

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

Puyvalador

(66 : Pyrénées-Orientales)

Campagnes 2013

VI – Janvier 2015



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	Intégré	X	X	X	X
			Ponctuel de fond	X	X	X	X
	Substances prioritaires, autres substances et pesticides	Micropolluants sur eau*	Intégré	X	X	X	X
			Ponctuel de fond	X	X	X	X
	Pigments chlorophylliens	Chlorophylle a + phéopigments	Intégré	X	X	X	X
Ponctuel de fond							
Minéralisation	Ca ²⁺ , Na ⁺ , Mg ²⁺ , K ⁺ , dureté, TA, TAC, SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , HCO ₃ ⁻	Intégré	X				
		Ponctuel de fond					
Sur SEDIMENTS	Eau interstitielle : Physico-chimie		PO4, Ptot, NH4				
	Phase solide (<2mm)	Physico-chimie	Corg., Ptot, NKJ, Granulométrie, perte au feu	Prélèvement au point de plus grande profondeur			X
		Substances prioritaires, autres substances et pesticides	Micropolluants sur sédiments*				
HYDROBIOLOGIE et HYDROMORPHOLOGIE	Phytoplancton		Prélèvement Intégré (Cemagref/Utermöhl)	X	X	X	X
	Invertébrés benthiques	Lacs naturels : IBLsimplifié			X		
		Retenues : IOBL (NF T90-391)			X		
	Macrophytes		Norme XP T 90-328				X
	Hydromorphologie		en charge de l'ONEMA				X
Suivi piscicole		Protocole CEN (en charge de l'ONEMA)				X	

* se référer à l'annexe 5 de la circulaire du 29 janvier 2013 relative à l'application de l'arrêté du 25 janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux.

Pour plus de détails techniques sur la méthodologie employée et les protocoles utilisés, consulter le rapport annuel.

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 : **Puyvalador**

Code lac : **Y1005163**

Masse d'eau : **FRDL125**

Département : **66 (Pyrénées Orientales)**

Région : **Languedoc-Roussillon**

Origine : **Anthropique**

Typologie : **A1, retenue de haute montagne, profonde.**

Altitude (mNGF) : **1421**

Superficie (ha) : **91**

Volume (hm³) : **10,1**

Profondeur maximum (m) : **26**

Temps de séjour (j) : **38**

Tributaire(s) : **L'Aude, le Galba**

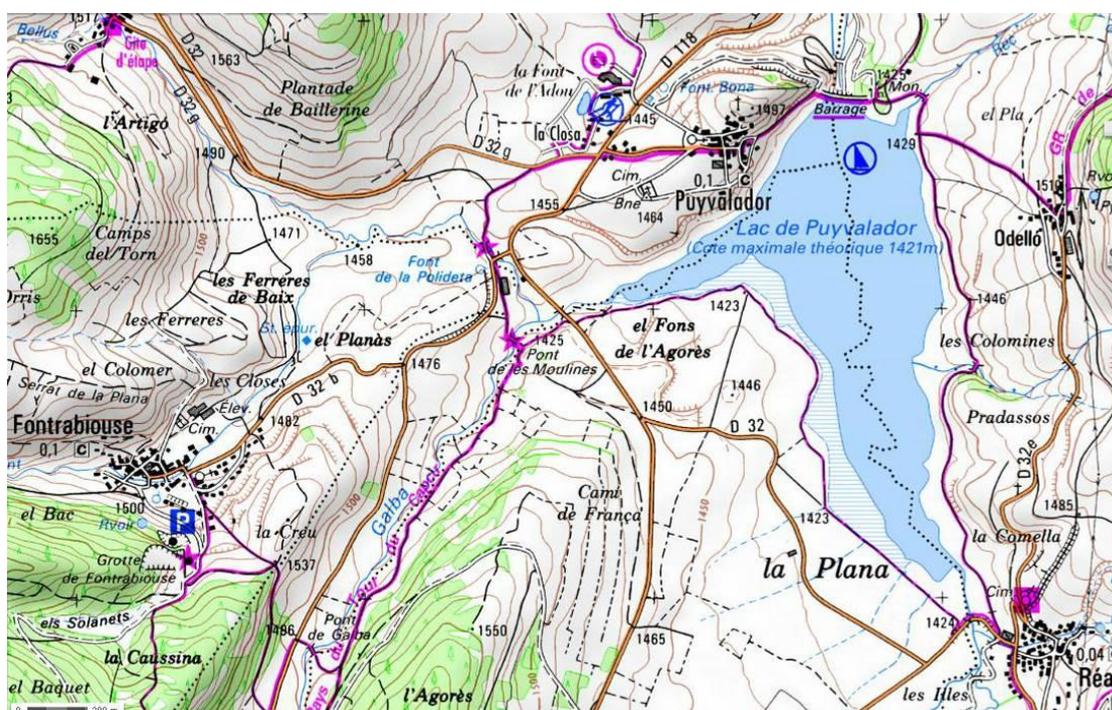
Exutoire(s) : **L'Aude**

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

Période/Année de suivi : **2010/2013**

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 de la retenue de Puyvalador (Source : Géoportail, IGN)

Résultats - Interprétation

La retenue de Puyvalador est située dans le Capcir (le plus haut plateau pyrénéen) dans le département des Pyrénées-Orientales, sur les communes de Formiguères, Réal et Puyvalador. Cette retenue créée par un barrage sur l'Aude en aval du barrage de Matemale, est de taille moyenne avec une surface de 91 ha pour un volume de 10,1 millions de m³ à la cote normale d'exploitation (soit 1421 m NGF). Le lac s'étend sur 2 km de long et reçoit les eaux de l'Aude et du Galba. La profondeur maximale mesurée en 2013 est de 21 m.

Dans son cours supérieur, l'Aude présente un régime 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.

Cette retenue artificielle classée MEFM, est exploitée par EDF (GEH Aude-Ariège) pour l'hydroélectricité (en coordination avec le barrage de Matemale) et sert aussi à l'irrigation de la vallée de l'Aude. La cote du plan d'eau varie de façon saisonnière entre 1408 et 1421 m NGF en fonction des apports et des besoins énergétiques. Le lac est gelé en surface en période hivernale, de décembre à mars environ.

La pêche et l'observation ornithologique sont d'autres activités pratiquées aux abords du plan d'eau. La baignade et les activités nautiques ne sont pas autorisées.

Diagnose rapide

Sur la base des résultats acquis en 2013, la retenue de Puyvalador présente une qualité générale la classant dans la catégorie des plans d'eau **eutrophe**. Le tracé est dissymétrique, avec un indice « production » très fort et un indice « phosphore » du sédiment également élevé tandis que les indices « nutrition » et « dégradation » sont modérés.

L'indice phytoplanctonique confirme une production primaire élevée (eutrophie).

L'indice oligochètes (IO) témoigne d'un niveau mésotrophe des sédiments de la retenue.

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, la retenue de Puyvalador est classée en **potentiel écologique moyen** d'après les résultats obtenus en 2013 (Cf. annexe 4). Son potentiel est identique à celui de 2010.

La retenue de Puyvalador est classée 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.

L'étude hydromorphologique n'a pas été renouvelée en 2013, cet élément ayant déjà été suivi en 2010.

Le suivi du peuplement de macrophytes n'a pas été réalisé en raison du caractère marnant du plan d'eau. Dans ces conditions hydrologiques particulières, l'étude du peuplement macrophytique ne constitue pas un bon indicateur du potentiel écologique du plan d'eau.

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

S'agissant de la deuxième année de suivi dans le cadre du programme de surveillance, une comparaison interannuelle des résultats est présentée en annexe 7.

Suivi piscicole

Aucun suivi piscicole n'a été réalisé dans le cadre de la DCE en 2013 ni antérieurement.

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 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.

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).

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.

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 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 de détermination de l'indice IMOL.

Bull. Fr. Pêche Piscic. (1993) 331 :397-406 — 403 —

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

L'IPL a été calculé en prenant en compte les biovolumes algaux pour l'évaluation des abondances relatives.

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 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.

PO₄³⁻ 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

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) :

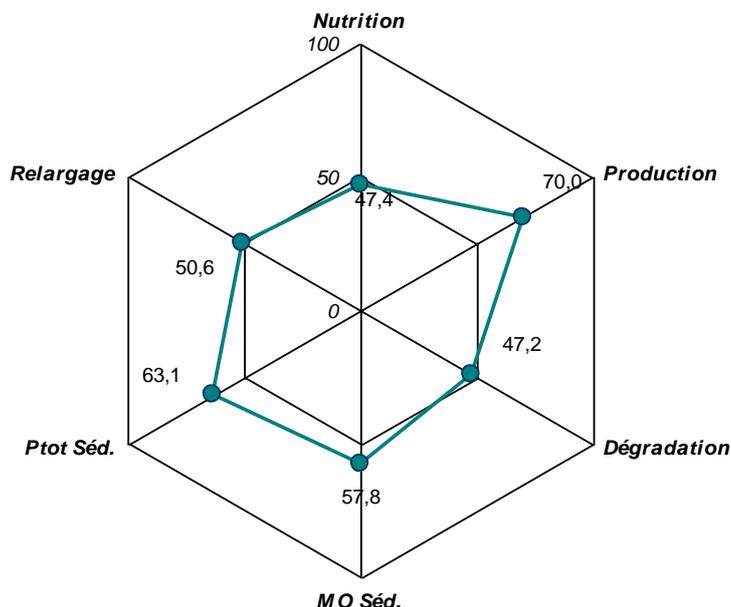
La liste des 41 substances prises en compte dans l'état chimique figure dans l'annexe 8 de l'arrêté du 25 janvier 2010, avec les NQE à respecter en valeur moyenne et en concentration maximale admissible.

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 - Puyvalador



Les résultats obtenus pour les différents indices mettent en évidence un lac **eutrophe**.

Le tracé dissymétrique du graphique radar met en évidence des fonctionnements particuliers des différents compartiments.

Le compartiment « eau » présente des indices de nutrition et de dégradation* moyens, témoignant ainsi des apports modérés en nutriments dans le milieu (*l'indice nutrition a cependant probablement été sous-évalué, le développement algal étant déjà bien marqué dès la première campagne : 18 µg/l de chlorophylle a*).

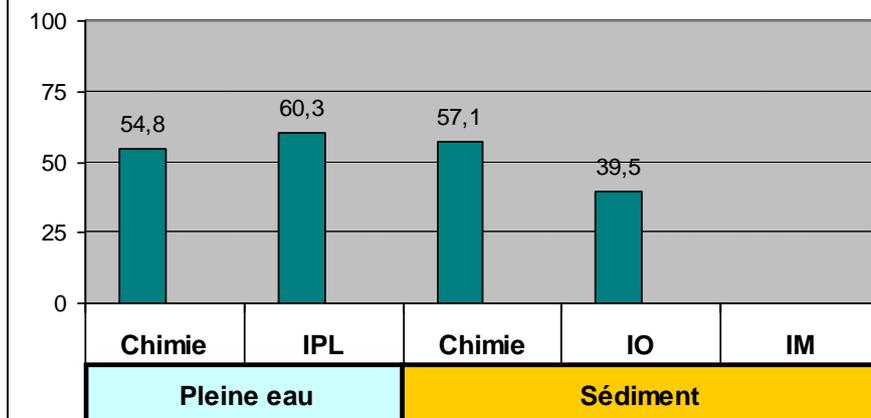
En revanche, l'indice production est très élevé, illustrant un peuplement largement dominé par les cyanophycées lors des deux dernières campagnes estivales.

Le compartiment « sédiment » présente des indices élevés qui traduisent un stockage de nutriments au fond de la retenue. Le phénomène de relargage reste limité de par la bonne oxygénation de la colonne d'eau.

* L'indice dégradation a été évalué malgré l'absence de véritable stratification thermique sur ce plan d'eau

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

Comparaison des indices chimiques et biologiques



IPL : Indice Planctonique

IO : Indice Oligochètes

IM : Indice Mollusques

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

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

Les fortes valeurs (bien supérieures à 50) des indices de chimie de pleine eau, ainsi que l'indice planctonique et chimie du sédiment sont caractéristiques d'un milieu eutrophe.

Seule l'indice oligochètes tempère un peu le diagnostic ; il traduit un niveau mésotrophe du milieu.

lac de Puyvalador

Les indices de la diagnose rapide

Valeurs brutes et calcul des indices

Les indices physico-chimiques

	Ptot ech intégré hiver (mg/l)	<i>indice Ptot hiver</i>	Ntot ech intégré hiver (mg/l)	<i>indice Ntot hiver</i>	INDICE NUTRITION moyen
2013	0,02	47,7	1	47	47,4

	Secchi moy (m) (3 campagnes estivales)	<i>indice Transparence</i>	Chloro a + Phéop. (µg/l) (moy 3 camp. estivales)	<i>indice Pigments chlorophylliens</i>	INDICE PRODUCTION
2013	1,3	74,4	14,7	65,5	70,0

	Conso journalière en O2 (mg/m ³ /j)	INDICE DEGRADATION
2013	26,9	47,2

Calculé entre C1 et C3

	perte au feu (% MS)	<i>indice Perte au feu séd = INDICE stockage MO du séd</i>
2013	12,3	57,8

	Ptot séd (mg/kg MS)	<i>indice Ptot séd = INDICE stockage des minéraux du séd</i>
2013	1461	63,1

Rapport Carbone/Azote dans les sédiments = 10,4

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 eau interst séd (mg/l)	<i>indice Ptot eau interst</i>	NH4 eau interst séd (mg/l)	<i>indice NH4 eau interst</i>	INDICE RELARGAGE moyen
2013	0,65	56,8	4,46	44,4	50,6

Les indices biologiques

	<i>Indice planctonique IPL</i>	Oligochètes IOBL global	<i>Indice Oligochètes IO</i>	Mollusques IMOL	<i>Indice Mollusques IM</i>
2013	60,3	12,5 : PM Fort	39,5	NR	NR

* : Potentiel Métabolique

NR : non réalisé

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

L'état 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 Puyvalador a un temps de séjour estimé inférieur à 2 mois.

Nom ME	Code ME	Type	Ensemble 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				
Puyvalador	FRDL125	MEFM	MOY	MED	B	Nulles à faibles	MOY	2/3

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

L'ensemble agrégé des éléments de qualité biologique (dans ce cas la chlorophylle, l'indice planctonique n'étant pas pris en compte pour les masses d'eau fortement modifiées), conduit à un état moyen. L'ensemble agrégé des éléments physico-chimiques généraux est classé en état médiocre.

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. L'arsenic a été systématiquement quantifié tandis que cuivre et zinc ont fait l'objet respectivement de 4 et 6 quantifications.

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 _{min} max	PO ₄ ³⁻ max	Ptot. max	Transp.
Puyvalador	FRDL125	MEFM	10	<0,40	0,007	0,03	1,3

* classe d'état définie en prenant une profondeur moyenne de 9,8 m.

La retenue de Puyvalador est donc classée en **potentiel écologique moyen**, le classement en potentiel écologique médiocre ou mauvais n'étant déterminé que par les seuls éléments de qualité biologiques.

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

N_{min} 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). 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
			Physicochimiques généraux
Nom ME	Code ME	Type	Déficit O2 (%)
Puyvalador	FRDL125	MEFM	11

Le faible déficit en oxygène traduit le bon potentiel (bonne oxygénation de l'hypolimnion, mais ce plan d'eau ne présente pas de véritable stratification thermique en 2013).

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
Puyvalador	Bon

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

Parmi les 41 substances de l'état chimique, quatre substances ont été quantifiées (sans toutefois dépasser la NQE) :

- Un phtalate, utilisé pour assouplir les matières plastiques : le DEHP*. Il a été quantifié à trois reprises durant le suivi (0,5 et 0,6 µg/l sur les échantillons de septembre et 2,4 µg/l sur l'échantillon de fond du mois d'août).
- Un composé métallique : le plomb, quantifié uniquement sur les échantillons de la campagne d'août (0,06 µg/l sur l'intégré et 0,1 µg/l au fond).
- Un hydrocarbure aromatique polycyclique (HAP), le naphthalène, quantifié uniquement sur l'échantillon intégré de la campagne d'août en faible concentration (0,012 µg/l).
- Un solvant chloré : le trichloréthylène, quantifié uniquement sur l'échantillon de fond de la campagne d'avril (0,74 µg/l).

Le trichloréthylène est utilisé essentiellement pour le dégraissage de pièces métalliques. Il est aussi utilisé pour le nettoyage du coton et de la laine et dans la fabrication des adhésifs, lubrifiants, peintures, vernis et pesticides.

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 :

Près de 500 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).

Aucune de ces substances n'a été quantifiée.

Les micropolluants quantifiés (hors pesticides) :

En complément des substances quantifiées déjà citées, 6 autres paramètres ont été quantifiés :

- 5 métaux : baryum, uranium (systématiquement quantifiés à chacune des campagnes sur les échantillons intégrés et de fond), cobalt, étain et titane (plus rarement quantifiés).
- Un hydrocarbure aromatique polycyclique (HAP) : le dibenzo(a,h)anthracène, uniquement quantifié sur l'échantillon de fond de la campagne d'août (0,00006 µg/l).

** Les quantifications en DEHP ont été qualifiées d'incertaines, une contamination via la chaîne de prélèvements étant privilégiée.*

Les micropolluants quantifiés dans les sédiments :

Sur les 268 substances recherchées sur sédiments, 32 ont été quantifiées. Il s'agit essentiellement de métaux (24 substances) et de HAP (7 substances). Un dérivé du benzène (BTEX), le toluène a également été quantifié à une concentration de 12 µg/kg de Matières Sèches (MS).

Les concentrations observées pour les différents composés métalliques sont moyennes. Les teneurs les plus remarquables sont obtenues pour le zinc (126,2 mg/kg MS) et le chrome (64,6 µg/kg MS).

Concernant les HAP, les concentrations mesurées restent relativement faibles, la somme des différents HAP quantifiés atteignant 240 µg/kg MS. Le phénanthrène affiche la valeur la plus forte avec 123 µg/kg MS, les autres substances étant comprises entre 12 et 26 µg/kg MS.

23 PCB (polychlorobiphényles) ont été recherchés sur le prélèvement de sédiment effectué le 12 septembre 2013. Aucune de ces substances n'a été quantifiée (résultat d'analyse < 1 µg/kg MS pour chacun des congénères).

Annexe 6 : Eléments complémentaires d'interprétation

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

La retenue de Puyvalador est située dans le Capcir (le plus haut plateau pyrénéen) dans le département des Pyrénées-Orientales, sur les communes de Formiguères, Réal et Puyvalador. Cette retenue créée par un barrage sur l'Aude en aval du barrage de Matemale, est de taille moyenne avec une surface de 91 ha pour un volume de 10,1 millions de m³ à la cote normale d'exploitation (soit 1421 m NGF). Le lac s'étend sur 2 km de long et reçoit les eaux de l'Aude et du Galba. La profondeur maximale est de 21 m.

Dans son cours supérieur, l'Aude présente un régime 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.

Cette retenue artificielle classée masse d'eau fortement modifiée (MEFM), est exploitée par EDF (GEH Aude-Ariège) pour l'hydroélectricité (en coordination avec le barrage de Matemale) et sert aussi à l'irrigation de la vallée de l'Aude. La cote du plan d'eau varie de façon saisonnière entre 1408 et 1421 m NGF en fonction des apports et des besoins énergétiques. Les turbines maximales se font généralement en hiver et au début du printemps lors de la plus forte demande énergétique : le temps de séjour réel est donc plus difficile à définir. Le renouvellement des eaux est important jusqu'en juin-juillet (apports importants associés à un volume réduit dans la retenue) puis faible en été (apports réduits associés à un volume quasi maximal dans la retenue). Le lac est gelé en surface en période hivernale, de décembre à mars environ.

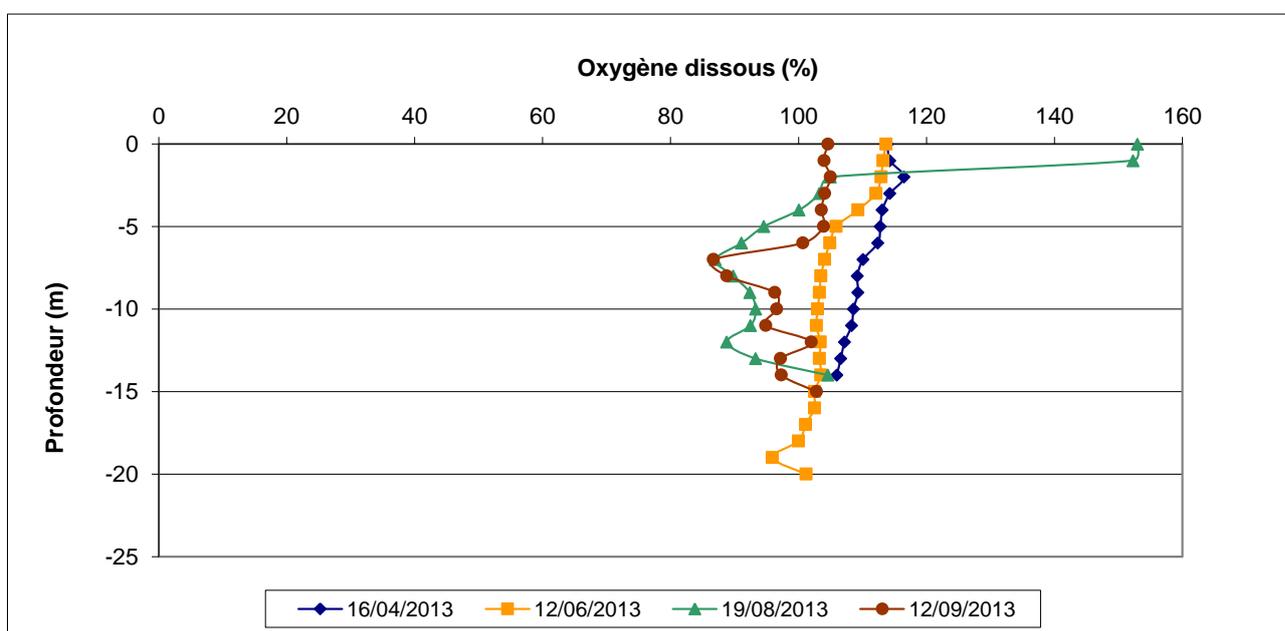
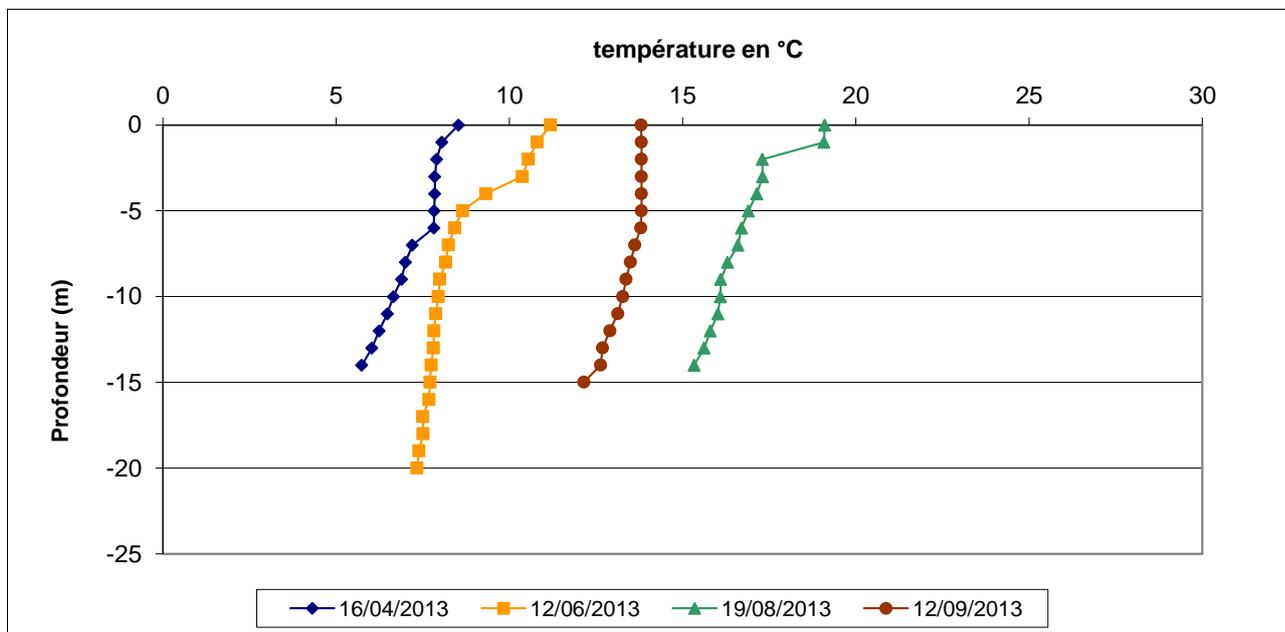
Le climat du plateau du Capcir est de type montagnard tempéré par des influences océaniques. Il est caractérisé par des hivers froids et des étés frais ; les saisons intermédiaires sont généralement courtes dans ce secteur. L'ouverture du Capcir vers le Nord permet la pénétration de masses d'air humides tout au long de l'année (108 jours de pluie en moyenne à Matemale). Toutefois, la pluviosité est limitée avec en moyenne 805 mm d'eau par an (à Matemale). Ces précipitations sont généralement sous forme de neige en hiver. Les vents provenant du nord (Carcanet), du nord-ouest (Tramontane) et du sud (Vent d'Espagne) sont favorisés par les massifs bordant le plateau du Capcir.

Plus globalement en région Languedoc-Roussillon, le printemps 2013 (avril et mai) a été caractérisé par d'importantes précipitations (supérieures à la normale), un ensoleillement modéré, des températures basses et un vent de nord-ouest fort et fréquent (tramontane). L'été 2013 s'est révélé chaud avec un bon ensoleillement, des précipitations normales en juillet et rares en août. Un fort vent de Nord-Ouest a soufflé en août. L'automne a été doux, peu humide et peu venteux.

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

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 :

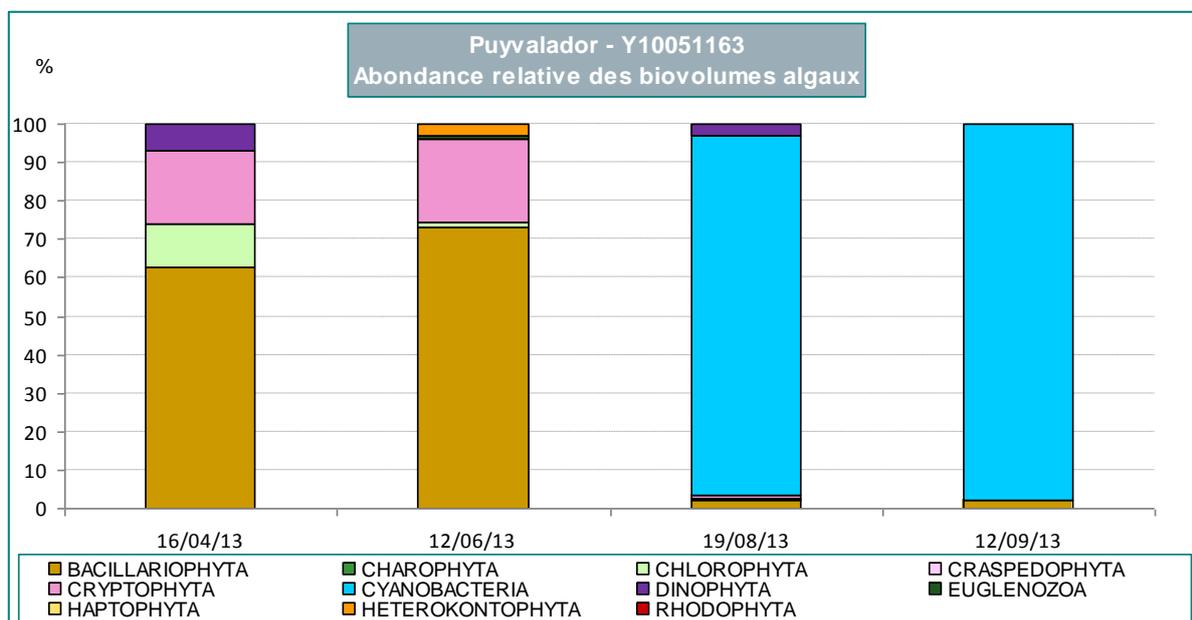


Lors de la première campagne en début de printemps (avril), la température est homogène et basse dans toute colonne d'eau (9 à 6 °C). Une petite stratification se met en place en juin : la température de la surface à - 3 m est comprise entre 11,2 et 10,4°C puis un léger décroché dans la courbe (pas de réelle thermocline) est relevé entre 3 et 5 m. Au mois d'août, il n'y a toujours pas de thermocline : la température globale de la colonne d'eau augmente (19,1 en surface, 13,3 au fond). En septembre, la température est homogène dans la colonne d'eau ; elle se situe entre 13,8°C en surface et 12 ,1°C au fond. Il n'y a donc pas de stratification thermique durable dans ce plan d'eau en 2013.

Au mois d'avril et de juin, la colonne d'eau est riche en oxygène dissous (114 % en surface, 100 % au fond). Lors de la campagne d'été en août 2013, une très forte valeur d'oxygène dissous (153 %) est mesurée dans la couche de surface (à 0 et 1 m), signalant une forte activité photosynthétique. Le reste de la colonne d'eau est bien oxygéné (minimum de 93%). Au mois de septembre, le profil est moins régulier mais l'oxygène est partout bien présent (104 % en surface et 90% au fond). Il n'y a donc pas de période sans oxygène dissous.

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



Répartition du phytoplancton de la retenue de Puyvalador à partir des biovolumes (mm^3/ml)

Le tableau ci-dessous donne les abondances phytoplanctoniques à chaque campagne en nombre de cellules par millilitre et en mm^3/l .

Puyvalador	16/04/2013	12/06/2013	19/08/2013	12/09/2013
Total (nombre cellules/ml)	4 273	3 780	49 543	38 538
Biovolume total (mm^3/l)	1,19	1,31	32,46	24,26

Les densités cellulaires sont faibles lors des 2 premières campagnes (autour de 4 000 cell./ml) alors qu'elles augmentent fortement pour les 2 dernières (autour de 45 000 cell./ml).

Les densités printanières sont moyennes (3 800 à 4 300 cell./ml). Le peuplement est alors dominé par les diatomées (Bacillariophyta ; 56 à 86 % de la densité cellulaire) telles que *Stephanodiscus parvus* (65% de la densité cellulaire le 16/04/13), *Fragilaria crotonensis*, *Asterionella formosa* et *Aulacoseira ambigua*. Ces trois dernières espèces sont habituellement présentes dans des milieux riches et peu stratifiés (Reynolds et al. 2002). Ce constat va se confirmer par le fort développement de cyanobactéries mi-août, telles que *Anabaena flos-aquae* (3 000 cell./ml) mais surtout de *Anabaena spiroides var. crassa*, algue dominant le peuplement (43 000 cell./ml). La température dans le plan d'eau est alors de 19°C en surface. Un mois plus tard, malgré une diminution de la température de l'eau en surface (14°C), le peuplement algal persiste. Lors de ces deux dernières campagnes, les biovolumes sont alors importants (24 à 32 mm^3/l).

La croissance des cyanobactéries s'accompagne d'une diminution de la richesse taxonomique (20 à 26 taxons au printemps ; 10 à 16 taxons en été).

Le plan d'eau est qualifié d'eutrophe avec un indice planctonique IPL de 60,3. La classe d'état est « médiocre ».

Les Macroinvertébrés :

Dans la partie la plus profonde de la retenue (point o1), l'indice IOBL ainsi que le biovolume en oligochètes par unité de surface se situe à un niveau élevé. En revanche, la richesse et la taille moyenne (biovolume par unité d'effectif) plutôt faibles. Aucune espèce sensible n'y a été récoltée.

Par rapport à la zone profonde, le point latéral "rive gauche" (o2) se distingue par une valeur IOBL et un biovolume nettement plus faibles associés à une taille moyenne nettement plus élevée. Le point latéral "rive droite" présente généralement des caractéristiques intermédiaires entre les deux échantillons précédemment évoqués avec toutefois une richesse plus élevée.

Cette situation suggère une **mauvaise qualité des sédiments profonds mais pas d'impasse trophique** car le potentiel métabolique est élevé. La charge trophique et organique y est donc bien métabolisée.

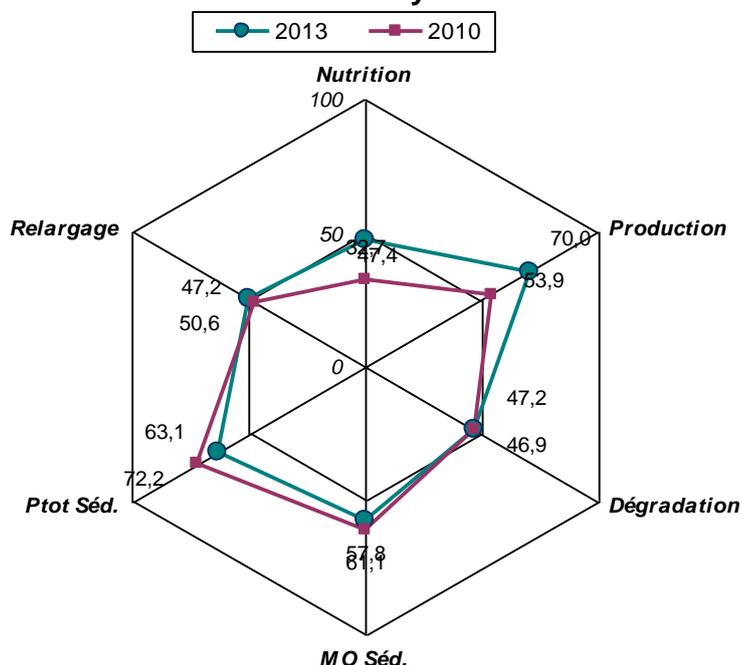
Par rapport au précédent suivi (2010), l'indice IOBL et le pourcentage d'espèces sensibles des sédiments profonds n'ont pas évolué de manière significative.

Annexe 7 : Comparaison interannuelle des résultats

Les indices de la diagnose rapide

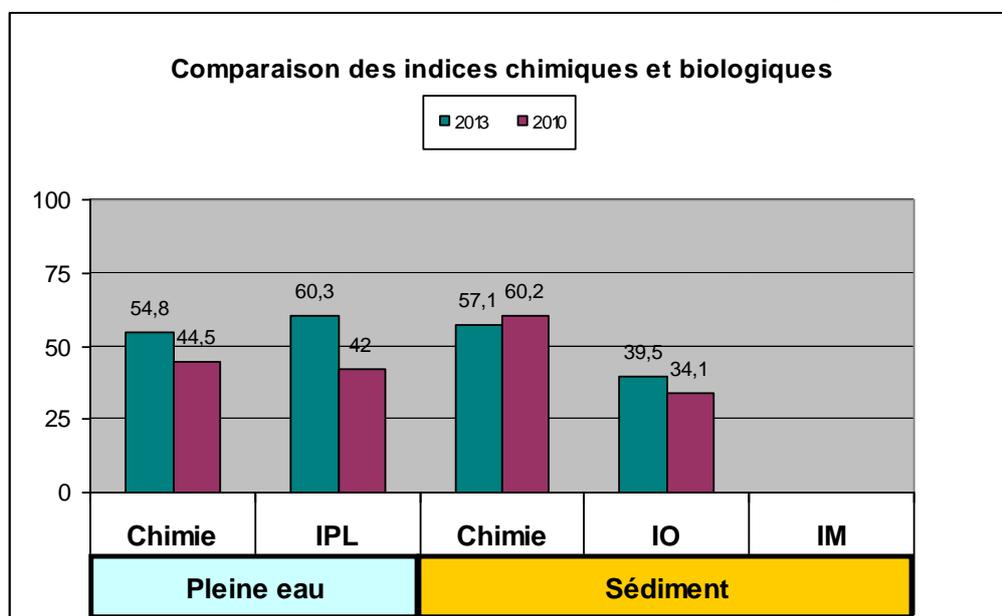
Les indices fonctionnels physico-chimiques :

Graphique en radar des indices fonctionnels - Puyvalador



Les tracés 2010 et 2013 sont très similaires : valeurs élevées des indices « production », « phosphore » et « matière organique » du sédiment ; valeurs moyennes pour les autres indices.

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



IPL : Indice Planctonique
IO : Indice Oligochète
IM : Indice Mollusques

En 2013, les indices physico-chimiques sur eau et l'indice planctonique sont plus élevés qu'en 2010 témoignant d'une dégradation du compartiment eau.

Les indices du compartiment sédiment (chimie et oligochètes) en 2013 sont proches de ceux de 2010.

Globalement, la qualité de ce plan d'eau semble s'être dégradée. Cela devra être confirmé lors d'un prochain suivi, la variation interannuelle des conditions hydrologiques et climatiques pouvant expliquer une certaine variabilité des résultats obtenus selon les années de suivi.

Evaluation en termes de classe d'état DCE

1 - Potentiel écologique

Classes d'état

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

Nom ME	Code ME	Type	Ensemble 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				
Puyvalador	FRDL125	2010	MOY	MOY	B	Nulles à faibles	MOY	2/3
Puyvalador	FRDL125	2013	MOY	MED	B	Nulles à faibles	MOY	2/3

** CTO : contraintes techniques obligatoires.

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

Nom ME	Code ME	Type	Paramètres biologiques	Paramètres physico-chimiques généraux			
			Chlo-a	N _{min} max	PO ₄ ³⁻ max	Ptot. max	Transp.
Puyvalador	FRDL125	2010	7,8	0,06 < x < 0,29	0,007	0,044	3,6
Puyvalador	FRDL125	2013	10	<0,40	0,007	0,03	1,3

Des paramètres « complémentaires » peuvent être intégrés au titre de l'expertise de l'état écologique :

Nom ME	Code ME	Type	Paramètres complémentaires
			Physicochimiques généraux
			Déficit O2 (%)
Puyvalador	FRDL125	2010	16
Puyvalador	FRDL125	2013	11

Les suivis successifs 2010 et 2013 placent le plan d'eau en potentiel écologique moyen.

Une dégradation des paramètres physico-chimiques généraux (surtout la transparence) est observée en 2013 par rapport à 2010.

2 - Etat chimique

	Bon
	Mauvais

Année de suivi	Etat chimique
2010	Bon
2013	Bon

La retenue de Puyvalador est classée en bon état chimique pour les 2 années de suivi.