

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

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

Note synthétique d'interprétation des résultats

Lac de Paladru

(38 : Isère)

Campagnes 2011

VI – Décembre 2012



Méthodologie

Contenu des suivis

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

		Paramètres	Type de prélèvements/ Mesures	HIVER	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE
Sur EAU	Mesures in situ	O2 dis. (mg/l, %sat.), pH, COND (25°C), T°C, transparence secchi	Profils verticaux	X	X	X	X
	Physico-chimie classique	DBO5, PO4, Ptot, NH4, NKJ, NO3, NO2, COT, COD, MEST, Turbidité, Si dissoute	Prélèvement intégré et prélèvement ponctuel de fond	X	X	X	X
	Substances prioritaires, autres substances et pesticides	Micropolluants*	Prélèvement intégré et prélèvement ponctuel de fond	X	X	X	X
	Pigments chlorophylliens	Chlorophylle a + phéopigments	Prélèvement intégré	X	X	X	X
	Minéralisation	Ca 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 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 : **Paladru**

Code lac : **W3125023**

Masse d'eau : **FRDL81**

Département : **38 (Isère)**

Région : **Rhône-Alpes**

Origine : **Naturelle** (Masse d'Eau Naturelle)

Typologie : **N4 = lac naturel de moyenne montagne calcaire, profond**

Altitude (NGF) : **500**

Superficie (ha) : **355**

Volume (hm³) : **97,2**

Profondeur maximum (m) : **36**

Temps de séjour (j) : **1460**

Tributaire(s) : **Ruisseaux de Courbon à Montferrat et de Chantabot au Pin, Sources sous-lacustres**

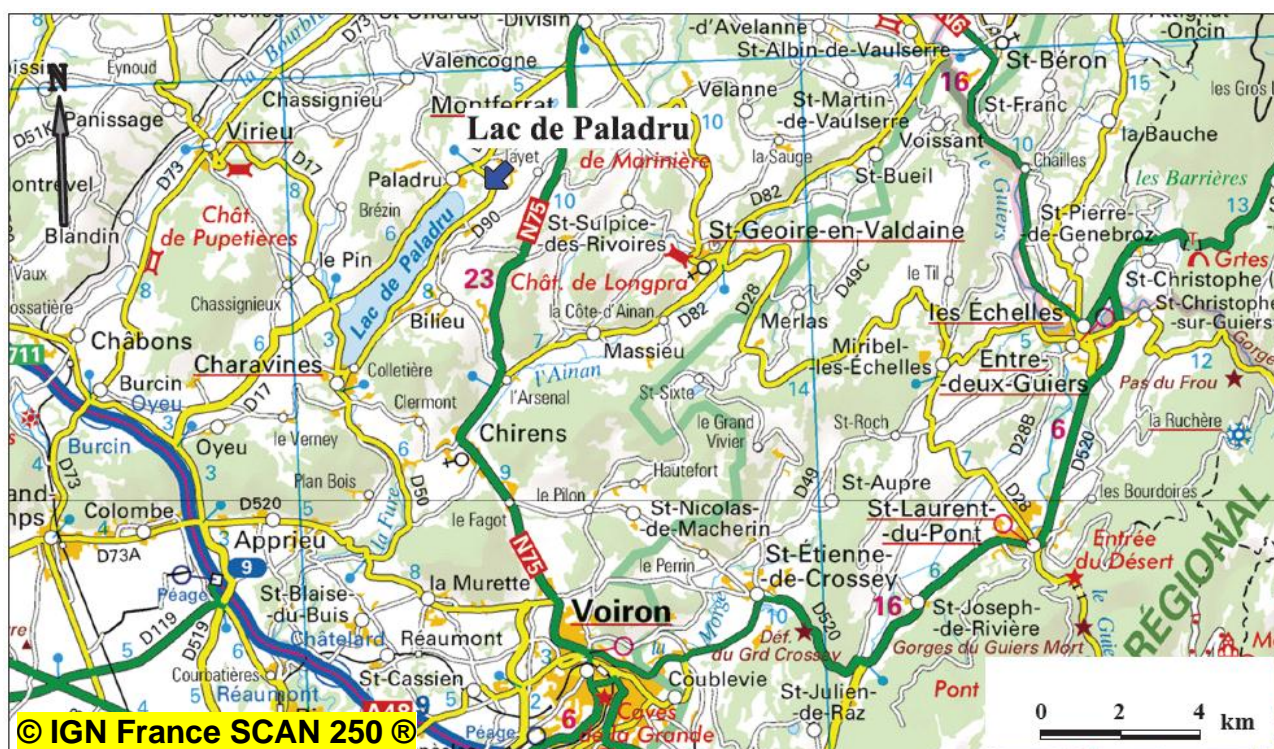
Exutoire(s) : **La Fure**

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

Période/Année de suivi : **2008, 2011**

Objectif de bon état : **2021**

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



Carte de localisation du lac de Paladru

Résultats - Interprétation

Le lac de Paladru, aussi appelé lac de Charavines, est situé dans le département de l'Isère (38) à une altitude de 492 m. Il s'agit d'un lac d'origine naturelle, il s'est formé à la suite de processus glaciaires. Il est alimenté par un bassin versant de 48 km², les apports en eau se font principalement par deux ruisseaux (le Courbon à Montferrat et le Chantabot au Pin), mais aussi par des sources sous-lacustres.

L'occupation des sols aux abords du lac se répartit entre une urbanisation intensive (résidences, villas, routes), quelques boisements, des prairies pâturées et quelques zones humides. Le lac de Paladru est utilisé pour les loisirs nautiques : baignade, voile et motonautisme. De plus, il est apprécié pour la beauté des paysages qu'il offre mais aussi par les pêcheurs amateurs (salmonidés, percidés, cyprinidés, etc.). La superficie du lac est de 355 ha pour une profondeur maximale mesurée de 36 m. Bien que privé, ce lac est géré par le Syndicat Mixte du lac de Paladru et par l'AAPPMA de Paladru pour la pêche.

Diagnose rapide

D'après les résultats acquis en 2011, le lac de Paladru présente une qualité générale le classant dans la catégorie des plans d'eau **mésotrophes à tendance eutrophe**. Le tracé est dissymétrique et délicat à interpréter, avec des indices nutrition et dégradation élevés (eutrophes) tandis que l'indice production et les indices sur sédiment sont plus favorables (oligotrophes ou mésotrophes). L'hypolimnion présente un déficit marqué en oxygène favorisant le relargage depuis les sédiments. Pourtant, le phénomène reste modéré compte tenu de la faible charge en phosphore et matière organique de ce compartiment. L'indice phytoplanctonique confirme une tendance à l'eutrophisation. Les indices biologiques sur sédiment montrent un potentiel métabolique élevé mais une altération du sédiment profond.

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

Etat écologique et chimique au sens de la DCE

Sur la base des éléments actuellement pris en compte pour l'évaluation DCE, le lac de Paladru est classé en **état écologique moyen** d'après les résultats obtenus en 2011 (Cf. annexe 4). Cette évaluation met en avant la richesse du plan d'eau en azote minérale (nitrates) ainsi que des signes d'eutrophisation du milieu, reflétés par la composition du peuplement phytoplanctonique.

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

Il convient cependant de noter la quantification systématique (tout comme lors du suivi 2008) d'un métabolite de l'atrazine (herbicide interdit d'usage en France depuis fin 2003).

L'étude hydromorphologique n'a pas été renouvelée en 2011, cet élément ayant déjà été suivi en 2008.

L'étude de la végétation aquatique a montré un recouvrement global de macrophytes très faible. Le milieu est assez hétérogène selon les pressions s'exerçant localement. Les surfaces occupées par des roselières et des nupharaies sont limitées mais très densément peuplées. L'urbanisation importante des rives du lac semble limiter les potentialités de colonisation de ces groupements végétaux. Le niveau trophique du lac semble assez élevé, en limite de classes mésotrophe/eutrophe.

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

Le plan d'eau a fait l'objet d'un suivi piscicole en 2011 par l'ONEMA (Cf. annexe 8).

Le peuplement piscicole du lac de Paladru semble afficher un état quasi stable par rapport au dernier échantillonnage réalisé en 2005. La situation du corégone doit cependant faire l'objet d'une attention particulière au travers des suivis de capture. La question de la qualité de l'hypolimnion et de son occupation par la faune benthique et piscicole reste d'actualité.

Il convient toujours de souligner la forte influence de l'activité agricole sur la physico-chimie des eaux du lac, qui limite probablement les possibilités de recouvrement du bon état écologique de la masse d'eau, notamment du fait de la subsistance d'une strate désoxygénée plus ou moins importante selon les années et probablement les facteurs climatiques associés, qui peuvent agir en synergie avec les flux polluant émanant du bassin versant.

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 des deux réseaux RCS et CO.

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

Un suivi « allégé » a été mené sur quatorze plans d'eau identifiés en tant que masses d'eaux DCE mais non intégrés aux réseaux RCS et CO. Ce suivi s'inscrit dans le cadre de la préparation du nouvel état des lieux du bassin Rhône-Méditerranée afin de préciser l'état de ces plans d'eau en l'absence de données milieux disponibles. Neuf plans d'eau ont ainsi été suivis en 2011 et cinq en 2012.

Le contenu du programme de suivi de ces plans d'eau est dit « allégé » puisqu'ils ne font pas l'objet de prélèvements d'eau de fond et seule l'étude du peuplement phytoplanctonique est réalisée concernant l'hydrobiologie. Le contenu du suivi est ainsi restreint aux seuls éléments permettant à ce jour de définir l'état écologique et chimique des plans d'eau selon l'arrêté "Surveillance" du 25 janvier 2010.

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.

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, pisdies 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, pisdies 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'avérera 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).

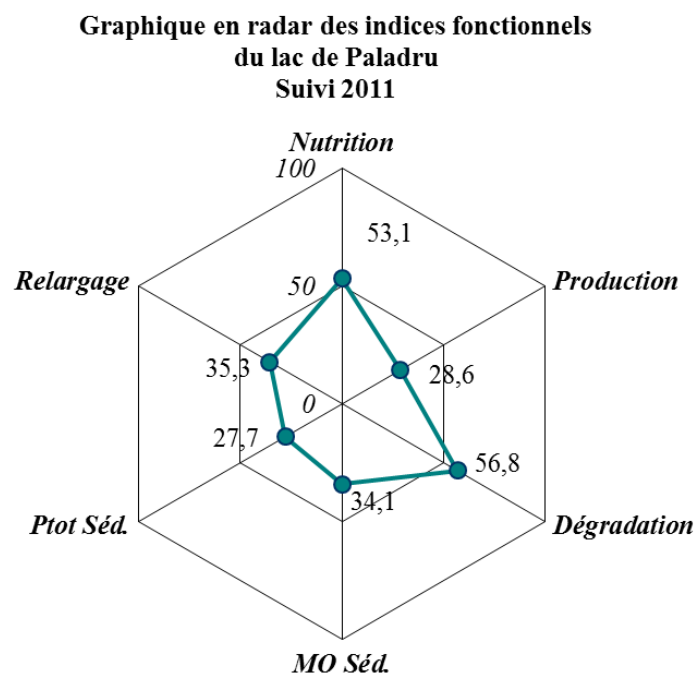
Evaluation de l'état chimique (2 classes d'état) :

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.

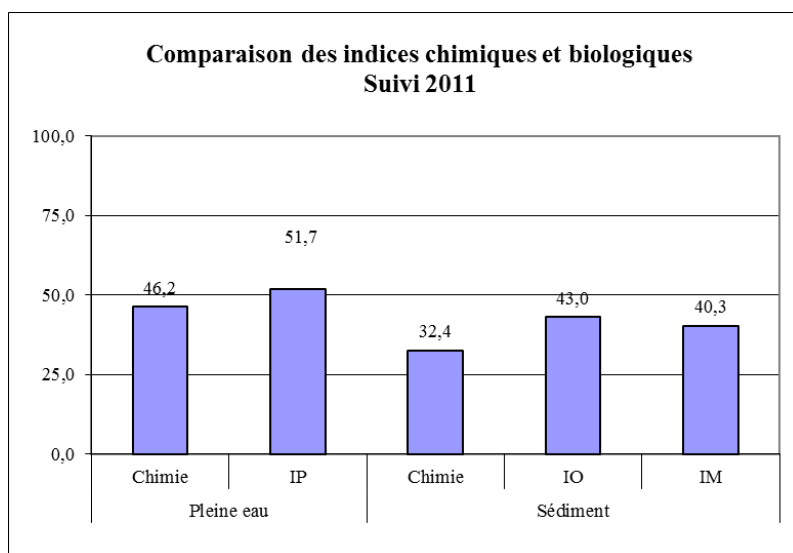


Les résultats obtenus pour les différents indices témoignent d'un lac **mésotrophe à tendance eutrophe**.

Les apports en nutriments sont assez élevés, notamment en nitrates, mais la production reste modérée en raison de la teneur limitée en phosphore (facteur limitant). Cependant, l'indice dégradation montre une demande en oxygène importante pour dégrader la matière organique, qui suggère une production primaire plus élevée qu'elle ne paraît.

Concernant les indices sur le sédiment, la charge en matière organique et en phosphore est faible à moyenne (oligotrophe). L'indice relargage est lui aussi moyen (limite de classes oligotrophe/mésotrophe). Le phénomène a malgré tout été identifié en 2011 mais il reste modéré.

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

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.

Concernant les indices de pleine eau, la chimie des eaux comme l'indice planctonique révèlent une qualité globale en limite de classes mésotrophe/eutrophe qui traduit des apports conséquents en nutriments et notamment en nitrates et une demande élevée en oxygène pour dégrader la matière organique alors que la production primaire reste plus modérée. On constate cependant le développement de groupes phytoplanctoniques témoignant d'un niveau trophique élevé en période estivale (cyanobactéries).

Le compartiment sédiment affiche un indice physico-chimique bon (oligotrophe). Les indices biologiques sont légèrement moins favorables (mésotrophes) mais soulignent la bonne capacité métabolique du plan d'eau malgré une altération de la qualité des sédiments en lien avec la désoxygénation de la zone profonde (absence de mollusque au point de plus grande profondeur et absence d'espèce sensible pour les oligochètes).

Lac de Paladru

Suivi 2011

Les indices de la diagnose rapide

Valeurs brutes et calcul des indices

Les indices physico-chimiques

	Ptot éch intégré hiver (mg/l)	<i>indice Ptot hiver</i>	Ntot éch intégré hiver (mg/l)	<i>indice Ntot hiver</i>	INDICE NUTRITION moyen
2011	0,019	46,8	1,1 < x < 2,1	50,4 < x < 68,4	53,1

	Secchi moyen (m) (3 campagnes estivales)	<i>indice Transparence</i>	Chlorophylle a + Phéopigments (moy 3 camp. estivales en µg/l)	<i>indice Pigments chlorophylliens</i>	INDICE PRODUCTION
2011	7,9	22,4	1,9 < x < 2,9	31,7 < x < 38,1	28,6

	Conso journalière en O ₂ (mg/m ³ /j)	INDICE DEGRADATION
2011	42,8	56,8

entre campagnes C1 et C4

	Perte au feu (% MS)	<i>indice Perte au feu séd = INDICE stockage MO du séd</i>
2011	4,4	34,1

Correspondance entre indices de la diagnose rapide et niveau trophique

<i>Indice</i>	<i>Niveau trophique</i>
0-15	Ultra oligotrophe
15-35	Oligotrophe
35-50	Mésotrophe
50-75	Eutrophe
75-100	Hyper eutrophe



	Ptot séd (mg/kg MS)	<i>indice Ptot séd = INDICE stockage des minéraux du séd</i>
2011	333	27,7

	Ptot eau interst séd (mg/l)	<i>indice Ptot eau interstielle</i>	NH ₄ eau interst séd (mg/l)	<i>indice NH₄ eau interstielle</i>	INDICE RELARGAGE
2011	0,10	30,0	3,59	40,6	35,3

Les indices biologiques

	<i>Indice planctonique IPL</i>	Oligochètes IOBL global	<i>Indice Oligochètes IO</i>	Mollusques IMOL	<i>Indice Mollusques IM</i>
2011	51,7	11,0 : PM*élevé	43,0	6	40,3

* : Potentiel Métabolique IPL : calculé à partir du biovolume

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

Annexe 4 : Etat 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 ».

Le lac de Paladru a un temps de séjour évalué à 1460 jours qui le place en temps de séjour long.

Nom ME	Code	Type	Ensembles agrégés des éléments de qualité		Polluants spécifiques de l'état écologique	Altérations hydromorphologiques	Etat écologique	Niveau de confiance
			Biologiques	Physico-chimiques généraux				
Paladru	FRDL81	MEN*	MOY	MED	B	Non déterminé	MOY	2/3

* MEN : masse d'eau naturelle.

Les ensembles agrégés des éléments de qualité biologiques et physico-chimiques généraux sont respectivement classés en état moyen et médiocre.

Concernant les polluants spécifiques de l'état écologique, les quatre métaux figurant à la liste des polluants spécifiques ont été quantifiés durant le suivi, sans toutefois dépasser les normes de qualités environnementales (NQE) définies pour ces paramètres. Arsenic et cuivre ont été systématiquement quantifiés sur chacun des échantillons. La quantification du chrome et du zinc est plus ponctuelle.

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	IPL	N _{min} max	PO ₄ ³⁻ max	Ptot. max	Transp.
Paladru	FRDL81	MEN*	1,5 < x < 1,9	51,7	1,13 < x < 1,17	< 0,005	0,019	7,9

Les paramètres biologiques sont discordants : l'indice planctonique est classé en état moyen alors que la concentration moyenne estivale en chlorophylle *a* révèle un très bon état. La forte concentration en azote minéral (liée aux fortes valeurs observées en nitrates) est responsable de la classe d'état médiocre obtenue pour les éléments de qualité physico-chimiques généraux.

Selon les règles de l'arrêté du 25 janvier 2010, le lac de Paladru est classé en **état écologique moyen**, le classement en état 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).

IPL : Indice Planctonique, repris de la diagnose rapide.

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 de l'état écologique :

			Paramètres complémentaires		
			biologiques		physico-chimiques généraux
Nom ME	Code ME	Type	IMOL	IOBL	Déficit O ₂
Paladru	FRDL81	MEN*	6	11	80,3

Les résultats des paramètres complémentaires témoignent globalement d'une bonne capacité métabolique du plan d'eau malgré l'importante désoxygénation des eaux touchant l'hypolimnion en période estivale.

IMOL : Indice Mollusques

IOBL : Indice Oligochètes de Bioindication Lacustre

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
Paladru	Bon

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

Parmi les 41 substances de l'état chimique, 3 substances ont été quantifiées (sans toutefois dépasser les NQE) :

- Deux composés métalliques : le nickel et le plomb. Le nickel a été quantifié à cinq reprises sur l'année de suivi : sur les campagnes de mars, juillet et septembre, en de faibles concentrations (0,3 à 2,9 µg/l). Le plomb a été retrouvé sur les deux échantillons de la campagne de juillet, en faible concentration également (<0,5 µg/l).
- Un phtalate, utilisé pour assouplir les matières plastiques : le DEHP. Il a été quantifié uniquement sur l'échantillon intégré de la campagne de mars à une concentration de 2 µg/l.

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

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

Les pesticides quantifiés :

Une centaine de molécules a été recherchée à chaque campagne sur l'échantillon intégré de la zone euphotique et sur l'échantillon de fond (dont seule une quinzaine figure dans la liste des 41 substances de l'état chimique).

Trois pesticides ont été quantifiés :

- Deux métabolites d'herbicide :
 - Un métabolite de l'atrazine : l'atrazine déséthyl. Tout comme lors du précédent suivi datant de 2008, cette substance a été systématiquement quantifiée de 0,02 à 0,03 µg/l.

L'atrazine est une substance interdite d'usage en France depuis fin 2003.

- l'AMPA, métabolite du glyphosate, quantifié à une seule reprise sur l'échantillon intégré de la campagne de mars (0,1 µg/l).
- 1 fongicide : le formaldéhyde, quantifié uniquement sur l'échantillon de fond de la campagne de juillet (2,9 µg/l).

Concernant le formaldéhyde, plusieurs pistes peuvent être avancées pour expliquer les fréquentes quantifications de cette substance sur une grande partie des plans d'eau des bassins Rhône-Méditerranée et Corse : pollution diffuse liée à son utilisation en tant que pesticide (désinfection des locaux et du matériel agricole, utilisation dans l'industrie du bois), difficulté des laboratoires d'analyses à quantifier précisément cette substance du fait de ses multiples sources d'émission dans l'air des espaces clos : matériaux de construction, d'ameublement et de décoration (panneaux de particules), produits domestiques (peintures, colles, cosmétiques) et combustions (tabagisme, chaudières...). Sa présence dans les eaux de plans d'eau, et particulièrement sur l'échantillon de fond des milieux aux eaux profondes dépourvues d'oxygène, peut également trouver une origine en dehors de toute contamination anthropique, ce composé pouvant être produit naturellement lors de la dégradation de la matière organique en condition anoxique.

Les micropolluants quantifiés (hors pesticides) :

En complément des substances quantifiées déjà citées, 10 autres paramètres ont été quantifiés :

- 8 métaux : baryum, bore, uranium (tous systématiquement quantifiés), aluminium, antimoine, étain, fer et manganèse.
- Deux organoétains : le monobutylétain cation et le monoocylétain, tous deux quantifiés à deux reprises entre 0,02 et 0,03 µg/l.

Les micropolluants quantifiés dans les sédiments :

Sur les 170 substances recherchées sur sédiments, 29 ont été quantifiées. Il s'agit de métaux (20 substances), de HAP (7 substances) et de PCB (2 substances).

Les concentrations observées en métaux ne reflètent pas de teneurs excessives de certains composés métalliques.

Le sédiment du lac de Paladru présente quelques quantifications en HAP. Les concentrations observées restent faibles, comprises entre 35 et 79 µg/kg de MS selon les substances.

Sur les 28 PCB recherchés, deux congénères ont été quantifiés en faibles concentrations (1 µg/kg MS par congénère).

Annexe 6 : Eléments complémentaires d'interprétation

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

Le lac de Paladru, aussi appelé lac de Charavines, est situé dans le département de l'Isère (38) à une altitude de 492 m. Il s'agit d'un lac d'origine naturelle, il s'est formé à la suite de processus glaciaires (creusement et barrage morainique). Il est alimenté par un bassin versant de 48 km², les apports en eau se font principalement par deux ruisseaux (le Courbon à Montferrat et le Chantabot au Pin), mais aussi par des sources sous-lacustres. Les eaux du lac rejoignent la rivière « la Fure » au droit de Charavines. Depuis 1866, un système de vanne en sortie de lac permet de réguler le débit du cours d'eau en fonction des besoins des usines situées en aval.

La région présente un climat tempéré frais à tendance continentale. L'orientation globale Nord-Sud du lac et l'altitude relativement élevée font que la moyenne thermique annuelle se situe autour de 10°C. La pluviométrie est irrégulière avec des maximums en juin et octobre à la faveur des remontées des masses d'air humide de la Méditerranée. Le mois de janvier est le plus froid, avec des gels fréquents. En revanche le début de l'automne est particulièrement doux.

L'occupation des sols aux abords du lac se répartit entre une urbanisation intensive (résidences, villas, routes), quelques boisements, des prairies pâturées et quelques zones humides. Le lac de Paladru est utilisé pour les loisirs nautiques : baignade, voile et motonautisme. De plus, il est apprécié pour la beauté des paysages qu'il offre mais aussi par les pêcheurs amateurs (salmonidés, percidés, cyprinidés, etc.). La superficie du lac est de 355 ha pour une profondeur maximale mesurée de 36 m. Ce lac présente un fonctionnement de lac monomictique chaud. Bien que privé, ce lac est géré par le Syndicat Mixte du lac de Paladru et par l'AAPPMA de Paladru pour la pêche.

En 2011, dans la région Rhône-Alpes, l'hiver a été frais et peu arrosé alors que le printemps s'est révélé exceptionnellement chaud et déficitaire en précipitations. Des pluies plus fréquentes et conséquentes en été ont évité une importante sécheresse. Les températures estivales ont été conformes aux moyennes saisonnières alors que les températures automnales ont été de nouveau élevées. L'automne a été marqué par un léger déficit pluviométrique.

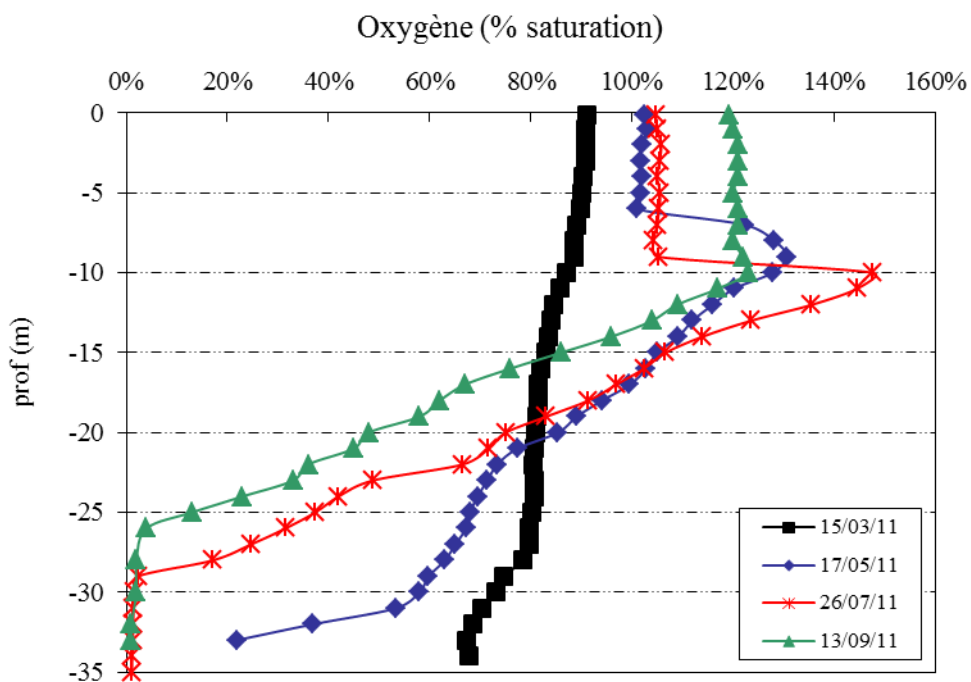
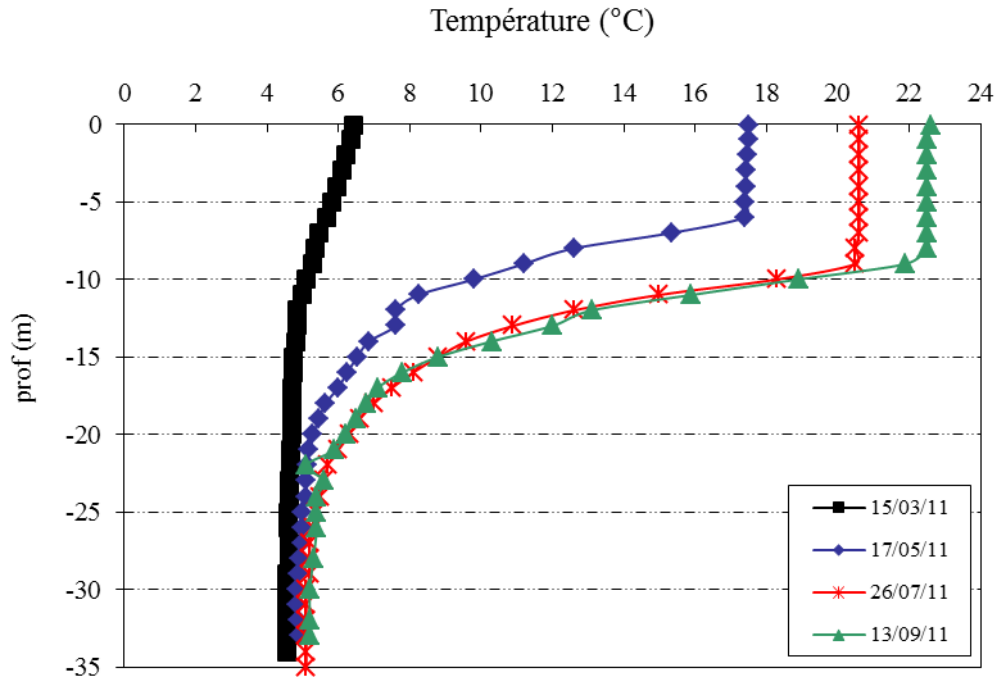
Les périodes d'intervention des différentes campagnes de prélèvements menées en 2011 correspondent aux préconisations de la méthodologie.

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

Le suivi a également porté sur le peuplement macrophytique (application du protocole Cemagref). La synthèse des données acquises est fournie dans la suite de ce document. A noter que les indices DCE pour le suivi de ce compartiment sont en cours de construction.

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 1^{ère} intervention s'est déroulée après un léger réchauffement des eaux de surface. Ainsi, on observe un gradient thermique compris entre 6,4°C en surface et 4,7°C à 15 m de profondeur. Au-delà, la température est homogène à 4,6°C. Le lac n'a pas été ré-oxygéné totalement en période de brassage hivernal : déplétion en oxygène avec 90% de saturation en surface et de 70% de saturation au fond.

Au printemps, la stratification thermique se met en place : l'épilimnion s'est fortement réchauffée (17,5°C) en raison des conditions météorologiques particulièrement chaudes et ensoleillées alors que les eaux hypolimniques restent froides, proches de 5,0°C. La thermocline se situe ainsi entre -6 m et -20 m avec un différentiel thermique déjà important (12,5°C).

L'amplitude thermique augmente au cours de la période estivale : la température au fond demeure proche de 5°C alors que les eaux de surface atteignent 20,6°C le 26/07/2011 puis 22,5°C le 13/09/2011. La thermocline s'enfonce légèrement durant cette même période, elle est établie entre 9 et

24 m de profondeur en campagne 3 puis entre 8 et 24 m de profondeur en campagne 4.

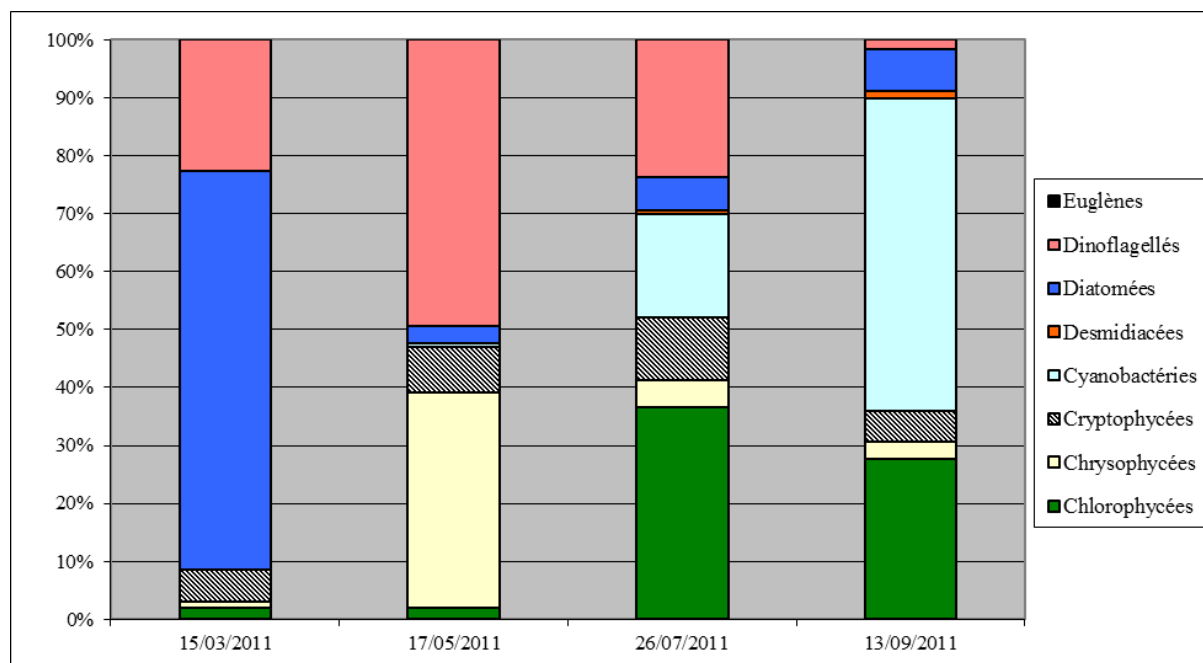
Concernant l'oxygène, les 3 campagnes estivales sont caractérisées par une activité photosynthétique plus ou moins marquée dans l'épilimnion puisqu'on observe des sursaturations en oxygène jusqu'à 150% à -10 m lors de la campagne 3. Au fond, on note une consommation importante en oxygène pour dégrader la matière organique qui s'intensifie au fil du temps. Les eaux profondes sont ainsi anoxiques à partir de 29 m de profondeur le 26/07/2011 et de 26 m de profondeur le 13/09/2011, ce qui entraîne une réduction du potentiel de minéralisation à l'interface eau/sédiment.

Comme en 2008, le lac de Paladru présente une désoxygénation marquée de l'hypolimnion dès la seconde campagne. Elle s'explique par :

- ✓ l'absence d'apport en oxygène par brassage de la masse d'eau ou photosynthèse ;
- ✓ la consommation d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique produite.

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 sur le lac de Paladru à partir des biovolumes (mm^3/ml)

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

Paladru	15/03/2011	17/05/2011	26/07/2011	13/09/2011
Total (nombre cellules/ml)	2275	1820	11597	29572

Le peuplement phytoplanctonique est peu abondant et faiblement diversifié lors des 2 premières campagnes (2275 cellules/ml pour 14 taxons en campagne 1 et 1820 cellules/ml pour 17 taxons en campagne 2). Puis il se diversifie et se densifie au cours de la période estivale (11597 cellules/ml pour 42 taxons en campagne 3 et 29572 cellules/ml pour 32 taxons en campagne 4).

En fin d'hiver, le peuplement phytoplanctonique est largement dominé par les diatomées et notamment l'espèce *Fragilaria crotonensis* (61% de l'abondance totale et 69% du biovolume).

Au printemps, les chrysophycées colonisent alors le milieu au détriment des diatomées. L'espèce *Dinobryon divergens* est particulièrement comptabilisée. Les dinoflagellés sont également bien représentés sur ces 2 premières campagnes mais uniquement en termes de biovolume (seulement 11 individus de *Gymnodinium helveticum* représentant 22% du biovolume total en campagne 1 puis 7 individus de *Ceratium hirundinella* représentant 49% du biovolume total en campagne 2).

L'important développement phytoplanctonique qui intervient durant la période estivale est marqué par l'essor des cyanobactéries principalement et des chlorophycées secondairement :

- ✓ les cyanobactéries représentent jusqu'à 56% du peuplement en campagne 4 avec les espèces

indicatrices de milieux eutrophes *Chroococcus limneticus*, *Aphanocapsa holsatica* et *Aphanocapsa delicatissima* ;

- ✓ les chlorophycées représentent jusqu'à 40% du peuplement en campagne 3 avec l'espèce *Planctonema lauterbornii*.

En 2008, les groupes phytoplanctoniques les plus représentés étaient également les diatomées, les chrysophycées (campagne 2), les chlorophycées et les cyanobactéries, *Aphanocapsa sp.* colonisant le milieu en fin de saison.

Globalement, le peuplement phytoplanctonique est peu abondant et dominé par des groupes algaux traduisant un faible degré de trophie en début de saison (diatomées et dinoflagellés). Il se densifie ensuite durant la période estivale et les groupes algaux plus caractéristiques du phénomène d'eutrophisation colonisent alors le milieu (cyanobactéries et chlorophycées). L'indice phytoplanctonique (IPL) qualifie donc le lac de Paladru d'eutrophe (= 51,7). L'indice calculé à partir de l'abondance cellulaire est plus favorable (46,7 – mésotrophe).

Les oligochètes :

L'indice oligochètes global révèle un potentiel métabolique élevé sur le lac de Paladru avec une note de 11,0. Le pourcentage d'espèces sensibles est quasi nul, ce qui traduit une mauvaise qualité des sédiments dans la zone profonde (hauteur d'eau > 50% de la profondeur maximale). Le potentiel métabolique est très élevé sur le point latéral 2 (Nord) alors qu'il est moyen sur les deux autres points échantillonnés.

Les mollusques :

L'indice est supérieur d'un point à celui obtenu en 2008 : deux taxons supplémentaires ont été rencontrés en 2011 (*Corbicula fluminea*, *Anodonta sp.*). *Pisidium spp.* est toujours dominant. *Potamopyrgus antipodarum* est moins représenté comparativement à 2008 où plusieurs centaines d'individus avaient été capturés.

Il faut cependant noter que les prélèvements latéraux avaient été réalisés en 2008 à une profondeur supérieure (17,5 m) alors que le protocole a été strictement appliqué en 2011 (prélèvements intermédiaires réalisés à 10 m de profondeur). Cela a sans doute été bénéfique sur le résultat de l'indice, le phénomène de désoxygénation des eaux profondes n'étant pas perceptible à cette profondeur.

Les Macrophytes :

Les rives du lac sont fortement urbanisées (résidences, villas, routes). Il existe de rares formations naturelles dont quelques boisements et deux zones humides. Le recouvrement global en macrophytes sur le lac est faible et estimé à seulement 5%. Ces macrophytes sont répartis de manière très hétérogène.

Les surfaces occupées par des roselières et des nupharaies sont limitées pourtant elles sont très densément peuplées et étendues dans les secteurs plus préservés. En effet, l'urbanisation importante des rives du lac semble limiter les potentialités de colonisation de ces groupements végétaux. On observe dans de rares secteurs préservés des herbiers aquatiques en cours de reconquête (herbiers à Grande naïade, Potamot pectiné et Characées).

La végétation de la zone littorale est bien diversifiée dans les secteurs peu urbanisés du lac. On y trouve des roselières, des scirpaies, des herbiers à Nénuphar jaune, à Grande naïade, à Potamot et à characées. La diversité floristique est moindre dans les secteurs davantage urbanisés.

En raison de leur large tolérance au niveau trophique, les characées présentes nous apportent peu d'informations sur le degré de trophie du lac. Les herbiers à Nénuphar sont assez sensibles à l'eutrophisation alors que les herbiers de Potamot pectiné et de Potamot luisant se développent davantage dans les eaux méso-eutrophes à eutrophes. Le niveau trophique du lac semble donc assez élevé, en limite de classes mésotrophe/eutrophe.

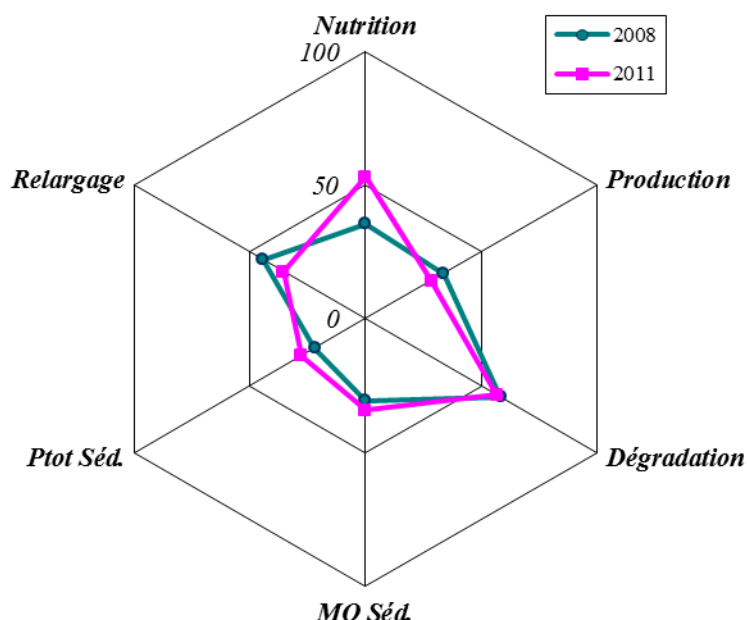
Aucune espèce exotique envahissante n'a été recensée lors de la réalisation des inventaires macrophytiques.

Une seule espèce protégée a été observée sur le lac de Paladru : la Grande naïade (*Najas marina*) identifiée notamment sur les unités d'observation 1 et 3, et protégée au niveau régional.

Annexe 7 : Comparaison interannuelle des résultats

Les indices de la diagnose rapide

Graphique en radar des indices fonctionnels du lac de Paladru Suivis 2008 et 2011



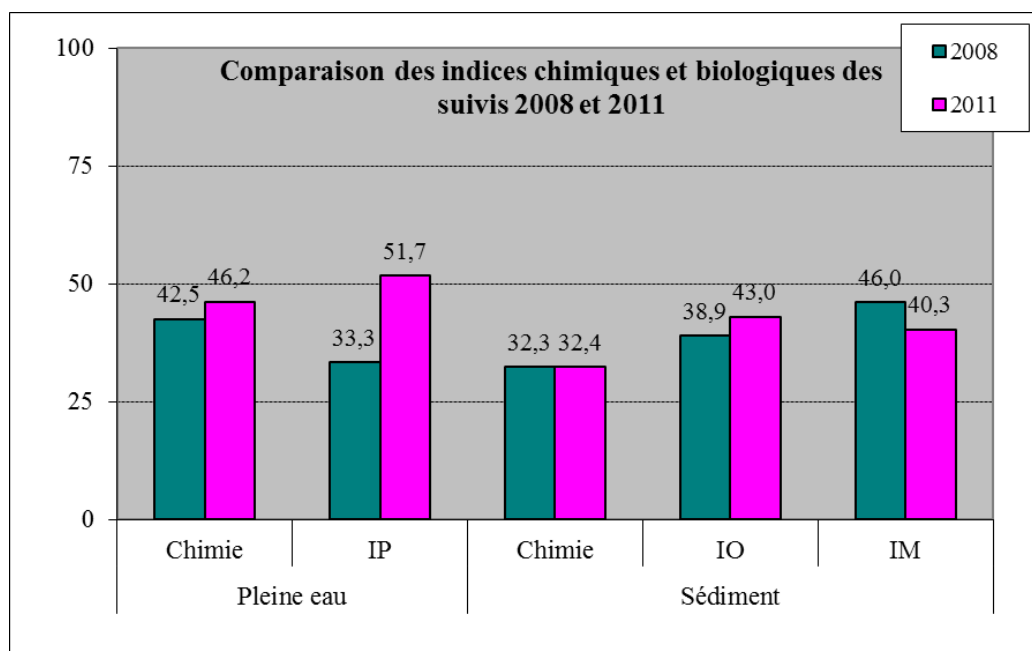
Comme en 2008, la figure 2011 présente une nette dissymétrie principalement en raison de la forte valeur de l'indice dégradation qui demeure stable.

Par ailleurs, on observe une nette augmentation de l'indice nutrition (+ 18 points) qui avait été sous-estimé en 2008 en raison du démarrage précoce de l'activité biologique.

Enfin, en 2011, le phénomène de relargage est un peu moins marqué malgré la désoxygénation de l'hypolimnion.

Globalement, le lac de Paladru semble avoir évolué en 3 ans.

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 /
IM : Indice Mollusques

Les indices physico-chimiques sur l'eau et sur les sédiments sont similaires lors des deux suivis. Ils placent le lac de Paladru en classe mésotrophe pour l'indice physico-chimique sur l'eau et oligotrophe pour l'indice physico-chimique sur sédiments. Les indices biologiques sur sédiments (IO et IM) sont également peu variables dans le temps, au contraire de l'indice biologique sur eau (IP) qui présente une nette augmentation en 2011 par rapport à 2008 (+ 18 points). Cependant, cet indice avait été calculé à partir des abondances cellulaires en 2008.

Evaluation en termes de classe d'état DCE

1 - Etat écologique

Classes d'état

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

Année de suivi	Ensembles agrégés des éléments de qualité		Polluants spécifiques de l'état écologique	Altérations hydromorphologiques	Etat écologique	Niveau de confiance
	Biologiques	Physico-chimiques généraux				
2008	B	MED	B	Non déterminé	MOY	2/3
2011	MOY	MED	B	Non déterminé	MOY	2/3

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.

Année de suivi	Paramètres biologiques		Paramètres Physico-chimiques généraux			
	Chlo-a	IPL	Nmin max	PO ₄ ³⁻ max	Ptot. Max	Transp.
2008	2,4	33,3	1,10<x<1,15	<0,007	<0,014	6,5
2011	1,5<x<1,9	51,7	1,13<x<1,17	<0,005	0,019	7,9

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

Année de suivi	Paramètres complémentaires		
	Biologiques		Physico-chimiques généraux
	IMOL	IOBL	Déficit O ₂
2008	5	12,8	75,2
2011	6	11,0	80,3

Le lac de Paladru est classé en état écologique moyen lors des 2 suivis de 2008 et 2011. La forte concentration en azote minéral (liée aux fortes valeurs observées en nitrates) reste responsable de la classe d'état médiocre obtenue pour les éléments de qualité physico-chimiques généraux. L'indice planctonique est variable en raison de la différence de la méthode de calcul entre 2008 et 2011. Les autres paramètres biologiques et physico-chimiques généraux, ainsi que les paramètres complémentaires, ne présentent pas de variation importante entre 2008 et 2011.

2 - Etat chimique

	Bon
	Mauvais

Année de suivi	Etat chimique
2008	Bon
2011	Bon

Le plan d'eau est classé en bon état chimique lors des deux périodes de suivi.

Annexe 8 : Résultats du suivi piscicole



Office national de l'eau
et des milieux aquatiques

délégation régionale
Rhône-Alpes
Unité spécialisée milieux lacustres

Fiche synthétique Etat du peuplement piscicole

Protocole CEN 14757

Plan d'eau : **PALADRU (2011)**

Réseau : **DCE surveillance et contrôle op.**

Superficie : **390 Ha**

Zmax : **35,9 m**

Date échantillonnage : **du 20 au 23/09/11**

Opérateur : **ONEMA (USML et SD38)**

Nb filets benthiques : **48 (2160 m2)**

Nb filets pélagiques : **10 (1650 m2)**

Composition et structure du peuplement :

Espèce code	Captures		Pourcentages		Rendements	
	Effectifs ind.	biomasses gr	num %	pond %	num ind/1000m2	pond gr/1000m2
BRE	16	13429	0,36	9,71	4,20	3524,67
BRO	9	3368	0,20	2,44	2,36	883,99
CCO	3	13616	0,07	9,84	0,79	3573,75
CHA	18	66,9	0,40	0,05	4,72	17,56
CHE	11	6571	0,24	4,75	2,89	1724,67
COR	33	4941	0,73	3,57	8,66	1296,85
GAR	1428	19033,1	31,78	13,76	374,80	4995,56
OBL	15	10624	0,33	7,68	3,94	2788,45
OCL	1	8	0,02	0,01	0,26	2,10
PER	2897	53904,2	64,46	38,97	760,37	14148,08
PES	10	396	0,22	0,29	2,62	103,94
ROT	47	7051,5	1,05	5,10	12,34	1850,79
TAN	6	5300	0,13	3,83	1,57	1391,08
Total	4494	138308,7	100	100	1179,5	36301,5

BRE : brème commune / BRO : brochet / CCO : carpe commune / CHA : chabot / CHE : chevaine / COR : corégone / GAR : gardon / OBL : Omble chevalier / OCL : orconectes limosus (écrevisse) / PER : perche / PES : perche soleil / ROT : rotengle / TAN : tanche

Tab. 1 : résultats de pêche sur le lac de Paladru (les rendements surfaciques prennent en compte tous les types de filets tendus)

En 2011, le peuplement du lac de Paladru reste composé de **13** espèces mais l'échantillon récolté diffère légèrement de celui de 2005 puisqu'il manque la truite, l'ablette et la brème bordelière. En revanche la tanche et la perche-soleil ont pu être prises alors qu'elles faisaient défaut en 2005 [leur présence était cependant déjà connue]. Il est maintenant dominé par le groupe perche-gardon-rotengle, avec une forte abondance de la brème commune.

Le déclassement du corégone est probablement à relier au changement de protocole, l'actuel standard de pêche sous échantillonnage l'espace pélagique, zone de prédilection de cette espèce. L'échantillonnage selon le protocole CEN a permis de confirmer par ailleurs la présence et l'abondance du chabot.

Le brochet demeure à un niveau élevé d'abondance à Paladru, les individus récoltés étant avant tout des sujets âgés de un ou deux étés. Les ombles chevalier capturés à l'automne 2011 ne revêtent qu'une très faible signification sur l'état du milieu, en effet, ils proviennent d'un déversement réalisé quelques semaines avant l'opération.

Enfin il faut noter l'apparition significative dans l'échantillonnage de la perche-soleil, espèce d'origine nord-américaine, qui fréquente ici les trois strates superficielles du plan d'eau. Le statut de cette espèce est à suivre.

Distribution spatiale des captures :

La distribution verticale des espèces sur le lac de Paladru est conforme à l'oxygénation constatée en automne sur le lac, en effet, à partir de 22 m, on passe sous la barre de 4mg/l et 2mg/l dès 24 m. Les conditions de vie piscicole sont donc moins favorables qu'en 2008 et on peut observer cette année une anoxie automnale dès 26 mètres.

Les chabots, corégones et ombles, espèces exigeantes en termes d'oxygénation de l'eau restent cantonnées dans les strates superficielles : leur espace est donc restreint du fait de la qualité de l'eau du lac.

Strates	Benthiques													Pélagiques				
	BRE	BRO	CCO	CHA	CHE	COR	GAR	OBL	OCL	PER	PES	ROT	TAN	CHE	COR	GAR	PER	
0-2,9	12	4	1	1	8		262		1	244	2	41	3	0-6	1		136	26
3-5,9	2	4	1	2	1	1	247			748	4	2	1	6-12			241	356
6-11,9		1		5			445			1407	4	1	1	12-18		27		51
12-19,9	2		1	10	1	4	97	15		65		3	1	18-24		1		
Total	16	9	3	18	10	5	1051	15	1	2464	10	47	6		1	28	377	433

Tab. 2 : distribution spatiale des captures observées en 2011 sur le lac de Paladru (effectifs bruts)

Les analyses réalisées en 2011 dans le cadre de la diagnose physico-chimique ont par ailleurs permis de confirmer le maintien d'une forte pression agricole sur le bassin versant du lac de Paladru, qui se traduit par des teneurs élevées en NO₃⁻, phosphore mais aussi résidus d'atrazine présents à chaque campagne de mesure.

Structure des populations majoritaires :

La densité d'alevins de l'année de perche est très forte (mais le protocole de pêche amène à sur-échantillonner les zones favorables à cette espèce) et l'échantillon obtenu est complet jusqu'à une taille de 42 cm. On note quand même qu'il existe une forte régression d'abondance entre la cohorte d'alevins de l'année et celle de l'année n-1, signe d'un possible problème trophique en fin d'automne /hiver.

La population de corégone semble afficher un état plus inquiétant qu'en 2005-06, les densités numériques et pondérales sont en léger recul malgré la présence de plusieurs classes d'âge. La question de la gestion de cette espèce est probablement à se poser et la réalisation d'une évaluation technique de l'efficacité des déversements annuels semble opportune dans le contexte actuel.

Le statut du gardon reste stable avec un recrutement moyen observé en 2011 et un effectif très abondant de sujets de deux étés, signe d'une réussite toujours fluctuante de la reproduction à Paladru.

Éléments de synthèse :

Le peuplement piscicole du lac de Paladru semble afficher un état quasi stable par rapport au dernier échantillonnage réalisé en 2005. La situation du corégone doit cependant faire l'objet d'une attention particulière au travers des suivis de capture. La question de la qualité de l'hypolimnion et de son occupation par la faune benthique et piscicole reste d'actualité.

Il convient toujours de souligner la forte influence de l'activité agricole sur la physico-chimie des eaux du lac, qui limite probablement les possibilités de recouvrement du bon état écologique de la masse d'eau, notamment du fait de la subsistance d'une strate désoxygénée plus ou moins importante selon les années et probablement les facteurs climatiques associés, qui peuvent agir en synergie avec les flux polluant émanant du bassin versant.

Bibliographie :

ONEMA et FDAAPPMA Isère, **2008**. Le lac de Paladru - étude physico-chimique, hydrobiologique et piscicole -. Rap. Onema, Dél. Rég. Rhône-Alpes, 42 p.