

UNIVERSITE DE PROVENCE

LABORATOIRE D'HYDROBIOLOGIE

Etude Hydrobiologique du lac des Estaris

1 Place Victor Hugo, 13331 Marseille CEDEX 3, TEL. 91 10 64 75

Remerciements : Nous remercions les personnes de la station d'Orcières-Merlette qui ont assuré l'acheminement du matériel et du personnel du laboratoire sur le site.

1. OBJET DE L'ETUDE ET PROTOCOLE DE MESURE.

Cette étude a été réalisée par le laboratoire d'Hydrobiologie à la demande du cabinet ECODIR dans le cadre de l'étude de l'impact d'une utilisation des eaux du lac des Estaris en saison froide pour réaliser un enneigement artificiel sur certaines zones de la station de ski d'Orcière-Merlette.

Les missions sur site ont eu lieu en juillet et septembre 1993, en période de plein remplissage du lac dont l'exutoire était fonctionnel. Les relevés, mesures et prélèvements ont été effectués sur le terrain par P. Bouchard, G. Brun, L. Cavalli, R. Chappaz, J-N. Mattera. Le rapport a été rédigé par G. Brun (Octobre 1993).

Au cours de la première phase (juillet) nous avons procédé aux travaux suivants:

1. Relevé topographique du contour du lac à la côte de remplissage maximum (50 points) à l'aide d'une station de mesure TOPCON CTS 1.
2. Relevé de la topographie des fonds par *sondage ultrasonique* sur 5 transects.
3. Mesure de la température, de la teneur en oxygène dissous, prélèvement d'eau, en surface et près du fond, prélèvement de sédiments à la benne d'Eckman et de plancton par un trait horizontal entre 1 et 2m sous la surface et un trait vertical fond-surface.

Dans la deuxième phase (septembre) :

1. Nous avons précisé la bathymétrie des fonds dans la zone de bordure en déterminant à *la perche* la position de l'isobathe - 2m par rapport à la côte de remplissage maximum. Le repérage du point de mesure a été fait à l'aide de la station CTS 1.
2. Nous avons répété les mesures de température, de teneur en oxygène dissous ainsi que l'ensemble des prélèvements.

La seconde partie du rapport a été réalisée à la demande de la Société SEMILON dans le cadre d'un suivi biologique du lac des Estaris sur une période de 5 ans après la mise en fonctionnement des installations d'enneigement artificiel de la station d'Orcière-Merlette.

- La campagne de 1996 dont les résultats sont présentés dans ce rapport est la seconde des cinq prévues.

Laurent Cavalli⁽¹⁾ et Jean Marc Lagadeuc⁽¹⁾ ont fait les prélèvements sur site, Arlette Cazaubon⁽²⁾ a rédigé le paragraphe concernant le phytoplancton, Guy Brun⁽¹⁾ celui concernant le zooplancton.

- Les campagnes de 1997 et 1998 dont les résultats sont présentés dans ce rapport sont les troisième et quatrième des cinq prévues.

Laurent Cavalli⁽¹⁾ et Rémi Chappaz ⁽¹⁾ ont fait les prélèvements sur site, Arlette Cazaubon⁽²⁾ a rédigé le paragraphe concernant le phytoplancton, Guy Brun⁽¹⁾ celui concernant le zooplancton.

2. RESULTATS.

21. Topographie et bathymétrie 1993 :

Les levées topographiques ont permis de dresser une carte jointe à ce document. La profondeur maximum, lorsque le déversoir fonctionne, est de 8,25 m. La surface du lac dans ces conditions est de 8,5-8,6 ha, et la surface à la côte -2 m de 7 ha environ. Le volume d'eau entre ces deux côtes est de l'ordre de 150 000 m³. La couche de glace qui se formera progressivement suivra le marnage du lac au fur et à mesure des prélèvements en hiver, car elle restera nécessairement au contact de l'eau libre. Cette couche de glace de 50 à 70 cm représente un volume inutilisable de l'ordre de 40 à 55 000 m³ qui seront restitués au moment du dégel. On peut estimer que pour un prélèvement de l'ordre de 120 000 m³ le niveau de l'eau libre se situera entre les côtes -2m et -2,5m par rapport à la côte de remplissage maximum.

22. Caractères physiques et chimiques des eaux 1993 :

Les résultats des mesures et des analyses sont présentés dans le tableau joint. Nous y avons reporté les résultats de nos campagnes de 1975 et 1993 ainsi que ceux que P. AUDRAN a obtenus en 1992.

Ce lac est oligotrophe. Les eaux sont froides, sont peu minéralisées pour la région, elles présentent un pH légèrement basique, elles sont bien oxygénées. Les sels nutritifs (sels d'azote et de phosphore) sont peu abondants mais on note un développement significatif du phytoplancton en septembre qui se traduit par une baisse de la transparence.

23. Le zoo plancton 1993 :

Juillet 1993. Les eaux du lac sont très froides, elles sont libérées de la glace depuis quelques jours seulement. Le plancton est très peu dense. Nous avons récolté un petit nombre de crustacés cladocères appartenant aux deux espèces *Chydorus sphaericus* et *Bosmina longirostris*. Cette dernière espèce était absente de nos prélèvements de 1975.

Septembre 1993 . Le plancton est abondant mais constitué d'une seule espèce, le crustacé Copépode *Arctodiaptomus alpinus*. Nous avons récolté de nombreuses femelles ovigères. Tous les stades de développement sont bien représentés. Cette population rencontre dans le lac d'excellentes conditions de développement. Ces résultats sont tout à fait semblables à ceux que nous avons obtenus en 1975 à la même époque de l'année. Deux autres espèces de copépodes dont nous avons récolté quelques individus en 1975 n'ont pas été retrouvés en 1993. Cette absence, dans des prélèvements ponctuels dans le temps, n'a pas de signification compte tenu de la rareté, dans le lac, de ces deux espèces à large répartition.

juillet 1995. Les prélèvements ont consisté en traits de plancton verticaux sur les points 1 et 2. Deux espèces de crustacés copépodes sont présentes : *Arctodiaptomus alpinus* et *Eucyclops serrulatus*.

Point 1. Volume d'eau filtré 1,13m³ pour 3 traits verticaux.

<i>Arctodiaptomus alpinus</i>	adultes	5
	nauplii et copépodites	1 130

Point 2. Volume d'eau filtré 1,5 m³ pour 3 traits verticaux.

<i>Arctodiaptomus alpinus</i>	nauplii et copépodites	295
<i>Eucyclops serrulatus</i> .	adulte	2

18 Août 1995.

Point A. Volume d'eau filtré 0,425 m³ pour 1 trait vertical de 6m.

<i>Arctodiaptomus alpinus</i>	adultes	130
	Copépodites	6
Ostracodes		2

Point B. Volume d'eau filtré 0,425 m³ pour 2 traits verticaux de 3m.

<i>Arctodiaptomus alpinus</i>	adultes	125
	Copépodites	7
Ostracodes		1

Point C. Volume d'eau filtré 0,565 m³ pour 2 traits verticaux de 4m

<i>Arctodiaptomus alpinus</i>	adultes	48
	copépodites	1
Ostracodes		1

Trait Horizontal entre les points B et C.

Une seule espèce rencontrée : *Arctodiaptomus alpinus*.

Septembre 1996 . Les prélèvements sur le terrain ont été réalisés le 26 Septembre 1996 à partir d'un canot pneumatique. Le plancton a été prélevé à l'aide d'un filet conique de 30 cm de diamètre à maille de 50µ et d'une bouteille à renversement de 2 litres. Les prélèvements ont consisté en traits de plancton verticaux sur les points 1 à 4 (cf. topographie du lac). Deux espèces de crustacés copépodes sont présentes : *Arctodiaptomus alpinus* et *Eucyclops serrulatus*, ainsi que de nombreux rotifères.

Point 1. Volume d'eau filtré 2 m³ .

Rotifères		8 840
<i>Arctodiaptomus alpinus</i> (17 femelles ovigères)		1 130
<i>Eucyclops serrulatus</i>		8

Point 2. Volume d'eau filtré 2,26 m³ .

Rotifères	7 100
<i>Arctodiaptomus alpinus</i> (12 femelles ovigères)	190
<i>Eucyclops serrulatus</i>	5
Point 3. Volume d'eau filtré 1,41 m ³ .	
Rotifères	5 100
<i>Arctodiaptomus alpinus</i> (15 femelles ovigères)	185
<i>Eucyclops serrulatus</i>	3
Point 4. Volume d'eau filtré 2,26 m ³ .	
Rotifères	8 520
<i>Arctodiaptomus alpinus</i> (12 femelles ovigères)	122
<i>Eucyclops serrulatus</i>	7

On ne constate pas de changement dans la composition du zooplancton du lac des Estaris depuis 1993. L'espèce la mieux représentée est le crustacé copépode *Arctodiaptomus alpinus*. En septembre la population est constituée d'adultes dont un certain nombre de femelles ovigères. Nous avons retrouvé comme en 1995, en très petit nombre, le copépode *Eucyclops serrulatus* déjà signalé en 1975 et absent de nos prélèvements de 1993.

24. Le benthos 1993:

Le prélèvement correspond à une surface de 250 cm² environ dans la zone la plus profonde du lac.

Juillet. Deux espèces sont présentes. Un diptère de la sous famille des *Chironomidae* au stade larvaire, appartenant sans doute au genre *Stichtochironomus* (33 individus). Un vers oligochète *Tubificidae* dont aucun des 11 individus récoltés n'est à maturité sexuelle et dont le genre ne peut être précisé pour cette raison. Nous avons aussi trouvé quelques débris d'insecte coléoptère indéterminables, une nymphe de chironome, des oeufs de résistance de copépode et de *Daphnidae*.

Septembre. La composition du benthos est identique à celle du mois de juillet. Nous avons récolté 70 *Chironomidae* et 3 *Tubificidae*.

Ces résultats sont identiques à ceux obtenus en 1975.

25. Phytoplancton (A. CAZAUBON) campagne 1995 et août 1998

Le peuplement phytoplanctonique du lac des Estaris est très peu varié en août. On retrouve la même richesse spécifique globale qu'en 1996 (campagnes d'été) avec seulement 20 espèces. Cette richesse est à peu près stable pour les 3 sites prospectés (de 14 et 15 espèces, en zone de semibordure à 16 au centre du lac).

Il est important de souligner que la microflore des deux stations prospectées est encore constituée d'un seul groupe d'algues: **les Diatomées** (ce qui est différent des résultats obtenus en 1995 avec 5 groupes d'algues représentés et une variété taxonomique plus forte (28 espèces). Leur présence témoigne d'une bonne silicification des eaux.

On retrouve une **composition du peuplement diatomique** très similaire des précédentes. Ainsi certaines Diatomées centrales prédominent encore, comme *Cyclotella meneghiniana* (environ 20% sur les 3 stations d'étude), ou *C. radiosa* (de 43% à la station centrale du lac à 67 % dans le secteur de 1/2 bordure à 5 mètres de profondeur). Il s'agit de deux espèces pollutolérantes.

Les valeurs densitaires de la communauté qui s'échelonnent entre 116760 et 239800 cellules au litre, sont proches de celles relevées en 1995 (102900 à 168000 cellules au litre). Ces valeurs sont relativement faibles, compte tenu de la période estivale qui engendre, le plus souvent, des proliférations algales. On peut émettre l'hypothèse qu'une pression de prédation par les filtreurs et les herbivores explique cette pauvreté densitaire.

Parmi **les espèces dominantes** dans le lac on retrouve *Cyclotella quadrijuncta* (de 15% en zone centrale à 40 % en zone de 1/2 bordure). Les effectifs d'*Achnanthes minutissima*, espèce oxyphile sont élevés atteignant 19% en secteur central, ce qui témoigne de la bonne oxygénation des eaux. On retrouve le cortège des Diatomées bioindicatrices d'une bonne minéralisation du lac (*Denticula tenuis*, *Gyrosigma attenuatum*) ou indicatrices d'une mésotrophie (*Diploneis pulchella*, *Eunotia arcus*, *Melosira varians*).

Calcul d'un indice de trophie:

Comme les seules algues recensées appartiennent aux Diatomées, seul l'indice de Stockner (1971) a pu être calculé. En fonction du rapport i

Diatomées araphidées, on classe les lacs comme suit, selon les valeurs

Diatomées centrales

obtenues:

<u>Type</u>	<u>A/C</u>
Oligotrophe	0-0,1
Mésotrophe	1,0-2,0
Eutrophe	> 2

Pour l'ensemble du lac, ce rapport est de 0,75 situant les Estaris dans un niveau oligotrophique tendant vers la mésotrophie. On constate que le centre du lac est franchement oligotrophe ($i=0,25$) alors que les bords tendent vers la mésotrophie ($i=0,5$).

La conclusion est identique à celle tirée de l'étude des prélèvements de 1995. Elle est rappelée pour mémoire. L'étude du peuplement phytoplanctonique confère une assez bonne qualité d'eau au lac des Estaris. La production algale est très modérée, comme c'est le cas dans de nombreux lacs d'altitude. Il n'en demeure pas moins que la présence de quelques espèces pollutolérantes, vivant dans des milieux eutrophes et souvent rencontrées dans des milieux riches en matière organique (espèces polysaprobies), montre qu'il y a des traces de pollution insidieuse qui demande à mon sens, une surveillance particulière.

3. CONCLUSION.

Le lac des Estaris occupe une surface d'environ 8,5 ha à la côte de remplissage maximum. Sa profondeur maximum, dans ces conditions, est de 8,5 m. La surface à la côte -2m est d'environ 7 ha. Le volume d'eau compris entre les côtes 0m et -2m est très voisin de 150 000 m³.

Les mesures et prélèvements effectués à 16 années d'intervalle ne montrent pas de modification des caractères physiques et chimiques des eaux du lac des Estaris. La faune benthique et planctonique comporte les mêmes espèces dont la plus intéressante est sans doute le copépode *Arctodiaptomus alpinus*, caractéristique des lacs alpins, dont la population est représentée par de nombreux individus dans nos prélèvements du mois de septembre.

L'actuel projet prend en compte les prélèvements pour l'eau potable, pour le fonctionnement des canons à neige et le débit de fuite qui doit être maintenu même en période d'arrêt des installations, soit au total 120 000m³ par hiver. Si on ajoute à ce volume 40 à 50 000m³ correspondant à la couche de glace qui se forme sur le lac, on peut prévoir que le niveau de l'eau libre s'abaissera entre 2 m et 2,5m au cours de l'hiver.

Depuis 1976 la commune d'Orcières procède à un prélèvement des eaux du lac pour renforcer l'alimentation en eau potable de la station de Merlette. De 1976 à 1986 la gestion du réseau a été assurée par la commune. Depuis 1986 cette gestion est assurée par la CISE. En l'absence de données de mesure par débitmètre la CISE estime que durant la période 1976-1986 les prélèvements d'hiver dans le lac étaient de l'ordre de 150 000m³ par an. Cette perturbation périodique du milieu sur une durée relativement longue ne paraît pas avoir affecté le plancton et le benthos du lac. L'actuel projet qui comporte des contraintes très semblables ne devrait pas apporter de modifications à ce niveau, dans la mesure où les prélèvements seront étalés sur plusieurs mois.

Dates		t°C	pH	Cond	valeurs en mg.l ⁻¹													MES	SiO ₂	
					O ₂	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	P				
16.09.93 (2)	surface	7,1	7,6	65	sat	28	3,4							0,3	<0,01	0	<0,01	7,8		
	- 4m	7																		
	fond 8m	7	7,9	70	sat	26	2,8							0,1	<0,01	0	<0,01	3,5		
06.07.93 (2)	surface	7	7,5		sat	20	3,6	0,9	0,2	54	<1	1	0,55	0	0,08	0,01	6,9	2		
	- 4m	6,1																		
	fond 8m	5,6	7,8		sat	32	2,5	1	1,1	66	<1	1	0,1	0	<,01	0,74	12,4	2		
02.09.92 (1)	surface	12,2	8,4	102		20							0,9	0,07	<,01	0,66				
	- 4m	11,5	8,3	97		20							0,9	0,07	0,01	0,69				
	fond 8m	11,3	8,2	97		27							8,8	0,06	0,03	0,72				
10.09.75 (1)	surface	9,2	7,8	105	sat	22	0,6	0,8	0,2	67	4	3	1,3	0,01	0	<,01	3,4	2		
	- 3m	8,5	7,7	105	sat	23	0,6	0,6	0,2	72	4	3	2,6	0,01	0	0,01	2,5	2		
	fond 6m	8,5	7,8	100	sat	22	0,6	0,6	0,2	72	4	3	3,5	0,01	0	0,01	3,4	3		
Caractères physiques et chimiques des eaux du lac des Estaris																				
(1) données de P. Audran									(2) Laboratoire d'Hydrobiologie Université de Provence											

Les Estaris - Prélèvements zooplanctoniques							
Date : 31 juillet 1997				Date : 28 août 1998			
Point A				Point A			
Profondeur : 8 m				Profondeur : 7 m			
Diamètre du filet : 0,30 m				Diamètre du filet : 0,40 m			
Volume d'eau filtré : 0,56 m ³				Volume d'eau filtré : 0,88 m ³			
Maille : 50 µm				Maille : 40 µm			
Crustacés Copépodes		Densité (ind.m ⁻³)		Crustacés Copépodes		Densité (ind.m ⁻³)	
<i>Arctodiaptomus alpinus</i>		2038		<i>Arctodiaptomus alpinus</i>		82	
femelles ovigères		0		femelles ovigères		2,3	
nauplii + copépodites		704		nauplii + copépodites		0	
<i>Eucyclops serrulatus</i>		17,7		<i>Eucyclops serrulatus</i>		0	
Point B				Point B			
Profondeur : 7 m				Profondeur : 7 m			
Diamètre du filet : 0,30 m				Diamètre du filet : 0,40 m			
Volume d'eau filtré : 0,49 m ³				Volume d'eau filtré : 0,88 m ³			
Maille : 50 µm				Maille : 40 µm			
Crustacés Copépodes		Densité (ind.m ⁻³)		Crustacés Cladocères		Densité (ind.m ⁻³)	
<i>Arctodiaptomus alpinus</i>		1900		<i>Chydorus sphaericus</i>		1,1	
femelles ovigères		0		Crustacés Copépodes			
nauplii + copépodites		1921		<i>Arctodiaptomus alpinus</i>		50	
<i>Eucyclops serrulatus</i>		4		femelles ovigères		1,1	
				nauplii + copépodites		0	
				<i>Eucyclops serrulatus</i>		0	
Point C				Point C			
Profondeur : 8 m				Profondeur : 7 m			
Diamètre du filet : 0,30 m				Diamètre du filet : 0,40 m			
Volume d'eau filtré : 0,56 m ³				Volume d'eau filtré : 0,88 m ³			
Maille : 50 µm				Maille : 40 µm			
Crustacés Copépodes		Densité (ind.m ⁻³)		Crustacés Copépodes		Densité (ind.m ⁻³)	
<i>Arctodiaptomus alpinus</i>		470		<i>Arctodiaptomus alpinus</i>		94,5	
femelles ovigères		0		femelles ovigères		0	
nauplii + copépodites		1224		nauplii + copépodites		12	
<i>Eucyclops serrulatus</i>		0		<i>Eucyclops serrulatus</i>		2,5	

Inventaire de la microflore algale du Lac des Estaris (18.08.1995).

CHROMOPHYTES

Diatomées

Achnanthes minutissima
Amphora pediculus
Cymatopleura elliptica
Cymbella affinis
C. cistula
Cyclotella meneghiniana
C. quadrijuncta
C. radiosa
Cocconeis placentula
Denticula tenuis
Diploneis puella
Eunotia pectinalis

Fragilaria construens v ar *binodis*
F. ulna
Gomphonema dichotomum
G. parvulum
Gyrosigma attenuatum
Nitzschia acicularis
N. recta
N. paleacea
Surirella linearis
S. ovalis

EUGLENOPHYTES

Euglena sp. 1
Euglena sp. 2

PYRRHOPHYTES

Peridinium sp.
Cryptomonas sp

CHLOROPHYTES

Oedogonium sp.

CYANOSCHIZOPHYTES

Aphanothece sp.

Les algues ont été déterminées à partir des 3 flores des algues d'eau douce de BOURRELLY (Boubée) et des 4 Flores de Diatomées de LANGE-BERTALOT (Sul3wasserflora).

Tableau 2. Algues du lac des Est:aris (18.08.1995)

(Densité du phytoplancton exprimée en nombre de cellules au litre)

Points de prélèvement	B -2m	A Fond-surf	A -2m	C -2m	C -5m
CHROMOPHYTES					
Diatomées					
<i>Achnanthes minutissima</i>	1 280	600	1 600	32 000	
<i>Amphora pediculus</i>				8 000	
<i>Cocconeis placentula</i>			1 600		
<i>C. meneghiniana</i>	160		1 600		
<i>C. Quadrijuncta</i>	2 280	2 100	84 800	26 000	152 000
<i>Cyclotella radiosa</i>	2 240	3 200	1 600	8 000	8 000
<i>Cymbella affinis</i>				7 200	
<i>C. cistula</i>		400			
<i>Denticula tenuis</i>		400			
<i>Diploneis puella</i>	320	200			
<i>Eunocia arcus</i>			400		
<i>Fragilaria construens var binodis</i>			1 600		
<i>F. ulna</i>	320		1 600		
<i>Gomphonema dichotomun</i>			400		
<i>G. parvulum</i>			400		
<i>Gyrosigma attenuatum</i>			100		
<i>Nitzschia acicularis</i>	320	400	1 600	100	8 000
<i>N. recta</i>	160	200		8 000	
<i>N. paleacea</i>	160				
<i>Surirella linearis</i>	100				
<i>S. ovalis</i>	200				
EUGLENOPHYTES					
<i>Euglena sp. 1</i>	160				
<i>Euglena sp. 2</i>			800		
PYRRHOPHYTES					
<i>Peridinium sp.</i>	160				
<i>Cryptomonas sp.</i>				16 000	
CHLOROPHYTES					
<i>Oedogonium sp.</i>		500			
CYANOSCHYZOPHYTES					
<i>Aphanothece sp.</i>			4 800		