le Calanide *Arctodiaptomus alpinus* est rare mais caractéristique de ce type de milieu.

En 2003:

Méthodes : L'inventaire des populations zooplanctoniques a été réalisé à l'aide d'un filet à plancton de 0.40m d'ouverture et de 1.50m de long; la maille est de 100µm. Les prélèvements sont effectués entre la surface et la profondeur de 20 m. Le filet est remonté à une vitesse de 0.7 à 0.8m.s⁻¹ à la surface. L'échantillon est fixé au formol à 5% dès la capture pour être analysé en laboratoire. Pour le comptage, on utilise ensuite une cuve de *Dolffus* dont l'erreur relative est de 10.8%. Le nombre de cases comptées, réparties sur toute la surface de la cuve, a été déterminé de manière à compter environ 500 individus. Deux à trois réplicats sont fait pour chacun des trois points de prélèvements.

Nous tenons à remercier Danielle Defaye et Bernard Dussart (MNHN Paris), pour avoir vérifié certaines de nos déterminations.

Résultats : en 2003, les déterminations et comptages réalisés conduisent au tableau suivant.

Tab.4. Comptage des invertébrés planctoniques sur trois points (densité en ind.m³)

Espèces	15 Juillet 2003			15 Septembre 2003		
	Point 4 Bouée	Point 2	Point 3	Point 4 Bouée	Point 2	Point 3
<i>Cyclops abyssorum tatricus</i>	85	130	115	1	1.9	5.6
<i>A. alpinus</i>	7	15	9	6	13	54
<i>Daphnia longispina</i>	34	51	20	62	388	2862
Σ ind.m⁻³	126	196	144	69	403	2921

Trois espèces seulement sont présentes, *Daphnia longispina*, *Cyclops abyssorum tatricus* (Kozminski, 1927), *Arctodiaptomus (Rhabdodiaptomus) alpinus* (Imhof, 1885). L'espèce de Cladocères, *Chydorus sphaericus* n'a pas été rencontrée.

Il y a une légère diminution de la diversité, mais les espèces qui semblent avoir disparue n'étaient représentées que par quelques individus.

En juillet 2003, les prélèvements ont été réalisés sur trois points, un point en zone centrale et deux points en bordure, la diversité et la densité sont très voisines. Les densités, toutes espèces confondues fluctuent entre 126 et 196 ind.m⁻³. Il s'agit de valeurs très faibles

pour un lac de piémont, mais que l'on retrouve communément dans des lacs de haute altitude avec un important peuplement de poissons.

En septembre, les résultats montrent une importante différence entre les prélèvements de la zone centrale (station bouée) et les prélèvements de bordure (points 2 et 3). Cette différence porte sur les densités du cladocère *D. longispina* particulièrement bien représentée sur la station 3 (suivant les répliquats la densité évolue entre 1200 et 4400 ind.m⁻³). Les stations 2 et 3 sont moins profondes, la densité du zooplancton est souvent plus forte dans les dix premiers mètres.

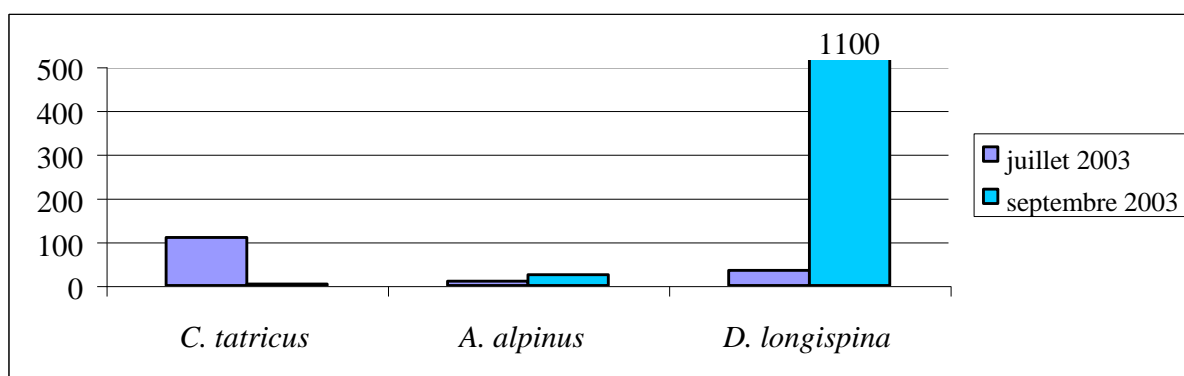
En 1982, en octobre, *D. longispina* montrait déjà un fort développement de sa population.

D. longispina est une espèce de grande taille avec une vitesse de nage faible par rapport à celle des copépodes présents dans le lac. C'est une proie de choix pour les truites présentes. L'espèce est rarement présente en densité élevée dans les lacs de haute altitude en raison de sa capturabilité par les poissons Salmonidés (Cavalli *et al*, 2001).

Des travaux réalisés en 1982 sur le lac de Rabuons confirment la prédation sélective effectuée par les truites sur la daphnie (Brun *et al*, 1985). *D. longispina* est une espèce commune qui présentent un maximum de développement de ses populations au printemps et à l'automne.

Les deux autres espèces présentent, *Cyclops abyssorum taticus* et *Arctodiaptomus (Rhabdodiaptomus) alpinus* sont bien représentées dans les lacs de montagne de l'arc Alpin.

Fig. 4. Evolution de la densité des différentes espèces de Crustacés pélagiques en juillet et septembre 2003 (densité en ind.m⁻³)



4. Le peuplement phytoplanctonique

Le peuplement phytoplanctonique du Lac Rabuons a été échantillonné par des prélèvements 0-20 m à l'aide du même filet que pour les prélèvements de zooplancton. Le peuplement se compose de 18 taxons qui se répartissent de la manière suivante :

CHROMOPHYTES	9
CYANOPHYCEES	4
CHLOROPHYTES	4
PYRRHOPHYTE	1

Les espèces constitutives (tableau 1) sont euryèces et traduisent une eutrophisation des eaux.

Deux espèces sont présentes sur toutes les stations prospectées, il s'agit de deux Diatomées : la coloniale *Asterionella formosa* et la centrale *Cyclotella meneghiniana*.

La richesse spécifique (tab. 5.) est relativement stable sur tout le lac (5 à 6 taxons) à l'exception de la station située en amont où elle est plus forte (10 taxons). L'embranchement des Diatomées, composé uniquement de Diatomées représente le groupe le plus varié (4 à 6 espèces) celui des Pyrrophytes, le moins varié avec un seul Péridinien caractérisé par sa grande taille (*Ceratium hirundinella*).

Les densités cellulaires globales sont élevées sur le point 2 (333 600 cellules au litre), la station amont (973 600 cellules au litre) et culminent sur le point 3 où elles atteignent la valeur de 1 945 800 cellules au litre; ceci résulte de la prolifération d'*Asterionella formosa* qui forme des colonies de 11 à 13 cellules. Au centre du lac, secteur considéré comme représentatif de l'ensemble de l'écosystème, on note que les valeurs sont faibles (2320 cellules au litre), ce qui traduit une faible production primaire.

Tab. 5. Liste des espèces phytoplanctoniques déterminées dans le lac de Rabuons en 2003.

RABUONS	juil-03		15/09/03		
Densité des algues (cell.L-1)	Point 1	Point 2	Point 3	Point 1	Point 2
CHROMOPHYTES					
Diatomophycées					
<i>Asterionella formosa</i>	1 944 000	332 000	2840	972 000	2160
<i>Cocconeis plecticulus</i>				80	
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	480	40	560	40	40
<i>Cyclotella radiosa</i>	400	120	80		80
<i>Fragilaria intermedia</i>			760		
<i>Fragilaria ulna</i>				80	
<i>Gomphonema olivaceum</i>				40	
<i>Navicula cryptocephala</i>				40	
<i>Surirella robusta</i>					40
CYANOPHYCEES					
<i>Lyngbya limnetica</i>	840				
<i>Oscillatoria limosa</i>					1280
<i>Oscillatoria subbrevis</i>		680			
<i>Oscillatoria tenue</i>			520	280	
CHLOROPHYTES					
<i>Mougeotia sp</i>				440	
<i>Botryococcus sp</i>		640			
<i>Ulothrix sp</i>				560	
<i>Staurastrum punctulatum</i>				40	
PYRRHOPHYTES					
<i>Ceratium hirundinella</i>	80	120			
Σ	1945800	333600	4760	973600	3600

Tab. 6. Composition et structure du peuplement phytoplanctonique (centre du lac = Point 4)

RICHESSE SPECIFIQUE	Amont Rabuons	POINT 1	POINT 2	POINT 3	CENTRE LAC
CHROMOPHYTES	6	3	3	4	4
CYANOPHYTES	1	1	1	1	1
CHLOROPHYTES	3	0	1	0	0
PYRRHOPHYTES	0	1	1	0	0
TOTAL	10	5	6	5	5

DENSITE (nombre de cellules.L-1)					
CHROMOPHYTES	972280	1944880	332160	4240	2320
CYANOPHYTES	280	840	680	520	1280
CHLOROPHYTES	1040	0	640	0	0
PYRRHOPHYTES	0	80	120	0	0
TOTAL	973600	1945800	333600	4760	3600

INDICE de Nygaard (1949)					
QC	6	–	–	–	–

INDICE de Stockner et Benson (1967)					
A/C	2	0,5	0,5	1	0,5

Pour analyser le statut trophique du lac, deux indices ont été appliqués : l'indice de Nygaard et celui de Stockner et Benson.

Le calcul de l'Indice de NYGAARD encore appelé « Compound Index (QC) », est basé sur le rapport des nombres d'espèces (NE) constitutives des groupes représentés :

$$QC = \frac{NE \text{ Cyanophycées} + NE \text{ Chlorococcales} + NE \text{ Euglénophycées} + NE \text{ Diatomées}}{NE \text{ Desmidiacées}}$$

En l'absence de Desmidiées sur quatre des stations prospectées, la seule valeur obtenue caractérise la station amont. Celle-ci (6) traduit qu'il s'agit d'un milieu eutrophe.

Le calcul d'un deuxième indice (Stockner et Benson) est utilisé pour analyser des tendances d'évolution d'un statut trophique à un autre; il se calcule en faisant le rapport du nombre d'espèces de Diatomées Araphidées sur celui des Diatomées Centrales. Les valeurs obtenues montrent clairement un gradient d'eutrophisation depuis les points 1 et 2 et le centre du lac (localisation des différents points sur Fig. 4) (A/C= 0.5) vers le point 3 (A/C= 1) pour culminer à la station amont (A/C= 2).

Ces deux indices traduisent bien une situation dégradée à la station amont. En revanche la situation trouvée au centre du lac tend à prouver qu'il ne peut être considéré comme un lac perturbé.

Structure du peuplement en 1982.

CYANOPHYCEES : *Microcystis*.

CHLOROPHYTES :

Erucigenia tetrapedia

Pediastrum borianum

Westelle botryoïdes

EUGLENOPHYTES : *Euglena sp.*

CHROMOPHYTES :

Chrysococus sp.

Dinobryon sp.

Melosira (2 sp.)

Melosira arenaria

Cyclotella conta

Cyclotella austriaca

Cyclotella rutzingiana

Tabellaria flocculosa

Diatoma vulgare

Diatoma hiemale

Ceratoneis arcus

Asterionella formosa

Fragilaria (4sp.)

Synedra ulna

Synedra tabulata

Funotia sp.

Coconeis sp.

Archnantes affinia

Archnantes coarctata

Archnantes (2 sp)

Pleurosigma sp.

Gyrosigma sp.

Navicula cryptocephala

Avicula radiosa

Chlorella sp.

Glocospheria vacuolata

Navicula pula

Navicula sp.

Caloneis bacillum

Caloneis ventricosa

Pinularia viridis

Pinularia mesolepta

Pinularia microstauron

Pinularia subcapitata

Pinularia sp.

Cymbella amphicephala

Cymbella tumidulla

Cymbella affinis

Cymbella parva

Amphora pedicullus

Amphora veneta

Amphora sp.

Gomphonema strictum

Gomphonema acuminatum

Gomphonema sp.

Nitzchia closterium

Nitzchia notonensis

Surirella sp.

Campylodiscus noricus

PYRROPHYTES :

Ceratium hirundinella

Peridinien sp.

En 1982, l'essentiel de la biomasse du peuplement phytoplanctonique est constitué de diatomées parmi lesquelles dominant les genres *Cyclotella* en octobre, et *Melosira* en décembre. Une Chlorophycée du genre *Chlorella* domine numériquement dans les prélèvements d'octobre.

5. Le peuplement ichthyologique

5.1 Bilan des captures

Nous avons réalisé deux campagnes de pêche avec des filets maillants sur le lac de Rabuons : les 15 et 16 juillet et les 15 et 16 septembre 2003. Les engins ont été posés à la tombée de la nuit et relevés le lendemain matin, soit un temps de pose de 14 heures. Les filets utilisés sont des filets monofilament, monomaille, horizontaux de longueur comprises entre 25 et 50 m et de maille comprise entre 12 et 50 mm. Deux types ont été utilisés, des filets de surface et des filets de fond. Le choix de ces filets est basé sur la méthodologie mise au point par le Cemagref sur les lacs de Haute Altitude (Rivier, 1996). Cette méthodologie est adaptée aux caractéristiques et contraintes des lacs de haute altitude. Elle permet de plus, des éléments de comparaison avec les 15 lacs de haute altitude que nous avons déjà étudiés, puisque la même méthodologie a été employée systématiquement.

La localisation et les filets utilisés sont décrits dans les figures (Fig. 5 et 6).

Fig. 5. Emplacement et mailles des filets posés sur le lac de Rabuons le 15 juillet 2003.

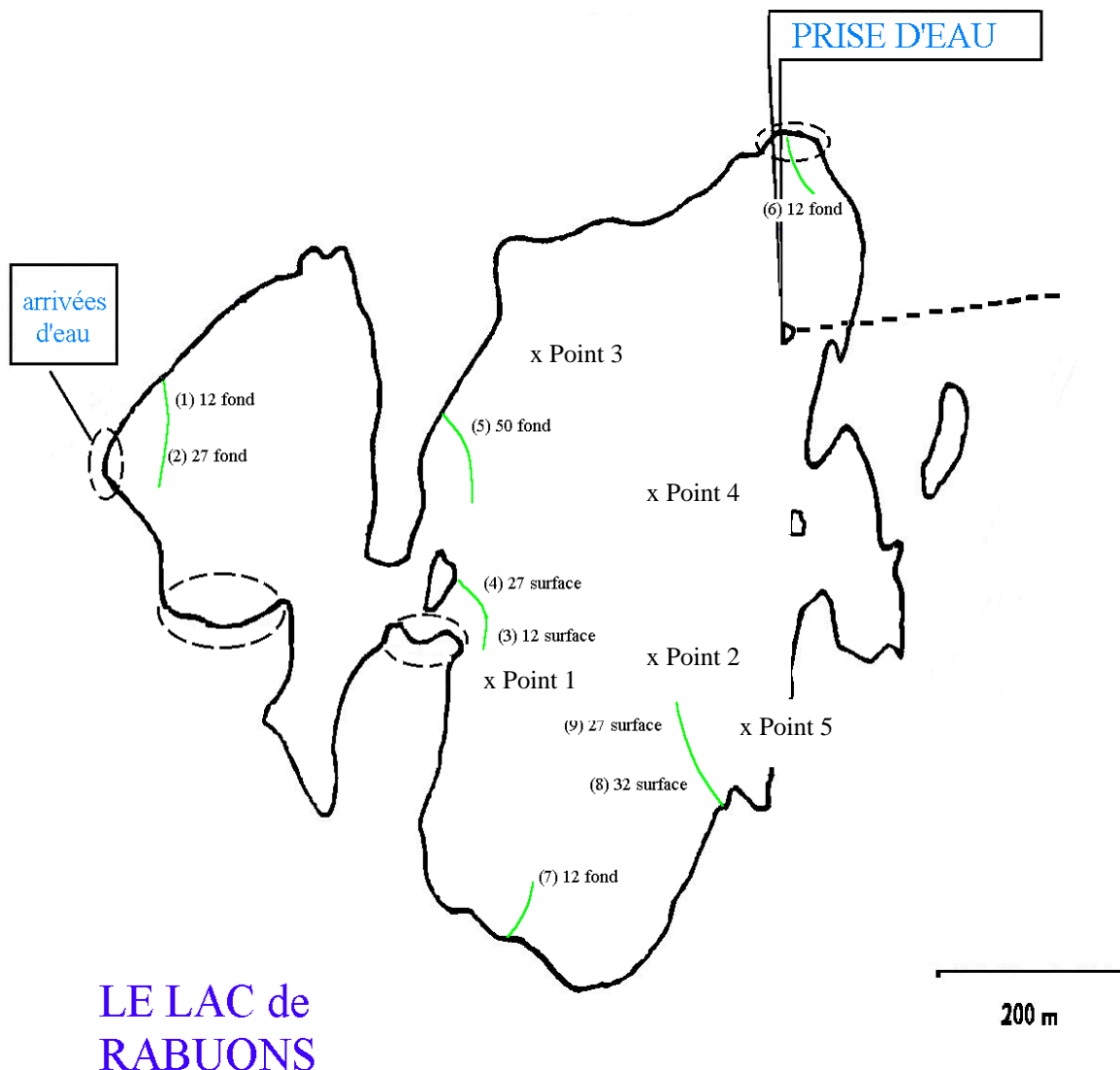
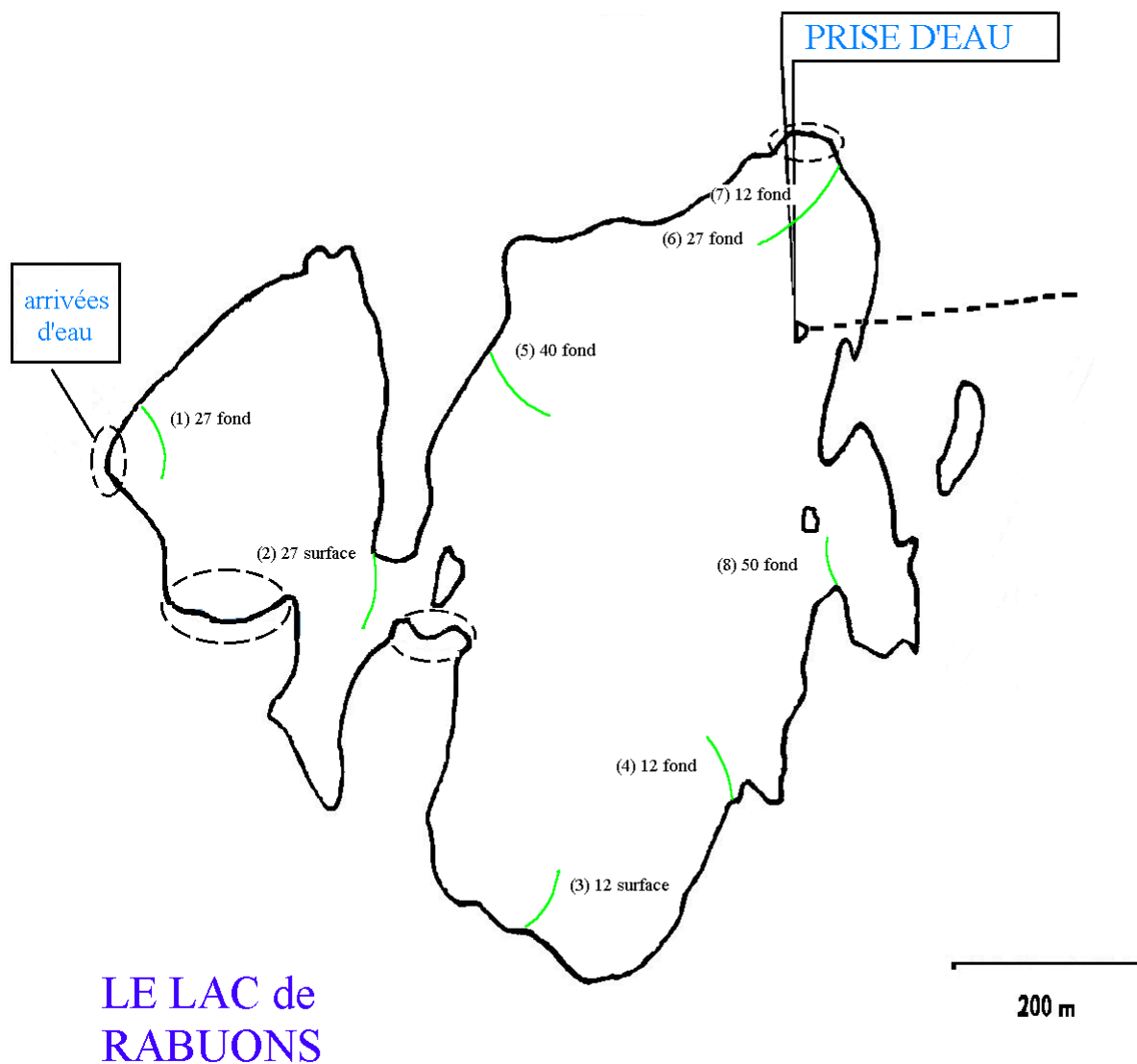


Fig. 6 . Emplacement et mailles des filets posés sur le lac de Rabuons le 15 septembre 2003.

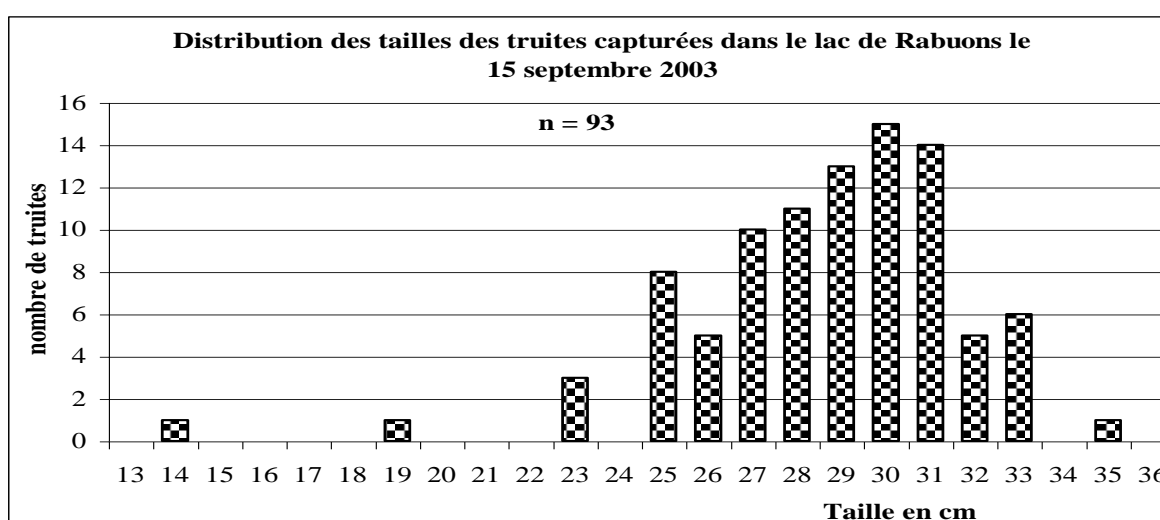
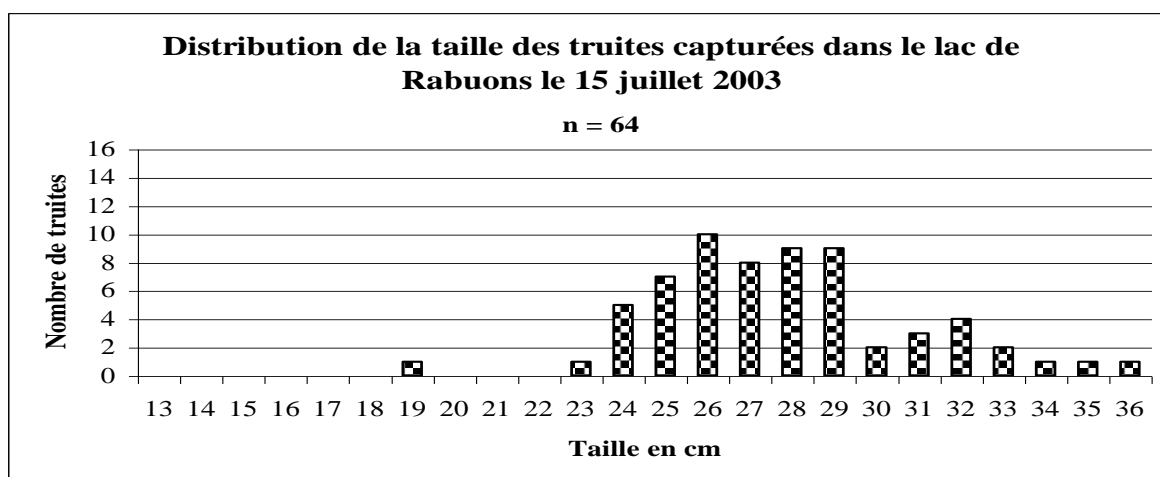


Les résultats concernant le nombre et la taille des poissons capturés sont rassemblés dans les graphiques suivants (Fig.7 et 8). Lors des deux campagnes, 7 groupes de filets ont été posés durant des temps de pose similaires. En juillet, 64 poissons ont été capturés contre 93 poissons en septembre.

Deux truites de grande taille (50 et 63 cm) ne sont pas portées sur ces graphiques :

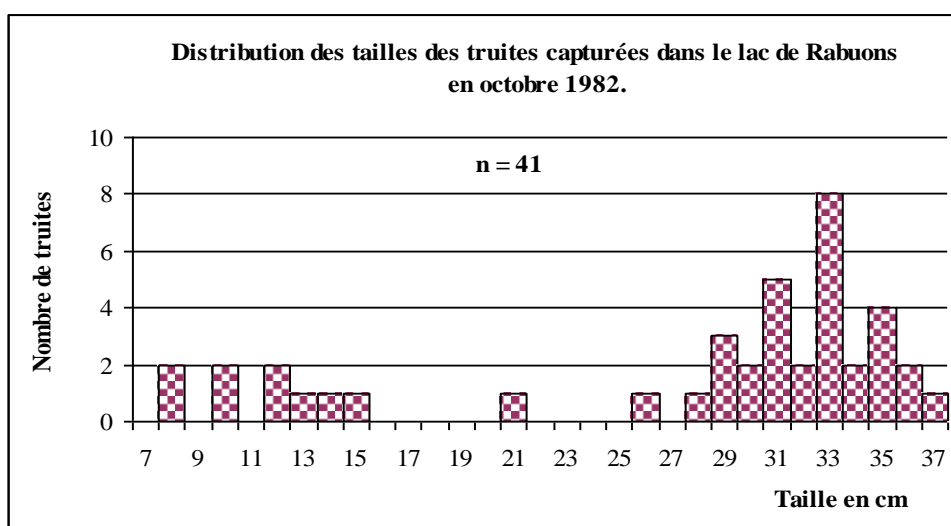
Les truites ont été capturées dans le lac de Rabuons le 15 septembre 2003. Le 15 juillet nous avons capturé 1 blageon (9cm) et 1 chevaine (35 cm).

Fig.7 et8. Histogrammes des captures faites en juillet et septembre 2003.



Pour mémoire on trouve ci dessous le graphique concernant les captures d'octobre 1982. Les sujets de petite taille ont été capturés par pêche électrique dans les rochers du bord.

Fig.9. Histogramme des captures faites en octobre 1982.



L'analyse de la structure des peuplements de poissons capturés sur le lac de Rabuons met en évidence un peuplement quasi mono-spécifique constitué de truites issues d'alevinage, dont la taille peut atteindre plus de 60 cm. Quelques individus d'autres espèces ont été capturés ; ces individus proviennent sans doute de vifs utilisés par les pêcheurs.

Les effectifs par unité d'effort de pêche sont de 0.006 poisson / m² de filet / par heure de pose en juillet (730 m² de filets posés pendant 14 heures) et 0.010 poisson / m² de filet / par heure de pose en septembre (622.5 m² de filets posés pendant 14 heures). Les valeurs moyennes observées sur 6 lacs de haute altitude du parc des Ecrins sont de 0.0057 poisson / m² de filet / par heure de pose avec des valeurs maximales de 0.024 poisson / m² de filet / par heure de pose. Les effectifs en nombre sont assez similaires de résultats observés sur d'autres lacs mais le lac de Rabuons dépasse largement les autres lacs en terme de biomasse.

La structure du peuplement échantillonné en 1982 n'est pas très différente de celle observée en 2003. Les individus de grande taille dominant avec en 2003, une faible représentation des individus de petite taille car seuls des filets ont été utilisés par la capture des poissons (pas de pêche électrique en zone de bordure).

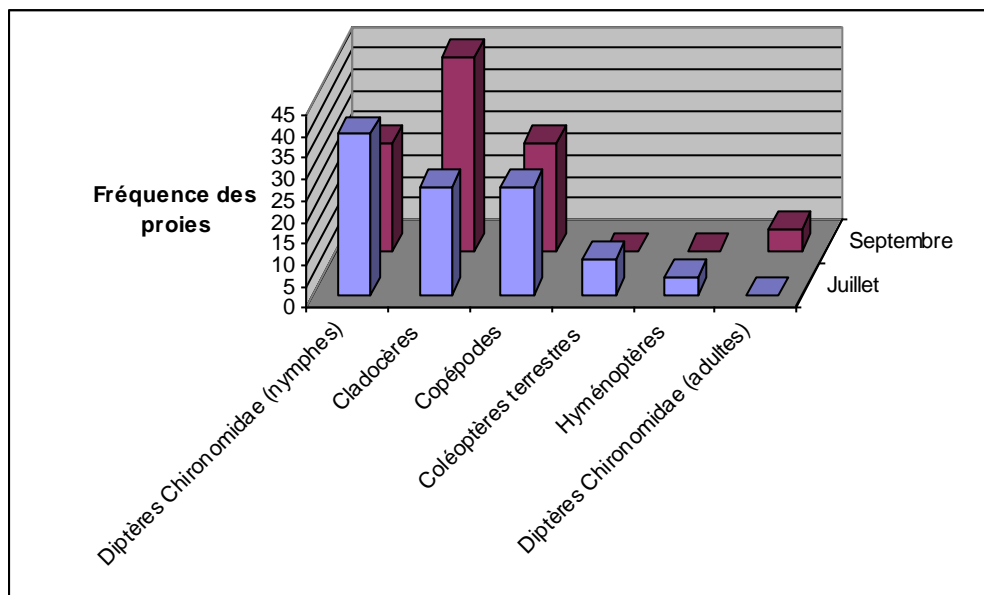
5.2 Alimentation des truites

L'alimentation des truites du lac de Rabuons a été appréhendée par l'étude du contenu stomacal de poissons capturés par pêches aux filets les 16 juillet et 16 septembre 2003.

Les poissons ont été pesés, mesurés. L'ensemble du tube digestif a été prélevé in situ et conservé dans une solution de formol à 10 % pour fixer l'échantillon et éviter toute dégradation ultérieure des proies contenues.

Au laboratoire, l'estomac a été pesé plein puis vide, le foie a été pesé également. L'ensemble du contenu stomacal a été examiné. Les proies présentes ont été identifiées et dénombrés.

Fig.10. Fréquence des proies contenues dans les estomacs de truites capturées sur le lac de Rabuons en juillet et septembre 2003 (Toutes tailles confondues).



Tab.7. Fréquence (F) et occurrence (O) des différentes proies observées dans les estomacs. Les poissons ont été séparé en deux classes (plus ou moins de 30 cm).

		Juillet		Septembre	
		F	O	F	O
<u>Proies aquatiques</u>					
Diptères (nymphe)	Chironomidae	37,5	3,22	25	7,81
	Lf <=30	40	4,10	18,75	8,09
	Lf >30	35,71	2,54	50	6,25
Cladocères		25	69,52	45	61,22
	Lf <=30	20	35,03	43,75	55,39
	Lf >30	28,57	95,73	50	93,75
dont femelles		5,88	9,30	5,26	1,10
	Lf <=30	16,67	0	6,25	1,30
	Lf >30	0	18,04	0	0
Copépodes		25	27,19	25	30,87
	Lf <=30	30	60,75	31,25	36,41
	Lf >30	21,43	1,68	0	0
Dont femelles		0,69	0,69	5	1,04
	Lf <=30	1,60	1,60	6,25	1,23
	Lf >30	0	0	0	0

<u>Proies terrestres</u>				
Coléoptères	8,33	0,06	0	0
Lf <=30	10	0,12	0	0
Lf >30	7,14	0,02	0	0
Hyménoptères	4,17	0,01	0	0
Lf <=30	0	0	0	0
Lf >30	7,14	0,02	0	0
Diptères Chironomidae (adultes)	0	0	5	0,09
Lf <=30	0	0	6,25	0,11
Lf >30	0	0	0	0

L'essentiel de l'alimentation des truites capturées sur le lac en juillet, quelques jours seulement après le dégel complet du lac et en septembre, est assurée par des proies d'origine autochtone (fréquence des proies autochtones > 85 %). La taille des proies capturées est très faible (< 5 mm) surtout en regard de la taille des poissons capturés (taille maximale 63 cm). La part des apports allochtones est très faible lors des deux campagnes de prélèvement en début et en fin de période de dégel. On peut supposer qu'entre les ces deux périodes, les apports extérieurs sont donc plus abondants et peuvent constituer une part plus importante du régime alimentaire des truites.

Les poids des contenus stomacaux en juillet comme en septembre sont extrêmement faibles ; les valeurs sont légèrement plus élevées en juillet (1.30 g contre 0.44 g en septembre). Lors des deux campagnes de prélèvements l'essentiel des proies est constitué de Diptères *Chironomidae* et de Crustacés. La présence de proies de si petite taille dans les contenus stomacaux de poissons aussi gros montre la faiblesse des ressources trophiques du lac au moment des prélèvements.

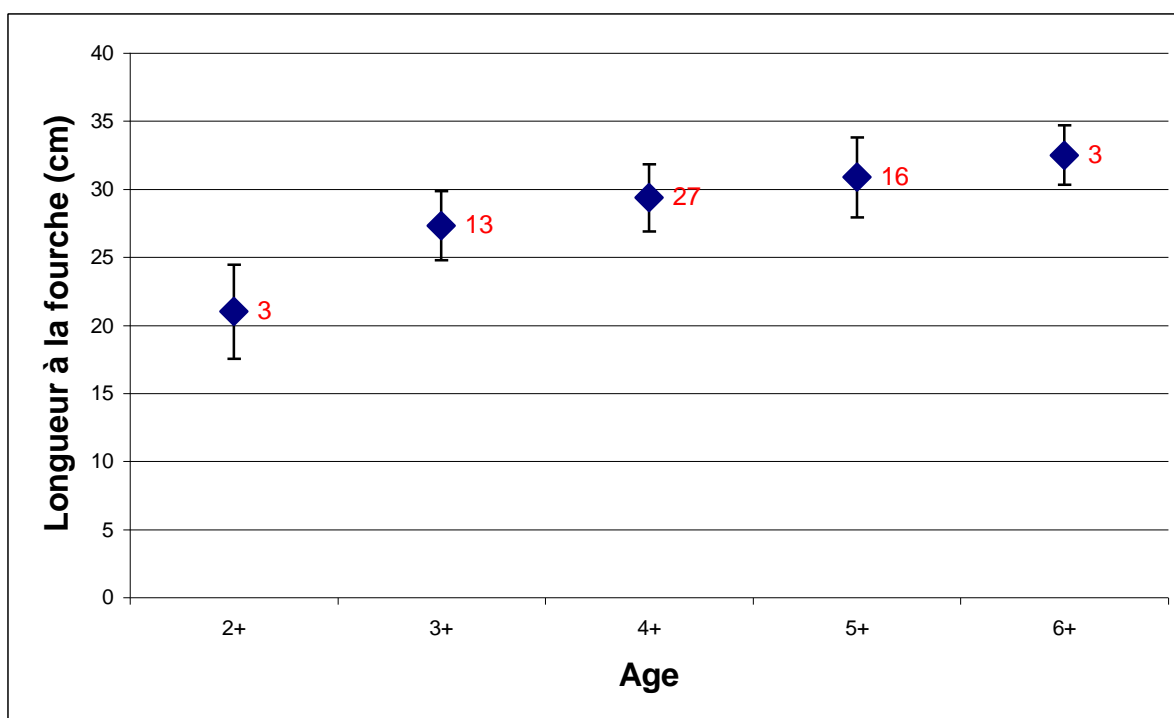
On peut noter la présence de restes de poissons dans l'estomac de la femelle de 63 cm capturée.

5.3 Croissance des truites

Une analyse scalimétrique nous a permis de définir les modalités de croissance des truites dans le lac de Rabuons. Les âges déterminés sur les différents individus sont compris

entre 2+ et 7+. L'individu de 63 cm capturé en juillet est au moins âgé de 7 ans mais les difficultés de lecture sur des poissons aussi âgés dans ce type de milieu ne permettent pas de définir son âge avec beaucoup de certitude. Malgré cette incertitude, la présence d'un aussi gros spécimen dans un lac de haute altitude souligne les potentialités de croissance pour certains spécimens dans le lac.

Fig. 11. Valeur et intervalle de confiance de la taille moyenne des truites pour les différentes classes d'âge. En rouge, effectif des différentes classes d'âge.

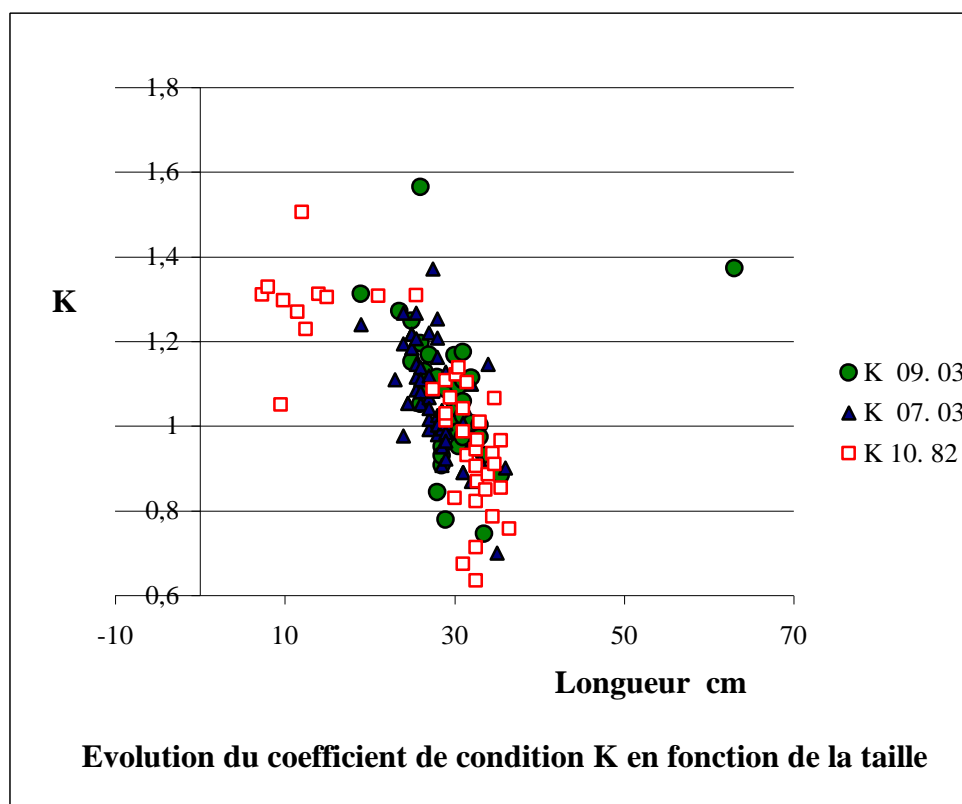


L'analyse scalimétrique met en évidence une croissance rapide au cours des deux premières années puis une croissance très ralentie à partir de la troisième année. Lorsque l'on regarde les résultats de la croissance individuelle, on constate une très grande diversité dans la vitesse de croissance des individus. Un poisson de 26 cm peut être âgé de 3, 4 ou 5 ans.

Ces différences de croissance peuvent s'expliquer soit par des différences de régime alimentaire, les truites capables d'adopter un régime ichtyophage aillant une croissance beaucoup plus rapide soit par le mode de gestion du lac, les différences pouvant alors être dues à des différences dans la taille ou l'âge d'introduction des poissons.

Cette très grande variabilité de croissance s'observe également sur les valeurs du coefficient de condition ($K = 100 * \text{poids (g)} / \text{Longueur à la fourche (cm)}^3$). Ce coefficient traduit le coefficient d'embonpoint de chaque poisson. Il est le reflet de l'adéquation entre l'espèce et le milieu.

Fig. 12. Valeurs du coefficient de condition en fonction de la taille. Valeurs calculées sur les poissons capturés en juillet et septembre 2003 et octobre 1982.



On observe les valeurs du coefficient de condition centrées autour de 1 mais avec une grande variabilité à la fois entre les saisons mais également entre les individus.

5.4 Reproduction

Les résultats acquis lors de différentes campagnes de prélèvements ne permettent pas de parler de reproduction de la truite dans le lac de Rabuons mais seulement de l'état de développement des gonades de ces poissons.

L'analyse des gonades des truites capturées fait apparaître des valeurs de rapport gonadosomatique (rapport entre le poids du poisson et le poids des gonades) très élevées chez les mâles et chez les femelles et cela dès le mois de juillet. Chez les mâles, on observe une augmentation des valeurs moyennes de RGS entre juillet et septembre (2.78 ; IC= 4.14 à 13.44 ; IC=1.05) montrant un investissement significatif dans le développement des gonades. Chez les femelles, les valeurs de RGS sont élevées dès le mois de juillet (9.86 ; IC=4.99) et vont continuer à augmenter en septembre (21.8 ; IC=1.22). On note parallèlement une

augmentation de la taille moyenne des œufs des femelles. Les valeurs de RGS et de diamètre des œufs montrent que l'énergie emmagasinée par les femelles est suffisante pour assurer le développement des ovocytes, que l'état d'avancement du développement est similaire à celui d'une population allant se reproduire d'ici une courte période (1 mois).

Toutefois, malgré un bon développement des ovocytes dans le corps des femelles, aucun élément ne nous permet de savoir, si ces œufs seront déposés, s'ils seront fécondés et s'ils donneront naissance à des alevins avec des chances de survie importante.

6. Conclusion

Les résultats acquis sur le lac de Rabuons permettent de positionner ce lac parmi l'ensemble des lacs de haute altitude déjà étudiés par le laboratoire. De part ses caractères morphologiques, le lac de Rabuons peut être classé dans les « grands lacs froids », qui se caractérisent par une altitude élevée et une grande amplitude de température entre les eaux de surface et de fond en période de dégel.

Malgré une très faible minéralisation des eaux, on observe un peuplement phytoplanctonique et zooplanctonique relativement dense (comparaison avec les lacs de haute altitude du Parc National des Ecrins) avec en particulier des valeurs de densité des Crustacés Cladocères élevées pour un lac abritant des poissons.

Trois espèces de crustacés zooplanctoniques seulement sont présentes, *Daphnia longispina*, *Cyclops abyssorum taticus* Kozminski, 1927), *Arctodiaptomus* (*Rhabdodiaptomus*) *alpinus* Imhof, 1885). L'espèce de Cladocères, *Chydorus sphaericus* n'a pas été rencontrée. Il y a une légère diminution de la diversité par rapport au dernier recensement, mais les espèces qui semblent avoir disparue n'étaient représentées que par quelques individus.

Les valeurs de température de l'eau sont également légèrement supérieures à celles observées dans le massif des Ecrins pour des lacs d'altitude comparable.

Le peuplement ichthyologique est caractéristique des peuplements monospécifiques à truites. Le lac abrite une population de truites, introduite et entretenue par alevinage. La densité de poisson capturé est l'indice d'un peuplement relativement abondant pour un lac de ce type. Ces truites rencontrent des conditions particulièrement difficiles. Durant 9 mois, de novembre à juillet, la température de l'eau est inférieure à 4 °C. Elle n'atteint 8 à 9 °C en surface que pendant une courte période, de 50 à 60 jours par an, ce qui reste à la limite inférieure de l'optimum pour la croissance de la truite commune.

Les premières chutes de neige début octobre puis le gel limitent les apports de nourriture exogène aux mois d'été. Pendant toute la longue saison froide les truites ne s'alimentent que sur les ressources propres au lac dont la faune benthique est peu dense. Les truites, dont on sait qu'elles chassent à vue et tirent l'essentiel de leur alimentation des invertébrés benthiques, puis des poissons pour les sujets de grande taille, sont très mal adaptées à la capture du plancton. Elles n'adoptent ce régime à très faible rendement énergétique que dans les lacs très pauvres. La sous alimentation chronique, sauf peut être durant quelques semaines d'été, se traduit chez les individus de 30cm et plus par une diminution notable du coefficient de condition.

En terme de reproduction, bien que les poissons présentent un développement des gonades durant toute la période de dégel, les caractéristiques du lac et principalement l'absence d'un tributaire en eau au mois d'octobre et présentant des zones de fraie potentielles, semble exclure toute possibilité de reproduction naturelle.

On observe une très grande variabilité dans la vitesse de croissance observée entre les individus. Cette variabilité est très certainement liée à une différence de régime alimentaire. Les individus parvenant à adopter un régime ichtyophage peuvent atteindre des tailles élevées. Comme tous les grands lacs de haute altitude alevinés en truites, un certain nombre d'individus vont pouvoir atteindre des tailles élevées donc très attractives pour le pêcheur.

La densité du peuplement observé est sans doute liée à des efforts d'alevinage important dans ce lac. Toutefois, le choix d'introduire de la truite semble avoir moins d'impact sur le milieu que ne pourrait en avoir une introduction d'ombles chevaliers, espèce plus efficace dans la capture de petites proies et qui utilise abondamment les microcrustacés dans son régime alimentaire jusqu'à une taille élevée.

Ce lac offre un paysage et surtout un potentiel de pêche très attirant pour les pêcheurs.

7. Eléments bibliographiques (ayant servi de façon directe ou indirecte à la rédaction du présent document).

Rapports d'étude

Cavalli L., Chappaz R., 1994. Etude hydrobiologique d'un lac de haute altitude : I./ le lac de Plan Vianney. Rapport au Parc National des Ecrins. 14 p.

Cavalli L., Chappaz R., 1994. Etude hydrobiologique d'un lac de haute altitude : II. le lac de la Muzelle. Rapport au Parc National des Ecrins. 16 p.

Cavalli L., Chappaz R., 1995. Etude hydrobiologique d'un lac de haute altitude : III. le lac de Pétael. Rapport au Parc National des Ecrins. 18 p.

Cavalli L., Chappaz R., 1996. Etude hydrobiologique d'un lac de haute altitude : IV. le lac Labarre. Rapport au Parc National des Ecrins. 16 p.

Cavalli L., Chappaz R., 1996. Etude hydrobiologique d'un lac de haute altitude : V. le lac des Pisses. Rapport au Parc National des Ecrins. 31 p.

Cavalli L., Chappaz R., 1997. Etude hydrobiologique de deux lacs de haute altitude : VI. les lacs de Palluel et Faravel. Rapport au Parc National des Ecrins. 22 p.

Cavalli L., Chappaz R., 1998. Etude hydrobiologique d'un lac d'altitude, le Lauvitel. Rapport au Parc National des Ecrins. 32 p.

Cavalli L., Chappaz R., 2000. Etude hydrobiologique d'un lac de haute altitude : le lac Foréant. Rapport à la Fédération Départementale de Pêche des Hautes Alpes. 23 p.

Cavalli L., Chappaz R., 2002. Etude hydrobiologique d'un lac de haute altitude : le lac St Anne. Rapport à la Fédération Départementale de Pêche des Hautes Alpes. 22 p.

Cavalli L., Chappaz R., 2003. Etude hydrobiologique d'un lac de haute altitude, le lac Miroir : aménagement, gestion. Rapport au Parc Régional du Queyras 25 p.

- Publications scientifiques

Régime alimentaire et croissance de la truite *Salmo trutta* L. dans un lac de haute montagne des Alpes françaises. BRUN G, OLIVARI G & RADENEN GIRARD D. Verh Internat. Verein. Limnol. (1985), **22**, 2615-2619.

CEMAGREF (1985), Ecologie de quatre lacs naturels du Briançonnais. Rapport au Ministère de l'Environnement. Tome 2, B., Rivier, Peuplement piscicole (40p), Tome 3, B., Dumont, J., Mouthon, E., Terzian & JC., Berget, Invertébrés et végétaux aquatiques (46p).

Les lacs d'altitude dans les Alpes Françaises.

Edouard, J.-L. (1994).

Thèse de Doctorat d'Etat Spécialité Géographie Université J. FOURIER, GRENOBLE I, 795 p.

Diet, growth and reproduction of the arctic charr (*Salvelinus alpinus* (L.)) in a high alpine lake : Muzelle (Oisans, France). CAVALLI L. & CHAPPAZ R.

Journal of Fish Biology.(1996), **49**, 953-964.

Lacs de Haute Altitude : methods d'échantillonnage ichtyologique, gestion piscicole. Ed Cemagref, 1996.

Food availability and growth of the brook trout *Salvelinus fontinalis*, in a high altitude lake in the French Alpine massif. CAVALLI L., CHAPPAZ R., BOUCHARD P. & BRUN G.

Fisheries Management and Ecology. (1997), **4**, 167-177.

Diet of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* (L.)) and brown trout (*Salmo trutta* L.) in sympatry in two high altitude alpine lakes. CAVALLI, L., R. CHAPPAZ & A. GILLES.

Hydrobiologia, 1998 (386), 9-17.

Combined effects of environmental factors and predator-prey interactions on zooplankton assemblages in five high alpine lakes.

Cavalli L., Miquelis A., & Chappaz R.

Hydrobiologia (2001), 455, 127-135.

Atlas des poissons d'eau douce de France.

Keith, P. & Allardi, J. (coord.). (2001).

Patrimoines Naturels, **47**: 387p.

Growth patterns of Arctic charr in five high altitude lakes in a French Alpine massif. 2002.

L. Cavalli, N. Pech, L. Tron and R. Chappaz.

Journal of Fish Biology (2002) 60, 453-465.