

UNIVERSITES AIX MARSEILLE I & III

Laboratoire *Hydrobiologie* EA BIODIVERSITE

&

Laboratoire *d'Ecologie des Eaux Continentales Méditerranéennes*

IMEPCNRS

&

Laboratoire *Chimie et Environnement* EA 2678

&

Laboratoire *Biologie Animale - Plancton* EA BIODIVERSITE

ETUDE HYDROBIOLOGIQUE
DE LA
RETENUE DE SAINT CASSIEN
(VAR)

Professeur Rémi CHAPPAZ et Professeur Arlette CAZAUBON
Responsables scientifiques

&

Alexandra BAUD, Olivier BONNAFOUS, Guy BRUN, Sophie DAUDELLOT, Michel CARRERE, Laurent CAVALLI, Corinne CUOC, Marianne DOMEIZEL, Stéphanie FAYOLLE, Evelyne FRANQUET, André GILLES, Michel NIVEAU, Georges OLIVARI, Daniel PEDRETTI, Pascale PRUDENT, Dominique SALDUCCI, Laurent VASSALO

2001

CONVENTION N° 200015

Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt (83)

CONVENTION N° 200014

Fédération Départementale Pêche et Protection des Milieux Naturels Aquatiques (83)

Personnes physiques ayant participé à l'étude:

- Chimie des Eaux:** Dr. Marianne DOMEIZEL (MCF)
Dr. Pascale PRUDENT (MCF)
Monsieur Laurent VASSALO (Adjoint Technique)
- Algues planctoniques:** Dr. Arlette CAZAUBON (PR)
Dr. Stéphanie FAYOLLE (MCF)
Mlle Sophie DAUDELLOT (Doctorante)
- Invertébrés benthiques:** Dr. Evelyne FRANQUET (MCF)
- Invertébrés planctoniques:** Dr. Corinne CUOC (MCF)
Madame Alexandra BAUD (Doctorante)
- Ichtyologie:** Dr. Laurent CAVALLI (MCF)
Dr. André GILLES (MCF)
Dr. Guy BRUN (MCF)
Dr. Dominique SALDUCCI (Technicienne de Recherches)
Monsieur Daniel PEDRETI (Garde Pêche du CSP 83)
Monsieur Michel CARRERE (Garde Pêche du CSP 83)
Monsieur Michel NIVEAU (Garde Chef du CSP 83)
Monsieur Georges OLIVARI (Directeur MRE)
Monsieur Olivier BONNEFOUS, (Ingénieur Fédération 83)
Dr. Rémi CHAPPAZ (PR)

Comme pour tous les rapports issus d'une équipe de recherche, les résultats énoncés dans ce présent document reste propriété scientifique des laboratoires concernés. Il ne saurait être fait une utilisation quelconque de tout ou partie de ces résultats sans l'autorisation expresse des responsables scientifiques.

Objet de l'étude:

Cette étude a pour objet de réaliser le premier état hydrobiologique de la retenue hydroélectrique de Saint Cassien (VAR). Des études plus spécialisées ont déjà eu lieu, sur les poissons en 1985 (DAA, Le Serrec) la chimie des eaux et les algues en 1994 (DEA, Fayolle), une analyse de la communauté zooplanctonique en mai 1995 (DEA, Barthelemy), mais aucune étude ne prenait en compte différents compartiments de l'écosystème.

L'étude qui était initialement prévue sur un cycle annuel, soit six campagnes de prélèvements a été réduite, pour des questions de budget, aux campagnes de prélèvements qui ceinturent la période chaude, de forte fréquentation. Cette période constitue le moment critique pour la plupart des retenues en contexte méditerranéen.

Cependant, en décembre 2000, le groupe de travail a décidé de réaliser une campagne supplémentaire, hors contrat.

De même, le recensement des herbiers, initialement prévue pendant l'été 2000 et qui devait être réalisé par la Maison Régionale de l'Eau a été supprimé pour des raisons financières.

Néanmoins le lecteur trouvera ici des résultats qui couvrent des domaines depuis la chimie des eaux, les algues planctoniques, les animaux du benthos et du zooplancton et enfin les poissons.

Pour plus de lisibilité pour des non spécialistes, ce présent rapport est scindé en compartiments. Un compartiment Physique & Chimie, un compartiment Phytoplancton, un compartiment Zooplancton, un compartiment Invertébrés Benthiques et enfin un compartiment Poissons. Chaque compartiment développe d'abord les méthodes utilisées, les raisons de leur utilisation et leurs limites, ses résultats, leurs interprétations et les relations que chacun des compartiments développent en amont et en aval de sa place dans grande chaîne fonctionnelle du lac.

SOMMAIRE

I. PRESENTATION DU MILIEU

	Pages
I.1. Situation géographique	6
I.2 Géologie	6
I.3. Principales caractéristiques	6
3.1. Morphométrie	6
3.2. Hydrologie	7
3.3. Caractéristiques énergétiques	7
I.4. Choix des stations d'études	8
I.5. Campagnes d'échantillonnages	9

II. PHYSIQUE ET CHIMIE DE L'EAU

II. 1. Températures	10
1.1. Méthodes	10
1.2. Résultats	11
II.2. Oxygène dissous	12
2.1. Méthodes	12
2.2. Résultats	13
II.3. Lumière & Transparence	15
3.1. Méthodes	15
3.2. Résultats	16
2.1. Pendant les campagnes d'études	16
2.2. Comparaisons avec la bibliographie	16
II.4. Chimie de l'Eau	17
4.1. Méthodes	17
4.2. Résultats	19
2.1. Comparaisons campagnes prélèvements	19
2.1. Comparaisons avec la bibliographie	20

III. SUPPLEMENT PHYTOPLANCTONIQUE

III.1 Méthodes	22
1.1. Techniques de prélèvements	22
1.2. Détermination des algues	22
1.3. Dosage pigments chlorophylliens	23
1.4. Plan d'échantillonnage	23
III. 2. Résultats	24
2.1. Inventaire des espèces	24
2.2. Abondance relative des différents groupes d'algues	24
2.3. Densité cellulaire, diversité et équitabilité	24
2.4. Pigments chlorophylliens	25

V. PEUPLEMENT BENTHIQUE

IV. 1. Méthodes	28
1.1. Prélèvements	28
1.2. Méthodes analyses des données	29
IV. 2. Résultats	30
2.1 Résultats sur le benthos	30
2.2. Exuvies nymphales de <i>Chironomidae</i>	32

V. PEUPLEMENT ZOOPLANCTONIQUE

V.1. Méthodes	34
1.1. Echantillonnage par stations	34
1.2. Sous échantillonnage & comptage	34
1.3. Détermination	35
1.4. Estimation de la prédation par les Vertébrés	35
V.2. Résultats	35
2.1. Inventaire des crustacés	35
2.2. Evolution spatio temporelle du peuplement	36
2.3. Autécologie des espèces	38
2.4. Prédation par les alettes	39
2.5. Relations structure peuplement/ caractéristiques trophiques	40

VI. PEUPLEMENT ICHTYOLOGIQUE

VI.1. Méthodes	43
VI.2. Résultats	44
2.1. Inventaire des espèces	44
2.2. Abondance & répartition	44
2.3. Histogramme de captures	47
2.4. Relations taille poids	47
2.5. Discussion	48
2.5.1. Relations avec la température	48
2.5.2. Régimes alimentaires et concurrences	49
2.5.3. Alevinages	49
2.5.4. Hybrides	51

CONCLUSION GENERALE

Bibliographie

55-59

I. Présentation du milieu.

I.1. Situation géographique

Le Lac de Saint-Cassien est une retenue d'eau artificielle, à 154m d'altitude, située sur les communes de Montauroux, Tanneron, les Adrets, Callian et L'Esterel dans le département du Var.

Le barrage est situé sur le Biançon, affluent de la Siagne, il a été mis en eau en 1966. Le barrage est classé dans la catégorie "des grands barrages (Gégoire, 1983). Il est constitué d'une digue en alluvions à noyau central. La retenue est alimentée essentiellement par les eaux de la Siagne qui sont dérivées à partir de la prise d'eau de Montauroux, située à l'aval de Saint-Cézaire.

Les types d'exploitation et l'ensemble des activités mis en place à partir de cet ouvrage sont:

- la production d'électricité
- l'alimentation en eau potable de l'Est varois et d'autres agglomérations des Alpes-Maritimes
- l'écroulement des crues
- le tourisme, loisirs, pêche

I.2. Géologie

Les fonds du lac de Saint-Cassien sont constitués d'alluvions modernes qui correspondent à des nappes de cailloutis récents recouvrant les petites plaines installées au pied du glacier triasique.

La roche encaissante est composée de terrains sédimentaires représentés par du Stéphanien inférieur qui correspond à l'essentiel des affleurements de la branche Nord et de la branche Sud du lac. Au niveau de la branche Ouest, dans la vallée du Biançon, ce sont des roches cristallines et métamorphiques sous forme de gneiss magmatiques qui apparaissent

I.3. Principales caractéristiques (Documents EDF)

I.3.1. Morphométrie

Caractéristiques morphométriques du lac de Saint-Cassien :

Altitude	147,35 m (NGF)
Superficie	450 ha
Capacité totale	59,5.10 ⁶ m ³

I.3.2. Hydrologie

La retenue est alimentée essentiellement par les eaux de la Siagne qui sont dérivées à partir de la prise de Montauroux, située à l'aval de Saint-Cézaire. L'amenée des eaux de la Siagne dans la retenue de Saint Cassien est réalisée au moyen d'une dérivation constituée de 1450m de canal et de 3210 m de galerie.

	Siagne	Biançon	TOTAL
Bassin versant (km ²)	223,4	132,4	355,4
Débits moyens naturels (m ³ .s ⁻¹)	6,96	1,58	8,54
Débits équipés (m ³ .s ⁻¹)	16	totalité	20
Débits moyens dérivés (m ³ .s ⁻¹)	5,66	1,55	7,21

Les apports moyens annuels à la retenue de St-Cassien sont de 227,3 M.m³ dont 28,47 M.m³ pour l'agriculture.

La retenue est soumise à un marnage saisonnier d'amplitude assez faible (en moyenne 3m). Les côtes minimales se situent en général aux mois d'avril et mai.

I.3.3. Caractéristiques énergétiques

Capacité totale de la réserve (cote 147,35)	59,5 M.m ³
Capacité utile (y compris 20 M.m ³ de réseaux agricoles)	29 M.m ³
Retenue normale	147,35
Retenue minimale d'exploitation	138,50
Chute brute	110,35 m
Chute nette pour le débit maximal	103 m
Débit maximal turbiné	20 m ³ .s ⁻¹
Puissance installée	18.500 kW
Productivité moyenne annuelle	44 millions kWh

Le tourisme s'est ajouté aux vocations énergétiques et agricoles de cet ouvrage et des milliers de vacanciers fréquentent le plan d'eau pendant la période estivale. La retenue de Saint Cassien est également un des hauts lieux de pêche à la Carpe pour toute l'Europe et la fréquentation des "carpistes" pratiquants le "no kill" est très importante.

1.4. Choix des stations d'études:

Il est impossible de réaliser une étude globale du lac en chaque point. La démarche de l'hydrobiologiste est de définir, dans la période qui précède la description de l'étude, un choix de stations à étudier. Ces sites seront représentatifs des différentes situations écologiques présentes sur la retenue: il s'agit de faire le bilan des sensibilités de la retenue, de faire la bibliographie des études réalisées sur la retenue de Saint Cassien et d'autres retenues dans un même contexte Régional.

Dans cette optique deux rapports ont été étudiés: il s'agit du Diplôme d'Etudes Approfondies de Mlle Stéphanie Fayolle de 1993 et d'autre part du Diplôme d'Agronomie Approfondies de Mlle Gwénola Le Serrec obtenu en 1985. Pour cela une réunion réalisée à Marseille, en présence de Madame A. Cazaubon, Mlle S. Fayolle, Messieurs G. Olivari, L. Cavalli et R. Chappaz a permis de définir sept stations d'études (fig. I.1).

Trois stations concernent les affluents, ce sont les stations I à III, de faible profondeur

Station I: Dans la retenue, au niveau du Biançon, la rivière s'élargit et forme un coude dont la berge en rive gauche est largement colonisée par la végétation aquatique.

Station II: à l'arrivée du Vallon des Vaux, la largeur est ici très faible,

Station III: à l'arrivée du Vallon du chemin charretier, en amont du pont de la route départementale. L'endroit est très fréquenté par les pêcheurs.

Et quatre stations, IV à VII, qui concernent des zones lacustres avec au moins une quinzaine de mètres de profondeurs.

Station IV, dans la baie de Bois de Callian, sous la ligne Hte tension,

Station V, en situation centrale, à la confluence des trois baies, au sud du pont de Pré Claou,

Station VI, dans la baie de Pré Claou, environ 1000m au nord du pont de Pré Claou

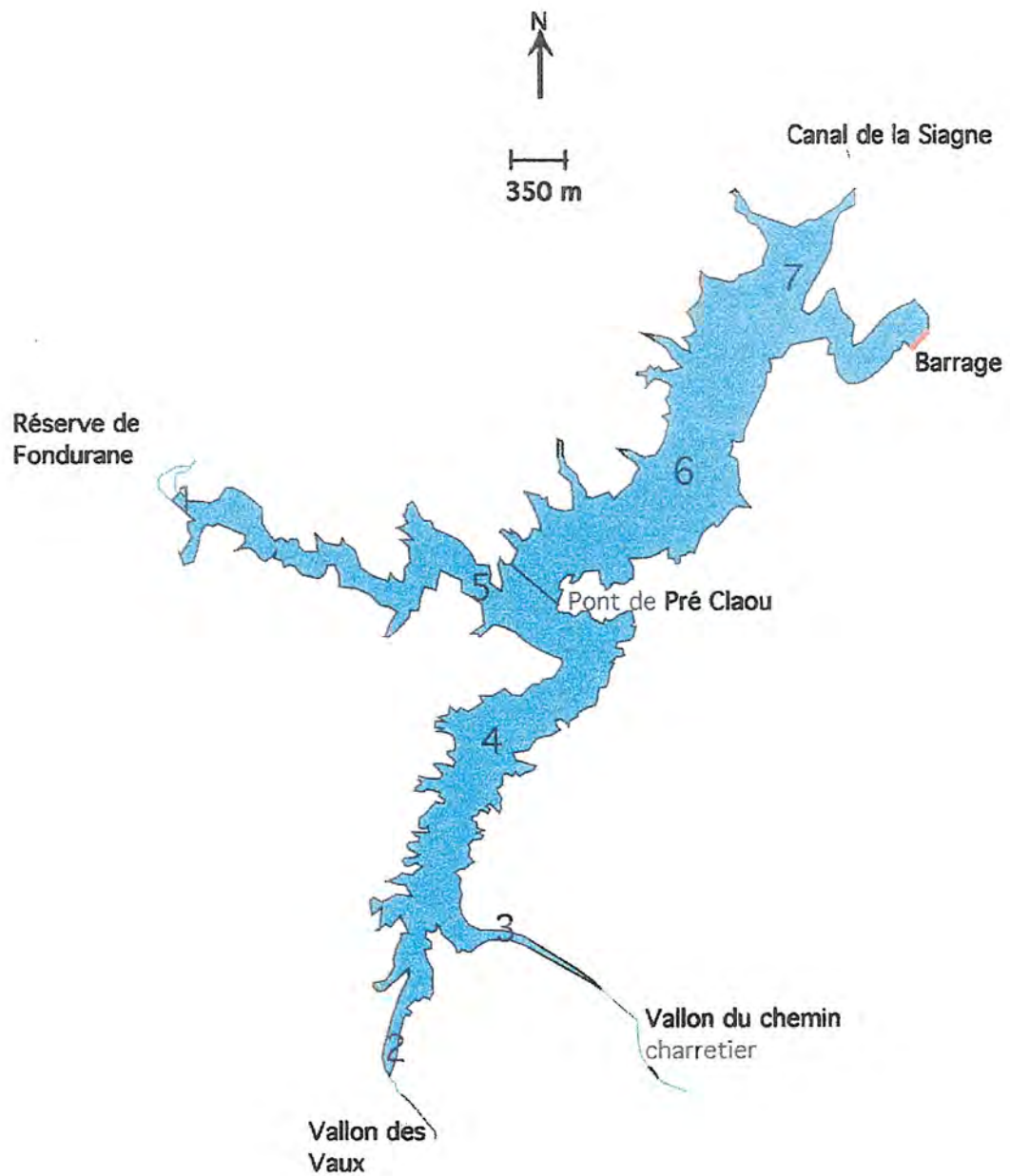


Fig. I. 1. Emplacements des stations d'étude de la retenue de Saint Cassien (Var)

Station VII, en zone centrale entre la baie du canal de la Siagne et la baie du barrage.

L'accès aux points de prélèvement, pour les analyses physico-chimiques et biologiques, se fait par bateau.

1.5. Campagnes d'échantillonnage:

1^{ère} campagne: du 13 au 16 juin 2000: Pendant cette campagne nous avons mesuré certains paramètres physiques *in situ* (température et oxygène dissous sur la colonne d'eau) et effectués les prélèvements de benthos, phyto et zooplancton et les prélèvements en vue de l'analyse physico-chimique en laboratoire. Pendant cette campagne, nous avons étudié, en outre, le peuplement ichtyologique au moyens de 30 filets maillants posés pendant une nuit dans les trois baies de la retenue, Bois de Callian, Belluny et Fondurane.

2^{ème} campagne: 25-26 juillet 2000: La campagne a été conduite à l'identique de la campagne de juin pour les analyses physico-chimique, l'analyse des communautés benthiques et planctoniques. Deux filets maillants ont permis la capture d'ablettes pour étudier l'impact de la prédation de l'espèce sur le peuplement zooplanctonique

3^{ème} campagne: 20-21 septembre 2000: Travail réalisé à l'identique de la deuxième campagne.

4^{ème} campagne : 18 décembre 2000: Des mesures complémentaires ont été réalisées, à la station V en décembre 2000 (température, O₂, chimie, plancton) pour vérifier d'une part la disparition de la thermocline et la re-distribution de l'oxygène en zone profonde pendant l'hiver.

En juillet 2001, nous sommes intervenus à nouveau sur des mesures de température, oxygène et conductivité, (sur les stations IV à VII), pour vérifier si la situation thermique observée en juillet 2000 ne représentait pas un cas particulier.

COMPARTIMENT II : PHYSIQUE & CHIMIE DE L'EAU

II. 1. Températures.

1.1. Méthodologie :

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

Au niveau de la baie du barrage, moins fréquentée, nous avons installé pendant toute la durée de l'étude un bouée avec deux sondes thermiques enregistreuses. Il s'agit de sondes étanches Pekly 8000 (Hermann Moritz) dont la gamme d'utilisation s'étend de - 35°C à +49°C. La température était mesurée puis stockée toutes les 50 mn. Le transfert des données se faisant par l'utilisation d'une interface vers un micro ordinateur équipé d'un tableur.

Deux sondes ont été placées. L'une à -2m de façon conventionnelle pour éviter des petites variations thermiques liées à des rafraîchissement ou réchauffement ponctuels, (alternance jour- nuit), l'autre à -5m pour mesurer la température au milieu de l'épilimnion en période estivale.

Par ailleurs lors de chaque campagne de mesures, et à chaque station, 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 cables nous a permis de mesurer les valeurs tous les mètres, bien au delà de la thermocline. Entre -21m et le fond, notamment aux stations les plus profondes, VI et VII, nous avons mesuré la température tous les cinq mètres, jusqu'au fond, grâce au prélèvement d'un volume de 2l d'eau avec une bouteille à clapets.

1.2. Résultats :

La retenue de Saint Cassien, en région provençale et à faible altitude, présente des eaux très chaudes. L'analyse des résultats fournis par les sondes thermiques qui ont enregistrées des valeurs pendant la durée de l'étude du 13 juin 00 au 20 octobre 00 montrent à moins deux mètres, 59 jours où la température a atteint un valeur moyenne journalière de 25°C et 72 jours où cette valeur a atteint 24°C.

La figure (II.1.) montre que la sonde à -2m est davantage affectée par des coup de froid (Mistral) notamment entre le 6 et le 20/07/00 que la sonde -5m. Les valeurs enregistrées sur cette dernière sonde montrent aussi que les eaux à - 5m sont plus longues à se refroidir dès la fin du mois d'août. En novembre les eaux de surface sont à la même température que les eaux de fond et le mélange apparaît.

Les figures (II.2), montrent l'évolution de la température en fonction de la profondeur aux quatre principales stations pendant les trois campagnes. Le lecteur trouvera des valeurs précise en annexes I.

En juin, la température des eaux en surface est proche de 25°C. La température décroît rapidement avec la profondeur, mais elle se stabilise en profondeur, à toutes les stations, vers 12°C. En station VII, la thermocline est déjà installée à -6m.

Fin juillet, la thermocline descend et s'installe sur une grande épaisseur, entre -10m et -14m. Les températures en surface et au fond ne présentent pas de modification, depuis juin.

En septembre, la situation thermique est très homogène à toutes les stations. La température est uniforme à 23.5°C depuis la surface jusqu'à -10m, puis elle chute progressivement pour atteindre 10°C au fond.

La retenue de Saint Cassien présente une stratification thermique particulièrement marquée en période estivale. La partie supérieure, d'une épaisseur d'environ 10m, présente une température très élevée, mais une oxygénation forte, en relation avec un peuplement algal plus actif puisque les conditions lumineuses sont meilleures.

Plus profond, la température diminue fortement pour se stabiliser à 10°C. La couche la plus basse et la plus froide reste isolée de la surface par la thermocline pendant toute la saison estivale.

En juillet 2001, des mesures réalisées sur les quatre stations confirment les résultats obtenus le 26/07/00. La retenue présente une stratification thermique très marquée en période estivale et les deux masses d'eau, celle de surface (0 à -10m environ) et celle de fond (-11m

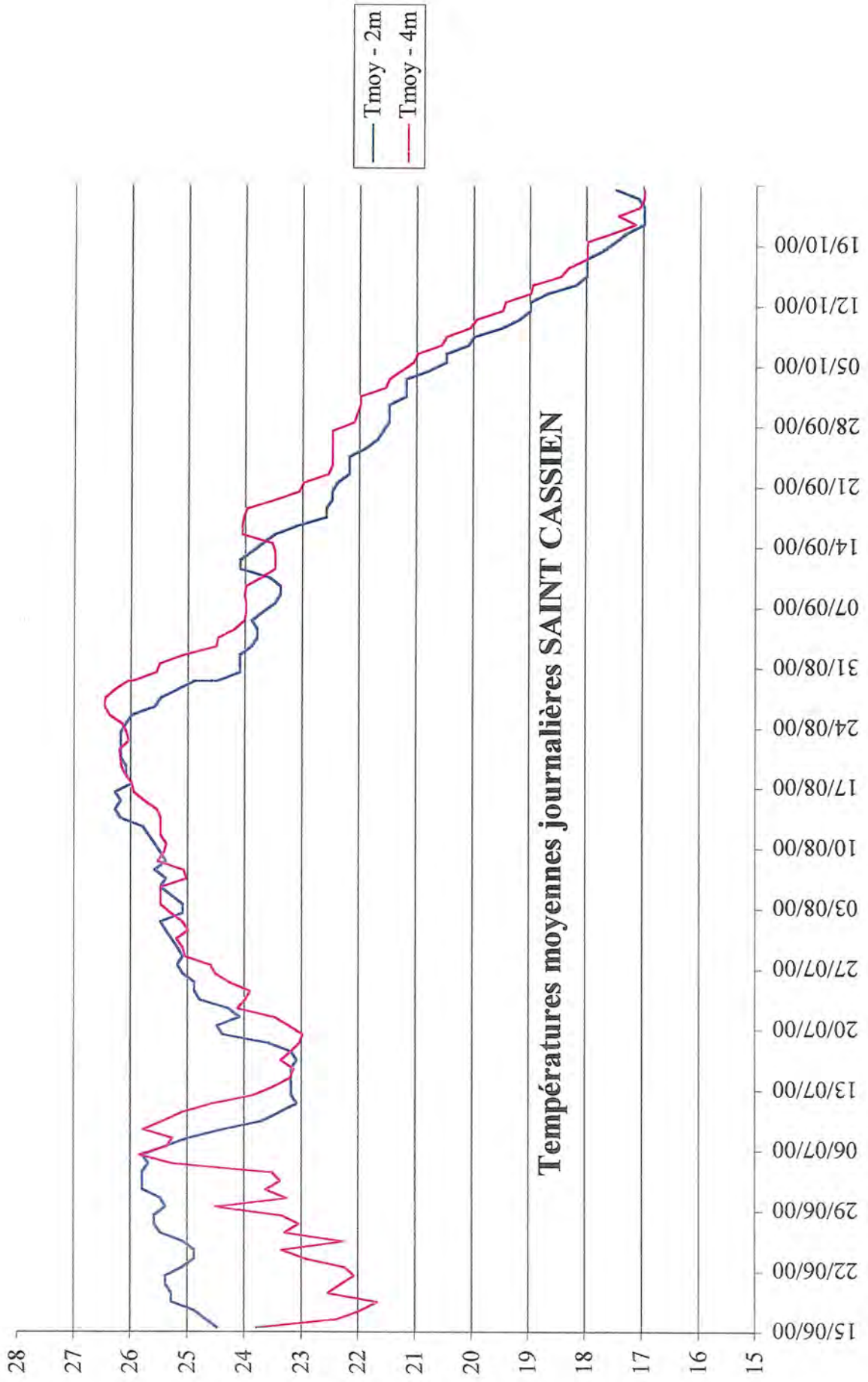


Fig. II. 1. Températures moyennes journalières St Cassien / Université Aix Mlle I.

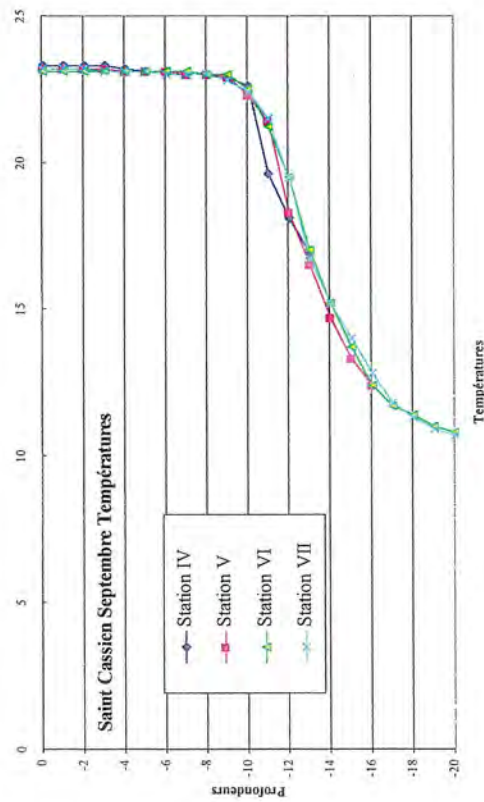
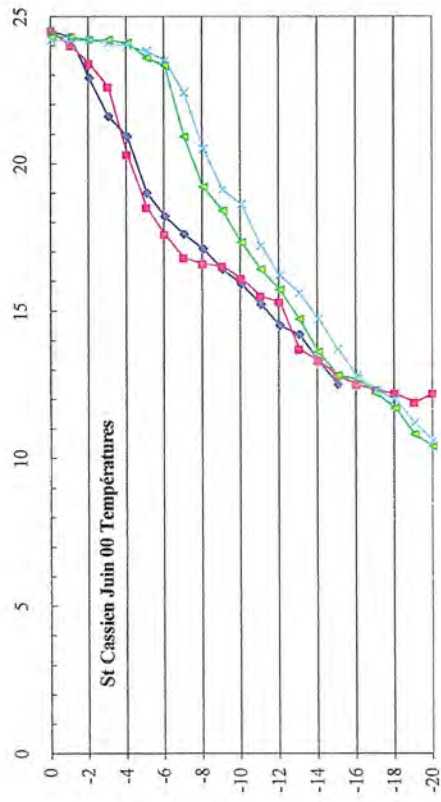
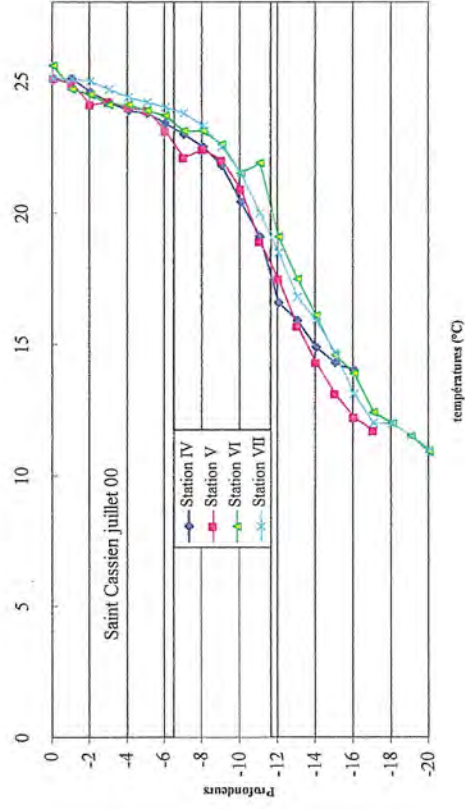


Fig. II. 2. Températures
Saint Cassien / Université Aix Marseille I

jusqu'au fond) ne présentent plus d'échanges pendant toute la durée de la période chaude. Il s'agit de deux milieux distincts.

Dans la masse de surface où la température est homogène, le vent peut remplir son rôle et brasser l'eau.

Une campagne supplémentaire réalisée en décembre 2000 montre un refroidissement des eaux de surface, une température homogène avec les eaux de la couche profonde. La retenue subit un mélange qui affecte ses couches d'eau, des eaux de surface s'enfoncent, les eaux de fond remontent, le brassage se traduit par une homogénéisation de l'oxygène dissous qui est maintenant bien représenté sur la colonne d'eau.

En résumé : les eaux de la retenue de Saint Cassien atteignent des températures particulièrement élevées, plus de 25°C en moyenne journalière pendant 59 jours à la sonde 2m. Le lac de Saint Cassien est un lac monomictique chaud au sens de la classification de Hutchinson & Löffler, (1956). La retenue est stratifiée de mai à novembre, elle présente alors deux masses d'eau dont l'une, la plus chaude et la plus légère, l'*épilimnion*, flotte au dessus de la seconde plus froide, l'*hypolimnion*. Il n'y a aucun mélange possible entre les eaux de surface et les eaux de fonds pendant la période estivale. Le mélange des deux masses d'eau se produit en hiver, comme c'est le cas des autres lacs de barrage et lacs naturels de la zone climatique.

II. 2. OXYGENE DISSOUS

1. 1. Méthodologie :

La mesure de l'oxygène dissous a été réalisée lors de chaque campagne d'échantillonnage et sur chacune des stations. La mesure a été réalisée *in situ* à partir d'un oxymètre portable de marque WTW raccordé à une sonde par 20 mètres de câbles. La sonde est équipée d'une membrane qui a fait l'objet d'un changement pour chacune des campagnes suivit d'un étalonnage réalisé suivant le protocole du constructeur.

La mesure a été effectuée tous les mètres depuis la surface jusqu'à la profondeur de 20m puis tous les cinq mètres jusqu'au fond, pour les stations les plus profondes VI et VII.

1. 2. Résultats :

En juin 2000, (fig.II.3.) la couche supérieure du lac est bien oxygénée, les valeurs sont supérieures à 7 mg.l^{-1} en surface à toutes les stations. Dans les stations les plus profondes VI et VII cette valeur reste constante jusqu'à -6m , puis les mesures montrent une augmentation d'oxygène dissous entre -6m et -14m . Dans les stations IV et V nous observons une augmentation des teneurs en O_2 depuis la surface jusqu'à -6m avec un pic supérieur à 9mg.l^{-1} à -4m et aux deux stations.

Dans les couches plus profondes; les situations observées sont très différentes. En station IV l'oxygène dissous décroît rapidement vers le fond, il atteint une concentration de 2mg.l^{-1} . En station V et VI l'oxygène dissous se stabilise aux environs de 4mg.l^{-1} dès -11m , mais la chute est très brutale entre -12 et -13m .

En station VII, les eaux restent davantage oxygénées en profondeur, en raison, peut être, de la présence de masses d'eau plus mobile à proximité du barrage. C'est un phénomène un peu surprenant dans la mesure où le turbinage est réduit en été.

La présence de pics d'oxygène différents entre deux groupes de stations (IV - V) et VI - VII) résulte d'activités phytoplanctoniques importantes (production d' O_2), elles mêmes sous la dépendance de la transparence un peu plus marquée en stations IV et V qu'en station VI et VII.

En juillet 2000, (fig. II.3.) les teneurs en O_2 dissous en surface s'étendent entre moins de 7mg.l^{-1} et plus de $9,5\text{mg.l}^{-1}$ suivant les stations. On note une augmentation ponctuelle entre 10 et 12m aux stations VI et VII, mais pour toutes les stations la chute est brutale à partir de 14m . Dès -15m les teneurs en oxygène dissous ne permettent plus une vie normale pour les espèces de poissons. Dans les quatre stations, les teneurs mesurées au fond sont inférieures au mg.l^{-1} .

En septembre 2000, (fig. II.3.) trois stations (IV - V -VI) présentent une courbe identique, oxygène depuis la surface jusqu'à -8m puis chute rapide de la concentration entre -9 et -11m avec des valeurs proches de 0mg.l^{-1} . La station VII se distingue une nouvelle fois avec des valeurs beaucoup plus élevées, qui dépassent largement la saturation dans la couche supérieure; la chute des valeurs en oxygène dissous est tout aussi brutale au niveau de la thermocline, mais des valeurs proches de 1 mg.l^{-1} sont observées au fond.

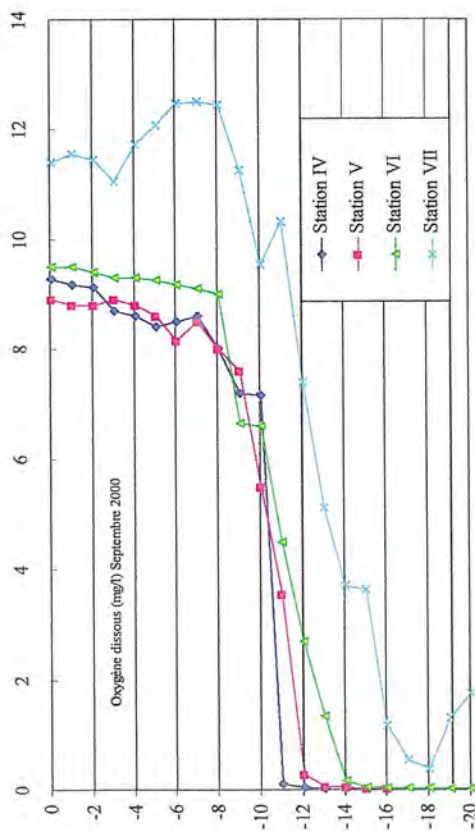
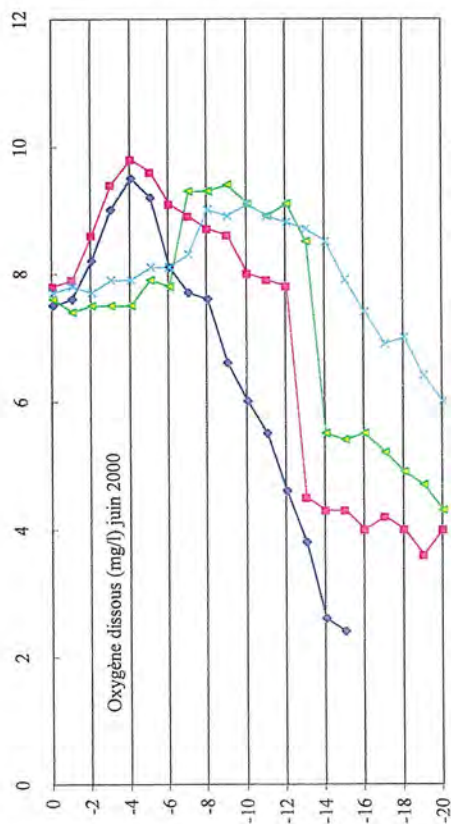
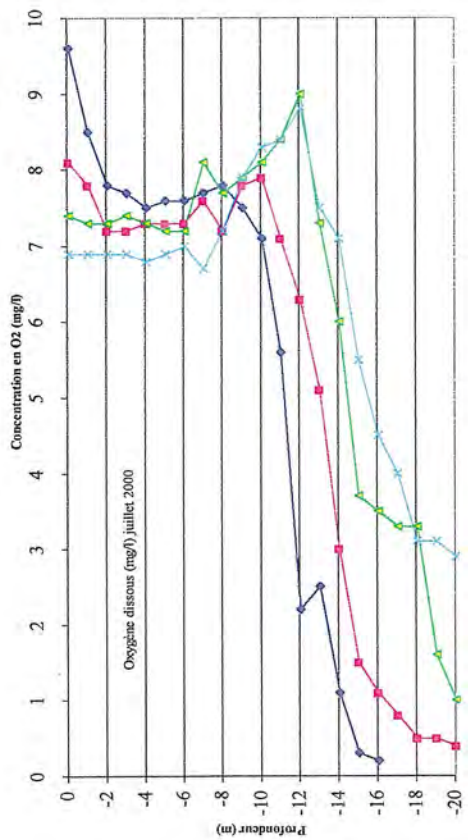


Fig. II. 3. Oxygène dissous
Saint Cassien / Université Aix Marseille I

Le lecteur trouvera en annexe les valeurs précises de teneur en oxygène dissous et de % de saturation.

En décembre 2000, (en annexe), les teneurs en oxygène dissous sont homogènes sur l'ensemble de la colonne d'eau, les teneurs en oxygène dissous sont proches de la saturation, quelque soit la profondeur de mesure

En juillet 2001, (en annexe), la situation observée est tout à fait analogue de celle observée à la même période, un an plus tôt.

En résumé : La couche d'eau proche de la surface reste oxygénée pendant toute la saison estivale. Des valeurs de sursaturation sont souvent observées suivant les stations et l'heure de la journée. La zone profonde, en revanche, présente une teneur en oxygène dissous qui diminue pendant l'été pour atteindre , au fond, des valeurs proches de 0 mg l⁻¹.

Ainsi, en septembre la zone profonde présente des teneurs en oxygène incompatibles avec la vie piscicole. Deux raisons expliquent ce phénomène:

- une raison physique, les différences de températures observées conditionnent la présence de deux masses d'eau posées l'une sur l'autre sans mélange possible, la masse d'eau la plus profonde consomme son oxygène pendant la période chaude, sans renouvellement.

- une raison biologique et physique liée à la faible transparence de l'eau qui limite l'activité phytoplanctonique à l'épilimnion : matières en suspension dans l'eau (physique) et présence d'un peuplement phytoplanctonique très dense en surface (biologie).

Jusqu'à la période de mélange, la vie s'installe dans la couche de surface bien oxygénée grâce à un peuplement algal particulièrement dense.

II. 3. LUMIERE & TRANSPARENCE

1. 1. Méthodes

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 quantité de lumière reçue en surface a fait l'objet d'une mesure avec mesures puis enregistrement pendant la période du 15 juillet au 15 décembre 00. L'appareil utilisé est un système HOBO *Light intensity*[®]. Les valeurs sont exprimées en log Lumens par pieds carrés (malgré les Conventions Internationnales les appareils de mesures sont étalonnées à partir d'unités disparues en 1960 !). Le fonctionnement de la cellule s'est révélé désastreux jusqu'à la fin août et nous avons décidé de changer la sonde lumineuse. Les résultats sont obtenus pour les mois de septembre à décembre. Les valeurs retenues pour le graphique correspondent aux moyennes journalières pour la période de 7h 40 à 19h40, soit 8 valeurs en 12h.

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*. Un disque de 30cm avec des alternances de secteurs blancs et sombre. Le disque est descendu depuis la surface lorsque le soleil est au zénith, vers le fond. Deux observateurs notent la profondeur de disparition du disque, puis poursuivent sur un bon mètre la descente du disque. Par la suite ils remontent le disque et mesurent la profondeur de réapparition du disque. La profondeur de *Secchi* est un calcul de moyenne entre ces deux valeurs.

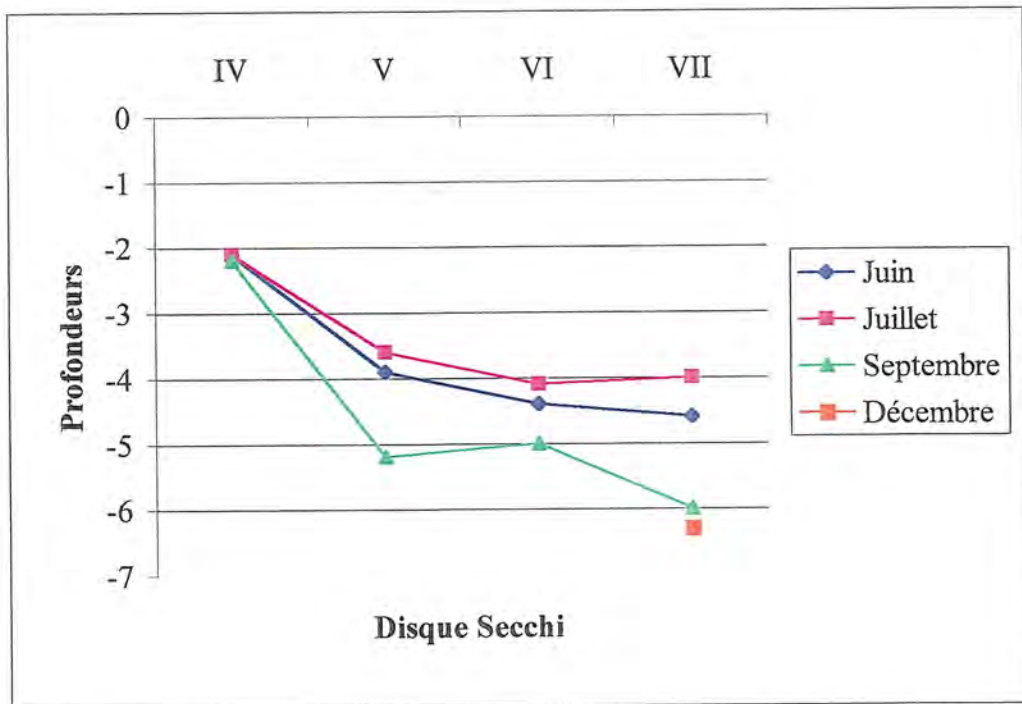
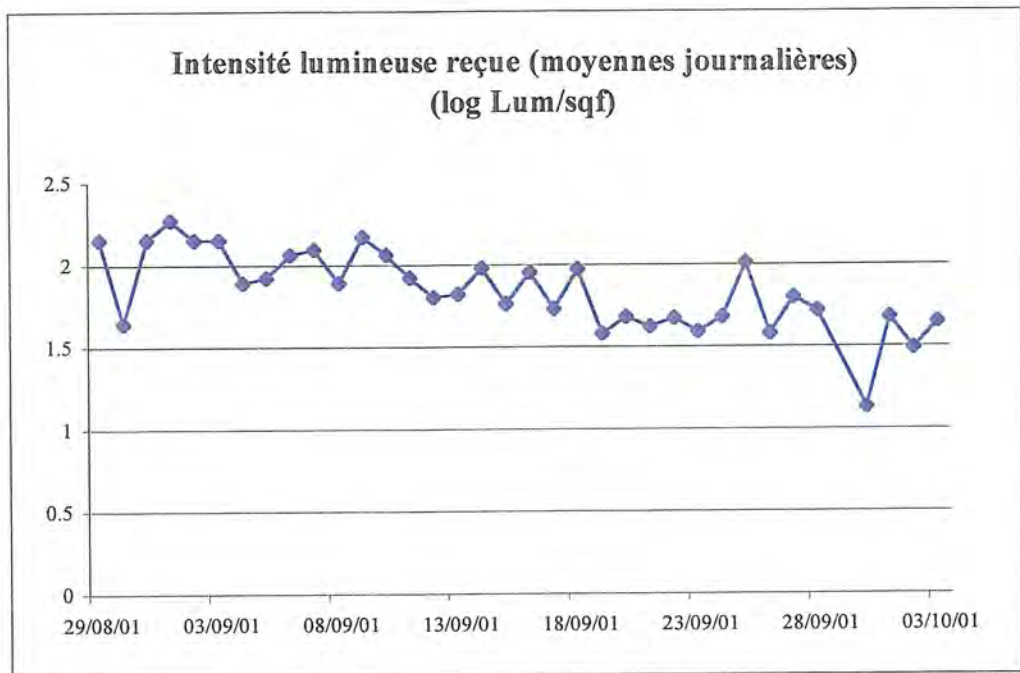


Fig. II. 4. Lumière
Saint Cassien / Aix Marseille I

1. 2. Résultats.

2.1. Pendant les campagnes de prélèvements

La quantité de lumière reçue par unité de surface est une caractéristique d'un lac. Elle est bien évidemment le reflet du climat, de l'ensoleillement, de la nébulosité. Deux lacs peuvent présenter des fonctionnements biologiques différents en raison d'intensités lumineuses reçues distinctes. La retenue de Saint Cassien reçoit un ensoleillement très important qui se traduit par des valeurs d'intensité lumineuse comprises entre 31 et 100 lumens pour 0.11m² pendant le mois de septembre 2000 (fig. II 4.).

La transparence des eaux évolue entre les stations, elle est généralement plus faible en station IV et V que dans les stations VI et VII. Pendant l'été, la transparence diminue entre juin et juillet aux stations VI et VII, puis la transparence augmente, en septembre, aux stations V, VI et VII. La valeur la plus importante est obtenue en décembre 00 (fig. II.4.).

La couche euphotique est donc comprise suivant les stations entre 5.25m et 15m en période estivale, elle correspond bien à l'épilimnion.

2.2. Comparaisons avec les données bibliographiques

Lors de l'étude de S. Fayolle (1993) la transparence variait entre 2.2m dans la baie du Biançon à 3.5m au niveau de notre station IV et 4.5m au niveau de notre station VII.

Les valeurs observées en 2000 sont peu différentes de celles rencontrées en 1993.

Les valeurs obtenues à St Cassien sont comparables à celles rencontrées dans des lacs mésotrophes (Dobson, 1974; Dillon *et al.*, 1975; Mathieu *et al.*, 1979).

Pour établir des comparaisons avec de grandes retenues de la région, la transparence évolue entre -4 et -8m suivant les saisons et les stations d'étude dans la retenue de Serre Ponçon et de -2 à -10m pour la retenue de Ste Croix.

En résumé : la transparence des eaux est faible pour toutes les stations d'étude. D'après la bibliographie, les faibles valeurs observées à St Cassien, sont caractéristiques de celles rencontrées dans des milieux mésotrophes.

II. 4. CHIMIE DE L'EAU

4. 1. Méthodologie :

Au cours des quatre campagnes de prélèvements et analyses sur le lac de Saint Cassien, différents paramètres hydrologiques ont été suivis : pH, conductivité, ion ammonium, ion nitrate, ion phosphate, ions chlorure, sulfate, manganèse et en ion fer II et III.

L'analyse de l'eau a été réalisé à trois niveaux, en surface, à moins 10m et au niveau du fond pour les stations IV à VII. Dans les trois dernières stations, (I à III) de faible profondeur, un seul prélèvement a été réalisé en surface. Les prélèvements en profondeur sont réalisés avec une bouteille à clapets qui permet d'emprisonner 2l d'eau à la profondeur recherchée. Les prélèvements se font bateau sur ancre pour éviter tout phénomène de dérive.

Les paramètres pH, conductivité et oxygène dissous ont été mesuré sur le terrain selon les techniques préconisées par les normes AFNOR " Qualité des eaux" recueil des Normes AFNOR 1994.

- Mesure électrométrique du pH d'une eau (AFNOR NF T 90-008).

- Détermination de la conductivité électrique d'une eau (NF T 90-031) ; et évaluation de la teneur en sels dissous (NF T 90-111)

Les autres paramètres ont été analysés au laboratoire dès leur retour, après un maximum de 24 h de conservation au froid (4°C) (Recueil AFNOR 1994 pour la Qualité des Eaux, normes concernant l'échantillonnages, la conservation et la manipulation des échantillons : T90-001, T90-100, T90-201, T90-511, T90-512, T90-513) :

- Dosage d'anions (Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}) par chromatographie ionique (NF T 90-042)

Principe :

La chromatographie par échange d'ion est une chromatographie en phase liquide où la phase stationnaire est constituée par une trame solide insoluble dans l'eau, sur laquelle sont greffés des groupements fonctionnels ionisables (cf. présentation de la colonne AS4A). Chaque groupement est donc susceptible de donner un ion chargé négativement et un ion chargé positivement : l'un reste sur la matrice, l'autre peut s'échanger avec les ions de même signe de la solution. L'appareillage et les procédés opératoires sont identiques à ceux de

la C.L.H.P. La chromatographie ionique : par ce terme on entend une chromatographie qui associe un échange d'ions avec une détection conductimétrique. Elle s'applique aussi bien aux anions qu'aux cations, mais elle est surtout utilisée actuellement pour doser les anions minéraux en hydrologie.

Un site de la phase stationnaire est occupé soit par un ion de la phase mobile soit par un ion de l'échantillon. Quand ce dernier quitte la colonne, c'est qu'il a remplacé un ion de l'éluant dans le flux de la phase mobile. Il en résulte une variation de la conductance d'autant plus grande que la différence de la conductivité équivalente des 2 ions est grande. On choisit en général un éluant de faible conductance et on mesure l'augmentation de conductance au passage des ions de l'échantillon dans le détecteur.

La sortie de la colonne pour un ion à doser dépend de divers paramètres, mais la valeur de ce temps reste identique pour un ion considéré tous les autres paramètres restant égaux par ailleurs (concentration, c.a.d. force ionique de la phase mobile, débit de la phase mobile, type de colonne utilisée...). On parle alors de temps de rétention. D'autre part, la hauteur du pic obtenu sur le chromatogramme est proportionnelle à la concentration de l'ion considéré (car proportionnelle à la conductivité mesurée).

REMARQUE : Mesure après "suppression" de la conductance de la phase mobile.

Si on fait passer les ions de l'éluant sous la forme d'acide faible très peu ionisé, on abaisse considérablement la conductance de l'éluant pur. Si les ions recherchés restent sous forme ionisée, l'accroissement relatif de conductance est très supérieur à celui du cas précédent. A la sortie de la colonne, et avant le détecteur, le flux de la phase mobile passe au contact d'une membrane sélective, échangeuse sous forme H^+ , qui "neutralise" l'éluant et diminue ainsi la ligne de base de la réponse du détecteur (cf. description de la membrane ASRS).

Exemple : $NaHCO_3 + Na_2CO_3$ comme éluant - membrane sélective échangeant Na^+ contre H^+ - H_2CO_3 non ionisé.

Fonctionnement de l'appareil :

Le détecteur employé dans le chromatographe IonPac de Dionex DX 100 est un conductimètre, il détectera la sortie des ions de la colonne chromatographique par une variation de la conductance.

L'appareil fonctionne avec un mélange carbonate / hydrogénocarbonate comme éluant. On ne peut donc pas déterminer la concentration de ces ions dans un mélange.

La phase stationnaire est constituée d'une colonne support ion ammonium :

Prélèvements <i>Paramètres</i>	Surface		
	15/06/00		
	Station I	Station II	Station III
Température °C	26	25,2	25,6
pH (+/- 0,1)	7,7	8,1	8,2
Conductivité µS/cm (+/- 2)	255	261	261
Oxygène dissous mg.l ⁻¹ (+/- 0,2)	7,8	7,4	7,4
NH ⁴⁺ Mg.l ⁻¹ (+/- 0,1)	0,2	0,2	< 0,2
NO ₃ ⁻ mg.l ⁻¹ (+/- 0,1)	0,3	< 0,1	0,1
HPO ₄ ²⁻ mg.l ⁻¹ (+/- 0,1)	< 0,1	< 0,1	< 0,1
CL ⁻ mg.l ⁻¹ (+/- 0,05)	6,3	6,3	6,02
SO ₄ ²⁻ mg.l ⁻¹ (+/- 0,1)	15,4	14,5	14,4
Mn ⁺⁺ mg.l ⁻¹ (+/- 0,01)	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Fe ⁺⁺ mg.l ⁻¹ (+/- 0,01)	< 0,02	< 0,02	< 0,02

	Surface		
	26/07/00		
	Station I	Station II	Station III
	24,4	25,6	26,8
	8,5	8,5	8,5
	253	258	256
	7,6	6,8	6,9
	0,2	0,2	0,2
	< 0,1	< 0,1	< 0,1
	< 0,1	< 0,1	0,2
	5,84	5,52	5,4
	12,5	12,7	12,2
	< 0,03	< 0,03	< 0,03
	< 0,02	< 0,02	< 0,02

	Surface		
	21/09/00		
	Station I	Station II	Station III
	21,9	22,6	23
	7,8	8	7,9
	248	245	246
	7,7	8	8,16
	< 0,1	< 0,1	< 0,1
	< 0,1	< 0,1	0,4
	< 0,1	< 0,1	< 0,1
	5,59	5,43	5,46
	13,2	13	12,9
	< 0,03	< 0,03	< 0,03
	< 0,02	< 0,02	< 0,02

Fig. II. 1. Chimie Stations faibles profondeurs
Saint Cassien Université Aix Marseille I

- Les concentrations en ions ammonium, manganèse et fer sont déterminées par colorimétrie dès le retour des échantillons au laboratoire (conservés à 4°C, après un maximum de 24 H).

* Ions ammonium : méthode de colorimétrie de l'isopropyl-2,2'-méthyl-5,5'-indophénol bleu (réaction de Berthelot), Test Aquaquant Merck.

* Ion Fer II et III : les ions ferriques (III) sont réduits en fer II, et les ions fer II forment avec le 2,4,6-tri-2-pyridyl-1,3,5-triazine dans une solution d'acétate, un complexe de coloration bleue, Test Aquanal-plus Riedel-de Haën.

* Ion manganèse : colorimétrie du complexe rouge-brun du manganèse avec la formaldoxime, Test Aquaquant Merck.

4. 2. Résultats :

2.1. Comparaisons stations / campagnes 2000:

Les **stations I à III** correspondent aux zones d'apports et de faible profondeur (Tabl. II.1).

Les eaux présentent un pH tamponné à légèrement basique, la conductivité est comprise entre 250 et 260 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, aucun des éléments rencontrés ne présentent de valeurs excessives. Les eaux sont de bonne qualité chimique quelque que soit les stations et les campagnes.

A la **station IV** (Tabl. II.2), le pH subit peu de variation en fonction de la profondeur et des campagnes de mesures, la conductivité présente une légère variation avec la profondeur, notamment en juin et juillet. Pour les autres éléments, on observe peu de changement, à l'exception des nitrates. En effet en juin et juillet la concentration en nitrates augmente vers les zones profondes, tandis qu'en juillet une valeur particulièrement très élevée est observée à -10m ($19,3\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$). Nous n'avons pas d'explication sur ce phénomène très ponctuel: erreur de manipulation ? ou pollution localisée au niveau de la thermocline ? Le problème ne s'est pas reproduit.

A la **station V** (Tabl. II.3.), une campagne supplémentaire vient s'ajouter, en décembre 2000. Nous avons choisit cette station comme représentative du lac en début d'hiver pour vérifier le mélange des deux masses d'eau.

SAINT CASSIEN STATION IV									
Prélèvements <i>Paramètres</i>	15/06/00			26/07/00			21/09/00		
	Surface	10m	Fonds	Surface	10m	Fonds	Surface	10m	Fonds
Température °C	24,5	15,9	12,5	25,1	20,1	14	23,3	22,6	17
pH (+/- 0,1)	8,4	8,1	7,9	8,5	8,3	8,1	7,5	7,5	7,6
Conductivité $\mu\text{S/cm}$ (+/- 2)	261	291	299	257	261	308	247	252	254
Oxygène dissous mg.l^{-1} (+/- 0,2)	7,5	6	2,4	9,6	7,1	0,2	9,2	7	0,02
NH_4^{+} Mg.l^{-1} (+/- 0,1)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	< 0,1	< 0,1	0,2
NO_3^{-} mg.l^{-1} (+/- 0,1)	< 0,1	0,2	0,5	< 0,1	< 0,1	1,6	< 0,1	19,3	0,2
HPO_4^{2-} mg.l^{-1} (+/- 0,1)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Cl^{-} mg.l^{-1} (+/- 0,05)	6,02	5,67	5,82	5,14	5,33	5,33	5,36	5,26	5,33
SO_4^{2-} mg.l^{-1} (+/- 0,1)	14,4	14,1	14	11,1	12,2	12,2	13	13	12,8
Mn^{++} mg.l^{-1} (+/- 0,01)	< 0,03	< 0,3	< 0,3	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Fe^{++} mg.l^{-1} (+/- 0,01)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02

Fig. II. 2. Chimie de l'eau Station IV
Saint Cassien/ Université Aix Marseille I

Prélevements <i>Paramètres</i>	SAINT CASSIEN STATION V											
	15/06/00			26/07/00			21/09/00			18/12/00		
	Surface	Moins 10m	Fonds	Surface	Moins 10m	Fonds	Surface	Moins 10m	Fonds	Surface	Moins 10m	Fonds
Température °C	24,5	16,1	12,2	25,5	24,5	15,6	23,2	22,3	12,4	10,2	10	9,7
pH (+/- 0,1)	8,3	8,3	8	8,5	8,5	8,2	7,7	7,5	7,5	7,5	7,6	7,7
Conductivité µS/cm (+/- 2)	259	292	299	255	254	302	247	267	305	295	294	301
Oxygène dissous mg.l ⁻¹ (+/- 0,2)	7,8	8	4	8,1	7,9	0,4	8,9	5,5	0,02	10,5	10,6	9,8
NH ⁴⁺ Mg.l ⁻¹ (+/- 0,1)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	< 0,1	< 0,1	0,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1
NO ₃ ⁻ mg.l ⁻¹ (+/- 0,1)	< 0,1	0,2	0,8	< 0,1	< 0,1	0,7	< 0,1	< 0,1	0,7	1,1	1,1	1,2
HPO ₄ ²⁻ mg.l ⁻¹ (+/- 0,1)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
CL ⁻ mg.l ⁻¹ (+/- 0,05)	5,98	5,74	5,86	5,27	5,33	5,46	5,36	5,26	5,2	2,66	3,14	2,98
SO ₄ ²⁻ mg.l ⁻¹ (+/- 0,1)	14,4	14,6	14,6	11,5	12,2	12,3	13	12,6	10,4	16,8	16,8	20
Mn ⁺⁺ mg.l ⁻¹ (+/- 0,01)	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0	0	0,03
Fe ⁺⁺ mg.l ⁻¹ (+/- 0,01)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0	0	0,02

Fig. II. 3. Chimie de l'eau Station V
Saint Cassien/ Université Aix Marseille I

Ici aussi pendant les trois campagnes estivales on note une légère augmentation de la conductivité avec la profondeur. Les autres éléments restent stables en fonction de la profondeur et des campagnes d'échantillonnage à l'exception des nitrates qui subissent une légère augmentation vers le fond, sans atteindre pourtant de valeurs élevées. Cette augmentation résulte de deux phénomènes: non consommation des nitrates dans l'hypolimnion et sédimentation du seston.

En décembre, il y a homogénéisation des masses d'eau et tous les éléments présentent les mêmes concentrations en surface et en profondeur.

A la **station VI**, (Tabl. II.4.), la situation se reproduit à l'identique avec les autres stations, il y a augmentation avec la profondeur, de la teneur en sels minéraux et des nitrates, tandis que les concentrations qui concernent les autres éléments restent constantes.

A la **station VII**, (Tabl. II.5.), l'évolution reste identique à celle des autres stations.

Fer et Manganèse restent avec de faibles concentrations. Leur étude était justifiée par la nature du bassin versant et par le rôle joué par ces deux composants dans les lacs eutrophes où une interface oxygène/anoxique se développe. L'accumulation des espèces réduites plus solubles peut s'opérer dans l'hypolimnion anoxique des lacs stratifiés comme St Cassien. Cette accumulation est le résultat de décomposition de la matière organique par les processus bactériens ainsi que des réactions de dissolution réductive. Parmi les réactions qui conduisent à la formation de Fe(II), il faut noter la réduction des oxy-hydroxydes de Fe (III) par les sulfures. Les sulfures sont issus de réactions de sulfato-réduction catalysée par des bactéries. Le Fe(II) réagit ensuite avec S (-II) dissous pour donner un précipité colloïdal de FeS qui donne une couleur noirâtre caractéristique aux eaux profondes. Le cycle du Manganèse est différent de celui du fer car d'une part la réaction d'oxydation de Mn^{2+} par O_2 est beaucoup plus lente que pour le fer et d'autre part les sulfures de manganèse sont plus solubles que ceux du fer. Quoiqu'il en soit les valeurs rencontrées à St Cassien sont faibles et sans modification entre la surface, la thermocline et le fond et ceci à toutes les stations.

2.2. Comparaisons résultats avec la bibliographie

La comparaison peut s'effectuer avec les travaux réalisées par S. Fayolle en août 1993, c'est à dire en période de stratification estivale (Tabl. II.6.). Sur la plupart des éléments que l'on peut comparer, ammoniacque, nitrates, phosphates, chlorures et sulfates, on n'observe pas de différences entre 1993 et 2000.

SAINT CASSIEN STATION VI									
Prélèvements <i>Paramètres</i>	15/06/00			26/07/00			21/09/00		
	Surface	Moins 10m	Fonds	Surface	Moins 10m	Fonds	Surface	Moins 10m	Fonds
Température °C	24,3	16,4	10,4	25,2	23,2	12,2	23,1	22,5	10,5
pH (+/- 0,1)	8,4	8,4	8,1	8,5	8,4	8	7,8	7,6	7,6
Conductivité µS/cm (+/- 2)	260	300	300	256	267	302	249	280	305
Oxygène dissous mg.l ⁻¹ (+/- 0,2)	7,6	8,9	4,3	7,4	8,1	1,1	9,5	6,6	0
NH ⁴⁺ Mg.l ⁻¹ (+/- 0,1)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	< 0,1	< 0,1	0,2
NO ₃ ⁻ mg.l ⁻¹ (+/- 0,1)	< 0,1	0,6	0,9	< 0,1	< 0,1	1,3	< 0,1	< 0,1	< 0,1
HPO ₄ ²⁻ mg.l ⁻¹ (+/- 0,1)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
CL ⁻ mg.l ⁻¹ (+/- 0,05)	5,88	5,91	5,74	5,21	5,27	5,46	5,49	5,36	5,69
SO ₄ ²⁻ mg.l ⁻¹ (+/- 0,1)	14,4	15	15,2	11,5	12,2	12,3	13,4	12,5	11,6
Mn ⁺⁺ mg.l ⁻¹ (+/- 0,01)	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Fe ⁺⁺ mg.l ⁻¹ (+/- 0,01)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02

Fig. II. 4. Chimie de l'eau Station VI
Saint Cassien/ Université Aix Marseille I

Prélèvements <i>Paramètres</i>	15/06/00			26/07/00			21/09/00		
	Surface	Moins 10m	Fonds	Surface	Moins 10m	Fonds	Surface	Moins 10m	Fonds
	Température °C	24,3	18,5	10,6	25,3	24,8	12,5	23,2	22,4
pH (+/- 0,1)	8,4	8,4	8,1	8,4	7,9	8,3	7,9	7,9	7,7
Conductivité µS/cm (+/- 2)	262	307	303	255	257	298	247	250	288
Oxygène dissous mg.l ⁻¹ (+/- 0,2)	7,7	8,9	6	6,9	8,3	1,1	11,4	9,53	0
NH ⁴⁺ Mg.l ⁻¹ (+/- 0,1)	< 0,2	< 0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	< 0,1	< 0,1
NO ₃ ⁻ mg.l ⁻¹ (+/- 0,1)	0,2	0,9	0,8	0,2	< 0,1	1,1	0,2	< 0,1	2
HPO ₄ ²⁻ mg.l ⁻¹ (+/- 0,1)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
CL ⁻ mg.l ⁻¹ (+/- 0,05)	5,95	6,7	6,09	5,4	5,46	5,59	5,53	5,59	5,1
SO ₄ ²⁻ mg.l ⁻¹ (+/- 0,1)	14,5	14,6	14,9	12,7	12,3	12,7	13,2	13,1	11,5
Mn ⁺⁺ mg.l ⁻¹ (+/- 0,01)	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Fe ⁺⁺ mg.l ⁻¹ (+/- 0,01)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02

Fig. II. 5. Chimie de l'eau Station VII
Saint Cassien/ Université Aix Marseille I

En revanche, les valeurs de concentrations en oxygène dissous le 20/08/93 sont très élevées sur la station IV, y compris en zone profonde. Ce qui marque une différence puisque dès juillet 2000, comme en juillet 2001, les valeurs en oxygène dissous, dans l'hypolimnion sont souvent proches de la valeur 0. La zone profonde présente une teneur en oxygène dissous qui diminue pendant l'été pour atteindre des valeurs proches de 0mg/l au fond en septembre.

Sur la base des concentrations en phosphates le lac était classé, en 1993, d'après Fayolle, (1993), dans la catégorie des lacs oligo-mésotrophes. Pour les concentrations en azote observés, le lac était classé dans la catégorie des lacs eutrophes (Fayolle, 1993). Ces classifications sont fondés sur la comparaisons avec les travaux de différents auteurs (Thomas, 1953; Sakamoto, 1966; Dillon et al.,1975).

En résumé : La retenue de Saint Cassien présente des eaux de bonne qualité, même en période estivale alors que la fréquentation du plan d'eau est maximale. Les deux nutriments les plus représentatifs de la charge organique sont les nitrates et phosphates. Les phosphates présentent des valeurs toujours inférieures à 0,1 mg.l⁻¹ pour toutes les stations et les trois campagnes. Les nitrates présentent les plus fortes valeurs au niveau du fond. Les teneurs peuvent atteindre 2 mg.l⁻¹ à - 35m à la station VII en septembre. On note une valeur très forte obtenue en station IV à -10m, (19,3 mg.l⁻¹) qui ne trouve pas d'explication. Fer et manganèse restent toujours en limite de détection.

D'après la bibliographie, au niveau des teneurs en phosphates observées pendant l'étude, le lac de Saint Cassien est classé dans la catégorie des lacs oligo- mésotrophes. Tandis qu'au niveau des teneurs en azote, le lac de Saint Cassien est classé dans la catégorie des lacs eutrophes. Mais ces informations seront reprises en compte avec les résultats de l'analyse des autres compartiments étudiés.

III. Peuplement Phytoplanctonique:

III.I. Méthodes

1.1. Technique de prélèvement

Les prélèvements sont réalisés en surface aux sept stations d'études. Aux stations lacustres plus profondes deux prélèvements supplémentaires sont réalisés, le premier à environ -10m il correspond à la masse d'eau juste au dessus de la thermocline, le second prélèvement est effectué au fond. Les stations IV à VII sont ainsi représentées par trois prélèvements pour chaque campagne. Les prélèvements d'eau, destinés aux études qualitatives (détermination des différents taxons) et quantitatives (comptage et dosage des pigments chlorophylliens), ont été réalisés à l'aide d'une bouteille de type Van Dorn, d'une capacité de 2 litres.

De cette bouteille sont retirés deux sous échantillons:

- Le premier, d'un volume de 500 ml, est fixé, in situ, au formol 5% et ramené au laboratoire pour l'identification et le dénombrement cellulaire de toutes les algues.
- Le second d'un litre et demi, non fixé, est conservé, au froid et à l'obscurité, pour le dosage des pigments chlorophylliens, puis il est filtré, au laboratoire, sur filtre Whatman GF/C, de 47 mm de diamètre et 1,2 μ m de porosité, pour le dosage des chlorophylles.

1.2. Détermination des algues

Les échantillons d'eau fixés au formol sont homogénéisés pour remettre en suspension les particules. Un sous-échantillon est prélevé et placé dans une cuve à sédimentation de 25 ml. Chaque sous-échantillon est fermé à l'aide d'un couvercle pour éviter toute évaporation. La durée de sédimentation est de 12h.

La détermination et le comptage du phytoplancton sont effectués au microscope inversé (grossissement x100 à immersion, Olympus), selon la méthode d'UTERMOHL (1931).

La densité est exprimée "en nombre de cellules par unité de volume (litre).

Un autre sous-échantillon est utilisé pour le grillage des diatomées afin d'éliminer toute la matière organique et de les déterminer. Les résultats sont exprimés en nombre de cellules au litre.

L'étude des différents taxons est réalisée à l'aide de flores spécialisées en particulier celles de Bourrelly, (1966, 1968, 1970), Krammer & *al.*, (1986, 1988, 1991)

1.3. Dosage des pigments chlorophylliens

Dès le retour au laboratoire, les échantillons de phytoplancton d'un litre sont filtrés sur un filtre Watman GF/C de 47 mm de diamètre et de 1,2 μ m de porosité. Les filtres sont récupérés et immergés dans des tubes distincts, en présence d'acétone à 90% pour l'extraction des pigments chlorophylliens. Ils sont conservés dans le solvant, à l'obscurité et au frais, durant 24 heures. Après avoir enlevé les filtres du tube, l'extrait acétonique est soumis à centrifugation (4000 tours. min^{-1} , pendant 20 minutes). Les densités optiques du surnageant sont mesurées au spectrophotomètre, aux longueurs d'onde suivantes :

- 750 et 665 nm, avant et après acidification (2 gouttes d'HCL à 0,2 N)

- 663, 645, 630, 480 et 430 nm.

Les concentrations en chlorophylles a, b et c sont déterminées, à partir des équations du groupe SCOR-UNESCO (1964) et celles des phéopigments et de la chlorophylle a active, à partir des équations de LORENZEN (1967). Les résultats sont exprimés en mg.m^{-3} .

Les teneurs en chlorophylle a donnent une information sur l'état physiologique de la flore algale et sont utilisées pour évaluer les niveaux trophiques.

1.4. Plan d'échantillonnage

Trois campagnes de prélèvements ont été effectuées sur les 7 stations prospectées. Au total, 15 échantillons sont prélevés pour chaque campagne, 3 prélèvements (surface, milieu et fond) sur les stations 3, 5 6 et 7 et un prélèvement de surface sur les stations moins profondes (1,2 et 3).

Au total, pour l'ensemble de l'étude, 45 échantillons ont été analysés

III. 2. Résultats:

2.1. Inventaire des espèces :

Le nombre total d'espèces recensées pour les trois campagnes de prélèvements est de 70 taxons réparties en 5 groupes d'algues : 33 Chromophytes appartenant toutes aux Diatomées, 4 Chrysophytes, 27 Chlorophytes, 1 Euglénophyte, 3 Pyrrophytes et 2 Cyanobactéries, (les listes d'espèces et densités cellulaires par station et par campagnes sont données en Annexes)

La richesse spécifique est relativement élevée si on la compare à celle recensée dans les retenues de Sainte-Croix et Serre-Ponçon respectivement 69 taxons en 1987 (Bin Molé, 1987) et 47 taxons en 1996 (Cazaubon *et al.*, 1996). Signalons que les espèces phytoplanctoniques prépondérantes dans la dynamique du peuplement algal du lac de Saint-Cassien sont, pour la plupart, commune au lac de barrage de Sainte-Croix et de Serre-Ponçon.

On a pu constater une diminution de la richesse spécifique des Diatomées et des Chlorophycées, dans la retenue de Saint-Cassien, par rapport aux données précédentes (Fayolle, 1994) où elle s'élevait à 99 taxons. Cette différence peut s'expliquer par un nombre de campagnes plus important et plus échelonné dans l'année. Le peuplement diatomique reste le plus varié.

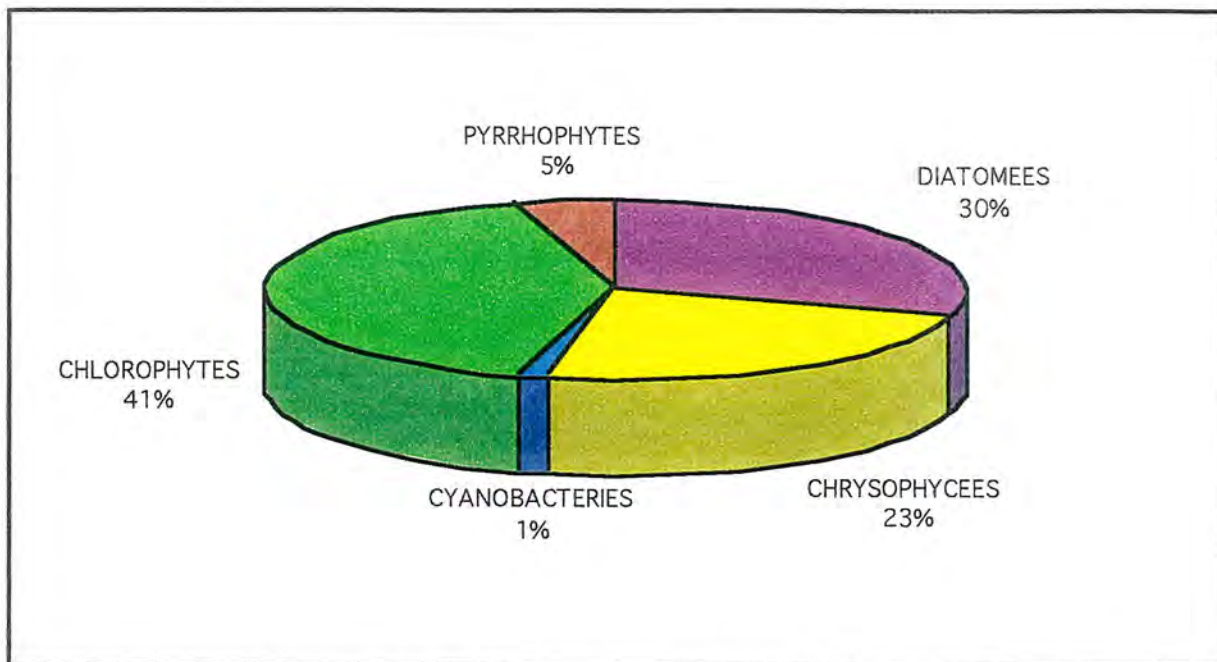
2.2. Abondance relative des différents groupes d'algues pour l'ensemble du lac

Les groupes d'algues planctoniques qui dominent sont les Chlorophytes (41%) puis les Diatomées (30%). On peut noter une évolution dans ces proportions au détriment des Diatomées puisque en 1994, elles représentaient 38% et les Chlorophytes 39% (fig.III.1).

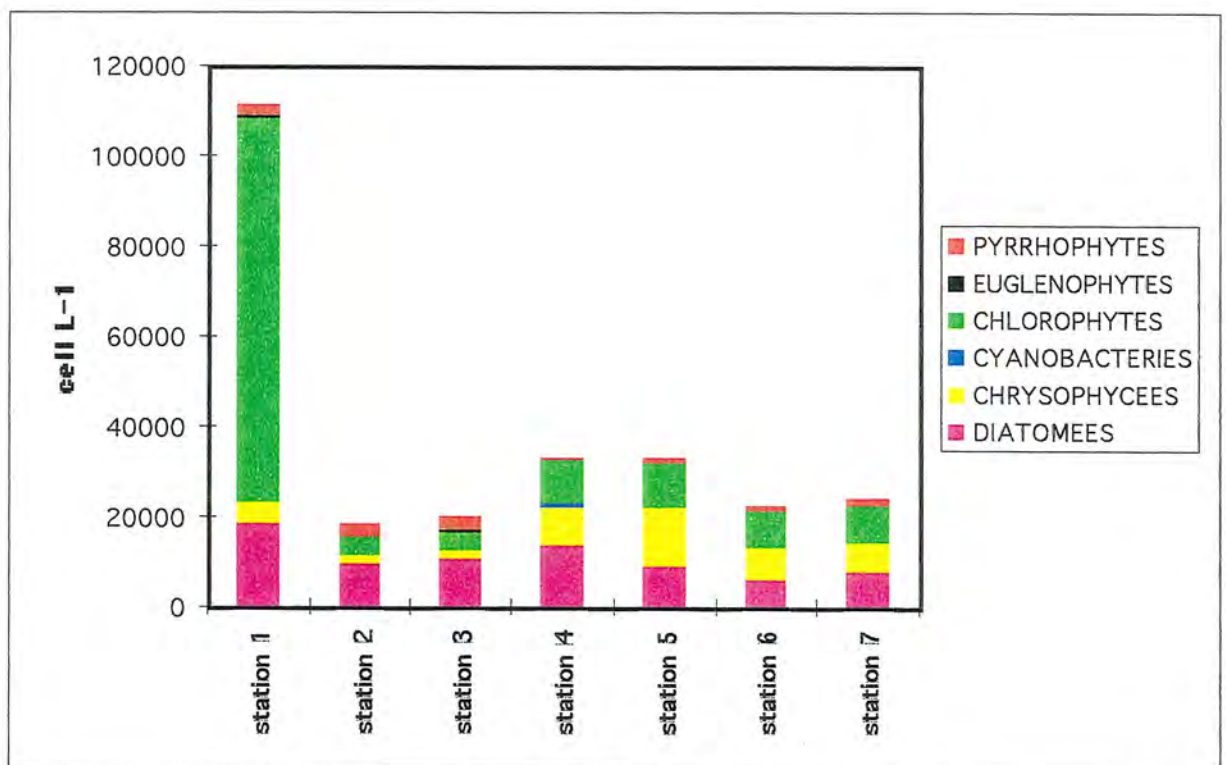
2.3. Densité cellulaire, diversité et équitabilité

Les densités cellulaires moyennes sont nettement plus élevées sur la station II (fig.III.2.) car elles dépassent $100\ 000\ \text{cell.L}^{-1}$. En revanche, sur l'ensemble des autres stations cette densité est deux fois plus faible. Cette différence densitaire s'explique par la prolifération des algues vertes sur cette station telles *Volvox* sp., *Pandorina morum*, *Oocystis lacustris*. Ces espèces sont typiques des milieux riches en matière organique.

Néanmoins, ces valeurs sont relativement faibles si l'on compare celles observées par Fayolle (1994) où elles étaient voisines de $300\ 000\ \text{cell.L}^{-1}$ en période estivale.

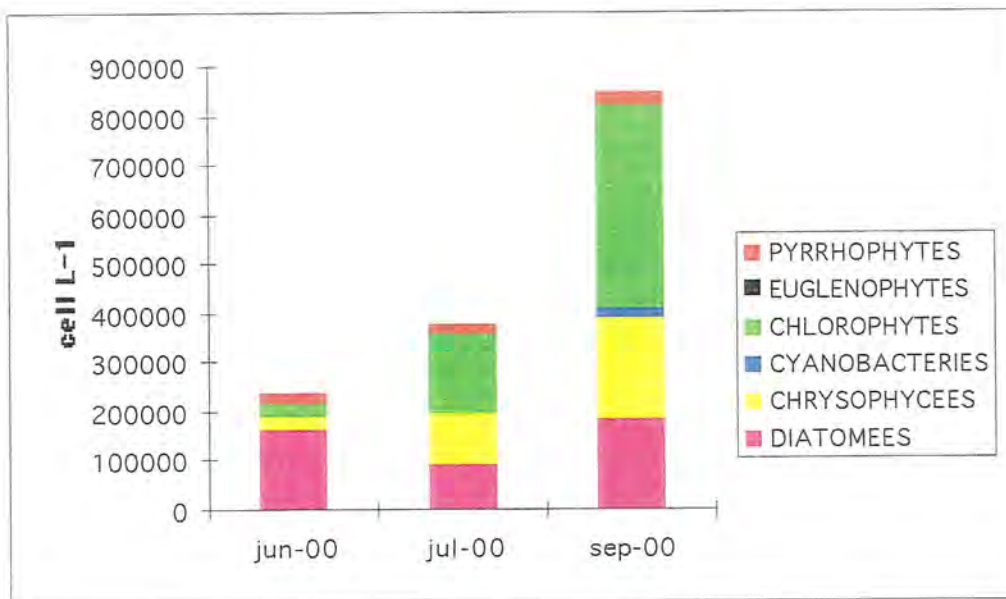


Abondance relative des différents groupes d'algues pour l'ensemble des stations et des campagnes de prélèvements



Densités cellulaires moyennes calculées à partir des 3 campagnes de prélèvements

Fig. III. 1. Phytoplancton. Abondance et densités cellulaires moyennes.
Saint Cassien / Université Aix Mille III



Densités cellulaires totales du peuplement algal des 3 campagnes de prélèvement calculées à partir de la somme des 7 stations échantillonnées

Fig. III. 2. Phytoplancton. Densités cellulaires totales.
Saint Cassien / Université Aix Marseille III

La présence de ces espèces et leurs fortes densités peuvent s'expliquer par les apports eutrophisants du Biançon qui reçoit les effluents urbains, riches en matière organique provenant des 4 cantons avoisinants.

Tableau III.1. Richesse taxonomique et équitabilité des peuplements d'algues pour chacune des 7 stations échantillonnées (calculs réalisés sur la moyenne des 3 campagnes d'échantillonnage).

stations	I	II	III	IV	V	VI	VII
Richesse	51	38	34	39	47	29	25
Équitabilité(%)	71	80	82	61	73	64	70

Les stations I et V, hébergent les peuplements les plus variés avec respectivement 51 et 47 taxons. Le nombre de taxons le plus faible est recensé dans la station VII, avec 25 taxons.

La structure des communautés algales, appréhendée grâce au calcul de l'équitabilité, reste assez homogène sur l'ensemble des stations. Elle est maximale dans les stations II et III (80 et 82 %) et minimales pour les stations IV (61%) et VI (64%).

En conclusion, une relative homogénéité du lac apparaît à travers cette étude biologique, avec une dominance des algues vertes dans la branche ouest.

Si on s'intéresse à la dynamique temporelle du peuplement algal à chacune des stations (fig III. 3), à chacune des campagnes (fig. III. 4) ou à l'analyse globale du peuplement au cours des 3 campagnes (fig.III. 5), on constate une augmentation progressive des densités cellulaires tout au long de la période estivale; les valeurs doublent de juin à juillet et de juillet à septembre. Cette augmentation est liée au développement important des algues vertes (Chlorophytes).

2.4. Pigments chlorophylliens

La teneur en chlorophylle *a* active, utilisée en limnologie, exprime le potentiel photosynthétique et donc la biomasse algale.

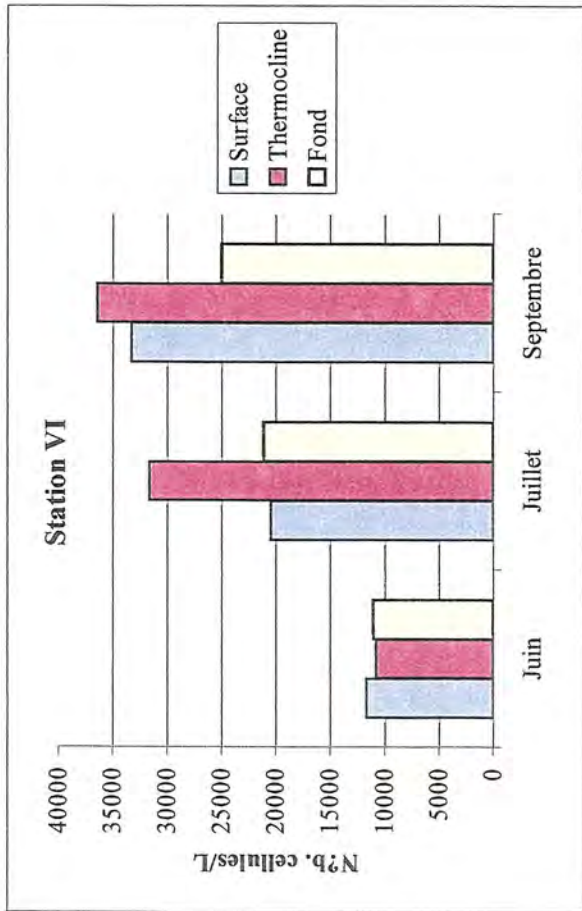
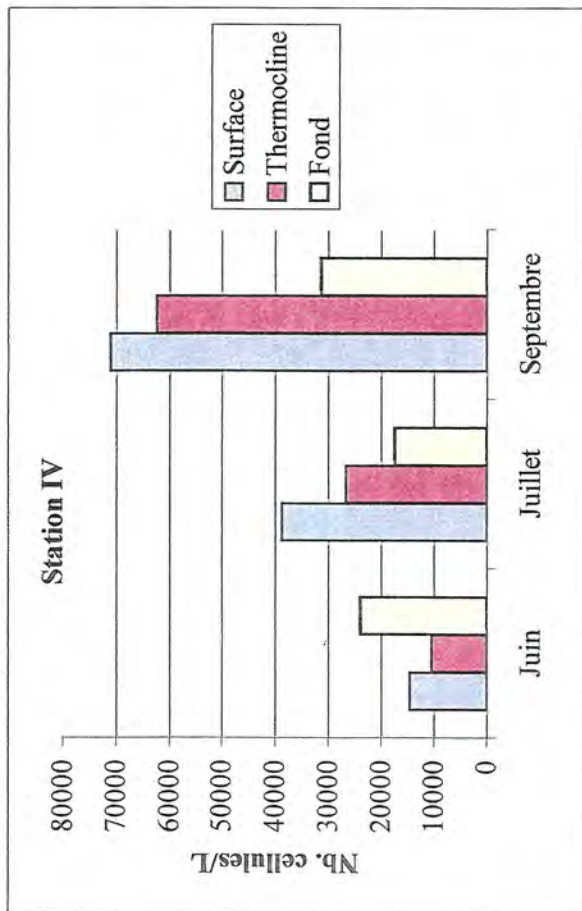
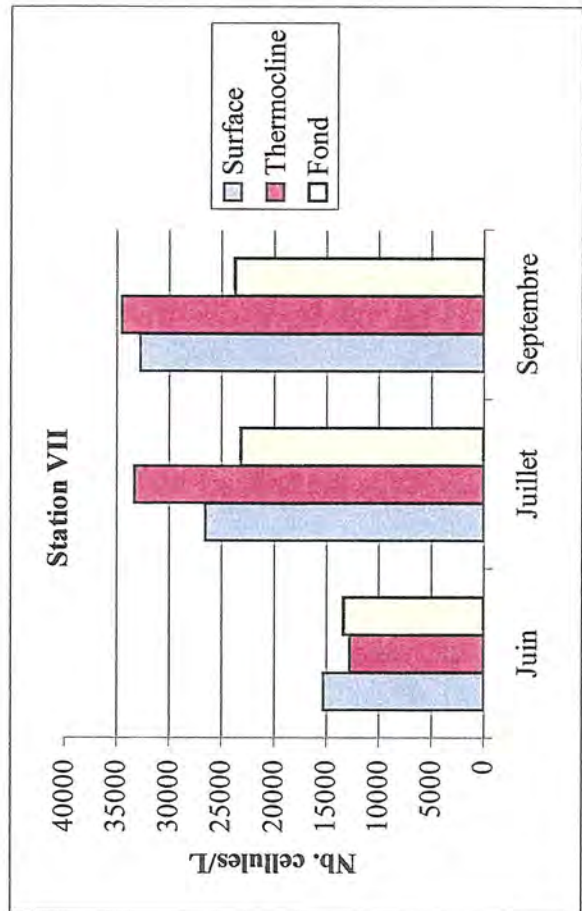
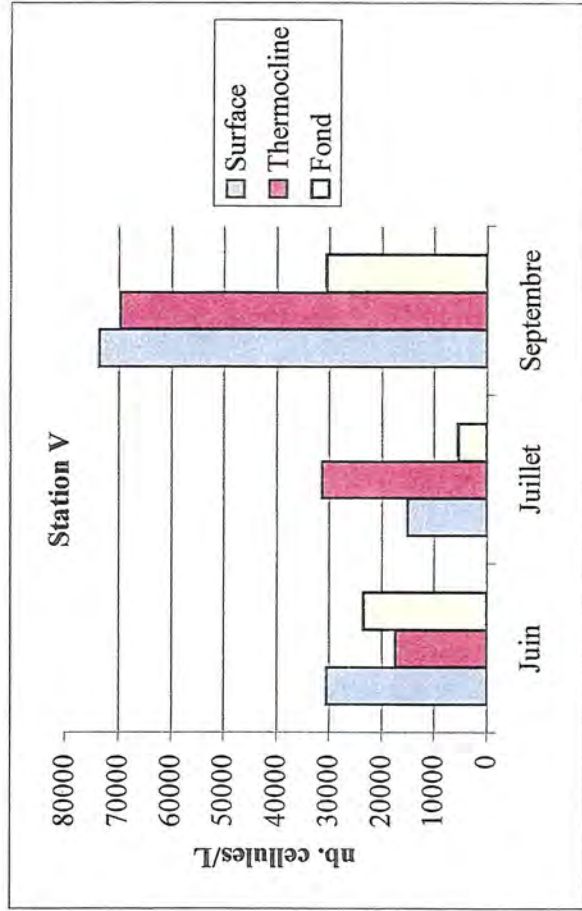


Fig. III. 3. Phytoplankton
Saint Cassien / Université Aix Marseille III

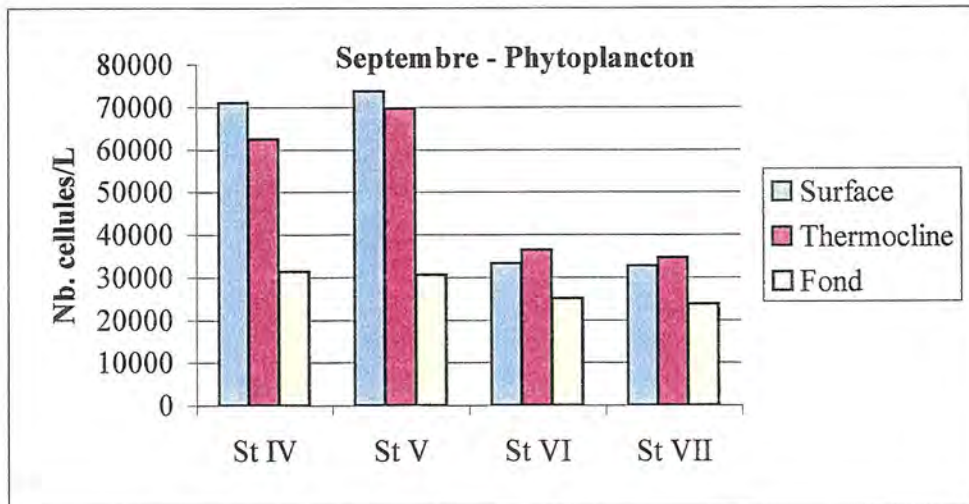
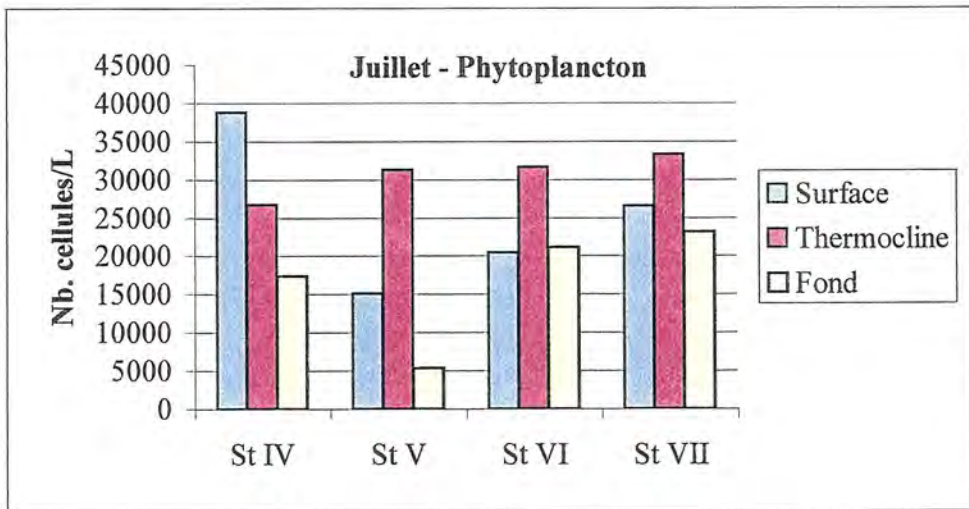
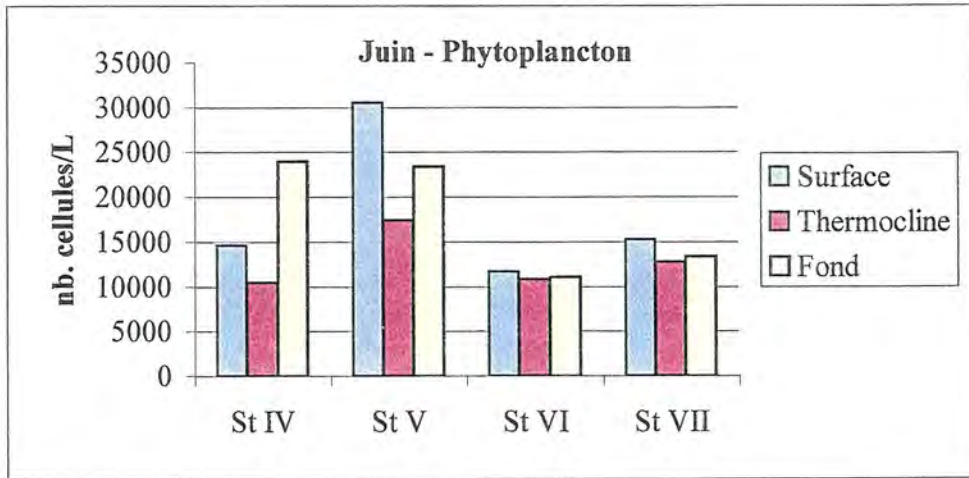


Fig. III. 4. Phytoplancton II
Saint Cassien / Université Aix Marseille III

Les concentrations en chlorophylle a active calculées à partir des équations de LORENZEN (1967), nous apportent une information complémentaire pour l'estimation du niveau trophique du lac (fig III. 6).

Tableau III. 2. : Estimation du niveau trophique à partir des teneurs en chlorophylle a d'un lac selon la bibliographie

AUTEURS	NIVEAUX TROPHIQUES		
	OLIGOTROPHE	MESOTROPHE	EUTROPHE
SAKAMOTO (1966)	0,3 - 2,5	1 - 15	5 - 140
VOLLENWEIDER(1974)	0 - 4,4	4 - 4,8	> 8,3
DILLON & Al.(1975)	< 2,0	2,0 - 5,5	5,5 - 10

Tableau III. 3. : Variations stationnelles du niveau trophique des eaux estimées à partir des dosages de chlorophylle a

STATIONS	CONCENTRATION MOYENNE DE LA CHLOROPHYLLE <u>a</u> ACTIVE (mg. m ⁻³)	NIVEAUX TROPHIQUES Classement
Station I	6,28	Méso-eutrophe
Station II	2,94	Oligo-mésotrophe
Station III	0,8	Oligotrophe
Station IV	2,85	Oligo-mésotrophe
Station V	2,22	Oligo-mésotrophe
Station VI	2,94	Oligo-mésotrophe
Station VII	0,71	Oligotrophe

La teneur en chlorophylle a est maximale à l'arrivée du Biançon (6,28 mg. L⁻¹) ce qui conforte les données observées pour les densités cellulaires. Les eaux dans cette partie de la branche Ouest du lac sont un peu plus eutrophisées. Cette observation renforce les données

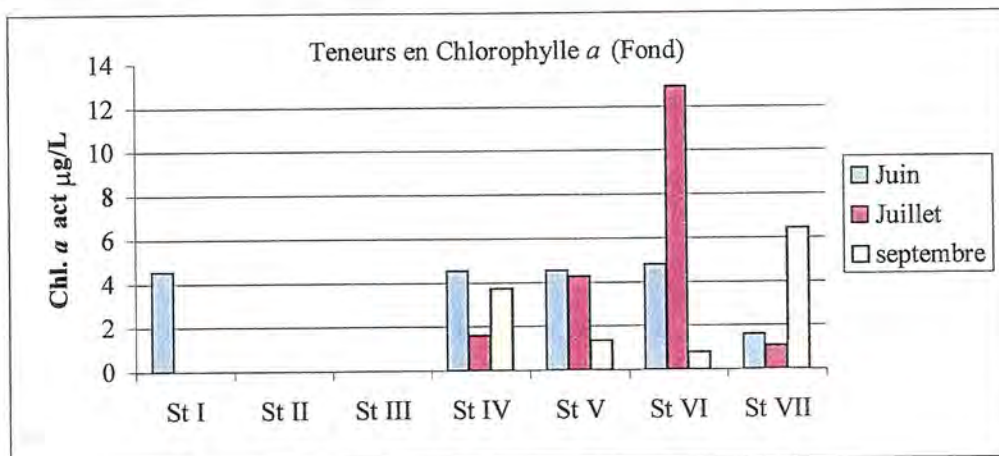
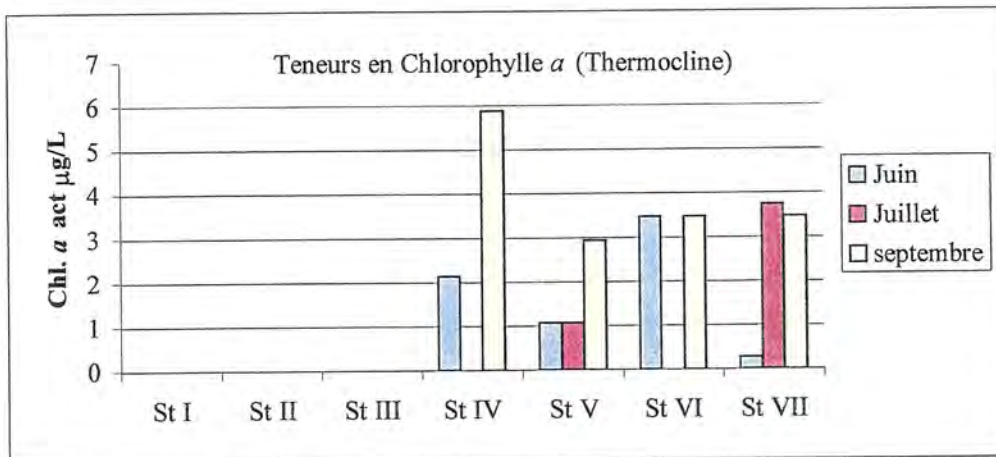
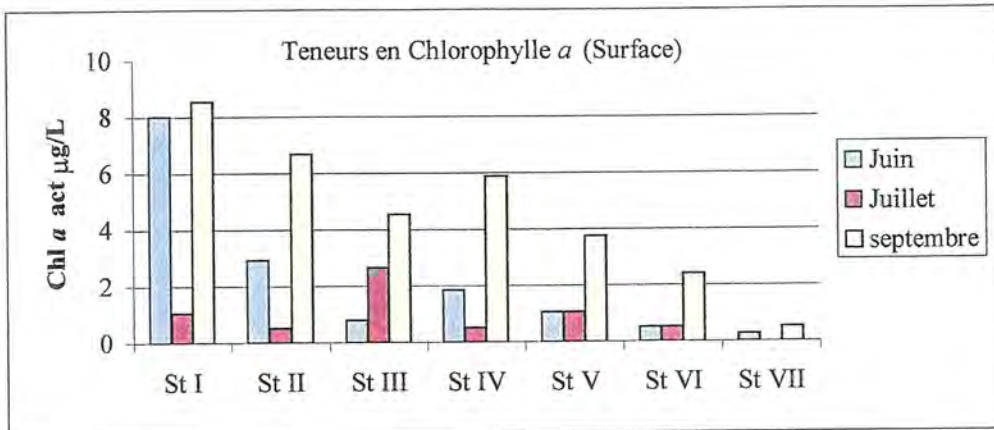


Fig. III. 6. Chlorophylle
Saint Cassien / Aix Marseille III

sur la densité cellulaire, qui montrent que cette zone du lac reçoit des apports de matières organiques provenant du Biançon.

En résumé : A partir des observations phytoplanctoniques, on peut conclure que le lac de St-Cassien a tendance à s'eutrophiser au tout début de la branche ouest, eutrophisation très marquée en fin de période estivale. Les branches sud et nord sont plus homogènes, caractérisées par de faibles densités cellulaires, et par la répartition équitable de 2 groupes d'algues (Diatomées et Chlorophytes).

D'après les données acquises antérieurement (1994), ce lac a légèrement évolué qualitativement au niveau de son cortège algal puisque les Chlorophytes ont tendance à proliférer au détriment des diatomées. Cependant, les peuplements sont moins denses. Dans sa globalité, ce lac est oligo-mésotrophe. Afin de conserver, ce niveau trophique, il serait nécessaire de supprimer l'arrivée de toute charge organique en particulier au niveau de la branche ouest. Ce phénomène peut rapidement s'aggraver en raison d'une part de la morphologie du lac qui ne facilite pas le mélange de toute la masse d'eau, et d'autre part de la stratification qui limite également ce mélange. Les mouvements d'eau sont en effet défavorables aux proliférations algales.

IV. Peuplement benthique

IV.1. Méthodes

1.1. Prélèvements:

Les prélèvements de benthos ont été effectués à l'aide d'une benne Ekmann-Birgé de 20 cm de hauteur, 18 cm de long et 15 cm de large d'un volume de 5.4dm³. La benne est descendue et remontée à l'aide d'un treuil manuel installé sur le bateau. Le contenu de chaque benne (vase et macroinvertébrés) est vidé dans des sacs, fixé au formol et étiqueté.

Pour chacune des 3 campagne de prélèvement, 7 stations ont été échantillonnées. Lors de la première campagne de prélèvement, 3 à 5 réplicats ont été réalisés pour chaque stations, sauf en station 5 (1 seul échantillon a été prélevé, la présence de substrat dur à l'aplomb du bateau rendant la fermeture impossible).

Campagne	Dates	Nombre de réplicats
1	le 16-06-00	5 en stations 1,2,4 et 6 4 en station 3, 3 en station 7, 1 en station 5
2	le 27-07-00	3 par station
3	le 21-09-00	3 par station

Au laboratoire, les prélèvements sont rincés abondamment afin d'éliminer la plus grande partie des sédiments. Ce rinçage se fait sur un filet de vide de maille égale à 200 µm, ce qui permet de retenir tous les macroinvertébrés, y compris les larves de Diptères Chironomidés de premier stade. Le tri et le dénombrement des individus se fait sous une loupe binoculaire. La détermination des individus est réalisée à l'aide de clé de détermination (Tachet *et al.*, 2000), elle est poussée au niveau taxonomique le plus précis possible.

Exuvies nymphales de Diptères chironomidae:

Les prélèvements d'exuvies ont été effectués à l'aide d'un filet langeron de vide de maille égale à 200 µm. Les exuvies nymphales flottent à la surface de l'eau. Pour chaque campagne de prélèvement, elles sont échantillonnées par deux trait de filet effectués le long des berges, dans les zones d'accumulation. Le contenu du filet est ensuite concentré dans un pilulier et fixé dans de l'alcool à 70 %.

Au laboratoire, les exuvies nymphales sont montées entre lame et lamelle dans du baume du Canada et identifiées au microscope. L'identification est réalisée au niveau du genre ou de l'espèce, à l'aide d'une clé de détermination (Langton, 1991).

1.2. Méthode d'analyse des données:

L'analyse des données est réalisée par les calculs d'indices et la méthode statistique.

- calculs d'indice de structure:

- indice de diversité de Shannon d'après Frontier & Pichod-Viale. (1998):

$$\text{Shannon observé: } H = -\sum P_i \cdot \log_2 P_i$$

$$\text{Shannon maximal: } H'_{\max} = \log_2 S$$

- - Equitabilité d'après Frontier & Pichod-Viale. (1998):

$$R = H/H'_{\max} = H/\log_2 S$$

- Analyses de variance:

Des ANOVA à un facteur (ANOVA 2) ont été réalisées sur le peuplement de macroinvertébrés benthiques afin de tester l'effet station, branche et profondeur. La variable station comprend 7 modalités (Stations I à VII); la variable « branche » comprend 3 modalités: (branche nord : regroupant les stations VI et VII, branche sud : regroupant les stations II, III et IV, branche ouest regroupant les stations I et V); la variable « profondeur » comprend 3 modalités (inférieure à 15m (stations I,II,III), entre 15 et 30m (stations IV,V,VI), supérieure à 30m (stations VII)).

IV.2. Résultats

2.1) Résultats sur le benthos

Au cours des 3 campagnes d'échantillonnage, 16 taxons ont été répertoriés dans le benthos (Annexe). Ces taxons appartiennent à trois groupes : les Annelides, les Arthropodes et les Mollusques. Le tableau (IV.1.), montre que le peuplement du lac est fortement dominé par les Annelides Oligochètes (80%), suivis de très loin par les Insectes Diptères Chironomidae avec les *Tanypodinae* (9%) et les *Chironomini* (5%).

Tableau IV.1. Inventaire du benthos échantillonné dans le lac de St-Cassien au cours des trois campagnes d'échantillonnage (les lignes en rouge correspondent aux taxons dont les pourcentages sont supérieurs à 1%).

Annelides	Oligochètes		80 %
Arthropodes	Diptères	Tanypodinae	9%
		Chironomidae	5%
		Tanytarsini	4%
		Orthoclaadiinae	< 0.1%
		Chironomidae (N)	0,2%
		Diptères (autres)	Ceratopogonidae
	Trichoptères	Ecnomus	0
	Ephéméroptères	Ephemera	1,5%
		Caenis	< 0.1%
	Hétéroptères	Corixidae	< 0.1%
	Hydracariens	Hydracariens	< 0.1%
Mollusques		Planorbe	< 0.1%
		Physe	< 0.1%
		Lymnae	< 0.1%
		Potamopyrgus	< 0.1%

L'approche spatiale montre que les stations IV et VII hébergent les communautés les plus denses avec, respectivement, des densités moyennes de 380 et 247 individus par benne. Elles s'opposent à la station V qui est très faiblement colonisée avec seulement 22 individus par benne (Tableau IV.2).

Tableau IV.2. Densités, richesses et équitabilités pour chacune des 7 stations échantillonnées (Valeurs moyennes obtenues à partir des 3 campagnes d'échantillonnage). Ces résultats sont donnés pour 1 benne de 5,4 dm³.

station	1	2	3	4	5	6	7
Densité	165	82	105	26	133	247	380
Richesse taxonomique	10	13	9	6	7	7	4
Équitabilité (%)	61	70	65	61	20	9	9

Les stations I et II hébergent les biocénoses les plus variées avec respectivement 10 et 13 taxons par benne. Le nombre de taxons le plus faible est recensé dans la station VII, avec seulement 4 taxons.

Les communautés des stations II et III sont mieux structurées, avec une valeur de l'équitabilité respectivement de 70 et 65 % contre 9% pour les stations VI et VII et 20% pour la station V. Cette faible équitabilité s'explique parfaitement par la très forte dominance des Oligochètes dans ces trois dernières stations (fig.IV.1).

En conclusion, nous constatons une relative homogénéité du lac, avec une dominance générale des Oligochètes (l'indice O/O+C est toujours supérieur à 0,7 sauf dans deux cas). Cependant les stations V, VI et VII se distinguent par de très fortes densités d'Oligochètes déstructurant le peuplement.

L'approche spatio-temporelle et les tests par ANOVA 2 permettent d'analyser la situation plus en détail (figures en annexe).







La station VII est la plus densément peuplée (Effet station significatif), avec un maximum atteint en Juillet. Ceci s'explique par la profondeur de cette station (effet « profondeur » significatif).

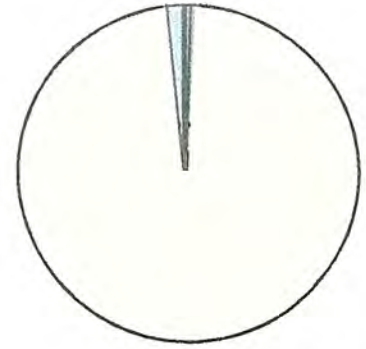
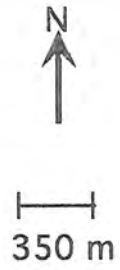
La richesse taxinomique moyenne, pour chaque campagne d'échantillonnage est significativement différente d'une station à l'autre. Les stations II et III sont les plus riches, suivies des stations I et V, puis des stations IV, VI et enfin, VII. En regroupant les stations par catégories (voir méthode), nous montrons que les deux facteurs pris en compte (la profondeur de la station et la branche dans laquelle cette dernière est localisée) ont effectivement un impact significatif sur la répartition des macroinvertébrés. Les stations de profondeur supérieure ou égale à 15 m sont moins riches que les autres. Ceci entraîne que la branche nord, caractérisée par une profondeur plus importante héberge un peuplement moins riche en taxons.

L'équitabilité (Tabl. IV.2.) est significativement plus faible dans les stations V, VI et VII en juillet et septembre. L'équitabilité est donc significativement plus forte dans les stations peu profondes et dans les branches ouest et sud.

En ce qui concerne la répartition des taxons suivant la profondeur, l'ANOVA 2 permet d'opposer les Oligochètes fortement représentés dans les stations profondes, principalement

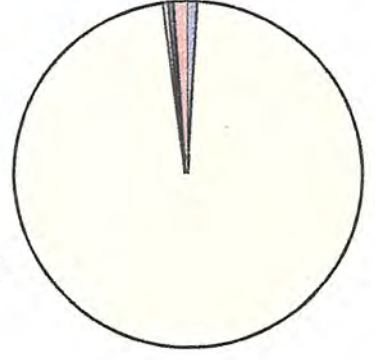
Légende

-  Oligochètes
-  Tanypodinae
-  Chironomini
-  Tanytarsini
-  Ephemera
-  Autres



Canal de la Siagne

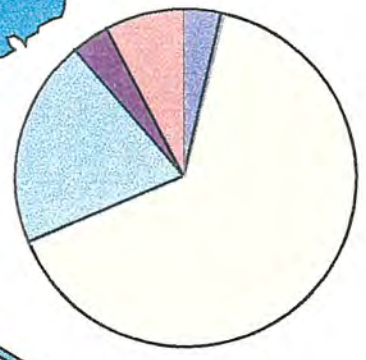
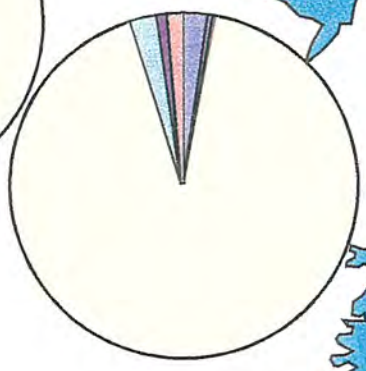
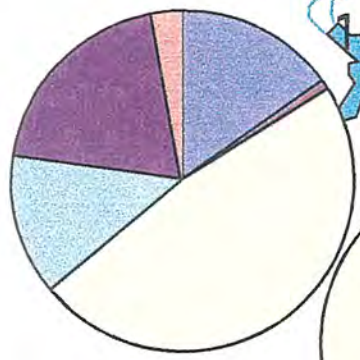
Barrage



Pont de Pré Claou

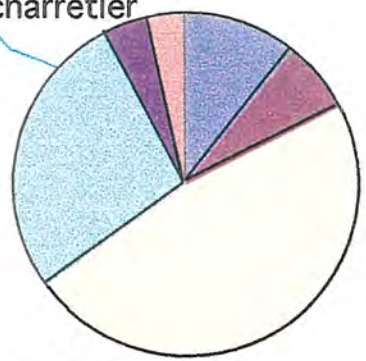
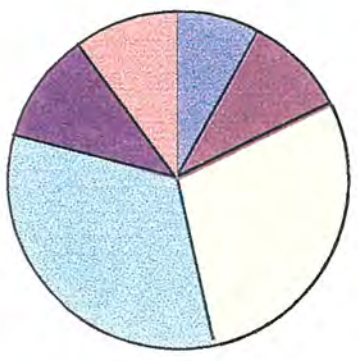
Le Biançon

Réserve de Fondurane



Vallon du chemin charretier

Vallon des Vaux



Pourcentage des différents taxons dominants chacune des 7 stations d'échantillonnage

en juillet et septembre aux autres taxons (*Chironomini*, *Tanypodinae*, *Tanytarsini* et *Ephemera*), significativement plus denses dans les stations peu profondes. Ceci se traduit par des densités significativement plus fortes d'Oligochètes dans la branche Nord, et des autres taxons dans les branches Sud et Ouest. Les *Ephemera* se distinguent en étant significativement plus denses uniquement dans la branche Sud (figures en annexe).

La variation du rapport O/O+C confirme les données précédentes et oppose clairement les stations I, II et III aux stations IV, V, VI et VII.

Tableau IV. 3. Rapport O/O+C moyen, calculé pour les 7 stations et les 3 campagnes d'échantillonnage. Les valeurs en rouge correspondent à un indice supérieur à 0,9.

Stations	16-06-2001	21-07-2001	27-09-2001	moyenne
1	0,79	0,71	0,53	0,68
2	0,79	0,83	0,85	0,82
3	0,95	0,76	0,7	0,8
4	0,87	0,98	1	0,95
5	0,95	0,97	0,99	0,97
6	0,92	1	1	0,97
7	0,84	0,99	1	0,94

Il apparaît donc que la branche nord, plus profonde, paraît plus eutrophisée, avec une forte dominance des Oligochètes qui pullulent en été, ce qui déséquilibre la structure du peuplement.

Les deux autres branches, moins profonde, paraissent beaucoup moins eutrophes et leurs peuplements sont plus équilibrés, en particulier dans les stations ayant des profondeurs inférieures à 15 m.

2.2. Exuvies nymphales de Diptères chironomidae

L'étude des exuvies nymphales permet d'identifier les Diptères Chironomidae au genre et à l'espèce .

Tableau IV. 4. Abondance relative (%) des Diptères *Chironomidae* échantillonnés sur le Lac de St- Cassien entre le 16-6-2000 et le 17-04-2001. Les pourcentages ont été calculés sur un total de 313 exuvies.

Sous-famille / tribus	genres/espèces	%
Sous-famille des	<i>Procladius</i>	17,5
Tanypodinae	<i>Ablabesmyia sp.</i>	2
Sous-famille des	<i>Synorthocladius semivirens</i>	3
Orthoclaadiinae	<i>Cricotopus sp.</i>	1,5
	<i>Parakiefferiella? smolandica</i>	37*
	<i>Rheocricotopus sp.</i>	4
Tribu des Chironomini	<i>Chironomus plumosus type</i>	3
	autre <i>Chironomus</i>	2
	<i>Kiefferulus tendipediformis</i>	12
	<i>Harnischia sp.</i>	1
	<i>Phaenospectra flavipes</i>	8
	<i>Microchironomus</i>	0,4
Tribu des Tanytarsini	<i>Stenpellina</i>	5
	<i>Paratanytarsus</i>	0,6
	<i>Tanytarsus spp.</i>	3

* 117 individus trouvés en un seul relevé

L'image de la communauté de Diptères *Chironomidae* du lac de St-Cassien fournie par l'autoécologie des exuvies nymphales est celle d'un lac oligo-mésotrophe. En effet, parmi les taxons non inféodés à la zone littorale, ce sont les *Procladius*, bioindicateurs d'une charge peu élevée en matière organique (Wiederholm 1980), qui dominent.

En résumé : le lac de St Cassien peut être divisé en deux parties. Les branches sud et ouest, moins profondes et peu eutrophisées, la faiblesse des densités, la présence d'*Ephemera* et l'assemblage des exuvies nymphales corroborent cette idée. Ces résultats sont donc un peu différents de ceux qui précèdent, notamment sur le Biançon.

La branche Nord, plus profonde, semble, par contre, être plus eutrophe en particulier en été. La structure déséquilibrée du peuplement dominé par les Oligochètes étaye cette conclusion. En effet, le manque d'oxygène se fait d'autant plus ressentir que l'interface air-eau est éloignée (pas d'effet de brassage par le vent) et que la température s'élève (eutrophisation saisonnière, peu visible au printemps).

V. Peuplement zooplanctonique

Le peuplement zooplanctonique a été étudié sur la colonne d'eau aux quatre stations profondes (IV à VII) pendant les trois campagnes. Une campagne de prélèvement supplémentaire a été réalisée en décembre 2000 à la station V.

V.1. Méthodes:

1.1. Echantillonnage par station:

Chaque station fait l'objet de prélèvements selon la méthode du trait vertical: un filet à plancton est descendu au fond du lac, puis remonté verticalement le plus rapidement possible; on capture ainsi le plancton présent dans une colonne d'eau ayant comme diamètre le diamètre du filet et comme hauteur, la profondeur du lac au niveau du prélèvement.

Notre choix s'est porté sur cette technique pour sa simplicité d'application, quel que soit le milieu prospecté, et pour la possibilité qu'elle nous offre d'effectuer à la fois une analyse qualitative et quantitative. La longueur du trait a été mesurée par échosondage.

Les prélèvements ont été effectués au moyen d'un filet conique de 100 μ m de vide de maille et de 0,30 m d'ouverture. Un vide de maille de 100 μ m a été utilisé pour éviter les problèmes de refoulement qui apparaissent sur des filets de plus petite maille comme c'est le cas dans les retenues où les matières en suspension sont importantes.

Pour limiter autant que possible les phénomènes de fuite chez les invertébrés, le filet est remonté à une vitesse d'environ 0.9 à 1m.s⁻¹.

Trois répliqués au moins, sont réalisés par station.

Les éléments du zooplancton capturés sont stockés dans des piluliers au formol à 5% jusqu'à la détermination qui a lieu, en laboratoire, sous la loupe binoculaire.

1.2. Méthodes de sous-échantillonnage et de comptage

Certains prélèvements très denses ont nécessité un sous-échantillonnage. Pour cela, la boîte de *Motoda* a été préférée au sous-échantillonneur rotatif mis au point par Pont (1976). En effet, si le dispositif de Pont réduit l'erreur relative (4.7 % au lieu de 8.5% pour la boîte de

Motoda il est aussi beaucoup plus difficile à mettre en oeuvre. En outre, compte tenu des nombreuses causes d'erreur lors de la prise d'un échantillon de zooplancton, l'erreur relative au sous-échantillonnage est peu élevée.

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.

1.3. Détermination :

La détermination des Copépodes a été réalisée par le Dr. Corinne CUOC. Des vérifications spécifiques ponctuelles ont été faites par Danielle DEFAYE et Bernard DUSSART (MNHN) que nous remercions vivement..

La détermination des Cladocères a été réalisé par Alexandra BAUD sous les directives du Pr. Alain THIERRY que nous remercions également.

1.4. Estimation de la prédation sur le zooplancton:

Pour mesurer l'impact de la prédation du zooplancton par l'ablette, nous avons capturé à chacune des campagnes une trentaine de poissons dans la baie du Bois Callian (St IV) où l'espèce est la mieux représentée. Les poissons sont capturés à l'aide de filets maillants de 12 ou 14mm de vide de maille, posés en début de phase nocturne, relevés dans la soirée pour les campagnes juin et juillet ou en début de jour pour la campagne de septembre.

Les contenus stomacaux sont fixés dès la capture dans un solution de formol a 10% et l'analyse pour la détermination sont réalisés en laboratoire sous loupe binoculaire ou microscope par les mêmes chercheurs qui ont déterminés les espèces dans le milieu.

Les résultats sont exprimés en fréquence relatives pour l'analyse des traits de plancton et des contenus stomacaux de chacun des poissons.

V. 2. Résultats.

2.1. Inventaire des crustacés.

Les prélèvements réalisés sur un cycle annuel ont permis de dresser la liste des crustacés planctoniques de la retenue. Les Rotifères n'ont pas fait l'objet de l'étude.

Cladocères :

Bosminidae : *Bosmina longirostris* (O.F. MULLER, 1795)

Chydoridae : *Chydorus sphaericus* (O.F. MULLER, 1795)
Leydigia quadrangula (LEYDING, 1860)

Daphniidae : *Daphnia hyalina* (LEYDING, 1860)
Ceriodaphnia quadrangula (SARS, 1862)
Simocephalus vetulus (O.F. MULLER, 1776)

Sididae : *Diaphanosoma brachyurum* (LIEVEN, 1848)
Sida cristallina (O.F. MULLER, 1776)

Leptodoridae : *Leptodora kindtii* (FOCKE, 1844)

Copépodes :

Calanidae : *Eudiaptomus vulgaris* (SCHMEIL, 1896)

Cyclopidae : *Cyclops vicinus vicinus* (ULIANINE, 1875)
Macrocyclus albidus (JURINE, 1820)
Acanthocyclops robustus (G.O.SARS, 1863)
Paracyclops fimbriatus (FISHER, 1853)

2. 2. Evolution spatio - temporelle du peuplement.

Juin 2000:

Le tableau V.1. présente le peuplement zooplanctonique en juin 2000. Deux espèces représentent plus de 90% du peuplement: *Diaphanosoma brachyurum* et surtout *Daphnia hyalina*. Plusieurs espèces de Cladocères sont représentées par de petits effectifs: *Leptodora kindtii*, *Bosminia longirostris*, *Chydorus sphaericus*, *Ceriodaphnia quadrangula*. Les Copépodes sont représentés par de très rares individus, *Macrocyclus albidus*, *Acanthocyclops robustus*.

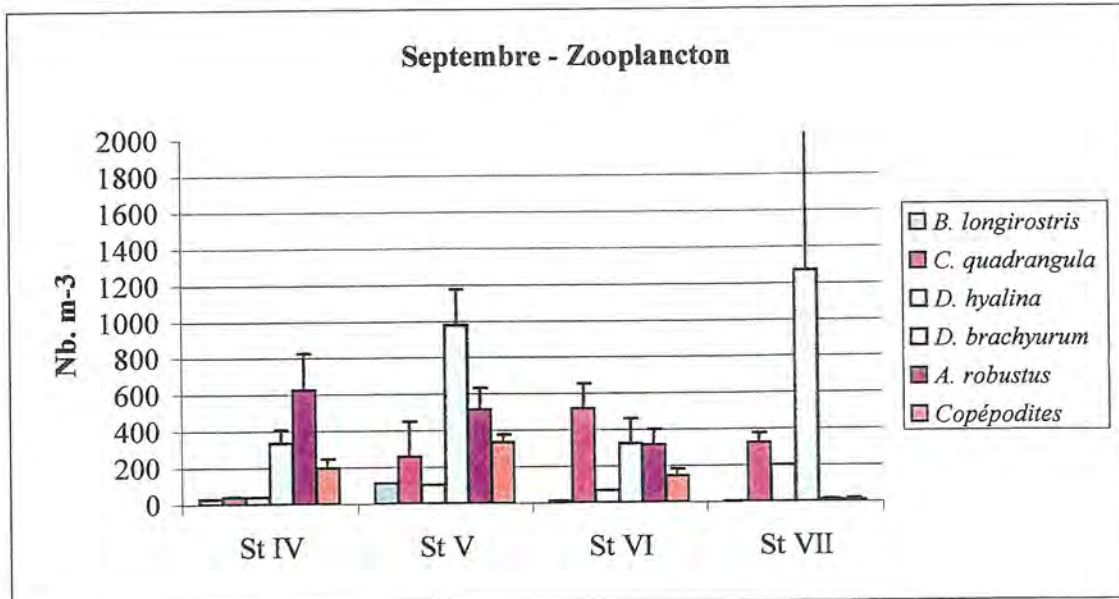
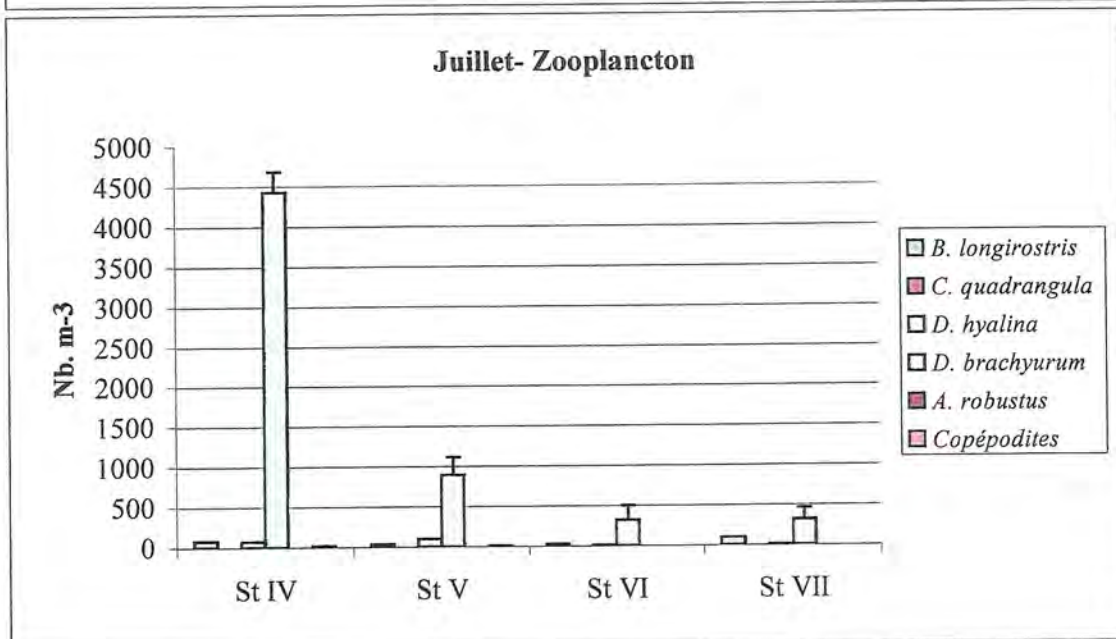
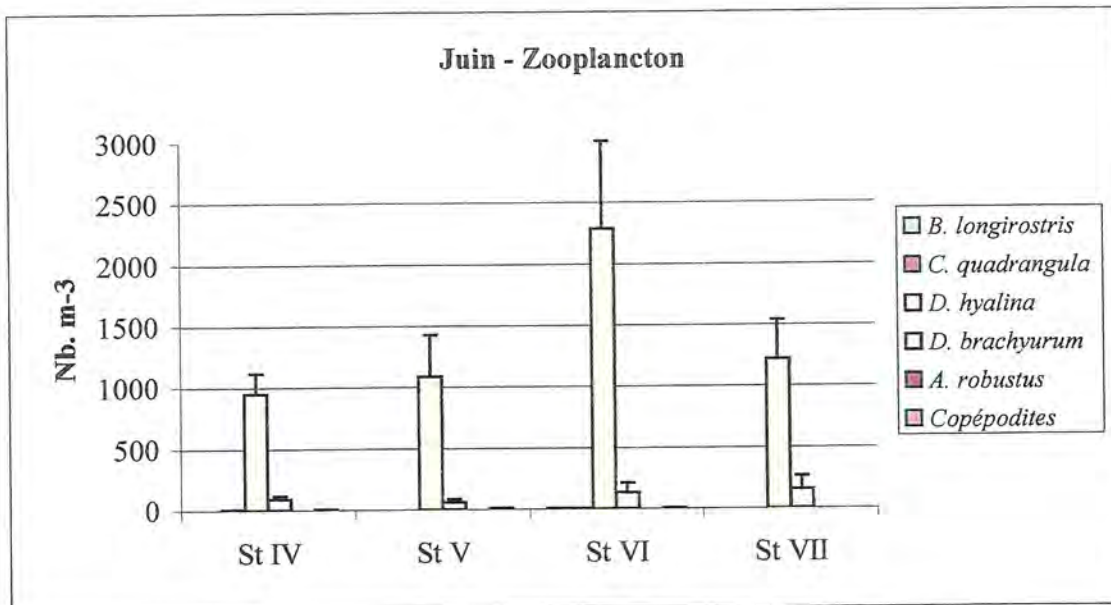


Fig. V. 1. Zooplancton II
Saint Cassien : Université Aix Marseille I

En juin, les Cladocères représentent plus de 99% sur l'ensemble du peuplement zooplanctonique.

La figure V.2. confirme la forte représentation de *D. hyalina* dont les effectifs varient suivant les stations entre 750 et 3360 individus par m³, suivant les réplicats et les stations. C'est l'espèce dominante du peuplement.

C'est la station VI qui présente les densités de zooplancton les plus élevées.

Juillet 2000:

En Juillet (Tableau V.2.) les Cladocères dominent toujours le peuplement et les densités sont beaucoup plus importantes que lors de la campagne de juin. *D. brachyurum* domine largement le peuplement, tandis que les effectifs de *D. hyalina* diminuent. *B. longirostris* est également mieux représentée qu'en juin.

En juillet c'est au niveau de la station IV que la densité est très importante, près de 4500 individus par m³. Cette densité est 5 à 10 fois supérieure à celle des stations V, VI et VII.

Septembre 2000:

Le peuplement s'équilibre à partir de plusieurs espèces (Tabl. V.3.). Les copépodes occupent ici une place très importante et dans les stations IV, V et VI ils constituent maintenant la moitié du peuplement.

Chez les Cladocères, ce sont des espèces de petites tailles qui dominent, *C. quadrangula*, *D. longispina* ou *D. Brachyurum*.

Chez les Copépodes, *A. robustus* domine largement le peuplement.

La figure V.1. montre un peuplement plus équilibré avec de nombreuses espèces, même si *D. brachyurum* est encore largement représenté.

Décembre 2000:

Le peuplement est constitué pour moitié de Copépodes et de Cladocères (Tabl. V.4.). Chez les Cladocères, *D. brachyurum*, espèce estivale montre des effectifs plus réduits. Quatre espèces de Cladocères représentent le peuplement, *D. hyalina*, *C. quadrangula*, *D. brachyurum* et *B. longirostris*.

Chez les Copépodes, *A. robustus*, *C. vicinus* représentent les deux espèces d'un peuplement largement dominé par les stades copépodites.

Asplanchna herricki est une espèce de Rotifères de grand taille bien représentée en décembre. C'est un prédateur du zooplancton.

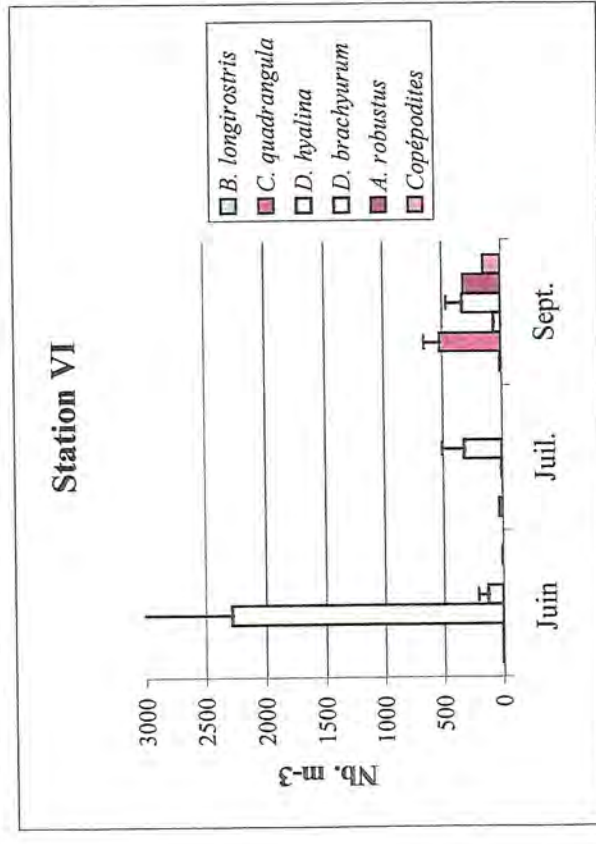
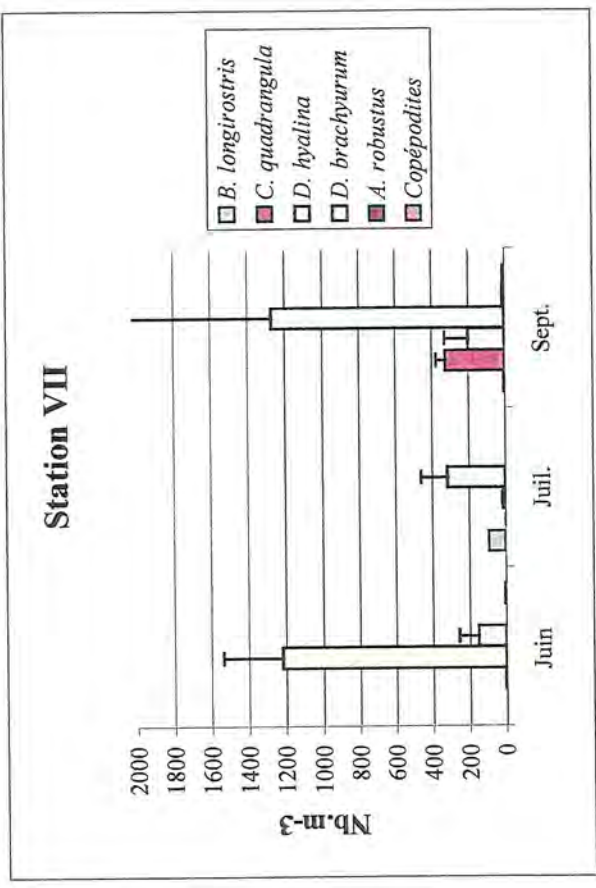
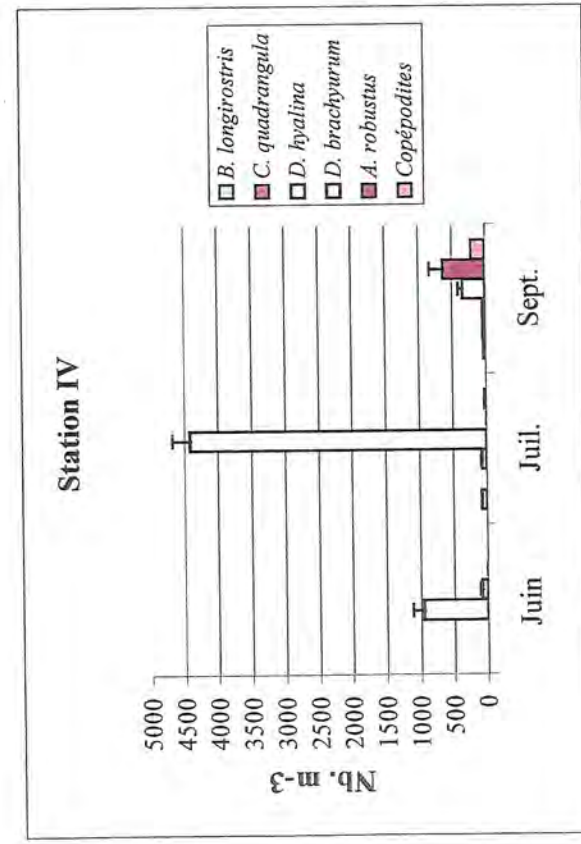
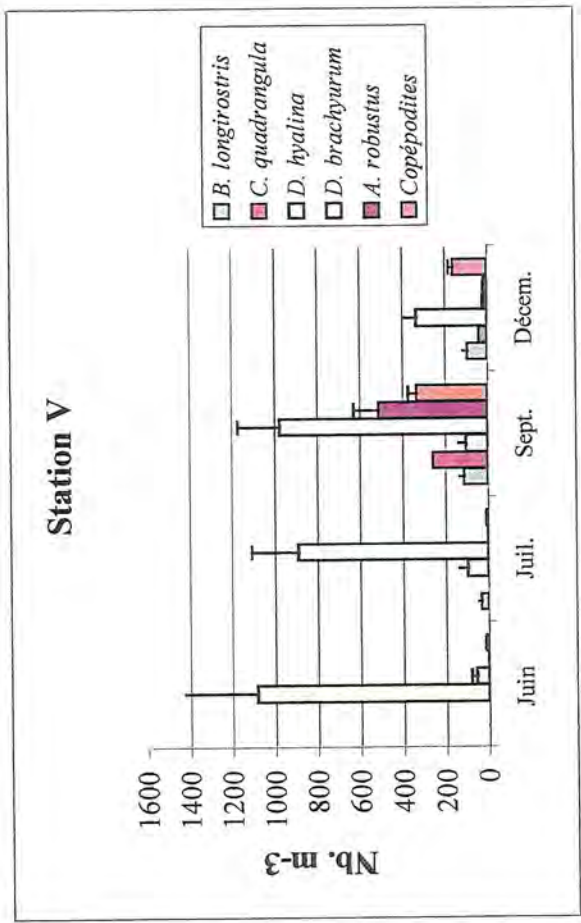


Fig. V. 2. Zooplancton
Saint Cassien / Université Aix Marseille I

2.3. Autécologie des espèces présentes

Les espèces de zooplancton rencontrées sur St Cassien sont des espèces communes largement représentées dans la région, notamment les retenues hydroélectriques du Verdon et de la Durance.

Pour les Cladocères:

Leptodora kindtii, est une espèce estivale de grande taille que l'on rencontre dans les eaux bien oxygénées de l'épilmnion. C'est un prédateur qui se nourrit de plus petits Crustacés et de Rotifères.

Bosminia longirostris, est une espèce très commune de petite taille, caractéristique de lacs et étangs eutrophes, eurytherme présente sur la retenue de Serre Ponçon (Bressac, 1983; Bressac & Champeau, 1983) et les retenues du Verdon (Grégoire, 1983; Amrani, 1987) et Carcès (Barthelemy, 1995).

Chydorus sphaericus, est une espèce cosmopolite, eurytherme, largement répandue depuis des lacs oligotrophes vers des lacs eutrophes, plus souvent en zone de littorale qu'en eau libre ce qui explique sa faible représentation dans les prélèvements des stations IV à VII.

Leydigia quadrangula, est une espèce largement répandue, avec des populations peu abondantes, elle est caractéristique de milieux eutrophes, peu oxygénés.

Ceriodaphnia pulchella est une espèce de fin d'été, commune caractéristique de milieux eutrophes. C'est une espèce qui se nourrit de bactéries de 0.4 à 8mm, son spectre d'alimentation est très proche de celui de *D. brachyurum*. (Amrani, 1987).

Simocephalus vetulus, espèce de biotopes très divers, commune, se déplaçant peu en eau libre, ce qui explique leur faible représentation dans les prélèvements.

Daphnia hyalina (*D. lacustris* (SARS, 1986)) est une espèce typiquement planctonique de grands lacs stratifiés oligotrophes à faiblement eutrophes.

Diaphanosoma brachyurum, est une espèce commune, de lacs eutrophes qui se nourrit par filtration de particules en suspension (bactéries, algues de type *Cyclotella*, détritiques organiques fins) : c'est un microfiltreur. C'est une espèce à apparition automnale (Serre Ponçon, Ste Croix)

Pour les Copépodes:

Macrocyclus albidus, est une espèce pérenne qui vit dans des eaux claires où la végétation est abondante. Elle vit dans les eaux calmes qui se renouvellent lentement. C'est une espèce carnivore (Defaye & Dussart, 1979). Son absence dans les prélèvements en période froide s'explique par une préférence marquée pour l'interface eau sédiment lorsque les eaux sont froides.

Acanthocyclops robustus est une espèce commune très tolérante. L'espèce est notamment très bien représentée dans le lac eutrophe de Carces (Barthelemy 1995).

Cyclops vicinus, également espèce eurytope, elle est plus souvent rencontrée en lac que dans des mares en raison d'affinité pour des zones plus profondes. C'est aussi une espèce très tolérante. C'est une espèce particulièrement bien représentée, au printemps dans les retenues de Serre Ponçon, Ste Croix, Quinson, Gréoux, Bimont, Carcés (Gregoire, 1983; Barthelemy, 1995; Chappaz *et al.*, 1997). D'après Dussart, (1962), Bressac, (1982), l'espèce développe deux générations l'une printanière, l'autre automnale avec une phase de diapose affectant le stade copépodite 4 comme chez *C. robustus* (Bressac & Champeau, 1983). La diapause s'étend pendant la saison estivale et les eaux très chaudes de la retenue de St Cassien conduisent au maintien de la diapose au delà notre campagne de septembre.

Paracyclops fimbriatus, espèce eurytope qui vit le plus souvent sur des fonds vaseux, aussi bien dans des lacs que dans des puits. C'est une espèce peu représentée au niveau régional.

Eudiaptomus vulgaris, est une espèce bien représentée en France. En Région Paca elle est pourtant peu rencontrée, dans le petit Laucien (Champeau, 1970) et dans le Lac de St Cassien (Barthelemy, 1995).

Quelque soit la campagne d'étude et quelque soit la station prospectée, le peuplement zooplanctonique de la retenue de saint Cassien est largement dominé par les Cladocères + Copépodes Cyclopoïdes.

2.4. Prédation par les ablettes

L'analyse d'un peuplement zooplanctonique ne peut être réalisée sans étudier l'impact de la prédation subit par ces espèces planctoniques. Cette prédation peut être de deux types : prédation par des Invertébrés, prédation par des Vertébrés.

Nous nous sommes intéressés à la prédation par les Vertébrés, souvent la plus conséquente.

L'ablette est un poisson planctonophage reconnu (Chappaz *et al.*, 1987; Chappaz *et al.*, 1999) et représenté dans la retenue. Nous avons porté notre analyse sur le prélèvement d'un lot d'ablettes (30 individus par campagnes sur la station IV où l'espèce est bien représentée). Dès la capture dans des filets maillants de 10 à 12mm de mailles, posés sur des laps de temps très court en fin d'après midi, les ablettes sont fixées dans une solution de formol. Par la suite, en laboratoire les individus sont mesurés, pesés, puis le tube digestif est pesé plein puis vide. La détermination des proies a été faite par les spécialistes des Cladocères et des Copépodes.

Les résultats obtenus sur les trois campagnes (Tabl.V.1) montrent une très faible prédation sur le zooplancton. En juin, les 30 ablettes capturées ont consommés 274 *D. hyalina*; l'observation plus détaillée montre en fait que seulement 15 d'entre elles, c'est à dire la moitié s'alimentent aux dépens de la *Daphnie*. Par ailleurs le nombre de proies par estomacs varie entre 1 et 127 sur un estomac seulement. L'alimentation se fait essentiellement à partir de larves de Diptères de bien plus grande taille.

Pendant les deux autres périodes la consommation reste faible. Cette prédation exercée par l'ablette n'est pas en mesure de modifier, en période estivale, la structure des populations zooplanctoniques. Cette prédation peut exister cependant à partir des juvéniles d'autres espèces, notamment le gardon également très abondant dans la retenue.

En revanche, le développement de gros Cladocères est certainement favorisé par la faible consommation exercée par l'ablette.

2.5. Relations: structure du peuplement - caractéristiques trophiques de la retenue

On assiste sur la retenue de St Cassien, durant l'été à une succession de deux types de communautés zooplanctoniques. Une communauté peu diversifiée d'abord constituée d'espèces généralistes de grandes tailles *Daphnia*, en juin puis *Diaphanosoma* en juillet, tandis qu'une communauté plus diversifiée à régime alimentaire plus spécialisé comme des Copépodes ou de petits Cladocères (Bosmines) se met en place à l'automne au moment où les communautés algales sont les plus denses surtout en station IV et V. En fait, il est vraisemblable que la capacité des Cladocères de petites tailles (*Diaphanosoma*, Bosmines,...) à utiliser en plus des algues, des détritiques et des bactéries (Tifnouti *et al.*, 1994) soit à l'origine de leur développement en septembre dans la mesure où la prédaion est faible.

Selon, Amoros (1984), *Diaphanosoma brachyurum* est une espèce thermophile des lacs et étangs eutrophes qui se nourrit de particules en suspension (bactéries, algues, détritiques

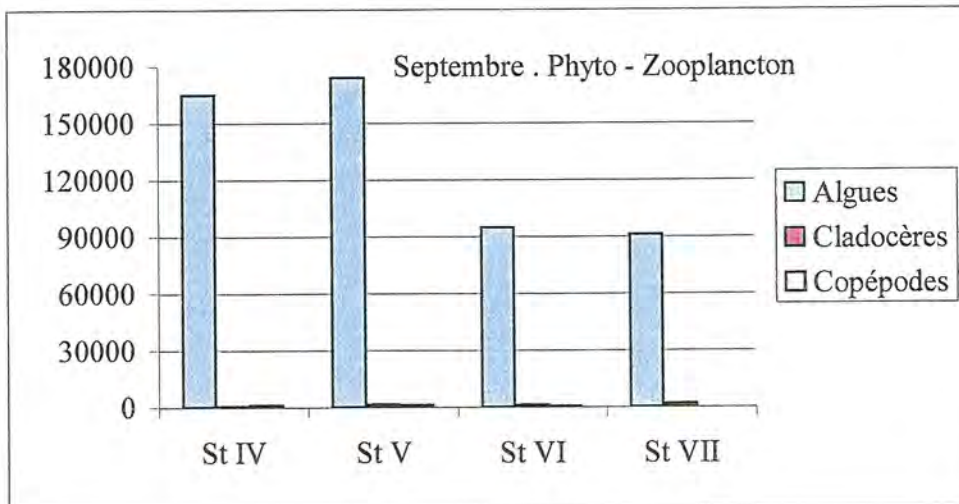
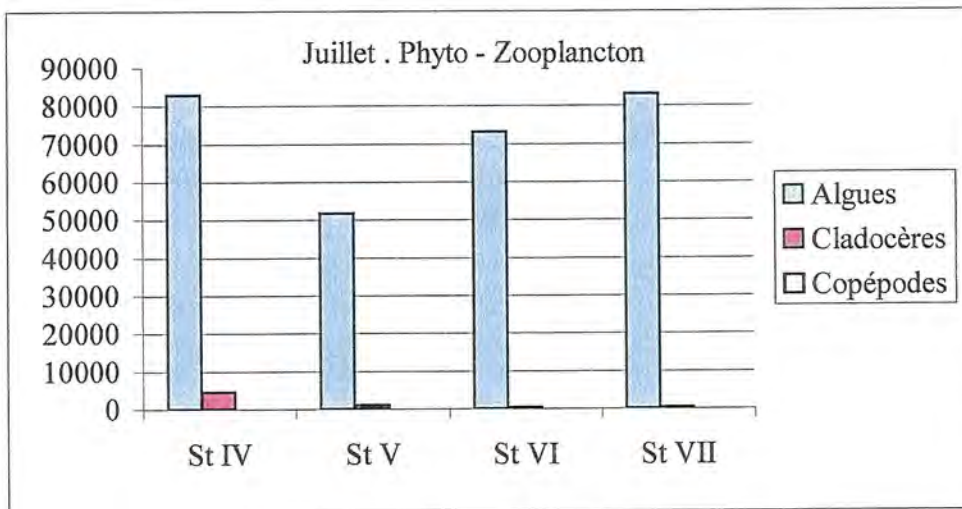
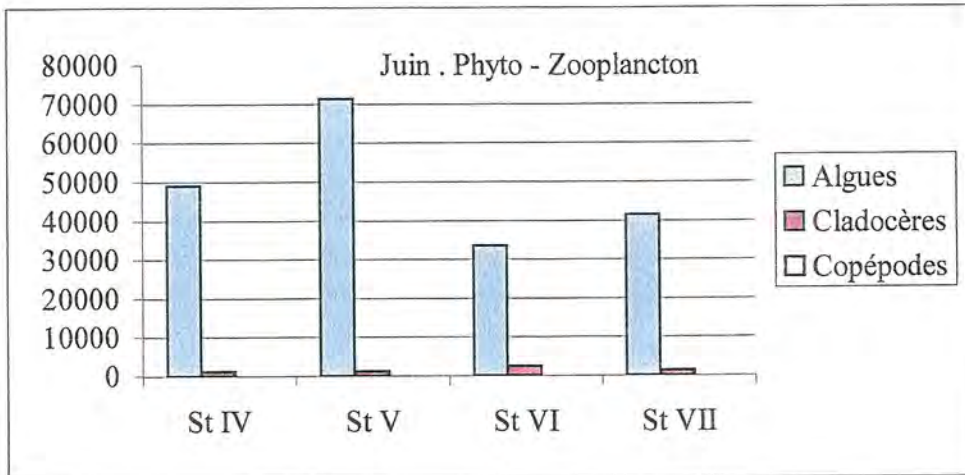


Fig. III. 4. Phyto - Zooplancton
Saint Cassien / Université Aix Marseille I III

organiques fins). Toutefois Whitehouse (1971), considère que son développement dépend essentiellement de la température tandis que Nauwerck (1963), parle d'espèce estivale dont la disparition est souvent liée à la turbulence de l'eau et à l'accumulation de détritus. Viljverberg & Koelewijn (1991), qui ont étudié *Diaphanosoma brachyurum* dans un lac eutrophe, considèrent cette espèce comme une forme limnoplantonique estivale, commune, dont les plus fortes densités sont surtout observées de la mi-août à la fin septembre ce qui coïncide avec les résultats que nous avons obtenus sur St Cassien et autrefois sur les retenues de Ste Croix et Serre-Ponçon.

En outre, *Diaphanosoma brachyurum* est souvent l'espèce dominante du peuplement à une époque où la prédation pisciaire est théoriquement la plus forte, en période estivale, avec en plus le développement des alevins. Or, selon Gophen & Threlkeld (1989), Politou et al (1993), cette espèce serait la nourriture préférée des poissons planctonophages. Pour Viljverberg & Koelewijn (1991), la prédation sélective des poissons est probablement le facteur le plus important limitant les densités de *Diaphanosoma* dans le lac Tjeukemeer (Pays-Bas).

En effet, selon Amoros (1984), *Bosmina longirostris* et *Ceriodaphnia pulchella* sont des espèces de petits lacs et étangs aux eaux eutrophes. Glimicz (1969) constate une diminution de la quantité de *Bosmina* quand on passe d'un milieu eutrophe à un milieu oligotrophe, tandis que Hakkari (1978) indique une corrélation positive hautement significative avec le phosphore total et précise que *Bosmina longirostris* évite les eaux oligotrophes.

Notons aussi que la composition phytoplanctonique peut avoir un impact non négligeable sur les communautés zooplanctoniques et notamment sur les cladocères qui sont essentiellement phytoplanctonophages.

En effet, alors que certains cladocères apparaissent comme des filtreurs passifs comme *Diaphanosoma brachyurum* (Tifnouti et al., 1994) d'autres sont considérées comme des espèces sélectives. Ainsi, De Mott (1982) considère *Bosmina longirostris* comme une espèce qui préfère les algues flagellées (genre *Chlamydomonas*, *Euglena*) aux espèces non flagellées; ce qui est confirmé par Tifnouti et al. (1994).

En septembre, l'augmentation de diversité observée dans le peuplement zooplanctonique peut reposer sur plusieurs explications:

- le développement de petits cladocères *B. longirostris*, *C. quadrangula*, *D. brachyurum* qui sont caractéristiques de milieu meso-eutrophes (Glimicz, 1969 ; Hakkari, 1978 ; Amoros, 1984 ; Boikova, 1984 ; Viljverberg & Koelewijn, 1991).

- le fort développement algal observé surtout sur les stations VI et VII où les effectifs atteignent 180 000 cellules par litre constitue une source de nourriture importante.

- et peut être, le développement d'espèces phytoplantoniques toxiques. Bengtsson (1987), De Mott *et al.* (1991) montrent, que la chlorophyte *S. ecornis* et les cyanophycées, présentes à St Cassien, sont toxiques pour les grosses *Daphnies* tandis que *Bosminia*, *Ceriodaphnia* et *Diaphanosoma*, plus petites, sont plus sélectives dans leur régime.

En résumé: Le peuplement zooplanctonique de la retenue de Saint Cassien est formé d'espèces cosmopolites. Les densités rencontrées sont voisines de celles observées sur d'autres retenues de la région Paca, les variations observées sont davantage liées à des réponses thermiques qu'à des réponses liées à l'enrichissement trophique de la retenue en période estivale, ou bien encore, à des phénomènes de prédation. Dans le cas du zooplancton aucun indice n'est aujourd'hui en mesure de permettre de calculer une valeur trophique d'une masse d'eau, sur la base des communautés zooplanctoniques présentes. L'autécologie des espèces présente montre un peuplement zooplanctonique caractérisé par de nombreuses espèces rencontrées dans les milieux méso-eutrophes.

VI. Peuplement ichthyologique.

VI. 1. Méthodes :

L'étude du peuplement ichthyologique de la retenue de Saint Cassien a eu lieu du 13 au 16 juin 2000. Le but de cette étude était double:

1. 1. Objectifs de l'étude :

* Connaître le peuplement 2000.

Nous avons posé, pendant la phase nocturne, dix filets maillants, de mailles différentes, dans chacune des trois principales baies de la retenue. Soit trente filets maillants. Nous avons limité la taille des mailles à 50mm pour éviter la capture de grosses carpes et gros silures. Notre échantillonnage sera donc erroné, puisque ces deux espèces pourtant bien représentées n'ont volontairement jamais été capturées à la demande de l'Association de Pêche.

* Comparer dans un deuxième temps cet échantillonnage 2000 avec l'échantillonnage 1985 effectué par B. Rivier du Cemagref d'Aix en Provence. C'est la raison pour laquelle le mois de juin a été choisi pour notre campagne d'inventaire.

Les filets posés sont des filets monofilaments. Chaque filet est caractérisé par sa longueur, sa surface, son temps de pose, son lieu de pose, la taille de sa maille et les espèces qu'il a capturé. Les filets sont posés depuis la rive, en perpendiculaire ou bien en pleine eau, ils seront alors fixés à deux bouées clairement identifiées.

Chaque journée de prélèvement a fait l'objet, outre l'obtention du permis de pêche scientifique, d'un courrier à la gendarmerie de Montauroux. Monsieur D. Pedretti garde du Conseil Supérieur de la Pêche a assisté a toutes les campagnes de capture.

Une unité d'effort de pêche est définie comme un m^2 de surface posé pendant une heure, pour une taille de maille donnée. Une capture par unité d'effort de pêche est définie comme un nombre de poisson capturé par unité d'effort de pêche. Ce type d'étude nécessite donc l'utilisation de gammes de filets de mailles différentes, suffisamment éloignées pour avoir une image globale du peuplement.

Dès la capture les poissons sont déterminés, mesurés puis pesés.

VI. 2. Résultats :

2.1. Inventaire des espèces :

Dans les captures réalisées, nous retrouvons les Cyprinidae classiques de cet type de retenue.

Ablette :	<i>Alburnus alburnus</i>
Gardon :	<i>Rutilus rutilus</i>
Brème :	<i>Abramis brama</i> + <i>Blicca bjoerkna</i> + hybrides, sans distinction
Rotengle :	<i>Scardinius erythropthalmus</i>

Et d'autres espèces d'accompagnement, notamment les carnassiers,

Perche :	<i>Perca fluviatilis</i> ,
Sandre :	<i>Stizostedion lucioperca</i>
Brochet :	<i>Esox lucius</i>

Et d'autres espèces susceptibles de " provoquer des déséquilibres biologiques", espèces dont l'introduction est de ce fait interdite (Art. R. 432.1 du code de l'Eau):

Perches soleil :	<i>Eupomotis gibbosus</i> ,
Poisson chat :	<i>Ictalurus melas</i>

Le Back bass, espèce pourtant introduite dans la retenue à trois reprises entre 1996 et 1998, n'a pas été capturée lors de notre étude.

De même, nous n'avons capturé aucun Salmonidae. Les températures élevées, observées sur la retenue sont responsables de cette absence. Certaines espèces capturées en 1985 ne sont pas rencontrées lors de notre inventaire. il s'agit du black-bass qui n'était présent qu'à la station Fondurane, de la tanche représentée par une trentaine d'individus en 1985.

De même nous n'avons capturé ni silure, ni carpe conformément cette fois, au cahier des charges de l'étude.

2.2. Abondance et répartition :

La répartition des captures par espèces dans les quatres classes de tailles des filets posés montrent que les gardons sont dominants sur l'ensemble des trois zones de pêches dans les filets de 10 à 30mm de mailles. Dans la première catégorie de maille (10-20mm) les ablettes sont également très bien représentées.

Dans la seconde classe (20-30mm) les captures sont plus diversifiées, gardons, brèmes, perches et sandres sont bien représentées. Les brèmes dominent largement les captures réalisées dans les filets de plus grandes mailles.

MAILLES	10 - 20mm		21 - 30mm		31 - 40mm		41 - 50mm	
Nombres filets	10		7		3		12	
	395		607		245		1345	
Surface totale	%	C.P.U.E.	%	C.P.U.E.	%	C.P.U.E.	%	C.P.U.E.
	0,33	0,045	0,62	0,027	0,46	0,021	0,24	0,004
Gardons	0,49	0,066	0,16	0,007	0,44	0,02	0,67	0,012
Brèmes	0,1	0,013						
Tanche								
Rotengle	0,01	0,002						
Hybrides	0,02	0,002						
Perche	0,01	0,001	0,09	0,004				
Sandre	0,03	0,003	0,12	0,005	0,08	0,004	0,013	< 0,001
Poisson chat	0,02	< 0,001	0,01	< 0,001	0,01	0,001	0,061	0,001
Brochet							0,01	< 0,001
Eupomotis							0,003	< 0,001
Nombres captures	720		356		151		313	
U.E.P.	5323		8201		3307		18156	

Tabl. VI. 0. Poissons
Saint Cassien / Université Aix Marseille I

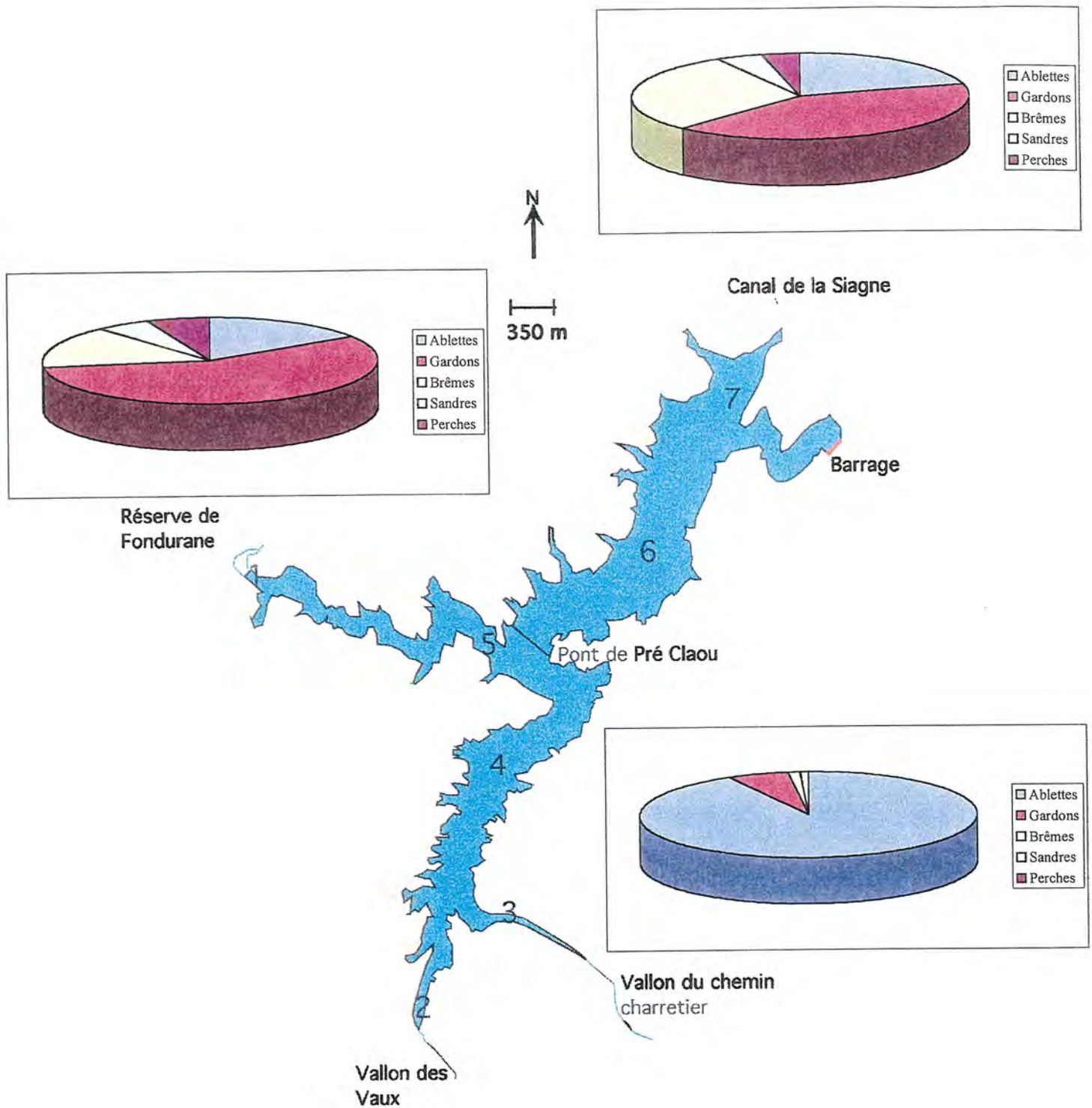


Fig. VI. 0. Abondance des espèces principales par zones de pêches. Résultats par CPUE (valeurs numériques).

Trois tableaux VI. 1 ; VI.2 ; VI.3, présentent, pour chacune des baies, les résultats des captures pour les trente filets. Dans chacun des tableaux et pour chaque colonne nous avons mentionnés, la date des relevés de filets, la surface, le temps de pose, relativement homogène, car les filets sont levés dans l'ordre où ils sont posés, la largeur de maille et les nombres de captures réalisées pour chacune des espèces. Dans la partie basse on trouve la somme des poissons capturés par filets, le nombre d'unités d'effort de pêche réalisés et le nombre de captures réalisées pour une unité d'effort de pêche.

La baie de Bois Callian (Tabl. VI.1). C'est une zone moyennement peuplée, 417 captures pour 10700 unités d'effort de pêche. Les captures par unités d'effort de pêche diminuent naturellement avec l'utilisation de mailles plus grandes. Dans cette partie de la retenue, quatre espèces représentent plus de 95% des captures, ablettes, gardons, brèmes et sandres. En effet 20 sandres sont capturés sur les dix filets posés.

La zone de Fondurane (Tabl. VI. 2) est le secteur où trois espèces dominent le peuplement, gardons, brèmes et sandre. Les captures sont les plus importantes, 904 poissons pour 11229 unités d'effort de pêche. plusieurs espèces occupent un rang secondaire dans les captures, ablettes, rotengle, perches et poissons chats.

Enfin, le **secteur Belluny**, (Tabl. VI. 3) présente surtout forte population de gardons; brèmes, ablettes et sandres sont des espèces de second ordre. Les captures sont plus faibles 218 individus pour un effort de pêche sensiblement équivalent aux deux autres zones.

En première approche, si l'on compare les résultats Cemagref 1985 et Université 2000, au niveau des abondances relatives (CPUE) par zones de captures nous pouvons observer les points suivants (Fig. VI.1).

Bois de Callian: nous observons un fort développement de la population d'ablette, une diminution des abondances relatives depuis 1985 pour le gardon, la perche et surtout la brème. L'ablette reste une espèce caractéristique du secteur Bois de Callian.

Secteur Belluny: nous observons une diminution de la population d'ablette, un développement des gardons et brèmes depuis 1985. Les carnassiers perche et sandre sont mieux représentés en 2000 qu'en 1985.

Secteur Fondurane: nous observons depuis 1985 un développement de la population d'ablettes, de gardons et à un degré moindre de sandres et perches. La population de brèmes

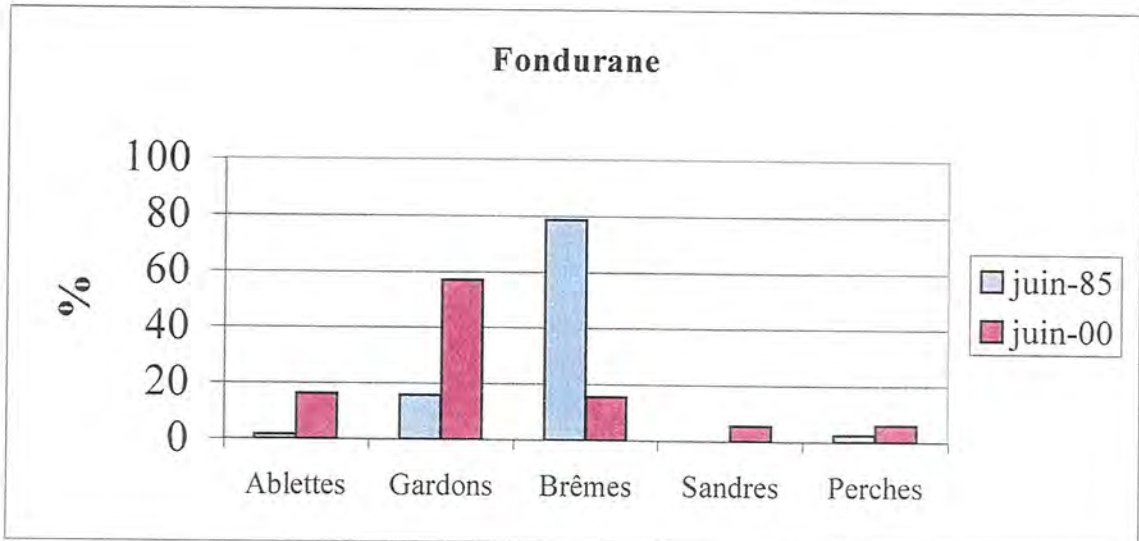
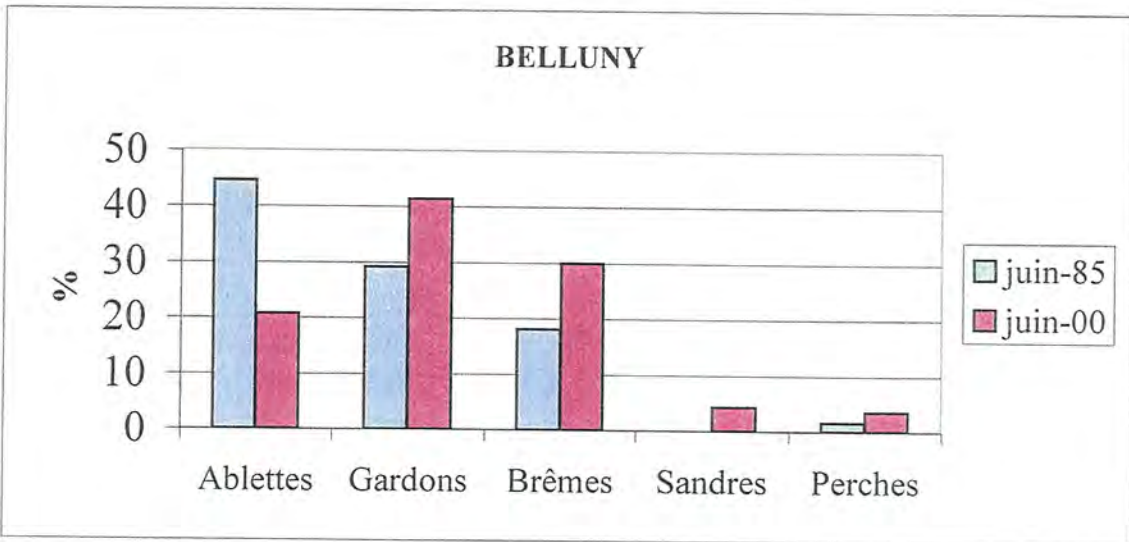
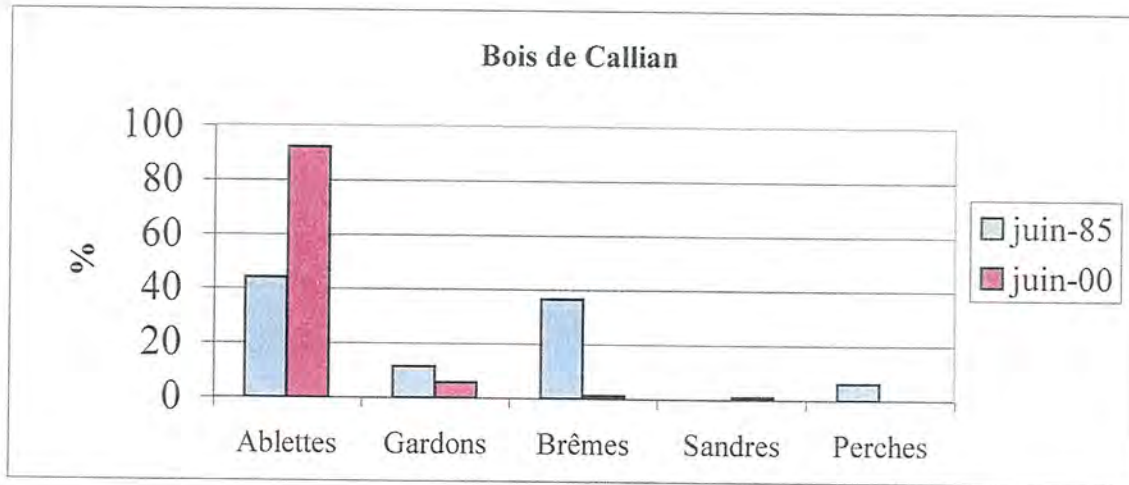


Fig. VI. 1. Universités Aix Marseille - Saint Cassien -

du lac est principalement localisée à Fondurane comme en juin 1985. De même les perches sont mieux représentées dans ce secteur comme lors de l'inventaire précédent.

Le fait majeur de cette étude est le développement depuis 1985 de la population de sandres. En effet en 1985, un seul sandre est capturé sur la retenue dans la zone de Fondurane: lors de notre étude plus de 90 sandres ont été capturés sur un total de 30 filets posés, soit une moyenne de 3 sandres par filet. C'est un chiffre très important.

En juin 2000, les sandres occupent préférentiellement le secteur Fondurane.

L'autre aspect est peut être la baisse concomitante des effectifs de brochets, 4 individus capturés en 1985 à Fondurane, six individus à Belluny et deux individus à bois de Callian.

Deux brochets seulement sont capturés en 2000, mais avec un nombre de filets plus réduits qu'en 1985.

Le faible marnage de la retenue autorise le développement d'un herbier qui permet un support mécanique à la ponte de nombreuses espèces et notamment le brochet. Mais, il est certain que la faible transparence des eaux de la retenue de Saint Cassien, est un facteur qui favorise le développement des sandres au détriment du brochet. Le sandre possède dans les milieux turbides un avantage certain sur le brochet grâce à un plus grand nombre de cellules visuelles "en batonnets" qui favorisent sa vision en condition de faible luminosité (Colette *et al.* 1977).

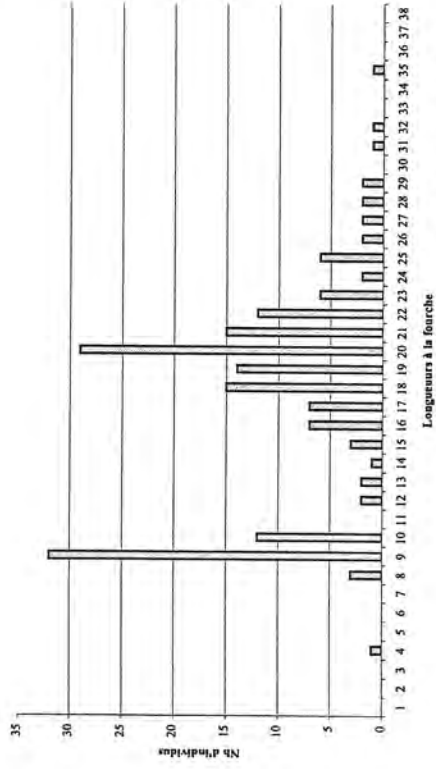
Les perches capturées en 1985 sont nombreuses et également réparties sur les trois baies: 26 individus sur Fondurane, 32 sur Belluny et 26 sur Bois de Callian, et beaucoup d'individus capturés sont de grande taille, entre 300 et 400mm. En 1985, 13178 m² de filets ont été posés par le Cemagref soit une surface six fois supérieure à celle développée en juin 2000.

Quarante deux perches sont capturées en juin 2000.

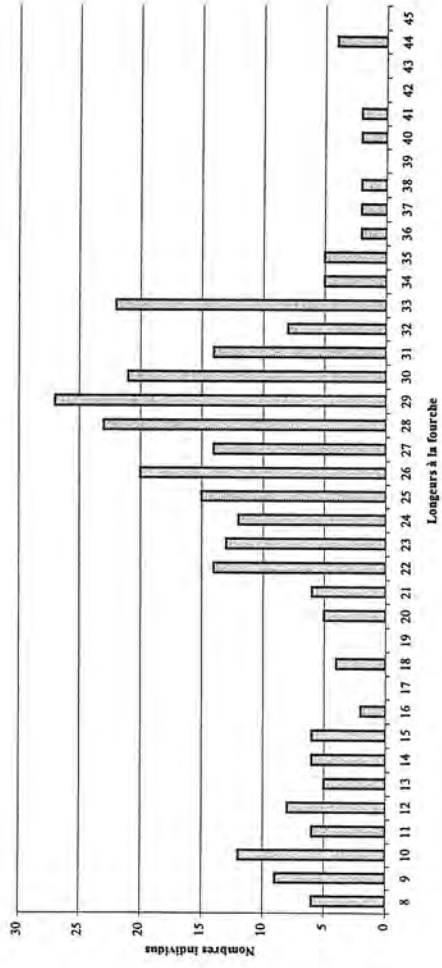
Il est manifeste que la population de perches maintient ses effectifs sur la retenue de St Cassien.

En revanche, la taille moyenne des perches capturées en juin 2000 (inférieure à 200mm) trahit pourtant un problème de croissance linéaire de l'espèce qui pourrait être dû à des problèmes de concurrences alimentaires avec le sandre.

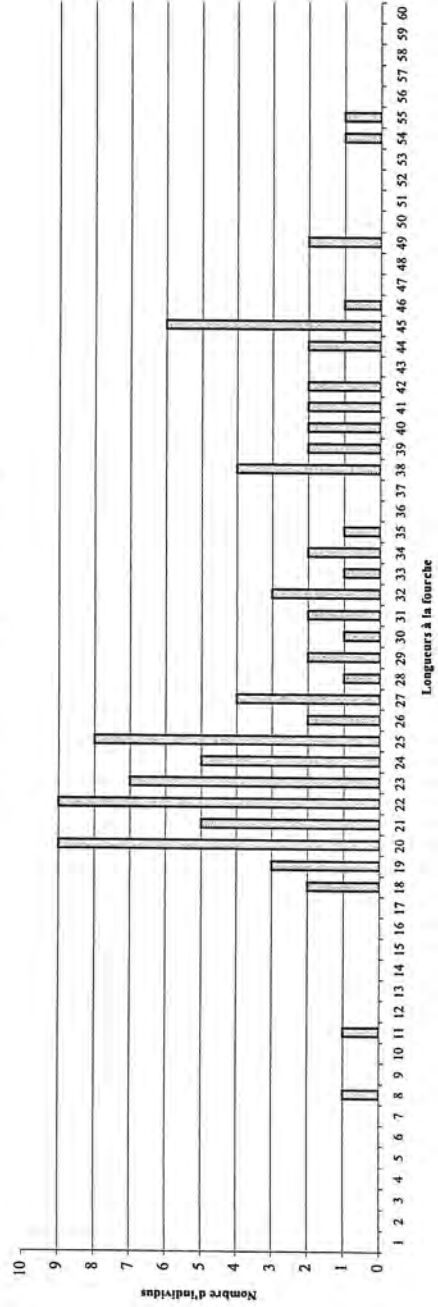
Histogramme Captures Gardons - Saint Cassien - juin 00



Histogramme Captures Brèmes - Saint Cassien - juin 00



Histogramme Captures Sandres - Saint Cassien - juin 00



2.3. Histogrammes de captures :

L'utilisation de filets de mailles différentes permet d'avoir une image de la répartition en taille des principales espèces de poissons capturées. Ces histogrammes doivent être pris en compte à partir de la taille limite de 80mm car les individus en dessous de cette taille critique sont rarement capturés par des filets à petites mailles.

Gardons : L'histogramme montre un premier pic d'abondance entre 80 et 100mm et un second pic beaucoup plus important dont la valeur moyenne correspond à 200mm. Quelques individus atteignent des tailles bien supérieures et le plus gros gardon capturé mesurait 350mm à la fourche.

Le premier pic correspond à des individus 1+, le second à des individus 2+ (160-170mm) et 3+ (190-210mm). La croissance est beaucoup plus rapide que sur la retenue de Ste Croix (Chappaz *et al*, 1990).

Brèmes : L'histogramme montre plusieurs pics. Le premier a pour valeur moyenne 100mm, le second atteint des valeurs de 140-150mm, le troisième entre 220-230 puis 280-290, puis 330mm, le plus gros individu mesurait 440mm à la fourche. Des analyses scalimétriques permettraient de vérifier ces valeurs.

Sandres : Nous n'avons capturé que peu d'individus de petite taille, 80 et 110mm. Le premier pic qui apparaît est centré sur 210mm mais il couvre des tailles comprises entre 180 et 260mm ce qui semble montrer une grande variabilité dans la croissance individuelle. Un autre groupe pourrait être détaché avec un mode autour de 320mm, au delà il est difficile de mettre en évidence un pic particulier. Le plus gros sandre capturé mesurait 550mm.

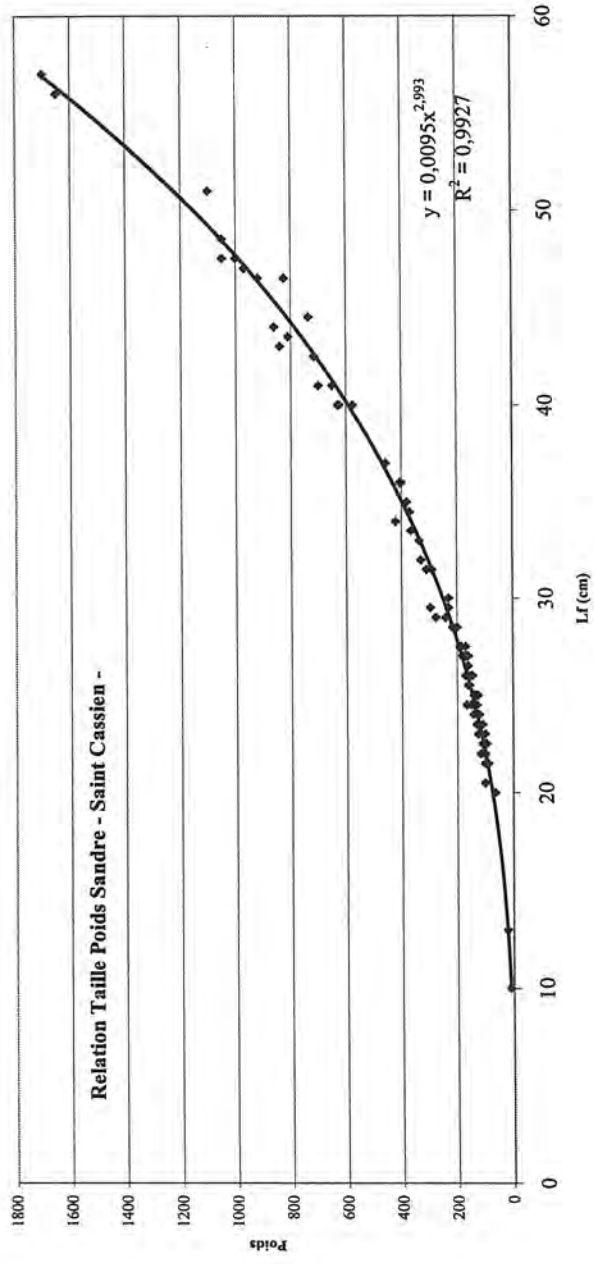
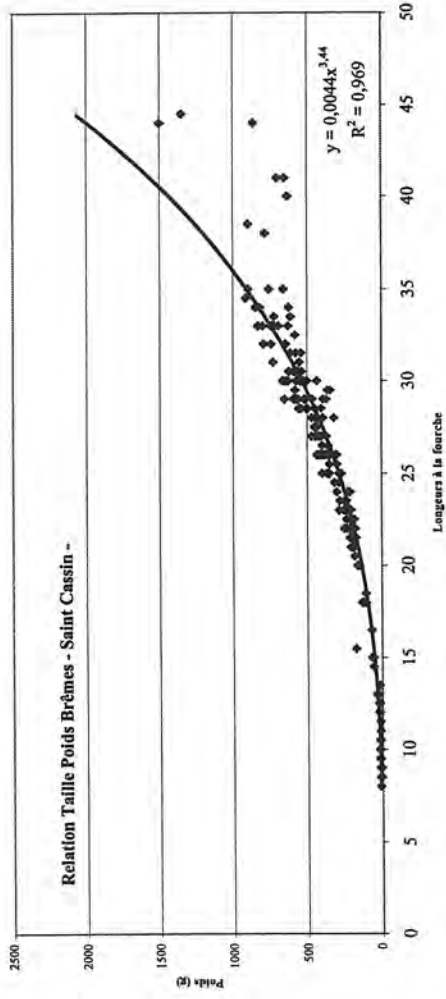
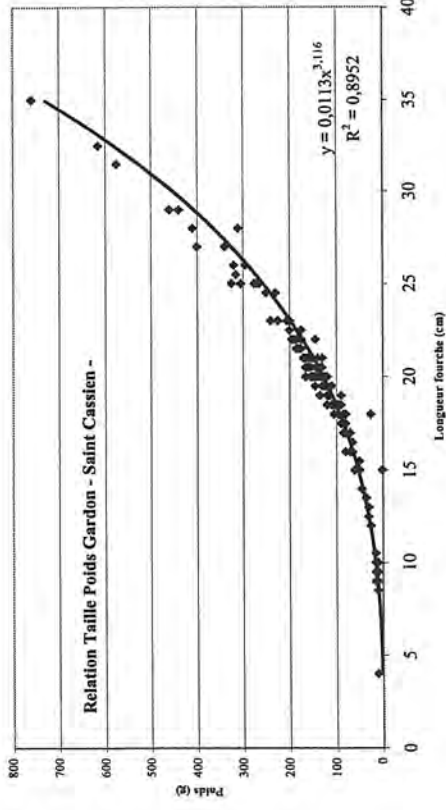
Les sandres capturés ont été remis à l'équipe d'écologie lacustre du Cemagref de Montpellier qui devrait étudier la croissance linéaire par différentes méthodes, dans le cadre d'une thèse de doctorat (thèse doctorat N. Poulet).

2.4. Relations taille poids

Chez le Sandre le nombre important d'individus capturés sur une même campagne nous permet d'établir un calcul de la relation taille - masse, sexes confondus; Cette relation est de la forme $P = 0.0095 Lf^{2.993}$ avec $R^2 = 0.9927$

La relation $Lf = 0.96 Lt^{-5}$ (d'après Goubier, 1969)

et $Lt = 1.04 Lf + 6$



C'est à dire qu'un sandre de 500mm de longueur à la fourche (Lf) mesure 526mm en longueur totale (Lt) par exemple. Ce sandre pèse 1155g sur St Cassien.

D'après des valeurs publiées, un sandre de taille identique pèse 1422g dans les cours d'eau du sud de la France Goubier (1969), 1400 g sur l'étang de Vaccarès (Goubier , 1975) et 1335g sur le lac Balaton (Hongrie), Biro (1970). Les données sur le sujet sont peu nombreuses et en plus il faut tenir compte de l'altitude et du régime thermique pour pouvoir comparer les populations de deux milieux.

En première approche, la population de sandre de la retenue de St Cassien présente une croissance pondérale plus faible, à taille égale, que dans d'autres milieux notamment méditerranéens.

En revanche gardons et brèmes présentent une forte croissance pondérale à St Cassien, notamment par rapport aux retenues du Verdon. Chez le gardon par exemple, tous les gros individus (au delà de 25cm) présentent une masse au dessus de la courbe globale taille - masse.

2.5. Discussions:

2.5.1. *Relations avec la température:*

Les fortes valeurs de températures observées sur la retenue de St Cassien, associées à une stratification estivale très marquée sont susceptibles de conditionner la présence de certaines espèces.

La température est le plus important des facteurs abiotiques qui régulent l'activité des poissons. Elle régule les processus vitaux, favorise la consommation de nourriture, le taux de conversion de cette nourriture et la croissance. Généralement le métabolisme augmente avec une augmentation de température, mais différentes espèces sont adaptées à différentes températures : on peut définir le terme de température physiologique optimale. Evidemment de petites différences dans les températures d'adaptations peuvent avoir de grandes importances dans la dominance d'une espèce sur l'autre.

Pour Lessmark (1983), le taux de consommation maximum est plus élevé chez la perche que chez le gardon lorsque les températures sont inférieures à 22°C, ce taux s'établit en faveur du gardon pour des températures plus élevées.

De même le taux de croissance est plus élevé chez la perche que pour les gardons jusqu'à la température de 24°C au delà de cette valeur, l'inverse se produit. Le gardon est physiologiquement adapté à des températures plus élevées que la perche, la simple répartition géographique des deux espèces montre une répartition beaucoup plus septentrionale pour la

perche (Thorpe, 1977). De même, Lind (1976), observe que la perche est une espèce nordique tandis que le sandre est une espèce méridionale à maturité sexuelle tardive (4-5 ans) mais à grande longévité: l'optimum thermique chez le sandre s'établit entre 12 et 30°C, il est supérieur à celui de la perche 8-27°C, (Horoszewicz 1973; Kokurewicz 1970, Thorpe 1977). Ce qui est un élément susceptible d'expliquer la réussite du sandre dans la retenue de St Cassien.

Bien évidemment la température n'est pas le seul facteur qui explique la répartition et l'abondance des espèces.

2.5.2. Régimes alimentaires et concurrences:

Pour garder notre comparaison sur deux espèces bien représentées dans la retenue : les travaux de Sumari 1971, Svardson 1976, Burroug *et al* 1979, Persson, 1983; Holcik 1987, montrent la dualité entre les deux espèces gardons et perches: il y a des lacs à gardons et des lacs à perches.

La dominance, gardon sur perche dans les lacs eutrophes peut s'expliquer de la façon suivante :

1. accessibilité des détritrus et algues possible chez le gardon
2. distribution de taille des ressources disponibles, la gardon pouvant se nourrir de microplancton,
3. distribution en fonction de l'habitat, le gardon se nourrit soit dans la zone pélagique soit à proximité de fond, la perche est une espèce littorale. De nombreuses études ont montré que des poissons utilisant les mêmes nourritures ont tendance à se répartir en différents habitats pour limiter la compétition.

Sur St Cassien toutes les espèces cohabitent en zone de bordure en raison des faibles valeurs d'oxygène dissous en zone plus profonde. Ce qui peut favoriser les phénomènes de compétitions interspécifiques : compétition brèmes - gardons - rotengles, mais la nourriture n'est pas un facteur limitant. Compétitions sandres - perches - black bass - brochets sur des proies pélagiques, compétitions sandres - perches - black bass - brochets & silures sur des proies benthiques.

2.5.3. Alevinages.

La Fédération du Var pour la Pêche et la Protection des milieux aquatiques nous a transmis le tableau des alevinages réalisés depuis 1988 (Tabl. VI. 4).

Les alevinages réalisés annuellement en Carpes varient entre 200kg et 1000kg, ils sont réalisés en individus adultes de 2 à 5 kg. Ces individus coûtent plus chers, en revanche le

	Brochets		Tanche	Carpes	Silure	Gardon	Black bass	Sandre
	Alevins	O+		CCO,CCU,CMI 2/5kg	SIL 18/25cm	GAR	BBG 0+	SAN 9/12cm
1988	100000	300kg	300kg	200kg				
1989	100000	300kg		200kg				1000
1990	100000	350kg	400kg					
1991				500kg				
1992		300kg		500kg	1000	1000kg		
1993				1000kg				
1994				1000kg	1000			
1995				650kg				
1996				200kg			4500	
1997		350kg	200kg	428kg			2500	
1998	3000			440			2430	
1999	4000		300kg	500kg				
2000	4000			500kg				
2001	3100			500kg				
2002*	0			500kg				

* Prévisionnel Commission de Gestion Saint Cassien réunie le 24 Octobre 2001

N.B.: Arrêt du soutien des effectifs de la population de Brochets pour 2002.

	Brochets		Tanche	Carpes	Silure	Gardon	Black bass	Sandre
	Alevins	O+		CCO,CCU,CMI 2/5kg	SIL 18/25cm	GAR	BBG 0+	SAN 9/12cm
1988	100000	300kg	300kg	200kg				
1989	100000	300kg		200kg				1000
1990	100000	350kg	400kg					
1991				500kg				
1992		300kg		500kg	1000	1000kg		
1993				1000kg				
1994				1000kg	1000			
1995				650kg				
1996				200kg			4500	
1997		350kg	200kg	428kg			2500	
1998	3000			440			2430	
1999	4000		300kg	500kg				
2000	4000			500kg				
2001	3100			500kg				
2002*	0			500kg				

* Prévionnel Commission de Gestion Saint Cassien réunie le 24 Octobre 2001

N.B.: Arrêt du soutien des effectifs de la population de Brochets pour 2002.

Après ses travaux au Paraclet, Mme Wurtz-Arlet définit quelques règles générales à l'introduction du black bass. Parmi ces règles on peut citer : "là où perches et brochets peuvent vivre normalement, il ne doit pas être introduit de black bass. Trois voraces ensemble, ce serait encore une bien grosse erreur".

Nos observations sont fondées sur le fait qu'il y a aujourd'hui quatre "voraces" de pleine eau dans la retenue de Saint Cassien. C'est à dire une variété importante de prédateurs et que toutes les espèces ne pourront se développer ensemble.

Deux hypothèses sont envisageables:

1. Observons la situation actuelle, les individus introduits sont matures, ils sont à même de constituer une importante population si le milieu est favorable (le cas du sandre est exemplaire). Ce développement peut être favorisé par la chute possible des effectifs de brochets qui ne feront plus l'objet d'un soutien par alevinage.

2. L'Association de pêche décide à tout prix, et l'on mesure le sens de ce mot, de renforcer l'alevinage, pour développer la population de black bass. L'espèce se trouve dans un habitat favorable, elle se développera aux dépens d'un autre prédateur, peut être la perche?

Dans la perspective d'alevinages réalisés dans le futur sur de nouvelles espèces, (il reste à définir lesquelles), il conviendra de prendre en compte:

Des points positifs,

* c'est l'abondance du zooplancton qui permet le développement des juvéniles. Les valeurs observées sont supérieures à celles rencontrées sur Serre Ponçon et Ste Croix.

* Un herbier important en raison des faibles marnages actuels observés sur la retenue pendant la période de notre étude.

Des points négatifs,

* la transparence, la température et l'oxygène dissous qui limitent le développement des poissons dans les dix premiers mètres sous la surface.

2.5.5. Hybrides

Depuis quelques années avec le développement de nouvelles méthodes d'analyses, des hybrides de Cyprinidae sont régulièrement rencontrés sur des retenues hydroélectriques, notamment la retenue de Serre Ponçon.

Sur St Cassien, des hybrides existent mais le nombre d'individus observés est comparable à celui rencontré dans des milieux naturels (< 1%). Il ne s'agit que d'individus de

petites tailles. Il est manifeste que le fonctionnement hydroélectrique de la retenue n'intervient en rien dans la genèse de ces quelques individus.

En résumé : le peuplement ichtyologique rencontré sur la retenue de Saint Cassien est tout à fait caractéristique de ce type de réservoir aux eaux très chaudes de notre région méditerranéenne. Les facteurs du milieu très contraignants, température, oxygène dissous, transparence, limitent le nombre de niches écologiques et la diversité ichtyologique, à quelques espèces : les espèces qui affichent leur préférence pour des eaux chaudes, gardons, brèmes, rotengles, carpes et sandres. C'est pour ces mêmes raisons que d'autres espèces, ablettes, perches, brochets développent des populations moins nombreuses.

Il apparaît important de souligner la grande réussite de l'introduction du Sandre dans la retenue.

CONCLUSION GENERALE

Après un cycle estival d'étude, nous sommes en mesure de dégager les grandes lignes de fonctionnement de l'hydrosystème St Cassien.

Les variations de niveau d'eau liées au fonctionnement de l'usine hydroélectrique sont faibles amplitudes, l'herbier en zone de bordure est bien développé, nous avons là des caractéristiques qui rapprochent la retenue de St Cassien d'un lac naturel.

L'aspect physique est prépondérant sur le fonctionnement de cette retenue qui présente une stratification très marquée avec séparation de deux masses d'eau depuis le mois de mai jusqu'en fin septembre: une masse d'eau en surface d'environ 10m d'épaisseur avec des températures moyennes journalières qui dépassent souvent les 24°C, oxygénée, dans laquelle la lumière pénètre. C'est dans cette zone que se développent les poissons en période estivale. Et une masse d'eau qui s'étend depuis environ -11m jusqu'au fond. La température est plus fraîche 12°C environ, mais la lumière et l'oxygène absents.

Les faibles mélanges d'eau sont limités à la période estivale. En hiver, comme nous avons pu le vérifier en décembre 2000, le brassage de l'eau lié au refroidissement des couches de surface, permet la réoxygénation des eaux du fond et le mélange des sels minéraux.

La richesse dans les différents composés chimiques est globalement moyenne sur l'ensemble des stations. Seule la station I se distingue par des valeurs plus élevées. Les nutriments restent disponibles dans l'épilimnion puisque dans toutes les stations on observe encore un fort développement algal en septembre.

La station I, à l'arrivée du Biançon est la zone noire de cette étude. Elle reçoit les effluents urbains des 4 communes avoisinantes du Canton de Fayence. Ces effluents passent respectivement dans 4 stations d'épuration démunies de traitement tertiaire (STEP de Montauroux - Callian, avec une gestion des boues non contrôlée dans un cours d'eau à écoulement temporaire). Ces proliférations d'algues et d'oligochètes sont liées à l'enrichissement des eaux en nutriments.

Enfin, c'est aussi sur la branche Ouest que la végétation est la plus dense: On y trouve des Potamots et des Naias en pleine eau, ainsi que des Typhas et des Scirpes en bordure. Cette végétation se raréfie au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'embouchure du Biançon.

De même d'après les données phytoplanctoniques issues des 3 campagnes de prélèvement, ce lac de barrage peut être classé parmi les lacs oligo-mésotrophes. En effet, les densités phytoplanctoniques et les valeurs de Chlorophylle a sont relativement faibles sur

l'ensemble des stations. Seule, la branche ouest se distingue des autres branches par des valeurs plus élevées.

D'après les résultats sur les invertébrés benthiques, il apparaît que ce lac possède un peuplement peu dense, mal structuré, dominé par les Oligochètes. Ce lac est assez homogène. Seule la branche Nord semble un peu plus eutrophe avec une densité plus forte d'Oligochètes. Il s'agit d'une zone sensible qu'il faut surveiller avec beaucoup d'attention, car il y a un risque permanent, "d'évolution accélérée" des processus d'eutrophisation sur l'ensemble de la baie.

Au niveau du zooplancton, le peuplement est dominée par des espèces à large spectre d'habitat et des espèces caractéristiques de milieux riches. La diversité du peuplement augmente dans la saison en relation avec le développement algal plus dense en septembre. Les densités observées sont supérieures à celles rencontrées sur des milieux oligotrophe (Ste Croix) et inférieures à celles rencontrées dans des milieux eutrophes comme le lac de Carcès. Les densités observées et les espèces présentes confirme la classification d'oligo-mésotrophie.

L'habitat disponible pour les poissons se résume à la tranche d'eau près de la surface, les eaux sont très chaudes, il est naturel que les Cyprinidae dominant : la biomasse repose sur trois espèces principales, gardons, ablettes et brêmes. Mais les captures de ces espèces sur des filets souvent différents montrent une faible diversité intrabancs. La caractéristique essentielle du peuplement piscicole étudié du lac de St Cassien, est sa population de sandres. De très nombreux individus capturés dans plusieurs classes d'âge attestent de la réussite de l'alevinage de 1989 et de la reproduction naturelle de l'espèce depuis cette date.

BIBLIOGRAPHIE

- Amoros, C. (1984). Introduction pratique à la systématique des eaux continentales françaises. 5 - Crustacés Cladocères. *Bulletin Société Linnéenne de Lyon* **53**, 71-143.
- Amrani J. (1987). Organisation spatiotemporelle du peuplement zooplanctonique du lac de barrage de Saint Croix. Thèse Université Aix Marseille I. 153p
- Barbe, (1987). Les méthodes biologiques d'évaluation de la qualité des eaux de surface continentales. *Interagence*, n° 35.
- Barthelemy R. (1995). Zooplancton des lacs de barrage du sud est de la France. DEA Université Aix Marseille I.. 42p.
- Bazzanti, M. & M. Seminara, 1985. Seasonal changes of the profundal macrobenthic community in a polluted lake. *Schweiz. Z. Hydrobiol.* **47**: 57-63.
- Bengtsson, J. (1987). Competitive dominance among Cladocera: Are single factor explanation enough? *Hydrobiologia*, **145**, 19-28.
- Bertazzon, J.P. (1984). Etude d'un écosystème lacustre en région méditerranéenne, l'étang d'Entressen. Thèse 3 ème cycle, 102p Université Aix Marseille III.
- Biro, P. (1970). Investigation of growth of pike perch (*Lucioperca lucioperca*) in lake Balaton. *annales Instituti Biologici Hungaricae Scientiarum* **37** : 154-164.
- Bin Molé R. (1987). Contribution à l'étude du peuplement phytoplanctonique d'un lac de barrage. Thèse Université Aix Marseille I. 142p.
- Boikova, O.S. (1986). Feeding of fish in lake Glubokoe. *Hydrobiologia* **141**, 95-111.
- Bourrelly, P. (1966) - Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. 1: les algues vertes. Paris, Ed Boubée, 511 p.
- Bourrelly, P. (1968) - Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. 2: les algues jaunes et brunes. Paris, Ed Boubée, 438 p.
- Bourrelly, P. (1970) - Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. 3: les algues bleues et rouges, les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadines. Paris, Ed Boubée, 512 p.
- Bressac, Y. & Champeau, A. (1983). Le cycle biologique de *Cyclops vicinus vicinus* dans la retenue de Serre Ponçon. *Annales de Limnologie*. **19**, 183-194.
- Bressac, Y. (1982). Contribution à l'étude du peuplement zooplanctonique d'un de barrage: la retenue de Serre-Ponçon. Thèse 3ème cycle, Université d'Aix-Marseille I : 153 p.
- Bressac, Y. (1983a). Recherches sur le peuplement zooplanctonique d'un lac de barrage: la retenue de Serre-Ponçon. Interprétation du cycle de *Daphnia longispina* O.F. Muller (crustacé, cladocère). *Revue Française des Sciences de l'Eau*, **2**, 173-188.
- Bressac, Y. (1983b). Le cycle biologique d'*Acanthocyclops denticornis* (Copepoda, Calanoïda) dans la retenue de Serre Ponçon. *Ecologia Mediterranea* **IX**, 19-31.
- Bressac, Y. (1985). Le zooplancton des lacs de barrage. Les retenues du Sud-Est de la France. Influence des arrivées d'eau et de la qualité du seston sur la structure spaciale du peuplement. Thèse Doct. es Sci., Université de Provence Aix-Marseille I : 134 p.
- Bretschko, G. (1975). Annual benthic biomass distribution in a high mountain lake (Vorderer Finstertaler See, Tyrol Austria). *Verhandlungen Internationale Vereinigung fur Theoritesche and Angewandte Limnologie*, **19**, 1279-1285.
- Brun, G., Chappaz, R. & Olivari, G. (1990). Modification in habitat use patterns and trophic interrelationships in the fish fauna of an oligotrophic artificial lake. *Hydrobiologia*, **207**, 197-208.
- Caspers, H. (1979). The relations ship of saprobial conditions to massive populations of tubificidae. in *Aquatic Oligochète Biology*. Brinkhurst, R.O. & Cook, D.G. éd. Plenum Press. New York and London. 503-506
- Champeau, A. *et coll.*, (1980a). Etude hydrobiologique de la retenue hydroélectrique de Serre-Ponçon (Hte Alpes): 1er cycle annuel. Rapport E.D.F. E2271 : 125 p.

- Champeau, A. et coll., (1980b). Les retenues hydro-électriques du Verdon. Impact sur la rivières. Conséquences du marnage. Rapport Com. Faune-Flore Minis. Environ. : 98 p.
- Champeau, A. et coll., (1983). Etude hydrobiologique de la retenue hydroélectrique de Serre-Ponçon (Hte Alpes): 2ème cycle annuel. Rapport E.D.F. 203 p.
- Chappaz, R., Brun, G. & Olivari, G. (1987). Mise en évidence de différences de régime alimentaire dans une population d'ablettes *Alburnus alburnus* (L.) dans le lac de Sainte-Croix. Conséquences sur la croissance et la fécondité. *Annales Limnologie* **23**, 245-252.
- Chappaz, R., Brun, G. & Olivari, G. (1988). Stratégie de développement du Goujon, *Gobio gobio* (L.) dans un lac oligotrophe: la retenue de Sainte Croix. *Comptes Rendus Académie des Sciences*. Paris. t. 307, Série III, p. 493-497.
- Chappaz, R., Brun, G. & Olivari, G. (1989). Contribution à l'étude du régime alimentaire, de la croissance et de la fécondité de la perche (*Perca fluviatilis* L.) dans un lac oligotrophe de région tempérée. *Revue des sciences de l'eau* **2**, 95-107.
- Chappaz, R., Brun, G. & Olivari, G. (1990). Les facteurs de développement du gardon *Rutilus rutilus* (L.) introduit dans une retenue récente: analyse des paramètres mésologiques et biologiques. *Comptes Rendus Académie des Sciences* Paris, t.309 Série III: 27-33
- Collette, B., Ali, M., Hokanson, K., Nagiec, M., Smirnov, S., Thorpe, J., Weatherley, A. & Willemsen, J. (1977); Biology of the percids. *J. Fish. res. Board. Can.* **34**, 1890-1899.
- Confer, J.L. & Blades, P.I. (1975). Omnivorous zooplankton and planktivorous fish. *Limnological and Oceanographica.*, **20**, 571-579.
- De Mott, W.R. (1982) - Feeding selectivities and relative ingestion rates of *Daphnia* and *Bosmina*. *Limnol. and Oceanogr.*, **17** (3) : 518-527.
- De Mott, W.R., Zhang, Q. X. & Carmichael, W.W., (1991). Effects of toxic cyanobacteria and purified toxins on the survival and feeding of a copepod and three species of *Daphnia*. *Limnologica Oceanographica*, **36**, 1346-1357.
- Dillon et col (1975). A simple method for predicting the capacity of lake for development based on lake trophic status. *J. Fish. res. Board. Can.* **32**, 1519-1531.
- Dodson, S.I. (1991). The ecological role of chemical stimuli for the zooplankton-predator induced morphologie in *Daphnia*. *Oecologia* **78**, 361-367.
- Drenner, R.W. & McCormas, S.R. (1980). The roles of zooplankter escape ability and fish size in the selective feeding and impact of planktivorous fish. in Kerfoot, W.C.(ed): *Evolution and ecology of zooplankton communities*. University Press of New England, pp.587-593.
- Drenner, R.W., Strickler, J.R. & O'Brien, W.J. (1978). Capture probability. The role of zooplankter escape in the selective feeding of planktivorous fish. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* **34**, 1370-1373.
- Dussart, B., (1969). Les Copépodes des eaux continentales d'Europe Occidentale. Tome II: Cyclopoïdes et Biologie. Ed. N. Boubée et Cie : 292 p.
- Defaye D & Dussart B. (1979). Rythme de nutrition chez *Macrocyclops albidus*. *Bull. off. NATL. Péch. Tunis*, **3** : 77-88.
- Fayolle S. (1994). Etude du peuplement phytoplanctonique de deux réservoirs du sud est de la France. Mémoire de DEA. Université Aix Marseille I. 53p.
- Frontier, S. & D. Pichod-Viale, 1998. Ecosystèmes : structure, fonctionnement, évolution. Dunod édition, Paris, 447 pp.
- Goubier (1969). Recherches sur la croissance du sandre (*Sander lucioperca*) et ses déplacements dans quelques rivières du sud de la France d'après des résultats de marquages. *Bull. Franc. Pesci.* **235-236**.
- Goubier (1975). Biogéographie biométrie et Biologie du sandre. Thèse Doct. Université Lyon. 259P.

- Glimicz, Z.M. (1969). Studies of the feeding of pelagic zooplankton in lakes with varying trophy. *Ekologika. Polska*, **17**, 663-708.
- Gophen, M. & Threlkeld, S. (1989). An experimental study of zooplankton consumption by the lake Kinneret sardine. *Archives für Hydrobiologie* **115**, 91-95.
- Grégoire A. (1981). Contribution à l'étude hydrobiologique d'une rivière aménagée : le Verdon. Les lacs de barrage et les tronçons de cours d'eau à débit régulé. Thèse de doct. d'Etat. Université Aix Mlle I : 213p.
- Hakkari, L. (1978). On the productivity and ecology of zooplankton and its role as food for fish in some lakes in Central Finland. *Biological research reports from the university of Jyväskylä* : 87 p.
- Holcik, J. (1967). Lif history of the roach *Rutilus rutilus* in the Klicava valley reservoir. *Vesstnik ceskoslovenske spolecnosti zoologicke Svazek*. XXXI, Cislo 3 : 213-229.
- Hrbáček, J.(1962). Species composition and the amount of zooplankton in relation to fish stock. *Rozpr. CSAV, MPV* 72, pp 104.
- Kokurevicz B.(1970). the effects of the temperature on the embryonic developpment. *Zoologica Poloniae*, 20 : 317-337.
- Krammer, K & Lange-Bertalot, H. (1986) : Sü.wasserflora von Mitteleuropa. Baccillariophyceae, 1. Teil : Naviculaceae. Ed. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, 876 p.
- Krammer, K & Lange-Bertalot, H. (1988) : Sü.wasserflora von Mitteleuropa. Baccillariophyceae, 2. Teil : Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Ed. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, 596 p.
- Krammer, K & Lange-Bertalot, H. (1991) : Sü.wasserflora von Mitteleuropa. Baccillariophyceae, 3. Teil : Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Ed. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, 576 p.
- Krammer, K & Lange-Bertalot, H. (1991) : Sü.wasserflora von Mitteleuropa. Baccillariophyceae, 4. Teil : Achnanthaceae. Ed. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, 437 p.
- Lampert, W. (1978). A field study on the dependence of the fecondity of *Daphnia* sp. on food concentration. *Oecologia*, 36 : 363-369.
- Lang, C. & Raymond, O. (1992). Reversal of eutrophication in lake Geneva: evidence from the oligochaete communities. *Freshwater Biology*, 28: 145-148.
- Lang, C. (1985). Eutrophication of lake Geneva indicated by the oligochaete communities of the profundal. *Hydrobiologia*, 126: 237-243.
- Lang, C. (1989). Eutrophication of Lake Neuchatel indicated by the oligocheta communities. *Hydrobiologia*, 174: 57-65.
- Langton, P. H., 1991. A key to pupal exuviae of West Palearctic Chironomidae. Langton, P.H.(ed.), Huntingdon: 386 pp.
- Leach, J.H., Johnson, M.G., Kelso, J.R., Hartmann, J., Nümann, W. & Entz, B. (1977). Responses of percid fishes and their habitats to eutrophication. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* **34**, 1964-1971.
- Le Serrec G. (1985) Etude piscicole du lac de St Cassien. Mémoire de DAA ENSAR, 25p.
- Lorensen, C.J. (1967). Determination of chlorophyll and phéopigments: spectrophotometric equation. *Limnol. Oceanographica*. 12, 343-346.
- McCauley R.W. & Casselman J.M. (1981). The final preferendum as an index of the temperature for optimun growth in fis. *Proc. World Sympo. Aquaculture*. Stavanger : 81-92.
- Milbrink, G. (1980). Oligocheta communities in pollution biology: the european situation with special reference to lake in Scandinavia. In *Aquatic Oligochaete Biology*, R.O. Brinkhurt & D.G. Cook éd. Plenum press N.Y. & London, 433-455.
- Nauwerck, A. (1963). Die bezihungen zwischen zooplankton und phytoplankton im see Erken. *Symbolae Botanicae Upsaliense*, 17 (5) : 1-163.

- Newrkla, P. & Wijegoonawardana, N. (1987). Vertical distribution and abundance of benthic invertebrates in profundal sediments of Mondsee, with special reference to oligochaetes. *Hydrobiologia*, 155: 227-234.
- Persson L. (1983). Food consumption and competition between age class in a perch *Perca fluviatilis* population in a shallow eutrophic lake. *Oikos*. 12 (3) : 203-210.
- Politou, C.Y., Economidis, P.S. & Sinis, A.I. (1993). Feeding biology of bleak, *Alburnus alburnus*, in Lake Koronia, northern Greece. *Journal of Fish Biology* 43, 33-43.
- Pont, D. & Amrani, J. (1990). The effects of selective fish predation on the horizontal distribution of pelagic Cladocera in a Southern french reservoir. *Hydrobiologia* 22, 259-268.
- Pont, D. (1976). Recherche d'une méthodologie adaptée à l'étude quantitative des invertébrés. D.E.A., Université des Sciences et Techniques Languedoc : 22 p.
- Pont, D. (1983). Recherches quantitatives sur le peuplement de Copépodes, Cladocères et Ostracodes des rizières de Camargue. Thèse d'Etat, Université d'Aix-Marseille I : 353 p.
- Pont, D., Chappaz, R., Brun, G. & Champeau, A. (1989). Interactions zooplancton poissons dans une retenue oligotrophe de mise en eau récente. *Revue Française des Sciences de l'Eau* 2, 777-792.
- Pourriot, R. (1983). Prédation, structure et dynamique du zooplancton. *Acta Oecologia/Oecologia Généralis*. 4, 1-25.
- Pourriot, R. (1995). Réponses adaptatives du zooplancton à la prédation. in R. Pourriot & Meybeck, M., *Limnologie Générale*, Collection d'Ecologie n°25: 411-440pp. Masson éd.
- Ramcharan, C.W., McQueen, D.J., Demers, E., Popiel, S.A., Rocchi, A.M., Yan, N.D., Wong, A.H. & Hughes, K.D. (1995). A comparative approach to determining the role of fish predation in structuring limnetic ecosystems. *Archive. Hydrobiologica* 133, 389-416.
- Sakamoto, M. (1966). The chlorophyll amount in the eutrophic zone in some japenese lakes and its signifiante in the photosynthetic production of phytoplankton community. *Bat. Mag. Tokio*. 79, 77-78.
- SCOR - UNESCO (1966). Détermination of photosynthetic pigments in sea water. Report of Scor Unesco Working group, 17 (Paris).
- Scott, A. (1987). Prey selection by juvenile cyprinids from running water. *Freshwater Biology* 17, 129-142.
- Seminara, M. & M. Bazzanti, 1988. Trophic level assessment of profundal sediments of the lake campotosto (central Italy), using midge larval community (Diptera : Chironomidae). *Hydrobiological Bulletin* 22: 183-193.
- Tachet, H., P. Richoux, M. Bournaud & P. Usseglio-Polatera, 2000. Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie. CNRS edition, Paris, 500 pp.
- Thorpe J.E.(1977). Daily ration of adult perch during summer in Loch Leven. *J. Fish. Biol.* 11 : 55-68.
- Tifnouti, A. et al., (1994). Etude du régime alimentaire de cinq espèces de Cladocères dans la retenue Lalla Takerkoust (Maroc). *Annls Limnol.*, 30 (4) : 285-296.
- Vijverberg, J. & Koelewijn, H.P. (1991). Size dependent mortality and production of *Diaphanosoma brachyurum* in an eutrophic lake. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 24, 2768-2771.
- Vollestad, L.A. (1985). Resource partitioning of roach *Rutilus rutilus* and bleak *Alburnus alburnus* in two eutrophics lakes in SE Norway. *Holarctic ecology* 8, 88-92.
- Werner, E.E. & Hall, D.J. (1974). Optimal foraging and the size selection of prey by the bluegill sunfish (*Lepomis macrochirus*). *Ecology* 55, 1042-1052.
- Wiederholm, T., 1980. Use of benthos in lake monitoring. *Journal WPCF* 52: 537-547.

- Witehouse J.W., (1971). Some aspects of the biology of lake Trawsfynydd; a power station cooling pond. *Hydrobiologia*, 38 (2), : 253-288.
- Wurtz-arlet J.(1952). Le Black bass en France. Esquisse monographique. Annales de la Station centrale d'Hydrobiologie Appliquée. Tome 4: 203-283.
- Zivkov M. & G. Petrova (1993) On the pattern of correlation between fecundity, length, weight and age of pike perch *Stizostedion lucioperca* . Fish; Biol. 43: 173-182.

ANNEXE I
PHYSIQUE & CHIMIE

Saint Cassien 13 juin 2000						
	Stations lacustres			Stations affluents		
	Station IV	Station V	Station VI	Station I	Station II	Station III
S	24,5	24,5	24,2	26	25,2	25,6
-1	24,3	24	24,3	25,1	24,9	25,4
-2	22,9	23,4	24,2	23,9	24	24,2
-3	21,6	22,6	24,2	24,1		23,4
-4	20,9	20,3	24,1	24		
-5	19	18,5	23,6	23,8		
-6	18,2	17,6	23,3	23,5		
-7	17,6	16,8	20,9	22,4		
-8	17,1	16,6	19,2	20,5		
-9	16,4	16,5	18,4	19,1		
-10	15,9	16,1	17,3	18,6		
-11	15,2	15,5	16,4	17,2		
-12	14,5	15,3	15,7	16,2		
-13	14,2	13,7	14,7	15,6		
-14	13,3	13,3	13,6	14,7		
-15	12,5	12,8	12,8	13,7		
-16		12,5	12,7	12,8		
-17		12,3	12,2	12,3		
-18		12,2	11,7	12		
-19		11,9	10,8	11,2		
-20		12,2	10,4	10,6		
Fonds	12	10	10	10		

Saint Cassien 26 juillet 00						
	Stations lacustres			Stations affluents		
	Station IV	Station V	Station VI	Station I	Station II	Station III
S	25,1	25,1	25,6	25,1	27,2	25,3
-1	25,1	24,9	24,7	25,1	27,1	24,3
-2	24,6	24,1	24,5	25	26,2	24
-3	24,2	24,2	24,1	24,7	24,9	23,8
-4	23,9	24	24,1	24,4		24
-5	23,8	23,9	23,9	24,2		
-6	23,4	23,1	23,7	24		
-7	23	22,1	23,1	23,8		
-8	22,5	22,4	23,1	23,3		
-9	21,8	22	22,6	22,5		
-10	20,4	20,9	21,5	21,5		
-11	19,1	18,9	21,9	20		
-12	16,6	17,5	19,1	18,5		
-13	15,9	15,7	17,5	16,8		
-14	14,9	14,3	16,1	15,9		
-15	14,3	13,1	14,6	14,7		
-16	14	12,2	13,9	13,1		
-17		11,7	12,4	12		
-18		12	12	12		
-19		11,5	11,5	11,5		
-20		10,9	11	11		
Fonds	10,2	10,5				

Saint Cassien 21 septembre 2000						
	Stations lacustres			Stations affluents		
	Station IV	Station V	Station VI	Station I	Station II	Station III
S	23,3	23,2	23,1	23,2	21,9	22,6
-1	23,3	23,2	23,1	23,2	21,9	22,6
-2	23,3	23,2	23,1	23,2	22,2	21,4
-3	23,3	23,2	23,1	23,1	22,2	
-4	23,2	23,1	23,1	23,1		
-5	23,1	23,1	23,1	23,1		
-6	23,1	23,1	23,1	23		
-7	23	23	23,1	23		
-8	23	23	23	23		
-9	22,9	22,9	23	22,8		
-10	22,6	22,3	22,5	22,4		
-11	19,6	21,4	21,2	21,5		
-12	18,1	18,3	19,5	19,5		
-13	16,9	16,5	17	16,7		
-14		14,7	15,2	15,2		
-15		13,3	13,7	14		
-16		12,4	12,4	12,8		
-17		11,7	11,7	11,8		
-18		11,4	11,3	11,3		
-19		11	10,9	10,9		
-20		10,8	10,7	10,5		
Fonds	10,5	10,5				

Saint Cassien 27 juillet 2001						
	Stations lacustres			Stations affluents		
	Station IV	Station V	Station VI	Station I	Station II	Station III
S	26	26,1	26,3	25,3		
-1	25,6	25,6	25,3	25		
-2	25,5	25,4	25,2	24,9		
-3	25,3	25,3	24,8	24,8		
-4	25,2	24,9	24,3	24,8		
-5	24,8	23,5	23,9	24,3		
-6	24,2	23,3	23,2	23,8		
-7	23,5	22,4	22,5	23,3		
-8	22,3	22	21,2	22,6		
-9	21	20,3	20,2	20,7		
-10	19,5	18,9	18,6	19,5		
-11	18,3		17,5	18,3		
-12	17,5		15,8	16,7		
-13	16,5		15	15,7		
-14	15,8		14,3	14,9		
-15	15		13,5	14,6		
-16			13,9	14,6		
-17			13,1	13,4		
-18			12,8	13		
-19			12,7	12,8		
-20			12,7	12,6		
Fonds	12,5			12,5		

18 dec 00	
	Station V
S	10,2
-1	10,1
-2	10,1
-3	10,1
-4	10,1
-5	10
-6	10
-7	10
-8	10
-9	10
-10	10
-11	10
-12	9,9
-13	9,9
-14	9,9
-15	9,9
-16	9,9
-17	9,9
-18	9,9
-19	10,5
-20	9,7
Fond	9,7

Mesures complémentaires hors contrat

Saint Cassien 13 juin 2000							
	Stations lacustres				Stations affluents		
	Station IV	Station V	Station VI	Station VII	Station I	Station II	Station III
S							
-1							
-2							
-3							
-4							
-5							
-6							
-7							
-8							
-9							
-10							
-11							
-12							
-13							
-14							
-15							
-16							
-17							
-18							
-19							
-20							
Fds							

Saint Cassien 21 septembre 2000							
	Stations lacustres				Stations affluents		
	Station IV	Station V	Station VI	Station VII	Station I	Station II	Station III
S	111	106	112	135	89	94	96
-1	109	107	112	136	71	94	96
-2	108	104	111	137		90	91
-3	103	107	110	131			82
-4	104	105	111	139			
-5	100	102	110	140			
-6	102	96,4	109	140			
-7	102	96	108	145			
-8	95	93	108	133			
-9	90	90	107	111			
-10	85	58	78	110			
-11	1,2	40	75	110			
-12	0,5	2,2	47	81			
-13	0,2	0,6	26	54			
-14		0,4	1,3	36,6			
-15		0,2	1,4	27			
-16		0,2	0,4	11,1			
-17			0,4	4,8			
-18			0,2	12,4			
-19			0,2	12,4			
-20			0,1	15,6			
Fds			0,1	17			

Saint Cassien 26 juillet 00							
	Stations lacustres				Stations affluents		
	Station IV	Station V	Station VI	Station VII	Station I	Station II	Station III
S	111	103	91	84	97	85	87
-1	101	106	88	83	94	83	82
-2	94	88	88	83	91	82	81
-3	92	89	88	81	79	77	65
-4	89	87	87	84			
-5	91	88	89	83			
-6	91	87	96	82			
-7	91	90	90	79			
-8	90	89	91	84			
-9	85	91	91	91			
-10	78	91	94	92			
-11	58	81	101	95			
-12	22	70	79	94			
-13	20	56	62	78			
-14	9	32	38	74			
-15	2	15	38	54			
-16	2	11	35	45			
-17		8	31	36			
-18			32	29			
-19			15	28			
-20			9	27			
Fds			5	12			

Mesures complémentaires hors contrat

Saint Cassien 27 juillet 2001							
	Stations lacustres				Stations affluents		
	Station IV	Station V	Station VI	Station VII	Station I	Station II	Station III
S	117	138	117	120			
-1	116	130	116	117			
-2	120	122	116	116			
-3	119	126	115	110			
-4	113	128	116	116			
-5	112	118	117	116			
-6	111	113	125	119			
-7	96	116	118	124			
-8	96	116	111	113			
-9	84	75	125	114			
-10	55	41	126	134			
-11	34	7	96	109			
-12	22	7	67	100			
-13	2,5	7	40	77			
-14	1,3	7	36	54			
-15		7	23	46			
-16		7	9,8	32			
-17			2,8	13,5			
-18			0,7	7,7			
-19			1,2	6,3			
-20			2,3	8,4			
Fds			3,7	6,8			

18-déc-00	
Station V	
S	96
-1	96
-2	96
-3	96
-4	95
-5	93
-6	93
-7	96
-8	96
-9	95
-10	94
-11	94
-12	96
-13	93
-14	93
-15	94
-16	984
-17	94
-18	93
-19	94
-20	94
Fds	93

Saint Cassien 13 juin 2000											
mg/l	Stations lacustres						Stations affluents				
	Station IV	Station V	Station VI	Station VII	Station I	Station II	Station III	Station I	Station II	Station III	Station III
S	7,5	7,8	7,6	7,7	7,8	7,4	7,4	7,8	7,4	7,4	7,4
-1	7,6	7,9	7,4	7,8	8	7,4	8	7,4	7,4	7,4	7,5
-2	8,2	8,6	7,5	7,7	6,6	7,2	7,5				
-3	9	9,4	7,5	7,9			6,6				
-4	9,5	9,8	7,5	7,9							
-5	9,2	9,6	7,9	8,1							
-6	8,1	9,1	7,8	8,1							
-7	7,7	8,9	9,3	8,3							
-8	7,6	8,7	9,3	9							
-9	6,6	8,6	9,4	8,9							
-10	6	8	9,1	9,1							
-11	5,5	7,9	8,9	8,9							
-12	4,6	7,8	9,1	8,8							
-13	3,8	4,5	8,5	8,7							
-14	2,6	4,3	5,5	8,5							
-15	2,4	4,3	5,4	7,9							
-16		4	5,5	7,4							
-17		4,2	5,2	6,9							
-18		4	4,9	7							
-19		3,6	4,7	6,4							
-20		4	4,3	6							
Fds		4	4,1	5							

Saint Cassien 26 juillet 00											
mg/l	Stations lacustres						Stations affluents				
	Station IV	Station V	Station VI	Station VII	Station I	Station II	Station III	Station I	Station II	Station III	Station III
S	9,6	8,1	7,4	6,9	7,6	6,8	6,9	7,6	6,8	6,8	6,9
-1	8,5	7,8	7,3	6,9	7,4	6,8	6,8	7,4	6,8	6,8	6,8
-2	7,8	7,2	7,3	6,9	7,4	6,8	6,8	7,4	6,8	6,8	6,8
-3	7,7	7,2	7,4	6,9	6,5						
-4	7,5	7,3	7,3	6,8							
-5	7,6	7,3	7,2	6,9							
-6	7,6	7,3	7,2	7							
-7	7,7	7,6	8,1	6,7							
-8	7,8	7,2	7,7	7,2							
-9	7,5	7,8	7,9	7,9							
-10	7,1	7,9	8,1	8,3							
-11	5,6	7,1	8,4	8,4							
-12	2,2	6,3	9	8,8							
-13	2,5	5,1	7,3	7,5							
-14	1,1	3	6	7,1							
-15	0,3	1,5	3,7	5,5							
-16	0,2	1,1	3,5	4,5							
-17		0,8									
-18			3,3	3,1							
-19			1,6	3,1							
-20			1	2,9							
Fds			0,5	1,1							

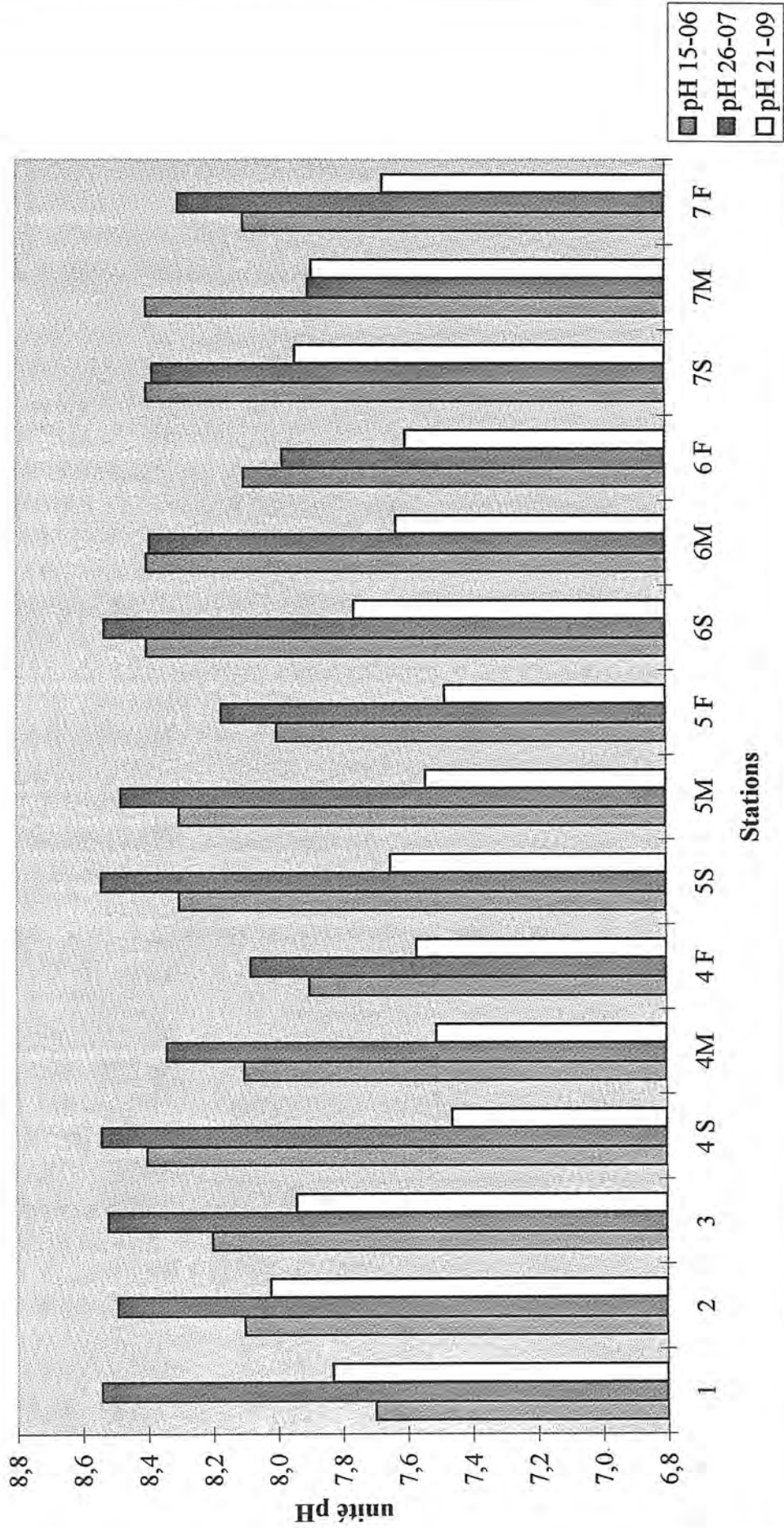
Mesures complémentaires hors contrat

Saint Cassien 21 septembre 2000											
mg/l	Stations lacustres						Stations affluents				
	Station IV	Station V	Station VI	Station VII	Station I	Station II	Station III	Station I	Station II	Station III	Station III
S	9,28	8,9	9,5	11,4	7,69	8	8,16				
-1	9,17	8,8	9,5	11,55	7,62	8	8,14				
-2	9,13	8,8	9,4	11,45		7,8	8				
-3	8,7	8,9	9,3	11,05		7,16					
-4	8,6	8,8	9,3	11,72							
-5	8,4	8,6	9,25	12,07							
-6	8,5	8,15	9,17	12,47							
-7	8,6	8,5	9,1	12,5							
-8	8	8	9	12,44							
-9	7,2	7,6	6,65	11,25							
-10	7,16	5,5	6,6	9,53							
-11	0,1	3,55	4,5	10,32							
-12	0,05	0,28	2,7	7,4							
-13	0,02	0,06	1,35	5,13							
-14	0	0,05	0,16	3,72							
-15	0	0,02	0,05	3,64							
-16	0	0,02	0,04	1,17							
-17	0	0	0,03	0,55							
-18	0	0	0,03	0,38							
-19	0	0	0,02	1,31							
-20	0	0	0,02	1,75							
Fds		0	0	0	0,7						

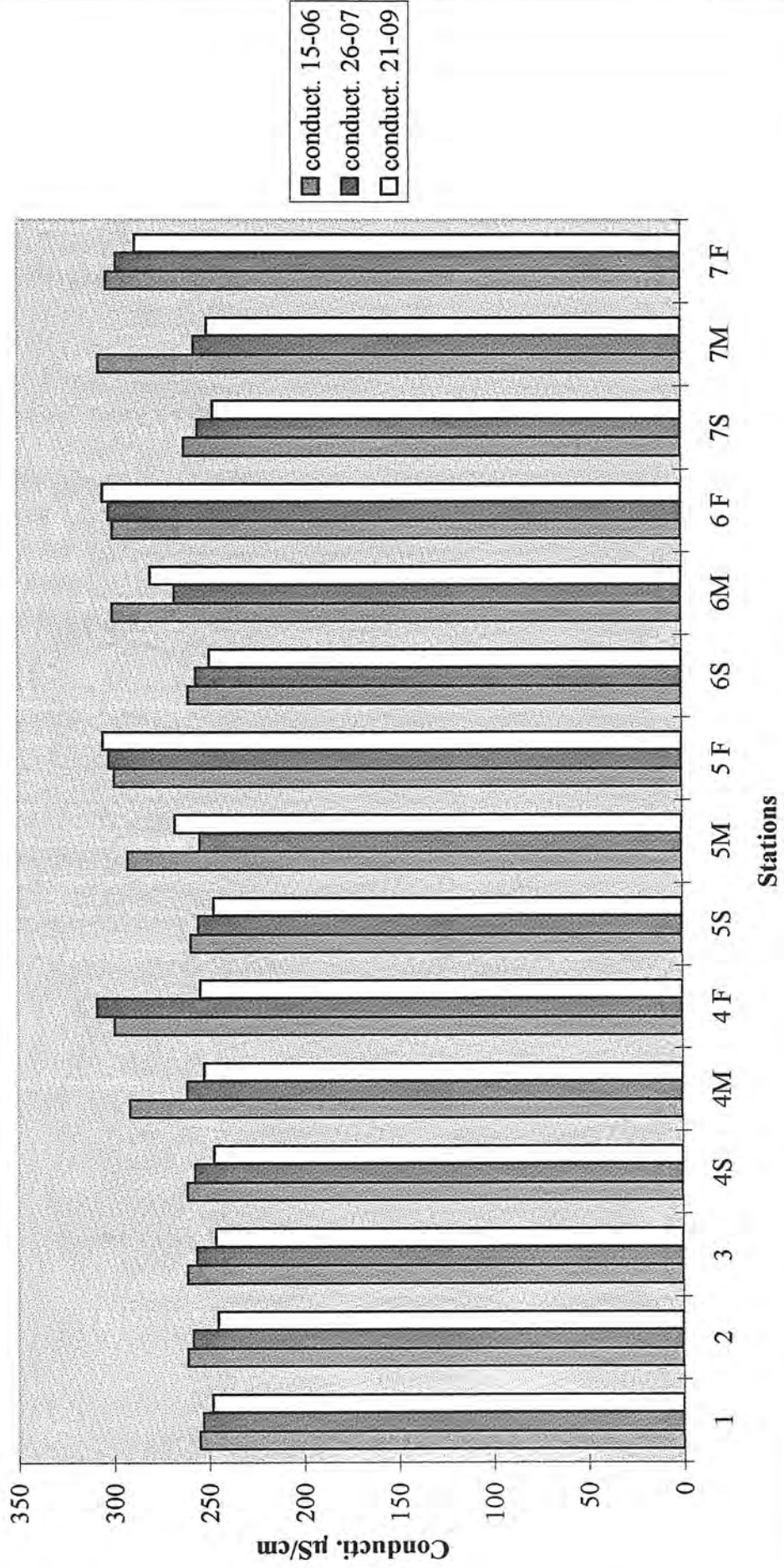
Saint Cassien 27 juillet 2001											
mg/l	Stations lacustres						Stations affluents				
	Station IV	Station V	Station VI	Station VII	Station I	Station II	Station III	Station I	Station II	Station III	Station III
S	10,5	10,6	10,7	9,5	9,7	9,5	9,7	9,6	11,3	9,4	9,9
-1	10,6			9,5	10,7	9,5	9,7				
-2	10,7			-2	9,7	10,1	9,5				
-3	10,7			-3	9,4	10,1	9,5				
-4	10,5			-4	9,3	9,85	9,7				
-5	10,5			-5	9,3	10,4	9,9				
-6	10,4			-6	8,4	10,5	10				
-7	10,7			-7	8,4	10	10,1				
-8	10,6			-8	7,6	9,3	9,6				
-9	10,6			-9	5	9,9	11,1				
-10	10,6			-10	3,3	10	11,3				
-11	10,7			-11	2,1	6,8	8,9				
-12	10,8			-12	0,42	3,8	6,3				
-13	10,6			-13	0,14	3	4				
-14	10,6			-14	0,11	2,8	3,6				
-15	10,5			-15	2	2,3	4,6				
-16	10,5			-16	1,12		1				
-17	10,6			-17	0,32		0,32				
-18	11			-18	0,08		0,08				
-19	10,5			-19	0,13		0,13				
-20	10,6			-20	0,2		0,2				
Fds					0,4		0,4				

18-déc-00	
mg/l	Station V
S	10,5
-1	10,6
-2	10,7
-3	10,7
-4	10,5
-5	10,5
-6	10,4
-7	10,7
-8	10,6
-9	10,6
-10	10,6
-11	10,7
-12	10,8
-13	10,6
-14	10,6
-15	10,5
-16	10,5
-17	10,6
-18	11
-19	10,5
-20	10,6
Fds	9,8

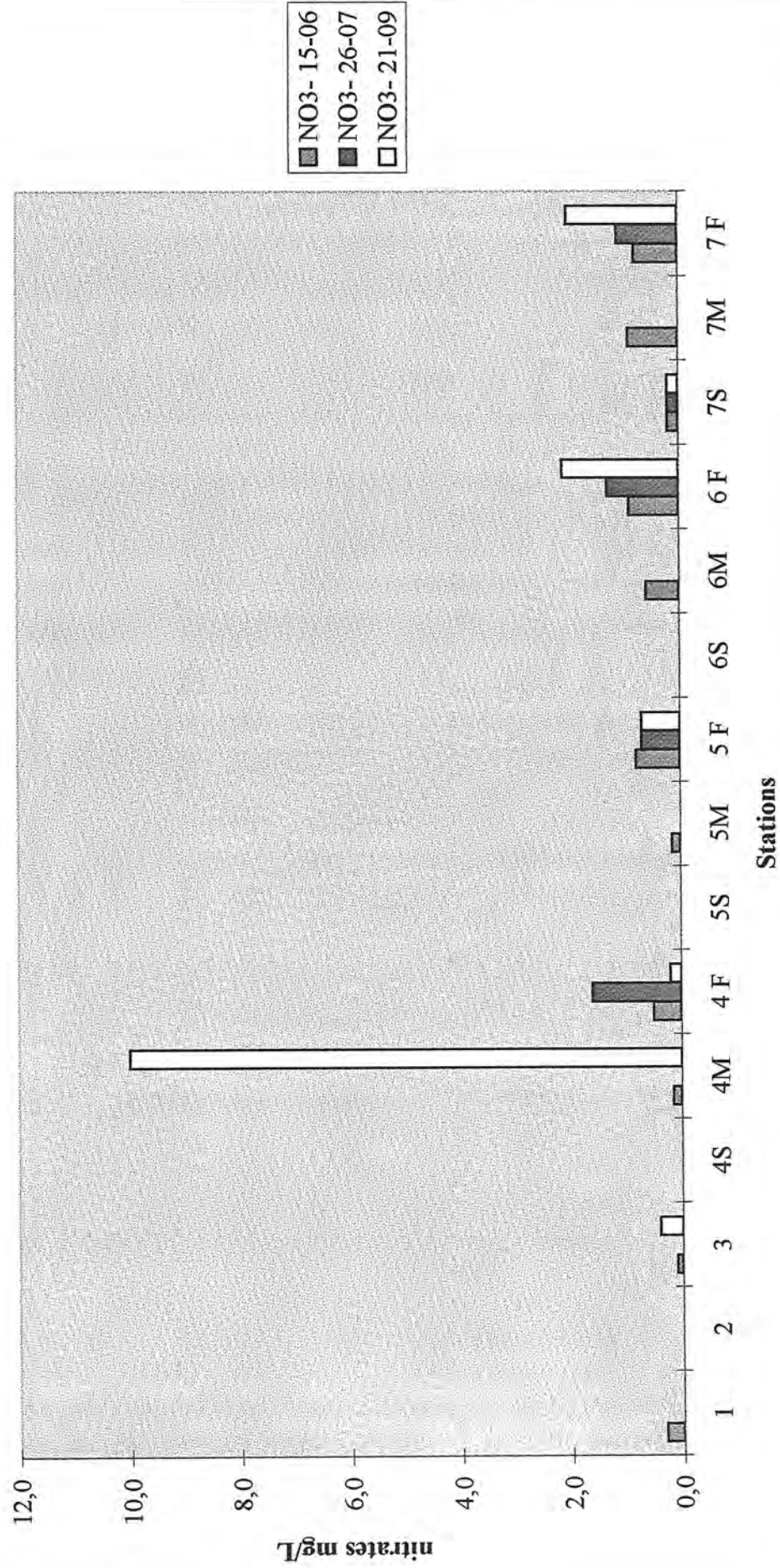
pH St Cassien



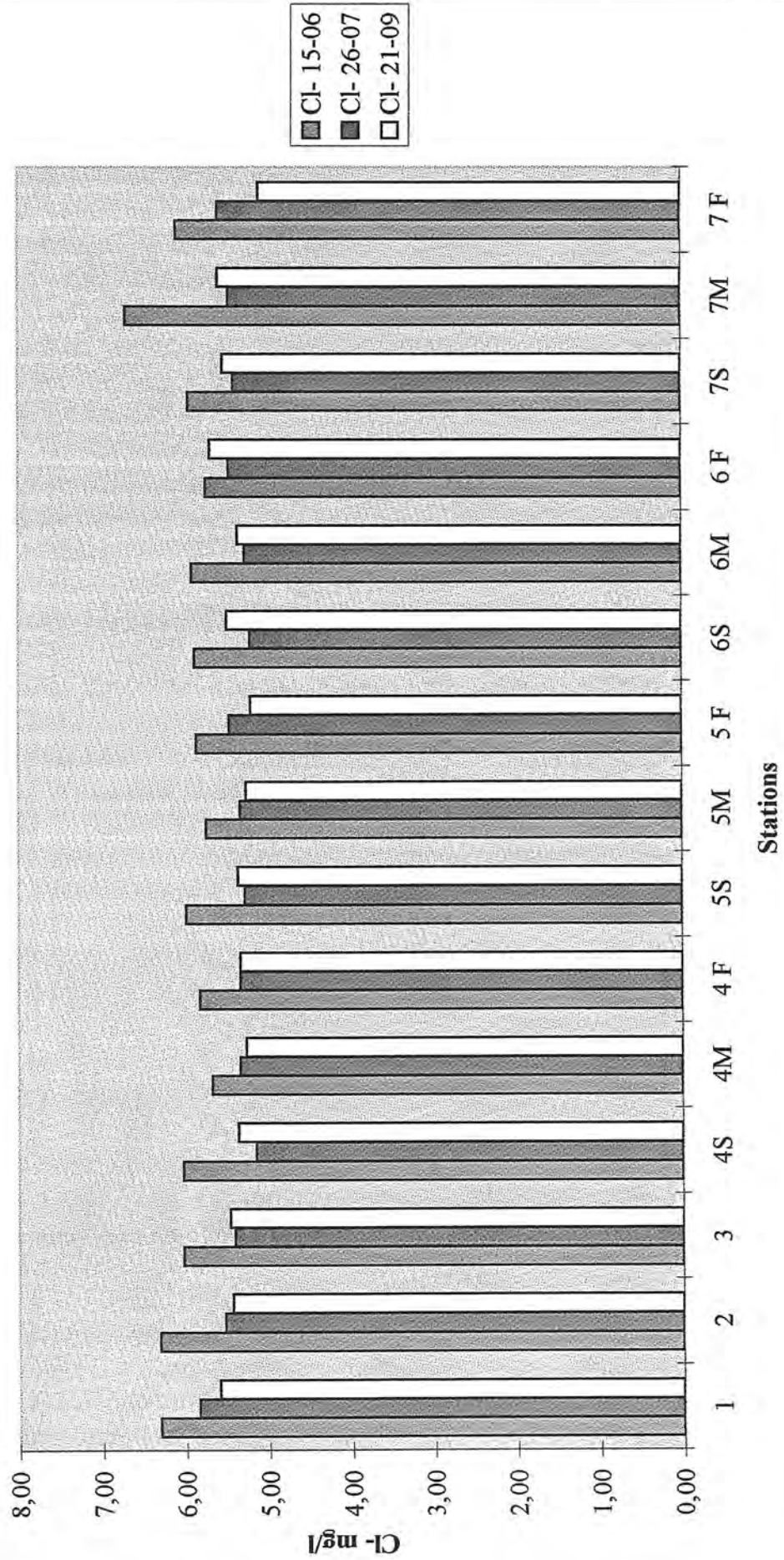
Conductivité St Cassien



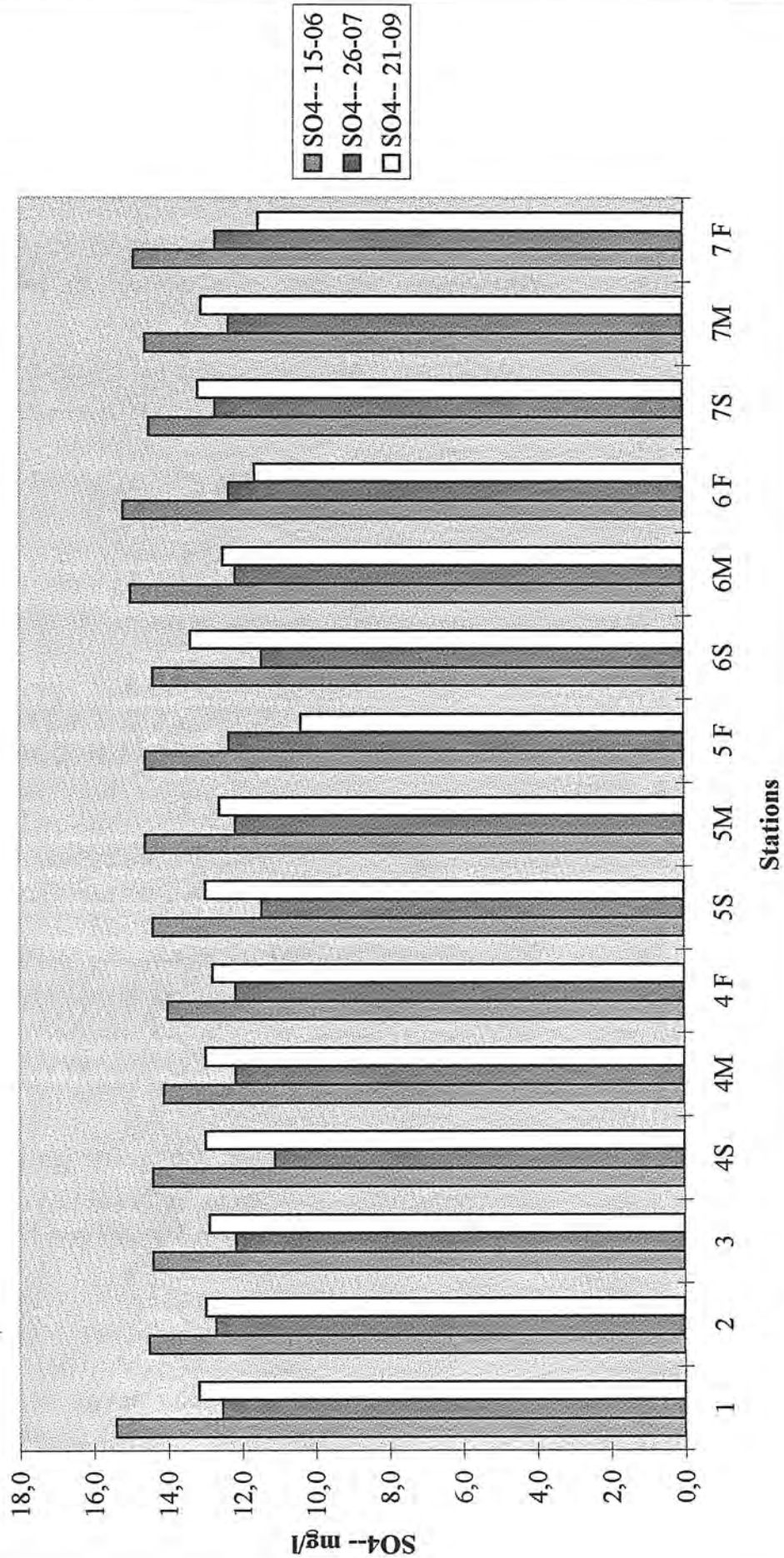
Nitrates St Cassien



Chlorures St Cassien



Sulfates St Cassien



ANNEXE II
PHYTOPLANCTON

ANNEXE 1: INVENTAIRE ALGAL

CHROMOPHYTES

DIATOMEES

Achnanthes minutissima
Achnanthes lanceolata
Amphora sp.
Asterionella formosa
Cocconeis placentula
Cyclotella bodanica
Cyclotella comta
Complexe " *Cyclotella* "
Cymatopleura elliptica
Cymbella affinis
Cymbella ehrenbergii
Cymbella helvetica
Cymbella minuta
Diatoma vulgare
Diploneis ovalis
Fragilaria construens
Fragilaria crotonensis
Fragilaria sp1
Fragilaria ulna
Fragilaria nanana
Gomphonema clavatum
Gyrosigma acuminatum
Gyrosigma parkerii
Meridion circulare
Navicula capitatoradiata
Navicula cryptocephala
Navicula menisculus
Navicula rhyncocephala
Nitzschia acicularis
Nitzschia intermedia
Nitzschia dissipata
Nitzschia recta
Pinnularia sp.

CHRYSOPHYCEES

Dinobryon bavaricum
Dinobryon divergens
Dinobryon sociale
Mallomonas sp.

CHLOROPHYTES

Chlamydomonas sp.
Chlorella sp.
Closterium sp.
Crucigenia tetrapedia
Crucigenia rectangularis
Dictiosphaerium sp.
Golenkiiaradiata
Kirchneriella obesa
Micractinium pusillum
Monoraphidium minutum
Monoraphidium contortum
Mougeotia sp.
Oocystis lacustris
Pandorina morum
Pediastrum boryanum
Pediastrum duplex
Pediastrum simplex
Scenedesmus arcuatus
Scenedesmus armatus
Scenedesmus ecornis
Scenedesmus pannonicus
Scenedesmus quadricauda
Tetrachlorella alternans
Tetraedron minimum
Tetraedron triangulare
Ulothrix sp.
Volvox sp.

EUGLENOPHYTES

Euglena spp.

PYRRHOPHYTES

Ceratium hirundinella
Peridiniopsis sp.
Peridinium cinctum

CYANOBACTERIES

Anabaena sp.
Merismopedia minima

ALGUES PHYTOPLANCTONIQUES															
date : 16/06/00	station 1	station 2	station 3	station 4	station 4	station 4	station 5	station 5	station 5	station 6	station 6	station 6	station 7	station 7	station 7
				surface	milieu	fond	surface	milieu	fond	surface	milieu	fond	surface	milieu	fond
DIATOMÉES															
<i>Achnanthes minutissima</i>							400	160	480						
<i>Achnanthes lanceolata</i>						80	720	160	320						
<i>Asterionella formosa</i>	1640	1280	1600	2400	2400	7240	3200	3360	1600	2640	2320	2480	1600	1760	1760
<i>Cocconeis placentula</i>		40					40		160						
<i>Cyclotella bodanica</i>	640	600	680	1880	1120	8000	2440	1800	1920	760	440	600	840	880	3360
<i>Cyclotella comta</i>	3340	4000	3280	6800	800	3200	4080	3760	3360	3480	3160	3320	6400	4800	2400
<i>Cymatopleura elliptica</i>		40					40	80							
<i>Cymbella ehrenbergii</i>	80	80													
<i>Cymbella helvetica</i>	160	80	800				120	640	160	40	160	320			
<i>Cymbella minuta</i>							440	1280	320					240	160
<i>Diatoma vulgare</i>			40		160										
<i>Diploneis ovalis</i>															640
<i>Fragilaria construens</i>		640			640		800	160	880	840	520	800			
<i>Fragilaria ulna</i>		1040	880	840	160	3120	880	560	2560			120	440	40	800
<i>Fragilaria nanana</i>			720												
<i>Gomphonema clavatum</i>															880
<i>Gyrosigma acuminatum</i>						80			160						
<i>Navicula capitatoradiata</i>						40			320						
<i>Navicula cryptocephala</i>			320											800	880
<i>Navicula menisculus</i>					320	160						40			
<i>Navicula rhyncocephala</i>	240	280													
<i>Nitzschia acicularis</i>							160	320	640						
<i>Nitzschia intermedia</i>	320	80					120	160	960						
<i>Nitzschia dissipata</i>	80	160		40			680	360	800	160	160	160			
<i>Nitzschia recta</i>			800	80			840	520	1280	240	320	240			
CHRYSOPHYCEES															
<i>Dinobryon divergens</i>	1040	1240	480	1080	480	40	3280	2960	3840	1480	1600	1600	1640	1440	1600
<i>Dinobryon sociale</i>	440	120													
<i>Mallomonas sp.</i>	720	880		120		80	640	320	640	120					
CYANOBACTERIES															
<i>Merismopedia minima</i>													640		
CHLOROPHYTES															
<i>Chlamydomonas sp.</i>	400	240					440	160	480	120	160				
<i>Golenkiana radiata</i>			640												
<i>Micractinium pusillum</i>	320		160							160	240				
<i>Monoraphidium minutum</i>					320	40									
<i>Pandorina morum</i>					1280										640
<i>Scenedesmus armatus</i>															
<i>Scenedesmus evormis</i>	160	320	960				400	320	1280	400	400	320	1680	160	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>					80						160	80		160	160
<i>Tetraclorella alternans</i>	320		320			320							400	440	
<i>Ulothrix sp.</i>					1920										
<i>Valvax sp.</i>							10720								
EUGLENOPHYTES															
PYRRHOPHYTES															
<i>Ceratium hirundinella</i>	1600	920	160	240		720	80	320	320	160	320	160		480	40
<i>Peridiniopsis sp.</i>	520	600	840	440	320					200	40	160	760	640	
<i>Peridinium cinctum</i>	280	880	800	720	320	800			880	880	800	640	880	960	
densité totale	12300	13520	13480	14640	10480	23920	30520	17400	23360	11680	10800	11040	15280	12800	13320

date : 27/07/00	ALGUES PHYTOPLANCTONIQUES														
	station 1	station 2	station 3	station 4	station 4	station 4	station 5	station 5	station 5	station 6	station 6	station 6	station 7	station 7	station 7
				surface	milieu	fond	surface	milieu	fond	surface	milieu	fond	surface	milieu	fond
DIATOMÉES															
<i>Achnanthes minutissima</i>															
<i>Achnanthes lanceolata</i>	200	160	200	120	160										
<i>Amphora sp.</i>															
<i>Asterionella formosa</i>	1600	400	400	1600	1640	640	1600	1600	400	400	480	640	400	280	400
<i>Cocconeis placentula</i>							240	200							
<i>Cyclotella bodanica</i>	880			1600	800	880				1560	1400	360	1660	1520	880
<i>Cyclotella comta</i>	2400	1800	1640	840	1800	560					1280	880	2400	1000	1080
Complexe * <i>Cyclotella</i> *	1240	1400	1040	2400	1480	1280	5800	2600	560	1200	360	1280	680	2200	1280
<i>Cymatopleura elliptica</i>															
<i>Cymbella affinis</i>	240	40													
<i>Cymbella ehrenbergii</i>															
<i>Cymbella helvetica</i>															
<i>Cymbella minuta</i>	200	160	160	440	240	240									
<i>Diatoma vulgare</i>															
<i>Diploneis ovalis</i>															
<i>Fragilaria construens</i>	1600	880	240												
<i>Fragilaria crotonensis</i>															
<i>Fragilaria sp1</i>															
<i>Fragilaria ulna</i>	400	240	280	720	800	1680	200	1240	880	760	680	960	880	1240	640
<i>Fragilaria nanana</i>	600	600		640	760	640		200	160	320	400	520	1180	840	600
<i>Gomphonema clavatum</i>															
<i>Gyrosigma acuminatum</i>															
<i>Gyrosigma parkerii</i>	200														
<i>Meridion circulare</i>				80		160									
<i>Navicula capitatoradiata</i>	200	160	80												
<i>Navicula cryptocephala</i>	200	40	40	440											
<i>Navicula menisculus</i>	400	160		160		80		140							
<i>Navicula rhynchocephala</i>				40											
<i>Nitzschia acicularis</i>						160									
<i>Nitzschia intermedia</i>															
<i>Nitzschia dissipata</i>				800	400	400									
<i>Nitzschia recta</i>						320									
<i>Pinnularia sp.</i>	200														
CHRY SOPHYCEES															
<i>Dinobryon bavaricum</i>								640							
<i>Dinobryon divergens</i>	8800	1640	880	7800	6400	2800	4480	16800	2200		14800	6400	6200	10800	7200
<i>Dinobryon sociale</i>							240								
<i>Mallomonas sp.</i>								600			200	240	160	520	360
CYANOBACTERIES															
<i>Anabaena sp.</i>											140	140	200	440	480
<i>Merismopedia minima</i>															
CHLOROPHYTES															
<i>Chlamydomonas sp.</i>															
<i>Chlorella sp.</i>							400								
<i>Closterium sp.</i>											160	160	160	240	
<i>Crucigenia tetrapeda</i>	1600	200	160	240	280	80		200							
<i>Crucigenia rectangularis</i>	800	160	160	160	160	160									
<i>Dictiosphaerium sp.</i>															
<i>Golenkiana radiata</i>															
<i>Kirchneriella obesa</i>															
<i>Microactinium pusillum</i>															
<i>Monoraphidium minutum</i>								600	600		800				
<i>Monoraphidium contortum</i>										120	440				
<i>Mougeotia sp.</i>				1400				800		9200	8800	7800	9400	10800	8480
<i>Oocystis lacustris</i>	400							600							
<i>Pandorina morum</i>	16400			12000	4800	4000									
<i>Pediastrum boryanum</i>	3200	1600		2400	1600	640									
<i>Pediastrum duplex</i>															
<i>Pediastrum simplex</i>										3200	1600		1640	1880	
<i>Scenedesmus arcuatus</i>															
<i>Scenedesmus armatus</i>	2400	1880	2400	1640	3200	1200		400							
<i>Scenedesmus ecornis</i>	2800	2400	2800	1600	880	940	440	1600	760	880		400	360		440
<i>Scenedesmus pannonicus</i>	3200														
<i>Scenedesmus quadricauda</i>															
<i>Tetracladella alternans</i>															
<i>Tetraedron minimum</i>	280	480	560	400				400	200		160				
<i>Tetraedron triangulare</i>	200	200	560						400						
<i>Ulothrix sp.</i>															
<i>Volvox sp.</i>								1200		1240					
EUGLENOPHYTES															
<i>Peridinium cinctum</i>	200	800	1600					200							
PYRRHOPHYTES															
<i>Ceratium hirundinella</i>											440	680	520	600	840
<i>Peridiniopsis sp.</i>	1600	1400	1680	40	440	460	400	400	240	320			320	160	160
<i>Peridinium cinctum</i>	400	1480	1240	1240	880	80	280	600	160		880	660	400	800	320
densité totale	52840	18280	16120	38800	26720	17400	15080	31340	5360	20480	31620	21120	26560	33320	23160

ALGUES PHYTOPLANCTONIQUES																
date :21/09/00	station 1	station 2	station 3	station 4	station 4	station 4	station 5	station 5	station 5	station 6	station 6	station 6	station 7	station 7	station 7	
				surface	milieu	fond	surface	milieu	fond	surface	milieu	fond	surface	milieu	fond	
DIATOMÉES																
<i>Achnanthes minutissima</i>	400		440													
<i>Achnanthes lanceolata</i>	400															
<i>Amphora sp.</i>					240											
<i>Asterionella formosa</i>	480				3240	620	320	320		440	480	620	400	280	360	
<i>Cocconeis placentula</i>	440															
<i>Cyclotella bodanica</i>		1440	1280	1600	800	880	400	360	420	1600	1440	360	1660	1520	960	
<i>Cyclotella radiosa</i>	880	1640	840	840		560	2000	1600	1760	1880	1200	880	2400	1000	1080	
Complexe * <i>Cyclotella</i> *	8800	8400	7600	10400		1280				480	360	1280	680	2200	1480	
<i>Cymatopleura elliptica</i>																
<i>Cymbella ehrenbergii</i>																
<i>Cymbella helvetica</i>																
<i>Cymbella minuta</i>				800	880	480										
<i>Diatoma vulgare</i>	2400				800		40	80						160	80	
<i>Diploneis ovalis</i>																
<i>Fragilaria construens</i>																
<i>Fragilaria crotonensis</i>	6400		3200													
<i>Fragilaria sp1</i>	3200															
<i>Fragilaria ulna</i>	4800		880	7200	800	1680	3200	2800		1280	680	1180	880	2400	840	
<i>Fragilaria nanana</i>	4800	1600	3600	6000	7600	6680	1600	1460	800	1600	480	520	1180	840	820	
<i>Gomphonema clavatum</i>																
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	800															
<i>Meridion circulare</i>				80		160										
<i>Navicula capitatoradiata</i>	1600															
<i>Navicula cryptocephala</i>	480			440												
<i>Navicula menisculus</i>	880	800	160	160		80										
<i>Navicula rhyncocephala</i>	800			40												
<i>Nitzschia acicularis</i>						160		360		40	80		160			
<i>Nitzschia intermedia</i>																
<i>Nitzschia dissipata</i>				840												
<i>Nitzschia recta</i>		160				320		80								
CHRY SOPHY CEES																
<i>Dinobryon divergens</i>	4000	760	3600	17600	19600	18480	28800	32400	18400	12800	16400	8800	10400	8400	6840	
<i>Dinobryon sociale</i>																
<i>Mallomonas sp.</i>		80	160				320	160				160	160	720	360	
CYANOBACTERIES																
<i>Anabaena sp.</i>							2120	2040					280	440	520	
<i>Merismopedia minima</i>					12800											
CHLOROPHYTES																
<i>Chlamydomonas sp.</i>																
<i>Chlosterium sp.</i>		1680	480				360	400	40		80	160				
<i>Crucigenia sp.</i>							12800	11200								
<i>Dictiosphaerium sp.</i>	78400						800									
<i>Golenkiana radiata</i>																
<i>Kirchneriella obesa</i>	3200															
<i>Atractinon pusillum</i>																
<i>Monoraphidium minutum</i>																
<i>Mougeotia sp.</i>	18400	1760	840	15200	3200		12000	12400	8800	12400	10800	8400	12400	11800	8800	
<i>Oocystis lacustris</i>	36600						40									
<i>Pandorina morum</i>	28800						720									
<i>Pediastrum duplex</i>	25600															
<i>Pediastrum simplex</i>	1600			8160	11200		3200				3200		1160	3200		
<i>Scenedesmus armatus</i>	12000	420	1600													
<i>Scenedesmus ecorus</i>	14400	880	1680	1600			160	240	80			360			400	
<i>Scenedesmus pannonicus</i>	1600															
<i>Scenedesmus quadricauda</i>																
<i>Tetraclotella alternans</i>	2400															
<i>Tetraedron minimum</i>	800						800									
<i>Ulothrix sp.</i>																
<i>Volvox sp.</i>																
EUGLENOPHYTES																
PYRRHOPHYTES																
<i>Ceratium hirundinella</i>	880	440	800	40	440			160	80	360	440	680	520	600	840	
<i>Peridiniopsis sp.</i>	1600	880	1600	40										160	40	
<i>Peridinium cinctum</i>	1600	1680	1280		840		4000	3600	160	440	800	1600	440	820	320	
densité totale	269440	22620	30040	71040	62440	31380	73680	69660	30540	33320	36440	25000	32720	34540	23740	

ANALYSE DE LA CHLOROPHYLLE PHYTO-PLANCTONIQUE

Retenue de Saint-Cassien

Date : 27/7/00

Lieu Prélèv.	D.O. 665		D.O. 663		D.O. 645		D.O. 630		vol.		SCOR UNESCO			JEFFREY & HUMFREY			LORENZEN	
	en nm	0,007	en nm	0,008	en nm	0,006	en nm	0,007	0,5	0,5	Chl. a	Chl. b	Chl. c	Chl. a	Chl. b	Chl. c	Chl. a act.	Phéop.
st 1	0,005	0,007	0,008	0,008	0,006	0,006	0,007	0,5	0,5	1,59	1,37	4,93	1,70	1,28	2,25	1,07	1,07	0,04
st 2	0,007	0,009	0,009	0,009	0,011	0,011	0,012	1	1	0,80	1,51	4,38	0,89	1,51	1,96	0,53	0,53	0,08
st 3	0,023	0,028	0,028	0,028	0,02	0,02	0,02	0,5	0,5	5,61	4,72	12,67	5,99	4,31	5,83	2,67	2,67	0,30
st 4 surf	0	0,001	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,53	0,53	-0,03
st 4 mil	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,5	0,5	0,14	0,61	1,47	0,17	0,63	0,64	0,00	0,00	0,04
st 4 fond	0,015	0,018	0,019	0,019	0,006	0,006	0,005	0,5	0,5	4,15	0,65	1,54	4,31	0,19	0,91	1,60	1,60	0,20
st 5 surf	0,004	0,008	0,006	0,006	-0,001	-0,001	0	1	1	0,72	-0,45	-0,18	0,73	-0,54	-0,02	1,07	1,07	-0,03
st 5 mil	0,027	0,029	0,027	0,027	0,01	0,01	0,01	0,5	0,5	5,83	1,33	4,90	6,08	0,74	2,48	1,07	1,07	0,45
st 5 fond	0,026	0,03	0,027	0,027	0,005	0,005	0	0,25	0,25	12,14	-0,06	-8,93	12,49	-1,66	-3,32	4,28	4,28	0,38
st 6 surf	0,004	0,002	0,001	0,001	0	0	0	1	1	0,12	-0,04	-0,06	0,12	-0,05	-0,02	-0,53	-0,53	0,13
st 6 mil	0,022	0,022	0,023	0,023	0,01	0,01	0,011	1	1	2,45	0,79	3,21	2,56	0,56	1,55	0,00	0,00	0,41
st 6 fond	0,002	0,014	0,023	0,023	0	0	0	0,25	0,25	10,71	-3,62	-5,09	10,90	-5,00	-1,54	12,83	12,83	-0,28
st 7 surf	0,003	0,002	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003	0,5	0,5	0,80	0,72	1,92	0,85	0,67	0,88	0,00	0,00	0,08
st 7 mil	0,011	0,018	0,017	0,017	0,006	0,006	0,005	0,5	0,5	3,69	0,81	1,76	3,84	0,41	0,97	3,74	3,74	0,02
st 7 fond	0,003	0,005	0,005	0,005	0,002	0,002	0,002	0,5	0,5	1,07	0,30	1,02	1,12	0,19	0,51	1,07	1,07	0,00

ANALYSE DE LA CHLOROPHYLLE PHYTO-PLANCTONIQUE

Retenue de Saint-Cassien

Lieu	D.O. 665 en nm	D.O. 665 A en nm	D.O. 663 en nm	D.O. 645 en nm	D.O. 630 en nm	vol.	SCOR UNESCO			JEFFREY & HUMFREY			LORENZEN	
							Chl. a ug/l	Chl. b ug/l	Chl. c ug/l	Chl. a ug/l	Chl. b ug/l	Chl. c ug/l	Chl. a act. ug/l	Phéop. ug/l
	0,085	0,053	0,087	0,033	0,025	1	9,39	2,58	3,86	9,78	1,55	2,17	8,55	0,14
station 1	0,066	0,041	0,067	0,025	0,022	1	7,24	1,80	4,52	7,54	1,03	2,38	6,68	0,10
station 2	0,049	0,032	0,05	0,019	0,017	1	5,39	1,39	3,64	5,62	0,83	1,89	4,54	0,14
station 3	0,053	0,031	0,055	0,026	0,026	1	5,81	2,33	7,21	6,10	1,79	3,48	5,88	-0,01
st 4 moy	0,058	0,036	0,059	0,022	0,02	1	6,37	1,56	4,32	6,64	0,89	2,25	5,88	0,09
st 4 fond	0,039	0,025	0,039	0,016	0,016	1	4,18	1,23	4,15	4,36	0,82	2,06	3,74	0,09
st 5 surf	0,037	0,023	0,037	0,017	0,017	1	3,92	1,48	4,65	4,11	1,11	2,26	3,74	0,06
st 5 moy	0,037	0,026	0,038	0,017	0,016	1	4,04	1,48	4,06	4,23	1,09	2,00	2,94	0,19
st 5 fond	0,021	0,016	0,021	0,012	0,012	1	2,17	1,25	3,57	2,29	1,06	1,68	1,34	0,17
st 6 surf	0,026	0,017	0,027	0,014	0,014	1	2,83	1,36	4,02	2,97	1,11	1,92	2,41	0,08
st 6 moy	0,037	0,024	0,037	0,017	0,017	1	3,92	1,48	4,65	4,11	1,11	2,26	3,47	0,10
st 6 fond	0,019	0,016	0,019	0,014	0,014	1	1,90	1,67	4,47	2,02	1,54	2,05	0,80	0,22
st 7 surf	0,033	0,031	0,033	0,016	0,014	1	3,48	1,54	3,40	3,65	1,20	1,67	0,53	0,53
st 7 moy	0,036	0,023	0,037	0,016	0,015	1	3,95	1,35	3,72	4,13	0,96	1,84	3,47	0,08
st 7 fond	0,111	0,087	0,109	0,043	0,034	1	11,72	3,48	6,04	12,23	2,22	3,25	6,42	0,99

ANNEXE III

BENTHOS

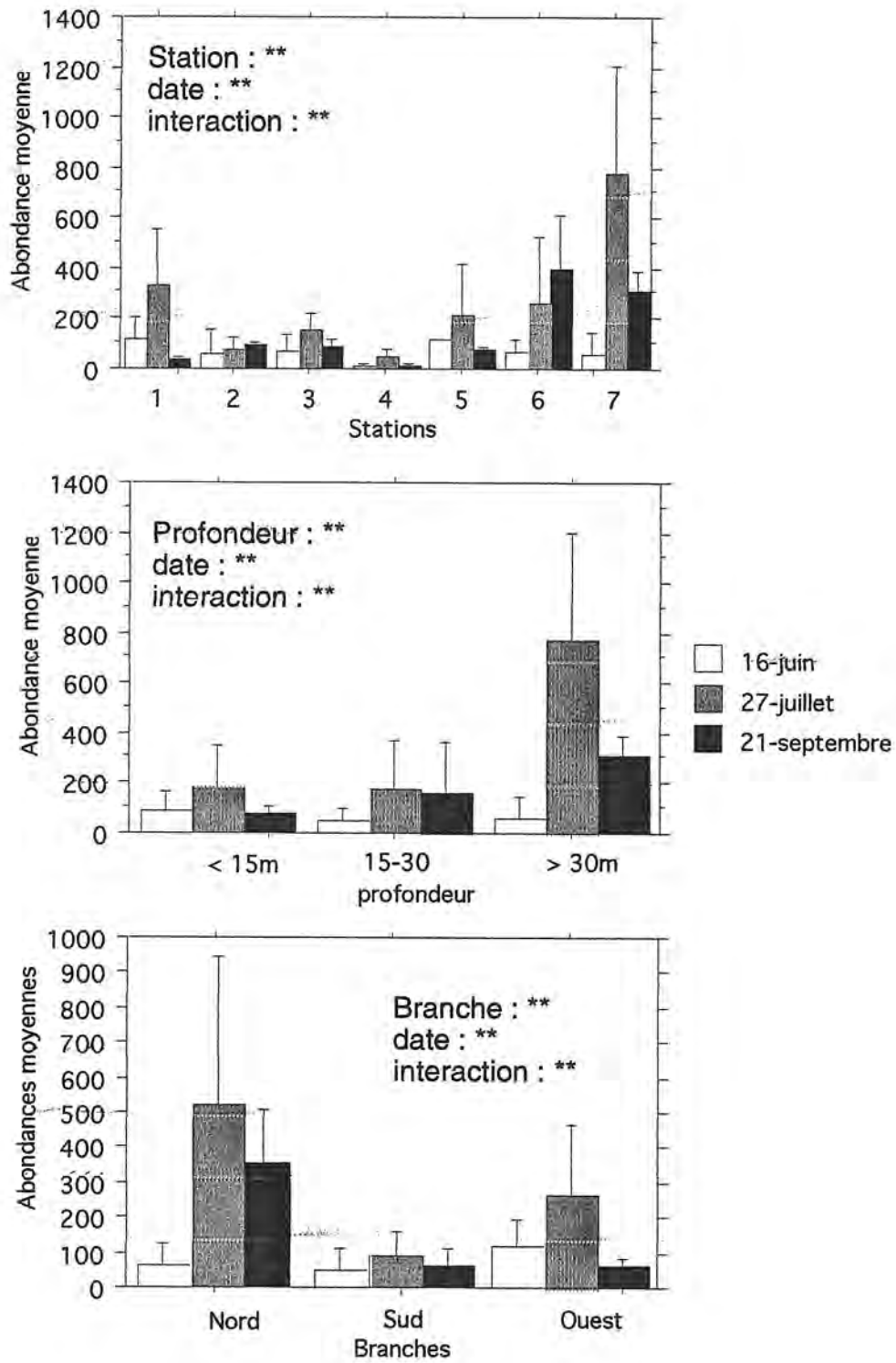


Figure 5 A : Abondance moyenne en fonction de l'effet date croisé avec l'effet station, profondeur et branche. Les barres d'erreurs représentent une déviation standard, **: $p < 0,001$, * : $p < 0,05$, NS : $p > 0,05$.

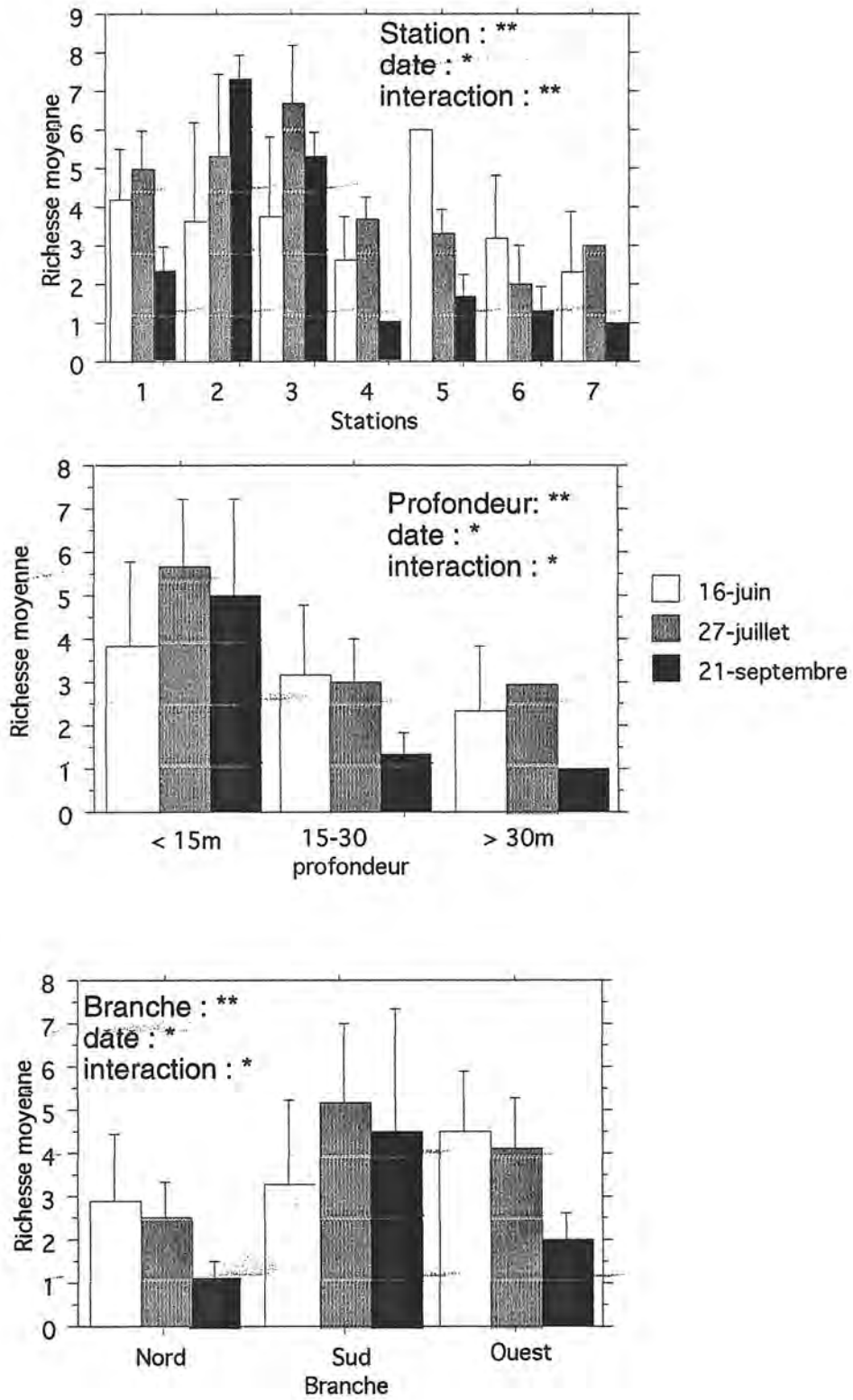


Figure 5B : Richesse moyenne en fonction de l'effet date croisé avec l'effet station, profondeur et branche. Les barres d'erreurs représentent une déviation standard, **: $p < 0,001$, * : $p < 0,05$, NS : $p > 0,05$.

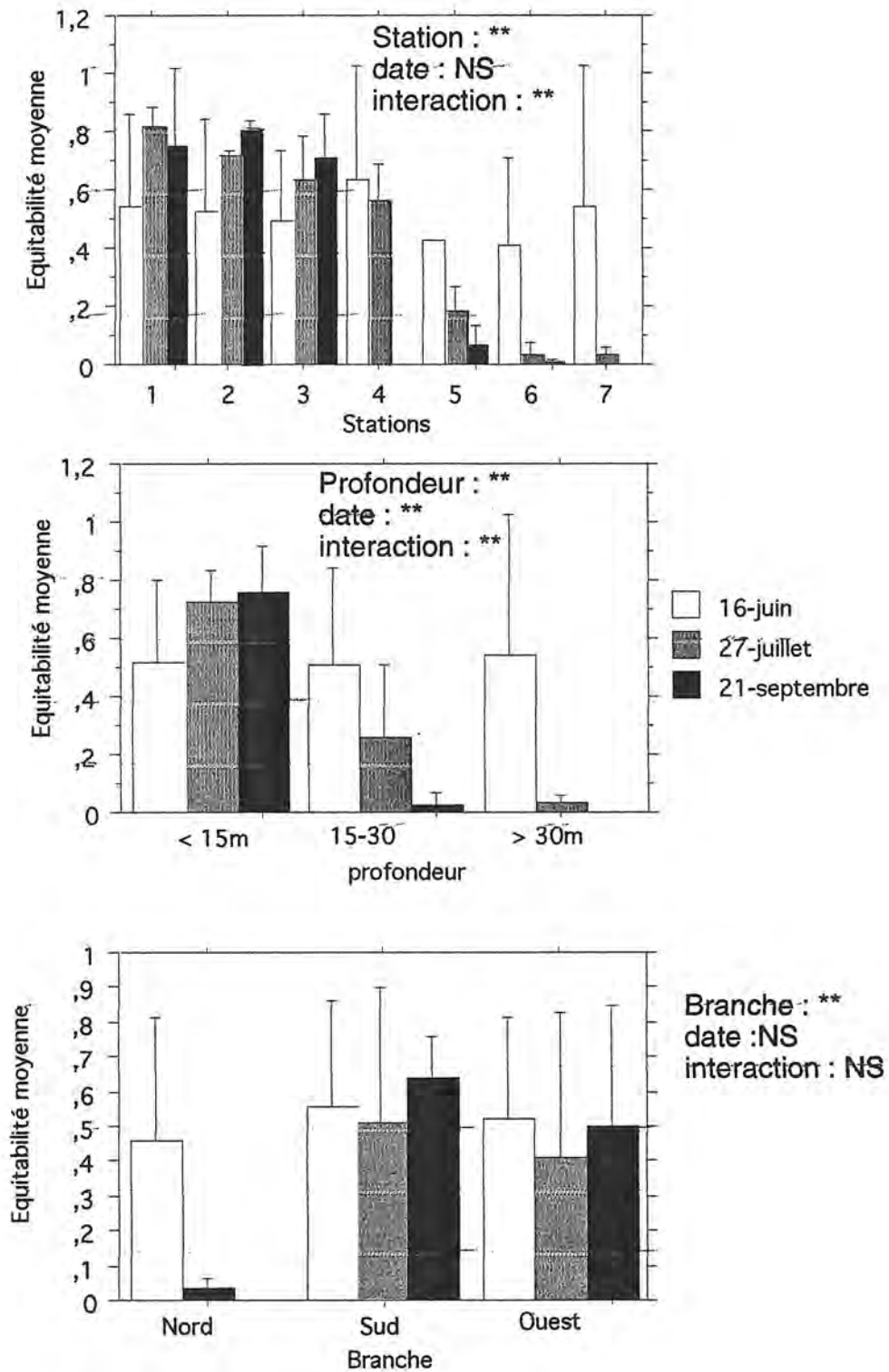


Figure 5 C : Equitabilité moyenne en fonction de l'effet date croisé avec l'effet station, profondeur et branche. Les barres d'erreurs représentent une déviation standard, **: $p < 0,001$, * : $p < 0,05$, NS : $p > 0,05$.

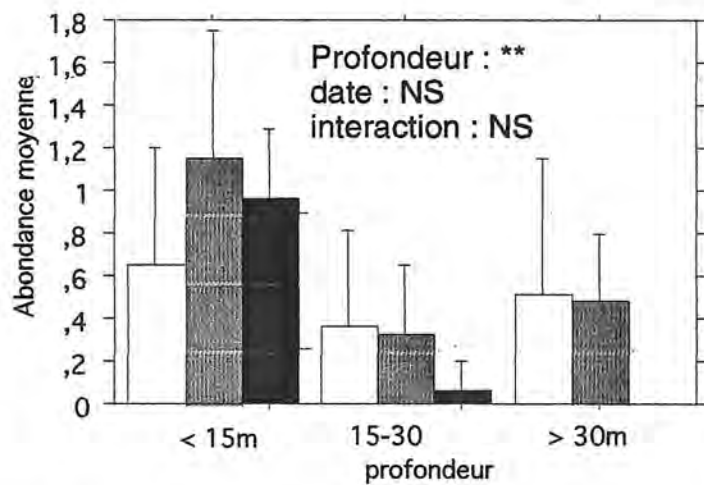
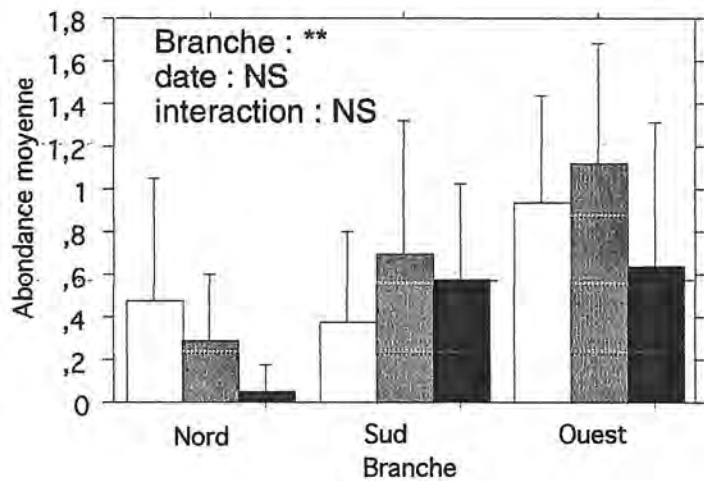
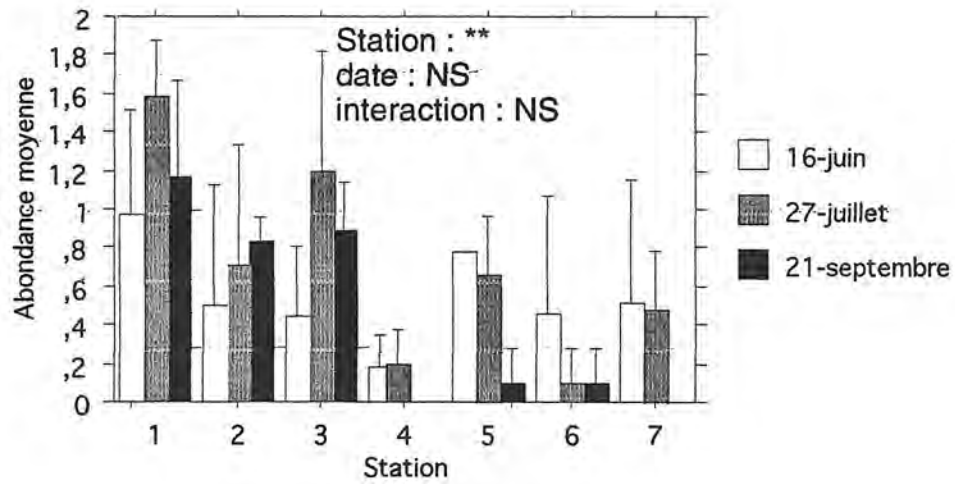


Figure 6 A : Abondance moyenne de Chironomini en fonction de l'effet date croisé avec l'effet station, profondeur et branche. Les barres d'erreurs représentent une déviation standard : $p < 0,001$, * : $p < 0,05$, NS : $p > 0,05$.**

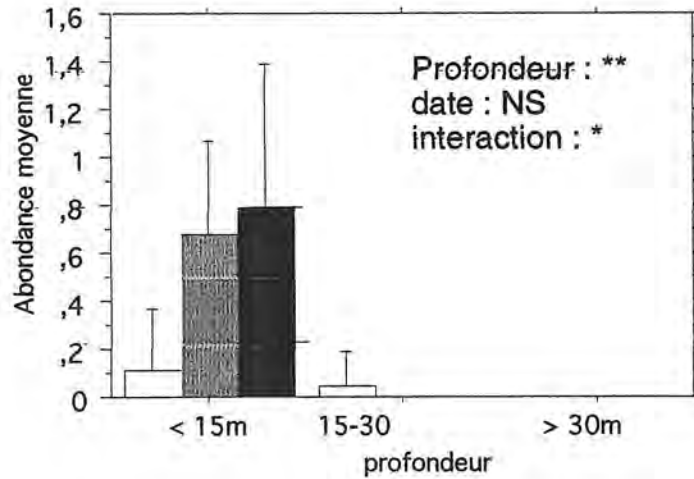
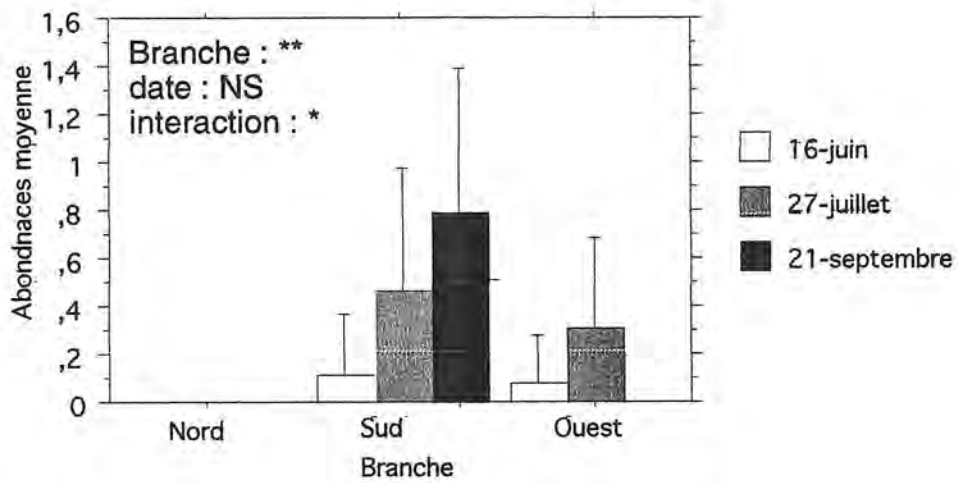
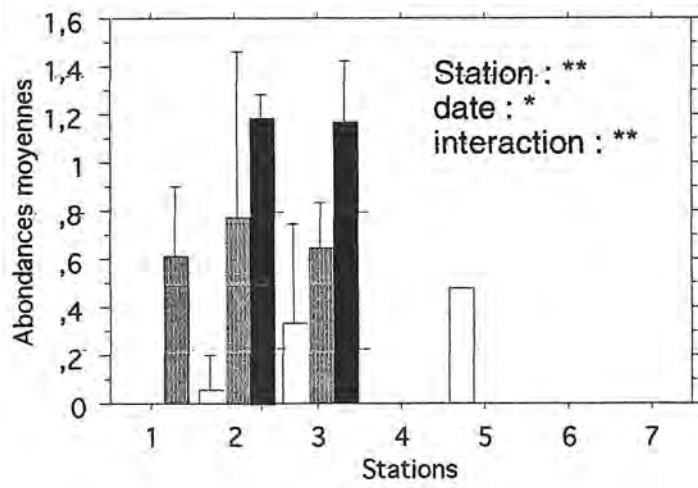


Figure 6 B : Abondance moyenne d'Ephemera en fonction de l'effet date croisé avec l'effet station, profondeur et branche. Les barres d'erreurs représentent une déviation standard : $p < 0,001$, * : $p < 0,05$, NS : $p > 0,05$.**

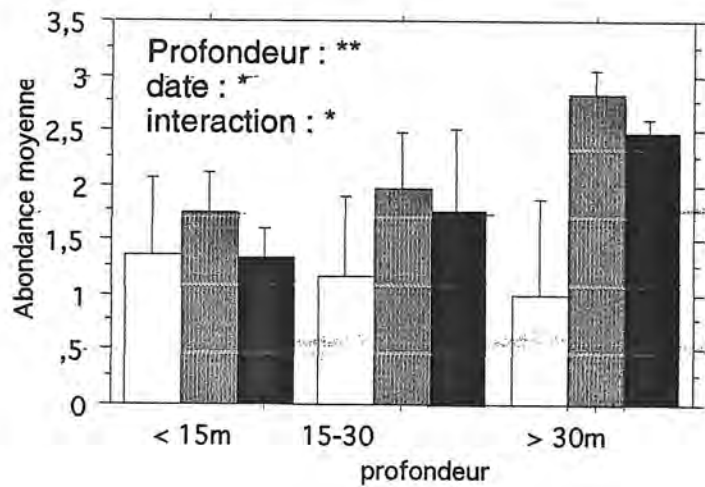
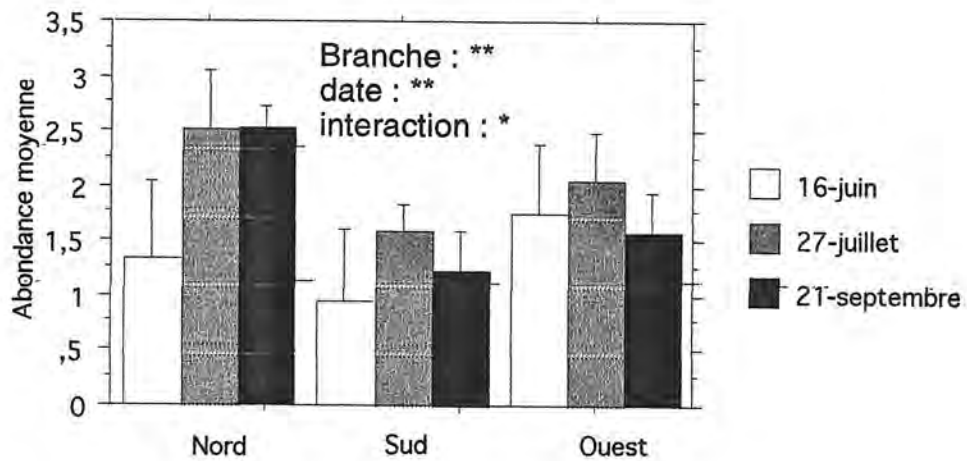
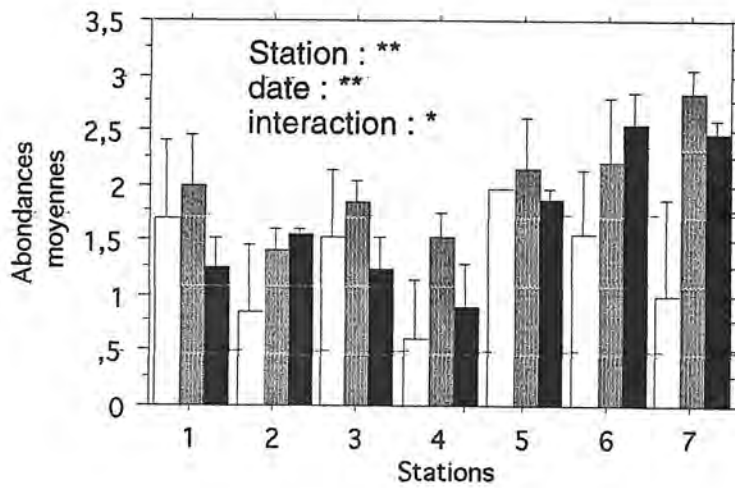


Figure 6 C : Abondance moyenne d'Oligochètes en fonction de l'effet date croisé avec l'effet station, profondeur et branche. Les barres d'erreurs représentent une déviation standard **: $p < 0,001$, * : $p < 0,05$, NS : $p > 0,05$.

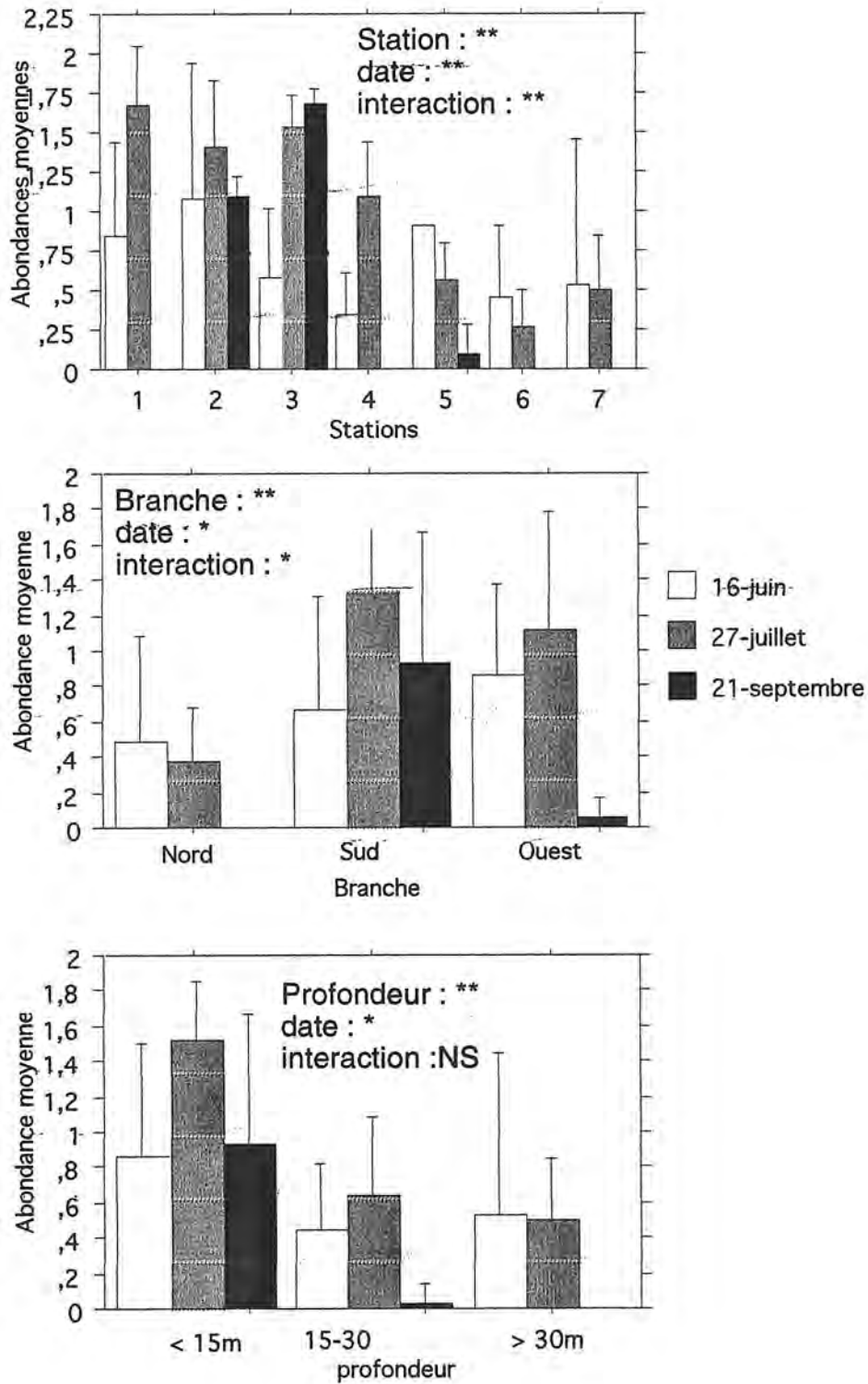


Figure 6 D: Abondance moyenne de Tanypodinae en fonction de l'effet date croisé avec l'effet station, profondeur et branche. Les barres d'erreurs représentent une déviation standard : $p < 0,001$, * : $p < 0,05$, NS : $p > 0,05$.**

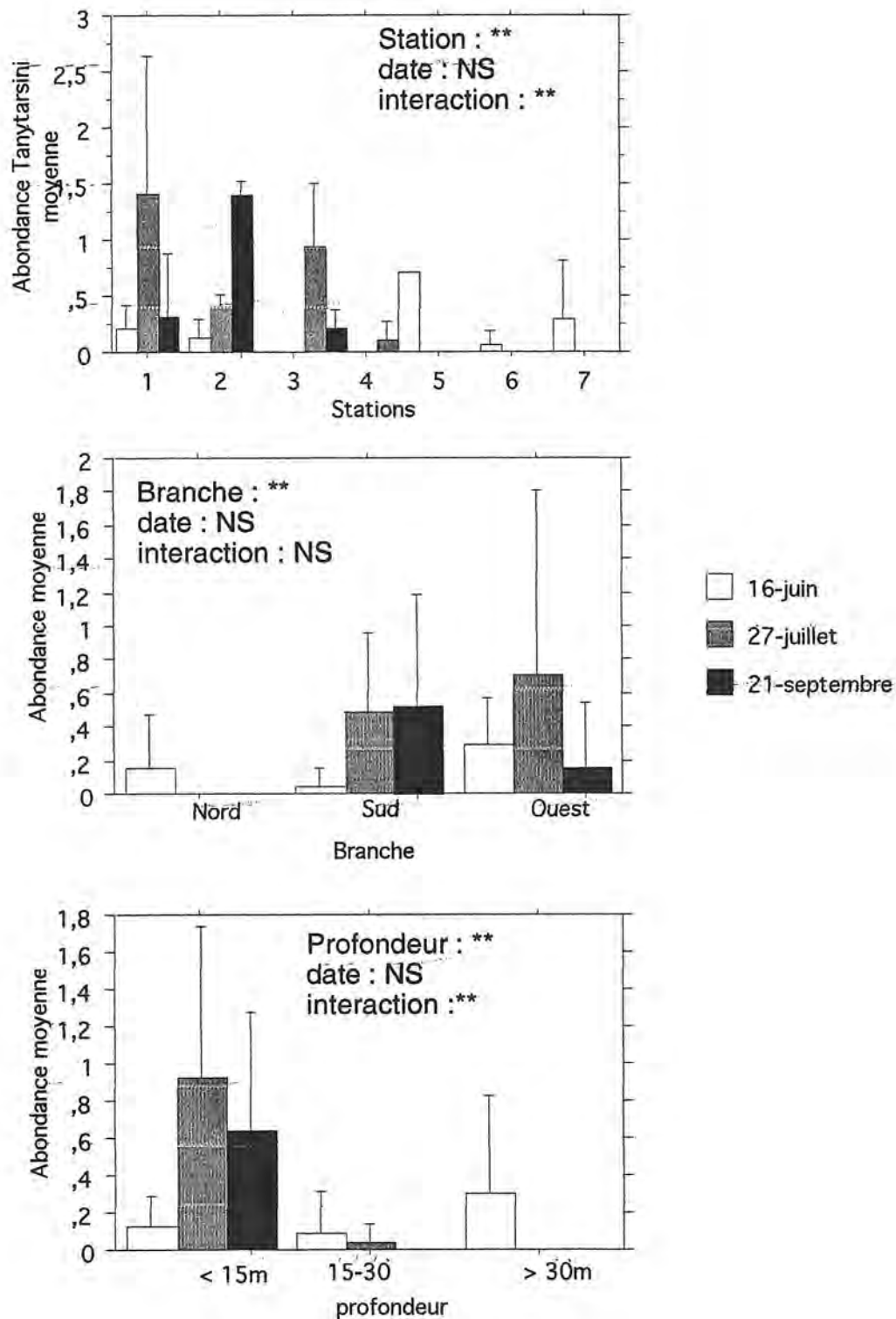


Figure 6 E: Abondance moyenne de Tanytarsini en fonction de l'effet date croisé avec l'effet station, profondeur et branche. Les barres d'erreurs représentent une déviation standard : $p < 0,001$, * : $p < 0,05$, NS : $p > 0,05$.**

ANNEXE IV
ZOOPLANCTON

Prélèvement Saint-Cassien - Campagne du 15-06-2000 (nb.ind.m ⁻³)															
Espèces	Station 4			Station 5			Station 6			Station 7					
	24	24	41	24	32	43	74	37	47	23	37	5	21	7	
CLADOCERES															
<i>Leptodora kindtii</i>	30	24	24	41	24	32	43	74	37	47	23	37	5	21	7
<i>Bosmina longirostris</i>	0	2	1	1	0	1	0	0	4	3	4	5	1	0	0
<i>Chydorus sphaericus</i>	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0	2	0	0
<i>Leydigia quadrangularis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	1
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	4	0	6	3	0	0	0	0	3	2	3	4	1	4	2
<i>Simocephalus vetulus</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	2	0	2	0
<i>Daphnia hyalina</i>	989	837	1174	800	1042	753	977	1573	3359	2166	1871	1746	929	1312	1416
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	110	52	105	93	37	36	69	91	149	236	64	79	42	294	114
Σ	1134	915	1310	938	1103	827	1089	1739	3552	2454	1967	1875	981	1635	1540
Copépodes															
<i>Macrocyclops albidus</i>	4	4	5	4	0	2	2	2	4	6	7	1	0	2	2
<i>Acanthocyclops robustus</i>	0	1	1	0	3	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0
<i>Cyclops vicinus</i>	0	0	0	1	4	3	4	6	1	1	2	1	2	1	0
Ergasilidae	0	0	8	0	0	0	0	7	2	0	0	0	0	0	0
<i>Paracyclops fimbriatus</i>	0	0	0	0	0	0	3	0	2	4	0	1	0	0	0
<i>Eudaptomus vulgaris</i>	0	0	0	0	0	1	2	2	2	1	0	2	0	1	3
Copépodites	0	5	6	4	14	10	0	8	7	5	0	2	1	1	3
Σ	4	10	20	9	21	17	12	26	18	18	10	8	4	6	8
BRANCHIOURES															
<i>Argulus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ROTIFERES															
<i>Asplanchna herricki</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	1	1	3
DIPTERES															
Chironome (larve)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
ANNELIDES															
Oligochète	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	2	0

Tabl. V. 1. Zooplankton Juin 00
Saint Cassien / Aix Marseille I

Prélèvement Saint-Cassien - Campagne du 26-07-2000 (nb. ind. m ⁻³)												
Espèces	Station 4			Station 5			Station 6			Station 7		
CLADOCERES												
<i>Leptodora kindtii</i>	49	44	24	15	33	16	13	0	8	1	6	0
<i>Bosmina longirostris</i>	112	51	74	34	23	47	28	26	27	50	174	54
<i>Chydorus sphaericus</i>	0	2	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Leydigia quadrangularis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	1	0	0	1	0	1	0	0	2	1	0	0
<i>Simocephalus vetulus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Daphnia hyalina</i>	84	60	65	71	139	84	11	2	11	5	18	5
<i>Sida cristallina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	4689	4277	4314	740	1109	820	402	135	425	231	463	248
Σ	4936	4434	4477	863	1305	969	454	163	473	290	665	308
COPEPODES												
<i>Macrocyclops albidus</i>	11	2	3	2	7	1	2	0	2	0	1	0
<i>Acanthocyclops robustus</i>	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclops vicinus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Ergasilidae	19	9	6	3	4	2	3	2	0	2	0	2
<i>Paracyclops fimbriatus</i>	5	0	2	0	1	0	0	0	0	0	2	0
<i>Eudiaptomus vulgaris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Copépodites	15	20	17	6	9	4	6	1	1	1	1	2
Σ	50	33	28	13	22	7	11	3	3	3	6	4
BRANCHIOURES												
<i>Argulus sp.</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ROTIFERES												
<i>Asplanchna herricki</i>	22	0	13	27	19	37	12	14	15	11	33	40
DIPTERES												
Chironome (larve)	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ANNELIDES												
Oligochète	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabl. V. 2. Zooplancton Juillet 00
Saint Cassien / Université Aix Marseille I

Prélèvement Saint-Cassien - Campagne du 21-09-2000 (nb. ind.m ⁻³)													
Espèces	Station 4			Station 5			Station 6			Station 7			
CLADOCERES													
<i>Leptodora kindtii</i>	29	25	20	73	27	18	7	9	8	52	29	10	
<i>Bosmina longirostris</i>	28	33	19	132	108	96	11	11	7	3	1	9	
<i>Chydorus sphaericus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Leydigia quadrangularis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	35	42	41	132	450	192	505	643	406	333	363	274	
<i>Simocephalus vetulus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Daphnia hyalina</i>	33	42	44	138	80	93	62	67	68	322	108	173	
<i>Sida cristallina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	270	400	334	1176	900	851	197	433	343	2045	766	1000	
Σ	395	542	458	1651	1565	1250	782	1163	832	2757	1267	1466	
COPEPODES													
<i>Macrocyclops albidus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Acanthocyclops robustus</i>	805	625	450	630	480	428	377	235	338	11	9	13	
<i>Cyclops vicinus</i>	19	13	8	8	6	4	1	2	0	4	0	10	
Ergasilidae	7	5	8	5	3	8	1	1	0	1	0	2	
<i>Paracyclops fimbriatus</i>	0	0	0	6	0	4	0	0	0	0	0	0	
<i>Endiaptomus vulgaris</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
Copépodites	177	246	170	376	312	316	170	110	157	12	1	13	
Σ	1009	889	636	1025	801	760	550	348	495	28	10	38	
BRANCHIOURES													
<i>Argulus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ROTIFERES													
<i>Asplanchna herricki</i>	3	2	1	6	13	12	2	3	5	23	6	16	
DIPTERES													
Chironome (larve)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ANNELIDES													
Oligochète	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	

Tabl. V. 3. Zooplankton Septembre 00
Saint Cassien / Université Aix Marseille I

Prélèvement Saint-Cassien - Campagne du 17-12-2000 (nb. ind.m-3)			
<i>Espèces</i>	1	2	3
CLADOCERES			
<i>Leptodora kindtii</i>	0	0	2
<i>Bosmina longirostris</i>	114	88	84
<i>Chydorus sphaericus</i>	0	0	0
<i>Leydigia quadrangularis</i>	0	0	0
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	61	32	28
<i>Simocephalus vetulus</i>	0	0	0
<i>Daphnia hyalina</i>	387	277	337
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	21	10	18
Σ	583	407	469
COPEPODES			
<i>Macrocylops albidus</i>	0	0	0
<i>Acanthocyclops robustus</i>	18	19	11
<i>Cyclops vicinus</i>	25	20	22
Ergasilidae	0	0	0
<i>Paracyclops fimbriatus</i>	0	0	0
<i>Eudiaptomus vulgaris</i>	0	0	0
Copépodites	177	163	143
Σ	220	202	176
BRANCHIOURES			
<i>Argulus sp.</i>	0	0	0
ROTIFERES			
<i>Asplanchna herricki</i>	128	56	91
DIPTERES			
Chironome (larve)	0	0	0
ANNELIDES			
Oligochète	0	0	0

Tabl. V. 4. Zooplankton Décembre 00
Saint Cassien / Université Aix Marseille I

ANNEXE V

POISSONS

Saint Cassien		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Dates	14/06/00	14/06/00	14/06/00	14/06/00	14/06/00	14/06/00	14/06/00	14/06/00	14/06/00	14/06/00	14/06/00	Σ
Lieux	Bois Callian	Bois Callian	Bois Callian	Bois Callian	Bois Callian	Bois Callian	Bois Callian	Bois Callian	Bois Callian	Bois Callian	Bois Callian	
N°												
Surface (m2)	1	2	3	4	5	8	9	12	14	18	18	794,3
Pose (h)	51	30	112,8	37,5	135	137,5	25	82,5	85	98	98	
Mailles	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	
Ablette	42	12	42	10	45	25	18	27	32	50	50	
Gardons		55	3	139								197
Brèmes	5	2		4	1	74	3	15	13	41	41	158
Tanche					3	8		11	10	4	4	36
Rotengle												0
Hybrides												0
Perche												0
Sandre	1	1		2	1	7		2	6			2
Poisson chat												20
Brochet	1					1			1		1	2
Eupomotis												2
Σ	7	58	3	145	5	92	3	28	30	46	417	
UEP	688,5	405	1522,8	506,25	1822,5	1856,25	337,5	1113,75	1147,5	1323	10723,05	
CPUE	1,02	14,32	0,20	28,64	0,27	4,96	0,89	2,51	2,61	3,48		

Tabl. VI. 1. Université Aix Marseille - Saint Cassien

Saint Cassien		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X		
Dates	14/06/00	14/06/00	14/06/00	15/06/00	14/06/00	14/06/00	14/06/00	15/06/00	14/06/00	14/06/00	14/06/00	15/06/00	14/06/00	14/06/00	15/06/00	14/06/00	15/06/00	14/06/00	15/06/00	15/06/00	Σ	
Lieux	Fontdurane	Fontdurane	Fontdurane	Fontdurane	Fontdurane	Fontdurane	Fontdurane	Fontdurane	Fontdurane	Fontdurane	Fontdurane	Fontdurane	Fontdurane	Fontdurane	Fontdurane	Fontdurane	Fontdurane	Fontdurane	Fontdurane	Fontdurane	Fontdurane	
N°	6	7	11	11	13	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	20	
Surface (m2)	247,5	37,5	72,9	72,9	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	831,8	
Pose (h)	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	
Maille (mm)	45	10	17	17	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	27	
Ablette	1				20																	21
Gardons	2	50	16	25	247																	434
Brèmes	127		21	19	17																	316
Tanche																						0
Rotengle					10																	10
Hybrides					11																	11
Perche			2		1										31							35
Sandre	2	6	2	3	3										4							60
Poisson chat		3	4	6											3							17
Brochet																						0
Eupomotis																						1
Σ	132	59	45	53	309										50							904
UEP	3341,25	506,25	984,15	984,15	378										337,5							11229,3
CPUE	0,40	1,17	0,46	0,54	8,17										1,48							0,28

Fig. VI. 2. Université Aix Marseille - Saint Cassien

Saint Cassien		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Dates	15/06/00	15/06/00	15/06/00	15/06/00	15/06/00	15/06/00	15/06/00	15/06/00	15/06/00	15/06/00	15/06/00	Σ
Lieu	Belluny	Belluny	Belluny	Belluny	Belluny	Belluny	Belluny	Belluny	Belluny	Belluny	Belluny	
N°	1	3	4	5	8	9	13	14	15	16		
Surface (m2)	51	112,8	37,5	135	137,5	25	28	85	56	50		717,8
Pose (h)	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5		
Maille	42	42	10	45	25	18	12	32	50	27		
Ablette			24				2					26
Gardons	4	19	1	1	47	4		48				124
Brèmes	17	15		4	12							48
Tanche												0
Rotengle												0
Hybrides							2					2
Perche	1	2			2							5
Sandre	2	4		4	1							11
Poisson chat	2											2
Brochet												0
Eupomotis												0
Σ	26	40	25	9	47	19	4	48	0	0	0	218
UEP	688,5	1522,8	506,25	1822,5	1856,25	337,5	378	1147,5	756	675		9690,3
CPUE	3,78	2,63	4,94	0,49	2,53	5,63	1,06	4,18	0,00	0,00		

Tabl. VI. 3. Universités Aix Marseille - Saint Cassien

Contenus stomacaux d'ablettes, Juin 00

Poissons n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Σ	Moy			
Longueurs à la fourche																																			
Poids (g)																																			
Crustacea																																			
<i>Leptodora kindtii</i>		1																1						5								6	3		
<i>Bosmina longirostris</i>					1																						2					6	1		
<i>Alona sp. aff.</i>				1																													0		
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>		39	1	32	2		127	12		5	1	1			19			1				6		8		4	16				274	18			
<i>Daphnia hyalina</i>																																			
Insecta																																			
Ephemeroptera (larve)		2	4	2	1	15	1		1	2	1					2			3	1		1									36	3			
Matériel allochtone																																			
Hymenoptera (non identifié)												1																						12	2
Hymenoptera (Formicidae)													7				1	2															0		
Coleoptera (Scarabaeidae)																											1						2	1	
Diptera (non identifié)																																	62	31	
Diptera (Culicidae)																		26					36									0			

Contenu d'estomac de l'abelette : JUILLET (1)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Σ	Moy		
Longueurs à la fourche	13,5	14	12,5	11,5	11,5	12,1	11,5	11,5	11	11	13	12	12	11,5	12	12	13	11,5	11,5	11	11,5	11,5	12	11	11,5	11,5	11,5	11,5	12,5	11				
Poids (g)	16,5	24,2	16,8	12	10	11,5	14,2	13,5	13,2	14,1	17,1	13,8	15,1	14,2	13,5	13,5	16,6	13,5	12,4	13,3	14,8	12,5	14,7	11,5	10,8	14,7	13	13	15,5	12,5				
Crustacea																																		
<i>Leptodora kindtii</i>																																	0	
<i>Bosmina longirostris</i>																																	0	
<i>Alona sp.(aff.)</i>																																	0	
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>																																	0	
<i>Daphnia hyalina</i>																																	0	
Insecta																																	1	
Ephemeroptera (larve)	4	2	1	1				2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Matériel allochtone																																		
Hymenoptera (non identifié)																																		1
Hymenoptera (Formicidae)								1												1	4				1								8	
Coleoptera (Scarabaeidae)																								1	1								2	
Diptera (non identifié)																																	0	
Diptera (Culicidae)								1																									1	

Contenus stomacaux d'abelettes : SEPTEMBRE

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Σ	Moy.		
Longueur fourche	13	14	12,5	12	12	13	13,5	13	12	14	13,5	12,5	13	13	12,5	13,5	12,5	14	13,5	13	13	12,5	12	12	11,5	12	12,5	12	14	14,5				
Poids (g)	18,6	20	16,6	15,5	14,3	17,1	20,2	18,8	13,4	20	21,1	17,4	15,7	19,5	18	17,6	16,4	20,1	21,1	18,8	19	17	13,6	13,8	12,8	15,1	15,3	17	18,4	20,8				
Crustacea																																		
<i>Leptodora kindtii</i>		400	3				30										250		1	60	160	1	2	1	2	5		1	500	2	1418	95		
<i>Bosmina longirostris</i>							2										5							1								7	15	
<i>Alona sp.(aff.)</i>												2					4						4									25	35	
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>																																	1	
<i>Daphnia hyalina</i>																					1												5	
Insecta																																		0
Ephemeroptera (larve)																																		12
Matériel allochtone																																		0
Hymenoptera (non identifié)																																		0
Hymenoptera (Formicidae)																																		100
Coleoptera (Scarabaeidae)																																		0
Diptera (non identifié)																																		0
Diptera (Culicidae)																																		0