

# **Suivi des plans d'eau des bassins Rhône- Méditerranée et Corse en application de la Directive Cadre sur l'Eau**

(Sites de Référence, Réseau de Contrôle de Surveillance et Contrôle  
Opérationnel)

**Note synthétique d'interprétation des résultats**

## **Lac de Villefort**

*(48 : Lozère)*

Campagnes 2011

*VI – Décembre 2012*



# Méthodologie

## Contenu des suivis

Le tableau suivant résume les différents éléments suivis par année et les fréquences d'intervention associées. Il s'agit du suivi qualitatif type mis en place sur les plans d'eau du programme de surveillance. Les différents paramètres physico-chimiques analysés sur l'eau sont suivis lors de quatre campagnes calées aux différentes phases du cycle annuel de fonctionnement du plan d'eau, soit entre le mois de février et le mois d'octobre.

		Paramètres	Type de prélèvements/ Mesures	HIVER	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE
Sur EAU	Mesures in situ	O2 dis. (mg/l, %sat.), pH, COND (25°C), T°C, transparence secchi	Profils verticaux	X	X	X	X
	Physico-chimie classique	DBO5, PO4, Ptot, NH4, NKJ, NO3, NO2, COT, COD, MEST, Turbidité, Si dissoute	Prélèvement intégré et prélèvement ponctuel de fond	X	X	X	X
	Substances prioritaires, autres substances et pesticides	Micropolluants*	Prélèvement intégré et prélèvement ponctuel de fond	X	X	X	X
	Pigments chlorophylliens	Chlorophylle a + phéopigments	Prélèvement intégré	X	X	X	X
	Minéralisation	Ca <sup>2+</sup> , Na <sup>+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , K <sup>+</sup> , dureté, TA, TAC, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Cl <sup>-</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Prélèvement intégré	X			
Sur SEDIMENTS	Eau interstitielle : Physico-chimie		PO4, Ptot, NH4				
	Phase solide (<2mm)	Physico-chimie	Corg., Ptot, NKJ, Granulométrie, perte au feu	Prélèvement ponctuel au point de plus grande profondeur			X
		Substances prioritaires, autres substances et pesticides	Micropolluants*				
HYDROBIOLOGIE et HYDROMORPHOLOGIE		Phytoplancton	Prélèvement intégré (Cemagref/Utermöhl)	X	X	X	X
		Oligochètes	IOBL				X
		Mollusques	IMOL				X
		Macrophytes	Protocole Cemagref (nov.2007)			X	
		Hydromorphologie	A partir du Lake Habitat Survey (LHS)			X	
		Suivi piscicole	Protocole CEN (en charge de l'ONEMA)			X	

\* : se référer à l'annexe 5 de la circulaire DCE 2006/16, analyses à réaliser sur les paramètres pertinents à suivre sur le support concerné

## Outils d'interprétation (détails en annexe 2)

L'interprétation des résultats a été réalisée selon deux approches complémentaires s'appuyant, d'une part sur une méthode largement utilisée pour évaluer le niveau trophique des plans d'eau (Diagnose rapide) et d'autre part, sur l'Arrêté du 25 janvier 2010 permettant de qualifier les masses d'eau en termes d'état selon la DCE.

### Diagnose rapide

Cette méthode a été mise au point par le Cemagref (protocole actualisé de 2003) et renseigne sur la qualité générale du plan d'eau en rapport avec son niveau trophique. Ce n'est pas une interprétation en termes d'état au sens de la DCE.

### Etat écologique et état chimique au sens de la DCE

La présente note synthétique définit également un état écologique et un état chimique liés à un niveau de confiance. Cette évaluation est réalisée suivant les préconisations de l'« Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface ».

## Caractéristiques du plan d'eau

Nom : **Villefort**

Code lac : **V5045003**

Masse d'eau : **FRDL87**

Département : **48 (Lozère)**

Région : **Languedoc-Roussillon**

Origine : **Anthropique** (Masse d'Eau Fortement Modifiée)

Typologie : **A10 = retenue de moyenne montagne, sur socle cristallin, profonde**

Altitude (NGF) : **610**

Superficie (ha) : **127**

Volume (hm<sup>3</sup>) : **27,7**

Profondeur maximum (m) : **75 m théorique** (mesure de 59,5 m en 2011)

Temps de séjour (j) : **96**

Tributaire(s) : **L'Altier, Ruisseau des Morangiès, Chassezac via une conduite depuis le barrage du Rachas**

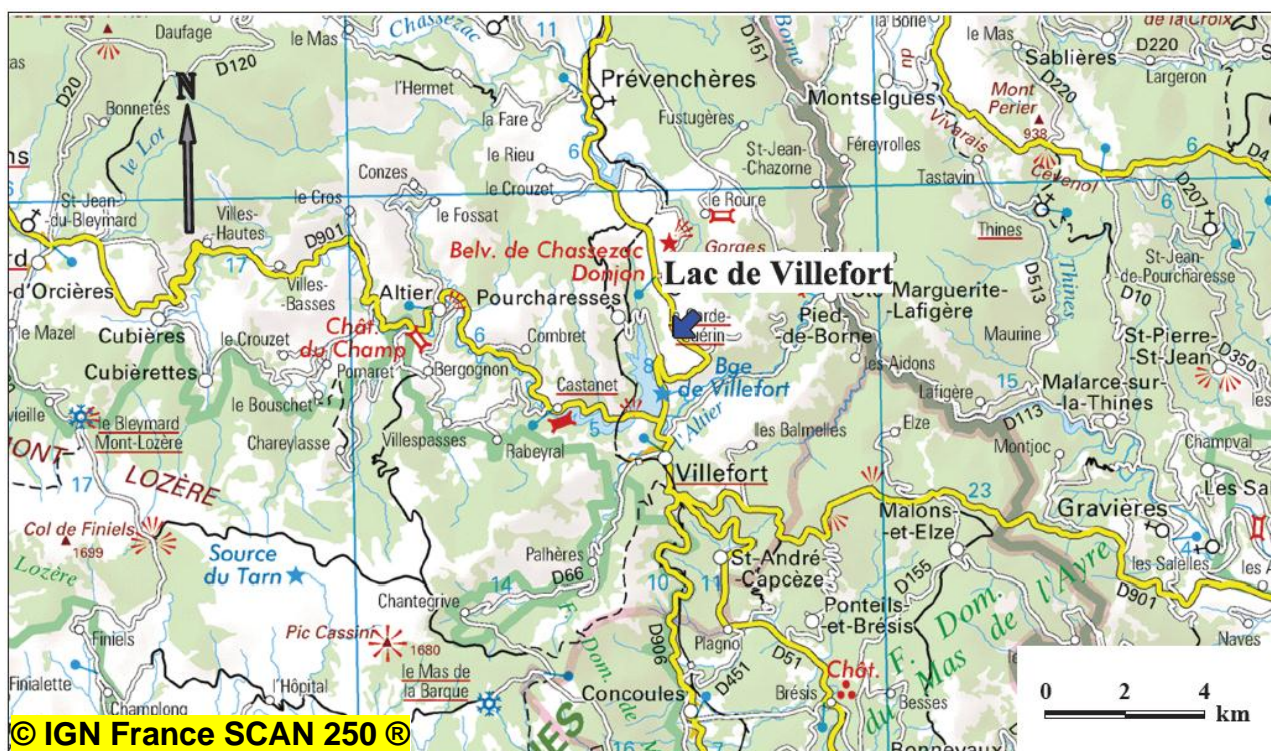
Exutoire(s) : **L'Altier**

Réseau de suivi DCE : **Masse d'eau hors réseaux** (Cf. Annexe 1) *suivie afin de préciser l'état du plan d'eau en l'absence de données disponibles*

Période/Année de suivi : **2011**

Objectif de bon potentiel : **2015**

*Des informations complémentaires sur le contexte général du plan d'eau, sur les enjeux et le programme de mesure sont disponibles via l'atlas internet de bassin.*



Carte de localisation du lac de Villefort

## Résultats - Interprétation

---

Plan d'eau artificiel formé par le barrage de Villefort sur le cours de l'Altier, le lac de Villefort est situé dans le département de la Lozère (48), sur les communes de Pourcharesses et de Villefort à une altitude de 610 m NGF. Il s'étend sur 127 ha et retient au maximum 27,7 millions de m<sup>3</sup> d'eau. La profondeur maximale mesurée en 2011 est de 59,5 m. La production d'énergie électrique est la principale vocation de cet ouvrage, propriété d'EDF. Il est également alimenté de manière artificielle par une conduite amenant les eaux du barrage du Rachas sur le Chassezac. Le maintien à niveau constant des eaux en été permet également le développement d'infrastructures de tourisme et des loisirs nautiques.

### Diagnose rapide

Sur la base des résultats acquis en 2011, le lac de Villefort présente une qualité générale le classant dans la catégorie des plans d'eau **méso-eutrophes**. Concernant la chimie de l'eau, les indices nutrition et production témoignent de flux de matières modérés dans la zone euphotique alors que l'indice dégradation révèle une forte demande en oxygène pour dégrader la matière organique.

Concernant la chimie du sédiment, le stock important de matière organique et de phosphore constitue une réserve pour le système lacustre. Il en résulte un potentiel relargage non négligeable en conditions anoxiques. L'indice planctonique confirme une production modérée sur le lac de Villefort mais les groupes algaux présents en fin d'été indiquent cependant un degré de trophie assez élevé.

Les résultats détaillés de la diagnose rapide sont présentés en annexe 3.

### Etat écologique et chimique au sens de la DCE

Sur la base des éléments actuellement pris en compte pour l'évaluation DCE, le lac de Villefort est classé en **bon potentiel écologique** d'après les résultats obtenus en 2011 (Cf. annexe 4).

La forte valeur de chlorophylle a mesurée en première campagne suite au démarrage précoce de l'activité phytoplanctonique n'est cependant pas prise en compte dans cette évaluation (du fait du mode de calcul du paramètre). Son intégration conduirait à un classement du plan d'eau en potentiel écologique moyen.

Le lac de Villefort est classé en **bon état chimique** (Cf. Annexe 5) puisque aucune des substances prises en compte pour évaluer l'état chimique ne dépasse les normes de qualité environnementales.

Des informations complémentaires sur les différents éléments suivis sont présentées en annexe 6.

### Suivi piscicole

Le lac de Villefort n'a pas fait l'objet d'une étude piscicole dans le cadre de ce suivi, le plan d'eau n'étant pas intégré au réseau de contrôle de surveillance, ni au contrôle opérationnel.

### Annexe 1 : Programme de surveillance

---

Dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE), un programme de surveillance doit être établi pour suivre l'état écologique (ou le potentiel écologique) et l'état chimique des eaux douces de surface.

Différents réseaux constituent le programme de surveillance. Parmi ceux-ci, trois réseaux sont actuellement mis en œuvre sur les plans d'eau :

- Le réseau de contrôle de surveillance (RCS) vise à donner une image globale de la qualité des eaux. Tous les plans d'eau naturels supérieurs à 50 ha ont été pris en compte sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse. Pour les plans d'eau d'origine anthropique, une sélection a été opérée parmi les plans d'eau supérieurs à 50 ha, afin de couvrir au mieux les différents types présents (grandes retenues, plans d'eau de digue, plans d'eau de creusement).
- Le contrôle opérationnel (CO) vise à suivre spécifiquement les masses d'eau (naturelles ou anthropiques) supérieures à 50 ha, à risque de non atteinte du bon état (ou du bon potentiel) des eaux en 2015.
- Le contrôle d'enquête (CE) vise à déterminer les causes pour lesquelles une masse d'eau n'atteint pas les objectifs environnementaux (lorsqu'un contrôle opérationnel n'a pas encore été mis en place), ou à déterminer l'ampleur et l'incidence d'une pollution accidentelle.

Au total, 80 plans d'eau sont suivis sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse dans le cadre de des deux réseaux RCS et CO.

Le contenu du programme de suivi sur les plans d'eau est identique pour le RCS et le CO. Un plan d'eau concerné par le CO sera cependant suivi à une fréquence plus soutenue (tous les 3 ans) comparativement à un plan d'eau strictement visé par le RCS (tous les 6 ans). Un plan d'eau concerné par le CE est suivi de manière exceptionnelle.

Le contenu du programme de suivi des plans d'eau au titre du CE est dit « allégé ». Ces plans d'eau ne font pas l'objet de prélèvements de fond concernant les analyses physico-chimiques sur eau et seule l'étude des peuplements phytoplanctoniques est réalisée concernant l'hydrobiologie et l'hydromorphologie.

## Annexe 2 : Les outils d'interprétation

### La Diagnose rapide

(d'après le Protocole actualisé de la diagnose rapide des plans d'eau, Jacques Barbe, Michel Lafont, Jacques Mouthon, Michel Philippe, Cemagref, Agence de l'Eau RMC, juillet 2003).

L'interprétation de la diagnose rapide s'appuie sur plusieurs types d'indices : les indices spécifiques basés sur un paramètre particulier, les indices fonctionnels élaborés à partir d'un ou de plusieurs paramètres regroupés pour refléter un aspect fonctionnel du plan d'eau. Ils sont de nature physico-chimique ou biologique.

Ils sont tous construits pour s'échelonner en fonction de la dégradation de la qualité du milieu suivant une échelle de 0 à 100 (de l'ultra oligotrophie à l'hyper eutrophie).

Leur confrontation directe doit permettre ainsi de discerner facilement les concordances ou les discordances existant entre les principaux éléments fonctionnels du milieu.

### Les indices physico-chimiques

#### Indice Pigments chlorophylliens<sup>1</sup>

$I_C = 16 + 41,89 \times \log_{10}(X+0,5)$  où X est la somme de la chlorophylle\_a et de la phéophytine\_a exprimée en µg/l. X représente la moyenne des résultats obtenus sur l'échantillon intégré en dehors du brassage hivernal (campagnes 2, 3 et 4).

#### Indice Transparence

$I_T = 82 - 66,44 \times \log_{10}(X)$  où X est la moyenne des profondeurs de Secchi (en m) mesurées pendant la même période que précédemment.

La moyenne de ces deux indices constitue le premier indice fonctionnel : Indice **Production**.

#### Indice P total hiver

$I_{PTH} = 115 + 39,6 \times \log_{10}(X)$  où X est la valeur du phosphore total (mg/l), mesurée lors de la campagne de fin d'hiver et obtenue à partir de l'échantillon intégré.

#### Indice N total hiver

$I_{NTH} = 47 + 65 \times \log_{10}(X)$  où X est la valeur de l'azote total (mg/l), mesurée lors de la campagne de fin d'hiver et obtenue à partir de l'échantillon intégré<sup>2</sup>.

La moyenne de ces deux indices constitue l'indice fonctionnel **Nutrition**.

#### Indice Consommation journalière en O<sub>2</sub> dissous

$I_{O_2j} = -50 + 62 \times \log_{10}(X+10)$  où X est la valeur de la consommation journalière en oxygène dissous en mg/m<sup>3</sup>/j.

Cet indice constitue l'indice fonctionnel **Dégradation**.

#### Indice P total du sédiment

$I_{PTS} = 109 + 55 \times \log_{10}(X)$  où X est la valeur du phosphore total du sédiment (en % de MS), obtenue lors de la campagne de prélèvement des sédiments ayant lieu normalement en fin de période de production biologique.

Cet indice constitue l'indice fonctionnel **Stockage des minéraux du sédiment**.

<sup>1</sup> Quand les teneurs des paramètres constitutifs de l'Indice pigments chlorophylliens (Ic) sont en dessous du seuil de quantification (SQ=1), la valeur retenue pour les "pc" est donnée par une fourchette de valeurs (par exemple, si [chl a] <1 et [phéopigments] <1, alors 0 <[chl a + pheo] < 2), l'Ic résultant est également donné par une fourchette de valeurs. Pour le calcul de l'indice production, on prend l'indice moyen de Ic.

<sup>2</sup> Les teneurs en nitrates, nitrites et azote kjeldahl sont prises en compte. Quand l'un des éléments est sous le seuil de quantification (SQ), sa valeur est donnée par une fourchette de valeurs : 0 <N < SQ, la concentration en azote total et l'indice Ntot hiver seront également exprimées sous la forme d'une fourchette de valeurs. Pour le calcul de l'indice nutrition, on prend l'indice moyen Ntot hiver.

### Indice Perte au feu du sédiment

$I_{PF} = 53 \times \log_{10}(X)$  où X est la valeur de la Perte au feu du sédiment (en % de MS), obtenue lors de la même campagne que précédemment.

Cet indice constitue l'indice fonctionnel **Stockage de la matière organique du sédiment**.

### Indice P total de l'eau interstitielle

$I_{PTI} = 63 + 33 \times \log_{10}(X)$  où X est la valeur du phosphore total de l'eau interstitielle (mg/l), obtenue lors de la campagne de sédiment.

### Indice Ammonium de l'eau interstitielle

$I_{NH4I} = 18 + 45 \times \log_{10}(X+0,4)$  où X est la valeur de l'ammonium de l'eau interstitielle (mg/l de N), obtenue lors de la campagne de sédiment.

La moyenne de ces deux indices constitue l'indice fonctionnel **Relargage**.

Quatre campagnes de prélèvements sont réalisées dans le cadre du protocole de la Diagnose rapide.

A partir de ces six indices fonctionnels, deux indices physico-chimiques moyens peuvent être calculés pour synthétiser les résultats :

- Un indice physico-chimique moyen de pleine eau = moyenne des indices fonctionnels nutrition, production et dégradation ;
- Un indice physico-chimique moyen du sédiment = moyenne des indices fonctionnels stockage des minéraux du sédiment, stockage de la matière organique du sédiment et relargage.

### **Les indices biologiques sont au nombre de trois :**

L'Indice Planctonique est calculé à partir des listes floristiques obtenues lors des différentes campagnes de la période de production biologique.

L'indice s'appuie sur des coefficients de qualité (Qi) attribués à chaque groupe algal (*les coefficients les plus élevés étant attribués aux groupes les plus liés à l'eutrophisation*) et sur des classes d'abondances relatives (Aj).

IP = moyenne de  $\sum Qi \times Aj$  sur la base des résultats obtenus lors des trois campagnes estivales.

Avec les valeurs suivantes pour Qi et Aj :

Groupes algaux	Qi
Desmidiées	1
Diatomées	3
Chrysophycées	5
Dinophycées et Cryptophycées	9
Chlorophycées (sauf Desmidiées)	12
Cyanophycées	16
Eugléniens	20

### **Coefficients attribués aux groupes algaux repères**

Abondance relative	Aj
0 à ≤ 10	0
10 à ≤ 30	1
30 à ≤ 50	2
50 à ≤ 70	3
70 à ≤ 90	4
90 à ≤ 100	5

### **Classes d'abondance relative du phytoplancton**

L'indice planctonique tel que décrit dans la diagnose rapide est issu de prélèvements réalisés au filet à plancton. Les prélèvements réalisés dans le cadre de la DCE sont des prélèvements d'eau brute intégrés sur la zone euphotique (2,5 fois la transparence mesurée à l'aide du disque de Secchi). **Les abondances relatives des différents groupes ont été évaluées à partir des biovolumes algaux.**



L'Indice Oligochètes :  $IO = 126 - 74 \times \log_{10}(X+2,246)$  où X est la moyenne entre l'IOBL de la plus grande profondeur et la valeur moyenne des IOBL de profondeur intermédiaire.

L'indice IOBL par point de prélèvement (= 3 « coups » de bennes à une profondeur donnée) =  $S + 3\log_{10}(D+1)$  où S = nombre de taxons parmi les oligochètes comptés et D = densité en oligochètes pour 0,1 m<sup>2</sup>.

L'Indice Mollusques :  $IM = 122 - 92 \times \log_{10}(X+1,734)$  où X correspond à la valeur de l'IMOL.

L'IMOL n'est appliqué que sur les plans d'eau naturels (pas applicable sur les plans d'eau marnants).

Le tableau ci-dessous présente le mode de détermination de l'indice IMOL.

Tableau III : Tableau standard de détermination de l'indice IMOL.

Table III : Procédure of the determination of index IMOL.

Niveau d'échantillonnage	Repères malacologiques	Indices	Exemples (dates de prospection)
$Z_1 = 9/10 Z_{max}$	- Gastéropodes et Bivalves présents	8	<b>Léman (1963)</b>
	- Gastéropodes absents, Bivalves seuls présents	7	<b>Bourget (1940), Longemer (1977), Grand Maclu (1983), Chalain (1984),</b>
Absence de mollusques en $Z_1$			
$Z_2 = -10 \text{ m}$ (20 m) <sup>(2)</sup>	- Deux genres ou plus de deux genres de Gastéropodes présents	6	<b>Lac Léman (1987), Saint-Point (1978) Grand Clairvaux (1982), Laffrey (1989).</b>
	- Un seul genre de Gastéropode présent	5	<b>Le Bourget (1988), Rémoray (1978 et 1989), Les Rousses (1980).</b>
	- Gastéropodes absents, pisdies présentes <sup>(1)</sup>	4	Gérardmer (1977), l'Abbaye (1980), Petit Clairvaux (1982), Val (1986).
Absence de mollusques en $Z_2$			
$Z_3 = -3 \text{ m}$ (5-6 m) <sup>(2)</sup>	- Deux genres ou plus de deux genres de Gastéropodes présents	3	<i>Petit Maclu (1983), Antre (1984), Petit Etival (1985).</i>
	- Un seul genre de Gastéropode présent	2	<i>Grand Etival (1985)</i>
	- Gastéropodes absents, pisdies présentes <sup>(1)</sup>	1	Illy (1984), Narlay (1984), Aydat (1985), Bonlieu (1985), Nantua (1988), Sylans (1988), Petitchet (1989), Lamoura (1988), Pierre-Chatel (1989)
	- Absence de mollusques	0	Lac des Corbeaux (1984), Lac Vert (1985), Lispach (1984),

(1) avec plus d'un individu par échantillon de 3 bennes.

(2) proposition pour les lacs profonds de grandes dimensions.



## Les critères de l'état écologique et de l'état chimique

Les critères à prendre en compte et les modalités de calcul et d'agrégation des différents éléments de qualité permettant l'évaluation de l'état écologique et de l'état chimique des plans d'eau sont détaillés dans l'« Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface ».

Les critères pris en compte actuellement sont résumés ci-dessous (pour plus de précisions, se référer à l'arrêté).

### *Evaluation de l'état (/du potentiel) écologique :*

#### - Eléments de qualité biologiques

Elément de qualité	Métriques/Paramètres	PLANS D'EAU NATURELS					PLANS D'EAU D'ORIGINE ANTHROPIQUE
		Limites des classes d'état					
		Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais	
Phytoplancton	[Chl-a] moyenne estivale (µg/l)	Cf. Arrêté <sup>1</sup>					
	IPL (Indice Planctonique)	25	40	60	80		
Invertébrés	IMOL (Indice Mollusque)*	8	7	4	1		
	IOBL (Indice Oligochètes de Bioindication Lacustres)*	15	10	6	3		

\* : paramètres complémentaire pour conforter le diagnostic

<sup>1</sup> ces limites sont calculées par plan d'eau selon une formule dépendante de la profondeur moyenne du plan d'eau

Les travaux réalisés jusqu'à présent n'ont pas permis de produire des valeurs seuils pour les éléments de qualité macrophytes et poissons.

#### - Eléments physico-chimiques généraux

Paramètres par élément de qualité	Limites des classes d'état				
	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
<b>Nutriments</b>					
N minéral maximal (NO <sub>3</sub> + NH <sub>4</sub> )(mg N/l)	0,2	0,4	1	2	
PO <sub>4</sub> maximal (mg P/l)	0,01	0,02	0,03	0,05	
Phosphore total maximal (mg P/l)	0,015	0,03	0,06	0,1	
<b>Transparence</b>					
Transparence moyenne estivale (m)	5	3,5	2	0,8	
<b>Bilan de l'oxygène</b>					
Présence ou absence d'une désoxygénation de l'hypolimnion en % du déficit observé entre la surface et le fond pendant la période estivale (pour les lacs stratifiés)	*	50	*	*	
<b>Salinité</b>					
Acidification			*		
Température					

\* : pas de valeurs établies à ce stade des connaissances

**N minéral maximal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)** : azote minéral maximal annuel dans la zone euphotique, c'est-à-dire :

- l'azote minéral « d'hiver », en période de mélange total des eaux, sur échantillon intégré de la zone euphotique, si le temps de séjour est supérieur à 2 mois.

- l'azote minéral maximal observé sur au minimum 3 campagnes « estivales » dans un échantillon intégré de la zone euphotique, si le temps de séjour est inférieur à 2 mois.

**PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> maximal** : dans les lacs de temps de séjour supérieur à 2 mois, il s'agit de la valeur « hivernale » en période de mélange total des eaux, sur échantillon intégré de la zone euphotique. Dans les plans d'eau de temps de séjour inférieur à 2 mois, c'est le maximum des valeurs de 3 campagnes estivales.

**Phosphore total maximal** : dans les lacs de temps de séjour supérieur à 2 mois, il s'agit indifféremment de la moyenne annuelle dans la zone euphotique ou de la valeur hivernale en période de mélange complet des eaux, sur échantillon intégré de la zone euphotique. Dans les plans d'eau de temps de séjour inférieur à 2 mois, c'est le maximum des valeurs de 3 campagnes estivales.

**Bilan de l'oxygène** : paramètre et limites de classes donnés à titre indicatif (ce paramètre est ici considéré en tant que paramètre complémentaire à l'évaluation de l'état).

*Il s'agit de la présentation des résultats bruts, un travail ultérieur d'expertise pouvant amener à une évaluation légèrement différente (ex. : pour un plan d'eau naturellement peu transparent, ce paramètre s'avèrera non pertinent et ne sera alors pas pris en compte dans l'évaluation de l'état).*

*Les règles d'assouplissement décrites par l'arrêté du 25 janvier 2010 pour définir la classe d'état des éléments de qualité physico-chimiques généraux ont été appliquées.*

- Polluants spécifiques de l'état écologique

<b>Polluants spécifiques non synthétiques (analysés sur eau filtrée)</b>	
<b>Substances</b>	<b>NQE_MA (µg/l)</b>
Arsenic dissous	Fond géochimique + 4,2
Chrome dissous	Fond géochimique + 3,4
Cuivre dissous	Fond géochimique + 1,4
Zinc dissous	Fond géochimique + 3,1 (si dureté ≤24 mg CaCO3/l)
	Fond géochimique + 7,8 (si dureté >24 mg CaCO3/l)
<b>Polluants spécifiques synthétiques (analysés sur eau brute)</b>	
<b>Substances</b>	<b>NQE_MA (µg/l)</b>
Chlortoluron	5
Oxadiazon	0,75
Linuron	1
2,4 D	1,5
2,4 MCPA	0,1

*NQE\_MA : Normes de Qualité Environnementales en Moyenne Annuelle*

Au sein des éléments de qualité (EQ), c'est la règle du paramètre le plus déclassant qui est retenue. L'état écologique (plans d'eau naturels) est donné par l'EQ le plus déclassant (dans la limite de l'état « moyen » pour la physico-chimie et les polluants spécifiques). Les éléments hydromorphologiques n'interviennent que pour le classement en très bon état d'une masse d'eau (indicateur des éléments hydromorphologiques en cours de construction).

Le potentiel écologique (plans d'eau anthropiques) est évalué à partir du paramètre chlorophylle a et des éléments physico-chimiques. Pour pallier l'absence de tous les indicateurs biologiques adaptés pour évaluer le bon potentiel, on considère que les pressions hydromorphologiques hors contraintes techniques obligatoires (CTO) se traduisent par un effet négatif sur les potentialités biologiques des masses d'eau (Cf. arrêté du 25 janvier 2010 : tableau permettant d'attribuer une classe de potentiel écologique en prenant en compte les pressions hydromorphologiques non imposées par les CTO).

Dans le cadre de cette note d'interprétation, il a été considéré que les pressions hydromorphologiques non imposées par les CTO étaient nulles à faibles ce qui induit que le potentiel écologique de la masse d'eau est alors défini par les seuls indicateurs biologiques et physico-chimiques.

Un niveau de confiance est attribué à l'état écologique (selon la qualité de la donnée prise en compte, si l'ensemble des EQ ont été déterminés...). Trois niveaux de confiance sont distingués : 3 (élevé), 2 (moyen), 1 (faible).

#### ***Evaluation de l'état chimique (2 classes d'état) :***

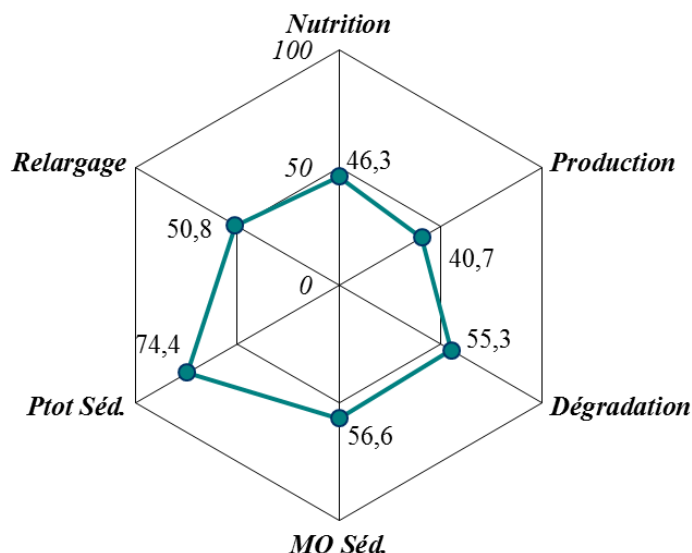
La liste des 41 substances prises en compte dans l'état chimique figure dans l'annexe 8 de l'arrêté du 25 janvier 2010, avec les NQE à respecter en valeur moyenne et en concentration maximale admissible.

## Annexe 3 : Résultats de la diagnose rapide

### Les indices fonctionnels physico-chimiques

Le calcul des indices avec la valeur des paramètres utilisés est résumé page suivante.

Graphique en radar des indices fonctionnels du lac de Villefort Suivi 2011

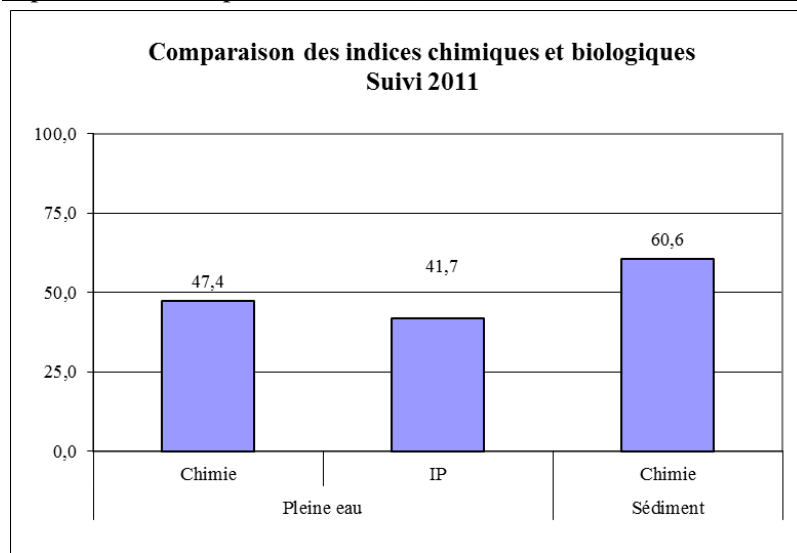


Les résultats obtenus témoignent d'un plan d'eau **méso-eutrophe**.

Les indices nutrition et production sont proches, ils témoignent de flux de matières modérés dans la zone euphotique. Cependant, ces deux indices sont probablement sous-évalués puisque l'on constate dès la 1<sup>ère</sup> campagne un développement phytoplanctonique important (consommation d'une partie du stock de nutriments et non prise en compte de ce développement algal dans l'indice production, basé uniquement sur les trois campagnes "estivales"). L'indice dégradation est plus défavorable, il révèle une forte demande en oxygène pour dégrader la matière organique.

La charge du sédiment en matière organique et surtout en phosphore est élevée. Elle reflète des apports passés allochtones et issus de la production biologique. De plus, les caractéristiques morphologiques du lac (lac profond avec températures toujours froides en profondeur) ne favorisent pas l'activité métabolique du sédiment. Le processus de relargage de nutriments à l'interface eau/sédiment existe mais il reste cependant limité par le niveau d'oxygénation de l'hypolimnion.

**Les indices synthétiques :** un indice physico-chimique moyen pour chaque compartiment (un pour la pleine eau et un pour le sédiment) est affiché à côté des indices biologiques



*IP : Indice Planctonique*

*Indice chimie pleine eau = moyenne des indices Nutrition, Production et Dégradation*

*Indice chimie du sédiment = moyenne des indices Relargage, Ptot Séd. et MO Séd.*

Concernant les indices de pleine eau, la chimie des eaux révèle une qualité globale en limite de classes mésotrophe/eutrophe qui traduit des apports modérés en nutriments mais une demande élevée en oxygène pour dégrader la matière organique accumulée. L'indice planctonique basé sur les biovolumes est quant à lui de 41,7 et qualifie le milieu de mésotrophe. Il est en accord avec l'indice production (40,7). Cependant, les groupes algaux présents en fin d'été indiquent un degré de trophie relativement élevé.

L'indice chimie du sédiment (60,6) reflète un compartiment plus altéré, de niveau eutrophe : le stock de matière organique et de phosphore est important. Cette charge interne élevée du plan d'eau peut conduire à altérer la qualité globale du plan d'eau en accentuant la désoxygénation des eaux de l'hypolimnion, favorisant ainsi le processus de relargage.

## Lac de Villefort

Suivi 2011

### Les indices de la diagnose rapide

Valeurs brutes et calcul des indices

#### Les indices physico-chimiques

	Ptot éch intégré hiver (mg/l)	<i>indice Ptot hiver</i>	Ntot éch intégré hiver (mg/l)	<i>indice Ntot hiver</i>	<b>INDICE NUTRITION moyen</b>
2011	0,036	57,8	0,3 < x < 1,3	14,5 < x < 54,9	46,3

	Secchi moyen (m) (3 campagnes estivales)	<i>indice Transparence</i>	Chlorophylle a + Phéopigments (moy 3 camp. estivales en µg/l)	<i>indice Pigments chlorophylliens</i>	<b>INDICE PRODUCTION</b>
2011	5,6	32,3	5,5 < x < 5,9	48,7 < x < 49,7	40,7

	Conso journalière en O <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> /j)	<b>INDICE DEGRADATION</b>
2011	40,0	55,3

entre campagnes C1 et C4

	Perte au feu (% MS)	<i>indice Perte au feu séd = INDICE stockage MO du séd</i>
2011	11,7	56,6

#### Correspondance entre indices de la diagnose rapide et niveau trophique

*Indice*      *Niveau trophique*

0-15      Ultra oligotrophe

15-35      Oligotrophe

35-50      Mésotrophe

50-75      Eutrophe

75-100      Hyper eutrophe



	Ptot séd (mg/kg MS)	<i>indice Ptot séd = INDICE stockage des minéraux du séd</i>
2011	2347	74,4

	Ptot eau interst séd (mg/l)	<i>indice Ptot eau intersticielle</i>	NH <sub>4</sub> eau interst séd (mg/l)	<i>indice NH<sub>4</sub> eau intersticielle</i>	<b>INDICE RELARGAGE</b>
2011	0,31	46,2	8,24	55,4	50,8

#### Les indices biologiques

	<i>Indice planctonique IPL</i>
2011	41,7

IPL : calculé à partir du biovolume

NB : les valeurs obtenues sur eau interstitielle sont à prendre avec précaution étant donné que la technique de prélèvement employée ne permet pas de maintenir l'échantillon dans les conditions physico-chimiques régnant en profondeur, ce qui peut alors biaiser les résultats obtenus.

## Annexe 4 : Potentiel écologique au sens de la DCE

### Classes d'état

	Très bon (TB)
	Bon (B)
	Moyen (MOY)
	Médiocre (MED)
	Mauvais (MAUV)

### Niveau de confiance

3	Elevé
2	Moyen
1	Faible

Le potentiel écologique est défini par agrégation de l'état de chacun des éléments de qualité selon les règles décrites dans l'« Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface ».

Le lac de Villefort a un temps de séjour évalué à 96 jours qui le place en temps de séjour long.

Nom ME	Code	Type	Ensembles agrégés des éléments de qualité		Polluants spécifiques de l'état écologique	Altérations hydromorphologiques non imposées par les CTO**	Potentiel écologique	Niveau de confiance
			Biologiques	Physico-chimiques généraux				
Villefort	FRDL87	MEFM*	B	B	B	Nulles à faibles	B	2/3

\* MEFM : masse d'eau fortement modifiée / \*\* CTO : contraintes techniques obligatoires

Les ensembles agrégés des éléments de qualité biologiques et physico-chimiques généraux sont tous deux classés en bon état.

Concernant les polluants spécifiques de l'état écologique, trois des quatre métaux figurant à la liste des polluants spécifiques ont été quantifiés durant le suivi, sans toutefois dépasser les normes de qualités environnementales (NQE) définies pour ces paramètres. Arsenic et cuivre ont été quantifiés à chacune des campagnes. La quantification du zinc est plus ponctuelle : ce paramètre a été mesuré sur 3 des 4 prélèvements réalisés sur l'année.

Le tableau suivant détaille la classe d'état de chaque paramètre pris en compte dans les éléments de qualité biologiques et physico-chimiques généraux.

Nom ME	Code ME	Type	Paramètres biologiques	Paramètres physico-chimiques généraux			
			Chlo-a	N <sub>min</sub> max	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> max	Ptot. max	Transp.
Villefort	FRDL87	MEFM*	4,0	0,32 < x < 0,36	< 0,005	0,036	5,6

Selon les règles de l'arrêté du 25 janvier 2010, le paramètre biologique pris en compte et les paramètres physico-chimiques généraux sont classés en état bon à très bon hormis la concentration maximale en phosphore dans la zone euphotique qui présente un état moyen. Le lac de Villefort est néanmoins classé en **bon potentiel écologique** selon la règle d'assouplissement du principe du paramètre déclassant, décrite dans l'arrêté.

Le calcul du paramètre chlorophylle *a* est basé sur les résultats obtenus sur les trois campagnes estivales. Le développement phytoplanctonique précoce constaté en première campagne n'est donc pas pris en compte. Le calcul d'une moyenne annuelle sur ce paramètre conduirait à une classe d'état moyenne pour ce paramètre et donc à un classement en potentiel écologique moyen de la masse d'eau. Le classement du plan d'eau en bon potentiel est donc à prendre avec précaution.

**Chlo-a** : concentration moyenne estivale en chlorophylle-a dans la zone euphotique (µg/L).

**N<sub>min</sub> max** : concentration maximale en azote minéral (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> + NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) (mg/L).

**PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> max** : concentration maximale en phosphate dans la zone euphotique (mg P /L).

**Ptot. Max** : concentration maximale en phosphore dans la zone euphotique (mg/L). Pour les lacs dont le temps de séjour moyen annuel est supérieur à 2 mois, Ptot. max est la valeur la plus défavorable entre la moyenne annuelle dans la zone euphotique et la valeur hivernale en période de mélange complet des eaux.

**Transp.** : transparence (m), moyenne estivale

Des paramètres complémentaires peuvent être intégrés au titre de l'expertise du potentiel écologique :

			Paramètres complémentaires
			physico-chimiques généraux
Nom ME	Code ME	Type	Déficit O <sub>2</sub>
Villefort	FRDL87	MEFM*	26,0

Le déficit en oxygène est modéré. La désoxygénation est pourtant importante car elle touche une grande partie de la colonne d'eau (de 11 à 56 m de profondeur) lors du suivi 2011.

**Déficit O<sub>2</sub>** : déficit en oxygène entre la surface et le fond du lac (%). Pour chacune des campagnes C2, C3 et C4, on calcule le déficit :  $D = (O_2(s) - O_2(f)) / O_2(s)$ , avec  $O_2(s)$  la valeur moyenne en oxygène dissous dans les 3-4 premiers mètres et le fond  $O_2(f)$  la valeur moyenne en oxygène dissous dans les 3-4 derniers mètres. La valeur finale est obtenue en faisant la moyenne des 3 déficits calculés.

## Annexe 5 : Etat chimique au sens de la DCE

### Classes d'état chimique

	Bon
	Mauvais

	Etat chimique
Villefort	Bon

Le lac de Villefort est classé en **bon état chimique**.

Parmi les 41 substances de l'état chimique, 2 substances ont été quantifiées (sans toutefois dépasser les NQE).

Il s'agit de deux métaux : le nickel et le plomb, tous deux quantifiés en faibles concentrations. Le nickel a été quantifié à trois reprises à une concentration de 0,4 µg/l. Le plomb n'a été retrouvé que sur l'échantillon du mois de mars (0,5 µg/l).

La liste des 41 substances de l'état chimique ainsi que leur Norme de Qualité Environnementale sont précisées dans l'arrêté du 25 janvier 2010.

### Les micropolluants quantifiés dans l'eau (sur toutes les substances recherchées : molécules DCE et autres molécules analysées)

#### Les pesticides quantifiés :

Une centaine de molécules a été recherchée à chaque campagne sur l'échantillon intégré de la zone euphotique (dont seule une quinzaine figure dans la liste des 41 substances de l'état chimique). Aucun pesticide n'a été quantifié durant le suivi.

#### Les micropolluants quantifiés (hors pesticides) :

En complément des substances déjà citées, seuls 3 autres paramètres ont été quantifiés. Il s'agit de trois métaux :

- Aluminium, baryum, et fer. Seul le baryum a été systématiquement quantifié.

### Les micropolluants quantifiés dans les sédiments :

Sur les 170 substances recherchées sur sédiments, 39 ont été quantifiées. Il s'agit principalement de métaux (24 substances) et de HAP (12 substances). Trois autres paramètres ont aussi été quantifiés :

- Un plastifiant, le DEHP, quantifié à une faible concentration (136 µg/kg de Matière Sèche – MS) ;

- Un diphényléther bromé (BDE 209) à une concentration de 105 µg/kg MS ;
- Un PCB en faible concentration (1 µg/kg MS pour le PCB 193).

En ce qui concerne les métaux, plusieurs paramètres affichent des concentrations supérieures aux moyennes rencontrées sur les plans d'eau suivis dans le cadre du programme de surveillance sur la période 2007-2011. **Certaines de ces valeurs sont mêmes parmi les plus fortes valeurs mesurées sur la période. C'est le cas du zinc (530 mg/kg MS), du cadmium (2,3 mg/kg MS), de l'arsenic (126 mg/kg MS) et du plomb (110,5 mg/kg MS).**

Une origine géologique pourrait expliquer des fortes concentrations observées, des mines de zinc et de plomb étant anciennement exploitées dans la région.

Concernant les HAP, les concentrations mesurées restent modérées, comprises entre 20 µg/kg MS (benzo(ghi)pérylène) et 197 µg/kg MS pour le fluoranthène.



## **Annexe 6 : Eléments complémentaires d'interprétation**

---

### ***Spécificités du plan d'eau et de l'année de suivi***

Le lac de Villefort est un plan d'eau artificiel situé dans le département de la Lozère (48), sur les communes de Pourcharesses et de Villefort à une altitude de 610 m NGF. Il appartient à la zone d'adhésion du Parc National des Cévennes. Ce barrage a été construit sur l'Altier au début des années 1960. La production d'énergie électrique est la principale vocation de cet ouvrage, propriété d'EDF. Il est également alimenté de manière artificielle par une conduite amenant les eaux du barrage du Rachas sur le Chassezac. Le maintien à niveau constant des eaux en été permet également le développement d'infrastructures de tourisme et des loisirs nautiques. Le plan d'eau s'étend sur 127 ha et retient au maximum 27,7 millions de m<sup>3</sup> d'eau. La profondeur maximale mesurée en 2011 est de 59,5 m.

Le climat de ce secteur est caractérisé par une influence méditerranéenne sensible avec des étés relativement chauds et secs. Cependant, des épisodes cévenols de forte pluie peuvent se produire du printemps à l'automne mais ils demeurent plus fréquents en septembre et octobre.

La grande majorité du pourtour du plan d'eau est composée d'une forêt de feuillus. Deux secteurs, en plus de l'ouvrage lui-même, présentent une urbanisation marquée : le camping de Morangiès et le lieu-dit de Castanet.

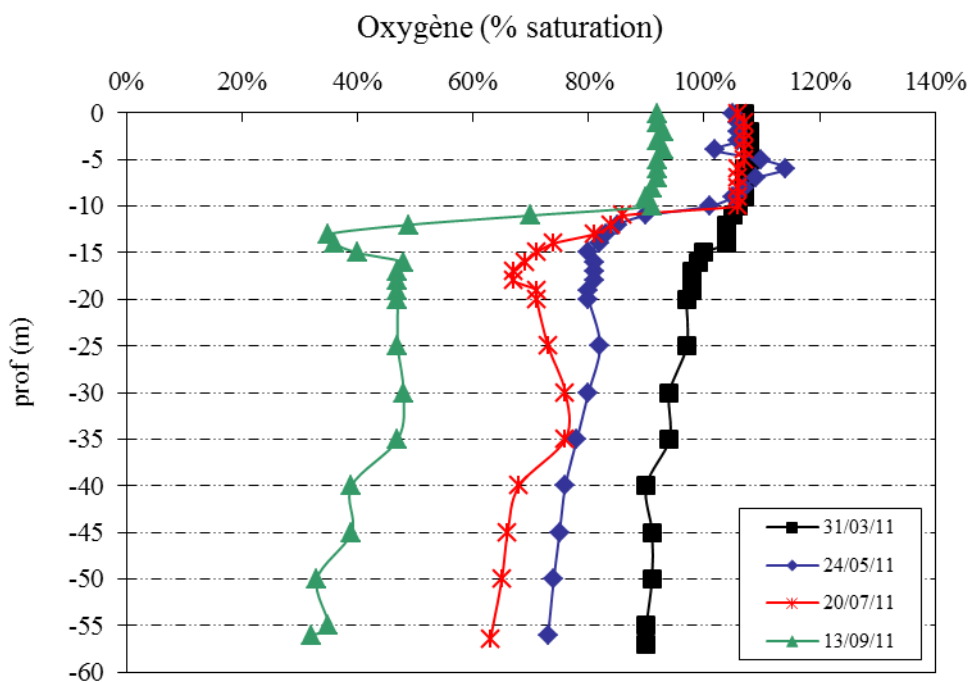
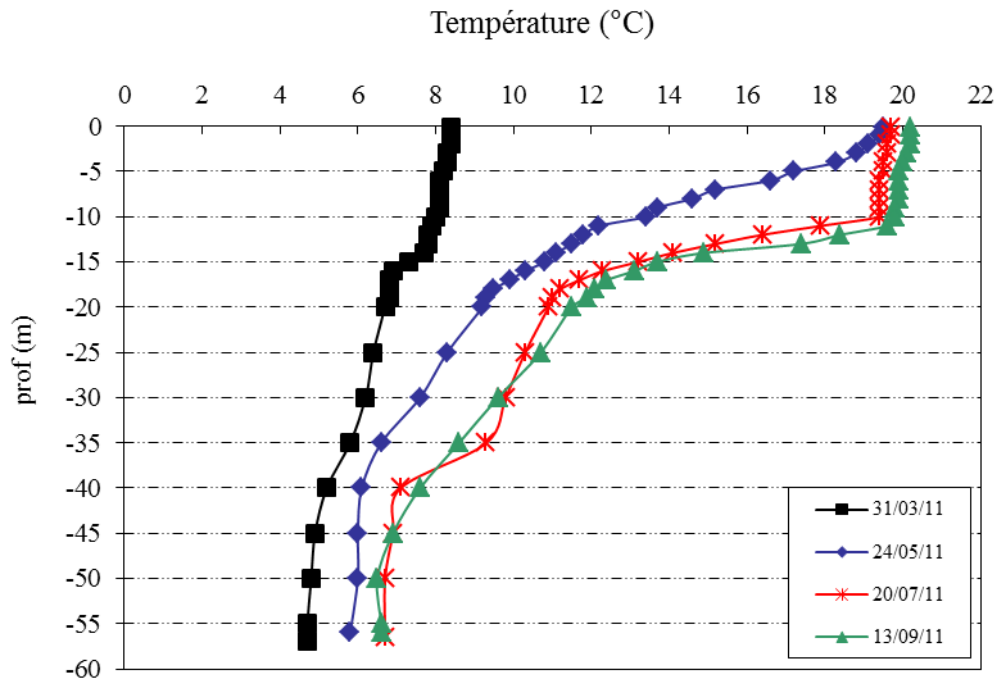
La partie Est des Cévennes a connu un hiver 2010-2011 frais avec un cumul de précipitations supérieur aux normales. Alors que le printemps s'est révélé exceptionnellement chaud et sec sur une grande partie du pays, les conditions météorologiques dans les Cévennes ont été plus fraîches et arrosées. Les températures et les précipitations estivales ont été conformes aux moyennes saisonnières. Enfin, l'automne a été marqué par des températures élevées et une pluviométrie importante.

Les périodes d'intervention des différentes campagnes de prélèvements menées en 2011 ne correspondent pas totalement aux préconisations de la méthodologie. La 1<sup>ère</sup> campagne a eu lieu après démarrage de l'activité biologique.

La suite du document expose des compléments d'informations concernant les profils de températures et d'oxygène et le peuplement phytoplanctonique.

### Profils de température et d'oxygène :

Des profils verticaux ont été réalisés lors des quatre campagnes. Les profils de température (°C) et de saturation en oxygène dissous (%) sont fournis sur les graphiques suivants :



Lors de la 1<sup>ère</sup> campagne, un gradient thermique de faible amplitude est établi entre la surface et le fond : 8,4°C en surface et 4,7°C au fond. Concernant l'oxygène dissous, le lac n'est pas stratifié mais une activité photosynthétique non négligeable est décelable sur les 15 premiers mètres (100 à 108% de saturation).

Au printemps, les eaux de surface se réchauffent significativement jusqu'à près de 20°C. La couche profonde demeure relativement froide à 6°C. La thermocline n'est pas encore bien établie : il s'agit davantage d'un gradient de température surface/fond dont l'amplitude a considérablement augmenté (14°C).

Lors de la campagne estivale, la stratification thermique est installée : la thermocline est établie entre 10 et 40 m de profondeur. La couche de surface présente une température proche de 20°C alors que

les eaux du fond sont à 7°C. Un saut thermique est visible entre 35 et 40 m de profondeur (différentiel de 2°C).

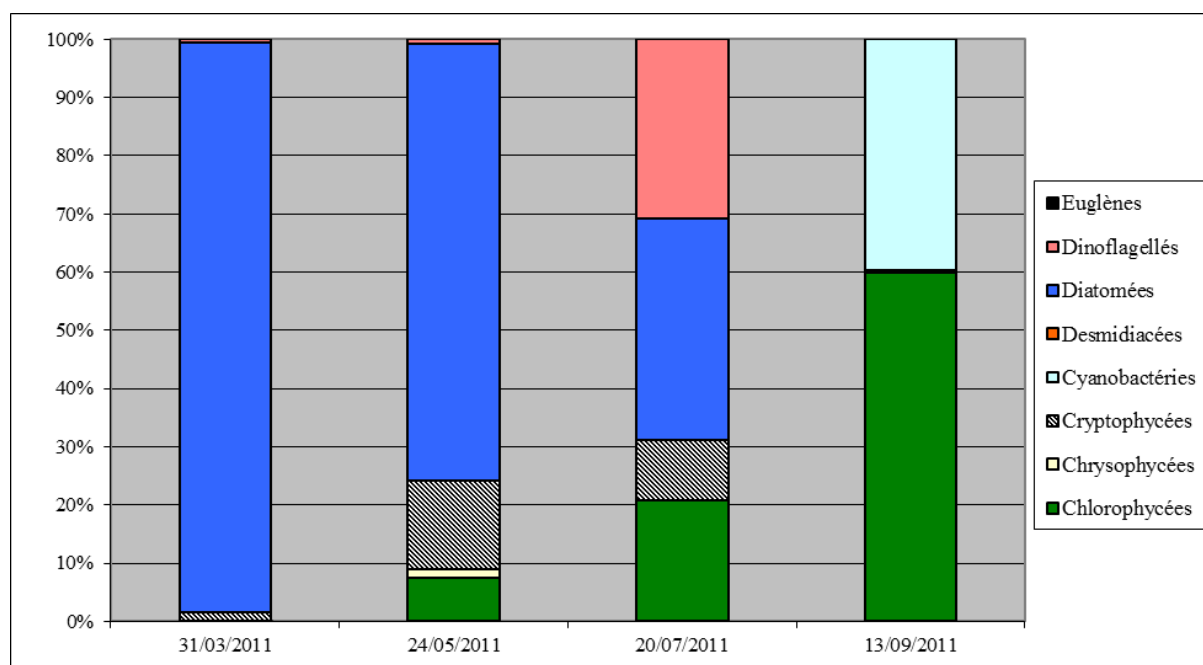
Enfin, en campagne 4, la limite inférieure de la thermocline s'enfoncé quelque peu. Elle est désormais établie entre 11 et 45 m. Hormis le saut thermique constatée en campagne 3, le profil reste quasiment identique en campagne 4.

Concernant l'oxygénation de la masse d'eau, durant la période estivale, la concentration en oxygène dissous reste élevée (supérieure à 100% de saturation) jusqu'à 10 m de profondeur en lien avec l'activité photosynthétique mais elle diminue progressivement dans les couches profondes avec les processus de dégradation de la matière organique : 73% de saturation au fond en campagne 2, 63% en campagne 3 et enfin 32% en campagne 4. L'épilimnion est légèrement désoxygéné en campagne 4 (92% de saturation) en raison de la diminution de l'activité photosynthétique.

Les profils physico-chimiques semblent perturbés entre 15 et 40 m de profondeur en lien hypothétiquement avec des arrivées d'eau (conduite depuis le barrage du Rachas sur le Chassezac).

### Le peuplement phytoplanctonique :

Les échantillons destinés à la détermination du phytoplancton sont constitués d'un prélèvement intégré sur la zone euphotique (équivalent à 2.5 fois la transparence lors de la campagne). Le graphique suivant présente la répartition du phytoplancton par groupe algal (relatif à la diagnose rapide) à partir des résultats exprimés en biovolumes ( $\text{mm}^3/\text{l}$ ) lors des quatre campagnes.



**Répartition du phytoplancton sur le lac de Villefort à partir des biovolumes ( $\text{mm}^3/\text{ml}$ )**

Le tableau ci-dessous donne les abondances phytoplanctoniques à chaque campagne en nombre de cellules par millilitre.

Villefort	31/03/2011	24/05/2011	20/07/2011	13/09/2011
<b>Total (nombre cellules/ml)</b>	<b>16289</b>	<b>3218</b>	<b>4654</b>	<b>2274</b>

Globalement, le peuplement phytoplanctonique présente une abondance faible à moyenne. La production biologique est maximale lors de la 1<sup>ère</sup> campagne avec 16289 cellules/ml. Le phytoplancton est ensuite moins abondant lors des campagnes suivantes (2274 à 4654 cellules/ml). La diversité taxonomique est faible avec seulement 9 taxons représentés lors de la 1<sup>ère</sup> campagne puis entre 13 et 18 taxons durant la période estivale.

En fin d'hiver et au printemps, le peuplement phytoplanctonique est très largement dominé par les diatomées, et notamment les taxons *Cyclotella sp.* puis *Fragilaria crotonensis*. Ainsi, les diatomées représentent plus de 90% de l'abondance totale et près de 80% du biovolume total en campagnes 1 et 2.

En période estivale, les chlorophycées colonisent le milieu jusqu'à constituer près de 60% du peuplement phytoplanctonique. On trouve notamment les espèces *Coenochloris hindakii* en campagne 3 et *Chlorella vulgaris* en campagne 4. Les cyanobactéries se développent également en fin d'été (40% du peuplement) avec notamment l'espèce *Aphanizomenon flos-aquae*.

Le peuplement phytoplanctonique est relativement déséquilibré : les diatomées sont hyper-dominantes au printemps puis les chlorophycées et les cyanobactéries qui traduisent un degré de trophie plus élevé colonisent peu à peu le milieu en période estivale. Les autres groupes algaux sont faiblement représentés (seuls les dinoflagellés sont bien représentés en biovolume en campagne 3 en raison de leur grande taille). L'indice phytoplanctonique (IPL) reste tout de même modéré (41,7), qualifiant le milieu de mésotrophe. L'indice calculé à partir de l'abondance cellulaire est presque identique et confirme ainsi ce constat (40,7).