



HAL
open science

Suivi de la qualité des eaux du lac d'Annecy - Rapport 2004

Daniel Gerdeaux, Orlane Anneville, Jean-Claude Druart, Leslie Lainé, Jérôme Lazzarotto, Alexandre Richard, Anne Rolland, Damien Zanella, . Syndicat Mixte Du Lac d'Annecy

► **To cite this version:**

Daniel Gerdeaux, Orlane Anneville, Jean-Claude Druart, Leslie Lainé, Jérôme Lazzarotto, et al.. Suivi de la qualité des eaux du lac d'Annecy - Rapport 2004. [Rapport Technique] 2005. hal-02829703

HAL Id: hal-02829703

<https://hal.inrae.fr/hal-02829703>

Submitted on 7 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

SYNDICAT MIXTE DU LAC D'ANNECY

SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX DU LAC D'ANNECY

RAPPORT 2004

Rédigé par :

Daniel GERDEAUX (poissons, coordination et édition)
Orlane ANNEVILLE (zooplancton)
Jean-Claude DRUART (phytoplancton)
Leslie LAINE (zooplancton)
Jérôme LAZZAROTTO (physico-chimie)
Alexandre RICHARD (Chl a et édition)
Anne ROLLAND (phytoplancton)
Damien ZANELLA (poissons)

Validé par le Comité Scientifique « Suivi de la Qualité des Eaux du Lac »
à la date du 8 novembre 2005



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

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : ETUDES PHYSICO-CHIMIQUES	3
I.1. TRANSPARENCE.....	4
I.2. TEMPERATURE.....	7
I.3. OXYGENE DISSOUS	10
I.4. CONDUCTIVITE	15
I.5. TURBIDITE	16
I.6. AZOTE.....	19
I.7. PHOSPHORE.....	21
I.8. RAPPORT 'N/P'	21
I.9. EVOLUTION INTERANNUELLE DE L'AZOTE ET DU PHOSPHORE.....	24
I.10. SILICE	27
I.11. STOCKS DU LAC EN CATIONS (Ca, Mg, Na, K) ET EN ANIONS (Cl, SO4)	29
I.12. CONCLUSION.....	29
CHAPITRE II : ETUDES BIOLOGIQUES	31
II.1. METHODES D'ETUDE DU PLANCTON.....	31
II.1.1. PHYTOPLANCTON.....	31
II.1.2. ZOOPLANCTON.....	33
II.2. LE PHYTOPLANCTON	34
II.2.1. RICHESSE SPECIFIQUE DU PHYTOPLANCTON.....	34
II.2.2. GRAND LAC	35
II.2.3. PETIT LAC	46
II.2.4. COMPARAISONS DES DONNEES OBTENUES SUR CHAQUE LAC	54
II.2.5. CONCLUSION DU CHAPITRE PHYTOPLANCTON	56
II.3. ZOOPLANCTON.....	56
II.3.1. COMPOSITION ET EVOLUTION A LONG TERME DE LA COMMUNAUTE ZOOPLANCTONIQUE.....	57
II.3.2. DYNAMIQUE SAISONNIERE EN 2004 ET EVOLUTION A LONG TERME DE CETTE DYNAMIQUE	59
II.4. RELATION ENTRE PLANCTON ET TENEUR EN CHLOROPHYLLE A	65
II.4.1. Chlorophylle <i>a</i> dans la couche superficielle (-3 et -10 m).....	65
II.4.2. Chlorophylle <i>a</i> dans les 30 premiers mètres	66
II.5. SUIVI DE LA PECHE AU LAC D'ANNEYCY EN 2004 ; STATISTIQUES OBLIGATOIRES ET CARNETS VOLONTAIRES.	69
CONCLUSION GENERALE	91
BIBLIOGRAPHIE	93

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 2004 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 2004 a été réalisé selon les procédures utilisées antérieurement de façon à assurer une continuité des données annuelles (cf. rapports antérieurs)

Quinze 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.

Les données météorologiques locales sont reprises des bilans de Météo France que nous remercions et des données de pluviométrie du SILA (cf. dossier 2). L'année 2004 est une année climatologique dans la moyenne pour les températures et déficitaire pour la pluviométrie. La pluviométrie annuelle, comparable à celle observée sur l'année 2003, est très inférieure à la moyenne des 30 dernières années (1214,8 mm entre 1973 et 2004) avec un cumul de 851,5 mm. Les données mensuelles ne mettent pas en évidence de forte anomalie par rapport aux tendances moyennes des 30 dernières années.

CHAPITRE I

ETUDES PHYSICO-CHIMIQUES

L'année 2004 a fait l'objet d'un suivi physico-chimique au cours de 15 campagnes de prélèvements dans le Grand Lac et le Petit Lac.

Les prélèvements sont effectués aux profondeurs : 3m, 10m, 15m, 30m, 45m et le fond. A chaque campagne, les paramètres suivants sont dosés sur les échantillons prélevés : phosphore total, orthophosphates, azote nitrique, azote ammoniacal, azote total, silice réactive et le titre alcalimétrique complet. Durant deux campagnes, l'ensemble des éléments majeurs (chlorure, sulfate, calcium, magnésium, sodium et potassium) est analysé. Les méthodes utilisées pour ces analyses chimiques sont présentées dans les annexes.

Lors de chaque campagne de prélèvement, un 'profil de sonde physico-chimique' est aussi effectué ; ce profil nous indique les valeurs de la température, la saturation en oxygène dissous, la conductivité et la turbidité tout au long de la colonne d'eau pour le Petit Lac et pour le Grand Lac.

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 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 et de 30 cm de diamètre. Ce paramètre est directement influencé par la présence de particules dans les premiers mètres et est donc un indicateur de l'abondance algale.

Les mesures des 15 campagnes de l'année 2003 sont représentées sur le Tableau I.1 et la Figure I.1 ; afin de faciliter la comparaison, les 15 valeurs de transparence de l'année 2004 sont reportées sur cette figure.

Les moyennes des transparences sont significativement plus faibles en 2004 par rapport aux années précédentes : 6,5 m pour le Grand Lac et 5,7 pour le Petit Lac contre 7,2 m et 6,5 m en 2003.

Comme ces dernières années, les transparences du Petit Lac sont généralement plus faibles que celles du Grand Lac.

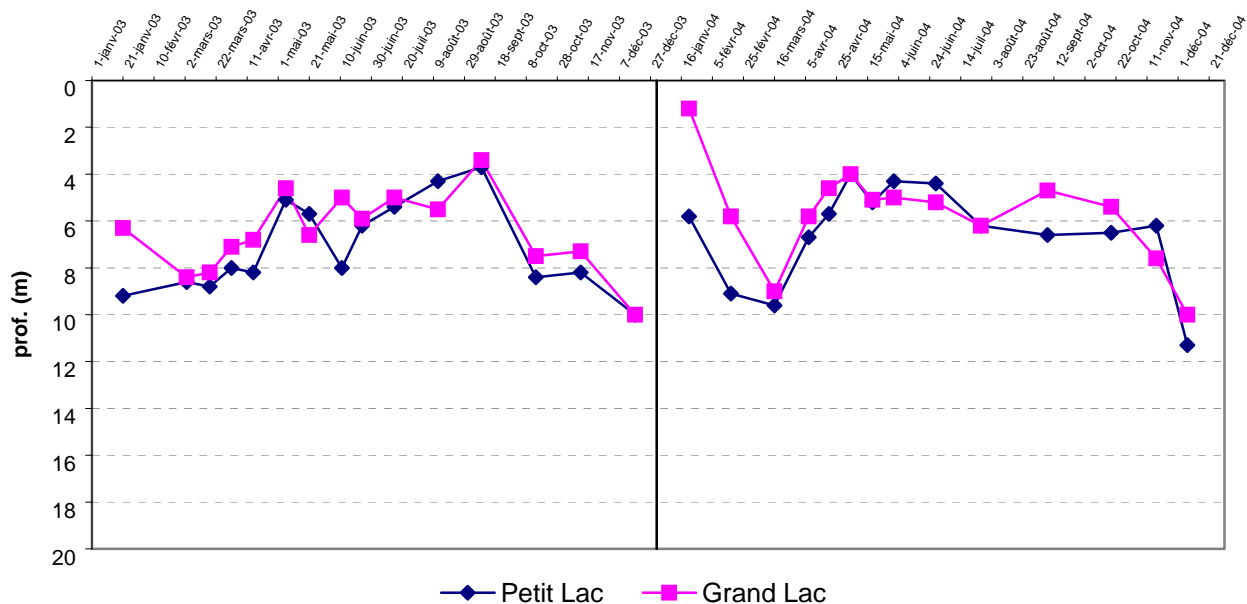


Figure I.1 : Evolution saisonnière de la transparence en mètre en 2003 et en 2004

La figure I.2 indique l'évolution de la transparence depuis 1995, on observe que les amplitudes de variation de la transparence au cours de l'année ont diminué depuis 1995, avec une transparence plus importante en été et moins importante en hiver.

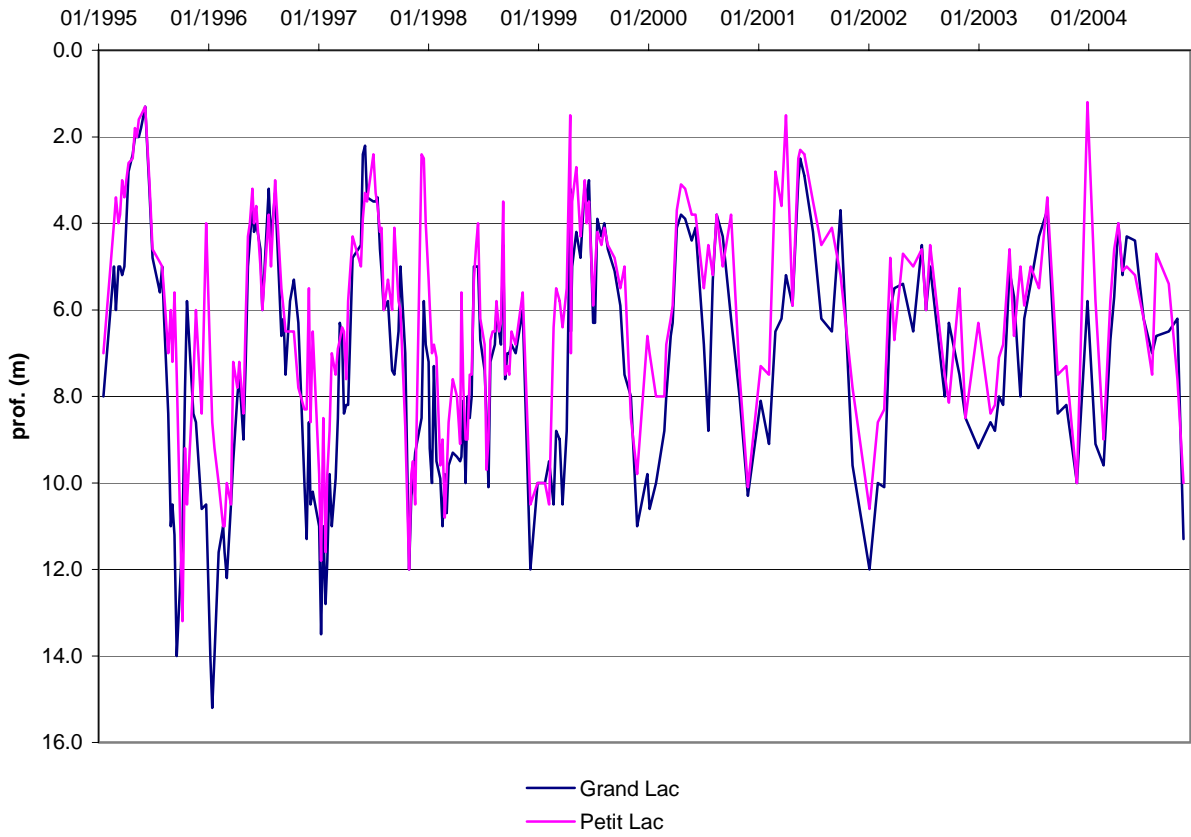


Figure I.2 : Evolution de la transparence en mètre de 1995 à 2004

Tableau I.1 : Résultats des mesures de transparence en mètres en 2004

ANNECY	Transparence – 2004	
	Grand Lac	Petit Lac
21-janv.-04	5.8	1.2
17-févr.-04	9.1	5.8
16-mars-04	9.6	9
7-avr.-04	6.7	5.8
20-avr.-04	5.7	4.6
4-mai-04	4	4
18-mai-04	5.2	5.1
1-juin-04	4.3	5
28-juin-04	4.4	5.2
27-juil.-04	6.2	6.2
25-août-04	7	7.5
8-sept.-04	6.6	4.7
19-oct.-04	6.5	5.4
17-nov.-04	6.2	7.6
7-déc.-04	11.3	10
<i>Nombre</i>	<i>15</i>	<i>15</i>
<i>Moyenne</i>	<i>6.6</i>	<i>5.8</i>
<i>Minimum</i>	<i>4.0</i>	<i>1.2</i>
<i>Maximum</i>	<i>11.3</i>	<i>10.0</i>

I.2. TEMPERATURE

Une sonde de température disposée à -1,5m de profondeur sur le littoral Est du Grand Lac a enregistré la température tous les jours à minuit entre le 25 février et le 21 décembre 2004. Ces mesures sont transcrites sur la figure I.3.

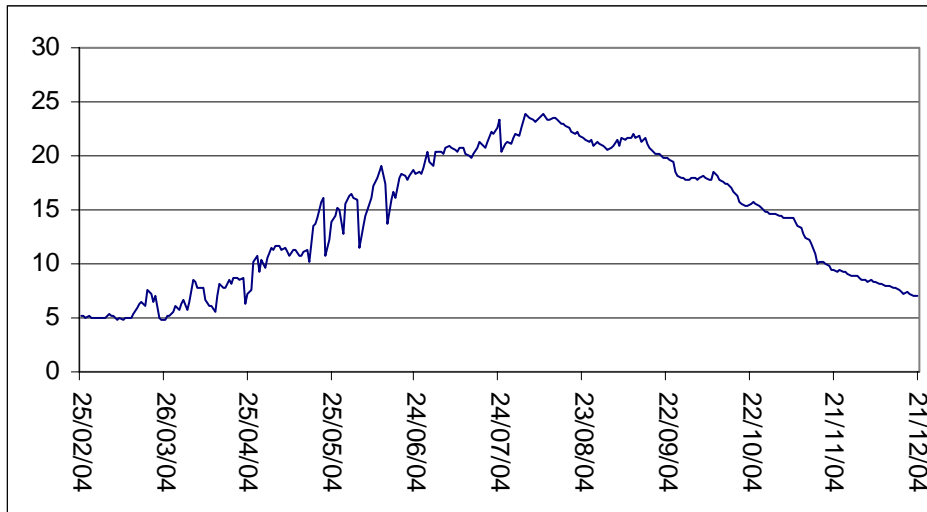


Figure I.3 : Evolution de la température entre le 25 février et le 21 décembre 2004 en °C

La température est aussi mesurée à l'aide de la sonde lors de chaque prélèvement. Ainsi les figures I.4 et I.5 représentent 15 profils de température dans le Grand Lac et le Petit Lac. On peut, à l'aide de ces profils, suivre :

- L'évolution des masses d'eau et en particulier les phénomènes de stratification¹ et de brassage.
- Leurs conséquences sur l'oxygénation des eaux et la dynamique des nutriments.

L'homogénéisation thermique du lac a été observée lors de la campagne du 21 janvier : on observe alors 5,9°C de la surface au fond du Grand Lac, et 6,0°C de la surface au fond du Petit Lac.

¹ **Stratification** : formation de couches d'eau différentes parallèles séparées par leur différences de densité et de température

La figure I.6 indique que depuis 1996, la température d'homogénéisation oscille entre 5 et 7 °C sans tendance significative.

Le réchauffement depuis la surface est observé à partir de la campagne du 7 avril 2004 avec une température de 7,9°C en surface. Ce réchauffement est du même ordre que ceux observés avant 2003, l'année 2003 ayant été exceptionnellement chaude.

Il en est de même pour les maxima observés : le maximum de température est atteint lors de la campagne du 8 septembre 2004 pour le Grand Lac avec une température superficielle de 22,6°C en surface pour le Grand Lac et 22,4°C pour le Petit Lac, soit 2°C de moins qu'en 2003 et un retour aux maxima habituels.

L'épaisseur de l'**épilimnion**² est d'environ 11 m en été et s'épaissit pour atteindre 20 m lors de la campagne du 7 décembre 2004.

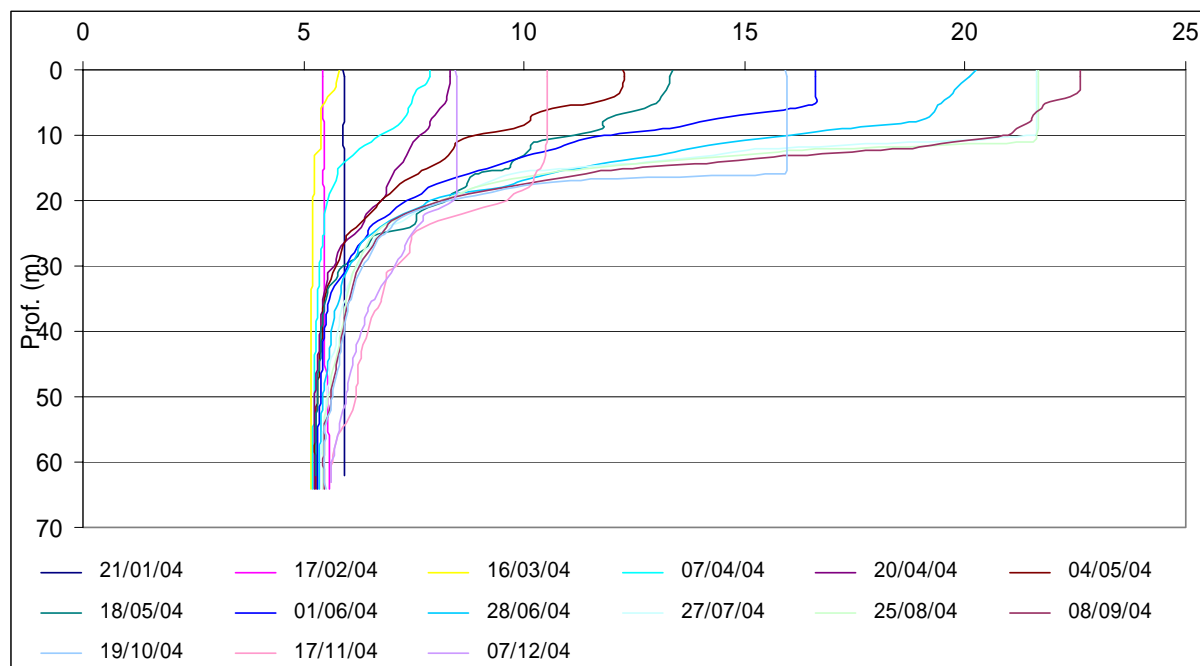


Figure I.4 : Profils de température (°C) dans le Grand Lac

² **Epilimnion** : couche supérieure du lac à température homogène, très variable au cours de l'année

Suivi du lac d'Annecy 2004

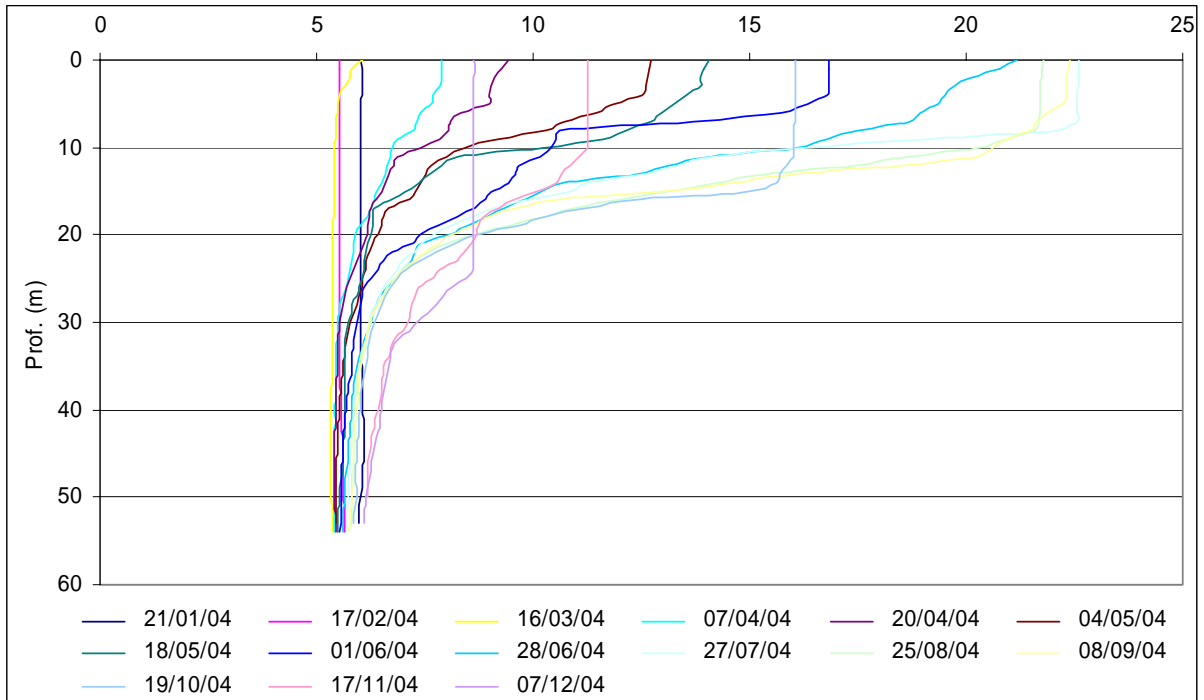


Figure I.5 : Profils de température (°C) dans le Petit Lac

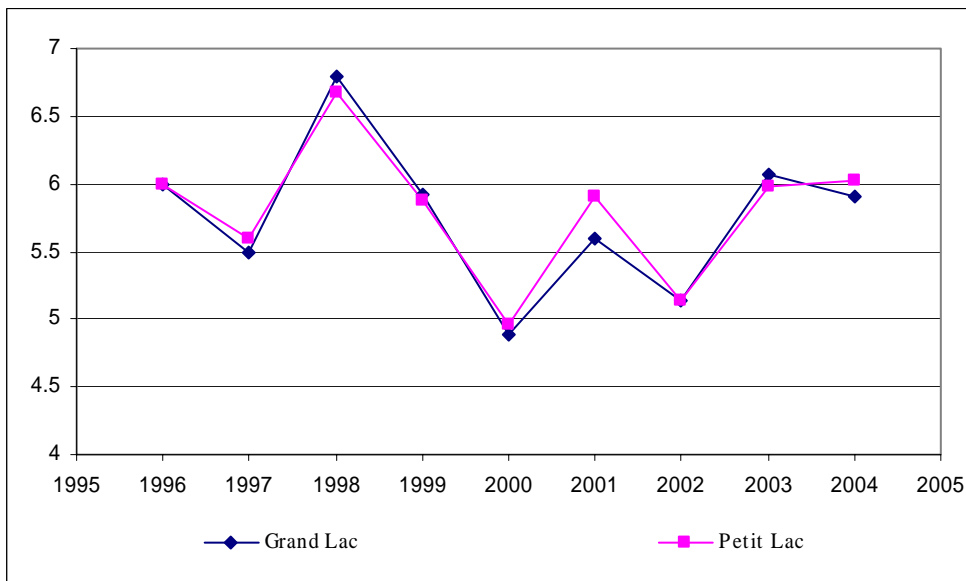


Figure I.6 : Evolution de la température (°C) d'homogénéisation depuis 1996

I.3. OXYGENE DISSOUS

Les profils des concentrations en oxygène dissous obtenus par la sonde pendant l'année 2004 sont représentés par les figures I.7. et I.8.

Des déterminations par la méthode chimique de Winkler sont systématiquement effectuées aux profondeurs de prélèvement (3, 10, 15, 30, 45 m et au fond) pour le Grand Lac et le Petit Lac.

L'homogénéisation thermique observée le 21 janvier 2004 a permis une réoxygénation quasi-complète de la colonne d'eau, avec une température de 5,9°C de la surface au fond du Grand Lac. La saturation en oxygène dissous varie peu : de 80 % à 77 %, soit 9,0 mgO₂/L, entre la surface et le fond du Grand Lac, et de 86% à 80%, soit 8,8 mgO₂/L à 8,5 mgO₂/L de la surface au fond du Petit Lac. Ainsi la réoxygénation est beaucoup plus importante qu'en 2003.

Le Petit Lac a comme toutes les années été entièrement homogénéisé.

Cependant la température des eaux a continué de diminuer au mois de février mais déjà le lac n'est plus homogène en conductivité, en pH et en oxygène. Nous observons alors le 17 février 5,4°C en surface et 5,6°C au fond du Grand Lac.

L'oxygénation des couches profondes de la colonne d'eau a continué plus tard pour atteindre un maximum lors de la campagne du 16 mars avec 10,5 mgO₂/L au fond du Grand Lac et 9,94 mgO₂/L au fond du Petit Lac, soit des valeurs proches de l'année précédente.

La figure I.9 représente le profil en oxygène dissous de chaque première campagne de l'année depuis 1996, représentatif de l'état de réoxygénation de la colonne d'eau du Grand Lac obtenu par le brassage hivernal. Nous remarquons que certaines années (1996, 2001 et 2003) l'hiver a été assez froid mais les vents n'ont pas été assez violents pour permettre une réoxygénation de l'ensemble de la colonne d'eau (la courbe de mars 1999 est en pointillé car au mois de janvier 99 il n'y a pas eu de profil en oxygène).

La reprise de l'activité phytoplanctonique est observée à partir de la campagne du 20 avril 2004 ; cette activité est mise en évidence par l'augmentation de l'oxygène dissous dans l'épilimnion. L'oxygène est libéré lors de la photosynthèse

que produit le phytoplancton. On observe une sursaturation en oxygène dissous du 20 avril au 19 octobre 2004 provoquée par la photosynthèse, l'activité phytoplanctonique est donc importante durant cette période, comme les années précédentes.

Les épisodes de forte croissance phytoplanctonique, d'après les profils de chlorophylle *a* obtenus à la sonde, sont observés lors des campagnes du 20 avril et du 4 mai et les maxima de sursaturation sont observés lors de la campagne du 4 et du 18 mai avec respectivement un maximum en oxygène dissous à 11 m de 128% et à 22 m de 126% dans le Grand Lac.

L'activité phytoplanctonique dans le Petit Lac est similaire à celle du Grand Lac ; le maximum de chlorophylle *a* est aussi observé le 4 mai avec 123 % de sursaturation en oxygène dissous à 10m.

Cette activité phytoplanctonique est du même ordre de grandeur que les années précédentes : les maxima de sursaturation en oxygène dissous atteints étaient de 133% en 2003 et 136% en 2002. L'étendue de la période de sursaturation de la colonne d'eau est identique à 2003, et plus importante qu'en 2002.

On observe d'après les profils en oxygène dissous que l'activité phytoplanctonique s'est maintenue tout au long de l'année et est progressivement descendue le long de la colonne d'eau jusqu'à environ 22 m.

Dans l'**hypolimnion**³, l'oxygénation se maintient à un niveau élevé (supérieur à 8 mgO₂/L) du début de l'année jusqu'à la campagne du 28 juin 2004, alors qu'en 2003 cette période était beaucoup plus courte (de mars à début mai). La concentration en oxygène dissous diminue ensuite au cours de l'année pour atteindre au minimum 0.11 mgO₂/L au mois de septembre comme on peut l'observer sur la figure I.7. La désoxygénation des eaux profondes est causée par une consommation de l'oxygène dissous par les espèces vivantes dans les couches où il ne peut plus être réapprovisionné du fait de la stratification des eaux. Cette désoxygénation est également due à la dégradation bactérienne de la matière organique morte en cours de sédimentation.

³ **Hypolimnion** : zone profonde froide à température homogène relativement constante au cours de l'année.

Comme on le remarque sur la figure I.11 qui représente l'évolution de l'oxygène dissous au fond du Grand Lac et du Petit Lac depuis 1996, la désoxygénation est comparable aux années précédentes. La désoxygénation est toujours plus importante pour le Grand Lac que pour le Petit Lac. Il faut rappeler que le point d'échantillonnage au fond est situé à 53 m pour le Petit Lac et à 62 m pour le Grand Lac, le fond du Petit Lac subit donc moins la désoxygénation que le fond du Grand Lac. Ainsi, en 1997 et 2001, années de réoxygénation importante du Petit Lac, on n'observera pas de désoxygénation du fond en automne.

Cette désoxygénation des eaux du fond entraîne une augmentation de la concentration en azote ammoniacal et en phosphore total comme le montre la figure I.12. Le relargage de phosphore par ce phénomène est très inférieur à celui des 4 dernières années.

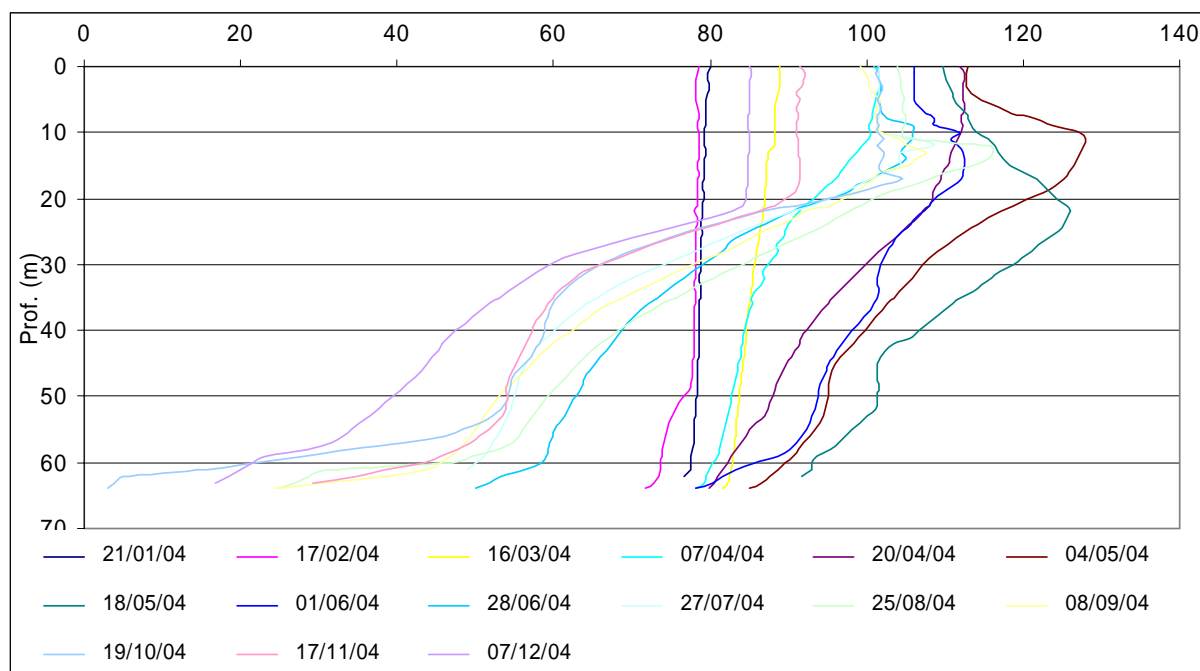


Figure I.7 : Profils d'oxygène dissous (% saturation en O₂) dans le Grand Lac

Suivi du lac d'Annecy 2004

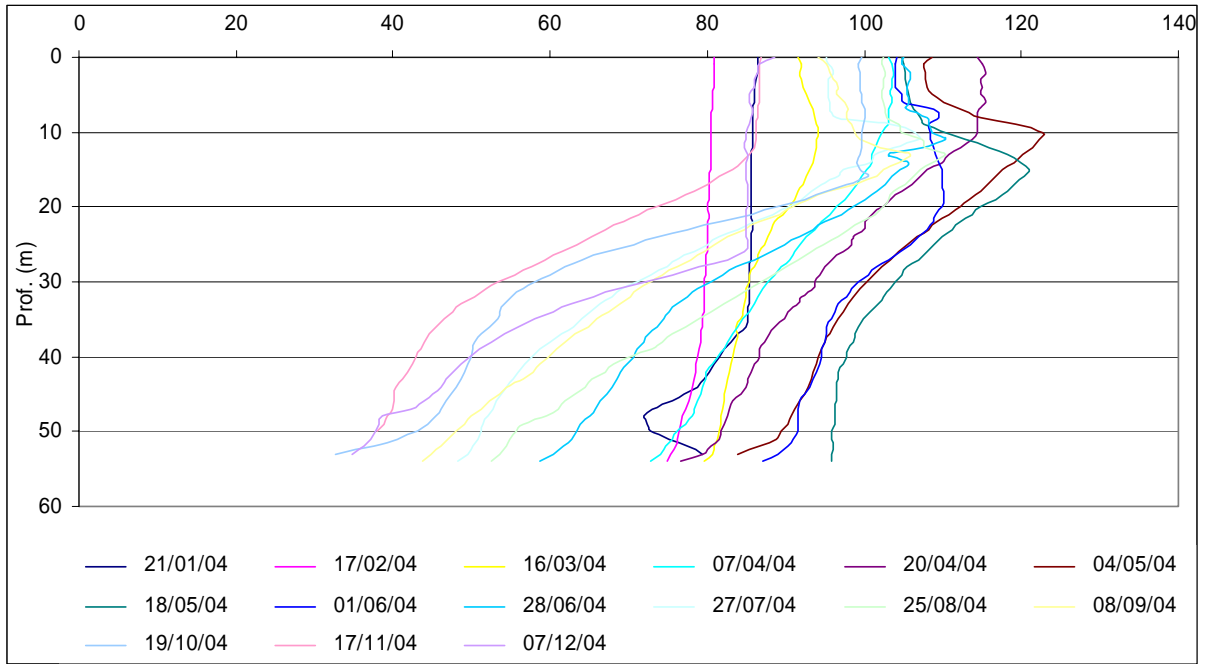


Figure I.8 : Profils d'oxygène dissous (% de saturation en O₂) dans le Petit Lac

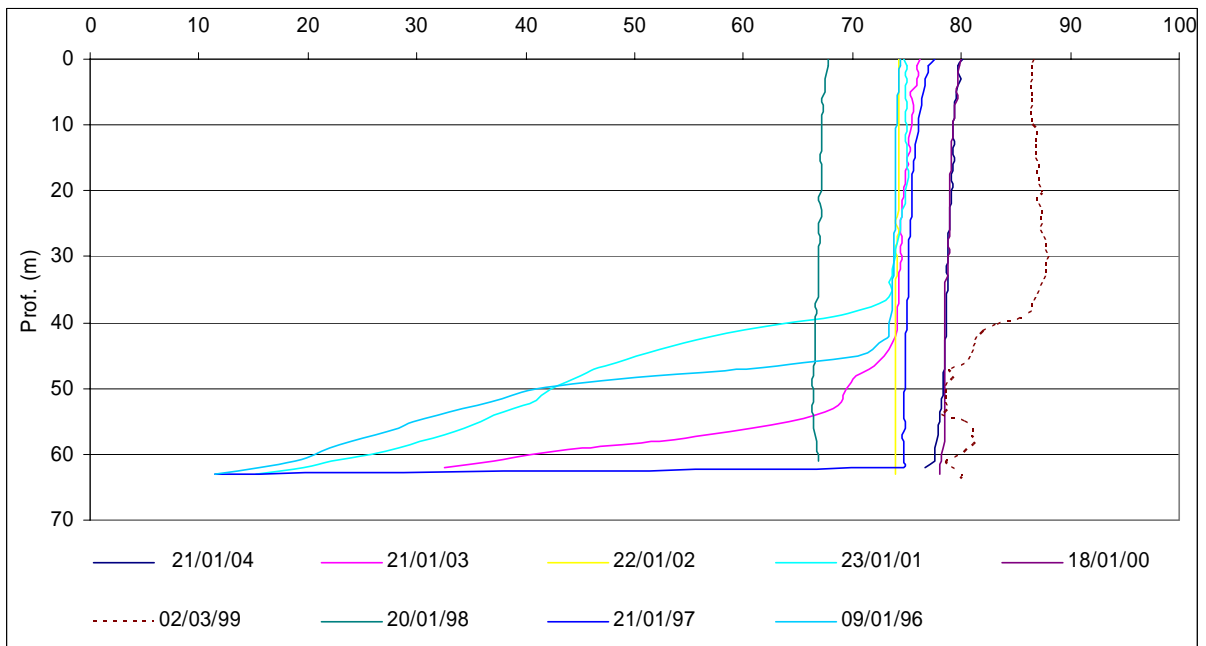


Figure I.9 : Evolution du profil en saturation en oxygène dissous de la première campagne de l'année de 1996 à 2004

Suivi du lac d'Annecy 2004

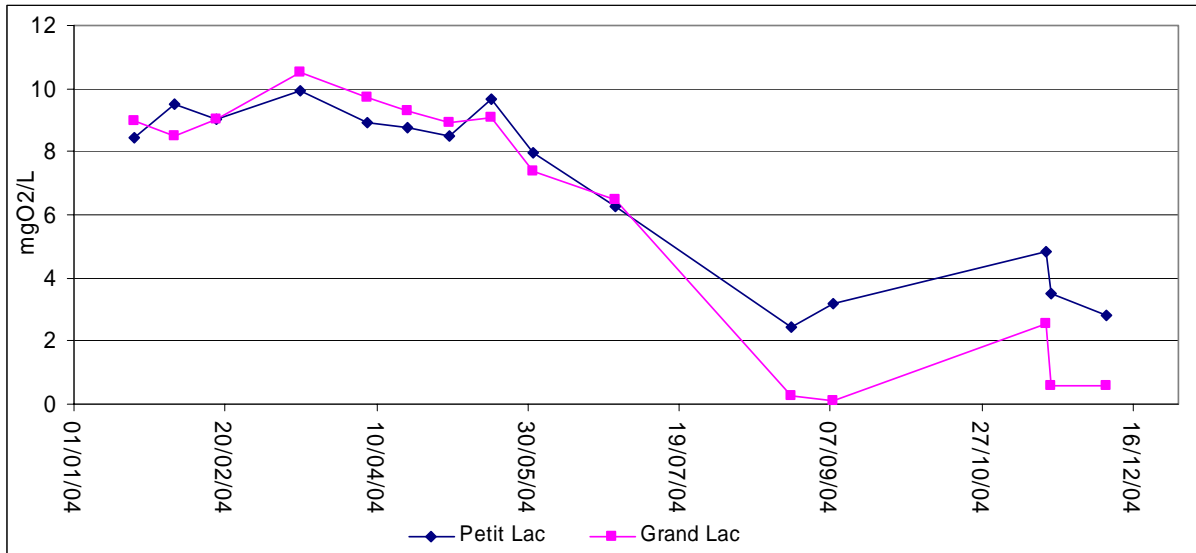


Figure I.10 : Evolution de la concentration en oxygène (mgO₂/L) dissous au fond du Grand Lac et du Petit Lac en 2004

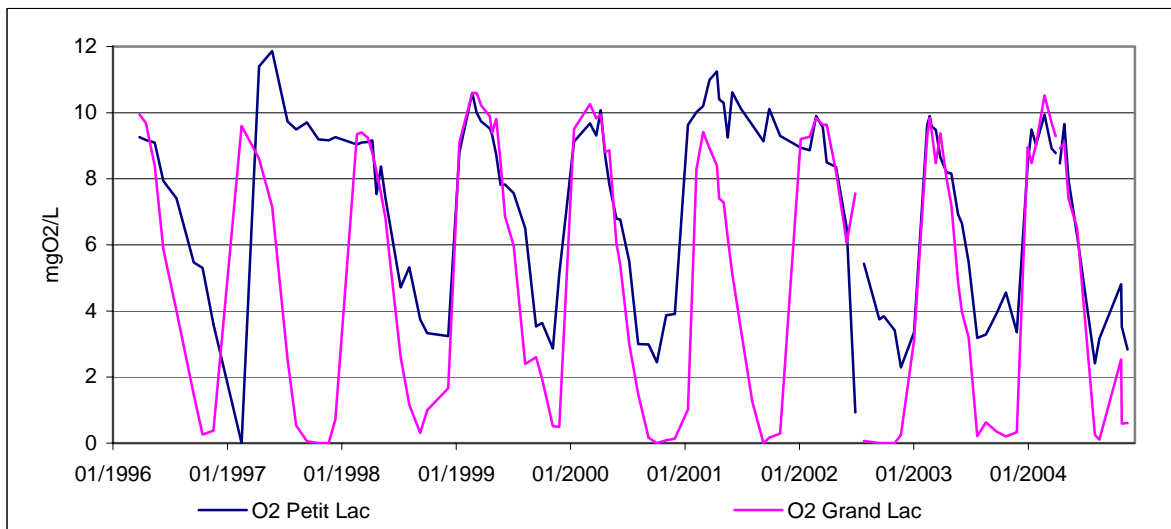


Figure I.11 : Evolution de la concentration en oxygène dans le fond du Grand Lac et du Petit Lac

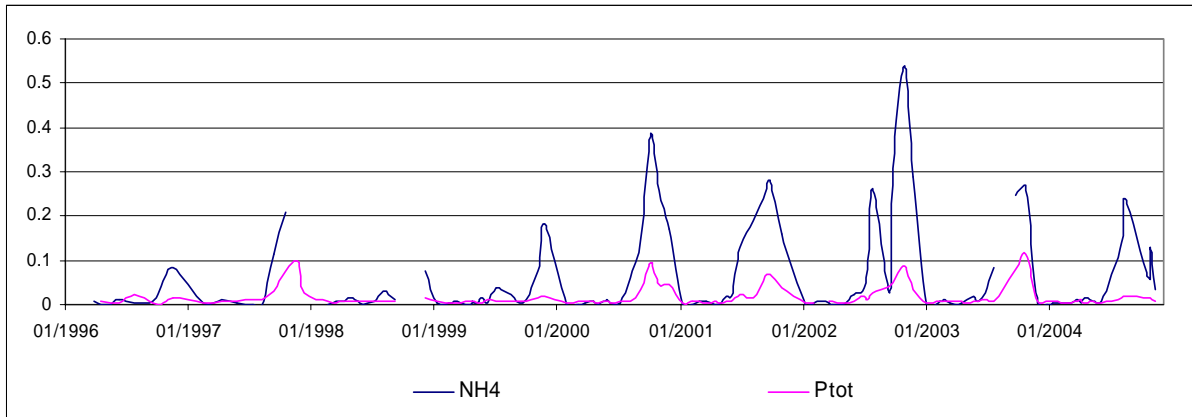


Figure I.12 : Azote ammoniacal et phosphore total (mg/L) au fond du Grand Lac depuis 1996

I.4. CONDUCTIVITE

La conductivité électrique est un indicateur de la teneur de l'eau en sels dissous et se mesure en mS/cm. Cette mesure est dépendante de la température ; afin de pouvoir effectuer des comparaisons, les valeurs de la conductivité sont donc ramenées à la température de référence de 25°C.

Les profils de conductivités de l'année 2004 sont représentés sur les figures I.13 et I.14.

Le brassage hivernal permet grâce à l'homogénéisation thermique une égalisation des conductivités le long de la colonne d'eau de la même manière que pour l'oxygène dissous ; ainsi lors de la campagne du 21 janvier, la conductivité varie peu : de 291 μ S/cm en surface à 303 μ S/cm au fond du Grand Lac

Jusqu'au mois de juin, la conductivité reste stable entre l'épilimnion et le fond, entre 280 et 300 μ S/cm pour le Grand Lac et le Petit Lac.

A partir de juillet, dans l'épilimnion, les périodes de forte croissance phytoplanctonique entraînent une baisse sensible de la conductivité. La photosynthèse réalisée pendant ces périodes se traduit par une consommation de CO_2 dissous, ceci entraîne une augmentation du pH, et favorise la précipitation du carbonate de calcium, et donc engendre une baisse de la conductivité. Le minimum est observé lors de la campagne du 8 septembre avec 226 μ S/cm, ces minima sont

comparables à ceux des 3 dernières années, ce qui laisse supposer une activité photosynthétique de même importance.

Dans les eaux du fond, on observe une augmentation de la conductivité liée au relargage du phosphore par les sédiments lors d'une désoxygénation importante et à la minéralisation de la matière organique détritique qui sédimente depuis la **couche trophogène**⁴. Ce phénomène s'observe surtout dans le fond du Grand Lac aux mois de septembre et octobre comme les années précédentes.

I.5. TURBIDITE

La turbidité est la mesure de la transmission de la lumière à 90° du rayon incident. Elle est effectuée à l'aide de la sonde lors de chaque campagne.

La turbidité d'une eau est provoquée par les matières en suspension et par les cellules phytoplanctoniques et s'exprime en FTU. Les mesures effectuées sont représentées sur les figures I.15 et I.16.

Les pics de turbidité dans les couches superficielles sont généralement liés à la présence de phytoplancton ; on les observe sur la figure I.15 dans l'épilimnion aux mois de mai, juin et septembre. Ainsi même si on observe une sursaturation durant l'été, le phytoplancton n'induit pas une turbidité significativement très différente à cette période qu'au début de l'année.

⁴ **Couche trophogène** : couche où les processus de production (photosynthèse) sont supérieurs à ceux de décomposition.

Suivi du lac d'Annecy 2004

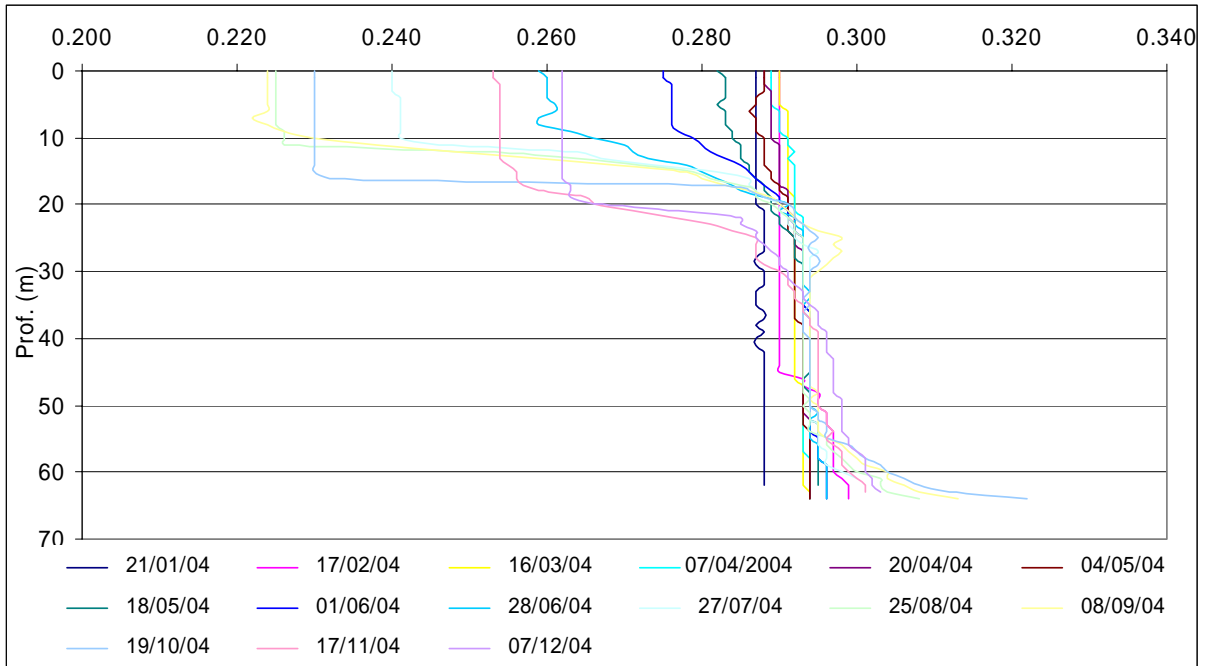


Figure I.13 : Profils de la conductivité (mS/cm) Grand Lac

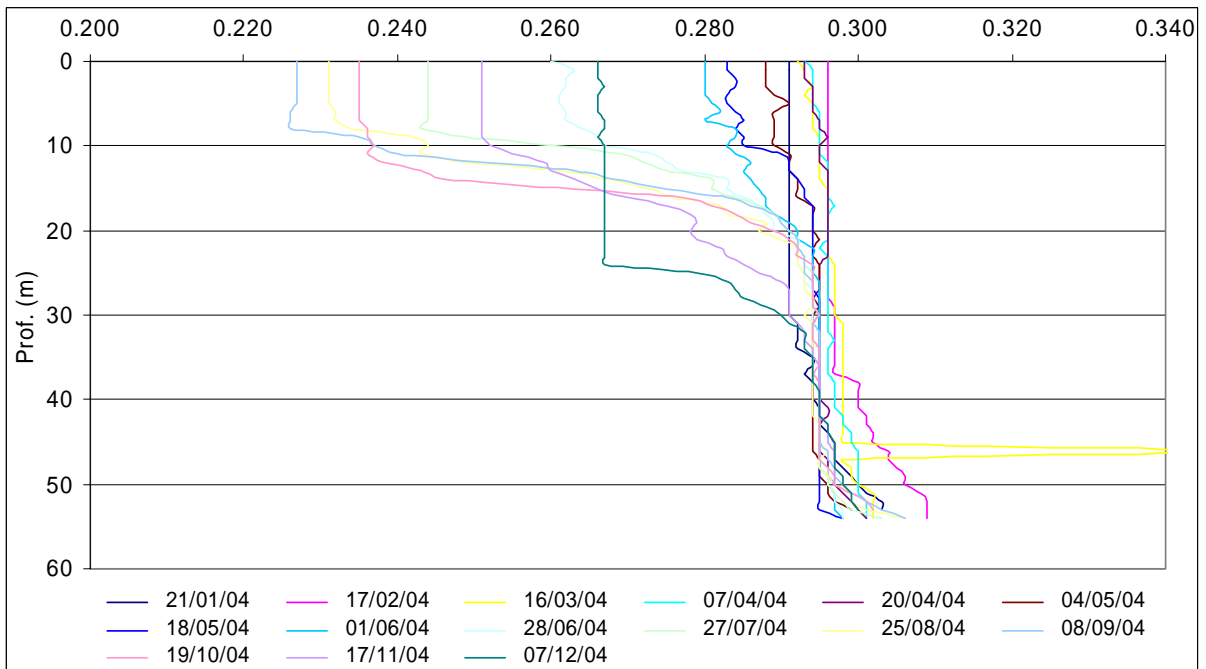


Figure I.14 : Profils de la conductivité (mS/cm) Petit Lac

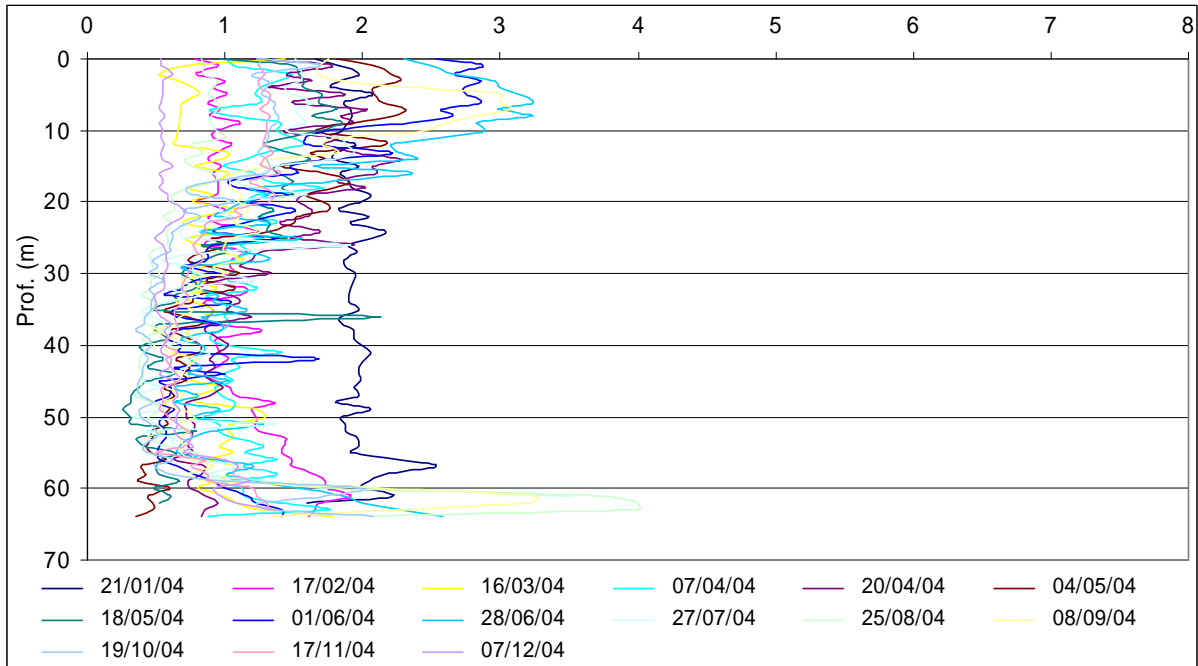


Figure I.15 : Profils de turbidité (FTU) Grand Lac

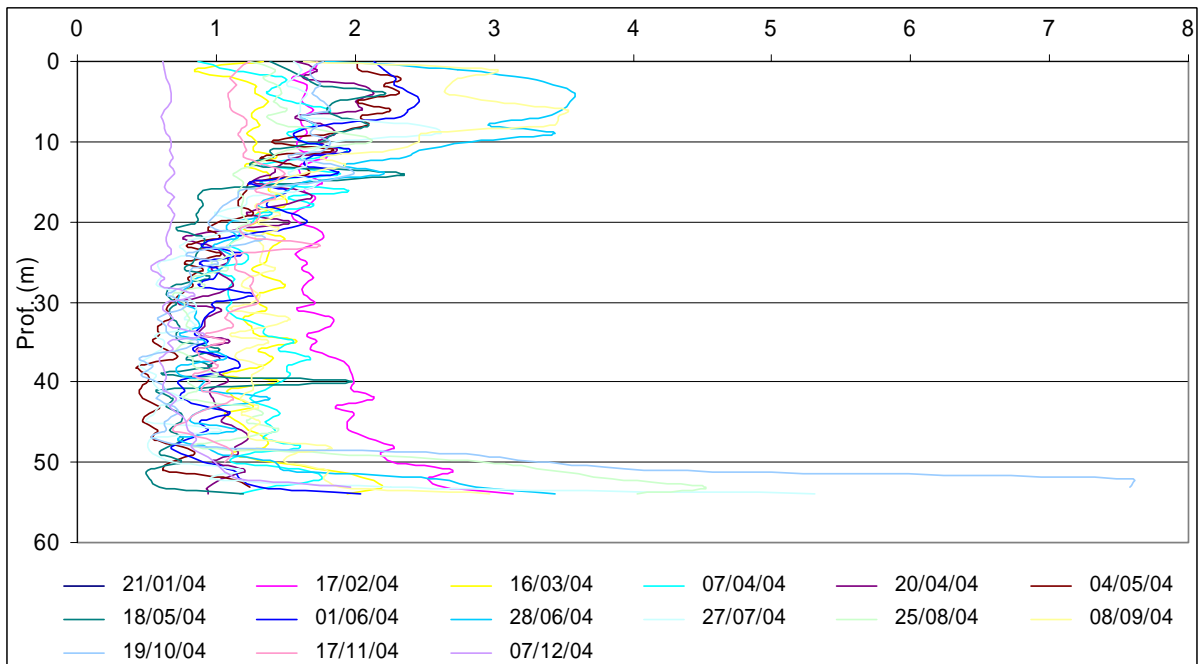


Figure I.16 : Profils de turbidité (FTU) Petit Lac

I.6. AZOTE

Les formes de l'azote mesurées sont les nitrates ou azote nitrique (NO_3^-), l'azote ammoniacal (NH_4^+) et l'azote total. La somme de l'azote nitrique et de l'azote ammoniacal est considéré comme étant « l'azote minéral total », l'azote nitreux (NO_2^-) devrait normalement être inclus dans cette somme mais il est généralement présent à des teneurs trop faibles pour modifier significativement cette somme. Cette hypothèse est validée lors de deux campagnes dans l'année où il est dosé. L'azote organique est évalué par la différence entre l'azote total et l'azote minéral total.

L'évolution des concentrations en nitrates est représentée sur les figures I.17 et I.18.

Après le brassage hivernal, l'azote nitrique présente une répartition homogène sur l'ensemble de la colonne d'eau comme on l'observe sur la figure I.17 lors de la campagne du 21 janvier 2004 ; la concentration est alors de 0,25 mgN/L dans le Grand Lac et 0,32 mgN/L dans le Petit Lac.

La consommation notable de l'azote nitrique dans la **couche euphotique**⁵, qui se limite à l'épilimnion, est observée à partir de la campagne du 27 avril soit un mois plus tôt qu'en 2003. La consommation des nitrates par le phytoplancton est importante comme l'an dernier ; aux mois de juillet et août la concentration en nitrates a été inférieure à 0,05 mgN/L dans le Grand Lac.

Comme les années précédentes, la consommation importante des nitrates n'a touché que la couche 0-10 m, et de manière beaucoup moins importante la couche 10-15 m.

Lorsque la teneur en oxygène est faible, certains êtres vivants peuvent prendre l'oxygène des nitrates en réalisant la réduction des nitrates en ammonium ; on observe ce phénomène dans les fonds du Grand Lac à partir du mois d'août, alors qu'en 2003 ce phénomène a été observé dès le mois de juin. La figure I.12 indique que l'azote ammoniacal provenant de la désoxygénation du fond du Grand

⁵ **Couche euphotique** : couche supérieure du lac recevant assez de lumière pour permettre la photosynthèse.

Lac est du même ordre que les années précédentes, on observe cependant une tendance à l'augmentation depuis 1996.

L'azote ammoniacal se maintient à des concentrations faibles (< 10 µgN/L) dans la couche trophogène du Grand Lac, aux mois d'août et septembre à 15 m avec respectivement 0.015mgN/L et 0.037 mgN/L, lors de l'observation du pic de zooplancton (cf. Chap. zooplancton). L'azote ammoniacal est directement lié aux excréments du zooplancton, c'est pourquoi on le rapproche de l'activité du zooplancton.

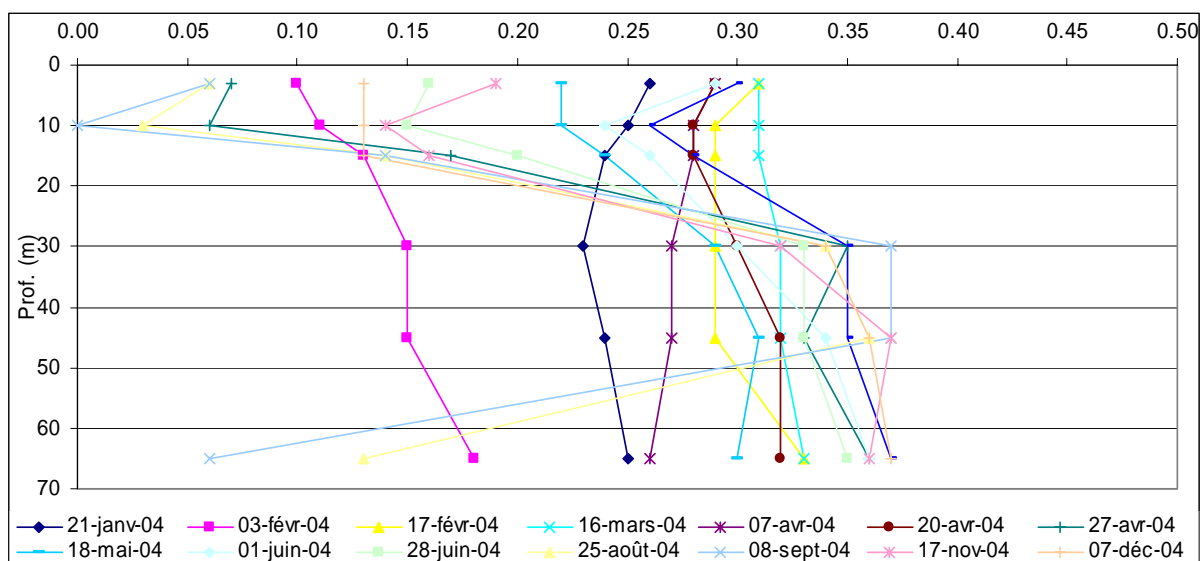


Figure I.17 : Azote nitrique (mgN/L) Grand Lac

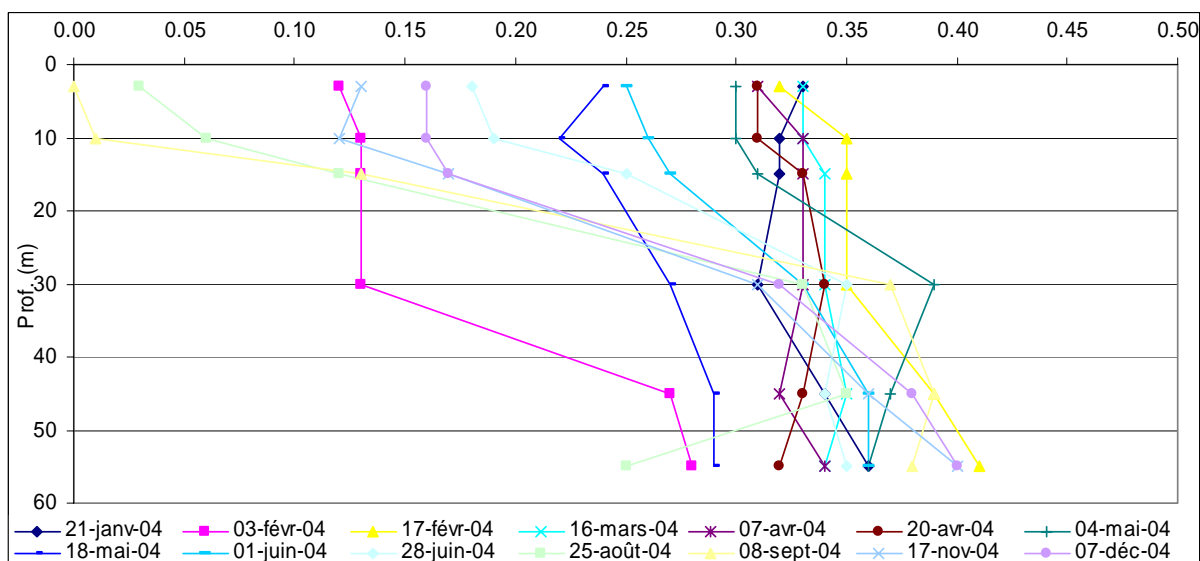


Figure I.18 : Azote nitrique (mgN/L) Petit Lac

I.7. PHOSPHORE

Les figures I.19 à I.22 présentent respectivement les profils verticaux des concentrations en orthophosphates et en phosphore total.

Après le brassage hivernal complet lors de la campagne du 21 janvier, la concentration en orthophosphates (PO_4^{3-}) varie entre 2 et 3 $\mu\text{gP/L}$ contre 1 et 2 $\mu\text{gP/L}$ en 2003 dans le Grand Lac.

Durant toute l'année, les concentrations en orthophosphates dans la couche trophogène restent faibles et ne dépassent pas 3 $\mu\text{gP/L}$, comme les années précédentes.

Dans les eaux du fond du Grand Lac, on observe des augmentations significatives de la concentration des orthophosphates à partir du mois de septembre. Ce phénomène est lié à la désoxygénation des couches profondes et au relargage du phosphore par les sédiments. Le maximum d'orthophosphates relargués est observé lors de la campagne du 17 novembre 2004 avec 11 $\mu\text{gP/L}$ contre 99 $\mu\text{gP/L}$ en 2003. Le brassage complet et la réoxygénation importante des eaux du fond limite donc significativement ce relargage comme on le voit aussi sur la figure I.12. Une partie de ces orthophosphates remis en suspension permettra lors du brassage hivernal de répartir sur toute la colonne d'eau un nouveau stock d'orthophosphates.

I.8. RAPPORT 'N/P'

La valeur du rapport azote/phosphore (N/P) dans l'eau permet d'apprécier lequel de ces deux éléments nutritifs est susceptible de limiter la production phytoplanctonique. Le rapport optimal N/P requis pour la croissance des algues est estimé en moyenne 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/orthophosphates ($\text{N}_{\text{minéral}}/\text{PO}_4$) calculé sur la moyenne des concentrations mesurées dans la couche euphotique à 3, 10 et 15 m dans les deux bassins en 2004.

Tableau I.2 : Rapport de l'azote minéral total aux orthophosphates dans la couche euphotique (moyenne de mesures à 3, 10 et 15 m)

Dates	Valeurs moyennes du rapport	
	Nmin/Portho	
	Grand Lac	Petit Lac
21-janv.-04	111	60
3-févr.-04	60	129
17-févr.-04	233	140
16-mars-04	186	121
7-avr.-04	174	94
20-avr.-04	124	107
27-avr.-04	42	133
4-mai-04	150	136
18-mai-04	165	79
1-juin-04	145	44
28-juin-04	80	45
25-août-04	26	58
8-sept.-04	30	87
17-nov.-04	114	96
19-nov.-04	45	271
7-déc.-04	130	60

Ces rapports indiquent que le phosphore est toujours le facteur limitant de la productivité primaire du lac, puisque aucun n'est inférieur à 7.

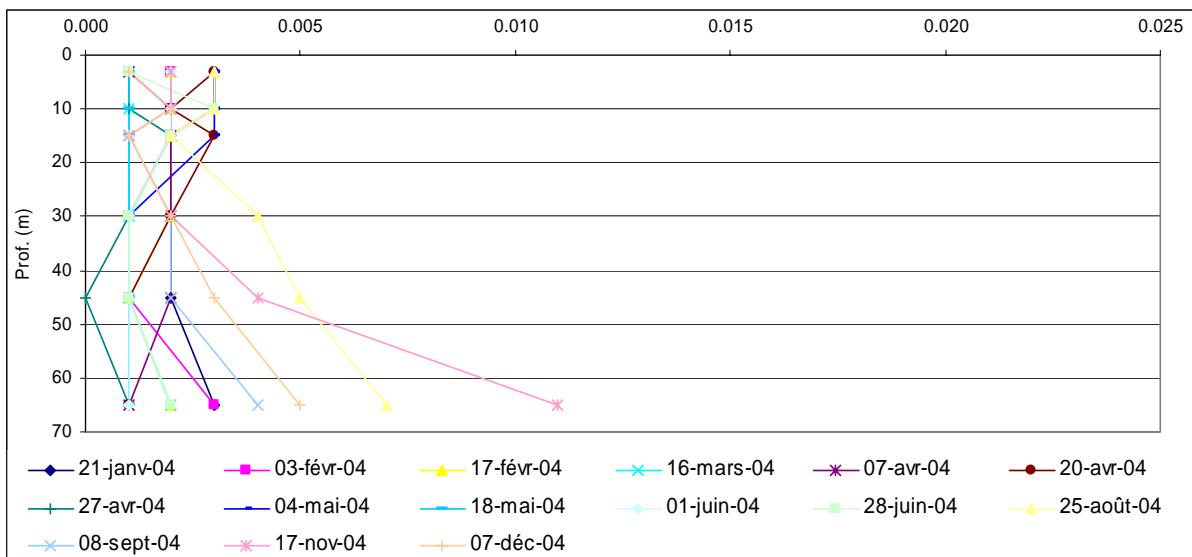


Figure I.19 : Orthophosphates (mgP/L) Grand Lac

Suivi du lac d'Annecy 2004

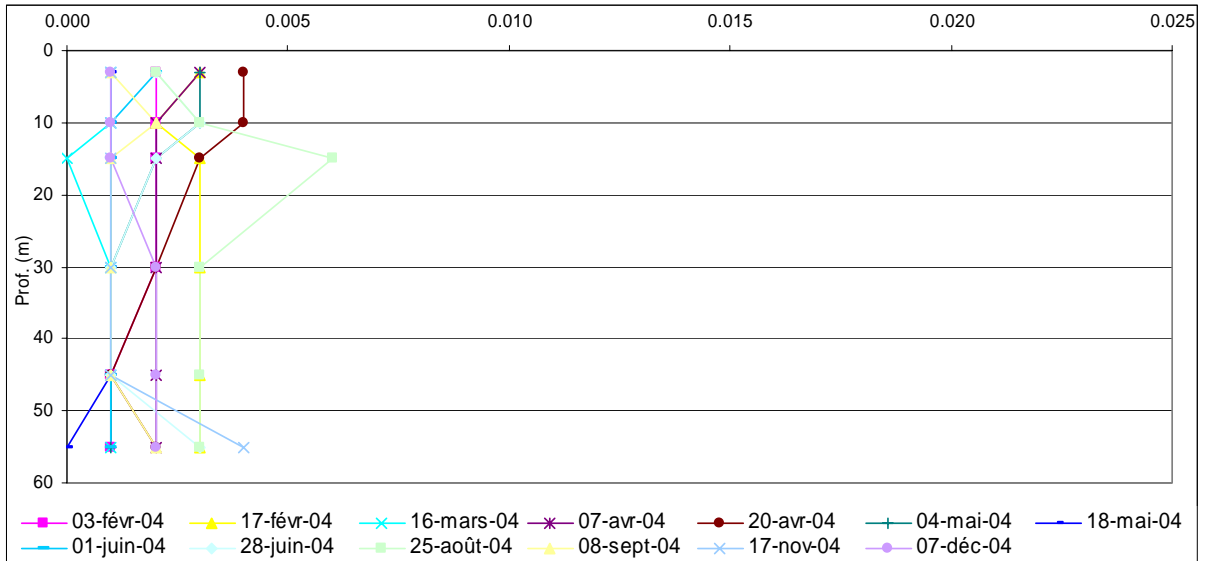


Figure I.20 : Orthophosphates (mgP/L) Petit Lac

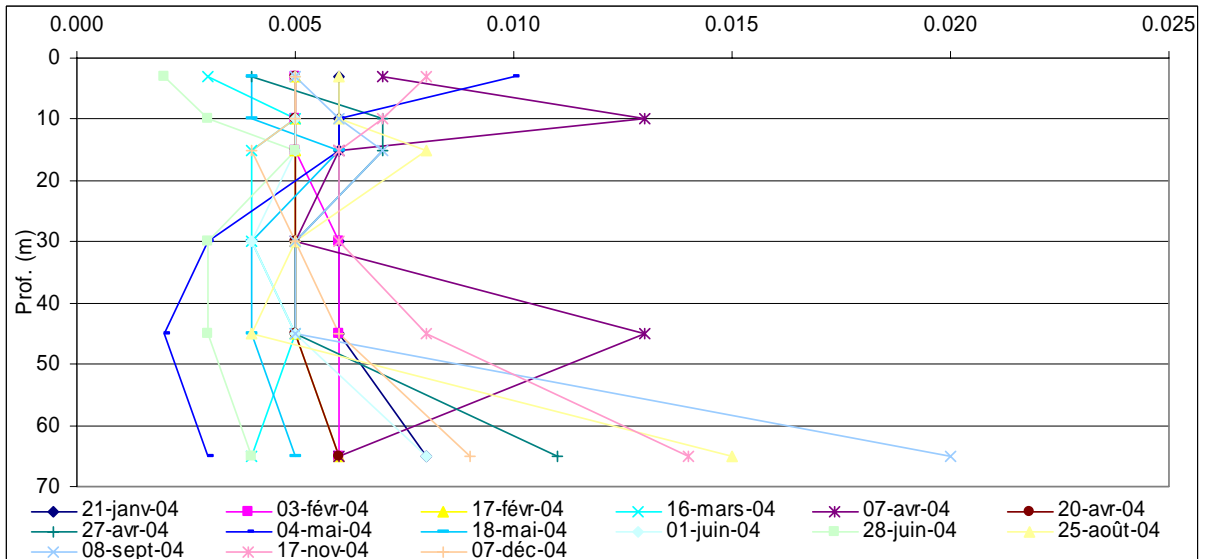


Figure I.21 : Phosphore total (mgP/L) Grand Lac

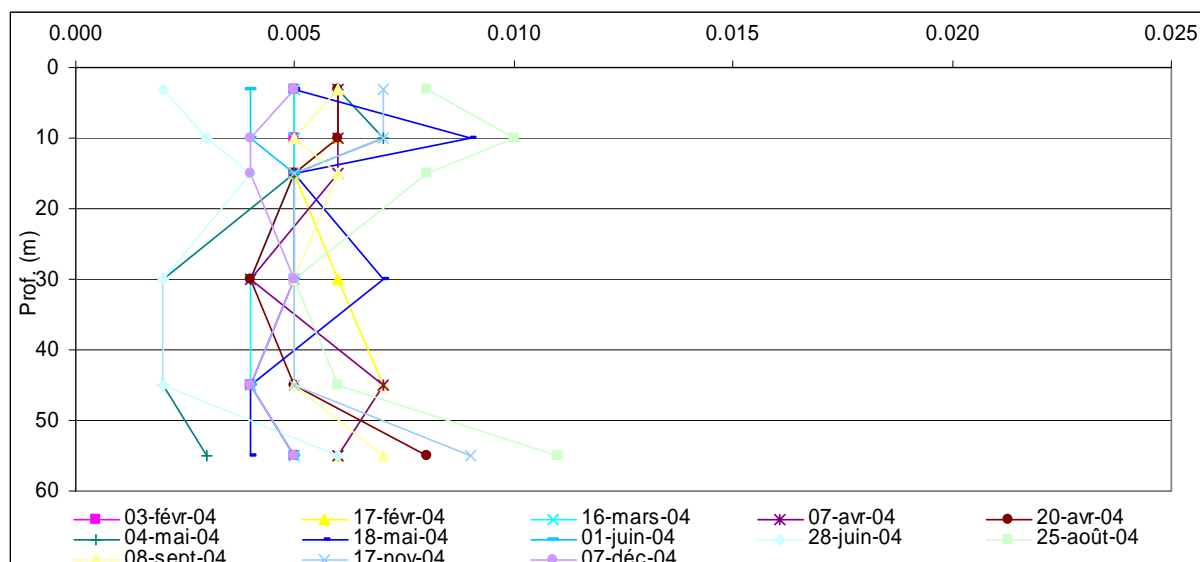


Figure I.22 : Phosphore total (mgP/L) Petit Lac

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

Après le brassage hivernal et avant le début de l'activité photosynthétique, lorsque la colonne d'eau est homogène, on peut estimer le stock de nutriments disponibles pour les algues qui vont se développer. Le tableau I.3 et l'Annexe 1 indiquent ces stocks sur la totalité de la colonne d'eau et sur la couche trophogène.

Les variations des concentrations moyennes des formes de l'azote et du phosphore dans la couche euphotique du Grand Lac à 3, 10 et 15 mètres, ainsi que celles des rapports azote minéral total/phosphore ortho et N total / P total sont représentées par les figures 23, 24 et 25 pour la période 1993 – 2004. L'irrégularité apparente de l'azote dans la couche euphotique depuis 1999 est due au fait que le nombre de campagne par an est passé de 8 à 15 ; on remarque ainsi que les nutriments sont consommés et que la surface est réapprovisionnée par le reste de la colonne d'eau plusieurs fois par an.

En fin de brassage hivernal, la teneur en nitrates des eaux homogénéisées est constante entre 0,24 et 0,26 mgN/L, du même ordre de grandeur que les années précédentes.

Les rapports $N_{\text{minéral}}/P_{\text{ortho}}$ des moyennes de la colonne d'eau sont élevés toute l'année et présentent une variabilité importante. Ce rapport descend significativement à partir du mois de juillet.

Tableau I.3 : Comparaison des teneurs moyennes de la surface au fond en phosphore ($\mu\text{g/L}$) en fin d'hiver de février 1991 à janvier 2004

févr-91	Petit Lac	3	6.3
	Grand Lac	2.8	6
févr-92	Petit Lac	0.5	8.2
	Grand Lac	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
févr-95	Petit Lac	4	9.5
	Grand Lac	2.8	8
févr-96	Petit Lac	2.8	8
	Grand Lac	2.5	6
févr-97	Petit Lac	1.8	4.7
	Grand Lac	1	2.7
mars-98	Petit Lac	1	4
	Grand Lac	4	4
févr-99	Petit Lac	2	6
	Grand Lac	3	6
mars-00	Petit Lac	2	6.5
	Grand Lac	1.7	6.8
mars-01	Petit Lac	1.8	6
	Grand Lac	4	8.2
févr-02	Petit Lac	1.7	4
	Grand Lac	1.3	3.3
janv-03	Petit Lac	2.2	4.2
	Grand Lac	1.2	4
janv-04	Petit Lac	8.2	11.3
	Grand Lac	2.5	6.3
Moyenne 1991 - 2004	Petit Lac	2.4	6.1
	Grand Lac	2.7	6.9

Suivi du lac d'Annecy 2004

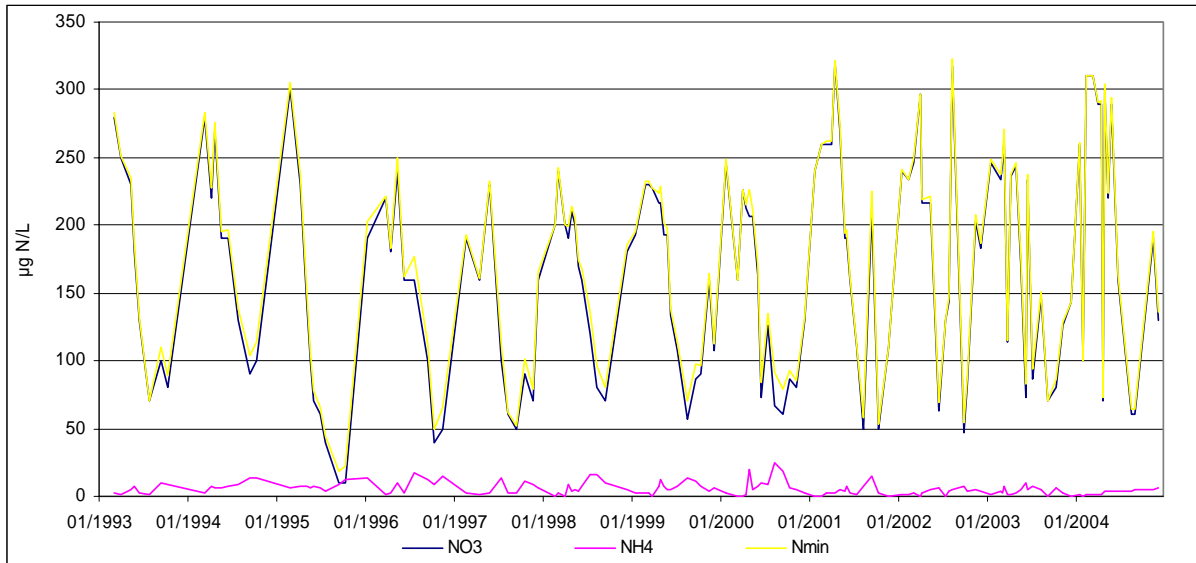


Figure I.23 : Evolution des formes de l'azote ($\mu\text{gN/L}$) de 1993 à 2004 dans la couche euphotique du Grand Lac

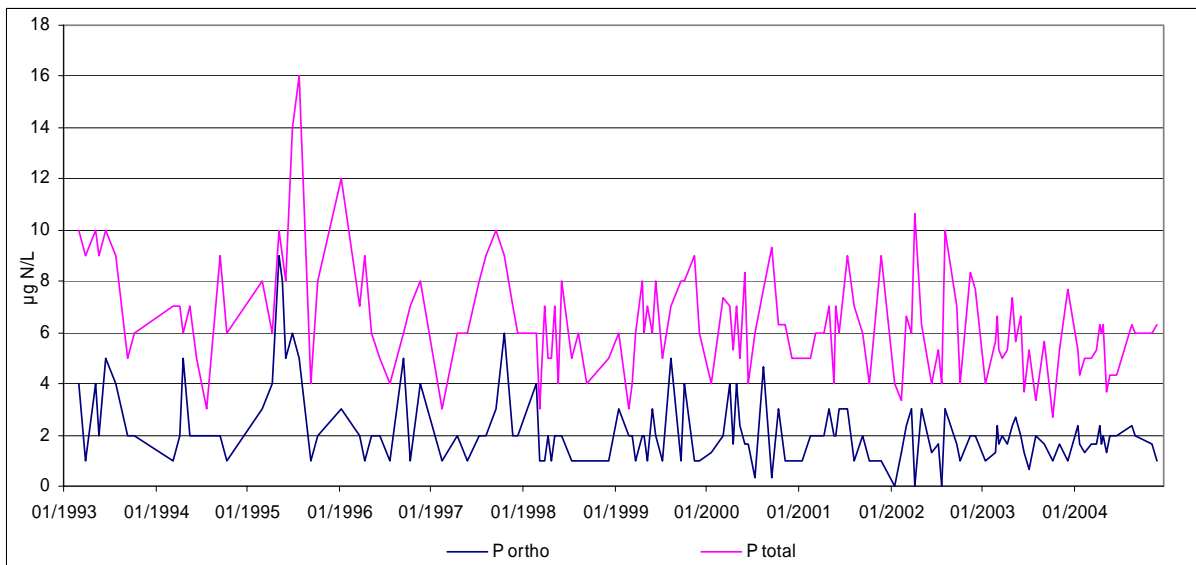


Figure I.24 : Evolution des formes du phosphore ($\mu\text{gP/L}$) de 1993 à 2004 dans la couche euphotique du Grand Lac

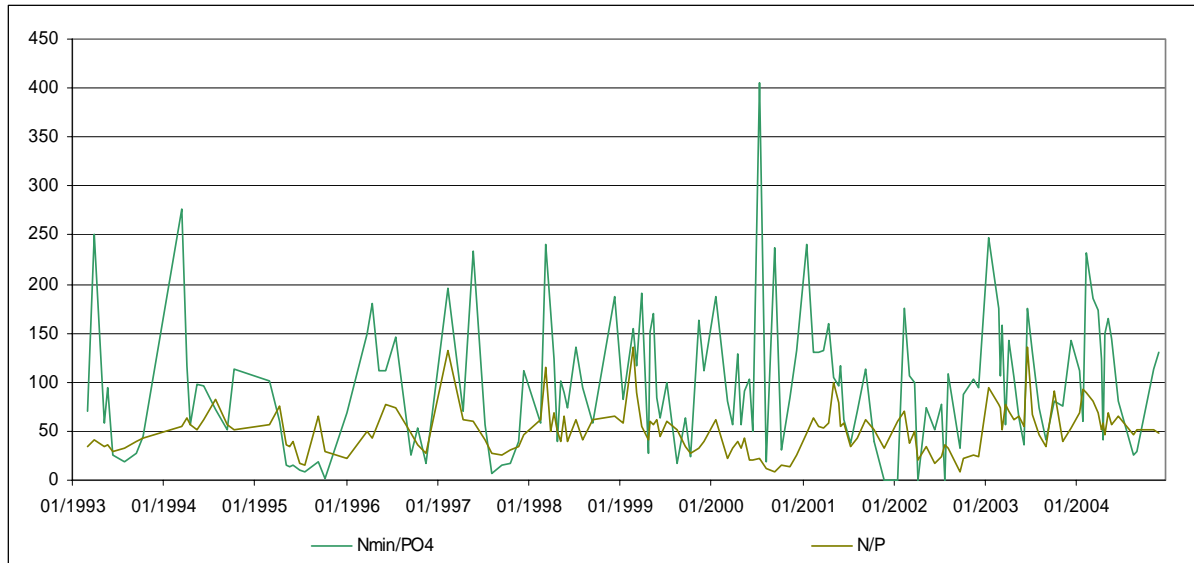


Figure I.25 : Evolution du rapport azote/phosphore de 1993 à 2004 dans la couche euphotique du Grand Lac

I.10. SILICE

La silice est un nutriment essentiel des diatomées qui l'utilisent pour la construction de leurs **frustules**⁶. Les profils de la silice au cours des campagnes de l'année 2003 sont représentés sur les figures I.26 et I.27.

Comme pour les autres éléments, le brassage hivernal permet l'homogénéisation de la colonne d'eau en silice à partir des eaux du fond. Ainsi lors de la campagne du 21 janvier, la concentration en silice est homogène du fond jusqu'à 10m (de 3,86 mg/L à 3,88 mg/L) et la surface a été réapprovisionnée lors de la campagne du 3 février en passant de 2,62 mg/L à 3,92 mg/L.

La silice est ensuite consommée dans la couche euphotique pendant la saison de production phytoplanctonique, de la même manière que les nitrates et le phosphore.

Les minima observés à 3 m sont de 0,73 mg/L dans le Grand Lac lors de la campagne du 28 juin et de 0,78 mg/L dans le Petit Lac lors de la campagne du 17 novembre. Après cette consommation importante en surface, la concentration en silice augmente pour atteindre à la fin de l'année 1,85 mg/L.

⁶ **Frustule** : exosquelette silicieux des diatomées

Lorsque les diatomées sédimentent, leurs frustules sont dissous dans la colonne d'eau, et on observe au fond du Grand Lac et du Petit Lac à partir du mois de juin des teneurs en silice beaucoup plus fortes que celles observées après le brassage hivernal. La concentration en silice augmente dans les couches profondes pour atteindre au maximum 10.9 mg/L au fond du Grand Lac le 8 septembre du fait de sa sédimentation.

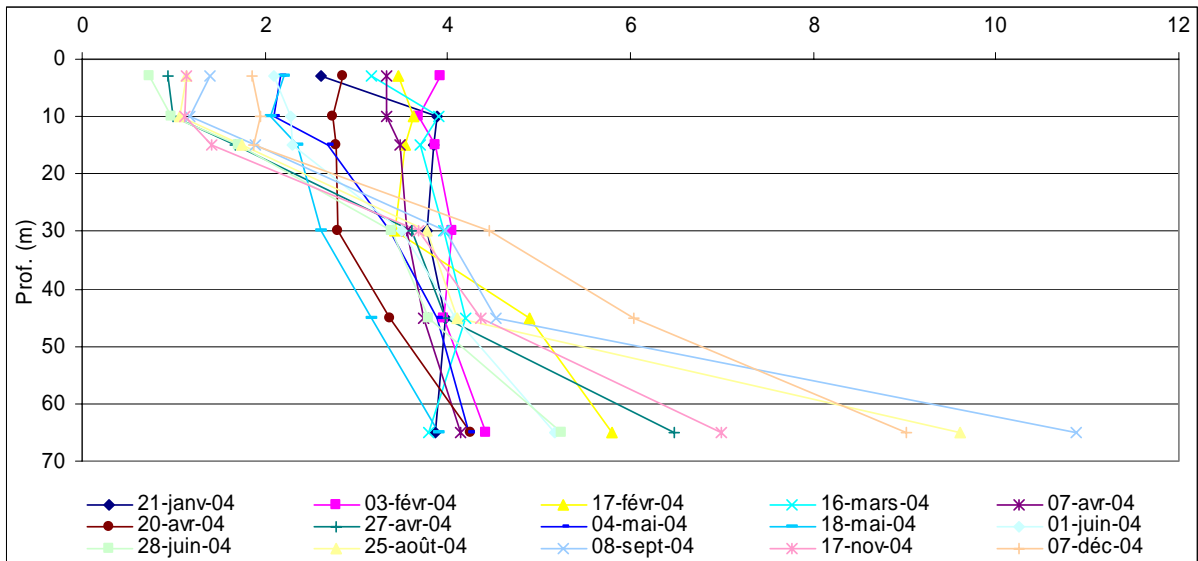


Figure I.26 : Silice (mg/L) Grand Lac

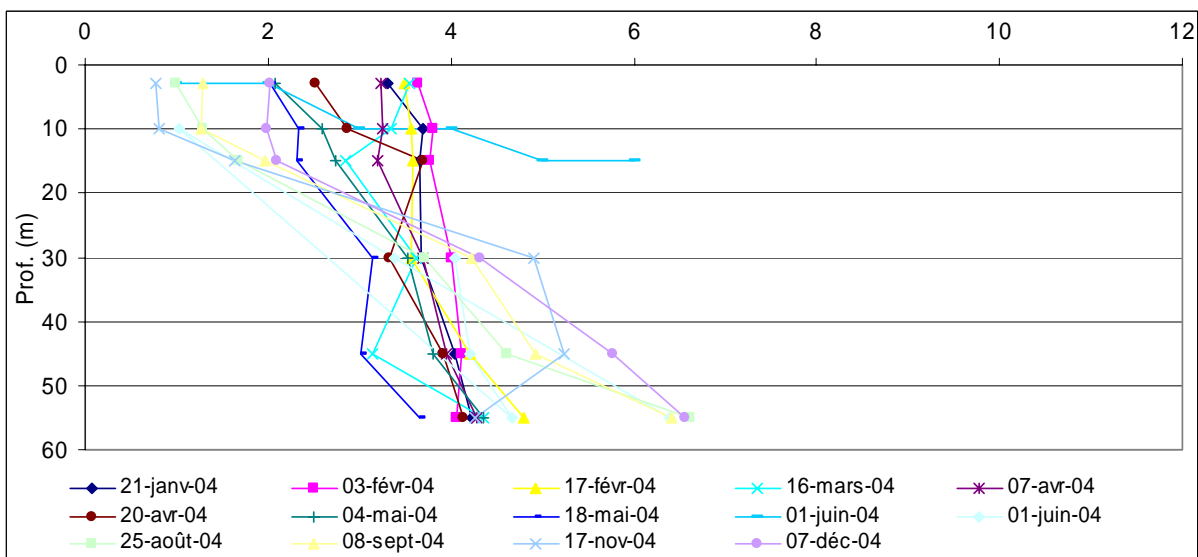


Figure I.27 : Silice (mg/L) Petit Lac

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 cations : calcium, magnésium, sodium, potassium et des anions : chlorures, sulfates sont calculés. Les résultats pour l'année 2004 sont représentés sur le tableau I.4.

Tableau I.4 : Stocks des cations et anions en 2004

	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4
Stock GL en tonnes	53453	4509	2841	850	4466	8050
Stock GL en mg/L	47.41	4.00	2.52	0.75	3.96	7.14

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 sont tout à fait similaires à ceux de 2003.

I.12. CONCLUSION

L'hiver 2003-2004 a été assez froid et les vents assez violents pour permettre un brassage complet des eaux du lac : lors de la campagne du 21 janvier 2004, toute la colonne d'eau était homogène thermiquement et les sels nutritifs ont ainsi été redistribués du fond à la surface, la réoxygénation des eaux a été quasi-complète et beaucoup plus importante que ces dernières années.

L'activité phytoplanctonique provoque une sursaturation en oxygène dissous dans l'épilimnion de la période du 20 avril au 19 octobre 2004 du même ordre de grandeur que les années précédentes et pendant la même période qu'en 2003.

Les couches profondes du lac ont subi la désoxygénation plus tardivement que les années précédentes et de façon beaucoup moins importante, ainsi le relargage en azote ammoniacal et phosphore a été très limité cette année.

Après le brassage hivernal, les concentrations en nitrates, en silice et en orthophosphates sont similaires à celles des années précédentes : leur stock dans le lac est équivalent à celui des années précédentes.

Le rapport N/P est toujours élevé et traduit le rôle nettement limitant du phosphore pour la production algale.

CHAPITRE II

ETUDES BIOLOGIQUES

II.1. METHODES D'ETUDE DU PLANCTON

II.1.1. PHYTOPLANCTON

En 2004, 14 campagnes de prélèvements ont été effectuées dans chacune des deux zones du lac d'Annecy appelées Grand Lac et Petit Lac. La campagne de juillet n'a pu être effectuée du fait d'une météorologie capricieuse. Les échantillons d'eau brute ont été prélevés dans la couche 0-20 m avec un appareil intégrateur développé par Pelletier et Orand (Brevet INRA, 1978). 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 II.1 : Appareil intégrateur

En plus des prélèvements d'eau brute dans la strate 0-20 m, un second prélèvement est réalisé avec un filet à vide de maille de 60 μm (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.



Photo II.2 : Filets jumelés à plancton

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 lumière (le lugol se dégrade à la lumière et perd son effet conservateur) et de la chaleur. 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.



Photo II.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 (mg/m³). La valeur 0,2 donnée à quelques taxons indique la présence d'organismes rencontrés en dehors des dénombrements.

II.1.2. ZOOPLANCTON

L'échantillonnage, mensuel puis bi-mensuel à partir d'avril jusqu'à la fin de l'année, s'effectue sur deux stations pélagiques (GL : grand lac et PL : petit lac) à l'aide d'un filet de maille de 0.20 mm lors de traits verticaux réalisés depuis 50 mètres de profondeur jusqu'en surface.

Les échantillons sont fixés au formol à 5%. Les organismes sont identifiés et regroupés en fonction de leur 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.

L'étude de la saisonnalité et de ses changements à long terme a été réalisée avec une méthode multivariée, STATIS (ESCOUFIER, 1973 ; LAVIT ET AL., 1994). Le logiciel utilisé (ADE-4) propose différentes versions de STATIS. Nous avons choisi la version qui se fonde sur la logique de l'ACP (Anneville et al., 2002). La matrice de données utilisée comporte les taxons zooplanctoniques en tant que variables. Les échantillons ont été regroupés par année, ainsi chaque année correspond à un sous-tableau. En appliquant cette méthode à ce type de matrice dite « multitableaux », il est possible d'identifier le modèle saisonnier caractéristique du milieu considéré. Cette méthode donne plus de poids aux taxons dont l'évolution saisonnière se retrouve identique sur plusieurs années. Ceci permet donc de mettre en évidence la structure commune existant entre les tableaux de données annuelles. La méthode permet également de juger l'écart de chaque année par rapport à la structure commune de la série. Les résultats s'interprètent comme ceux d'une analyse en composante principale, c'est-à-dire dans un espace factoriel dont les axes sont

définis par les variables. La projection des échantillons peut se visualiser dans le plan composé de deux axes ou sur chaque axe de façon individuelle.

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 2004 par groupes systématiques dans le tableau II.1 (le détail des listes taxonomiques se trouve en annexe 4).

Tableau II.1 : Nombre de taxons phytoplanctoniques observés en 2004.

Groupes pigmentaires	Grand Lac 0-20 m	Petit Lac 0-20 m	Taxons communs aux deux bassins	Total des taxons
Cyanobactéries	14	9	8	15
Dinophycées	11	6	6	11
Cryptophycées	4	3	3	4
Chrysophycées	20	15	15	20
Diatomophycées	37(8)	35(7)	28(7)	44
Chlorophycées	22	19	14	27
Conjuguées	8	7	4	11
Euglénophycées	2	1	1	2
Xanthophycées	2	2	1	3
Total	120	97	83	137

() diatomées centriques.

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

En 2004, 137 espèces (voir 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 (120 espèces en 2003). Elle dépasse les valeurs obtenues en 1999 (134 espèces) (Balvay *et al.* 2000). C'est le Grand Lac qui présente la plus grande diversité spécifique : 120 taxons contre 97 dans le Petit Lac.

En 2004, les espèces communes aux deux bassins ont représenté le même nombre qu'en 2003 (83 taxons). Cette année, la diversité spécifique des diatomées (44 taxons) est encore en augmentation par rapport à l'année passée (29 taxons) et cette classe est dominante comme les autres années. Viennent ensuite dans l'ordre, les chlorophycées (27 contre 23), les chrysophycées (20 contre 21), les cyanobactéries (15 contre 18), les dinophycées et les conjuguées (11 taxons chacun contre 11 et 12 respectivement), les cryptophycées (4 contre 4), les euglénophycées (2 contre 1) et les xanthophycées (3 contre 1).

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 0-20 m pour le Grand Lac (figure II.1).

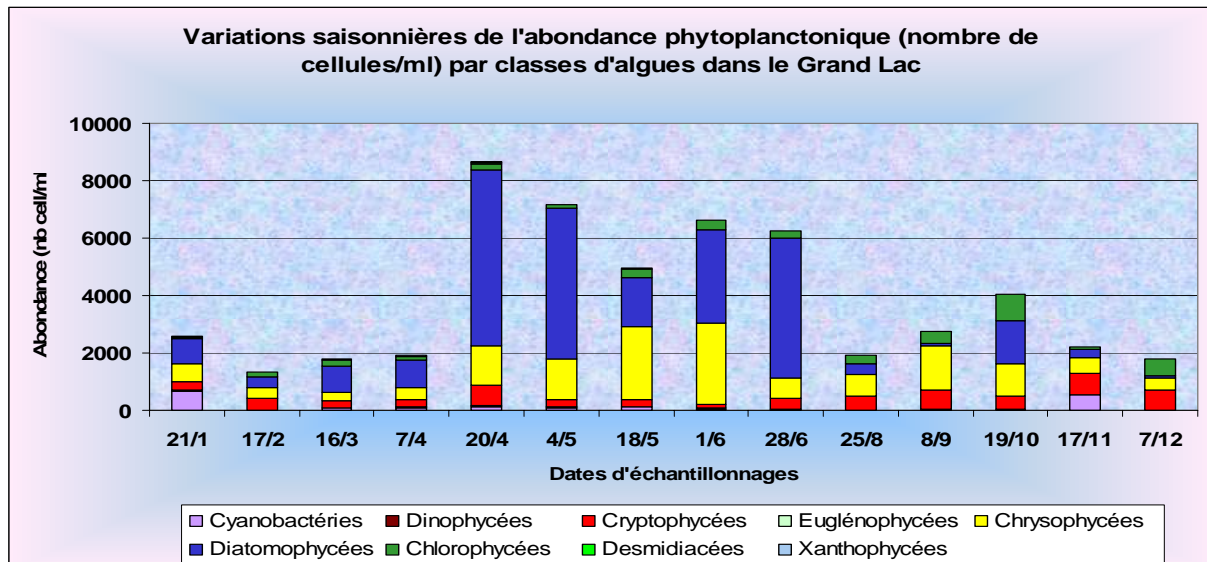


Figure II.1 : Variations saisonnières de l'abondance du phytoplancton (nombre de cellules par ml) dans la strate 0-20 m du Grand Lac en 2004.

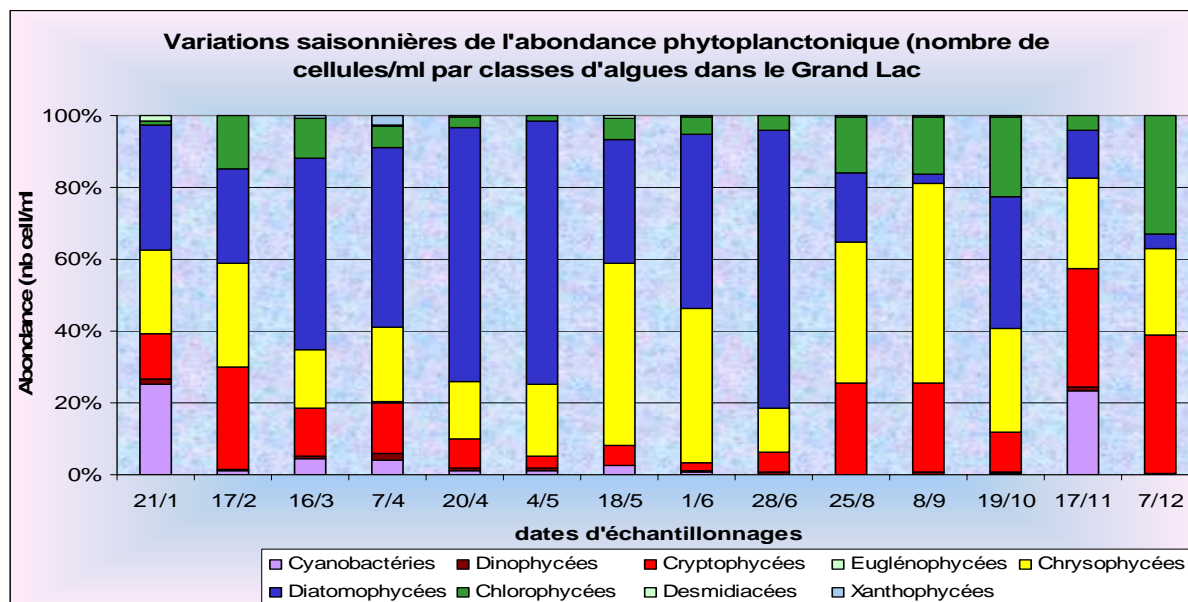


Figure II.2 : Variations saisonnières de l'abondance relative du phytoplancton (exprimée en pourcentage) dans la strate 0-20 m du Grand Lac en 2004.

CYANOBACTERIES

Représentées par 14 espèces dans le Grand Lac, elles montrent un développement plus important cette année, puisqu'elles atteignent 3% contre 1% en 2003 et 0,4% en 2002. Cette classe semble prendre plus d'importance d'une année sur l'autre. *Pseudanabaena catenata*, citée en 1989, est réapparue en 2004. Cette année, nous avons également recensé 1 nouvelle espèce dans cette classe : *Woronichinia* sp. (Photo II.13) que l'on a rencontrée régulièrement tout au long de l'année mais en très faible quantité.

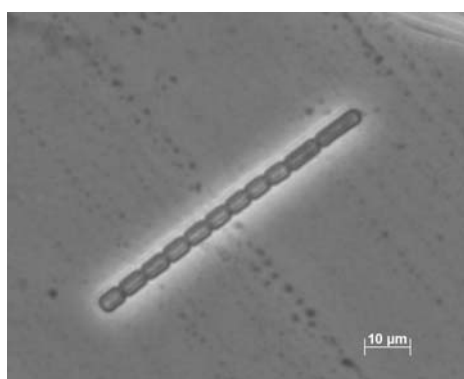


Photo II.4 : *Pseudanabaena galeata* (Photo JC Druart)

DINOPHYCEES (ou péridiniens)

Les dinophycées sont des algues brunes faiblement présentes toute l'année, avec 11 espèces dont 5 sont aperçues très régulièrement tout au long de l'année mais en faible quantité. Elles représentent 0,5% de la population algale, valeur légèrement inférieure à celle de l'année dernière (1%).

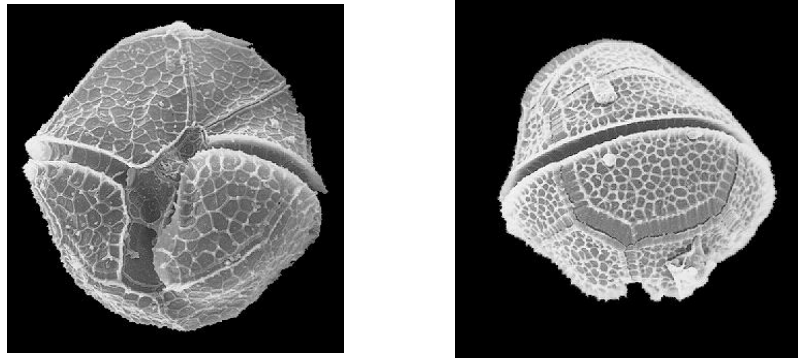


Photo II.5 : *Peridinium willei* (SEM BY SUSAN CARTY, COPYRIGHT 1997)

CRYPTOPHYCEES

Cette classe est toujours représentée par un nombre réduit d'espèces (4 espèces). Avec 11% (19% en 2003, 12% en 2002, 2001 et 2000), elle se place en troisième position pour l'abondance des individus. Les petites espèces qui la composent sont présentes toute l'année. Elle montre un fort développement à la fin de l'hiver (28% le 17 février) mais aussi à partir du mois d'octobre (entre 25 et 39% de la population). Il est à noter que les valeurs rencontrées cette année sont très inférieures à celle de 2003, où elles atteignaient 66% le 4 mars 2003. *Rhodomonas minuta* var. *nannoplanctonica* (Photo II.14) avec 11% de l'abondance totale du phytoplancton, est le taxon le plus représenté au sein de cette classe.

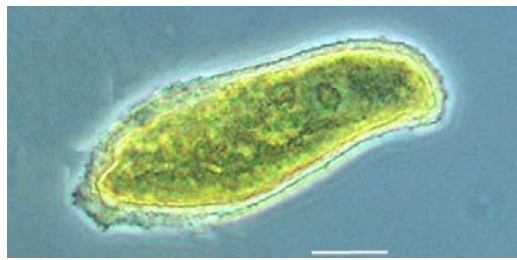


Photo II.6 : *Cryptomonas rostratiformis* (Photo JC Druart)

CHRYSTOPHYCEES

Avec 20 taxons rencontrés, la diversité taxonomique de cette classe est identique à celle de l'année 2003. Son abondance est en forte augmentation (28% contre 17% en 2003 et 4,3% en 2002) et dépasse la valeur de 2001 (20,6%). Ses diverses composantes (*Dinobryon* spp, *Kephyrion* spp, *Erkenia subaequiciliata*, entre autres) se développent tout au long de l'année mais avec des pics le 17 février (29%), le 18 mai (51%) et le 8 septembre (56%). *Erkenia subaequiciliata* est majoritaire au sein de cette classe (17%) et représente plus de 16% du peuplement algal annuel où elle arrive en deuxième position.

Cette classe s'enrichit d'une nouvelle espèce *Dinobryon pediforme*.

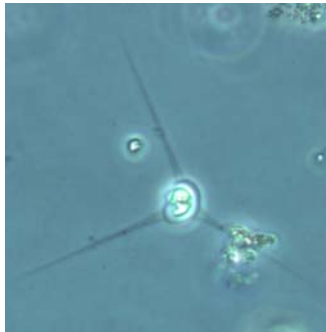


Photo II.7 : *Bitrichia ollula* (Photo JC Druart)

DIATOMOPHYCEES (ou diatomées)

Comme les années précédentes, ces algues brunes dominant nettement le peuplement phytoplanctonique. Cependant, l'abondance relative de cette classe est en baisse par rapport aux deux dernières années (49% contre 53% en 2003, 80% en 2002 et 63% en 2001). On les rencontre tout au long de l'année mais de façon prépondérante à plusieurs périodes de l'année : au printemps (entre 53% et 73% du 16 mars au 4 mai) et au début de l'été (78% le 28 juin avec un pic d'abondance de 4850 cel/ml). Avec 37 taxons, dont 8 taxons de diatomées centriques, la diversité spécifique a très fortement augmenté ces dernières années (27 en 2003, 19 en 2002 et 25 en 2001). Les espèces principales sont *Cyclotella cyclopuncta* (22% du phytoplancton), *Fragilaria crotonensis* (15%), *Synedra acus* var. *angustissima* = *Fragilaria ulna* var. *acus* (6%) et *Asterionella formosa* (1,3%). *Surirella linearis* (Photo II.8), déjà citée en 1989, est à nouveau présente en 2004.

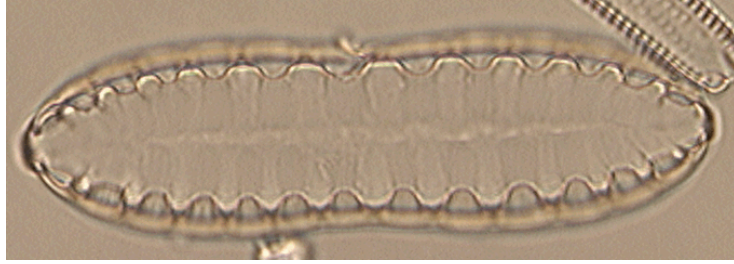


Photo II.8 : *Surirella linearis*

(www.umich.edu/~phytolab/GreatLakesDiatomHomePage/Surirella/Surlineaisvconstricta/Surlineaisvconstricta.html)

CHLOROPHYCEES

Cette classe avec 22 taxons cette année, est en augmentation par rapport à 2003 (15 taxons). Les petites chlorophycées indéterminées représentent encore cette année près de 3% du nombre total de cellules phytoplanctoniques rencontrées dans le Grand Lac. Leur détermination est très délicate, ces cellules pouvant appartenir à un grand nombre de genres différents.

Cette classe s'enrichit d'une nouvelle espèce *Eutretamorus globosus*



Photo II.9 : *Phacotus lendneri* (Photo JC Druart)

ZYGOPHYCEES (= Conjuguées ou Desmidiacées)

Avec 8 taxons (11 en 2003), cette classe a une diversité et une abondance faibles (0,2%). *Cosmarium reniforme* (Photo II.10), déjà citée en 1974, est retrouvée dans le plancton en 2004.

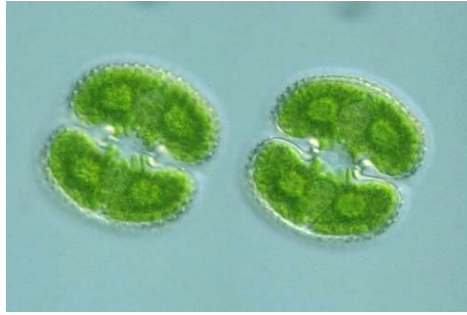


Photo II.10 : *Cosmarium reniforme*
(protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Cosmarium/Ornatae/reniforme/)

EUGLENOPHYCEES

Deux espèces d'eugléniens ont été répertoriées cette année, *Trachelomonas volvocina* (Photo II.11) et *Trachelomonas* sp. Malgré leur faible abondance (0,01% de l'abondance du phytoplancton), elle sont présentes dans plus de 50% des prélèvements.



Photo II.11 : *Trachelomonas volvocina*
(www.plantbio.com/Bio2/Fphytopl/fpp2117.htm)

XANTHOPHYCEES

Cette classe est représentée cette année par deux espèces : *Tribonema* sp. et une espèce nouvelle *Heterothrix* sp. (Photo II.12) rencontrée 9 fois au cours de l'année.



Photo II.12 : *Heterothrix* sp.

(protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Heterokontophyta/Xanthonema/sp_1b.html)

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.

Les normes adoptées pour le Léman par la CIPEL (Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman) définissent le nanoplancton comme l'ensemble des espèces dont la longueur et le volume de la cellule ou de la colonie sont inférieurs respectivement à 50 μm et à 10'000 μm^3 . Le microplancton est constitué d'algues de plus grande taille, bien que visibles seulement au microscope.

Aujourd'hui, la définition du nanoplancton est : organismes phytoplanctoniques compris entre 2 et 20 µm (WETZEL, 2001). Il serait judicieux, qu'à partir de 2006, la biomasse nanoplanctonique soit calculée sur cette nouvelle base pour se mettre en conformité avec la littérature existante, avec recalcul des valeurs antérieures afin de pouvoir effectuer des comparaisons interannuelles.

II.2.2.2.1. Biomasses du nano et du microplancton

Tableau II.2 : Evolution en % du microplancton et du nanoplancton dans la couche 0-20m dans le Grand Lac en 2004.

	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Microplancton	80	88	47	24	47	42
Nanoplancton	20	12	53	76	53	59

Cette année, les proportions du nanoplancton et du microplancton sont légèrement inférieures à celles enregistrées en 2003 (Tableau II.2).

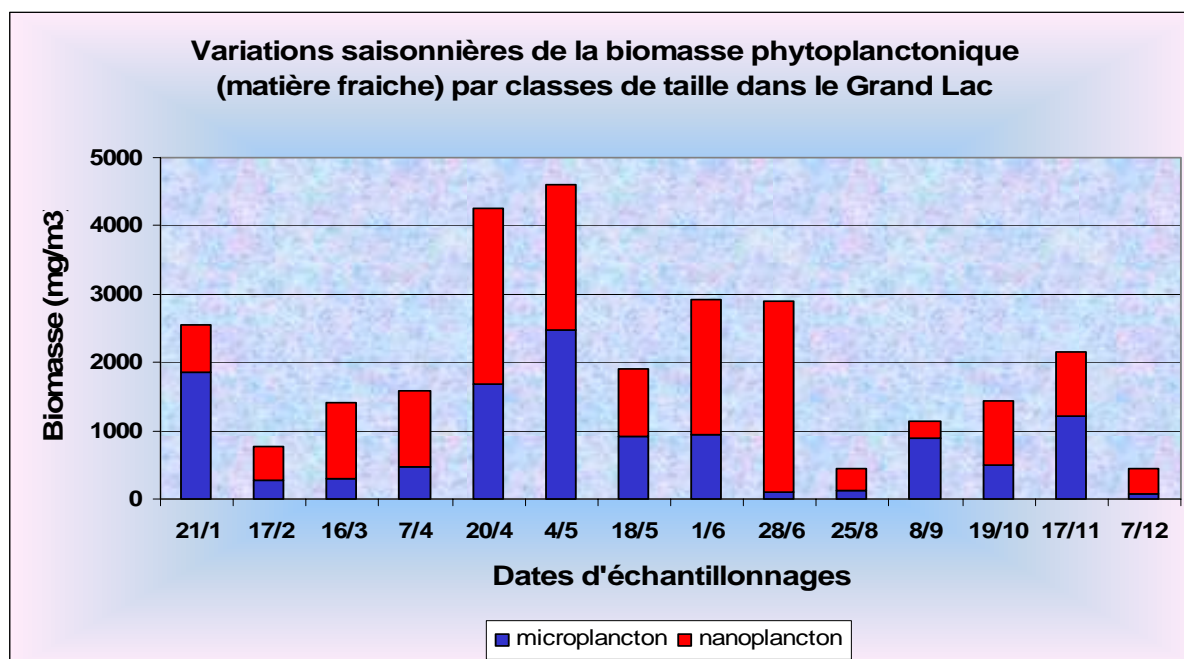


Figure II.3 : Variations saisonnières de la biomasse (matière fraîche) par classes de taille dans le Grand Lac à 0-20 m.

Le nanoplancton (59%) est surtout représenté par *Cyclotella cyclopuncta* (22%) et *Asterionella formosa* (16%) (Figure II.4). Il se développe d'une manière très irrégulière, puisque nous rencontrons des développements aussi bien au printemps (16 mars, 7 avril, 4 mai) qu'au début de l'été où a lieu un pic de développement du nanoplancton le 28 juin (2785 mg/m³) (Figure II.3).

Avec 41 % (47% en 2003), le microplancton est surtout composé par la diatomée pennée *Fragilaria ulna* var. *acus* (anc. *Synedra acus* var. *angustissima*), du péridinien *Ceratium hirundinella*, de la desmidiacée *Cosmarium reniforme* ainsi que la chrysophycée *Dinobryon sociale* var. *stipitatum* (Figure II.4).

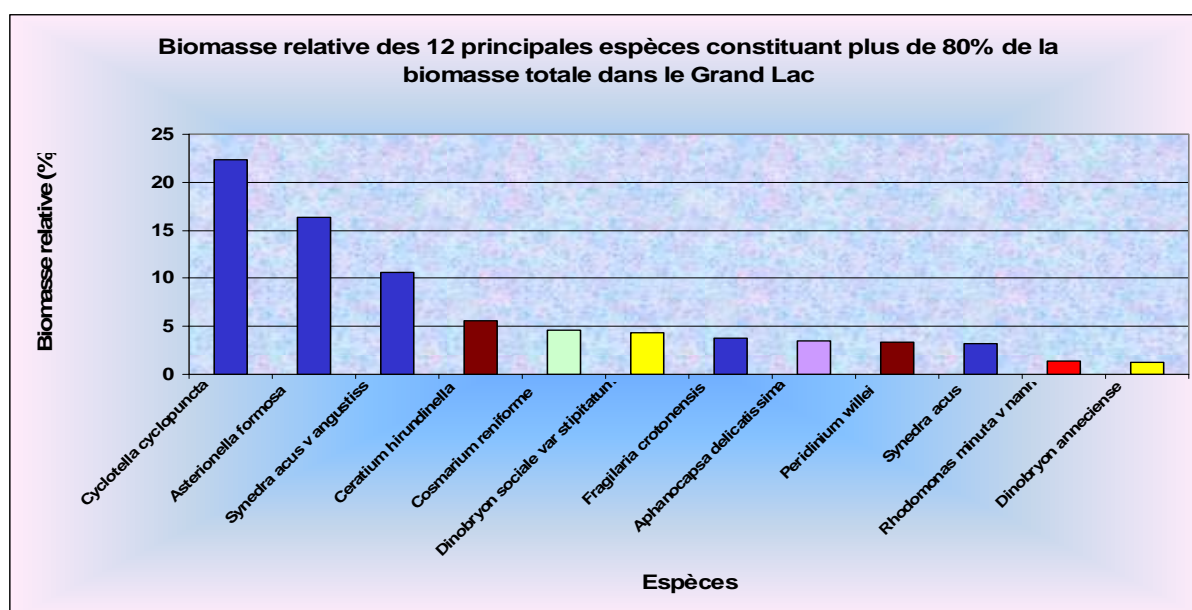


Figure II.4 : Biomasse relative (exprimée en pourcentage) des principales espèces phytoplanctoniques du Grand Lac d'Annecy durant l'année 2004.

II.2.2.2. Importance relative des différentes classes d'algues.

La biomasse phytoplanctonique dans le Grand Lac est en très forte augmentation cette année (2033 mg/m³ contre 1060 mg/m³ en 2003). Elle est proche de celle enregistrée en 1999 (1983 mg/m³). Comme les années précédentes elle est dominée par les diatomées mais en proportion plus faible (59% contre 47% en 2003). Les chrysophycées arrivent en deuxième position avec 12%, puis suivent les dinophycées (11%), les cyanobactéries (6%) et les desmidiacées (5%). Les autres classes ne sont qu'accompagnatrices.

II.2.2.2.3. Les principales espèces et leur biomasse relative

En 2004, sur 121 espèces (98 en 2003), 4 espèces constituent environ 46% (63 % en 2003) de la biomasse totale dont deux espèces nanoplanctoniques (*Cyclotella cyclopuncta* et *Asterionella formosa*) et deux espèces microplanctoniques (*Fragilaria ulna* var. *acus* (anc. *Synedra acus* var. *angustissima*) et *Ceratium hirundinella*). En 2003, 3 espèces majoritaires représentaient 49 % de cette même biomasse.

L'annexe 4 donne la liste de toutes les espèces composant la biomasse totale du phytoplancton.

II.2.2.2.4. Variations saisonnières de la biomasse phytoplanctonique

On peut distinguer plusieurs phases dans les variations saisonnières de la biomasse phytoplanctonique (Figure II.5) :

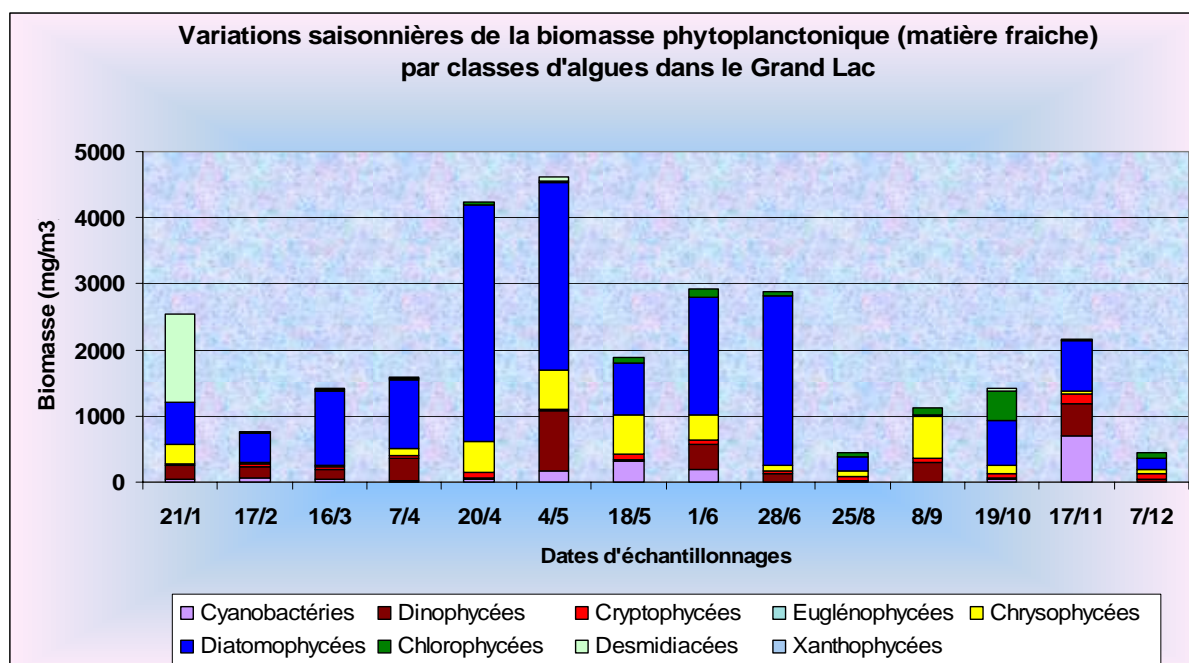


Figure II.5 : Variations saisonnières de la biomasse du phytoplancton (matière fraîche) par classes d'algues dans le Grand Lac à 0-20 m.

*la phase hivernale à faible production phytoplanctonique (minimum hivernal le 17 février : 760 mg/m³). Cette année la phase hivernale est un peu biaisée puisque le

fort biovolume enregistré en janvier est le fait d'un taxon de très grande taille (*Cosmarium reniforme*).

*la phase printanière qui suit présente des valeurs de biomasse équivalentes en avril et début mai (1409 et 1579 mg/m³). La valeur maximale est enregistrée le 7 avril (1579 mg/m³) ce qui est supérieur à la valeur de 2003 (1163 mg/m³). Cette valeur du 7 avril est essentiellement la conséquence de la croissance du péridinien *Ceratium hirundinella* et de la diatomée pennée *Asterionella formosa*.

* Puis les valeurs de biomasse augmentent très fortement jusqu'à mi-mai (maximum de 4612 mg/m³ le 4 mai) et diminuent le 18 mai (1895 mg/m³), ce qui semble représenter la phase des eaux claires avec une transparence de 5,2 m.

* la phase estivale qui lui succède perdure jusqu'au 8 septembre, montre des valeurs de biomasse moins élevées que le reste de l'année, mais avec des variations de biomasse marquées à l'intérieur même de cette période. Nous constatons une importante biomasse du phytoplancton durant tout le mois de juin entre 2885 et 2924 mg/m³, avec un développement extrêmement important de la petite diatomée centrique *Cyclotella cyclopuncta*. Le prélèvement du mois de juillet n'ayant pu être fait en raison de la météorologie défavorable, l'explication totale de la phase estivale n'est donc pas complète.

*la phase automnale qui prolonge la phase estivale, montre des valeurs soutenues comprises entre 1426 et 2163 mg/m³ les 19 octobre et 17 novembre, représentées par le développement important des diatomées *Cyclotella cyclopuncta* et *Asterionella formosa*. La cyanobactérie *Aphanocapsa delicatissima* s'est également bien développée le 17 novembre. Par contre, au mois de décembre, on observe une faible biomasse représentée essentiellement par la diatomée *Asterionella formosa*.

En 2004, la biomasse annuelle moyenne du phytoplancton (2033 mg/m³) est en forte augmentation par rapport à l'année précédente (1060 mg/m³) mais reste assez stable depuis 2000, de 1108 mg/m³ en 2000 à 2741 mg/m³ en 2001. La biomasse printanière moyenne est très forte (2748 mg/m³ contre 651 mg/m³ en 2003)

tout comme la biomasse estivale moyenne (1847 mg/m^3). La biomasse printanière maximale (4247 mg/m^3) montre à nouveau une valeur très forte après quelques années de valeurs beaucoup plus faibles (1162 mg/m^3 en 2003, 1388 mg/m^3 en 2002, 2459 mg/m^3 en 2001 et 6579 mg/m^3 en 2000). La biomasse estivale maximale est à nouveau en régression par rapport à l'année dernière (2924 mg/m^3 contre 3096 mg/m^3 en 2003 et 5147 mg/m^3 en 2002). Le développement massif du phytoplancton s'est effectué très tôt cette année et le rapport BP/BE (Biomasse Printanière moyenne/Biomasse Estivale moyenne) le confirme puisqu'il est de 1,49 contre 0,43 en 2003 et 0,29 en 2002.

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 0-20m pour le Petit Lac (Figure II.6).

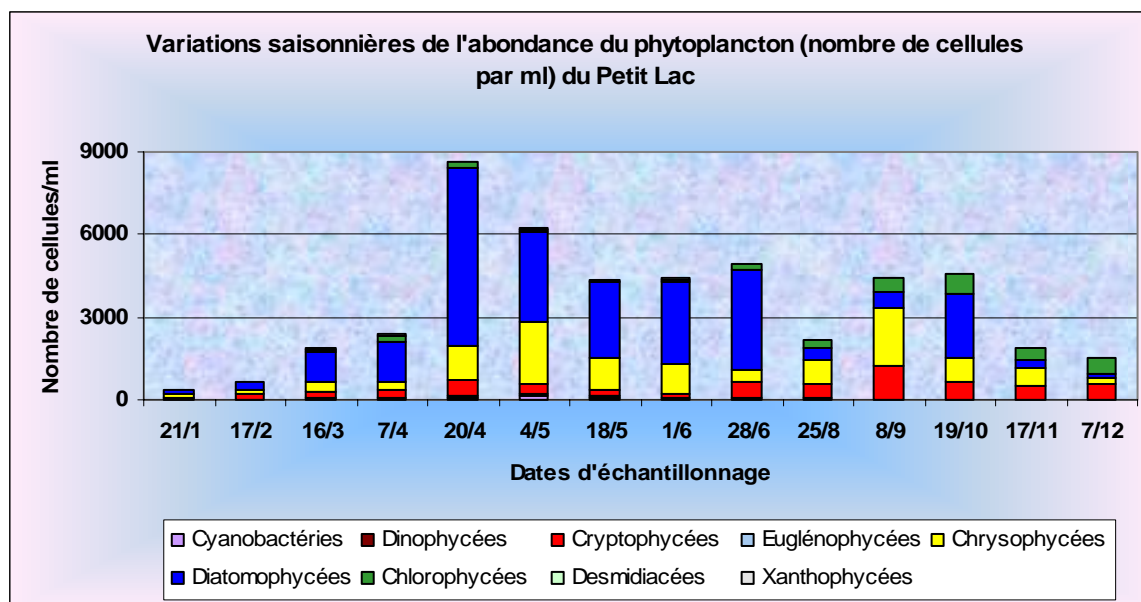


Figure II.6 : Variations saisonnières de l'abondance du phytoplancton (nombre de cellules par ml) dans le Petit Lac à 0-20m.

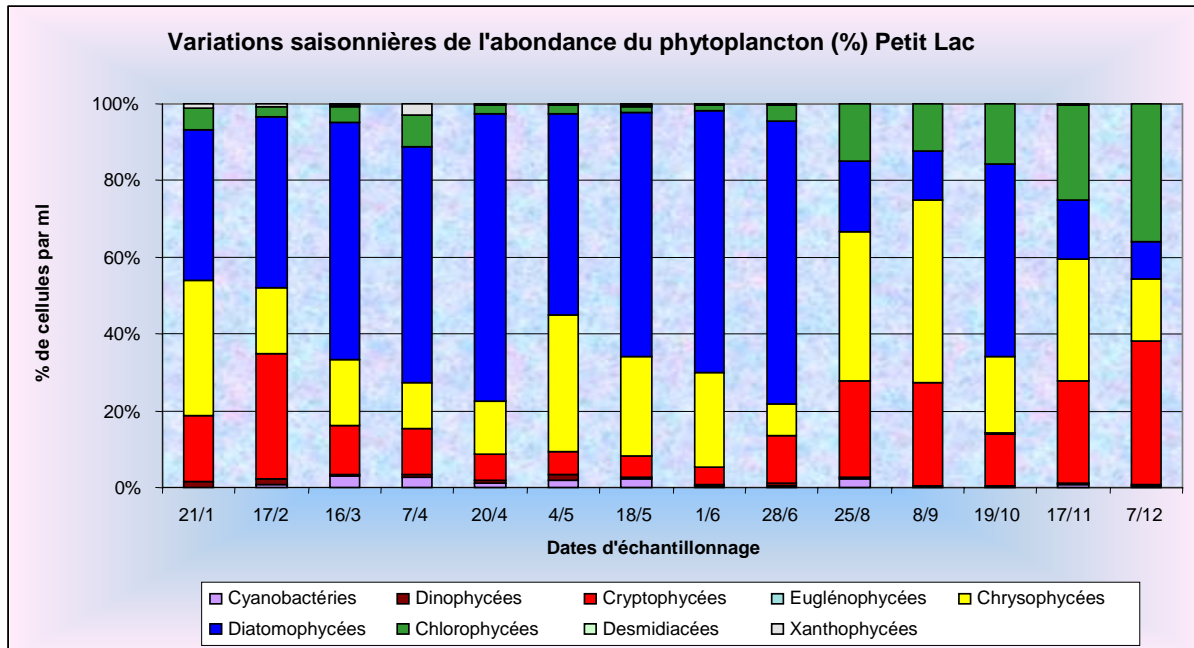


Figure II.7 : Variations saisonnières de l'abondance relative du phytoplancton (exprimée en pourcentage) dans la strate 0-20m du Petit Lac.

CYANOBACTERIES

Représentées par 9 espèces dans le Petit Lac, elles montrent un très faible développement cette année, puisqu'elles n'atteignent que 1% (comme 2003 mais avec 16 espèces). Cette année, nous avons recensé une nouvelle espèce dans cette classe : *Woronichinia* sp. (Photo II.13).

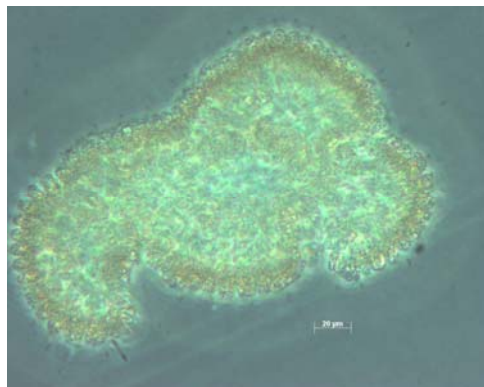


Photo II.13 : *Woronichinia* sp. (Photo JC Druart)

DINOPHYCEES (ou péridiniens)

Comme dans le Grand Lac, les dinophycées sont présentes toute l'année mais en faible quantité (1 %). L'abondance relative totale de cette classe est légèrement inférieure à celle de 2003 (1%). Avec 6 taxons, la richesse spécifique de cette classe est également en retrait par rapport à 2003 (10 espèces). 5 taxons sont présents régulièrement tout au long de l'année.

CRYPTOPHYCEES

Les espèces que l'on retrouve dans le Petit lac sont les mêmes que celles du Grand Lac mais leur abondance est plus élevée, constituant 17% de l'abondance relative moyenne annuelle. Cette classe montre un développement plus important en hiver (33% le 17 février), mais son abondance relative est relativement élevée tout au long de l'hiver entre les mois d'octobre et de mars (entre 18 et 38% de la population). Tout comme dans le Grand Lac, *Rhodomonas minuta* var. *nannoplanctonica* avec 10% de l'abondance totale du phytoplancton, est le taxon le plus représenté au sein de cette classe.

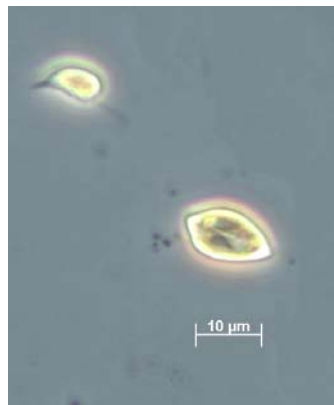


Photo II.14 : *Rhodomonas minuta* et sa variété *nannoplanctonica* (Photo JC Druart)

CHRYSOPHYCEES

La richesse de cette classe a légèrement diminué, puisque l'on retrouve 15 espèces contre 18 en 2003. L'abondance de cette classe est sensiblement identique à celle observée en 2003 (25% contre 26.5%). Les espèces retrouvées dans le Petit

Lac sont les mêmes que celles du Grand Lac. Elles se développent aussi pour la plupart au printemps.



Photo II.15 : *Dinobryon elegantissimum* (Photo JC Druart)

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 hausse par rapport à l'année précédente (46% contre 39% en 2003). On les rencontre de façon prépondérante durant la période printanière et pré-estivale et elles représentent 75% du peuplement algal le 20 avril et 74 % le 28 juin. Comme pour les chrysophycées, le nombre d'espèces recensées pour l'année 2004 est en forte augmentation (35 taxons contre 26 en 2003). Les espèces principales sont *Cyclotella cyclopuncta* (24% du phytoplancton), *Erkenia subaequiciliata* (14%) et *Fragilaria crotonensis* (13%).

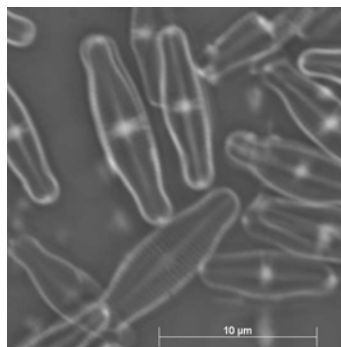


Photo II.16 : *Achnanthes minutissima* (Photo JC Druart)

CHLOROPHYCEES

Cette classe comprend 19 espèces au total (20 en 2003). L'abondance relative de cette classe représente 10% de l'abondance totale du phytoplancton comme en 2003 alors qu'elle n'en représentait que 6% en 2002.



Photo II.17 : *Oocystis lacustris* (Photo JC Druart)

ZYGOPHYCEES (= Conjuguées ou Desmidiacées)

Avec 7 taxons, cette classe présente une diversité faible tout comme son abondance (0.1%). Un nouveau taxon est recensé dans cette classe : *Staurastrum orbiculare* var. *hibernicum* (photo II.18).

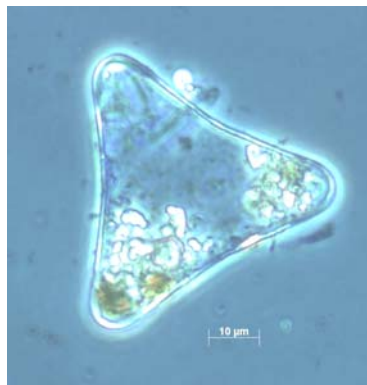


Photo II.18 : *Staurastrum orbiculare* var. *hibernicum* (Photo JC Druart)

EUGLENOPHYCEES

Trachelomonas volvocina, répertoriée cette année dans le Grand Lac est également présente dans le Petit Lac tout au long de l'année avec une abondance de 0,01%.

XANTHOPHYCEES

Tribonema sp. est également présente dans le Petit Lac avec une abondance moyenne annuelle de 0,01%. Un nouveau taxon est recensé dans cette classe : cf *Heterothrix* sp.

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 nanoplancton et du microplancton (Figure II.8)

La biomasse relative du nanoplancton rencontrée en 2004 (65%) est comparable à celle de 2003 (68%). Elle est supérieure à celle observée dans le Grand Lac (59%). Le nanoplancton est surtout représenté par *Cyclotella cyclopuncta* et *Asterionella formosa* (Figure II.9), la première espèce citée étant responsable du pic du 28 juin (2675 mg/m^3). Quant au microplancton qui représente 32% de la biomasse du phytoplancton, il est essentiellement composé des diatomées *Synedra acus* var. *angustissima* = *Fragilaria ulna* var. *acus* et *Synedra acus*, de la dinophycée *Ceratium hirundinella* et de la chrysophycée *Dinobryon sociale* var. *stipitatum* (Figure II.9).

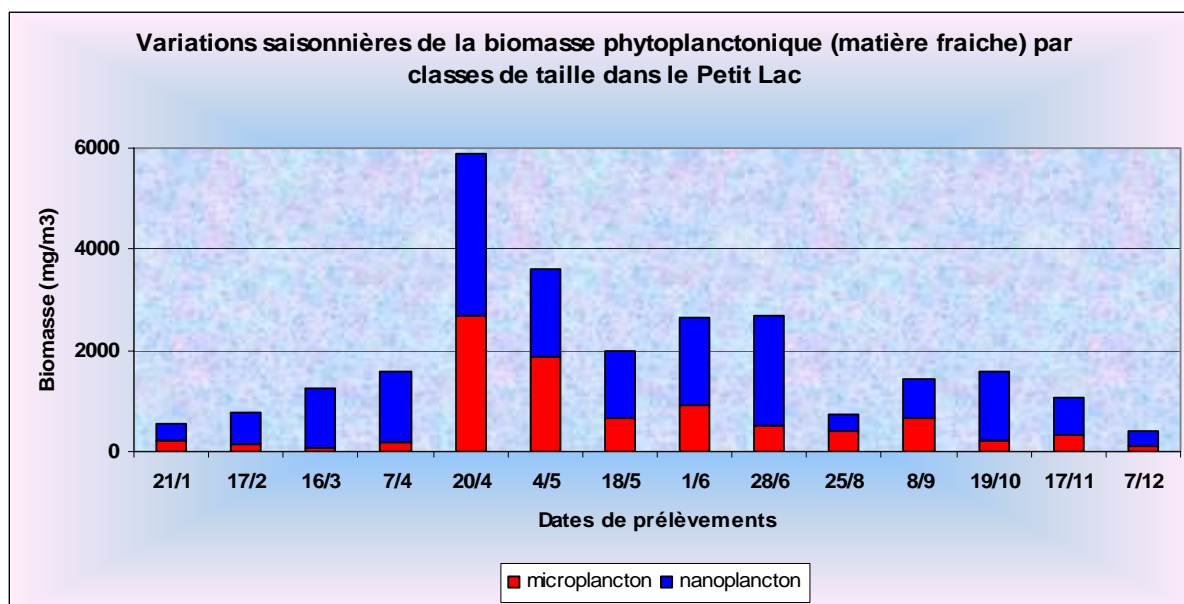


Figure II.8 : Variations saisonnières de la biomasse (matière fraîche) par classes de taille dans le Petit Lac à 0-20 m.

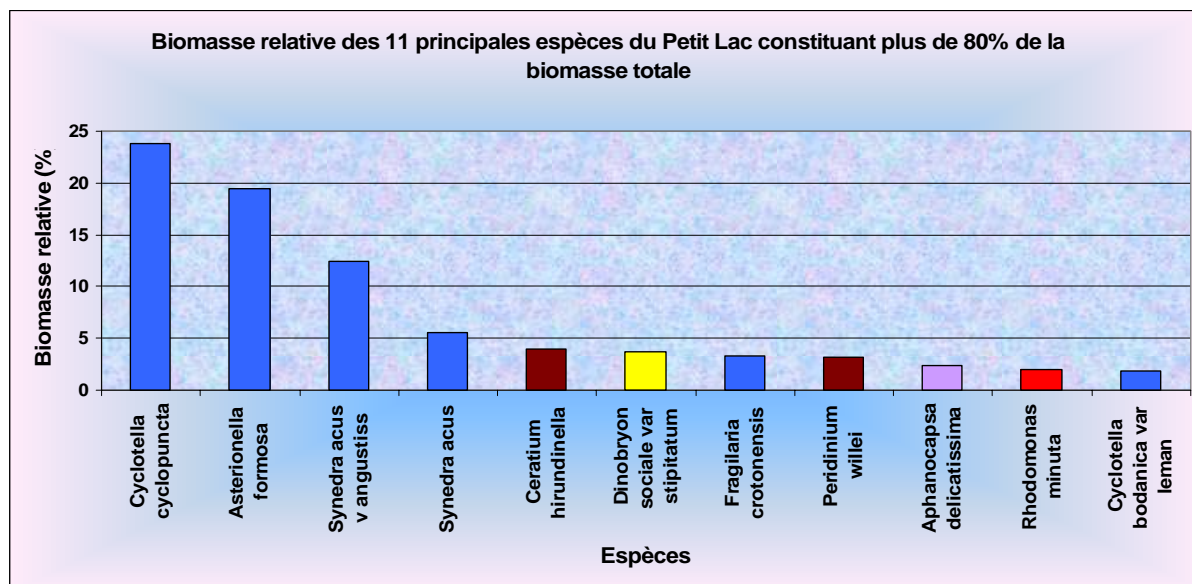


Figure II.9 : Biomasse relative (exprimée en pourcentage) des principales espèces phytoplanctoniques du Petit Lac d'Annecy durant l'année 2004.

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

Comme les années précédentes, la biomasse phytoplanctonique est dominée par les diatomées 68% (50% en 2003). Les chrysophycées arrivent en deuxième position avec 11%. Derrière ces deux classes dominantes dans la biomasse phytoplanctonique du Petit Lac, les dinophycées et les cryptophycées sont également abondantes avec 9% et 5% respectivement. Les autres classes ne sont qu'accompagnantes : chlorophycées 3%, cyanobactéries 3%, desmidiacées 1%, euglénophycées et xanthophycées <0,1%.

II.2.3.2.3. Les principales espèces et leur biomasse relative

En 2004, sur 97 espèces (105 en 2003 et 59 en 2002), 8 espèces constituent plus de 74% de la biomasse totale (7 en 2003), ce qui est à peu près équivalent au résultat de l'année dernière (74%). Ce sont une espèce nanoplanctonique (*Cyclotella cyclopuncta*) et des espèces microplanctoniques (*Asterionella formosa*, *Fragilaria ulna* var. *acus* (anc. *Synedra acus* var. *angustissima*), *Synedra acus*, *Ceratium*

hirundinella, *Dinobryon sociale* var. *stipitatum*, *Fragilaria crotonensis*, *Peridinium willei* et *Aphanocapsa delicatissima*).

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.10) :

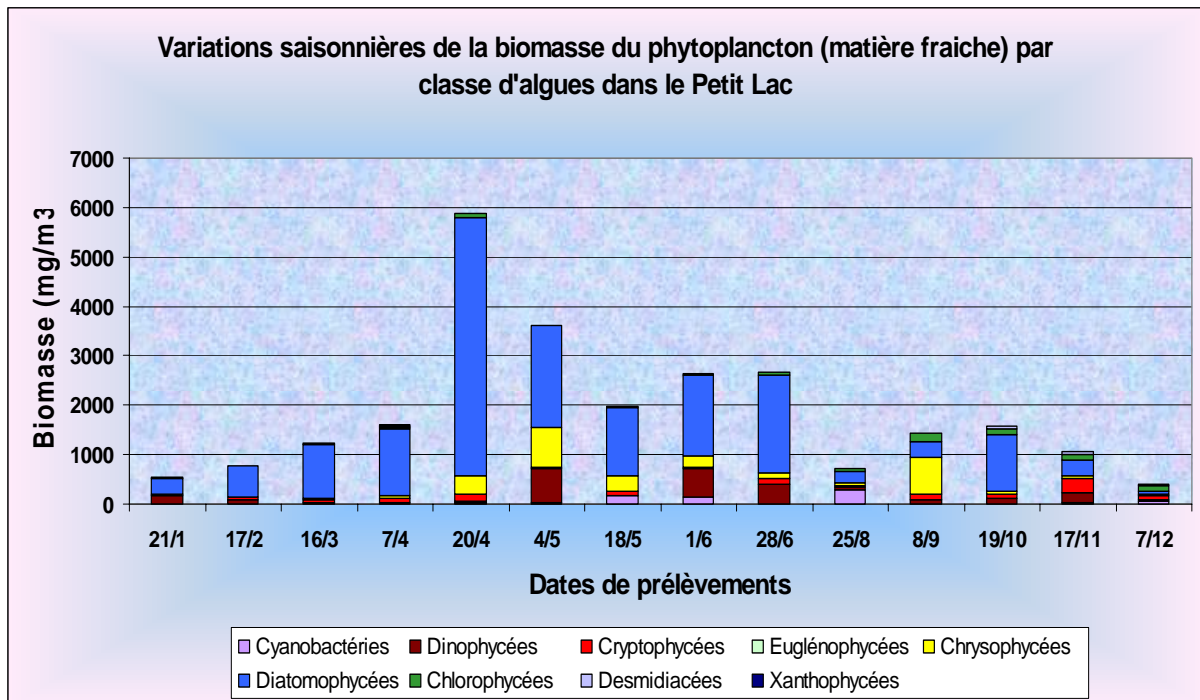


Figure II.10 : Variations saisonnières de la biomasse du phytoplancton (matière fraîche) par classe d'algues dans le Petit Lac à 0-20 m.

* la phase hivernale à faible production phytoplanctonique (minimum hivernal le 21 janvier : 534 mg/m³). Cette valeur minimale est plus forte qu'en 2004 (208 mg/m³ le 21 janvier) et elle est plus faible que dans le Grand Lac à la même période (760 mg/m³).

* la phase printanière qui suit présente des valeurs de biomasse beaucoup plus fortes que celles de la phase hivernale (moyenne de 852 mg/m³ en hiver contre 3070 mg/m³ au printemps). La valeur maximale est enregistrée le 20 avril (5890 mg/m³) ce qui est nettement supérieur à la valeur de 2003 (696 mg/m³) et de 2002 (579 mg/m³).

Ce pic du 20 avril est essentiellement la conséquence de la croissance de deux diatomées : *Asterionella formosa* et *Fragilaria ulna* var. *acus* (anc. *Synedra acus* var. *angustissima*).

* la phase des eaux claires qui suit est bien marquée, aussi bien par les valeurs de biomasse (1991 mg/m³) que par la transparence (5,1 m). Cette phase des eaux claires est synchrone dans le Petit Lac et le Grand Lac.

* la phase estivale qui lui succède jusqu'au 8 septembre montre une brutale augmentation de la biomasse dès le 1^{er} juin (2648 mg/m³), puis des valeurs de biomasse moins élevées que le reste de l'année (729 mg/m³ le 25 août). Durant cette période estivale, nous constatons la croissance des espèces suivantes (*Cyclotella cyclopuncta*, *Asterionella formosa*, *Dinobryon sociale* var. *stipitatum* et *Ceratium hirundinella*).

* la phase automnale commence à partir du 8 septembre, avec un petit pic à cette date (1422 mg/m³). La biomasse reste relativement forte durant les mois d'octobre et novembre.

II.2.4. COMPARAISONS DES DONNEES OBTENUES SUR CHAQUE LAC

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

En 2004, la biomasse phytoplanctonique moyenne dans le Petit Lac d'Annecy est de 1868 mg/m³ (994 mg/m³ en 2003). Dans le Grand Lac, elle est de 2033 mg/m³ (1060 mg/m³ en 2003). Ces valeurs sont très proches d'un bassin à l'autre mais en forte augmentation par rapport à 2003.

La biomasse moyenne printanière dans le Grand Lac (2524 mg/m³) est nettement plus élevée que celle de l'année précédente (651 mg/m³). Dans le Petit Lac, elle est également beaucoup plus élevée (2277 mg/m³) qu'en 2003 (667 mg/m³) (Tableau II.2). En 2004, la biomasse estivale moyenne du Grand Lac (1664 mg/m³) était plus forte que celle de l'année précédente (1527 mg/m³) (Tableau II.2). Dans le Petit Lac, on observe le même phénomène. Cette année encore, le Grand Lac est

plus productif que le Petit Lac. Le rapport BP/BE a augmenté à nouveau par rapport à celui de l'année précédente dans chacun des bassins. Ceci suggère que la différence de biomasse entre le printemps et l'été est beaucoup plus prononcée qu'en 2003. Si en 2003 les biomasses nanoplanctoniques moyennes annuelles dans chaque lac étaient plus fortes que les biomasses microplanctoniques, en 2004 c'est le contraire, les espèces de grande taille s'étant plus développées. Globalement, avec 137 espèces rencontrées cette année (contre 95 l'année précédente), la diversité phytoplanctonique a beaucoup augmenté. Cette année elle est nettement plus forte dans le Grand lac que dans le Petit Lac.

Tableau II.2 : Biomasses annuelles moyennes, biomasses saisonnières et biomasses maximales (mg/m³) dans le Petit Lac le Grand Lac à 0-20 m, en 2003 et 2004.

	Annecy 2004 Grand Lac 0-20 m	Annecy 2003 Grand Lac 0-20 m	Annecy 2004 Petit Lac 0-20 m	Annecy 2003 Petit Lac 0-20 m
Biomasse annuelle moyenne	2033	1060	1868	994
Biomasse printanière moyenne (BP)	2524	651	2277	667
Biomasse estivale moyenne (BE)	1664	1527	1560	1280
BP/BE	1.52	0.43	1.46	0.52
Biomasse printanière maximale (mois)	4612 (5)	1162(4)	5890 (4)	792(3)
Biomasse estivale maximale (mois)	2885(6)	3096 (8)	2675 (6)	2401(8)
Biomasse nanoplanctonique annuelle moyenne	842	631	1222	710
Biomasse microplanctonique annuelle moyenne	1190	429	646	283

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 2004, la diversité spécifique du phytoplancton (137 espèces) a été plus forte qu'en 2003 (120 taxons). Elle dépasse les valeurs obtenues en 1999 (134 espèces) (Balvay *et al.* 2000). 5 nouveaux taxons ont été observés pour la première fois dans le lac d'Annecy et viennent enrichir l'inventaire précédent.

En 2004, le phytoplancton est toujours dominé par les diatomées, les chlorophycées, les chrysophycées, les cyanobactéries et les dinophycées.

En 2004, la biomasse annuelle moyenne du phytoplancton dans le Grand Lac (2033 mg/m³) est en forte augmentation par rapport à l'année précédente (1060 mg/m³). Dans le Petit Lac, elle est de 1868 mg/m³, (994 mg/m³ en 2003). Mais elle est assez stable dans le temps, de 1108 mg/m³ en 2000 à 2741 mg/m³ en 2001. La biomasse printanière moyenne a été nettement plus élevée dans les deux bassins (respectivement 2524 mg/m³ dans le Grand Lac et 1868 mg/m³ dans le Petit Lac), que l'année précédente (1060 et 994 mg/m³). Les biomasses printanières maximales ont également montré des valeurs très fortes (5890 mg/m³ dans le Petit lac et 4612 mg/m³ dans le Grand Lac).

II.3. ZOOPLANCTON

Le zooplancton joue un rôle fondamental dans le fonctionnement du réseau trophique lacustre, par la prédation exercée sur le phytoplancton et comme source de nourriture pour les poissons. L'étude du compartiment zooplanctonique et son suivi au cours des années représentent donc des éléments fondamentaux pour mieux comprendre et gérer l'écosystème lacustre.

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

II.3.1.1. Composition de la communauté en 2004

En 2004, 7 espèces de cladocères et 4 espèces de copépodes ont été répertoriées. La méthode d'échantillonnage permet également de capturer les grosses espèces de rotifères et les larves véligères de *Dreissena polymorpha*. Toutefois, aucune larve véligère n'a été observée cette année. Les rotifères *Kellicottia* sont fortement représentés (figure II.11) entre janvier et juin. Les copépodes dominent le reste de l'année. Toutefois, les cladocères constituent une forte proportion de cette communauté zooplanctonique pendant les mois d'août, septembre et octobre. Grand Lac et Petit Lac ont une composition relativement identique.

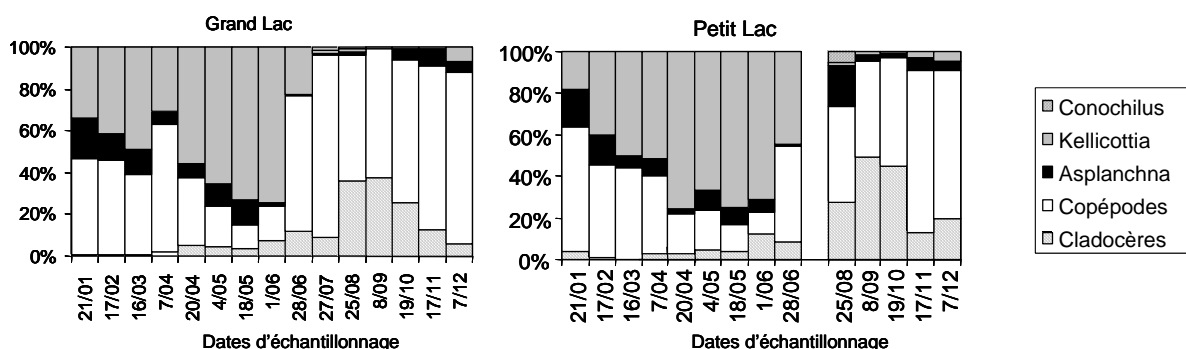


Figure II.11 : Evolution saisonnière de la structure de la communauté zooplanctonique en 2004

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

La composition spécifique de la communauté du grand lac est comparable à celle observée en 2003 et se distingue par l'abondance de Calanoïdes et les faibles effectifs des daphnies. Cette tendance se confirme par l'évolution interannuelle des effectifs moyens annuels (figure II.12). Les deux bassins du lac d'Annecy présentent les mêmes évolutions. En termes d'abondance, le nombre total de crustacés se maintient aux alentours de 250000 pour le Grand Lac et 280000 pour le Petit Lac. On observe une forte augmentation chez les cladocères et les Calanoïdes.

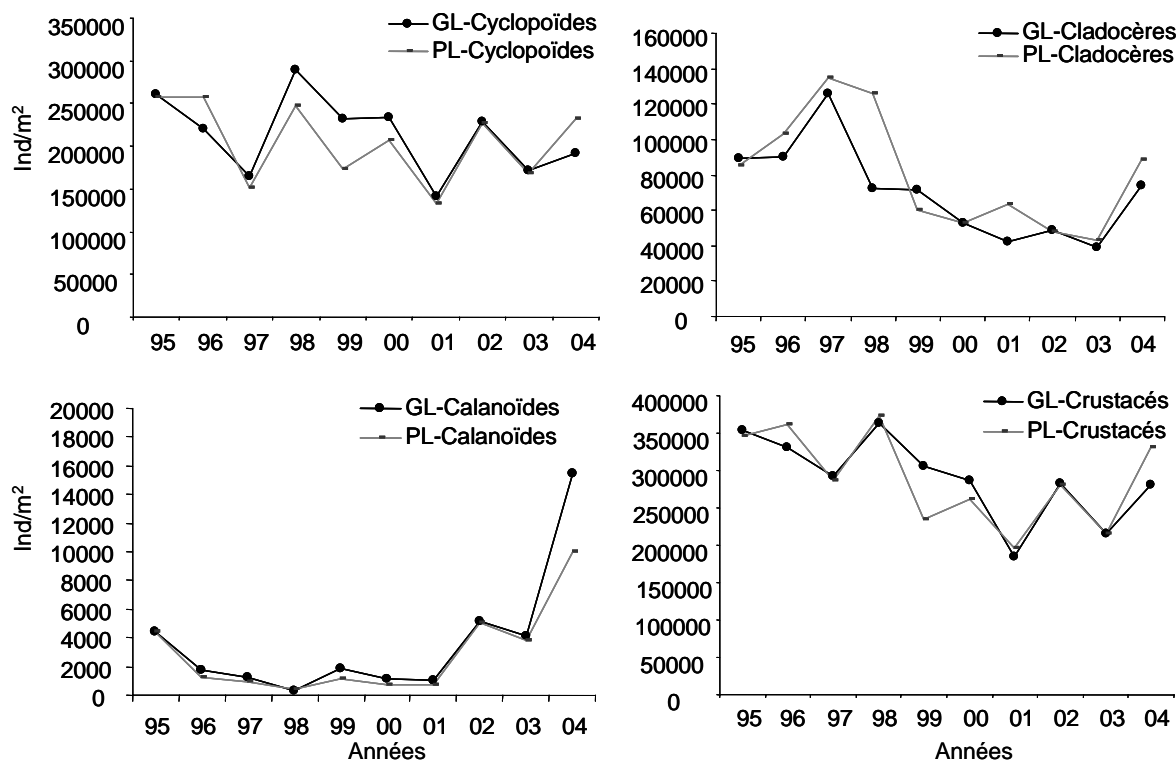


Figure II.12 : Evolution de l'abondance des microcrustacés

II.3.1.3. Evolution à long terme des biovolumes sédimentés

Alors que l'abondance du biovolume sédimenté présentait une baisse depuis 1996, on observe en 2004 une nette augmentation, et ce dans les deux bassins (figure II.13). Les moyennes annuelles atteignent alors 70 ml.m^{-2} et 60 ml.m^{-2} pour le Grand et Petit Lac.

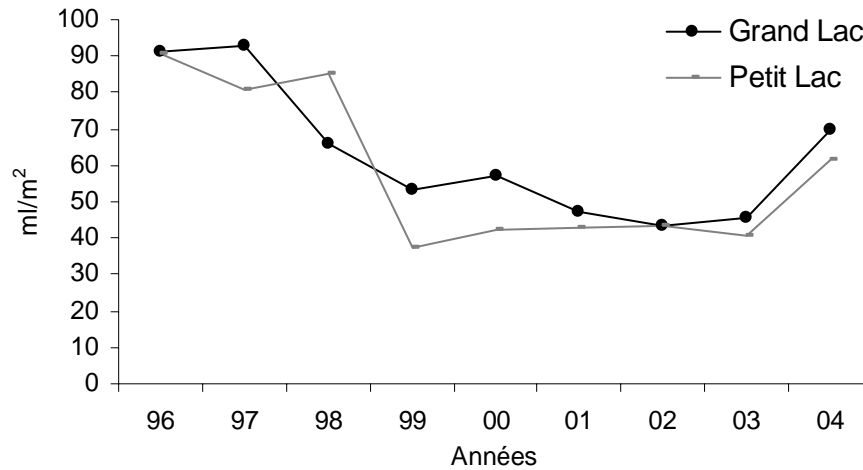


Figure II.13 : Evolution des moyennes annuelles de l'abondance du zooplancton sédimenté (Annecy, GL et PL)

II.3.2. DYNAMIQUE SAISONNIERE EN 2004 ET EVOLUTION A LONG TERME DE CETTE DYNAMIQUE

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 succession d'espèces dominantes et par la présence de deux pics (figure II.14A). Les abondances maximales des cladocères apparaissent en fin d'été-début automne. Cette forte croissance se produit dans un milieu où le nanophytoplancton représente une part importante du phytoplancton.

En début d'année, lorsque les abondances sont faibles, les cladocères sont généralement dominés par *Eubosmina mixta* (figure II.14B). De mai à juin *Eubosmina longispina* est dominante et représente en moyenne 65 % de cette communauté. Lors du pic printanier qui est observé le 1 juin, elle constitue 58 % (GL) et 50% (PL). En été, dans les deux bassins, cette espèce fait place à *Daphnia hyalina*. Toutefois dans le petit lac, *Eubosmina longispina* se maintient et *Diaphanosoma brachyurum* contribue en moyenne à 22% de la communauté des cladocères. A partir d'octobre *Eubosmina longispina* redevient l'espèce principale.

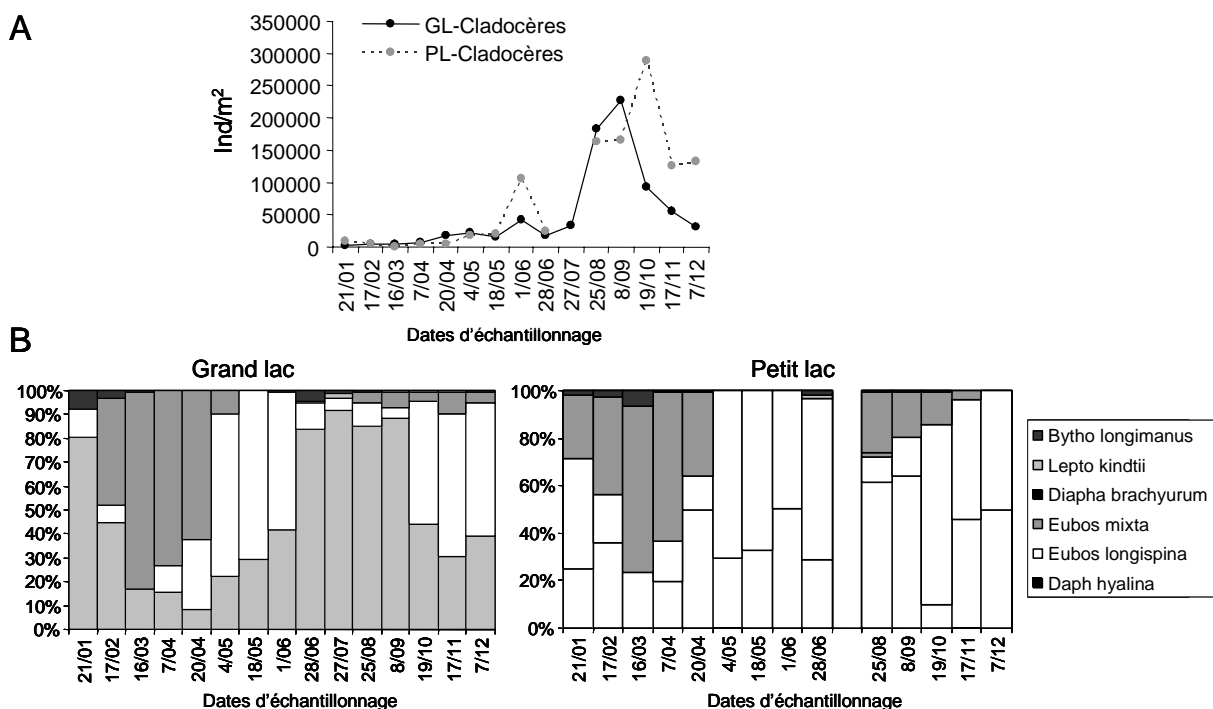


Figure II.14 : Evolution saisonnière de l'abondance totale des cladocères et des contributions relatives des taxons identifiés

II.3.2.2. Dynamique saisonnière des copépodes

L'abondance en copépodes croît de façon progressive pour atteindre des maxima en fin d'année (figure II.15A). L'espèce dominante est *Cyclops prealpinus* (figure II.15B). En octobre, la proportion de *Mesocyclops leuckarti* augmente pour atteindre des contributions moyennes de 85% (GL) et 90% (PL).

Acantocyclops n'apparaît qu'une seule fois dans le grand lac, et ce dans l'échantillon du 19/10 sous forme de copépodites C1. Le Calanoïde *Mixodiaptomus laciniatus* est présent toute l'année avec de faibles contributions. Ses contributions maximales s'observent au printemps, entre les mois de mai et juin (figure II.15B).

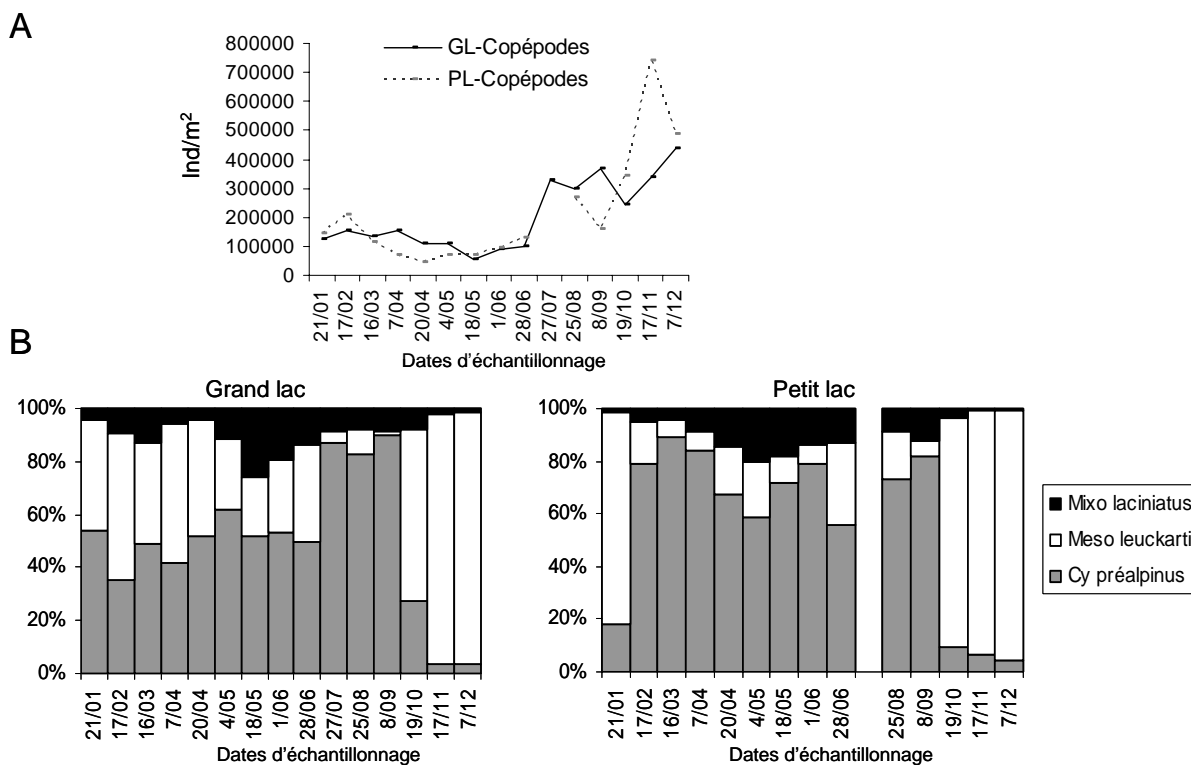


Figure II.15 : Evolution saisonnière de l'abondance totale des copépodes et des contributions relatives des taxons identifiés (*Mixo laciniatus* : *Mixodiaptomus laciniatus* ; *Meso leuckarti* : *Mesocyclops leuckarti*, *Cy préalpinus*: *Cyclops prealpinus*)

II.3.2.3. Variation saisonnière des biovolumes sédimentés

Dans le Grand Lac, l'abondance du biovolume sédimenté du zooplancton en 2004 montre une évolution régulière se caractérisant par une augmentation printanière progressive et une accélération en début d'été (figure II.16). Le maximum (260 ml.m^{-2}) est atteint le 9 septembre. Dans le petit lac l'abondance du biovolume sédimenté suit le même schéma, excepté le 1 juin où l'on observe un léger pic de 62 ml.m^{-2} . Les valeurs printanières sont semblables dans les deux bassins en revanche, avec un maximum de 135 ml.m^{-2} , les valeurs estivales et automnales sont plus faibles dans le petit lac.

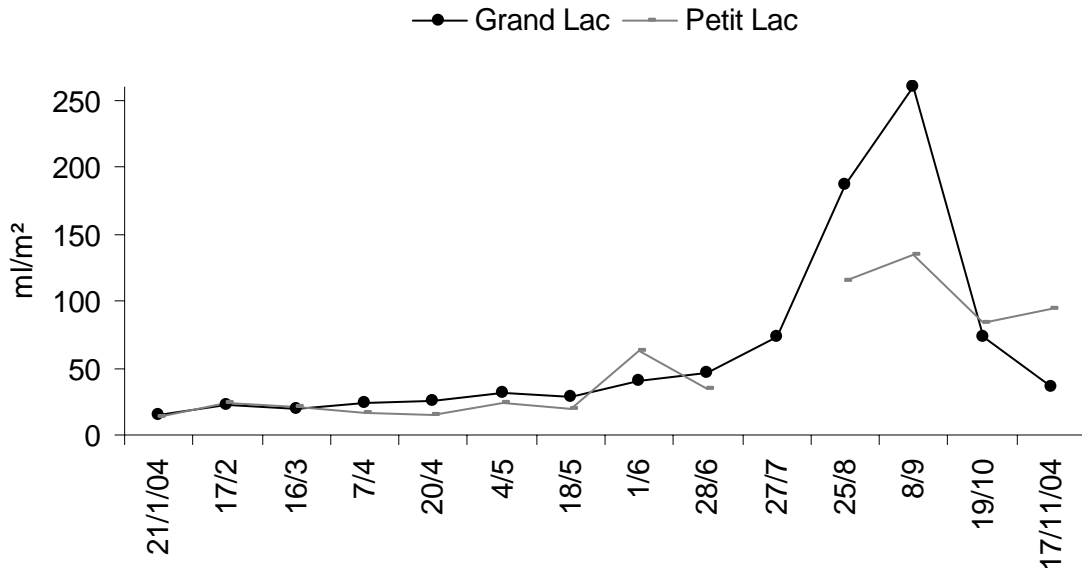


Figure II.16 : Evolution annuelle du biovolume sédimenté en 2004 (Annecy, GL et PL)

II.3.2.4. Succession saisonnière au sein de la communauté zooplanctonique et variations à long terme

Le modèle moyen calculé sur la période 1995-2004 permet de diviser l'année en saisons : d'avril à mai, la communauté est caractérisée par *Cyclops prealpinus* et, dans une moindre mesure, *Bosmina longirostris* (figure II.17). Se développent par la suite les espèces estivales *Diaphanosoma brachyurum*, *Leptodora kindtii*, *Bythotrephes longimanus* et *Daphnia hyalina*. Les débuts d'été et automne se caractérisent par la présence de *Mesocyclops leuckarti* et *Daphnia longispina* alors que la fin d'été est plutôt marquée par *Mixodiaptomus laciniatus*, *Eubosmina mixta*, *Eubosmina longispina*.

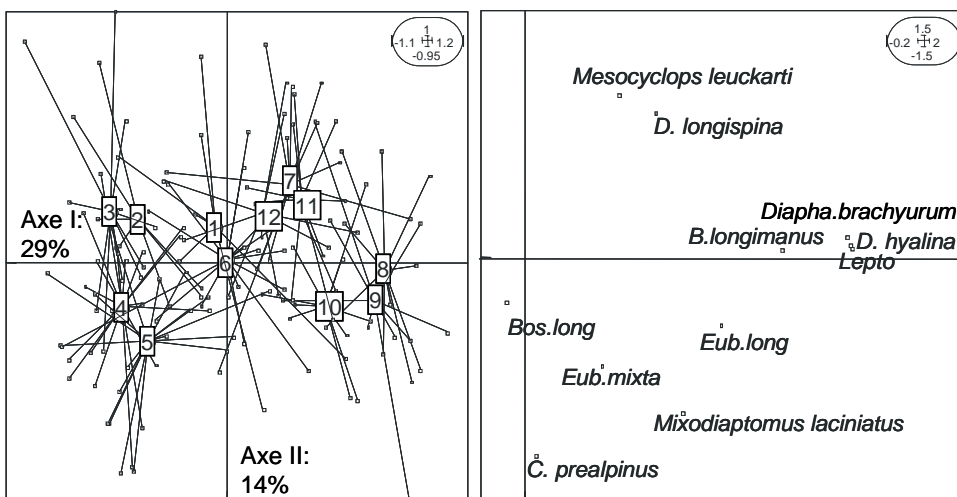


Figure II.17 : Modèle zooplanctonique moyen (compromis) représenté par la projection des dates de prélèvement dans le plan formé des axes 1 et 2. Projection des variables contribuant à la formation des axes 1 et 2 du compromis.

La confrontation de chaque année à ce schéma révèle deux grands modèles de dynamique saisonnière (figure II.18). Le premier modèle regroupe les années allant de 1995 à 2000 (excepté 1998), le deuxième modèle concerne 1998 et les années postérieures à 2000.

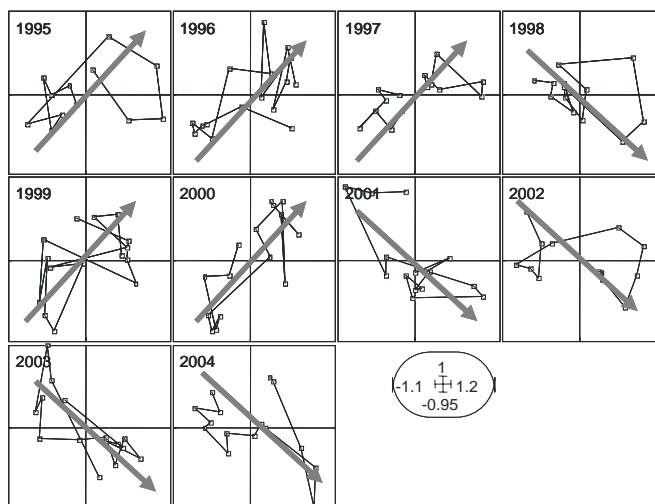


Figure II.18 : Représentation des deux modes de fonctionnement annuel mis en évidence par la méthode STATIS. Il s'agit de la projection de chaque date d'échantillon dans le plan 1-2 du compromis. L'année 2004 appartient au deuxième groupe.

La différence entre ces dynamiques est principalement liée au schéma d'occurrence des espèces contribuant à la formation de l'axe 2 : *Mesocyclops leuckarti*, *Daphnia longispina* et *Cyclops prealpinus*, *Mixodiaptomus laciniatus*, *Eubosmina mixta* (figure II.19). De 1995 à 2000 (excepté 1998), le modèle correspond au modèle moyen avec un printemps marqué par la présence de *Cyclops prealpinus* et une fin d'année caractérisée par le retour de *Mesocyclops leuckarti* et *Daphnia longispina*. En revanche dans le deuxième modèle, le début d'année se caractérise par de forts effectifs de *Mesocyclops leuckarti* et *Daphnia longispina*, les espèces de fin d'été (*Mixodiaptomus laciniatus*, *Eubosmina mixta*, *Eubosmina longispina*) sont plus abondantes et *Cyclops prealpinus* présente une croissance automnale. L'année 2004 entre dans cette catégorie de dynamique.

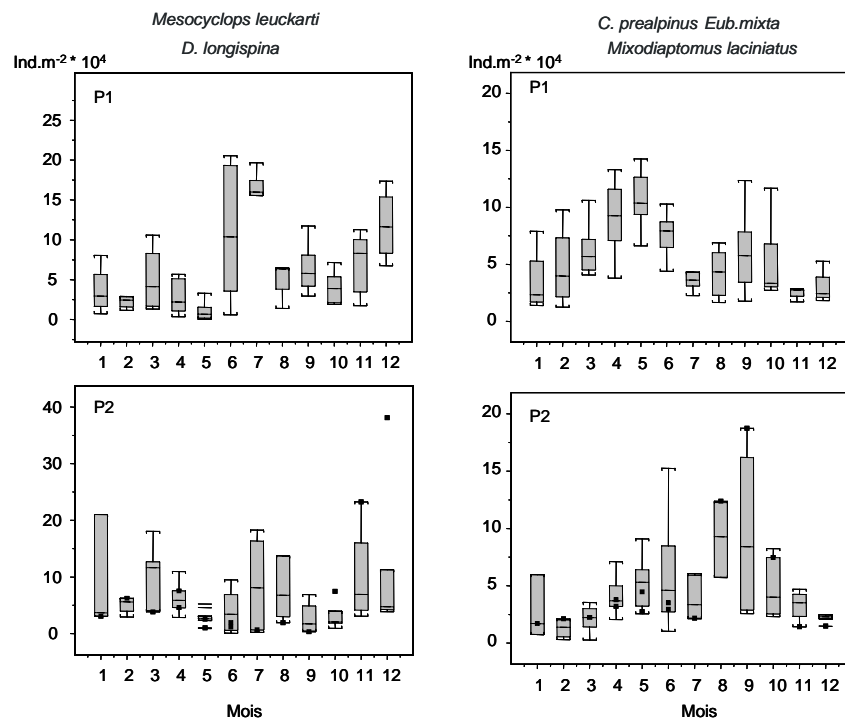


Figure II.19 : Evolution saisonnière comparée (P1 : de 1995 à 2000 excepté 1998 ; P2 : 1998 et 2001 à 2004) des effectifs des espèces contribuant à la formation de l'axe 2.

II.4. RELATION ENTRE PLANCTON ET TENEUR EN CHLOROPHYLLE A

Bien que la richesse en ce pigment varie selon les espèces, la teneur des eaux en chlorophylle a constitue une méthode estimative de l'abondance du phytoplancton.

II.4.1. Chlorophylle a dans la couche superficielle (-3 et -10 m)

Dès la fin de l'hiver, avec le développement du phytoplancton, on assiste à une augmentation progressive des teneurs en chlorophylle a, qui atteignent leur maximum au début du mois de mai à -10 mètres, pour les deux lacs (figure II.20). Les différences entre les deux profondeurs, peu marquées en période hivernale, s'accroissent au printemps avec le renforcement de la stratification thermique. A la fin de l'été, les courbes évoluent à nouveau conjointement lors du refroidissement automnal entraînant l'homogénéisation de la lame d'eau.

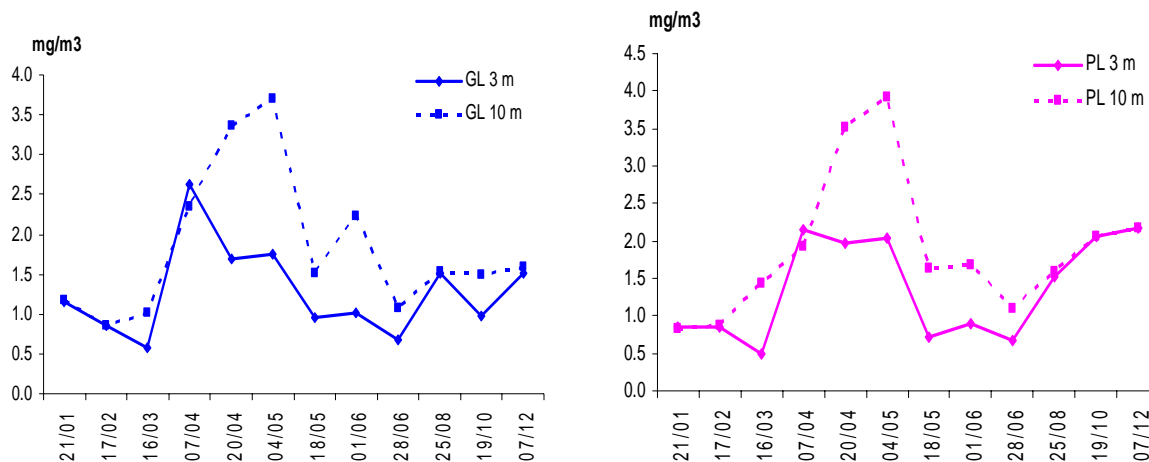


Figure II.20 : Variations saisonnières en 2004 de la chlorophylle a à 3 m et 10 m de profondeur (dosages ponctuels par méthode spectrophotométrique)

GL : Grand Lac ; PL : Petit Lac

Tableau II.3 : Teneurs en chlorophylle a (mg/m³) à 3 m et 10 m

Chlorophylle a mg/m ³		1998		1999		2000		2001	
		GL	PL	GL	PL	GL	PL	GL	PL
Moyenne annuelle	3 m	1,51	1,51	2,18	2,19	2,15	2,28	2,90	2,72
	10 m	1,80	1,68	2,87	2,61	2,72	2,97	3,77	3,04
Teneur maximale (date)	3 m	2,62 (14/04)	2,56 (14/04)	4,60 (27/04)	3,65 (18/05)	6,22 (18/04)	5,16 (18/04)	3,90 (18/04)	4,63 (3/04)
	10 m	3,88 (31/03)	3,50 (31/03)	7,04 (1/06)	4,72 (1/06)	6,90 (2/05)	6,76 (2/05)	7,65 (29/05)	6,26 (10/05)

Chlorophylle a mg/m ³		2002		2003		2004	
		GL	PL	GL	PL	GL	PL
Moyenne annuelle	3 m	2,16	2,04	1,34	1,23	1,27	1,37
	10 m	2,62	2,50	1,82	1,73	1,82	1,90
Teneur maximale (date)	3 m	3,17 (16/7)	3,08 (16/7)	2,65 (6/05)	2,41 (6/05)	2,62 (7/04)	2,16 (7/04)
	10 m	4,03 (16/7)	5,18 (16/7)	5,61 (6/05)	4,78 (6/05)	3,71 (4/05)	3,92 (4/05)

La teneur en chlorophylle a est plus importante à -10 m qu'à -3 m, tant pour les moyennes annuelles que pour les teneurs maximales (tableau II.3). Ce phénomène est dû à l'enfoncement du phytoplancton qui fuit une lumière trop intense en raison de la transparence élevée des eaux de surface. D'autre part, on ne constate pas de différence significative entre les deux lacs.

II.4.2. Chlorophylle a dans les 30 premiers mètres

L'utilisation de la sonde multiparamètres permet de mettre en évidence les variations de la distribution et de l'abondance du phytoplancton en fonction de la profondeur après examen des teneurs moyennes en chlorophylle a dans les strates 0-10, 10-20 et 20-30 m (figure II.21). Les résultats obtenus sont similaires pour les deux bassins. La concentration en chlorophylle a apparaît très faible en hiver. Elle augmente au printemps avec le développement du phytoplancton pour atteindre une valeur maximale au mois de mai. Un deuxième pic moins marqué est observable en fin d'été-début d'automne, essentiellement dans le Petit Lac.

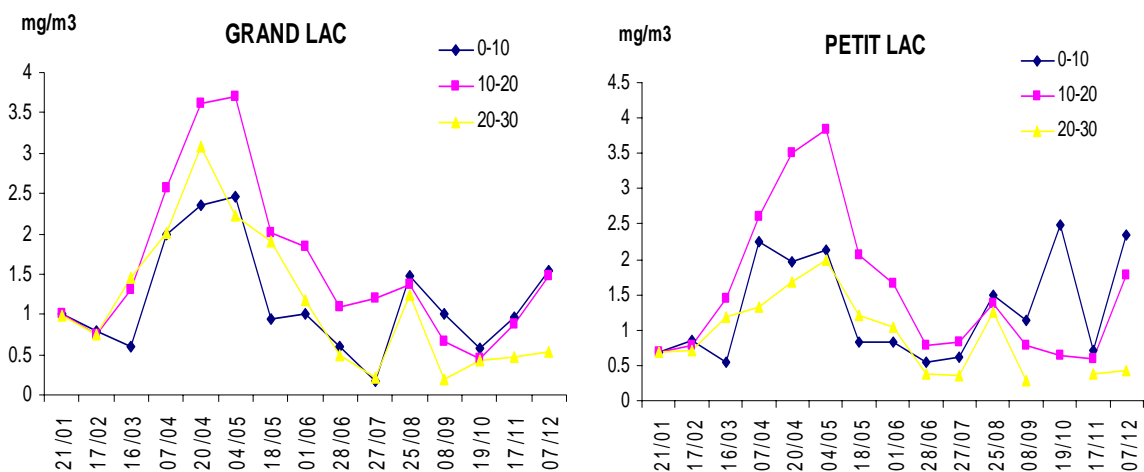


Figure II.21 : Evolution des teneurs en chlorophylle a dans les strates 0-10m, 10-20m et 20-30m au cours de l'année 2004

La strate 10-20 m apparaît clairement plus riche en chlorophylle a que les strates 0-10 m et 20-30 m, essentiellement lors du pic printanier. Dans la strate 0-10 m, la lumière est trop intense, compte tenu de la transparence de l'eau. Les algues se développent alors dans la strate inférieure, où elles trouvent leur optimum lumineux et des éléments nutritifs. La couche 20-30 m est également plus pauvre en chlorophylle a que la couche 10-20 m, la lumière devenant alors insuffisante pour le développement du phytoplancton. Cependant, on constate une deuxième augmentation de la concentration en chlorophylle a dans cette strate, à la date du 25 août. Cette hausse provient certainement d'un développement accru du phytoplancton.

En 2004, la tendance est à une augmentation des teneurs en chlorophylle a par rapport à 2003 (tableau II.4), et ce pour les trois gammes de profondeur. Cependant, ces valeurs restent inférieures à celles mesurées sur la période 2000-2002. Les concentrations maximales quant à elles restent dans le même ordre de grandeur que l'année précédente. Elles sont voisines pour les deux lacs, excepté dans la couche 20-30 m, pour laquelle le Grand Lac présente des teneurs plus fortes.

Tableau II.4 : Teneurs moyennes en chlorophylle a (mg/m³) dans les strates supérieures de 1999 à 2002 (valeurs initiales mesurées par la sonde)

Moyenne annuelle	1999*		2000		2001	
	Grand Lac	Petit Lac	Grand Lac	Petit Lac	Grand Lac	Petit Lac
0-10 m	2,02	1,92	1,93	1,92	2,31	1,96
10-20 m	2,13	1,70	2,37	2,16	2,80	2,27
20-30 m	1,07	0,98	1,72	1,54	1,76	1,32
Moyenne 0-30 m	1,74	1,53	1,99	1,86	2,29	1,86
Concentration maximale (date)						
0-10 m	3,55 (4/05)	3,16 (4/05)	3,88 (18/04)	3,22 (18/04)	4,00 (17/07)	3,59 (20/02)
10-20 m	4,72 (4/05)	2,83 (4/05)	6,35 (2/05)	5,41 (2/05)	8,48 (29/05)	7,42 (29/05)
20-30 m	2,11 (4/05)	1,58 (27/04)	3,16 (4/04)	4,41 (18/04)	3,82 (29/05)	3,43 (5/06)
Max. 0-30 m	3,46 (4/05)	2,44 (4/05)	4,04 (2/05)	4,08 (18/04)	4,73 (29/05)	4,03 (10/05)

Moyenne annuelle	2002		2003		2004	
	Grand Lac	Petit Lac	Grand Lac	Petit Lac	Grand Lac	Petit Lac
0-10 m	1,85	1,64	1,07	0,93	1,17	1,30
10-20 m	2,26	1,84	1,40	1,30	1,59	1,56
20-30 m	1,53	1,18	0,84	0,82	1,14	0,92
Moyenne 0-30 m	1,88	1,55	1,10	1,01	1,30	1,26
Concentration maximale (date)						
0-10 m	3,55 (4/05)	3,16 (4/05)	2,25 (6/05)	2,29 (6/05)	2,46 (4/05)	2,49 (19/10)
10-20 m	4,72 (4/05)	2,83 (4/05)	3,89 (21/05)	2,46 (6/05)	3,70 (4/05)	3,84 (4/05)
20-30 m	2,11 (4/05)	1,58 (27/04)	1,88 (1/04)	1,73 (18/03)	3,09 (20/04)	1,98 (4/05)
Max. 0-30 m	3,46 (4/05)	2,44 (4/05)	2,31 (6/05)	1,96 (6/05)	3,01 (20/04)	2,65 (4/05)

* année incomplète

Tableau II.5 : Teneurs maximales ponctuelles en chlorophylle a dans la couche 0-30 m de 1999 à 2004 (valeurs mesurées par la sonde)

Maximum annuel observé (mg/m³)		1999*	2000	2001	2002	2003	2004
Grand Lac	valeur	6,73	8,10	12,04	8,08	7,20	4,28
	profondeur	11 m	14 m	17 m	19 m	14 m	14 m
	date	4/05	2/05	29/05	18/06	21/05	04/05
Petit Lac	valeur	5,01	6,72	9,34	4,24	4,24	5,72
	profondeur	8 m	14 m	16 m	18 m	11 m	19 m
	date	4/05	2/05	28/05	14/05	21/05	04/05

* année incomplète

Le tableau II.15 montre une diminution de l'intensité du pic d'abondance de la chlorophylle a depuis 2001. Pour le Grand Lac, la concentration mesurée est la plus faible depuis 1999. De plus on note une relative stabilité de la profondeur du pic pour le grand lac (14 m) et un enfouissement pour le Petit Lac.

II.5 . Suivi de la pêche au lac d'Annecy en 2004 ; statistiques obligatoires et carnets volontaires.

Débuté en 1992, le dispositif de suivi du lac d'Annecy par les carnets volontaires a permis de collecter une base de données exceptionnelle, dont les retombées en terme de gestion et de connaissance des populations piscicoles sont d'ores et déjà très importantes.

Alors que les années 2001 et 2002 avaient connu un léger fléchissement de la participation, 28 pêcheurs bénévoles ont rempli cette année un carnet volontaire, ce qui constitue la plus forte contribution depuis le début du suivi ! On ne peut que féliciter et encourager ces pêcheurs, qui, par leur investissement personnel, ne pratiquent plus en simples « cueilleurs » mais comme les premiers acteurs de la gestion de leur lac.

Le bilan de l'alevinage en ombles chevaliers de 1997 a été réalisé en 2003 ; les principales conclusions ont été reprises dans le précédent rapport du suivi piscicole. N'oublions pas que pour être validées, elles doivent être comparées aux résultats de la seconde opération de marquage des poissons alevinés en 2001. Aussi, un effort particulier est demandé aux pêcheurs pour poursuivre l'observation des poissons et les prélèvements d'écaillés.

Comme les années précédentes, nous commencerons par présenter les statistiques obligatoires saisies par la DDAF, puis nous analyserons en détail les pêches du corégone et de l'omble grâce aux données fournies par les pêcheurs volontaires. Enfin, un rapide aperçu des pêches de la truite et du brochet sera effectué

Les tendances de la pêche au lac d'Annecy en 2004, statistiques obligatoires (Source DDAF de Haute-Savoie)

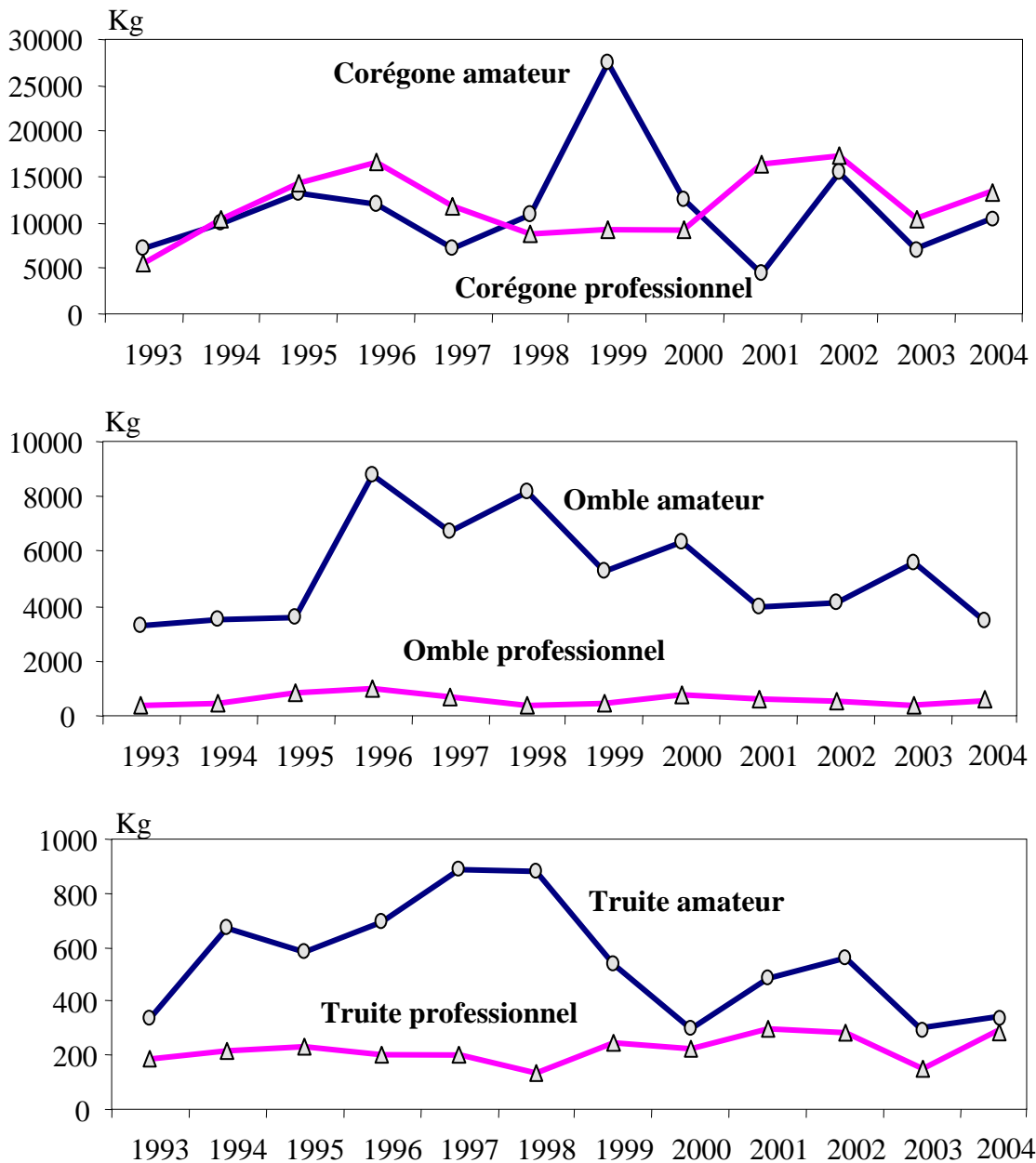


Figure II.5.1 : Evolution des captures d'ombles, de corégones et de truites au lac d'Annecy depuis 1993.

Après une diminution marquée en 2003, la pêche professionnelle du corégone (12 975 kg) retrouve un niveau honorable sans toutefois atteindre les résultats des années fastes 2001 et 2002. La pêche amateur peut être qualifiée d'assez bonne puisque 10685 kg de corégones ont été capturés, soit près de 3800 kg de plus qu'en 2003. Quelque que soit la catégorie de pêcheurs, les rendements interannuels sont fortement

liés aux fluctuations naturelles de l'espèce, qui seront explicitées plus loin dans ce rapport.

L'échelle du graphique ne permet pas de voir distinctement l'évolution, mais la pêche professionnelle de l'omble est passée de 396 kg en 2003 à 717 kg cette année, soit une augmentation de plus de 80% des prises. En revanche, avec 3650 kg d'ombles capturés, la pêche amateur n'a jamais été aussi mauvaise depuis le début du suivi. Le semblant de reprise enregistré en 2003 (5327 kg) n'est donc pas confirmé en 2004 ; le rendement continue de diminuer de façon inquiétante.

Professionnels et amateurs ont capturé sensiblement la même quantité de truites, respectivement 279 et 336 kg. Si ce résultat est bon et comparable aux meilleures saisons obtenues pour les professionnels, il est revanche très faible pour la pêche amateur.

Enfin, 483 kg de brochets ont été déclarés par les pêcheurs professionnels et 1895 kg par les amateurs. Avec un total de près de 2300 kg, la pêche du brochet semble se stabiliser depuis maintenant 3 ans. Les captures de perches sont en revanche en diminution par rapport à 2003, puisque la pêche professionnelle est passée de 2204 kg en 2003 à 692 en 2004. La réduction est moins importante chez les amateurs avec 552 kg capturés en 2004 contre 736 en 2003. Les populations de perches sont soumises à des fluctuations interannuelles parfois marquées et liées principalement à leur densité, un peu à la manière du corégone. Les variations observées n'ont donc rien d'anormal et correspondent aux successions de générations.

Les carnets volontaires

Grandes lignes des statistiques

Comme il l'a été rappelé dans l'introduction, 28 pêcheurs ont rempli cette année un carnet volontaire, ce qui constitue la plus importante participation depuis le début du suivi. Nous disposons ainsi de données sur plus de 3800 salmonidés, les corégones dominants à plus de 70% les captures (Tableau II.5.1).

Espèce	Nombre	%	Nombre	%	Total
	> taille légale		< taille légale		
Truite	11	0,6%	3	0,1%	14
Omble	676	36,0%	457	23,4%	1133
Corégone	1191	63,4%	1495	76,5%	2686
Total	1878	100%	1955	100%	3833

Tableau II.5.I : *Nombre de poissons salmonidés capturés par les 28 pêcheurs volontaires en 2004 au lac d'Annecy.*

Seulement 11 truites de taille légale ont été pêchées au cours des 1411 sorties effectuées. Il est très difficile de tirer des conclusions sur l'état de la population à partir d'un si faible échantillon, le plus faible depuis 1992.

Contrairement à 2003, la proportion d'ombles maillés repasse au dessus de la barre « symbolique » des 50% pour atteindre 60%. Cette situation est plus conforme aux années précédentes où ce chiffre fluctuait entre 55 et 75%. Avec 1133 individus capturés pour un effort de pêche relativement élevé, la saison peut être considérée comme mauvaise pour cette espèce. La tendance observée dans les statistiques obligatoires et donc confirmée avec les carnets volontaires.

La pêche du corégone a été en revanche plutôt bonne puisque près de 2700 poissons ont été capturés. On observe un nombre élevé de petits corégones, mais beaucoup d'individus maillés ont également été pris tout au long de la saison. De ce fait, la proportion des jeunes individus est atténuée, ce qui modifie légèrement la courbe d'évolution et les cycles de 3-4 ans observés depuis le début du suivi (Figure II.5.2). L'étude détaillée des statistiques de la pêche du corégone présentée plus loin dans ce rapport ne montre toutefois aucune inquiétude notable à avoir : beaucoup de poissons maillés ont été capturés cette année, et une voire deux générations fortes semblent arriver dans la pêche.

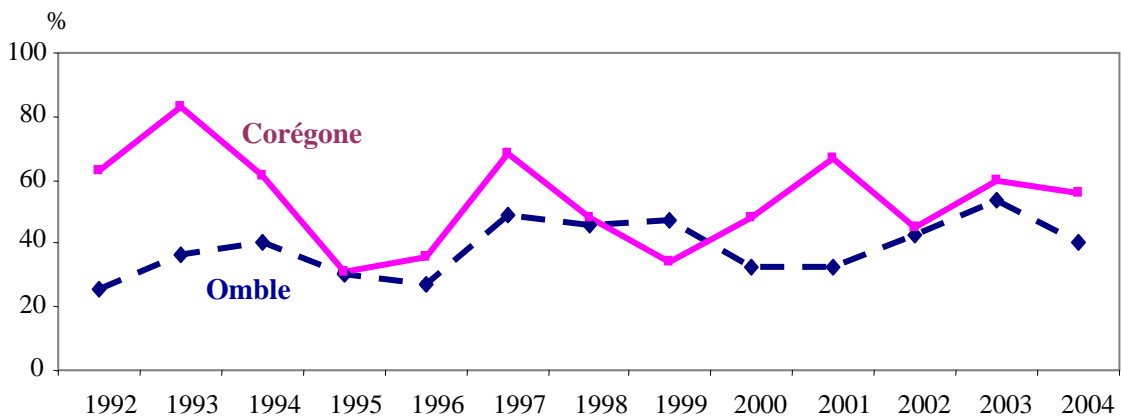


Figure II.5.2 : Evolution sur 13 ans des proportions de petits corégones et omble dans la pêche au lac d'Annecy.

La saison 2003 avait connu une proportion élevée de petits omble ; poissons qui auraient du être retrouvés dans la pêche cette année. Le pourcentage d'individus maillés augmente en effet en 2004, mais les quantités capturées ne sont pas à la hauteur de ce que laissait présager la saison 2003 et le semblant de reprise.

La durée moyenne des sorties (4h14) est légèrement inférieure à celle des années précédentes (4h30 à 4h45). Les moyennes mensuelles varient entre 4h et 4h36, soit environ 9% de variabilité intermensuelle. La sortie de pêche reste toujours bien une bonne unité d'effort de pêche puisque sa variabilité ne dépasse pas 10%.

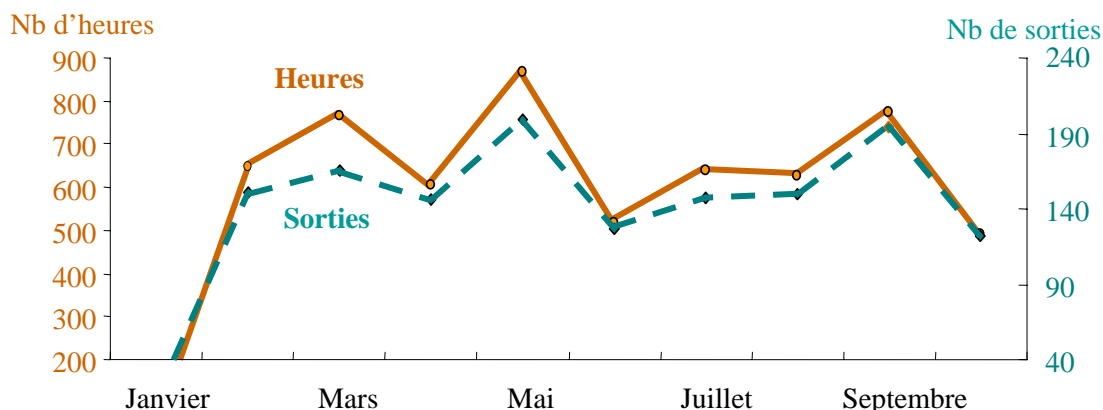


Figure II.5.3 : Nombre de sorties et d'heures déclarées chaque mois par les pêcheurs volontaires en 2004 au lac d'Annecy.

La Figure II.5.3 représente la répartition annuelle des sorties et du nombre d'heures ; le graphique 4 page suivante indique l'évolution mensuelle des quantités de corégones pêchés. Ces courbes sont très ressemblantes ! Contrairement aux années précédentes où cette tendance n'était pas ou peu visible, l'effort de pêche en 2004 est fortement lié à l'espèce la plus capturable du moment. Cette observation d'ordre purement halieutique est une indication supplémentaire qui tend à confirmer la bonne santé de la population de corégone.

De même, le mois de mai est traditionnellement une des périodes les moins fréquentées par les pêcheurs amateurs volontaires. En 2004, la présence de gros corégones dans la pêcherie à cette époque de l'année conduit à en faire le mois où l'on compte le plus de sorties ! L'effort de pêche a donc été plus homogène et mieux réparti tout au long de la saison.

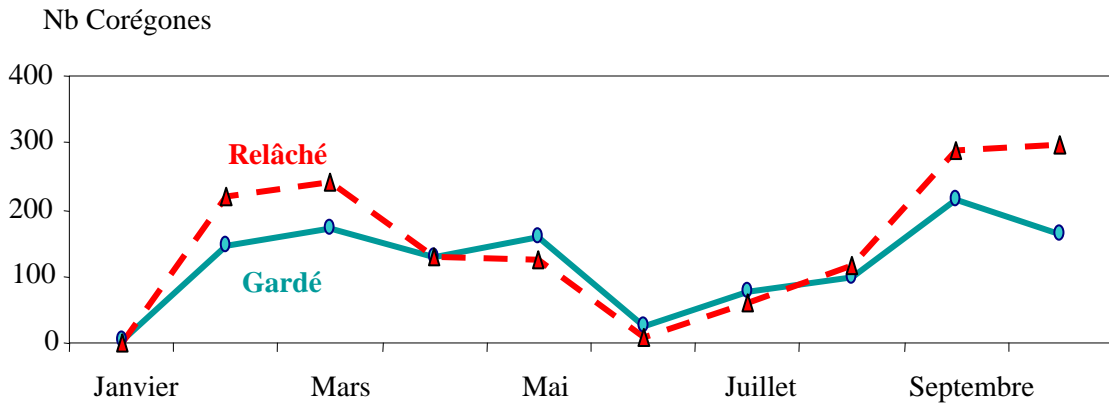


Figure II.5.4 : Evolution mensuelle en 2004 du nombre de corégones déclarés par les pêcheurs volontaires.

Habituellement importantes en février et mars, les captures de corégones se sont ainsi poursuivies jusqu'à la fin du mois de mai. La période estivale a été un peu moins bonne, mais la reprise est intervenue dès septembre avec de nombreux poissons de taille légale. Une quantité importante de corégones non maillés a également été capturée : ces poissons correspondent à l'arrivée d'une génération assez forte qui devrait être présente dans la pêche tout au long de la saison 2005.

Mars est toujours le mois où les captures d'ombles sont les plus importantes. La pêche a même été relativement correcte en juin et en juillet (Figure II.5.5) ; la fin de saison est en revanche plutôt décevante.

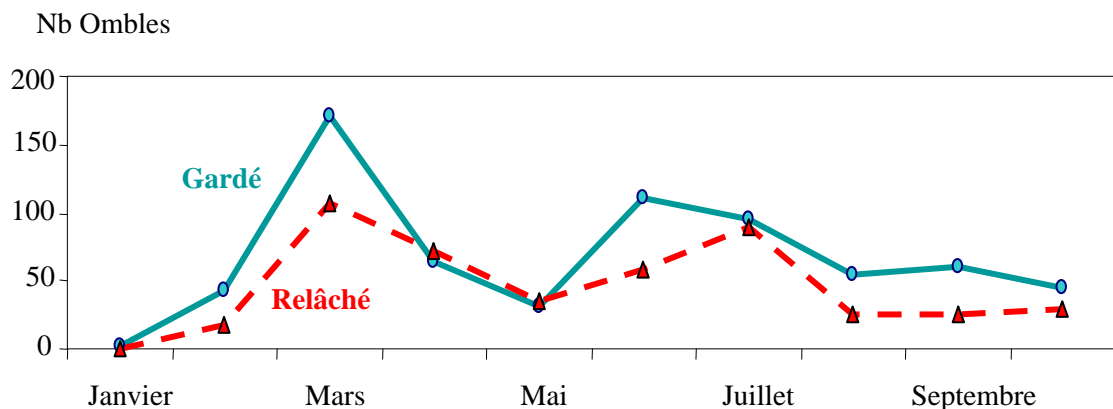


Figure II.5.5 : Evolution mensuelle en 2004 du nombre d'ombles déclarés par les pêcheurs volontaires au lac d'Annecy.

Seulement 14 truites ont été pêchées en 2004 par les pêcheurs amateurs volontaires. Ce résultat est le plus faible depuis la mise en place du suivi en 1992. La répartition des prises est concentrée sur les premiers mois de la saison (Figure II.5.6), mais il est peu évident de distinguer des tendances avec si peu d'individus capturés.

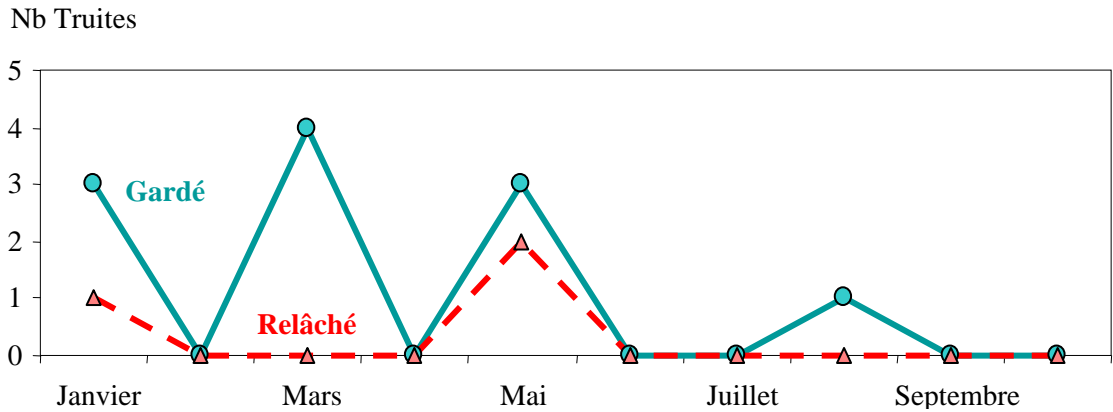


Figure II.5.6 : Evolution mensuelle en 2004 du nombre de truites déclarées par les pêcheurs volontaires.

L'effort de pêche moyen individuel en 2004 a été légèrement inférieur à celui de l'année passée, mais reste tout de même parmi les plus forts depuis 13 ans (Tableau II.5.II). Plus que le nombre d'heures passées sur le lac (213 en moyenne), c'est principalement le nombre de sorties, qui en dépassant la valeur de 50 pour la deuxième année consécutive, conduit à maintenir la pression de pêche à un niveau des plus élevés.

Avec 67 salmonidés maillés pêchés en moyenne par carnet, la saison 2004 se classe seulement au 8^{ème} rang des meilleures captures depuis 13 ans, soit une année plutôt moyenne. Ce classement ne met cependant pas en évidence les fortes disparités relevées entre espèces. Alors que la pêche du corégone a été plutôt bonne (5^{ème} position sur 13 ans), les captures de truites sont les plus faibles depuis 1992. L'augmentation des prises d'ombles chevalier observée en 2003 n'est pas confirmée en 2004, puisque la pêche retombe à la 6^{ème} position depuis 1996 (date où l'effort d'alevinage a été porté à plus ou moins 120 000 estivaux).

Tableau II.5.II : Statistiques de captures par unité d'effort des carnets des pêcheurs volontaires de 1992 à 2004 au lac d'Annecy.

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Nombre de carnets exploités	23	23	23	17	25	26	27	24	23	18	19	20	28
Nb d'heures de pêche par carnet	221.0	149.8	196.0	197.9	204.3	221.3	221.5	218.0	183.3	190.4	226.2	252.3	213.3
Nb 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
Nb d'ombles > TL * par carnet	14.2	13.7	30.0	25.4	44.9	41.0	45.0	32.0	28.9	23.0	20.1	42.5	24.1
Nb de corégones >TL par carnet	17.7	18.2	35.5	51.1	43.7	21.4	23.9	88.6	32.6	15.9	50.1	26.5	42.5
Nb 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
Relâchés													
Ombles	4.9	7.7	20	10.9	16.8	38.6	37.8	28.5	13.7	11.2	15.1	51.8	16.3
Corégones	29.5	88.8	56	22.7	24.2	46.1	22.4	45.1	30.4	31.8	41.4	39.2	53.4
Truites	0.1	0.3	0.9	0.5	0.50	0.8	0.5	0.2	0.4	1.7	0.9	0.3	0.1

* TL : Taille Légale

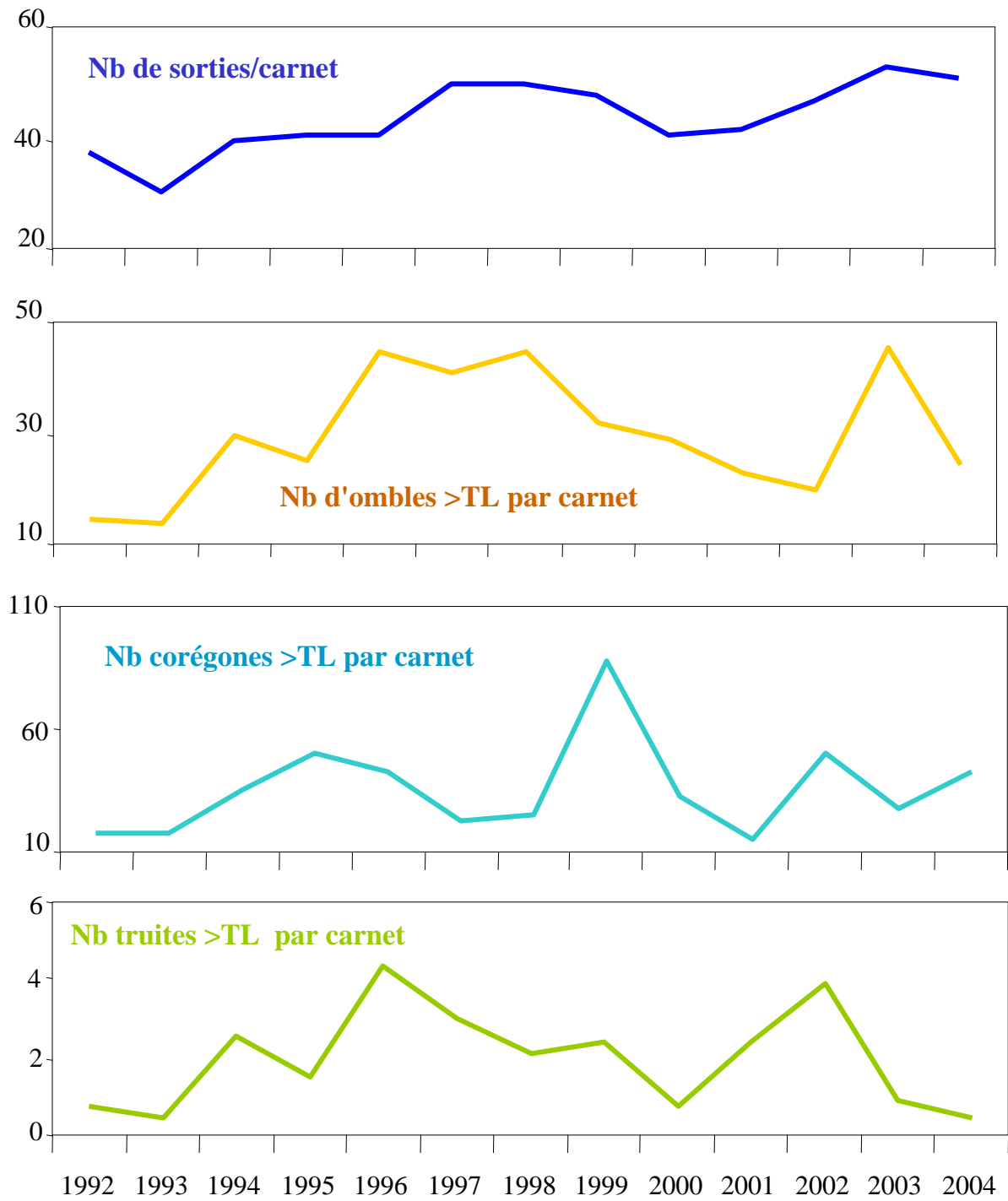


Figure II.5.7 : Evolution sur 13 ans de quelques paramètres globaux des carnets volontaires.

Analyse de la pêche des corégones en 2004

Les Captures Par Unité d'Effort placent cette saison pour la pêche amateur au 8^{ème} rang des 21 années de suivi. Ce résultat, déjà correct, est consolidé par la remontée des CPUE en fin d'année, signe qu'il reste du poisson dans le lac. Notons que les captures de poissons inférieurs à la taille légale ont été très élevées : l'indice mesuré à partir des carnets volontaires (Tableau II.5.II) arrive en 2^{ème} position sur 13 ans de suivi, avec en moyenne 53 jeunes corégones par carnet.

Pour les professionnels, l'année est en revanche plutôt moyenne en terme de CPUE puisqu'elle se situe en 13^{ème} position sur les 21 dernières saisons de pêche. La pêche professionnelle exploite des corégones plus grands que ne le fait la pêche amateur. Des décalages entre les années fortes et faibles sont donc possibles et normaux en fonction de l'arrivée des générations de corégones dans la pêche.

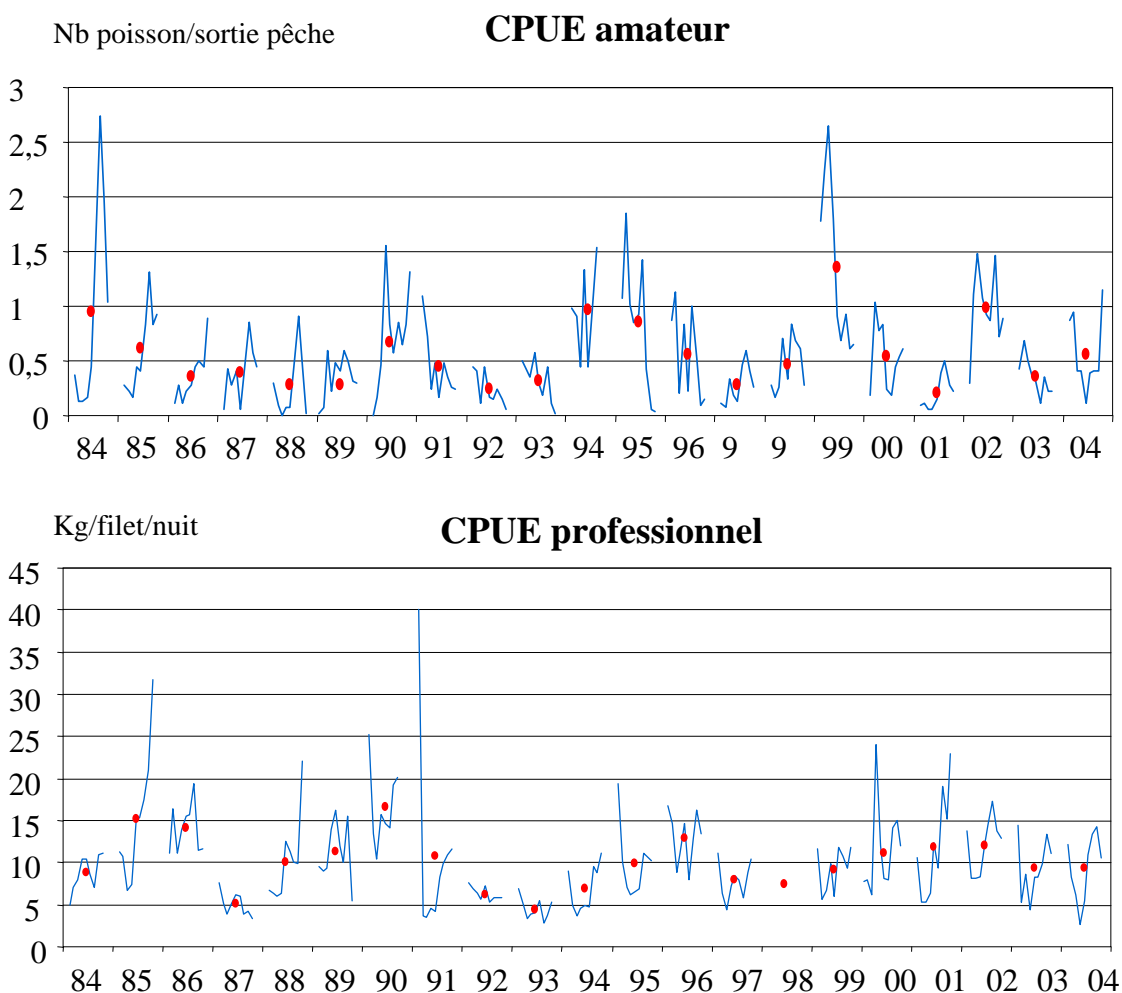


Figure II.5.8 : Evolution des Captures de corégones Par Unité d'Effort dans la pêche au lac d'Annecy.

Figure II.5.supérieure : rendement de la pêche amateur en nombre de poissons par sortie de pêche

Figure II.5.inférieure : rendement professionnel en kg de poisson par filet par nuit

L'évolution des tailles des poissons capturés en 2004 par les pêcheurs amateurs volontaires (Figure II.5.9) permet d'affiner ces observations en distinguant clairement plusieurs groupes de taille.

En fin de saison 2003, beaucoup de corégones compris entre 32 et 35 cm avaient été pêchés, laissant présager l'arrivée d'une nouvelle génération dans la pêche. Ces poissons sont effectivement retrouvés dès les premiers mois de 2004 (« pic » entre 34 et 37 cm). On distingue assez nettement la présence de 2 autres groupes : une génération plus âgée qui constitue la fraction des corégones maillés (38 à 46 cm), ainsi que des poissons plus jeunes mesurant environ 30 cm.

La population semble être ainsi relativement équilibrée ; il est possible de suivre l'évolution de ces générations dans les captures au fil des mois. De gros corégones sont apparus dans la pêcherie au printemps particulièrement au mois de mai, se traduisant par une majorité de prises entre 40 et 46 cm. Ces poissons ne paraissent pas être issus de l'arrivée d'une génération particulière. Il semblerait plutôt qu'une augmentation de la capturabilité, inhabituelle à cette époque de l'année, soit à l'origine des bonnes sorties effectuées.

De nombreux corégones maillés ont encore été pêchés de septembre à octobre ; les poissons mesurant entre 34 et 38 cm sont eux aussi abondants. Il reste donc des géniteurs à l'issue de la saison de pêche, alors qu'une nouvelle génération assez forte semble arriver.

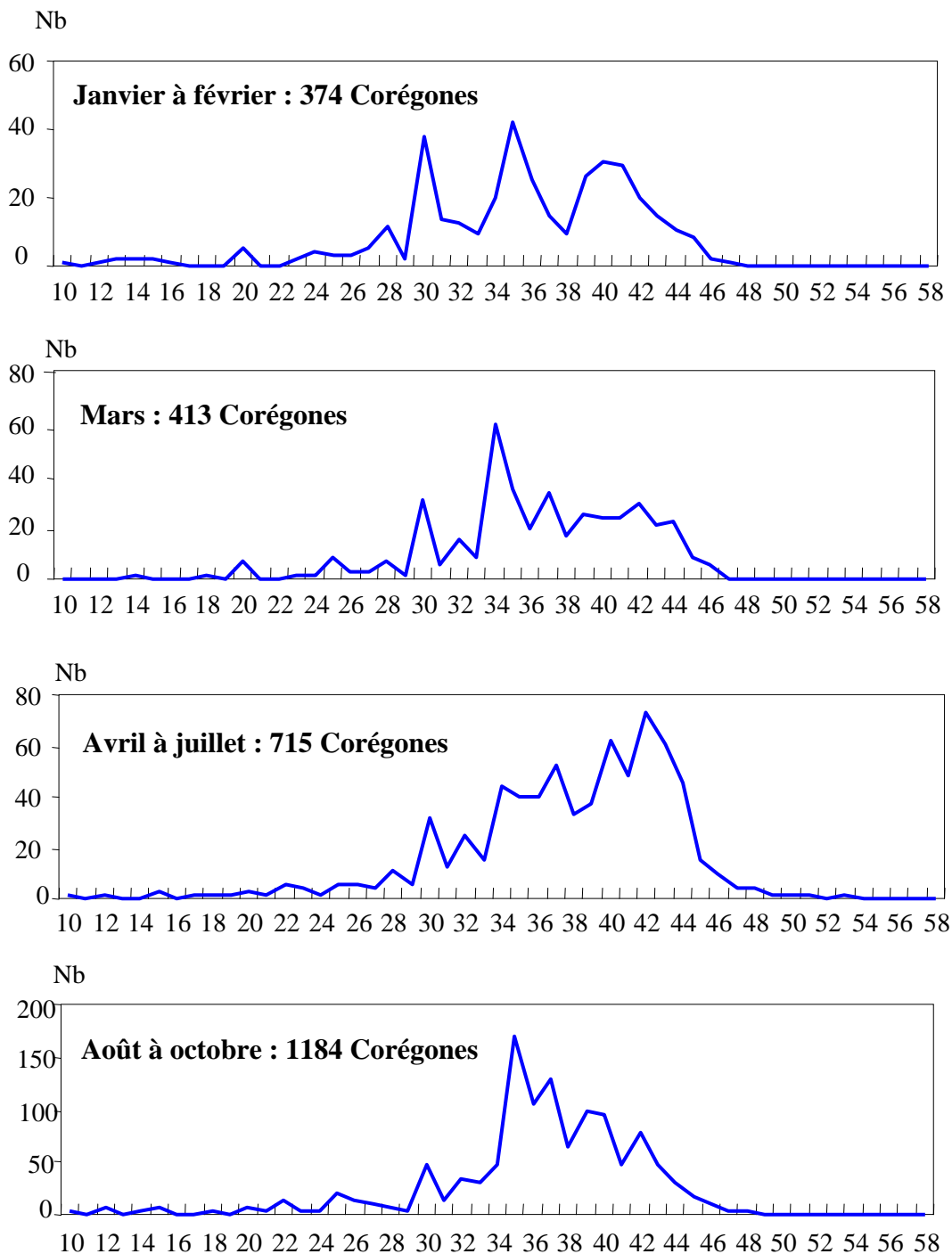


Figure II.5.9 : Répartition en taille des corégones capturés par les pêcheurs amateurs volontaires en 2004 au lac d'Annecy.

Les prises en 2004 se sont étalées sur une large gamme de taille (Figure II.5.10). La répartition est quasiment symétrique autour de 38 cm, phénomène beaucoup plus marqué que lors des années précédentes. On observe ainsi un stock important de poissons compris entre 34 et 37 cm, qui rentreront dans la pêche au cours de l'année 2005.

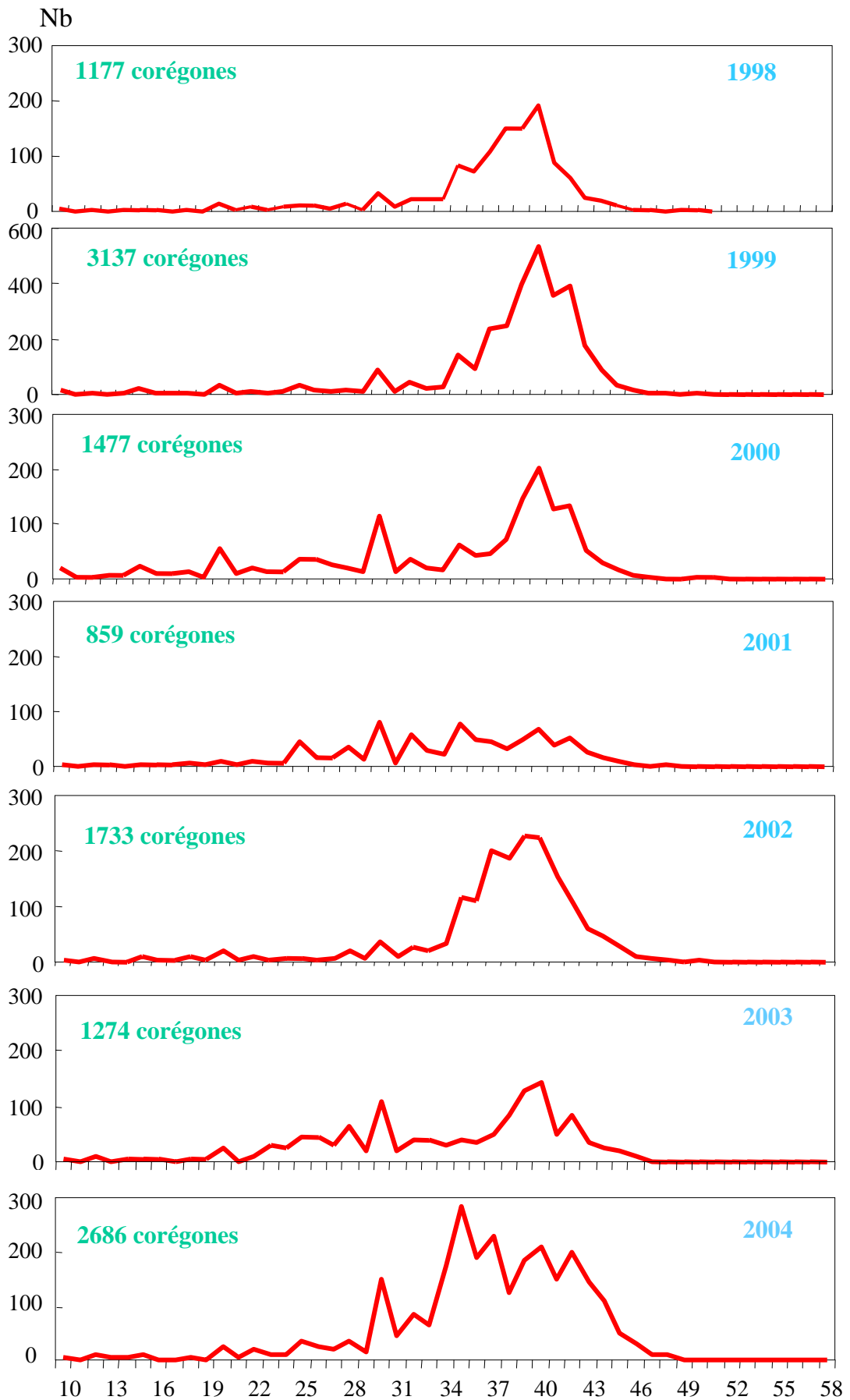


Figure II.5.10 : Répartition en taille des corégones capturés par les pêcheurs amateurs volontaires au lac d'Annecy de 1998 à 2004.

Seule la forme globale des graphiques de la Figure II.5.10 doit être comparée, la hauteur des courbes variant en effet selon l'effort de pêche mis en œuvre. Les saisons 1999 et 2002 ont été particulièrement bonnes, elles se caractérisent par un pic plutôt resserré et centré autour de 40 cm. La succession des populations de corégones du lac d'Annecy répond à une périodicité assez marquée, avec une alternance de générations faibles-fortes sur un rythme de 3-4 ans. Une année forte est généralement précédée de 2 années plus faibles (graphique plus ou moins « étalé ») ; des phénomènes naturels de densité-dépendances et les fluctuations climatiques en sont les principales causes.

En 2004, bien que les captures de poissons maillés se sont situées à un niveau tout à fait honorable, une importante génération comprise entre 34 et 38 cm a également été pêchée ; elle est très nettement visible sur l'histogramme de la Figure II.5.10. Tout en conservant les habituelles réserves liées à ce type de jugement, on peut penser que l'arrivée de ces poissons dans la pêcherie courant 2005 conduira à en faire une année particulièrement bonne pour la pêche du corégone.

En conclusion sur le corégone

Des géniteurs présents en quantité suffisante à la fin de la saison de pêche, l'arrivée de nouvelles générations suivant une évolution et des fluctuations naturelles : la population de corégones du lac d'Annecy se renouvelle bien et ne présente pas vraiment d'inquiétudes, malgré un contexte de forte exploitation halieutique toujours croissante.

Analyse de la pêche des ombles en 2004

En 2003, le poids moyen des ombles conservés dans la pêche amateur était de 275 g ; cette année il est de 277 g. La croissance des ombles étant inchangée, le suivi de cette mesure permet d'obtenir une indication supplémentaire de la pression d'exploitation halieutique de la population. Plus le poids diminue, moins les poissons ont le temps de grossir et sont capturés jeunes. Après avoir atteint 237 g en 2000, ce poids moyen semble désormais se stabiliser entre 270 et 280 g. La pression de pêche de l'omble serait donc plus ou moins stationnaire depuis maintenant 3 ans.

Le bilan 2003 avait laissé entrevoir une possible reprise de la pêche de cette espèce. La saison s'était en effet conclue par une augmentation significative de la quantité totale d'ombles pêchés ; des CPUE « amateurs-volontaires » atteignant voire dépassant les chiffres des années fastes 1996-1998 ; enfin la captures de très nombreux juvéniles simultanément à la présence de beaux poissons dans la pêche tout au long de la saison.

Malheureusement, cette tendance n'est pas confirmée en 2004 et les résultats des carnets, volontaires comme obligatoires, retombent aux niveaux les plus faibles des années 2000 et 2001. La majorité des prises conservées en 2004 ne dépasse pas 30 cm (Figure II.5.11), alors que la saison passée, les poissons mesurant 32 à 36 cm étaient bien représentés. Contrairement à certaines années, on n'observe pas au début de l'automne une augmentation du nombre de jeunes ombles, qui correspond habituellement à l'arrivée d'une nouvelle génération. Leur absence dans les captures ne signifie pas pour autant que ces poissons ne sont pas présents dans le lac. L'effort de pêche en septembre et en octobre a pu être préférentiellement porté sur le corégone, comme le montre les nombreuses captures de cette espèce effectuées en fin de saison (Figure II.5.4).

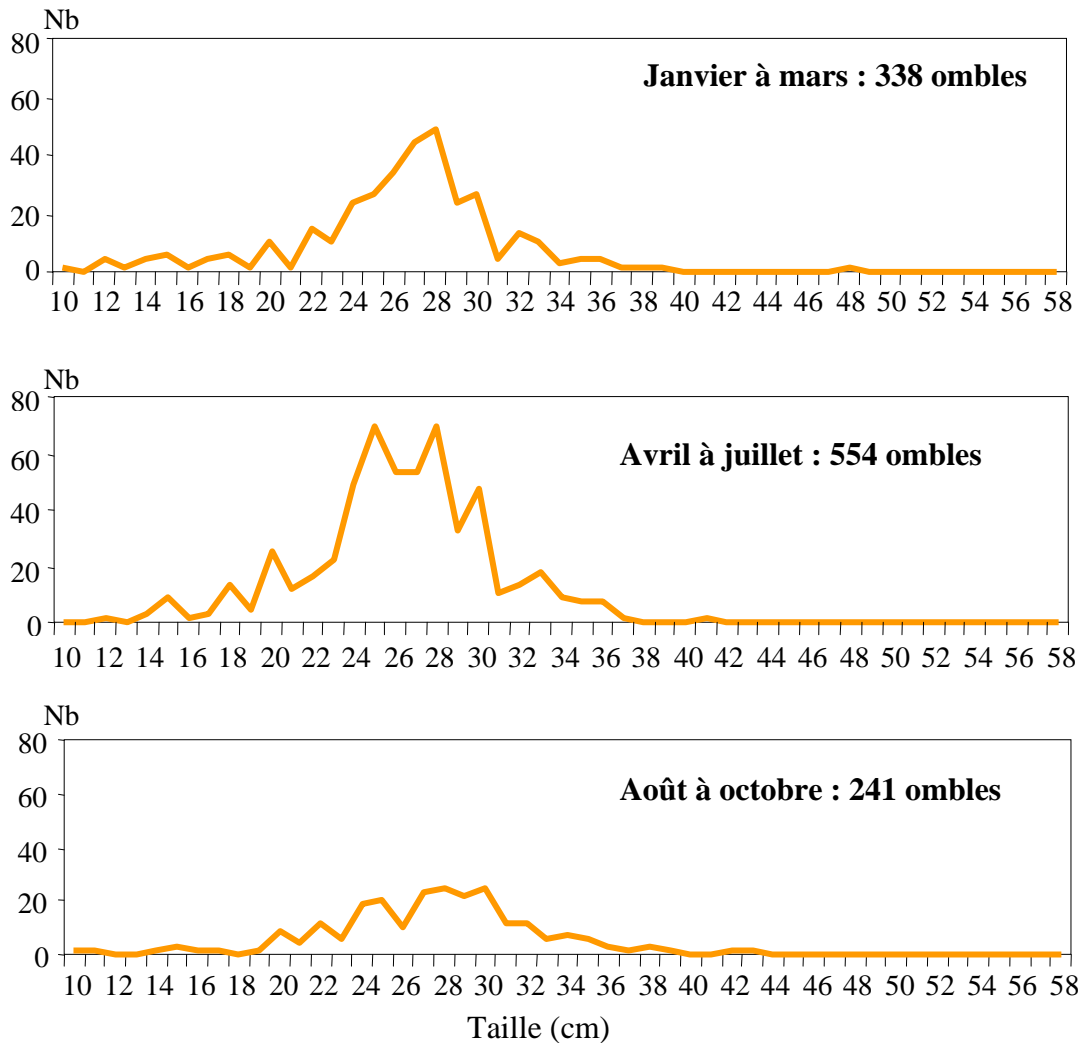


Figure II.5.11 : Répartition en taille des ombles pêchés par les pêcheurs volontaires en 2004 au lac d'Annecy.

Le profil de la courbe des classes de taille (Figure II.5.12) est quasiment identique à celui des années 2000 et 2001. Les hauteurs ne doivent pas être comparées car le nombre de carnet volontaires pris en compte, et donc l'effort de pêche associé est différent.

Outre un nombre élevé de poissons maillés, la saison 2003 se distingue par la présence dans la pêche d'une quantité importante de jeunes ombles (14 à 26 cm). Leur nombre par carnet volontaire (52) est d'ailleurs le plus élevé depuis 1992. Les raisons qui peuvent y aboutir, synchrones ou non, sont :

- un recrutement très important issu de la reproduction naturelle des automnes 2000 voir 2001 ;
- un taux de recapture des poissons alevinés largement supérieur à celui des années précédentes ;

Quoiqu'il en soit, cette cohorte s'est largement retrouvée dans les captures en 2003. Selon les courbes de croissances obtenues pour le lac d'Annecy, ces ombles ont théoriquement dépassé la taille légale au cours de la saison 2004.

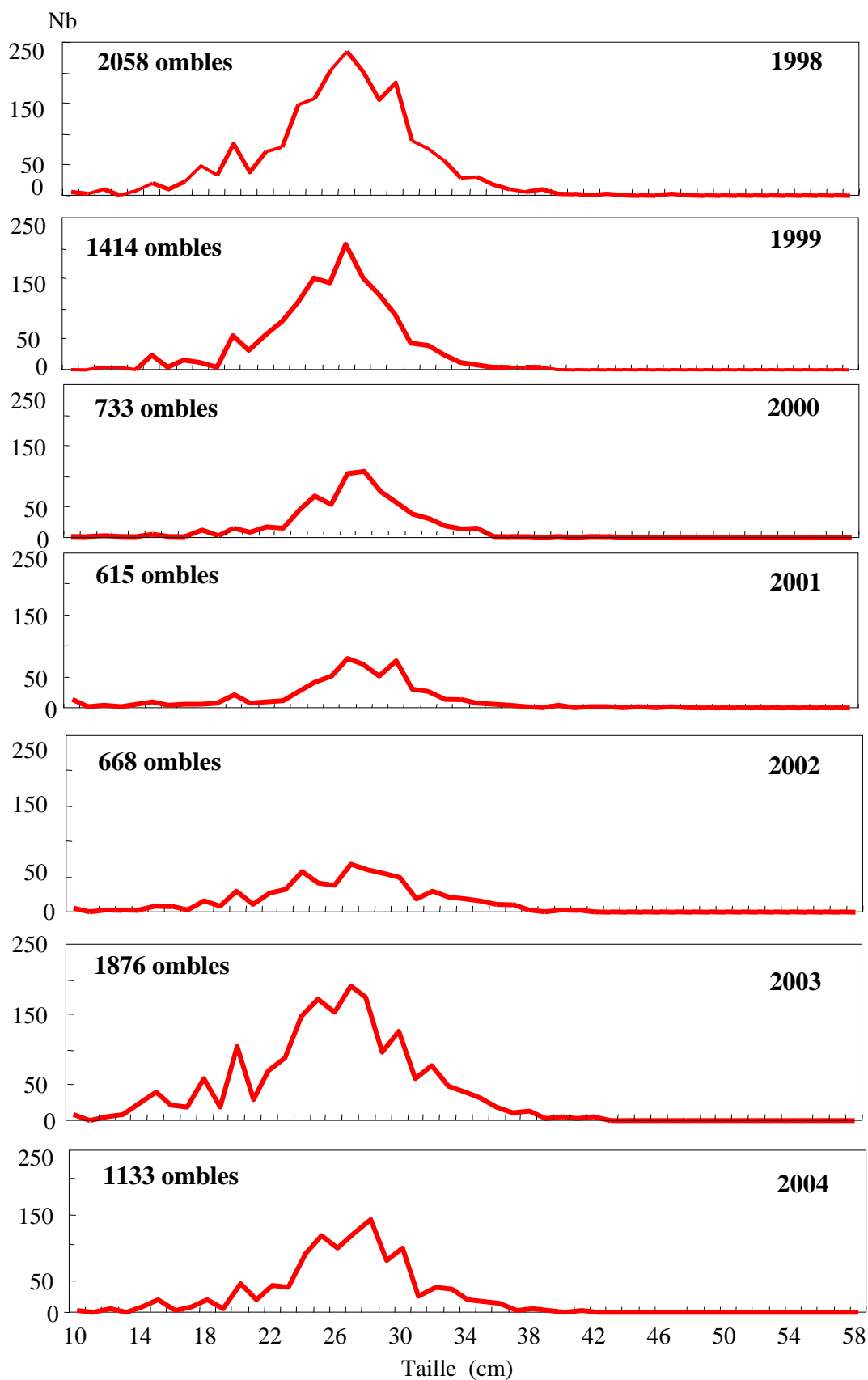
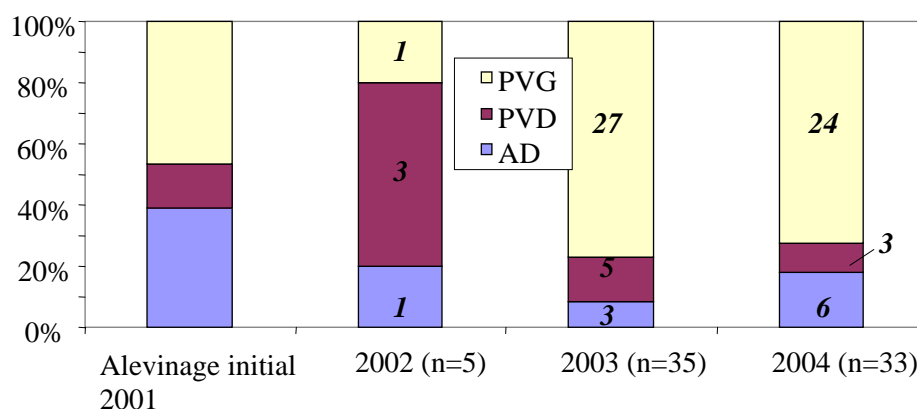


Figure II.5.12 : Répartition en taille des ombles pêchés par les pêcheurs volontaires de 1998 à 2004 au lac d'Annecy.

Pourtant, cette génération qui apparaissait relativement forte en 2003 (plus de 20000 jeunes ombles relâchés pour l'ensemble de la pêche amateur) ne s'est pas retrouvée du tout de la même façon dans les captures de poissons maillés en 2004. Le nombre d'ombles supérieurs à la taille légale par carnet volontaire passe même de 42 en 2003 à 24 cette année.

L'arrivée massive de jeunes ombles dans la pêche comme en 2003 est encourageante dans le sens où elle symbolise une forte reproduction naturelle et/ou un alevinage particulièrement réussi. Malheureusement, la mortalité accessoire liée à la remise à l'eau de ces poissons serait loin d'être négligeable. Il n'existe pas de données précises dans la bibliographie concernant l'omble chevalier, mais il est admis qu'au moins 10 % des poissons inférieurs à la taille légale ne survivent pas. Compte tenu des observations entre 2003 et 2004 que l'on vient d'évoquer, on peut légitimement se demander si cette mortalité ne serait pas beaucoup plus élevée, et les conséquences pour la population plus lourdes... Souvent évoquée lors des précédents rapports annuels et lors du bilan général de cette espèce réalisé en 2003, la pression de pêche sur les jeunes classes d'âge apparaît plus que jamais être une des problématiques, voir la principale, concernant la gestion de l'omble chevalier.

Au sujet de l'alevinage, le bilan du marquage de 1997 a été effectué en 2003 ; les principales conclusions ont d'ailleurs été reprises dans le précédent rapport du suivi des carnets volontaires. La contribution des pêcheurs a permis d'obtenir des résultats très intéressants, qui pour être extrapolables doivent être comparés aux données du nouveau marquage débuté en 2001. Ces poissons étaient cette saison dans leur 4^{ème} année (3⁺), ils ont donc pour la grande majorité d'entre eux atteint et dépassé la taille légale de capture. Il est bien sûr trop tôt pour tirer des conclusions mais voici les premiers résultats des retours dans la pêcherie :



Marquage	Nombre	Souche	Pisciculture
PVG (46%)	24 000	INRA	La Puya
	24 000	Thorens	La Puya
PVD (15%)	15 000	Annecy	La Puya
AD (39%)	40 000	Léman	DDAF - Rives

Total : 103 000

Figure II.5.13 : Détails du marquage 2001 et retour des poissons dans les carnets volontaires en 2002, 2003 et 2004.

Les chiffres en gras situés dans les histogrammes du graphique représentent le nombre d'ombles marqués de chaque groupe enregistrés par les pêcheurs volontaires.

En 2001, sur les 163900 estivaux alevinés, 103000 ont pu être marqués par l'ablation d'une des nageoires. A l'issue de 2004, le groupe des ombles PVG prédomine dans les retours ; il semble que les poissons AD sont légèrement sous représentés par rapport à leur proportion initiale.

Cependant, il est important de remarquer que le nombre de poissons pris en compte cette année est très faible ! Sur 1140 ombles capturés en 2004 par les pêcheurs volontaires, seules 324 observations (Non Marqués, PVD, PVG ou AD) ont été reportées sur les carnets.

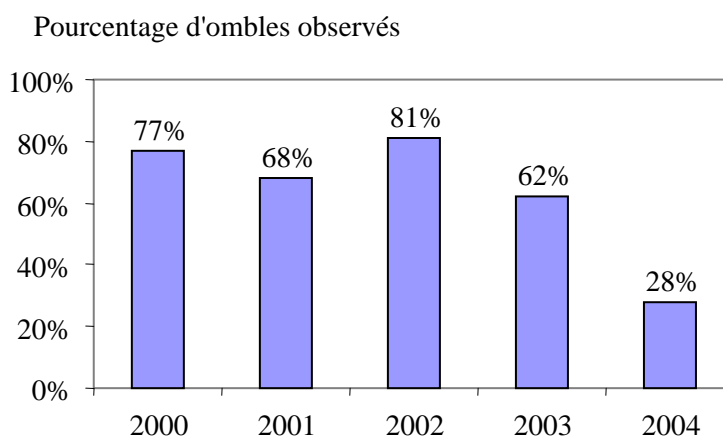


Figure II.5.14 : Pourcentage d'ombles observés et répertoriés dans les carnets de captures volontaires depuis 2000.

La contribution des pêcheurs volontaires est indispensable à la réussite des opérations de marquage. Celle de 1997 a permis d'apporter des éléments précieux pour la connaissance et la gestion de cette espèce, grâce aux multiples observations d'ombles effectuées et aux prélèvements d'écaillés. Aussi, les efforts doivent être absolument maintenus pour la campagne en cours, dont les résultats seront tout aussi importants que ceux obtenus grâce au marquage de 1997.

En conclusion sur l'omble

Même si un signe de reprise a été enregistré en 2003, la saison 2004 est dans la lignée des précédentes : la pêche de l'omble n'est pas à la hauteur des attentes des pêcheurs et de l'alevinage réalisé. On ne peut se satisfaire des 3650 kg capturés par l'ensemble des amateurs ! Les données accumulées grâce au suivi des carnets volontaires et aux opérations de marquages permettent désormais de distinguer quels pourraient être les facteurs limitants. Un ajustement de la réglementation destiné à réduire la pression de pêche de l'omble apparaît de plus en plus nécessaire. Une réflexion concernant la politique d'alevinage, tant sur le plan qualitatif que quantitatif, n'est pas non plus à exclure.

Analyse de la pêche des truites

Seules 14 truites ont été capturées par les pêcheurs amateurs volontaires, aucune d'elle n'est signalée marquée. On ne peut bien évidemment avancer aucune conclusion avec si peu de données, si ce n'est qu'il n'y a jamais eu si peu de truites depuis 1992 dans les carnets volontaires.

En revanche, le poids total des truites capturées dans la pêche professionnelle atteint 279 kg. Après la légère diminution enregistrée en 2003, ce chiffre redevient comparable à ceux des années 1999 à 2002. Le poids moyen des poissons est inchangé et toujours élevé (3,4 kg).

La pêche des autres espèces

Nous ne disposons seulement que de la distribution en tailles des brochets mesurés par les pêcheurs volontaires (Figure II.5.15). Comparativement aux autres années, les captures de brochets non maillés ont été très faibles, la majorité des prises mesurant entre 50 et 70 cm. Les poissons supérieurs à 80 cm sont peu nombreux ; le plus gros brochet des carnets volontaires atteignait tout de même 1,10 m pour près de 12,500 kg. Durant l'ouverture des salmonidés, le brochet reste peu recherché par les pêcheurs en bateaux. Les statistiques des carnets obligatoires comme volontaires ne donnent donc pas une image réelle de l'exploitation de cette espèce, qui pour beaucoup de pêcheurs commence seulement à la fermeture des salmonidés. De nombreux poissons sont également pêchés du bord et ne rentrent pas dans les statistiques.

En conclusion, la pêche en 2004 au lac d'Annecy a connu des fortunes diverses en fonction des espèces considérées. Si les captures de corégones se portent bien, le cas de l'omble chevalier reste lui problématique.

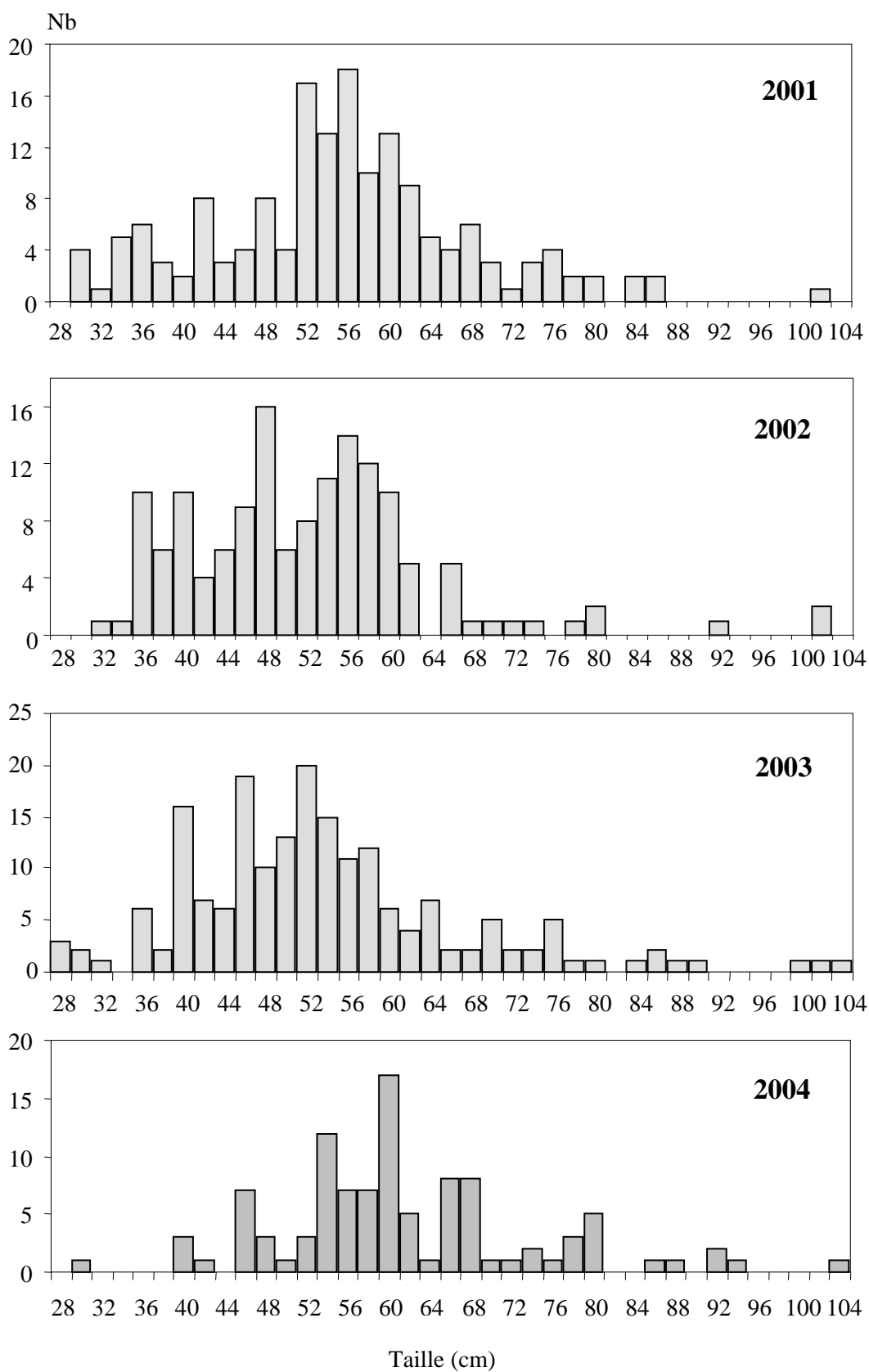


Figure II.5.15 : Répartition en taille des brochets dans les carnets volontaires au lac d'Annecy de 2001 à 2004.

CONCLUSION GENERALE

L'hiver 2003-2004 a été assez froid et les vents assez violents pour permettre un brassage complet des eaux du lac : lors de la campagne du 21 janvier 2004, toute la colonne d'eau était homogène thermiquement et les sels nutritifs ont ainsi été redistribués du fond à la surface, la réoxygénation des eaux a été quasi-complète et beaucoup plus importante que ces dernières années.

L'activité phytoplanctonique provoque une sursaturation en oxygène dissous dans l'épilimnion de la période du 20 avril au 19 octobre 2004 du même ordre de grandeur que les années précédentes et pendant la même période qu'en 2003.

Les couches profondes du lac ont subi la désoxygénation plus tardivement que les années précédentes et de façon beaucoup moins importante, ainsi le relargage en azote ammoniacal et phosphore a été très limité cette année.

Après le brassage hivernal, les concentrations en nitrates, en silice et en orthophosphates sont similaires à celles des années précédentes : leur stock dans le lac est équivalent à celui des années précédentes.

Le rapport N/P est toujours élevé et traduit le rôle nettement limitant du phosphore pour la production algale.

En 2004, la communauté phytoplanctonique est toujours constituée par des diatomées, des chlorophycées, des chrysophycées, des cyanobactéries et des dinophycées.

En 2004, la biomasse annuelle moyenne du phytoplancton dans le Grand Lac (2033 mg/m^3) est plus forte que celle de l'année précédente (1060 mg/m^3) mais reste dans la moyenne des dernières années. Dans le Petit Lac, elle est de 1868 mg/m^3 (994 mg/m^3 en 2003). Mais elle est assez stable dans le temps. La biomasse printanière moyenne a été nettement plus élevée dans les deux bassins (respectivement 2524 mg/m^3 dans le Grand Lac et 1868 mg/m^3 dans le Petit Lac), que l'année précédente (1060 et 994 mg/m^3). Les biomasses printanières maximales ont également montré des valeurs très fortes (5890 mg/m^3 dans le Petit lac et 4612 mg/m^3 dans le Grand

Lac). Corrélativement, la tendance est à une augmentation des teneurs en chlorophylle *a* par rapport à 2003, et ce pour les trois gammes de profondeur. Cependant, ces valeurs restent inférieures à celles mesurées sur la période 2000-2002. Les concentrations maximales quant à elles restent dans le même ordre de grandeur que l'année précédente. Elles sont voisines pour les deux lacs, excepté dans la couche 20-30 m, pour laquelle le Grand Lac présente des teneurs plus fortes. On note également une diminution de l'intensité du pic d'abondance de la chlorophylle *a* depuis 2001. Pour le Grand Lac, la concentration mesurée est la plus faible depuis 1999. De plus on constate une relative stabilité de la profondeur du pic pour le Grand Lac (14 m) et un enfoncement pour le Petit Lac. Globalement, le fonctionnement du phytoplancton est conforme aux tendances déjà observées.

Les biomasses annuelles moyennes de zooplancton sont plutôt un peu supérieures aux valeurs des années précédentes. Toutefois les espèces qui dominent cette biomasse sont des espèces de fin d'année qui ont moins d'impact sur la dynamique printanière du phytoplancton. L'analyse à long terme des successions saisonnières au sein de la communauté zooplanctonique montre que le lac a fonctionné de façon analogue de 2001 à 2004.

La production halieutique se maintient pour le corégone dans un contexte de forte exploitation. La population de corégone présente un stock de géniteurs suffisant mais l'augmentation régulière de la pression de pêche doit être suivie attentivement. La pêche de l'omble n'est pas à la hauteur de l'effort d'alevinage fourni. La tendance à la diminution des captures depuis 6 ans reste encore inexplicée. Plusieurs hypothèses sont avancées. Les captures de truite restent de l'ordre de 600 kg. Le brochet et la perche procurent des captures complémentaires importantes de l'ordre de 4 tonnes en moyenne pour les captures déclarées. Globalement, le lac d'Annecy soutient une production globale de plus de 12 kg par hectare et par an, ce qui le positionne dans les lacs à bonne production halieutique, compte tenu de son niveau trophique oligotrophe.

BIBLIOGRAPHIE

- ANNEVILLE O., GINOT V., DRUART J.-C. et ANGELI N., 2002. Long-term study (1974-1998) of seasonal changes in the phytoplankton in Lake Geneva: a multi-table approach. *Journal of Plankton Research*, 24, 993-1007.
- BALVAY, G. et DRUART, J.C., 1992. Le plancton du lac d'Annecy : Historique et inventaire. *Archs. Sci. Genève* 45 (2) : 135 -169.
- BALVAY, G; BLANC, P. et DRUART, J.C. 1998. Suivi de la qualité des eaux du lac d'Annecy. Syndicat intercommunal du lac d'Annecy: 1-64 +2 annexes.
- DRUART, J.C. & PELLETIER J.P., 1998. Variation de l'état trophique du lac d'Annecy (Haute savoie, France) d'après l'analyse des diatomées et des pigments algaux dans quelques carottages. *Arch. Sci. Genève*, 51(3): 325-333.
- ESCOUFIER Y., 1973. Le traitement des variables vectorielles. *Biometrics*, 29, 750-760.
- LAVIT C., ESCOUFIER Y., SABATIER R. et TRAISSAC P., 1994. The ACT (STATIS method). *Comput. Stat. Data Anal.*, 18, 97-119.

DOSSIER I

LE COMITE SCIENTIFIQUE

DOSSIER I

LE COMITE SCIENTIFIQUE

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

Président : M. P. HERRISSON, Président du SILA ou son représentant

Secrétaire : Mme Valérie GUICHARD

Membres du Comité

Les intervenants

SILA : M. P. HERRISSON, 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

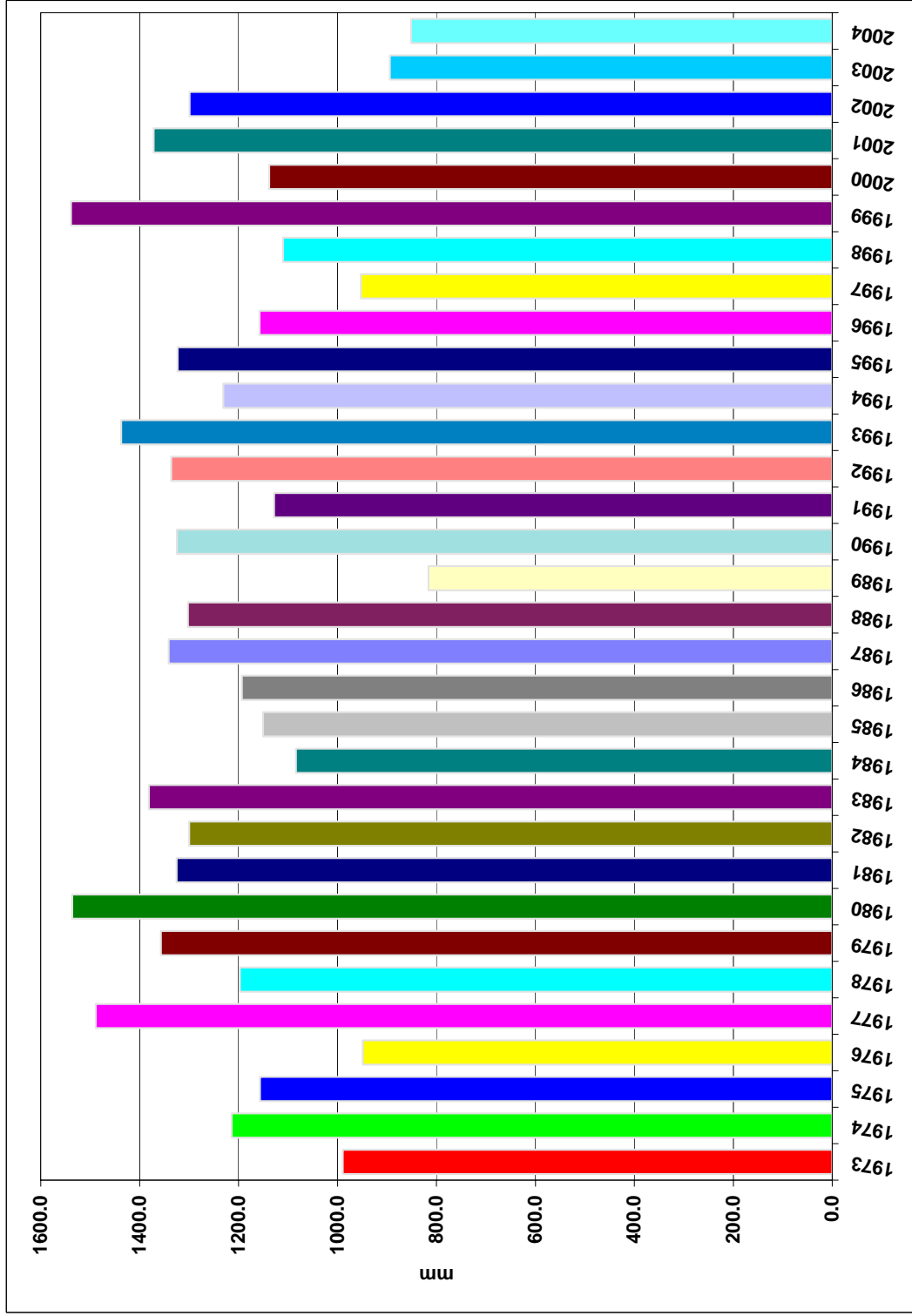
DOSSIER II

**METEOROLOGIE
ET
CLIMATOLOGIE**

METEO
HAUTEURS DE PLUIE (mm)

ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
1969	77.5	64.4	68.3	118.8	107.6	135.0	81.3	79.7	62.0	2.1	142.3	73.2	1012.2
1970	102.7	199.3	115.8	217.6	86.6	104.3	37.1	77.5	64.5	90.5	183.1	32.0	1311.0
1971	60.9	39.7	122.7	74.9	76.0	178.7	18.1	119.8	96.1	28.5	120.7	6.9	943.0
1972	21.0	98.6	65.5	97.2	59.4	124.5	113.4	72.4	33.6	44.8	146.2	40.9	917.5
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
VAL MAX	195.1	211.0	295.8	217.6	282.0	258.7	218.8	168.8	281.5	236.5	255.6	248.8	1538.7
VAL MINI	15.0	9.5	7.8	11.1	27.9	10.7	18.1	8.6	14.6	2.1	12.4	6.9	816.0

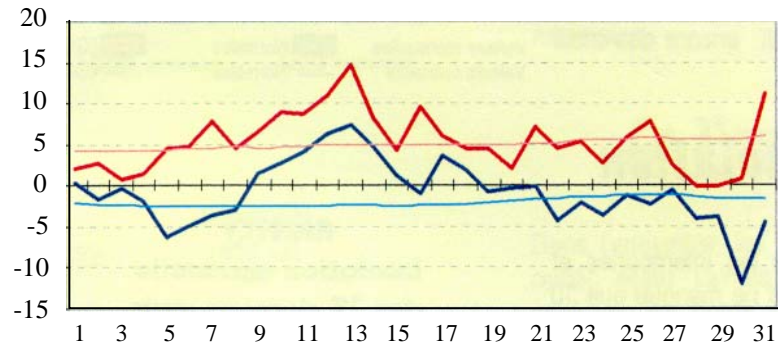
METEO
HAUTEURS DE PLUIE



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	851.5

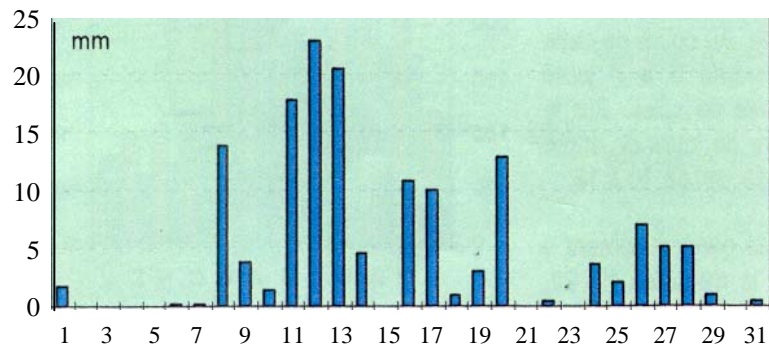
Janvier 2004

Températures extrêmes (°C)



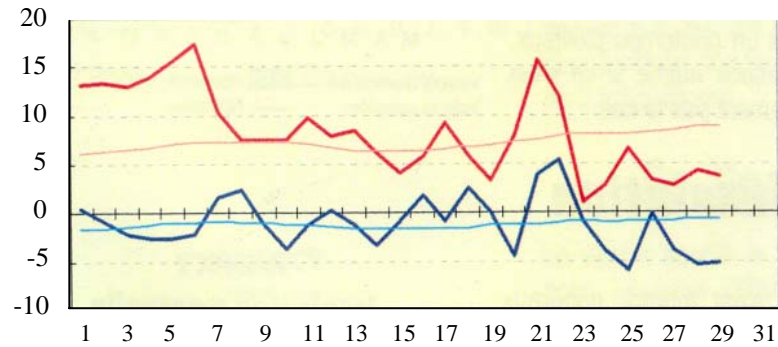
— Mini — Maxi — Références

Précipitations quotidiennes (mm)



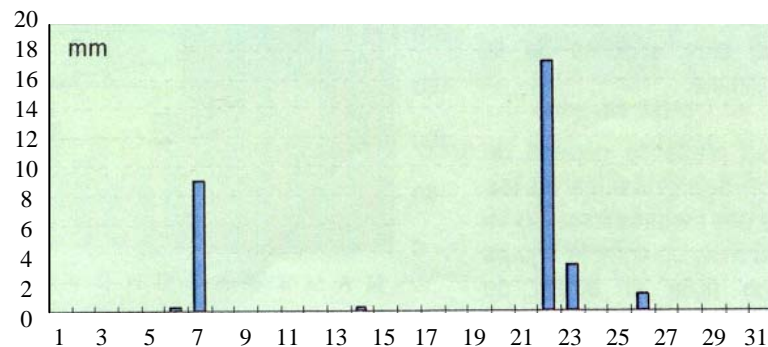
Février 2004

Températures extrêmes (°C)



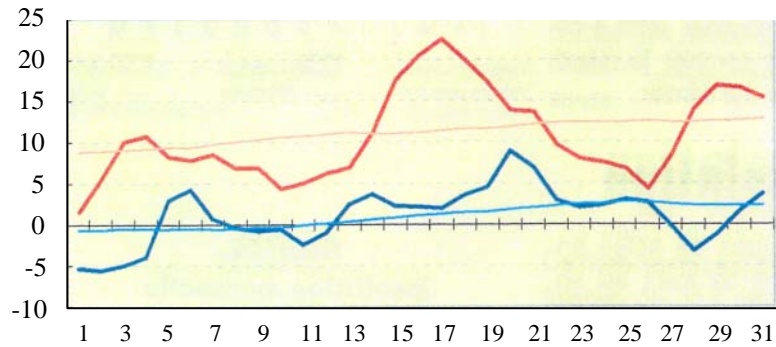
— Mini — Maxi — Références

Précipitations quotidiennes (mm)



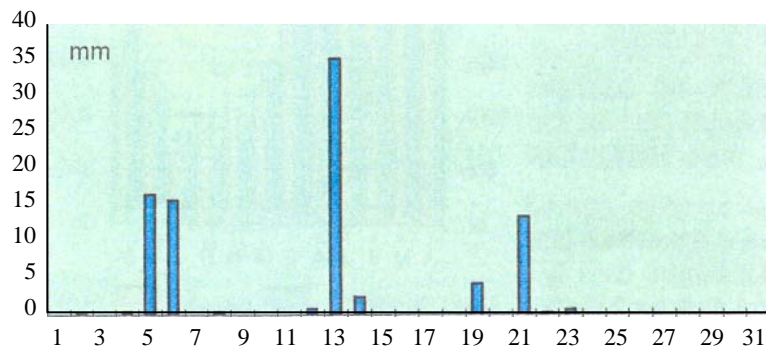
Mars 2004

Températures extrêmes (°C)



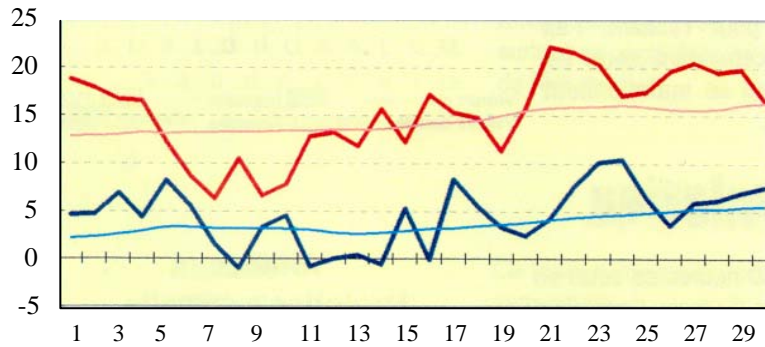
— Mini — Maxi — Références

Précipitations quotidiennes (mm)



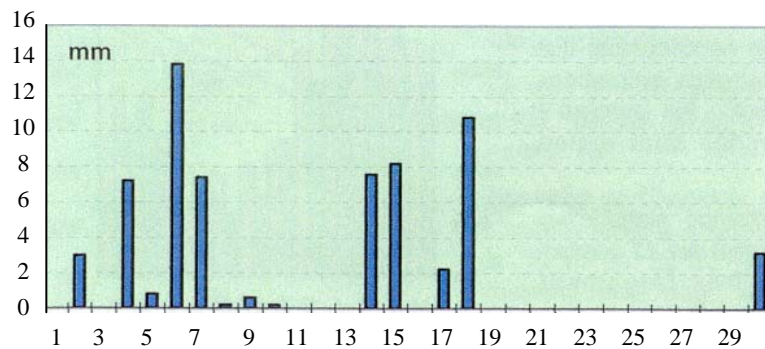
Avril 2004

Températures extrêmes (°C)



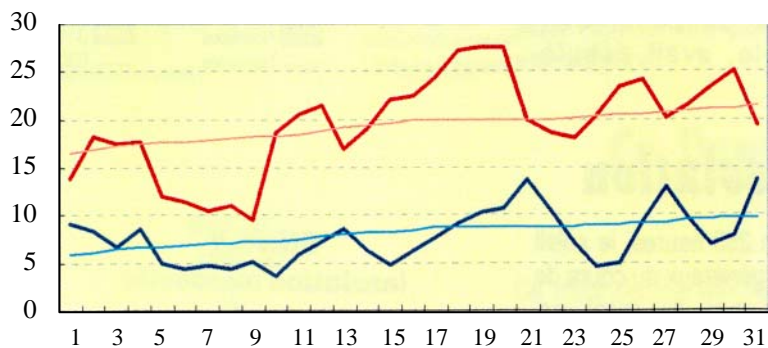
— Mini — Maxi — Références

Précipitations quotidiennes (mm)



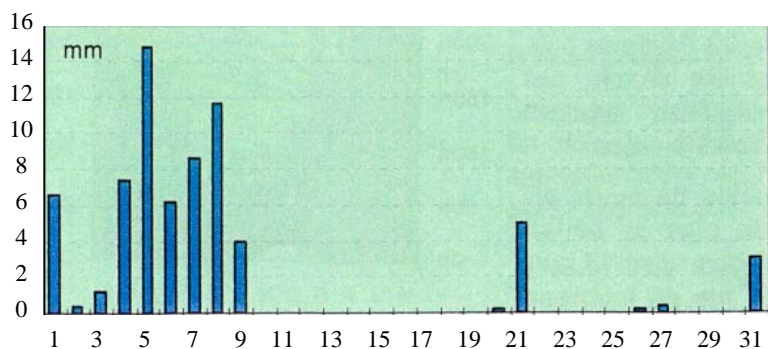
Mai 2004

Températures extrêmes (°C)



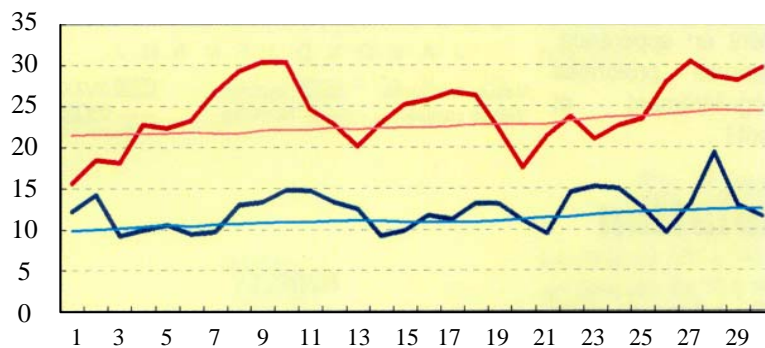
— Mini — Maxi — Références

Précipitations quotidiennes (mm)



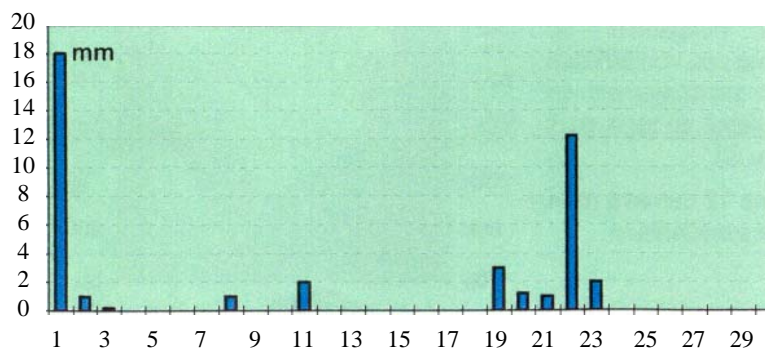
Juin 2004

Températures extrêmes (°C)



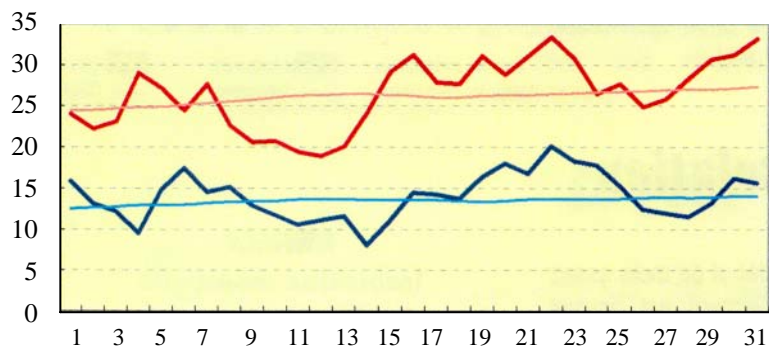
— Mini — Maxi — Références

Précipitations quotidiennes (mm)



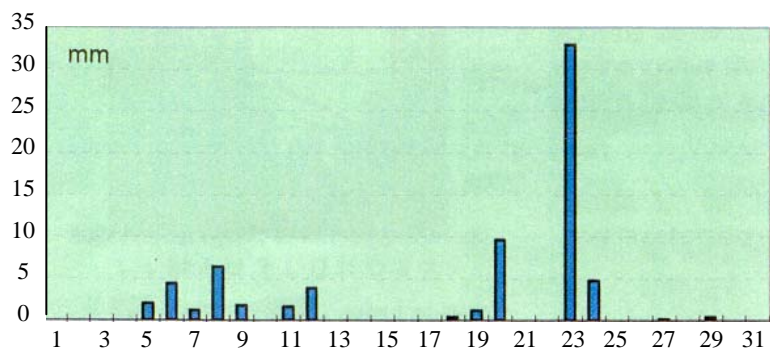
Juillet 2004

Températures extrêmes (°C)



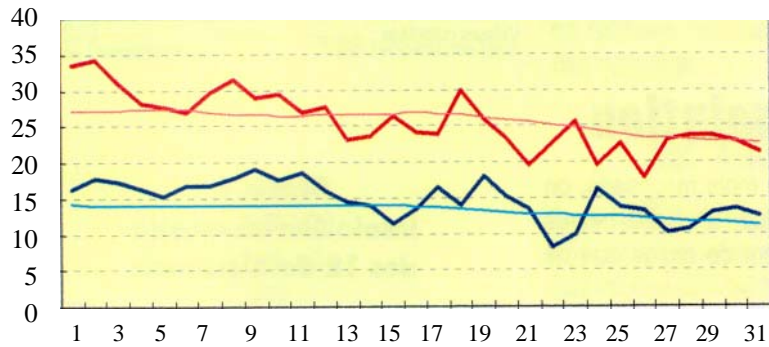
— Mini — Maxi — Références

Précipitations quotidiennes (mm)



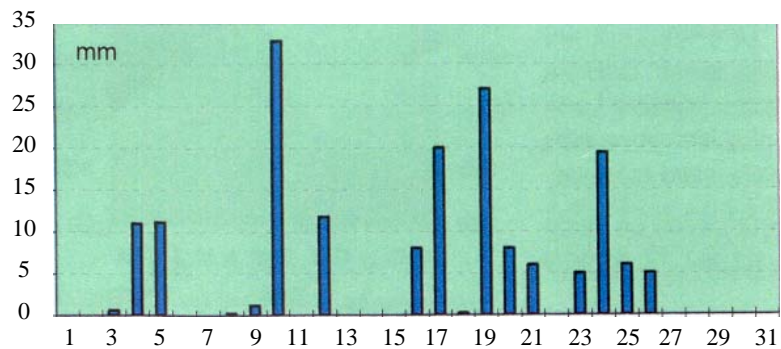
Août 2004

Températures extrêmes (°C)



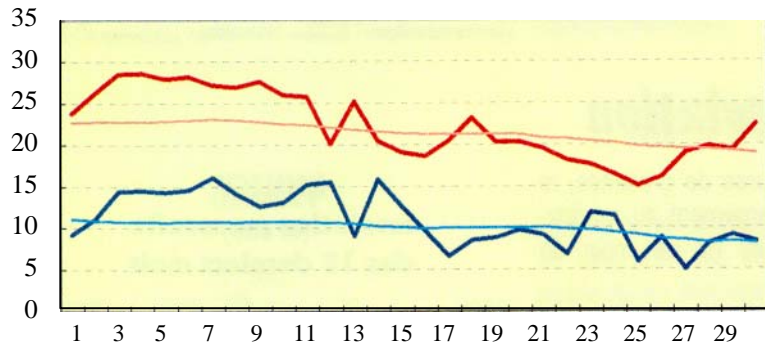
— Mini — Maxi — Références

Précipitations quotidiennes (mm)



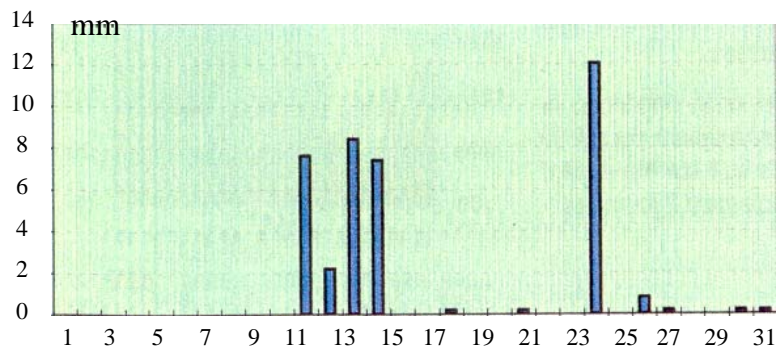
Septembre 2004

Températures extrêmes (°C)



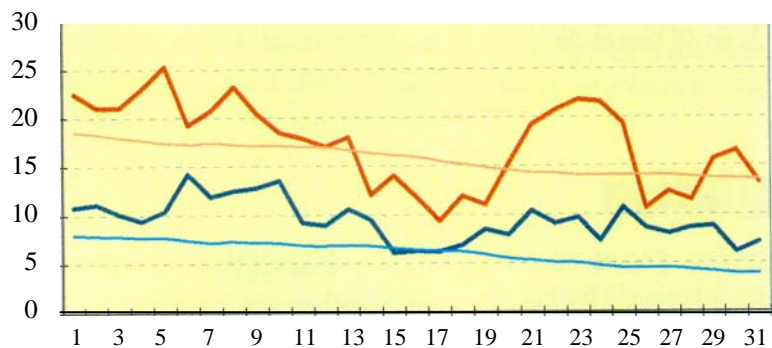
— Mini — Maxi — Références

Précipitations quotidiennes (mm)



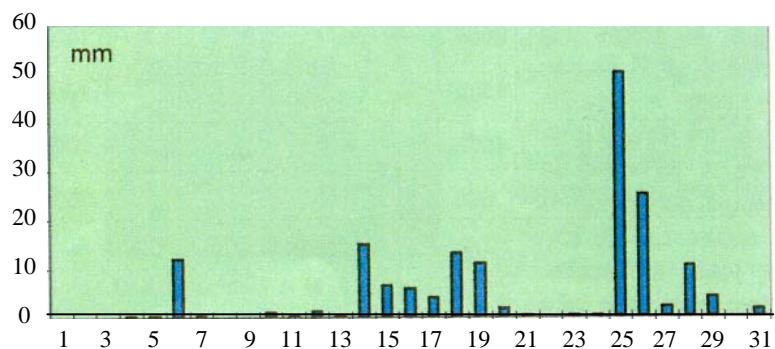
Octobre 2004

Températures extrêmes (°C)



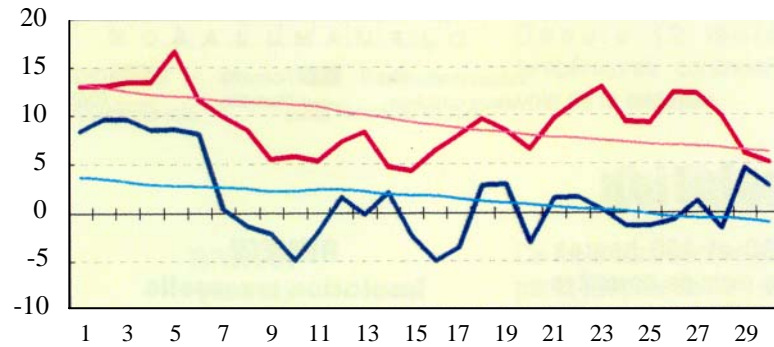
— Mini — Maxi — Références

Précipitations quotidiennes (mm)



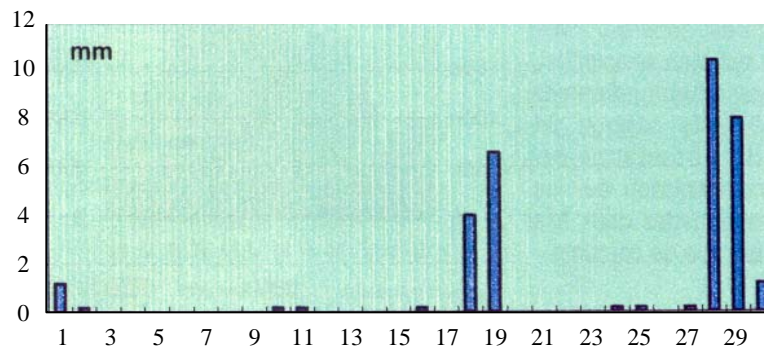
Novembre 2004

Températures extrêmes (°C)



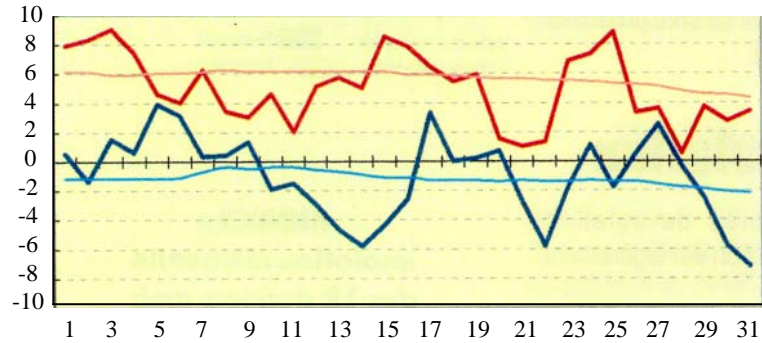
— Mini — Maxi — Références

Précipitations quotidiennes (mm)



Décembre 2004

Températures extrêmes (°C)



— Mini — Maxi — Références

Précipitations quotidiennes (mm)

