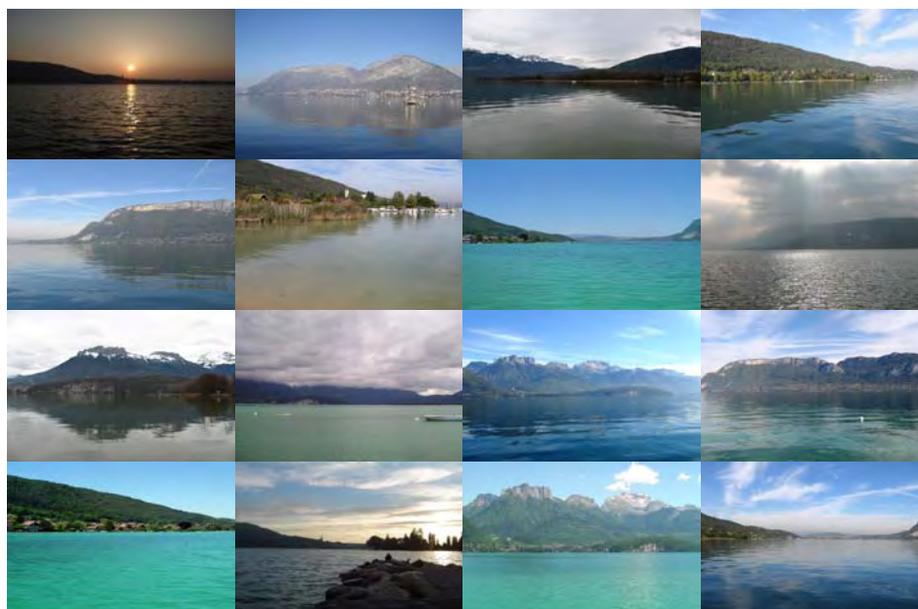


# SYNDICAT MIXTE DU LAC D'ANNECY

## SUIVI SCIENTIFIQUE DU LAC D'ANNECY



### RAPPORT 2006



**Syndicat Mixte du Lac d'Annecy**  
7 Rue des Terrasses B.P. 39  
74962 CRAN-GEVRIER CEDEX  
Tél : 04 50 66 77 77



**Station d'Hydrobiologie Lacustre**  
75 Avenue de Corzent B.P. 511  
74203 THONON-LES-BAINS CEDEX  
Tél : 04 50 26 78 00

# SYNDICAT MIXTE DU LAC D'ANNECY

## SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX DU LAC D'ANNECY

### RAPPORT 2006

Rédigé par :

Daniel GERDEAUX (poissons, coordination et édition)

Jean-Claude DRUART (phytoplancton)

Leslie LAINE (zooplancton)

Jérôme LAZZAROTTO (physico-chimie)

Marie-Elodie PERGA (zooplancton)



**Syndicat Mixte du Lac d'Annecy**  
7 Rue des Terrasses B.P. 39  
74962 CRAN-GEVRIER CEDEX  
Tél : 04 50 66 77 77  
[www.sila.fr](http://www.sila.fr)



**Station d'Hydrobiologie Lacustre**  
75 Avenue de Corzent B.P. 511  
74203 THONON-LES-BAINS CEDEX  
Tél : 04 50 26 78 00

*Rapport remis au SILA le 22 juin 2007 ; validé par le comité scientifique « Suivi de la qualité des eaux du lac » à la date du 15 septembre 2007.*

*Rapport téléchargeable en format PDF sur le site Internet du SILA, [www.sila.fr](http://www.sila.fr)*

GERDEAUX D., DRUART J.C., LAINE L., LAZZAROTTO J. et PERGA M.E., 2007. Suivi de la qualité des eaux du lac d'Annecy. Rapport 2006. SILA (éd.) et INRA-Thonon. 92 pages et annexes

# LES DIFFERENTES COLLECTIVITES ADHERENTES AU SILA POUR LA COMPETENCE « AMENAGEMENT ET PROTECTION DU LAC »



## Carte d'identité du lac



**Nom** : Lac d'Annecy  
Né il y a 18 000 ans  
des fontes glaciaires

**Mensuration** :

**Longueur** : 14,6 km

**Largeur** : de 0,8 à 3,2 km

**Surface** : 27 km<sup>2</sup>

**Altitude** : 446,97 m

**Profondeur moyenne** : 41 m

**Profondeur maximale** : 65m

(Le Boubioz : 78,70 m)

**Volume d'eau douce** :

1 124 500 000 m<sup>3</sup>

**Signe particulier** :

En bonne santé

# SOMMAIRE

Introduction.....	1
<b>Chapitre 1 : Etudes physico-chimiques</b>	
I.1 Transparence.....	3
I.2 Température.....	6
I.3 Oxygène dissous.....	9
I.4 Conductivité.....	16
I.5 Turbidité.....	18
I.6 Azote.....	20
I.7 Phosphore.....	21
I.8 Rapport « N/P ».....	22
I.9 Evolution interannuelle de l'azote et du phosphore.....	23
I.10 Silice.....	27
I.11 Stocks du lac en cations et en anions.....	28
I.12 Conclusion.....	29
<b>Chapitre 2 : Etudes biologiques</b>	
<b>II.1 Méthodes d'étude du plancton.....</b>	<b>30</b>
II.1.1 Phytoplancton.....	30
II.1.2 Zooplancton.....	32
<b>II.2 Le Phytoplancton.....</b>	<b>33</b>
II.2.1 Richesse spécifique du phytoplancton.....	33
II.2.2 Grand Lac.....	34
II.2.3 Petit Lac.....	42
II.2.4 Comparaisons des données obtenues sur chaque lac.....	51
II.2.5 Conclusion du chapitre phytoplancton.....	52
<b>II.3 Le Zooplancton.....</b>	<b>53</b>
II.3.1 Composition et évolution à long terme de la communauté zooplanctonique.....	53
II.3.2 Dynamique saisonnière en 2006.....	56
<b>II.4 Suivi de la pêche au lac d'Annecy en 2006.....</b>	<b>64</b>
II.4.1 Les tendances de la pêche au lac d'Annecy en 2006, statistiques obligatoires....	65
II.4.2 Les carnets volontaires.....	67
II.4.3 Analyse de la pêche des corégones en 2006.....	75
II.4.4 Analyse de la pêche des ombles en 2006.....	79
II.4.5 Analyse de la pêche des truites en 2006.....	86
II.4.6 La pêche des autres espèces.....	87
II.4.7 Conclusion.....	89
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>90</b>
Dossier I : Le comité scientifique	
Dossier II : Météorologie et climatologie	
Dossier III : Carte du bassin versant du lac d'Annecy	
Dossier IV : Courbes des débits des principaux affluents	
Dossier V : Articles de presse relatifs au lac d'Annecy en 2006	

# INTRODUCTION

De 1966 à 1981, et depuis 1990 le lac d'Annecy est l'objet d'une surveillance continue pilotée d'abord par le Syndicat Intercommunal des Communes Riveraines du lac d'Annecy (SICRLA) devenu le Syndicat Intercommunal du lac d'Annecy (SILA) et actuellement par le Syndicat Mixte du Lac d'Annecy.

Ce suivi à long terme permet de disposer d'une série de paramètres physico-chimiques et biologiques du plan d'eau. Des tendances et des anomalies par rapport à un fonctionnement « moyen » peuvent ainsi être mises en évidence et des éléments de compréhension des phénomènes observés peuvent être donnés.

Le lac d'Annecy est un écosystème complexe qui dépend non seulement du fonctionnement de ses composantes internes, mais aussi des apports de son bassin versant, du climat. Localement certains paramètres peuvent être contrôlés comme l'ont été les apports en eaux usées par la construction du grand collecteur. Globalement, le lac subit le réchauffement de la planète et des apports par l'air et l'eau qui ne sont pas maîtrisables par les collectivités locales.

Le suivi de l'année 2006 a été confié à la Station d'Hydrobiologie Lacustre de l'INRA à Thonon-les-Bains qui a bénéficié de l'appui du Syndicat Mixte du Lac d'Annecy pour toutes les interventions nécessaires à la bonne exécution des diverses campagnes. Les résultats sont présentés dans ce rapport qui a été validé par le Comité Scientifique. Ce dernier oriente si besoin les études futures.

Le programme du suivi 2006 a été réalisé selon les procédures utilisées antérieurement de façon à assurer une continuité des données annuelles (cf. rapports antérieurs)

17 campagnes ont été réalisées dans la zone de profondeur maximale du Grand Lac et du Petit Lac pour les analyses physico-chimiques et biologiques. La réalisation et le contrôle des mesures et des prélèvements ont été effectués par les techniciens de la Station d'Hydrobiologie Lacustre INRA - Thonon, avec la collaboration du SILA. L'assistance technique (mise à disposition du bateau) a été assurée par le SILA.

# CHAPITRE I

## ETUDES PHYSICO-CHIMIQUES

L'année 2006 a fait l'objet d'un suivi physico-chimique au cours de 17 campagnes de prélèvements effectuées dans le Grand Lac et le Petit Lac.

Les prélèvements sont effectués aux profondeurs : 3m, 10m, 15m, 30m, 45m et le fond (55 m pour le Petit Lac et 65 m pour le Grand Lac). La profondeur de prélèvement est validée par une sonde de pression couplée à la bouteille de prélèvement. A chaque campagne, les paramètres suivants sont dosés sur les échantillons prélevés : phosphore total, orthophosphate, azote nitrique, azote ammoniacal, azote total, silice réactive et le titre alcalimétrique complet. Durant deux campagnes dans l'année, les éléments majeurs (chlorure, sulfate, calcium, magnésium, sodium et potassium) sont analysés.

Lors de chaque campagne de prélèvement pour le Petit Lac et pour le Grand Lac, un profil de sonde physico-chimique est aussi effectué, indiquant l'évolution de la température, la saturation en oxygène dissous, la conductivité, la turbidité et la chlorophylle a tout au long de la colonne d'eau.

Le suivi des paramètres physico-chimiques du Lac d'Annecy date de 1993. Le présent chapitre présente les évolutions saisonnières des paramètres observés, ainsi que les tendances interannuelles. Ces évolutions dépendent de l'hydrologie et des apports de rivières, de l'activité biologique du lac et des facteurs météorologiques (vents, température...).

## I.1. TRANSPARENCE

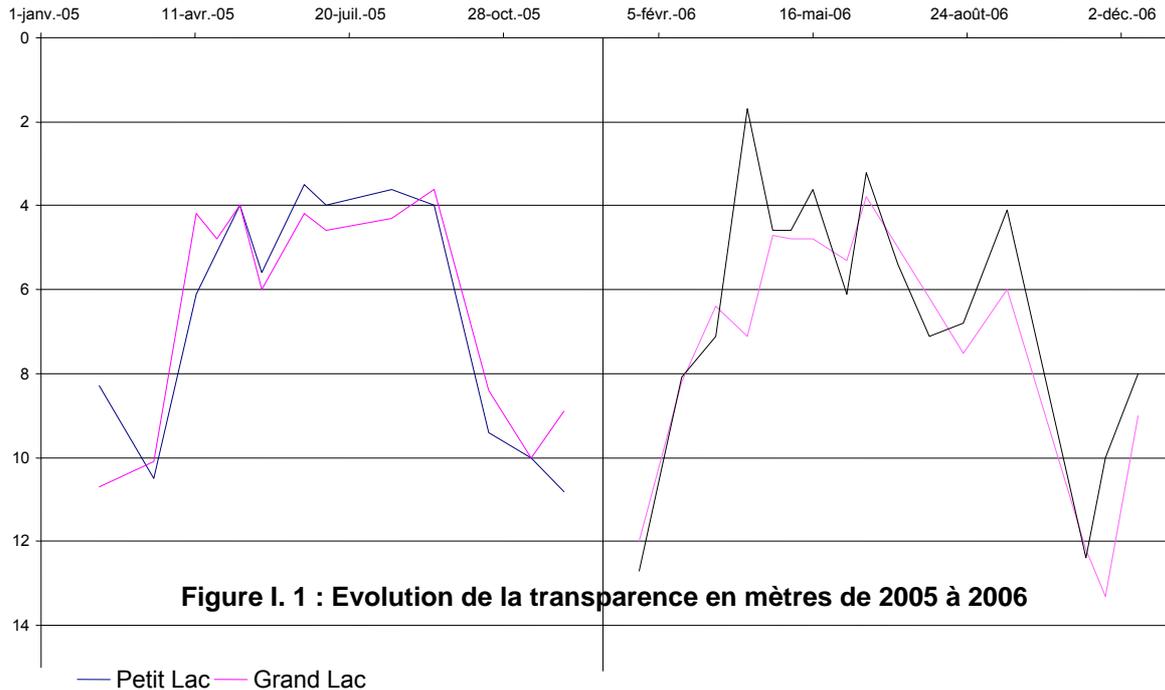
La transparence est la mesure de la profondeur moyenne de disparition dans l'eau du disque de Secchi (disque lesté de couleur blanche de 30 cm de diamètre). La présence de particules (algues et MES provenant des cours d'eau) influe sur cette mesure.

La transparence est mesurée à chaque campagne de prélèvement dans le Grand Lac et le Petit Lac et donne une information sur la densité d'algues et/ou de matières en suspension en présence. Les mesures de transparence des campagnes de 2006 sont représentées sur le Tableau 1 et sur la Figure 1.

**Tableau I. 1 : Résultats des mesures de transparence en mètre en 2006**

	Transparence - 2006	
	Grand Lac	Petit Lac
24-janv.-06	12	12.7
20-févr.-06	8.2	8.1
14-mars-06	6.4	7.1
04-avr.-06	7.1	1.7
20-avr.-06	4.7	4.6
02-mai-06	4.8	4.6
16-mai-06	4.8	3.6
07-juin-06	5.3	6.1
20-juin-06	3.8	3.2
10-juil.-06	5.0	5.4
31-juil.-06	6.2	7.1
22-août-06	7.5	6.8
19-sept.-06	6.0	4.1
25-oct.-06	10.0	-
09-nov.-06	12.2	12.4
22-nov.-06	13.3	10
13-déc.-06	9.0	8.0
<i>Nombre</i>	<i>17</i>	<i>16</i>
<i>Moyenne</i>	<i>7.3</i>	<i>6.6</i>
<i>Minimum</i>	<i>3.8</i>	<i>1.7</i>
<i>Maximum</i>	<i>13.3</i>	<i>12.7</i>

## Suivi du lac d'Annecy 2006



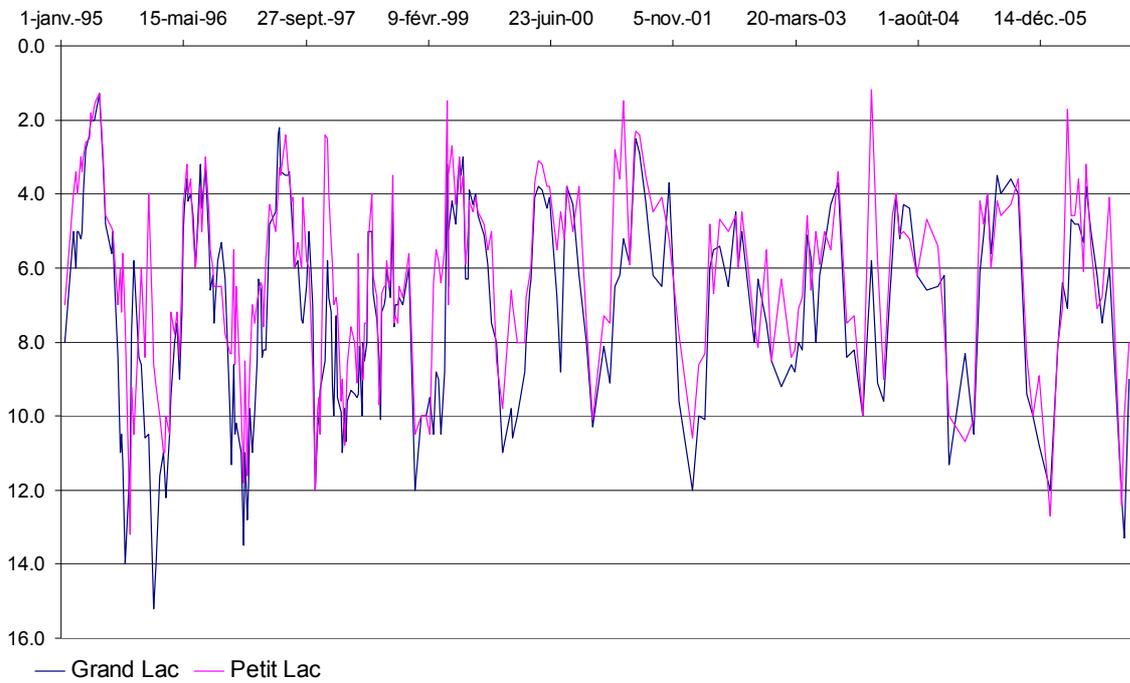
Les moyennes de transparences sont du même ordre qu'en 2005, mais les maximums sont significativement plus élevés qu'en 2005 de 2 m environ pour le Grand Lac et le Petit Lac.

La transparence indique une charge en particules importante du début de l'année jusqu'à la fin de l'automne avec une diminution en hiver. Cette dynamique est directement à corréliser avec l'activité photosynthétique continue toute l'année. La transparence minimum du Petit Lac de 1.7 m observée le 4 avril 2006 est exceptionnellement faible. L'étude des nutriments et de la biologie nous apprend que lors de la période du 4 avril, une forte activité photosynthétique a été observée. Il faut ajouter à ce phénomène le régime hydrologique important des cours d'eau en début avril avec la crue la plus importante de l'année. Ces deux phénomènes expliquent l'apport important de matières en suspension et de nanoplancton diminuant fortement la transparence du Petit Lac.

Comme les années précédentes, la transparence du Petit Lac est généralement plus faible que dans le Grand Lac, probablement due au fait des apports plus importants de matières en suspension (MES) dans le Petit Lac.

La Figure I.2 indique l'évolution depuis 1995 de la transparence dans le Petit Lac et dans le Grand Lac. Cette figure indique que les ordres de grandeur de la

transparence n'ont pas significativement évolué mais que la dynamique saisonnière tend à évoluer vers une transparence faible du printemps à l'automne sans variations importantes.



**Figure I. 2 : Evolution de la transparence de 1995 à 2006**

## I.2. TEMPERATURE

La température du lac est l'un des principaux paramètres explicatifs du comportement biologique de l'écosystème. La température de la colonne d'eau est mesurée à chaque profil de sonde lors de chaque campagne de prélèvement dans le Petit Lac et le Grand Lac. Les figures I.3 et I.4 représentent l'évolution des profils de température.

L'homogénéisation thermique est observée dès la campagne du 20 février avec une température de 4.4 °C tout le long de la colonne d'eau. L'hiver froid a en effet permis de refroidir considérablement l'ensemble du plan d'eau jusqu'à des températures inférieures à 5°C. Le refroidissement continue jusqu'au 14 mars avec 4.2 °C dans la colonne d'eau.

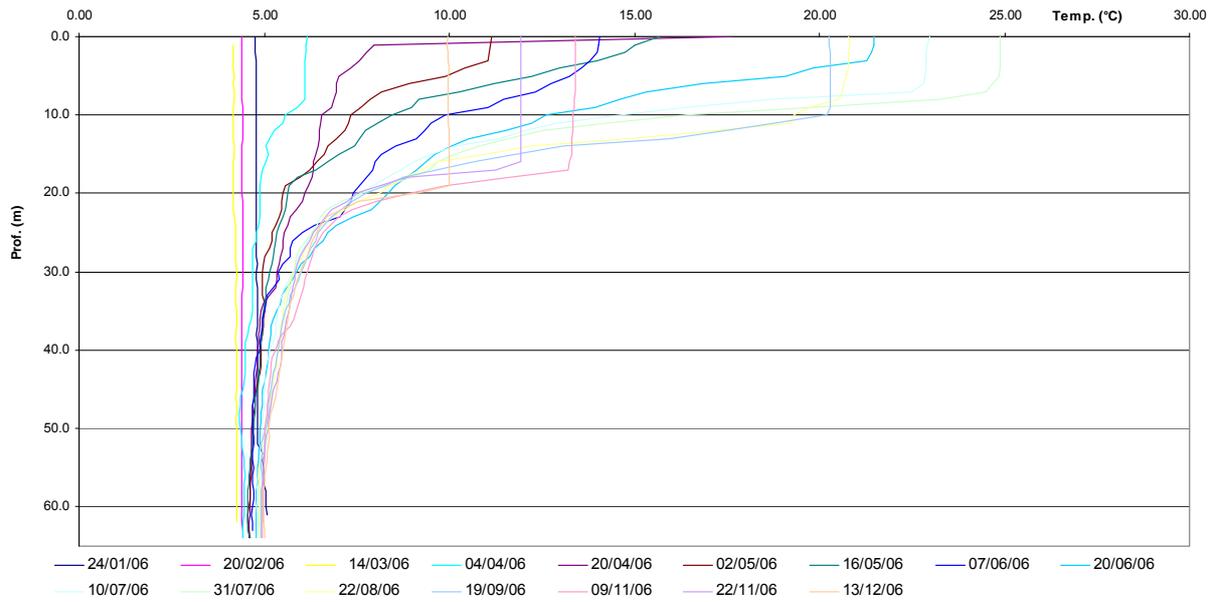
C'est aussi lors de la campagne du 14 mars que le brassage du lac est observé. Les vents de début mars ont facilité le brassage du lac permis par l'homogénéisation thermique. L'ensemble du plan d'eau est alors quasiment homogène en conductivité, oxygène dissous et nutriments comme on peut l'observer sur le profil de sonde du Grand Lac réalisé le 14 mars (Figure I.5). La figure I.6 indique que les températures observées lors de l'hiver 2006 et particulièrement lors du brassage sont significativement plus faibles que les années précédentes.

Le réchauffement des eaux superficielles est observé à partir de la campagne du 4 avril avec le début de stratification du plan d'eau. L'épilimnion<sup>1</sup> augmente au fur et à mesure de l'année en température et en volume, il atteint un maximum de température le 31 juillet avec les 7 premiers mètres du Grand Lac à 25°C. La stratification continue le reste de l'année. Elle atteint une profondeur maximum le 13 décembre avec un épilimnion de 19 m et une température de l'ordre de 10°C. La dynamique de température de la colonne d'eau est comparable aux années précédentes.

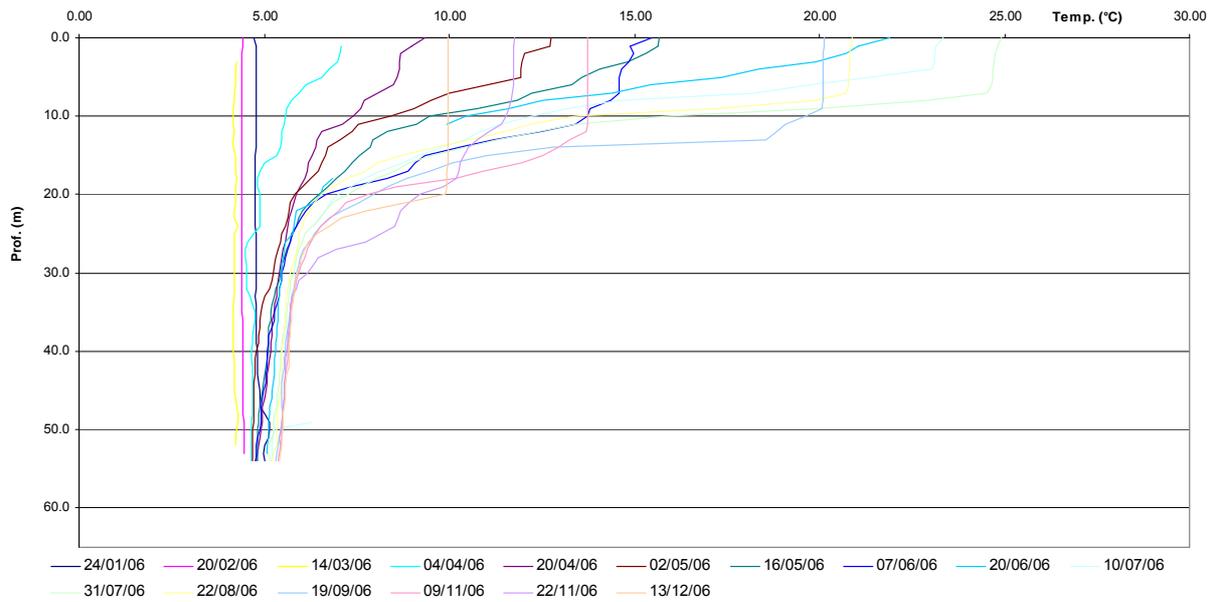
---

<sup>1</sup> Epilimnion : couche supérieure du lac à température homogène, très variable au cours de l'année

## Suivi du lac d'Annecy 2006

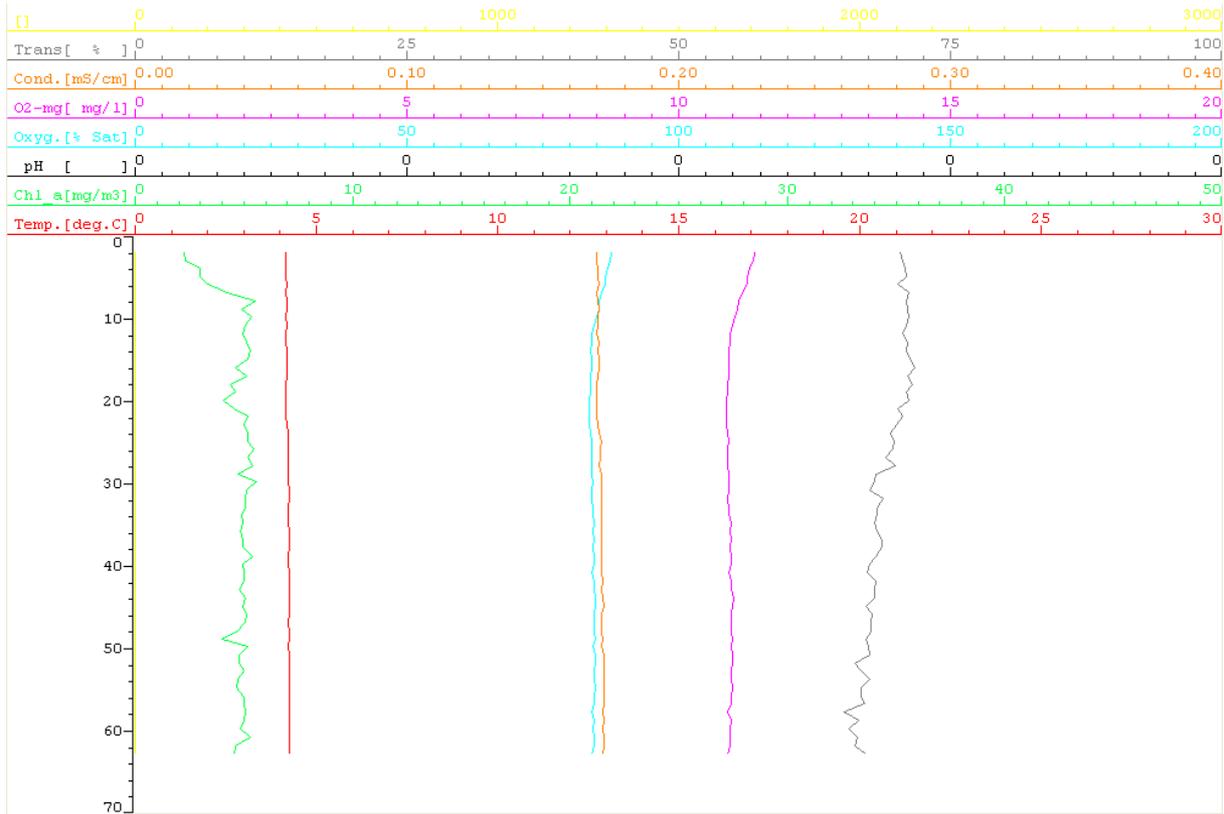


**Figure I. 3 : Profils de température (°C) dans le Grand Lac en 2006**

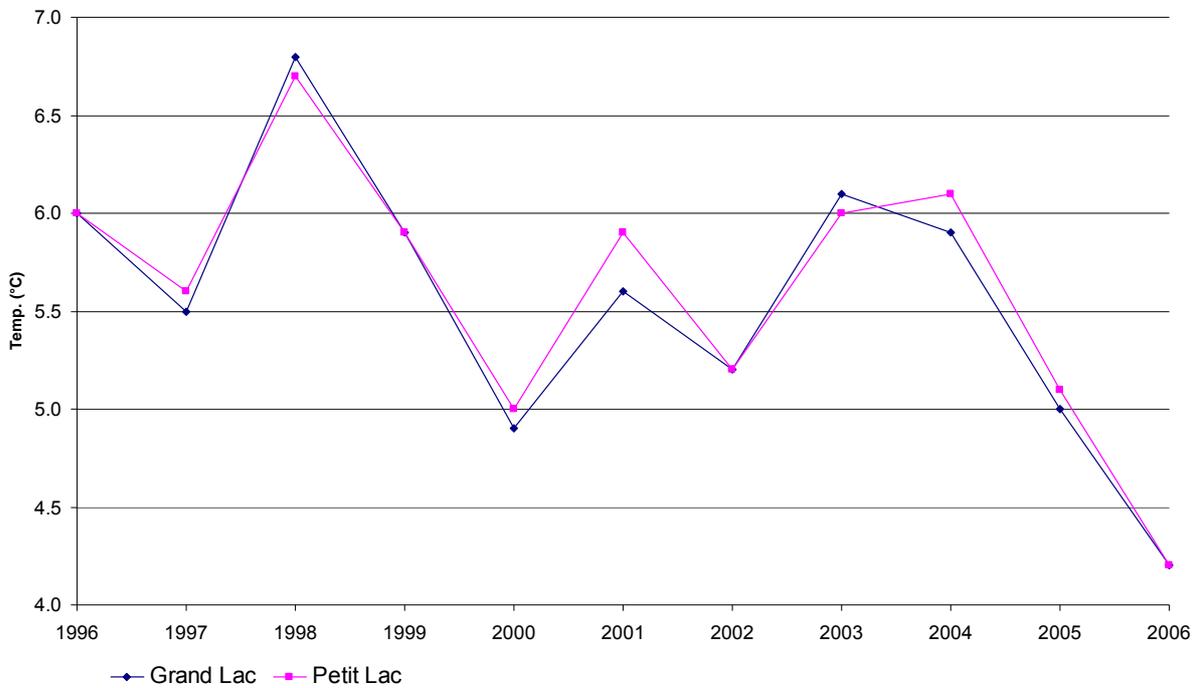


**Figure I. 4 : Profils de température (°C) dans le Petit Lac en 2006**

## Suivi du lac d'Annecy 2006



**Figure I. 5 : Profil de sonde le 14 mars 2006 après le brassage**



**Figure I. 6 : Evolution de la température (°C) au brassage du Grand Lac et du Petit Lac de 1996 à 2006**

### I.3. OXYGENE DISSOUS

L'oxygène dissous est aussi mesuré sur chaque échantillon de prélèvement ponctuel (3, 10, 15, 30, 45 m et fond du lac) dans le Grand Lac et le Petit Lac par la méthode de titration selon Winkler. La saturation en oxygène dissous est aussi évaluée lors des profils de sonde, mais ces données sont malheureusement inexploitable pour la majeure partie de cette année 2006 en raison de problèmes techniques. En revanche les dosages chimiques donnent une mesure fiable de la quantité d'oxygène dissous et sont utilisés pour la quantification.

Les figures I.7 et I.8 représentent les profils en oxygène dissous (% de saturation en O<sub>2</sub>) dans le Grand Lac et le Petit Lac et la figure I.12 représente l'évolution dans les couches superficielles (3 m, 10 m, 15 m et 30 m) de la concentration en oxygène dissous selon le dosage Winkler. On observe que lors de la première campagne de janvier, la saturation en oxygène dissous au fond du Grand Lac est de 3.9 mgO<sub>2</sub>/L et augmente rapidement quelques mètres au-dessus. Le brassage du mois de mars permet une augmentation de cette saturation jusque dans les derniers mètres de la colonne d'eau pour atteindre 11.1 mgO<sub>2</sub>/L au fond du Grand Lac (Figure I.9).

La dynamique du brassage est différente pour le Petit Lac car celui-ci est moins profond et ses couches profondes ne subissent pas de désoxygénation aussi poussée que les derniers mètres du fond du Grand Lac. Le Petit Lac est complètement réoxygéné après le brassage. La concentration en oxygène dissous au fond du Petit Lac passe de 5.2 mgO<sub>2</sub>/L en janvier à 11.3 mgO<sub>2</sub>/L en mars.

Dés la campagne suivante en début avril, nous observons le début de la désoxygénation des eaux du fond du Grand Lac et du Petit Lac par l'activité biologique de détérioration de la matière organique présente. Cette désoxygénation causée par la dégradation de la matière organique est continue toute l'année et la concentration en oxygène dissous évolue de 10.6 mgO<sub>2</sub>/L le 4 avril à 0.0 mgO<sub>2</sub>/L le 13 décembre au fond du Grand Lac et de 10.7 mgO<sub>2</sub>/L à 2.6 mgO<sub>2</sub>/L aux mêmes dates dans le Petit Lac. Cette évolution représentée sur la figure I.9 entraîne des conditions particulières de plus en plus réductrices, surtout au fond du Grand Lac. Dans ces conditions, les sels de fer et de manganèse sont réduits et libèrent le

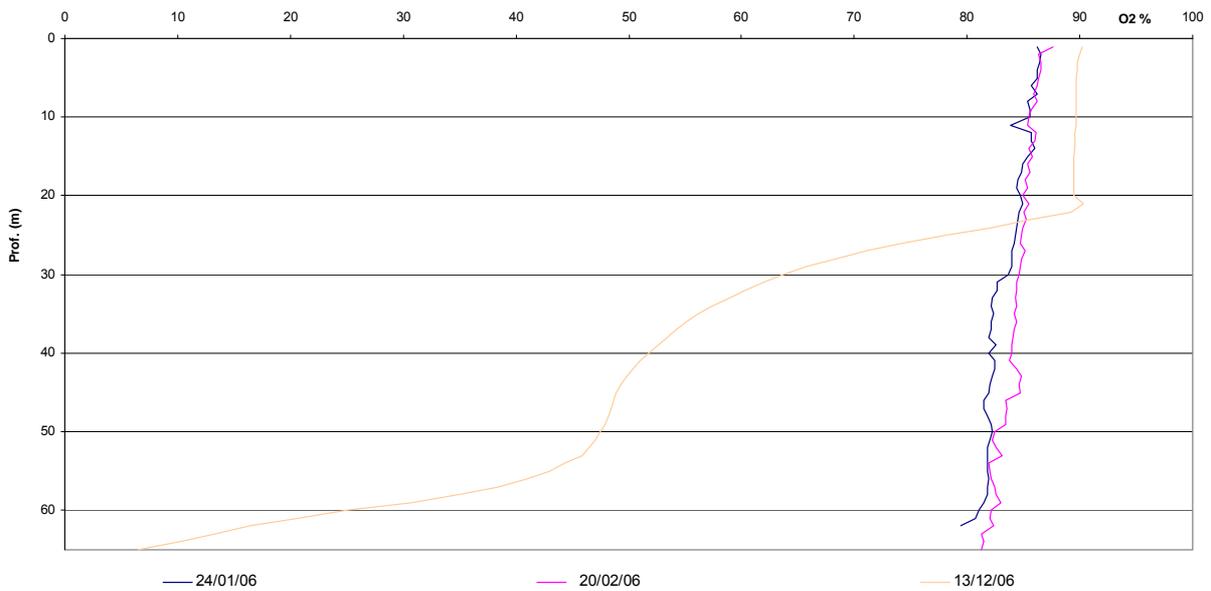
phosphore qu'ils retenaient par différents principes de complexation. De la même manière l'azote ammoniacal, forme réduite de l'azote, présente des concentrations de plus en plus importantes dans ces couches profondes. L'évolution interannuelle de l'effet de la désoxygénation du fond sur la charge interne, soit le relargage du phosphore total, et sur la réduction de l'azote est représentée sur les figures I.10 et I.11. Le fond du Grand Lac a été remarquablement désoxygéné à partir du mois d'août, entraînant d'une part un relargage important de phosphore total avec un maximum de concentration observé le 13 décembre de 475  $\mu\text{gP/L}$ , soit considérablement plus que les deux années précédentes, et d'autre part un maximum de concentration en azote ammoniacal de 894  $\mu\text{gN/L}$  la même date, soit la valeur la plus importante observée depuis 1996, les maximums habituels étant de l'ordre de 500  $\mu\text{gN/L}$ .

L'épilimnion quant à lui commence donc à se former dès la première campagne d'avril, juste après le brassage. Ce réchauffement entraîne une activité photosynthétique significative puisque les concentrations en oxygène dissous commencent déjà à augmenter dans les couches superficielles. Les données permettent de visualiser l'augmentation de la saturation en oxygène dissous, de quelques % en avril à plusieurs dizaines de % en été. Le graphique I.12 permet de visualiser la sursaturation importante à 10 m avec plus de 16  $\text{mgO}_2/\text{L}$  au mois d'août, soit plus que les années précédentes. Cependant la synthèse d'oxygène dissous produit par l'activité phytoplanctonique dure une grande partie de l'année : du mois d'avril au mois de septembre nous observons un impact significatif sur les concentrations en oxygène dissous.

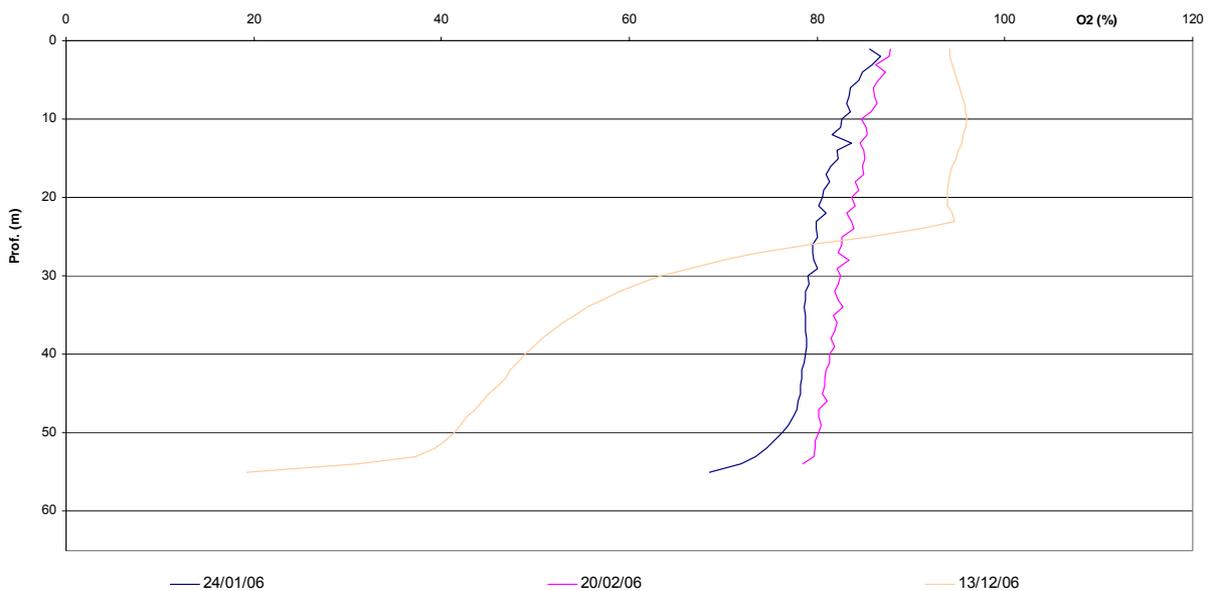
Les nutriments sont alors consommés dans les mêmes couches, comme on peut l'observer sur les figures I.13 et I.14 avec l'évolution de l'azote nitrique et de la silice réactive aux mêmes profondeurs. La silice réactive est significativement consommée à partir du mois d'avril, dès le début de la stratification, jusqu'en septembre où la concentration est nulle jusqu'à 10 m. La consommation de l'azote nitrique est visible plus tardivement à partir de juin et, comme la silice réactive, pour atteindre des valeurs de concentrations nulles jusqu'à 10 m en septembre quand tout le stock mis à disposition par le brassage a été consommé. L'orthophosphate est

présent à des concentrations trop faibles pour visualiser de manière fiable son évolution.

En conséquence de cette activité, le carbone organique total augmente à partir du mois de mai jusqu'à 15 m par rapport au niveau initial d'hiver aux alentours de 1.6 mgC/L. La production est significative et permet une augmentation de l'ordre de plus de 0.6 mgC/L de la surface jusqu'à 15 m.

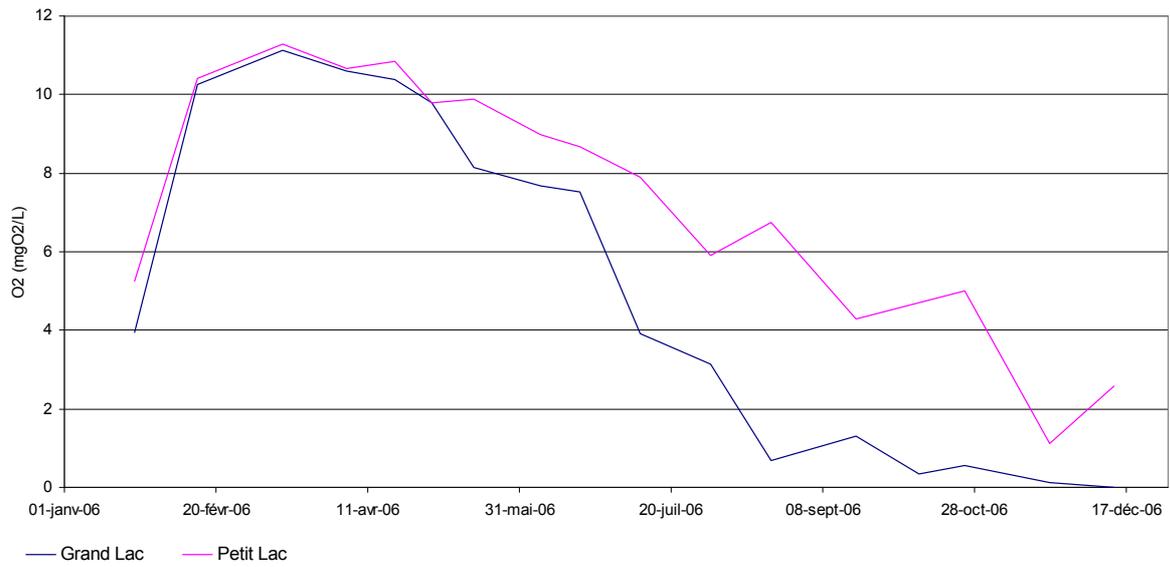


**Figure I. 7 : Profil d'oxygène dissous (% de saturation en O<sub>2</sub>) dans le Grand Lac**

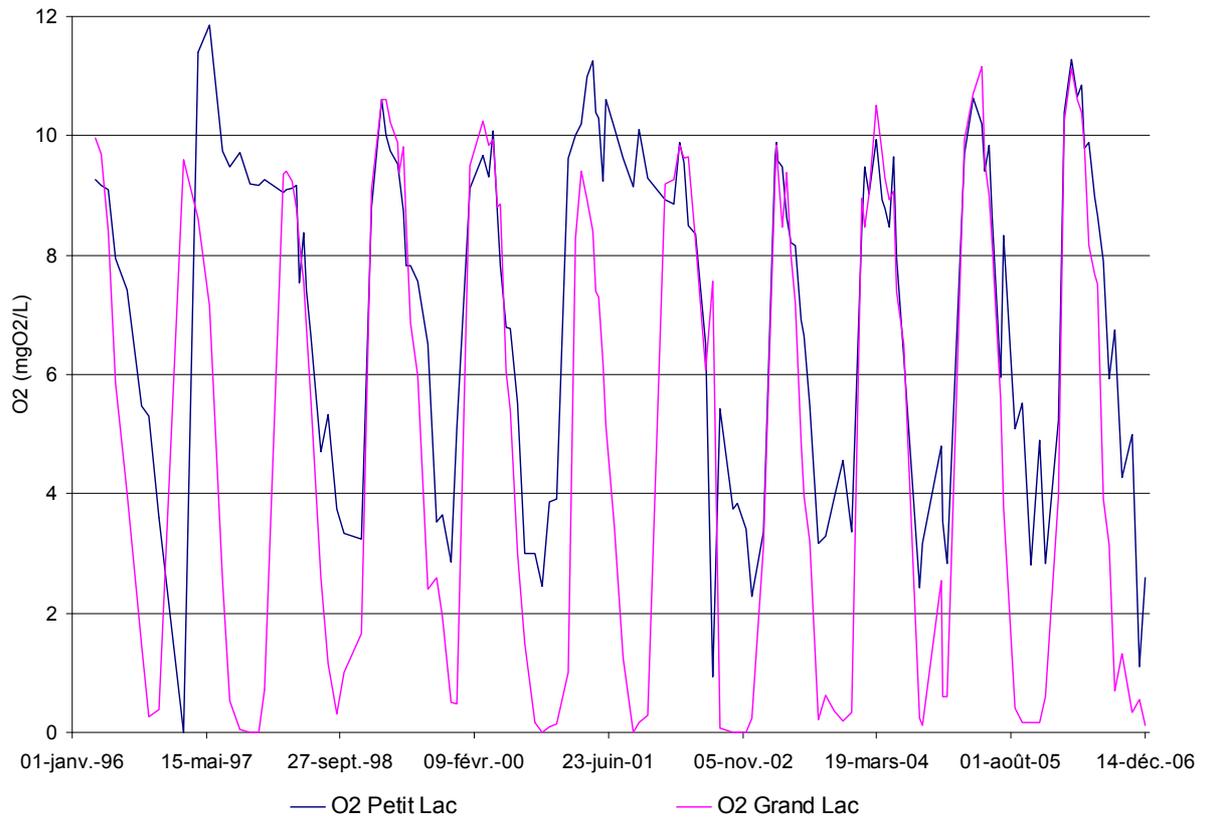


**Figure I. 8 : Profils en oxygène dissous (% de saturation en O<sub>2</sub>) dans le Petit Lac**

## Suivi du lac d'Annecy 2006



**Figure I. 9 : Evolution de la concentration en oxygène dissous (mgO<sub>2</sub>/L) au fond du Grand Lac et du Petit Lac en 2006**



**Figure I. 10 : Evolution de la concentration en oxygène dissous (mgO<sub>2</sub>/L) au fond du Grand Lac et du Petit Lac de 1996 à 2006**

Suivi du lac d'Annecy 2006

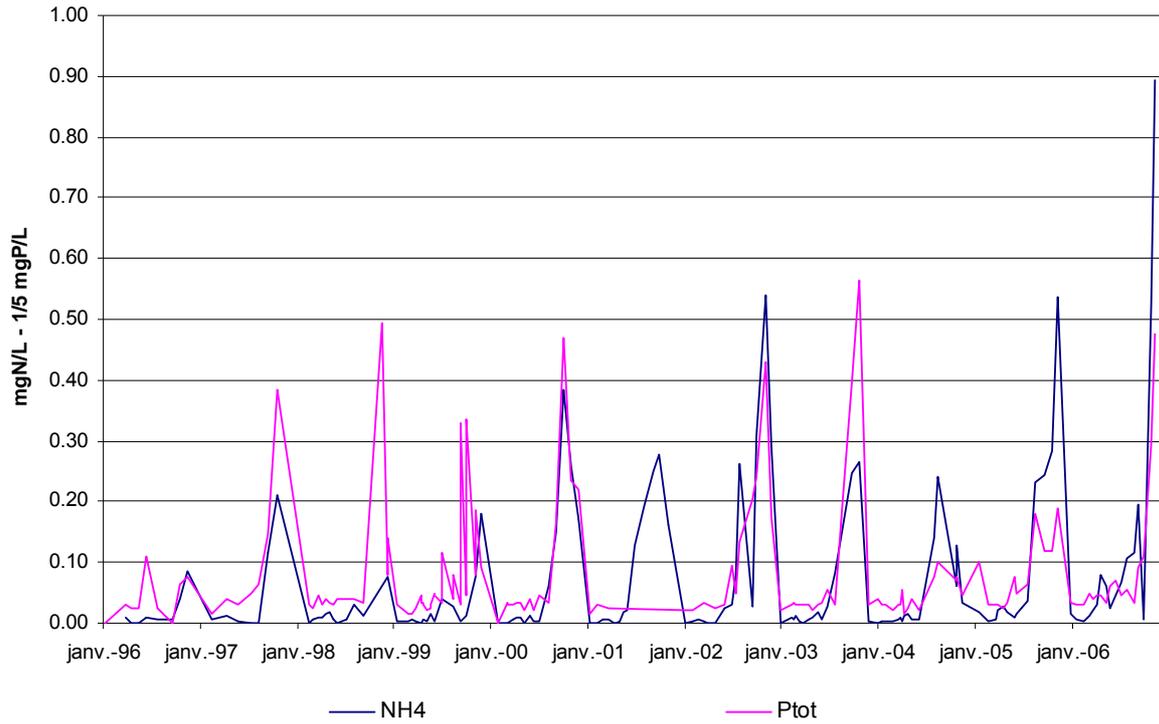


Figure I. 11 : Evolution de l'azote ammoniacal et du phosphore total au fond du Grand Lac de 1996 à 2006

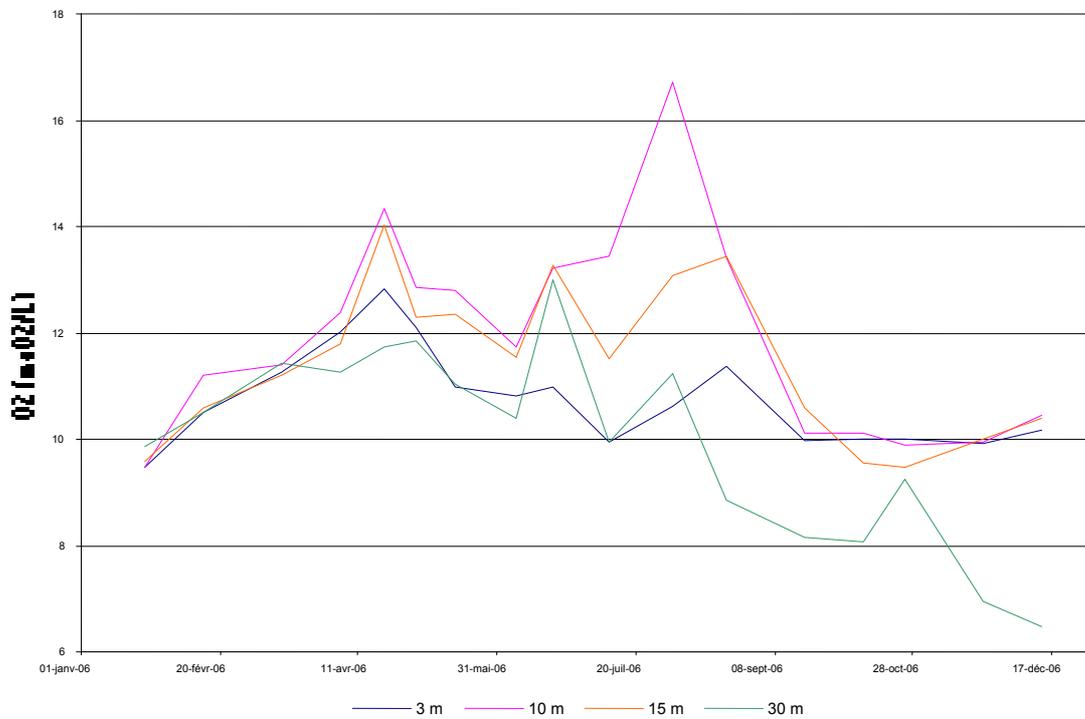


Figure I. 12 : Evolution de la concentration en oxygène dissous aux profondeurs 3 m, 10 m, 15 m et 30 m dans le Grand Lac en 2006

# Suivi du lac d'Annecy 2006

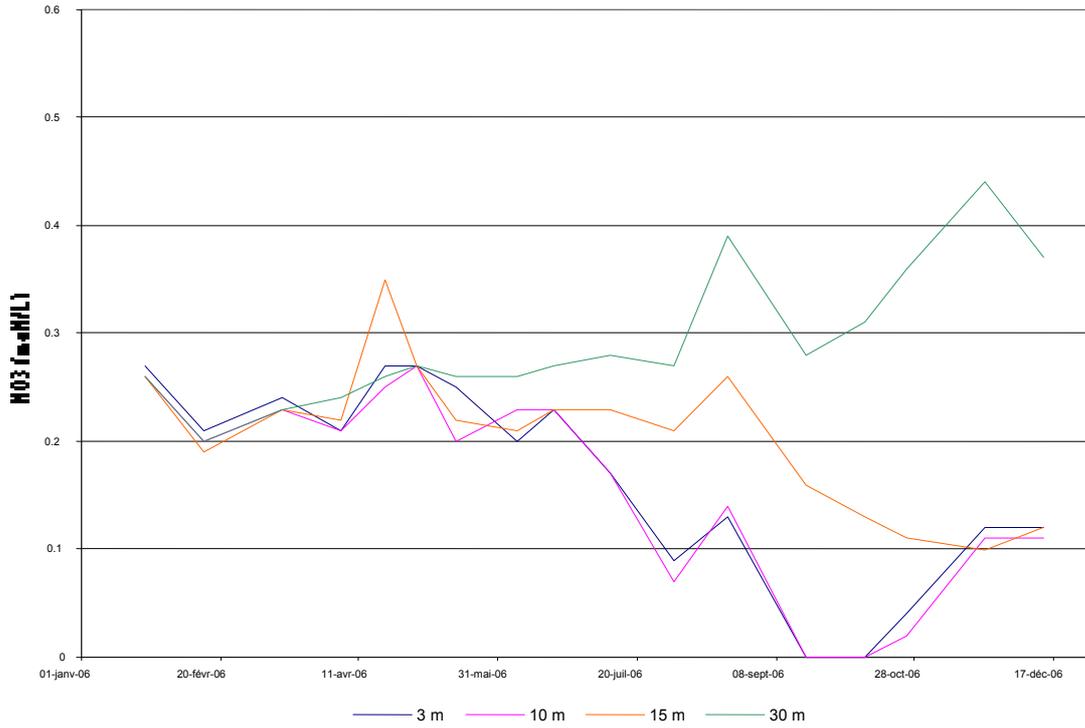


Figure I. 13 : Evolution de la concentration en azote nitrique aux profondeurs 3 m, 10 m, 15 m et 30 m dans le Grand Lac en 2006

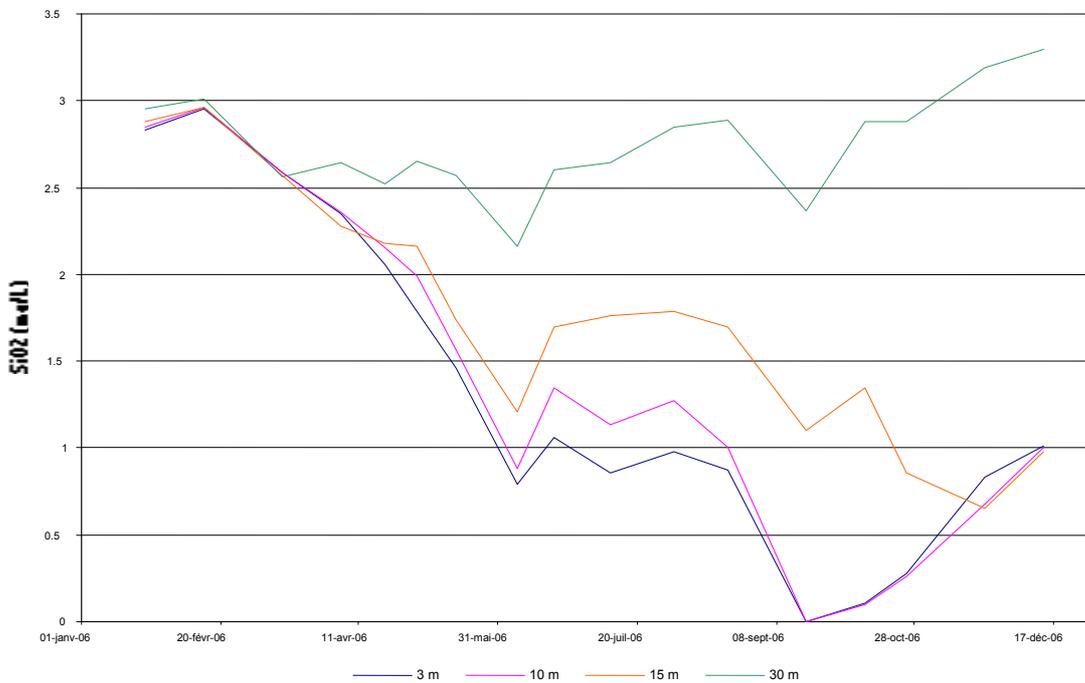
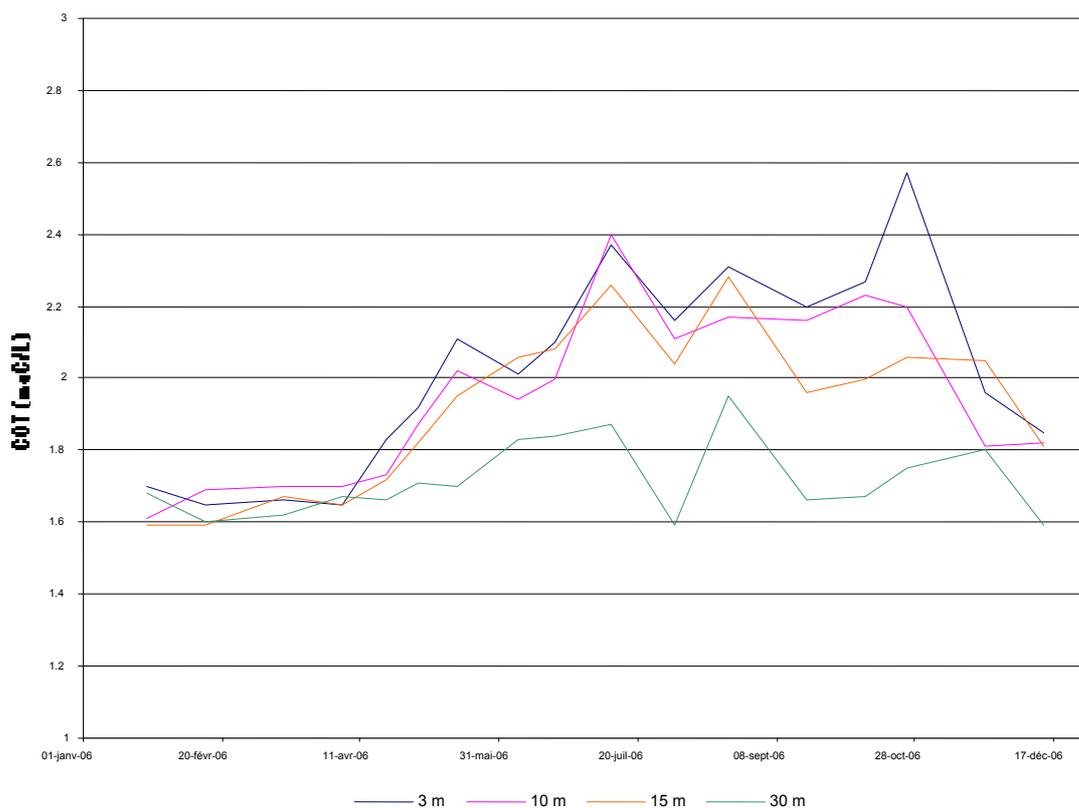


Figure I. 14 : Evolution de la concentration en silice réactive aux profondeurs 3 m, 10 m, 15 m et 30 m dans le Grand Lac en 2006

# Suivi du lac d'Annecy 2006



**Figure I. 15 : Evolution de la concentration en carbone organique total aux profondeurs 3 m, 10 m, 15 m et 30 m dans le Grand Lac en 2006**

#### I.4. CONDUCTIVITE

La conductivité est mesurée à chaque profil sonde. Ce paramètre quantifie la somme des sels dissous présents dans l'eau. Cette mesure est dépendante de la température, nous l'exprimons par convention à 25 °C.

Les figures I.16 et I.17 représentent les profils de conductivité dans le Grand Lac et le Petit Lac en 2006.

Le brassage du mois de mars a permis une homogénéisation de la conductivité de l'ensemble de la colonne d'eau du Grand Lac et du Petit Lac entre 0.290 et 0.300 mS/cm alors que le 21 janvier, la conductivité était homogène jusqu'à 52 m à 0.279 mS/cm puis augmentait significativement jusqu'au fond du Grand Lac. Les valeurs de conductivité au brassage sont comparables à celles des années précédentes. Le brassage a, comme pour les nutriments, redistribué le stock de sels dissous de manière homogène dans la colonne d'eau.

Au fur et à mesure que la stratification avance et que l'activité photosynthétique s'intensifie, la conductivité diminue dans l'épilimnion. Cette diminution est provoquée par la consommation de CO<sub>2</sub> par la photosynthèse. Le CO<sub>2</sub> étant consommé, l'équilibre acido-basique du milieu est modifié et le pH augmente. En augmentant il modifie à son tour l'équilibre calco-carbonique et favorise la précipitation et la sédimentation de carbonate de calcium. Le calcium influençant significativement la conductivité, sa précipitation entraîne une diminution de cette dernière. La valeur minimale de conductivité ainsi observée dans le Grand Lac est de 0.225 mS/cm en septembre, soit du même ordre de grandeur que les années précédentes.

A l'inverse, la conductivité augmente dans l'hypolimnion au cours de l'année. Cette augmentation est la conséquence de la désoxygénation qui entraîne le relargage de plusieurs sels dont des sels de fer, de manganèse, de phosphore.

## Suivi du lac d'Annecy 2006

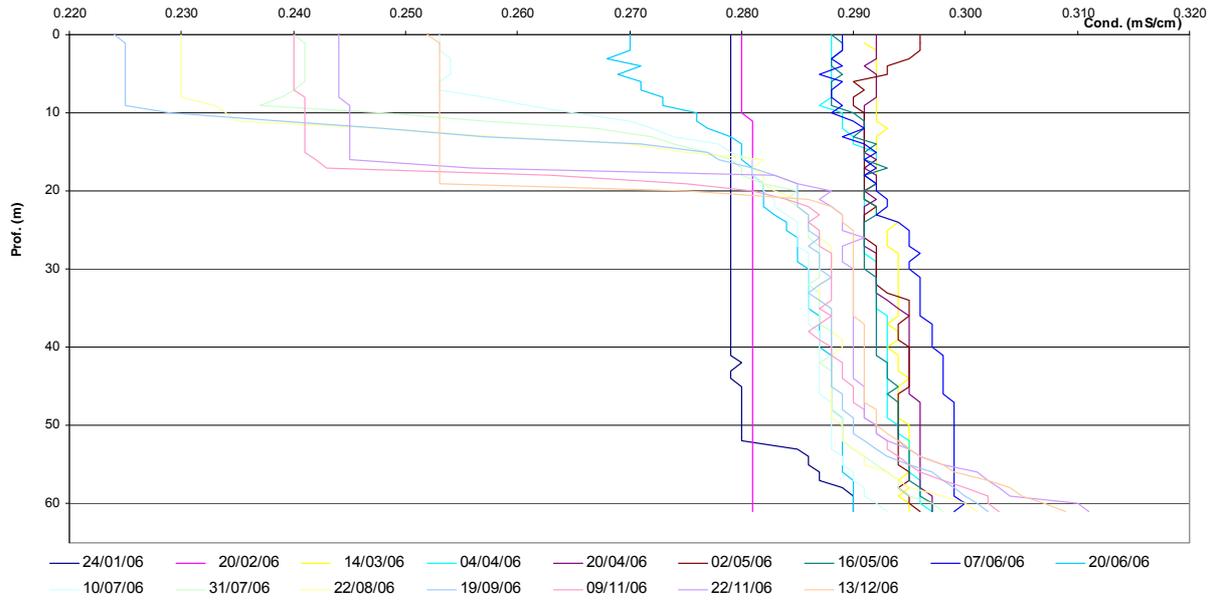


Figure I. 16 : Profils de conductivité (mS/cm) dans le Grand Lac en 2006

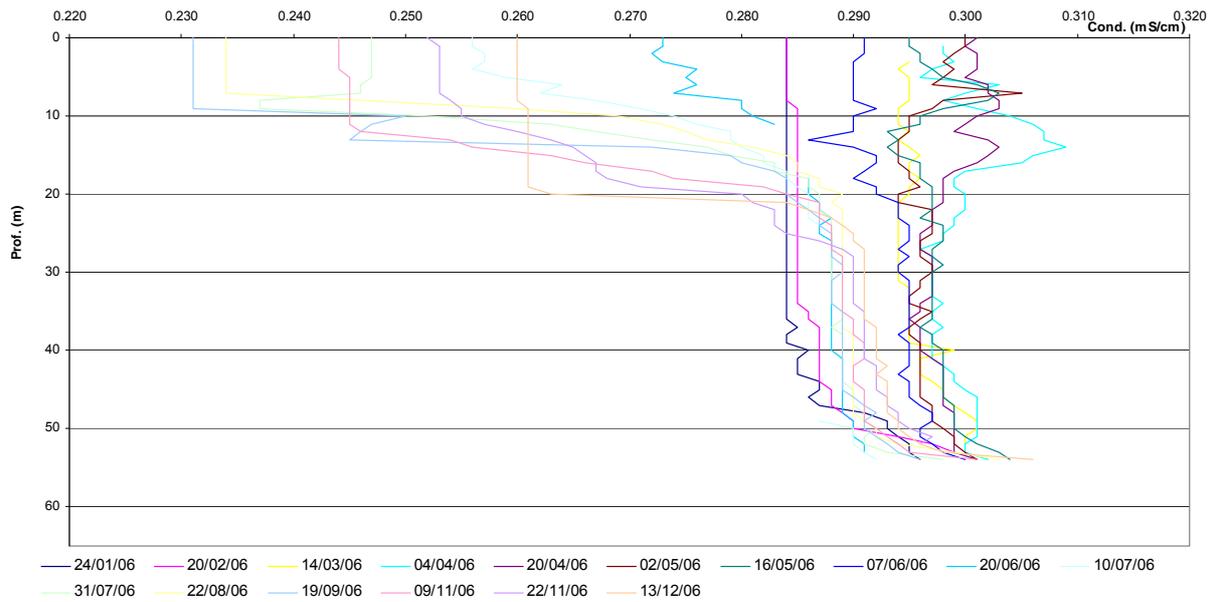


Figure I. 17 : Profil de conductivité (mS/cm) dans le Petit Lac en 2006

## I.5. TURBIDITE

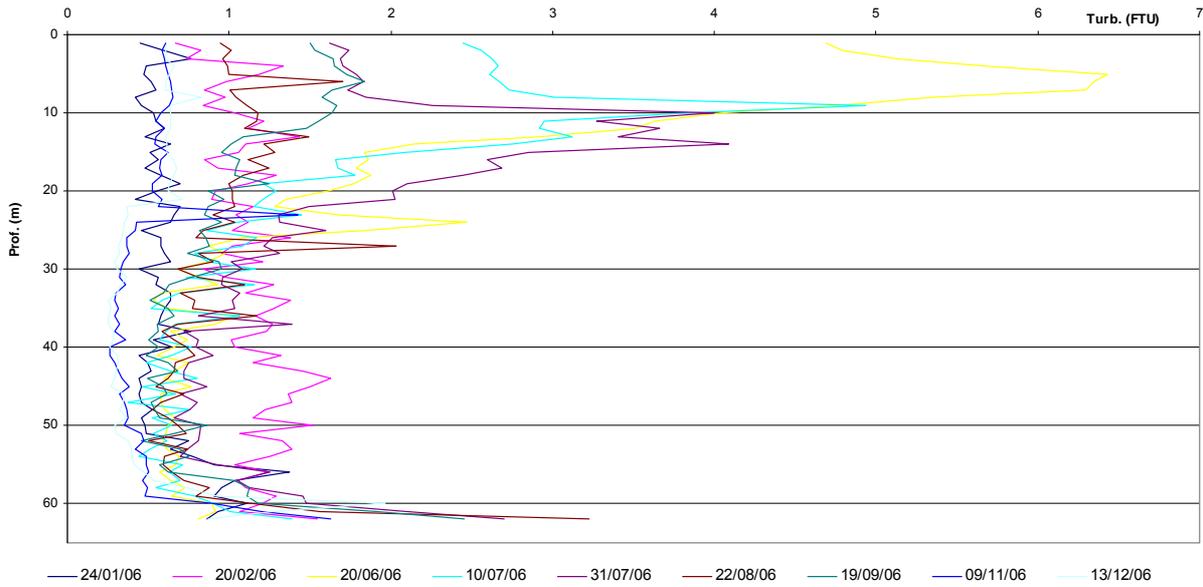
La turbidité est la mesure de la transmission de la lumière à 90° du rayon incident. Un profil de turbidité est effectué sur le Grand Lac et le Petit Lac lors de chaque campagne à l'aide de la sonde multiparamètre. La turbidité de l'eau est provoquée par la présence de particules, des algues ou des matières en suspension apportées par les cours d'eau. La turbidité est exprimée en FTU (Formazine Turbidity Unit).

Les figures I.18 et I.19 représentent les profils de turbidité dans le Grand Lac et dans le Petit Lac en 2006. Lors de certaines campagnes, une autre sonde multiparamètre a été utilisée et a mesuré la transmission linéaire de lumière, les résultats ne sont pas présentés ici mais disponibles en annexe.

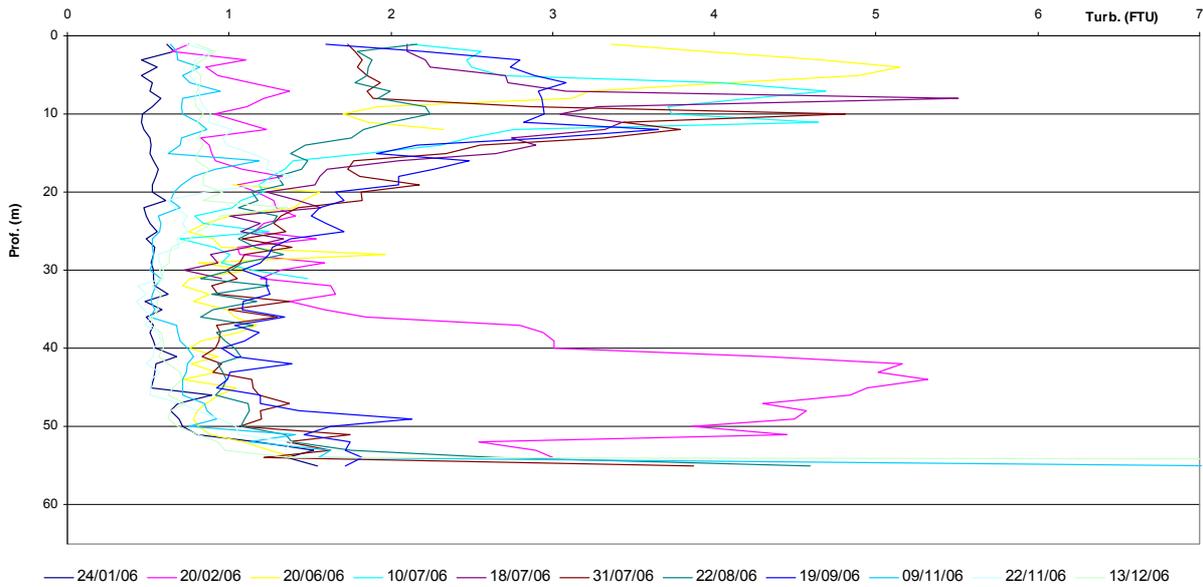
Les pics de turbidité dans l'épilimnion indiquent la présence de phytoplancton comme on peut l'observer au mois de juin dans le Grand Lac avec le maximum de turbidité de l'année avec plus de 6 FTU. Il faut cependant indiquer que le seulement le nanoplancton influence significativement la turbidité comme la transparence et non le microplancton.

Les pics de turbidité visibles plus profondément aux environs de 40 m dans le Petit Lac indiquent quant à eux la présence de particules en provenance du bassin versant. On peut ainsi observer les apports de matières en suspension par la crue de fin février.

### Suivi du lac d'Annecy 2006



**Figure I. 18 : Profils de turbidité (FTU) dans le Grand Lac en 2006**



**Figure I. 19 : Profils de turbidité (FTU) dans le Petit Lac en 2006**

## I.6. AZOTE

L'azote est présent dans le lac sous différentes formes minérales à différents degrés d'oxydation (azote nitrique, azote ammoniacal, azote nitreux) et organique. L'azote nitreux étant négligeable par rapport aux autres formes, nous analysons l'azote total (minéral + organique), l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) et l'azote nitrique ( $\text{NO}_3^-$ ). L'azote organique est évalué par différence entre l'azote total et l'azote minéral ( $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ ). Les graphiques de concentrations des formes de l'azote par campagne sont disponibles en annexe.

Après le brassage, lorsque le stock de nutriments a été remis à disposition, la concentration en azote nitrique, nutriment azoté principal, est homogène dans la colonne d'eau à 0.23 mgN/L dans le Grand Lac et 0.32 mgN/L dans le Petit Lac. Ces concentrations sont équivalentes aux années précédentes, le stock ne varie pas significativement et les concentrations sont plus importantes dans le Petit Lac. L'azote nitrique est ensuite consommé dans l'épilimnion comme nous l'avons constaté pour atteindre des concentrations nulles en automne.

L'azote ammoniacal présente une activité intéressante dans l'épilimnion car il est un indicateur des rejets du zooplancton, donc un indicateur de présence du zooplancton. L'azote ammoniacal est aussi rejeté par les poissons. Le maximum dans l'épilimnion est observé à 15 m dans le Grand Lac en octobre avec 51  $\mu\text{gN/L}$  soit plus que les années précédentes à mettre en relation avec la présence importante de cladocères à cette période. Le reste de l'année l'azote ammoniacal se maintient à des concentrations faibles dans l'épilimnion.

## I.7. PHOSPHORE

Le phosphore est aussi présent sous différentes formes dans le lac. Nous analysons la forme soluble réactive, considérée comme orthophosphate et le phosphore total.

Le lac d'Annecy présente des concentrations faibles en phosphore total et très faibles en orthophosphate, de telle sorte que les dynamiques de l'orthophosphate, forme directement biodisponible du phosphore, sont difficiles à étudier.

Après le brassage et l'homogénéisation de la colonne d'eau, le stock de phosphore ainsi remis à disposition correspond à une concentration de moyenne de 6 µgP/L en phosphore total et 2 µgP/L en orthophosphate dans le Grand Lac (9 µgP/L et 3 µgP/L respectivement dans le Petit Lac). Les graphiques de concentrations des formes du phosphore par campagne sont disponibles en annexe.

## I.8. RAPPORT 'N/P'

La valeur du rapport azote/phosphore (N/P) dans l'eau permet de distinguer l'élément nutritif limitant la production photosynthétique. Le rapport optimal moyen N/P requis pour la croissance des algues est estimé à 16 atomes d'azote pour 1 atome de phosphore, soit un rapport en masse de 7/1.

Le tableau I.2 présente le rapport azote minéral/orthophosphate ( $(\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-)/\text{PO}_4^{3-}$ ) calculé sur la moyenne des concentrations mesurées dans la couche euphotique (3 m, 10 m et 15 m) dans le Grand Lac et le Petit Lac en 2006. Ce rapport concerne donc les formes nutritives directement biodisponibles.

**Tableau I. 2 : Rapport azote minéral/orthophosphate dans la couche euphotique (moyenne 3 m, 10 m et 15 m)**

Date	Grand Lac	Petit Lac
24-janv.-06	268	282
14-févr.-06	153	115
14-mars-06	178	146
4-avr.-06	93	36
20-avr.-06	127	111
2-mai-06	59	47
16-mai-06	115	116
7-juin-06	221	177
20-juin-06	102	106
10-juil.-06	117	103
2-août-06	-	78
22-août-06	277	195
19-sept.-06	36	41
10-oct.-06	208	
25-oct.-06	72	54
22-nov.-06	128	144
13-déc.-06	119	163

Ce tableau indique le rapport  $N_{\text{min}}/\text{PO}_4$  est toujours supérieur à 7 et donc que le phosphore est tout au long de l'année le facteur limitant de la production photosynthétique.

## I.9. EVOLUTION INTERANNUELLE DE L'AZOTE ET DU PHOSPHORE

Lorsque la colonne d'eau est homogène, le stock de nutriments disponibles pour les algues remis à disposition par le brassage peut être estimé.

Le tableau I.3 présente l'évolution du stock de phosphore total et orthophosphate depuis 1991.

Les évolutions de 1993 à 2006 des concentrations moyennes des formes de l'azote et du phosphore dans la couche euphotique du Grand Lac (3m, 10 m et 15 m) et des rapports  $N_{min}/PO_4$  et  $N_{tot}/P_{tot}$  sont représentées dans les figures I.20, I.21 et I.22. Malgré que le phytoplancton soit mesuré en plus faible quantité en 2006, les dynamiques de consommation des nutriments dans la couche euphotique sont comparables aux années précédentes et le carbone organique total mesuré est du même ordre de grandeur dans ces couches.

La variabilité des nutriments après le début de l'activité photosynthétique avec un réapprovisionnement partiel du nutriment consommé laisse suggérer que différentes voies de redistribution des nutriments sont possibles, par exemple la diffusion chimique, la dégradation de la matière organique...

**Tableau I. 3 : Evolution de la concentration moyenne de la surface au fond du Grand Lac et du Petit Lac en phosphore total et orthophosphate au brassage de 1991 à 2006**

		Portho	Ptotal
févr-91	Petit Lac	3.0	6.3
	Grand Lac	2.8	6.0
févr-92	Petit Lac	0.5	8.2
	Grand Lac	0.0	7.2
mars-93	Petit Lac	4.5	10.7
	Grand Lac	5.2	10.5
mars-94	Petit Lac	2.7	7.7
	Grand Lac	1.2	7.0
févr-95	Petit Lac	4.0	9.5
	Grand Lac	2.8	8.0
févr-96	Petit Lac	2.8	8.0
	Grand Lac	2.5	6.0
févr-97	Petit Lac	1.8	4.7
	Grand Lac	1.0	2.7
mars-98	Petit Lac	1.0	4.0
	Grand Lac	4.0	4.0
févr-99	Petit Lac	2.0	6.0
	Grand Lac	3.0	6.0
mars-00	Petit Lac	2.0	6.5
	Grand Lac	1.7	6.8
mars-01	Petit Lac	1.8	6.0
	Grand Lac	4.0	8.2
févr-02	Petit Lac	1.7	4.0
	Grand Lac	1.3	3.3
janv-03	Petit Lac	2.2	4.2
	Grand Lac	1.2	4.0
janv-04	Petit Lac	8.2	11.3
	Grand Lac	2.5	6.3
mars-05	Petit Lac	1.0	4.8
	Grand Lac	1.0	5.3
mars-06	<b>Petit Lac</b>	<b>3.0</b>	<b>8.3</b>
	<b>Grand Lac</b>	<b>1.7</b>	<b>5.7</b>
<b>Moyenne 1991 - 2005</b>	<b>Petit Lac</b>	<b>2.3</b>	<b>6.1</b>
	<b>Grand Lac</b>	<b>2.6</b>	<b>6.8</b>

## Suivi du lac d'Annecy 2006

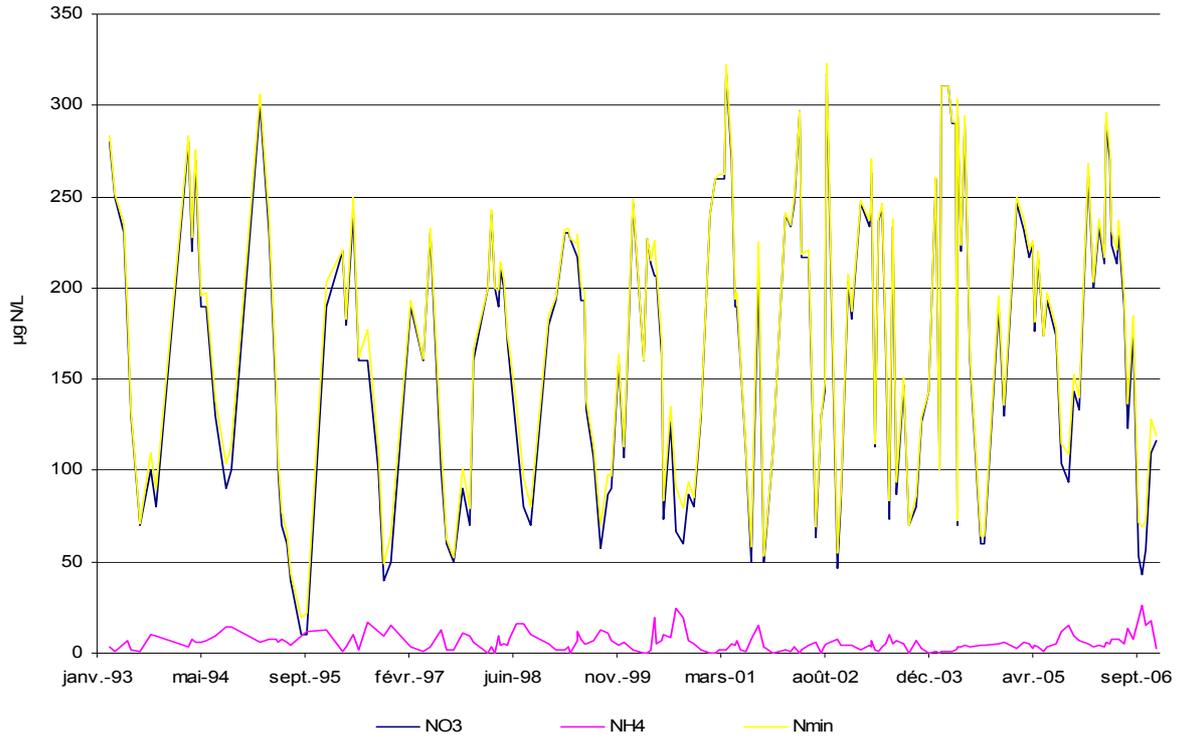


Figure I. 20 : Evolution des formes de l'azote ( $\mu\text{gN/L}$ ) de 1993 à 2006 en moyenne dans la couche euphotique du Grand Lac

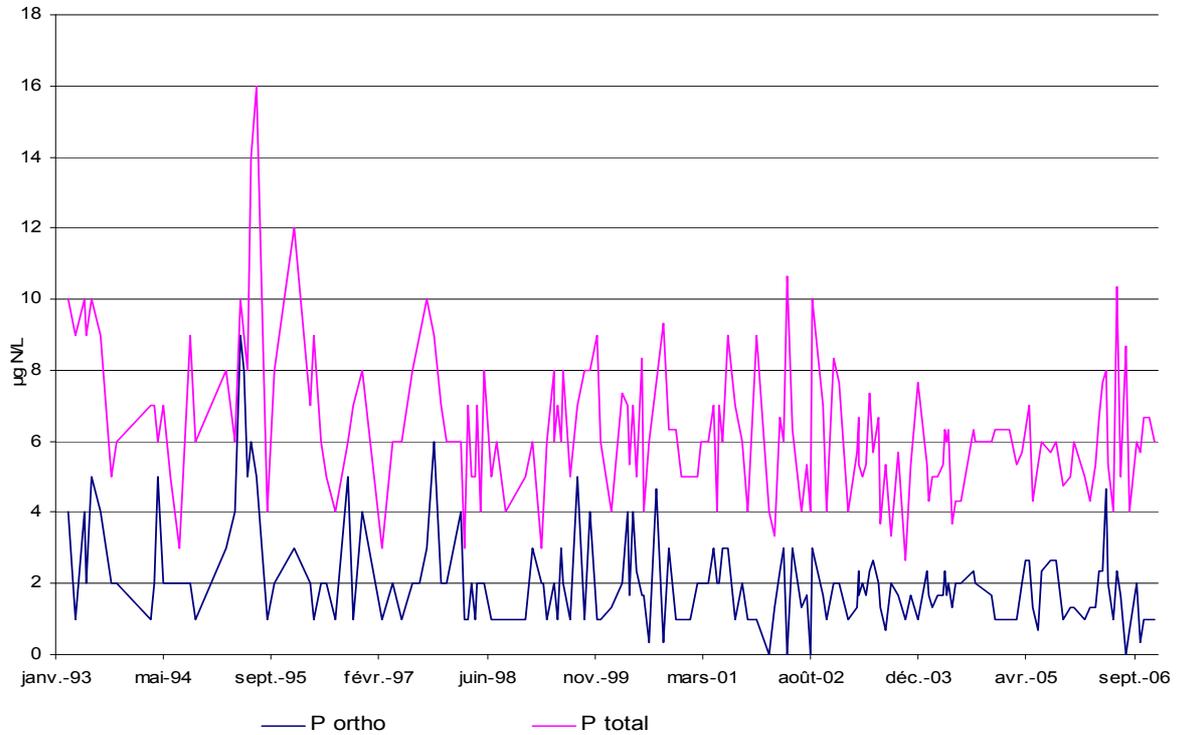
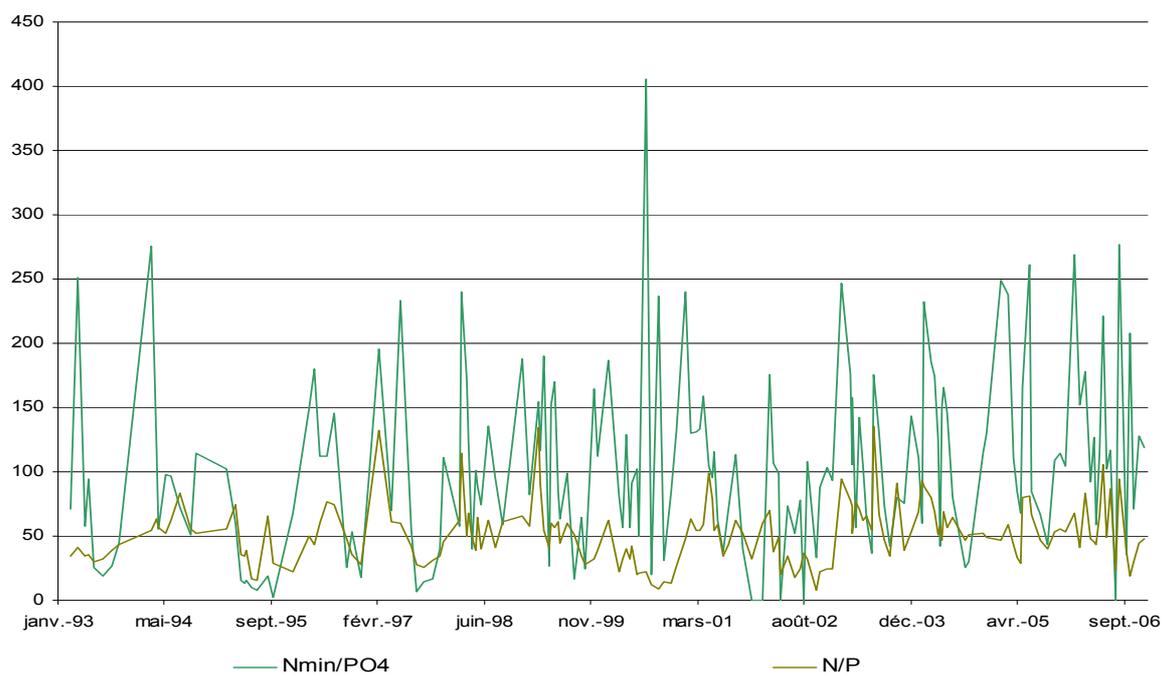


Figure I. 21 : Evolution des formes du phosphore ( $\mu\text{gP/L}$ ) de 1993 à 2006 en moyenne dans la couche euphotique du Grand Lac

## Suivi du lac d'Annecy 2006



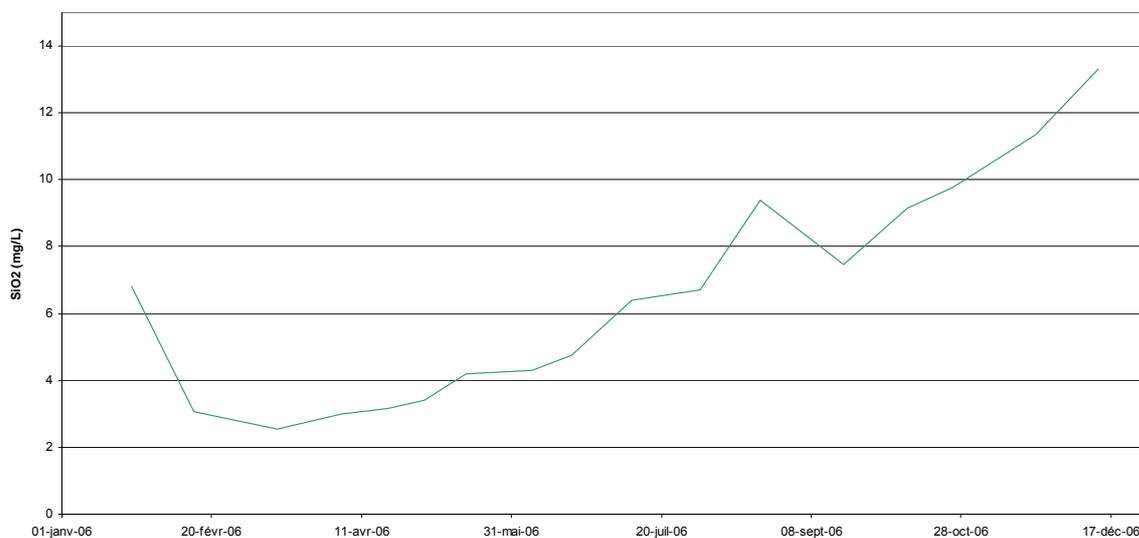
**Figure I. 22 : Evolution du rapport azote/phosphore de 1993 à 2006 en moyenne dans la couche euphotique du Grand Lac**

## I.10. SILICE

La silice est un nutriment essentiel des diatomées qui l'utilisent pour la construction de leurs frustules. Les graphiques de concentrations des formes du phosphore par campagne sont disponibles en annexe.

De la même manière que pour les autres nutriments, le brassage hivernal a remis à disposition le stock de silice réactive pour l'année 2006. La concentration moyenne observée après le brassage était de 2.57 mg/L. Cette valeur est plus faible que les années précédentes. La silice réactive est ensuite rapidement consommée dans l'épilimnion pour atteindre des concentrations nulles en septembre.

Dans l'hypolimnion, les diatomées sédimentées se dissolvent dans les conditions chimiques et biologiques du fond du lac. On peut alors observer une augmentation de la concentration en silice réactive dans le fond du Grand Lac comme on le constate sur la figure I.23. Le maximum est observé à la fin de l'année le 13 décembre avec 13.3 mg/L.



**Figure I. 23 : Evolution de la concentration en silice réactive (mg/L) au fond du Grand Lac en 2006**

### I.11. STOCKS DU LAC EN CATIONS (Ca, Mg, Na, K) ET EN ANIONS (Cl, SO4)

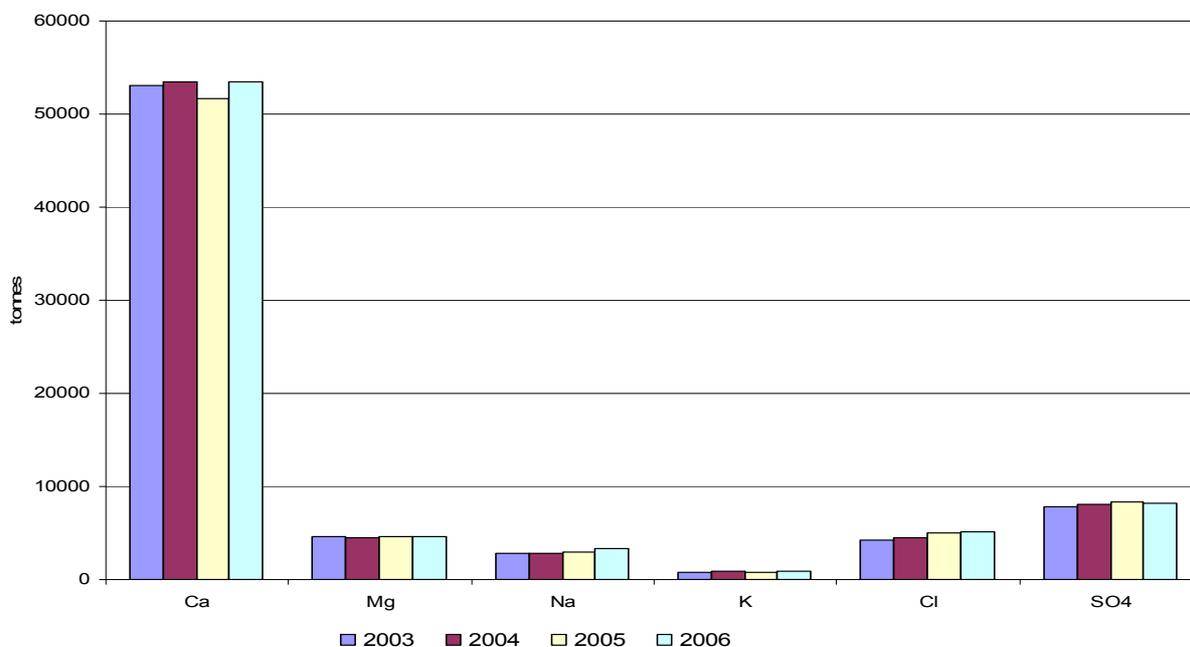
A partir de l'année 2003, les stocks des ions majeurs (cations : calcium, magnésium, sodium, potassium et anions : chlorure, sulfate) sont calculés à partir de campagnes d'analyses complètes. Les résultats pour l'année 2006 sont représentés sur le tableau I.4.

Ces six ions sont répartis de façon homogène le long de la colonne d'eau, mis à part le calcium durant la photosynthèse : ce dernier est en effet en plus faible concentration en surface car il précipite sous forme de calcaire (cf. I.4.).

Ces stocks ne varient pas de manière significative entre 2003 et 2006 comme on l'observe sur la figure I.24.

**Tableau I. 4 : Stocks des cations et anions majeurs en 2006**

		Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4
14/03/2006	Stock GL en tonnes	53298	4591	3286	891	5102	8109
	Stock GL en mg/L	47.27	4.07	2.91	0.79	4.53	7.19
19/09/2006	Stock GL en tonnes	53635	4645	3292	891	5281	8327
	Stock GL en mg/L	47.57	4.12	2.92	0.79	4.68	7.39
<b>Moyenne</b>	<b>Stock GL en tonnes</b>	<b>53467</b>	<b>4618</b>	<b>3289</b>	<b>891</b>	<b>5192</b>	<b>8218</b>
	<b>Stock GL en mg/L</b>	<b>47.42</b>	<b>4.10</b>	<b>2.92</b>	<b>0.79</b>	<b>4.60</b>	<b>7.29</b>



**Figure I. 24 : Evolution interannuelle des stocks de calcium, magnésium, sodium, potassium, chlorure et sulfate de 2003 à 2006**

## I.12. CONCLUSION

L'hiver 2005-2006 a été très froid et le lac a été homogène en température en février avec une température exceptionnellement faible ( $< 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Les vents forts ont ensuite réalisé le brassage du plan d'eau permis par l'homogénéisation thermique. Ce brassage a eu lieu en début mars. Il a réoxygéné l'ensemble du plan d'eau et a remis à disposition le stock de nutriments azoté et phosphoré de même quantité que les années précédentes.

Dès le début du mois d'avril, la stratification commence ainsi que l'activité photosynthétique qui consomme les nutriments et produit de l'oxygène jusqu'à des sursaturations importantes (maximum en août). La consommation des nutriments lors de la photosynthèse est continue à partir d'avril jusqu'à la fin de l'année. Le zooplancton consomme le phytoplancton produit sans induire de phase d'eau claire, les maximums de rejet d'azote ammoniacal, indicateur de présence de zooplancton, sont observés en automne, soit plus tard dans l'année que les années précédentes.

Le rapport N/P indique que le phosphore est toujours le facteur limitant de cette activité photosynthétique.

L'hypolimnion, et surtout les tout derniers mètres de la colonne d'eau, sont le siège d'une désoxygénation progressive tout au long de l'année par la dégradation de la matière organique en présence. Cette désoxygénation est observée dès la campagne suivant le brassage. Cette désoxygénation entraîne au fur et à mesure de l'année des conditions très réduites, avec une concentration nulle en oxygène dissous au fond du Grand Lac en fin d'année. Ce phénomène entraîne la réduction de l'azote présent en azote ammoniacal, les maximums observés en fin d'année au fond du Grand Lac sont très supérieurs à ceux des années précédentes. La désoxygénation est aussi la cause du relargage du phosphore qui est du même ordre de grandeur que les années précédentes.

## CHAPITRE II

# ETUDES BIOLOGIQUES

### II.1. METHODES D'ETUDE DU PLANCTON

#### II.1.1. PHYTOPLANCTON

En 2006, 17 campagnes de prélèvements ont été effectuées dans chacune des deux zones du lac d'Annecy appelées Grand Lac et Petit Lac. Les échantillons d'eau brute ont été prélevés dans la couche 0-18 m avec un appareil intégrateur développé par Pelletier et Orand (Brevet INRA, 1978) (photo 1). Après la récolte, les échantillons sont immédiatement fixés au lugol, réactif iodo-ioduré qui assure la conservation du phytoplancton et colore l'amidon des cellules, ce qui rend leur identification plus aisée.



Photo 1 : *Appareil intégrateur*

En plus des prélèvements d'eau brute dans la strate 0-18m, un second prélèvement est réalisé avec un filet à vide de maille de 60  $\mu\text{m}$  (photo 2) dans la strate d'eau 0-50 m ; ce prélèvement est fixé immédiatement sur le terrain au formol (4%). Il permet de compléter qualitativement l'analyse du phytoplancton effectuée sur l'eau brute car certains organismes peuvent être localisés plus profondément.

Les échantillons d'eau brute fixés au lugol sont préparés selon la technique d'Utermöhl (1958). Un sous-échantillon de 50 ml est versé dans un cylindre surmontant une chambre de sédimentation et laissé à sédimenter pendant 24 heures à l'abri de la



Photo 2 : Filets jumelés à plancton

lumière (le lugol se dégrade à la lumière et perd son effet conservateur) et de la chaleur (photo 3). Ce laps de temps permet aux algues, même les plus légères, de sédimenter au fond de la cuvette. Puis on glisse la partie cylindrique sur le côté de la chambre pour la remplacer par une lamelle de couverture en verre. Enfin, la lame est déposée délicatement sur un microscope inversé ZEISS AXIOVERT 135 afin de procéder à l'examen qualitatif et quantitatif du phytoplancton. La valeur 0,2 attribuée à quelques taxons indique la présence d'organismes rencontrés en dehors des dénombrements.



Photo 3 : Chambre de sédimentation (Photo A. Rolland)

Les abondances sont exprimées en nombre de cellules algales ou de colonies par millilitre d'eau brute, puis transformées en biomasse (poids frais en  $\text{mg}/\text{m}^3$ ). Les

moyennes annuelles présentées dans les divers tableaux correspondent à des moyennes arithmétiques de tous les prélèvements effectués dans l'année.

## II.1.2. ZOOPLANCTON

L'échantillonnage, mensuel puis bi-mensuel à partir d'avril jusqu'à la fin de l'année, s'effectue à deux stations pélagiques (GL : grand lac et PL : petit lac) à l'aide d'un filet de maille de 200 µm lors de trait verticaux réalisés depuis 50 mètres de profondeur jusqu'en surface.

Les échantillons sont fixés au formol à 5% puis mis à décanter durant 24 heures dans des entonnoirs cylindro-coniques gradués, à l'abri des vibrations, afin de mesurer le biovolume sédimenté. Le volume du phytoplancton déposé au dessus du zooplancton n'est pas pris en compte. Par la suite, les microcrustacés sont dénombrés par espèce et stade de développement. Le dénombrement des crustacés est réalisé sous microscope standard à partir d'un sous-échantillon. Les Cladocères *Bythotrephes longimanus* et *Leptodora kindtii* sont quant à eux, dénombrés dans l'intégrité du prélèvement.

Pour chaque catégorie taxonomique, le nombre d'individus a été ramené à l'unité de surface selon la formule suivante :

$$K2 = (N_{ind} \times Vol.\text{flacon} \times 50) / (Vol.\text{comp} \times 4.81)$$

Où:  $N_{ind}$  est le nombre d'individus dénombrés dans le sous-échantillon,  $Vol.\text{flacon}$  est le volume de l'échantillon ajusté (en ml),  $Vol.\text{comp}$  est le volume du sous-échantillon (en ml), 50 est la hauteur du prélèvement (en m) et 4.81, le volume filtré par le filet (en m<sup>3</sup>).

## II.2. LE PHYTOPLANCTON

### II.2.1. RICHESSE SPECIFIQUE DU PHYTOPLANCTON

Les nombres de *taxons*\* recensés dans le Grand Lac et le Petit Lac sont répartis pour 2006 par groupes systématiques dans le tableau II.1 (le détail des listes taxonomiques se trouve en annexe 5).

\**taxon* = unité d'identification (genre, espèce ou variété)

Tableau II.1 : Nombre de taxons phytoplanctoniques observés en 2006.

Phytoplancton	Grand Lac 0-18 m	Petit Lac 0-18 m	Espèces communes aux deux bassins	Total des taxons
Cyanobactéries	7	8	4	11
Dinophycées	9	9	9	9
Cryptophycées	4	5	4	5
Chrysophycées	19	16	13	22
Diatomophycées	33 (7)	33 (6)	22	44
Chlorophycées	20	21	15	26
Zygophycées	4	5	3	6
Total	96	97	70	123

( ) diatomées centriques

En 2006, 123 espèces (liste complète en annexe 4) ont été recensées dans les deux lacs. Cette valeur est en hausse par rapport à celle enregistrée l'année dernière (104 espèces en 2005). La diversité spécifique est pratiquement identique dans les deux bassins : 96 et 97 taxons.

Soixante-dix espèces sont communes aux deux bassins (66 en 2005), valeur restant inférieure à celle de 2004 (83). Comme les années précédentes, la diversité spécifique des diatomées est largement dominante (44 taxons) et est en augmentation par rapport à l'année passée (38 taxons). Viennent ensuite dans l'ordre les chlorophycées (26 contre 21), les chrysophycées (22 contre 18), les cyanobactéries (11 contre 11), les dinophycées (9 contre 7), les conjuguées (6 taxons contre 6) et les cryptophycées (5 contre 3). A noter que les euglénophycées et les xanthophycées sont encore absentes cette année.

Deux espèces nouvelles pour le lac d'Annecy ont été découvertes en 2006 : *Kephyrion petasatum* (chrysophycée) et *Monoraphidium convolutum* (chlorophycée).

## II.2.2. GRAND LAC

### II.2.2.1. EVOLUTION DE L'ABONDANCE DES DIFFERENTES CLASSES

Les observations les plus remarquables sont analysées dans la couche 0-18 m pour le Grand Lac (Figure II.1).

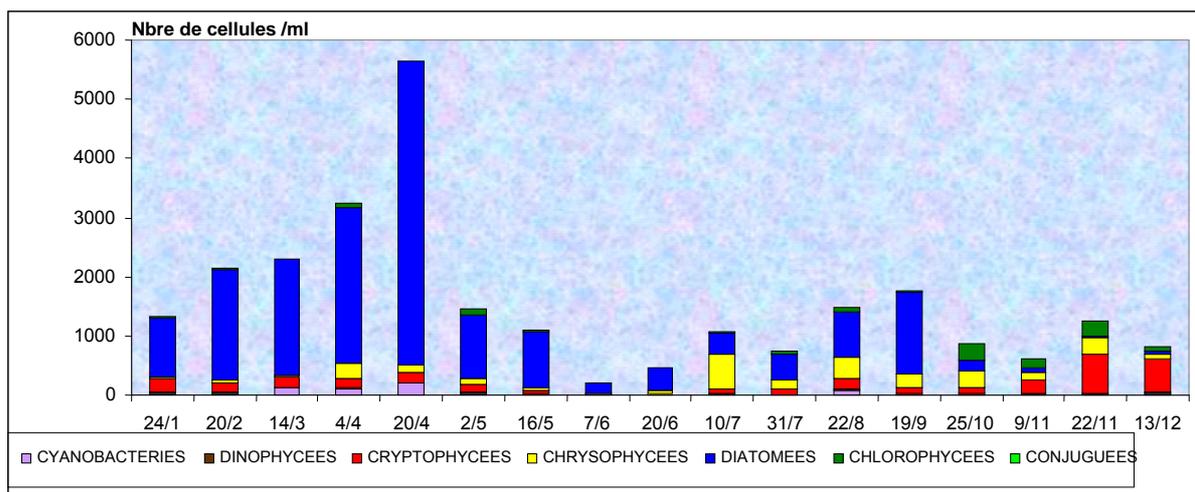


Figure II.1 : Variations saisonnières de l'abondance du phytoplancton (nombre de cellules par ml) dans la strate 0-18 m du Grand Lac en 2006

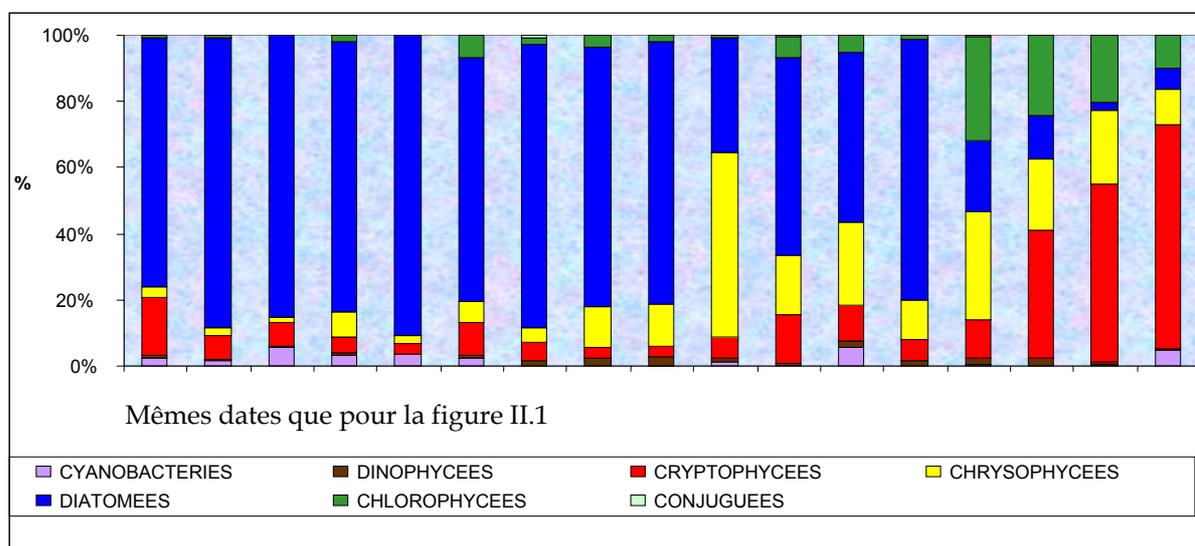


Figure II.2 : Variations saisonnières de l'abondance relative du phytoplancton (exprimée en pourcentage) dans la strate 0-18 m du Grand Lac en 2006

#### CYANOBACTERIES

Représentées par 7 espèces dans le Grand Lac, l'abondance relative des cyanobactéries a augmenté cette année pour atteindre 2,6% (0,4% en 2005), valeur

comparable à celle enregistrée en 2004 (3%). *Pseudanabaena* (ex *Oscillatoria*) *limnetica* (photo 4) est la cyanobactérie la plus abondante dans le lac (2,1%).

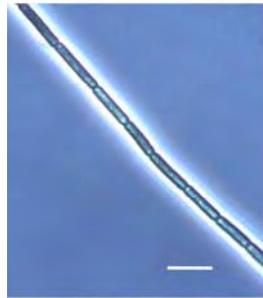


Photo 4 : *Pseudanabaena limnetica*

### **DINOPHYCEES** (ou péridiniens)

Les dinophycées sont des algues brunes présentes toute l'année mais en faible quantité, avec 9 espèces dont 5 sont aperçues très régulièrement tout au long de l'année. Elles représentent moins de 1%, valeur légèrement inférieure à celle de l'année dernière (1,1%).



Photo 5 : *Ceratium hirundinella*

### **CRYPTOPHYCEES**

Bien que cette classe enregistre une diversité très faible (4 espèces en 2006), elle apparaît comme un groupe au développement important. Elle arrive en deuxième position pour l'abondance des individus avec 11,8% alors qu'elle était quatrième en 2005 avec 6,8%. Les petites espèces qui la composent sont présentes toute l'année. Elles montrent un fort développement surtout en fin d'année (54% le 22 novembre et 67% le 13 décembre). *Rhodomonas minuta* var. *nannoplanctonica* avec 10,6% de l'abondance totale du phytoplancton, est le taxon le plus représenté au sein de cette classe (photo 6).



Photo 6 : *Rhodomonas minuta* var. *nannoplanctonica*

### CHRYSTOPHYCEES

Avec 19 taxons rencontrés, la diversité taxonomique de cette classe est en augmentation par rapport à celle de 2005 (15 taxons). Son abondance est en régression constante (11% contre 31% en 2005, 28% en 2004 et 17% en 2003). Ses diverses composantes (*Dinobryon* spp, *Kephyrion* sp, *Erkenia subaequiciliata*, entre autres) se développent tout au long de l'année mais principalement le 10 juillet où cette classe atteint 56% de l'abondance totale du phytoplancton. On observe également une croissance conséquente à l'automne (32% le 25 octobre). *Erkenia subaequiciliata* est l'espèce dominante de cette classe (photo 7) mais ne représente que 3,3% du peuplement algal annuel. Une nouvelle espèce a été recensée : *Kephyrion petasatum*.



Photo 7 : *Erkenia subaequiciliata*

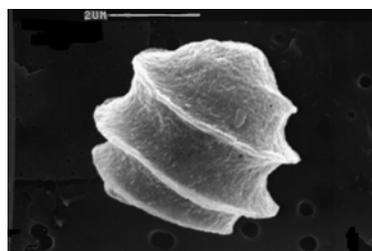


Photo 8 : *Kephyrion spirale*, espèce proche de *Kephyrion petasatum*

### DIATOMOPHYCEES (ou diatomées)

Comme les années précédentes, ces algues brunes dominent nettement le peuplement phytoplanctonique. En 2006, cette classe connaît encore une augmentation de son abondance (70% contre 52% en 2005 et 49% en 2004). On les rencontre tout au long de l'année mais de façon plus importante au printemps (91% le 20 avril, 86% le 16 mai) et aussi en automne (79% le 19 septembre). Avec 33 taxons, dont 7 taxons de diatomées centriques, la diversité spécifique a légèrement augmenté par rapport à 2005 (31 taxons). Les espèces principales sont *Fragilaria crotonensis* (51%) et *Cyclotella*

*cyclopuncta* (16% du phytoplancton). Il est à noter qu'en 2005, cette dernière espèce était la plus abondante (25% du phytoplancton) devant *Fragilaria crotonensis* (21%).

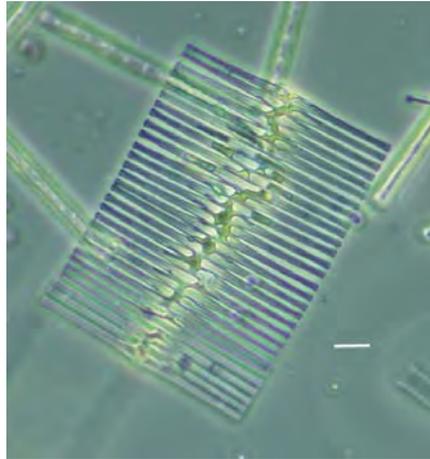


Photo 9 : Colonie de *Fragilaria crotonensis*

### **CHLOROPHYCEES**

Avec 20 taxons rencontrés (19 en 2005), la diversité spécifique de cette classe est stable. Avec 4,4%, son abondance relative annuelle est en diminution par rapport à celle de 2005 (9%). On observe son maximum en automne, le 25 octobre avec 32% de présence par rapport au phytoplancton total. *Chlorella vulgaris* (1,7%) et *Choricystis minor* (1,5%) sont les espèces les plus abondantes de cette classe.

### **ZYGOPHYCEES (= Conjuguées ou Desmidiacées)**

Avec 4 taxons, cette classe a une diversité et une abondance faibles (0,1%). Ces valeurs sont en léger retrait par rapport à l'année précédente (5 taxons et 0,2% pour l'abondance).

### **EUGLENOPHYCEES et XANTHOPHYCEES**

Ces deux classes sont absentes dans nos investigations cette année.

La figure II.3 présente l'abondance relative des principales espèces présentes dans le Grand Lac d'Annecy.

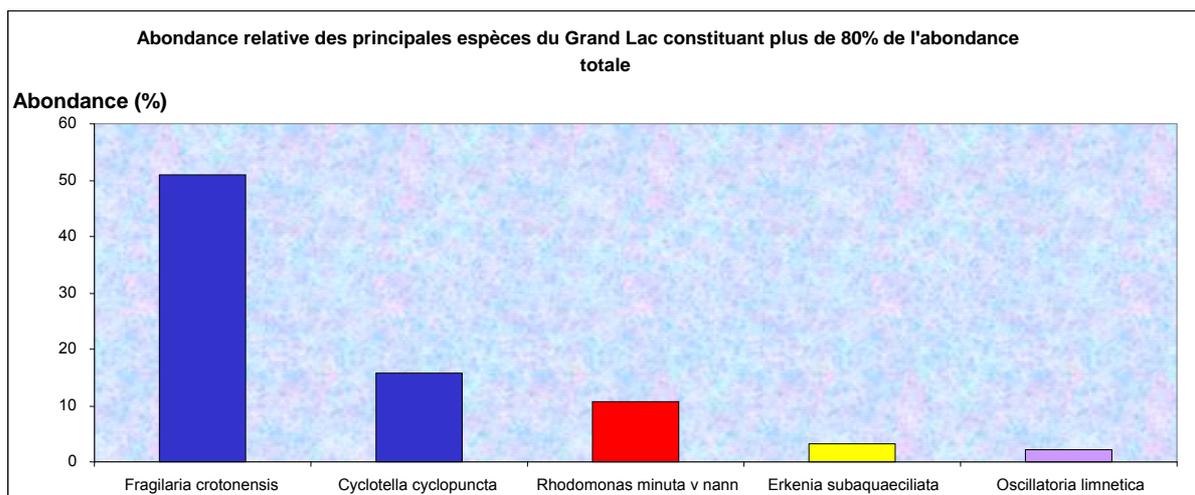


Figure II.3 : Abondance relative des espèces capitalisant plus de 80% du peuplement du Grand Lac d'Annecy en 2006.

En 2006, sur 96 taxons recensés dans le Grand Lac, 5 seulement (9 en 2005) constituent plus de 80% du peuplement phytoplanctonique et 1 espèce représente à elle seule plus de 50% de l'abondance totale du phytoplancton. C'est la diatomée pennée coloniale *Fragilaria crotonensis* qui compose en majorité cette communauté.

#### II.2.2.2. BIOMASSE DU PHYTOPLANCTON DANS LE GRAND LAC

L'estimation de la biomasse globale du phytoplancton peut résulter du dosage de la concentration en chlorophylle dans un volume d'eau déterminé (biomasse pigmentaire), mais elle ne peut être qu'approximative en raison de la plus ou moins grande richesse en chlorophylle des différentes espèces phytoplanctoniques. L'évaluation des biovolumes cellulaires\* conduit à une meilleure connaissance de cette biomasse.

\*Biovolume d'une espèce = volume cellulaire x nombre d'individus dénombrés

A partir d'une masse volumique du phytoplancton voisine de l'unité, la connaissance des biovolumes individuels permet l'évaluation de la biomasse de chaque espèce, puis par cumul celle des diverses classes du phytoplancton : classes de taille (nano- et microplancton) et classes taxonomiques des algues planctoniques.

La biomasse nanoplanctonique est désormais calculée avec une longueur de cellule ou colonie inférieure ou égale à 20µm et un volume inférieur à 10 000µm<sup>3</sup> (WETZEL, 2001). Le microplancton est constitué d'algues de plus grande taille, bien que visibles seulement au microscope.

### II.2.2.2.1. Biomasses du nano et du microphytoplancton

Tableau II.2 : Evolution en % du microplancton et du nanophytoplancton dans la couche 0-18m de 2001 à 2006 dans le Grand Lac.

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Moy 2001-06
Microplancton	65	55	53	68	80	65	64
Nanoplancton	35	45	47	32	20	35	36

Cette année, la biomasse du microplancton est très légèrement supérieure à celle enregistrée en 2005 et donc la proportion du nanoplancton très légèrement inférieure.

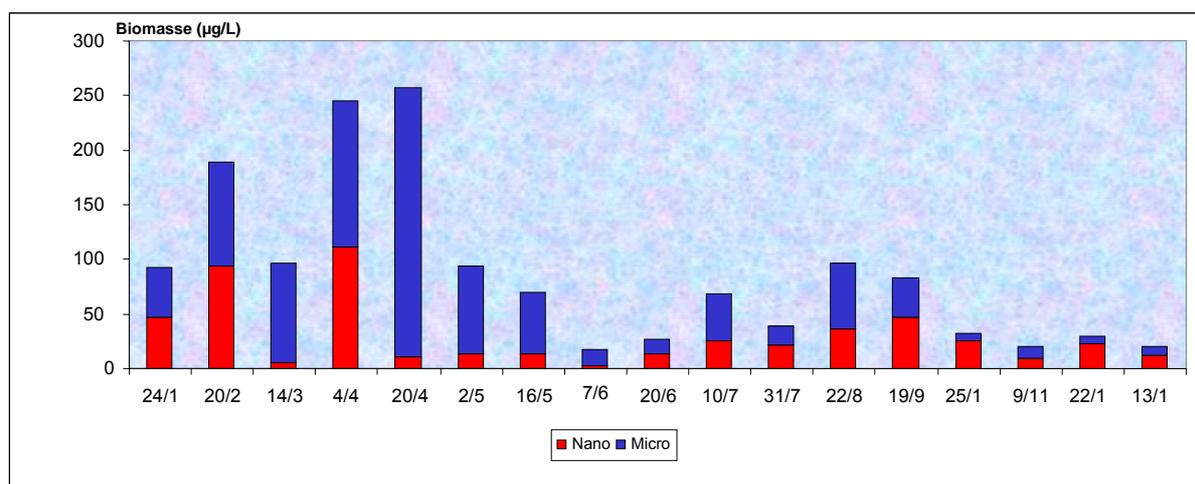


Figure II.4 : Variations saisonnières de la biomasse (matière fraîche) par classe de taille dans le Grand Lac à 0-18m en 2006

Le nanophytoplancton est surtout représenté par *Cyclotella cyclopuncta* (7,2%) (Figure II.5).

Il se développe d'une manière très irrégulière, puisque nous rencontrons des biomasses élevées aussi bien au début de l'année (24 janvier avec 51% de la biomasse totale et 20 février avec 50%), au printemps (4 avril avec 45%), en été (31 juillet avec 55%) ou à l'automne (25 octobre avec 81%). La valeur maximale de nanophytoplancton est enregistrée le 4 avril avec 1117 mg/m<sup>3</sup> (Figure II.4).

Avec 67% (80% en 2005), le microplancton est surtout composé par les diatomées *Fragilaria crotonensis* (39,4%) et *Asterionella formosa* (17,1%) et le péridinien *Ceratium hirundinella* (5,2%) (Figure II.5).

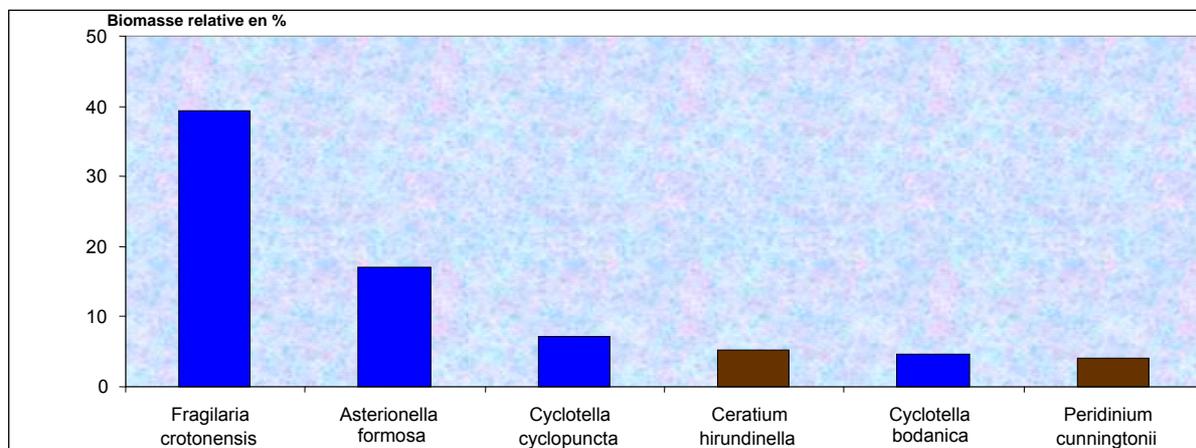


Figure II.5 : Biomasse relative (exprimée en pourcentage) des principales espèces phytoplanktoniques du Grand Lac d'Annecy durant l'année 2006

#### II.2.2.2.2. Importance relative des différentes classes d'algues.

La biomasse annuelle moyenne phytoplanktonique dans le Grand Lac est en très forte régression (866 mg/m<sup>3</sup> contre 2117 mg/m<sup>3</sup> en 2005). Comme les années précédentes elle est dominée par les diatomées (73% contre 58% en 2005). Les dinophycées arrivent en deuxième position avec 15% (20% en 2005), puis suivent les chrysophycées (6% contre 18% en 2005), les cryptophycées (3% contre 1,5% en 2005), les chlorophycées (0,8%) et les cyanobactéries (1,4%). Les zygothécées (0,6%) ont cette année une part sensiblement identique à celle enregistrée en 2005 (0,4%).

#### II.2.2.2.3. Les principales espèces et leur biomasse relative

En 2006, sur 96 espèces (87 en 2005), 4 espèces constituent environ 69% de la biomasse totale dont trois espèces microplanctoniques (*Fragilaria crotonensis* avec 39%), *Asterionella formosa* (17%), *Ceratium hirundinella* (5%) et une espèce nanoplanctonique (*Cyclotella cyclopuncta*, 7%) (Figure II.5).

L'annexe 5 donne la liste de toutes les espèces composant la biomasse totale du phytoplankton.

#### II.2.2.2.4. Variations saisonnières de la biomasse phytoplanctonique

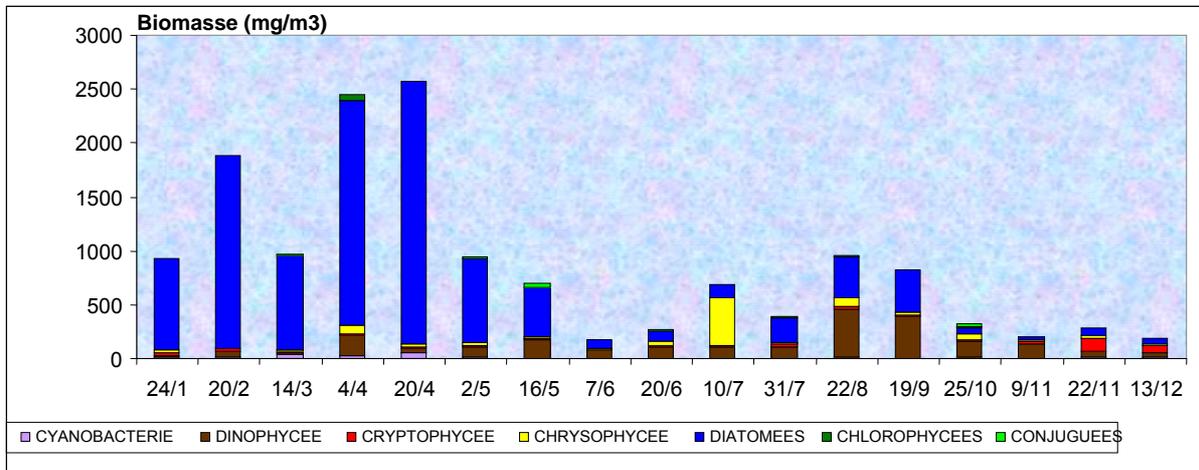


Figure II.7 : Variations saisonnières de la biomasse du phytoplancton (matière fraîche) par classes d'algues dans le Grand Lac en 2006.

On peut distinguer plusieurs phases dans les variations saisonnières de la biomasse phytoplanctonique (Figure II.7) :

\*la **phase hivernale** à faible biomasse phytoplanctonique (minimum hivernal le 24 janvier : 923 mg/m<sup>3</sup>) qui perdure jusqu'au 14 mars. Cette période est dominée par des diatomées et en particulier par *Fragilaria crotonensis* et *Asterionella formosa*.

\*la **phase printanière** observée du 4 avril au 21 juin est caractérisée par une brutale et forte augmentation de la biomasse totale dès le 4 avril (2448 mg/m<sup>3</sup>). La valeur maximale est enregistrée le 20 avril (2574 mg/m<sup>3</sup>) ce qui est inférieur d'un 1/3 de la valeur de 2005 (3682 mg/m<sup>3</sup>). Cette valeur du 20 avril est essentiellement la conséquence de la croissance de la diatomée coloniale *Fragilaria crotonensis*. On note que ces deux premières phases (hivernale et printanière) sont dominées par les diatomées comme les années précédentes.

\* la **phase estivale et la phase automnale** observées à partir du 10 juillet jusqu'au 25 octobre ne montrent pas de disparités fortes. Les biomasses sont irrégulières mais en général faibles (de 394 mg/m<sup>3</sup> le 31 juillet à 960 mg/m<sup>3</sup> le 22 août). En comparaison les valeurs des biomasses de cette période en 2005 étaient beaucoup plus élevées (3205 mg/m<sup>3</sup> le 26 juillet). Le 10 juillet 2006, 64% de cette biomasse est due à la

chrysophycée coloniale *Dinobryon divergens* alors que le 25 octobre 65% de la biomasse est composée du péridinien *Ceratium hirundinella*.

En 2006, la biomasse annuelle moyenne du phytoplancton ( $866 \text{ mg/m}^3$ ) est en forte régression par rapport à l'année précédente ( $2117 \text{ mg/m}^3$  en 2005 et  $2033 \text{ mg/m}^3$  en 2004) et n'a jamais été aussi faible. La biomasse printanière moyenne est également plus faible ( $1489 \text{ mg/m}^3$  contre  $2230 \text{ mg/m}^3$  en 2005). La biomasse printanière maximale ( $2574 \text{ mg/m}^3$ ) également plus faible qu'en 2005 ( $3682 \text{ mg/m}^3$ ) est comparable à celle enregistrée en 2001 ( $2459 \text{ mg/m}^3$ ). La biomasse estivale moyenne ( $431 \text{ mg/m}^3$ ) est très faible en comparaison de celles obtenues les années précédentes ( $1984 \text{ mg/m}^3$  en 2005 et  $1847 \text{ mg/m}^3$  en 2004). La biomasse estivale maximale est de  $960 \text{ mg/m}^3$ , valeur très inférieure à celles des années antérieures ( $3357 \text{ mg/m}^3$  en 2005,  $2924 \text{ mg/m}^3$  en 2004 et  $3096 \text{ mg/m}^3$  en 2003).

Comme en 2005, le développement massif du phytoplancton se fait encore très tôt dans l'année et le rapport BP/BE (Biomasse Printanière moyenne/Biomasse Estivale moyenne) le confirme puisqu'il est de 1,01 contre 1,12 en 2005. Toutefois, cette année encore, la biomasse printanière moyenne est plus faible que celle de 2005 entraînant une réduction de ce rapport BP/BE.

### **II.2.3. PETIT LAC**

#### **II.2.3.1. EVOLUTION DE L'ABONDANCE DES DIFFERENTES CLASSES**

Les observations les plus remarquables sont analysées dans la couche 0-18m pour le Petit Lac (Figure II.8 et Figure II.9).

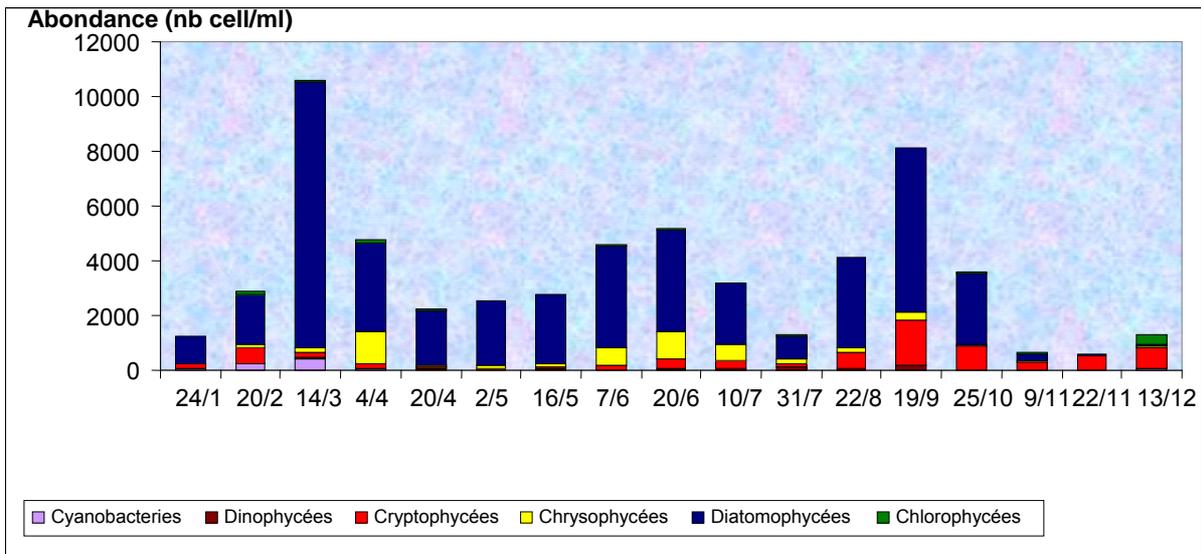


Figure II.8 : Variations saisonnières de l'abondance du phytoplancton (nombre de cellules par ml) dans le Petit Lac en 2006.

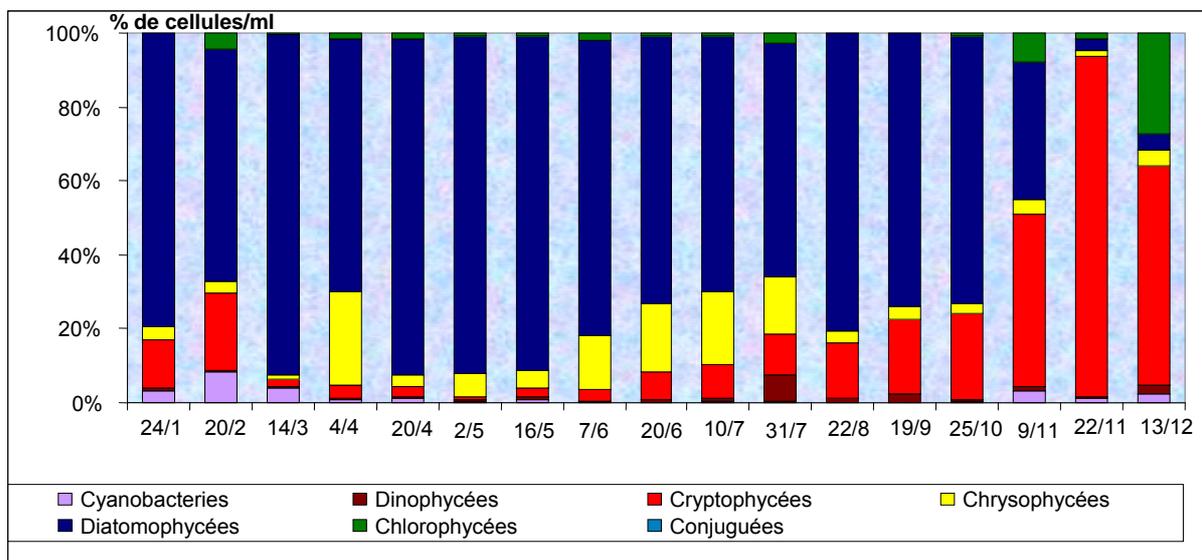


Figure II.9 : Variations saisonnières de l'abondance relative du phytoplancton (exprimée en pourcentage) du Petit Lac en 2006.

## CYANOBACTERIES

Représentées par 8 espèces dans le Petit Lac, elles montrent un développement plus important cette année avec 1,5%, alors que ce dernier n'était que de 0,6% l'année

précédente. Dans le Grand Lac, les cyanobactéries représentent 2,6% de l'abondance totale du phytoplancton.

### **DINOPHYCEES** (ou péridiniens)

Comme dans le Grand Lac, les dinophycées sont présentes toute l'année mais en faible quantité (1,1 %). L'abondance relative totale de cette classe est identique à celle de 2005 (1,0%). Avec 9 taxons (les mêmes que ceux trouvés dans le Grand Lac), la richesse spécifique de cette classe est plus forte de deux unités par rapport à 2005 (7 espèces).

### **CRYPTOPHYCEES**

Les espèces que l'on retrouve dans le Petit lac sont les mêmes que celles du Grand Lac (à une unité près) et leur abondance est sensiblement la même que dans le Grand Lac (11,6% contre 11,8%). Cette classe montre un développement tout au long de l'année mais son abondance relative est très élevée le 25 octobre (92%). Tout comme dans le Grand Lac, *Rhodomonas minuta* var. *nannoplanctonica* avec un peu plus de 10% de l'abondance totale du phytoplancton, est le taxon le mieux représenté au sein de cette classe (photo 10).

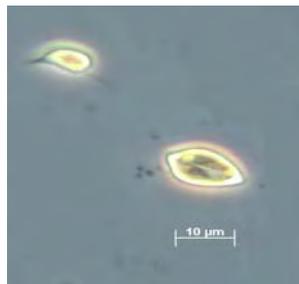


Photo 10 : *Rhodomonas minuta* et sa variété *nannoplanctonica*

### **CHRYSOPHYCEES**

La richesse de cette classe est quasiment stable, puisque l'on retrouve 16 taxons cette année contre 17 en 2005. Par contre son abondance chute fortement, passant de 26% en 2005 à 8,3% cette année. Ses diverses composantes (*Dinobryon* spp, *Erkenia subaequiciliata* entre autres) se développent toute l'année avec un pic de 25% le 4 avril.



Photo 11 : *Dinobryon bavaricum*

### **DIATOMOPHYCEES (ou diatomées)**

Comme les années précédentes, ces algues brunes dominant nettement le peuplement phytoplanctonique. L'abondance relative de cette classe est à nouveau en forte hausse par rapport aux trois dernières années (76% en 2006 contre 52% en 2005, 46% en 2004, 39% en 2003). Les espèces la composant se rencontrent tout au long de l'année mais de façon prépondérante de mars à fin mai. Elles présentent un pic de 92% les 14 mars et 2 mai. Le nombre d'espèces recensées pour l'année 2006 est légèrement supérieur à celui rencontré en 2005 (33 contre 28 en 2005). Les espèces principales sont *Fragilaria crotonensis* (38%) et *Cyclotella cyclopuncta* (34% du phytoplancton).



Photo 12 : *Cyclotella cyclopuncta*

### **CHLOROPHYCEES**

Cette classe comprend 21 espèces au total (14 en 2005). L'abondance relative de cette classe représente 1,5% de l'abondance totale du phytoplancton contre 9% l'année dernière. Cette année, aucune espèce n'a une abondance relative supérieure à 0,5%. Une espèce nouvelle pour le Petit Lac a été identifiée en 2006 : *Monoraphidium convolutum* (photo 13).



Photo 13 : *Monoraphidium convolutum*

### ZYGOPHYCEES (= Conjuguées ou Desmidiacées)

Avec 5 taxons, cette classe présente une diversité faible tout comme son abondance (0,1%).

### EUGLENOPHYCEES ET XANTHOPHYCEES

Ces deux classes sont, comme dans le Grand Lac, absentes de nos investigations cette année.

La figure II.10 présente l'abondance relative des principales espèces présentes dans le Petit Lac.

En 2006, sur 97 taxons recensés dans le Petit Lac, 4 constituent plus de 80% du peuplement phytoplanctonique et 2 espèces représentent, à elles seules, plus de 70% de l'abondance totale du phytoplancton. Comme dans le Grand Lac c'est la diatomée *Fragilaria crotonensis* qui compose en majorité cette communauté.

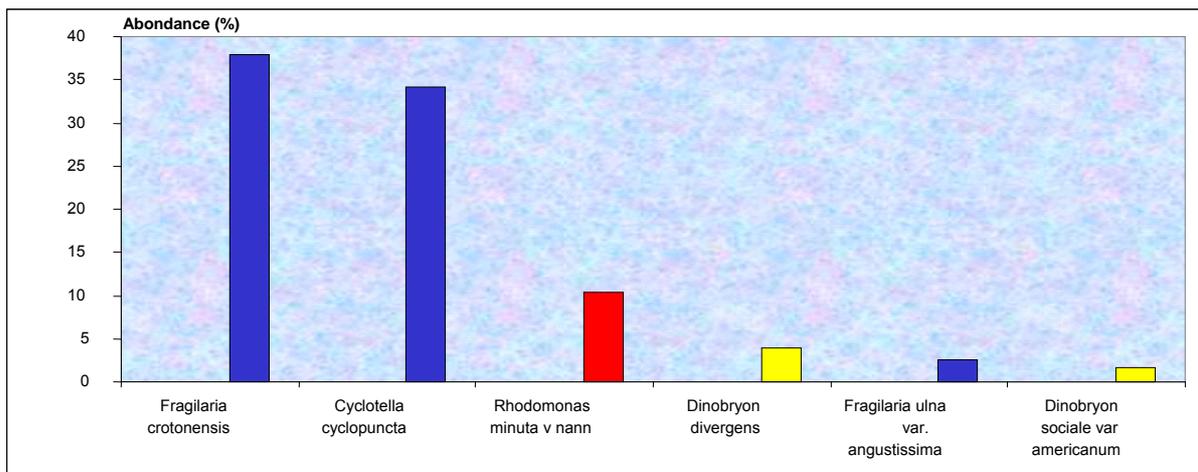


Figure II.10 : Abondance relative des espèces capitalisant plus de 80% du peuplement du Petit Lac d'Annecy en 2006.

### II.2.3.2. BIOMASSE DU PHYTOPLANCTON DANS LE PETIT LAC

L'estimation de la biomasse est identique à celle exposée dans le paragraphe II.2.2.2.

#### II.2.3.2.1. Biomasse du nano et du microplancton

Tableau II.3 : Evolution en % du microplancton et du nanoplancton dans le Petit Lac en 2006.

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Moy 2001-06
Microplancton	63	66	64	66	82	83	68
Nanoplancton	37	34	36	34	18	17	32

Les proportions du microplancton et du nanoplancton sont sensiblement identiques à celles enregistrées en 2005 (voir tableau II.3 ci-dessus). Dans le Grand Lac, la part du nanoplancton est plus forte (35%). Sur la période 2000-2006, les biomasses nanoplanctoniques ont une forte tendance à la baisse, passant de 63% en 2001 à 17% en 2006.

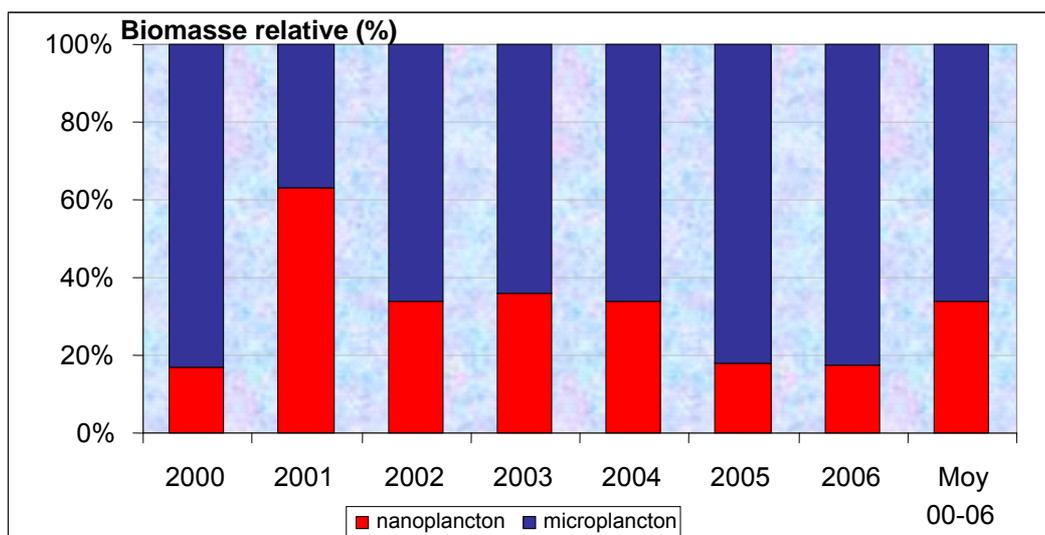


Figure II.11 : Evolution en % de la biomasse par classes de taille dans le Petit Lac de 2000 à 2006.

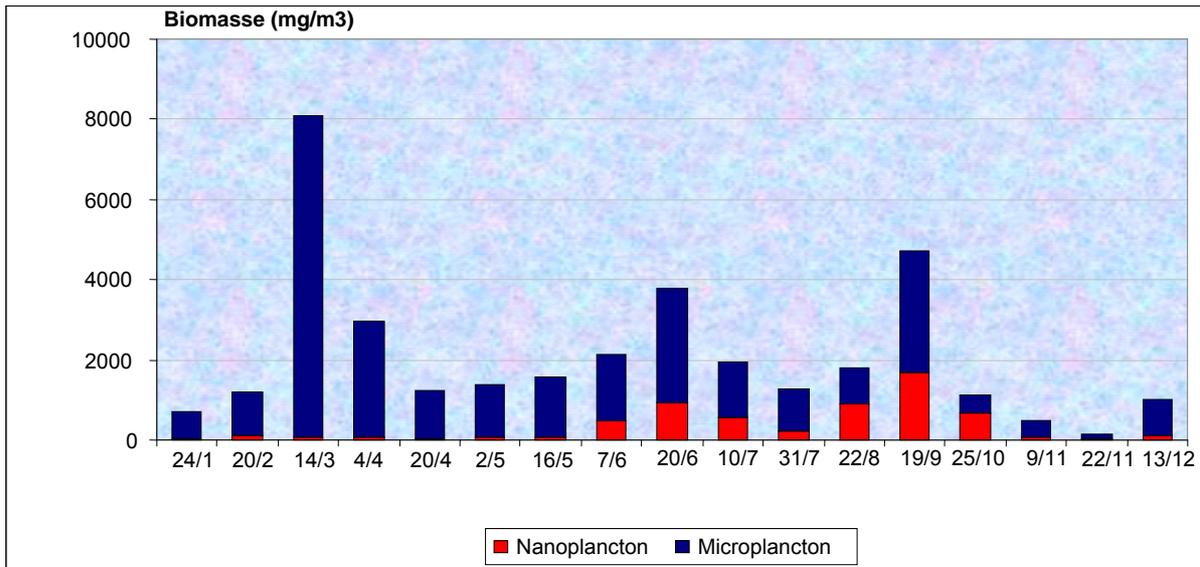


Figure II.12 : Variations saisonnières de la biomasse (matière fraîche) par classe de taille dans le Petit Lac en 2006

Le nanoplancton est surtout représenté par *Cyclotella cyclopuncta* (15%) et *Rhodomonas minuta* var. *nannoplanctonica* (1,2%). On observe un pic du nanoplancton le 25 octobre (59% de la biomasse totale), dû à la diatomée *Cyclotella cyclopuncta* qui occupe 58% du peuplement algal à cette date (Figure II.12).

Avec 83%, le microplancton est essentiellement composé des diatomées *Fragilaria crotonensis* avec 27,3% de présence, et *Fragilaria ulna* var. *angustissima* (10%). Mais également de la dinophycée *Ceratium hirundinella* (11,3%), des chrysophycées *Dinobryon divergens* (5,3%) (Figure II.13).

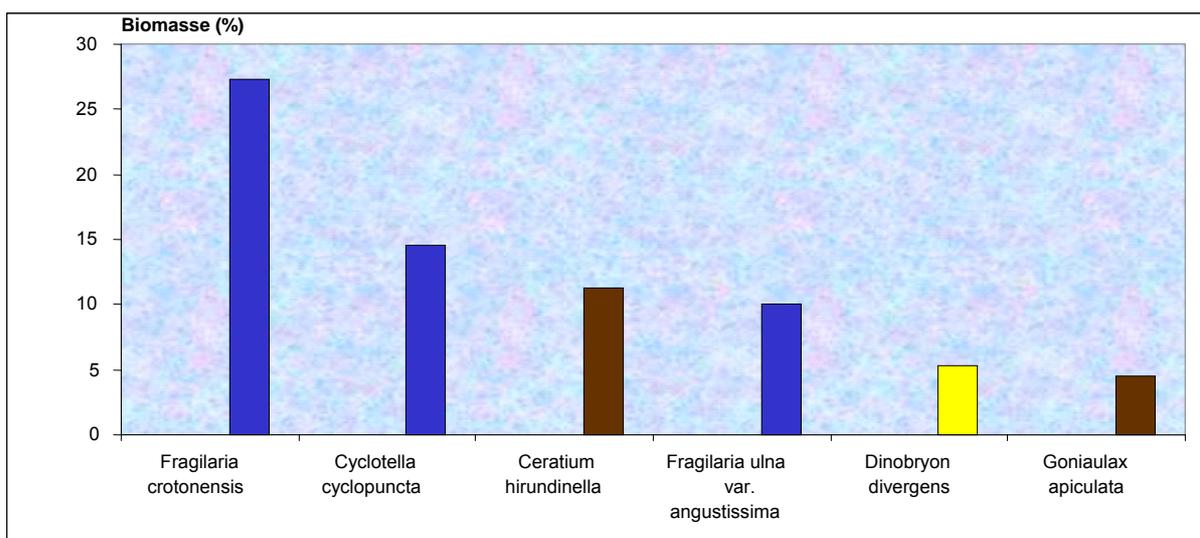


Figure. II.13 : Biomasse relative (%) des principales espèces phytoplanctoniques du Petit Lac d'Annecy durant l'année 2006

#### **II.2.3.2.2. Importance relative des différentes classes d'algues.**

Comme les années précédentes, la biomasse phytoplanctonique est dominée par les diatomées avec 60% (63% en 2005). Comme en 2005, les dinophycées arrivent en deuxième position cette année avec 25% (17% en 2005). Derrière ces deux classes dominantes dans la biomasse phytoplanctonique du Petit Lac, les chrysophycées sont moins abondantes avec 9% de présence. Les autres classes ne sont qu'accompagnantes : les cryptophycées avec 3%, les cyanobactéries 2,3%, les chlorophycées 0,4%, les zygothécées 0,2%. Les biomasses relatives de chaque classe obtenue dans le Petit Lac sont sensiblement différentes de celles du Grand Lac (voir chapitre II.2.2.2).

#### **II.2.3.2.3. Les principales espèces et leur biomasse relative**

En 2006, sur 97 espèces (83 en 2005, 97 en 2004, 105 en 2003 et 59 en 2002), 6 espèces constituent plus de 80% de la biomasse totale ( 6 en 2005 et 8 en 2004) dont deux microplanctoniques : *Fragilaria crotonensis* (38%), *Ceratium hirundinella* (11,3%), *Fragilaria ulna* var. *angustissima* (10%), *Dinobryon divergens* (5,3%) et *Goniaulax apiculata* (4,5%) et une nanoplanctonique *Cyclotella cyclopuncta* avec 15% (Figure II.13).

#### **II.2.3.2.4. Variations saisonnières de la biomasse phytoplanctonique**

On peut distinguer plusieurs phases dans les variations saisonnières de la biomasse phytoplanctonique (Figure II.14) :

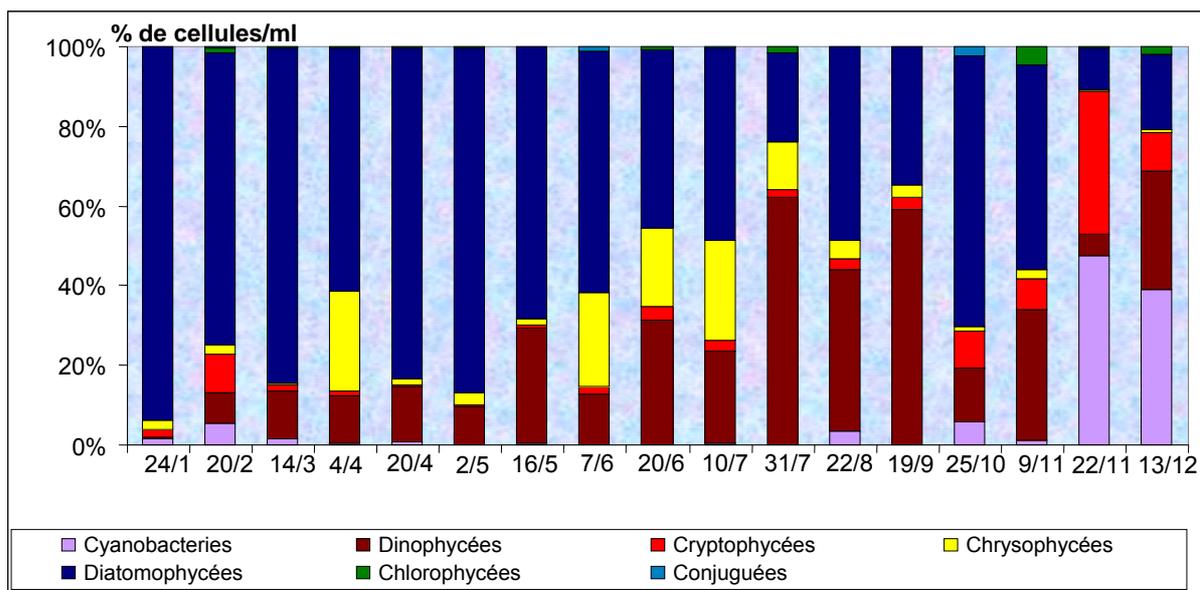


Figure II.14 : Variations saisonnières de la biomasse du phytoplancton (matière fraîche) par classe d'algues dans le Petit Lac en 2006.

\* la **phase hivernale** à faible production phytoplanctonique (minimum hivernal le 24 janvier :  $690 \text{ mg/m}^3$ ) est très courte puisque dès le 14 mars on enregistre un pic important de phytoplancton ( $8102 \text{ mg/m}^3$ ). Ce phénomène est identique dans le Grand Lac.

\* la **phase printanière** qui suit est difficile à positionner. Les valeurs de biomasses sont assez proches entre le 4 avril et le 7 juin (maximum le 4 avril avec  $2969 \text{ mg/m}^3$ ). L'année précédente ces valeurs étaient beaucoup plus fortes puisqu'elles atteignaient  $5309 \text{ mg/m}^3$  le 12 avril 05. Dans le Grand Lac ces biomasses sont sensiblement les mêmes. Le pic du 4 avril est essentiellement la conséquence de la croissance de la diatomée *Fragilaria crotonensis*.

\* la **phase estivale** qui lui succède jusqu'au 19 septembre, montre une distribution très irrégulière de la biomasse algale, avec un pic le 20 juin ( $3786 \text{ mg/m}^3$ ) puis une réduction de cette biomasse durant les mois de juillet et août et enfin un nouveau pic de biomasse le 19 septembre ( $4713 \text{ mg/m}^3$ ) correspondant à la biomasse maximale de la période estivale, valeur nettement supérieure à celle enregistrée le 22 août ( $1476 \text{ mg/m}^3$ ) dans le Grand Lac à cette même période. Durant cette période estivale, nous constatons la croissance importante des espèces suivantes : *Cyclotella cyclopuncta* (31,4% de la biomasse totale le 10 septembre) et *Goniaulax apiculata* (22% le 10 septembre).

\* la **phase automnale** s'étend du 25 octobre au 13 décembre, avec des valeurs de biomasse en diminution régulière. Il est à noter que la cyanobactérie coloniale *Chroococcus limneticus* représente plus de 38% de la biomasse le 13 décembre.

#### **II.2.4. COMPARAISONS DES DONNEES OBTENUES SUR CHAQUE BASSIN DU LAC**

L'annexe 4 donne la liste comparative de toutes les espèces composant le phytoplancton dans les deux bassins du lac d'Annecy.

En 2006, la biomasse phytoplanctonique moyenne dans le Petit Lac d'Annecy est de 2094 mg/m<sup>3</sup> (2400 en 2005 et 1868 en 2004). Dans le Grand Lac, elle est de 866 mg/m<sup>3</sup> (2117 mg/m<sup>3</sup> en 2005 et 2033 mg/m<sup>3</sup> en 2004). Cette année les valeurs sont très différentes d'un bassin à l'autre. Un peu en diminution dans le Petit Lac, elle en très forte chute dans le grand Lac.

La biomasse moyenne printanière dans le Grand Lac (1489 mg/m<sup>3</sup>) est légèrement plus faible que celle de l'année précédente (2230 mg/m<sup>3</sup>). Dans le Petit Lac, elle est également en légère régression (2233 mg/m<sup>3</sup>) par rapport à 2005 (2407 mg/m<sup>3</sup>).

En 2006, la biomasse estivale moyenne du Grand Lac (431 mg/m<sup>3</sup>) est en très forte chute. Elle était de 1984 mg/m<sup>3</sup> l'année précédente (Tableau II.4). Dans le Petit Lac, le phénomène est comparable mais moindre.

Comme en 2005, cette année le Grand Lac est moins riche que le Petit Lac.

Le rapport BP/BE a chuté drastiquement par rapport à celui de l'année précédente dans le Grand Lac passant de 1.12 à 0.67 dénotant un fort développement du phytoplancton au cours du printemps (Tableau II.3). Dans le Petit Lac le phénomène est inverse, avec une augmentation de ce rapport en 2006 montrant un écart moindre entre les périodes printanières et estivales.

Les biomasses nanoplanctoniques moyennes annuelles dans chaque lac sont encore en régression cette année et sont moins fortes que les biomasses microplanctoniques, ce qui signifie que c'est toujours le développement des espèces de grande taille qui prédomine. Ce phénomène semblant s'accroître depuis 2001 (Figure 2.II).

Globalement, avec 123 taxons rencontrés cette année (contre 104 l'année précédente), la diversité phytoplanctonique a augmenté et est identique dans chaque bassin.

Tableau II.4 : *Biomasses annuelles moyennes, biomasses saisonnières et biomasses maximales (mg/m<sup>3</sup>) dans le Petit Lac et le Grand Lac, en 2005 et 2006.*

	Annecy 2005 Grand Lac 0-18 m	<b>Annecy 2006</b> <b>Grand Lac 0-18 m</b>	Annecy 2005 Petit Lac 0-18 m	<b>Annecy 2006</b> <b>Petit Lac 0-18 m</b>
Biomasse annuelle moyenne	2116	866	2400	2094
Biomasse printanière moyenne (BP)	2230	1489	2407	2233
Biomasse estivale moyenne (BE)	1984	431	2391	1996
BP/BE	1.12	0.67	1.01	1.12
Biomasse printanière maximale (mois)	3682 (5)	2574 (4)	5309 (4)	8102 (3)
Biomasse estivale maximale (mois)	3357 (12)	960 (8)	3010 (12)	4713(9)
Biomasse nanoplanctonique annuelle moyenne	418	301	433	361
Biomasse microplanctonique annuelle moyenne	1698	565	1967	1732

BP = biomasse moyenne de janvier à la phase des eaux claires exclue

BE = biomasse moyenne de la phase des eaux claires incluse à décembre

(..) = mois où le phénomène s'est produit

## II.2.5. CONCLUSION DU CHAPITRE PHYTOPLANCTON

En 2006, la diversité spécifique du phytoplancton (123 taxons) a été plus forte qu'en 2005 (104 taxons), sans toutefois atteindre les valeurs obtenues en 1996 (173 taxons dans la strate 0-10m) et 1997 (152 taxons dans la strate 0-18m) (Balvay *et al.* 1998).

En 2006, comme les années précédentes, le phytoplancton est dominé par les diatomées, les dinophycées, les chrysophycées et les cryptophycées (biomasse relative > 1%).

## II.3 ZOOPLANCTON

### II.3.1 COMPOSITION ET EVOLUTION A LONG TERME DE LA COMMUNAUTE ZOOPLANCTONIQUE

#### II.3.1.1 Composition de la communauté en 2006

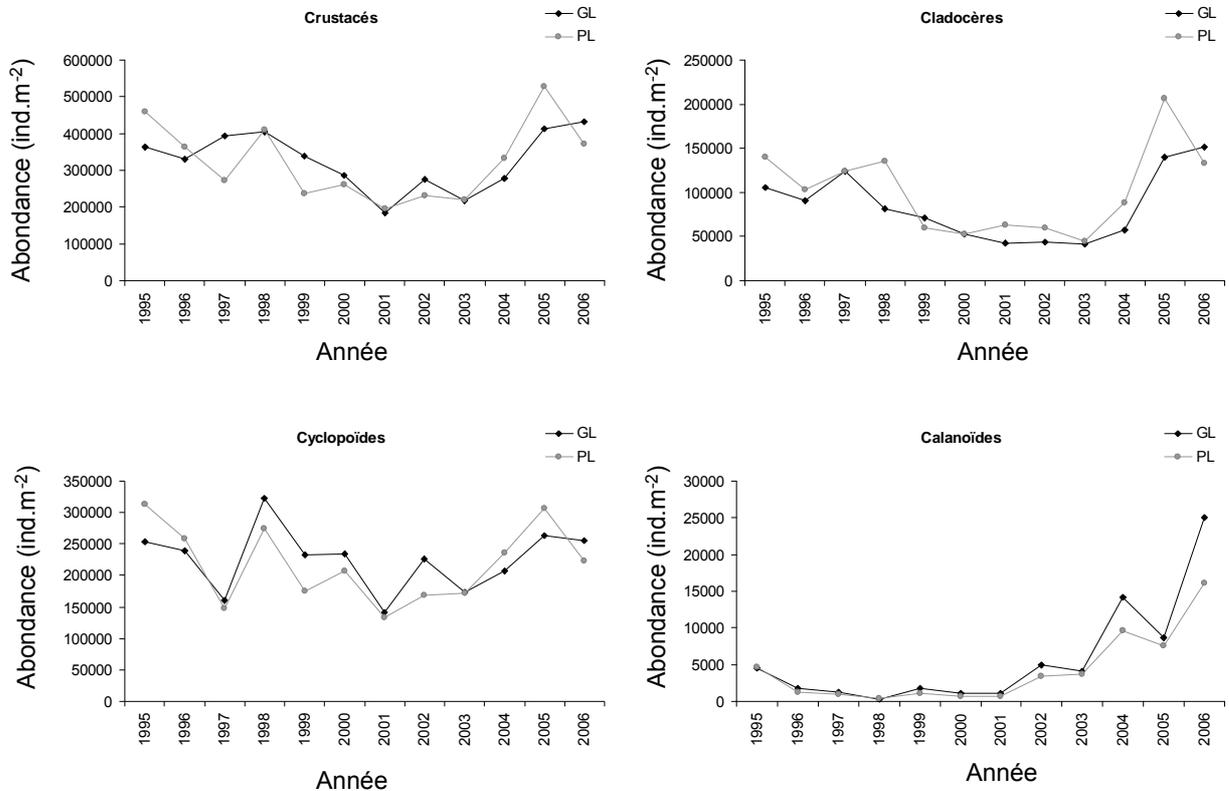
La communauté zooplanctonique crustacéenne est dominée par les cyclopoïdes, qui contribuent à respectivement 59% dans le Grand Lac et 60% dans le Petit Lac de l'abondance crustacéenne totale annuelle. En 2006, ils sont représentés par *Cyclops prealpinus* et *Mesocyclops leuckarti* dans des proportions comparables. Avec des contributions de 35% et 36% respectivement pour le Grand et Petit Lac, les cladocères constituent également une part importante de la communauté zooplanctonique crustacéenne. L'ordre des calanoïdes, qui dans le lac d'Annecy ne comprend qu'une seule espèce, *Mixodiaptomus laciniatus*, est faiblement représenté.

La méthode d'échantillonnage permet également de capturer les larves véligères de *Dreissena polymorpha* et les grosses espèces de rotifères. En 2006, trois espèces de rotifères (des genres *Asplanchna*, *Kellicottia* et *Conochilus*) ont été dénombrées dans les échantillons. *Chaoborus* a été observé sporadiquement dans les deux bassins.

#### II.3.1.2. Evolution à long terme de composition de la communauté

L'abondance moyenne annuelle des crustacés dans le Grand Lac d'Annecy en 2006 a atteint 430 000 ind.m<sup>-2</sup>, valeur la plus élevée observée sur la série 1995-2006 (**figure 1**). Tant dans le grand que dans le Petit Lac, la tendance à l'augmentation générale des abondances crustacéennes depuis 2001 est confirmée. Cette tendance résulte essentiellement d'une augmentation générale des effectifs de cladocères et des calanoïdes depuis 2001. Bien que les abondances de crustacés soient à présent comparables à celle de 1995, la communauté zooplanctonique montre toutefois de profonds changements de structure entre 1995 et 2006. Entre 1995 et 2001, la communauté zooplanctonique était largement dominée par les cyclopoïdes, représentant plus de 70% des crustacés tandis que les calanoïdes représentaient

moins de 1% de l'abondance crustacéenne totale. Depuis 2001, la contribution des calanoïdes et des cladocères à la communauté zooplanctonique augmente.

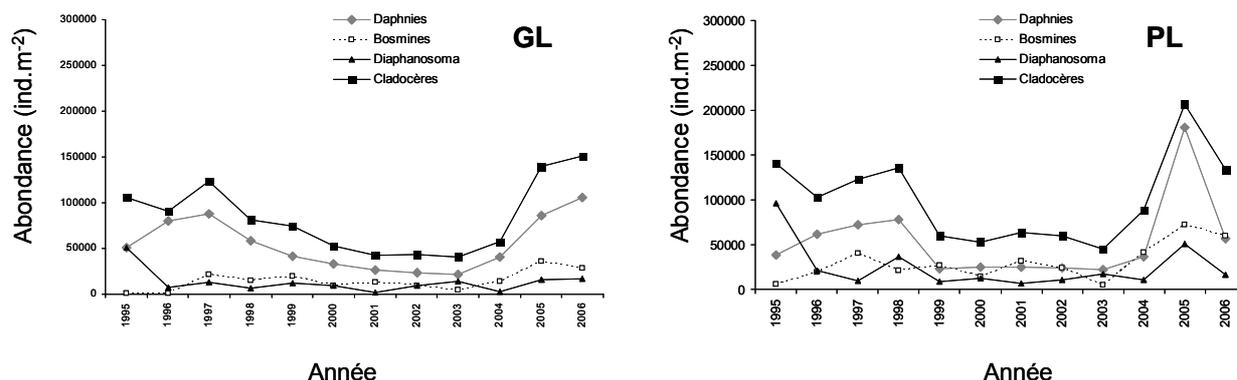


**Figure II.3 : 1. Evolution de l'abondance des microcrustacés.**

Les abondances des cyclopoïdes sont très fluctuantes d'une année à l'autre et aucune tendance à long-terme n'apparaît. En 2006, les cyclopoïdes sont présents avec de fortes abondances sans toutefois paraître comme une année atypique pour cet ordre.

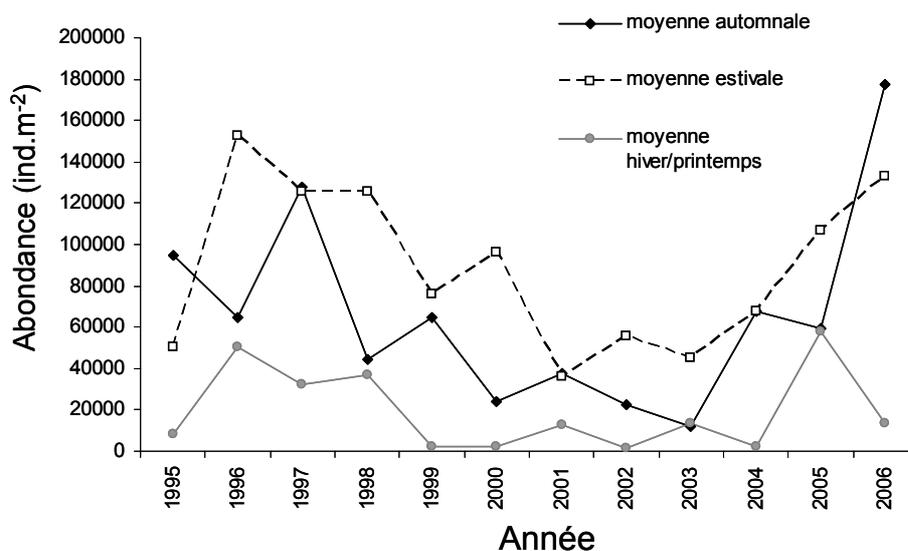
Les cladocères atteignent des abondances de 150 000 ind.m<sup>-2</sup> dans le petit et le Grand Lac, valeurs parmi les plus fortes observées depuis 1995. L'augmentation des effectifs de cladocères depuis 2001 est essentiellement due aux daphnies (**figure 2**).

## Suivi du lac d'Annecy 2006



**Figure II.3 :2. Evolution de l'abondance des différents taxons de cladocères dans le grand et le Petit Lac entre 1995 et 2006.**

L'augmentation de l'abondance moyenne annuelle des Daphnies résulte essentiellement d'abondances plus fortes en été et en automne, plutôt que d'une tendance à la hausse des moyennes printanières (**figure 3**).



**Figure II.3 :3. Evolution de l'abondance des cladocères par saison dans le Grand Lac. La moyenne hiver/printemps a été calculée de janvier à mai, la moyenne estivale de juin à août et la moyenne automnale de septembre à décembre.**

De même, les abondances de calanoïdes atteignent, en 2006, des valeurs records de 25 000 et 16 000 ind.m<sup>-2</sup> pour le grand et le Petit Lac respectivement, c'est-à-dire 2 fois plus qu'en 2005 et jusqu'à 4 à 5 fois plus qu'en 1995 (**figure 1**).

Les calanoïdes sont d'une espèce à développement de fin d'été (Anneville<sup>1</sup> et Laine, 2004). De même, les abondances estivales/automnales des daphnies tendent à augmenter. Cette tendance à l'augmentation synchrone des abondances de calanoïdes et de daphnies pourrait, par conséquent, résulter de conditions thermiques et/ou nutritionnelles plus favorables en fin d'été et en automne depuis 2001.

### II.3.1.3. Evolution à long terme des biovolumes sédimentés

Les deux bassins présentent des évolutions inter-annuelles qui reflètent celles observées pour l'ensemble de la communauté crustacéenne (**figure 4**). Sur la période étudiée on constate une baisse des biovolumes sédimentés, suivi d'une augmentation qui s'est initiée en 2004.

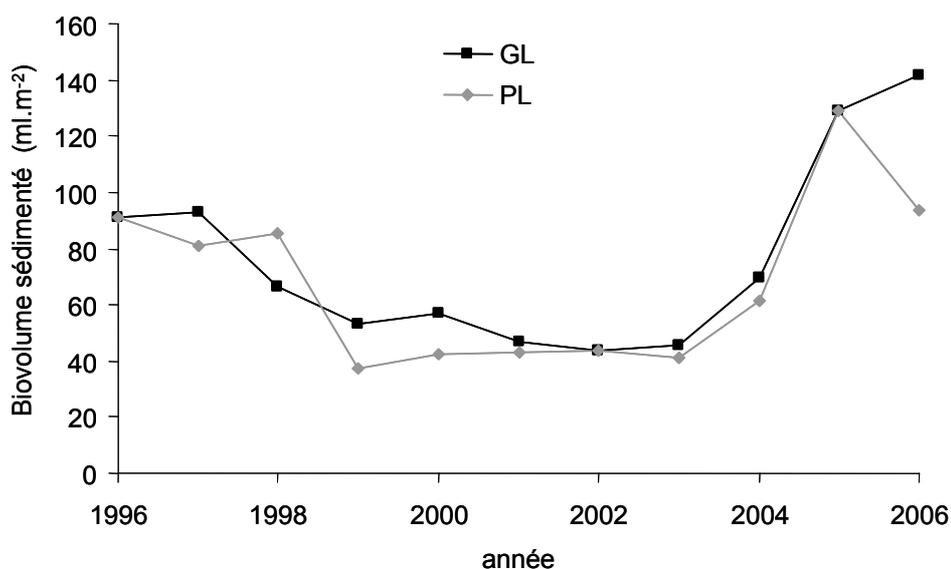


Figure II.3 :4. Evolution des moyennes annuelles de l'abondance du zooplancton sédimenté.

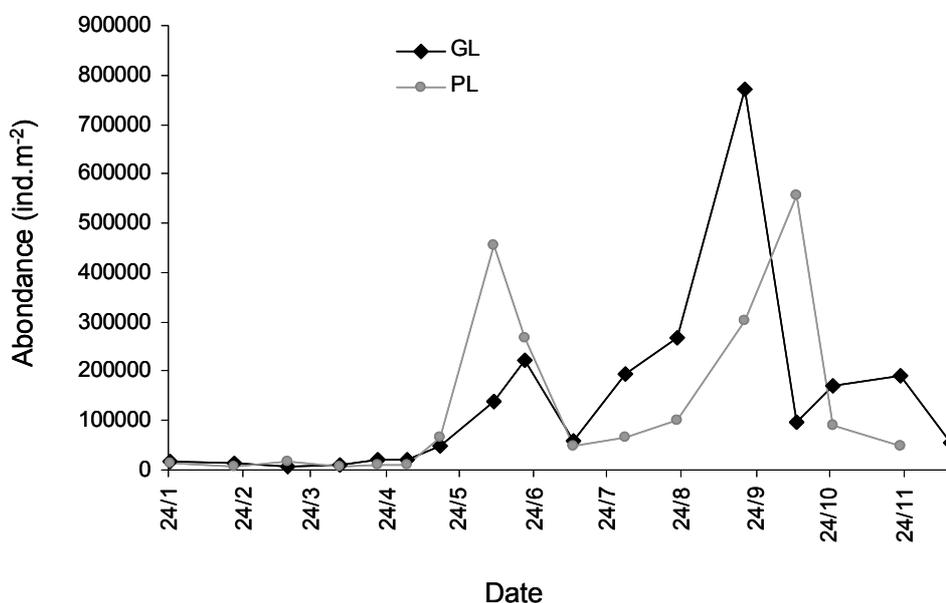
## II.3.2. DYNAMIQUE SAISONNIERE EN 2006

### II.3.2.1. Dynamique saisonnière des cladocères

Dans les deux bassins du lac d'Annecy, la dynamique saisonnière des cladocères se caractérise par la présence de deux pics : le premier en fin de

<sup>1</sup> Anneville, O. et Laine, L. 2004. Le Zooplancton du lac d'Annecy, SILA.

printemps et le second en fin d'été (**figure 5**). En 2006, les pics d'abondance estivaux ont atteints 800 000 (GL) et 600 000 ind.m<sup>-2</sup> (PL), valeurs supérieures aux maxima de printemps.



**Figure II.3 :5. Evolution saisonnière de l'abondance totale des cladocères**

Dans le Grand Lac, les cladocères herbivores sont largement dominés par *Daphnia hyalina* qui représente 69% de l'abondance, tandis que dans le Petit Lac, *D. hyalina* et *E. longispina* + *mixta* sont représentées en proportions similaires (respectivement 42% et 44% de l'abondance des cladocères herbivores).

Dans le Grand Lac, *D. hyalina* atteint son pic d'abondance printanier le 20/6 avec 150 000 ind.m<sup>-2</sup>. L'abondance diminue ensuite drastiquement dès début juillet (15 000 ind.m<sup>-2</sup>). Un second pic d'abondance s'initie ensuite dès la fin du mois de juillet et les abondances maximales, 4 fois supérieures à celles du pic printanier, sont atteintes le 19/9. En dépit d'un déclin rapide en automne, les abondances restent toutefois assez élevées jusqu'à la fin de l'année.

Dans le Petit Lac, le pic printanier d'abondance de *D. hyalina* est plus précoce que dans le Grand Lac (7/6) avec des maxima deux fois supérieurs (380 000 ind.m<sup>-2</sup>). Le pic automnal est cependant légèrement plus tardif (25/10) avec des maxima inférieurs à ceux du printemps (170 000 ind.m<sup>-2</sup>).

Dans les deux bassins, les pics d'abondances printaniers du groupement *Eubosmina longispina* et *E. mixta* sont synchrones avec ceux des *D. hyalina*, pour

des valeurs maximales cependant largement inférieures (70 000 et 45 000 ind.m<sup>-2</sup> pour, respectivement, le grand et le Petit Lac) (**figure 6**). La dynamique du groupement *Eubosmina longispina* et *E. mixta* diverge cependant entre les deux bassins à partir de l'été. Suite au développement printanier, dans le Grand Lac, les abondances diminuent progressivement jusqu'en hiver. Un pic d'abondance de 100 000 ind.m<sup>-2</sup> apparaît cependant le 22/11. Dans le Petit Lac par contre, le groupement *Eubosmina longispina* et *E. mixta* domine largement la communauté des cladocères en automne. Le groupement *Eubosmina longispina* et *E. mixta* montre un pic automnal synchrone à celui de *D. hyalina* mais avec des maxima 2 fois supérieurs.

*Diaphanosoma brachyurum* est une espèce relativement bien représentée dans le lac d'Annecy. Sa dynamique saisonnière se caractérise par une occurrence en période estivale (**figure 6**). Dans le Grand Lac, un maximum de 160'000 ind.m<sup>-2</sup> apparaît le 19 septembre. A la même date, dans le Petit Lac, les effectifs sont de l'ordre de 170'000 ind.m<sup>-2</sup>. Les effectifs déclinent ensuite rapidement jusqu'en hiver dans les deux bassins.

Les cladocères carnivores (*Leptodora kindtii* et *Bythotrephes longimanus*) présentent une évolution similaire dans les deux bassins (**figure 6**). *Leptodora* atteint ses maxima le 22 août avec des effectifs de 3'700 ind.m<sup>-2</sup> dans le Grand Lac et 1700 ind.m<sup>-2</sup> dans le Petit Lac. Les effectifs diminuent ensuite rapidement jusqu'à l'hiver. *Bythotrephes longimanus*, espèce pérenne à développement marqué en période de stratification thermique (Balvay<sup>2</sup> et al., 2004), présente une dynamique atypique puisqu'il n'a pu être observé qu'en janvier. Au regard de l'abondance de *B. longimanus* dans les estomacs de corégones tout au long de l'année (données non publiées), l'absence d'individus dans les prélèvements relève d'une inefficacité d'échantillonnage de cette espèce par nos méthodes.

---

<sup>2</sup> Balvay G., Laine L., Anneville O. 2004 Evolution du zooplancton du Léman, campagne 2003. Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2003, 81-92.

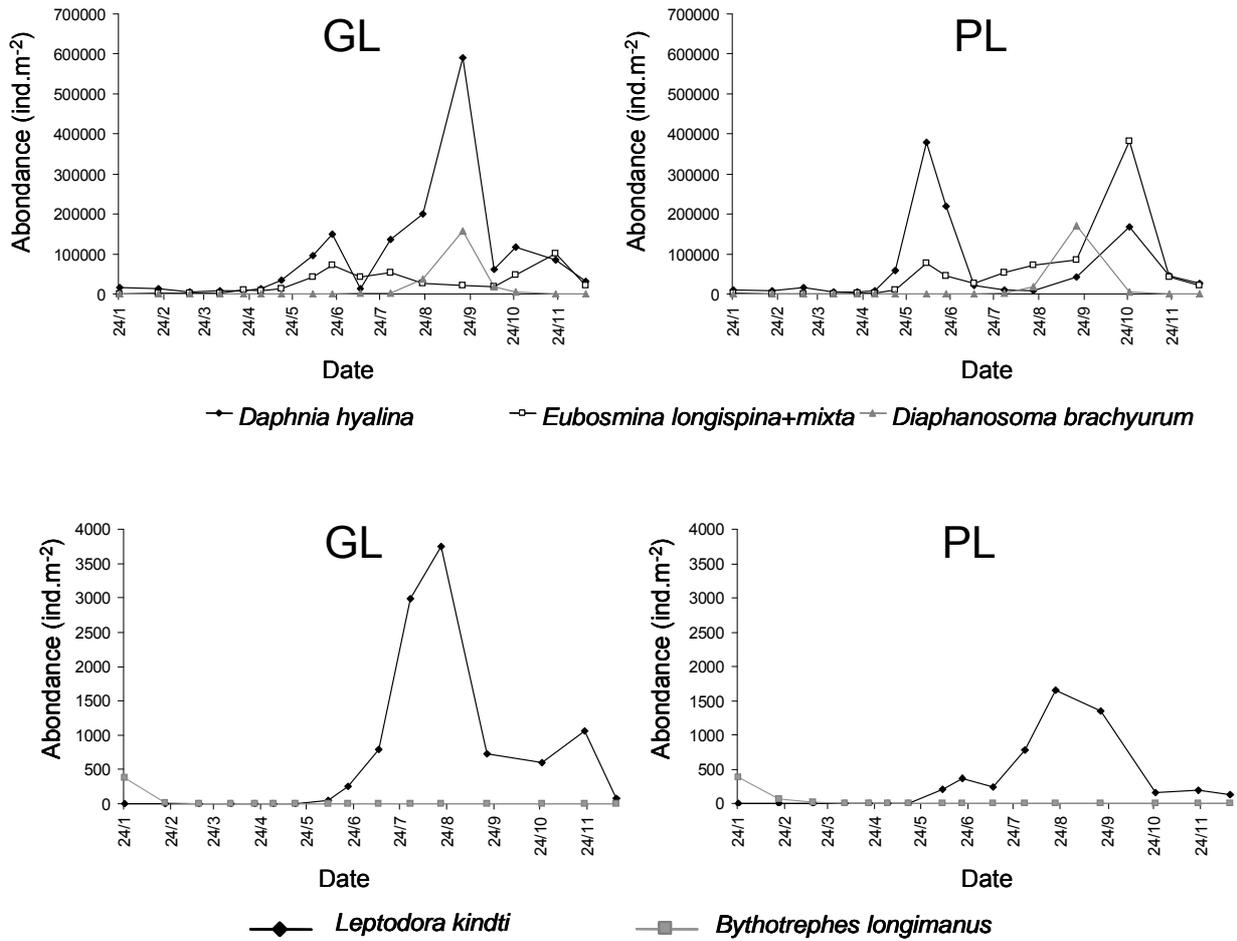
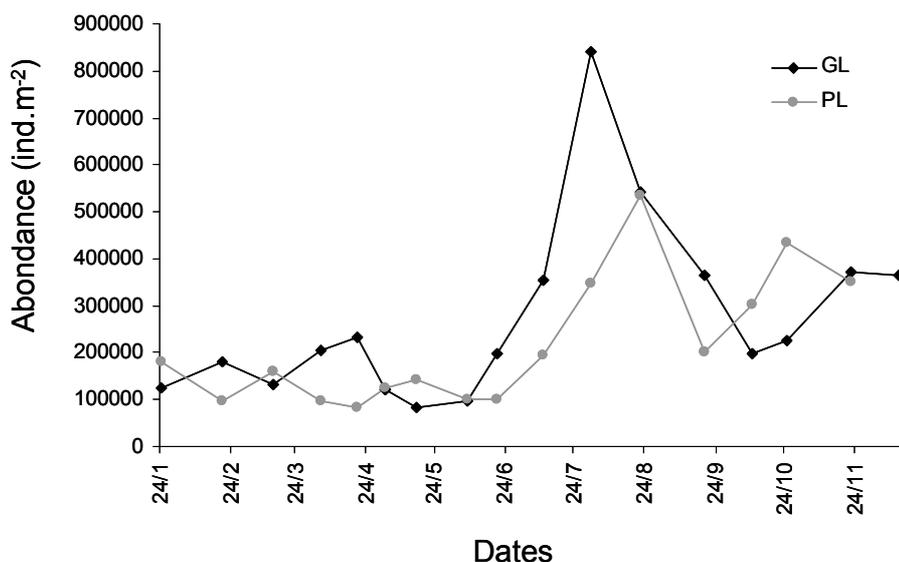


Figure II.3 :6. Evolution saisonnière des abondances des différentes espèces de cladocères identifiées

### II.3.2.2. Dynamique saisonnière des copépodes

Dans les deux bassins, le développement des copépodes s'amorce au printemps et atteint ses maxima en été. Après un déclin de fin d'été, les effectifs augmentent à nouveau en fin d'automne (figure 7).



**Figure II.3 :7. Evolution saisonnière de l'abondance totale des copépodes**

Dans les deux bassins, la communauté des cyclopoïdes est représentée par deux espèces : *Cyclops prealpinus* et *Mesocyclops leuckarti*, présents en abondances similaires (**figure 8**). La dynamique saisonnière de *C. prealpinus* est comparable sur les deux bassins. *C. prealpinus* présente un développement précoce mais limité en début de printemps, de l'ordre de 100 000 ind.m<sup>-2</sup>, et un pic d'abondance de fin d'été (300 000 ind.m<sup>-2</sup> le 22/8) au cours duquel il domine la communauté crustacéenne.

En revanche, *Mesocyclops leuckarti* montre des dynamiques différentes entre les deux bassins. Dans le Grand Lac, la dynamique saisonnière de *M. leuckarti* est trimodale et marquée par un pic précoce mais limité en début de printemps, une abondance maximale de 450 000 en juillet et enfin un troisième développement tardif (300 000 ind.m<sup>-2</sup>), en fin d'automne. En revanche, dans le Petit Lac, *M. leuckarti* est présent à des abondances faibles ( $\leq 50\,000$  ind.m<sup>-2</sup>) tout au long de l'année et ne présente qu'un pic d'abondance proche de 350 000 ind.m<sup>-2</sup> en fin d'automne.

La seule espèce de calanoïdes présente au lac d'Annecy, *Mixodiaptomus laciniatus*, est presque deux fois plus abondante dans le Grand Lac que dans le Petit Lac. Dans les deux bassins cependant, *M. laciniatus* suit une dynamique similaire, marquée par un développement de fin d'été/début d'automne. Les maxima sont atteints le 22/8 avec 40 000 ind.m<sup>-2</sup> dans le Petit Lac et le 10/10 avec 60 000 ind.m<sup>-2</sup> dans le Grand Lac.

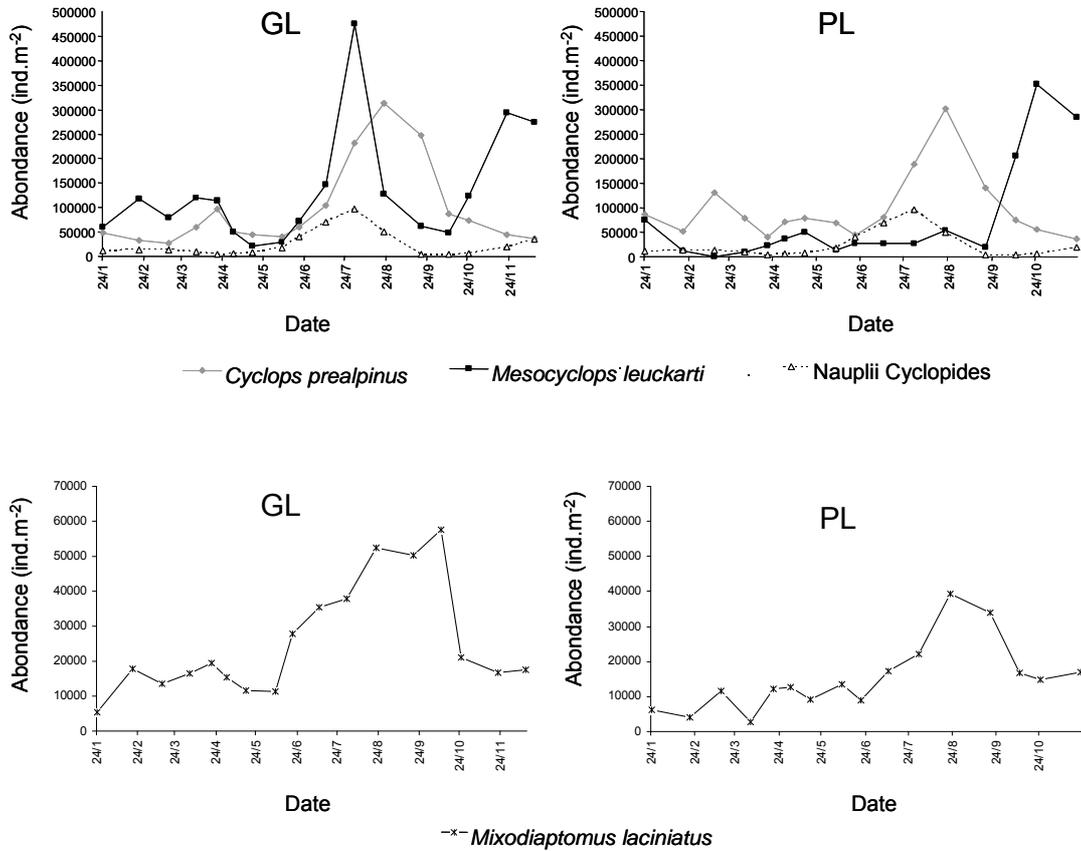


Figure II.3 :8. Evolution saisonnière des abondances des différentes espèces de copépodes identifiées

### II.3.2.3. Variation saisonnière des biovolumes sédimentés

Dans les deux bassins, le biovolume sédimenté présente une dynamique bimodale. Dans le Grand Lac, le biovolume sédimenté du zooplancton se caractérise par une augmentation printanière qui, le 20 juin, atteint un pic de 218 ml.m<sup>-2</sup> (**figure 9**). Le maximum printanier est beaucoup plus important dans le Petit Lac (363 ml.m<sup>-2</sup>) et apparaît le 7 juin. Après une diminution transitoire des biovolumes en été, un second pic automnal apparaît dans les deux bassins. Dans le Grand Lac, le biovolume atteint 360 ml.m<sup>-2</sup> le 19 septembre, c'est à dire une valeur supérieure à celle du pic printanier. Pour le Petit Lac, l'absence de données au 10 octobre empêche l'identification précise du pic.

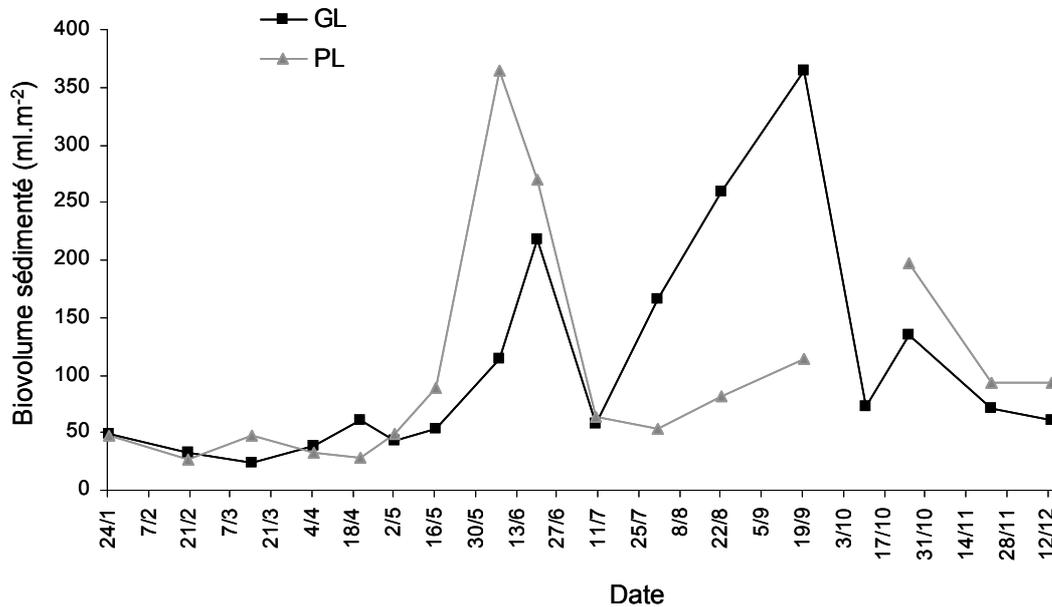
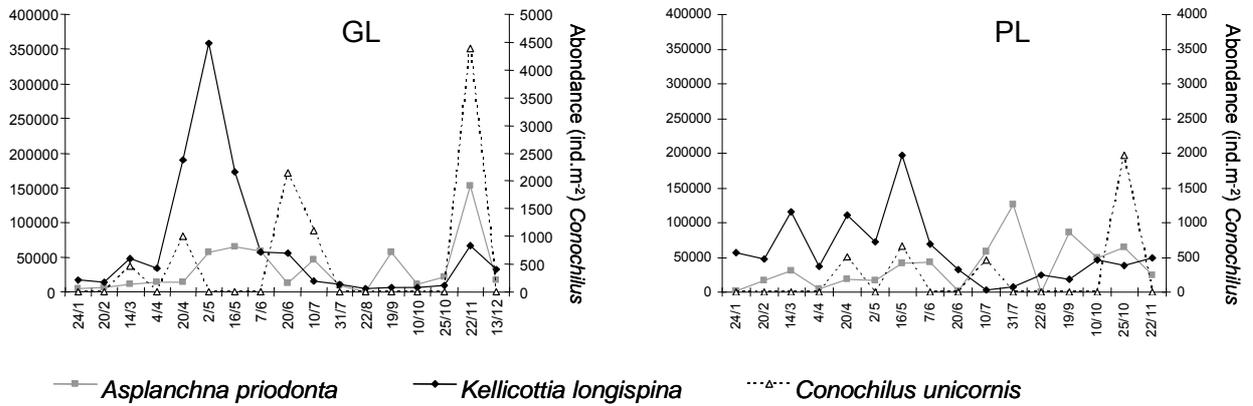


Figure II.3 :9. Evolution annuelle du biovolume sédimenté en 2006 (Annecy-Grand Lac et Petit Lac)

#### II.3.2.4. Variation saisonnière des espèces non crustacéennes

Les espèces pérennes de rotifères (*Kellicottia longispina*, *Asplanchna priodonta*) sont observées dans les deux bassins. *Kellicottia longispina* est présente toute l'année et atteint des maxima le 2 mai de 360 000 ind.m<sup>-2</sup> dans le Grand Lac et le 16 mai à 200 000 ind.m<sup>-2</sup> dans le Petit Lac. *Asplanchna priodonta* est présente en abondance limitée ( $\leq 50\ 000$  ind.m<sup>-2</sup>) toute l'année dans les deux bassins. *Conochilus unicornis* apparaît plus transitoirement avec des effectifs maximaux en fin d'automne (4500 ind.m<sup>-2</sup> dans le Grand Lac et 2000 ind.m<sup>-2</sup> dans le Petit Lac) (figure 10).

## Suivi du lac d'Annecy 2006



**Figure II.3 :10. Evolution saisonnière des abondances des différentes classes de rotifères identifiées**

La larve véligère de la moule zébrée d'eau douce *Dreissena polymorpha* n'a été observée qu'à deux occasions (le 31 juillet avec 1100 ind.m<sup>-2</sup> et 25 octobre avec 690 ind.m<sup>-2</sup>), dans le Grand Lac.

## **II.4 SUIVI DE LA PECHE AU LAC D'ANNECY EN 2006 ; STATISTIQUES OBLIGATOIRES ET CARNETS VOLONTAIRES.**

Le suivi de la pêche au lac d'Annecy s'appuie sur les déclarations de capture de tous les pêcheurs amateurs et professionnels mises en place en 1987.

Chaque pêcheur amateur reçoit un carnet sur lequel il coche à chaque sortie de pêche : le jour, chaque capture de salmonidé et le poids journalier par espèce. Il fait un récapitulatif annuel avant de rendre son carnet en fin de saison. La saisie informatique a été faite par le secrétariat de l'Association Annecy Lac Pêche. Cette année, 24794 sorties de pêche ont été saisies pour 835 carnets.

Chaque pêcheur professionnel reçoit des fiches mensuelles qu'il doit retourner chaque mois au service de la DDAF. Chaque jour il renseigne les poids et nombre de poissons capturés par espèce ainsi que le nombre de filets utilisés.

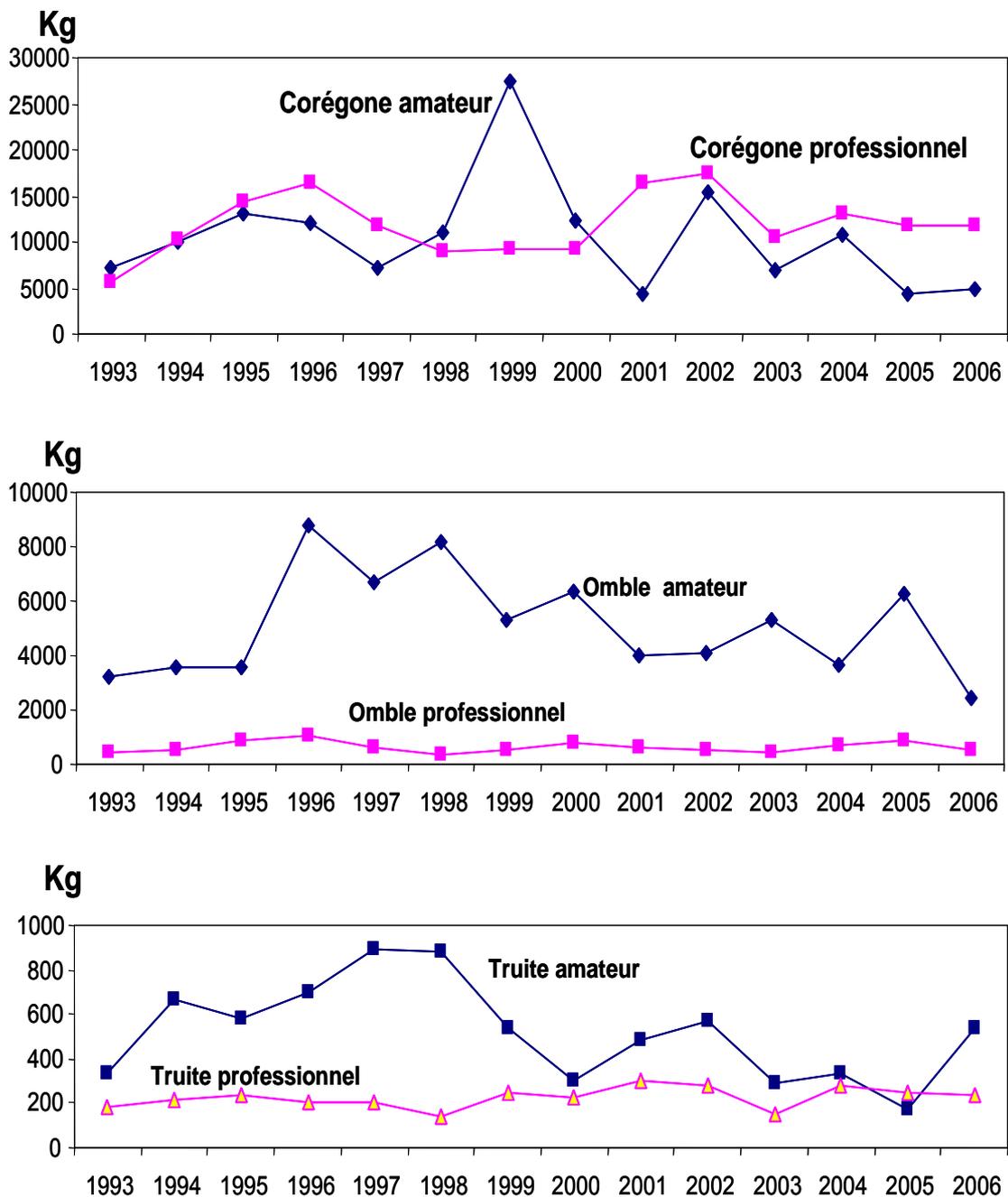
Toutes les données fournies par les statistiques obligatoires sont complétées par des données plus précises récoltées par des pêcheurs volontaires. Ainsi, chaque année depuis 1992, une vingtaine de pêcheurs bénévoles participe à la collecte de données complémentaires aux statistiques obligatoires mises en place depuis 1987. Cet effort, mené depuis maintenant 15 ans, permet d'accroître grandement nos connaissances sur le peuplement piscicole du lac et ainsi de pratiquer une gestion raisonnée des stocks en place.

En 2006, 25 pêcheurs bénévoles ont rempli un carnet volontaire. Le remarquable investissement personnel de ces pêcheurs, de surcroît bénévole, est une nouvelle fois à remercier et à encourager afin de garantir la meilleure gestion possible de la ressource piscicole du lac d'Annecy.

Comme les années précédentes, nous présenterons dans un premier temps les statistiques obligatoires. Nous analyserons ensuite en détails les

données collectées par les pêcheurs volontaires concernant l'omble et le corégone, et plus brièvement, la truite et le brochet.

**II.4.1 Les tendances de la pêche au lac d'Annecy en 2006, statistiques obligatoires (Source DDAF de Haute-Savoie)**



**Figure II.4.1 :** Evolution des captures d'ombles, de corégones et de truites au lac d'Annecy depuis 1993.

La pêche professionnelle du corégone est stable ces 4 dernières années entre 11 et 12 tonnes. Bien que l'on n'atteigne pas les quantités des années 2001 et 2002, la pêche professionnelle reste relativement bonne. Par contre, la pêche amateur du corégone reste au très mauvais niveau de l'année précédente. Avec 4,9 tonnes, la pêche de 2006 n'est supérieure que de 400 kg à celle de 2005. Quand on regarde les captures depuis 1999, on ne peut s'empêcher de noter une tendance régulière à la baisse avec des fluctuations positives en 2002 et 2004. Si on considère la série depuis 1993 en éclipsant l'année 1999, la tendance est moins nette, bien que la pêche en 2005 et 2006 soit très mauvaise.

La tendance pour la pêche amateur de l'omble est encore plus inquiétante. Depuis l'année 1996, la tendance est à la décroissance. La bonne pêche de l'année 1996 avait été interprétée comme le fruit de l'effort d'alevinage accru, mais cet effort a été maintenu depuis à un niveau élevé. Pour la pêche professionnelle, une augmentation des captures de 2003 à 2005 avait été mise en relation avec le changement de réglementation sur la pose des araignées profondes. On revient en 2006, avec 492 kg à un niveau proche des 396 Kg en 2003, après deux bonnes années à 839 Kg d'ombles en 2005 et 717 Kg en 2004. Ces variations des captures de la pêche professionnelle sont d'un ordre de grandeur nettement plus petit que celui des variations interannuelles observées dans la pêche amateur qui est de l'ordre de la tonne.

Pour la pêche de la truite, les quantités prélevées par les pêches professionnelles sont stables avec 236 kg alors que les captures des pêcheurs amateurs affichent un bon niveau avec 538 kg. La mauvaise pêche des corégones et des ombles a peut-être reporté une partie de l'effort de pêche sur cette espèce sur laquelle les statistiques ne portent pas sur assez d'individus pour qu'il soit possible d'avancer une hypothèse plus qu'une autre.

Les pêcheurs amateurs dans leurs carnets ont déclaré 1877 kg de brochet et les pêcheurs professionnels 543. Cette espèce est pêchée également par les pêcheurs du bord et les pêcheurs en bateau après la fermeture des

salmonidés. Les chiffres des statistiques disponibles restent stables ces dernières années.

La pêche professionnelle de la perche reste bonne en 2006, avec 1403 Kg. Les déclarations des pêcheurs amateurs sont encore en baisse en 2006 avec 288 Kg. Comme pour le brochet, ces données sont très partielles et nous ne disposons d'aucune autre donnée que celle des captures totales nous permettant une analyse plus détaillée.

## II.4.2 Les carnets volontaires

### Grandes lignes des statistiques

Les données de 25 carnets de pêcheurs volontaires sont analysées dans la suite de ce rapport. Nous disposons de données sur 2413 poissons, truite, omble et corégone. Cette année, bien que la pêche n'ait pas été bonne pour le corégone, cette espèce est la plus représentée (Tableau II.5.1), mais surtout par des poissons qui ne faisaient pas la taille minimale de 38 cm au moment de leur capture.

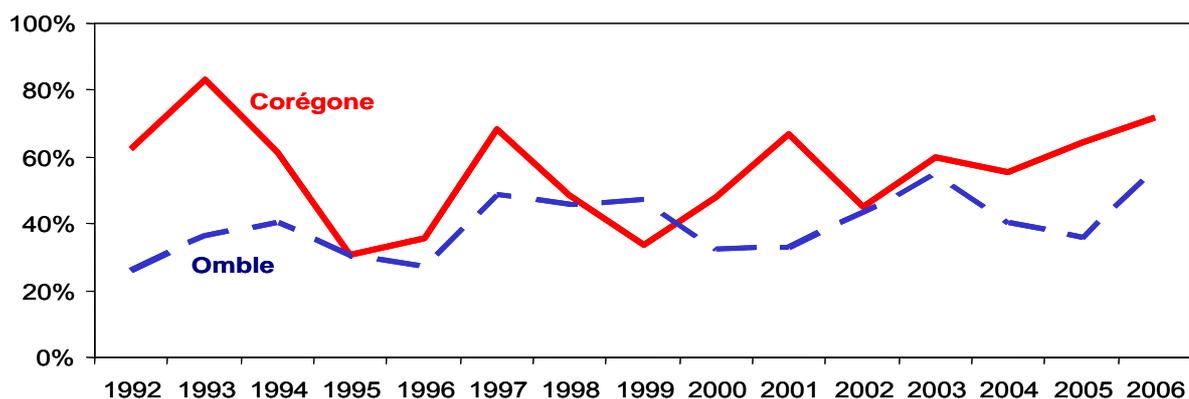
**Tableau II.4.1** : *Nombre de poissons salmonidés capturés par les 25 pêcheurs volontaires en 2006 au lac d'Annecy.*

Espèce	NB > taille légale	%	NB < taille légale	%	Total
Truite	87	9,85%	35	2,29%	122
Ombles	353	39,98%	346	22,61%	699
Corégone	443	50,17%	1149	75,10%	1592
Total	883	100,00%	1530	100,00%	2413

Les corégones représentent 50% des captures de salmonidés de taille supérieure à la taille minimale de capture. Les ombles sont très peu nombreux dans les captures des pêcheurs volontaires avec seulement 353 poissons de plus de 26 cm et environ autant en dessous de cette taille, alors que les truites sont exceptionnellement nombreuses bien que ne représentant que 10% des salmonidés.

L'évolution de la proportion de jeunes corégones montrait les dix premières années du suivi des fluctuations qui présentaient des pics en 1993, 1997, 2001 (Figure II.5.2). Ces pics correspondaient à des années où une génération forte se préparait à entrer dans la pêche. L'espérance de vie d'un corégone étant de 3 à 4 ans, on observait des cycles de 4 ans d'une génération forte suivie de générations plus faibles. Ces 5 dernières années, l'alternance est rompue avec une tendance à l'augmentation de la proportion de petits corégones qui sont relâchés parce que trop petits. Cette année 72 % des corégones capturés ont été relâchés.

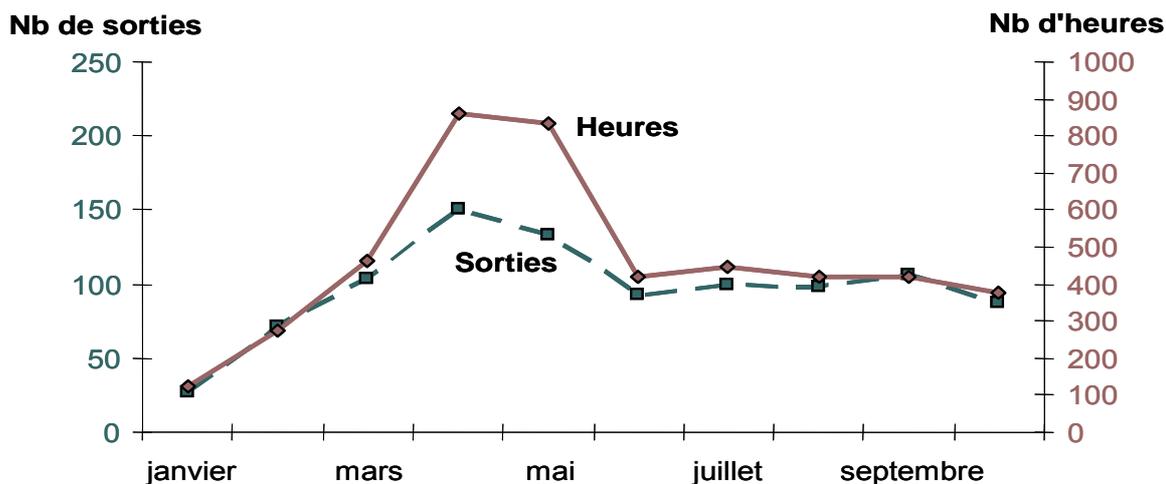
La proportion d'ombles de taille légale est proche de 50% des captures. La tendance globale du pourcentage de petits ombles marque également un accroissement de la proportion de petits poissons.



**Figure II-4.2 :** Evolution sur 15 ans des proportions de petits corégones et ombles dans la pêche au lac d'Annecy.

Plusieurs hypothèses peuvent être émises pour expliquer ces changements dans les proportions de poissons relâchés. La résistance des nylons de pêche permet des montages plus fins qui pourraient attraper plus de petits poissons. La pression de pêche est telle que la proportion de gros poissons diminuerait régulièrement dans la population. On peut également évoquer un changement dans la biologie des gros poissons qui deviendraient moins capturables. Les données sur les CPUE et les répartitions en taille des poissons dans la pêche vont nous donner des éléments de réponse par la suite.

La durée moyenne des sorties est de 4h46 en 2006. Cette moyenne est la plus élevée observée depuis 15 ans. Elle est due à des sorties de pêche particulièrement longues en avril et mai. La durée moyenne d'une sortie est de 5h40 en mai et de 6h15 en avril. Ces deux mois représentent 30 % des sorties de pêche. La durée moyenne des sorties de pêche est proche de 4h pour les autres mois de pêche comme observé les années précédentes.



**Figure II. 4.3 :** Nombre de sorties et d'heures déclarées chaque mois par les pêcheurs volontaires en 2006 au lac d'Annecy.

Comme en 2005, le schéma mensuel du nombre de sorties montre un maximum décalé vers le printemps, en avril et mai, alors que la fréquentation maximale était dans les années 90 plutôt en février et mars. C'est la très bonne capturabilité des corégones qui explique les longues sorties de pêche en 2006 (figure II.5.3).

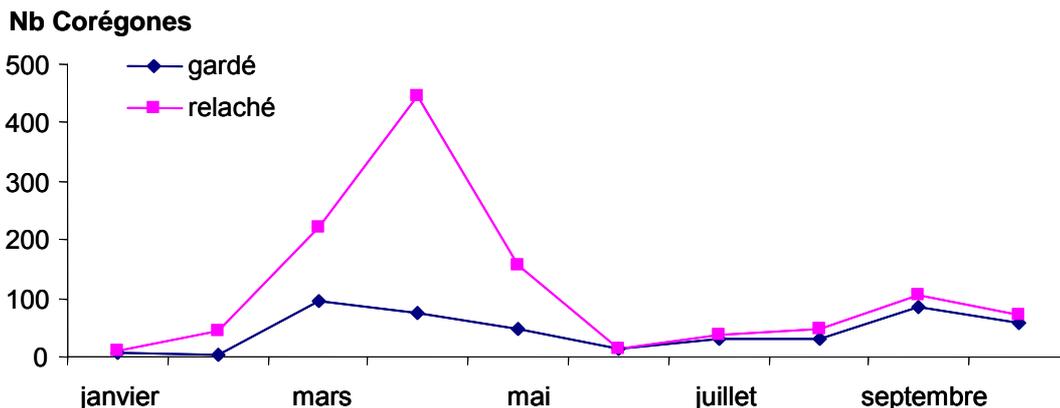


Figure II. 5.4 : Evolution mensuelle en 2006 du nombre de corégones déclarés par les pêcheurs volontaires.

Les mois de mars, avril et mai sont les mois où les pêcheurs amateurs ont capturé le plus de corégones (Figure II.5.4). Pendant ces trois mois, 80 % des corégones pêchés sont relâchés. Par la suite, cette proportion varie entre 50 et 60%. Les poissons qui ne mesuraient pas la taille minimale de capture au printemps l'atteignaient en septembre ce qui explique la diminution du pourcentage de petits poissons. La reprise des captures en septembre est un signe positif en fin saison.

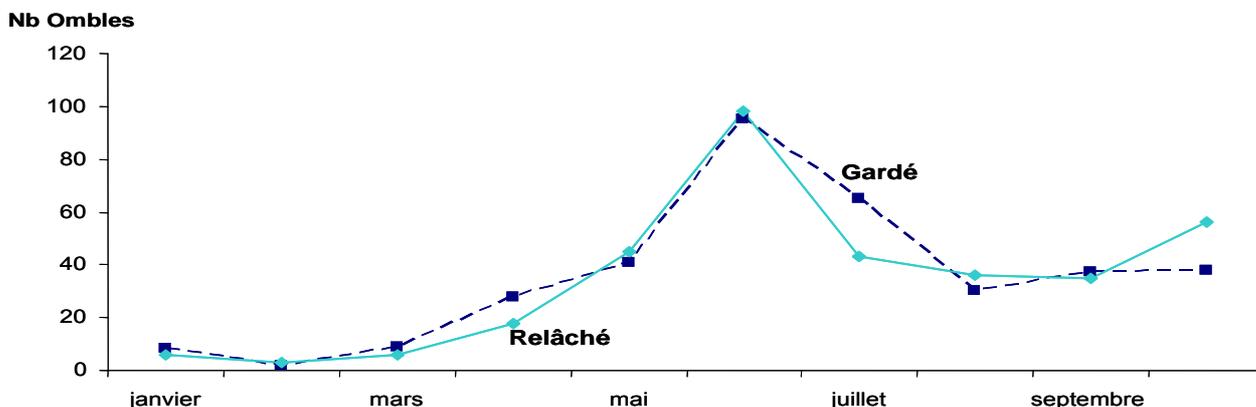


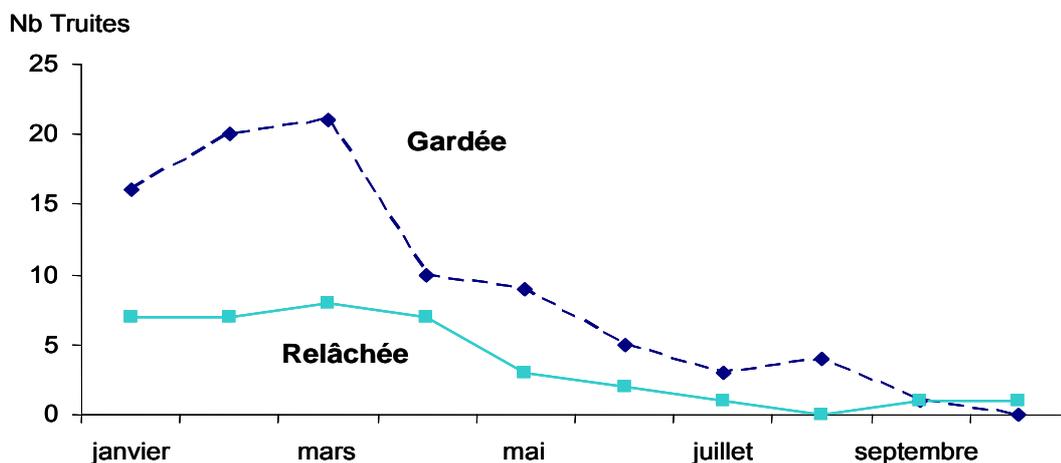
Figure II. 5.5 : Evolution mensuelle en 2006 du nombre d'ombles déclarés par les pêcheurs volontaires au lac d'Annecy.

En 2006, le schéma saisonnier des captures d'ombles est à nouveau atypique par rapport au schéma habituellement observé depuis 1992. Alors que l'année dernière le maximum des captures était constaté en mai sans que le pic

soit très marqué, cette année l'essentiel des captures d'omble a eu lieu seulement en juin (figure II.5.5).

En 2006, le nombre de truites est assez important. Le schéma saisonnier montre clairement que les truites sont capturées principalement en fin d'hiver et que 70 % de ces truites font la taille minimale de capture.

De ces graphiques de captures mensuelles, on voit qu'il y a eu en 2006 d'abord une pêche orientée vers la truite en février et mars, puis des captures de corégone suivies en juin par de bonnes pêches en omble. En juillet et août la pêche reste basse pour ces trois espèces et en septembre il y a eu reprise des captures de corégonnes.



**Figure II. 5.6 :** Evolution mensuelle en 2006 du nombre de truites déclarées par les pêcheurs volontaires au lac d'Annecy.

En 2006, les pêcheurs des carnets volontaires ont pêchés 185 heures en moyenne (Tableau II.5.2, figure II.5.6). Malgré de longues sorties de pêche en avril et mai, l'effort annuel moyen est l'un des plus bas sur 15 ans. De même, le nombre de sorties de pêche est l'un des plus bas, mais reste assez conséquent avec une moyenne de 39 sorties. L'ensemble des données est toutefois assez bien réparti au long de la saison de pêche. Le nombre de corégone et d'omble est très bas pour les ombles et également parmi les plus bas pour le corégone. Le nombre de truite est, lui, particulièrement élevé avec presque 10 truites en

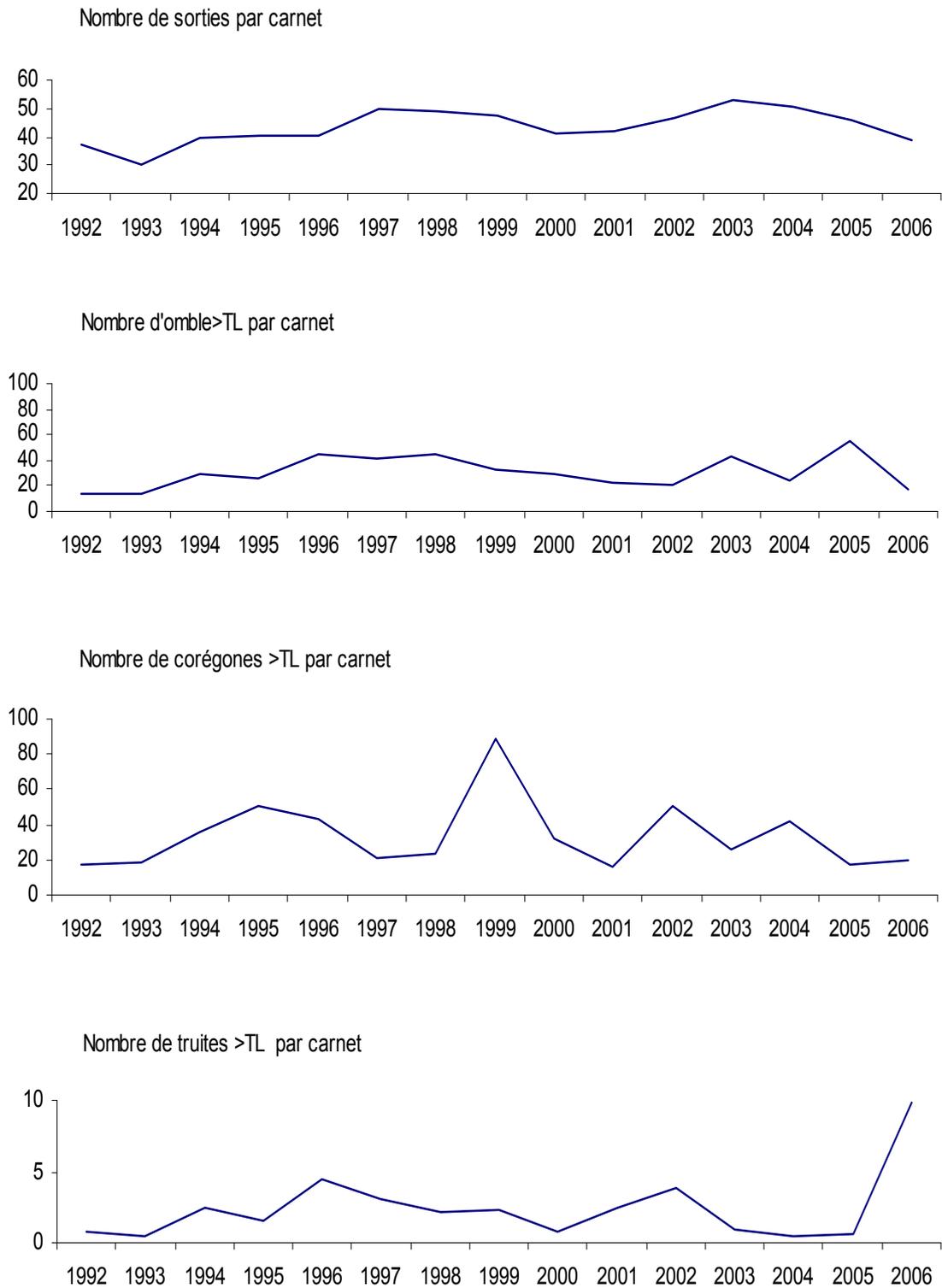
moyenne par carnet. Les pêcheurs volontaires ont ainsi pêché 46 salmonidés en moyenne. Il n'y a que 3 années sur les 15 où la pêche a été globalement plus mauvaise.

Les pêcheurs ont relâché 98 poissons qui ne mesuraient pas la taille minimale de capture, dont 74 corégones. Ces chiffres sont tout deux les plus élevés depuis 15 ans.

**Tableau II.4.2 : Statistiques de captures par unité d'effort des carnets des pêcheurs volontaires de 1992 à 2005 au lac d'Annecy.**

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Nombre de carnets exploités	23	23	23	17	25	26	27	24	23	18	19	20	28	22	25,0
Nombre d'heures de pêche par carnet	221,0	149,8	196,0	197,9	204,4	221,3	221,5	218,0	183,3	190,4	226,2	252,3	213,3	200,8	185,2
Nombre de sorties par carnet	37,0	30,4	40,0	40,2	40,7	49,4	49,4	47,7	40,9	41,8	46,7	52,7	50,4	45,9	38,8
Nombre d'ombles >TL par carnet	14,2	13,7	30,0	25,4	45,0	41,0	45,0	32,0	28,9	23,0	20,1	42,5	24,1	55,6	16,8
Nombre de corégones >TL par carnet	17,7	18,2	35,5	51,1	43,7	21,4	24,0	88,6	32,7	15,9	50,1	26,5	42,5	17,6	19,3
Nombre de truites >TL par carnet	0,8	0,4	2,5	1,5	4,4	3,0	2,1	2,3	0,8	2,4	3,8	0,9	0,4	0,6	9,9
<b>Relâchés</b>															
Ombles	4,9	7,7	20,0	10,9	16,8	38,6	37,8	28,5	13,7	11,2	15,1	51,8	16,3	30,8	22,0
Corégones	29,5	88,8	56,0	22,7	24,2	46,1	22,4	45,1	30,4	31,8	41,4	39,2	53,4	27,9	74,0
Truites	0,1	0,3	0,9	0,5	0,5	0,8	0,5	0,2	0,3	1,7	0,8	0,3	0,1	0,2	2,0

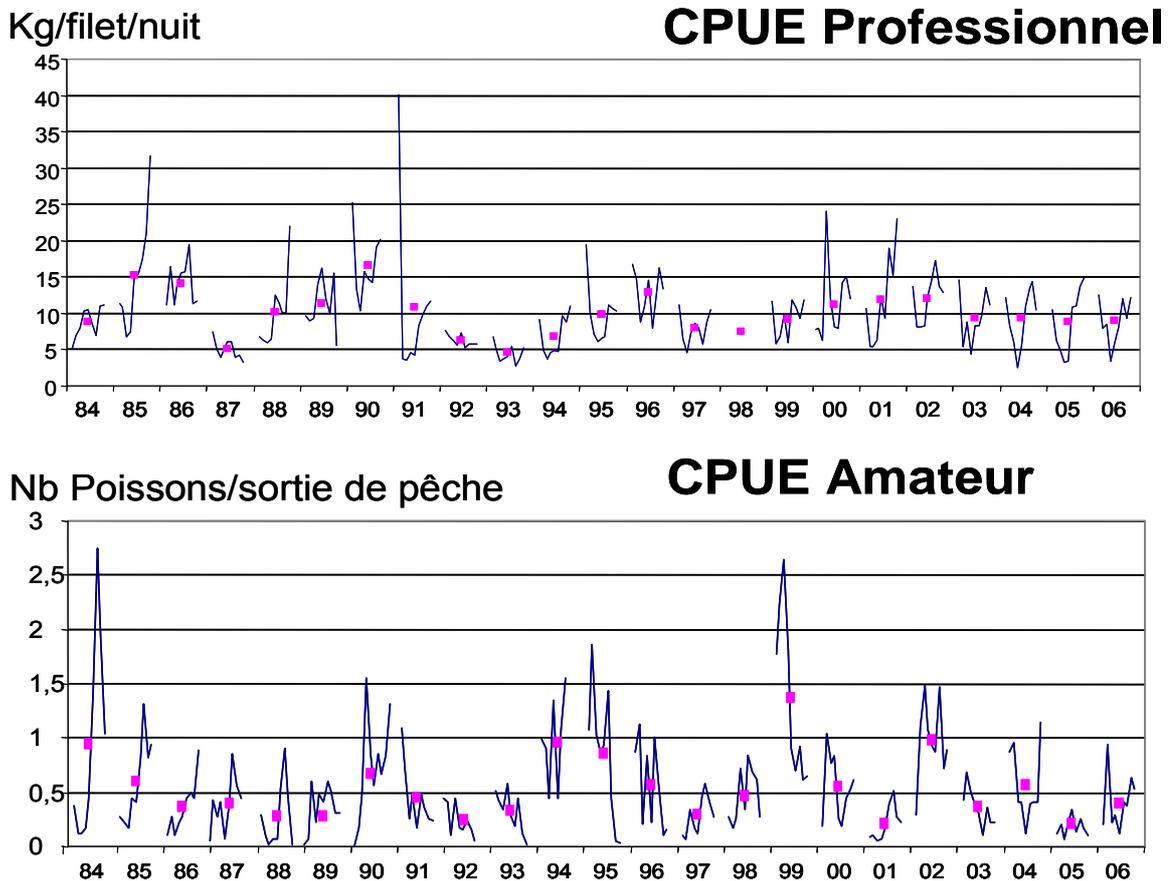
\* TL : Taille Légale



**Figure II.4.7 :** Evolution sur 15 ans de quelques paramètres globaux des carnets volontaires.

### II.4.3 Analyse de la pêche des corégones en 2006

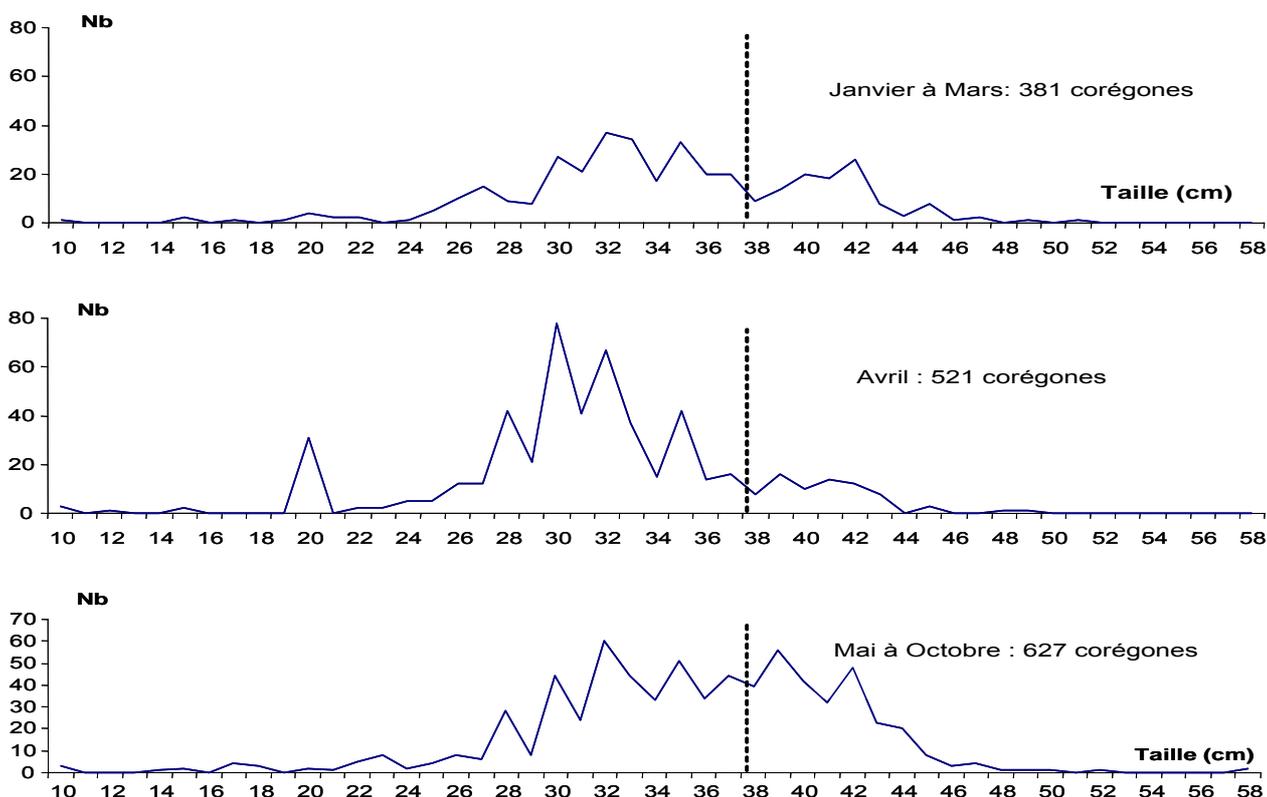
Depuis 1999, la moyenne annuelle des Captures par unité d'effort de la pêche professionnelle reste assez stable proche de 10 kg par nuit et par filet (figure II.5.8). Cette stabilité de la moyenne annuelle cache une variabilité mensuelle très forte. En 2000 et 2001, les CPUE mensuelles ont parfois dépassé 20 kg alors que ces trois dernières années les maxima n'atteignent pas 15 kg. Les CPUE augmentent en fin de saison 2006 sans dépasser nettement 10 kg. Le stock de géniteurs semble moins important que les années précédentes si on admet que les CPUE sont bien proportionnelles au niveau de la population et que l'on compare les CPUE du même mois d'une année à une autre.



**Figure II.4.8 :** Evolution des Captures de corégones Par Unité d'Effort dans la pêche au lac d'Annecy. Figure supérieure : rendement professionnel en Kg de poisson par filet par nuit. Figure inférieure : rendement de la pêche amateur en nombre de poissons par sortie de pêche.

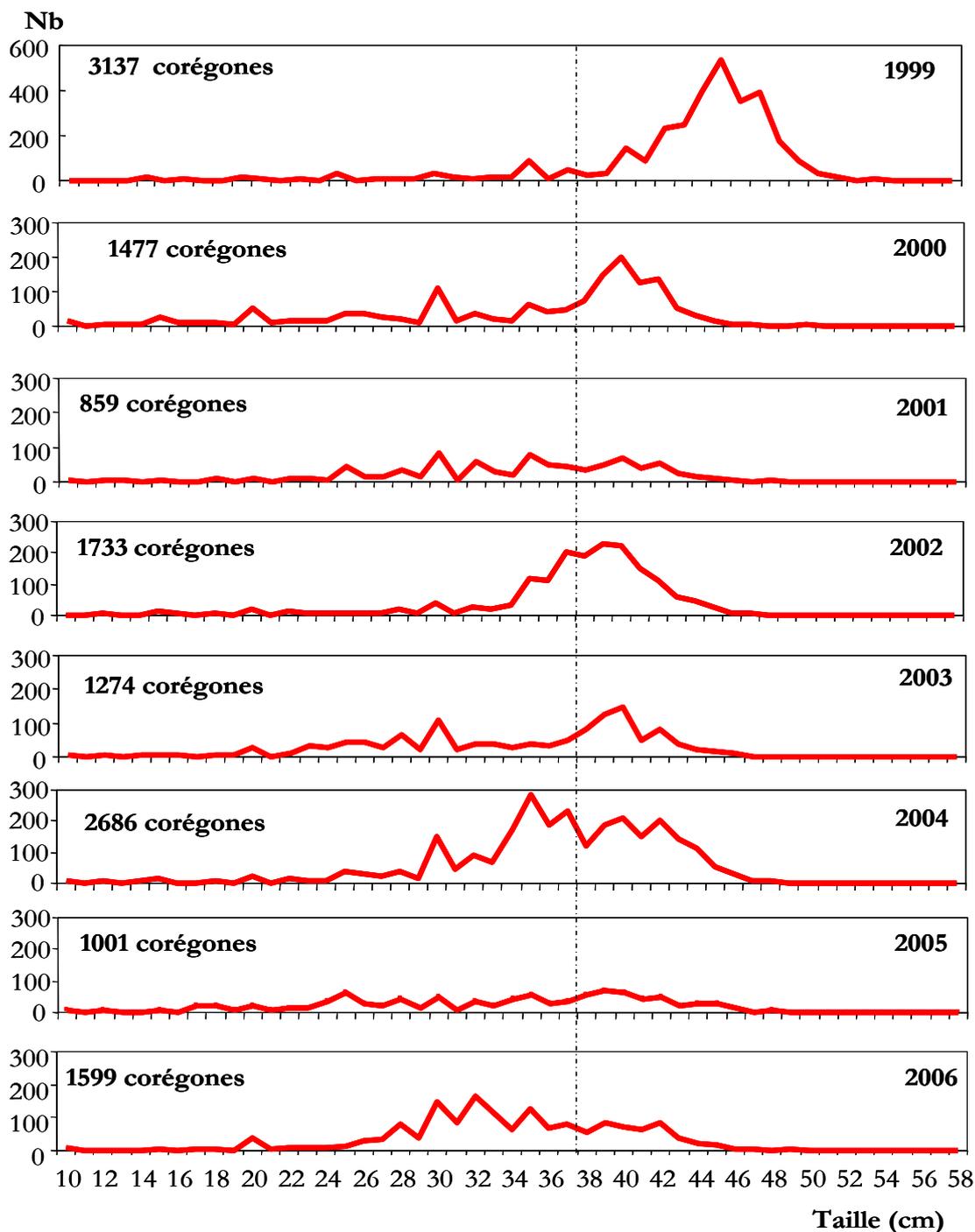
Pour la pêche amateur, les CPUE ne donnent pas une image aussi inquiétante que celle des captures totales annuelles. Les importantes captures printanières et de bonnes captures en fin de saison de pêche compensent les basses CPUE estivales. L'année 2005 apparaissait beaucoup plus mauvaise du fait des bonnes captures d'omble. Néanmoins 2006 est une mauvaise année pour la pêche amateur du corégone au lac d'Annecy.

Le suivi de la répartition en taille des corégones pêchés en 2006 est présenté suivant des intervalles de temps très différents (Figure II.5.9). Pour le seul mois d'avril il est possible de tracer une courbe de répartition alors que de mai à octobre, le nombre de poissons n'est pas beaucoup plus important et ne permet pas de tracer des courbes bimensuelles. En avril l'essentiel des corégones mesurent entre 29 et 33 cm, soit des poissons qui sont en début de leur 3<sup>ème</sup> année de vie. Ces poissons grandissent en 2006 pour atteindre la taille minimale de capture en fin de saison. La répartition en taille est ainsi très étalée de mai à octobre.



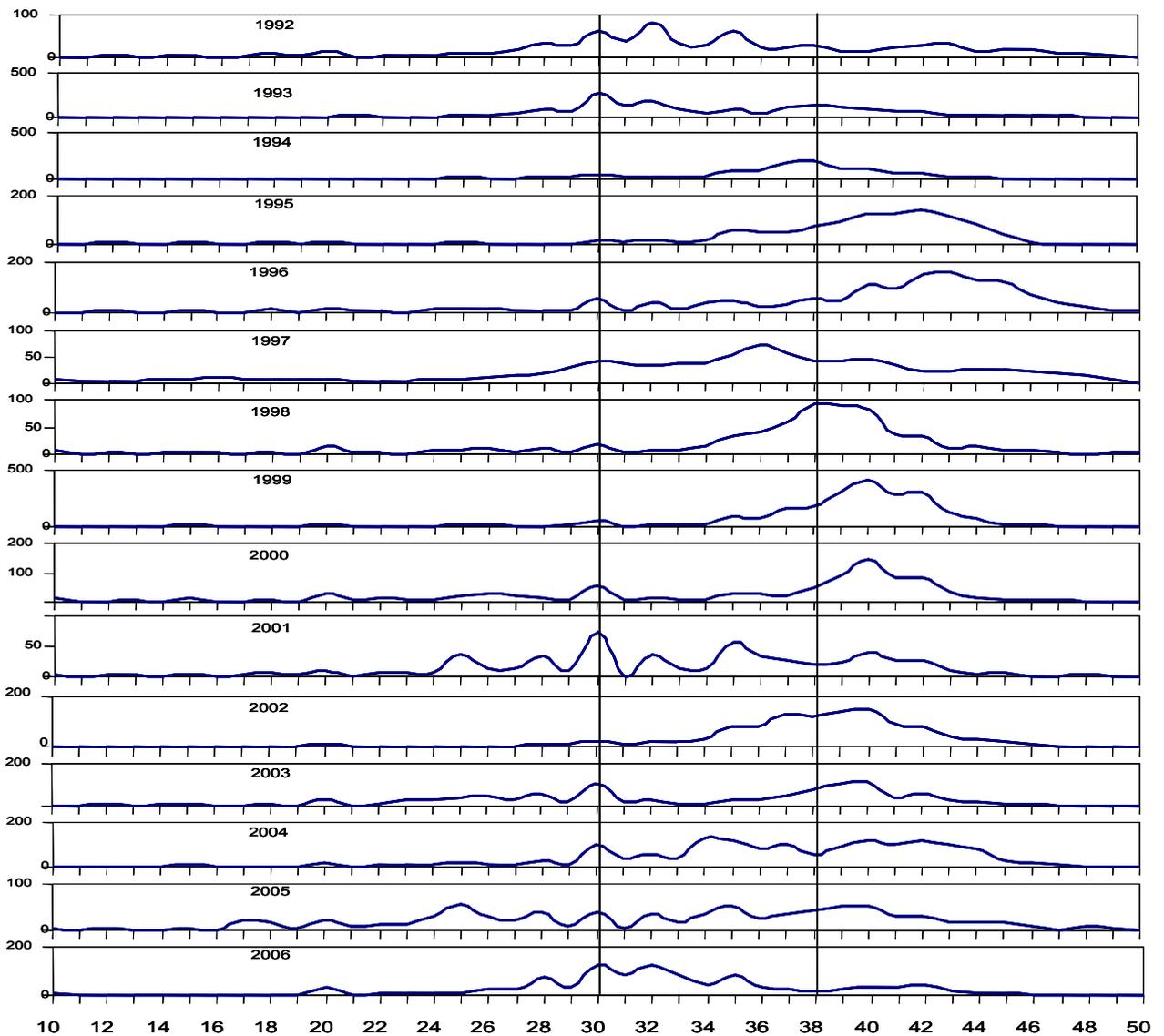
**Figure II.4.9 :** Répartition en taille des corégones capturés par les pêcheurs amateurs volontaires en 2006 au lac d'Annecy.

Le profil de répartition en taille des corégones en 2006 dans la pêche amateur est à nouveau très « plat » comme en 2005 et 2001 (Figure II.5.10). Il n'y a pas de dôme comme en 1999. Depuis 1993, c'est la première année que la répartition des tailles présente une aussi forte représentation des tailles comprises entre 28 et 38 cm.



**Figure II.4.10** : Répartition en taille des corégones capturés par les pêcheurs amateurs volontaires au lac d'Annecy de 1998 à 2005.

Le fait d'observer deux années de suite une répartition des tailles des corégones où les petits poissons dominant est déroutant. Il faut « remonter » aux premières années du suivi pour retrouver des distributions analogues (Figure II.5.11). Pour comparer des distributions comparables, la répartition en taille en début de saison (février et mars) a été prise en compte et la courbe de distribution lissée. La situation actuelle n'est donc pas nouvelle, elle correspond à des années de mauvaises pêches qui ont été suivies d'années meilleures.



**Figure II.4.11** : Répartition en taille des corégones capturés par les pêcheurs amateurs volontaires au lac d'Annecy de 1992 à 2006 au premier trimestre de chaque année.

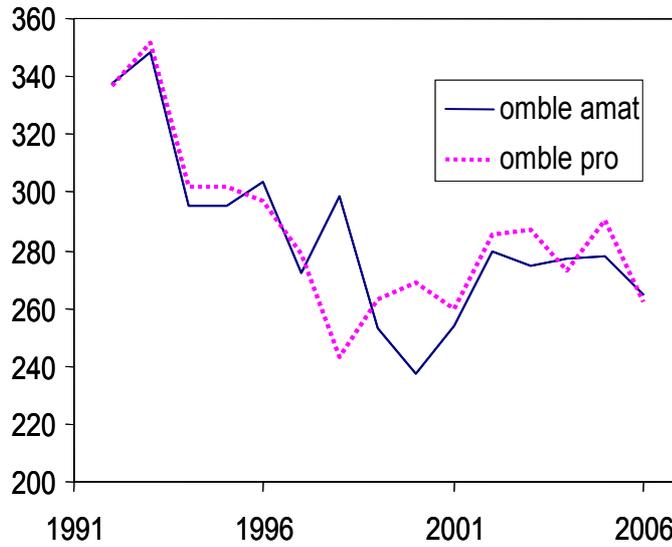
Chaque année, on peut remarquer la présence d'un mode à 30 cm qui correspond à la taille des poissons en début de troisième année de vie. L'hypothèse d'une croissance inchangée pendant 15 ans semble acceptable.

### **En conclusion sur le corégone**

L'année 2006 pour la pêche du corégone est déroutante. Les bons rendements de la pêche professionnelle et la distribution en taille des corégones en fin de saison 2005 permettaient d'espérer l'arrivée de poissons dans la pêche en 2006. Ce n'est pas le cas : la pêche amateur est restée au même niveau en 2005 et 2006 alors que la pêche professionnelle maintient des captures stables sur les quatre dernières années. Il devient inquiétant que seulement 28 % des corégones pêchés dépassent la taille minimale de capture de 38 cm alors qu'il ne semble pas y avoir de changement dans la croissance des poissons. Si la situation perdure en 2007, il sera indispensable d'envisager toutes les hypothèses susceptibles d'expliquer cette situation et de les analyser en détail.

#### **II.4.4 Analyse de la pêche des ombles en 2006**

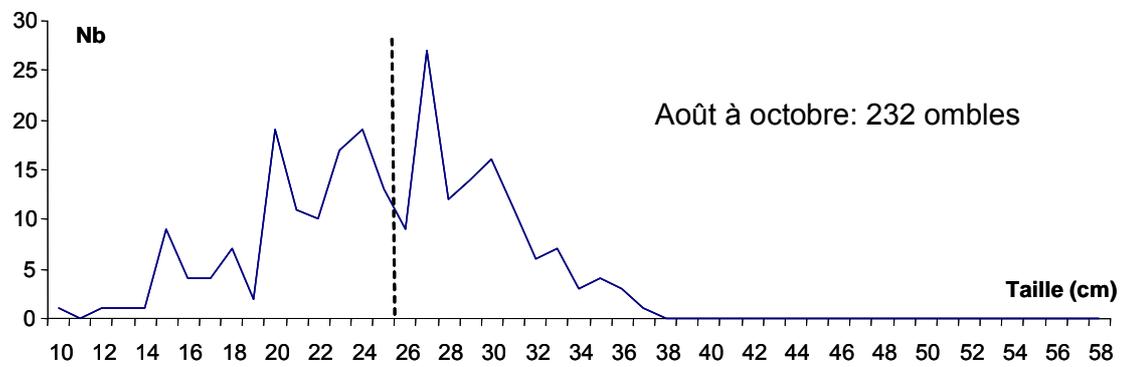
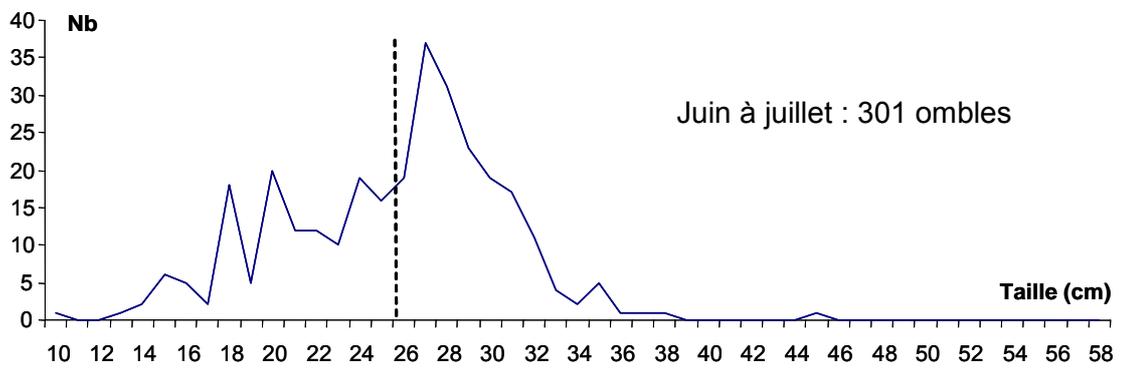
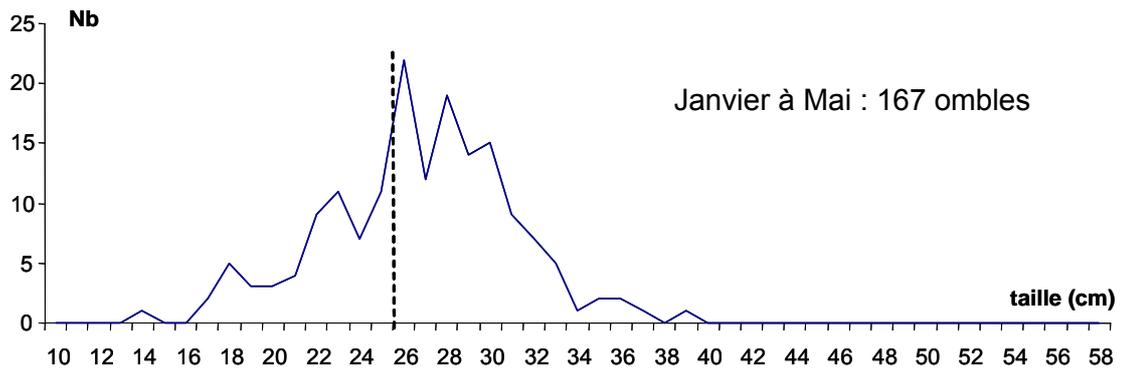
Pour la pêche amateur de l'omble, la saison 2005 est également très mauvaise. On note également une baisse des captures de la pêche professionnelle. Le poids moyen des ombles conservés est de 265g (figure II.5.12). Le poids moyen des 5 dernières années oscille autour de 270 g. La baisse du poids moyen de 1996 à 2001, qui était déjà entamée 5 ans avant, correspond à la baisse régulière du poids total des captures après l'augmentation de l'effort d'alevinage en 1993. Cette observation pourrait s'expliquer par une baisse de la vitesse de croissance des ombles. Les données des analyses d'écaillés examinées ci-dessous ne mettent pas en évidence de changements majeurs. La saisonnalité des pêches pourrait également expliquer certaines variations.



**Figure II.4.12 :** Poids moyen des ombles dans la pêche professionnelle et amateur au lac d'Annecy de 1992 à 2006.

Quand les ombles sont pêchés majoritairement en début de saison, on peut supposer que le poids moyen annuel soit plus faible que quand les poissons sont pêchés plus tard. En 2006 la pêche a été essentiellement printanière et en fin de saison peu de gros ombles ont été pêchés (figure II.5.13). La répartition des tailles des ombles pêchés n'évolue pas beaucoup aussi bien pendant l'année 2006 que d'une année sur l'autre (figure II.5.14). Ces observations indiquent que la pression de pêche soutenue sur l'omble tend à se stabiliser ces dernières années.

Suivi du lac d'Annecy 2006



**Figure II.4.13:** Répartition en taille des ombles pêchés par les pêcheurs volontaires en 2006 au lac d'Annecy.

Suivi du lac d'Annecy 2006

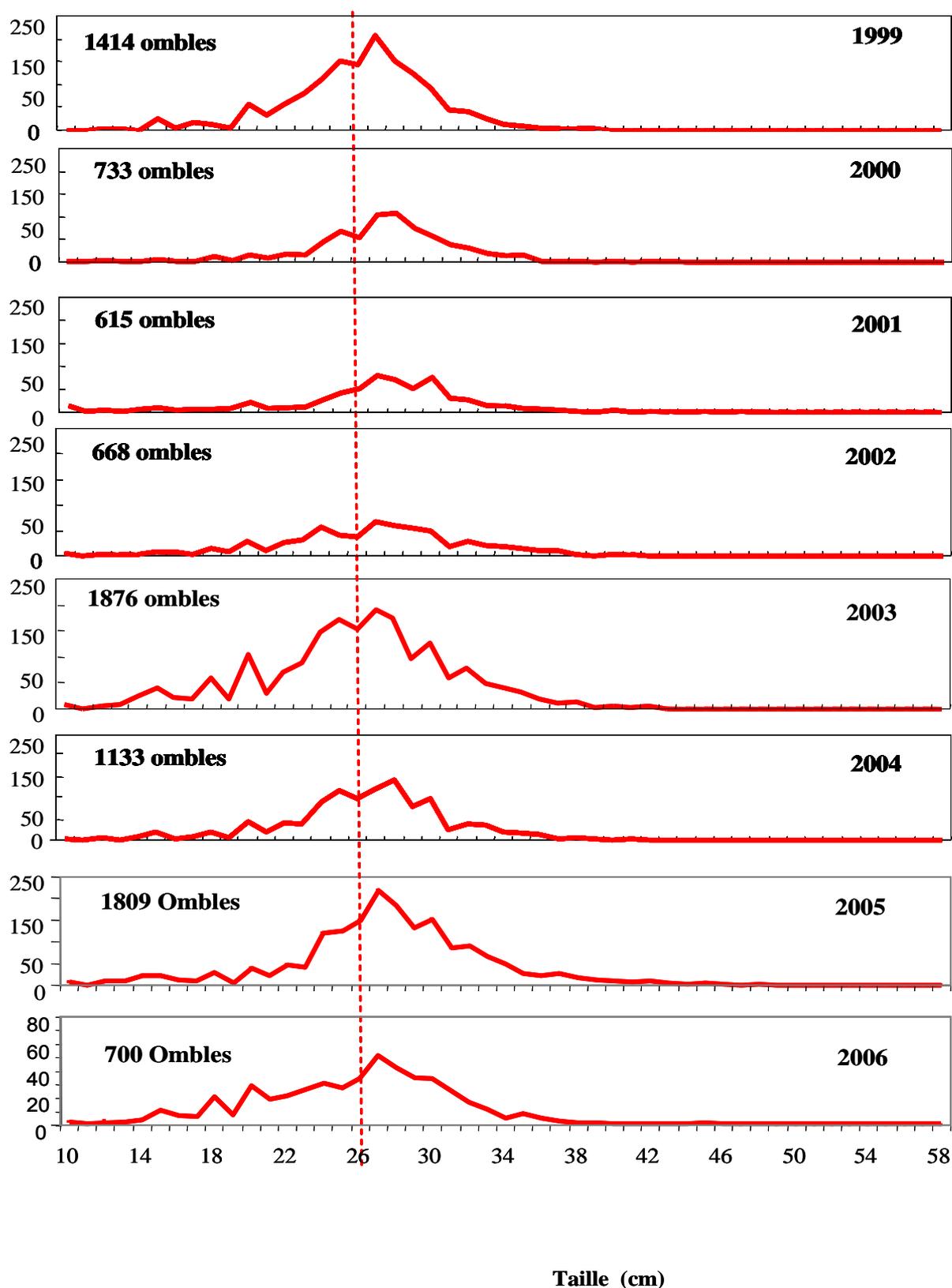
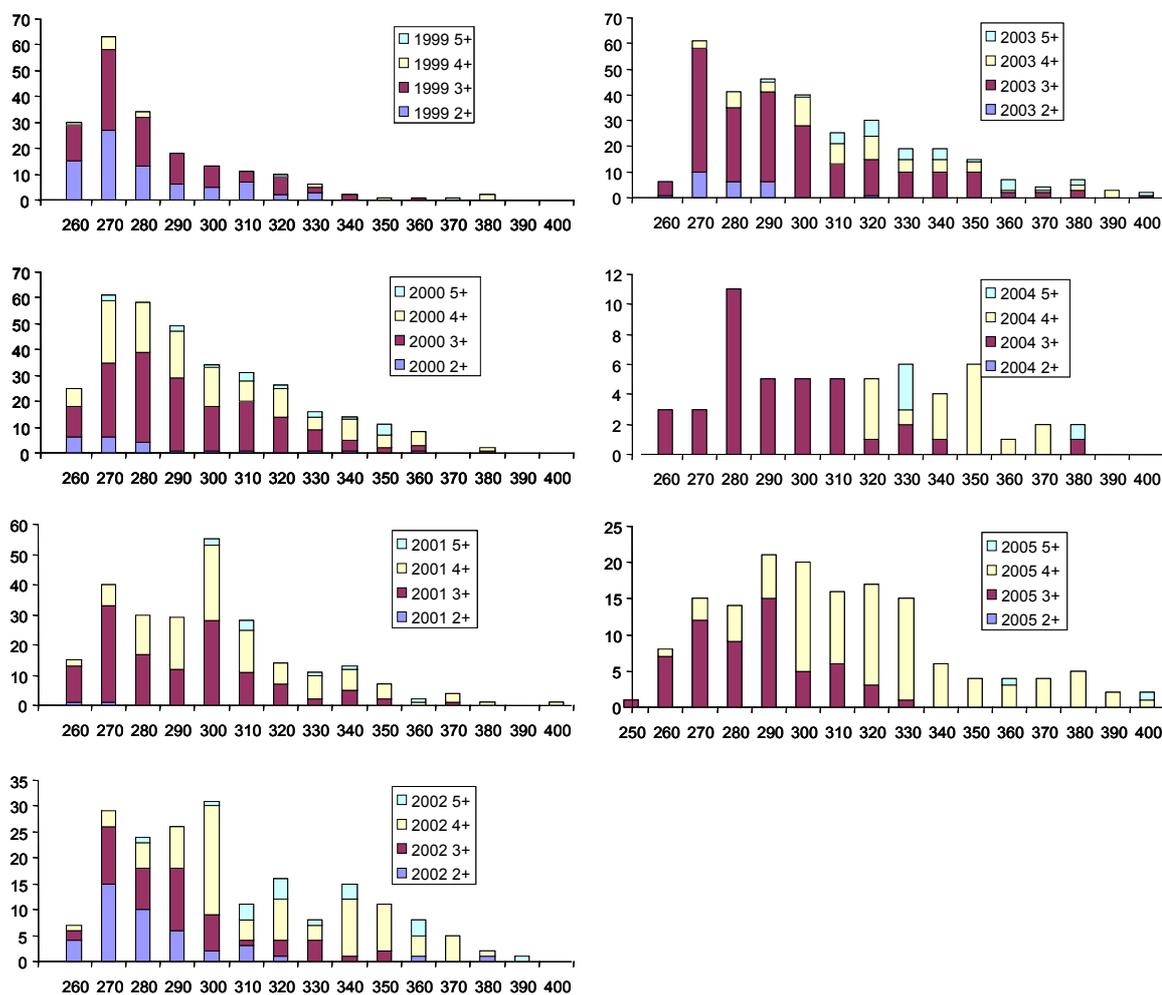


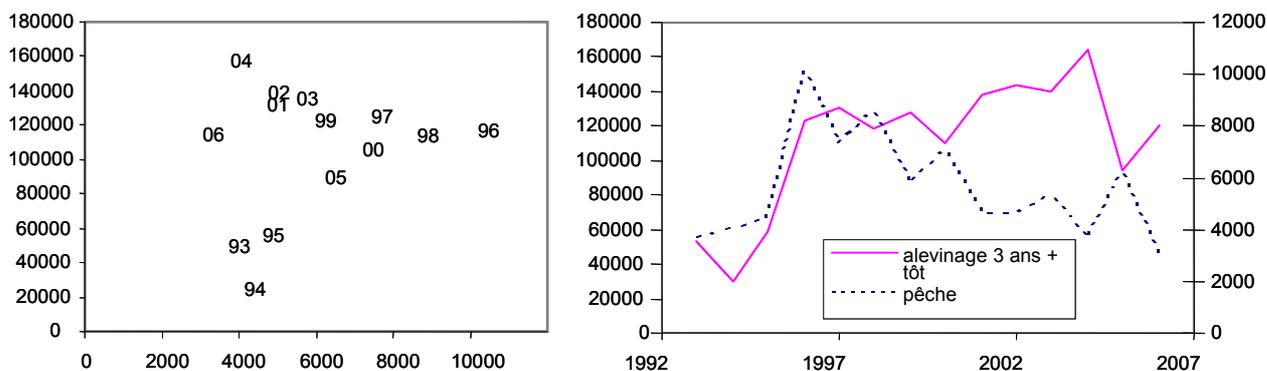
Figure II.4.14 : Répartitions en taille des ombles pêchés par les pêcheurs volontaires de 1998 à 2005 au lac d'Annecy.



**Figure II.4.15 :** Répartitions en âges obtenues par lecture des écailles d'ombles collectées par les pêcheurs volontaires de 1999 à 2005 (les lectures d'écailles de 2006 ne sont pas encore faites). Attention les répartitions en taille ne sont pas représentatives des distributions de taille des ombles dans la pêche qui sont données en figure 14.

Les lectures d'âge sur les écailles doivent être interprétées avec prudence. La répartition en taille des poissons dont les écailles ont été lues n'est pas représentative de la répartition réelle dans la pêche et le nombre d'écailles analysées est variable : l'année 2004 est donnée à titre indicatif, trop peu d'écailles ont été lues. Pour les poissons dont la taille dépasse 32 cm, l'échantillon est lui aussi de faible taille. Entre 27 et 31 cm compris, l'analyse

peut être conduite raisonnablement. Les ombles 3+ sont toujours bien représentés dans cet intervalle de taille (poissons de 3 hivers qui sont dans leur 4<sup>ème</sup> année de vie). On note que la taille de ces poissons 3+ varie toujours de 26 à plus de 32 cm, la variabilité individuelle de croissance déjà observée avec les ombles marqués en 1997 et 2000 se retrouve ici. Il est donc difficile d'observer des variations de croissance entre générations quand la variation intra génération est aussi forte. Suivant les années ce sont soit des ombles 2+, soit des ombles 4+ qui sont le plus représentés dans l'intervalle de taille 27-31 cm. Les années où les ombles 2+ sont bien représentées sont 1999, 2002, et celles où ce sont les 4+ sont 2001, 2002 et surtout 2005. Les variations du poids moyen des ombles correspondent bien aux variations de la structure d'âge des ombles dans la pêche : le poids moyen est observé en 2005 correspond bien à une part importante des poissons 4+. Les lectures d'écaillés confirment aussi les résultats des marquages qui avaient montré qu'après 5 ans les ombles de 1997 avaient disparu de la pêche. On voit également que quand la pêche est bonne pour le corégone la pression de pêche sur l'omble est plus faible et l'année suivant les ombles sont en moyenne plus âgés. La bonne pêche du corégone en 1999 fait qu'on trouve des ombles 5+ l'année suivante.

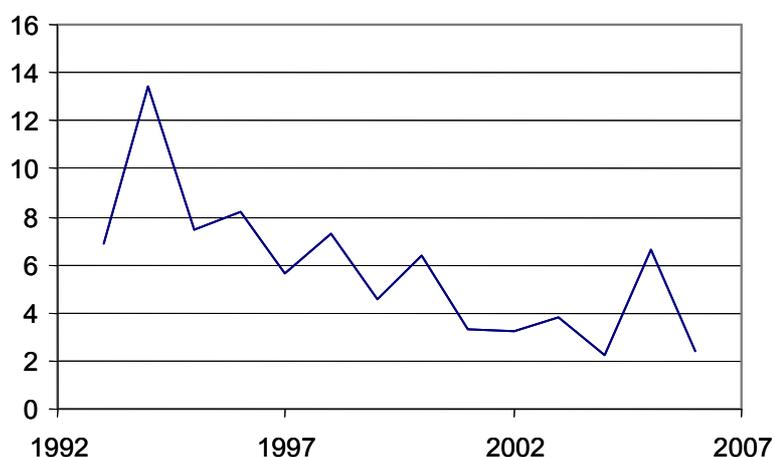


**Figure II.4.16:** Alevinage de l'omble et pêche. Figure de droite : représentation chronologique de l'alevinage et de la pêche 3 ans après. Figure de gauche : captures d'omble en fonction de l'alevinage 3 ans avant.

Depuis 1993 l'effort d'alevinage a été fortement augmenté avec un objectif fixé à 120 000 estivaux. Depuis 1996, la tendance des captures est à la baisse

avec un ressaut en 2005 où l'alevinage avait été avec des ombles d'un stock captif (figure II.5.16 droite). Dans la représentation de ces mêmes données sous forme d'un nuage de points représentant la valeur des captures d'omble pour l'alevinage 3 ans avant, on peut considérer que les points 93 à 2000 et 2005 s'inscrivent dans une relation croissante des captures en fonction de l'alevinage et que les points 2001-2004 et 2005 sont en-dehors de cette relation. On voit que le niveau d'alevinage fixé à 120000 apparaît comme un seuil en dessous duquel il est préférable de rester.

Une autre représentation est encore plus parlante (figure II.5.17). Le rendement de l'alevinage ne cesse de décroître.



**Figure II.4.17** : Evolution du rendement de l'alevinage estimé en divisant les captures en kg par les centaines d'alevins déversés 3 ans auparavant.

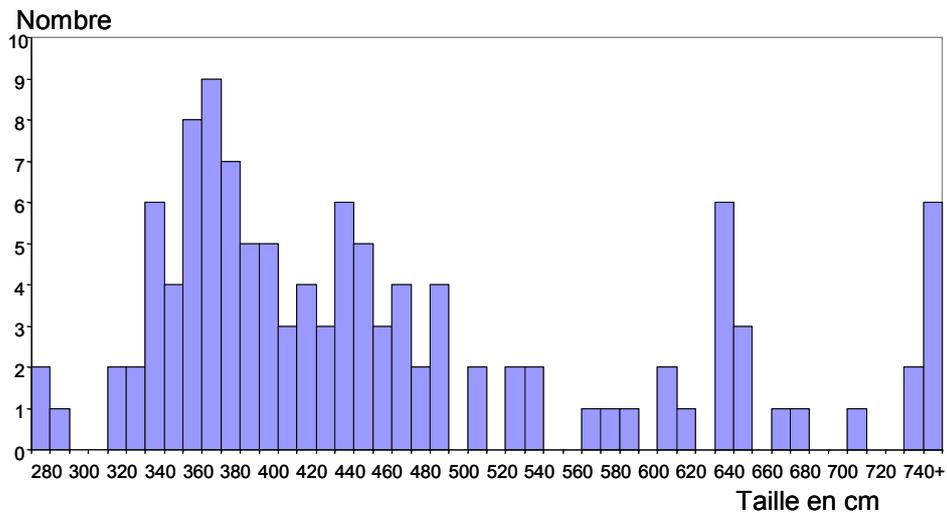
### En conclusion sur l'omble

Toutes les données obtenues sur l'omble confirment une baisse de rendement dans la pêche. Une mesure a déjà été prise quant aux objectifs de l'alevinage abaissés à 100 000 par an. Une autre mesure pourra être prise également en 2007 concernant la date donc la taille de déversement des alevins. Comme la pisciculture de La Puya fonctionne maintenant en permanence en raison du maintien de stocks de géniteurs d'omble et de truite on peut envisager de pousser la croissance des alevins plus tard en saison

pour déverser des alevins de 8-9 cm qui ont une meilleure chance de survie. En effet, le succès de la pisciculture de La Puya pour le maintien d'un stock de géniteurs présente un revers qui est d'avoir trop d'alevins ? Ceux-ci ont des performances de croissance un peu plus faibles qu'avant en raison de la forte densité dans les bacs.

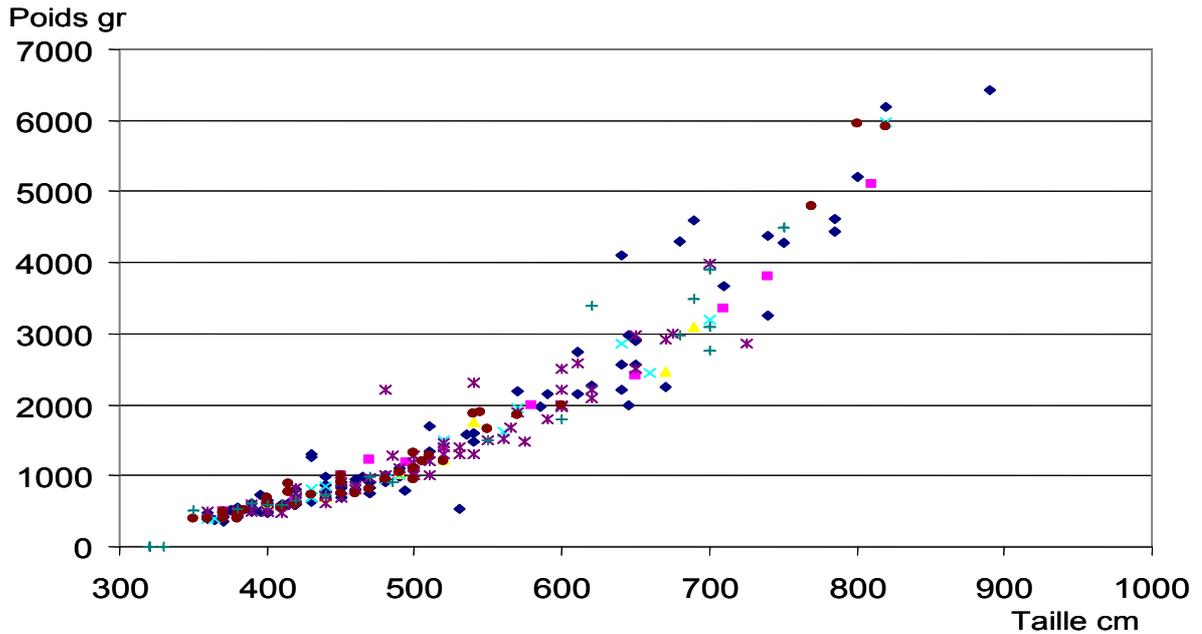
#### II.4.5 Analyse succincte de la pêche des truites

Avec 177 truites mesurées cette année, le tracé d'une répartition en taille peut se justifier (figure II.5.18). L'essentiel des truites mesurent entre 32 et 50 cm. Il y a 6 truites de 75 cm et plus, dont un mâle de 89 cm pour un poids de 6,4 kg. Trois de ces truites sont signalées marquées par ablation de l'adipeuse (34, 34 et 37 cm de longueur totale).



**Figure II.4.18 :** Répartition des tailles des truites en 2006.

La relation taille-poids des truites pêchées de 2000 à 2006 ne change pas pendant ces 7 années, les figurés de chaque année se répartissent de façon homogène. Pour les truites de plus de 60 cm, on observe une plus grande dispersion des points tout à fait normale. Une truite de 50 cm pèse en moyenne un kilo.



**Figure II.5.19:** Relation taille-poids des truites capturées à Annecy entre 2000 et 2006.

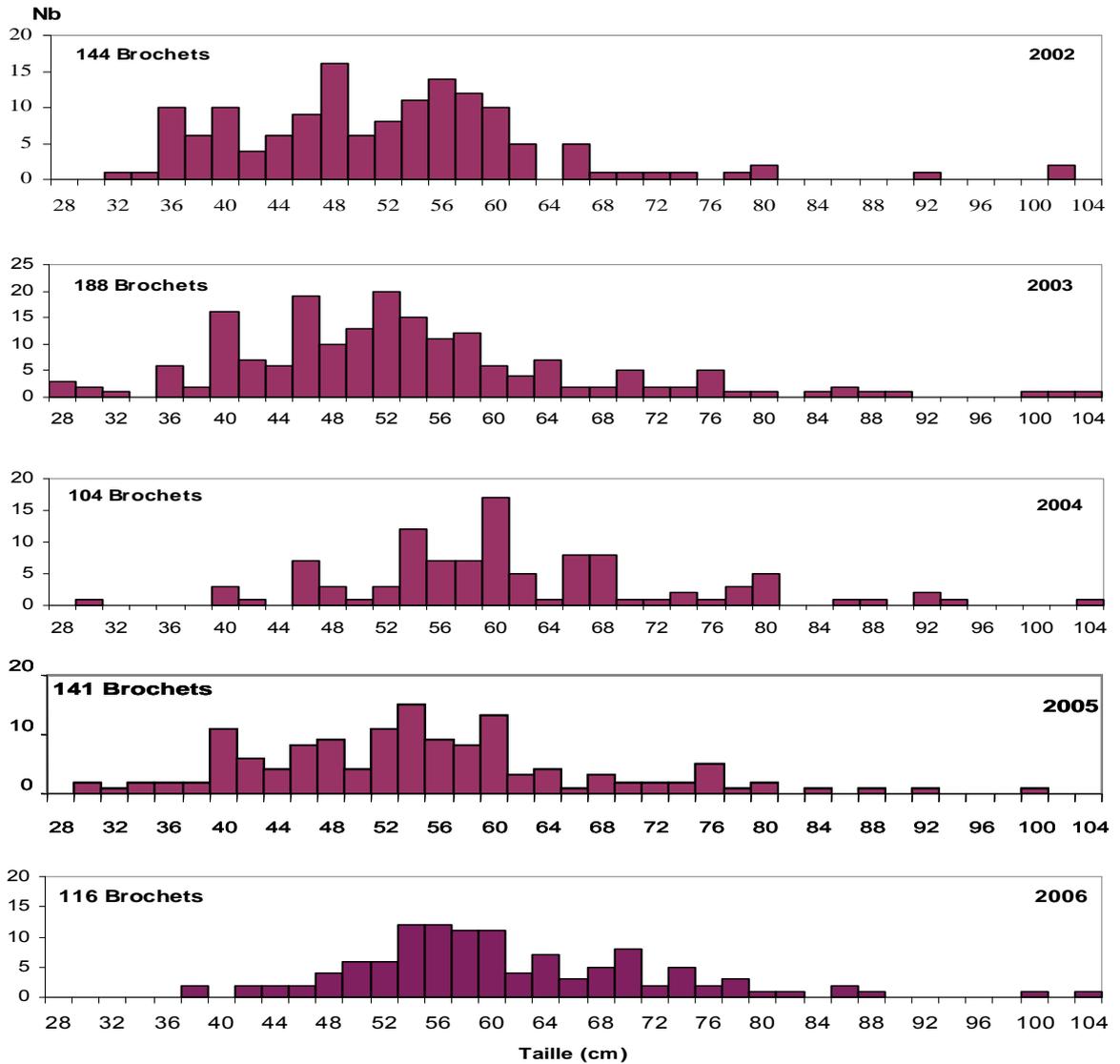
#### II.4.6 La pêche des autres espèces

Les carnets volontaires ne fournissent pas des données suffisantes sur les autres espèces car elles sont pêchées du bord par d'autres pêcheurs et pas les détenteurs de carnets volontaires en période de fermeture des salmonidés après qu'ils aient remis leur carnet.

Les statistiques obligatoires sont de 534 kg de brochet et 1403 kg de perches pour les pêcheurs professionnels et de 1876 kg de brochet (828 poissons) et 288 kg de perche. Le poids moyen de brochets dans la pêche amateur obtenue par les données des carnets obligatoire est de 2,26 kg et celle des 116 brochets des carnets volontaires est de 2,25 kg.

La répartition en taille des brochets montre qu'il y a eu moins de petits brochets capturés cette année et que la majorité des brochets mesurent entre 54 et 60 cm. Le poids moyen de 2,25 kg correspond à des brochets de taille proche de 70 cm parce qu'il y a quelques très gros brochets qui augmentent la moyenne.

Pour produire du brochet, il faut du poisson fourrage ! 2,4 tonnes de brochet ont mangé plus de 10 tonnes de poissons pour atteindre ce poids. Ces proies ne sont doute pas que des cyprinidés. L'impact du brochet sur les espèces très recherchées par les pêcheurs est à prendre en compte dans la gestion.



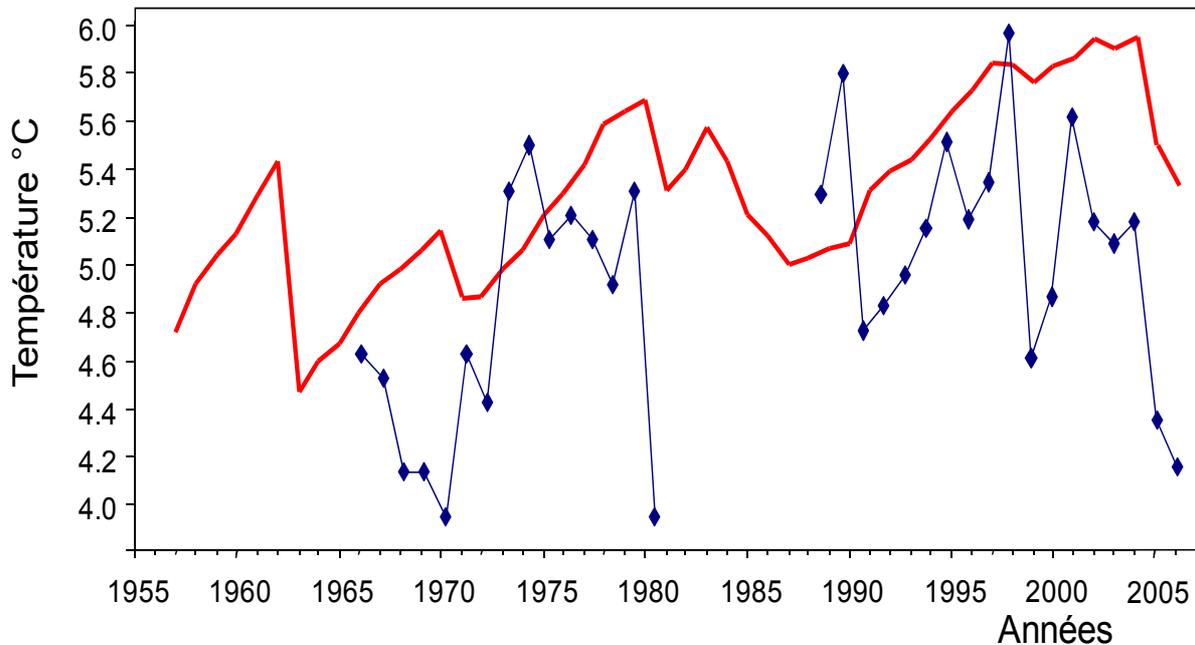
**Figure II.4.20 :** Répartitions en taille des brochets capturés au lac d'Annecy de 2002 à 2006.

## **II.4.7 Conclusion**

L'année 2006 est une très mauvaise année pour la pêche amateur au lac d'Annecy aussi bien pour l'omble que pour le corégone alors que la pêche du corégone se maintient pour les professionnels. La situation de 2006 n'est toutefois pas éloignée de celle des années 1993-94.

## CONCLUSION GENERALE

L'hiver 2005-2006 a été un hiver froid qui a permis une nouvelle fois un bon brassage du lac suffisamment long pour réoxygéner la totalité de la masse d'eau. Le réchauffement climatique, aujourd'hui source de préoccupation n'a pas le même impact sur un grand lac profond comme le Léman que sur un lac moins grand et moins profond comme le lac d'Annecy. Au Léman, les deux derniers hivers froids ont bien fait chuter la température de l'eau sans toutefois la faire redescendre au niveau des températures hivernales observées dans les années 50, alors qu'au lac d'Annecy la température de l'eau est redescendue à un niveau proche de celui des années 60 (Figure A).



**Figure A: Température de l'eau du lac d'Annecy (en bleu) et du Léman (en rouge) au moment du brassage hivernal.**

Le réchauffement global, s'il se poursuit, n'aura pas les mêmes effets sur les deux lacs. L'inertie thermique du Léman ne permettra sans doute pas un retour aux températures d'il y a 50 ans alors que dans le lac d'Annecy deux hivers froids consécutifs permettent un retour à des températures aussi basses qu'avant avec une réoxygénation totale des eaux. Le brassage a aussi l'avantage de remettre en circulation les éléments minéraux qui s'étaient accumulés dans les eaux profondes,

ce qui fait que la charge en phosphore se maintient à un niveau bas assez constant ces dernières années.

La stabilité des masses d'eau profondes à Annecy fait qu'on observe une désoxygénation des eaux proches du fond assez tôt dans la saison. Cette désoxygénation des sédiments n'est sans doute pas propice au bon développement de la vie benthique dans le lac. Ce phénomène de désoxygénation profonde du Grand Lac n'est pas un phénomène récent.

La transparence des eaux mesurée par le disque de Secchi met en évidence une réduction des valeurs extrêmes observées. Il n'y a plus de phase des eaux claires caractéristique, ce qui est en accord avec le caractère oligotrophique de plus en plus marqué du lac.

La communauté phytoplanctonique est toujours constituée par des diatomées, des chlorophycées, des dinophycées, des chrysophycées, des cryptophycées. La diversité phytoplanctonique s'élève toujours à plus de 100 espèces. Leur production provoque des sursaturations en oxygène localisées entre 10 et 15 m en-dessous de la surface au niveau de la thermocline.

Le fait marquant du zooplancton est l'inversion confirmée de son abondance dans le lac d'Annecy. Après 8 années de tendance à une légère baisse, l'augmentation constatée en 2004 et 2005 se confirme en 2006. Ne disposant pas de données sur la productivité du phytoplancton, il est impossible d'affirmer que si la biomasse zooplanctonique augmente sans que la biomasse phytoplanctonique baisse cela serait dû à une pression de prédation par les poissons sur le zooplancton qui diminuerait. C'est une hypothèse qu'on peut poser sans pouvoir la tester.

L'année 2006 est une très mauvaise année pour la pêche amateur au lac d'Annecy aussi bien pour l'omble que pour le corégone alors que la pêche du corégone se maintient pour les professionnels. La situation de 2006 n'est toutefois pas éloignée de celle des années 1993-94. La nourriture planctonique est abondante pour le corégone. Cette forte disponibilité pourrait entraîner un changement dans les

préférences alimentaires de cette espèce qui utiliserait moins les chironomes et serait ainsi moins capturable à la sonde des pêcheurs amateurs alors qu'elle serait toujours capturée par les filets maillants qui interceptent le poisson dans ses déplacements indépendamment de son comportement alimentaire. Ce n'est qu'une hypothèse parmi de nombreuses autres évoquées dans ce rapport.

DOSSIER I

LE COMITE SCIENTIFIQUE

# LE COMITE SCIENTIFIQUE

**Nom :** *Suivi de la qualité des eaux du Lac d'Annecy*

**Président :** M. P. HERISSON, Président du SILA ou son représentant

**Secrétaire :** Mme Valérie GUICHARD

## **Membres du Comité**

### **Les intervenants**

SILA : M. P. HERISSON, Président, MM. les Vice-Présidents : P. BRUYERE, J. POULET et P. LATOUR  
INRA : MM. G. BALVAY, J.C. DRUART, J. LAZZAROTTO, J.P. MOILLE

### **Les conseillers scientifiques :**

G. BLAKE (Université de Savoie)  
J. DOMINIK (Institut Forel)  
D. FONTVIEILLE (Université de Savoie)  
D. GERDEAUX (INRA)  
G. NAFFRECHOUX (ESIGEC)  
J. PERFETTA (Service Cantonal de l'Ecologie de l'Eau, Genève)  
F. RAPIN (CIPEL)  
J. RIVAS (Agence de l'Eau RMC)

## **Rôle du Comité**

Orientation des études  
Validation des rapports  
Informations

DOSSIER II

METEOROLOGIE  
ET  
CLIMATOLOGIE

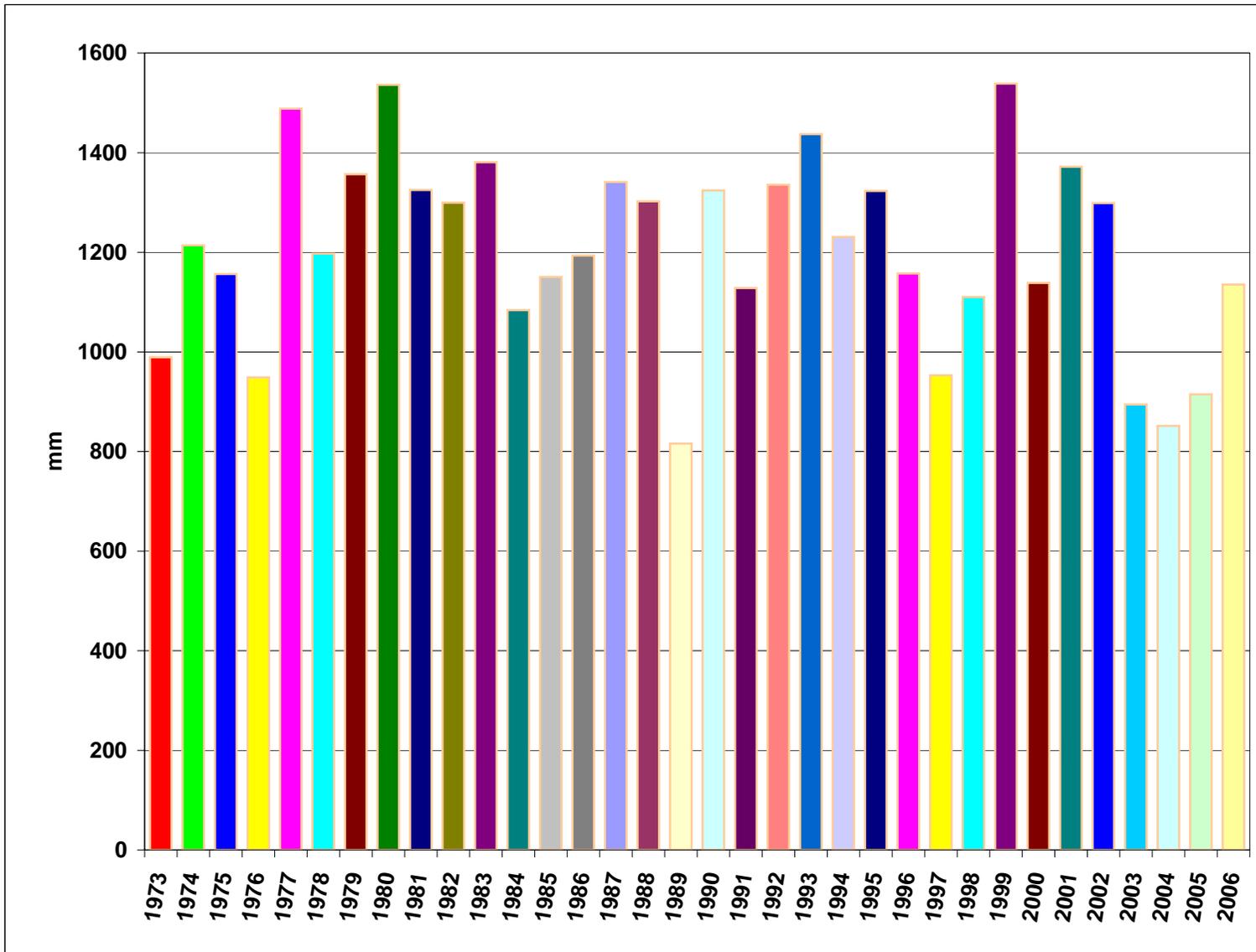
## SYNDICAT MIXTE DU LAC D'ANNECY - DIRECTION GENERALE DES SERVICES TECHNIQUES

## METEO - HAUTEURS DE PLUIE RELEVES A CRAN-GEVRIER (mm)

ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
1973	45.6	64.0	7.8	59.8	76.6	92.7	218.8	86.1	106.6	104.0	63.6	63.6	989.2
1974	70.6	75.1	59.8	42.4	104.2	199.4	55.1	40.1	196.1	163.7	146.3	61.2	1214.0
1975	110.1	11.1	104.4	68.4	110.3	138.0	50.6	80.3	190.9	64.1	170.1	58.2	1156.5
1976	19.9	71.9	32.8	64.5	38.4	10.7	99.2	88.1	188.7	94.0	103.0	137.5	948.7
1977	91.9	197.0	104.2	195.6	128.1	128.9	178.9	137.4	14.6	99.0	113.4	99.5	1488.5
1978	137.7	137.4	168.1	72.5	136.2	70.1	76.6	143.3	45.9	25.4	12.4	171.6	1197.2
1979	195.1	113.5	181.4	99.5	99.5	90.1	51.0	109.6	56.9	103.1	105.1	152.1	1356.9
1980	135.6	80.0	145.6	18.9	127.5	248.8	178.5	86.6	103.9	231.1	88.7	91.2	1536.4
1981	152.7	45.2	161.0	18.8	163.2	50.1	168.6	19.3	133.4	147.2	35.1	230.5	1325.1
1982	96.6	22.6	130.3	11.1	68.2	172.4	87.1	113.7	96.6	195.8	95.4	209.9	1299.7
1983	77.3	82.0	80.5	190.5	282.0	54.7	34.3	78.3	188.2	99.7	113.2	100.3	1381.0
1984	156.5	113.4	75.7	43.8	119.7	73.1	18.7	41.9	161.9	134.6	74.9	69.7	1083.9
1985	121.1	79.4	106.3	125.0	181.1	211.2	47.8	105.4	16.6	6.3	78.6	71.6	1150.4
1986	159.8	69.1	84.2	132.7	113.7	59.8	86.4	152.5	62.5	94.2	81.9	96.6	1193.4
1987	75.3	76.7	91.4	87.3	114.7	258.7	160.4	101.5	84.0	134.5	90.7	65.9	1341.1
1988	131.5	128.7	161.4	66.8	126.0	53.3	119.0	63.5	134.9	209.6	57.9	49.8	1302.4
1989	19.8	60.9	97.5	178.3	73.3	34.5	59.3	39.0	50.7	60.4	60.5	81.8	816.0
1990	49.8	211.0	21.4	80.7	83.5	251.0	90.7	35.6	107.2	157.5	148.0	88.0	1324.4
1991	50.3	63.0	99.2	50.1	50.3	169.8	68.0	8.6	172.7	130.9	143.6	121.6	1128.1
1992	22.3	54.0	99.2	103.7	96.6	154.7	119.8	71.5	77.2	236.5	184.8	115.5	1335.8
1993	29.7	9.5	20.4	100.2	112.6	197.7	174.1	54.7	281.5	160.3	47.7	248.8	1437.2
1994	112.0	38.1	42.3	149.3	143.2	57.3	68.9	57.2	228.7	125.2	101.3	107.3	1230.8
1995	190.1	205.5	100.0	53.9	185.3	42.9	112.1	29.0	180.8	48.4	70.6	104.7	1323.3
1996	52.2	76.1	33.1	38.2	107.6	98.6	141.5	168.8	46.0	83.3	199.5	112.6	1157.5
1997	70.2	21.5	21.5	68.5	88.4	165.0	116.9	53.7	59.5	65.0	110.6	112.1	952.9
1998	112.1	18.3	45.6	106.0	27.9	105.2	90.9	106.0	236.8	106.2	111.4	43.6	1110.0
1999	86.8	122.2	101.2	157.6	75.5	151.5	70.7	156.7	236.9	112.6	100.6	166.4	1538.7
2000	15.0	123.0	76.6	109.4	82.2	29.6	133.4	50.0	85.8	170.8	195.4	67.2	1138.4
2001	151.2	40.2	295.8	155.6	76.6	136.6	109.0	128.2	99.6	93.8	46.8	38.4	1371.8
2002	46.0	90.8	52.8	34.6	125.1	91.3	102.3	156.4	60.0	153.6	255.6	130.4	1298.9
2003	101.0	39.6	31.0	94.4	43.0	29.8	64.2	90.5	68.5	211.4	80.8	40.2	894.4
2004	112.6	25.2	73.4	53.2	50.2	37.6	72.8	148.6	38.2	159.8	21.5	58.4	851.5
2005	49.4	48.8	67.1	152.6	65.8	49.2	59.6	96.6	69.6	91.2	54.0	110.8	914.7
2006	29.6	84.0	206.2	95.2	119.4	46.4	41.4	186.8	97.4	86.6	65.8	76.6	1135.4
VAL MAX	195.1	211.0	295.8	195.6	282.0	258.7	218.8	186.8	281.5	236.5	255.6	248.8	1538.7
VAL MINI	15.0	9.5	7.8	11.1	27.9	10.7	18.7	8.6	14.6	6.3	12.4	38.4	816.0

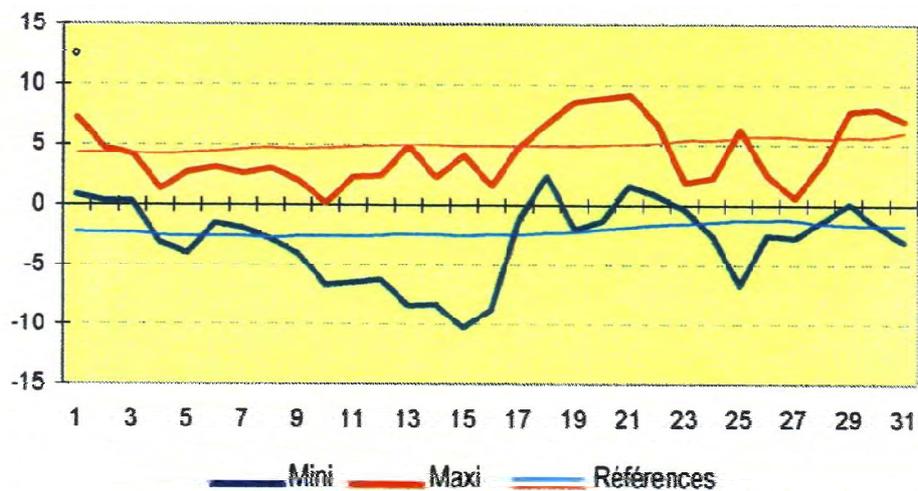
METEO - HAUTEURS DE PLUIE RELEVÉES A CRAN-GEVRIER (mm)

ANNEES	mm
1973	989.2
1974	1214.0
1975	1156.5
1976	948.7
1977	1488.5
1978	1197.2
1979	1356.9
1980	1536.4
1981	1325.1
1982	1299.7
1983	1381.0
1984	1083.9
1985	1150.4
1986	1193.4
1987	1341.1
1988	1302.4
1989	816.0
1990	1324.4
1991	1128.1
1992	1335.8
1993	1437.2
1994	1230.8
1995	1323.3
1996	1157.5
1997	952.9
1998	1110.0
1999	1538.7
2000	1138.4
2001	1371.8
2002	1298.9
2003	894.4
2004	894.4
2005	851.5
2006	914.7

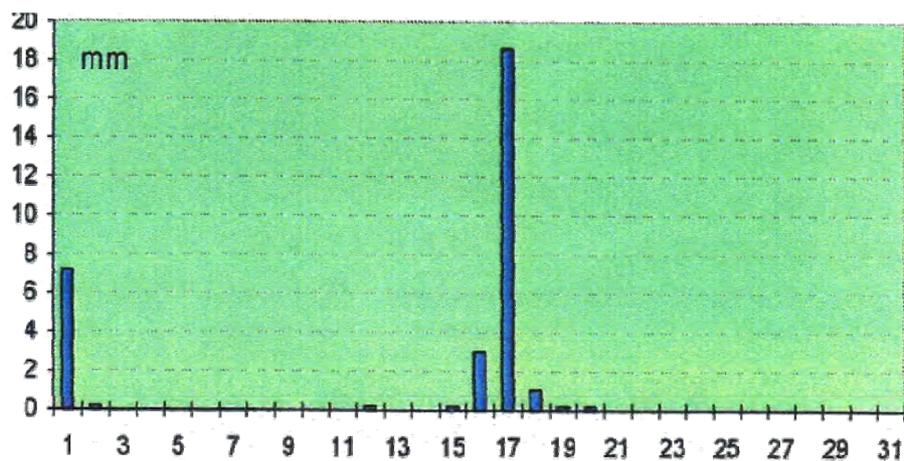


# Janvier 2006

## Températures extrêmes (°C)



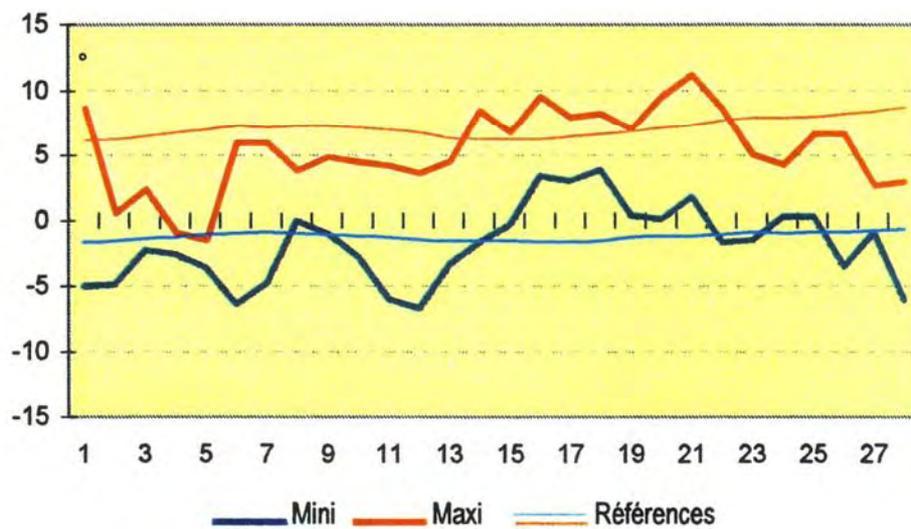
## Précipitations quotidiennes (mm)



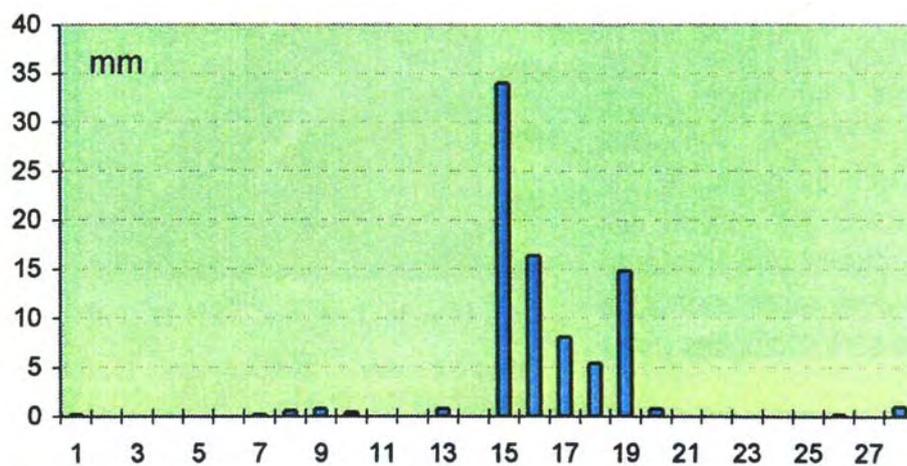
Données Météo France

# Février 2006

## Températures extrêmes (°C)



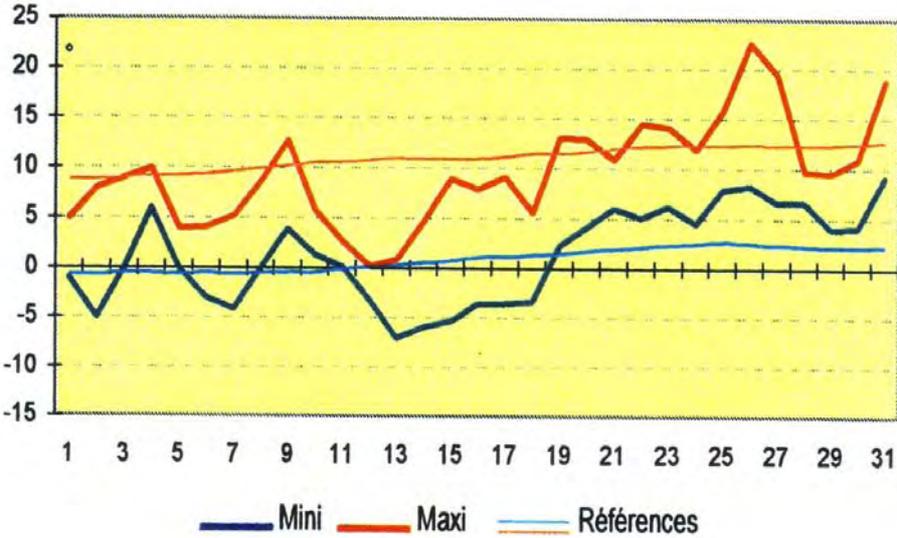
## Précipitations quotidiennes (mm)



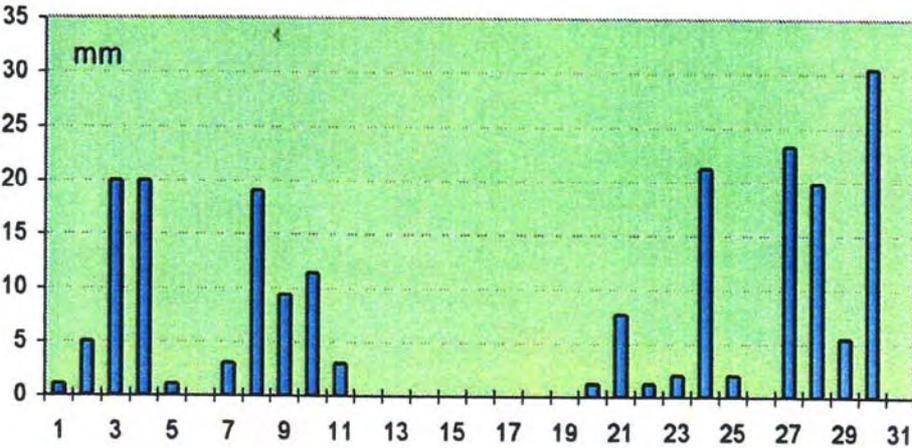
Données Météo France

# Mars 2006

## Températures extrêmes (°C)



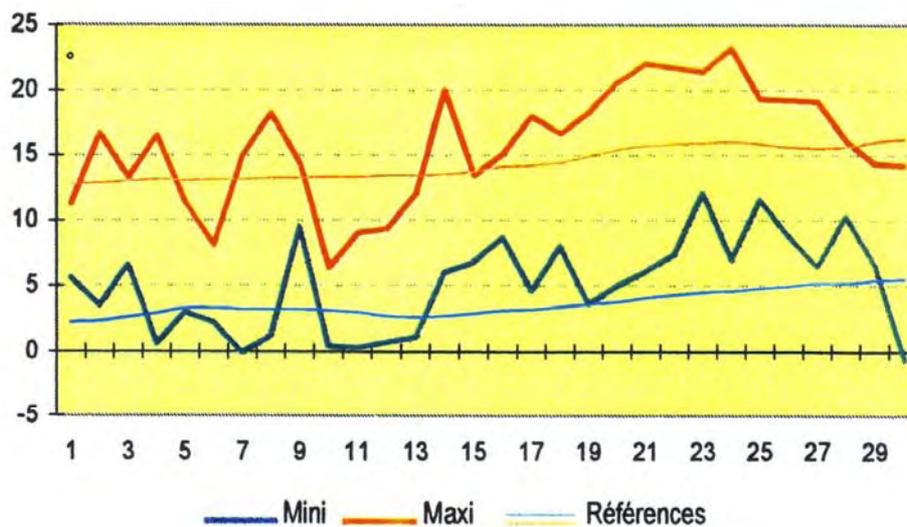
## Précipitations quotidiennes (mm)



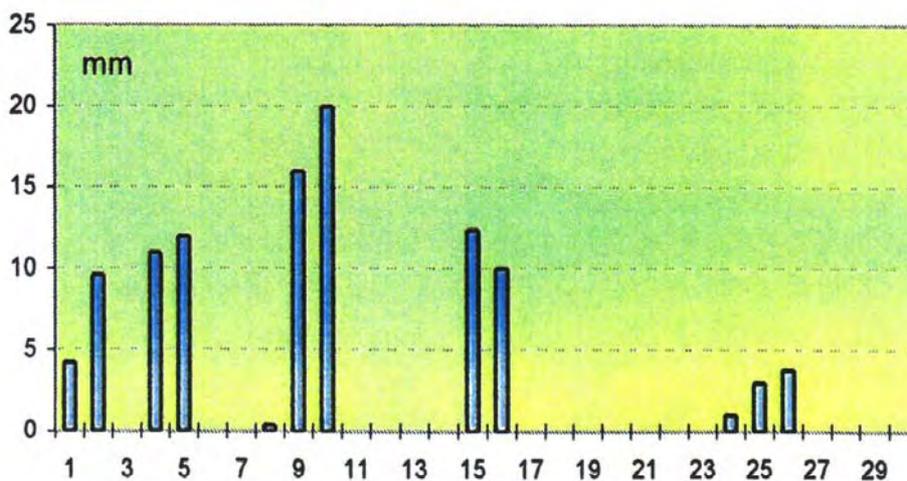
Données Météo France

# Avril 2006

## Températures extrêmes (°C)



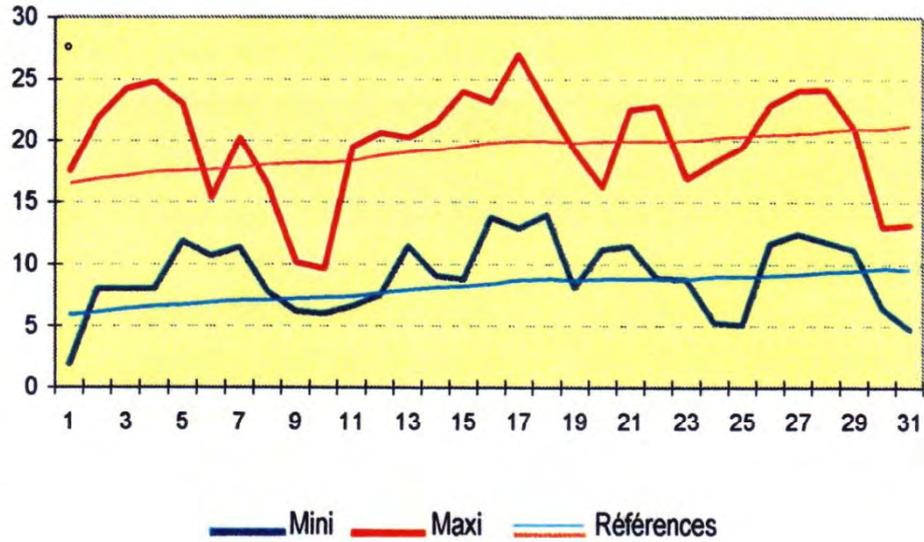
## Précipitations quotidiennes (mm)



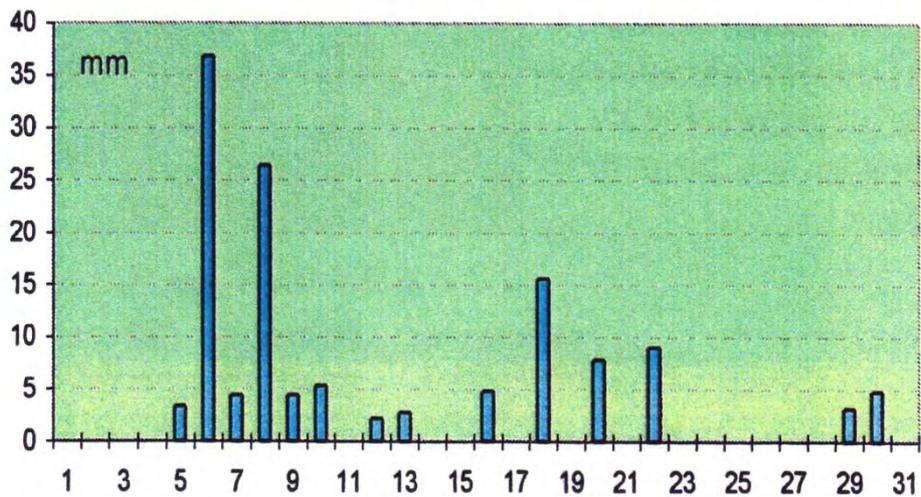
Données Météo France

# Mai 2006

## Températures extrêmes (°C)



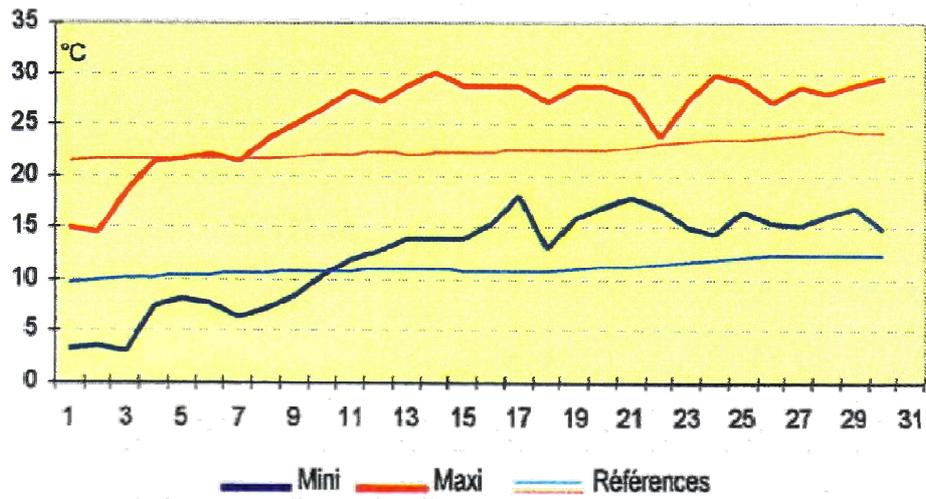
## Précipitations quotidiennes (mm)



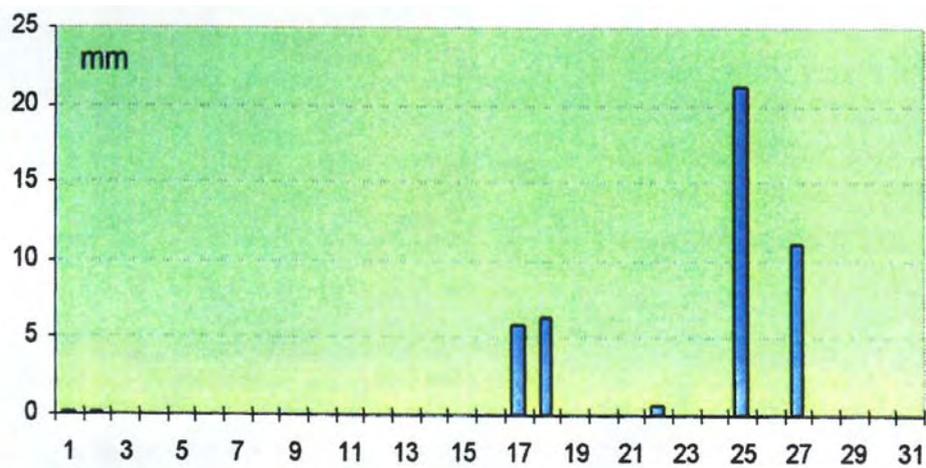
Données Météo France

# Juin 2006

## Températures extrêmes (°C)



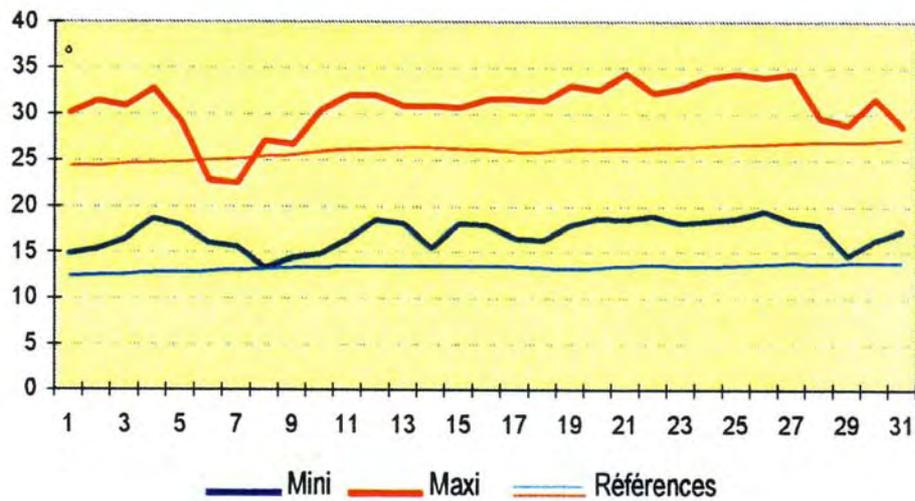
## Précipitations quotidiennes (mm)



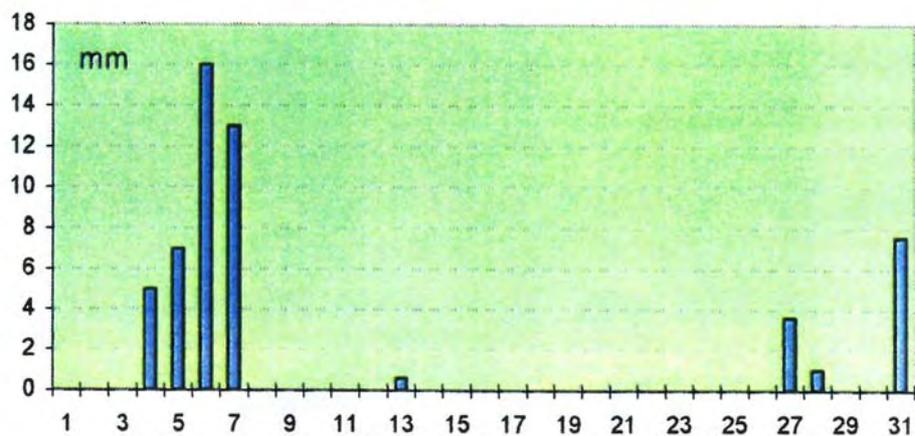
Données Météo France

# Juillet 2006

## Températures extrêmes (°C)



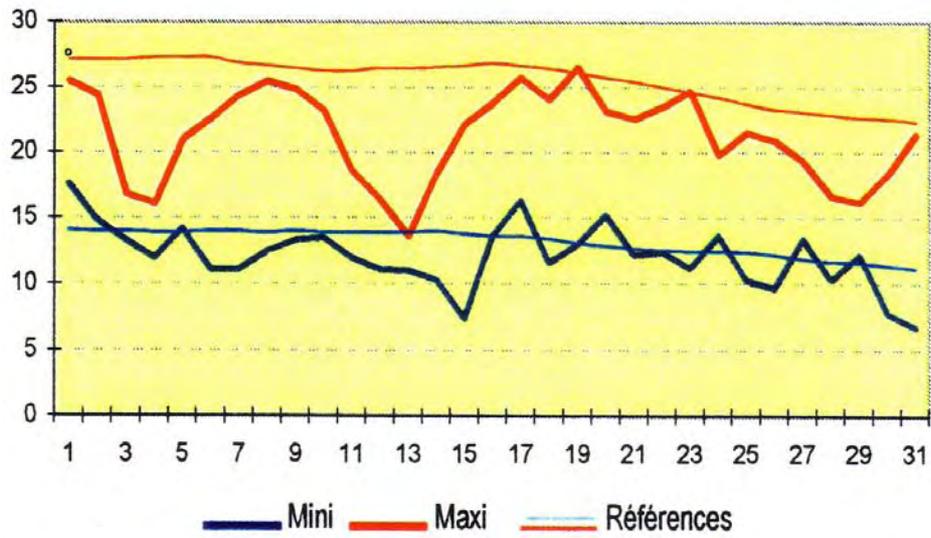
## Précipitations quotidiennes (mm)



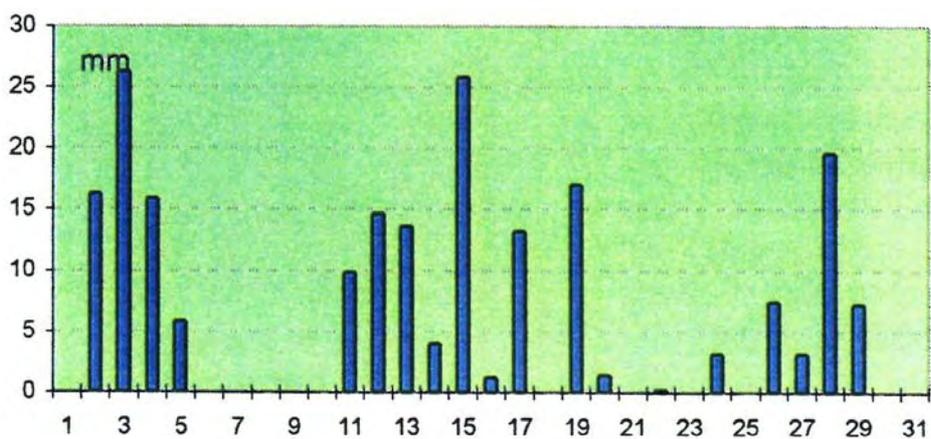
Données Météo France

# Août 2006

## Températures extrêmes (°C)



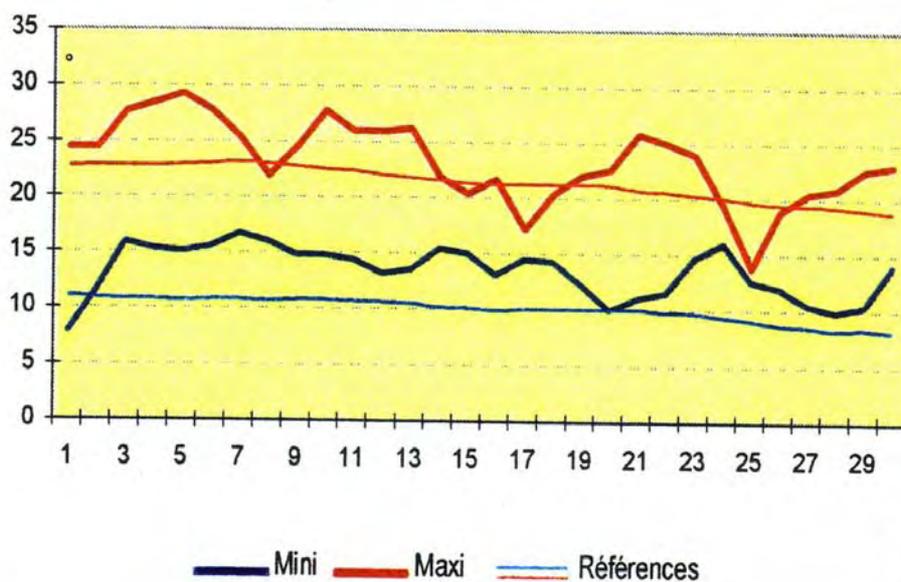
## Précipitations quotidiennes (mm)



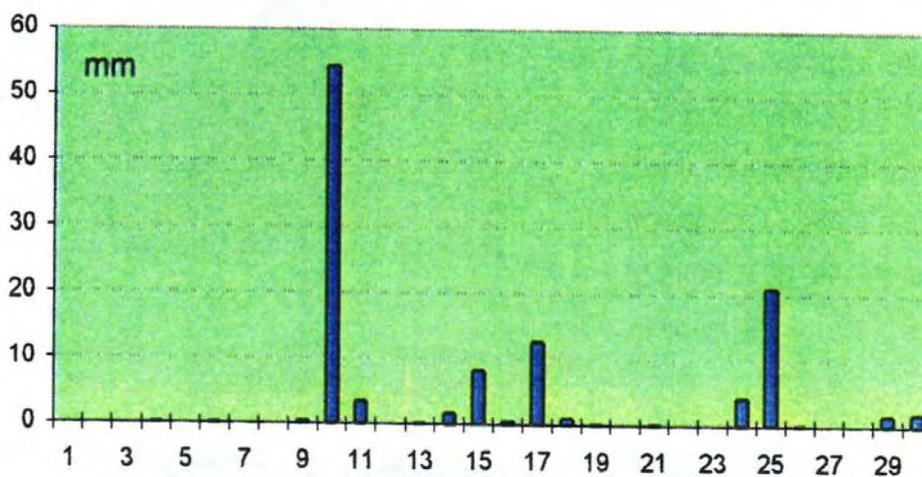
Données Météo France

# Septembre 2006

## Températures extrêmes (°C)



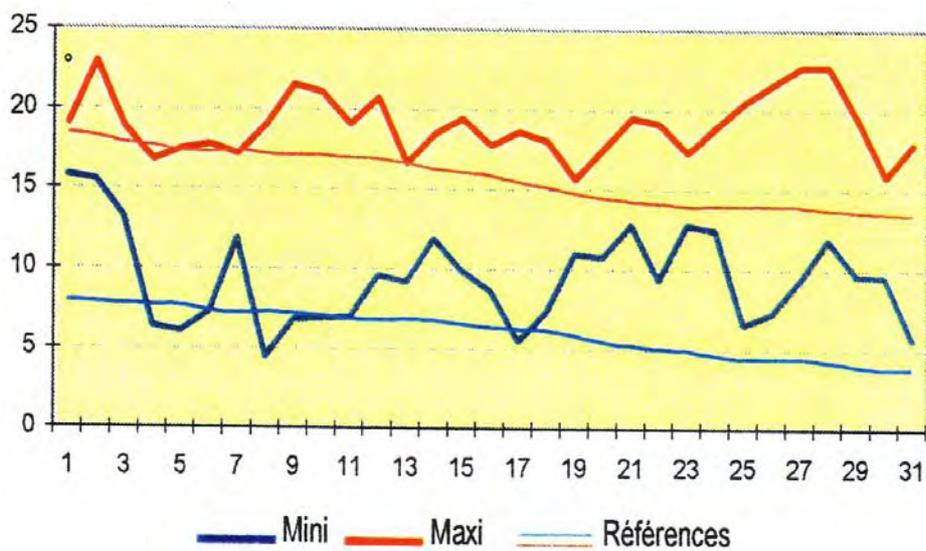
## Précipitations quotidiennes (mm)



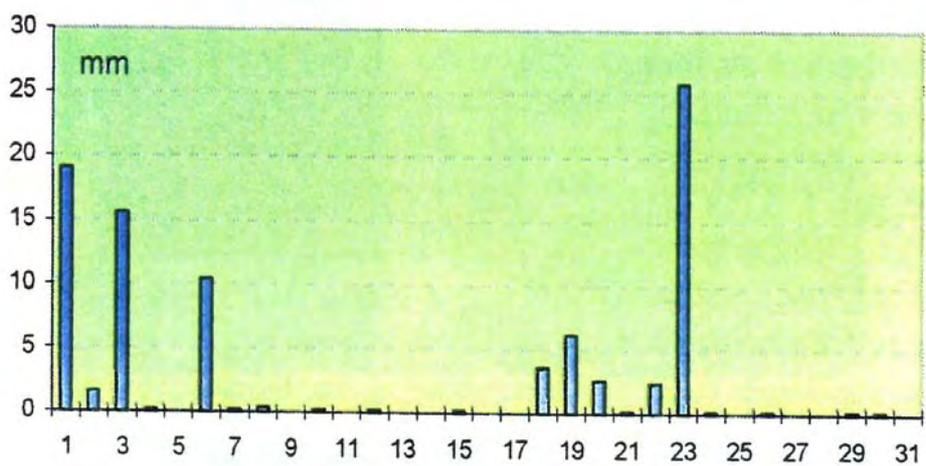
Données Météo France

# Octobre 2006

## Températures extrêmes (°C)



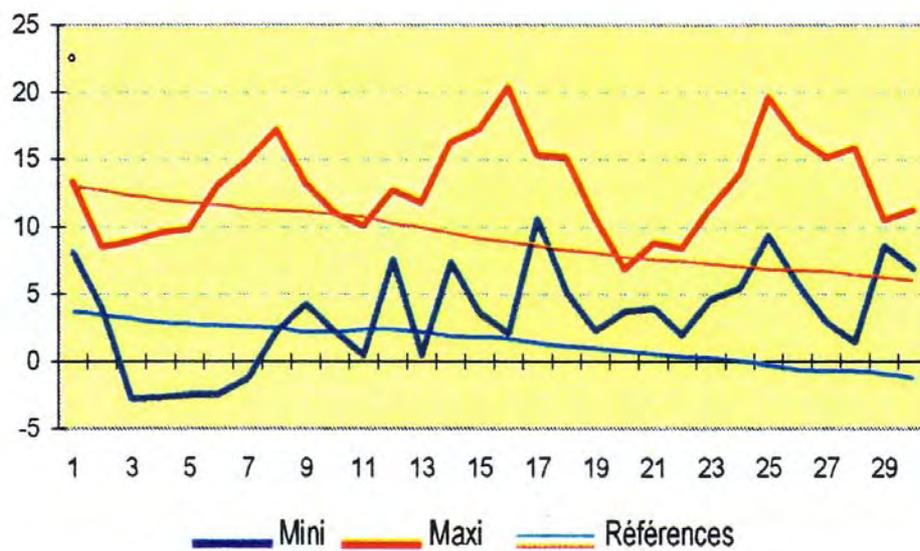
## Précipitations quotidiennes (mm)



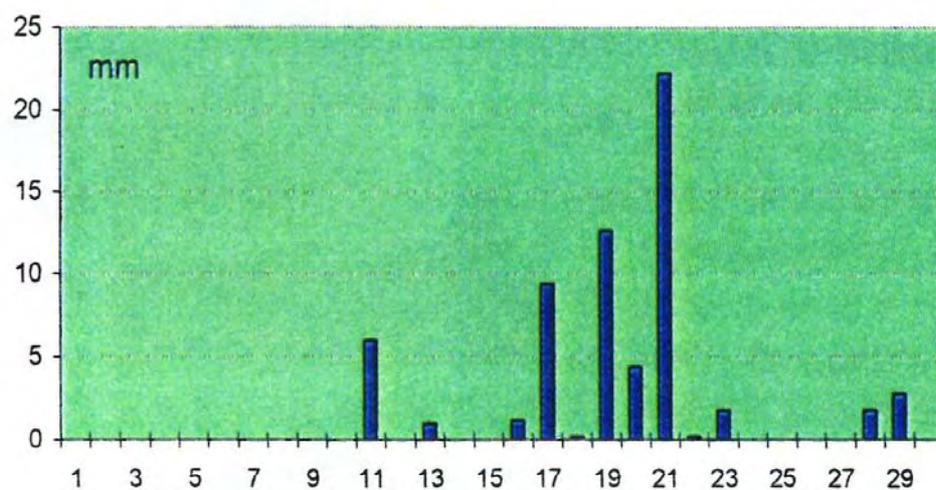
Données Météo France

# Novembre 2006

## Températures extrêmes (°C)



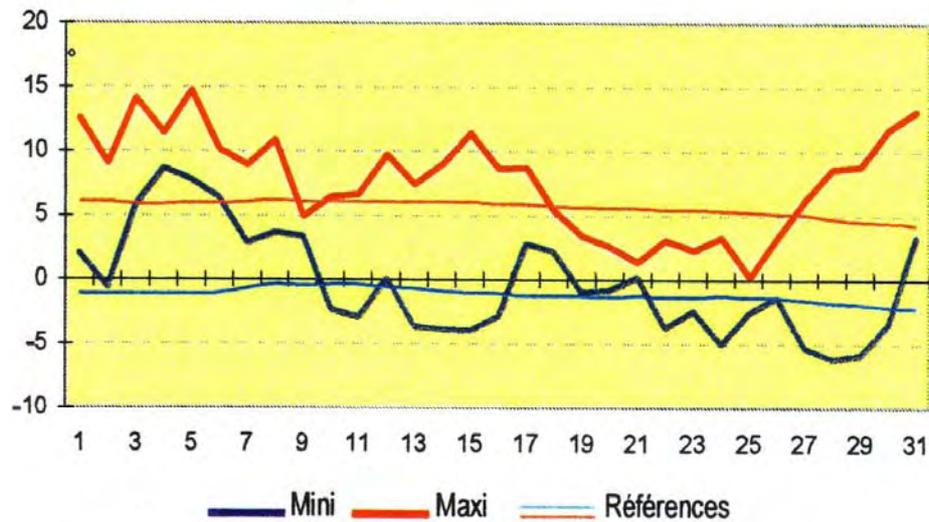
## Précipitations quotidiennes (mm)



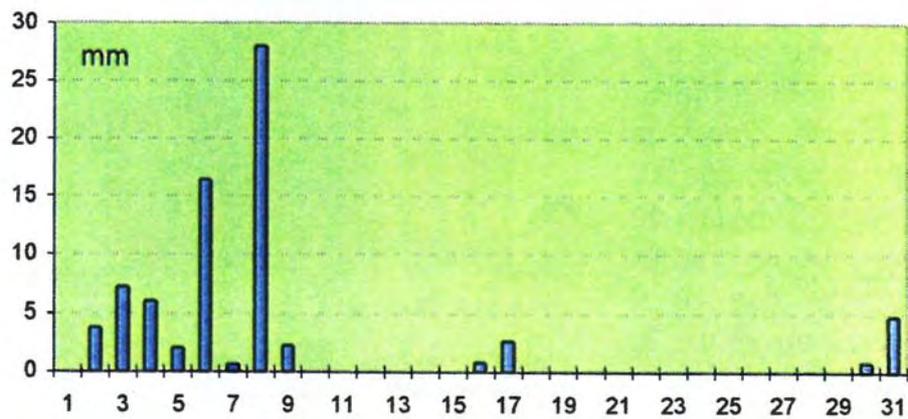
Données Météo France

# Décembre 2006

## Températures extrêmes (°C)



## Précipitations quotidiennes (mm)



Données Météo France

DOSSIER III

CARTE DU BASSIN VERSANT  
DU LAC D'ANNECY

## DOSSIER IV

# COURBES DES DEBITS DES PRINCIPAUX AFFLUENTS EN 2006

Source : DIREN Rhône-Alpes

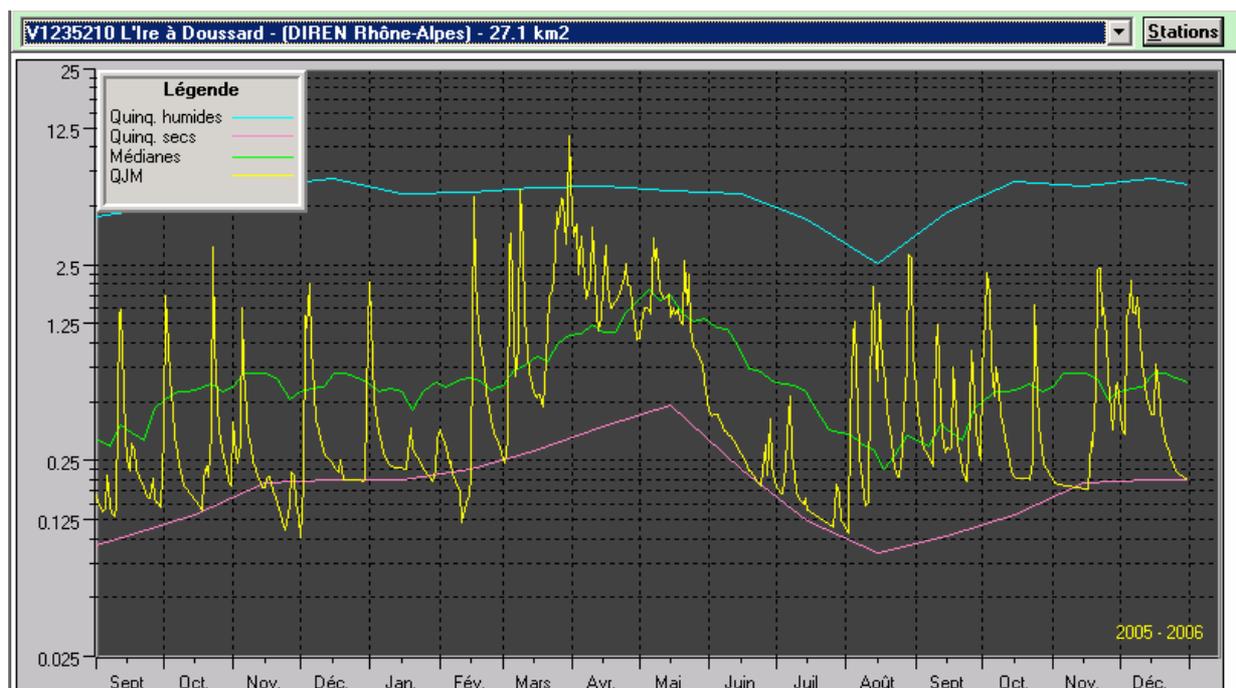
### ☑ L'EAU MORTE à Doussard

Bassin versant : 92,5 km<sup>2</sup> – Module : 2,79 m<sup>3</sup>/s (source : Banque Hydro)



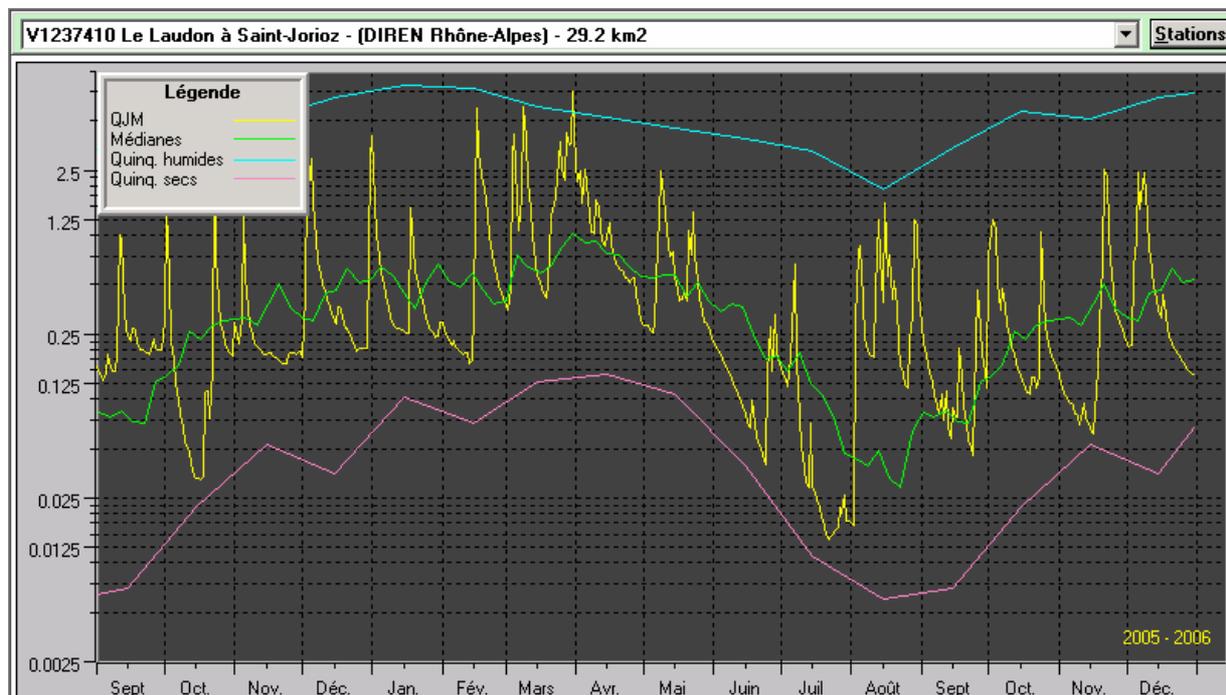
### ☑ L'IRE à Doussard

Bassin versant : 27,1 km<sup>2</sup> – Module : 1,05 m<sup>3</sup>/s (source : Banque Hydro)



### Le LAUDON à Saint-Jorioz

Bassin versant : 29,2 km<sup>2</sup> – Module : 0,74 m<sup>3</sup>/s (source : Banque Hydro)



### La BORNETTE à Lathuile

Bassin versant : 29,2 km<sup>2</sup> – Module : 0,37 m<sup>3</sup>/s (source : Banque Hydro)



DOSSIER V

ARTICLES DE PRESSE RELATIFS AU  
LAC D'ANNECY EN 2006