

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

Chaudanne

(04 : Alpes de Haute Provence)

Campagnes 2009

VI - Octobre 2011



Méthodologie

Contenu des suivis

Le tableau suivant résume les différents éléments suivis par an 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 ²⁺ , Na ⁺ , Mg ²⁺ , K ⁺ , dureté, TA, TAC, SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , HCO ₃ ⁻	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 terme 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 terme 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 : **Chaudanne**

Code lac : **X2205043**

Masse d'eau : **FRDL91**

Département : **04 (Alpes de Haute Provence)**

Région : **Provence Alpes Côte d'Azur**

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

Typologie : **A3 = retenue de moyenne montagne, calcaire, profonde**

Altitude (NGF) : **792**

Superficie (ha) : **68**

Volume (hm³) : **16,0**

Profondeur maximum (m) : **68,7**

Temps de séjour (j) : **13**

Tributaire(s) : **le Verdon**

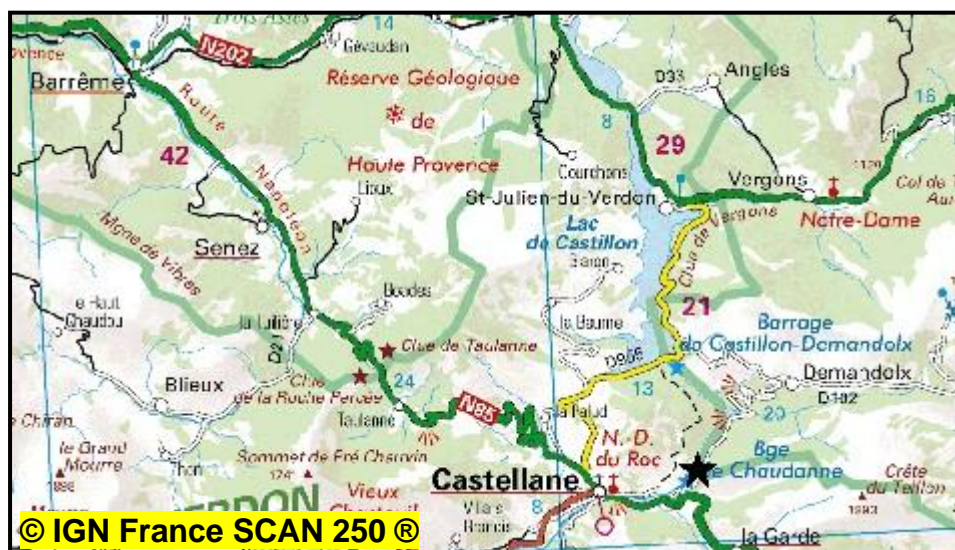
Exutoire(s) : **le Verdon**

Réseau de suivi DCE : **Contrôle Opérationnel (Cf. Annexe 1)**

Période/Année de suivi : **2009**

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 plan d'eau au 1/200 000 (source : scan 250 © IGN)

Résultats - Interprétation

La retenue de Chaudanne est située dans le département des Alpes de Haute Provence, en limite Est du Parc Naturel Régional du Verdon. Le plan d'eau se situe immédiatement à l'aval du barrage de Castillon sur le Verdon. Le barrage de Chaudanne mesure près de 74 m de haut et est dédié à la production d'électricité.

Le temps de séjour théorique de la retenue est très court : 13 jours environ. La cote du plan d'eau varie de façon journalière et saisonnière en fonction des besoins énergétiques.

Les campagnes de prélèvements de fin d'hiver, de printemps et d'été réalisées en 2009 correspondent aux préconisations de la méthodologie, la dernière campagne fait suite à un refroidissement précoce des eaux.

Du fait du temps de renouvellement très court des eaux, on se trouve en limite d'applicabilité de la méthodologie.

Diagnose rapide

Sur la base des résultats acquis en 2009, la retenue de Chaudanne est en **classe oligotrophe**. Les indices témoignent d'un milieu dans lequel les flux de matière sont équilibrés et restent limités.

Les compartiments eau et sédiments affichent globalement un milieu de bonne qualité physico-chimique et biologique, reflet du bon fonctionnement de la retenue de Chaudanne.

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

Etat écologique et chimique au sens de la DCE

L'évaluation DCE rejoint le constat de la diagnose rapide puisqu'elle classe la retenue de Chaudanne en **bon potentiel écologique** sur la base des résultats obtenus en 2009 (Cf annexe 4).

Elle est également classée en **bon état chimique** puisque aucune des substances prises en compte pour évaluer l'état chimique ne dépasse les normes de qualité environnementales.

Concernant l'hydromorphologie, la retenue de Chaudanne est située à l'entrée des gorges du Verdon. Les pentes raides sont recouvertes par des habitats naturels : maquis, forêts de feuillus et conifères, rochers, éboulis. La grève et les berges sont peu modifiées mais sujettes à l'érosion. L'altération du milieu est assez modérée. Les berges et grèves du lac sont naturelles, mais peu variées. Les berges abruptes réduisent les potentialités d'habitats en zone littorale, interdisant le développement de végétation aquatique notamment.

Concernant les macrophytes, aucun herbier aquatique n'a été observé lors de la prospection du 4 août 2009. Le marnage conséquent et très fréquent (>25 m), la pente abrupte des berges (érosion) et l'absence de dépôts de sédiments fins en zone littorale empêchent la colonisation des végétaux sur ce plan d'eau.

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

Suivi piscicole

Le suivi piscicole de la retenue de Chaudanne par l'ONEMA, dans le cadre de la DCE, est programmé pour 2012.

Annexes

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, deux 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 50ha 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 50ha, afin de couvrir au mieux les différents types présents sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse (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 50ha, à risque de non atteinte du bon état (ou du bon potentiel) des eaux en 2015.

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

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).

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 chlorophylliens¹

$I_C = 16 + 41,89 \times \log_{10}(X+0,5)$ 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 intégré².

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

Indice Consommation journalière en O₂ 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/m³/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**.

¹ 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.

² 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. Pour les quelques plans d'eau de référence où six campagnes ont été effectuées, les indices Pigments chlorophylliens et Transparence ont été calculés sur les résultats obtenus lors des cinq campagnes suivant la campagne de fin d'hiver.

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 (Q_i) 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 (A_j).

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

Avec les valeurs suivantes pour Q_i et A_j :

Groupes algaux	Q_i
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	A_j
0 à \leq 10	0
10 à \leq 30	1
30 à \leq 50	2
50 à \leq 70	3
70 à \leq 90	4
90 à \leq 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 m².

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 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	Léman (1963)
	- Gastéropodes absents, Bivalves seuls présents	7	Bourget (1940), Longemer (1977), Grand Maclu (1983), Chalain (1984),
Absence de mollusques en Z_1			
$Z_2 = -10 \text{ m}$ (20 m) ⁽²⁾	- Deux genres ou plus de deux genres de Gastéropodes présents	6	Lac Léman (1987), Saint-Point (1978) Grand Clairvaux (1982), Laffrey (1989).
	- Un seul genre de Gastéropode présent	5	Le Bourget (1988), Rémoray (1978 et 1989), Les Rousses (1980).
	- Gastéropodes absents, pisiidies présentes ⁽¹⁾	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) ⁽²⁾	- 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, pisiidies présentes ⁽¹⁾	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 ¹					
	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

¹ 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
Nutriments					
N minéral maximal (NO ₃ + NH ₄)(mg N/l)	0,2	0,4	1	2	
PO ₄ 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	
Transparence					
Transparence moyenne estivale (m)	5	3,5	2	0,8	
Bilan de l'oxygène					
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	*	*	
Salinité	*				
Acidification	*				
Température	*				

* : pas de valeurs établies à ce stade des connaissances

N minéral maximal (NH₄ + NO₃) : 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 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.

PO₄ 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 limite 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'avérera non pertinent et ne sera alors pas pris en compte dans l'évaluation de l'état).

Les règles d'assouplissements décrites dans 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

Polluants spécifiques non synthétiques (analysés sur eau filtrée)	
Substances	NQE_MA ($\mu\text{g/l}$)
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 CaCO ₃ /l)
	Fond géochimique + 7,8 (si dureté > 24 mg CaCO ₃ /l)
Polluants spécifiques synthétiques (analysés sur eau brute)	
Substances	NQE_MA ($\mu\text{g/l}$)
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) :

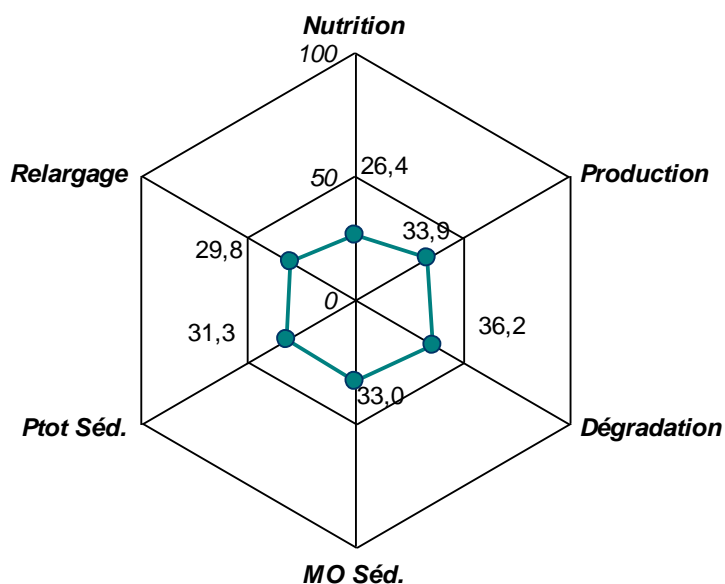
La liste des 41 substances prises en compte dans l'état chimique figure dans l'annexe 8 de l'arrêté du 25 janvier 2010, avec les NQE à respecter en valeur moyenne et en concentration maximale admissible.

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 de la retenue de Chaudanne Suivi 2009

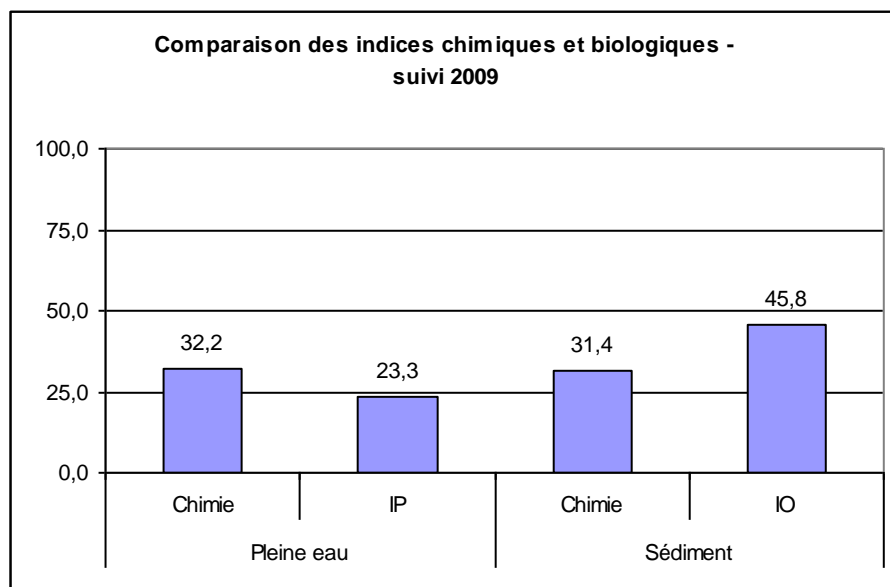


L'ensemble des indices se situe dans la fourchette 26-36 indiquant un lac de type oligotrophe.

Le tracé est régulier et de faible ampleur, témoignant d'un milieu dans lequel les flux sont équilibrés et restent limités. Les apports en nutriments sont faibles, limitant de ce fait la production primaire.

La faible quantité de matière organique générée par la production primaire induit peu de consommation en oxygène dans l'hypolimnion et une faible charge organique dans les sédiments.

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

IO : Indice Oligochètes

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, l'Indice Planctonique affiche un niveau oligotrophe, de même que l'indice physico-chimique moyen. Le peuplement algal est dominé par les Diatomées, les Chrysophycées et les Dinophycées. Les indices physicochimiques indiquent des flux de matières réduits dans le milieu aquatique.

L'indice physico-chimique moyen du sédiment affiche un niveau oligotrophe alors que l'Indice Oligochètes le place en niveau mésotrophe. Les sédiments, pauvres en matières organiques (4,2 % de la matière sèche), sont peu favorables au développement des oligochètes. Le peuplement comporte néanmoins deux espèces sensibles aux pollutions. L'IO est moyen dans le contexte oligotrophe de ce lac.

L'ensemble des indices témoigne d'un bon fonctionnement du plan d'eau dans tous les compartiments.

Retenue de Chaudanne

Suivi 2009

Les indices de la diagnose rapide

Valeurs brutes et calcul des indices

Les indices physico-chimiques

	Ptot ech intégré hiver (mg/l)	indice Ptot hiver	Ntot ech intégré hiver (mg/l)	indice Ntot hiver	INDICE NUTRITION
2009	<0,005	<23,9	0,2<x<1,2	5<x<53	26,4

	Secchi moy (m) (3 campagnes estivales)	indice Transparence	Chloro a + Phéop. (µg/l) (moy 3 camp. estivales)	indice Pigments chlorophylliens	INDICE PRODUCTION
2009	4,6	38,0	1,2<x<2,2	26<x<34	33,9

	Conso journalière en O2 (mg/m ³ /j)	INDICE DEGRADATION
2009	14,6	36,2

entre campagnes C1 et C3

	perte au feu (% MS)	indice Perte au feu séd = INDICE stockage MO du séd
2009	4,2	33,0

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)	indice Ptot séd = INDICE stockage des minéraux du séd
2009	386	31,3

	Ptot eau interst séd (mg/l)	indice Ptot eau interst	NH4 eau interst séd (mg/l)	indice NH4 eau interst	INDICE RELARGAGE
2009	0,31	46,2	<0,50	13,3	29,8

Les indices biologiques

	Indice planctonique IPL	Oligochètes IOBL global	Indice Oligochètes IO
2009	23,3	9,9 : PM* moyen	45,8

* : Potentiel Métabolique

IPL : calculé à partir du biovolume

NB : les valeurs obtenues sur eau interstitielle sont à prendre avec précaution car la technique de prélèvement employée ne permet pas de maintenir l'échantillon dans les conditions physico-chimiques régnant en profondeur. Les résultats obtenus peuvent alors être biaisés.

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 ».

La retenue de Chaudanne ayant un temps de séjour de 13 jours, donc "court", les paramètres physico-chimiques généraux (N min max, PO₄³⁻ max et Ptot max) sont calculés à partir des maxima observés sur les campagnes C2, C3 et C4.

Nom	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				
Chaudanne	FRDL91	ANT*	TB	B	B	Nulles à faibles	B	2/3

* ANT : masse d'eau anthropique / ** CTO : contraintes techniques obligatoires.

Les ensembles agrégés des éléments de qualités biologiques et physico-chimiques généraux sont respectivement classés en très bon état et en bon état.

Concernant les polluants spécifiques de l'état écologique, seuls le cuivre et le zinc ont été quantifiés lors du suivi annuel. Pour le cuivre, la moyenne annuelle dépasse la NQE de ce paramètre. Cependant, les analyses ayant été réalisées sur eau brute, ce résultat n'a pas été pris en compte pour l'évaluation de la classe d'état des polluants spécifiques de l'état écologique, les normes de qualité environnementales étant définies sur eau filtrée.

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	Nmin max	PO43- max	Ptot. Max	Transp.
Chaudanne	FRDL91	ANT*	<1,0	0<x<0,26	0,020	0,026	4,6

Le paramètre biologique (chlorophylle-a) est classé en très bon état. Pour les paramètres physicochimiques, tous indiquent un état bon. La retenue peut donc être classée en **bon potentiel écologique**.

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

Nmin max : concentration maximale en azote minéral (NO₃⁻ + NH₄⁺) (mg/l).

PO₄³⁻ max : concentration maximale en phosphate dans la zone euphotique (mg P /l).

Ptot. Max : concentration maximale en phosphore dans la zone euphotique (mg/l).

Transp. : transparence (m), moyenne estivale

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

Nom ME	Code ME	Type	Paramètres complémentaires
			physico-chimiques généraux
Chaudanne	FRDL91	ANT*	Déficit O2
			2,1

Le résultat obtenu pour l'élément bilan d'oxygène conforte le bon potentiel observé puisqu'il indique un déficit d'O₂ quasi-inexistant dans le fond du lac.

Déficit O₂ : 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
Chaudanne	Bon

La retenue de Chaudanne est classée en **bon état chimique**.

Parmi les 41 substances de l'état chimique, cinq substances ont été quantifiées :

- Trois métaux : le nickel (quantifié systématiquement), le cadmium et le plomb (quantifiés qu'à une seule reprise). La valeur mesurée en cadmium (2.2 µg/l) dépasse la NQE définie pour ce paramètre. Cependant, l'analyse ayant été réalisée sur eau brute, ce résultat n'a pas été pris en compte pour l'évaluation de l'état chimique de la masse d'eau, les normes de qualité environnementales étant définies sur eau filtrée ;
- Un HAP : la naphthalène, ponctuellement quantifié en faible concentration ;
- Un phtalate, utilisé pour assouplir les matières plastiques : le DEHP. Il a été quantifié quatre fois sur les campagnes de juin et septembre. Ces valeurs ont été qualifiées d'incorrectes lors de la validation annuelle des résultats, une contamination lors de la chaîne de prélèvement étant avérée ;

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 ont été recherchées à chaque campagne sur l'échantillon intégré de la zone euphotique et sur l'échantillon de fond (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 quantifiées déjà citées (substances de l'état chimique et polluants spécifiques de l'état écologique), 16 autres paramètres ont été quantifiés :

- Dix métaux : aluminium, baryum, bore, fer, titane (tous systématiquement quantifiés à chaque campagne), étain, manganèse, molybdène, sélénium et uranium ;
- Cinq dérivés du benzène (BTEX) : le toluène a été quantifié systématiquement sur les 8 échantillons prélevés en 2009 (de 0.3 à 0.7 µg/l). Les autres substances ont été quantifiées plus ponctuellement (éthylbenzène, différentes formes du xylène). Ces valeurs ont été qualifiées de douteuses lors de la validation annuelle des résultats, une contamination via la chaîne de prélèvement (moteur thermique) étant privilégiée ;
- Un organoétain : le monoocylétain, quantifié trois fois sur l'année de 0.02 à 0.03 µg/l.

Les micropolluants quantifiés dans les sédiments :

Sur les 188 substances recherchées sur le sédiment, 36 ont été quantifiées. Il s'agit principalement de métaux (22 substances) et de HAP (13 substances).

Certaines concentrations mesurées en métaux (chrome, nickel) sont non négligeables mais restent bien en deçà des plus fortes valeurs mesurées sur le bassin. De nombreux HAP ont été quantifiés mais les concentrations restent relativement modérées. Parmi les HAP, on peut noter la quantification du naphthalène (66 µg/kg de Matière Sèche - MS) et du méthyl-2-naphthalène (80 µg/kg MS), substances rarement quantifiées sur les plans d'eau suivis sur le bassin.

Le naphthalène est utilisé comme intermédiaire pour la fabrication de phtalates, plastifiants. Il est également utilisé dans l'industrie des colorants, comme composant des produits de traitement du bois (creosote) et antimite domestique.

Annexe 6 : Eléments complémentaires d'interprétation

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

La retenue de Chaudanne est située dans le département des Alpes de Haute Provence, en limite Est du Parc Naturel Régional du Verdon. Le plan d'eau se situe immédiatement à l'aval du barrage de Castillon sur le Verdon, il forme le bassin de compensation de ce dernier. Le barrage de Chaudanne, dont la construction s'est achevée en 1953, mesure près de 74 m de haut et est dédié à la production d'électricité.

Le plan d'eau formé est de taille relativement petite avec 68 ha pour un volume de 16 millions de m³ en CNE³. La profondeur maximale mesurée en 2009 est de 37 m, ce qui suggère une forte sédimentation dans la retenue, estimée à plus de 25 m.

Orienté Nord/Sud, le lac s'étend sur 3 km de long et reçoit les eaux *du Verdon*. Il est encastré dans des gorges. Son temps de séjour théorique est très court, 13 jours environ. Le régime hydrologique du Verdon est de type nivo-pluvial avec deux pics de débit bien marqués : un au printemps, lié à la fonte des neiges et le second en automne, lié aux précipitations.

La cote du plan d'eau varie de façon saisonnière entre 776 et 791 m NGF (soit un marnage de 15 m max), en fonction des besoins énergétiques. Les turbinées maximales se font généralement en hiver et au début du printemps, période correspondant à la plus forte demande énergétique : le temps de séjour réel est donc plus complexe à définir. Au printemps, le volume entrant élevé, associé à un volume réduit dans la retenue implique un renouvellement des eaux important et ce jusqu'en juin. En été, au contraire, les apports des cours d'eau sont réduits et la retenue ayant atteint son volume maximal, le renouvellement y est plus faible de juillet à septembre. A noter également, les variations journalières de cote d'eau (supérieures à 1 m) liées à l'exploitation hydroélectrique en "chaîne", et à la régulation des débits dans les gorges pour les activités nautiques (lâchers pour le rafting/canoë).

La retenue de Chaudanne se trouve sur les communes de Demandolx et Castellane. Le plan d'eau est géré par EDF. Aucune activité n'y est pratiquée mise à part la pêche.

En 2009, les conditions météorologiques ont été pluvieuses et neigeuses sur le haut Verdon durant l'hiver, en particulier fin janvier- début février. Le remplissage de la retenue était presque total lors de la 1^{ère} campagne. Les conditions météorologiques pluvieuses ont perduré jusqu'à la 2^{ème} campagne. L'été a été assez sec.

Les périodes d'interventions des trois premières campagnes réalisées en 2009 correspondent aux objectifs fixés par la méthodologie. La dernière campagne a été affectée par un refroidissement sur la deuxième quinzaine de septembre, voire un brassage lié aux turbinées depuis Castillon.

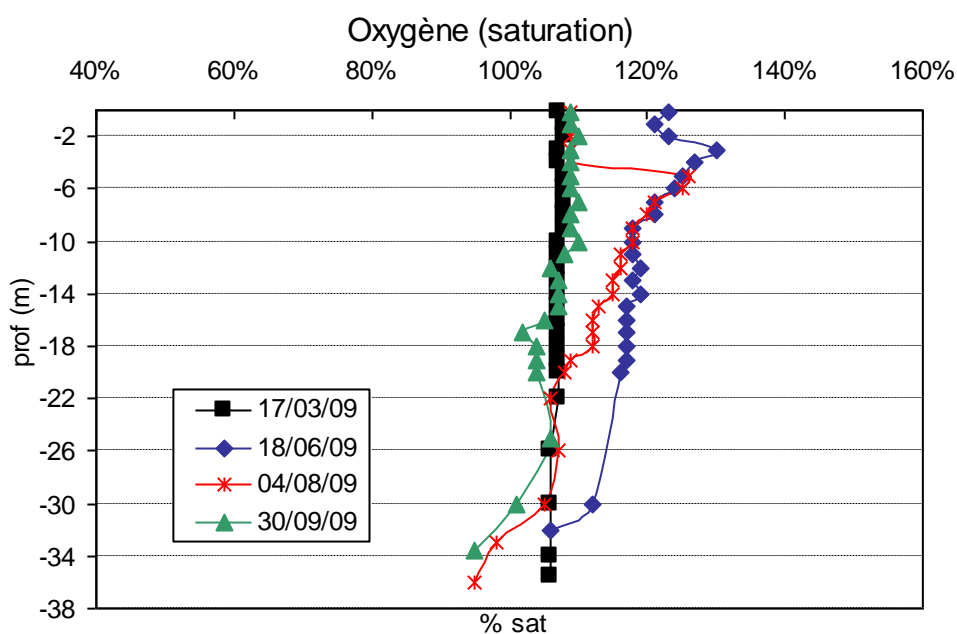
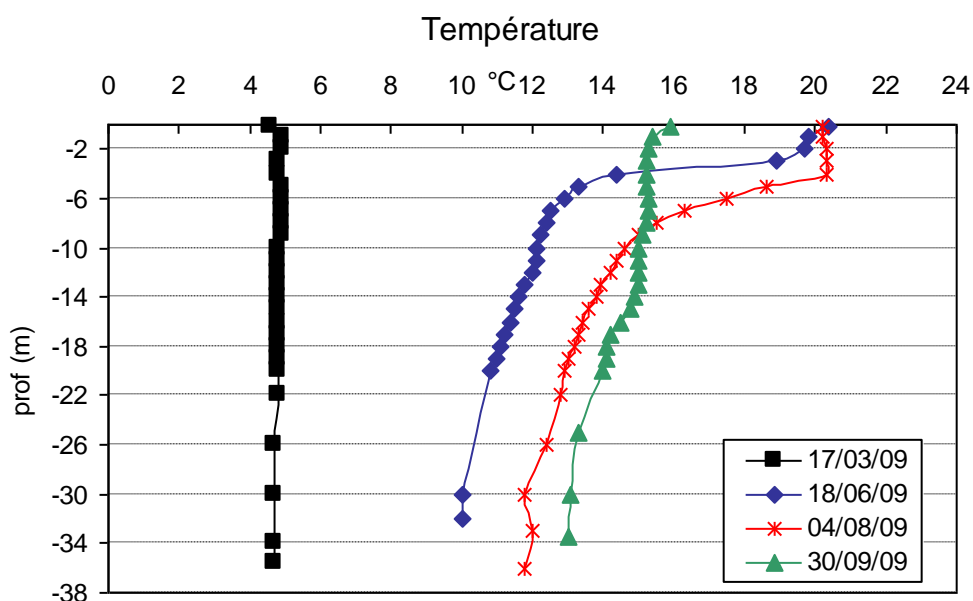
La suite du document expose des compléments d'informations concernant les profils de températures et d'oxygène et le peuplement phytoplanctonique.

Le suivi a également porté sur le peuplement macrophytique (application du protocole Cemagref) et l'hydromorphologie du plan d'eau (à partir du Lake Habitat Survey). La synthèse des données acquises est fournie dans la suite de ce document. A noter que les indices DCE pour le suivi de ces deux compartiments sont en cours de construction.

³ CNE : cote normale d'exploitation

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 :

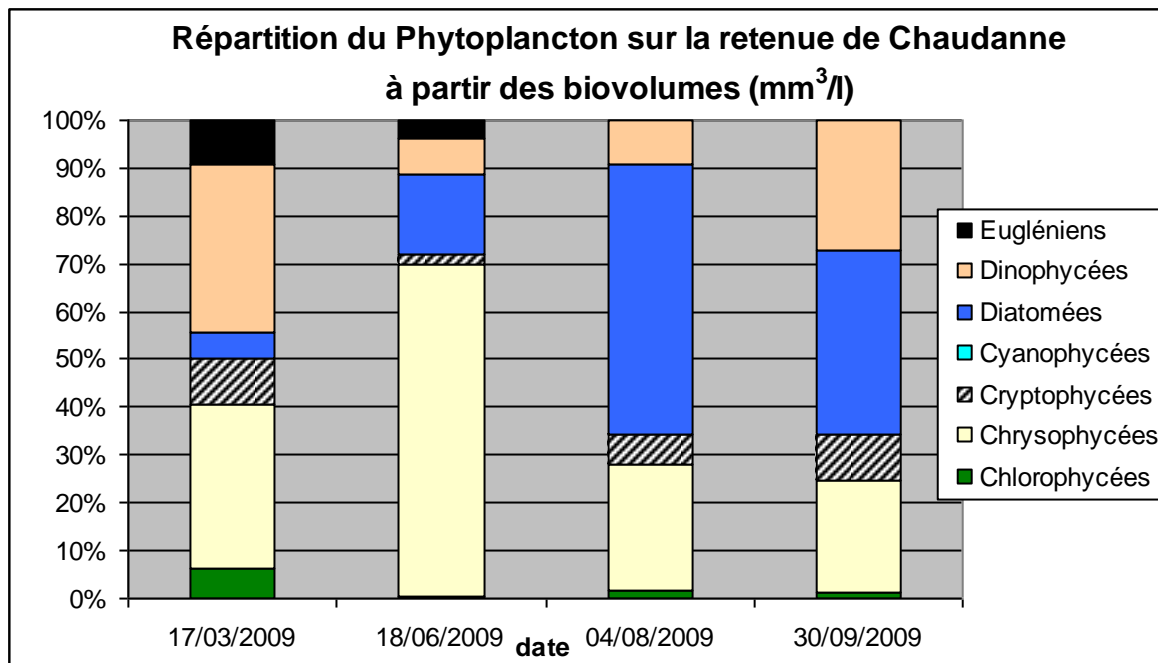


La stratification thermique est marquée sur la retenue de Chaudanne à partir de la 2^{ème} campagne. On observe alors un réchauffement des 3-4 premiers mètres qui se stabilise à 20°C sur les campagnes 2 et 3. La thermocline s'établit à faible profondeur entre 4 et 12 m. Lors de la campagne 4, le lac est déstratifié avec un léger gradient de température sur la colonne d'eau entre 14 et 16°C.

L'oxygénation est complète sur toute la colonne d'eau durant les 4 campagnes. Sur les campagnes 2 et 3, on observe un pic d'oxygène autour de 3-4 m correspondant à l'activité biologique ayant cours à cette profondeur.

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) en biovolume (mm^3/l) lors des quatre campagnes.



A titre indicatif, le tableau suivant présente l'abondance du phytoplancton pour chaque campagne en cellules/ml.

Retenue de Chaudanne	17/03/2009	18/06/2009	04/08/2009	30/09/2009
Total (nb cellules/ml)	741	923	535	455

Le peuplement phytoplanctonique sur la retenue de Chaudanne est très peu abondant. Le biovolume est compris entre 0,1 et 0,3 mm^3/l .

En fin d'hiver, le biovolume algal est relativement équilibré entre Chrysophycées (*Ochromonas sp.*) et les peu nombreuses mais imposantes Dinophycées (*Gymnodinium lantzchii*). En campagne 2, les Chrysophycées dominent en occupant 70% du volume algal avec l'espèce *Dinobryon sociale* indicatrice de milieu oligo-mésotrophe. Les Diatomées se développent, en particulier *Cyclotella costei*, et dominent le peuplement en 3^{ème} campagne. Lors de la campagne 4, le peuplement se répartit de façon équilibrée entre Chrysophycées, Diatomées et Dinophycées.

Globalement, la production algale indique un milieu oligotrophe (Indice Phytoplanctonique IPL : 23,3).

Les Macrophytes :

Aucun herbier aquatique n'a été observé lors de la prospection du 4 août 2009.

Le marnage conséquent et très fréquent, la pente abrupte des berges (érosion) et l'absence de dépôts de sédiments fins en zone littorale empêchent la colonisation des végétaux sur ce plan d'eau.

L'Hydromorphologie :

La méthode utilisée est le *Lake Habitat Survey* (LHS). Elle aboutit au calcul de deux indices :

- ✓ LHMS : évaluation de l'altération du milieu (plus la note de l'indice est élevée, plus le milieu présente des signes d'altérations : altération des conditions hydromorphologiques du plans d'eau, altérations liées aux usages du plan d'eau, développement d'espèces invasives) ;
- ✓ LHQA : évaluation de la qualité des habitats du lac (plus la note de l'indice est élevée, plus le plan d'eau présente des caractéristiques naturelles et une diversité d'habitats).

La retenue de Chaudanne est située à l'entrée des gorges du Verdon. Les pentes sont relativement raides, surtout sur la berge Ouest, et sont recouvertes en totalité par des habitats naturels : maquis, forêts de feuillus et conifères, rochers, éboulis. La grève et les berges sont peu modifiées et ne sont utilisées qu'en partie par une route départementale, qui borde le lac à l'Est. Par contre le milieu subit une pression importante en lien avec son usage hydraulique (barrage, prise d'eau). La note du LHMS indique une altération modérée du milieu (24/42).

Les berges et grèves du lac sont naturelles, mais peu variées. Les berges abruptes (profondeur à 10 m comprises entre 3 et 13 m) réduisent les potentialités d'habitats en zone littorale, interdisant le développement de végétation aquatique notamment. La note du LHQA (65/112) indique une qualité moyenne des habitats du lac.

Le barrage de Chaudanne constitue un infranchissable pour la faune aquatique. Il correspond à une rupture du continuum écologique du Verdon.

LHMS		LHQA	
Score LHMS	24 /42	Score LHQA	65 /112
Modification de la grève	0 /8	Berges	13 /20
Usage intensif de la grève	4 /8	Plage/grève	16 /24
Pressions sur le lac	6 /8	Zone littorale	14 /32
Hydrologie (ouvrage)	8 /8	Lac	22 /36
Transport solide	6 /6		
Espèces exotiques	0 /4		