

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

Chaillexon

(25 : Doubs)

Campagnes 2013

VI – Janvier 2015



Méthodologie

Contenu des suivis

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

		Paramètres	Type de prélèvements/ Mesures	HIVER	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE
Sur EAU	Mesures in situ	O2 dis. (mg/l, %sat.), pH, COND (25°C), T°C, transparence secchi	Profils verticaux	X	X	X	X
	Physico-chimie classique	DBO5, PO4, Ptot, NH4, NKJ, NO3, NO2, COT, COD, MEST, Turbidité, Si dissoute	Intégré	X	X	X	X
			Ponctuel de fond	X	X	X	X
	Substances prioritaires, autres substances et pesticides	Micropolluants sur eau*	Intégré	X	X	X	X
			Ponctuel de fond	X	X	X	X
	Pigments chlorophylliens	Chlorophylle a + phéopigments	Intégré	X	X	X	X
Ponctuel de fond							
Minéralisation	Ca ²⁺ , Na ⁺ , Mg ²⁺ , K ⁺ , dureté, TA, TAC, SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , HCO ₃ ⁻	Intégré	X				
		Ponctuel de fond					
Sur SEDIMENTS	Eau interstitielle : Physico-chimie		PO4, Ptot, NH4				
	Phase solide (<2mm)	Physico-chimie	Corg., Ptot, NKJ, Granulométrie, perte au feu	Prélèvement au point de plus grande profondeur			X
		Substances prioritaires, autres substances et pesticides	Micropolluants sur sédiments*				
HYDROBIOLOGIE et HYDROMORPHOLOGIE		Phytoplancton	Prélèvement Intégré (Cemagref/Utermöhl)	X	X	X	X
		Invertébrés benthiques	Lacs naturels : IBLsimplifié		X		
			Retenues : IOBL (NF T90-391)		X		
		Macrophytes	Norme XP T 90-328			X	
		Hydromorphologie	en charge de l'ONEMA			X	
		Suivi piscicole	Protocole CEN (en charge de l'ONEMA)			X	

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

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

Outils d'interprétation (détails en annexe 2)

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

Diagnose rapide

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

Etat écologique et état chimique au sens de la DCE

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

Caractéristiques du plan d'eau

Nom : **Lac de Chaillexon**

Code lac : **U2115003**

Masse d'eau : **FRDL14**

Département : **25 (Doubs)**

Région : **Franche-Comté**

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

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

Altitude (NGF) : **750**

Superficie (ha) : **75**

Volume (hm³) : **56,4**

Profondeur maximum (m) : **25**

Temps de séjour (j) : **5**

Tributaire(s) : **Le Doubs, la Rançonnière**

Exutoire(s) : **le Doubs**

Réseau de suivi DCE : **Réseau de Contrôle de Surveillance / Contrôle Opérationnel** (cf. annexe 1)

Période/Année de suivi : **2007, 2010, 2013**

Objectif de bon état : **2015**

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



Carte de localisation du lac de Chaillexon (base carte IGN 1:100 000).

Résultats - Interprétation

Retenue naturelle sur le Doubs, le lac de Chaillexon se situe dans le massif du Jura, sur la commune de Villers-le-Lac (25). En aval des villes de Pontarlier et Morteau, le Doubs marque à ce niveau la frontière entre la France et la Suisse à 750 mètres d'altitude et près de 70 kilomètres de sa source.

En aval de Villers-le-Lac, la retenue est composée de deux entités distinctes morphologiquement. Une zone d'expansion du Doubs, représentant un quart du plan d'eau, suivi d'une zone de gorge, appelée bassin du Doubs, représentant les trois-quarts restants, en amont de l'exutoire du Saut du Doubs, barrage naturel de près de 27 mètres formé suite à un éboulement rocheux. Le temps de séjour des eaux du lac est évalué à 5 jours. La navigation est autorisée, et de nombreux bateaux touristiques sillonnent la retenue en direction des gorges et du Saut du Doubs.

Diagnose rapide

Les résultats obtenus pour les différents indices témoignent d'un lac **eutrophe**. Les eaux du lac de Chaillexon reflètent les apports du bassin versant du Doubs. Concernant le compartiment de pleine eau, l'indice physico-chimique moyen révèle une qualité globale de niveau eutrophe. L'indice biologique (IP) est nettement moins déclassant (31,7), mais semble sous-estimé, notamment du fait de la météo fraîche et pluvieuse de la période estivale 2013, ayant réduit le temps de séjour des eaux et gêné la production primaire.

Le compartiment sédiment affiche un indice physico-chimique moyen de niveau médiocre (63 - eutrophe), très fortement pénalisé par la charge en phosphore total et par le phénomène de relargage.

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 Chaillexon est classé en **état écologique moyen** d'après les résultats obtenus en 2013 (cf. annexe 4). Les paramètres azote minéral, phosphore total et transparence n'atteignent affichent un état moyen.

Le lac de Chaillexon est classé en **mauvais état chimique** (Cf. Annexe 5) en raison des concentrations mesurées en certains "hydrocarbures aromatiques polycycliques" (HAP), dépassant les normes de qualités environnementales définies pour ces paramètres. 11 HAP différents ont été quantifiés dans l'eau au cours du suivi annuel pour un total de 45 quantifications en HAP.

Même si le compartiment sédiment n'est pour l'instant pas pris en compte en termes d'évaluation de l'état chimique, il convient cependant de noter que de nombreuses substances ont également été quantifiées dans les sédiments et que certaines valeurs de métaux et de HAP paraissent particulièrement élevées.

L'étude hydromorphologique n'a pas été renouvelée en 2013, **cet élément ayant déjà été suivi en 2007.**

L'étude de la végétation aquatique pour évaluer le niveau trophique du plan d'eau est délicate car la végétation observée est susceptible d'être largement influencée par les écoulements en provenance des thalwegs sus-jacents. Par ailleurs les deux espèces de bryophytes caractérisées au niveau des gorges ont une amplitude trophique large allant de l'oligotrophie à l'eutrophie. Le caractère indicateur de cette végétation vis-à-vis du niveau trophique reste donc extrêmement limité.

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

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

Suivi piscicole

Un suivi piscicole a été réalisé en 2013 par l'ONEMA (Cf. annexe 8).

En 2013, le peuplement piscicole du lac de Chaillexon affiche comme en 2007 une diversité lacunaire vis-à-vis du potentiel d'espèces présentes. Malgré des rendements de pêche nettement supérieurs à ceux de 2007, le peuplement piscicole observé reste largement dominé par des espèces ubiquistes et résistantes.

Les espèces sensibles à la qualité du milieu (eau et habitat) étant soit absentes soit en abondance très déficitaire. L'installation lente et progressive du sandre et du silure et conjointement la très mauvaise situation chronique de la population de brochet, espèce intégratrice du bon fonctionnement global de l'hydrosystème lacustre, témoignent du maintien du lac de Chaillexon dans un état dégradé.

Des investigations complémentaires doivent être menées pour comprendre les causes des dysfonctionnements actuels et améliorer cette situation.

Annexe 1 : Programme de surveillance

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

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

- Le réseau de contrôle de surveillance (RCS) vise à donner une image globale de la qualité des eaux. Tous les plans d'eau naturels supérieurs à 50 ha ont été pris en compte sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse. Pour les plans d'eau d'origine anthropique, une sélection a été opérée parmi les plans d'eau supérieurs à 50 ha, afin de couvrir au mieux les différents types présents (grandes retenues, plans d'eau de digue, plans d'eau de creusement).
- Le contrôle opérationnel (CO) vise à suivre spécifiquement les masses d'eau (naturelles ou anthropiques) supérieures à 50 ha, à risque de non atteinte du bon état (ou du bon potentiel) des eaux en 2015.

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

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

Annexe 2 : Les outils d'interprétation

La Diagnose rapide

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

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

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

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

Les indices physico-chimiques

Indice Pigments chlorophylliens¹

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

Indice Transparence

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

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

Indice P total hiver

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

Indice N total hiver

$I_{NTH} = 47 + 65 \times \log_{10}(X)$ où X est la valeur de l'azote total (mg/l), mesurée lors de la campagne de fin d'hiver et obtenue à partir de l'échantillon intégré².

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

Indice Consommation journalière en O₂ dissous

$I_{O_2j} = -50 + 62 \times \log_{10}(X+10)$ où X est la valeur de la consommation journalière en oxygène dissous en mg/m³/j.

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

Indice P total du sédiment

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

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

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

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

Indice Perte au feu du sédiment

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

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

Indice P total de l'eau interstitielle

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

Indice Ammonium de l'eau interstitielle

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

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

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

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

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

Les indices biologiques sont au nombre de trois :

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

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

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

Avec les valeurs suivantes pour Qi et Aj :

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

Coefficients attribués aux groupes algaux repères

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

Classes d'abondance relative du phytoplancton

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

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

L'indice IOBL par point de prélèvement (= 3 « coups » de bennes à une profondeur donnée) = $S + 3\log_{10}(D+1)$ où S = nombre de taxons parmi les oligochètes comptés et D = densité en oligochètes pour 0,1 m².

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

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

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

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

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

Table III : Procédure of the determination of index IMOL.

Niveau d'échantillonnage	Repères malacologiques	Indices	Exemples (dates de prospection)
$Z_1 = 9/10 Z_{max}$	- Gastéropodes et Bivalves présents	8	Léman (1963)
	- Gastéropodes absents, Bivalves seuls présents	7	Bourget (1940), Longemer (1977), Grand Maclu (1983), Chalain (1984),
Absence de mollusques en Z_1			
$Z_2 = -10 \text{ m}$ (20 m) ⁽²⁾	- Deux genres ou plus de deux genres de Gastéropodes présents	6	Lac Léman (1987), Saint-Point (1978) Grand Clairvaux (1982), Laffrey (1989).
	- Un seul genre de Gastéropode présent	5	Le Bourget (1988), Rémoray (1978 et 1989), Les Rousses (1980).
	- Gastéropodes absents, 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'avèrera non pertinent et ne sera alors pas pris en compte dans l'évaluation de l'état).

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

- Polluants spécifiques de l'état écologique

Polluants spécifiques non synthétiques (analysés sur eau filtrée)	
Substances	NQE_MA ($\mu\text{g/l}$)
Arsenic dissous	Fond géochimique + 4,2
Chrome dissous	Fond géochimique + 3,4
Cuivre dissous	Fond géochimique + 1,4
Zinc dissous	Fond géochimique + 3,1 (si dureté ≤ 24 mg CaCO ₃ /l)
	Fond géochimique + 7,8 (si dureté > 24 mg CaCO ₃ /l)
Polluants spécifiques synthétiques (analysés sur eau brute)	
Substances	NQE_MA ($\mu\text{g/l}$)
Chlortoluron	5
Oxadiazon	0,75
Linuron	1
2,4 D	1,5
2,4 MCPA	0,1

NQE_MA : Normes de Qualité Environnementales en Moyenne Annuelle

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

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

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

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

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

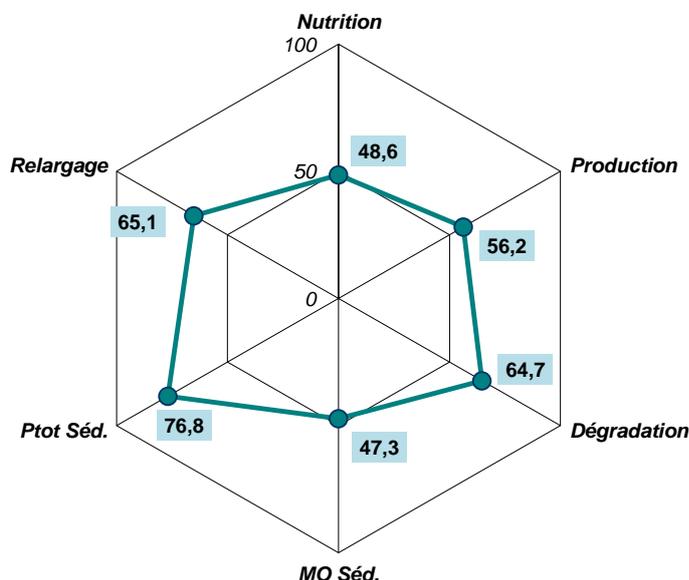
La liste des 41 substances prises en compte dans l'état chimique figure dans l'annexe 8 de l'arrêté du 25 janvier 2010, avec les NQE à respecter en valeur moyenne et en concentration maximale admissible.

Annexe 3 : Résultats de la diagnose rapide

Les indices fonctionnels physico-chimiques :

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

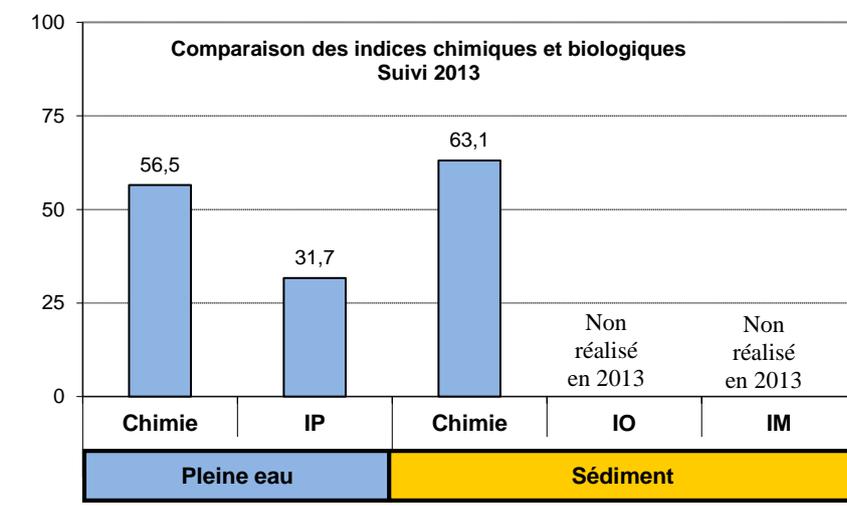
Graphique en radar des indices fonctionnels de Chaillexon Suivi 2013



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

Les indices nutrition et production témoignent de teneurs en nutriments et d'une production primaire moyennes à fortes, alors que l'indice de dégradation reflète le fort potentiel de désoxygénation des couches profondes sans pour autant que la stratification de la colonne d'eau ne soit importante. Le compartiment sédiment est très fortement pénalisé par la charge en phosphore total et par le phénomène de relargage. Le taux de matière organique est également significatif, pouvant être qualifié de niveau moyen.

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.

De nature eutrophe, les eaux du lac de Chaillexon reflètent les apports du bassin versant du Doubs. Concernant le compartiment de pleine eau, l'indice physico-chimique révèle une qualité globale de niveau eutrophe. L'indice biologique (IP) est nettement moins déclassant (31,7), mais semble sous-estimé, notamment du fait de la météo fraîche et pluvieuse de la période estivale 2013, ayant réduit le temps de séjour des eaux et gêné la production primaire.

Le compartiment sédiment affiche un indice physico-chimique médiocre (63 - eutrophe). Les indices biologiques oligochètes et mollusques n'ont pas été réalisés en 2013.

Globalement, les indices synthétiques du suivi 2013 qualifient le lac de Chaillexon de milieu eutrophe.

Lac de Chaillexon

Les indices de la diagnose rapide

Valeurs brutes et calcul des indices

Suivi 2013

Les indices physico-chimiques

	Ptot ech intégré hiver (mg/l)	indice Ptot hiver	Ntot ech intégré hiver (mg/l)	indice Ntot hiver	INDICE NUTRITION moyen
2013	0,02	47,7	0.89<x<1.34	43,7<x<55,3	48,6

	Secchi moy (m) (3 campagnes estivales)	indice Transparence	Chloro a + Phéop. (µg/l) (moy 3 camp. estivales)	indice Pigments chlorophylliens	INDICE PRODUCTION
2013	2,3	58,0	7.3<x<8.3	53,4<x<55,6	56,2

	Conso journalière en O2 (mg/m ³ /j)	INDICE DEGRADATION
2013	60,7	64,7

Calculé entre C1 et C3 sur l'ensemble de la colonne d'eau

	perte au feu (% MS)	indice Perte au feu séd = INDICE stockage MO du séd
2013	7,8	47,3

Correspondance entre indices de la diagnose rapide et niveau trophique	
Indice	Niveau trophique
0-15	Ultra oligotrophe
15-35	Oligotrophe
35-50	Mésotrophe
50-75	Eutrophe
75-100	Hyper eutrophe

	Ptot séd (mg/kg MS)	indice Ptot séd = INDICE stockage des minéraux du séd
2013	2597	76,8

	Ptot eau interst séd (mg/l)	indice Ptot eau interst	NH4 eau interst séd (mg/l)	indice NH4 eau interst	INDICE RELARGAGE moyen
2013	0,86	60,8	17,40	69,4	65,1

Les indices biologiques

	Indice planctonique IP	Oligochètes IOBL global	Indice Oligochètes IO	Mollusques IMOL	Indice Mollusques IM
2013	31,7	Non réalisé	-	Non réalisé	-

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

Annexe 4 : 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 Chaillexon a un temps de séjour évalué à 5 jours qui le place en temps de séjour court.

Nom ME	Code	Type	Ensembles agrégés des éléments de qualité		Polluants spécifiques de l'état écologique	Elément de qualité hydromorphologique	Etat écologique	Niveau de confiance
			Biologiques	Physico-chimiques généraux				
Chaillexon	FRDL14	MEN*	B	MOY	B	Non déterminé	MOY	2/3

* MEN : masse d'eau naturelle.

Les ensembles agrégés des éléments de qualité biologiques et physico-chimiques généraux classent le lac de Chaillexon respectivement en bon état et en état moyen.

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. Cuivre et zinc ont été quantifiés sur la quasi-totalité des échantillons analysés tandis que chrome et arsenic ont été rarement quantifiés (2 à 3 quantifications/8 échantillons analysés).

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	Type	Paramètres biologiques		Paramètres physico-chimiques généraux			
			Chlo-a	IPL	N _{min} max	PO ₄ ³⁻ max	Ptot. max	Transp.
Chaillexon	FRDL14	MEN*	4.3 < x < 4.7	31.7	0.74	0.020	0.04	2.3

* MEN : masse d'eau naturelle.

Les paramètres biologiques chlorophylle *a* et indice phytoplanctonique atteignent le bon état. Parmi les paramètres physico-chimiques, seuls les phosphates atteignent le bon état. Les nitrates, le phosphore total et la transparence sont classés en état moyen. Le lac de Chaillexon est donc classé en **état écologique moyen** en 2013.

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	
			Biologique	Physico-chimique général
Nom ME	Code	Type	IMAIL	Déficit O ₂
Chaillexon	FRDL14	MEN*	NC**	31,9

* MEN : masse d'eau naturelle. / **NC : non calculé

Parmi les paramètres complémentaires, seul le déficit en oxygène a été déterminé au cours de ce suivi 2013. Ce dernier exprime une consommation modérée en oxygène dans la couche profonde, résultat influencé positivement par le temps de séjour très court des eaux et la stratification des eaux largement fluctuante en fonction du débit du Doubs. L'indice « dégradation » de la diagnose rapide est moins favorable (64,7 ; cf. annexe 3).

IMAIL : Indice MAcroInvertébrés Lacustre (indice non disponible). Cet indice est calculé à partir des données issues du protocole d'échantillonnage des invertébrés benthiques adapté aux plans d'eau naturels profonds (protocole aussi dénommé « IBLsimplifié »).

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 $O_2(f)$ 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	
Chaillexon	Mauvais

Le lac de Chaillexon est classé en **mauvais état chimique** en raison des concentrations mesurées pour le groupe de substances prioritaires "**hydrocarbures aromatiques polycycliques**" (**HAP**) et plus précisément du fait de la moyenne annuelle obtenue pour la somme des paramètres **benzo(g,h,i)pérylène** et **indéno(1,2,3-cd)pyrène**. La moyenne annuelle obtenue atteint plus de 2,5 fois la NQE définie pour ce paramètre (0,0055 µg/l pour une NQE de 0,002 µg/l). Les plus fortes valeurs sont obtenues sur les prélèvements de fond des mois de mars, mai et septembre où les concentrations dépassent 0,01 µg/l. La navigation intense sur le lac de Chaillexon (navettes touristiques pour le site du Saut du Doubs) pourrait être à l'origine des teneurs observées, une des sources de HAP étant la combustion incomplète des carburants des moteurs thermiques.

Ces mêmes paramètres déclassaient déjà ce plan d'eau en mauvais état chimique lors du précédent suivi de 2010.

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

- Six HAP. En plus des deux substances citées plus haut, 4 autres HAP ont été retrouvés :
 - le benzo(a)pyrène : quantifié à chacune des campagnes sur les échantillons de fonds et également sur l'intégré pour les campagnes de mai et septembre (de 0,0013 à 0,0081 µg/l) ;
 - le fluoranthène : quantifié sur les échantillons de fond des quatre campagnes (de 0,006 à 0,013 µg/l) ;
 - le benzo(b)fluoranthène : quantifié sur les échantillons de fond des campagnes de mars (0,0077 µg/l), mai (0,0073 µg/l) et septembre (0,0061 µg/l) ;
 - le naphthalène, uniquement quantifié sur l'échantillon intégré de la campagne de mai (0,011 µg/l).

- Un composé métallique : le nickel, quantifié sur les campagnes de juillet et septembre de 1,1 à 1,6 µg/l.
- Un phtalate, utilisé pour assouplir les matières plastiques : le DEHP*. Il a été quantifié sur deux échantillons (0,43 et 0,69 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 :

Près de 500 molécules ont été recherchées à chaque campagne sur l'échantillon intégré de la zone euphotique et sur l'échantillon de fond (dont seule une quinzaine figure dans la liste des 41 substances de l'état chimique). Deux pesticides ont été quantifiés :

- Un métabolite de l'herbicide glyphosate a été quantifié à trois reprises : échantillons intégré (0,205 µg/l) et de fond (0,078 µg/l) de la campagne de juillet et échantillon de fond de la campagne de septembre (0,054 µg/l). Il s'agit du principal produit de dégradation du glyphosate : l'AMPA.
- Un herbicide : le dicamba, quantifié à une seule reprise sur l'échantillon intégré de la campagne de juillet : (0,097 µg/l). Il s'agit d'un acide benzoïque, herbicide auxinique (inhibiteur des hormones de croissance). Il est utilisé comme désherbant (cultures, gazons de graminées).

Les micropolluants quantifiés (hors pesticides) :

En complément des substances quantifiées déjà citées, 13 autres paramètres ont été quantifiés :

- 7 métaux : baryum, uranium, vanadium (systématiquement quantifiés à chacune des campagnes sur les échantillons intégrés et/ou de fond), bore, cobalt, étain et titane.
- Cinq hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) : le benzo(a)anthracène, le dibenzo(ah)anthracène (tous deux quantifiés à chacune des campagnes sur les échantillons de fond et également sur les échantillons intégrés pour les campagnes de mai et septembre), le chrysène, le pyrène et le phénanthrène (plus rarement quantifiés : 1 à 4 quantifications).
- Un autre composé organique : l'EDTA, quantifié sur les échantillons intégrés des campagnes de mai et juillet à respectivement 6 et 7 µg/l. Il s'agit d'une substance au fort pouvoir chélatant qui trouve de nombreuses applications (domaine industrielle, médecine,...). Elle entre également dans la fabrication de produits utilisés en agriculture comme fertilisant : l'ajout d'EDTA dans un sol permet de lutter contre les carences en oligo-éléments.

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

Les micropolluants quantifiés dans les sédiments :

Sur les 268 substances recherchées sur sédiments, 47 ont été quantifiées. Il s'agit principalement de métaux (24 substances), de HAP (13 substances) et de PCB (6 congénères).

Une substance de la famille des BTEX a également été retrouvée : le toluène (18 µg/kg de Matières Sèches – MS).

Trois autres substances sont aussi quantifiées : un isomère du crésol, le crésol-ortho a une concentration de 72 µg/kg MS (les isomères du crésol peuvent être utilisés pour la fabrication de résines synthétiques, pesticides, antiseptiques et désinfectants), un plastifiant, le DEHP (587 µg/kg MS) et le décabromodiphényléther (31 µg/kg MS).

Parmi les métaux quantifiés, le chrome (119,1 mg/kg MS), le cuivre (74,9 mg/kg MS), le nickel (59,3 mg/kg MS) et le zinc (190,3 mg/kg MS) affichent des concentrations nettement supérieures aux valeurs habituellement rencontrées sur les plans d'eau suivis dans le cadre du programme de

surveillance.

Concernant les HAP, de nombreux paramètres sont quantifiés pour une concentration totale mesurée en HAP élevée, atteignant 6 674 µg/kg MS. Les valeurs les plus fortes sont obtenues pour le benzo(a)pyrène (1 151 µg/kg MS) et le fluoranthène (1 129 µg/kg MS).

23 PCB (polychlorobiphényles) ont été recherchés sur le prélèvement de sédiment effectué le 24 septembre 2013. Six congénères ont été quantifiés pour une concentration totale en PCB atteignant 12 µg/kg MS (soit une concentration par congénère restant modérée : de 1 à 3 µg/kg MS par congénère).

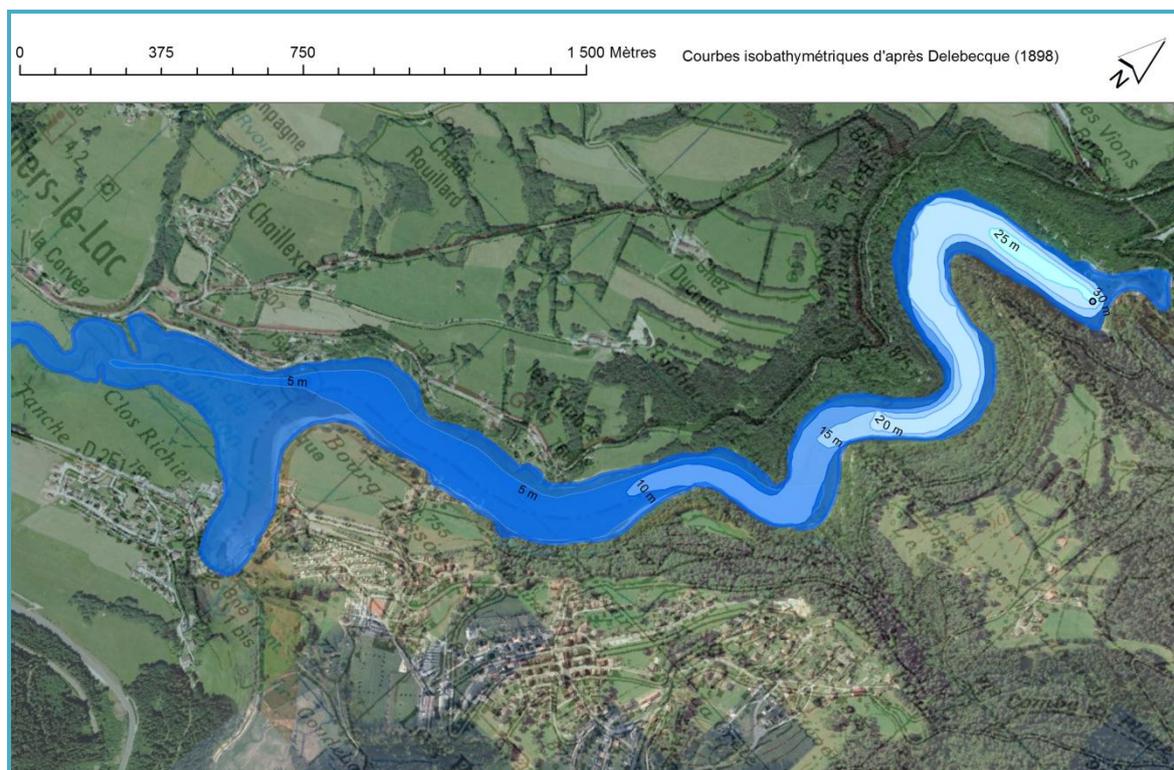
Annexe 6 : Eléments complémentaires d'interprétation

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

Retenue naturelle sur le Doubs, le lac de Chaillexon se situe dans le massif du Jura, sur la commune de Villers-le-Lac (25). En aval des villes de Pontarlier et Morteau, le Doubs marque à ce niveau la frontière entre la France et la Suisse à 750 mètres d'altitude et près de 70 kilomètres de sa source. La retenue est appelée lac des Brenets côté Suisse.

Alors que le cours d'eau s'écoulait au fond de profondes gorges depuis Morteau, le plan d'eau s'est formé au cours de la dernière glaciation, il y a près de 12000 ans, suite à l'éboulement des versants des gorges du Doubs. Bloquant l'écoulement de la rivière, un barrage de près 27 mètres de hauteur (le Saut du Doubs) formait alors une importante retenue de près de quinze kilomètres de longueur. Largement comblée par les apports sédimentaires, les quatre derniers kilomètres actuels ne représentent donc qu'une relique de l'ancien système lacustre. Constitué d'éboulis rocheux, la porosité du barrage du Saut du Doubs induisait un important marnage sur la retenue, pouvant atteindre près 21 mètres en période d'étiage. Des travaux de colmatage ont été réalisés en 2001 pour limiter les bas niveaux et permettre la pérennité de la navigation touristique commerciale.

En aval de Villers-le-Lac, la retenue est composée de deux entités distinctes morphologiquement. Une zone d'expansion du Doubs, représentant un quart du plan d'eau, suivi d'une zone de gorge, appelée bassin du Doubs, représentant les trois-quarts restants, en amont de l'exutoire du Saut du Doubs. Le temps de séjour des eaux du lac est évalué à 5 jours.



Bathymétrie du lac de Chaillexon.

Le climat régnant sur le bassin versant du Doubs est à très forte influence continentale, avec des températures moyennes annuelles comprises entre 6 et 8°C, de l'amont vers l'aval. La pluviométrie moyenne annuelle est de l'ordre de 1300 mm de précipitation au niveau du lac et de 1700 mm au niveau de l'amont. La prise en glace du lac est régulière. Selon la typologie nationale, le lac de Chaillexon est considéré comme un lac de type N4, soit un plan d'eau profond de moyenne montagne calcaire à zone littorale, compris dans l'hydro-écorégion de rang 1 «Jura-Préalpes du Nord». Le lac est classé en seconde catégorie piscicole. La navigation est autorisée, et de nombreux bateaux touristiques sillonnent la retenue en direction des gorges et du Saut du Doubs.

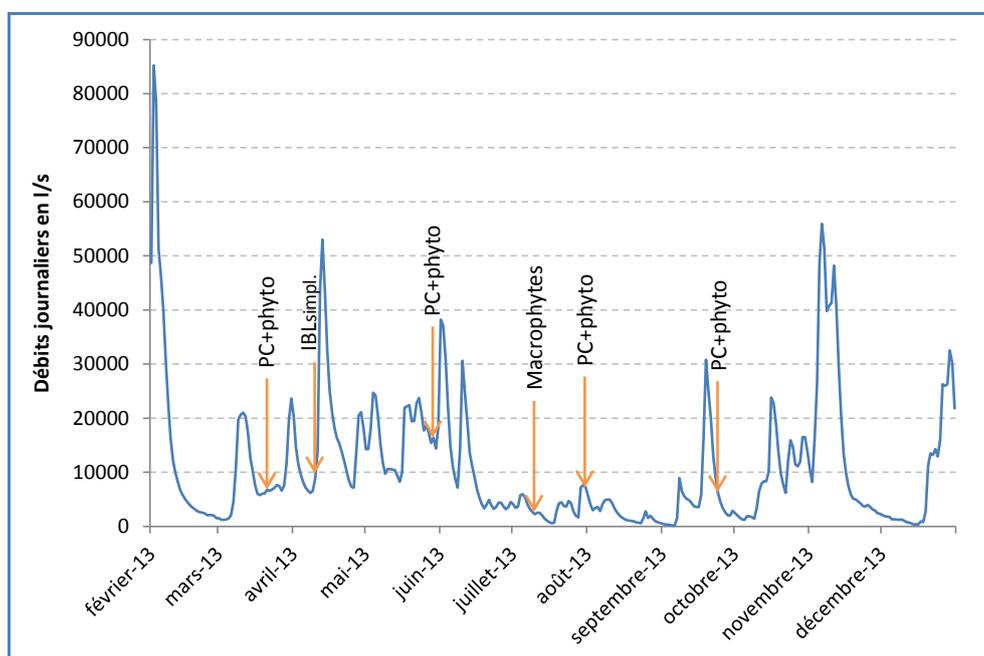
De nature eutrophe, les eaux du lac de Chaillexon reflètent les apports du bassin versant du Doubs. L'état écologique du plan d'eau est considéré comme globalement médiocre et l'état chimique comme

mauvais au vu des suivis antérieurs récents.

La première campagne de prélèvement a été réalisée en fin de période hivernale, avant qu'une amorce de stratification physico-chimique ne prenne place. Le reste de l'année 2013 a été relativement pluvieux avec des températures modérées, faisant fluctuer les débits du Doubs. La figure ci-dessous présente les dates des différentes interventions sur le plan d'eau en fonction des variations de débit du Doubs. La cote du plan d'eau s'est abaissée de près de deux mètres entre la première campagne et les campagnes estivales.

Calendrier des interventions sur le lac de Chaillexon en 2013.

		Physico-chimie		Compartiments biologiques		
		eau	sédiment	Phytoplancton	IBLsimpl.	Macrophytes
C1	21/03/2013					
	10/04/2013					
C2	29/05/2013					
	10/07/2013					
C3	31/07/2013					
C4	24/09/2013					



Débits journaliers du Doubs à Ville-du-Pont (25), en amont du lac de Chaillexon, de février à décembre 2013 (données Banque Hydro) et positionnement des différentes interventions.

Profils de température et d'oxygène :

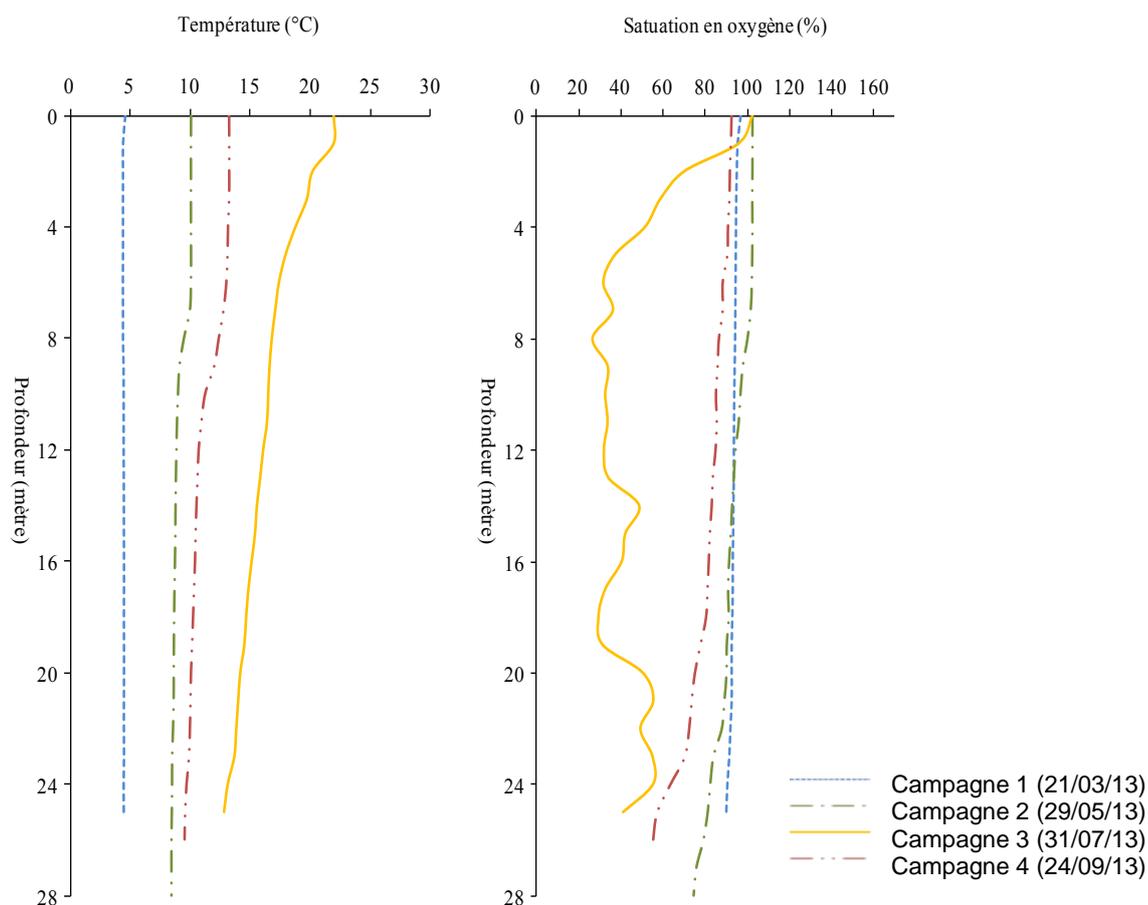
De prime abord, la colonne d'eau est fortement influencée et déstabilisée par la fluctuation des débits du Doubs. La colonne d'eau tendrait cependant à se stratifier ou à se stabiliser en périodes de stabilité hydraulique.

La colonne d'eau amorce une stratification dès le mois de mai, avec la mise en place d'une thermocline vers 8 mètres, qui restera stable à cette profondeur au cours des autres campagnes de mesure. La surface de l'eau atteint une température de près de 22°C fin juillet. Les températures en profondeur fluctuent avec la même amplitude qu'en surface, mais demeurent systématiquement plus fraîches de 2 à 3°C, laissant penser à des brassages réguliers de la colonne d'eau au cours de l'année.

La colonne d'eau est largement homogène en termes d'oxygénation au mois de mars. L'oxygène reste en sursaturation au niveau de la zone trophogène au cours des trois campagnes suivantes, mais décline systématiquement avec la profondeur, perdant de 40 à 50% de sa concentration au niveau des sédiments. Des phénomènes de dégradation de la matière organique semblent prépondérants en profondeur.

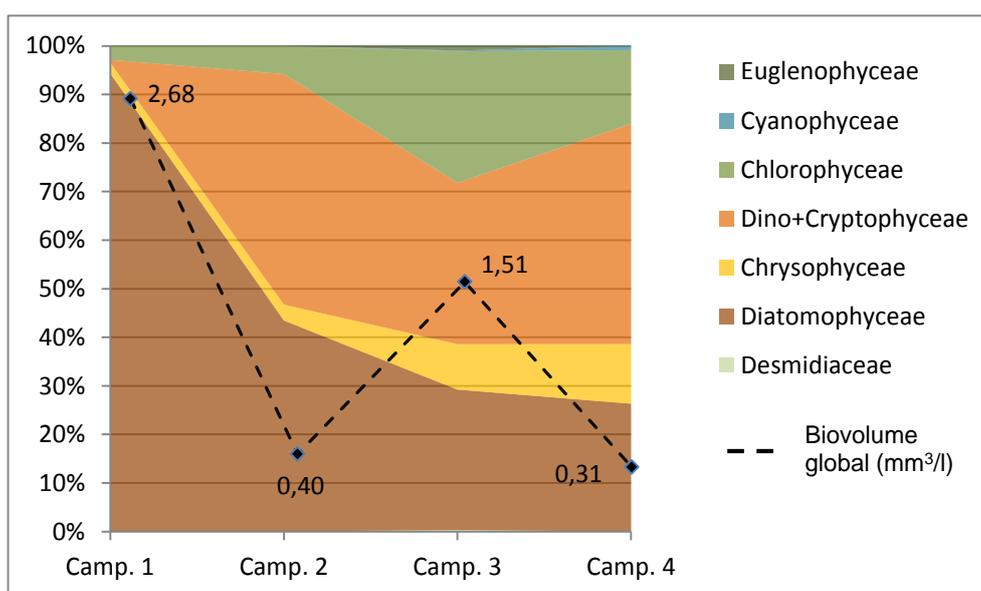
Des profils verticaux ont été réalisés lors des quatre campagnes. Les profils de température (°C) et de

saturation en oxygène dissous (%) sont fournis sur les graphiques suivants :



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.

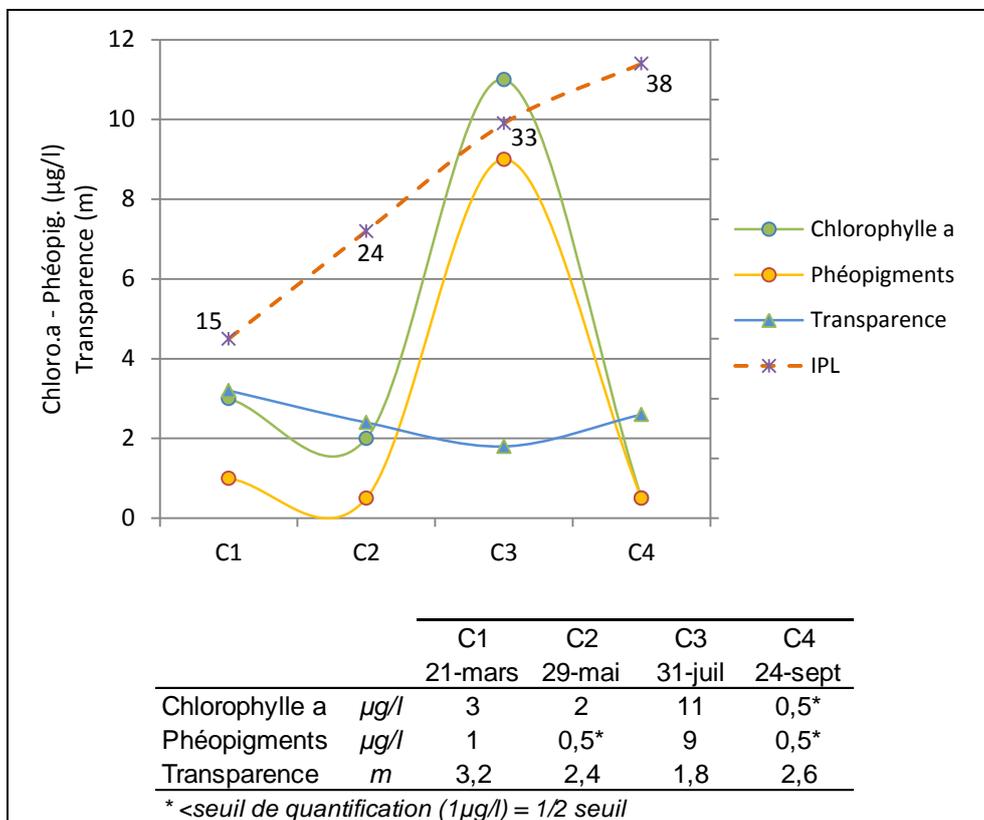


Répartition du phytoplancton sur le lac de Chaillexon à partir des biovolumes (mm^3/l)

Le tableau ci-dessous donne les abondances et les biovolumes phytoplanctoniques à chaque campagne.

Chaillexon	21/03/2013	29/05/2013	31/07/2013	24/09/2013
Total (nombre cellules/ml)	5675	1853	4241	3368
Biovolume total (mm ³ /l)	2.68	0.40	1.51	0.31

Globalement, la production phytoplanctonique est très hétérogène au cours des saisons et semble fortement influencée par les débits du Doubs, d'autant plus que le cours d'eau est relativement contraint en termes d'expansion latérale à ce niveau des gorges. Classiquement, la transparence évolue de façon antagoniste avec les pigments chlorophylliens.



Evolution des pigments chlorophylliens, de la transparence et de l'Indice Phytoplanctonique Lacustre (IPL) au cours des quatre campagnes de prélèvement sur le lac de Chaillexon en 2013.

Les concentrations et biovolumes algaux mesurés au laboratoire varient de concert et de façon cohérente avec la transparence. Moins riches en chlorophylle *a* que les autres groupes pigmentaires, le pic de diatomées du mois de mars, représentant plus de 90% du biovolume algal échantillonné, ne se retrouve que très faiblement retranscrit au niveau des mesures physico-chimiques hivernales.

Les peuplements estivaux de fin juillet, échantillonnés aux cours d'une période d'étiage stable, représentent une importante biomasse phytoplanctonique. De telles concentrations estivales reflètent un milieu à tendance eutrophe. La quatrième campagne voit apparaître des cyanobactéries des genres *Aphanocapsa* ou *Chroococcus*, traduisant une certaine eutrophisation du milieu. Ces taxons ne présentent pas de risques sanitaires.

Les IPL saisonniers augmentent de façon continue avec les campagnes, mais semblent sous-estimés.

En effet, les indices de qualité affiliés aux différents groupes repères ont été mis en place dans un contexte de milieu stagnant, ce qui n'est pas totalement respecté dans le cas du lac de Chaillexon.

L'IPL moyen, calculé sur les biovolumes algaux des trois campagnes de production, est de **31,7/100**, ce qui caractériserait le milieu comme *oligotrophe*. Un niveau de qualité inférieur de type *mésotrophe* serait plus probant à retenir.

Macro-invertébrés benthiques (IBL_{simplifié}) :

L'Indice MACroInvertébrés Lacustre (IMAIL) qui doit être calculé à partir des données acquises par l'application du protocole d'échantillonnage « IBL simplifié » n'est pas encore disponible. L'exploitation des listes faunistiques portant sur l'ensemble des macro-invertébrés benthiques permet cependant d'apporter certains éléments de diagnostic.

Les prélèvements sont situés à 2 isobathes (7 en zone sublittorale et 5 en zone centrale correspondant à 75% de la profondeur maximale du plan d'eau).

Les prélèvements de macro-invertébrés benthiques dans le lac de Chaillexon ont été réalisés en période d'homothermie des eaux, au mois d'avril.

L'étude des peuplements met en lumière une **désoxygénation** en profondeur. En effet, alors que la colonne d'eau est susceptible de se stratifier thermiquement ou d'être brassée à plusieurs reprises au cours de la période estivale en fonction des débits du Doubs, on peut tout de même observer une importante consommation de l'oxygène en profondeur (50%) essentiellement dus à des phénomènes de dégradation de matière organique. Le mode de respiration branchial, bien représenté au niveau de la zone littorale amont (-3 mètres), disparaît très largement au niveau de la zone profonde des gorges ($0,75 Z_{\max}$).

Le niveau trophique a été appréhendé à l'aide des différentes affinités physiologiques des taxons à un degré trophique donné. Du point de vue de cette analyse, le lac de Chaillexon se présente comme **méso-eutrophe**, et reflète la qualité des eaux du Doubs à ce niveau.

De la même façon, les différentes valeurs saprobiales, représentant la pollution organique, ou l'accumulation de matière organique, présentent le lac de Chaillexon comme un milieu **méso-polysaprobe**, démontrant de significatifs problèmes de minéralisation de la matière organique. La zone de gorge est sujette à une forte accumulation de matière organique charriée par le cours d'eau. Retenue naturelle située en amont des rapides du Saut du Doubs, l'écoulement des eaux en aval se réalise essentiellement en surface, gênant d'autant plus l'évacuation des sédiments en profondeur.

Les Macrophytes :

Le suivi des peuplements de macrophytes s'appuie sur la prospection d'unités d'observation (UO) dont le nombre dépend de la superficie du plan d'eau. Ces UO, constituées de relevés en zone littorales et sur des profils perpendiculaires, sont représentatives des différents types de rive du plan d'eau. Sur le lac de Chaillexon, 3 UO ont été sélectionnées.

S'agissant d'un plan d'eau marnant, les zones d'observation ne sont pas représentatives de l'importance du linéaire de chaque type de rive. Elles ont concerné essentiellement les secteurs les plus favorables au développement de la végétation tout en maintenant un point au niveau de la zone de gorge dont le linéaire de rive est très important mais avec un potentiel de développement de la végétation faible.

La première unité est représentative du secteur des gorges avec des parois rocheuses et/ou des éboulis très grossiers qui plongent dans la retenue. Ce contexte permet le développement de quelques bryophytes (*Fontinalis antipyretica*, *Cinclidotus fontinaloides*) et de quelques algues (*Rhizoclonium sp.* et *Ulothrix sp.*) mais avec des densités très faibles.

La deuxième unité est localisée au niveau d'une anse dont le thalweg qui se poursuit en milieu terrestre est drainé par un petit cours d'eau, réceptacle d'une station d'épuration. Le fond de l'anse à l'apparence d'un petit marais avec un développement important du *Phalaris arundinacea*. La présence d'*Acorus calamus* et surtout de *Hippuris vulgaris* au niveau des zones de hauts fonds est par contre tout à fait remarquable car il s'agit d'espèces peu fréquemment observées. Aucune végétation n'a pu être mise en évidence au-delà de 1,2 m de profondeur.

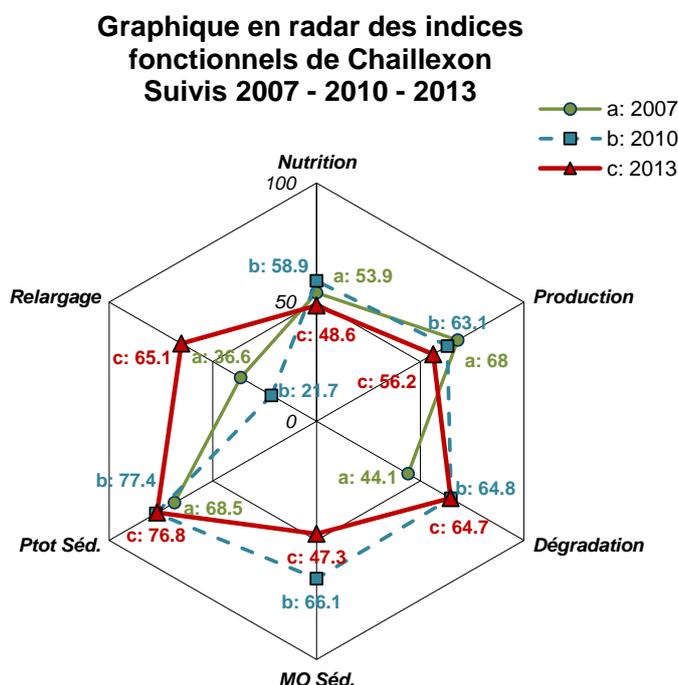
La zone humide au niveau de l'unité UO3 est constituée par une saulaie basse devant laquelle s'insère une magnocaricaie. La zone de pleine eau est largement dominée entre 0,5 m et 2 m par un peuplement monospécifique à *Polygonum amphibium* tandis que *Ranunculus circinatus* et *Potamogeton crispus* sont présents d'une manière beaucoup plus anecdotique. Aucune végétation L'évaluation du niveau trophique du plan d'eau au travers des espèces aquatiques recensées est délicate car la végétation observée au niveau de l'UO2 et l'UO3 est susceptible d'être largement influencée par les écoulements en provenance des thalwegs sus-jacents. Par ailleurs les deux espèces de bryophytes caractérisées en UO1 ont une amplitude trophique large allant de l'oligotrophie à l'eutrophie. Le caractère indicateur de cette végétation vis-à-vis du niveau trophique reste donc extrêmement limité.

Aucun taxon invasif ni patrimonial n'a été observé sur le lac.

Annexe 7 : Comparaison interannuelle des résultats

Les indices de la diagnose rapide

Les indices fonctionnels physico-chimiques :



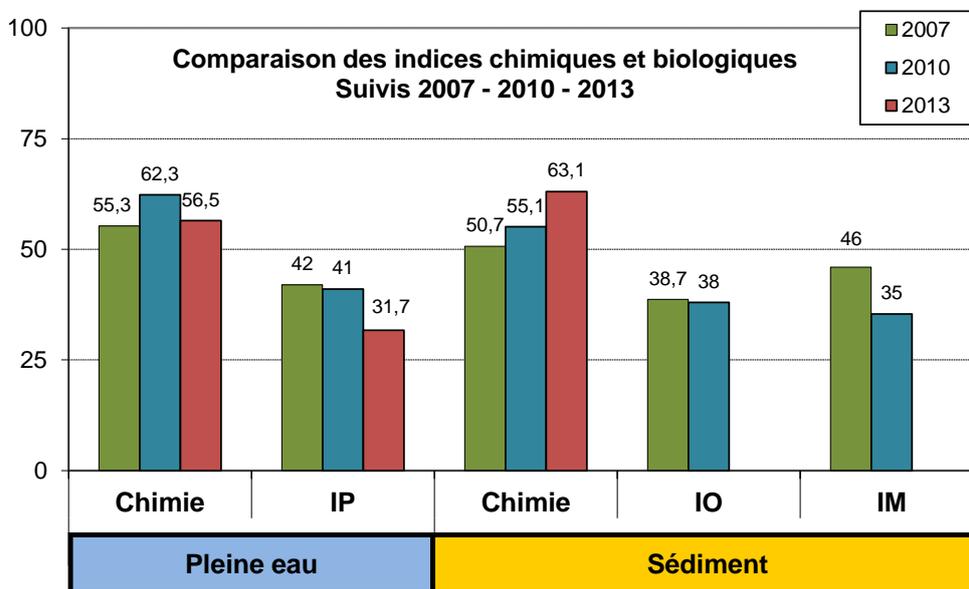
Les tracés des indices physico-chimiques des suivis 2007, 2010 et 2013 sont relativement similaires, traduisant un niveau de qualité à forte tendance eutrophe du lac de Chaillexon.

Les indices les plus déclassants restent la dégradation pour le compartiment eau et les fortes teneurs en phosphore pour le compartiment sédiment.

La variabilité interannuelle de l'indice relargage s'explique cependant davantage par des difficultés techniques de prélèvements (Cf. NB en bas de p.11) et de conditionnement des échantillons que par une évolution significative des conditions d'oxygénation de l'hypolimnion entre les différents suivis.

Les évolutions les plus significatives entre les différentes années semblent liées aux changements de régime du Doubs au cours des suivis.

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 eau et sur sédiment ainsi que l'indice planctonique varient globalement peu entre 2007 et 2013. La chimie des eaux reste en classe eutrophe, alors que les indices planctoniques sont toujours plus favorables.

Les indices physico-chimiques du sédiment se situent également à des niveaux de trophie élevés (eutrophe).

Globalement, il semble que la qualité du lac de Chaillexon ait peu évolué entre 2007 et 2013.

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	Elément de qualité hydromorphologique	Etat écologique	Niveau de confiance
	Biologiques	Physico-chimiques généraux				
2007	MAUV	MED	B	NR	MAUV	3/3
2010	MED	MED	B	NR	MED	3/3
2013	B	MOY	B	NR	MOY	2/3

NR : non réalisé / NC : non calculé

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.
2007	18.3	42	0.85	0.020	0.098	2.0
2010	11.47	41	0.69	0.008	0.061	2.4
2013	4.3 < x < 4.7	31.7	0.74	0.020	0.04	2.3

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

Année de suivi	Paramètres complémentaires			
	Biologiques			Physico-chimique général
	IMOL	IOBL	IMAIL	Déficit O2
2007	5	12.9	NR	49.0
2010	7	13.2	NR	52.5
2013	NR	NR	NC	31.9

NR : non réalisé / NC : non calculé

Les suivis 2007 et 2010 plaçaient le plan d'eau en état écologique mauvais à médiocre, avec notamment d'importants apports nutritionnels et une forte production primaire. L'amélioration de ces paramètres en 2013, octroyant au lac un état écologique moyen, repose uniquement sur les paramètres liés à la production primaire estivale. Cette dernière, est effet beaucoup plus faible que les années précédentes, peut être en partie due aux **conditions météorologiques de l'année, relativement fraîches et pluvieuses, ayant réduit le temps de séjour des eaux et l'échauffement des eaux.**

2 - Etat chimique

Bon
Mauvais

Année de suivi	Etat chimique
2007	Bon*
2010	Mauvais
2013	Mauvais

* Sans prise en compte des teneurs mesurées en DEHP (contamination probable dans la chaîne de prélèvement)

Le lac de Chaillexon est classé en mauvais état chimique sur les deux dernières années de suivi en raison des concentrations mesurées en certains HAP.

Annexe 8 : Résultats du suivi piscicole



Office national de l'eau
et des milieux aquatiques

délégation interrégionale
Bourgogne, Franche-Comté

Fiche synthétique Etat du peuplement piscicole Année 2013

Protocole CEN 14757

Plan d'eau : Chaillexon	Réseau : DCE surveillance
Superficie : 76 ha	Z max : 31 m (24,5 m)
Dernière vidange : Plan d'eau naturel	Repeuplement : Oui
Date échantillonnage : du 2 au 5 septembre 2013	Opérateur : IRSTEA, ONEMA (DR 9 et SD 25, SD 39, SID 70-90)
nb filets benthiques : 32 (1440 m²)	nb filets pelagiques : 8 (1320 m²)

Espèce		Résultats bruts		Pourcentages		Rendements surfaciques	
Nom	Code	effectifs ind	Biomasse gr	numériques %	Pondéraux %	numériques ind/1000 m ² filet	Pondéraux gr/1000 m ² filet
Ablette	ABL	81	971	3,91	1,03	29,35	351,63
Brème bordelière	BRB	466	20601	22,51	21,88	168,84	7 464,13
Brème commune	BRE	127	26377	6,14	28,01	46,01	9 556,70
Hybride de Brème/Gardon	BRG	60	2581	2,90	2,74	21,74	935,14
Brochet	BRO	3	1308	0,14	1,39	1,09	473,91
Chevesne	CHE	1	134	0,05	0,14	0,36	48,55
Gardon	GAR	819	16200	39,57	17,20	296,74	5 869,38
Goujon	GOU	69	206	3,33	0,22	25,00	74,64
Grémille	GRE	146	1573	7,05	1,67	52,90	570,04
Perche commune	PER	179	8659	8,65	9,19	64,86	3 137,32
Rotengle	ROT	38	3441	1,84	3,65	13,77	1 246,74
Sandre	SAN	74	8555	3,57	9,08	26,81	3 099,46
Silure	SIL	7	3568	0,34	3,79	2,54	1 292,75
Total		2070	94172	100	100	750,00	34120,40

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

En 2013, le peuplement du lac de Chaillexon est composé de 12 espèces vraies et d'un hybride de brème-gardon. L'échantillon est dominé par trois espèces polluo-résistantes, les brèmes bordelières et communes et le gardon avec respectivement 71 % des densités et 70 % des biomasses capturées dans les filets. Celles-ci sont accompagnées d'un groupe d'espèces thermophiles comme l'ablette, le rotengle, le silure et le sandre.

Comparativement à 2007, le nombre d'individus et la biomasse récoltés en 2013 sont très largement supérieurs avec près de 5 fois plus d'individus et plus de 2 fois en biomasse.

Le niveau de remplissage du plan d'eau au cours des dernières années peut être un facteur explicatif de cette augmentation de la richesse.

Le nombre d'espèces contactées, 11 en 2007 et 12 en 2013 (hors hybride), est en revanche stable mais tout aussi lacunaire avec la disparition de la vandoise marginale en 2007 mais l'apparition du goujon et du brochet dans l'échantillon de 2013. Cette dernière, avec 3 individus capturés au cours des 3 jours de pêche est très faiblement présente dans le lac. Le silure peut dorénavant être considéré comme implanté dans la retenue.

Le rapport carnassiers ichtyophages-proies (19 % - 81 %) est équilibré. Les 4 espèces recensées, le sandre, le silure, la perche (taille supérieure à 200 mm), et le brochet se répartissent de manière hétérogène avec la domination du sandre (48 % du poids total). La régression du brochet et l'installation progressive du sandre et du silure sont le signe d'une dégradation lente et continue du lac de Chaillexon.

Distribution spatiale des captures :

La distribution verticale des espèces (nb ind/1000 m² de filets) capturées dans les filets benthiques montre une affinité nette de l'ensemble des espèces (75 % des effectifs) pour les deux strates superficielles (6 premiers mètres) et seules les brèmes et les gardons ont été capturés dans toutes les strates prospectées. Toutefois, les strates plus profondes ne sont pas délaissées par les poissons, signe de conditions du milieu acceptable sans doute en lien avec le renouvellement très rapide de la masse d'eau du lac (5 jours).

Cette observation est d'ailleurs confirmée par l'analyse des captures dans les filets pélagiques

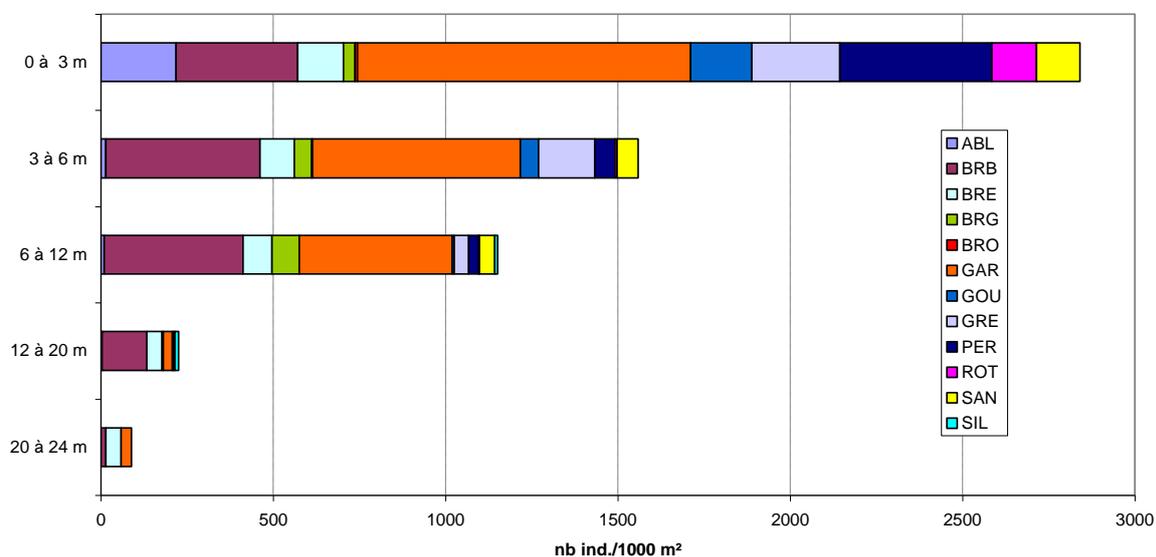


Fig 1 : distribution verticale des captures observées en 2013 avec les filets benthiques sur le lac de Chailloux

Structure des populations majoritaires et à fort enjeu halieutique:

Le gardon

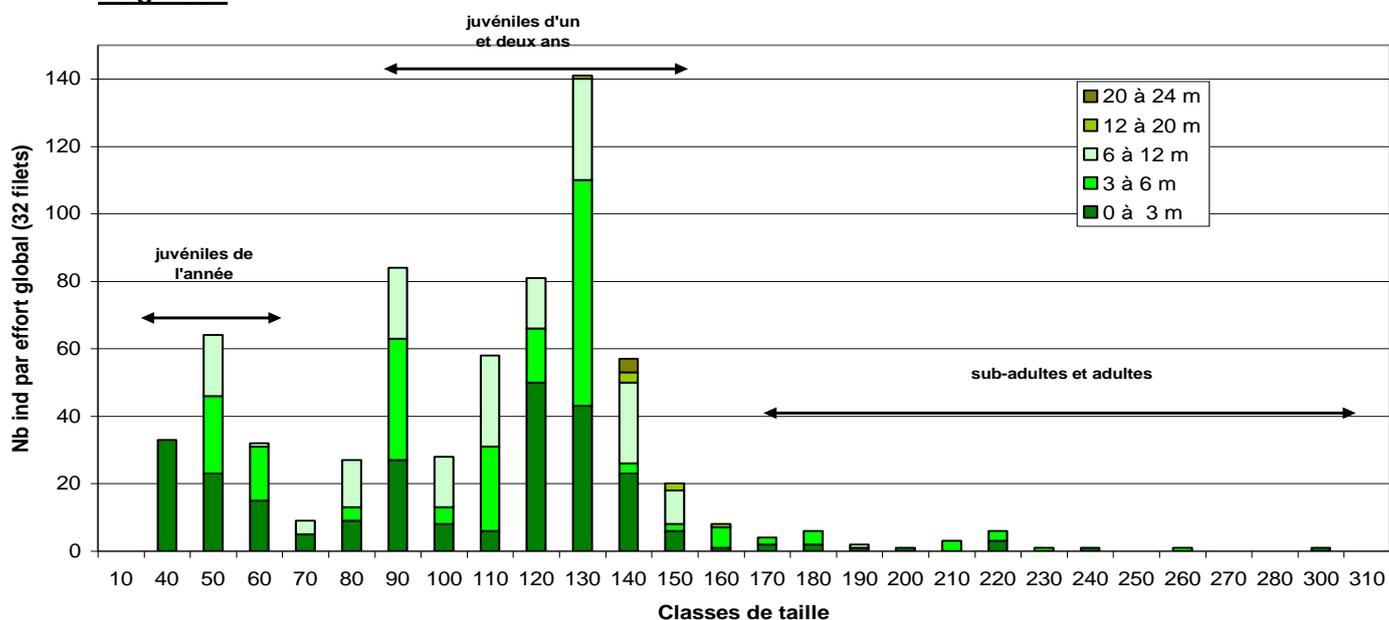


Fig 2 : répartition en classes de tailles des échantillons de gardons capturés dans les filets benthiques dans le lac de Chailloux à l'automne 2013

La population de gardon malgré le faible nombre de juvéniles de l'année capturés dans les filets présente néanmoins une structure capable d'assurer le report des jeunes cohortes vers celles plus âgées, signe d'une population dynamique.

Le goujon

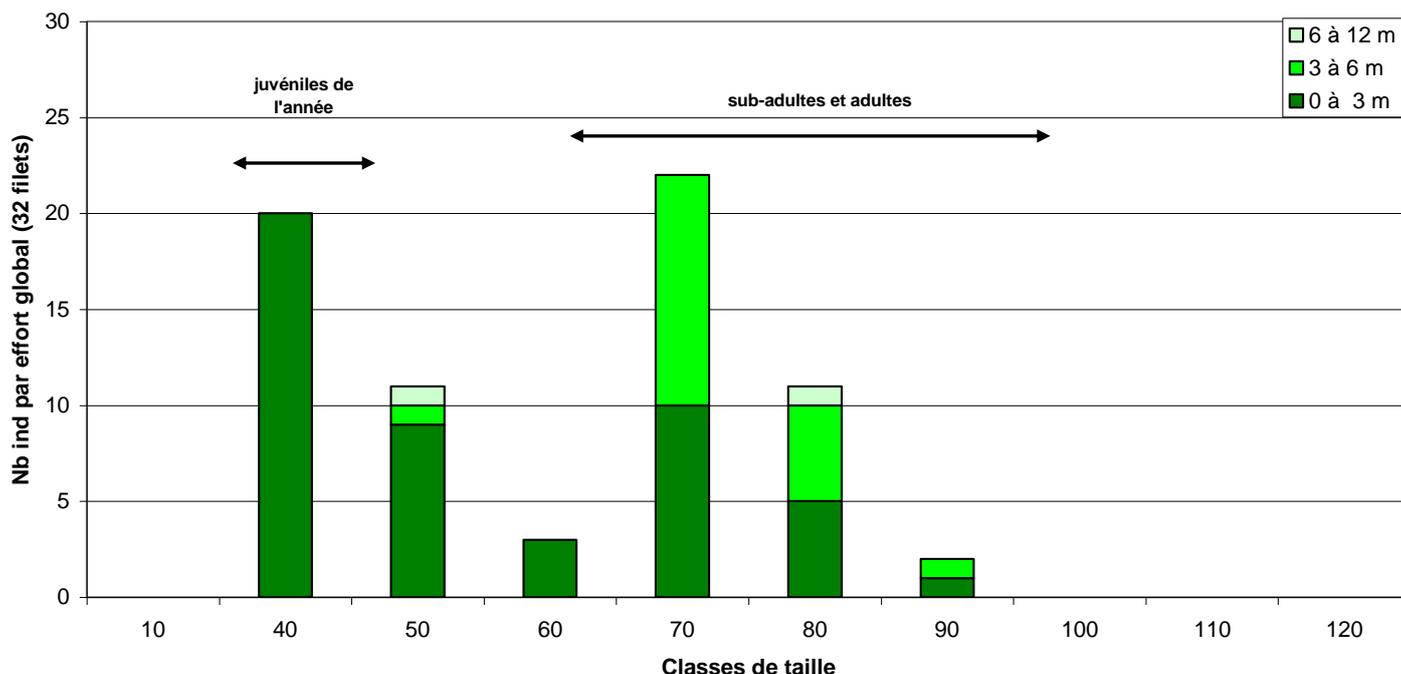


Fig 3 : répartition en classes de tailles des échantillons de gardons capturés dans les filets benthiques dans le lac de Challexon à l'automne 2013

Malgré une population encore faible, les individus capturés appartiennent à toutes les générations capables d'assurer sa réinstallation durable de cette espèce dans le plan d'eau.

La perche commune

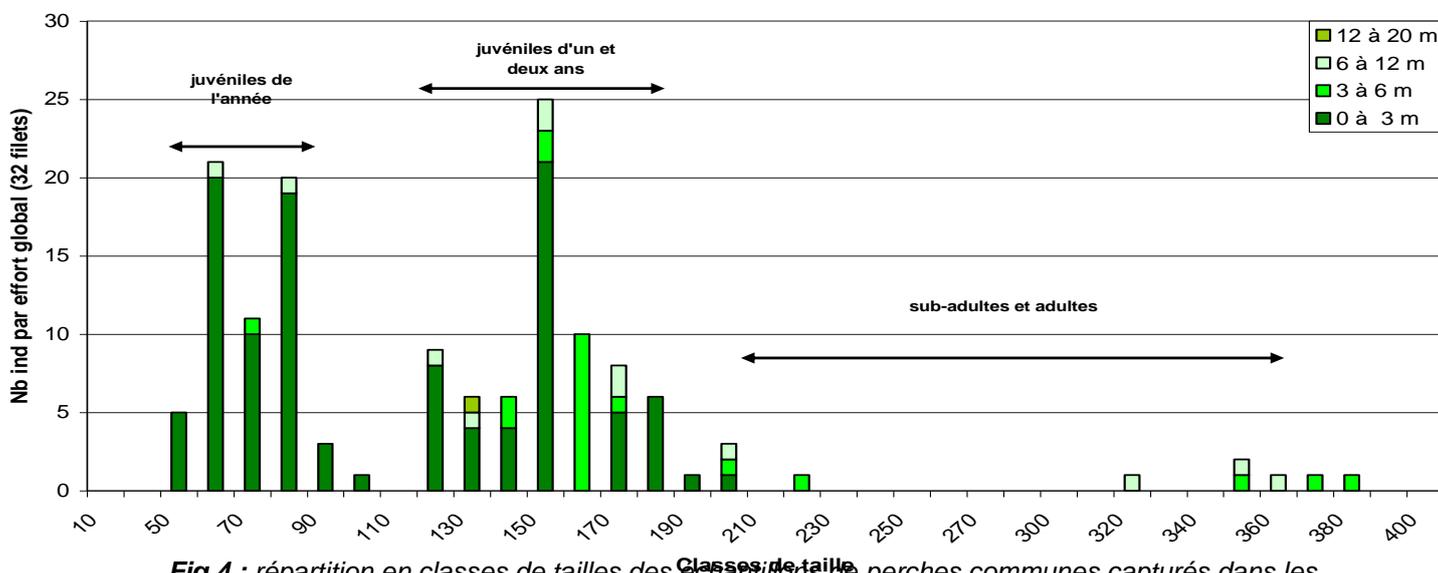


Fig 4 : répartition en classes de tailles des échantillons de perches communes capturés dans les filets benthiques dans le lac de Challexon à l'automne 2013

Principalement constituées de juvéniles, la population de perches communes est déséquilibrée. Cette situation est souvent rencontrées dans les plans d'eau franc-comtois (Abbaye en 2010, Clairvaux en 2009, les Rousses en 2008). Les causes peuvent être multiples tels qu'un étranglement trophique ou un phénomène de parasitisme affectant les individus adultes. A Challexon les fluctuations printanières du niveau des eaux au moment de la reproduction de la perche peuvent en outre accentuer ce déséquilibre.

Le sandre

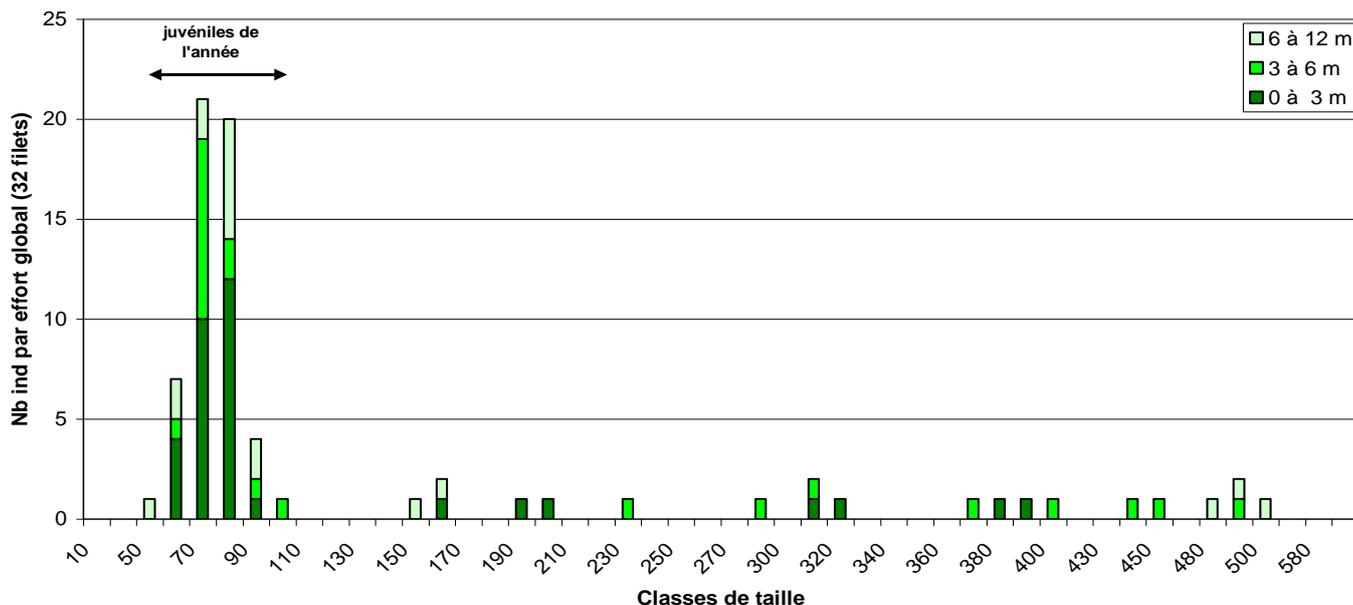


Fig 5 : répartition en classes de tailles des échantillons de perches communes capturés dans les filets benthiques dans le lac de Chaillexon à l'automne 2013

Cette espèce peut être exigeante quant à la qualité générale du milieu et à fort intérêt halieutique présente une population déséquilibrée avec une importante cohorte de jeunes individus de l'année non suivie d'individus plus âgés.

La forte pression de pêche peut expliquer la faiblesse du nombre de sujets de grande taille.

Éléments de synthèse :

En 2013, le peuplement piscicole du lac de Chaillexon affiche comme en 2007 une diversité lacunaire vis-à-vis du potentiel d'espèces présentes.

Malgré des rendements de pêche nettement supérieurs à ceux de 2007, le peuplement piscicole observé reste largement dominé par des espèces ubiquistes et résistantes.

Les espèces sensibles à la qualité du milieu (eau et habitat) étant soit absentes soit en abondance très déficitaire.

L'installation lente et progressive du sandre et du silure et conjointement la très mauvaise situation chronique de la population de brochet, espèce intégratrice du bon fonctionnement global de l'hydrosystème lacustre, témoignent du maintien du lac de Chaillexon dans un état dégradé.

Des investigations complémentaires doivent être menées pour comprendre les causes des dysfonctionnements actuels et améliorer cette situation.