

# SYNDICAT MIXTE DU LAC D'ANNECY

## SUIVI SCIENTIFIQUE DU LAC D'ANNECY

Rapport 2011



**l'oxygène  
à la source**

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



Institut National de la Recherche Agronomique

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

# SYNDICAT MIXTE DU LAC D'ANNECY

## SUIVI SCIENTIFIQUE DU LAC D'ANNECY

### RAPPORT 2011

Rédigé par :

**Isabelle DOMAIZON** (coordination et édition)  
**Leslie LAINE** (zooplancton)  
**Jérôme LAZZAROTTO** (physico-chimie)  
**Marie-Elodie PERGA** (zooplancton)  
**Frédéric RIMET** (phytoplancton)

Compilation du rapport et édition :  
**Damien ZANELLA** - SILA

Rapport validé par les conseillers « suivi de la qualité du lac » du collège scientifique du SILA à la date du 07 septembre 2012 :

<b>Gérard BALVAY</b> – Chargé de recherche INRA en retraite	<b>Christian DESVILETTES</b> – Université Blaise Pascal
<b>Janusz DOMINIK</b> – Université de Genève	<b>Daniel GERDEAUX</b> – Directeur de recherche INRA en retraite
<b>Michel MEYBECK</b> – Université Pierre et Marie Curie	<b>Emmanuel NAFFRECHOUX</b> – Université de Savoie
<b>Lionel NAVARRO</b> – Agence de l'Eau RMC	<b>Pascale NIREL</b> – Service Cant. Ecologie Eau Genève
<b>Gérard PAOLINI</b> – Communauté Agglo. Lac du Bourget	<b>François RAPIN</b> – CIPEL
<b>Michel TISSUT</b> – Université Joseph Fourier	<b>Brigitte VINCON-LEITE</b> – CEREVERE

Remerciements particuliers à Pascale NIREL, Gérard BALVAY et Daniel GERDEAUX pour les corrections et remarques formulées.

Référence à citer : DOMAIZON I., LAINE L., LAZZAROTTO J., PERGA M.E. et RIMET F., 2012. Suivi de la qualité des eaux du lac d'Annecy. Rapport 2011. SILA (éd.) et INRA-Thonon. 92 pages et dossiers.



SILA  
l'oxygène  
à la source

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

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



Institut National de la Recherche Agronomique

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

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



## Carte d'identité du lac



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

**Mensuration** :

**Longueur** : 14,6 km

**Largeur** : de 0,8 à 3,2 km

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

**Altitude** : 446,97 m

**Profondeur moyenne** : 41 m

**Profondeur maximale** : 65m

(Le Boubioz : 78,70 m)

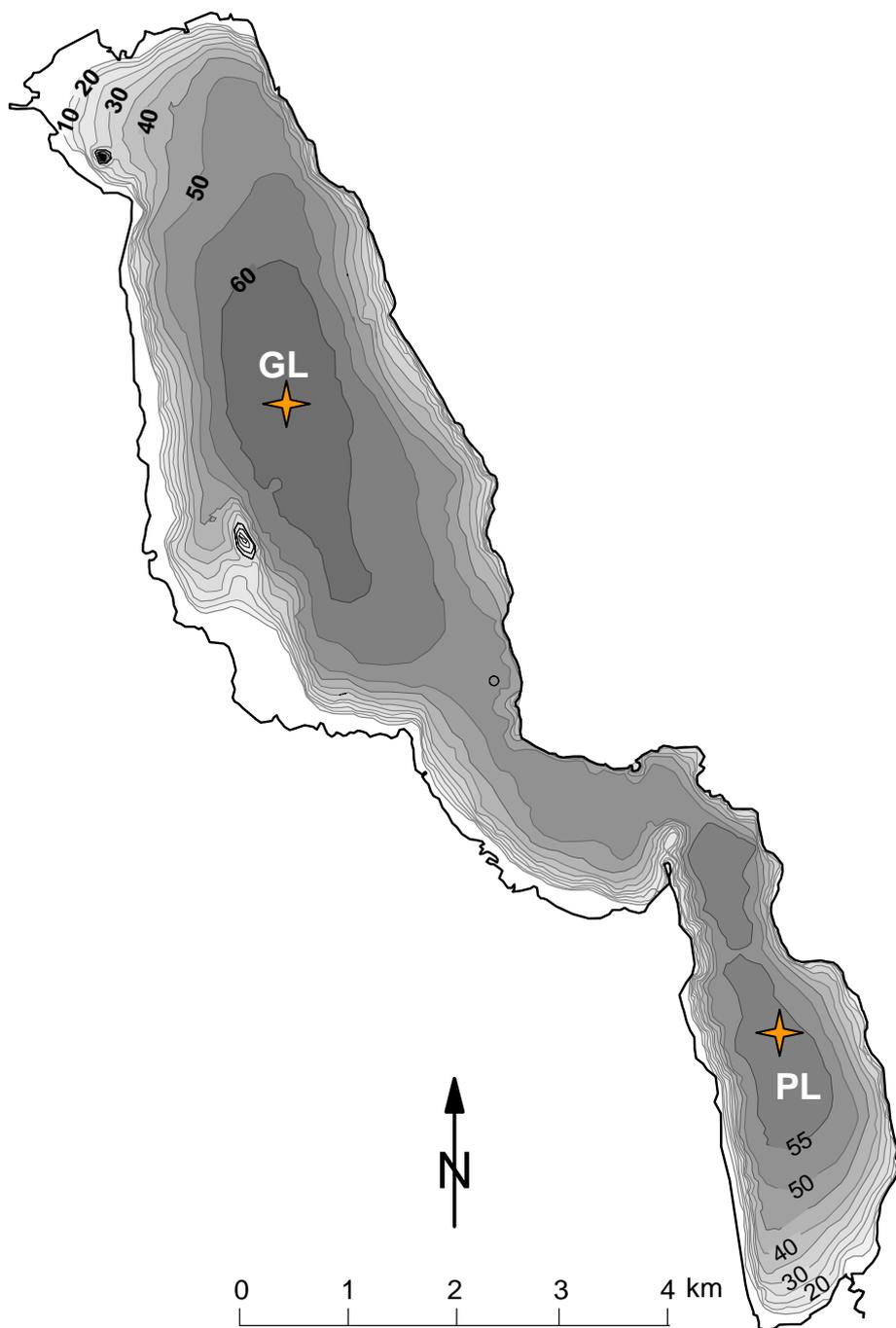
**Volume d'eau douce** :

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

**Signe particulier** :

En bonne santé

# CARTE BATHYMETRIQUE DU LAC D'ANNECY ET LOCALISATION DES POINTS DE PRELEVEMENT



## Coordonnées des points de prélèvements

- « Grand Lac » : X=897009.793 ; Y=104060.45
- « Petit Lac » : X=901726.104 ; Y=98137.777

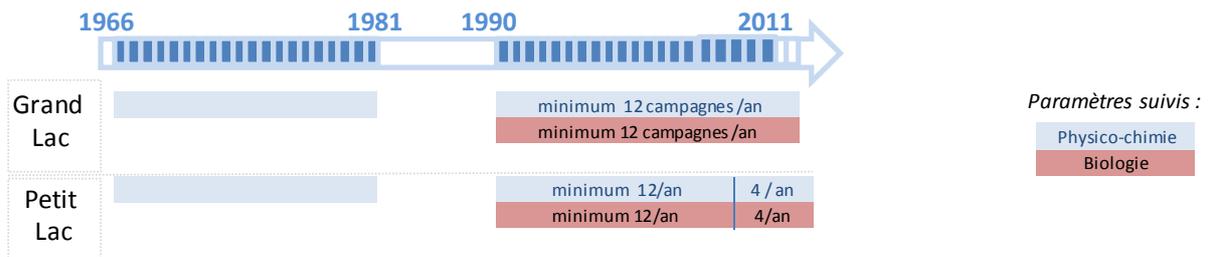
# SOMMAIRE

Introduction.....	2
<b>Chapitre 1 : Etudes physico-chimiques</b>	
I.1 Transparence.....	6
I.2 Température.....	9
I.3 Oxygène dissous.....	12
I.4 Conductivité.....	17
I.5 Turbidité.....	19
I.6 Azote.....	21
I.7 Phosphore.....	25
I.8 Rapport « N/P ».....	27
I.9 Evolution interannuelle de l'azote et du phosphore.....	29
I.10 Silice.....	32
I.11 Stocks du lac en cations et en anions.....	33
I.12 Conclusion.....	35
<b>Chapitre 2 : Etudes biologiques</b>	
II.1 Méthodes d'étude du plancton.....	38
II.1.1 Phytoplancton.....	38
II.1.2 Zooplancton.....	39
II.2 Le Phytoplancton.....	40
II.2.1 Evolution saisonnière de l'année 2011.....	40
II.2.2 Evolution interannuelle.....	46
II.3 Le Zooplancton.....	49
II.3.1 Composition et évolution à long terme de la communauté zooplanctonique.....	53
II.3.2 Dynamique saisonnière en 2011.....	56
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>61</b>
Dossier I : Météorologie et climatologie 2011	
Dossier II : Débits des principaux affluents en 2011	
Dossier III : Caractéristiques de la sonde multiparamètres immergeable	
Dossier IV : Phytoplancton : définition des groupes fonctionnels selon Reynolds et al., 2002 ; détail du calcul de l'indice Brettum	
Dossier V : Articles de presse relatifs au lac d'Annecy en 2011	

# INTRODUCTION

Le suivi du lac d'Annecy en 2011 poursuit l'auscultation sur le long terme de la qualité physico-chimique des eaux et du compartiment planctonique de cet écosystème. Des données relatives aux variables d'état du lac d'Annecy sont disponibles depuis 1966, période à laquelle le Syndicat Intercommunal des Communes Riveraines du lac d'Annecy (SICRLA) a d'abord entrepris la réalisation d'un suivi de la qualité physico-chimique des eaux du lac. Par la suite, les compartiments phytoplanctonique, puis zooplanctonique ont été ajoutés aux paramètres de suivi de qualité de l'eau. Ce suivi environnemental interrompu de 1982 à 1986 a été repris par le Syndicat Intercommunal du lac d'Annecy (SILA) devenu actuellement le Syndicat Mixte du Lac d'Annecy. Le protocole de suivi est resté le même de 1990 à 2009. A partir de l'année 2010, un allègement des prélèvements effectués sur le Petit Lac a conduit à réduire l'échantillonnage à 4 dates (périodes d'échantillonnage correspondant à celles choisies par la Directive Cadre sur l'Eau). Les modalités du suivi effectué sur le Grand Lac n'ont pas été modifiées et s'appuient au minimum sur des échantillonnages mensuels.

## Chronogramme de l'auscultation 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 qui visent non seulement à qualifier l'état de qualité du milieu chaque année, mais également à appréhender le fonctionnement écologique et la trajectoire évolutive du système. Des tendances et des anomalies par rapport à un fonctionnement «moyen» peuvent ainsi être mises en évidence et des hypothèses de compréhension des phénomènes observés peuvent être avancées.

Le lac d'Annecy est une grande masse d'eau profonde, thermiquement stratifiée en été et déstratifiée en hiver. La stabilité de la stratification thermique estivale, la durée du

brassage hivernal et la réoxygénation des eaux qu'il entraîne, dépendent des caractéristiques climatiques. L'écosystème subit par ailleurs de nombreuses influences des activités humaines plus locales. Certains des impacts locaux peuvent être contrôlés comme l'ont été les apports en eaux usées par la construction du grand collecteur. Mais globalement, le lac subit le réchauffement global et les apports par l'air et l'eau qui ne sont pas ou peu maîtrisables par les collectivités locales.

Le suivi de l'année 2011 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 campagnes d'échantillonnages. Les résultats sont présentés dans ce rapport qui a été validé par les conseillers « suivi de la qualité du lac » du collège scientifique du SILA. Ces derniers orientent si besoin les études futures.

Quatorze campagnes d'échantillonnages ont été réalisées dans la zone de profondeur maximale du Grand Lac et quatre campagnes dans le 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 I). Les débits des principaux affluents (cf. dossier II) proviennent de la Banque HYDRO (<http://www.hydro.eaufrance.fr/>). Le début de l'année 2011 est marqué par des températures plutôt douces (souvent au-dessus des normales) et des pluies déficitaires. Cette situation change en juin-juillet avec des températures en recul (en particulier en juillet) et des pluies régulières (excédentaires pendant ces 2 mois). Dès le mois d'août, et au cours de l'automne, on enregistre des températures supérieures à la normale et des précipitations faibles à déficitaires. Il est à noter que la campagne de prélèvements prévue mi-décembre n'a pu être effectuée, en raison d'une tempête de vent ainsi que 2 autres épisodes de vent fort (aucun des suivis lacustres Le Bourget Léman, Annecy n'a d'ailleurs pu être assuré au cours de ce mois de décembre). En décembre des pluies fortement excédentaires (2 à 2,5 fois plus de précipitations que de coutume) sont

enregistrées. Globalement la pluviométrie de l'année 2011 est modérée (918.4 mm) elle se situe en dessous de la moyenne des 40 dernières années (1175,9 mm). Les données mensuelles de pluviométrie permettent de souligner la faible pluviométrie de novembre par rapport aux tendances des 40 dernières années (valeur la plus faible de pluviométrie enregistrée en 2011 avec 5.8 mm ; cf. dossier I)

Les campagnes de prélèvement ont généralement eu lieu en période de débit stabilisé des affluents, on peut signaler toutefois que les prélèvements du mois de juillet (12 et 26 juillet) sont réalisés en période de pluviosité assez soutenue ayant pour conséquence des coups d'eau « moyen à fort », et, que le prélèvement du 6 septembre est effectué 2 jours après un épisode pluvieux (30 mm le 4 septembre) et donc en période de débits accrus sur les affluents.

# CHAPITRE I

## ETUDES PHYSICO-CHIMIQUES

L'année 2011 a fait l'objet d'un suivi physico-chimique au cours de 14 campagnes de prélèvements effectuées dans le Grand Lac. Le Petit Lac est suivi depuis 2010 de manière plus allégée avec 4 campagnes d'échantillonnage par an. Les prélèvements sont effectués aux profondeurs de 0m, 3m, 10m, 15m, 30m, 45m, et au niveau du fond (55 m pour le Petit Lac et 65 m pour le Grand Lac). Depuis 2008 des prélèvements complémentaires pour les dosages du phosphore total et dissous et de l'oxygène sont réalisés à 50 et 60 m dans le Grand Lac pour une meilleure observation des phénomènes de désoxygénation et des échanges de phosphore entre l'eau profonde et les sédiments. La profondeur de prélèvement est contrôlée par une sonde de pression couplée à la bouteille de prélèvement (Les écarts par rapport à la profondeur théorique sont toujours inférieurs à 2 m, ils sont considérés comme acceptables pour la présente étude).

Lors de chaque campagne d'échantillonnage, les paramètres suivants sont analysés: phosphore total, orthophosphate, azote nitrique, azote ammoniacal, azote total, silice réactive, carbonates (titre alcalimétrique complet) et carbone organique total (COT). A l'occasion de deux campagnes dans l'année, les éléments majeurs (chlorure, sulfate, calcium, magnésium, sodium et potassium) sont dosés. 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 également effectué, indiquant l'évolution de la température, la saturation en oxygène dissous, la conductivité, la turbidité et la teneur en chlorophylle a tout au long de la colonne d'eau. Un descriptif de l'outil (sonde RBR CTD XRX620) et du protocole mis en œuvre est fourni dans le dossier III.

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

## I.1 TRANSPARENCE

La transparence est estimée par la mesure de la profondeur moyenne de disparition dans l'eau du disque de Secchi. La présence de particules (notamment les micro-algues pélagiques et les matières en suspension (MES) provenant des cours d'eau) influe sur la valeur de cette mesure.

La transparence est mesurée à chaque campagne de prélèvement. Elle donne une information globale sur l'évolution de la densité phytoplanctonique dans le milieu (bien que la relation entre transparence et biomasse phytoplanctonique ne soit pas strictement linéaire). En 2011, la mesure de transparence a été effectuée avec le disque de Secchi classiquement utilisé dans le suivi des grands lacs périalpins (disque blanc de 30 cm de diamètre) et avec un disque de Secchi couramment utilisé dans les suivis DCE (disque bicolore, 2 quarts blancs et 2 quarts noirs, de 20 cm de diamètre). L'analyse par régression linéaire montre que les valeurs obtenues pour les deux types de disques sont significativement corrélées ( $R^2 = 0,94$ ,  $p < 0,001$ ,  $n = 18$ ) ; toutefois, le disque de petit diamètre donne systématiquement une valeur de transparence plus faible (1,3 m +/- 0,7). Cette différence est à prendre en compte dans le cadre de comparaisons interlacs basées sur des mesures n'utilisant pas les mêmes disques de Secchi.

Les mesures de transparence des campagnes de 2011 sont présentées dans le Tableau I.1 et sur les Figures I.1. et I.2.

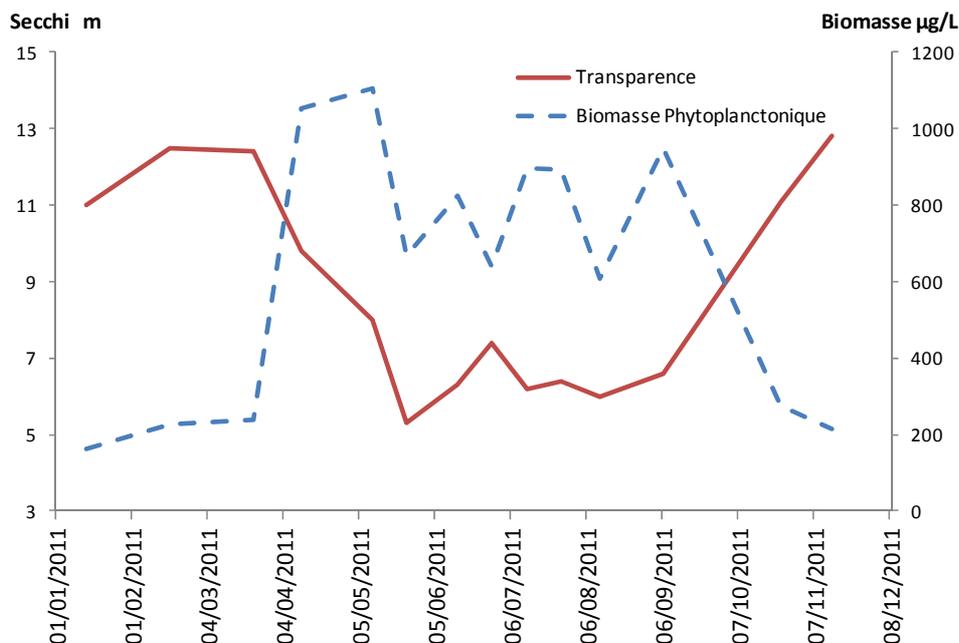
**Tableau I.1 : Résultats des mesures de transparence (en mètre) en 2011**

date	Secchi Blanc 30 cm		Secchi Noir/Blanc 20 cm	
	Grand Lac	Petit Lac	Grand Lac	Petit Lac
13 janvier 2011	11,0		9,2	
16 février 2011	12,5	11,4	10,8	8,2
22 mars 2011	12,4		11,3	
11 avril 2011	9,8		8,7	
10 mai 2011	8,0	8,8	6,2	7,5
25 mai 2011	5,3		4,9	
14 juin 2011	6,3		5,3	
28 juin 2011	7,4		7,2	
12 juillet 2011	6,2		5,4	
26 juillet 2011	6,4	5,1	5,4	3,5

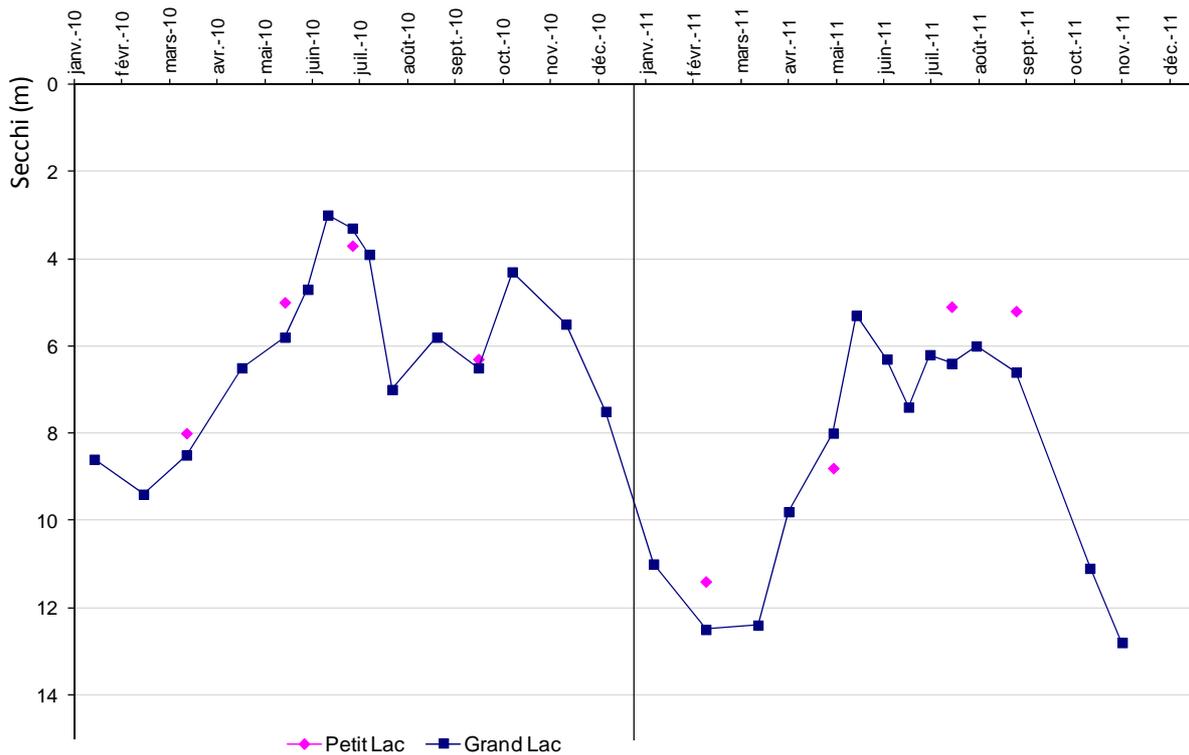
11 août 2011	6,0		4,0	
6 septembre 2011	6,6	5,2	5,6	4,5
24 octobre 2011	11,1		9,5	
14 novembre 2011	12,8		10,9	
Nombre de mesures	14	4	14	4
<b>Moyenne</b>	8,7	7,6	7,5	5,9
<b>Minimum</b>	5,3	5,1	4,0	3,5
<b>Maximum</b>	12,8	11,4	11,3	8,2

La moyenne (8,7m) et le maximum (12,8m) de transparence en 2011 sont supérieurs à ceux de 2010 (6,0 m et 9,4 m respectivement). Le brassage est observé mi-février 2011, avec une transparence élevée (12,5 m) dans le Grand Lac (tableau I. 1, Figures I.1 I.2). La dynamique de la transparence du Grand Lac après le brassage est très liée à la dynamique phytoplanctonique. Nous observons, de manière classique, une diminution de transparence avec le développement phytoplanctonique printanier. La valeur minimale de transparence est observée en mai (5,3m le 25 mai). Comme c'est le cas depuis plusieurs années, il n'est pas observé de phase d'eau claire marquée ; la transparence reste proche d'une valeur de 6m durant la période estivale (cf. Figure I 1 et I.2).

Les valeurs de transparence mesurées lors des 4 campagnes d'échantillonnages sur le Petit Lac sont assez comparables à celles du Grand Lac aux mêmes dates.



**Figure I. 1 : Lien entre transparence et dynamique de la biomasse phytoplanctonique dans le Grand Lac (2011)**



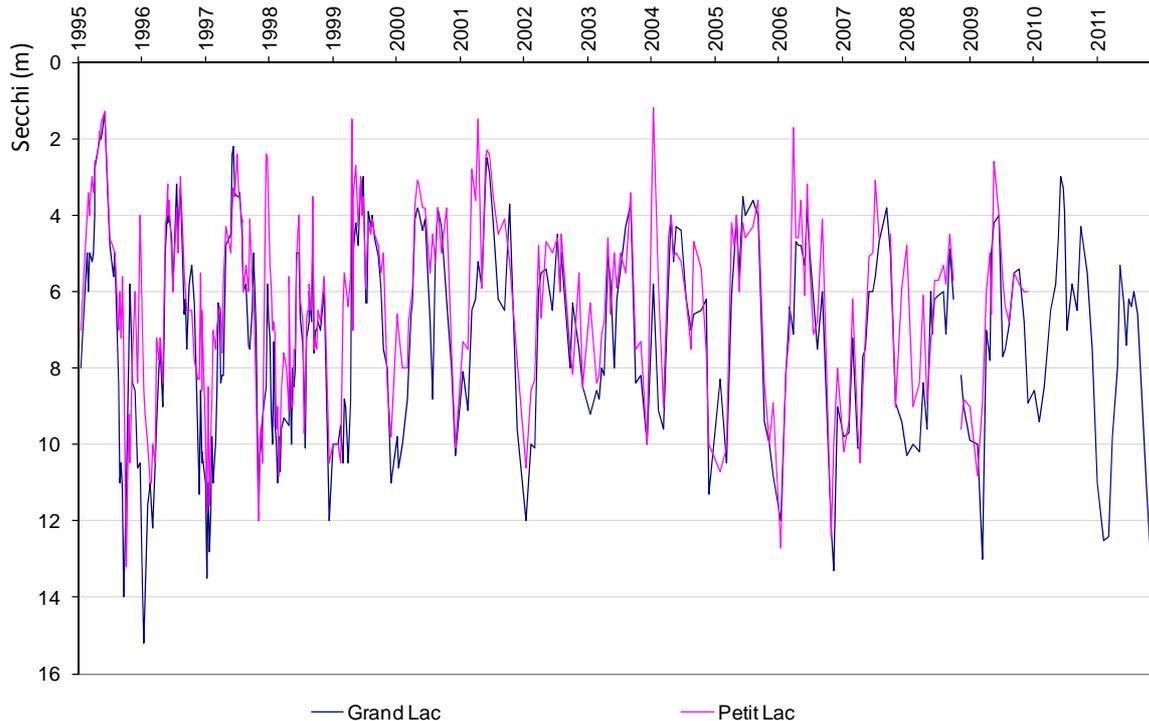
**Figure I. 2 : Évolution de la transparence (en mètre) de 2010 à 2011**

La figure I.3 permet d'observer l'historique de la transparence depuis 1995. L'année 2011 présente des valeurs de transparences minimales globalement élevées par rapport à l'ensemble de la chronique. Si l'on s'intéresse aux valeurs minimales de transparence qui sont généralement celles qui sont considérées dans le cadre des évaluations DCE (transparence moyenne estivale), on peut souligner que dans le cas du Grand Lac, ces valeurs de transparence estivales varient, sur la chronique 1995-2011, entre 4,5m et 7,5m (moyennes des valeurs de transparences mesurées entre mi-juin et mi-septembre). Ces valeurs sont relativement stables sur la chronique ; il s'agit de valeurs de transparence correspondant à un 'bon' à 'très bon état' de qualité d'eau.

Pour mémoire, les limites utilisées pour qualifier l'état des masses d'eau à partir de la transparence moyenne estivale, sont les suivantes :

		Limites des classes d'état écologique des plans d'eau				
		Très bon	bon	moyen	médiocre	mauvais
Transparence moyenne estivale (m)		5	3,5	2	0,8	

Référence : Guide Technique 'Évaluation de l'état des eaux douces de surface de métropole' [http://www.eaufrance.fr/IMG/pdf/GuidetechniqueREEE-ESC\\_30mars2009.pdf](http://www.eaufrance.fr/IMG/pdf/GuidetechniqueREEE-ESC_30mars2009.pdf)



**Figure I. 3 : Évolution de la transparence (m) de 1995 à 2011**

## I.2 TEMPERATURE

La température du lac est l'un des principaux paramètres explicatifs du comportement biologique de l'écosystème. La température de la colonne d'eau est mesurée par un profil de sonde lors de chaque campagne de prélèvement. Les figures suivantes (I.4 à I.7) représentent l'évolution des profils de température à l'échelle de l'année 2011, ou à l'échelle interannuelle.

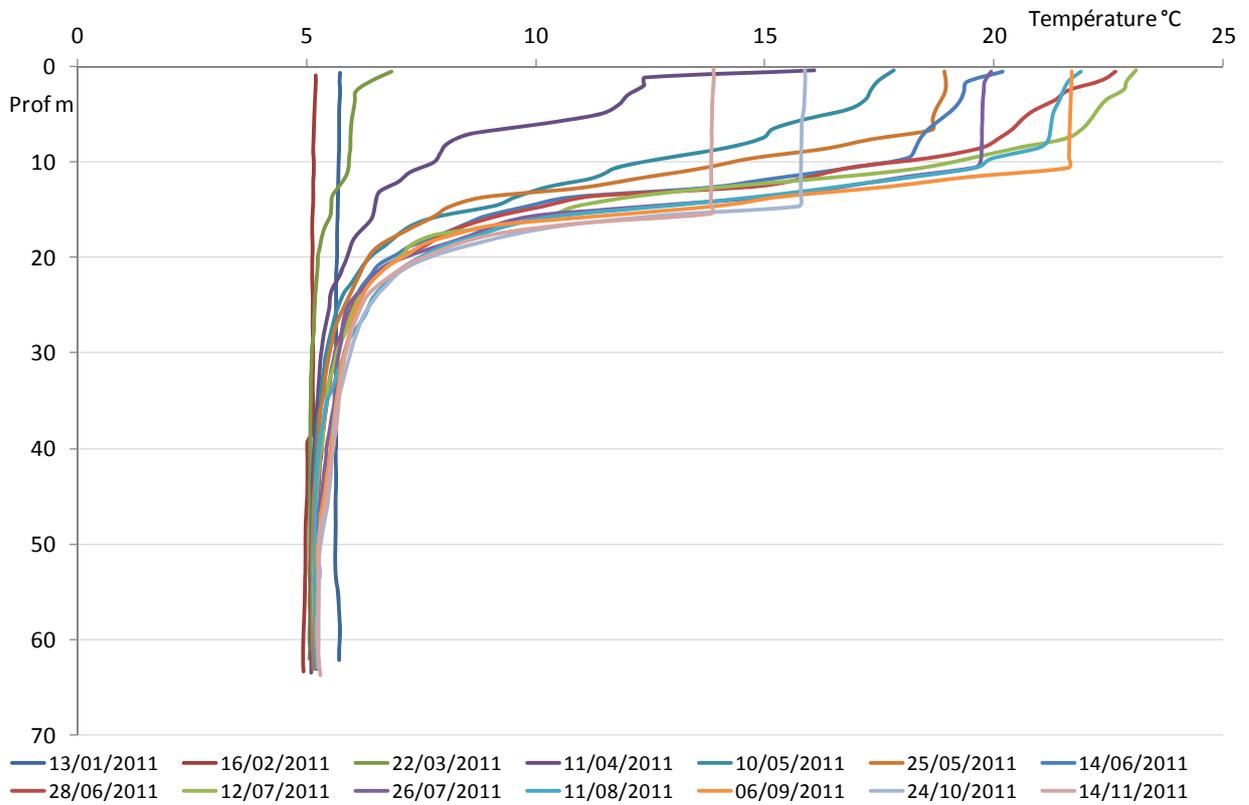
En 2011, l'ensemble de la colonne d'eau est homogène en température lors de la campagne du 16 février avec une température qui oscille entre 4,9 et 5,2 °C.

La phase d'homogénéité totale de la colonne est moins longue en 2011 en comparaison de 2010 ; l'hiver doux en 2011 explique en effet qu'un réchauffement de la masse d'eau superficielle est détectable dès le mois de mars.

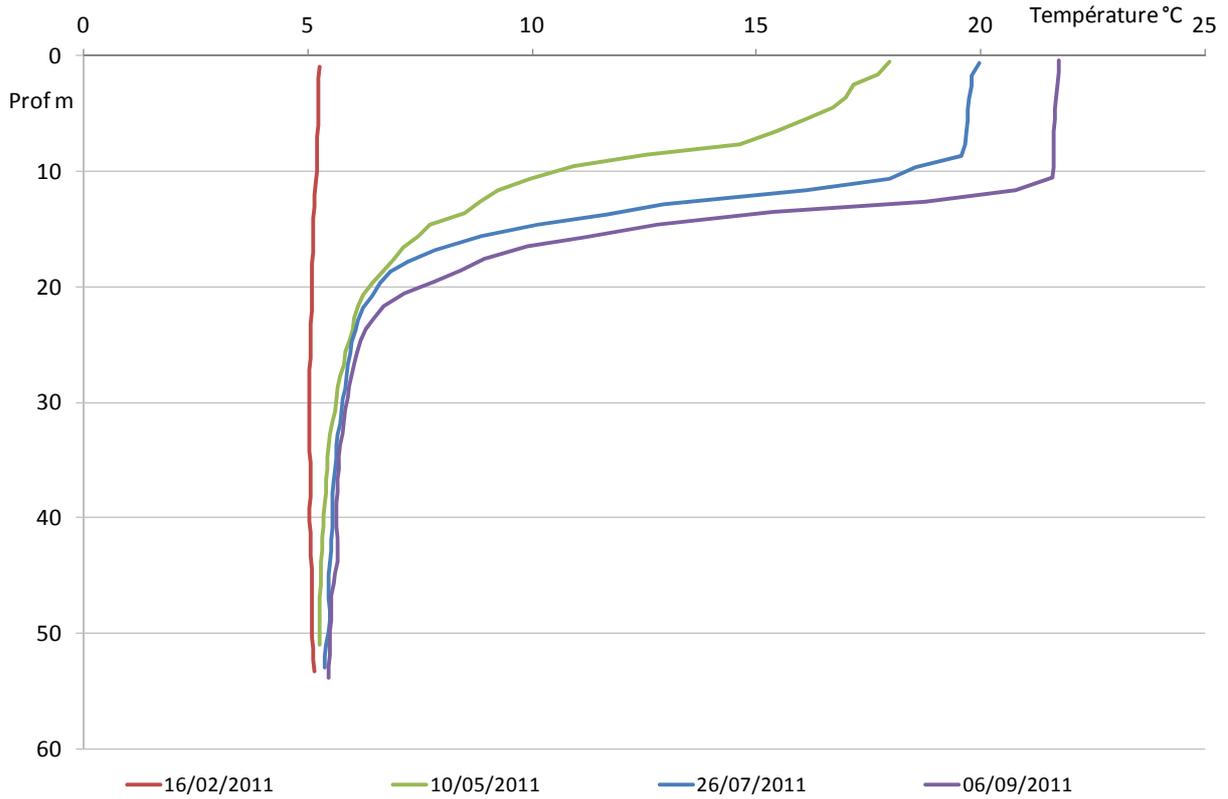
La figure I.6 indique la température moyenne dans la colonne d'eau du Grand Lac lors de chaque brassage depuis 1996. La température de l'homogénéisation thermique en 2011 est relativement faible par rapport à la chronique, comme c'était aussi le cas en 2009 et 2010. Toutefois, la période du brassage n'est pas marquée par une tendance significative au réchauffement.

La température en surface augmente significativement à partir de la campagne du 11 avril avec 15,9 °C en surface. La stratification se met en place et le maximum de température est atteint le 12 juillet avec 23,1 °C (sur les 2 premiers mètres de l'épilimnion). L'épaisseur de l'épilimnion s'accroît ensuite tandis que sa température diminue progressivement jusqu'à 13,2 °C (de 0 à 16 m) le 14 novembre.

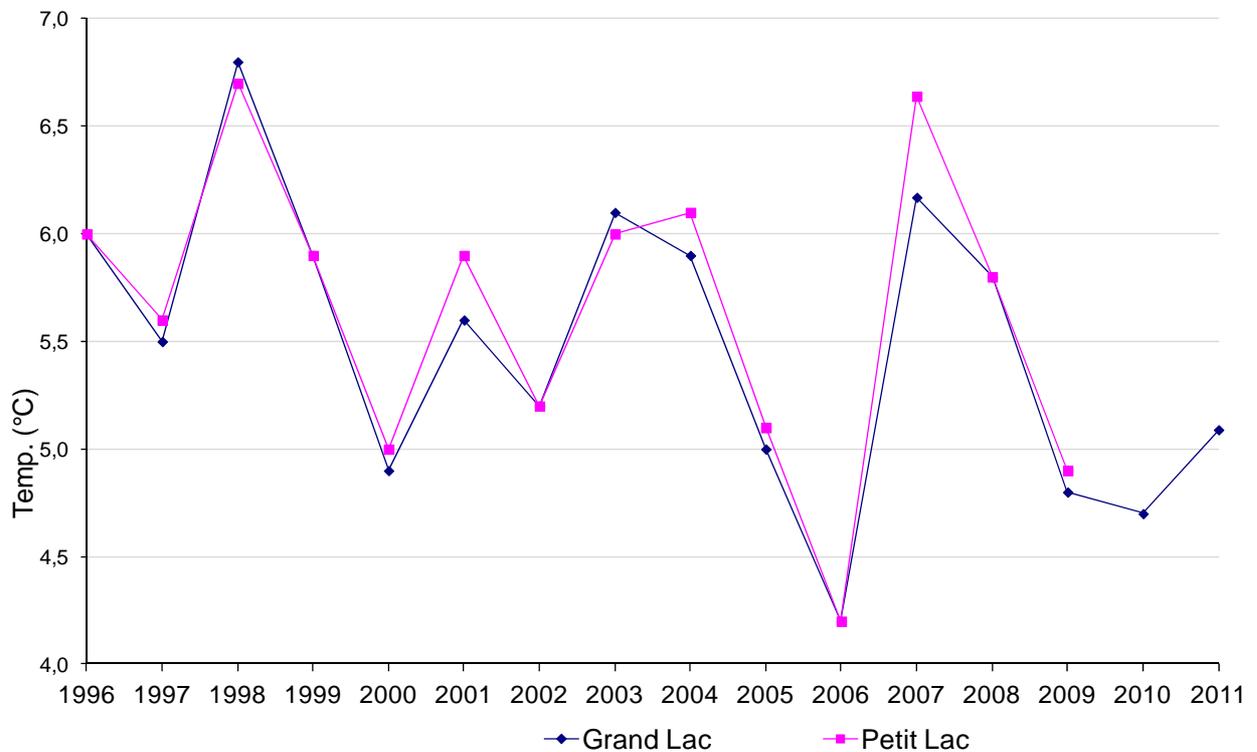
La température de la colonne d'eau du Petit Lac n'est pas significativement différente de celle observée dans le Grand Lac (Figure I.6).



**Figure I. 4 : Profils verticaux (profondeur en m) de la température (°C) dans le Grand Lac en 2011**

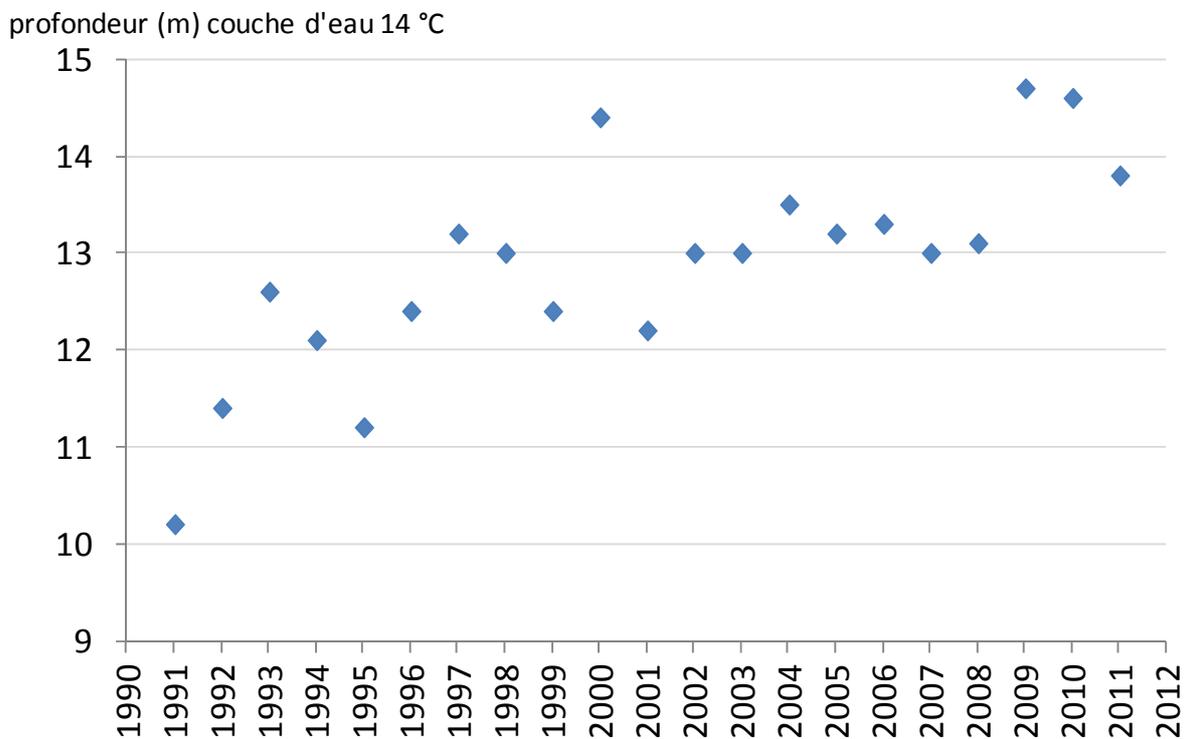


**Figure I. 5 : Profils verticaux (profondeur en m) de la température (°C) dans le Petit Lac en 2011 (4 dates d'échantillonnage)**



**Figure I. 6 : Évolution de la température moyenne (°C) sur toute la hauteur d'eau au brassage du Grand Lac et du Petit Lac de 1996 à 2011**

La figure I.7 présente l'évolution au cours de la chronique (1991-2011) de la profondeur à laquelle se situe la thermocline lorsque la stratification estivale est la plus marquée. On note pour les trois dernières années des valeurs élevées qui marquent une stabilité plus forte de l'épilimnion. La tendance qui semble se dessiner à l'échelle de cette chronique, avec l'enfoncement de la thermocline peut être reliée plus particulièrement aux anomalies thermiques positives observées au printemps (une relation linéaire positive significative est en effet observable entre la profondeur de la thermocline et les anomalies de température moyennes pour avril/mai/juin ;  $n=20$ ,  $p>0.03$ ).



**Figure I. 7 : Profondeur de la couche d'eau à 14°C au moment de la stratification maximale (juillet – août) dans la Grand Lac de 1991 à 2011**

### I.3 OXYGENE DISSOUS

L'oxygène dissous est mesuré à chaque profil de sonde de manière continue le long de la colonne d'eau. Il est également mesuré sur chaque échantillon prélevé à des profondeurs discrètes (0, 3, 10, 15, 30, 45, 50, 60 m et fond du lac) par la méthode de titration de Winkler. Les dosages chimiques donnent une mesure fiable de la quantité d'oxygène dissous, les profils sonde permettent de visualiser la répartition relative de la

saturation en oxygène mais ne peuvent être utilisés pour quantifier de manière absolue cette saturation, en particulier dans les zones de changement rapide de concentration compte tenu du délai de réponse du capteur<sup>1</sup>.

Les figures I.8 et I.9 représentent les profils en oxygène dissous (% de saturation en O<sub>2</sub>) dans le Grand Lac et le Petit Lac. La figure I.10 représente l'oxygénation du fond du Petit Lac et du Grand Lac en 2010 et 2011. La réoxygénation du fond est maximale lors de la campagne du 16 février avec 9,9 mgO<sub>2</sub>/L. Toute la colonne d'eau est alors homogène et réoxygénée comme l'année précédente et dans le même ordre de grandeur que la plupart des années de la chronique (Figure I.11).

Le Lac d'Annecy est caractérisé par une assez bonne capacité de réoxygénation lors du brassage annuel. En effet sur la chronique (1996-2011), si l'on fait exception de l'année 2008, les valeurs d'O<sub>2</sub> au moment du brassage ne sont jamais inférieures à 9,2 mgO<sub>2</sub>/L (variant de 9,2 à 11,1 mgO<sub>2</sub>/L).

Le brassage permet également de redistribuer les nutriments dans les couches d'eau superficielles. En 2011, les concentrations en nutriments sont homogènes au mois de mars dans la colonne d'eau avec 3,0 µgP/L en orthophosphate et 0,26 mgN/L en azote nitrique. La silice réactive ne présente déjà plus une concentration homogène en mars, mais c'est le cas en février avec en moyenne 3,4 mg/L.

Dès la campagne suivante en avril, avec le réchauffement de la surface, l'activité phytoplanctonique est observable : la concentration en oxygène dissous augmente.

Dans les couches superficielles (3 m, 10 m, 15 m et 30 m).le maximum de concentration en oxygène dissous est observé dès le 12 juillet avec 15,1 mgO<sub>2</sub>/L à 15 m (dosage Winkler). Conjointement à cette activité, les nutriments sont consommés et la transparence diminue. La concentration en carbone organique total augmente légèrement après le brassage et ne rediminue pas significativement dans les zones épilimniques et métalimniques. Le maximum est relativement faible et les concentrations restent inférieures à 2 mgC/L toute l'année (Figure I.13). Toutefois à 30m on observe la réduction des teneurs en COT par rapport aux couches plus superficielles dans lesquelles se poursuit le développement phytoplanctonique (Figure I.13 ; Rq : une donnée manquante en juin liée à une panne de l'appareil de mesure).

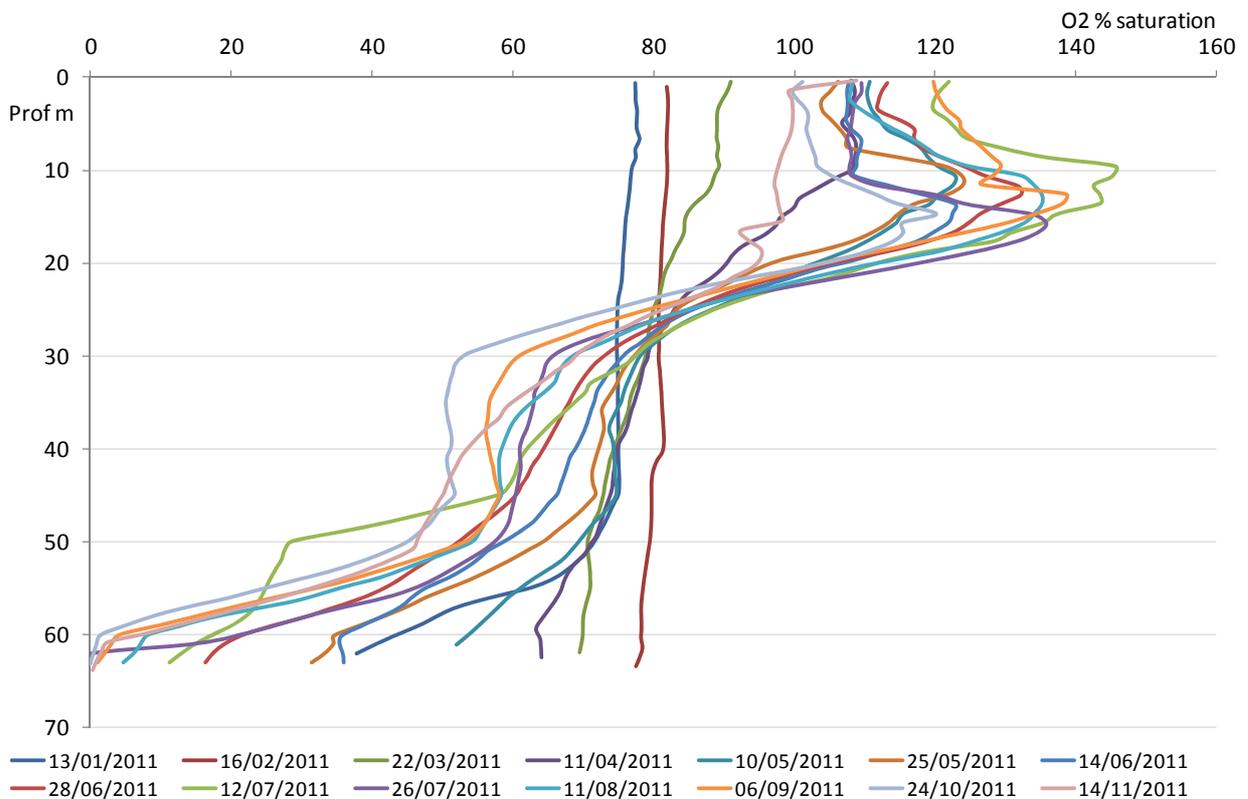
---

<sup>1</sup> Toutes les valeurs citées dans ce rapport, hors données de profils, sont issues des analyses chimiques Winkler et non des données de la sonde.

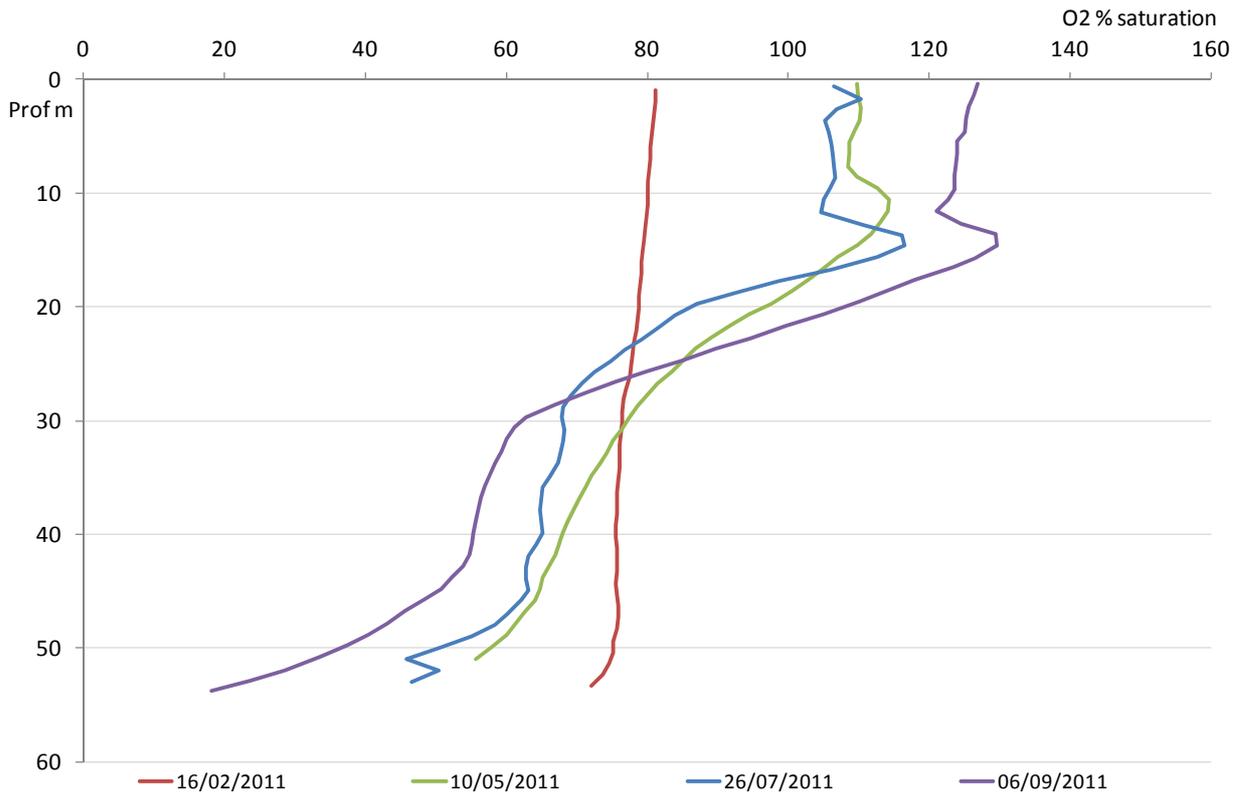
Durant le même temps (à partir de la mi-avril), l'activité biologique de dégradation de la matière organique entraîne la désoxygénation dans l'hypolimnion. Cette désoxygénation est en fait visible dès le mois de mars après le brassage. Elle se poursuit toute l'année pour atteindre 0 mgO<sub>2</sub>/L au fond du Grand Lac aux mois d'octobre et de novembre. Une concentration nulle a rarement été observée dans la chronique, c'était le cas seulement en 2002 et 1997 (Figure I.11).

Dans ces conditions désoxygénées et donc réductrices, les sels de fer et de manganèse sont réduits et libèrent le phosphore retenu dans les sédiments. De la même manière l'azote nitrique est réduit en azote ammoniacal. Avec la désoxygénation complète du fond du lac, ces phénomènes sont assez nettement observés en 2011 (Figure I.12). Les maxima observés en fin d'année sont relativement importants avec 35 µgP/L de phosphore total et 318 µgN/L d'azote ammoniacal.

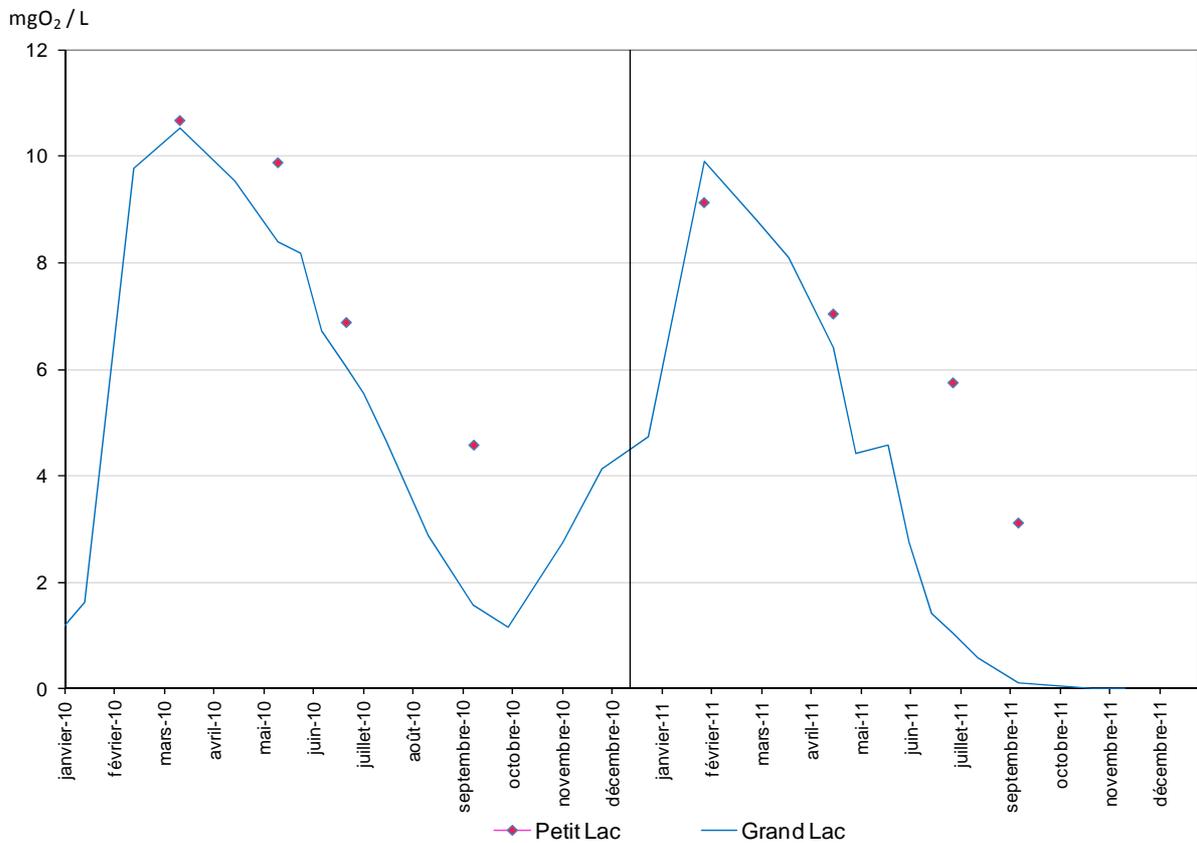
La dynamique de l'oxygène dans le Petit Lac lors des quatre campagnes de suivi est comparable à celle du Grand Lac ; toutefois, le fond est moins désoxygéné en raison d'une moindre profondeur qui caractérise le petit bassin (Figure I.9).



**Figure I. 8 : Profils d'oxygène dissous (% de saturation en O<sub>2</sub>) dans le Grand Lac en 2011**



**Figure I. 9 : Profils d'oxygène dissous (% de saturation en O<sub>2</sub>) dans le Petit Lac en 2011**



**Figure I. 10 : Évolution de la concentration en oxygène dissous (mgO<sub>2</sub>/L) au fond du Grand Lac et du Petit Lac en 2010 et 2011**

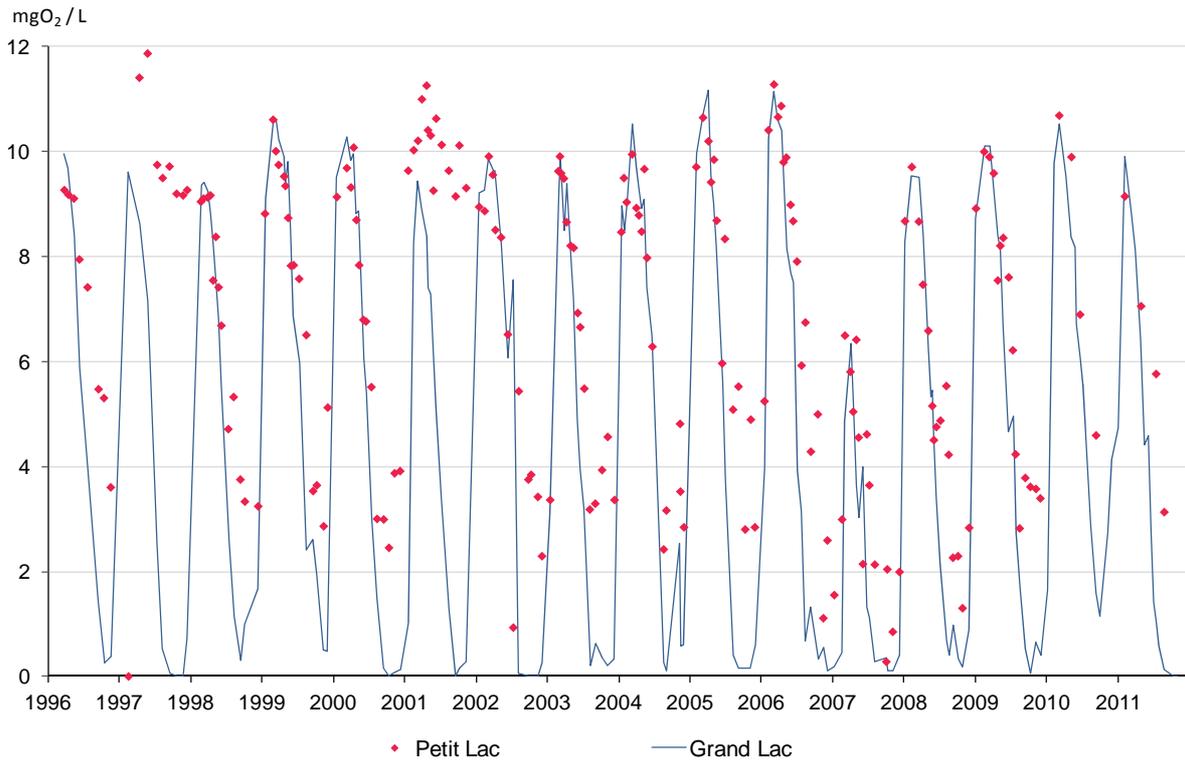


Figure I. 11 : Évolution de la concentration en oxygène dissous ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ ) au fond du Grand Lac et du Petit Lac de 1996 à 2011

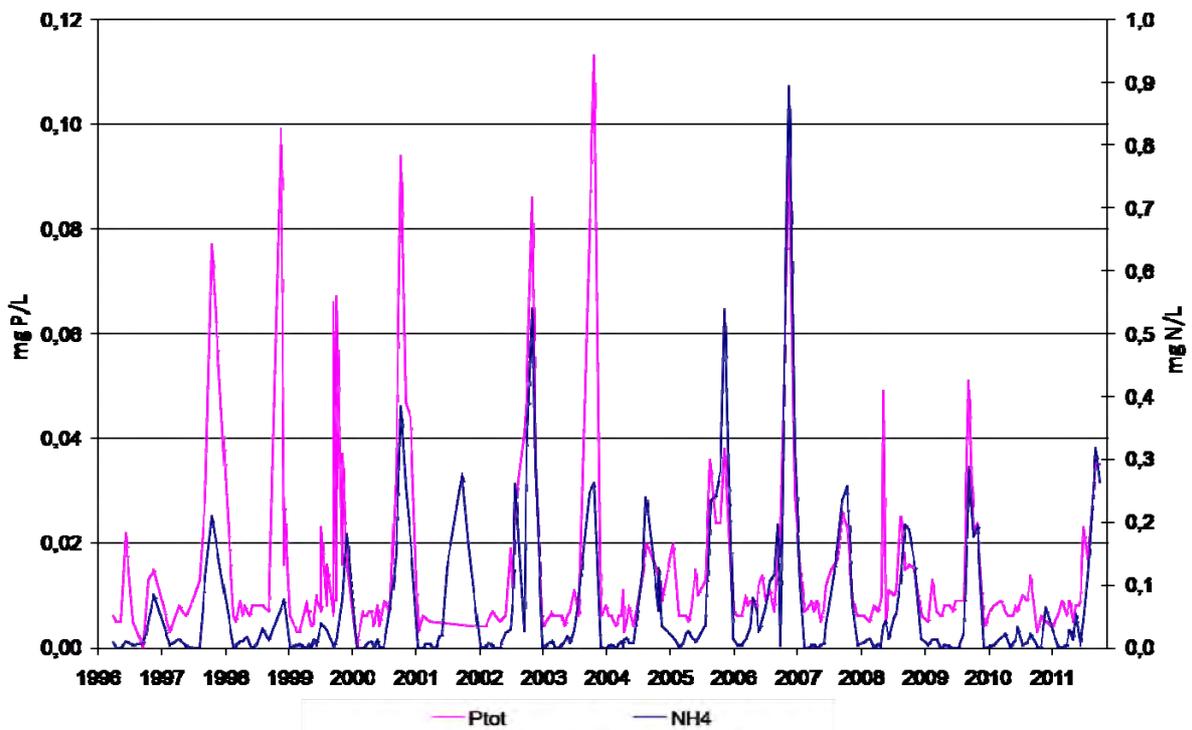
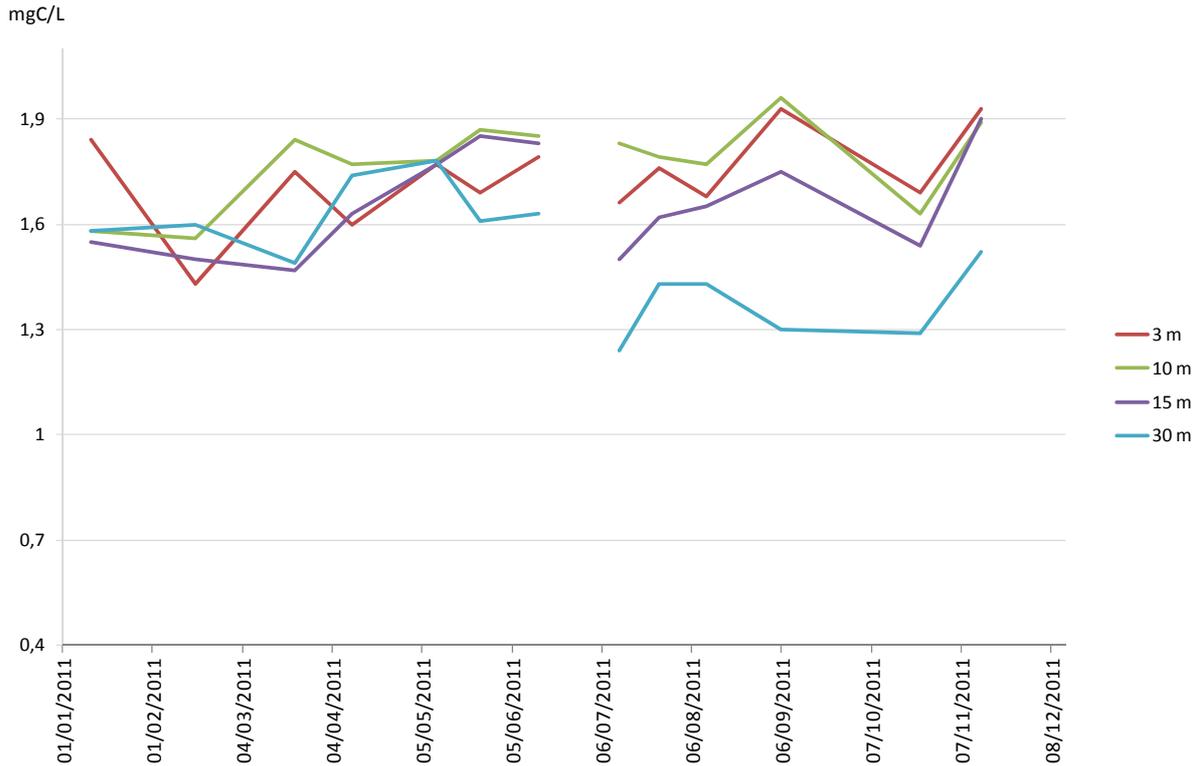


Figure I. 12 : Évolution de l'azote ammoniacal et du phosphore total au fond du Grand Lac de 1996 à 2011



**Figure I. 13 : Évolution de la concentration en carbone organique total en mgC/L aux profondeurs 3 m, 10 m, 15 m et 30 m dans le Grand Lac en 2011**

#### I.4. CONDUCTIVITE

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

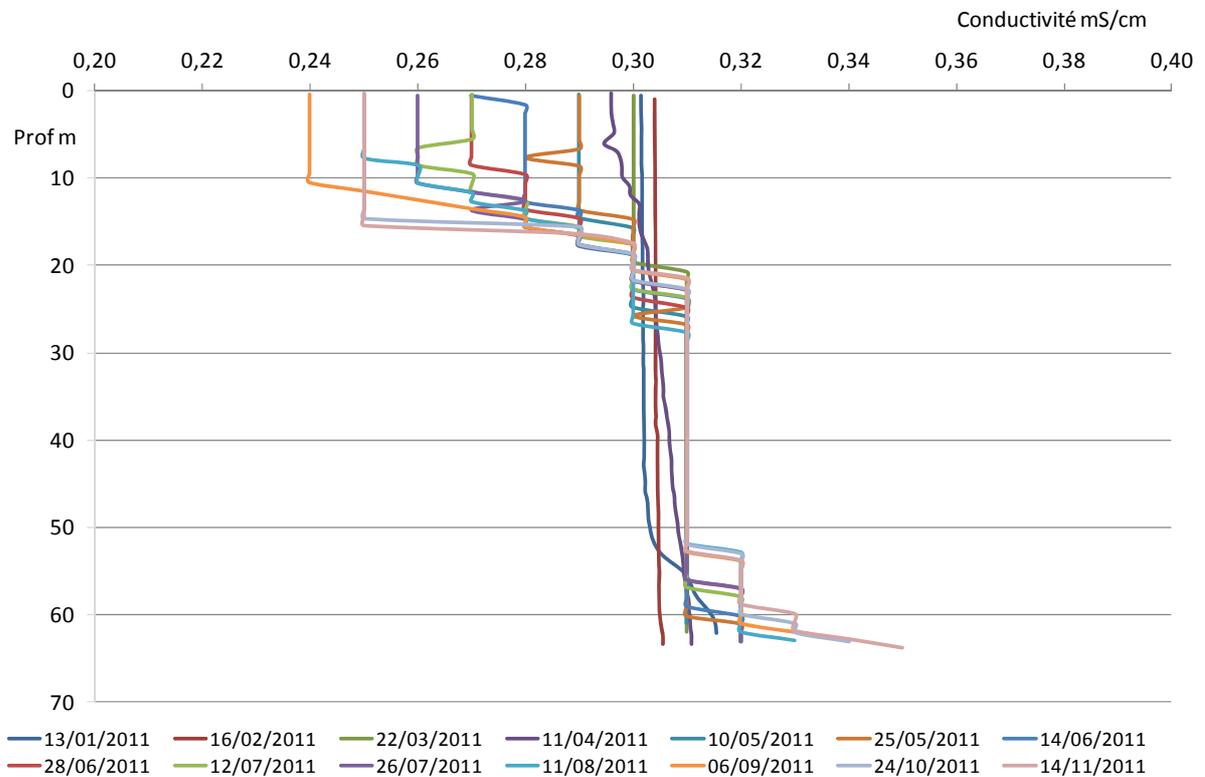
Les figures I.14 et I.15 représentent les profils de conductivité dans le Grand Lac en 2011.

Au mois de février, la conductivité est homogène dans toute la colonne d'eau (Grand Lac) avec une moyenne de 0,304 mS/cm. La conductivité reste relativement stable jusqu'au mois de mai ; elle commence alors à diminuer de manière significative dans l'épilimnion avec l'intensification de l'activité phytoplanctonique. Cette diminution est provoquée par la consommation de CO<sub>2</sub> par la photosynthèse. Le CO<sub>2</sub> étant consommé, l'équilibre acido-basique du milieu est modifié et le pH augmente. En augmentant, il modifie à son tour l'équilibre calco-carbonique et favorise la précipitation

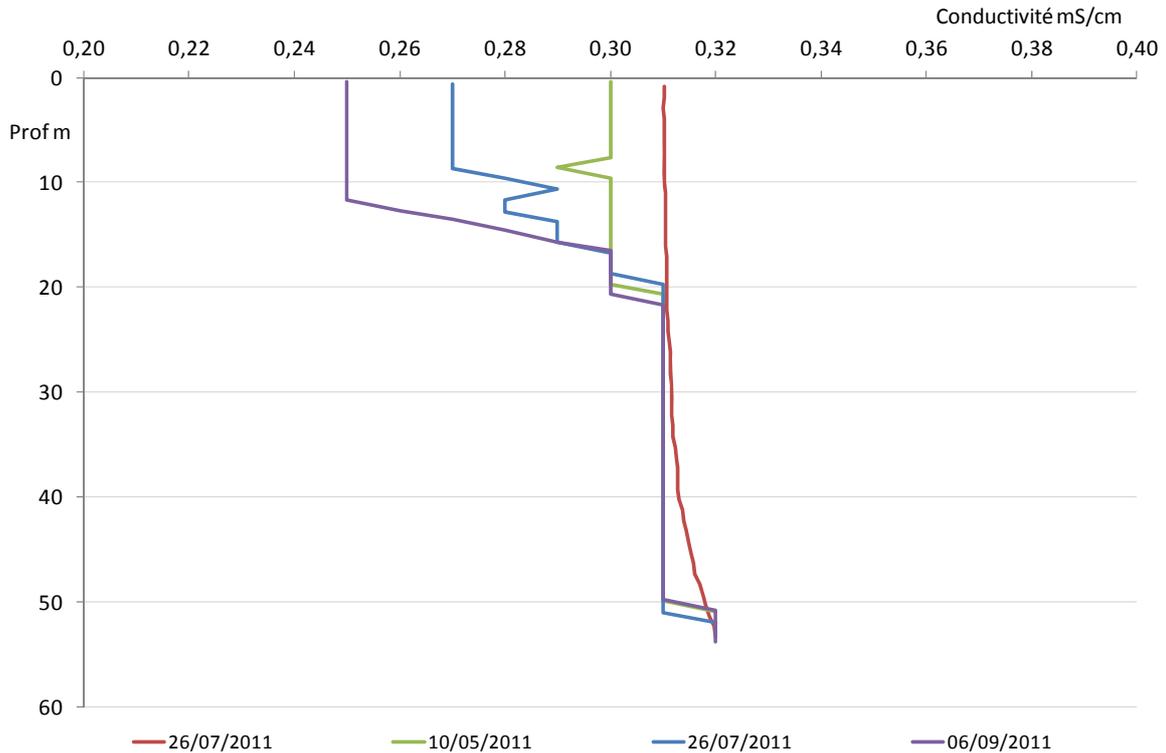
et la sédimentation de carbonate de calcium. Le calcium influençant significativement la conductivité, sa précipitation entraîne une diminution de cette dernière. Le minimum observé de conductivité est de 0,240 mS/cm de 0 à 10 m le 6 septembre.

A partir de la campagne après le brassage, la conductivité augmente progressivement dans l'hypolimnion profond (au-delà de 50m) tout le long de l'année. La minéralisation de la matière organique par l'activité bactérienne induit une désoxygénation qui entraîne le relargage de plusieurs sels dont des sels de fer. Le maximum est observé au mois de novembre avec 0,350 mS/cm au fond du Grand Lac.

Les valeurs mesurées pour les 4 échantillonnages effectués sur le Petit Lac ne permettent pas de souligner de particularité dans le petit bassin pour ce paramètre.



**Figure I. 14 : Profils de conductivité (mS/cm) dans le Grand Lac en 2011**



**Figure I. 15 : Profils de conductivité (mS/cm) dans le Petit Lac en 2011**

## I.5. TURBIDITE

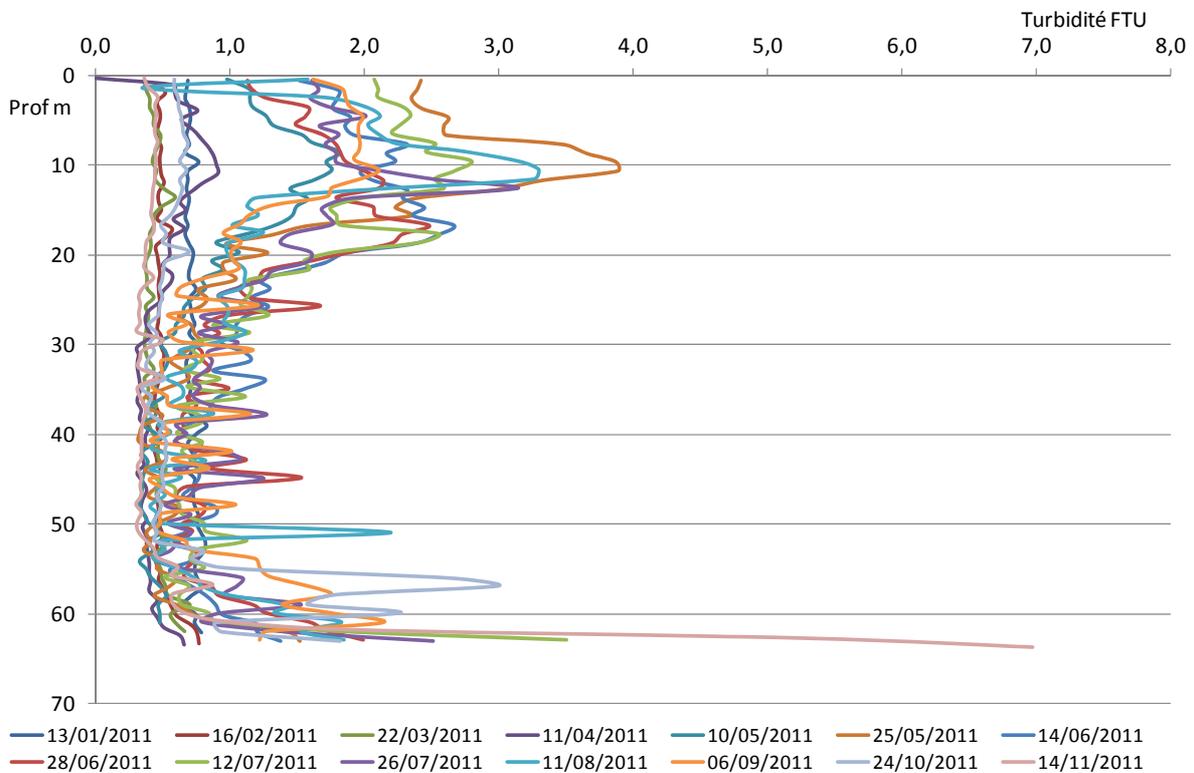
La turbidité est la mesure de la transmission de la lumière à 90° d'un rayon incident. Un profil de turbidité est effectué lors de chaque campagne à l'aide de la sonde multiparamètres. La turbidité de l'eau est provoquée par la présence de particules (micro-algues ou autres matières en suspension). La turbidité est exprimée en FTU (Formazine Turbidity Unit). A la différence de la transparence, la mesure de la turbidité n'intègre pas l'épaisseur de la couche d'eau mais donne une valeur à chaque profondeur.

La figure I.16 représente les profils de turbidité dans le Grand Lac en 2011.

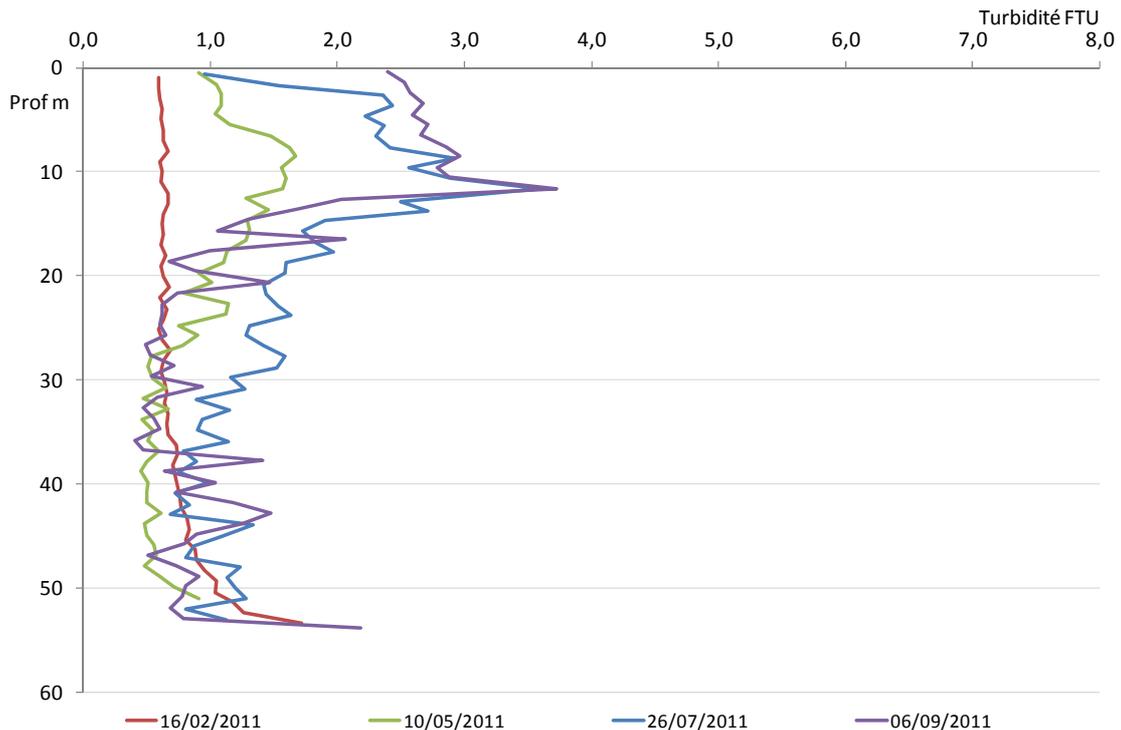
Les pics de turbidité dans l'épilimnion indiquent notamment la présence de phytoplancton. Il n'est toutefois pas possible d'établir de relation directe entre ces pics de turbidité et la biomasse phytoplanctonique. Le maximum de turbidité est observé à 11 m avec 3,8 FTU le 25 mai et il est du même ordre que les années précédentes.

Les fortes valeurs de turbidité au fond du Grand Lac en début et en fin d'année mettent en évidence la chute des particules détritiques ainsi que la précipitation d'hydroxydes, comme les oxy-hydroxydes de manganèse, suite à la réduction du manganèse contenu dans les sédiments. La turbidité du fond du lac augmente donc tout au long de l'année et le maximum est observé en fin d'année en novembre avec 7,3 FTU.

La figure I.17 représente les profils obtenus pour le Petit Lac en 2011. Les valeurs maximales de turbidité sont observées, en lien avec la production phytoplanctonique, dans les strates épi- et méta-limniques aux dates estivales.



**Figure I. 16 : Profils de turbidité (FTU) dans le Grand Lac en 2011**



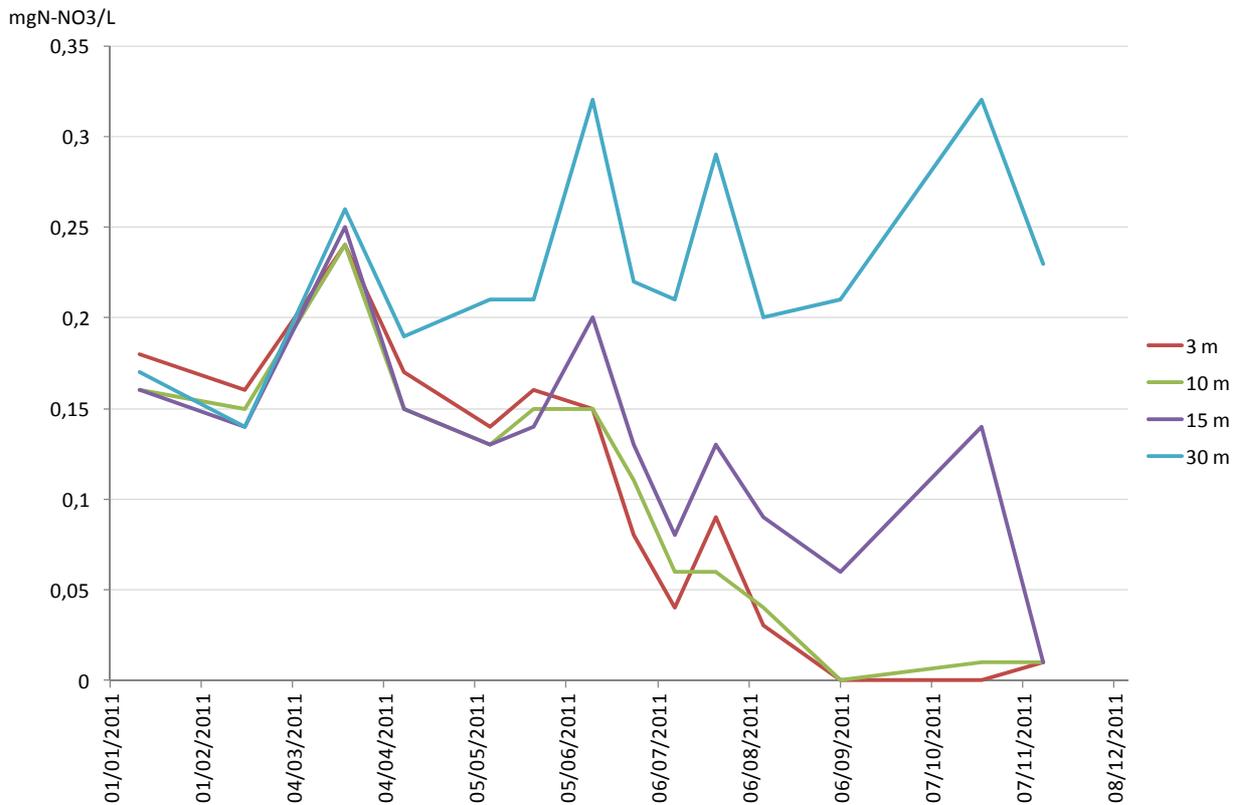
**Figure I. 17 : Profils de turbidité (FTU) dans le Petit Lac en 2011**

## I.6. AZOTE

L'azote est présent dans le lac sous différentes formes minérales à différents degrés d'oxydation (azote nitrique, azote ammoniacal, azote nitreux) et organique. L'azote nitreux ( $\text{N-NO}_2^-$ ) est présent dans des quantités négligeables par rapport aux autres formes que sont l'azote total, l'azote ammoniacal et l'azote nitrique. Les nitrites ( $\text{N-NO}_2^-$ ) sont en général immédiatement métabolisés dans les écosystèmes naturels et ils sont observables dans des concentrations faibles et relativement stables (à notre échelle d'étude). Ceci est confirmé chaque année par les deux campagnes complètes avec balance ionique. L'azote total (minéral + organique), l'azote ammoniacal ( $\text{N-NH}_4^+$ ) et l'azote nitrique ( $\text{N-NO}_3^-$ ) sont analysés ; l'azote organique est évalué par différence entre l'azote total et l'azote minéral ( $\text{N-NO}_3^- + \text{N-NH}_4^+$ ).

Durant l'hiver, le brassage induit une remise à disposition du stock de nutriments sur l'ensemble de la colonne d'eau. La concentration en azote nitrique, qui représente un nutriment azoté essentiel, est homogène dans la colonne d'eau le 22 mars avec une concentration de 0,26 mgN/L (concentration du même ordre de grandeur que celles

des années précédentes). La diminution de l'azote nitrique est visible et significative dès la campagne suivante le 11 avril et continue jusqu'à la fin de l'année jusqu'à 15 m (Figure I.18). Cette dynamique est cohérente avec la production phytoplanctonique qui utilise cet élément en tant que ressource nutritive. La consommation de cet élément n'atteint pas 30 m. Les concentrations minimales (0 à 0,01 mgN/L) sont observées entre le mois de septembre et le mois de novembre dans la partie supérieure de la colonne d'eau (de la surface jusqu'à 15 m). Cette déplétion en azote nitrique est plus marquée que ce n'était le cas les années précédentes.

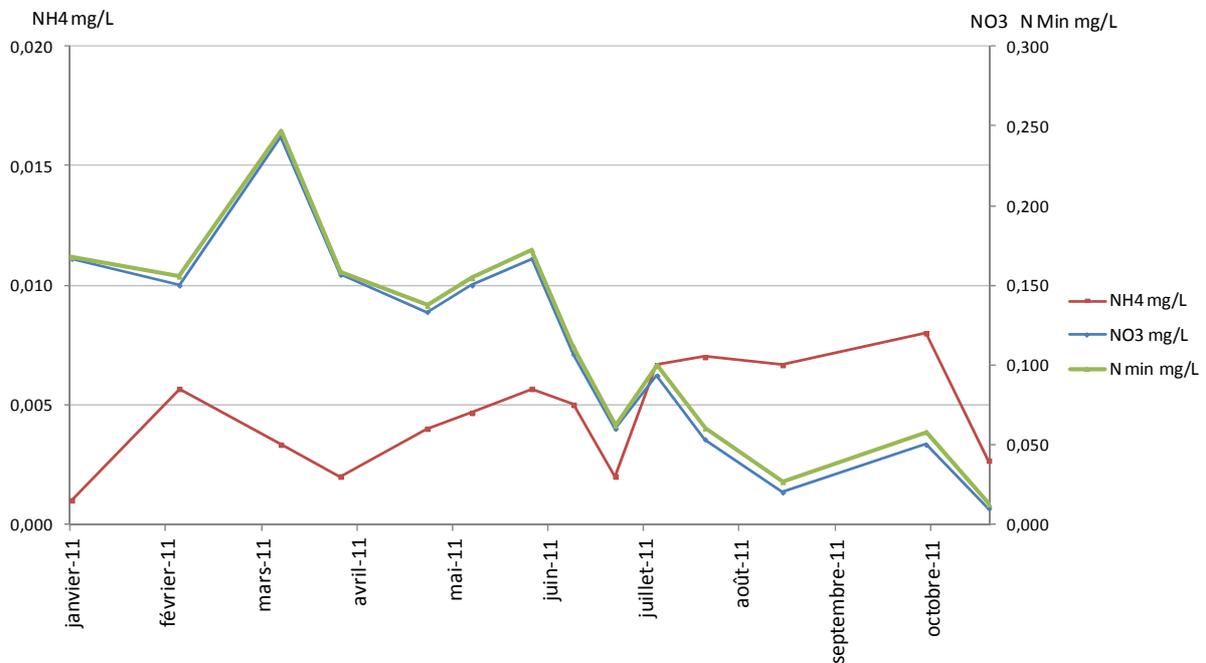


**Figure I. 18 : Évolution de la concentration en azote nitrique en mgN/L aux profondeurs 3 m, 10 m, 15 m et 30 m dans le Grand Lac en 2011**

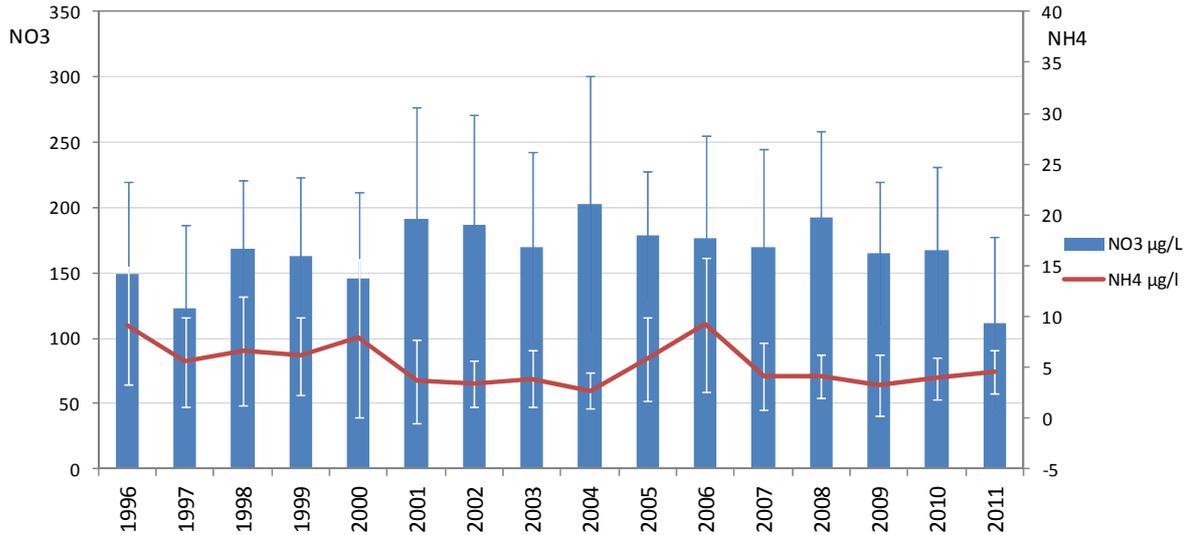
**Tableau I.2 : Concentration en azote nitrique en mgN/L aux profondeurs 3m, 10m, 15m, 30m dans le Petit Lac en 2011 (4 dates d'échantillonnage)**

		fev	mai	juil	sept
NO3- mgN/L	3m	0,14	0,16	0,09	0,01
	10m	0,14	0,14	0,11	0,01
	15m	0,14	0,14	0,15	0,06
	30m	0,14	0,21	0,25	0,21

L'azote ammoniacal ne présente pas de valeurs importantes dans l'épilimnion après l'homogénéisation. Au maximum, on observe 0,016 mgN/L à 15 m le 24 octobre dans le Grand Lac. Les valeurs moyennes (3m, 10m, 15m) oscillent entre 1 et 10 µgN/L dans la couche euphotique en 2011 (Figure I.19). Ces valeurs ne sont pas significativement différentes de celles mesurées au cours de la chronique 1996-2011. Dans le Petit Lac les concentrations en azote ammoniacal sont dans la même gamme de concentration (0,003 à 0,008 mgN/L dans la zone euphotique pour les 4 dates). La figure I.20 permet d'apprécier la stabilité des teneurs en composés azotés (N-NO<sub>3</sub> et N-NH<sub>4</sub>) au cours des 16 dernières années (observation de la couche euphotique).

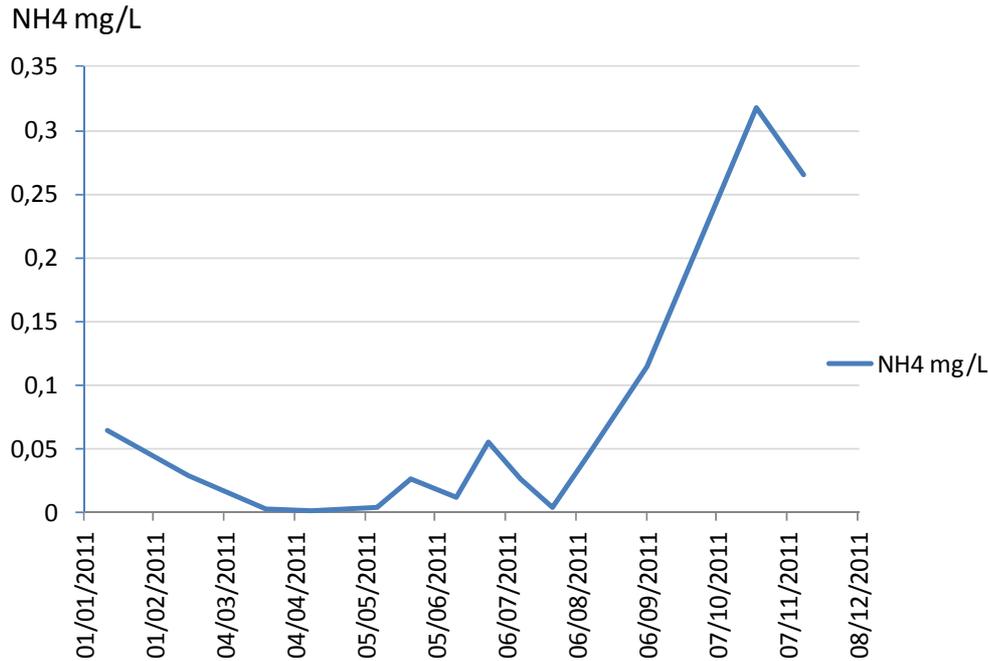


**Figure I. 19 : Évolution de la concentration moyenne en azote nitrique azote ammoniacal et N minéral (mgN/L) dans la zone euphotique du Grand Lac en 2011**



**Figure I. 20 : Évolution temporelle des concentrations moyennes annuelles en azote nitrique et azote ammoniacal dans la couche euphotique du Grand Lac**

Dans l'hypolimnion, l'azote ammoniacal est formé par les conditions réductrices, ainsi de manière continue à partir du mois de mai, la concentration en azote ammoniacal augmente au fond du Grand Lac pour atteindre un maximum de 0,318 mgN/L le 24 octobre, cette valeur est dans la gamme des valeurs moyennes enregistrées au cours de la chronique (Figure I.21). Les mesures (4 dates) effectuées sur le Petit lac ne permettent pas d'apprécier finement cette dynamique, toutefois on observe effectivement en septembre une concentration maximale (0,088 mgN/L) en zone profonde (55m) du Petit Lac (0,005 ; 0,005 ; 0,029 et 0,088 mgN/L respectivement en février, mai, juillet et septembre à 55m dans le Petit Lac).

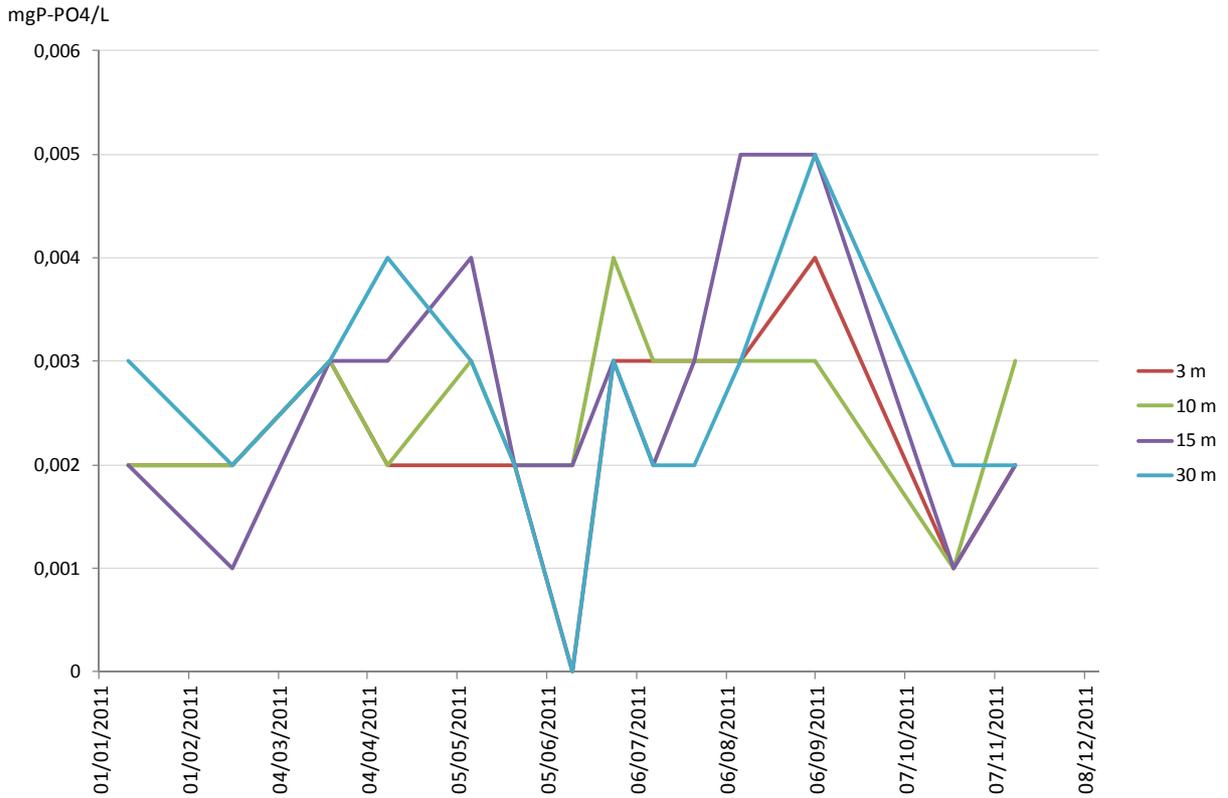


**Figure I. 21 : Évolution des concentrations en azote ammoniacal en µgN/L au fond du Grand Lac en 2011**

## I.7. PHOSPHORE

Comme l'azote, le phosphore est présent sous différentes formes dans le lac. Nous analysons la forme soluble réactive, considérée comme orthophosphate, et le phosphore total comportant le phosphore dissous et le phosphore particulaire. Le lac d'Annecy est caractérisé par des concentrations faibles en phosphore total et très faibles en orthophosphate, en conséquence, les dynamiques de l'orthophosphate, forme directement biodisponible du phosphore, sont difficiles à étudier.

Lors de l'homogénéisation de la colonne d'eau, le stock de phosphore remis à disposition correspond à une concentration moyenne de 0,006 mgP/L de phosphore total et 0,003 mgP/L d'orthophosphate dans le Grand Lac. Durant tout le reste de l'année, la concentration en orthophosphate dans l'épilimnion reste à cet état de trace et oscille entre 0 et 0,005 mgP/L (Figure I.22). Une valeur maximale de 0,009 mgP/L est observée à 30m de manière ponctuelle (en avril) mais le seuil des 10 µgP/l n'est jamais atteint.



**Figure I. 22 : Évolution de la concentration en orthophosphate en mgP/L aux profondeurs 3 m, 10 m, 15 m et 30 m dans le Grand Lac en 2011**

Si, à titre indicatif, on se réfère aux grilles de qualité des eaux de type DCE, le lac d'Annecy se situe clairement dans des eaux de très bon état écologique (cette comparaison doit être faite avec réserve car les procédures d'échantillonnage DCE sont quelque peu différentes : échantillonnage intégré sur une profondeur égale à 2.5 fois le Secchi ; la conclusion reste toutefois valide).

	Limites des classes d'état écologique des plans d'eau							
	Très bon	bon	moyen	médiocre	mauvais			
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> maximal (mg P/L)	0,01	0,0	0,03	0,05				
P Total maximal (mg P/L)	0,015	0,0	0,06	0,1				

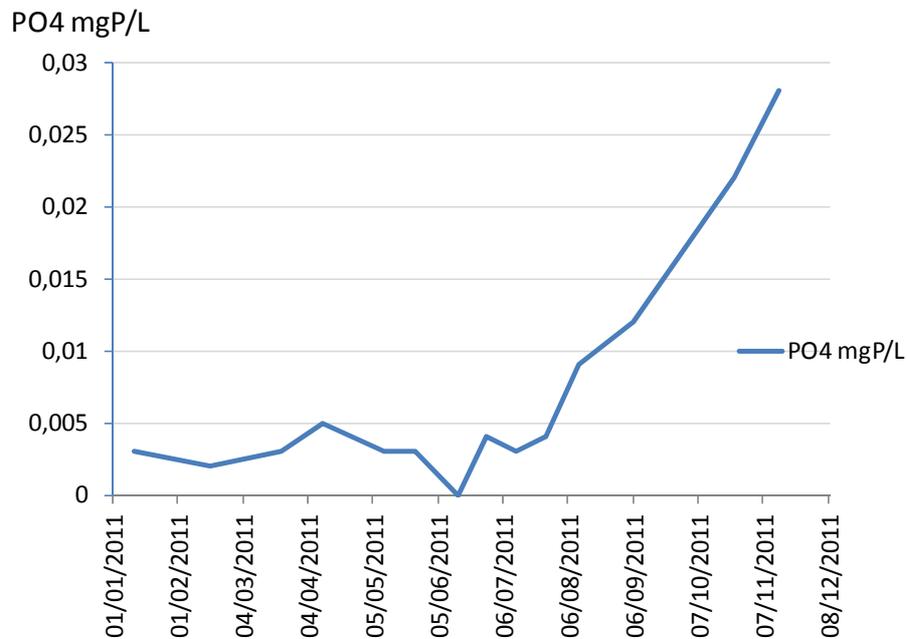
Référence : Guide Technique 'Évaluation de l'état des eaux douces de surface de métropole'  
[http://www.eaufrance.fr/IMG/pdf/GuidetechniqueREEE-ESC\\_30mars2009.pdf](http://www.eaufrance.fr/IMG/pdf/GuidetechniqueREEE-ESC_30mars2009.pdf)

Les valeurs mesurées dans le Petit Lac sont du même ordre de grandeur que celles du Grand Lac (Tableau I.3).

**Tableau I.3 : Concentration en orthophosphate en mgP/L aux profondeurs 3m, 10m, 15m, 30m dans le Petit Lac en 2011 (4 dates d'échantillonnage)**

		fev	mai	juil	sept
<b>PO4</b> mgP/L	3m	0,002	0,002	0,003	0,004
	10m	0,002	0,003	0,004	0,004
	15m	0,002	0,003	0,004	0,004
	30m	0,002	0,003	0,003	0,006

Dans les conditions réductrices caractéristiques de la zone profonde au niveau de laquelle l'anoxie s'installe à partir du réchauffement de la masse d'eau et, en lien avec les phénomènes de reminéralisation de la matière organique qui s'opèrent dans la zone profonde, les teneurs en orthophosphates augmentent à partir de l'été à 65m (Grand Lac) comme l'illustre la figure I.23.

**Figure I. 23 : Évolution des concentrations en orthophosphate en µgN/L au fond du Grand Lac en 2011**

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

La valeur du rapport azote/phosphore (N/P) dans l'eau permet de distinguer l'élément nutritif limitant la production photosynthétique (Redfield, 1985). Le rapport optimal moyen N/P requis pour la croissance de la plupart des espèces

phytoplanctoniques est estimé à 16 atomes d'azote pour 1 atome de phosphore, soit un rapport en masse de 7/1.

Le tableau I.4 présente le rapport azote minéral/orthophosphate ( $([\text{NH}_4^+] + [\text{NO}_3^-])/[\text{PO}_4^{3-}]$ ) calculé sur la moyenne des concentrations mesurées dans la couche euphotique (3 m, 10 m et 15 m) dans le Grand Lac en 2011. Ce rapport concerne donc les formes nutritives directement biodisponibles.

**Tableau I. 4 : Rapport azote minéral/orthophosphate dans la couche euphotique dans le Grand Lac (moyenne 3 m, 10 m et 15 m)**

date	Nminéral/Orthophosphate
11 janvier 2011	84
16 février 2011	93
22 mars 2011	82
11 avril 2011	68
10 mai 2011	46
25 mai 2011	77
14 juin 2011	129
28 juin 2011	34
12 juillet 2011	23
26 juillet 2011	33
11 août 2011	16
6 septembre 2011	7
24 octobre 2011	58
14 novembre 2011	5

Ce tableau indique que le rapport  $[\text{Nmin}]/[\text{PO}_4]$  est supérieur à 7 toute l'année excepté en septembre et novembre où il est légèrement inférieur ou égal à 7. Le phosphore est très globalement le facteur limitant de la production photosynthétique. L'orthophosphate est à partir du brassage jusqu'à la fin de l'année à l'état de trace alors que l'azote minéral est à des concentrations supérieures à 30  $\mu\text{gN/L}$  jusqu'au mois de juillet, puis diminue à des concentrations inférieures à 10  $\mu\text{gN/L}$  (ce qui est relativement bas sur l'ensemble de la chronique).

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

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

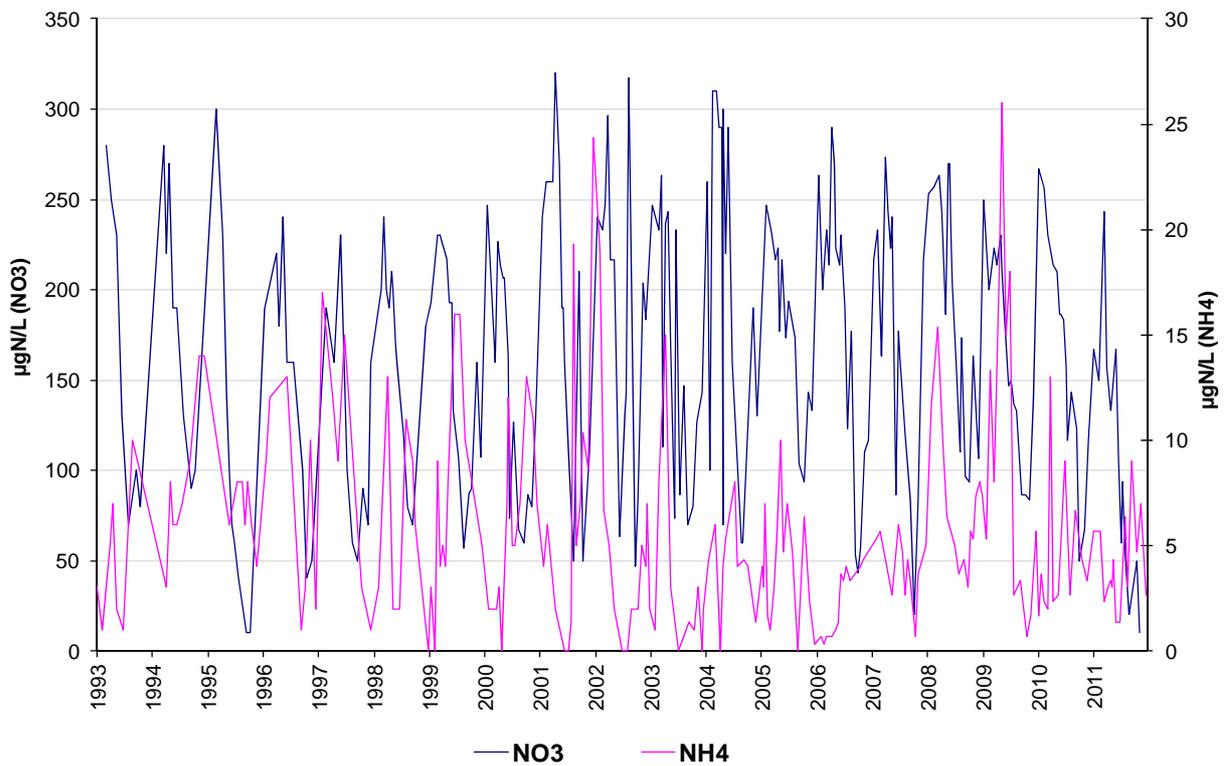
Le tableau I.5 présente l'évolution du stock de phosphore total et orthophosphate depuis 1991 vu au travers des concentrations mesurées au moment du brassage. Le stock en phosphore total varie selon les années mais la concentration moyenne en orthophosphate se maintient à l'état de trace depuis les années 90.

Les évolutions de 1993 à 2011 des concentrations moyennes des formes de l'azote et du phosphore dans la couche euphotique du Grand Lac (3m, 10 m et 15 m) sont représentées dans les figures I.24, I.25 ; l'évolution des rapports  $[N_{min}]/[PO_4^{3-}]$  et  $[N_{tot}]/[P_{tot}]$  sont illustrés sur la figure I.26. La dynamique annuelle de l'azote nitrique dans la couche euphotique indique une forte consommation par l'activité biologique en 2011, du même ordre de grandeur qu'en 1995 et 2005. Les concentrations en orthophosphate dans la couche euphotique sont toujours faibles avec de faibles amplitudes de variation.

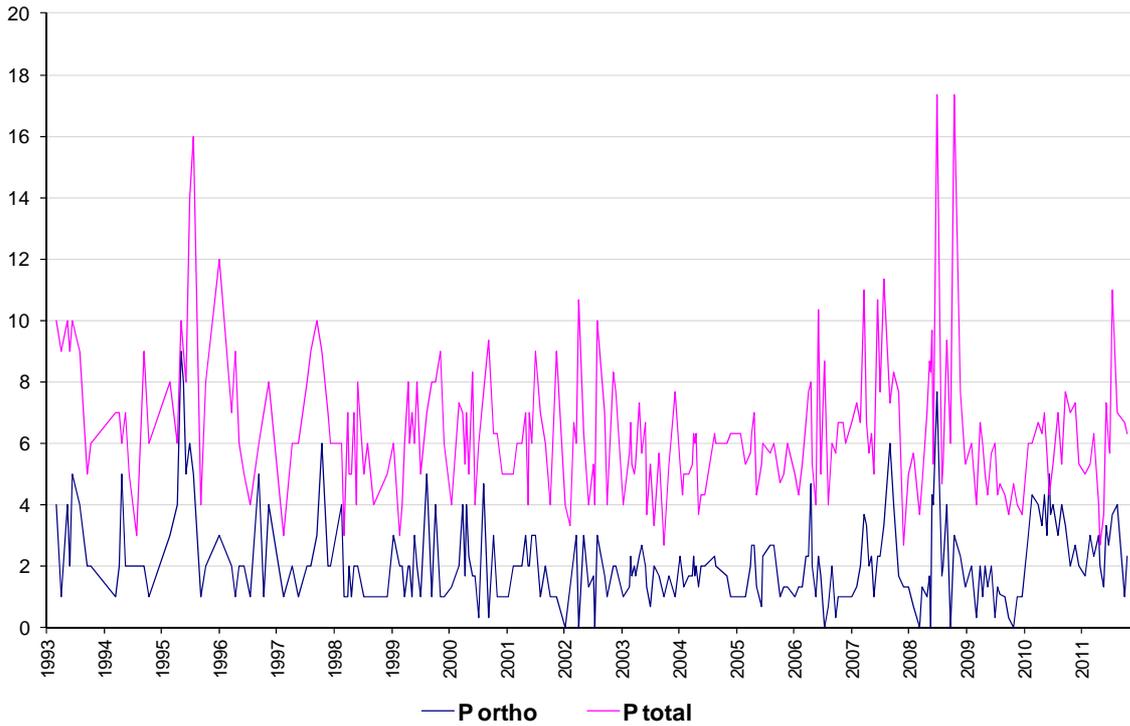
**Tableau I. 5 : Évolution de la concentration moyenne de la surface au fond du Grand Lac en phosphore total et orthophosphate au brassage de 1991 à 2011**

	P ortho	P total
févr-91	2,8	6,0
févr-92	0,0	7,2
mars-93	5,2	10,5
mars-94	1,2	7,0
févr-95	2,8	8,0
févr-96	2,5	6,0
févr-97	1,0	2,7
mars-98	4,0	4,0
févr-99	3,0	6,0
mars-00	1,7	6,8
mars-01	4,0	8,2
févr-02	1,3	3,3
janv-03	1,2	4,0

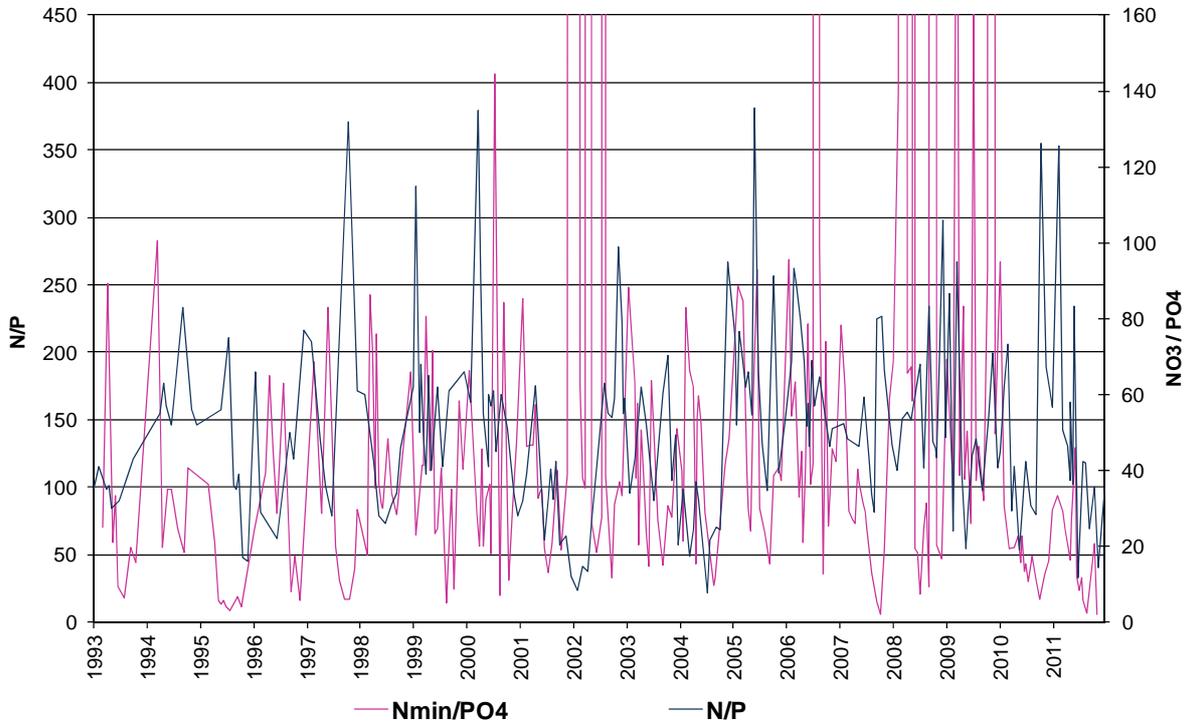
janv-04	2,5	6,3
mars-05	1,0	5,3
mars-06	1,7	5,7
mars-07	1,7	2,5
févr-08	0,3	5,7
févr-09	2,1	5,5
févr-10	3,3	6,5
mars-11	<b>3,0</b>	<b>6,0</b>
<b>Moyenne 1991 – 2010</b>	<b>2,2</b>	<b>5,9</b>
<b>(+/- ecart type)</b>	<b>(+/- 1,3)</b>	<b>(+/- 1,9)</b>



**Figure I. 24 : Évolution des formes de l'azote (µgN/L) de 1993 à 2011 en moyenne dans la couche euphotique du Grand Lac**



**Figure I. 25 : Évolution des formes du phosphore ( $\mu\text{gP/L}$ ) de 1993 à 2011 en moyenne dans la couche euphotique du Grand Lac**



**Figure I. 26 : Évolution du rapport azote/phosphore de 1993 à 2011 en moyenne dans la couche euphotique du Grand Lac**

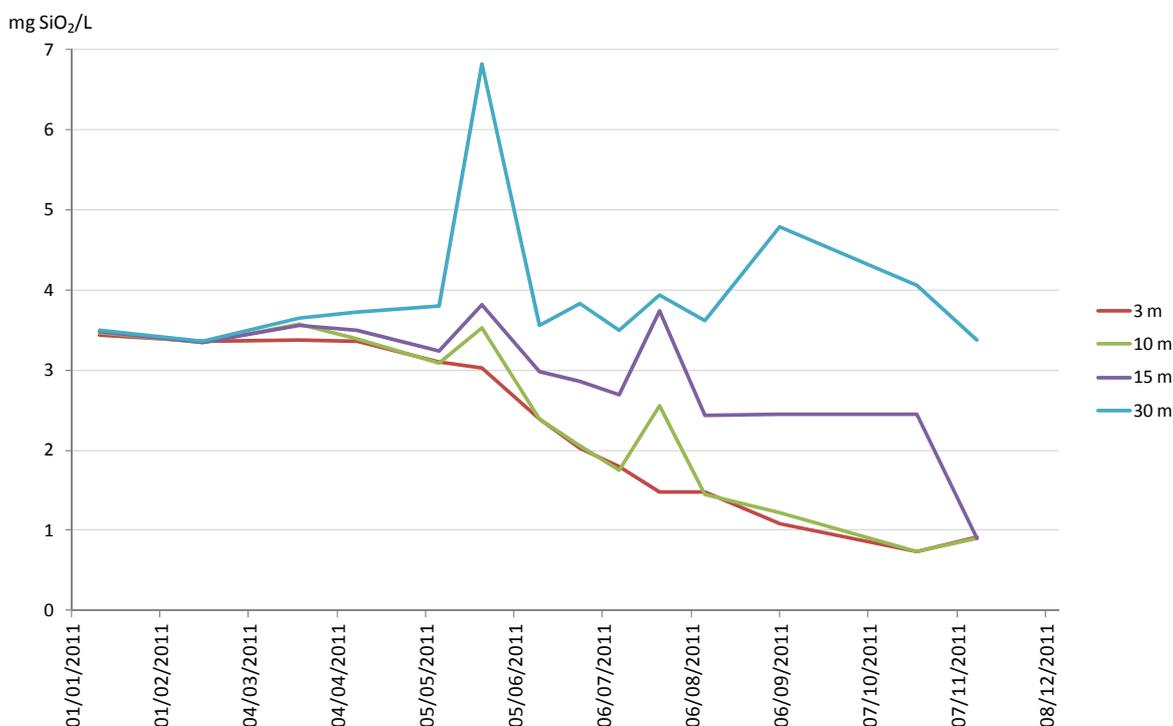
## I.10. SILICE

La silice est un nutriment essentiel pour les diatomées qui l'utilisent pour la construction de leurs frustules.

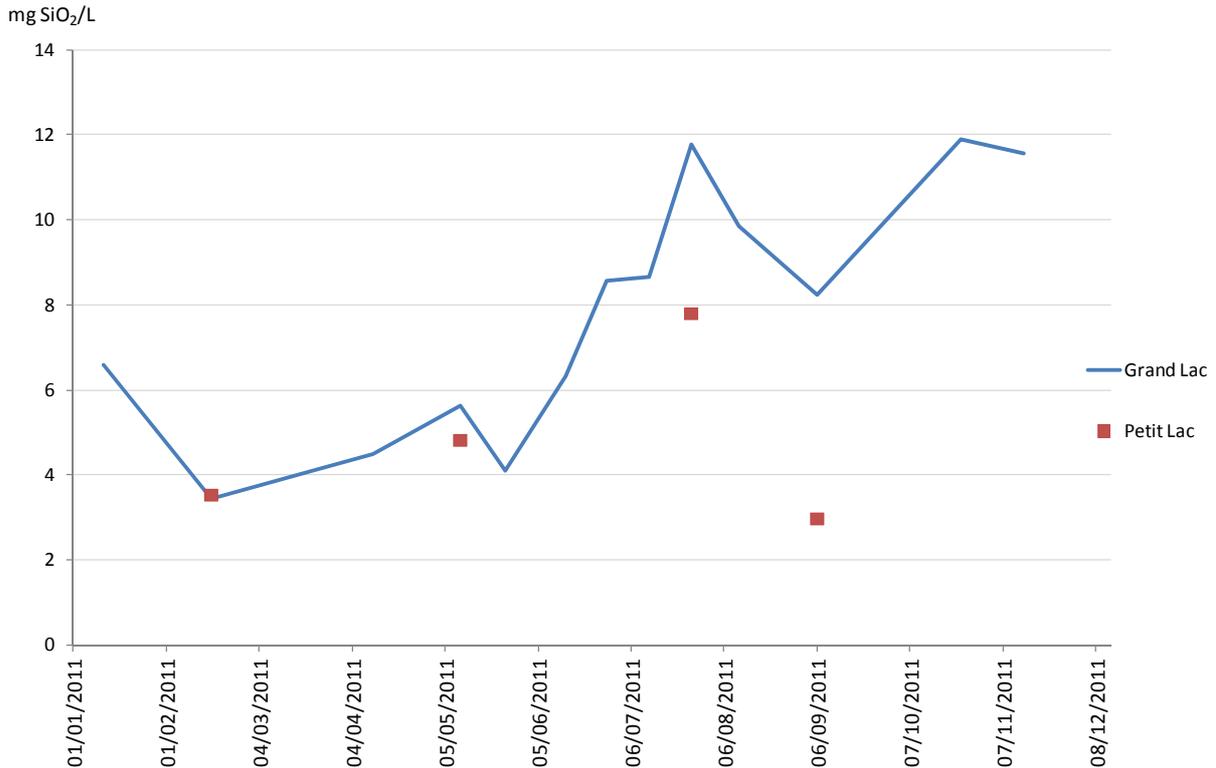
De la même manière que pour les autres nutriments, le brassage remet à disposition le stock de silice réactive à partir de l'hypolimnion. Pour l'année 2011, la concentration moyenne est, lors de l'homogénéisation, de 3,4 mg/L dans le Grand Lac (16 février).

La concentration diminue ensuite significativement dans la couche euphotique à partir du mois de mai avec le développement des diatomées ; dans le même temps la concentration en silice augmente à 30 m et au fond du lac (Figures I.27 et I.28). Les valeurs minimales en zone éclairée sont observées en fin d'année avec un minimum de 0,7 mg/L au mois d'octobre à 3 m et 10 m.

Dans l'hypolimnion, les frustules des diatomées sédimentées se dissolvent dans les conditions chimiques et biologiques du fond du lac. On peut alors observer une augmentation de la concentration en silice réactive dans le fond du Grand Lac comme on le constate sur la figure I.28. Les maxima sont observés à la fin de l'année avec 11,9 mg/L dans le Grand Lac le 24 octobre ; cette valeur est du même ordre de grandeur que celles observées les années précédentes.



**Figure I.27 : Évolution de la concentration en silice réactive en mgSiO<sub>2</sub>/L aux profondeurs 3 m, 10 m, 15 m et 30 m dans le Grand Lac en 2011**



**Figure I. 28 : Évolution de la concentration en silice réactive (mgSiO<sub>2</sub>/L) au fond du Grand Lac et du Petit Lac en 2011**

### I.11. STOCKS EN CATIONS (Ca, Mg, Na, K) ET EN ANIONS (Cl, SO<sub>4</sub>)

A partir de l'année 2003, les stocks des ions majeurs (cations : calcium, magnésium, sodium, potassium et anions : chlorure, sulfate) sont calculés à partir de campagnes d'analyses complètes. Les résultats pour les années 2003 à 2011 sont représentés sur le tableau I.6.

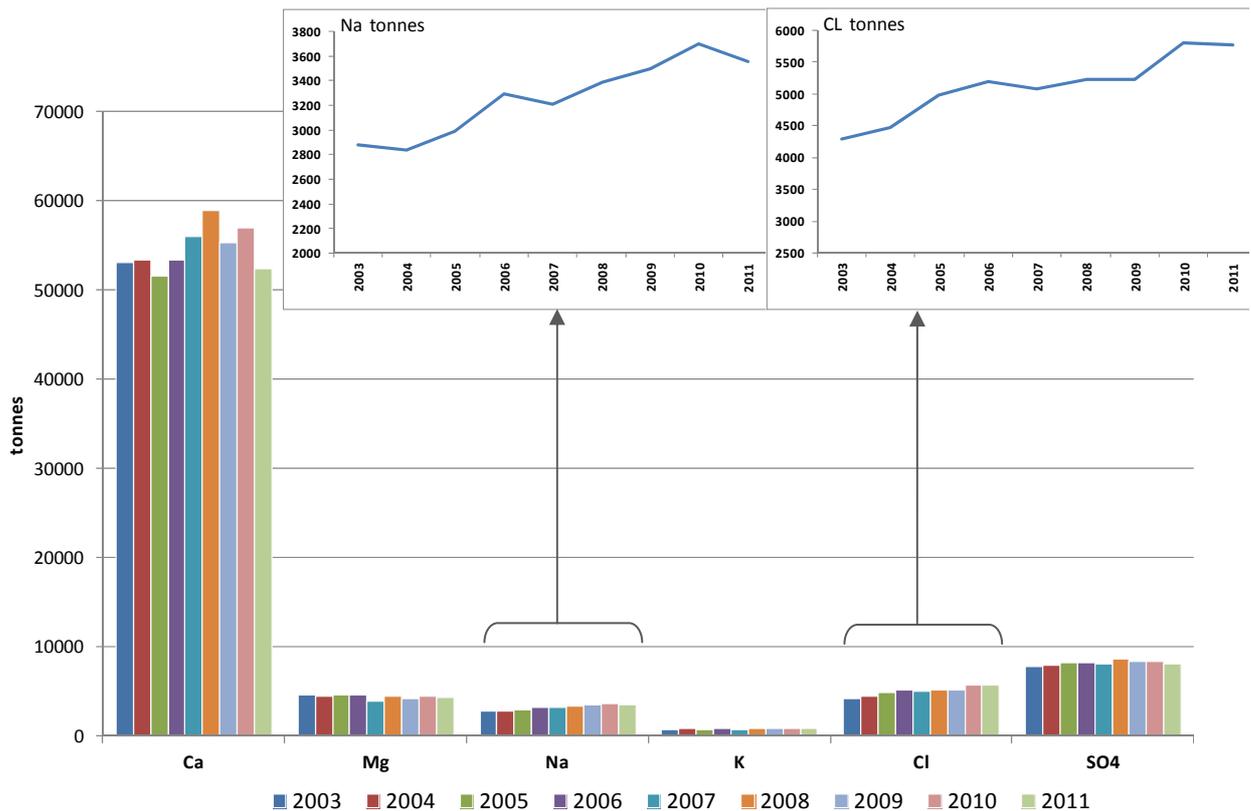
Ces ions sont répartis de façon homogène le long de la colonne d'eau, mis à part le calcium durant les phases de photosynthèse (ce dernier est en effet en plus faible concentration en surface car il précipite sous forme de calcaire (cf. tableau I.6.)).

Depuis le début des mesures de ces ions majeurs, les concentrations des ions calcium, magnésium, potassium n'évoluent pas de manière significative (Figure I.29). Des tendances à l'augmentation des teneurs en chlorure et sodium sont détectables. La concentration en chlorure passe de 3,8 mg/L en 2003 à 5,1mg/L en 2010 et 2011.

Une augmentation du stock de chlorure a été précédemment constatée dans le lac Léman (2mg/L en 1965, 7,5mg/l en 2000, 8,7mg/L en 2008) avec une augmentation quasi linéaire de 2% par an ; dans le cas d'Annecy la dynamique n'est pas totalement linéaire (les augmentations variant de 0 à 11% par an, maximum observé en 2005 et 2010). Sur le Léman, le stock en chlorure est aujourd'hui quasi constant (depuis 2006 ; Lazzarotto & Rapin, rapport CIPEL 2009). Les analyses visant à déterminer les origines de cette pollution par le chlorure, ont montré (en 2001) que les deux sources principales étaient l'industrie (50% des apports) et les sels de déneigement (environ 20% des apports). Cette étude menée par Gumy & de Alencastro (2001) indiquait également que les valeurs observées dans le Léman sont très inférieures aux valeurs toxiques citées dans la littérature. Les valeurs de concentration en chlorure actuellement mesurées sur le Lac d'Annecy ne présentent donc pas de risque de toxicité pour les différentes espèces aquatiques.

**Tableau I. 6 : Stocks des cations et anions majeurs de 2003 à 2011**

		Ca	Mg	Na	K	Cl	SO <sub>4</sub>
<b>2003</b>	Stock GL en tonnes	53065	4624	2881	730	4288	7882
	Stock GL en mg/L	47,07	4,01	2,56	0,65	3,80	6,99
<b>2004</b>	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
<b>2005</b>	Stock GL en tonnes	51619	4637	2985	806	4975	8276
	Stock GL en mg/L	45,78	4,11	2,65	0,72	4,41	7,34
<b>2006</b>	Stock GL en tonnes	53467	4618	3289	891	5192	8218
	Stock GL en mg/L	47,42	4,10	2,92	0,79	4,60	7,29
<b>2007</b>	Stock GL en tonnes	56021	3976	3208	818	5081	8090
	Stock GL en mg/L	49,69	3,53	2,85	0,73	4,51	7,18
<b>2008</b>	Stock GL en tonnes	58933	4506	3383	846	5235	8685
	Stock GL en mg/L	52,27	4,00	3,00	0,75	4,64	7,70
<b>2009</b>	Stock GL en tonnes	55353	4279	3494	950	5234	8466
	Stock GL en mg/L	49,10	3,80	3,10	0,84	4,64	7,51
<b>2010</b>	Stock GL en tonnes	57065	4449	3700	872	5796	8429
	Stock GL en mg/L	50,60	3,95	3,28	0,77	5,14	7,47
<b>2011</b>	Stock GL en tonnes	52391	4382	3553	853	5771	8072
	Stock GL en mg/L	46,45	3,89	3,15	0,76	5,12	7,16

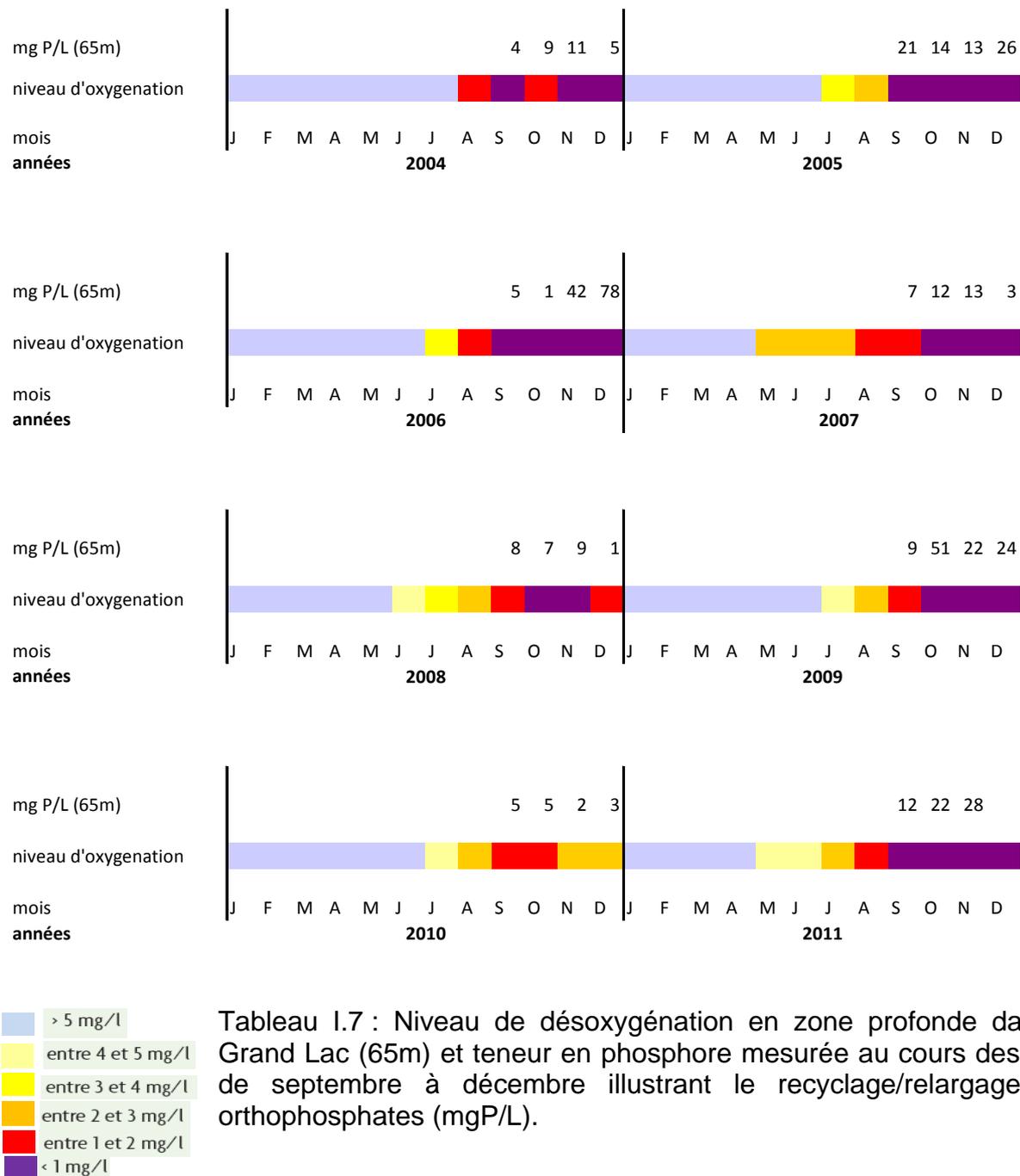


**Figure I. 29 : Évolution interannuelle des stocks de calcium, magnésium, sodium, potassium, chlorure et sulfate de 2003 à 2011 dans la Grand Lac. Zoom sur la dynamique des teneurs en chlorure et en sodium (2 encarts supérieurs)**

## I.12. CONCLUSION RELATIVE AUX PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

Au cours de l'hiver 2010-2011, l'homogénéisation thermique de la colonne d'eau a permis un brassage complet comme cela est classiquement observé pour le Lac d'Annecy. Le fond du lac a été bien réoxygéné et les nutriments ont été redistribués à partir de l'hypolimnion. Cependant, le stock en phosphore remis à disposition est toujours faible et limite majoritairement l'activité phytoplanctonique. La reprise de l'activité phytoplanctonique est détectable rapidement après le brassage, en mars. L'azote nitrique, comme les formes d'orthophosphate, sont consommés à partir de ce moment jusqu'à atteindre des concentrations très faibles voire limitantes en fin d'année. Au fond du lac, la désoxygénation s'opère de manière précoce cette année (dès le milieu du mois de mai on observe des valeurs d'oxygène inférieures à 5 mg d'O<sub>2</sub>/L en zone profonde), et cette désoxygénation devient complète au niveau du fond en fin

d'année, ce qui est assez rare dans la chronique. Cette désoxygénation a entraîné un relargage significatif de phosphore total. Il s'agit toutefois de concentrations en phosphore qui restent modérées au regard des teneurs quantifiées au cours des dernières années (Tableau I.7). Les valeurs de phosphore dissous issu du recyclage biologique de la matière organique et/ou relargué à partir du sédiment dans les conditions d'anoxie, sont présentées sur le tableau ci-dessous en lien avec la précocité, la durée et l'intensité de la désoxygénation (8 dernières années).



Les valeurs de transparence et de teneurs en éléments nutritifs (nitrates, orthophosphates) permettent de souligner le caractère oligotrophe du lac, et le très bon niveau de qualité des eaux au regard des critères classiques de l'évaluation des eaux continentales (norme DCE).

Les stocks en ions majeurs du lac restent globalement constants (en lien avec la stabilité géochimique des apports du bassin versant) ; toutefois une tendance à l'augmentation des teneurs en chlorure (et sodium) est enregistrée sur la chronique 2003-2011. Les valeurs de concentrations atteintes pour ces ions ne présentent pas de risque écologique.

# ETUDES BIOLOGIQUES

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

### II.1.1. PHYTOPLANCTON : ASPECTS METHODOLOGIQUES

En 2011, 14 campagnes de prélèvements ont été effectuées dans le Grand Lac d'Annecy et 4 campagnes dans le Petit Lac. Les méthodes d'échantillonnages et de dénombrements du phytoplancton n'ont pas été modifiées. Les échantillons d'eau brute ont été prélevés dans la couche 0-18 m avec un appareil intégrateur (Brevet INRA, (Pelletier & Orand, 1978)) (photo 1). Après la récolte, les échantillons sont immédiatement fixés au lugol, réactif iodo-ioduré qui assure la conservation du phytoplancton et colore l'amidon des cellules, ce qui rend leur identification plus aisée.



**Photo 1 : Appareil intégrateur**

Les échantillons d'eau brute fixés au lugol sont préparés selon la technique d'Utermöhl, méthode normalisée au niveau français et européen (Norme NF EN 15204, (Afnor, 2006)). Un sous-échantillon de 50 ml est versé dans un cylindre surmontant une chambre de sédimentation et il est 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 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.

Les abondances sont exprimées en nombre de cellules algales ou de colonies par millilitre d'eau brute, puis transformées en biomasse (poids frais en µg/L). Les moyennes annuelles présentées dans les divers tableaux correspondent à des moyennes arithmétiques de tous les prélèvements effectués dans l'année. Le détail des modes opératoires est donné dans Druart & Rimet (2008).

### II.1.2. ZOOPLANCTON : ASPECTS METHODOLOGIQUES

L'échantillonnage s'effectue à l'aide d'un filet de maille de 200 µm lors de traits verticaux réalisés depuis 50 mètres de profondeur jusqu'en surface. La stratégie d'échantillonnage du Lac d'Annecy a été réduite depuis 2010. La fréquence de suivi du Grand Lac n'a pas été affectée, avec un échantillonnage mensuel, puis bihebdomadaire de Mai à Juillet. Le suivi sur le Petit Lac a été restreint à 4 échantillons par an (Mars, Mai, Juillet et Septembre). Les résultats des comptages de 2011 sur le Petit Lac ne seront analysés qu'en termes de variabilité inter-annuelle.

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

L'abondance de chaque catégorie taxonomique (nombre d'individus par unité de surface) est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Abondance} = N_{\text{ind.ss.ech}} \times \frac{V_{\text{ech.total}}}{V_{\text{ss.ech}}} \times \frac{H_{\text{filtrée}}}{V_{\text{filtré}}}$$

Où:  $N_{ind.ss.ech}$  est le nombre d'individus dénombrés dans le sous-échantillon,  $Vol_{ech.total}$  est le volume de l'échantillon total ajusté (en mL),  $Vol_{ss.ech}$  est le volume du sous-échantillon (en mL),  $H_{filtrée}$  est la hauteur de colonne d'eau filtrée, ou profondeur du prélèvement (50 m) et  $V_{filtré}$  le volume filtré par le filet (4,81 m<sup>3</sup>).

## II.2. LE PHYTOPLANCTON

### II.2.1. Evolution saisonnière de l'année 2011

#### Evolution des classes d'algues

Les figures II.1 et II.2 présentent les évolutions saisonnières des principales classes algales (*sensu* Bourrelly 1972, 1981, 1985) pour l'année 2011 dans le Grand et le Petit Lac d'Annecy.

Dans le Grand Lac, plusieurs phases peuvent être individualisées pour l'année 2011 :

- Une phase hivernale (13 janvier au 22 mars) au cours de laquelle la biomasse phytoplanctonique est faible. Ce sont principalement les Diatomées centriques, les Cryptophycées et les Chrysophycées qui composent alors l'assemblage phytoplanctonique.
- Une phase printanière (avril-juin) durant laquelle la biomasse augmente fortement et atteint la valeur maximale de l'année le 10 mai (>1000 µg/L). A la suite du développement printanier, il n'est pas observé de phase d'eau claire, bien que la biomasse phytoplanctonique soit significativement réduite entre le 10 mai et le 24 mai (à cette période la transparence n'est pas significativement accrue comme c'est le cas en phase d'eau claire). Cette diminution de biomasse s'accompagne d'une modification nette de la structure des communautés phytoplanctoniques (en termes d'espèces présentes : par exemple remplacement de la diatomée *Cyclotella bodanica* par *Cyclotella costei* en tant que diatomées centrées dominantes).
- La phase estivale (12 juillet au 11 août) est caractérisée par une biomasse dominée par les Diatomées et les Chrysophycées. On note également la présence de Cyanobactéries qui représentent jusqu'à 41% de la biomasse phytoplanctonique en juillet. Il s'agit essentiellement de la cyanobactérie *Chroococcus limneticus*, qui n'est pas une cyanobactérie filamenteuse, mais

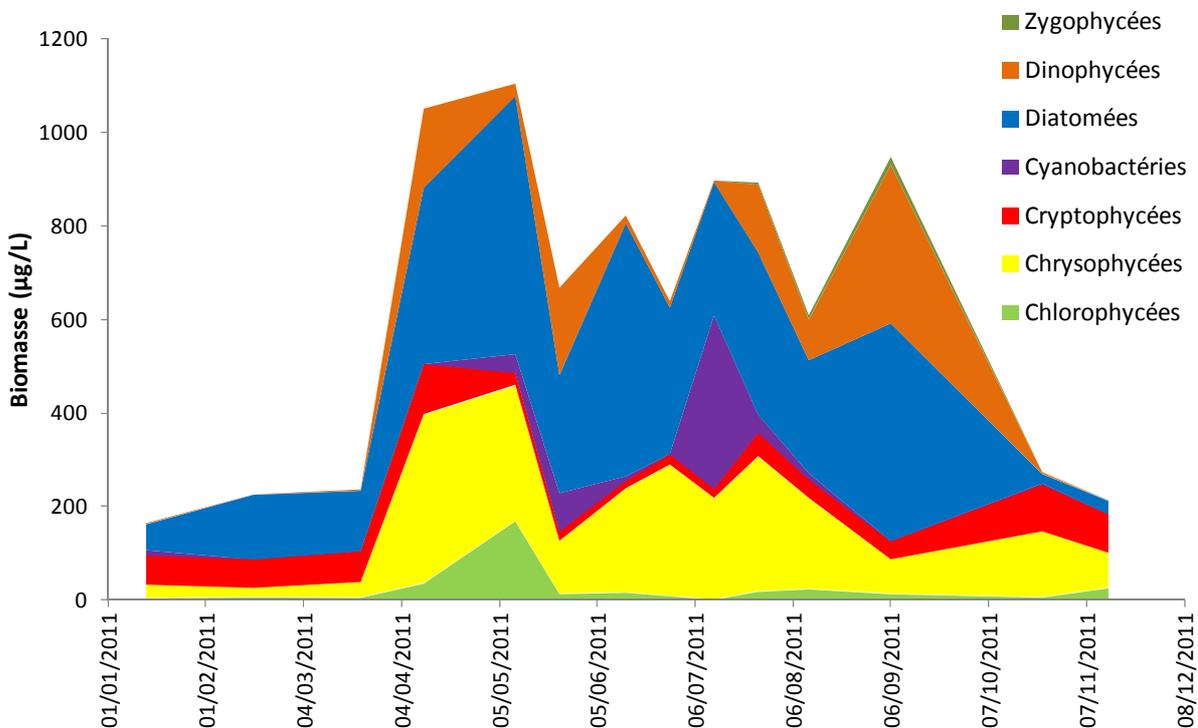
forme des colonies de petite taille (2, 4 ou 8 cellules : taille des cellules env. 10µm), ne présentant pas de cyanotoxine.



Petr Hašler, Olympus BX60

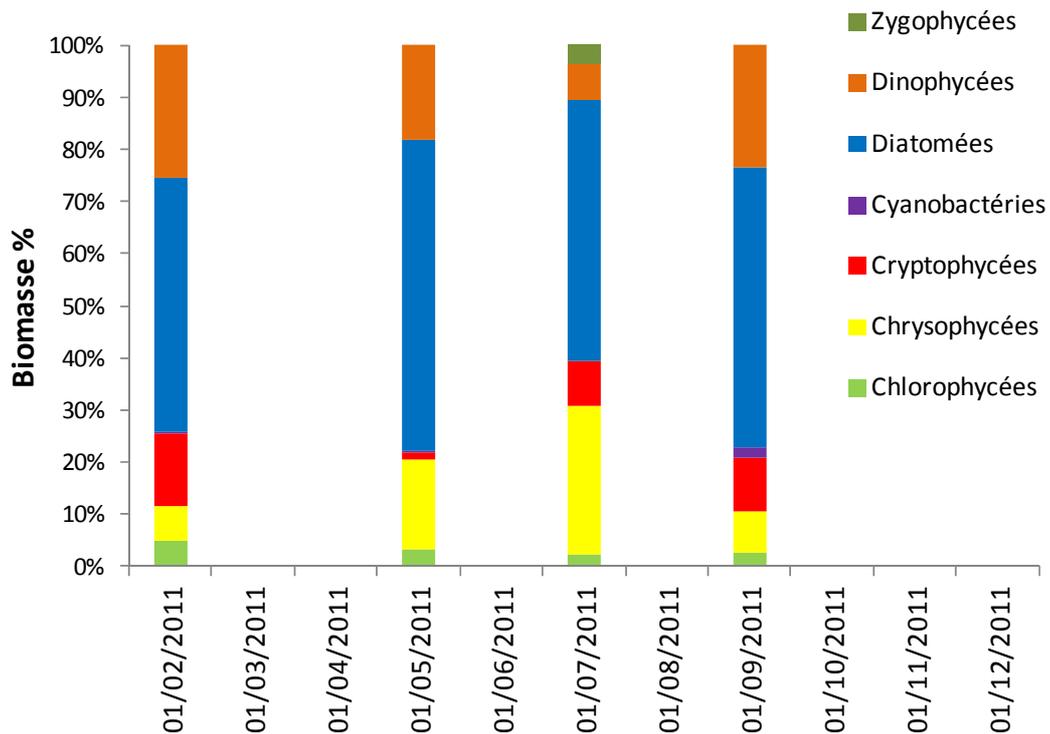
Photo de la cyanobactérie *Chroococcus*

- La période de fin d'été-début d'automne marque ensuite un changement de composition relative au sein du phytoplancton, avec une biomasse dominée par les Dinophycées et les Diatomées.
- En fin d'automne (24 octobre au 14 novembre), la biomasse régresse fortement en fin d'année (<200µg/L). Les Cryptophycées et les Chrysophycées dominent alors la biomasse.



**Figure II.1 : Variations saisonnières de la biomasse du phytoplancton par classes algales dans le Grand Lac d'Annecy en 2011.**

En ce qui concerne le Petit Lac, le nombre limité d'échantillonnages (4 dates) ne permet pas de détailler la dynamique phytoplanctonique. On peut toutefois souligner que la biomasse algale est largement dominée par les diatomées. Les Chrysophycées et les Dinophycées voient leur biomasse augmenter en mai, période à laquelle le maximum d'abondance est mesuré (comme cela est observé pour le Grand Lac). On note une biomasse phytoplanctonique sensiblement supérieure dans le Petit Lac en comparaison du Grand Lac ( $> 1600\mu\text{g/L}$  pour le Petit Lac).



**Figure II.2 : Variations saisonnières de la biomasse du phytoplancton par classes algales dans le Petit Lac d'Annecy en 2011.**

### Evolution des espèces dominantes

Les figures II. 3 et II. 4 illustrent la dynamique des taxons dominant la biomasse du phytoplancton pour l'année 2011 pour le Grand et le Petit Lac (les 10 taxons présentant la plus forte biomasse annuelle sont représentés).

Pour le Grand Lac :

Durant la phase hivernale, ce sont essentiellement des diatomées centriques (*Cyclotella costei*, *C. kuetzinginana*, *C. bodanica*, *Stephanodiscus alpinus*) qui représentent l'essentiel de la biomasse. Ces taxons sont sensibles à la stratification des

eaux (Padisak et al., 2009). Des petites Cryptophycées (*Rhodomonas minuta*) sont également abondantes. Cette composition est classiquement observée au cours des dernières années dans le cadre du suivi du Grand Lac.

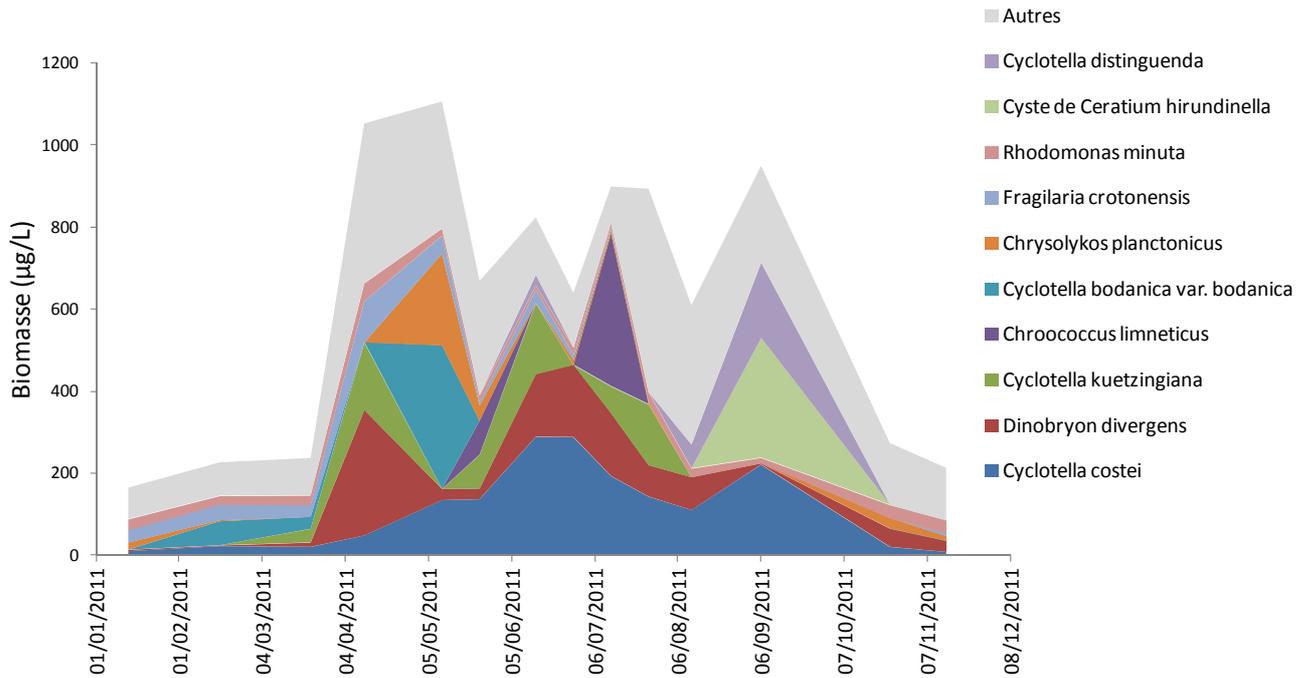
Pendant la phase printanière, les diatomées centriques voient leur biomasse augmenter, notamment celle de *Cyclotella costei*, petite diatomée centrique caractéristique des milieux oligotrophes ou en cours de re-oligotrophisation (Rimet et al., 2009). La biomasse des *Dinobryon* spp. (principalement *Dinobryon divergens* mais aussi *D. sociale* var. *americanum*) et de *Chrysolykos planktonicus* augmente : ces taxons mixotrophes appartenant à la classe des Chrysophycées caractérisent également les milieux oligotrophes (Padisak et al., 2009).

Pendant la phase estivale, la structure du peuplement change: on note l'apparition de *Chroococcus limneticus*, une Cyanobactérie coloniale mucilagineuse, non toxique. Ce taxon est assez ubiquiste (Reynolds et al., 2002). Plusieurs taxons appartenant aux Dinophycées sont présents en été: *Peridinium willei*, *P. inconspicuum*, *Gymnodinium* sp. Ces taxons sont souvent observés dans les zones épilimniques bien stratifiées en été (Reynolds et al., 2002). On note également la présence de nombreux taxons tels que *Kephyrion* spp. et *Pseudokephyrion* spp. qui sont aussi électifs de milieux pauvres en nutriments.

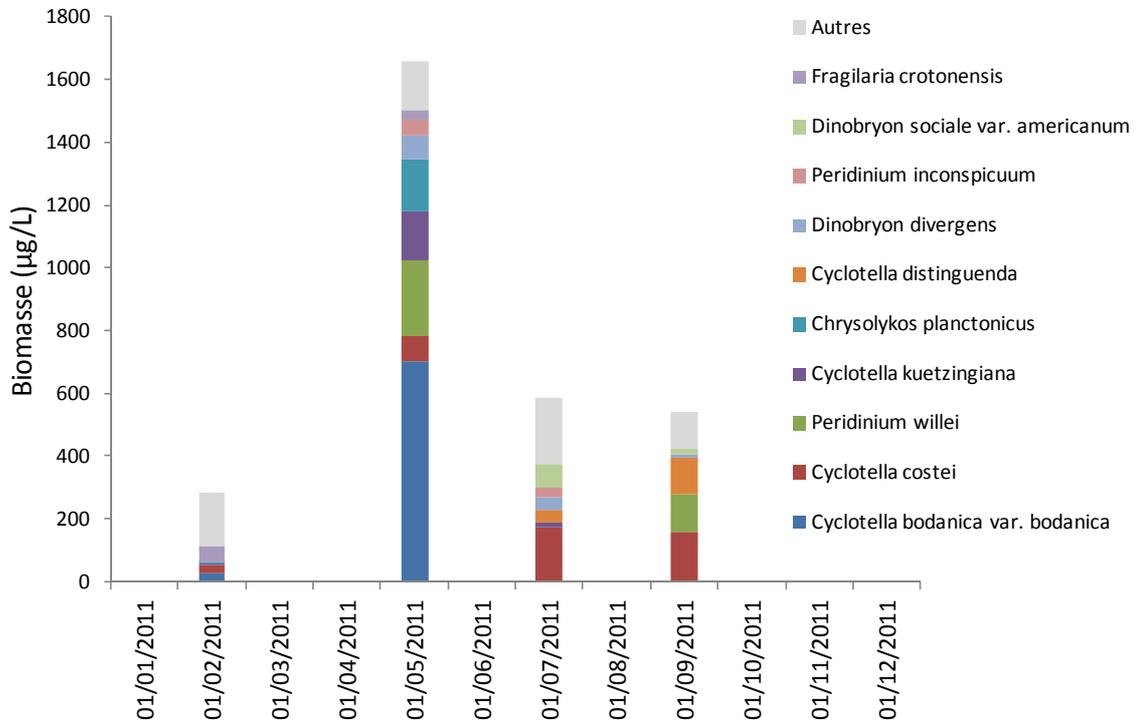
Pendant la phase automnale, on observe une forte abondance en termes de biomasse de kystes de *Ceratium hirundinella*. La formation de ces kystes est à relier à l'apparition de conditions défavorables pour ce taxon qui préfère les épilimnions estivaux bien stratifiés (Reynolds et al., 2002).

La phase hivernale se caractérise par un retour de plusieurs taxons appartenant aux Cryptophycées (*Rhodomonas minuta* et *Cryptomonas* sp.); ces taxons sont caractéristiques des eaux brassées (Reynolds et al., 2002) retrouvant des niveaux en nutriments supérieurs à ceux rencontrés pendant l'été.

Pour le Petit Lac, on note que l'essentiel de la biomasse se partage entre deux diatomées centriques : c'est d'abord *Cyclotella bodanica* qui domine le compartiment jusqu'en mai. Elle est ensuite remplacée par *Cyclotella costei*. Ces deux taxons sont caractéristiques des milieux oligotrophes (cf. valeurs de l'indice Brettum).



**Figure II. 3 : Variations saisonnières de la biomasse (µgC/L) des principaux taxons du phytoplancton dans le Grand Lac d'Annecy en 2011.**



**Figure II. 4 : Variations saisonnières de la biomasse (µgC/L) des principaux taxons du phytoplancton dans le Petit Lac d'Annecy en 2011.**

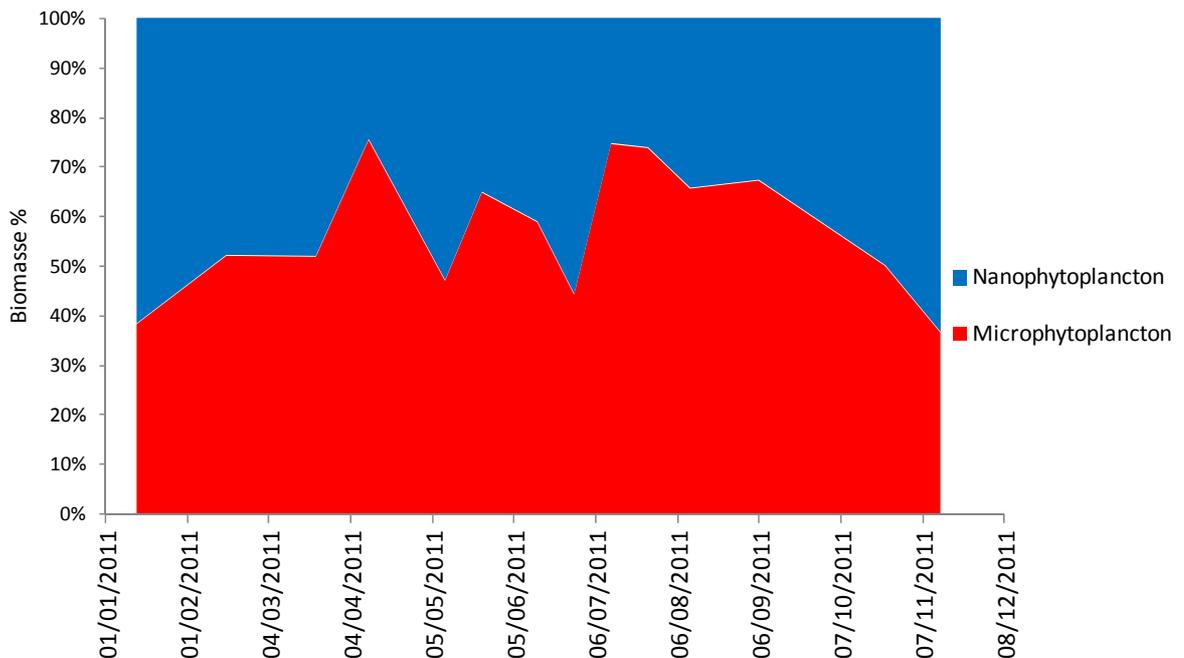
## Evolution du micro et nanophytoplancton

L'examen de la structure en taille du phytoplancton est intéressant en termes de fonctionnement trophique du milieu pélagique. En effet les milieux de bonne qualité des eaux (oligotrophes, oligo-mésotrophes) voient, en général, la proportion de phytoplancton de petite taille (nanophytoplancton i.e.  $<20\mu\text{m}$ , Sieburth et al 1978) augmenter. Ce nanophytoplancton est considéré comme plus adapté aux conditions nutritives contraintes (faibles teneurs en N et P) et il est par ailleurs très facilement consommable par le zooplancton (en raison d'une taille facilement ingérable par les filtreurs zooplanctoniques) ; le transfert trophique se fait de manière assez efficace par conséquent.

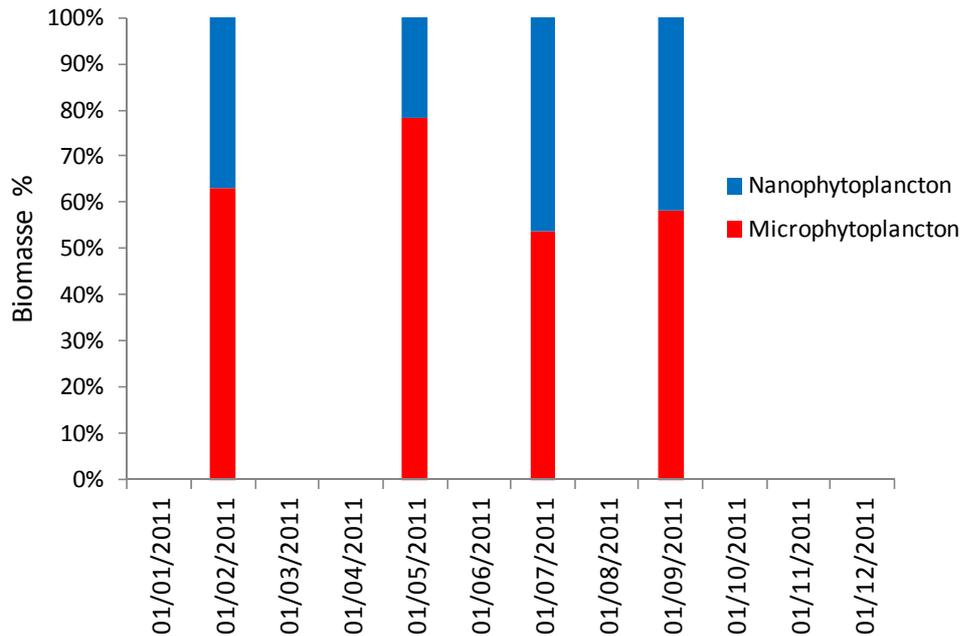
Les évolutions du nano et microphytoplancton sont présentées sur les figures II.5 et II.6 respectivement pour le Grand Lac et le Petit Lac.

Pour le Grand Lac, les phases hivernales de début et fin d'année sont dominées par le nanophytoplancton. Pendant les périodes printanière et estivale, les proportions (en termes de biomasses) sont équilibrées entre les deux classes de taille phytoplanctoniques, mais en fin d'été et d'automne, c'est le microphytoplancton qui domine la biomasse.

Pour le Petit Lac, il apparaît que le microphytoplancton domine pour les deux premières dates d'échantillonnage, puis le rapport entre les deux classes s'équilibre.



**Figure II. 5 : Evolution du nano et microphytoplancton dans le Grand Lac (2011) à partir des biomasses en  $\mu\text{gC/L}$ .**



**Figure II. 6 : Evolution du nano et microphytoplankton dans le Petit Lac (2011) à partir des biomasses en  $\mu\text{gC/L}$ .**

### II.2.2. Evolution interannuelle

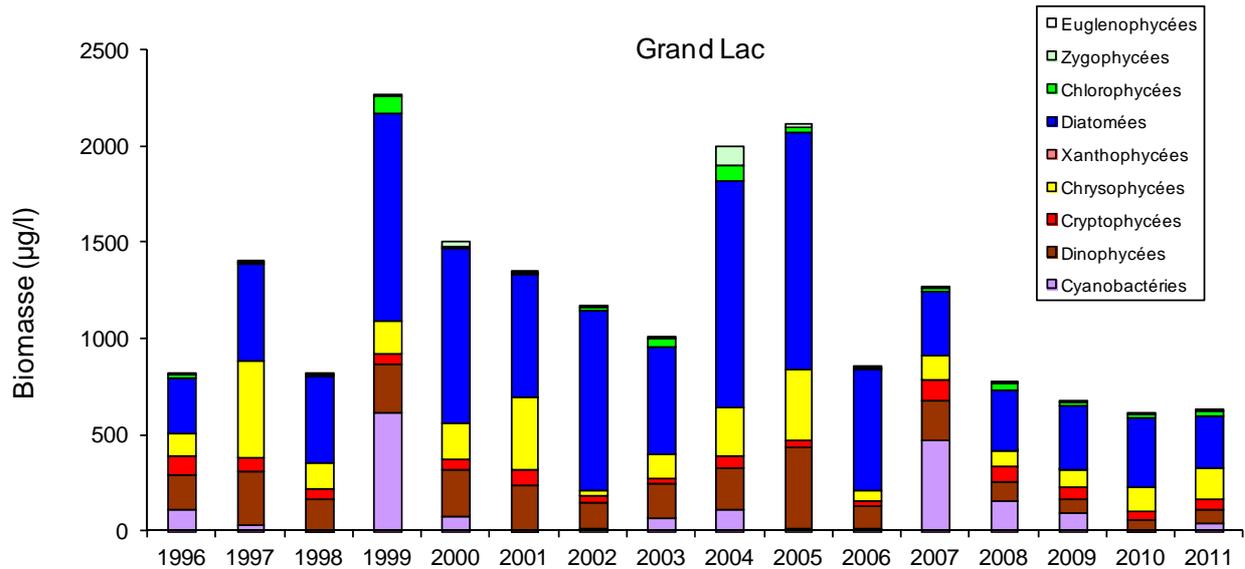
On notera que la dynamique interannuelle pour le Petit Lac n'est pas représentée car, depuis l'année 2010, seuls 4 prélèvements contre 15 prélèvements pour les années précédentes sont réalisés: la comparaison est délicate puisque l'effort d'échantillonnage est très différent. D'autre part, lors des rapports précédents, il est apparu que l'évolution interannuelle du compartiment phytoplanktonique du Petit Lac suivait sensiblement celle du Grand Lac, notamment en termes de diversité, composition taxonomique et indice de Brettum.

### Evolution des classes d'algues

La figure II.7 présente la dynamique des principales classes algales (*sensu* Bourrelly) pour le Grand Lac.

L'année 2011 confirme la tendance générale de réduction de la biomasse algale observée depuis 6 ans. Il s'agit de la 2<sup>ème</sup> plus faible biomasse annuelle de toute la chronique (après 2010 qui enregistrait le record de la plus faible biomasse annuelle).

Les proportions des Diatomées et des Chrysophycées sont toujours importantes et proches de celles mesurées les années précédentes.

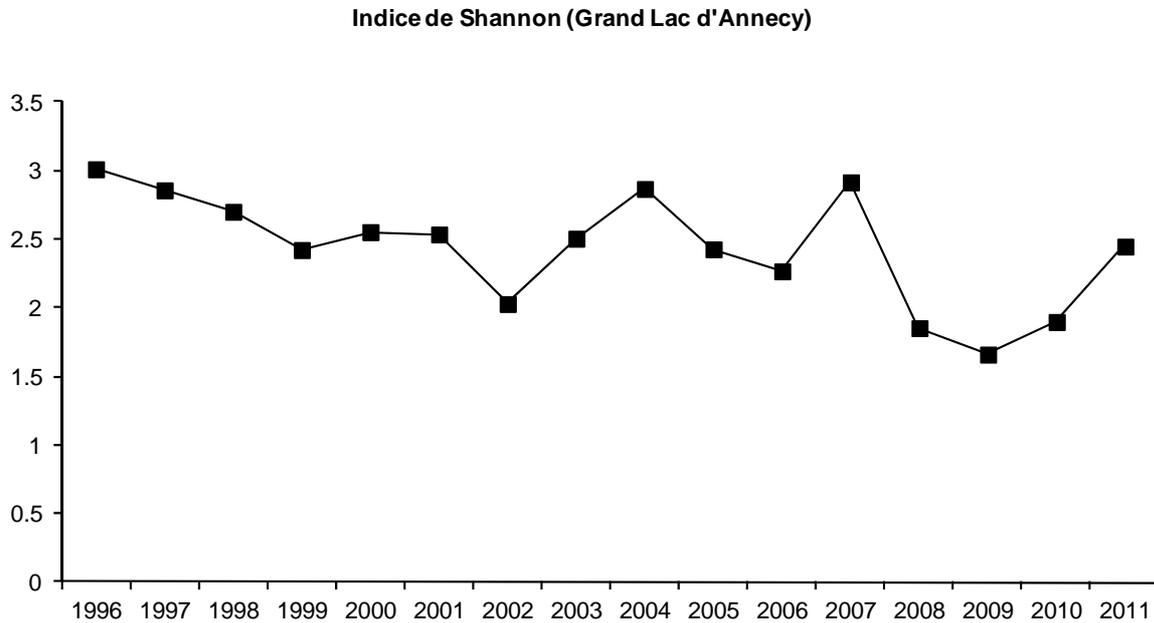


**Figure II. 7 : Evolution interannuelle des principales classes algales dans le Grand Lac d'Annecy.**

### Evolution de la diversité

La figure II.8 présente l'évolution de la diversité (Indice de Shannon) pour le Grand Lac. Au cours de l'année 2011, une valeur d'indice de diversité de Shannon supérieure à celles des années précédentes (2008-2010) est enregistrée. Elle est même supérieure à la moyenne interannuelle sur le Grand Lac. On note également que l'indice de diversité calculé pour le lac d'Annecy (2,5) est proche de celui rapporté pour le lac du Bourget (2,2) et du Léman (1,9) pour l'année 2011, mais nettement supérieur à celui du lac d'Aiguebelette (1,5). Cette diversité importante est probablement à mettre en lien avec la présence de plusieurs espèces de diatomées centriques qui ont été souvent observées simultanément dans les échantillons (ex. *Cyclotella costei*, *C. comensis*, *C.*

*bodanica*, *C. delicatula*, *C. kuetzingiana*, *C. distinguenda*, *C. ocellata* et *Stephanodiscus alpinus*) en 2011.



**Figure II.8 : Evolution interannuelle de l'indice de diversité de Shannon dans le Grand Lac d'Annecy.**

### Evolution des groupes fonctionnels

La dynamique interannuelle de certains groupes fonctionnels selon Reynolds et al. (2002) est présentée sur la figure II.9 pour le Grand Lac (détail des groupes fonctionnels dans le dossier IV). Il s'agit des groupes présentant les cinétiques les plus intéressantes sur la chronique.

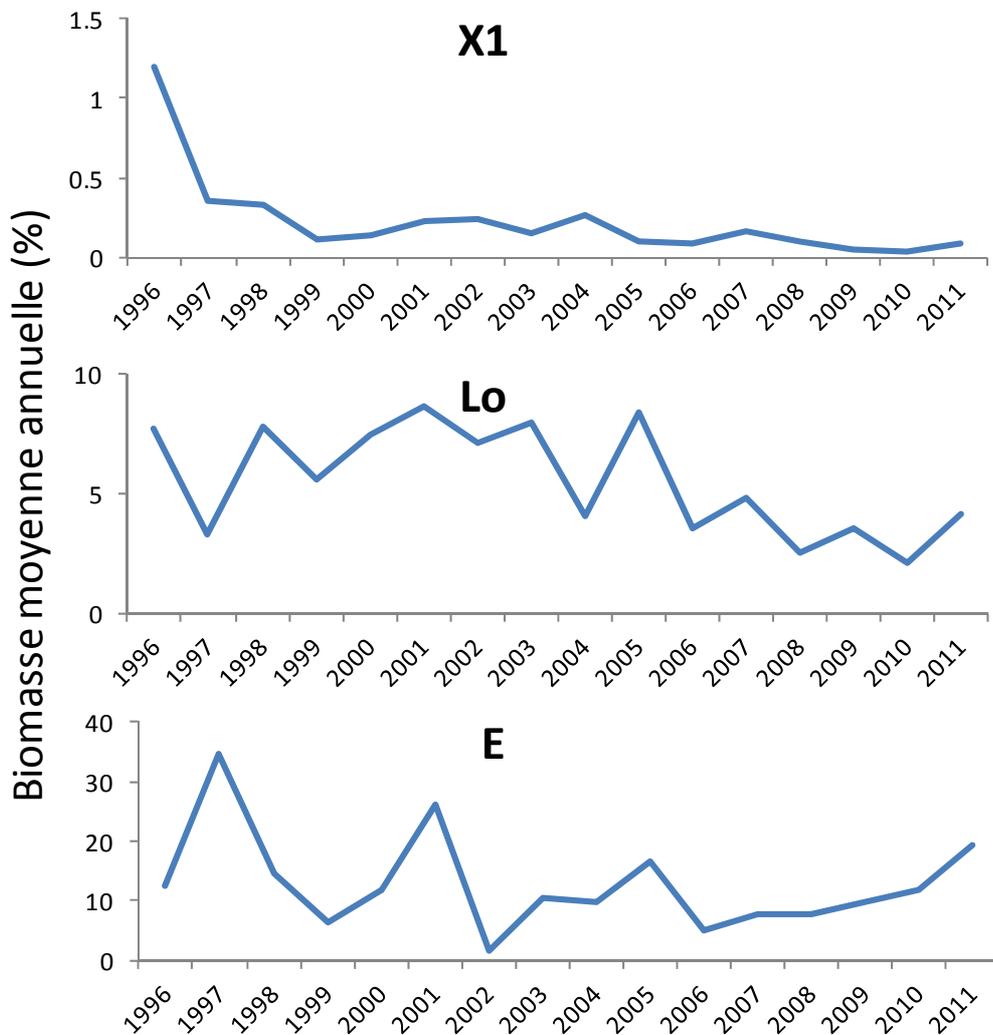
Les taxons appartenant au groupe fonctionnel X1 sont essentiellement des Chlorophycées dont la caractéristique est d'être sensible au broutage par le zooplancton et sensible également aux faibles concentrations en nutriments. La tendance pour ce groupe X1, au cours de la chronique, est à une diminution nette (avec un infléchissement net de leur biomasse relative avant les années 2000)

Les taxons du groupe Lo sont des taxons caractéristiques des zones épilimniques (zone stratifiées estivales) des lacs mésotrophes ; ils présentent également une

tendance de raréfaction (tendance marquée plus particulièrement au cours des 6 dernières années).

Le groupe E rassemble des taxons mixotrophes, plus adaptés les milieux oligotrophes. On observe que leur biomasse relative augmente régulièrement depuis 2006. Ce groupe fonctionnel qui a pu être prépondérant de manière ponctuelle (e.g. 1997, 2001) tend donc à ré-augmenter ces dernières années alors que la biomasse phytoplanctonique totale est globalement faible.

Il faut souligner que l'essentiel de la biomasse n'est classé dans aucun groupe fonctionnel, de nombreux taxa n'étant pas recensés dans l'étude de Reynolds et al. (2002).

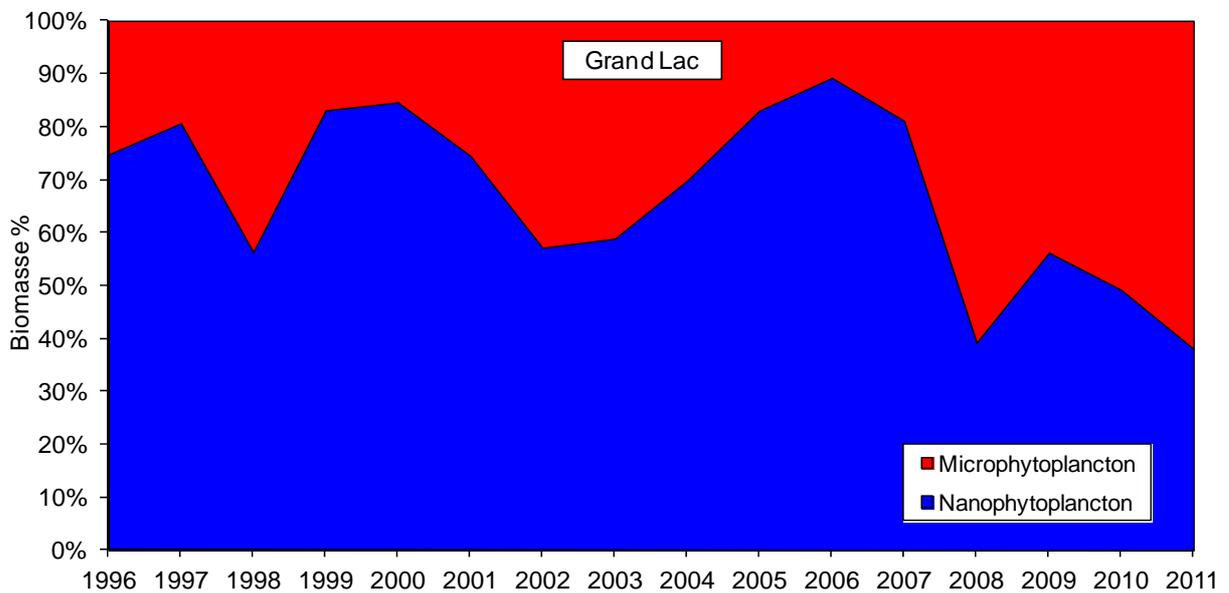


**Figure II.9 : Evolution de la dynamique interannuelle des groupes fonctionnels selon Reynolds et al. (2002) pour le Grand Lac.**

### Evolution du micro et nanophytoplancton

La figure II.10 présente l'évolution du micro et du nanophytoplancton dans le Grand Lac.

Pour toute la période 1996-2007, le nanophytoplancton est dominant. A partir de 2008, la tendance semble s'inverser avec une augmentation de la part de la biomasse représentée par le microphytoplancton. Le microphytoplancton ne dominait jamais le compartiment phytoplanctonique jusqu'en 2007, alors que ces dernières années (2008, 2010 et 2011) il le devient.



**Figure II.10 : Evolution de la biomasse relative (moyenne annuelle µgC/L) des compartiments micro et nanophytoplanctoniques pour le Grand Lac d'Annecy.**

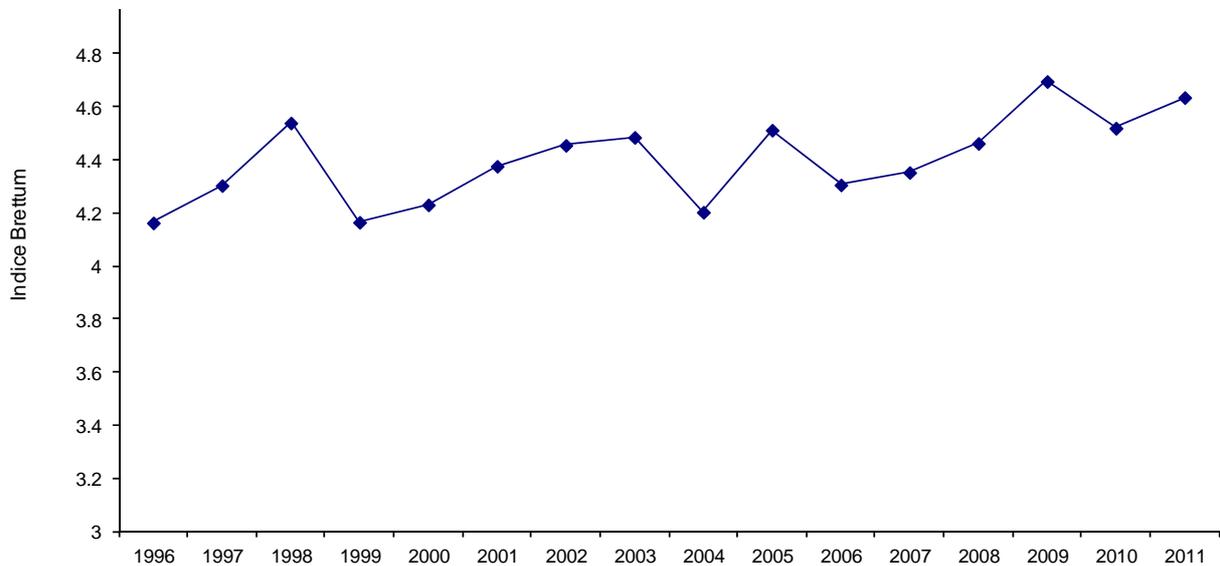
### Evolution de l'indice de qualité phytoplancton Brettum

Plusieurs indices basés sur la composition phytoplanctonique ont été développés par différents auteurs ces dernières années pour évaluer le niveau trophique des lacs. Ces différents indices ont fait l'objet de tests sur les trois grands lacs péri-alpins suivis par l'INRA (Kaiblinger, 2008 ; Anneville & Kaiblinger, 2009) et c'est l'indice de Brettum (Brettum, 1989) modifié par Wolfram (Wolfram et al., 2007; Wolfram & Dokulil, 2007) qui a présenté les meilleurs résultats (meilleure discrimination du niveau trophique des différents lacs testés). Le dossier IV donne le détail du calcul de l'indice Brettum.

Cet indice donne pour 133 taxons leurs préférences par rapport à une concentration en phosphore total (PT). Plus cet indice est élevé plus le niveau trophique est faible. Les valeurs suivantes sont données par les auteurs :

Classe	Concentrations en PT	Niveau trophique
6	$\leq 5 \mu\text{g.L}^{-1}$	ultra-oligotrophe
5	$5-8 \mu\text{g.L}^{-1}$	oligotrophe
4	$8-15 \mu\text{g.L}^{-1}$	oligo-mésotrophe
3	$15-30 \mu\text{g.L}^{-1}$	mésotrophe/faiblement eutrophe
2	$30-60 \mu\text{g.L}^{-1}$	eutrophe
1	$>60 \mu\text{g.L}^{-1}$	hypertrophe

La figure II.11 présente l'évolution de cet indice pour le Grand Lac. L'indice assigne le Grand Lac dans la classe oligo-mésotrophe. Globalement, l'évolution de l'indice de Brettum indique une baisse régulière du niveau trophique du lac entre la fin des années 90 et l'année 2011.



**Figure II.11 : Evolution de l'indice de qualité phytoplancton Brettum pour le Grand Lac.**

### II.2.3. Conclusions relatives au compartiment phytoplanctonique

#### L'évolution saisonnière du phytoplancton pour l'année 2011

**Pour le Grand Lac**, la dynamique saisonnière peut être résumée de cette façon :

- Une phase hivernale (janvier-mars) pendant laquelle une diversité assez importante de diatomées centriques domine la biomasse aux cotés de petites Cryptophycées. La biomasse algale est faible pendant cette période.
- Une phase printanière (avril-juin) qui voit la biomasse algale augmenter pour atteindre la valeur maximale de l'année en mai. Les diatomées centriques et les Chrysophycées dominant; ces taxons sont tous indicateurs de milieux oligotrophes.
- Une période estivale (juillet-aout) au cours de laquelle la composition du compartiment phytoplanctonique est modifiée, avec notamment la présence de Cyanobactéries coloniales mucilagineuses non toxiques et de Dinophycées caractéristiques de zones épilimniques estivales.
- Une phase automnale (septembre) présentant une forte biomasse de kystes de *Ceratium hirundinella*, suivie du retour hivernal (octobre - novembre) présentant une réduction générale de la biomasse.

**Dans le Petit Lac** (prélevé 4 fois dans l'année), on observe également une biomasse dominée par des taxons indicateurs de milieux oligotrophes appartenant aux groupes des diatomées notamment.

### L'évolution interannuelle

**Pour le Grand Lac**, l'année 2011 confirme la réduction de la biomasse observée depuis 6 années. L'année 2011 présente avec l'année 2010 les biomasses les plus faibles de la chronique 1996-2011. A l'inverse, la diversité phytoplanctonique (telle qu'estimée par l'indice de Shannon) est assez élevée en 2011 ; ceci est en partie expliqué par la forte diversité en diatomées centriques qui a été observée (8 taxons).

Les taxons mixotrophes, caractéristiques de milieux pauvres en nutriments, présentent des biomasses élevées et sont en constante augmentation depuis 2006. Inversement, les taxons sensibles au broutage, tels que les Chlorophycées disparaissent régulièrement, au même titre que les taxons indicateurs de milieux riches en nutriments.

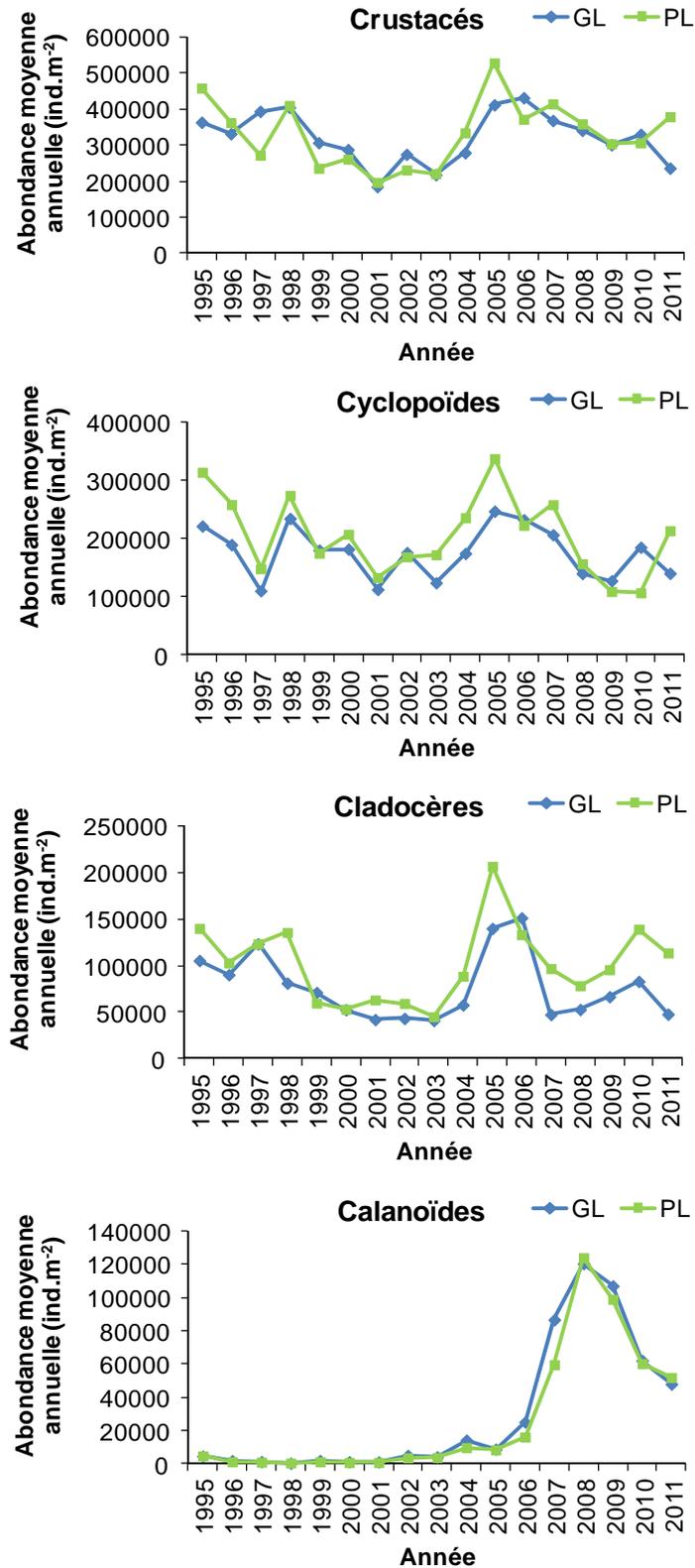
Enfin, l'évolution de l'indice de Brettum indique une amélioration graduelle de la qualité du lac entre la fin des années 90 et 2011.

## **II.3. LE ZOOPLANCTON**

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

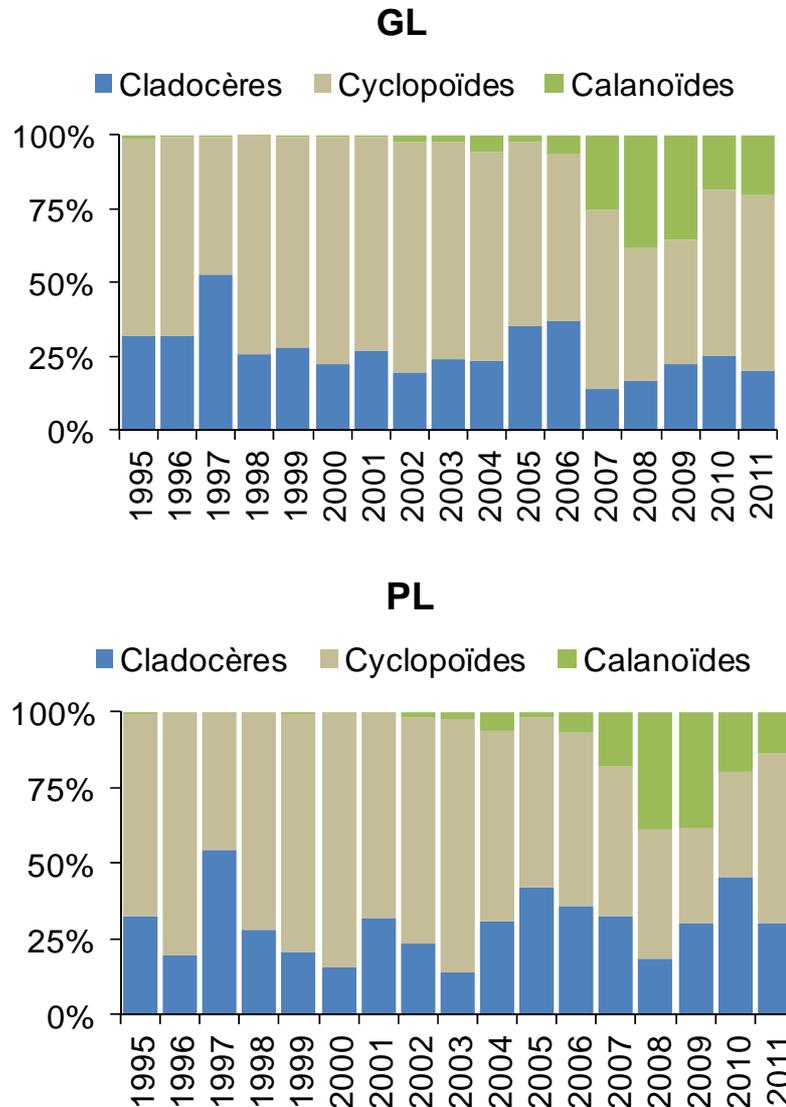
L'abondance moyenne annuelle des crustacés en 2011 a atteint 296 000 et 378 000 ind.m<sup>-2</sup> dans les Grand et Petit lacs respectivement, valeurs relativement faibles sur la série 1995-2011 (Figure II.12). Il est important de rappeler que la moyenne concernant le Petit Lac s'appuie seulement sur 4 échantillons depuis 2010.

Les abondances moyennes annuelles des crustacés, ainsi que des deux groupes prédominants (cladocères et cyclopoïdes), fluctuent sur la série 1995-2011, sans tendance évidente. Au contraire, les calanoïdes représentent le seul groupe pour lequel une tendance temporelle nette avait été observée depuis la reprise du suivi. Entre 1995-2001 et 2008-2009, les abondances de calanoïdes avaient été multipliées par 50-60 (Figure II.12). L'année 2010 avait été la 1<sup>ère</sup> année (depuis le début du suivi) pour laquelle une diminution significative des abondances des calanoïdes avait été observée (-40% par rapport à 2009), et ce dans les deux bassins. Les effectifs de calanoïdes observés en 2011 sont similaires à ceux de 2010.



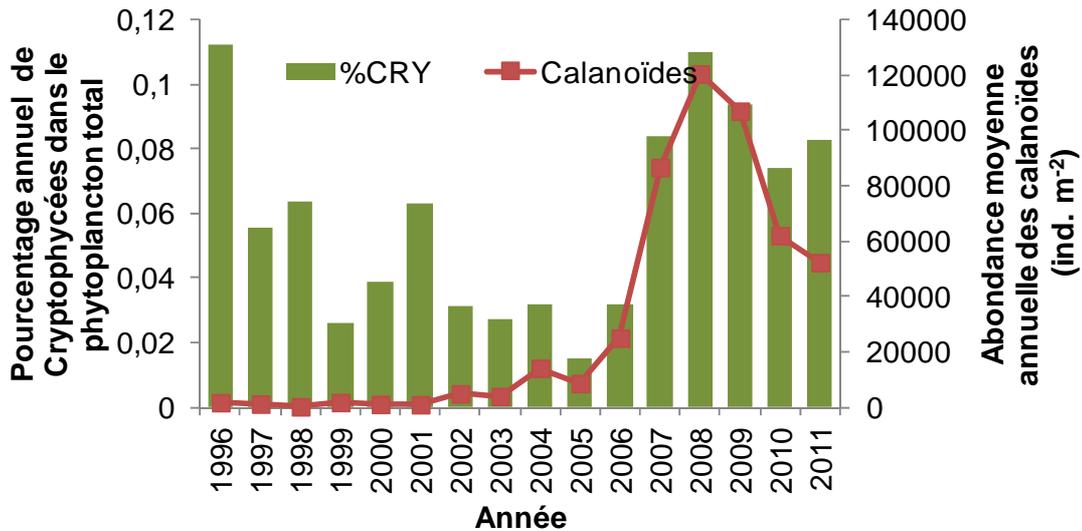
**Figure II.12 Evolution de l'abondance des microcrustacés dans le Lac d'Annecy entre 1995 et 2011 (GL : Grand Lac ; PL : Petit Lac)**

Ces fluctuations d'abondances s'accompagnent de changements dans la composition relative de la communauté crustacéenne (Figure II.13).



**Figure II.13. Evolution de la composition de la communauté crustacéenne du Lac d'Annecy entre 1995 et 2011 (GL : Grand Lac ; PL : Petit Lac)**

Entre 1995 et 2001, la communauté zooplanctonique était largement dominée par les cyclopoïdes, représentant plus de 70% des crustacés tandis que les calanoïdes représentaient moins de 1% de l'abondance crustacéenne totale. Depuis 2001, la contribution des calanoïdes à la communauté zooplanctonique augmente, pour atteindre 20-35% depuis 2007. La tendance à l'augmentation des calanoïdes dans le zooplancton crustacéen du Lac d'Annecy depuis 2001 correspond à une période pour laquelle la contribution des cryptophytes dans le phytoplancton augmente (Figure II.14).



**Figure II.14. Relations entre abondance des calanoïdes et contribution des cryptophytes au phytoplancton dans le lac d'Annecy entre 1996-2011.**

Les calanoïdes sont des herbivores à spectre réduit de taille de particules, et particulièrement sélectifs sur la qualité des algues ingérées (Kerfoot & Kirk, 1991), ils consomment donc les Cryptophytes qui sont des algues de petite taille avec une excellente qualité nutritionnelle. L'augmentation de l'abondance des calanoïdes depuis 2001 pourrait résulter d'une amélioration de la qualité nutritionnelle du phytoplancton du Lac d'Annecy. La force de cette relation est par contre relativement faible pour la période 1996-2001, ce qui suggère que d'autres facteurs contrôlent la dynamique de population des calanoïdes sur cette période (voir rapport SILA 2011).

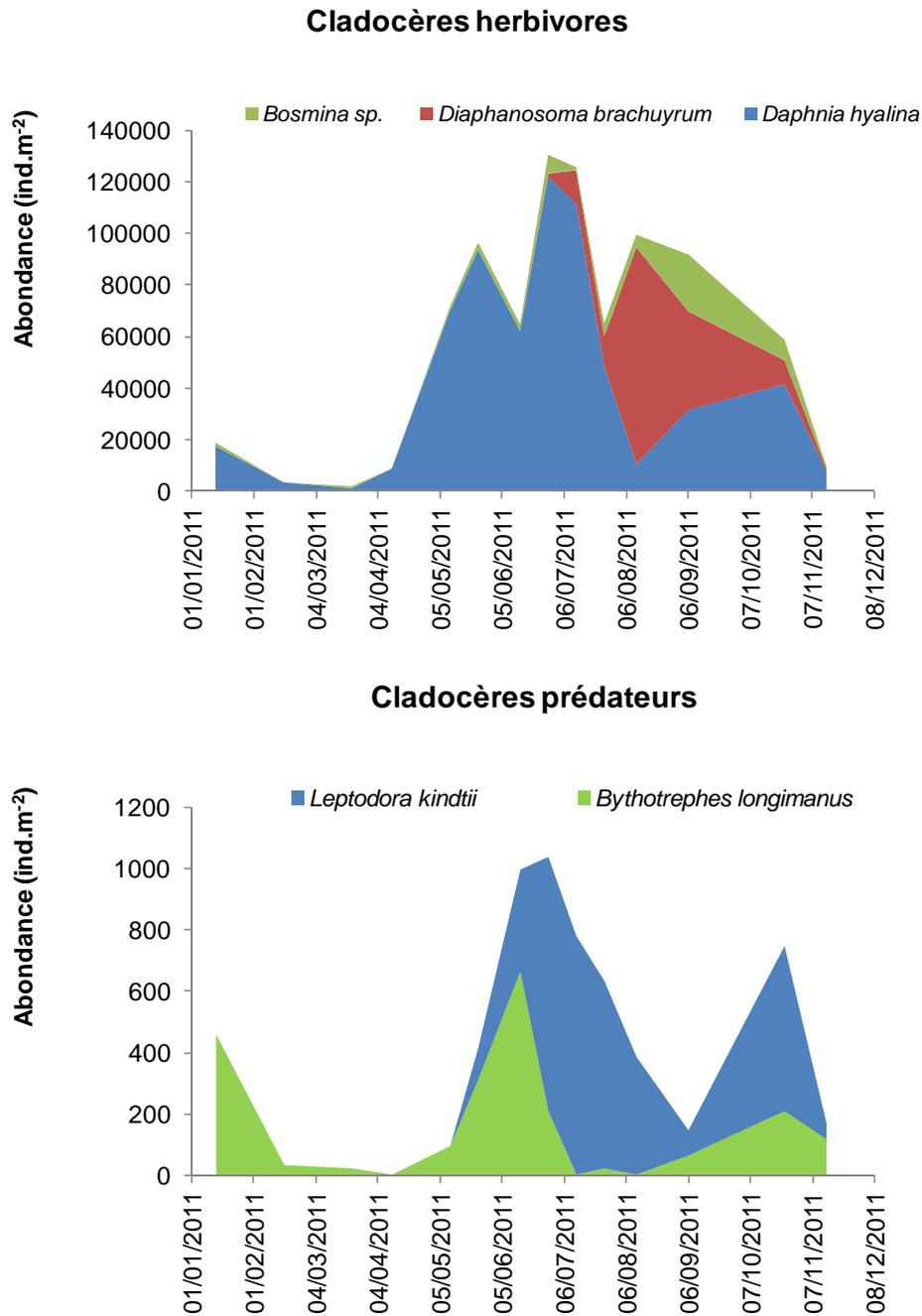
## II.3.2. DYNAMIQUE SAISONNIERE EN 2011

### II.3.2.1. Dynamique saisonnière des Cladocères

En 2011, les cladocères sont abondants dans la colonne d'eau, avec des effectifs toujours supérieurs à 80000 ind.m<sup>-2</sup>, du milieu du printemps à la fin de l'automne (Figure II.15). Les abondances maximales sont atteintes le 28 juin, avec des effectifs de 130 000 ind.m<sup>-2</sup>.

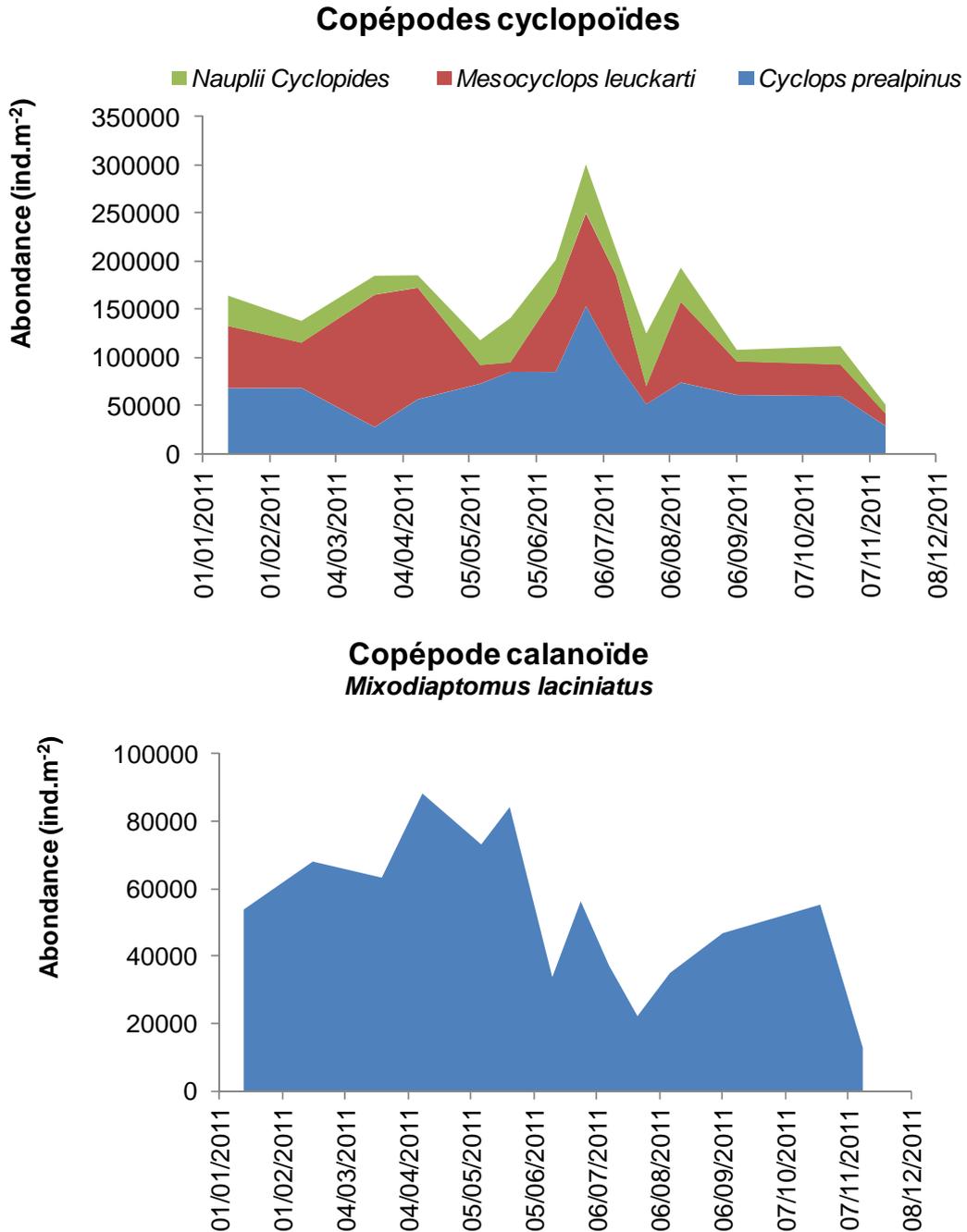
*Daphnia hyalina* représente la quasi-totalité des cladocères herbivores pendant tout le premier semestre de l'année 2011. A partir du milieu de l'été, *Diaphanosoma brachyurum* se développe, jusqu'à dominer la communauté des cladocères herbivores à partir du mois d'août. En automne, les trois taxons de cladocères herbivores (*D. hyalina*, *D. brachyurum* et *Bosmina* sp) sont présents dans la communauté.

*Bythotrephes longimanus*, espèce pérenne à développement en période de stratification thermique (Balvay et al., 2004), présente un pic d'abondance marqué en début d'été 2011 et reste présente dans la communauté zooplanctonique jusqu'à la fin de l'année. *Leptodora kindtii* atteint ses maxima au cours de l'été 2011 avec des effectifs de 800 ind.m<sup>-2</sup>, avant de décroître au cours de l'automne.



**Figure II.15. Evolution saisonnière des abondances des différentes espèces de Cladocères identifiées dans le Grand Lac d'Annecy en 2011**

II.3.2.2. Dynamique saisonnière des copépodes



**Figure II.16. Evolution saisonnière des abondances des différentes espèces de copépodes identifiées dans le Grand Lac d'Annecy en 2011**

La communauté des cyclopoïdes est représentée par deux espèces: *Cyclops prealpinus* et *Mesocyclops leuckarti*. (Figure II.16). En 2011 et contrairement à l'année précédente, *C. prealpinus* a été plus abondant que *Mixodiaptomus leuckarti*. Les deux

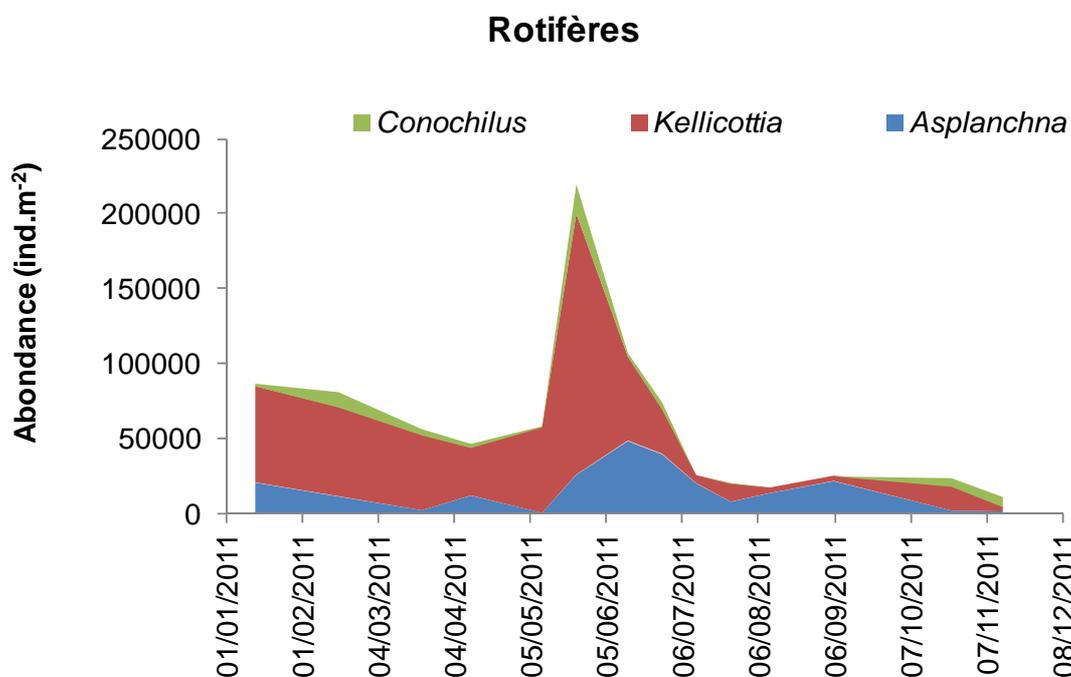
espèces montrent généralement des dynamiques saisonnières opposées dans le lac d'Annecy : *M. leuckarti* domine pendant l'hiver en période de brassage des eaux tandis que *C. préalpinus* domine pendant les périodes de stratification.

Comme au cours des années précédentes, l'abondance de *M. laciniatus* fluctue sur l'année 2011 entre 30 000 (minimum de fin d'été) et 90 000 ind.m<sup>-2</sup> (avant la mise en place de la stratification) sans montrer de saisonnalité très claire.

*Remarque* : La figure II.16 présente l'ensemble des stades de développement du calanoïde (y compris les stades nauplii qui représentent de 5 à 15% de l'abondance totale), tandis que la figure I15 fait apparaître distinctement les stades nauplii (7 à 40% du total).

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

Comme au cours des années précédentes, *Conochilus* a été très faiblement représenté dans la communauté rotiférienne en 2011, avec des effectifs inférieurs à 20000 ind.m<sup>-2</sup>. Tandis que *Kellicottia* avait plutôt montré une dynamique hivernale les années précédentes, en 2011, les effectifs maximaux sont atteints au printemps (24/5) avec 170 000 ind.m<sup>-2</sup>. *Asplanchna* présente un pic d'abondance en début d'été (48 000 ind.m<sup>-2</sup> le 14/6) (Figure II.17).



**Figure II.17. Evolution saisonnière des abondances de quelques rotifères dans le Grand Lac d'Annecy en 2011.**

Aucun individu de la larve véligère de la moule zébrée d'eau douce *Dreissena polymorpha* n'a été observé dans le Grand Lac en 2011.

### II.3.3. CONCLUSION RELATIVE AU COMPARTIMENT ZOOPLANCTONIQUE

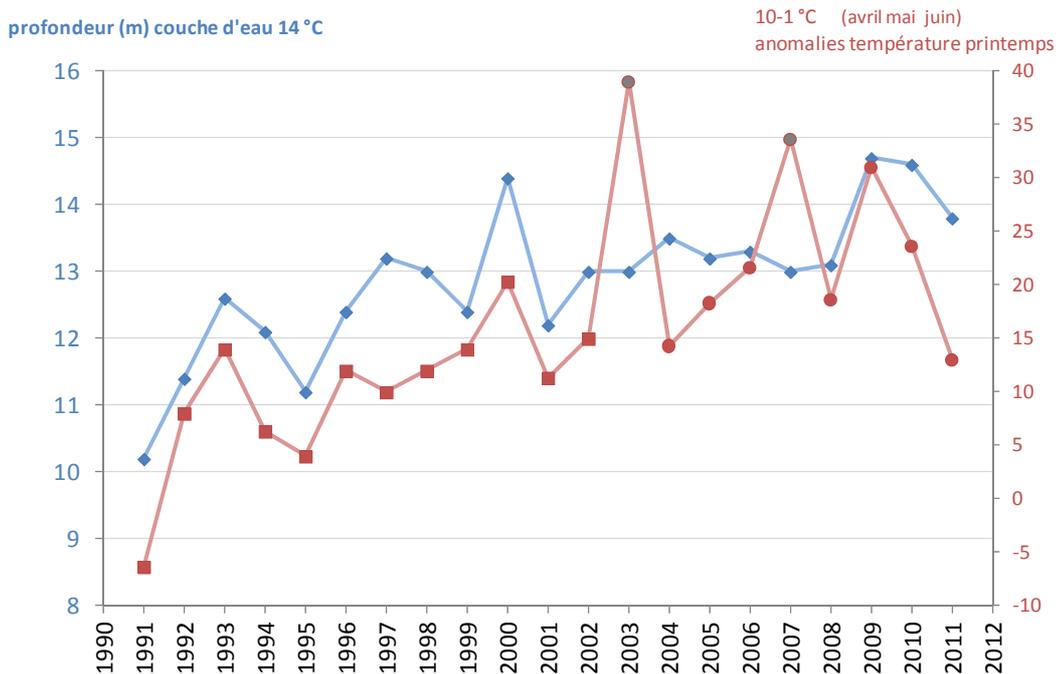
En 2011, l'abondance moyenne annuelle des crustacés se trouve dans des valeurs qui ne se distinguent pas de l'ensemble de la chronique 1995-2010 ; il n'est pas observé de tendance à une réduction de biomasse zooplanctonique totale en lien avec l'état oligotrophe très marqué du lac. Ces valeurs moyennes d'abondance zooplanctonique demeurent assez proches de celles qui sont mesurées dans les lacs voisins (Léman et Bourget, respectivement mésotrophe et oligo-mésotrophe) : pour la période 2004-2010, les effectifs totaux moyens en microcrustacés sont d'environ 380 000 individus/m<sup>2</sup> au Léman, 350 000 ind/m<sup>2</sup> au Bourget et 330 000 ind/m<sup>2</sup> à Annecy. Il faut noter que les groupes crustacéens dominants sont toutefois différents dans ces 3 lacs : les calanoïdes et les cladocères dominent respectivement au Léman et sur le Lac du Bourget, alors que les cyclopoïdes représentent le groupe dominant sur le lac d'Annecy.

Une des évolutions notables des 10 dernières années sur le Lac d'Annecy concerne les changements dans la proportion des calanoïdes. En effet, on enregistre pour les calanoïdes dont les abondances augmentaient entre 2001 et 2008, une diminution significative en 2010 qui est confirmée en 2011. Les 2 autres groupes (cyclopoïdes et cladocères qui représentent plus de 75% de l'abondance crustacéenne) bénéficient de cette réduction récente d'abondance des calanoïdes. Ces changements de structure de la communauté zooplanctonique sont mis en lien avec des modifications de la quantité et qualité nutritionnelle de certaines ressources phytoplanctoniques, toutefois les pressions de régulation expliquant la structure du zooplancton sont clairement multi-factorielles (ressource alimentaire, température, pression de prédation...).

# CONCLUSION GENERALE

Sur le plan de la dynamique thermique du lac, l'année 2011 a été marquée par des températures globalement douces ; l'hiver doux a toutefois permis un brassage total du lac et une réoxygénation assez efficace des eaux profondes lors de la période d'homogénéisation (février).

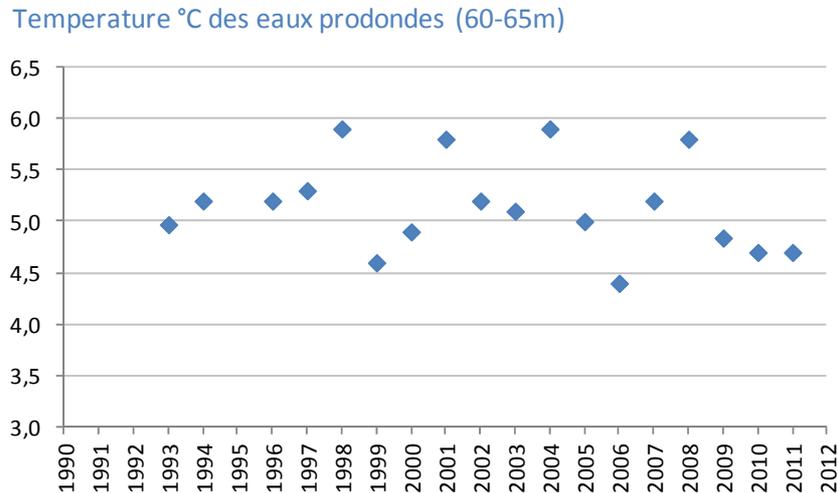
La stratification thermique de la colonne d'eau est liée aux fluctuations des températures de l'air (interannuelles). Au cours des 3 dernières années, la profondeur de la thermocline (paramètre qui indique l'intensité du réchauffement du lac sur la zone superficielle) a été parmi les plus élevées sur la chronique. La durée de la chronique observée ici (1991-2011) est un peu restreinte pour relier définitivement l'enfoncement de la thermocline au changement climatique, toutefois un lien assez clair apparaît entre l'augmentation de la profondeur de la thermocline et les températures printanières élevées (à l'exception des années exceptionnelles telles que 2003 et 2007).



**Profondeur de la couche d'eau à 14°C au moment de la stratification maximale (juillet-août) au lac d'Annecy de 1991 à 2011. (extrait de la Figure I.7) et anomalies de température (10<sup>-1</sup>°C) observée au printemps (données Histalps et données météo France climat).**

Il est à noter que d'autres systèmes lacustres péri-alpins tel que le Léman, ont été significativement touchés par un réchauffement des eaux au cours des deux dernières décennies, il s'agit d'un réchauffement visible notamment au travers d'une

augmentation des températures des eaux profondes (Dokulil et al., 2006 ; Anneville et al., 2009). Le Lac d'Annecy est lui reconnu comme étant un système à faible inertie thermique, ce qui est un facteur important pour expliquer l'absence de tendance claire concernant le réchauffement des eaux du lac, les brassages complets annuels étant efficaces pour réoxygéner et refroidir la masse d'eau.



### Température (°C) des eaux en zone profonde dans le Grand Lac (1991-2011).

L'année 2011 est une des années de la chronique pour laquelle la désoxygénation des zones profondes s'amorce relativement tôt (dès le milieu du mois de mai) et l'anoxie est totale en fin d'année. Les teneurs en orthophosphate recyclées et libérées en zone profonde à cette période sont plus élevées que celles de 2010 (année marquée par une désoxygénation faible), toutefois les teneurs en orthophosphate remis à disposition restent modérées (tableau I.7).

Le lac d'Annecy est caractérisé, comme cela a déjà été rapporté au cours des dernières années, par des teneurs en éléments nutritifs (phosphore notamment) faibles, le seuil des 10 µgP/L n'est jamais atteint pour les orthophosphates en zone pélagique supérieure. Les caractéristiques chimiques et la transparence des eaux placent très clairement le lac d'Annecy dans la classe de 'très bonne qualité' des eaux lacustres.

La faible ressource en éléments nutritifs limite naturellement la production phytoplanctonique ; en 2011, pour la 4<sup>ème</sup> année consécutive, les valeurs de biomasses phytoplanctoniques sont parmi les plus basses de la chronique. Le lac d'Annecy est donc caractérisé par des valeurs de biomasse phytoplanctonique faibles, avec des valeurs minimales observées en 2010 et 2011. Suite aux observations relatives à une plus grande stabilité et profondeur de l'épilimnion, on peut se poser la question d'un effet éventuel sur le développement phytoplancynique dans l'épilimnion. En effet, au

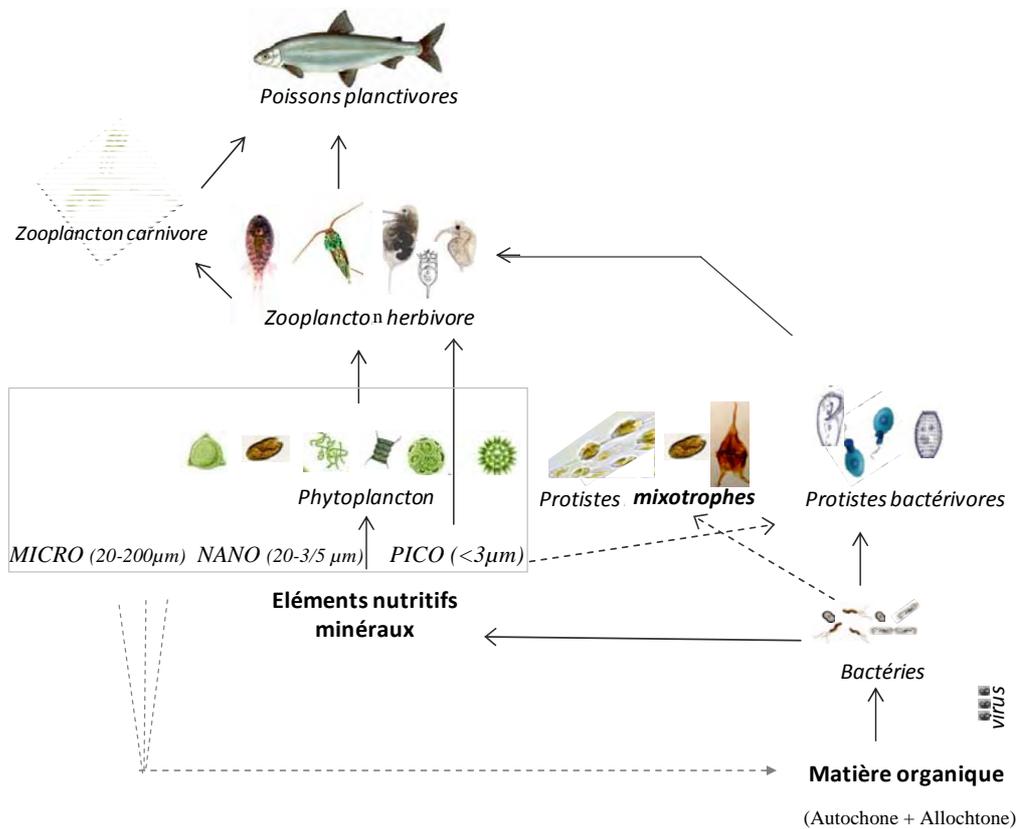
cours des 4 dernières années on observe de manière concomitante des biomasses phytoplanctoniques faibles et l'enfoncement de la thermocline (conduisant théoriquement à une couche épilimnique dans laquelle les éléments nutritifs s'épuisent plus tôt au cours de l'année), mais, à l'échelle de la chronique il n'apparaît pas de liens négatifs directs (régression linéaire) entre ces 2 paramètres.

Les diatomées et les chrysophycées sont les classes phytoplanctoniques dominantes. Les taxons mixotrophes (e.g. *Dinobryon*), caractéristiques de milieux pauvres en nutriments présentent des biomasses relatives élevées et en augmentation depuis 2006. Ces taxons mixotrophes utilisent l'osmotrophie ou la phagotrophie pour obtenir des éléments nutritifs en conditions de ressources limitantes. En système oligotrophe ou en période d'appauvrissement du milieu en phosphore, la mixotrophie offre ainsi un avantage compétitif non négligeable à ces microalgues photosynthétiques ayant une double compétence alimentaire (Stickney et al. 2000; Domaizon et al. 2003). A l'inverse des taxons mixotrophes, les taxons sensibles au broutage, telles que les Chlorophycées tendent à diminuer. La forte proportion des formes nanoplanctoniques comparativement aux formes de plus grande taille (environ 65%; valeur moyenne sur la chronique) confirme l'état oligotrophe du lac d'Annecy.

L'évolution de l'indice de Brettum (valeur moyenne sur la chronique 1995-2011 : 4,4) indique également une très bonne qualité trophique du lac. On peut noter à titre comparatif des valeurs significativement différentes de cet indice dans le lac oligo-mésotrophe du Bourget (oscillant entre 2,8 et 3,9 au cours des dernières années).

Un compartiment phytoplanctonique peu considéré dans le cadre du suivi écologique des lacs est celui des picocyanobactéries ; ces espèces de petite taille (<3 µm), possèdent des avantages compétitifs sur les plus grosses cellules (utilisation des ressources et de la lumière). Les picocyanobactéries sont souvent prédominantes dans les écosystèmes pauvres en nutriments, et elles participent significativement, au moins à certains moments et profondeurs, à la production primaire totale, et donc au soutien de la production secondaire (zooplanctonique). On peut souligner à titre informatif que, sur la base d'études récentes menées par l'INRA de Thonon-les-Bains, ce compartiment est très représenté dans la zone pélagique du lac d'Annecy. Les picocyanobactéries présentent des concentrations sur la chronique 2003-2011 deux fois supérieures en moyenne annuelle à celles mesurées sur le Lac du Bourget ; en périodes hivernale et printanière ces densités peuvent être 7 à 10 fois supérieures à celles enregistrées au lac du Bourget (Personnic et al 2009 ; Jacquet et al, soumis).

Le compartiment zooplanctonique, bien que ne représentant pas un indicateur standard dans l'évaluation de la qualité des eaux, est un compartiment intégrateur de l'état écologique du lac ; il est par conséquent intéressant de l'observer afin de suivre l'évolution du fonctionnement écologique de l'écosystème. La structure du compartiment zooplanctonique est soumise à des pressions de régulation complexes (quantité et qualité des ressources phytoplanctoniques, pression de prédation des zooplanctonophages, conditions thermiques ayant des effets directs ou indirects). Les abondances moyennes annuelles des microcrustacés estimées sur le lac d'Annecy, fluctuent modérément sur la période 1995-2010, sans tendance évidente. Si l'on se place dans une démarche comparative, il est intéressant de constater que, malgré la différence de niveau trophique les effectifs totaux moyens en microcrustacés des 3 grands lacs péri-alpins (Annecy : oligotrophe ; Bourget : oligo-mésotrophe ; Léman : mésotrophe) sont relativement proches en termes de densité (individus/m<sup>2</sup>). Les proportions des divers groupes crustacéens sont toutefois différentes (voir conclusion relative au compartiment zooplanctonique). Les cyclopoïdes représentent le groupe dominant sur le lac d'Annecy. Toutefois, concernant la structure du peuplement zooplanctonique, il est notable qu'une très nette tendance à l'augmentation a été observée pour les calanoïdes à partir de 2004 (proportions allant jusqu'à 34-36% des microcrustacés en 2008-2009) ; en 2010 et 2011 ces proportions sont en diminution. La quantité, taille et qualité nutritionnelle du phytoplancton ont été identifiées comme des facteurs explicatifs de ces modifications (corrélations positives entre les calanoïdes et les cryptophycées qui sont des algues de petite taille et de bonne qualité nutritionnelle). Toutefois, d'autres facteurs interviennent sur la dynamique du compartiment zooplanctonique ; Perga et al. (2010) ont par exemple rapporté que l'importance de la boucle microbienne pouvait être une cause possible expliquant le manque de relation directe entre phyto- et zooplancton au lac d'Annecy (voir schéma réseau trophique ci après), suggérant l'importance des apports de matière organique allochtone à certaines périodes de l'année (ressource organique utilisée pour la production secondaire via le compartiment microbien). Par ailleurs les effets top-down (prédation par les poissons zooplanctonophages) sont bien sûr également repérés comme structurant pour le compartiment zooplanctonique (Perga et al., 2010).



**Schéma d'un réseau trophique pélagique lacustre représentant les principaux compartiments biologiques impliqués dans la productivité du lac et les transferts de matière et d'énergie. Domaizon I (schéma modifié de <http://www.carbbas.uqam.ca/>)**

Le lac d'Annecy est aujourd'hui considéré comme un système référence/modèle en termes d'oligotrophie et de bonne qualité des eaux. Le suivi à long terme de ses caractéristiques physico-chimiques et biologiques, ainsi que les programmes de recherche plus spécifiques, contribuent à la connaissance de sa dynamique et son fonctionnement écologique en vue d'une gestion adaptative.

# BIBLIOGRAPHIE

Afnor, 2006. NF EN 15204. Qualité de l'eau - Norme guide pour le dénombrement du phytoplancton par microscopie inversée (méthode Utermöhl). Afnor 1-41.

Anneville, O. & Kaiblinger K., 2009. Proposal for a phytoplankton lake index applicable to lakes of the Rhône-Alpes basin for the implementation of the European Water Framework Directive. Final report. INRA Thonon, France: 1-54.

Anneville O, Souissi S, Molinero JC, Gerdeaux D. 2009. Influences of human activity and climate on the stock-recruitment dynamics of whitefish, *Coregonus lavaretus*, in Lake Geneva. *Fish Manage. Ecol.*, 6:492–500.

Anneville, O., Molinero, J.C., Souissi, S., & Gerdeaux, D. 2010 Seasonal and interannual variability of cladoceran communities in two peri-alpine lakes: uncoupled response to the 2003 heat wave. *Journal of Plankton Research*, 32, 913-925.

Balvay G., Lainé L., Anneville O., 2004 Evolution du zooplancton du Léman. *Rapp. Comm. Int. prot. eaux. Léman contre pollut., campagne 2003*, 81-92.

Bourrelly, P., 1972. Les Algues d'eau douce, Tome I: Les Algues vertes. 1-572pp. Ed Bouée

Bourrelly, P., 1981. Les Algues d'eau douce, Tome II: Les Algues jaunes et brunes. 1-517 pp. Ed Bouée

Bourrelly, P., 1985. Les Algues d'eau douce, Tome III: Les Algues bleues et rouges. 1-606 pp. Ed Bouée

Brettum, P., 1989. Algen als Indikatoren für die Gewässerqualität in norwegischen Binnenseen. *Norsk Institutt for vannforskning NIVA*, 1-102.

Dokulil MT, Jagsch A, George GD, Anneville O, Jankowski T, Wahl B, Lenhart B, Blenckner T, Teubner K., 2006. Twenty years of spatially coherent deep-water warming in lakes across Europe related to North-Atlantic Oscillation. *Limnol. Oceanogr.*, 51 :2787-2793.

Domaizon I, Viboud S, Fontvieille D.; 2003. Taxon-specific and seasonal variations in flagellates grazing on heterotrophic bacteria in the oligotrophic Lake Annecy - importance of mixotrophy. *FEMS Microbiol Ecol*, 46: 317-329.

Druart, J. C. & Rimet F., 2008. Protocoles d'analyse du phytoplancton de l'INRA : prélèvement, dénombrement et biovolumes. In INRA (ed), Thonon-les-Bains: 1-200.

Guide technique 'évaluation de l'état des eaux de surface de métropole' Mars 2009. Minitère Chargé de l'Ecologie. pp74, [http://www.eaufrance.fr/IMG/pdf/Guidetechnique REEE-ESC\\_30mars2009.pdf](http://www.eaufrance.fr/IMG/pdf/Guidetechnique REEE-ESC_30mars2009.pdf).

Gumy D. & Alencastro L.F., 2001 Origine de la pollution du Léman par le Chlorure. RapP. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut. Campagne 2000, 261-278.

Kaiblinger, K., 2008. Water quality assessment in lakes with special focus on Phytoplankton indices used within the EU Water Framework Directive (WFD). INRA Thonon, 1-45.

Kerfoot, W.C. & Kirk, K.L., 1991 Degree of Taste Discrimination among Suspension-Feeding Cladocerans and Copepods - Implications for Detritivory and Herbivory. *Limnol. Oceanog.*, 36, 1107-1123.

Lazzarotto J, Rapin F., 2009 Evolution physico-chimique des eaux du Léman, Rapp. Comm. Int. prot. eaux Léman contre Pollut. Campagne 2008, 33-58.

Padisak, J., L. O. Crossetti & Naselli-Flores L., 2009. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. *Hydrobiologia* 621: 1-19.

Pelletier, J. P. & Orand A., 1978. Appareil de prélèvement d'un échantillon dans un fluide. Brevet d'invention 76.08579.

Perga ME, Desmet M, Enters D, Reyss JL., 2010. A century of bottom-up and top-down driven changes on a lake planktonic food web : A paleo-ecological and paleo-isotopic study of Lake Annecy, France. *Limnology and Oceanography*, 55:803-816.

Personnic S, Domaizon I, Dorigo U, Berdjeb L, Jacquet S., 2009. Seasonal and spatial variability of virio, bacterio- and picophytoplanktonic abundances in three peri-alpine lakes. *Hydrobiol.*, 627:99-111.

Redfield, A.C., 1958. The biological control of chemical factors in the environment, *American Scientist*, 46:205-221.

Reynolds, C. S., Huszar V., Kruk C., Naselli-Flores L. & Melo S., 2002. Toward a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 24: 417-428.

Rimet, F., Druart J. C. & Anneville O., 2009. Exploring the dynamics of plankton diatom communities in Lake Geneva using emergent self-organizing maps (1974-2007). *Ecological Informatics* 4: 99-110.

Sieburth JM, Smetacek V, Lenz J., 1978. Pelagic ecosystem structure - heterotrophic compartments of plankton and their relationship to plankton size fractions - comment. *Limnology and Oceanography* 23: 1256-1263.

SILA (2011). Suivi scientifique du Lac d'Annecy, rapport 2009. SILA-INRA.

Stickney HL, Hood RR, Stoecker DK., 2000. The impact of mixotrophy on planktonic marine ecosystems. *Ecological Modelling*, 125:203-230.

Wolfram, G.& Dokulil M., 2007. Leitfaden zur erhebung der biologischen qualitatselemente. Teil B2 - Phytoplankton. Lebensministerium, Austria: 1-50.

Wolfram, G., Dokulil M., Pall K., Reichmann M., Schulz L., Argillier C., de Bortoli J., Martinez J. P., Rioury C., Hoehn E., Riedmuller U., Schaumburg J., Stelzer D., Buzzi F., Dalmiglio A., Morabito G., Marchetto A., Remec-Rekar S. & Urbanic G., 2007. Intercalibration Exercise, Technical Report + Annexes, Alpine GIG (Lakes). Vienna - Ispra.

## **DOSSIER I**

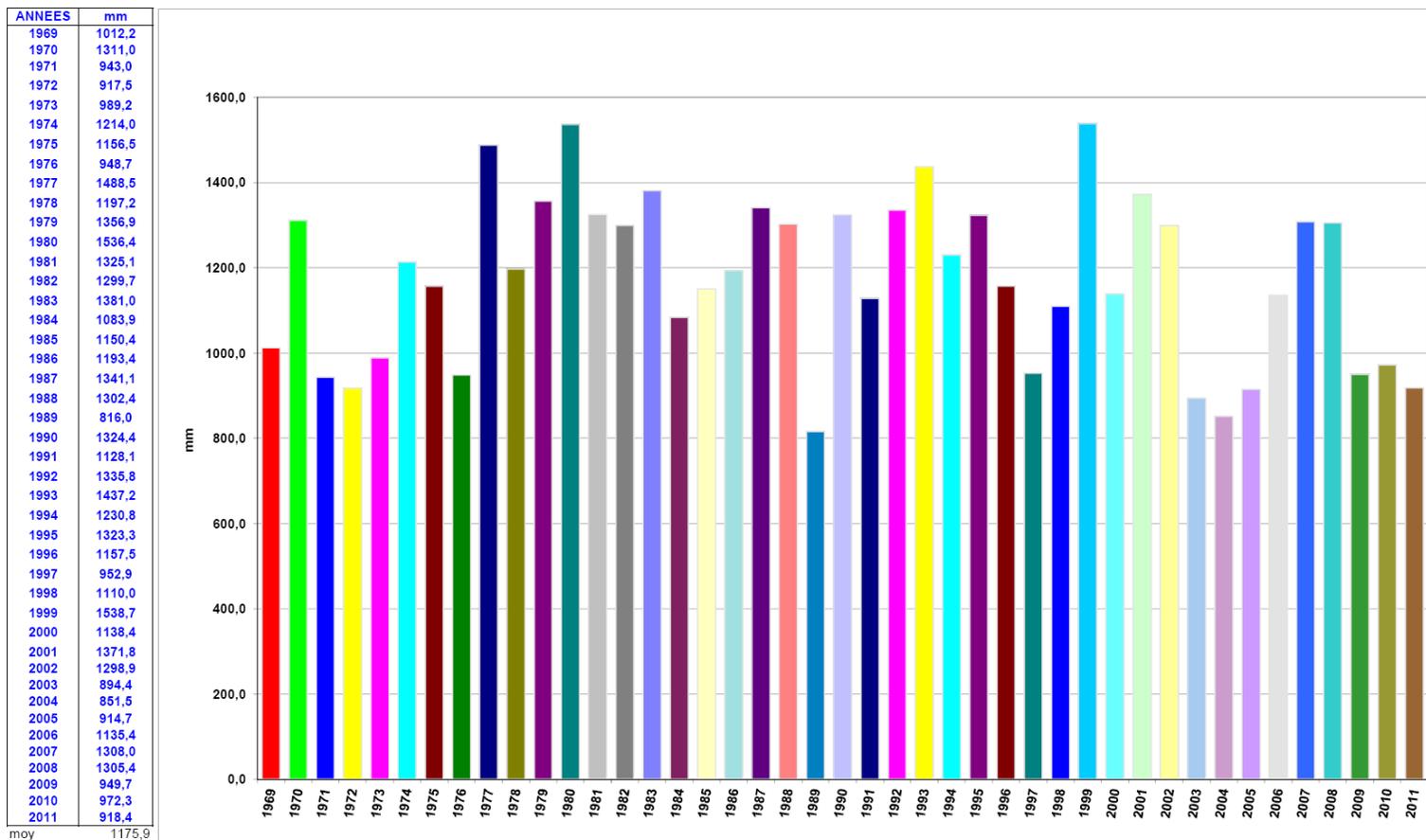
**METEOROLOGIE  
ET  
CLIMATOLOGIE 2011**

**Météo – Hauteur des pluies**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
2005	49,4	48,8	67,1	152,6	65,8	49,2	59,6	96,6	69,6	91,2	54,0	110,8	914,7
2006	29,6	84,0	206,2	95,2	119,4	46,4	41,4	186,8	97,4	86,6	65,8	76,6	1135,4
2007	88,8	120,8	115,8	5,4	170,6	174,6	170,4	164,0	83,4	30,2	65,2	118,8	1308,0
2008	101,8	44,4	108,8	141,0	85,4	117,4	148,0	116,8	187,2	103,0	59,0	92,6	1305,4
2009	66,3	52,4	76,4	44,2	44,8	101,2	73,0	106,2	19,6	33,6	187,0	145,0	949,7
2010	54,4	121,8	98,0	34,0	150,6	58,0	43,0	120,2	59,0	52,6	136,5	44,2	972,3
2011	44,2	28,0	45,2	33,4	57,8	116,0	154,2	81,2	71,2	55,8	5,8	225,6	918,4
VAL MAX	195,1	211,0	295,8	217,6	282,0	258,7	218,8	186,8	281,5	236,5	255,6	248,8	1538,7
VAL MINI	15,0	9,5	7,8	5,4	27,9	10,7	18,1	8,6	14,6	2,1	5,8	6,9	816,0

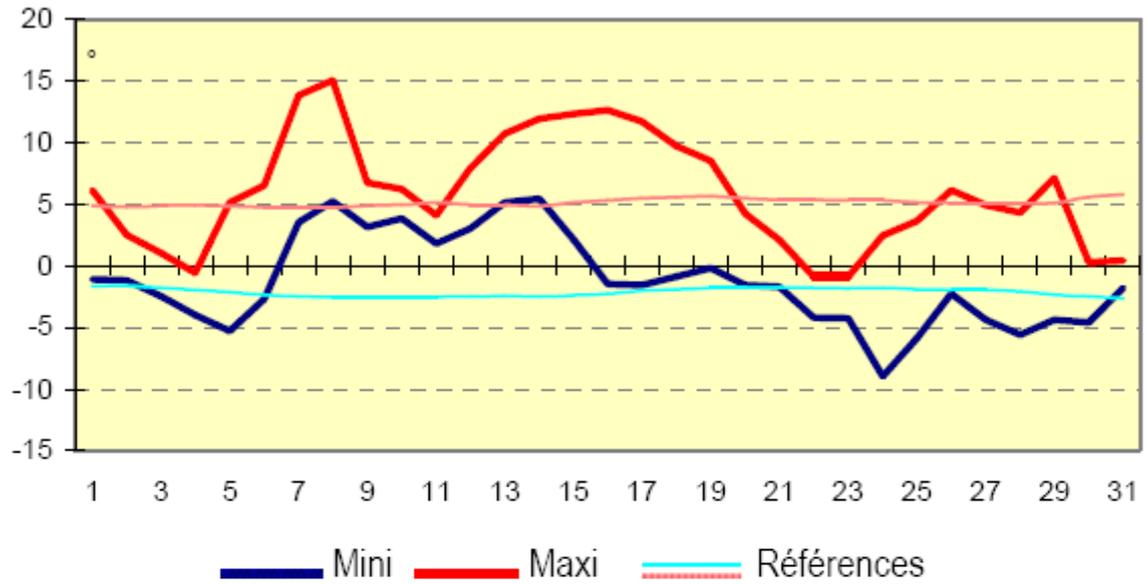
# Suivi Lac d'Annecy 2011 - SILA/INRA

Syndicat mixte du lac d'Annecy  
 Direction générale des services techniques  
 METEO  
 HAUTEUR DE PLUIE

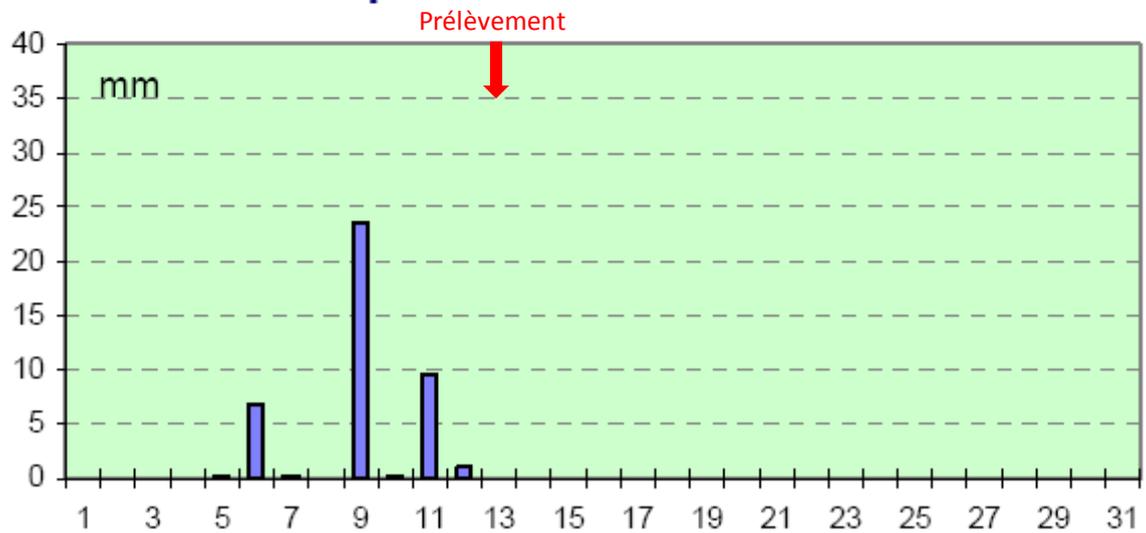


## JANVIER 2011

### Températures extrêmes



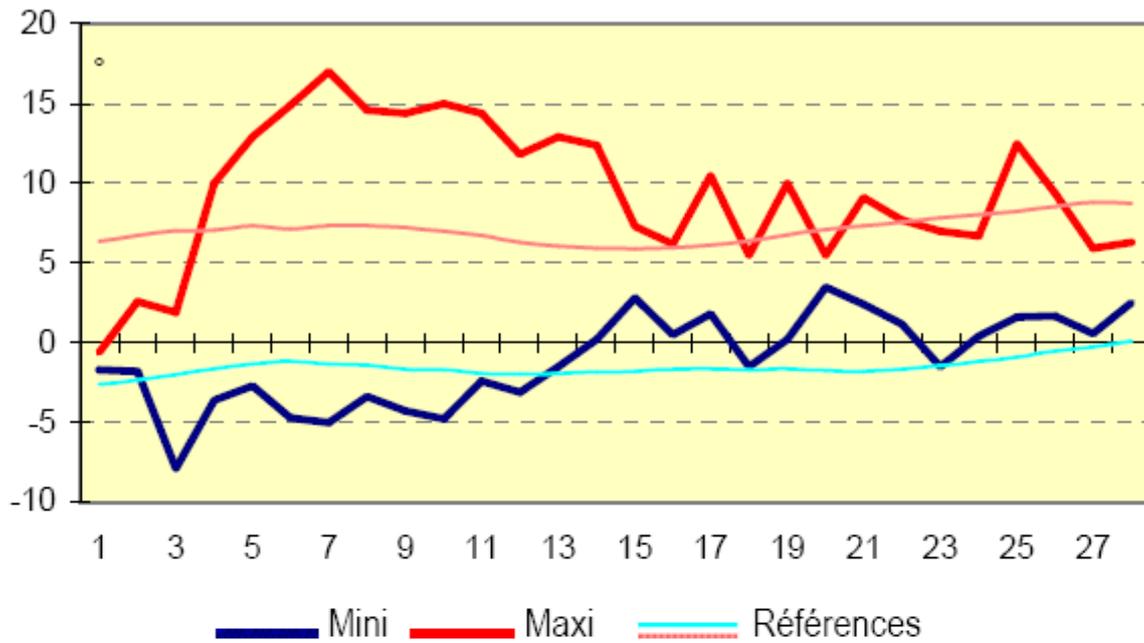
### Précipitations Quotidiennes



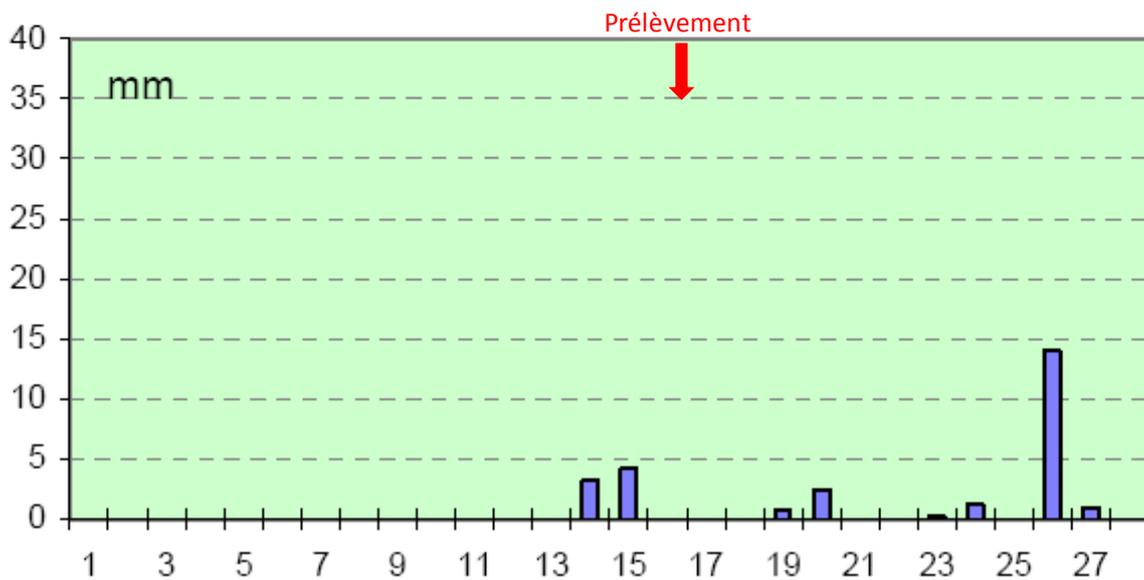
Données METEO-FRANCE

## FEVRIER 2011

### Températures extrêmes



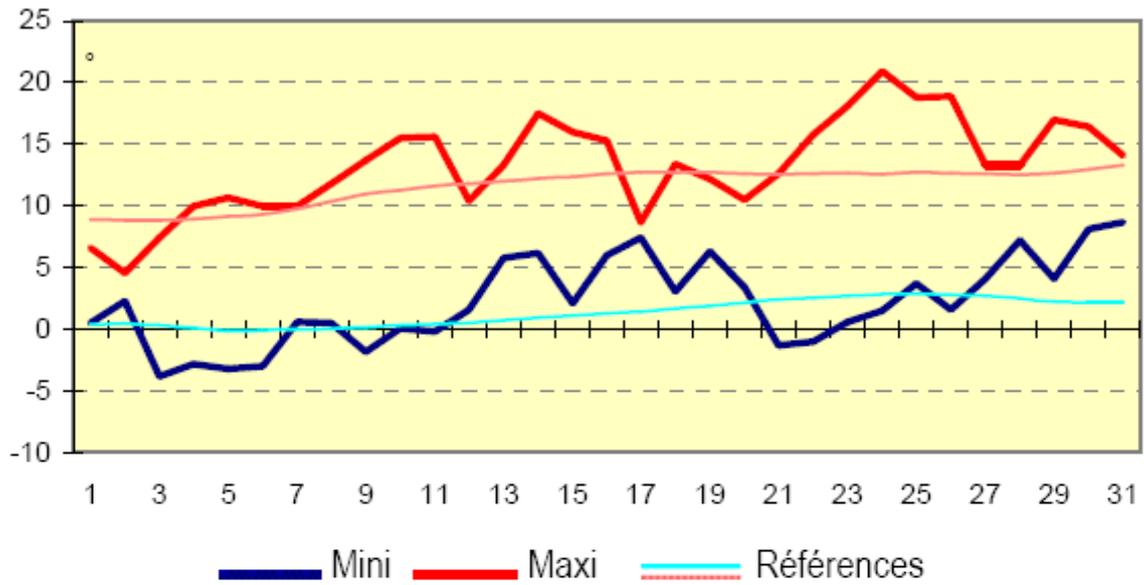
### Précipitations Quotidiennes



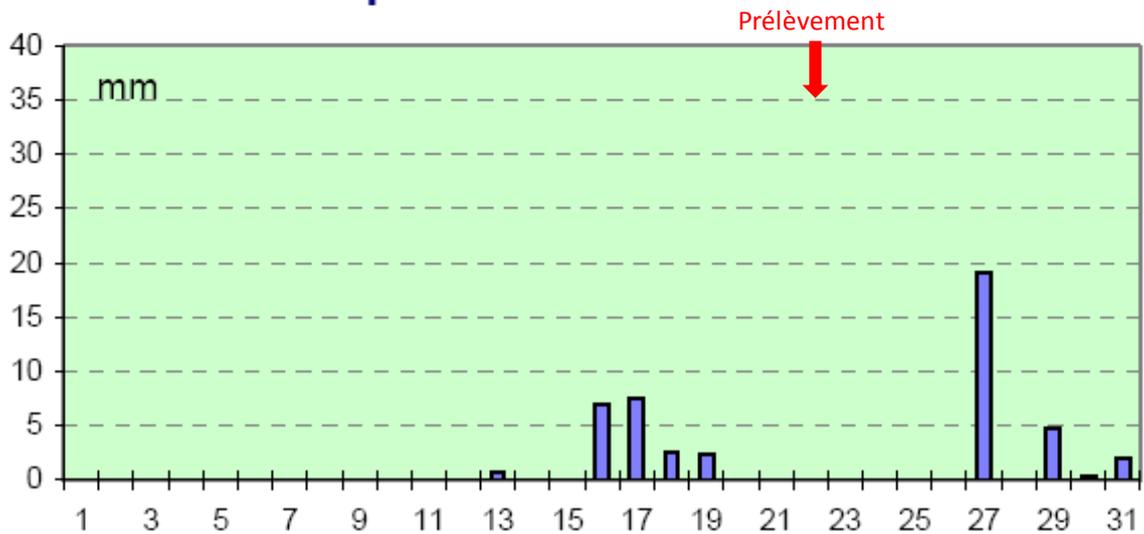
Données METEO-FRANCE

## MARS 2011

### Températures extrêmes



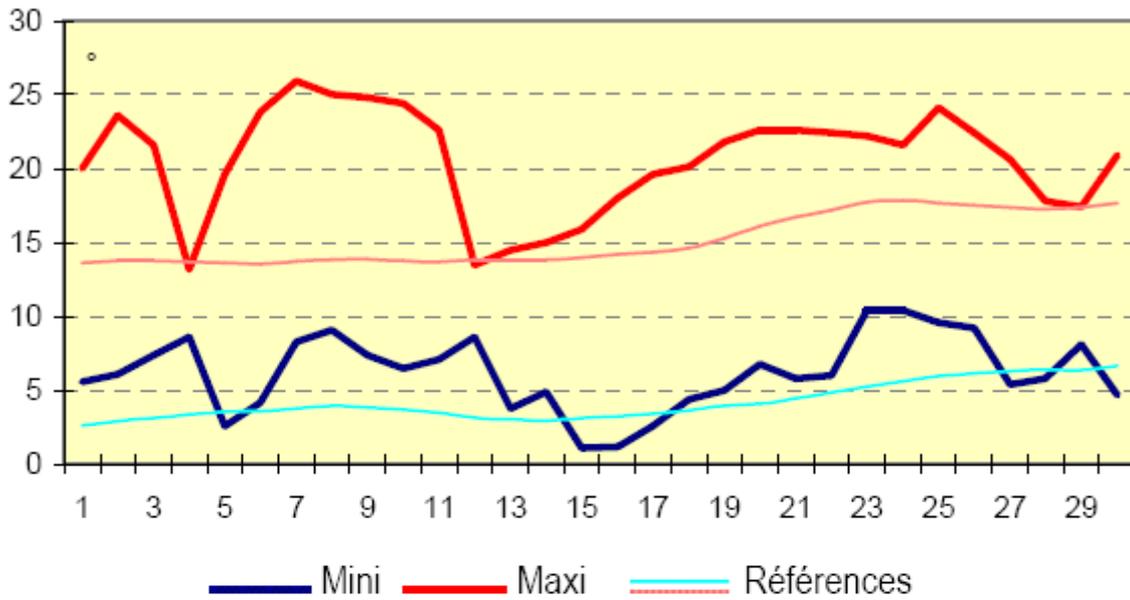
### Précipitations Quotidiennes



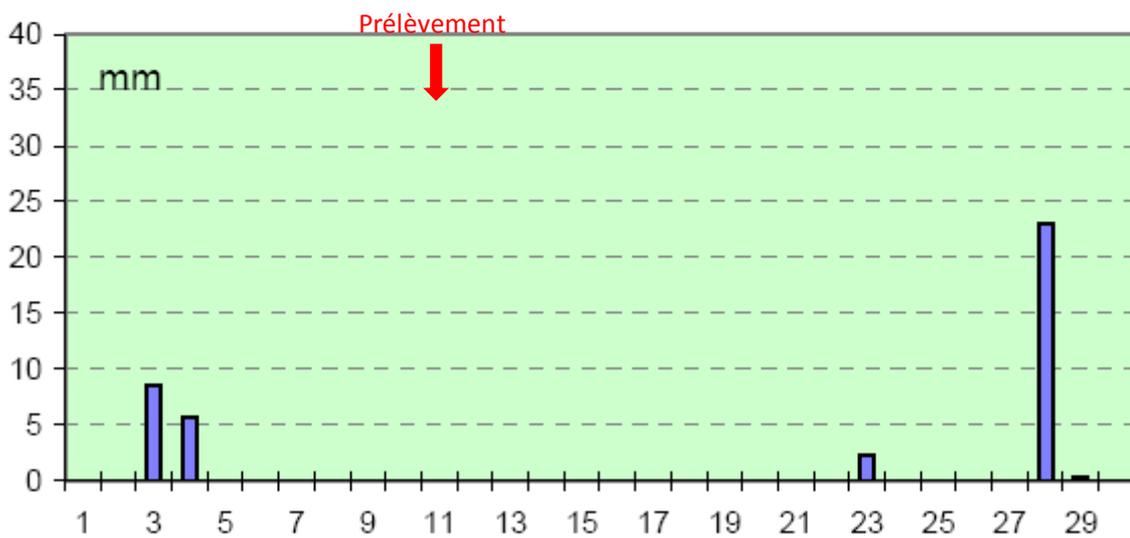
Données METEO-FRANCE

## AVRIL 2011

### **Températures extrêmes**



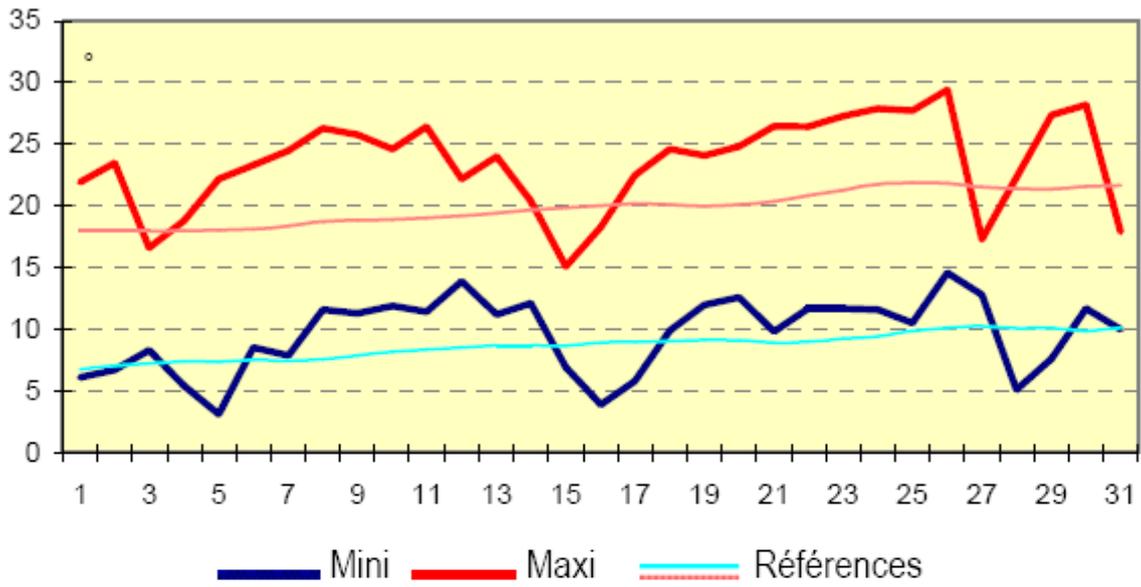
### **Précipitations Quotidiennes**



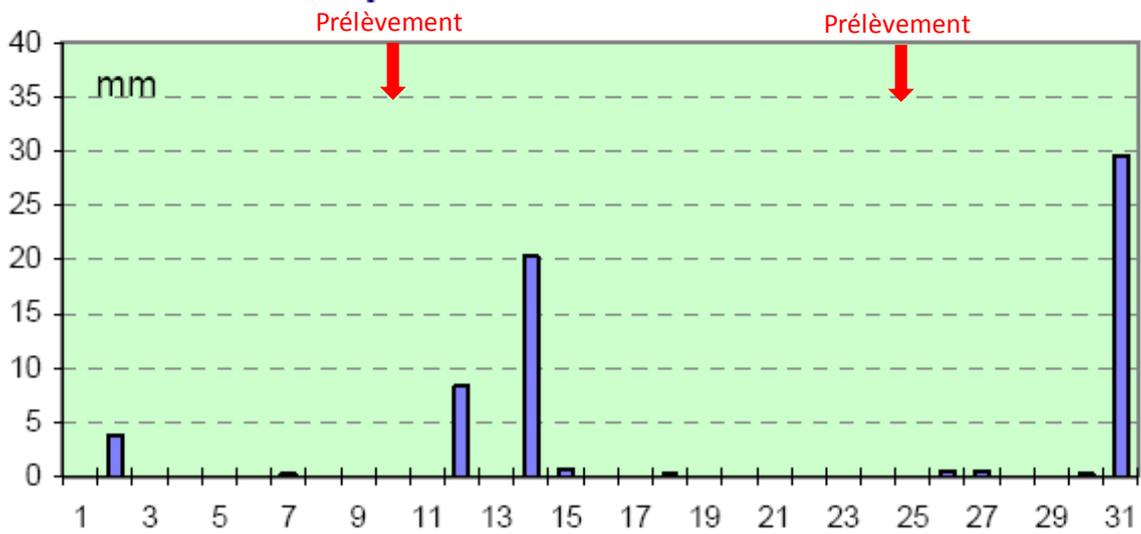
**Données METEO-FRANCE**

## MAI 2011

### Températures extrêmes



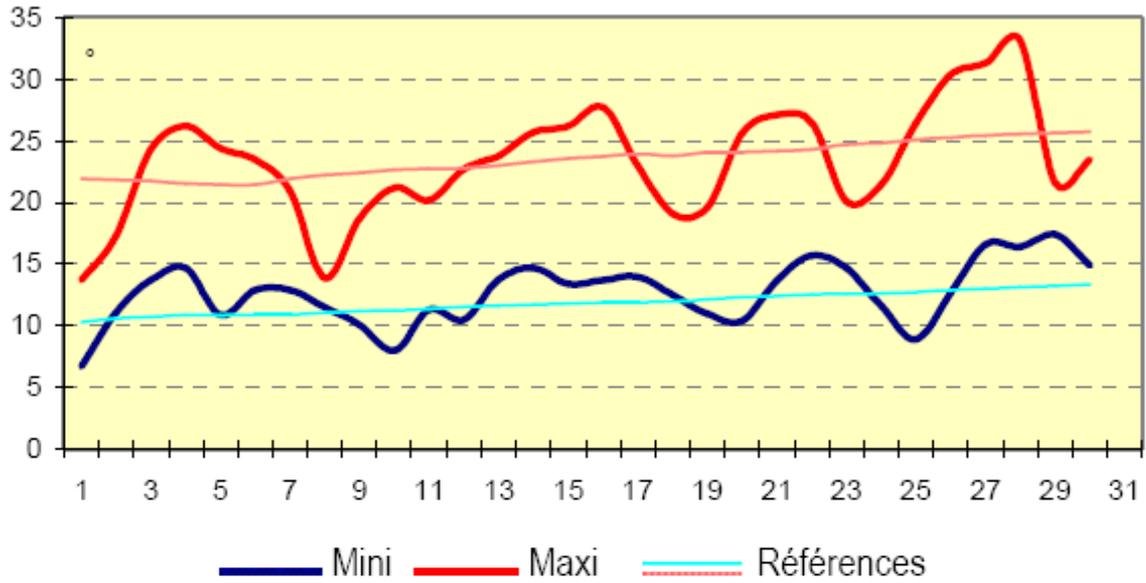
### Précipitations Quotidiennes



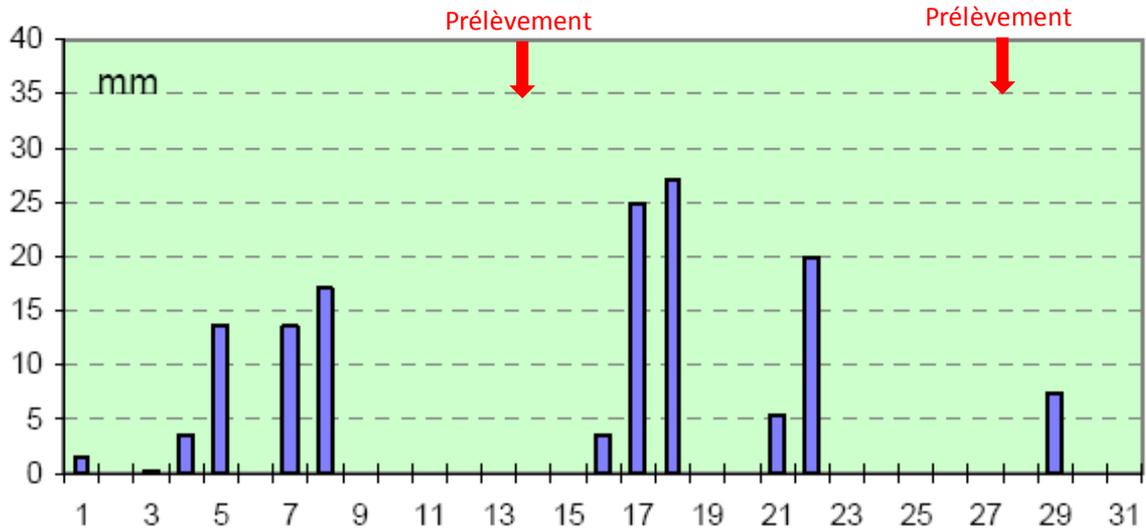
Données METEO-FRANCE

## JUIN 2011

### Températures extrêmes



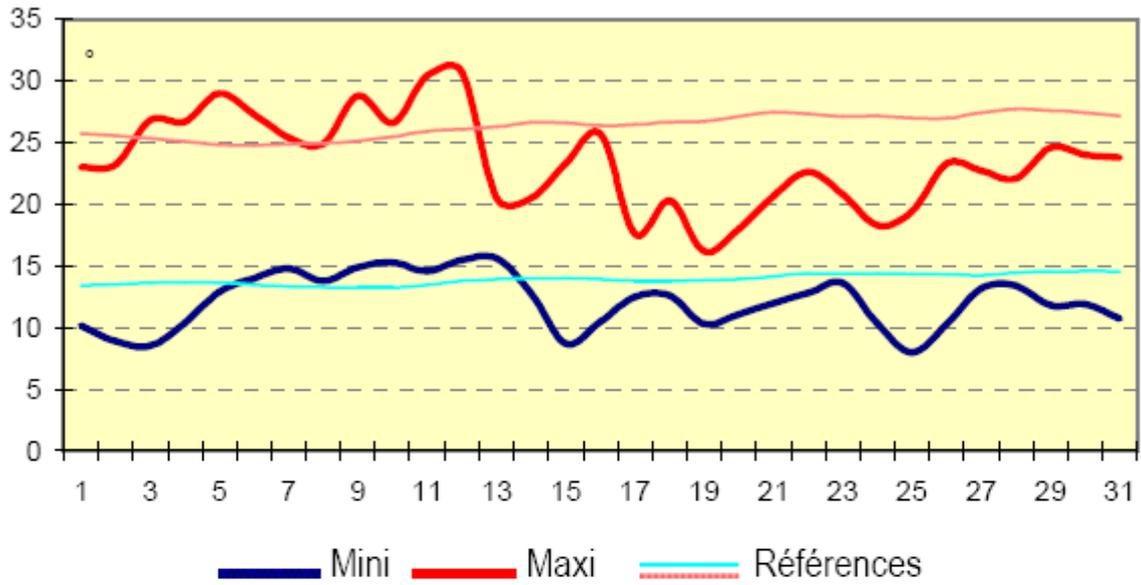
### Précipitations Quotidiennes



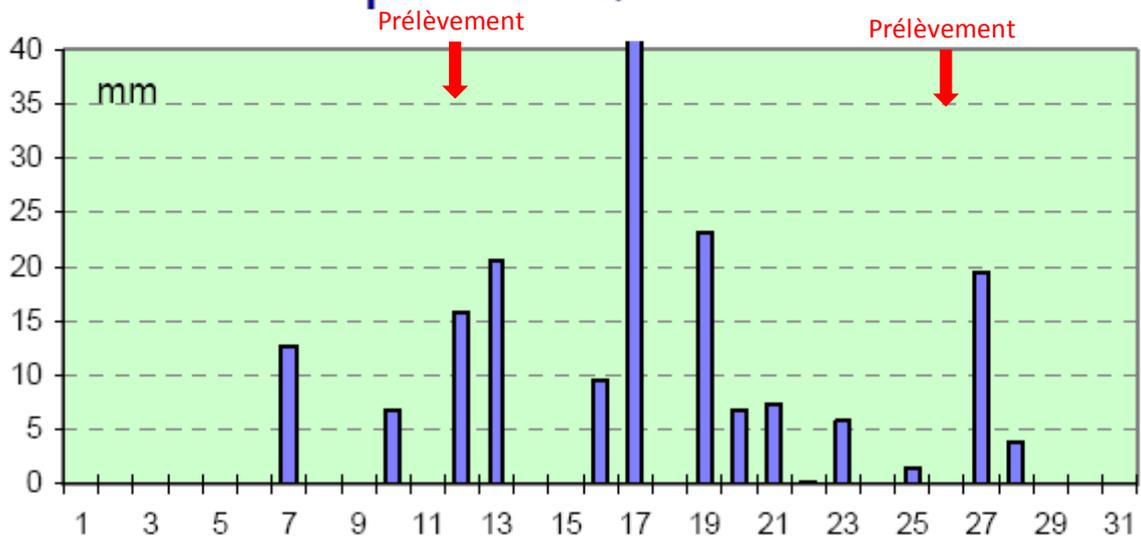
Données METEO-FRANCE

## JUILLET 2011

### Températures extrêmes



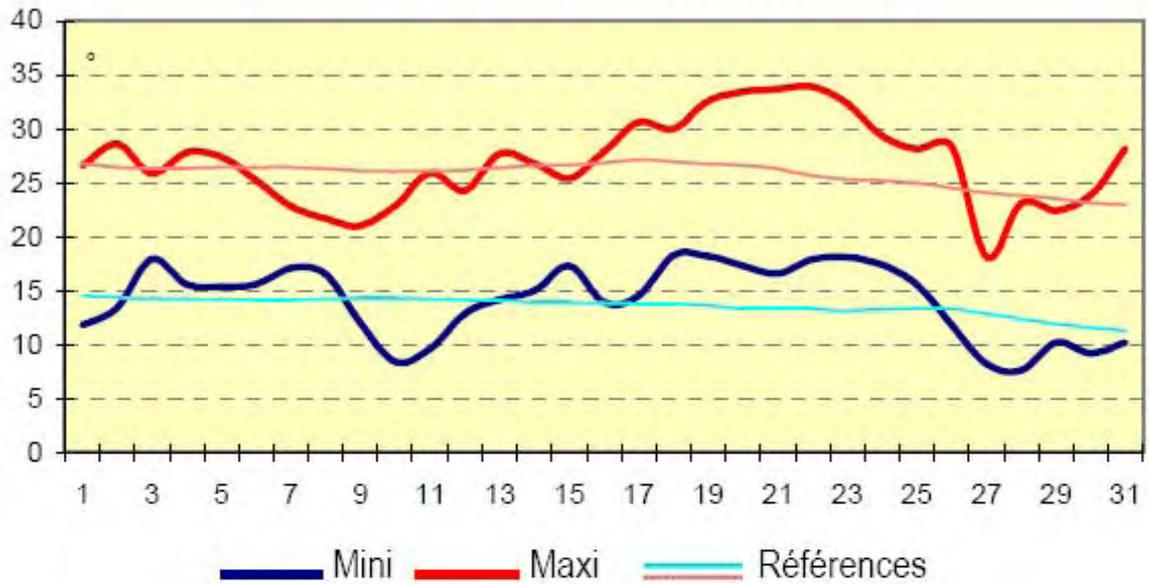
### Précipitations Quotidiennes



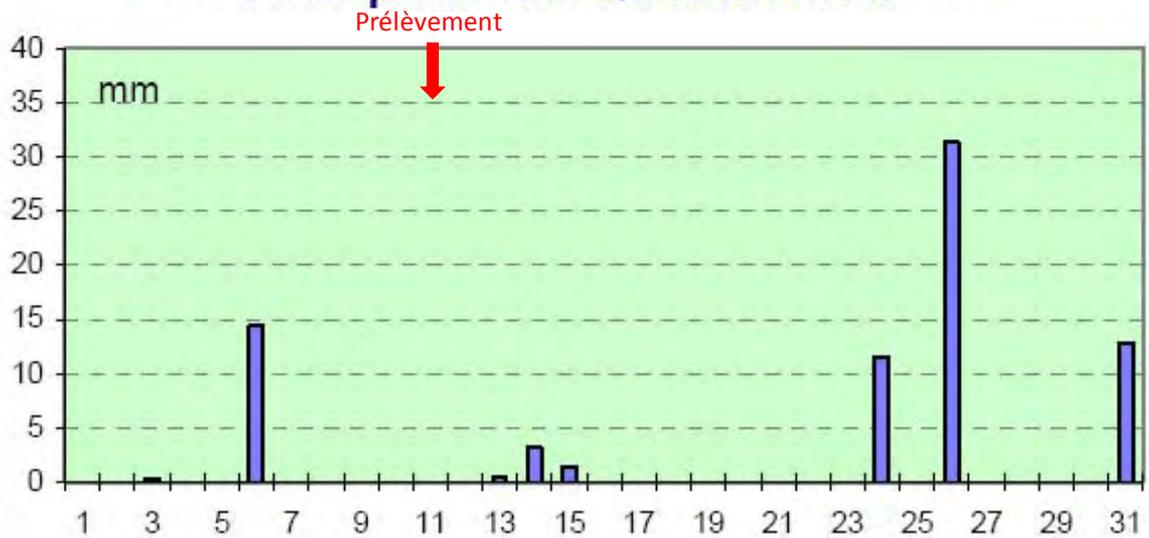
Données METEO-FRANCE

## AOUT 2011

### Températures extrêmes



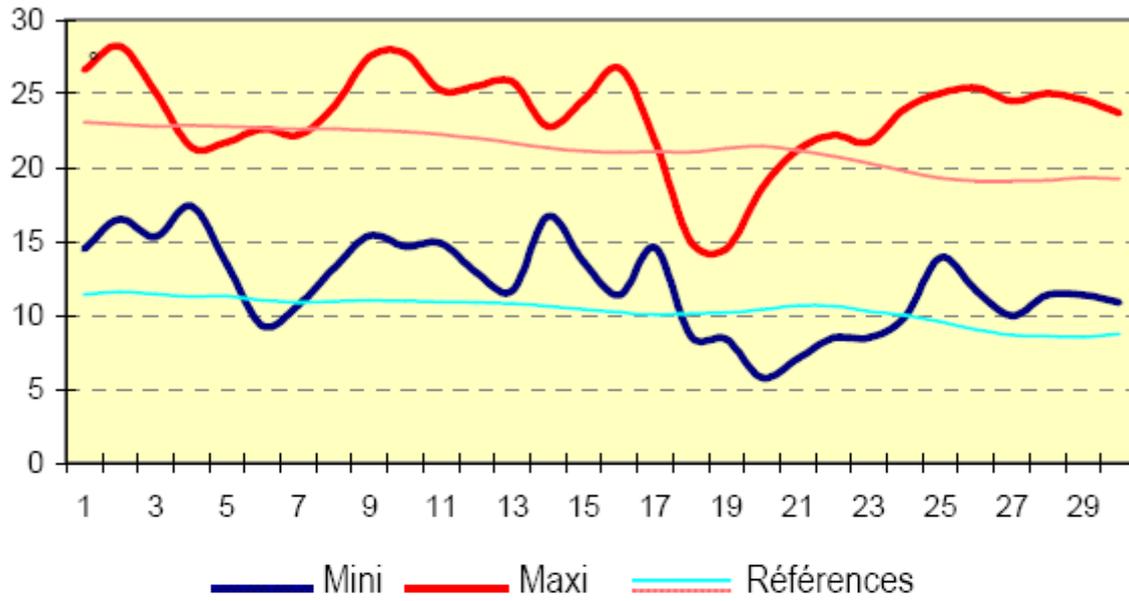
### Précipitations Quotidiennes



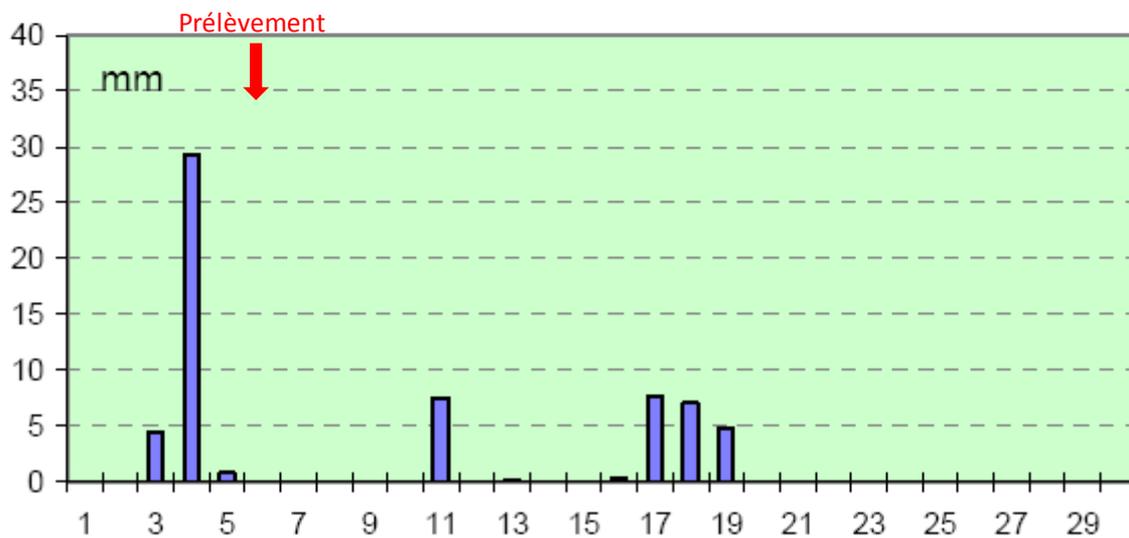
Données METEO-FRANCE

## SEPTEMBRE 2011

### Températures extrêmes



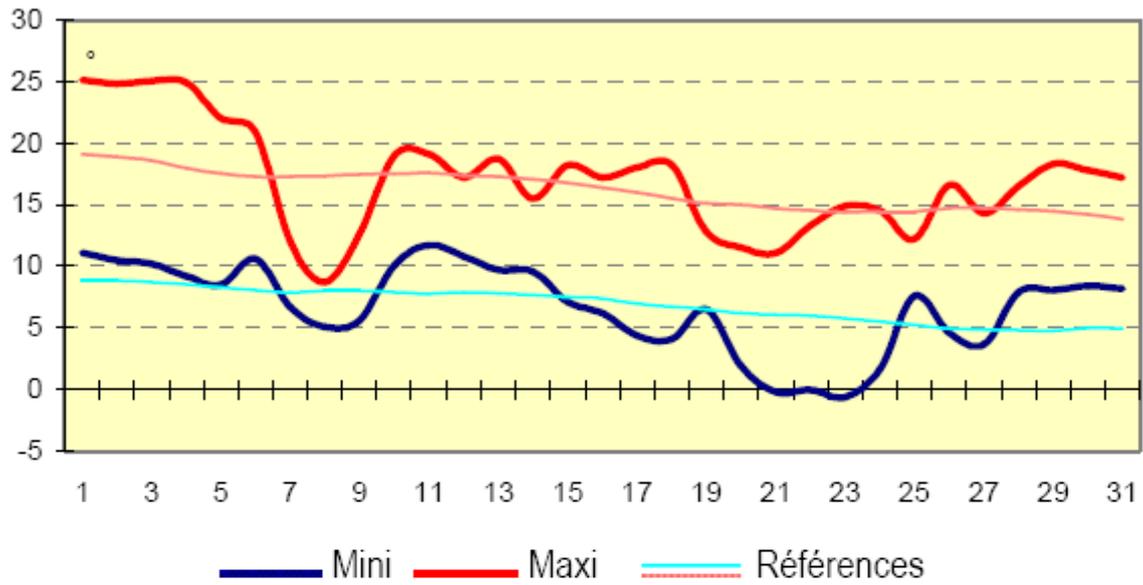
### Précipitations Quotidiennes



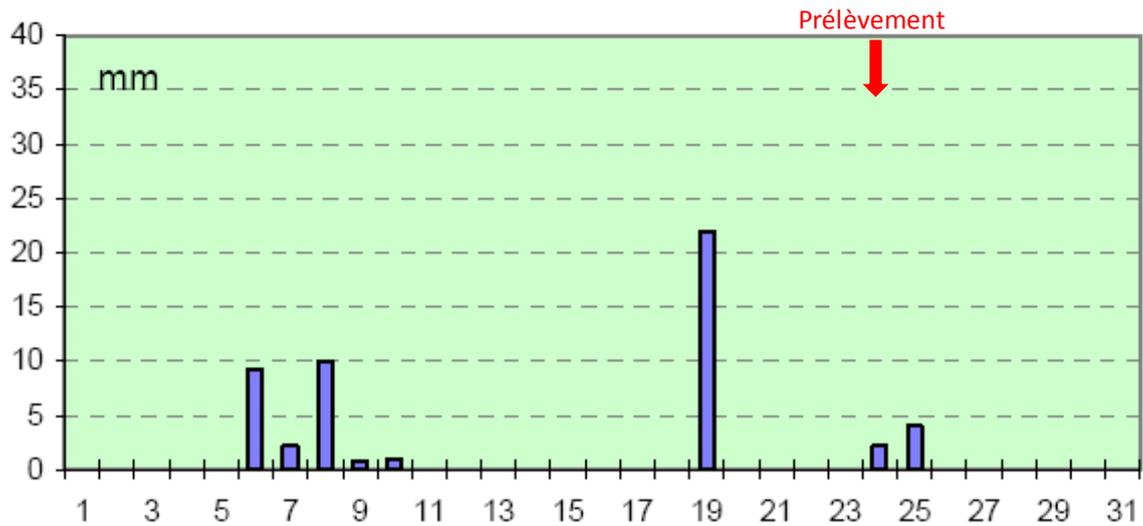
Données METEO-FRANCE

## OCTOBRE 2011

### Températures extrêmes



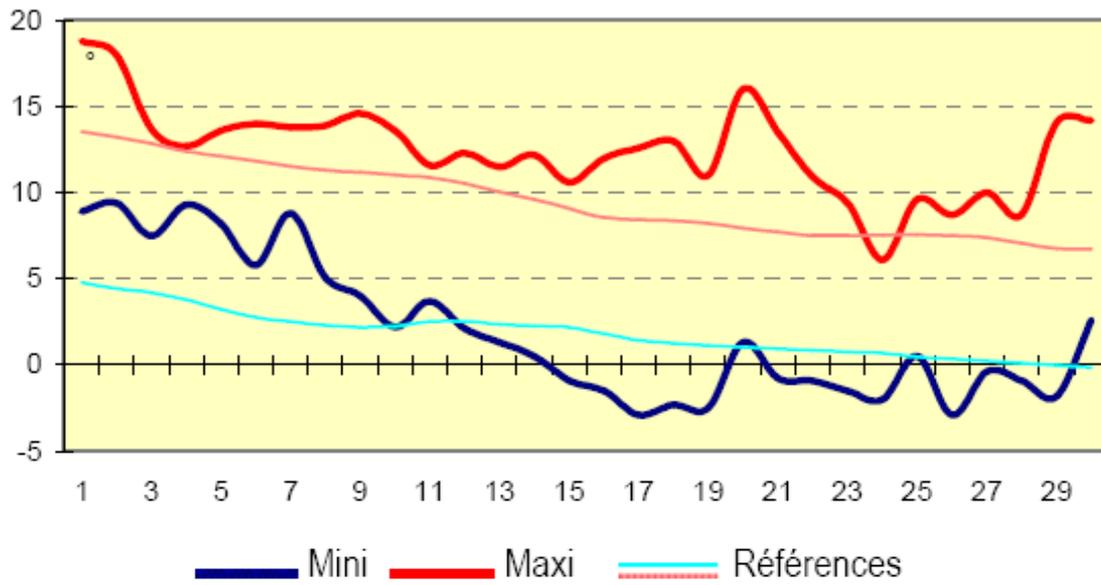
### Précipitations Quotidiennes



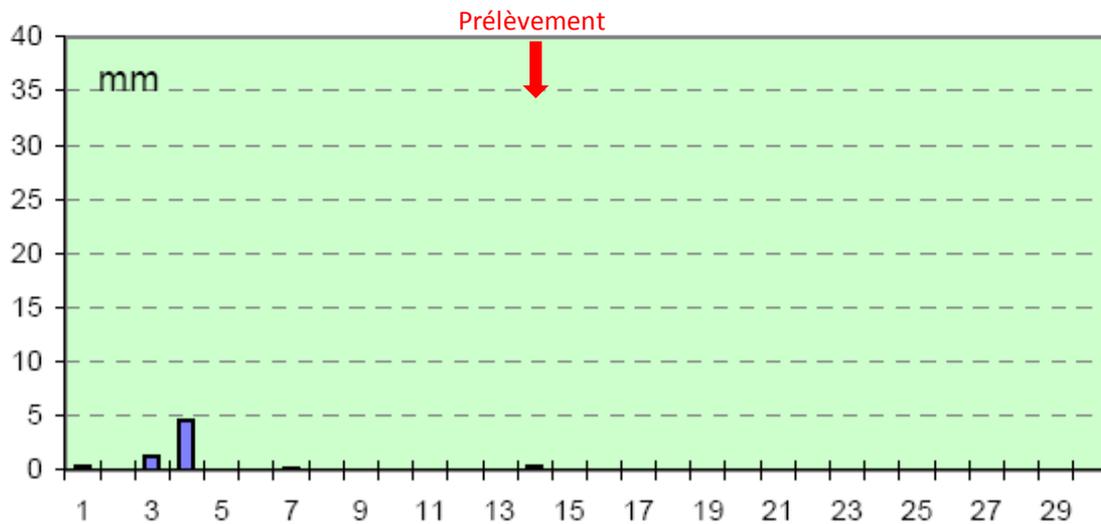
Données METEO-FRANCE

## NOVEMBRE 2011

### **Températures extrêmes**



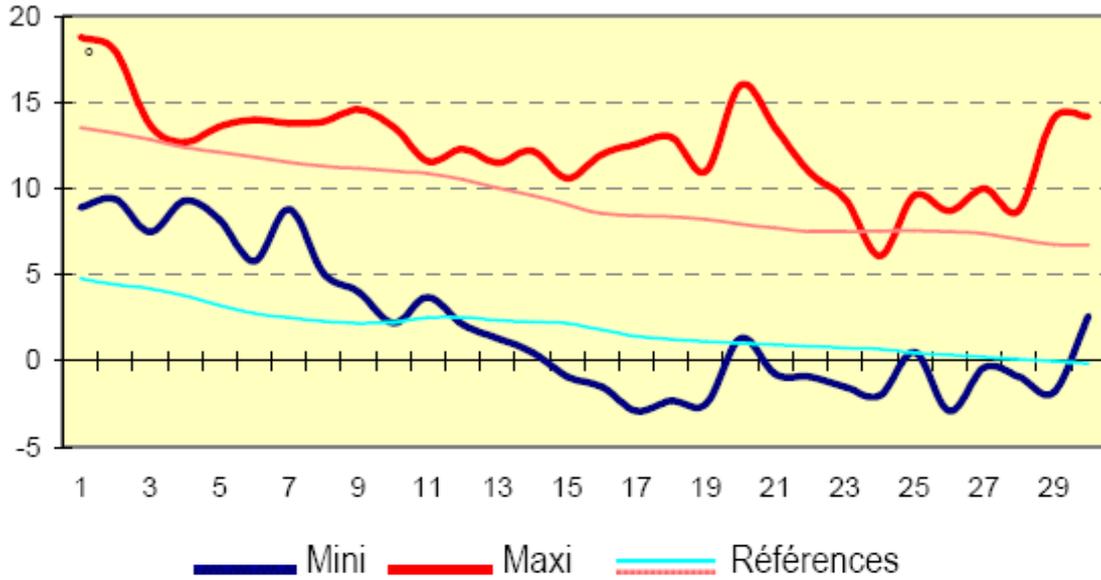
### **Précipitations Quotidiennes**



**Données METEO-FRANCE**

## DECEMBRE 2011

### **Températures extrêmes**



### **Précipitations Quotidiennes**



*Données METEO-FRANCE*

## **DOSSIER II**

<p><b>DEBITS DES PRINCIPAUX AFFLUENTS 2011</b></p>
--

Source : Banque HYDRO/DREAL  
Rhône-Alpes

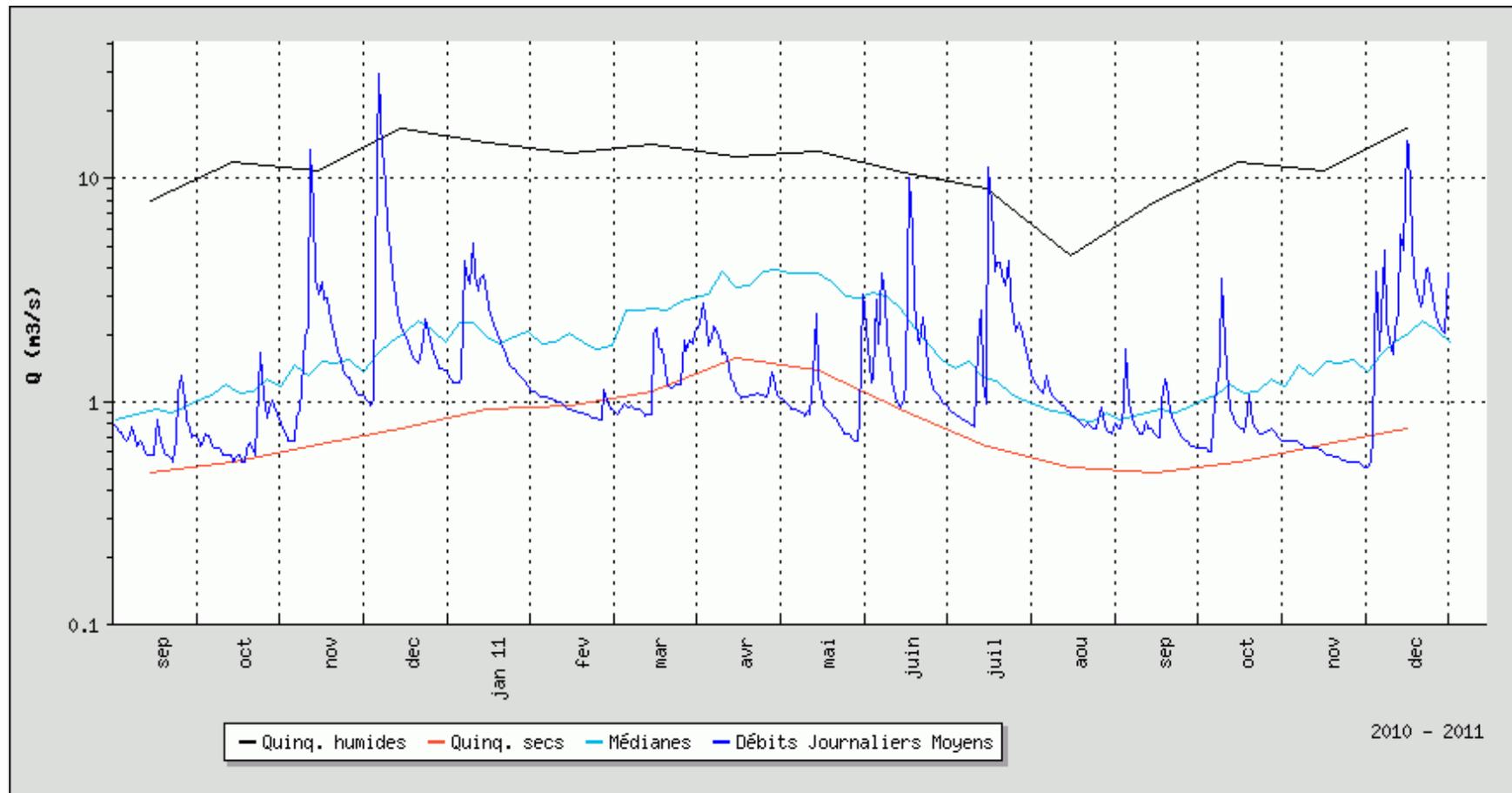


## L'EAU MORTE à DOUSSARD

Code station : V1235610      Bassin versant : 92.5 km<sup>2</sup>

Producteur : DREAL Rhône-Alpes      E-mail : hydrometrie.dreal-ra@developpement-durable.gouv.fr

**ENTRE2 : PERIODE DU 01/09/2010 AU 31/12/2011 COMPAREE A L'ENSEMBLE DE LA PERIODE CONNUE**



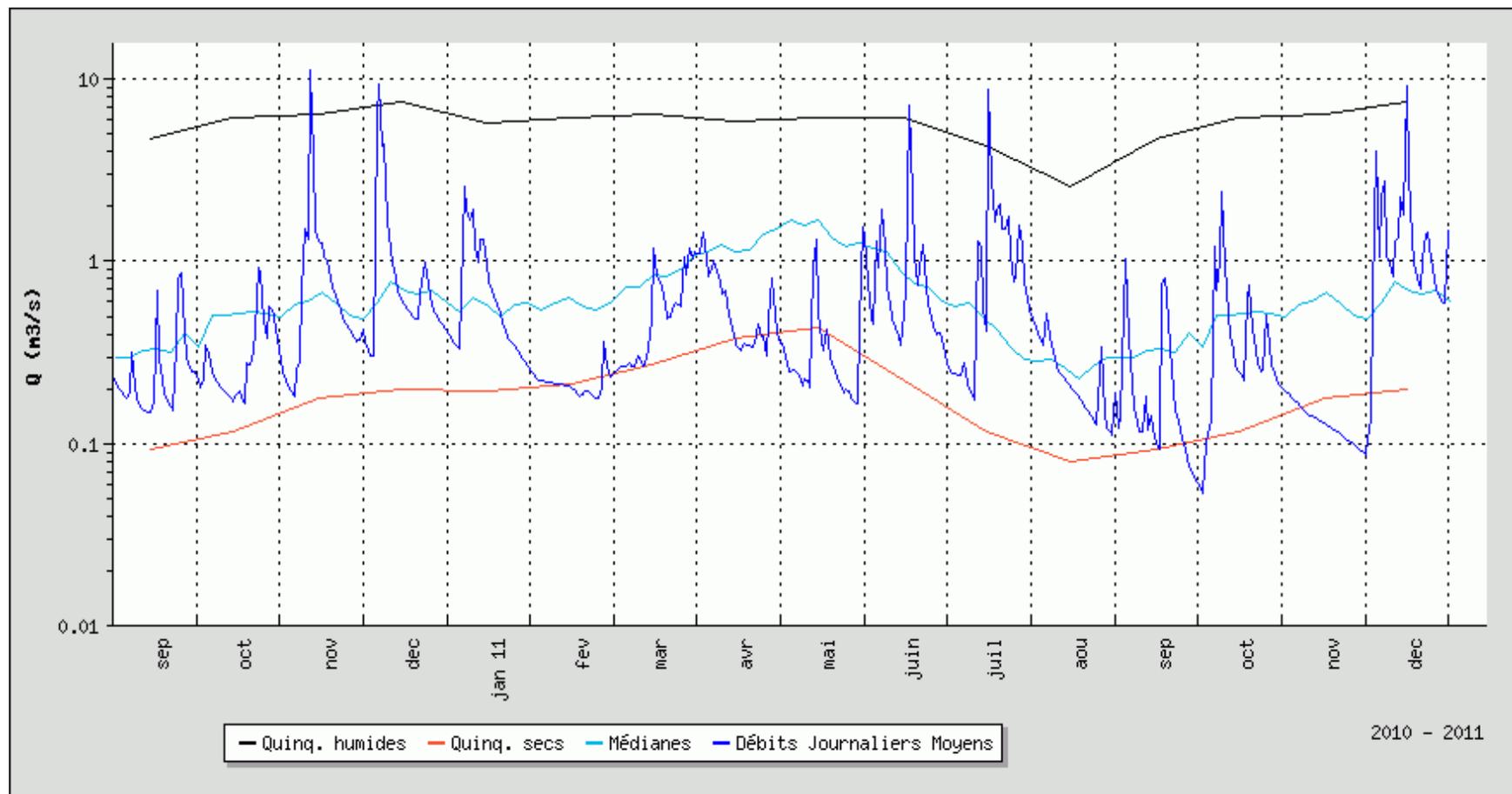


## L'IRE à DOUSSARD

Code station : V1235210 Bassin versant : 27.1 km<sup>2</sup>

Producteur : DREAL Rhône-Alpes E-mail : hydrometrie.dreal-ra@developpement-durable.gouv.fr

**ENTRE2 : PERIODE DU 01/09/2010 AU 31/12/2011 COMPAREE A L'ENSEMBLE DE LA PERIODE CONNUE**



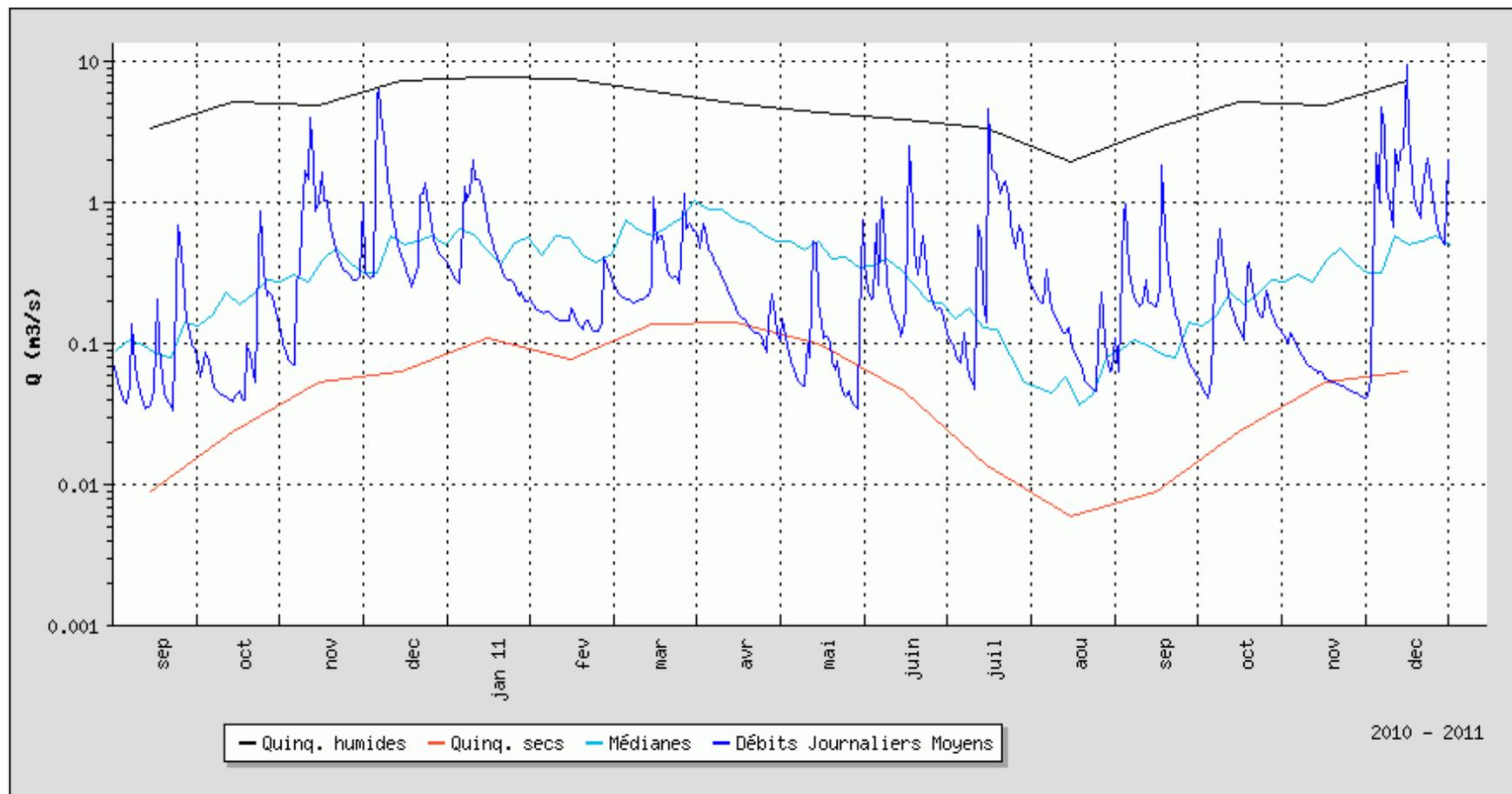


## LE LAUDON à SAINT-JORIOZ

Code station : V1237410      Bassin versant : 29.2 km<sup>2</sup>

Producteur : DREAL Rhône-Alpes      E-mail : hydrometrie.dreal-ra@developpement-durable.gouv.fr

**ENTRE2 : PERIODE DU 01/09/2010 AU 31/12/2011 COMPAREE A L'ENSEMBLE DE LA PERIODE CONNUE**



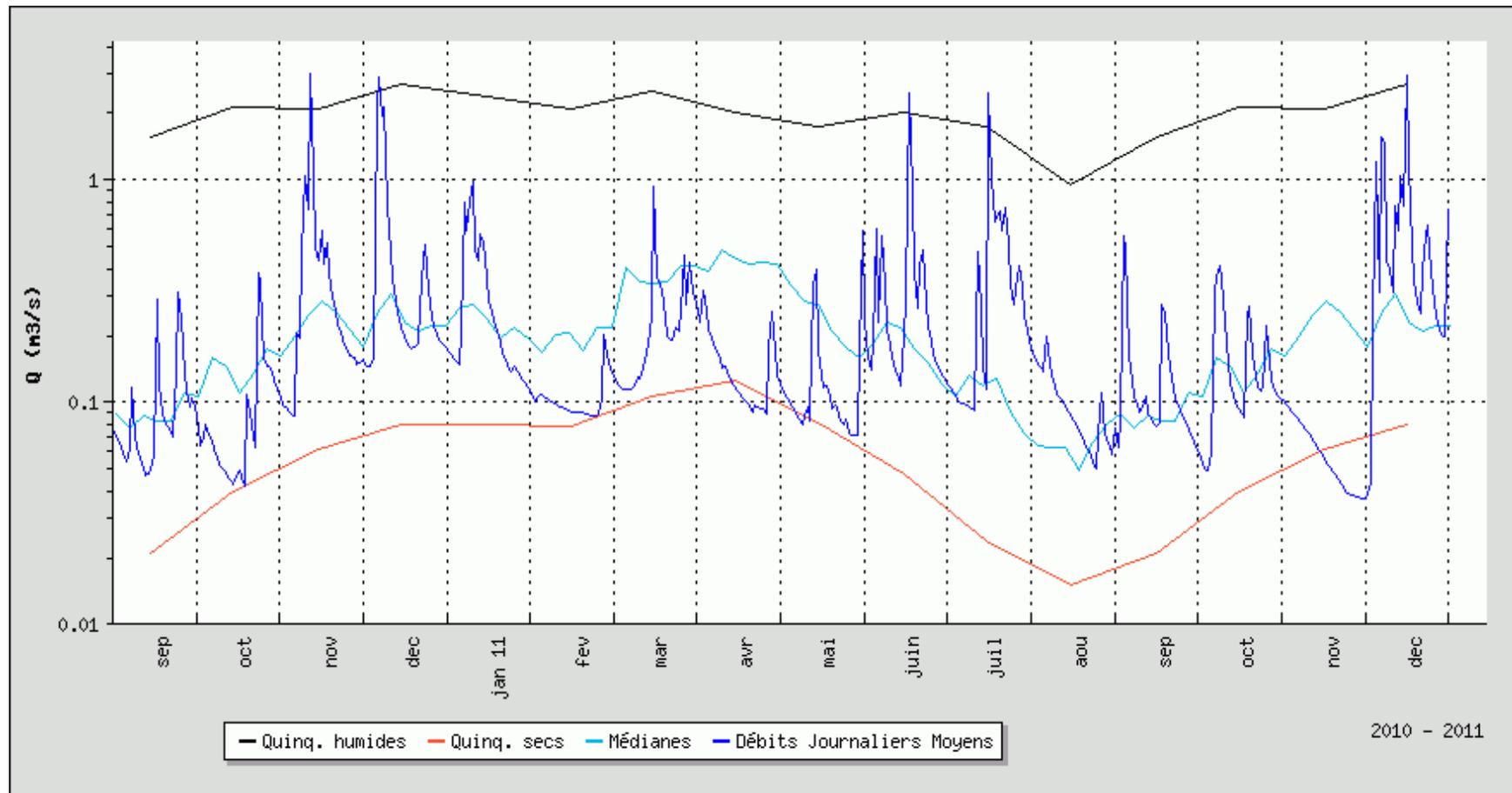


## LA BORNETTE à LATHUILE

Code station : V1235420      Bassin versant : 11.6 km<sup>2</sup>

Producteur : DREAL Rhône-Alpes      E-mail : hydrometrie.dreal-ra@developpement-durable.gouv.fr

### ENTRE2 : PERIODE DU 01/09/2010 AU 31/12/2011 COMPAREE A L'ENSEMBLE DE LA PERIODE CONNUE



## **DOSSIER III**

<p><b>CARACTERISTIQUES DE LA SONDE MULTIPARAMETRES IMMERGEABLE UTILISEE PAR L'INRA-THONON</b></p>
---

Marque : RBR  
Modèle : RBR-CTD XRX620  
Sonde n°: 18061

#### Paramètres mesurables:

La sonde possède des capteurs pour la mesure de :

- pression (profondeur)
- température
- conductivité électrique
- pH
- oxygène dissous
- transmission de la lumière
- mesure de la chlorophylle *a* (fluorimètre)
- turbidité

#### Description de la procédure et des organes de commande:

La sonde RBR est une sonde portable submersible autonome.

Les étapes de mises en œuvre sur le terrain sont les suivantes :

- Activation et paramétrisation de la sonde

Avant la mise à l'eau, la sonde est activée et les informations de configuration lui sont transmises à l'aide d'un ordinateur portable (liaison de type RS232), à partir du logiciel RUSKIN qui permet de définir quels sont les paramètres mesurés.

Lors de la mesure *in situ*, **la sonde est autonome**, elle enregistre et stocke directement les mesures des différents paramètres *dans* une mémoire interne à la sonde. **Le pas de temps d'acquisition des données** (pression, température, conductivité, pH, oxygène, lumière, chlorophylle *a*, turbidité) **est de 3 secondes** à partir de l'activation de la sonde.

- Réalisation du profil

La sonde est fixée à un câble (sur treuil), elle est immergée à la surface de l'eau et **un temps d'équilibration de 10 minutes** environ est respecté avant sa descente le long de la colonne d'eau (descente lente d'environ 0,1 m par seconde permettant une mesure fiable des divers paramètres).

- Récupération des données

A sa sortie de l'eau, la sonde est reconnectée à l'ordinateur portable afin d'exporter les données à l'aide du logiciel RUSKIN.

L'ordinateur permet de visualiser les données *a posteriori* et leur représentation graphique sous forme de profils en fonction de la profondeur.

Le logiciel RUSKIN permet de récupérer les données sous forme de fichiers excel, txt ou matlab.

#### Procédures d'étalonnage:

##### ➤ **Profondeur**

La sonde de pression piézoélectrique est étalonnée par le fabricant (certificat de calibration RBR Janvier 2012). Une comparaison est effectuée par des mesures avec les longueurs marquées sur le câble et occasionnellement avec une sonde bathymétrique attachée à la sonde.

##### ➤ **Température**

Le capteur de température RBR (résistance platine), a été étalonné par le fabricant (certificat de calibration RBR Janvier 2012). Sa gamme de mesure est de -5°C à + 35°C avec une incertitude de  $\pm 0,002^\circ\text{C}$ .

##### ➤ **pH**

La sonde est une électrode de verre combinée à une électrode de référence. Elle est étalonnée par le fabricant (certificat de calibration RBR Janvier 2012). L'incertitude sur la mesure est de  $\pm 0,1$ .

Un comparatif est systématiquement effectué en laboratoire pour des échantillons d'eau prélevés à des profondeurs discrètes.

##### ➤ **Oxygène dissous**

Le capteur d'oxygène dissous Oxyguard Ocean (détails techniques consultables <http://www.oxyguard.dk/images/stories/pdf/d05%20ocean%20probe%20brochure%20gb%200111.pdf>). Il est étalonné par le fabricant (certificat de calibration RBR Janvier 2012).

Des vérifications sont systématiquement effectuées par la méthode chimique de Winkler pour des échantillons d'eau pris à des profondeurs discrètes et, si nécessaire, des corrections sont appliquées. La gamme de mesure de la sonde est de 0 à 200% et son incertitude est de  $\pm 2\%$ .

➤ **Conductivité électrique**

Le capteur est une électrode AMT 3 dont la gamme de mesure est de 0 à 2mS/cm (en eau douce) et l'incertitude de  $\pm 0,003$ mS/cm.

Il est étalonné par le fabricant (certificat de calibration RBR Janvier 2012).

➤ **Chlorophylle a**

Le capteur est un fluorimètre submersible Cyclops-7 (Numéro de série : 2102289). Les gammes de teneurs en chlorophylle a mesurables varient en fonction du gain sélectionné (voir tableau ci-dessous).

Paramètre mesuré	Gain X1	Gain X10	Gain X100
Concentration maximum	500µg/L	50µg/L	5µg/L
Concentration maximum	0.3µg/L	0.1µg/L	0.03µg/L

Les détails techniques concernant ce capteur sont consultables online:

<http://www.turnerdesigns.com/t2/doc/manuals/998-2100.pdf>.

Le capteur est étalonné par le fabricant (certificat de calibration Turner Designs Janvier 2012).

En parallèle, des mesures de la chlorophylle a sur des échantillons prélevés à des profondeurs discrètes sont réalisés par la méthode d'extraction à l'acétone et mesure spectrophotométrique (Strickland & Parsons 1968).

➤ **Transmission de la lumière**

Le capteur est un LiCor PAR\* dont la gamme de mesure est de 0 à 10 000µmol/s-m<sup>2</sup> avec une incertitude de  $\pm 2\%$ .

Le capteur est étalonné par le fabricant (certificat de calibration RBR Janvier 2012).

➤ **Turbidité**

Le capteur est un capteur SeaPoint Auto-ranging dont la gamme de mesure est de 0 à 2500 FTU(NTU) avec une incertitude de  $\pm 2\%$  (valeur d'incertitude pour des mesures jusqu'à 750 FTU).

Le capteur est étalonné par le fabricant (certificat de calibration RBR Janvier 2012).

\*PAR : *Photosynthetically Active Radiations*

## **DOSSIER IV**

### **PHYTOPLANCTON :**

- Définition des groupes fonctionnels selon (Reynolds et al., 2002)**
- Détail du calcul de l'indice Brettum**

**Définition des groupes fonctionnels selon (Reynolds et al., 2002)***Table I: Trait-separated functional groups of phytoplankton (updated from Reynolds, 1997)*

Codon	Habitat	Typical representatives	Tolerances	Sensitivities
<b>A</b>	Clear, often well-mixed, base poor, lakes	<i>Urosolenia</i> , <i>Cyclotella comensis</i>	Nutrient deficiency	pH rise
<b>B</b>	Vertically mixed, mesotrophic small-medium lakes	<i>Aulacoseira subarctica</i> <i>Aulacoseira islandica</i>	Light deficiency	pH rise, Si depletion stratification
<b>C</b>	Mixed, eutrophic small-medium lakes	<i>Asterionella formosa</i> <i>Aulacoseira ambigua</i> <i>Stephanodiscus rotula</i>	Light, C deficiencies	Si exhaustion stratification
<b>D</b>	Shallow, enriched turbid waters, including rivers	<i>Synedra acus</i> <i>Nitzschia spp</i> <i>Stephanodiscus hantzschii</i>	Flushing	nutrient depletion
<b>N</b>	mesotrophic epilimnia	<i>Tabellaria</i> <i>Cosmarium</i> <i>Staurodesmus</i>	Nutrient deficiency	stratification pH rise
<b>P</b>	eutrophic epilimnia	<i>Fragilaria crotonensis</i> <i>Aulacoseira granulata</i> <i>Closterium aciculare</i> <i>Staurastrum pingue</i>	Mild light and C deficiency	stratification Si depletion
<b>T</b>	deep, well-mixed epilimnia	<i>Geminella</i> <i>Mougeotia</i> <i>Tribonema</i>	Light deficiency	Nutrient deficiency
<b>S1</b>	turbid mixed layers	<i>Planktothrix agardhii</i> <i>Limnothrix redekei</i> <i>Pseudanabaena</i>	highly light deficient conditions	flushing
<b>S2</b>	shallow, turbid mixed layers	<i>Spirulina</i> <i>Arthrospira</i> <i>Raphidiopsis</i>	light deficient conditions	flushing
<b>S<sub>N</sub></b>	warm mixed layers	<i>Cylindrocapsa</i> <i>Anabaena minutissima</i>	light-,nitrogen-deficient conditions	flushing
<b>Z</b>	clear, mixed layers	<i>Synechococcus</i> prokaryote picoplankton	low nutrient	light deficiency grazing
<b>X3</b>	shallow, clear, mixed layers	<i>Koliella</i> <i>Chrysococcus</i> eukaryote picoplankton	low base status	mixing, grazing
<b>X2</b>	shallow, clear mixed layers in meso-eutrophic lakes	<i>Plagioselmis</i> <i>Chrysochromulina</i>	stratification	mixing, filter feeding
<b>X1</b>	shallow mixed layers in enriched conditions	<i>Chlorella</i> , <i>Ankyra</i> <i>Monoraphidium</i>	stratification	nutrient deficiency filter feeding
<b>Y</b>	usually, small, enriched lakes	<i>Cryptomonas</i>	low light	phagotrophs!
<b>E</b>	usually small, oligotrophic, base poor lakes or heterotrophic ponds	<i>Dinobryon</i> <i>Mallomonas</i> <i>(Synura)</i>	low nutrients (resort to mixotrophy)	CO <sub>2</sub> deficiency
<b>F</b>	Clear epilimnia	colonial Chlorophytes e.g. <i>Botryococcus</i> <i>Pseudosphaerocystis</i> <i>Coenochloris</i> <i>Oocystis lacustris</i>	low nutrients high turbidity	?CO <sub>2</sub> deficiency

Table I: continued

Codon	Habitat	Typical representatives	Tolerances	Sensitivities
<b>G</b>	Short, nutrient-rich water columns	<i>Eudorina</i> <i>Volvox</i>	high light	nutrient deficiency
<b>J</b>	shallow, enriched lakes ponds and rivers	<i>Pediastrum</i> , <i>Coelastrum</i> <i>Scenedesmus</i> <i>Golenkinia</i>		settling into low light
<b>K</b>	short, nutrient-rich columns	<i>Aphanothece</i> <i>Aphanocapsa</i>		deep mixing
<b>H1</b>	dinitrogen-fixing Nostocales	<i>Anabaena flos-aquae</i> <i>Aphanizomenon</i>	low nitrogen low carbon,	mixing, poor light, low phosphorus
<b>H2</b>	dinitrogen-fixing Nostocales of larger mesotrophic lakes	<i>Anabaena lemmermanni</i> <i>Gloeotrichia echinulata</i>	low nitrogen	mixing, poor light,
<b>U</b>	summer epilimnia	<i>Uroglena</i>	low nutrients	CO <sub>2</sub> deficiency
<b>L<sub>0</sub></b>	summer epilimnia in mesotrophic lakes	<i>Peridinium</i> <i>Woronichinia</i> <i>Merismopedia</i>	segregated nutrients	prolonged or deep mixing
<b>L<sub>M</sub></b>	summer epilimnia in eutrophic lakes	<i>Ceratium</i> <i>Microcystis</i>	very low C,	mixing, poor stratification light
<b>M</b>	dielly mixed layers of small eutrophic, low latitude lakes	<i>Microcystis</i> <i>Sphaerocavum</i>	high insolation	flushing, low total light
<b>R</b>	metalimnia of mesotrophic stratified lakes	<i>P. rubescens</i> <i>P. mougeotii</i>	low light, strong segregation	instability
<b>V</b>	metalimnia of eutrophic stratified lakes	<i>Chromatium</i> , <i>Chlorobium</i>	very low light, strong segregation	instability
<b>W1</b>	small organic ponds	Euglenoids, <i>Synura</i> <i>Gonium</i>	high BOD	grazing
<b>W2</b>	shallow mesotrophic lakes	bottom-dwelling <i>Trachelomonas</i>	?	?
<b>Q</b>	small humic lakes	<i>Gonyostomum</i>	high colour	?

## Détail du calcul de l'indice Brettum

L'indice Brettum est basé sur la probabilité d'occurrence de taxons phytoplanctoniques le long d'un gradient de phosphore total. Ce gradient est divisé en 6 classes de trophies (de 1 à 6). Quelques exemples de scores sont donnés pour des taxons dans le tableau suivant :

Taxon	Classes de trophie					
	1	2	3	4	5	6
	<=5	5-8	8-15	15-30	30-60	>60
<i>Aphanizomenon flos aquae</i>	0	0	0	1	4	5
<i>Aphanocapsa musicola</i>	0	1	2	5	2	0
<i>Aphanocapsa parasitica f dinobryonis</i>	0	1	2	5	2	0
<i>Aphanothece clathrata</i>	1	1	3	2	2	1
<i>Aphanothece clathrata var. rosea</i>	1	1	3	2	2	1
<i>Aphanothece saxicola</i>	1	1	3	2	2	1
<i>Chroococcus limneticus</i>	1	3	3	2	1	0
<i>Chroococcus minutus</i>	1	1	6	1	1	0

Pour chacune des 6 classes de trophie, un indice  $I_j$  est calculé :

$$I_j = \frac{\sum_{i=1}^n v_i x_{ij}}{\sum_{i=1}^n v_i}$$

Avec : -  $v_i$  : biovolume de du taxon  $i$   
 -  $x_{ij}$  : score du taxon  $i$  dans la classe de trophie  $j$

Finalement l'indice Brettum BI est calculé :

$$BI = \frac{\sum_{j=1}^6 I_j T_j}{\sum_{j=1}^6 I_j}$$

Avec : -  $T_j$  : poids de chaque indice  $I$ , ( $T_1 = 6, T_2=5, T_3=4, T_4=3, T_5=2, T_6=1$ )

## **DOSSIER V**

**QUELQUES EXTRAITS DE PRESSE PARUS EN 2011**

# Le niveau du lac est surveillé comme le lait sur le feu

C'est grâce aux vannes sur le Thiou que les agents de la ville d'Annecy peuvent réguler le niveau de l'eau sur le lac. Une mission qui s'exerce au quotidien. Explications.

Par une convention signée en 1876, la Ville d'Annecy assure, pour le compte de l'État, la régulation du niveau du lac. Une délégation dont s'occupe le service propreté urbaine, en gérant les vannes sur le Thiou.

Trois d'entre elles appartiennent à l'État : celle du pont Perrière, celle sous le pont Albert Lebrun (canal du Vassé) et celle dite de Saint-Dominique (à côté de l'église Saint-François, près du quai de Vicenza). Les deux premières sont les plus importantes et assurent l'essentiel de la régulation des eaux.

Et les autres vannes dans la vieille ville ? « Leur rôle est avant tout esthétique », explique Patrick Michaud, responsable du service propreté urbaine, comme celle qui se trouve devant le restaurant "L'Auberge du Lyonnais", qui est même classée.

## Une cote surveillée au quotidien

Chaque jour, le niveau du lac est contrôlé. La mesure officielle se fait sous le pont de la Halle, près de la mairie, à quelques mètres de l'embarcadere du Libellule.

La cote "normale" est située entre 70 et 75 cm, mais elle varie en fonction des précipitations. Début décembre, suite aux importantes chutes de neige et à la fonte qui a suivi, la cote est mon-



Patrick Michaud devant la vanne à clapet du Pont Perrière, la plus importante de la ville. La jauge du pont de la Halle est le point de repère officiel (photo ci-dessous).

tée rapidement de 66 à 93. Un niveau déjà haut, mais sans qu'il y ait panique à bord. « Jusqu'à 110, ça va », estime Patrick Michaud. Au-delà, le lac commence à sortir et peut se retrouver à hauteur de la route du côté de Balmette (après Talloires) ou inonder une partie du Pâquier, comme ce fut le cas à plusieurs reprises dans le courant du siècle dernier.

Les vannes sont actionnées en fonction du niveau de l'eau, mais leur action a néanmoins ses limites. « Elles peuvent sortir un débit de 40 à 42 m<sup>3</sup> maximum par seconde », détaille M. Michaud. En clair, en cas de crues exceptionnelles, elles ne peuvent pas empêcher une inondation.

Inversement, le niveau du lac peut aussi être très bas, comme ce fut le cas durant l'été 2003, marqué par une forte sécheresse. Il avait fallu évacuer les bateaux (Libellule et Cygne) car sinon ils n'auraient pas pu re-

partir. « En dessous de la cote 59, si le Libellule est à quai, il ne peut pas repartir. »

Autant dire que la jauge du pont de la Halle fait l'objet d'une surveillance quotidienne. « Tous les jours à 5 heures du matin, le niveau est relevé », confie Patrick Michaud. En période de crues, plusieurs relevés sont effectués dans la même journée.

Une sonde électrique a même été posée, en 1998. Si le niveau varie de 6 cm ou plus sur une heure, un appel automatique est lancé, comme une alarme, pour prévenir les services de la Ville. « Il faut toujours anticiper, et suivre la météo », résume le responsable du service propreté urbaine.

## Comme le lait sur le feu

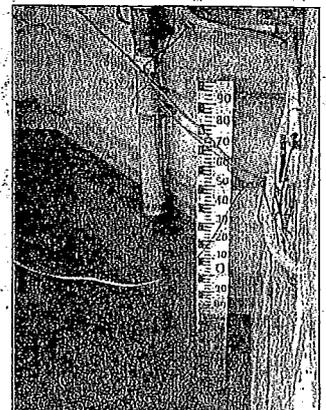
L'actionnement des vannes est donc une mission à part entière. « Il faut surveiller ça comme le lait sur le feu. »

En particulier au printemps,

pendant la période de la fonte des neiges. « C'est la période la plus délicate à gérer », convient Patrick Michaud.

Les agents de la Ville sont ensuite en relation avec les services de l'État, via la préfecture, pour faire le point régulièrement. Ils sont aussi en relation régulière avec les usines situées en aval du Thiou ou du Fier, comme l'usine de Brassilly, ou la compagnie alpine d'Aluminium.

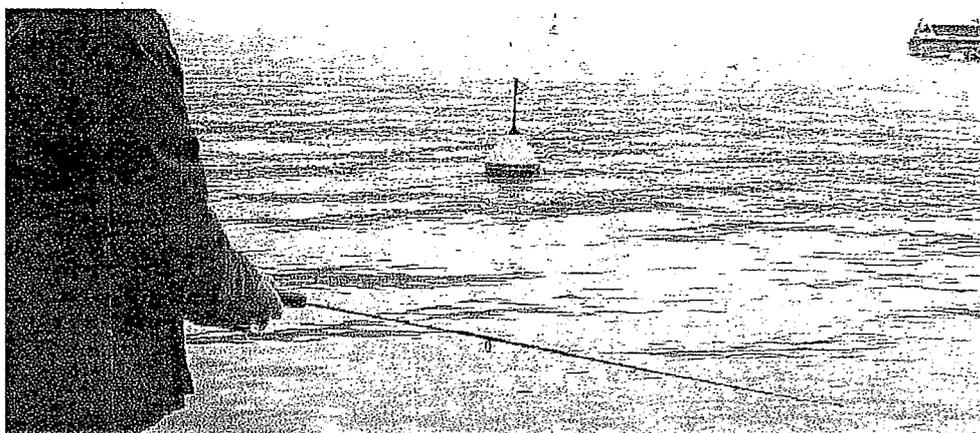
OLIVIER DURAND



# Pêche : les experts proposent de réduire le nombre de professionnels

Trois experts étaient venus en novembre dernier pour expliquer le changement de la ressource piscicole dans le lac et proposer d'éventuelles mesures pour la pérenniser. Le rapport devrait être présenté jeudi 27 janvier lors de la commission consultative sur la pêche au lac.

Les conclusions du rapport ne sont pas encore publiques, mais L'Essor Savoyard a réussi à se les procurer. En novembre dernier, trois experts suisses et allemands étaient venus, à la demande du Sila et de la préfecture, pour dresser un bilan sur la ressource piscicole et les moyens à mettre en place pour une gestion durable. Les questions posées aux experts étaient les suivantes : comment qualifieriez-vous l'état et la dynamique des populations de poissons en 2010 ? La situation par rapport à 2007 a-t-elle évolué ? Quels sont les facteurs clés et leurs poids respectifs qui vous sem-



Les trois experts suisses et allemands, venus en novembre dernier, ont rendu leurs conclusions sur la pêche au lac. Elles seront présentées lors de la commission consultative du jeudi 27 janvier.

blent expliquer cette situation et pourquoi ? Selon vous, est-il justifié de revoir la réglementation ? Quelles sont les propositions concrètes que vous feriez ? Est-il nécessaire de reconduire un suivi piscicole ?

Suite à toutes leurs analyses, les experts ont recommandé entre autres de « réduire progressivement le nombre de pêcheurs professionnels à deux », « limiter le quota journalier

des pêcheurs amateurs à 8 salmonidés, dont 4 corégones et 4 ombles maximum, le quota journalier des truites devrait être de 4 pièces », « continuer le suivi piscicole », « évaluer dans quelques années, selon les résultats du suivi et selon besoin, la situation de la pêche » et « impliquer plus intensivement le Comité scientifique halieutique, créé en 2008, dans la gestion de la pêche au lac ».

Interrogé sur les conclusions de cette expertise, le Sila n'a pas souhaité communiquer, expliquant que l'État était en charge de la communication de ce rapport. Mais à la préfecture, personne, n'a voulu s'exprimer sur le sujet avant la présentation lors de la commission consultative, en présence entre autres des pêcheurs professionnels et amateurs.

LEILA LAMNAOUE

LAC D'ANNECY Les formations végétales protégeant la faune et la flore ont été divisées par dix en cent ans

# Le Sila lance un programme pour restaurer les roselières

Les poissons apprécieront... Le Syndicat mixte du lac d'Annecy (Sila) a voté lundi en faveur d'un programme de restauration des roselières aquatiques et des herbiers littoraux.

Qu'elles soient émergées (roselières) ou immergées (herbiers), ces formations végétales jouent un rôle important pour préserver la qualité de l'eau et la biodiversité. En effet, elles filtrent les matières en suspension à l'entrée du lac. Elles sont aussi bien utiles aux poissons, amphibiens, insectes et oiseaux, qui trouvent un endroit pour se nourrir, se protéger des prédateurs et y nicher afin d'élever leurs petits. Elles ont en outre une fonction paysagère et protègent les berges de l'érosion.

Problème : leur surface s'est réduite comme peau de chagrin. S'il y en avait une centaine d'hectares au début du XX<sup>e</sup> siècle, il n'en reste aujourd'hui plus qu'une dizaine.

**Les pontons et murets, ennemis des roselières**  
Trois principaux facteurs sont en cause dans cette diminution. Il y a d'abord les aménagements physiques des berges, tels que les pontons ou les murets, qui ont empiété sur leur territoire. Il y a ensuite la stabilisation du niveau du lac par l'installation de vannes. Si elles s'avèrent utiles pour éviter des inondations, elles réduisent la capacité de renouvellement des plantes par germination. Enfin, les vannes (qu'elles soient naturelles ou dues aux bateaux) provoquent une érosion des roseaux.

Des travaux ont été entrepris par le passé à Annecy-



Précieuses pour préserver la biodiversité du lac d'Annecy, les roselières, ici celles de Saint-Jorioz, vont bientôt faire l'objet d'un programme de restauration. Photo Damien Zanelli

biement été cultivés au lycée agricole de Poisy-Chavanoz.

Dans ce contexte, la circulation nautique sur ces zones sera limitée par les services de l'Etat.

En parallèle, le Sila va mener une réflexion sur la gestion du niveau du lac. A l'avenir, il n'est pas exclu qu'il baisse ou augmente suivant la saison. Tous les moyens sont bons pour que les occupants du lac se sentent comme des poissons dans l'eau.

Laurent GUEHNEUVES

## REPORTAGES

### TROIS ZONES PILOTES

Le programme de restauration des roselières va d'abord se focaliser sur 600 mètres de berges dans trois zones pilotes : les marais de l'Entier à Saint-Jorioz, le sentier des Roselières à Saint-Jorioz et la réserve naturelle du Bout du Lac à Doussard.

### 2,8 MILLIONS D'EUROS

Ce vaste programme coûtera au total 2,8 millions d'euros hors taxe. La première tranche, qui porte sur ces trois zones pilotes, se chiffre à un million d'euros.

L'Agence de l'eau subventionne à hauteur de 50 % et le Conseil général de Haute-Savoie pour 30 %.

### ENQUÊTE PUBLIQUE

L'enquête d'utilité publique se déroulera du 4 février au 7 mars. Le commissaire enquêteur sera à la mairie de Saint-Jorioz le 8 février de 14 h à 17 h 30 et le 22 février de 9 h à 12 h, en mairie de Doussard le 11 février de 14 h à 17 h et au siège du Sila (7 rue des Terrasses à Crêt-gevrier) le 7 mars de 14 h à 17 h 30. Des registres seront déposés sur ces trois sites.

## Le Syndicat mixte du lac d'Annecy bichonne sa voie verte

Pour la troisième année consécutive, un emploi saisonnier d'ambassadeur sera créé cet été, du 15 juillet au 12 août.

Ses missions ? Assurer un rôle pédagogique à destination des usagers de la voie verte, le pis-aller à l'entretien, de débroussailler le chemin qui a retardé les chantiers. A la demande de CRDF, l'entreprise Cecon pose une canalisation 8 bar entre Annecy et Sévrier. Et à la demande de la Communauté d'agglomération,

EHTP fait des travaux concernant les canalisations d'eau, entre Sévrier et Saint-Jorioz, et les télécommunications au niveau de Sévrier. Les techniciens font leur possible pour rendre le maximum de piste cyclable accessible pendant les travaux. « Tout sera remis en ordre pour la belle saison », assure-t-on à la Communauté d'agglomération.

DL 3/2/11

# Pêcheurs amateurs et professionnels Insatisfaits du rapport des experts

**J**eudi 27 janvier, les experts suisses et allemands ont remis les conclusions de leur rapport sur la pêche au lac. Des conclusions, qui ne satisfont ni les pêcheurs professionnels ni les amateurs.

**T**rois experts suisses et allemands s'étaient déplacés en novembre pour dresser un bilan de la ressource et la gestion piscicoles du lac. Les conclusions de leur rapport ont été présentées le 27 janvier lors de la commission consultative. Parmi les recommandations qu'ils ont pu présenter, ils ont proposé de :

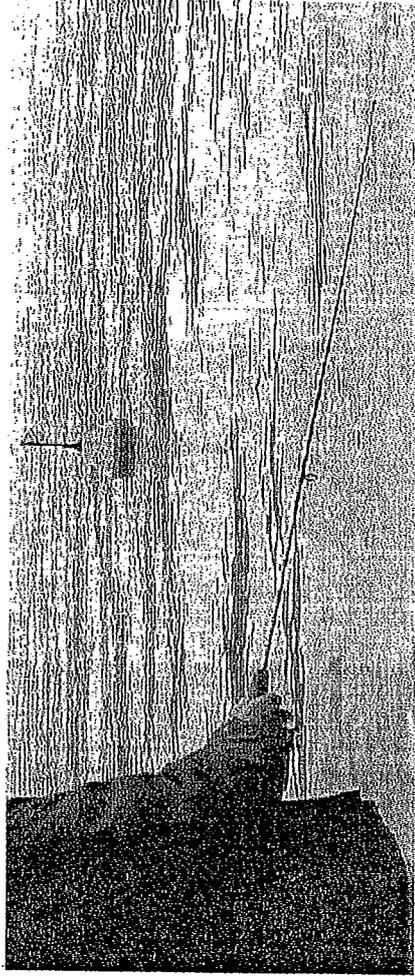
« réduire progressivement le nombre de pêcheurs professionnels à deux », « limiter le quota journalier des pêcheurs amateurs à 8 salmonidés, dont 4 corégones et 4 ombles maximum, le quota journalier des truites devrait être de 4 pièces », « continuer le suivi piscicole », « évaluer dans quelques années, selon les résultats du

suivi et selon besoin, la situation de la pêche »...

Des conclusions, qui n'ont ravi ni les pêcheurs professionnels, ni les amateurs. Marcel Lacombe se dit déçu. « On avait pourtant déjà fait des efforts, comme on nous l'avait demandé », confie le pêcheur. Les experts ont préconisé de réduire le nombre de professionnels à deux. Et il risque donc de perdre sa licence. « On était quatre. On en avait déjà supprimé un. Si un autre doit partir, ce sera moi car je suis le plus vieux ». Marcel Lacombe, président des pêcheurs professionnels d'Annecy, regrette que les mesures préconisées soient si sévères.

## Insatisfaction des pêcheurs

Pourtant les pêcheurs amateurs se sentent eux aussi déçus. « Ce rapport ne nous satisfait pas du tout. Les experts n'ont fait que prendre en compte les intérêts des pêcheurs professionnels. Ils ont oublié que les amateurs



**Pêcheurs professionnels et amateurs jugent les préconisations des experts sévères.**

avaient besoin de vendre des permis pour continuer de payer les salariés de l'association », confie Christian Guiraudon, président d'Annecy Lac Pêche. Pour lui, la pêche amateur contribue à l'économie locale et c'est un aspect qui aurait été occulté du rapport des experts, qui ont recommandé de baisser les quotas journaliers des amateurs. « La pêche ne devient plus intéressante si on ne peut prendre que 4 poissons par

jour. Certains vont se dire que ce n'est pas la peine de prendre un permis et d'investir dans du matériel coûteux pour si peu. On est quand même le seul lac en France, il me semble, qui impose des quotas pour la pêche à la ligne ! », Christian Guiraudon comprend aussi que les professionnels ne soient pas contents. « L'objectif pour nous, ce n'est pas que quelqu'un gagne mais que la pêche au lac soit durable et

## Décisions collégiales

Du côté de la préfecture, ce rapport d'expertise a été décidé par l'ensemble des parties, que ce soit les membres de la commission consultative (composée

des services de l'État, du conseil général, de la CZA, du Sila, d'associations environnementales) ou les pêcheurs (amateurs et professionnels). Lors de la commission du jeudi 27 janvier, des échanges ont eu lieu. « Ils ont été directs, riches et très courts », affirme Gérard Justiniany, directeur départemental du territoire, « on est allé au fond des choses. On est arrivé à trouver des points de convergences ensemble ». Le directeur dit comprendre que les pêcheurs amateurs et professionnels ne soient pas entièrement satisfaits. « On aurait pu s'attendre à un conflit, mais là, l'ensemble des parties est arrivé à trouver des compromis pour préserver les ressources du lac. On a écouté et même retenu des propositions des uns et des autres ».

Reste à Gérard Justiniany à rendre compte de toutes les propositions prises d'un commun accord au préfet, qui tranchera et décidera de la nouvelle réglementation de la pêche au lac.

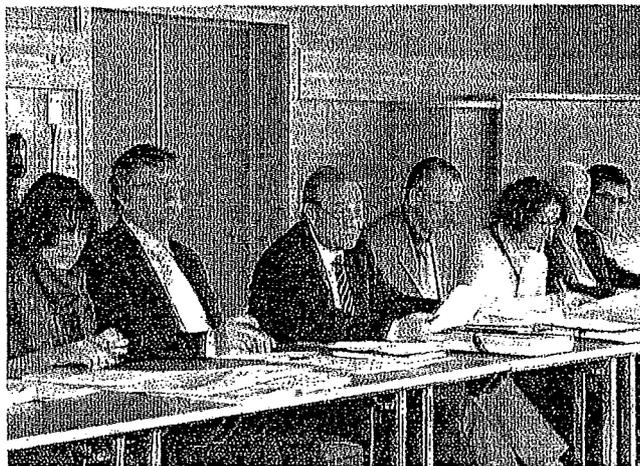
LEILA LAMNAOUER

# Le Sila va lancer une étude sur la qualité des eaux de baignade des plages

Lundi 31 janvier, les élus du syndicat mixte du lac d'Annecy se sont réunis pour voter le projet de budget primitif de l'exercice 2011. Celui-ci a été découpé selon les compétences générales du Sila. Ainsi, pour la partie concernant le traitement des déchets, plus de 16 millions € HT seront consacrés à la section fonctionnement et plus de 10 millions à l'investissement. Sur ce dernier point, seront compris la réhabilitation du parc de Calvi (467 268 € HT), la certification ISO 14 001 de Sinergie (183 270 € HT).

Pour le budget assainissement des eaux usées, la section fonctionnement représente plus de 19 millions € HT et la section investissement plus de 20 millions €. Au budget général, 3.582 550 € HT seront investis, qui prennent en compte la reprise de la voûte du tunnel de Duingt (piste cyclable) pour 130 000 € HT et l'étude sur les profils de baignade (voir ci-dessous) pour 125 000 € HT, ainsi que les travaux de restauration des roselières pour 991 101 € HT. Pour le budget annexe des activités nautiques, 199 065 € HT seront consacrés au budget de fonctionnement et 1 233 000 € HT pour l'investissement, dont le slip way de Sevrier (10 000 € HT) et la cale sèche (95 000 € HT).

Côté finances toujours, le Sila a voté des autorisations de programmes. Tout d'abord, la réalisation d'une unité de méthanisa-



Les élus du Sila ont voté les budgets de l'exercice 2011.

tion des boues. « Cela permettra de baisser de 30 % le transport des boues à Sinergie », a confié Pierre Bruyère. Le montant des travaux et de la maîtrise d'œuvre est évalué à 7 420 000 € HT, réparti jusqu'en 2013.

## Établir un "profil de baignade"

Les élus ont aussi voté la réalisation des études sur l'établissement d'un "profil de baignade". Ce document décrit et hiérarchise les risques pouvant altérer la qualité des eaux de baignade (eaux usées, eaux pluviales, pratiques agricoles...) et liste également une série d'actions à mettre en œuvre pour limiter ces perturbations, avec une identification des maîtres d'ouvrage et une programmation associée. Le coût de ces pro-

files de baignade est estimé entre 10 000 et 30 000 € par site, « avec néanmoins des variations importantes selon les contextes, le regroupement éventuel de plages contiguës », a-t-il été expliqué aux élus.

Le Sila a été sollicité par plusieurs EPCI et communes riveraines du lac afin de réaliser ces études pour réduire les coûts. Sont concernées la C2A pour les plages d'Annecy et d'Annecy-le-Vieux, la communauté de communes de la Rive Gauche (Saint-Jorioz et Duingt) et la communauté de communes de la Tournette (Menthon-Saint-Bernard, Veyrier-du-Lac et Talloires). La réalisation de ces études sera confiée à un bureau spécialisé. Le financement sera assuré par l'EPCI concerné.

Le syndicat a par ailleurs proposé de créer, pour la période

du 15 juillet au 12 août, un emploi saisonnier à temps complet pour assurer un rôle pédagogique à destination des usagers de la voie verte. Cet ambassadeur rappellera la réglementation applicable à ce type d'équipements et expliquera la charte de bonne conduite. Il sera aussi en charge de faire remonter les informations recueillies auprès des usagers.

LEILA LAMNAOUE

**ENVIRONNEMENT** Une pollution heureusement sans gravité

## Le lac d'Annecy repeint en blanc

**MENTHON-SAINT-BERNARD**

Ce n'est pas un poisson d'avril, mais une petite maladresse qui a donné des sueurs froides aux élus de la rive Est du lac.

Des passants avaient donné l'alerte vers midi, apercevant une large tache blanche dans les eaux cristallines.

Les spécialistes et les élus se sont aussitôt rendus sur place et ont constaté une pollution d'environ

200m<sup>2</sup>, de couleur blanchâtre.

Remontant à la source, ils ont vite identifié un artisan peintre, travaillant sur une maison de Veyrier-du-Lac.

**L'artisan avait confondu un regard d'eaux pluviales avec une bouche d'égout**

Le matin, il avait nettoyé son matériel et avait vidé l'eau dans ce qu'il croyait être une bouche d'égout... et qui s'est révélé être un

regard du réseau d'évacuation des eaux pluviales.

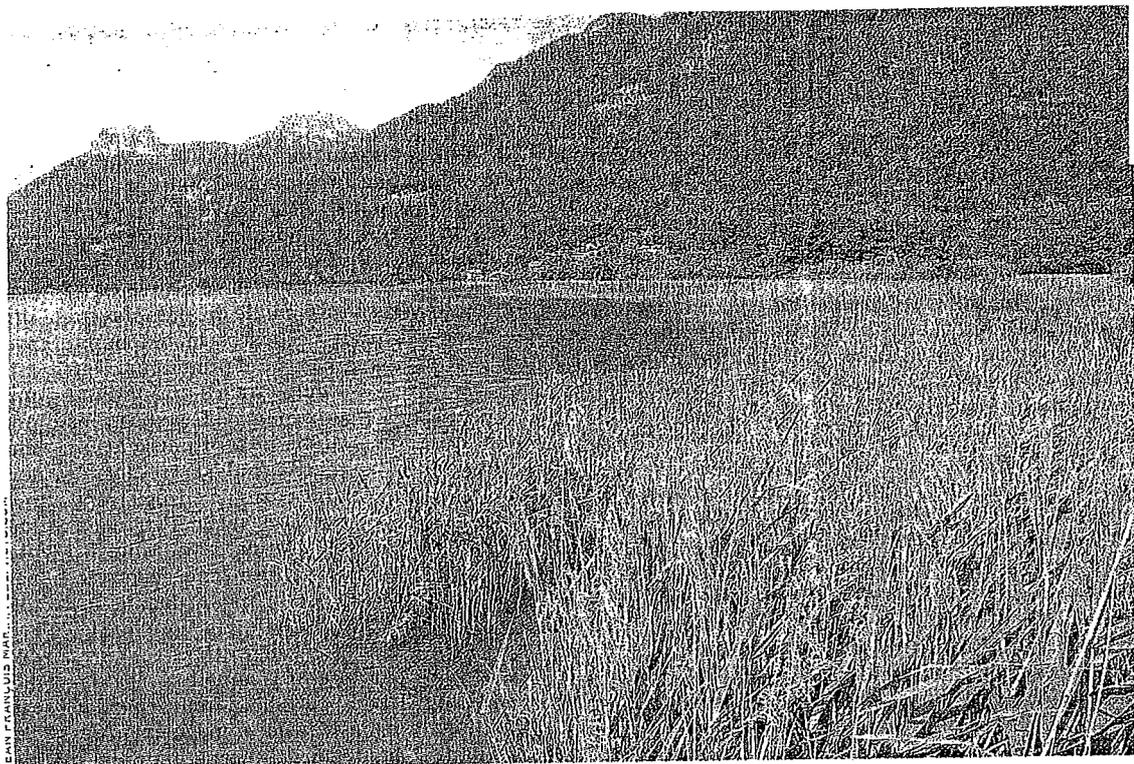
La peinture a donc filé droit dans le lac.

Fort heureusement, il s'agissait d'une peinture à l'eau, non toxique, comme nous l'a confirmé hier soir Jérôme Gretz, adjoint à Menthon et présent sur les lieux.

Les poissons n'ont donc rien à craindre, si ce n'est un blanchissement prématuré des écailles...

S.B.

DL 12/3/11



## Annecy surveille l'effet du réchauffement climatique sur son lac

En 2003, Pierre-Alain Danis, doctorant en géologie à l'université de Chambéry et au CEA de Saclay, a soutenu une intéressante thèse d'hydrologie et de paléoclimatologie. Il a notamment comparé l'impact du réchauffement climatique sur le lac d'Annecy (Haute-Savoie) et sur un lac moins transparent, celui d'Ammersee, en Bavière, au sud-ouest de Munich. Son étude a montré que plus le lac est transparent, plus l'impact du réchauffement climatique est important. Ce qui se conçoit assez bien puisque les rayons du soleil pénètrent plus profondément dans la masse d'eau.

Dans ces conditions, l'ampleur du réchauffement climatique est telle que l'on peut considérer que le lac d'Annecy, compte tenu de sa propreté, sera particulièrement affecté. On pourrait s'en réjouir pour les baigneurs, mais c'est toute la dynamique de la masse d'eau, et notamment son brassage annuel qui permet d'oxygéner les fonds et de maintenir en vie les animaux benthiques (crustacés, poissons de

fonds) qui est en cause. Et avec elle bien entendu, toute la vie de l'écosystème. Le Sila (Syndicat intercommunal du lac d'Annecy) souhaiterait donc que les chercheurs du CNRS et du CEA poursuivent leurs travaux de modélisation de l'évolution de l'impact du réchauffement climatique.

En attendant, Annecy a déjà passé un accord avec la Ligue pour la protection des oiseaux (LPO) et Asters, conservatoire des espaces naturels de Haute-Savoie, pour que les naturalistes de terrain assurent un suivi de l'avifaune (grèbe huppé, rousserolle effarvate, canards comme le harle bièvre ou le fuligule) dans les rosélières (*photo*), et des batraciens (crapaud commun, grenouille rousse, triton alpestre, salamandre tachetée) dans les zones humides limitrophes. Les autorités annéciennes espèrent ainsi pouvoir disposer de bilans annuels comparatifs permettant d'obtenir des éléments de compréhension du changement climatique local.

D.S.

La Croix 5/4/11

68 ANS POUR RESTAURER UN ÉCOSYSTÈME

# LAC D'ANNECY : RETOUR À L'ÉTAT PUR

---

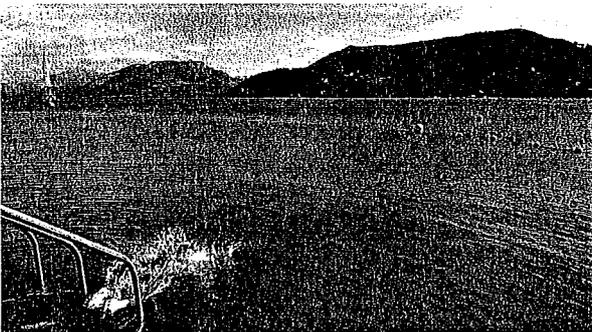
 PAR PATRICE VAN EERSEL AVEC MARTINE CASTELLO
 

---

C'était à la fin du printemps dernier. Il faisait encore frais, mais la marche m'avait chauffé le sang et l'eau était si belle que je n'ai pu résister. Je me suis déshabillé derrière un buisson et en trente secondes, je fendais le lac. Il était très froid, mais j'ai pensé : « *Délicieusement glacé !* » – avec l'âge,

j'apprécie de plus en plus ce genre de bain.

J'ai nagé sur une centaine de mètres. C'est en me retournant que l'expérience est devenue fantastique. Le massif de la Tournette encore enneigé se détachait, tout proche, sur le ciel bleu, dominant le village de Talloires. Brusquement, la sensation de faire partie de ce paysage grandiose m'a envahi. Le lac me portait et la montagne s'offrait à moi ! J'ai aboyé de reconnaissance et, la peau brûlante, j'ai plongé. L'eau était d'une transparence fantastique. On voyait les ...



La baignade est redevenue sans danger et l'on vient de loin pour jouir d'une eau si claire.

## CLÉS

L'accès à l'eau douce est un enjeu géopolitique majeur au XXI<sup>e</sup> siècle.

Toutes les eaux du monde sont mises en danger par nos égouts, pesticides agricoles et rejets industriels.

La réhabilitation des écosystèmes est possible, mais c'est un processus qui prend des décennies.

... rayons de soleil descendre jusqu'à dix ou douze mètres. On aurait dit du cristal. En retournant vers la berge, j'ai nagé la bouche ouverte, pour mordre l'eau de plaisir.

On m'avait bien dit qu'après une longue période de dégradation, le lac d'Annecy était redevenu pur, et même le plus pur d'Europe. Ce que j'ignorais, c'est le travail colossal qu'il avait fallu fournir pour retrouver cette vitalité. Pas moins de soixante-huit années de résistance et d'efforts acharnés – et le travail n'est pas fini ! Aujourd'hui,

le « lac bleu » a retrouvé son nom et sert de modèle à la réhabilitation de tous les lacs d'Europe. Même les Russes responsables du lac Baïkal – la plus grande étendue d'eau douce du monde, tragiquement polluée par les usines de cellulose et de ciment – sont venus voir comment les Annéciens avaient fait. Bref, l'histoire de la résurrection du lac d'Annecy vaut la peine d'être contée. Elle nous éclaire sur la complexité des écosystèmes et l'ouverture qu'exige leur compréhension ; sur la nécessité d'une politique à très long terme si l'on veut retrouver les équilibres perdus ; mais d'abord, sur la puissance des clairvoyants têtus.

## 1943-1957 : LES PIONNIERS, CLAIRVOYANTS ET TÊTUS

Tout commence en 1943, quand un médecin d'Annecy, Paul Servettaz, alerte ses concitoyens : les eaux usées de la ville ont commencé à tuer le lac. Pour attirer l'attention, il plonge devant la foule, dans une crique particulièrement sale, pour aller symboliquement boucher une sortie d'égout. Sa démonstration est scientifique, il s'en explique en conférence ; bien qu'alimentées par plusieurs petites rivières et par une puissante

## MENACES SUR L'EAU DOUCE DE LA PLANÈTE

En un siècle, si la population mondiale a triplé, la consommation en eau a été multipliée par sept. De plus en plus rare et menacée (époussement, empoisonnement, eutrophisation...), l'eau va devenir l'une des ressources les plus convoitées du XXI<sup>e</sup> siècle. Aujourd'hui, un humain sur six n'a pas d'accès direct à l'eau potable et les « guerres de l'eau » vont se multiplier. Si les Chinois occupent le Tibet, c'est notamment parce que quasiment tous les grands fleuves asiatiques partent de là. Au Proche-Orient, l'eau se met à peser aussi lourd que le pétrole et explique un nombre croissant de conflits. Idem en Afrique de l'Est, le long du Nil.

Selon les experts, le cycle naturel propose à l'humanité 40 000 nouveaux km<sup>3</sup> d'eau douce accessible annuellement, soit 6 600 m<sup>3</sup> par personne, ce qui est généreux. Mais théorique. En réalité, les ressources hydriques sont inégalement réparties. Si des pays ont d'énormes réserves renouvelées chaque année, d'autres connaissent la pénurie. Savez-vous comment se répartit l'eau terrestre ? Océans et mers en représentent 97,4 % (soit 1,35 milliards de km<sup>3</sup>), les glaces polaires 1,98 % (27,5 millions de km<sup>3</sup>), les eaux souterraines 0,59 % (8,2 millions de km<sup>3</sup>), les lacs, fleuves et rivières 0,015 % et l'eau des cellules vi-

vantes 0,0001 %. L'eau douce ne compte donc que pour 0,6 % de la totalité (lacs + fleuves + rivières + eaux souterraines). Si la désalinisation de l'eau de mer ne coûtait pas si cher, le problème serait en partie résolu, mais elle reste réservée aux Etats riches (Emirats, Israël, Etats-Unis) et repose sur des techniques polluantes (produits corrosifs pour nettoyer les filtres). La solution ? Une révolution écologique : dans les mentalités, les modes de consommation, les modèles agricoles, les innovations technologiques...

[www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/accueil.html](http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/accueil.html)

Un scientifique effectue un carottage pour mieux comprendre l'histoire climatologique et biologique du lac.



source sous-lacustre, les eaux du lac, qui se renouvellent tous les quatre ans environ, ont de plus en plus de mal à absorber les rejets des riverains. Le docteur Servettaz, qui a un flair de pionnier, s'en est rendu compte avant les autres – tous les lacs du monde vont peu à peu connaître le même sort. Dans les années 1940, si les eaux usées de la ville d'Annecy sont pathogènes, c'est moins en raison de poisons industriels (métaux lourds, hydrocarbures, acides, solvants) ou agricoles (engrais azotés, pesticides), encore rares dans la région à l'époque, qu'à cause des subs-

## LE LAC D'ANNECY EST CONSIDÉRÉ AUJOURD'HUI COMME L'UN DES LACS HABITÉS LES PLUS PROPRES DU MONDE.

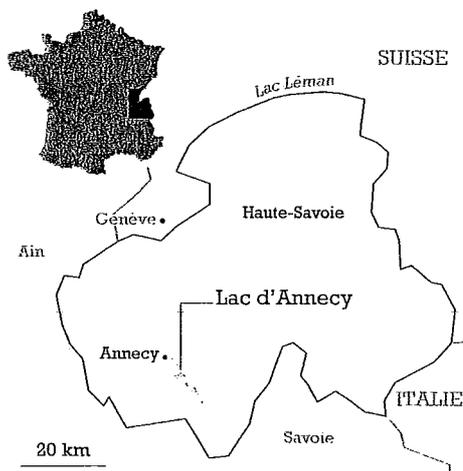
tances charriées par les rejets domestiques (détergents, phosphates, matières organiques). Ces substances dopent certaines algues qui finissent au fond du lac, où elles sont décomposées par des bactéries grandes consommatrices de l'oxygène dissous dans l'eau, ce qui asphyxie peu à peu la plupart des autres espèces vivantes. Ce chaos biologique, « l'eutrophisation », se solde par des envasements, dont les riverains souffrent de la peinture.

### 1957-2001 : UNE POLITIQUE À TRÈS LONG TERME POUR PURIFIER LE LAC

À milieu du xx<sup>e</sup> siècle, la conscience écologique n'est pas encore née. La globalité des interactions entre les humains et le reste de la nature échappe à la plupart. À l'époque, on voit les choses sous l'angle sanitaire. C'est nécessaire : tous les égouts aboutissent dans le lac ! Il faudra

néanmoins quatorze ans pour que les efforts du docteur Servettaz et de ses amis finissent par convaincre les autorités de huit des onze communes du pourtour du lac de créer, en 1957, le Syndicat intercommunal du lac d'Annecy (Sila). Sa première tâche sera de planifier une ceinture de collecteurs pour capter les eaux usées et les traiter, avant de les déverser dans le Fier, affluent du Rhône, en aval du lac, à Cran-Gévrier, dans les faubourgs d'Annecy. Comme le raconte Pierre Bruyère, actuel président du syndicat, « la tâche n'était pas facile. Il fallait faire accepter aux riverains une forte taxe d'assainissement pour réaliser ces travaux, alors estimés à l'équivalent de 350 millions de nos euros. » Une fortune pour l'époque. Gérée par un syndicat de communes – quel privé aurait pu jouer ce rôle ?

En 1961, s'ouvre le gigantesque chantier des premiers collecteurs, sur les 38 km de rives. Il ne s'achèvera qu'en 1976, après quinze ans de travaux – et trente-trois ans après le cri d'alarme du docteur Servettaz. Peu à peu, toute la région va entrer dans le processus – car, bien sûr, même les ruisseaux éloignés finissent dans le lac. Depuis 2001, 113 communes, soit une population de plus de 250 000 habitants, sont reliées au réseau d'assainissement collectif. Près de treize millions de mètres cubes d'eaux usées sont désormais traités et rejetés chaque année loin du lac après avoir traversé 1 350 km de collecteurs, 81 stations de pompage et 7 usines de dépollution. Ces dernières sont reliées depuis 2002 à une usine de « valorisation énergétique » qui transforme leurs boues pour produire de l'électricité et alimenter le réseau urbain de chauffage et d'eau chaude.



... L'effort a payé. La baignade est redevenue sans danger et l'on vient de loin pour jouir d'une eau si claire. « *La transparence est la meilleure mesure de la pureté d'un lac, se réjouit Pierre Bruyère, la nôtre était de trois mètres en 1957 ; elle est de quatorze mètres aujourd'hui !* » Le lac d'Annecy est désormais considéré comme l'un des lacs habités les plus purs du monde – ce que devrait bientôt reconnaître la Convention pour la protection du patrimoine mondial de l'Unesco. Une réputation qui lui vaut de fréquentes visites d'experts internationaux. Sa régénération sert par exemple de feuille de route à celles du lac du Bourget et du Léman, dont la qualité des eaux reste très en deçà de la sienne.

#### ANNÉES 2000 : LES EXIGENCES DE LA COMPLEXITÉ ÉCOLOGIQUE

Seulement voilà : l'affaire n'est pas réglée pour autant. Un lac n'est pas qu'une entité minérale, c'est un être vivant. Pur chimiquement, celui d'Annecy n'a cependant pas retrouvé sa biodiversité originelle. Celle-ci demeure fragile, à la

merci du moindre déséquilibre chimique, thermique ou biologique. Un certain nombre de riverains et de groupes de pression ne veulent pas l'admettre, mais l'évidence s'impose au tournant des années 1990-2000 : une nouvelle étape doit être franchie, sur le terrain, mais d'abord dans les esprits.

L'alliance des scientifiques et des pêcheurs à la ligne a joué un rôle clé dans cette prise de conscience. Mené par la station d'hydrobiologie lacustre de l'Institut national de recherche agronomique de Thonon-les-Bains, le suivi scientifique du lac a commencé en 1966. Une recherche d'abord fondée sur la surveillance des paramètres physico-chimiques (taux d'oxygène, d'azote, de phosphore...), mais aussi, et de plus en plus à partir de 1992, des indicateurs de vivacité du phytoplancton, du zooplancton, de la faune et de la flore dans l'eau et sur les rives. Un gros travail qui exige, une quinzaine de fois par an, le prélèvement de milliers d'échantillons aux différentes profondeurs – le « grand lac », au nord, descend à

## LES RÉSERVES MARINES SAUVERONT-ELLES LA MER ?

Comment empêcher que l'eau des océans se réchauffe, s'acidifie et s'empoisonne ? Comment empêcher les bancs de poissons de disparaître, épuisés par la surpêche ? Des « miracles » sont possibles. L'unique « réserve naturelle marine » de France métropolitaine, celle de Banyuls-sur-mer et Cerbère, est là pour le prouver, débordant de vie dans une Méditerranée de plus en plus transformée en désert. S'étendant sur 6,5 kilomètres le long de la Côte vermeille, la réserve couvre 650 hectares, divisés en deux zones :

- sur 585 hectares, la chasse sous-marine et la récolte de fruits de mer sont interdites, la pêche de plaisance et la plongée, réglementées, et la pêche professionnelle, étroitement contrôlée ;
- sur 65 hectares de « protection renfor-

cée », toute activité autre que scientifique est proscrite – avec des agents de sécurité qui ne manient pas que la contravention, mais font aussi de la pédagogie auprès de toutes les personnes concernées.

La méthode est gagnante. En vingt-cinq ans, la vie est revenue dans ce petit espace marin. Réduite à quelques dizaines d'espèces dans les années 1970 et 1980, la biodiversité de la réserve en compte aujourd'hui plus de 1200 pour la faune et 500 pour la flore. Exemple : il ne restait plus que 10 sortes de mérus en 1986, il y en a 250 aujourd'hui. Beaucoup d'espèces, disparues ailleurs, ont trouvé là un bercaïl inespéré, tels le corail rouge, la posidonie, la grande nacre, la grande cigale, l'oursin diadème, le grand dauphin ou la tortue couanne. La réserve de

Banyuls-sur-mer et Cerbère sert aujourd'hui de modèle et de pépinière naturelle, d'où la vie pourra peut-être un jour s'étendre sur toute la région.

Pour reconstruire ou protéger la biodiversité marine, la solution préconisée par la plupart des conventions sur l'environnement passe par la création d'aires marines protégées (AMP). Ces sanctuaires ne représentent aujourd'hui que 2 % de la superficie des océans. En octobre 2010, à la conférence de Nagoya, 193 pays (à l'exception des Etats-Unis) se sont engagés à augmenter la superficie des zones marines protégées à 10 % de la surface des océans en 2020. La France, avec son espace maritime de 11 millions de km<sup>2</sup>, le deuxième au monde après celui des Etats-Unis, a du retard à rattraper.

65 mètres. Or l'ensemble de ces données va confirmer ce que les pêcheurs – groupe de pression important – clament de leur côté depuis longtemps : en 1980, dans les eaux du lac (certes de plus en plus transparentes), on ne trouvait quasiment plus de corégone, ni de brochet, ni de lotte, ni de truite lacustre, ni d'omble

le Sila tente de redynamiser ces zones sauvages. Différentes techniques de génie végétal sont sur le point d'y être expérimentées : protection physique par des « pieux jointifs », retalutage des berges, plantations diverses, en collaboration avec le lycée agricole de Poisy...

Dans l'idéal, il faudrait agrandir cette réserve.

## APRÈS LES POLLUEURS INDUSTRIELS, C'EST AU TOUR DE L'URBANISME ET DU TOURISME DE METTRE LE LAC EN PÉRIL.

chevalier... En quelques années, le détournement et le traitement des égouts a heureusement ralenti puis même stoppé cette chute de la biodiversité et les poissons sont peu à peu réapparus. Mais pas tous et leur situation demeure délicate.

### UN « GREEN DEAL » POUR LE XXI<sup>e</sup> SIÈCLE

C'est une déconvenue pour les Annéciens et leurs voisins, qui étaient persuadés que la vie naturelle et sauvage du lac était en quelque sorte garantie par la création, en 1974, de la réserve protégée dite du « Bout du lac », à l'extrême opposé d'Annecy, dans une zone où pousse, depuis des millénaires, une vaste rose-lière, étendue de roseaux, scirpes et nénuphars. Cette fois, ce ne sont plus les pollueurs – domestiques, industriels ou agricoles – qui sont mis en cause, mais les travaux publics, l'urbanisation et le tourisme – tous ceux qui, comme nous, viennent de partout pour se baigner dans le lac bleu ! En un siècle, la stabilisation du niveau de l'eau (par les barrages en amont), l'endiguement des berges, la création de pontons et de ports ont réduit la superficie des roselières de 110 hectares à moins de 10 – avec un pic de dégradation entre 1950 et 1980. « Or les roselières, explique Damien Zanella, écologue responsable du milieu naturel au Sila, jouent un rôle fondamental dans l'écosystème du lac. Les poissons y frayent ou s'y mettent à l'abri. Elles servent aussi de niche aux oiseaux, aux batraciens et à de très nombreux insectes, comme les libellules et les éphémères, qui vivent dans ces étendues de transition entre la terre et l'eau. »

La superficie des roselières est aujourd'hui stabilisée et elles sont à nouveau habitées par des colverts, foulques, grèbes, cygnes et autres castors. Mais leur état écologique demeure préoccupant. En collaboration avec le Conservatoire des espaces naturels de Haute-Savoie (Asters),

Cela aurait un double avantage : outre la protection qu'elles assurent aux espèces, les roselières, situées en amont, joueraient le rôle de filtre pour tout le lac, à la manière d'une version géante des systèmes de phyto-épuration dont s'équipent aujourd'hui les maisons vertes. Un projet d'extension du « Bout du lac » a été lancé au début des années 2000, défendu par l'opposition municipale d'Annecy et la plupart des associations écologistes. Mais leur action risque d'être freinée par un amendement, voté en 2005 sous la pression des promoteurs, qui modifie la loi gérant le littoral des lacs de montagne et autorise une réduction des espaces protégés et des « coupures vertes » entre les communes...

En soixante-huit ans, la situation a énormément évolué et le lac d'Annecy va beaucoup mieux. Mais il n'est pas encore totalement ressuscité. Des combats décisifs se déroulent en ce moment même, qui décideront de son sort à long terme. ■

La superficie des roselières, qui abritent la faune, est aujourd'hui stabilisée, mais leur état écologique demeure préoccupant.



ANNECY

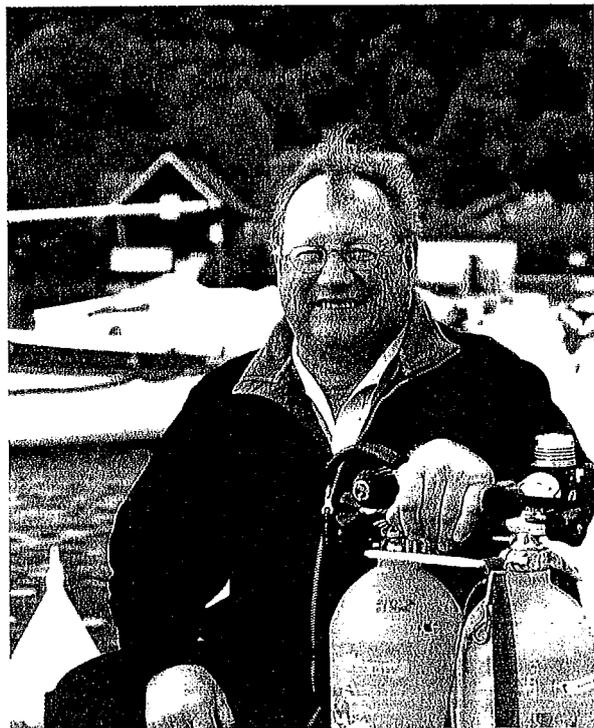
# Le Lac Un joyau à préserver

La qualité de l'eau du lac d'Annecy est désormais irréprochable.

Mais les amoureux du lieu doivent maintenant faire face à d'autres défis.

**D**epuis près de trente ans, Christian Perrière plonge toutes les semaines dans le lac d'Annecy. Il aime observer les coquillages, scruter les ombles chevaliers et admirer la majestueuse épave du France, à 40 mètres de fond. « J'ai fondé le club de plongée La Coulée douce en 1987, se souvient-il. Au-delà des activités classiques, nous avons organisé des campagnes de nettoyage, prélevé de l'eau pour des analyses, fait de l'archéologie... »

Aujourd'hui, le plongeur ne retrouve plus de vieilles chaussures dans son lac préféré. Celui-ci a beaucoup changé en trente ans, notamment grâce au travail du Syndicat mixte du lac d'Annecy (Sila). Né en 1957, ce syndicat s'est fixé pour objectif de lutter contre l'eutrophisation – une quantité trop importante de phosphore qui altère la qualité du milieu aquatique – en construisant un collecteur de ceinture permettant d'assainir l'eau. « Aujourd'hui, sa qualité est identique à celle constatée dans les années 1940 », se réjouit



## SENTINELLE

Depuis la création de son club de plongée, en 1987, Christian Perrière a pu noter de nombreux changements au fond de son lac préféré.

Damien Zanella, responsable du service « milieu naturel » du Sila. La politique active de cette organisation (réglementation de la pêche, modernisation des installations, analyse des puces du canard) a mis fin à la pollution du lac.

Pour autant, cette étendue de 27 kilomètres carrés, qui fait la beauté de la région, requiert une attention permanente, notamment en ce qui concerne la sauvegarde de ses roselières, situées essentiellement au sud du lac et

sur sa rive ouest. « Elles sont en mauvais état, résume Pierre Bruyère, président du Sila. Pour mieux les protéger, nous encourageons le mouillage écologique et sommes en train d'envisager une variation du marnage – c'est-à-dire de la surface du lac –, afin que les flottants ne viennent plus abîmer les roselières toujours au même endroit, causant ainsi leur fragilisation. »

## Le wakesurf interdit dans certaines zones

Outre l'environnement naturel du lac, le Sila doit gérer l'entente entre ses usagers. En été, plusieurs milliers de personnes viennent profiter de son eau fraîche : véliplanchistes, plongeurs, baigneurs... Depuis juillet 2008, cette fréquentation donnait lieu à des conflits avec les wakesurfeurs (tirés par un bateau à moteur), accusés de provoquer des vagues et des remous désagréables, notamment pour les pêcheurs. Le Sila et la préfecture ont donc réuni la Commission du lac, composée des différentes associations d'usagers. « Une nouvelle charte est née en 2010, qui régule ces activités », note Pierre Bruyère. Le wakesurf est désormais interdit dans certaines zones (Annecy et Annecy-le-Vieux), ainsi qu'à moins de 200 mètres de la rive. Une manière de respecter les autres amoureux du lac. ●

## À LA RECHERCHE DE TOURISTES « HAUT DE GAMME »

**E**ntre 2000 et 2005, le nombre de nuitées dans le bassin annecien a diminué de 5 %. Selon les statistiques, les séjours des vacanciers français dans la région sont de plus en plus courts, peut-être en raison des prix élevés des infrastructures hôtelières. Face à la pression foncière, les petits hôtels et les

campings ferment en effet leurs portes, cédant la place à des enseignes plus chics. Cette évolution contribue à l'accroissement de la fréquentation des gîtes ruraux et des chambres d'hôtes, moins onéreux. Une situation qui inquiète Roger Rollier, président de la Fédération des syndicats hôteliers de Haute-Savoie : « Ces

établissements ne sont pas contrôlés, estime-t-il. On se retrouve avec des garages aménagés en studios. »

Aussi la stratégie des acteurs du bassin annecien consiste-t-elle à se réorienter vers une offre touristique haut de gamme. « Nous sommes en retard par rapport à nos concurrents sur le

tourisme d'affaires, constate Antoine de Menthon, responsable du schéma de cohérence territoriale (Scot). Pour y remédier, l'agglomération projette de construire un Palais des Congrès. Et va confier la promotion de la région au seul office de tourisme du lac d'Annecy. » Verdict dans quelques années. ●

ANNECY

# Le patron des pêcheurs amateurs s'en prend avec virulence aux élus

Dans un éditorial particulièrement salé, le président des pêcheurs amateurs du lac d'Annecy tire à boulets rouges sur les élus. Et demande qu'on « foute la paix » aux pêcheurs... Les élus en question, Pierre Hérisson en tête, n'ont pas franchement apprécié.

Christian Guiraudon n'est pas le genre d'homme à prendre des pincettes. Le président des pêcheurs amateurs du lac d'Annecy a rédigé dernièrement un éditorial pour la revue de l'asso-

ciation "Annecy Lac Pêche" dans lequel il s'en prend avec virulence aux élus (ceux du Sila en particulier). En cause : des quotas de pêche qu'il juge trop restrictifs. « Si les élus persistent à vouloir absolument tuer notre loisir, à ne rien faire contre les machines à vagues et à nous gêner la vie, eh bien faisons baisser leur quota d'électeurs », s'insurge, avec une ironie amère, Christian Guiraudon. Ce dernier estime que la situation devient invivable pour ceux qui aiment taquiner le poisson : « Nous sommes le seul lac de France où les élus locaux s'occupent des quotas

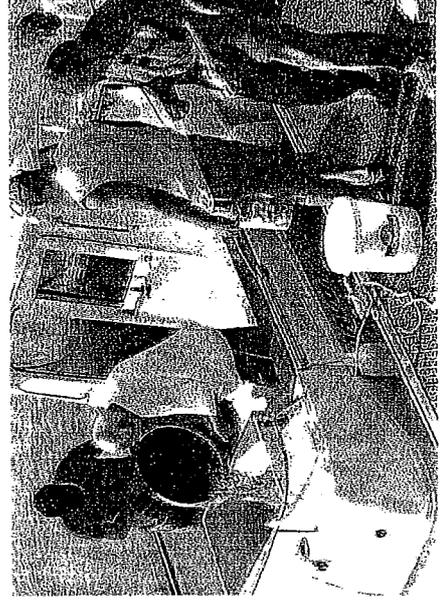
## Pierre Bruyère se dit « attristé »

La diatribe cinglante de Christian Guiraudon a laissé le président du Sila perplexe. « Je suis à la fois surpris et attristé en lisant ce texte. Je ne pensais que nos relations étaient de cet ordre-là », confie Pierre Bruyère.

Ce dernier dit ne pas comprendre un éditorial aussi virulent contre les élus. « Je demanderai des explications de vive voix », assure le patron du Syndicat du Lac, qui rappelle par ailleurs que les quotas sont des décisions de l'Etat et



Christian Guiraudon (à gauche) estime de pêche des pêcheurs amateurs, sans doute n'ont-ils rien de plus important à faire. En tout cas, c'est la seule façon qu'ils ont de s'occuper de nous. »



voix des urnes leur rappellera peut-être, mais trop tard, qu'ils ont eu tort. A défaut de changer nos élus, changeons d'élus... »

Des mots qui ont sidéré le sénateur Hérisson, président du Sila de 1989 à 2008. « C'est particulièrement injuste envers le travail fait par le Sila qui fait œuvre utile depuis 50 ans pour trouver des compromis. Le parlementaire se dit, lui aussi, « en colère » et reproche à Christian Guiraudon « de régler des problèmes personnels à travers l'éditorial d'une revue de pêcheurs. »

Pierre Hérisson rétorque l'idée que les élus s'en prennent exagérément aux pêcheurs amateurs.

« Christian Guiraudon prétend qu'il n'y a que sur le lac d'Annecy que cela se passe ainsi, c'est peut-être d'abord parce qu'ailleurs les associations de pêcheurs ont une autre attitude. Il s'en prend aux rapports des experts, mais moi le professeur Guiraudon je n'y crois pas, c'est comme le professeur Tournesol, ça n'existe que dans les bandes dessinées... »

Le sénateur Hérisson va plus loin en proposant que la pisciculture (située à La Puyva, sur la rive Ouest du lac), gérée aujourd'hui par Annecy Lac Pêche, soit confiée aux soins de l'Onema (Office national de l'eau et des milieux aquatiques), qu'il estime plus compétente pour gérer les ressources halieutiques du lac.

Quant à la conclusion de Christian Guiraudon, le parlementaire s'en indigne : « Au nom de quoi se permet-il de donner des directives aux électeurs ? Annecy Lac Pêche est-il un parti politique ? Comme les pêcheurs ne parviennent pas à gérer leurs propres problèmes, ils en rejettent toujours la faute sur les autres... »

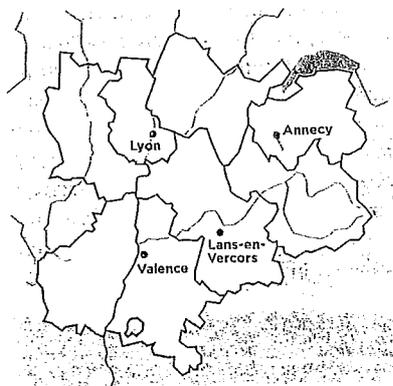
Les prochaines rencontres entre élus du Sila et pêcheurs ne devraient pas manquer de sel.

OLIVIER DURAND

Enchâssé dans un amphithéâtre de montagnes, le lac d'Annecy est une merveille cristalline, fruit de cinquante ans de travail mené par les communes environnantes pour lui rendre sa limpidité originelle. Aujourd'hui la Haute-Savoie peut se targuer d'avoir le lac le plus pur d'Europe. Un cas d'école qui attire scientifiques et mangeurs de délégations internationales dont récemment celle du lac de Dongqian, en Chine, venue étudier les méthodes anneciennes.

Si le panorama offre un paysage de carte postale, ce ne fut pas toujours ainsi. Au début des années 1950, le lac était menacé, assombri par les algues dont la surconsommation d'oxygène mettait en péril la vie aquatique. Cette funeste prolifération était due au rejet d'une quantité massive d'eaux usées chargées de substances nutritives dopant l'invasion. En 1957, le syndicat du lac (Sila) est créé. Un réseau d'assainissement est mis en place avec un collecteur sur toute la périphérie du lac pour réorienter les eaux rejetées par l'agglomération. Elles sont récupérées et filtrées, avant de ressortir en aval d'Annecy, dans le Fier. Désormais alimenté par des

Cet été, les reporters de "Télérama" chaussent leurs tongs, défient les UV et mettent sens dessus dessous cinq régions de France.



ruisseaux, torrents alpins et la source souterraine Biouboz jaillissant à 80 mètres de profondeur, le deuxième lac de France (14,6 km de long, 800 mètres de large) a retrouvé sa limpidité glaciale. L'eau est si propre qu'elle est potable et peut être utilisée sans traitement.

Le prodige écologique du lac d'Annecy a propulsé la région Rhône-Alpes à la tête du projet européen environnemental Silmas (Sustainable Instruments for lakes management in the Alpine Space), outil pour une gestion durable des lacs alpins lancé pour trois ans (2009-2012). Les axes de travail, pilotés par la Région auprès de

cinq pays (Allemagne, Autriche, France, Italie, Slovénie), concernent les conflits liés aux différentes utilisations des lacs et de leurs rivages et les effets du changement climatique dont on mesure déjà les conséquences à Annecy. « La transparence du lac est telle qu'on arrive à voir à 10 mètres de profondeur. Paradoxalement, les rayons du soleil, qui pénètrent mieux dans l'eau, ont un impact négatif sur l'écosystème », explique Thierry Billet, adjoint en charge de l'environnement à la mairie d'Annecy. A terme, le lac risque une désoxygénation dramatique des masses d'eaux profondes : « Les couches supérieures ne se refroidissent pas suffisamment l'hiver pour assurer un brassage total du lac, qui ne se fait plus depuis une quinzaine d'années, commente Daniel Gerdeaux, directeur de recherche au laboratoire Inra de Thonon-les-Bains. La faune des grandes profondeurs est déjà touchée par ce manque d'oxygène. » Elus et chercheurs ont fait le constat alarmant de la disparition progressive des poissons dont l'omble chevalier ou la féra, prisés des gastronomes. Daniel Gerdeaux observe ce déclin depuis une quinzaine d'années : « La pureté des eaux engendre une chute de phosphore, donc une baisse très nette du plancton et des algues. Les poissons ne trouvant pas de nourriture en suffisance deviennent alors plus petits et moins nombreux. »

Premières victimes des mesures de sauvetage de la faune lacustre : les mille cinq cents pêcheurs de loisir qui vont être limités à dix poissons par jour contre vingt-deux actuellement. Quant aux professionnels, quatre autorisés sur le lac, il faut réduire leur nombre à deux. La guerre est ouverte entre les trop nombreux amateurs et les quatre élus attachés viscéralement à leur métier. « Dans ma famille on est pêcheur de père en fils, mais aujourd'hui pour pouvoir en vivre, ça devient difficile », marmonne Bernard Curt, le seul à avoir accepté de nous parler. Chaque matin, il relève ses filets à 5 heures, avant le lever du soleil derrière le sommet de la Tournette. Son épouse prend le relais, vide et écaille la manne du jour. « Aujourd'hui, j'ai remonté 10 kilos de féra, c'est rare et irrégulier... je n'en avais que 2 kilos hier. En sept ans d'activité, les captures ont diminué de moitié ! Il n'y a plus suffisamment de matières organiques pour ali-

# C'est du propre !

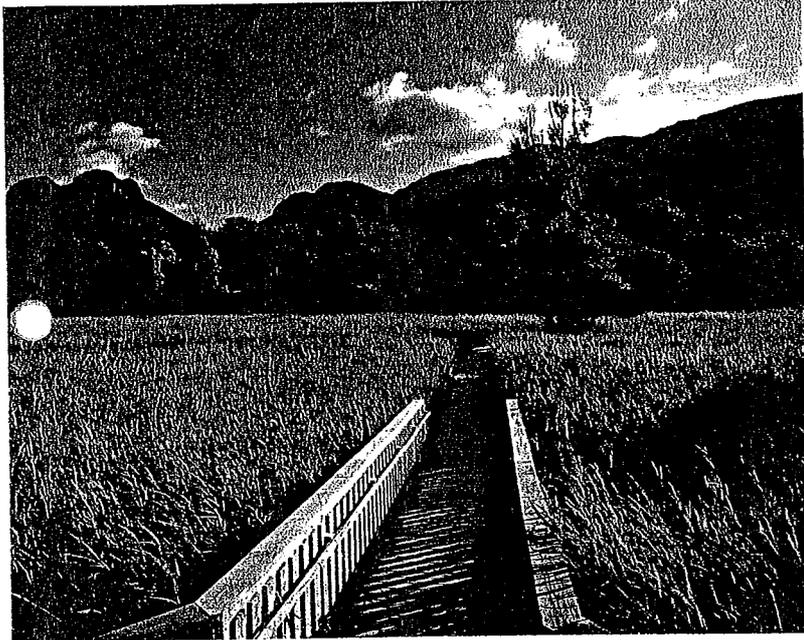
*A Annecy, on est fier de son lac, ses eaux pures, sa transparence. Et pourtant, son écosystème est en péril et les pêcheurs sont priés d'aller voir ailleurs. Enquête en eaux (pas) troubles...*

menter les poissons. Voyez le lac Léman, qui est très poissonneux, il a environ 22 microgrammes de phosphore par litre, celui d'Annecy n'en totalise plus que 5, précise-t-il, avant de conclure tristement : Si les scientifiques ont raison, alors on va tous devoir arrêter. »

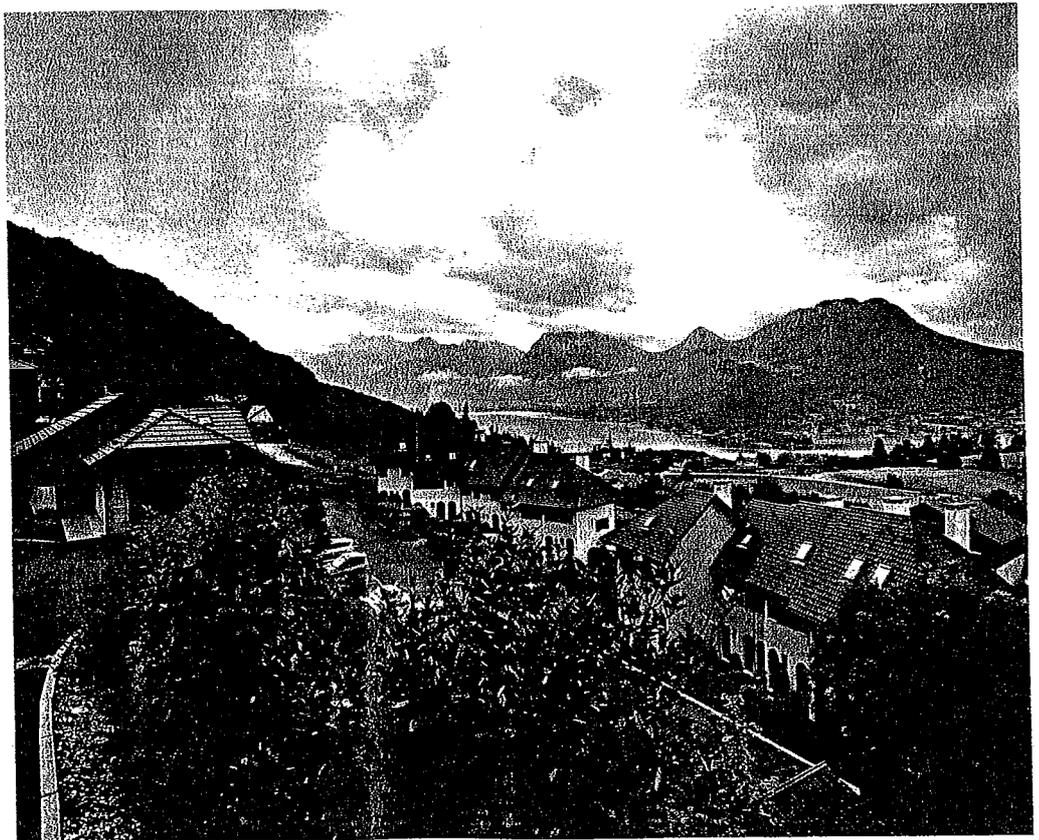
Le lac est la propriété de l'Etat, qui en a confié la gestion au Sila. Le syndicat du lac, présidé par Pierre Bruyère,

On a artificialisé le lac en bloquant son niveau pour éviter les inondations. Il n'y a donc plus aucune variation de niveau, ce qui enrayer le développement de cet écosystème où les poissons viennent frayer. Donc, si on ne trouve pas de solution concrète, la faune piscicole va disparaître avec les roselières. »

La périphérie du lac, très convoitée, suscite bien des appétits fonciers.



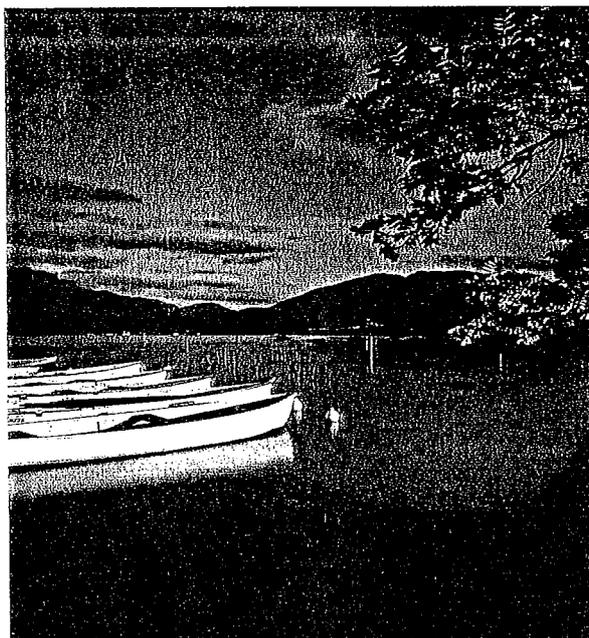
assure un suivi scientifique avec l'Inra depuis une trentaine d'années. L'un de ses projets phares liés au développement de la faune piscicole concerne la restauration des roselières, passées de 110 à 11 hectares en un siècle. « Ces roseaux lacustres jouent un rôle fondamental puisqu'ils permettent aux animaux de se nourrir, de s'y cacher et de se reproduire. A la façon d'une station d'épuration, les roseaux filtrent l'eau. Ils assimilent dans leurs tissus des polluants comme le nitrate, le cyanure et les hydrocarbures. » La Ligue pour la protection des oiseaux (LPO) et Asters, conservatoire des espaces naturels de Haute-Savoie, ont dépêché des naturalistes : « Certaines roselières sont en très mauvais état, cassées par les bois flottants ou les vagues causées par la navigation, plus particulièrement les sports nautiques comme le wakesurf ou même le ski nautique, explique François Panchaud (Asters), qui arpente les sentiers pittoresques du Bout-du-Lac et de Saint-Jorioz. Mais le problème majeur demeure l'absence de marnage, indispensable à la propagation de ces plantes aquatiques.





justice les plans locaux d'urbanisme irréguliers : « Cela peut paraître étonnant, mais on ne fait que contraindre les maires à respecter les lois en vigueur. Si on continue d'urbaniser les rives comme ils le font de façon sauvage, tout l'attrait authentique du site va disparaître. » Les verrues sont nombreuses : « C'est le résultat de quarante ans de gestion des communes, comme la com-

DISPARITION  
DES ROSELIÈRES,  
CONVOITISE  
IMMOBILIÈRE,  
RÉCHAUFFEMENT  
CLIMATIQUE...  
LA FAUNE  
PISCICOLE DU LAC  
EST EN PÉRIL.



mune de Sévrier où on a laissé faire n'importe quoi au détriment de l'habitat traditionnel, déplore Thierry Billet. Le Sila a porté une candidature au Patrimoine mondial de l'Unesco mais on s'est fait recalier en 2009 à cause de l'urbanisation excessive et médiocre. »

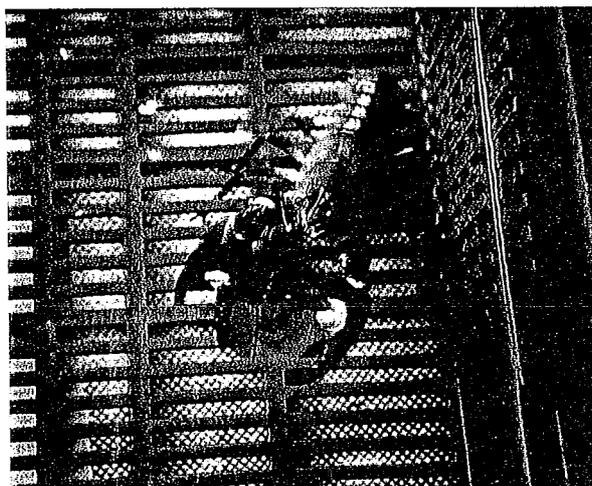
Encastrée, Annecy dispose de peu de terrain disponible. Le foncier étant rare, il devient cher. Un dilemme pour le maire, Jean-Luc Rigaut, qui tente de canaliser cette saturation : « Notre population vieillit parce que des gens de l'extérieur décident de passer leur retraite ici, stimulés par la qualité de la vie. Et de nombreux frontaliers, qui disposent de salaires suisses deux à trois fois supérieurs à ceux de la France, viennent aussi s'installer à Annecy. » La ville est devenue la banlieue de Genève, qui est à moins de trente minutes depuis l'ouverture de l'A41.

Les rivages du lac vont-ils continuer à être sacrifiés à cette pression foncière maximale ? Après l'échec cuisant de la candidature du lac d'Annecy à la liste du Patrimoine mondial de l'Unesco, des élus continuent de massacrer le paysage. D'ailleurs, la ville bleue ne rêve-t-elle pas d'accueillir les jeux Olympiques 2018, avec toutes les constructions que cela implique ? Annecy fait pourtant des préoccupations environnementales un argument fort dans sa candidature aux JO, prônant des Jeux à émission « zéro carbone » ! « Nos stations de ski sont aujourd'hui plus économes en énergie, utilisent la neige de culture et restituent l'eau au milieu naturel », se défend le maire. Mais les ONG écologistes (France Nature Environnement, Cibra, Frapna, Mountain Wilderness) qui ont initialement participé à l'élaboration du dossier de candidature ont fini par claquer la porte... L'onde diaphane du lac d'Annecy est décidément brouillée ●

CAROLE LEFRANÇOIS

PHOTOS LÉA CRESPI POUR TÉLÉRAMA

Nombre d'élus continuent de céder à la pression immobilière, sacrifiant le patrimoine paysager. Depuis 1986, la loi Littoral vise à circonvenir les projets carnassiers des promoteurs, interdisant toute construction dans les 100 premiers mètres du rivage. La loi Montagne empêche même toute construction dans la bande des 300 mètres bordant le rivage. Malgré une vigilance accrue des associations de protection de la nature, des élus n'hésitent pas à contourner ces lois et grappillent des milliers d'hectares de nature encore disponibles. Président de l'association Lac d'Annecy environnement, Alain Moisan attaque en



Chaque jeudi à 12H20 sur Europe 1  
retrouvez l'actualité culturelle de votre région

EUROPE 1 MIDI  
PATRICK ROGER 12H00 - 13H30

Europe 1

# Le projet de restauration des roselières lacustres validé

Une enquête publique avait été ouverte par le Sila entre le 4 février et le 7 mars derniers. Le commissaire enquêteur a rendu ses conclusions, il y a quelques semaines, les membres du comité du syndicat mixte ont voté, lundi 4 juillet, la déclaration de projet de restauration des roselières aquatiques et de la zone littorale du lac.

## 55 % considérées dégenérescentes

Ce projet est né, suite aux inquiétudes répétées de certains usagers du lac au sujet d'une éventuelle dégradation des roselières lacustres. Et le Sila, dans le cadre de sa compétence "aménagement et protection du lac", a alors engagé en 2007, une étude préliminaire, visant à diagnostiquer l'état de ces formations végétales. « Les investigations ont montré la morphologie très hétérogène des roselières lacustres », a détaillé le président du Sila, Pierre Bruyère, « suite aux relevés réalisés, malheureusement 55 % sont considérés comme dégenérescents, même s'ils conservent un intérêt écologique fort ».



Les roselières lacustres de Saint-Jorioz font partie du programme de restauration, engagé par le Sila. (Photo : Damien Zanella)

La seconde phase d'étude, qui avait débuté en 2008 et s'est terminée en 2009, a consisté à élaborer un avant-projet de restauration complet pour trois sites : la roselière du Bout du Lac (Doussard), le marais de l'Enfer (Saint-Jorioz) et le secteur du sentier des Roselières (Saint-Jorioz). Le programme de restauration se décompose en trois phases : la première, évaluée à 1 171 200 € et prévue à l'automne 2011, permettra la

mise en place de la protection pour une partie des roselières de chaque site. Un complément pourra ensuite être envisagé en phases 2 et 3, si les mesures mises en place s'avèrent concluantes. Compte tenu des remarques déposées à l'enquête publique, le Sila précise que « ce projet est complémentaire à l'étude en cours sur la possibilité de rétablissement d'un mariage du lac ». Le syndicat souligne par

ailleurs, que le phénomène de houle, qui est une des causes de dégradation des roselières, « est sur la majeure partie de l'année le fait du vent et non de la circulation des bateaux ».

## Bilan écologique

Concernant l'impact visuel des palissades, l'Architecte des bâtiments de France a donné un avis favorable. « Pour ce qui est du coût important des travaux de la phase 1, les phases ultérieures ne seront engagées qu'après un bilan écologique ».

Le Sila a aussi apporté des réponses aux recommandations du commissaire enquêteur, en précisant que l'étude écologique "mariage" est engagée depuis février 2011 et que la réflexion sur les impacts socio-économiques sera poursuivie. « Si la faisabilité est confirmée, la mise en œuvre ne pourra toutefois pas être décidée par le Sila seul et devra faire l'objet d'une concertation et de l'acceptation de l'ensemble des acteurs : services de l'État, communes, usagers, riverains... ».

LEILA LAMNAOUER

Exor 7/7/11

13/7/11

## VACANCES AU FIL DE L'EAU À Anney en Haute-Savoie

# Trop pur, le deuxième plan d'eau naturel français ?



Sa pureté serait sans égale en Europe, sa transparence atollienne atteint 10 m et si les poissons ne s'y épanouissent plus guère, le touriste, lui, prolifère sur ses rives enchantées, enjeu de débats environnementaux.

Antoine CHANDELLIER

Le Bourget n'a pas l'apanage du romantisme. Jadis, Rousseau et madame de Warens roucoulerent sur ces rives ouvrant la voie à des milliers d'idylles lacustres. Passé l'étranglement de la pointe Duingt et du roc de Chère, le grand lac d'Anney, touristique, cède la place au "petit" plan d'eau, sauvage, alpin. Cette dichotomie divise adeptes du sport nautique pétaradant, friands de plages tropéziennes et les contemplatifs, amis de la nature à l'état pur. Et si l'anse de Talloires inspira Cézanne, accueillit les grands de ce monde et fut comparée aux plus belles baies du monde, c'est que passé cette frontière naturelle, le pouvoir évocateur du lac redouble de poésie.

Les dents de Lanfon se dressent telles les cimes des Dolomites et les flancs la Tournette se déversent dans les eaux turquoises, émeraude ou azur. "L'orteil du mont Blanc", s'amuse Vincent Leseney, patron de la guinguette de Talloires, amoureux du "petit" lac. De son ponton, il y a 100 ans, Paul Chabas signalait *Matinée de septembre*, l'un des tableaux célèbres du Metropolitan de New York. Un nu qui provoqua un scandale comparable au *Déjeuner sur l'herbe* de Manet et aujourd'hui attire



À gauche la pointe de Duingt où se dresse le château fort, à droite, le roc de Chère et la baie de Talloires. Frontière naturelle entre le grand et le petit lac. Photos LeDB / Hubert Falco

les Américains dans son décor naturel. C'est par là que Rohmer touma son *Genou de Claire*. L'eau y est si pure que l'hôte des lieux la boit goulument. Mais ne lui demandez pas une friture ou un omble chevalier. Le poisson est en voie de régression. Bientôt, sur ces paisibles flots, il n'y aura pas plus de pêcheurs que de lions dans les chasses de Tartarin.

### Laboratoire écologique

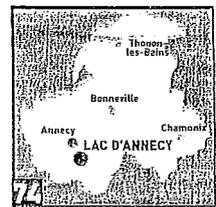
La cause ? Le lac est trop pur avec sa transparence à 10 m de fond. "Il n'y a plus assez de matière organique", explique Pierre Bruyère, président du syndicat du lac. Pourtant, cette

pureté est la touche majeure de la carte postale, un atout marketing. Fruit d'un travail colossal initié à la fin des années 50. Le deuxième plan d'eau naturel français était menacé d'asphyxie par les vases organiques. Depuis, 1 000 km de canalisations et 70 stations de pompage dérivent les eaux usées et un hersage intensif mène la vie dure à la puce de canard.

Revers de cette maîtrise, la faune piscicole ne s'épanouit plus. Un programme va tenter de repeupler les roselières qui, il y a un siècle, couvraient 110 hectares, dix fois plus. Entre pression touristique et préservation, ce lac, recalé au classe-

ment Unesco, est un laboratoire.

Le 15 août, 150 000 personnes y trouvent la fraîcheur. "On a une capacité de réception forte qui n'excède jamais la population permanente", assure l'Office de Tourisme. Tout ce qui touche à l'équilibre fragile de ce joyau fait débat. Qu'un politique badine avec la loi littoral, repoussant toute construction à 100 m, et les consciences s'élevaient. Bientôt un sentier longera les 37 km de rives, reliant les sept débarcadères et les cyclistes pourront en faire le tour sans croiser une voiture. L'île de Ré n'a pas le monopole du tourisme propre. □



### PRATIQUE

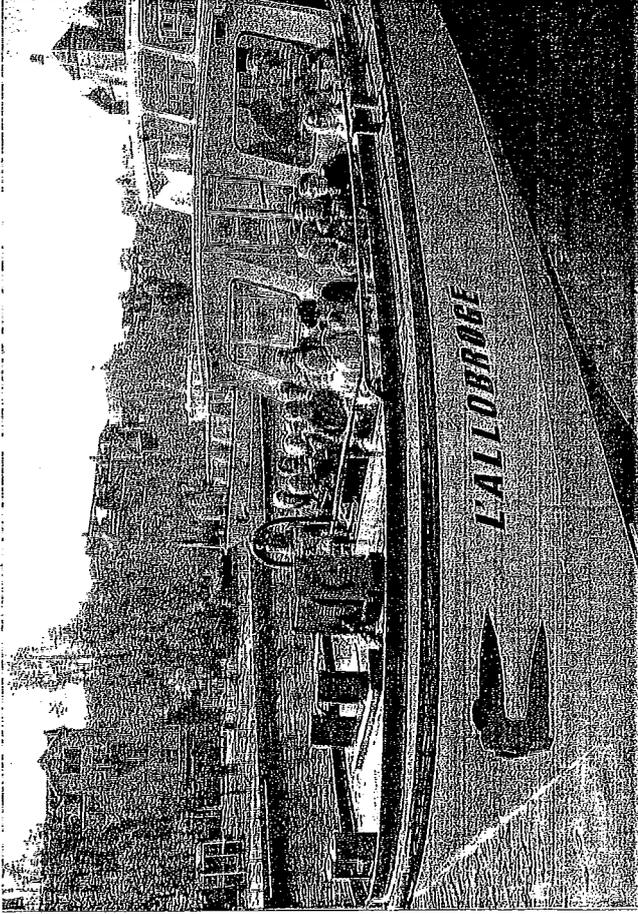
#### Y aller

À 107 km de Grenoble, 140 de Lyon et 47 km de Genève. Accès à Anney par A41 depuis Chambéry, sortie Anney sud. Depuis Genève, Bourg-en-Bresse, sortie Anney Nord. La route de Bluffy

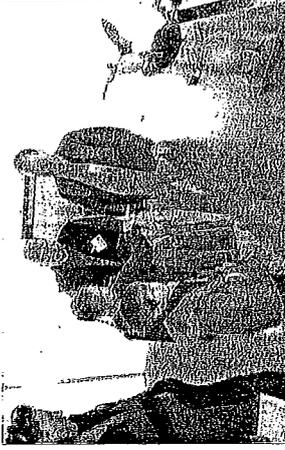
LAC EN FORTAGE Des participants par centaines ont traversé et visité son écosystème hier

# Une journée pour découvrir le lac

Anney : des bateaux-navettes vers Veyrier et Saint-Jorioz La faune sauvage présentée



Chaque année, le Syndicat intercommunal du lac d'Anney (Sila) organise une journée de découverte du lac et de son écosystème. Hier, "Lac en partage" s'est décliné en plusieurs sites (Sévrier, Veyrier, Talloires, Saint-Jorioz...) en des visites historiques, des observations d'oiseaux. Des bateaux-navettes, bien remplis, ont été mis à disposition du public durant toute la journée pour rejoindre les différents lieux d'exposition et d'animations. Photo D.U.A.C.



Zoé, Basile et Elliot s'amuse à reconnaître les différents canards que l'on peut voir sur le lac, sur le stand de la fédération de chasse à Veyrier-du-Lac. Toute la faune sauvage y était présentée. Photo D.U.A.C.



Inspection des OISEAUX

Sur le quai Napoléon-III, la Ligue de protection des oiseaux (LPO) a profité de cette manifestation pour instruire le public sur ses protégés, en mettant à disposition du matériel et de la documentation. Photo D.U.A.C.

Des embarcations bien remplies



Il y avait foule hier durant toute la journée, sur les bateaux (ci au dernier étage) faisant la navette entre les différents sites de "Lac en partage". Les tarifs intéressants et le beau temps ont contribué au grand succès de la journée tout autour du lac d'Anney. Photo D.U.A.C.

Saint-Jorioz : l'histoire d'une goutte d'eau



Mathilde et Thérèse étudient une goutte d'eau du lac à la lampe binoculaire : un atter qui proposait les plongeurs qui explorent la vie sous-marine du lac. Surprise : il y a beaucoup de monde dans une goutte d'eau ! De minuscules araignées et d'autres bestioles... mais rien d'anormal... Photo D.U.A.C.

DL  
24/10/11

# Début des travaux de restauration des roselières aquatiques

Le Syndicat Mixte du Lac d'Annecy (Sila) lance un ambitieux programme de restauration des roselières aquatiques et herbiers immergés, assez unique en milieu lacustre français. Les premiers travaux débutent ce mois-ci.

Face à la réduction considérable de la surface des roselières sur les rives du lac d'Annecy, il est crucial pour le Sila de maintenir et redynamiser ces végétaux qui participent à l'épuration de l'eau et constituent de véritables espaces de biodiversité. Ce programme, d'un montant prévisionnel global de 2,8 millions d'euros HT, concerne trois zones sur le lac d'Annecy : les marais de l'Enfer et le sentier des roselières à Saint-Jorioz, ainsi que la réserve naturelle du Bout du Lac à Doussard.

La première tranche d'actions s'élève à 1 million d'euros HT, subventionnée à 50 % par l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse, et à 30 % par le Conseil Général de la Haute-Savoie. La principale opération,



Les roselières de Saint-Jorioz font partie du programme de restauration engagé par le Sila.  
(Photo : Damien Zanella)

qui durera de novembre 2011 à mars 2012, consistera à installer des palissades en pieux jointifs en front de roselières, afin de créer des zones de quiétude propices au développement des végétaux aquatiques (limitation de la houle, blocage des bois morts flottants).

De 2012 à 2014, des plantations (roseaux, scirpes, nénuphars) seront réalisées dans les 3 zones concernées où la densité

des roselières fait actuellement défaut.

En parallèle, une réflexion sur la gestion du niveau du lac (marnage) est initiée au sein de la commission "Lac et Prospective" du Sila, car la stabilisation du niveau du plan d'eau en 1965 (mise en service des vannes sur le canal du Thiou) a eu un impact important sur l'état et la dynamique de la végétation de la zone littorale.

ESSOR 10/11/11

# Si si, vous buvez bien l'eau du lac !

Beaucoup de gens sont sceptiques, mais la vérité est bel et bien la suivante : l'eau qui coule des robinets annéciens, et que nous buvons, est tirée du lac d'Anney.

Depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle, les communes du bassin annécien utilisent l'eau du lac pour alimenter leur population en eau potable. Les installations de prélèvement et de traitement de l'eau se sont développées sur le site de la Puya entre 1905 et 1908. Et depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2001, la gestion de l'eau potable est assurée par la CZA.

Cette eau, justement, tout comme le site de la Puya, sont ultra surveillés, afin de garantir une pureté maximum de la ressource. D'ailleurs, en 2008, une

vaste opération de rénovation des installations a été lancée par la communauté d'agglomération.

L'épuration de l'eau est une opération complexe, dont l'étape la plus importante est l'affinage. Celle-ci est obtenue par rétention mécanique sur des membranes creuses fabriquées avec de l'acétate de cellulose. Ces membranes retiennent les impuretés mais aussi les bactéries. En outre, et afin de garantir la qualité du précieux liquide jusqu'au robinet, du chlore gazeux est injecté dans l'eau.

Bref, l'eau du lac d'Anney est parfaitement potable. Il y a quelques années, certains avaient même émis l'idée de l'embouteiller et de la mettre sur le marché.

**JEAN-BAPTISTE SERRON**

## En assurant l'épuration des eaux usées, le Sila complète le cycle

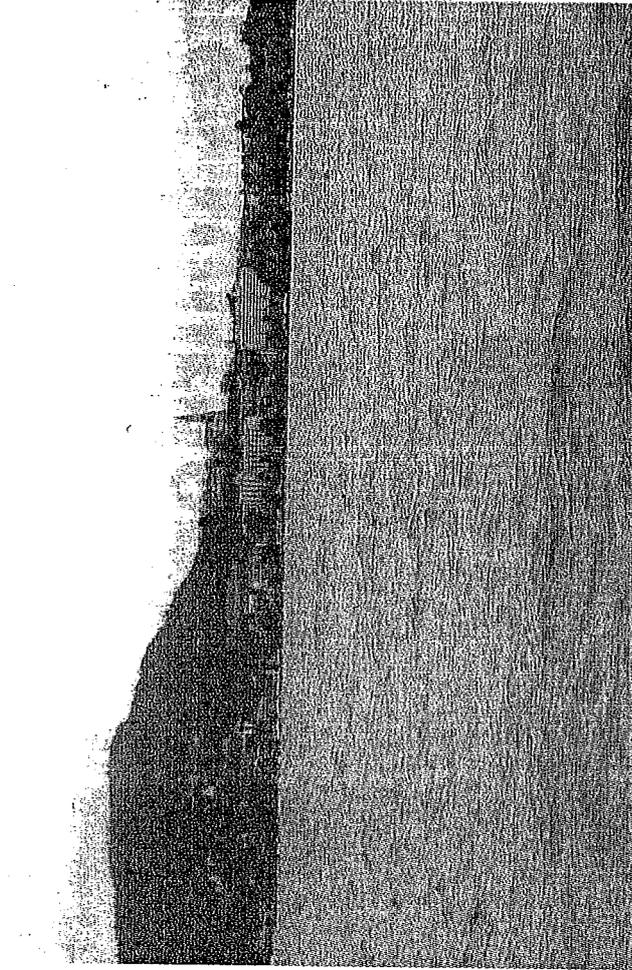
Si la ville d'Anney, puis la CZA, depuis 2001, ont pour mission de purifier l'eau du lac avant de l'envoyer dans les robinets des maisons, le Syndicat mixte du lac d'Anney, le Sila, nettoie pour sa part les eaux usagées qui sortent des habitations avant de les renvoyer dans la nature. C'est ce double travail et cette collaboration qui font la qualité des eaux du lac d'Anney.

Pierre Bruyère, le président du Sila, présente quelques-uns des investissements que réalise le syndicat dans ce but : « Nous investissons entre 4 et 5 millions d'euros chaque année pour les travaux de construction et de réhabilitation des réseaux d'eaux usées. Ces investissements s'arti-

### COMBIEN ÇA CÔÛTE LE TRAITEMENT ?

Pour les 13 communes de la communauté d'agglomération d'Anney, plus Sévrier, le m<sup>3</sup> d'eau coûte 3 euros. La facture, répartie entre la CZA, l'Agence de l'eau (État), et le Sila, est détaillée de la façon suivante :

- La fourniture de l'eau coûte **1,05** euro.
- Le prélèvement de l'agence de l'eau est de **0,06** euro.
- La lutte contre la pollution coûte **0,21** euro.
- La modernisation des eaux de collecte coûte **0,15** euro.
- La TVA sur cet ensemble coûte **0,08** euro.
- La redevance pour l'assainissement collectif est de **1,37** euro.
- Enfin, il faut rajouter la TVA pour l'assainissement, qui est de **0,08** euro.



Grâce au travail de la CZA et du Sila, l'eau du lac d'Anney est parmi les plus pures d'Europe.



Chaque mois, plusieurs kilos de déchets sont rejetés par les citoyens dans le réseau.

tion à Marllens feront partie des nouveaux chantiers.

### Quelques gestes à bannir pour préserver la qualité de l'eau

Enfin, Pierre Bruyère tient à faire savoir que quelques gestes simples de la part des citoyens faciliteraient le travail des 31 agents chargés de l'entretien et de la surveillance des collecteurs : « Arrêtons de jeter des cailloux, des morceaux de béton, des téléphones portables, de la litière pour chat, des graisses ou des imingettes dans les toilettes, les évier ou les égouts ! Tous ces objets peuvent boucher ou mettre hors service les stations de pompage. »

culant autour de deux grands axes : la construction de nouveaux collecteurs d'eaux usées et la mise en séparatif, la réhabilitation et le renforcement des collecteurs existants. »

En 2011, 3 millions ont ainsi été consacrés à la construction d'outils neufs, dans les secteurs de Saint-Jorioz, Faverges, Aviernoz, Sallenôves et Seythenex, et 1 à 2 millions dans l'entretien et la réhabilitation.

Pour l'année à venir, une somme identique sera investie dans le neuf sur les communes de Sallenôves, Naves-Parmelan, Montmin, Cran-Gevrier, Meythet, Giez, Sillingy et Groisy.

Par ailleurs, l'assainissement du col de la Forclaz et la reconstruction d'une usine de dépollu-