

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

Matemale

(66 : Pyrénées Orientales)

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 : **Matemale**

Code lac : **Y1005143**

Masse d'eau : **FRDL122**

Département : **66 (Pyrénées Orientales)**

Région : **Languedoc-Roussillon**

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

Typologie : **A1 = retenue de hautes montagnes, profonde**

Altitude (NGF) : **1537**

Superficie (ha) : **220**

Volume (hm³) : **20,6**

Profondeur maximum (m) : **30**

Temps de séjour (j) : **371**

Tributaire(s) : **l'Aude et plusieurs ruisseaux**

Exutoire(s) : **l'Aude, conduites forcées**

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 scan250[®] IGN)

Résultats - Interprétation

Le lac de Matemale est situé dans le département des Pyrénées-Orientales, à l'Est de la station de ski des Angles, dans le Capcir, le plus haut plateau pyrénéen. Le plan d'eau s'étend sur une surface de 220 ha pour une profondeur maximale mesurée en 2009 de 24 m. Le lac reçoit les eaux de l'Aude et de plusieurs petits ruisseaux.

La retenue de Matemale est gérée par EDF (GEH Aude-Ariège) pour l'hydroélectricité. La cote du plan d'eau varie de façon saisonnière entre 1521 et 1537 m NGF en fonction des apports et des besoins énergétiques. Le lac est gelé en surface en période hivernale, de décembre à mars environ.

Diagnose rapide

Sur la base des résultats acquis en 2009, la retenue de Matemale affiche des indices exprimant un lac de **type méso-eutrophe**. Les indices nutrition et production sont assez faibles, indiquant des apports et une production primaire moyens. L'indice dégradation est élevé et révèle des besoins en oxygène élevés pour la dégradation de la matière organique. Le potentiel métabolique du sédiment est pourtant élevé mais la matière organique présente une composante peu dégradable. La matière organique et les nutriments restent en quantités importantes dans les sédiments en raison vraisemblablement d'apports allochtones (dégradation des macrophytes, pâturage, plantation de conifères) et d'une vitesse de dégradation sans doute assez longue.

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

Etat écologique et chimique au sens de la DCE

L'évaluation DCE classe le lac de Matemale en **potentiel écologique moyen** sur la base des résultats obtenus en 2009 (Cf annexe 4). Seul l'élément de qualité transparence décline alors le plan d'eau, cette évaluation ne prenant pour l'instant pas en compte le compartiment sédiment.

Il est classé en **mauvais état chimique** (Cf. Annexe 5) en raison d'une valeur mesurée en tributylétain cation dépassant les normes de qualité environnementale définies pour ce paramètre. Il faut cependant préciser que cette substance n'a été quantifiée qu'une seule fois sur les 8 échantillons où elle a été recherchée (4 échantillons de fond et 4 échantillons de la zone euphotique) et en une valeur égale à la limite de quantification. Cette évaluation sera à confirmer lors du prochain suivi.

Concernant l'hydromorphologie, la retenue de Matemale est bordée à 80% de milieux naturels artificialisés localement (routes, digue, pistes, plage). La queue de retenue est caractérisée par une grande zone humide. Les pressions sont assez importantes sur le plan d'eau. L'altération du milieu paraît assez élevée. Le lac présente une faible variété d'habitats.

Concernant les macrophytes, les herbiers aquatiques sont importants sur la retenue de Matemale : ils colonisent plus de 30% de la surface de la retenue en tapis denses de potamots. Deux espèces de potamots ont été identifiées : une polluo-résistante et l'autre caractéristique d'eaux oligo- à mésotrophes. La zone rivulaire en queue de retenue est caractérisée par des zones humides (prairies montagnardes à Molinies, mégaphorbaies et grandes jonchaies).

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

Suivi piscicole

Aucun suivi piscicole n'a été réalisé dans le cadre de la DCE, cet élément de qualité étant considéré comme non pertinent pour ce type de plan d'eau selon l'arrêté du 25 janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux.

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 (µg/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 CaCO3/l)
	Fond géochimique + 7,8 (si dureté >24 mg CaCO3/l)
Polluants spécifiques synthétiques (analysés sur eau brute)	
Substances	NQE_MA (µg/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) :

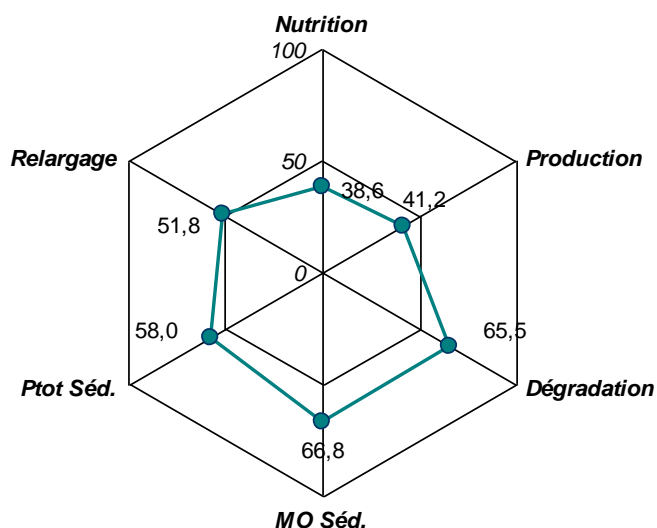
La liste des 41 substances prises en compte dans l'état chimique figure dans l'annexe 8 de l'arrêté du 25 janvier 2010, avec les NQE à respecter en valeur moyenne et en concentration maximale admissible.

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 Matemale Suivi 2009

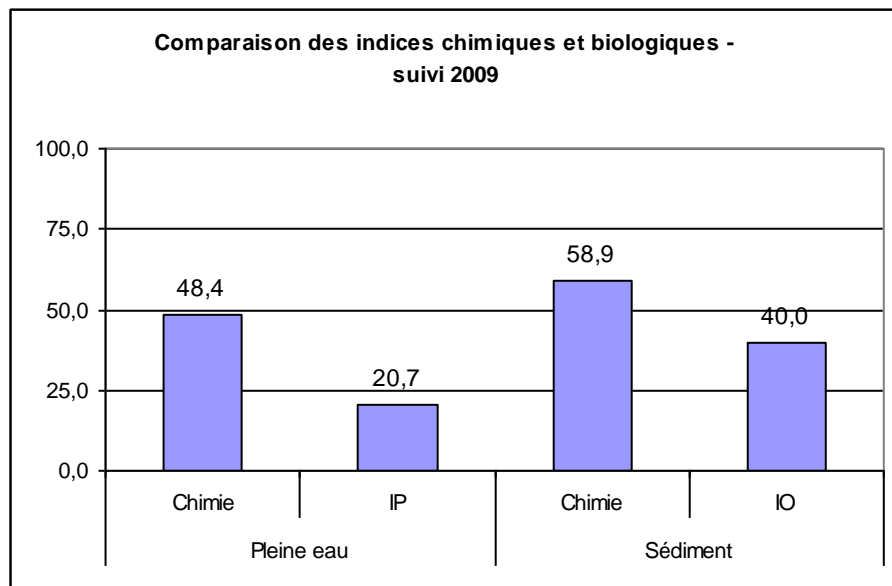


Les indices sont regroupés entre 39 et 67 exprimant un lac de **type méso-eutrophe**.

Le tracé est dissymétrique avec des indices nutrition et production assez faibles qui indiquent des apports modérés et une production primaire moyenne. Les apports en nutriments ont toutefois été sous-évalués, la première campagne ayant été un peu tardive et le développement phytoplanctonique ayant de ce fait déjà débuté. L'indice dégradation élevé révèle des besoins en oxygène importants pour la dégradation de la matière organique.

Les indices sur le sédiment sont eutrophes : le phosphore et l'azote sont présents en quantités importantes dans les sédiments. Ces indices révélant des apports minéraux (phosphore) et organiques, qui peuvent être liés à la dégradation du matériel macrophytique (les macrophytes étant présents en quantité importante sur le plan d'eau), mais aussi aux activités de pâturage et d'exploitation forestière du bassin versant (apports allochtones).

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 une valeur faible (20,7) correspondant à un niveau trophique oligotrophe. Le peuplement est dominé par les Diatomées. Toutefois, l'indice ne fait pas ressortir les blooms de Cyanophycées estivaux. L'indice physico-chimique moyen est en classe mésotrophe (limite eutrophe). Les indices constitutifs sont hétérogènes avec des indices nutrition et production modérés et un indice dégradation relativement élevé indiquant une tendance à l'eutrophisation. L'indice physico-chimique moyen du sédiment affiche un niveau eutrophe alors que l'Indice Oligochètes le place en niveau mésotrophe. Le potentiel métabolique du sédiment est élevé mais la matière organique reste très abondante et à prédominance macrophytique (C/N = 11,5) : la dégradation va donc s'effectuer progressivement.

L'ensemble des indices témoigne d'un plan d'eau de type **mésotrophe à tendance eutrophe**.

Retenue de Matemale

Suivi 2009

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
2009	0,016	43,9	0,3<x<1,3	12<x<54	38,6

	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
2009	3,4	46,7	2,0<x<3,0	33<x<39	41,2

	Conso journalière en O2 (mg/m ³ /j)	INDICE DEGRADATION
2009	62,9	65,5

entre campagnes C1 et C3

	perte au feu (% MS)	<i>indice Perte au feu séd = INDICE stockage MO du séd</i>
2009	18,2	66,8

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>
2009	1184	58,0

	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
2009	0,23	41,9	11,55	61,7	51,8

Les indices biologiques

	<i>Indice planctonique IPL</i>	Oligochètes IOBL global	<i>Indice Oligochètes IO</i>
2009	20,7	12,3 : PM* fort	40,0

* : Potentiel Métabolique

IPL : calculé à partir du biovolume

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 ».

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				
Matemale	FRDL122	ANT*	TB	MOY	B	Nulles à faibles	MOY	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 état moyen.

Les métaux arsenic, cuivre et zinc ont été fréquemment quantifiés (systématiquement pour les deux premiers) lors du suivi annuel sans toutefois dépasser les normes de qualité environnementale définies pour ces paramètres.

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.
Matemale	FRDL122	ANT*	<2,0	0,29<x<0,34	<0,005	0,016	3,4

Selon les règles de l'arrêté du 25 janvier 2010, étant donné que le paramètre biologique est classé en très bon état mais qu'au moins un des éléments physico-chimiques généraux ou des polluants spécifiques correspond à un état moins que bon, la retenue de Matemale est classée en **potentiel écologique moyen**.

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 :

			Paramètres complémentaires
			<i>physico-chimiques généraux</i>
Nom ME	Code ME	Type	Déficit O2
Matemale	FRDL122	ANT*	33,9

Le résultat obtenu pour l'élément bilan d'oxygène exprime un niveau d'oxygénation correct de l'hypolimnion. Toutefois, le calcul prend en compte les 3 campagnes estivales. Or, sur Matemale, la dernière campagne a eu lieu après le brassage des eaux (masse d'eau bien oxygénée) entraînant une valeur faussée du déficit réellement observé en période de stratification (cf. annexe 6).

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 : $D = (O_2(s) - O_2(f)) / O_2(s)$, où O₂(s) est la valeur moyenne en oxygène dissous dans les 3-4 premiers mètres et, O₂(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
Matemale	Mauvais

La retenue de Matemale est classée en **mauvais état chimique**.

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

- Un organoétain : le **tributylétain cation**, quantifié une seule fois lors de la campagne de septembre sur l'échantillon de la zone euphotique en une concentration égale à la limite de quantification du laboratoire: 0.013 µg/l. Ce résultat ponctuel entraîne le dépassement de la norme de qualité environnementale définie pour ce paramètre (0.0002 µg/l en moyenne annuelle et 0.0015 µg/l en concentration maximale admissible) et le classement de la masse d'eau en mauvais état chimique. Les organoétains sont des composés organiques d'origine anthropiques pouvant être utilisés comme agent biocides, dans les peintures (notamment les antisalissures pour bateaux), pour le traitement du papier, du bois et des textiles industriels et d'ameublement ;
- Deux métaux : le nickel et le plomb, quantifiés en faibles concentrations ;
- Un HAP : la naphthalène, ponctuellement quantifié en faible concentration (quantifié 4 fois, de 0.05 à 0.15 µg/l) ;
- Un phtalate, utilisé pour assouplir les matières plastiques : le DEHP. Il n'a été quantifié qu'à une seule reprise sur l'échantillon intégré de la zone euphotique de la campagne d'août à une concentration de 2 µg/l. Cette valeur a été qualifiée d'incorrecte lors de la validation annuelle des résultats, une contamination lors de la chaîne de prélèvement étant privilégiée.

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).

Seul le formaldéhyde a été quantifié presque systématiquement sur tous les échantillons (7 échantillons sur les 8 prélevés) en des concentrations variant de 1 à 5 µg/l. Les valeurs obtenues pour ce paramètre ont été qualifiées de douteuse lors de la validation annuelle des résultats, une contamination lors de la chaîne de prélèvement et/ou d'analyse étant privilégiée.

Les micropolluants quantifiés (hors pesticides) :

En complément des substances quantifiées déjà citées (substances de l'état chimique et polluants spécifiques de l'état écologique), 14 autres paramètres ont été quantifiés :

- Sept métaux : aluminium, fer, manganèse, titane, uranium, vanadium (tous systématiquement quantifiés à chaque campagne), cobalt et uranium (rarement quantifiés) ;
- Quatre dérivés du benzène (BTEX) : le toluène a été quantifié 5 fois sur les 8 échantillons prélevés en 2009 (de 0.2 à 1 µg/l), les autres substances ont été quantifiées plus ponctuellement (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 ;
- Deux organoétains : le trioctylétain et le dioctylétain, quantifiés chacun une seule fois, lors de la campagne de septembre (respectivement 0.02 et 0.015 µg/l) ;
 - Un composé chimique organique, utilisé comme intermédiaire dans la fabrication de divers produits, l'acide monochloroacétique : quantifié une seule fois sur l'échantillon de fond de la campagne d'août en une concentration égale à la limite de quantification : 5 µg/l.

Les micropolluants quantifiés dans les sédiments :

Sur les 188 substances recherchées sur le sédiment, 28 ont été quantifiées. Il s'agit presque exclusivement de métaux (24 substances).

Trois HAP ont également été quantifiés ainsi que le DEHP : les teneurs observées en ces éléments sont restées relativement faibles.

Les teneurs observées en titane (4084 mg/kg de Matière Sèche - MS), fer (43200 mg/kg MS), baryum (525 mg/kg MS) et aluminium (80200 mg/kg MS) sont élevées (fond géochimique). De l'uranium (11 mg/kg MS) et du vanadium (115.5 mg/kg MS) sont également quantifiés en concentrations notables (origine géologique, granite).

Annexe 6 : Eléments complémentaires d'interprétation

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

Le lac de Matemale est situé dans le département des Pyrénées-Orientales, à l'Est de la station de ski des Angles, dans le Capcir, le plus haut plateau pyrénéen. Il est formé par un barrage- digue sur l'Aude, construit en 1959, qui atteint 33 m de haut.

Le plan d'eau est de taille relativement importante avec une surface de 220 ha pour un volume de 20,6 millions de m³ en CNE³. La profondeur maximale mesurée en 2009 est de 24 m.

Le lac s'étend sur 1,5 km de long et reçoit les eaux de l'Aude et de plusieurs petits ruisseaux. Son temps de séjour théorique est de 371 jours environ. 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.

La cote du plan d'eau varie de façon saisonnière entre 1521 et 1537 m NGF en fonction des apports et 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'à juin-juillet. 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 août. A noter que le lac est gelé en surface en période hivernale, de décembre à mars environ.

La retenue de Matemale est située sur la commune du même nom et est gérée par EDF (GEH Aude-Ariège). Si ce lac sert en premier lieu à l'alimentation de l'usine hydroélectrique d'Escouloubre, il permet aussi de régulariser le cours de l'Aude. La baignade est également autorisée et des activités nautiques y sont pratiquées : aviron, planche à voile, dériveur, catamaran, pédalo, kayak, canoë...

En 2009, l'hiver a été pluvieux et neigeux, en particulier fin janvier- début février. Le niveau de la retenue est resté bas assez longtemps entraînant une 1^{ère} campagne mi-mai seulement. Les conditions météorologiques pluvieuses ont perduré jusqu'à la 2^{ème} campagne. L'été a été assez sec induisant peu de renouvellement des eaux.

Concernant les campagnes de prélèvements, la 1^{ère} campagne a été tardive en raison du faible remplissage des eaux sur le printemps (turbinées importantes). Toutefois, la colonne d'eau était toujours en quasi-homothermie. La dernière campagne a également été tardive : elle fait suite à un brassage des eaux, associé à une baisse du plan d'eau.

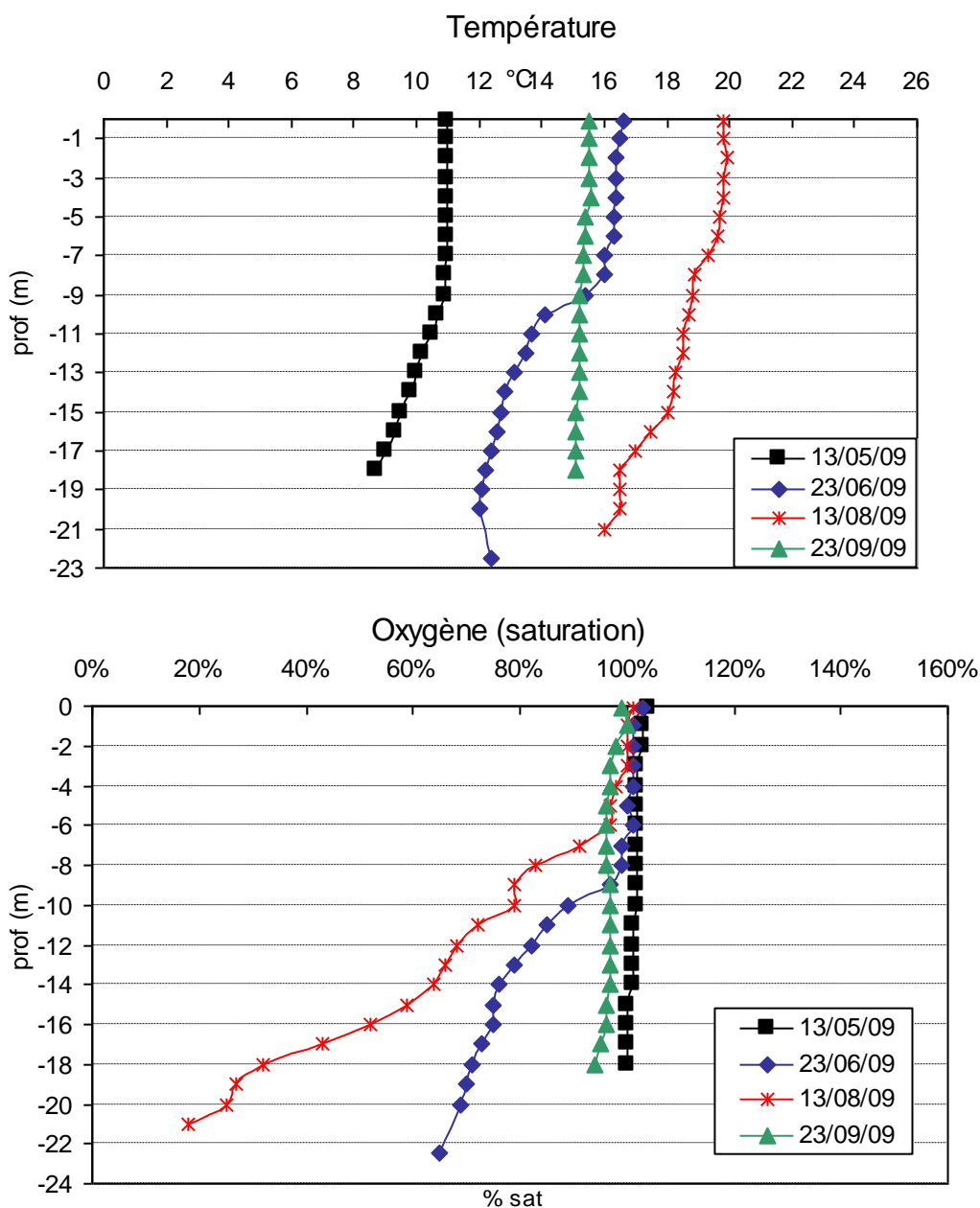
La suite du document expose des compléments d'informations concernant les profils de températures et d'oxygène et le peuplement phytoplanctonique.

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 :



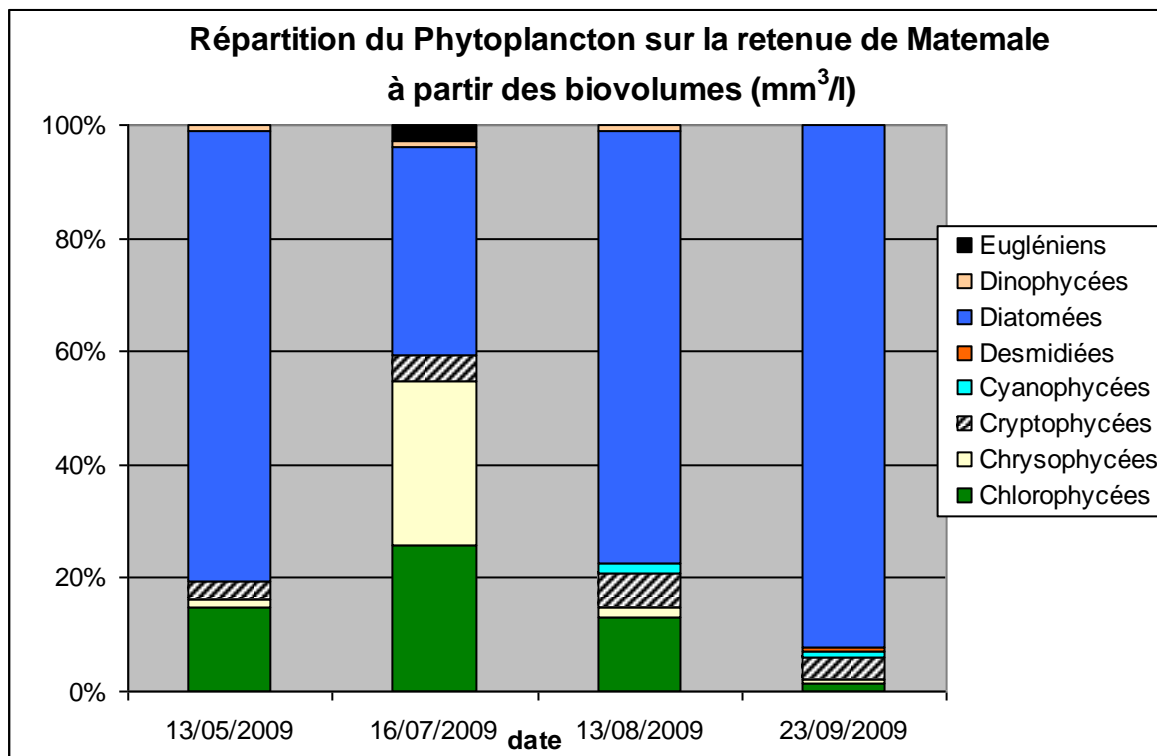
La stratification thermique est peu marquée sur la retenue de Matemale. Elle commence à se mettre en place lors de la 2^{ème} campagne avec un léger réchauffement des 8 premiers mètres et une thermocline établie entre 8 et 11 m. L'amplitude thermique est faible avec 16°C en surface et 12°C en profondeur. Lors de la 3^{ème} campagne, la couche supérieure se réchauffe et atteint 20°C. La stratification thermique est quasi-absente et ressemble plus à un gradient de température allant de 16 à 20°C. Lors de la campagne de fin d'été, le lac est déstratifié et la température est homogène sur toute la colonne d'eau avec près de 16°C.

L'oxygénation est complète sur toute la colonne d'eau lors de la première campagne. Lors de la 2^{ème} campagne, on observe une légère désoxygénation de la couche inférieure à partir de -10 m avec 60 à 80% de saturation en oxygène. Lors de la 3^{ème} campagne, la désoxygénation est plus importante (jusqu'à 20% sat) et concerne la couche entre 8 et 20 m. La consommation en oxygène dans les couches profondes est limitée mais elle devient importante si l'on considère la durée réduite de stratification du plan d'eau (environ 3 mois). Ces éléments expliquent le fort indice dégradation

calculé, pour une consommation de seulement 5,8 mg/l d'O₂ dissous dans l'hypolimnion.

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 (mm³/l) lors des quatre campagnes.



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

Retenue de Matemale	13/05/2009	16/07/2009	13/08/2009	23/09/2009
Total (nb cellules/ml)	4142	1615	19479	10142

L'abondance du peuplement phytoplanctonique sur la retenue de Matemale est faible sur les campagnes 1 et 2. L'abondance augmente sur les campagnes 3 et 4 avec le développement de Cyanophycées. Le biovolume est compris entre 0,8 et 6,3 mm³/l sur les quatre campagnes.

Le peuplement phytoplanctonique est largement dominé par les Diatomées, excepté en campagne 2 où il s'équilibre avec les Chrysophycées et les Chlorophycées. Sur les 3 campagnes où elles dominent, les Diatomées occupent entre 75 et plus de 90% du volume algal. Dès la fin de l'hiver, l'espèce *Aulacoseira islandica* domine, puis s'équilibre avec *Cyclotella sp.* sur les campagnes 2 et 3. Bien que non visibles sur un graphique où les peuplements sont exprimés en biovolume, les Cyanobactéries font leur apparition dès la deuxième campagne avec les espèces *Aphanothece minutissima* et *Aphanocapsa delicatissima*. On peut considérer qu'elles forment un **bloom algal** en campagne estivale avec plus de 17 000 cellules/ml. Les Chlorophycées sont également bien présentes lors de la campagne 1 avec l'espèce *Tetraedron minimum* puis *Sphaerocystis schroeteri* en C2 et C3. Les Chlorophycées comme les Cyanophycées indiquent un milieu plus enrichi. L'abondance et le biovolume sont très faibles en campagne 2, semblant indiquer une période d'eaux claires, avec broutage du phytoplancton par le zooplancton. Cette campagne altère le calcul de l'indice phytoplanctonique.

Globalement, la peuplement algal ainsi estimé sur les biovolumes, indiquerait un milieu faiblement eutrophisé (Indice Phytoplanctonique IPL : 20,7 correspondant à un milieu oligotrophe). L'indice apparaît faible par rapport au peuplement observé notamment en terme d'abondances : si l'on calcule l'IPL avec l'abondance en nb cel/ml, l'indice résultant indique un milieu eutrophe: 55,7, lié à la

multitude de petites cellules de cyanophycées.

Les Macrophytes :

Les herbiers aquatiques sont importants sur la retenue de Matemale : ils colonisent plus de 30% de la surface de la retenue en tapis denses de potamots. Deux espèces ont été identifiées : *Potamogeton nodosus* et *Potamogeton gramineus*. La première est une espèce polluo-résistante qui peut supporter les eaux chargées en nutriments. Par contre, *Potamogeton gramineus* est une espèce des eaux oligo- à méso-trophes. *P. gramineus* semble dominante, notamment en queue de retenue. *P. nodosus* tend à se développer dans les zones plus aménagées (base nautique, baignade) à proximité de l'arrivée du ruisseau venant des Angles.

La zone rivulaire en queue de retenue est caractérisée par des zones humides qui ont été inventoriées au titre des ZNIEFF de type 1. Les milieux suivants sont présents : prairies montagnardes à Molinies, mégaphorbiaies et grandes Jonchaies.

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 Matemale est située sur le plateau du Carlit et est entourée par un paysage vallonné. Le plan d'eau est bordé à 80% de milieux naturels (forêts de conifères et prairies), artificialisés localement (routes, digue, pistes, plage). La queue de retenue est caractérisée par une grande zone humide.

Les pressions sont assez importantes sur le plan d'eau, en particulier du fait des usages qui en sont fait : activités nautiques motorisées, production d'électricité générant une variation importante des cotes d'eau sur l'année, aménagement des rives (port, plage, camping...)... Toutefois, les berges et la grève sont peu modifiées et il n'y a pas d'espèces exotiques recensées. La note du LHMS indique une altération assez élevée du milieu (28/42).

Le plan d'eau présente des berges et grèves peu variées. La végétation rivulaire est essentiellement constituée d'une strate herbacée. La zone littorale est bien présente et les macrophytes colonisent une grande partie du plan d'eau. Le milieu aquatique reste intéressant en terme d'habitats malgré un score LHQA faible (48/112).⁴

Le barrage de Matemale constitue un infranchissable pour la faune aquatique. Il correspond à une rupture du continuum écologique de l'Aude.

LHMS		LHQA	
Score LHMS	28 /42	Score LHQA	48 /112
Modification de la grève	2 /8	Berges	6 /20
Usage intensif de la grève	6 /8	Plage/grève	10 /24
Pressions sur le lac	8 /8	Zone littorale	22 /32
Hydrologie (ouvrage)	8 /8	Lac	10 /36
Transport solide	4 /6		
Espèces exotiques	0 /4		

⁴ le score LHQA ne prend pas en compte certains milieux naturels, la note LHQA est donc dévalorisée.