

# 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**

## Châtelot

(25 : Doubs)

Campagnes 2010

*V3 – Février 2014 : Ajustement du niveau de confiance  
attribué au potentiel écologique*

*V2 - Décembre 2012 : Intégration des données piscicoles*



# 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 <sup>2+</sup> , Na <sup>+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , K <sup>+</sup> , dureté, TA, TAC, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Cl <sup>-</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	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
		Oligochètes	IOBL				X
		Mollusques	IMOL				X
		Macrophytes	Protocole Cemagref			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

RCS : un passage par plan de gestion (soit une fois tous les six ans)

CO : un passage tous les trois ans

Poissons en charge de l'ONEMA (un passage tous les 6 ans)

## Outils d'interprétation (détails en annexe 2)

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

### Diagnose rapide

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

### Etat écologique et état chimique au sens de la DCE

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

## Caractéristiques du plan d'eau

Nom : **Châtelot (ou Moron)**

Code lac : **U2115023**

Masse d'eau : **FRDL10**

Département : **25 (Doubs) + Suisse**

Région : **Franche-Comté**

Origine : **Anthropique**

Typologie : **A3 = retenue de moyenne montagne, calcaire, profond.**

Altitude (mNGF) : **716**

Superficie (ha) : **67**

Volume (hm<sup>3</sup>) : **16**

Profondeur maximum (m) : **65**

Temps de séjour (j) : **10**

Tributaire(s) : **Le Doubs**

Exutoire(s) : **Le Doubs**

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

Période/Année de suivi : **2010**

Objectif de bon potentiel : **2015**

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



Carte de localisation de la retenue du Chatelôt au 1/100 000°

## Résultats - Interprétation

---

La retenue du Châtelot ou de Moron est située dans le département du Doubs et en Suisse. Le plan d'eau d'une superficie de 67 ha est formé par un barrage sur le Doubs, en aval du Saut du Doubs à une altitude de 716 m. Cette retenue s'étend au fil du Doubs sur 3,5 km environ, dans des gorges encaissées.

Cette retenue artificielle classée MEFM, est exploitée par *Energie Neuchâteloise* pour l'hydroélectricité. La cote d'eau varie entre 695 et 717 m NGF selon les apports et la demande énergétique. Les eaux sont renouvelées très fréquemment (temps de séjour = 10 jours).

Les conditions d'accès au plan d'eau ont conduit à des modifications des dates prévues de campagnes de prélèvements. Au final, la 1<sup>ère</sup> campagne a été réalisée avec un début d'activité biologique (développement de diatomées), et la dernière campagne fait suite à un brassage partiel de la masse d'eau. La diagnose peut néanmoins être appliquée, mais l'indice de dégradation est calculé entre la 1<sup>ère</sup> et la 3<sup>ème</sup> campagne.

### Diagnose rapide

La retenue du Châtelot présente une qualité générale la classant dans la catégorie des **plans d'eau eutrophes**. Le tracé est homogène, avec des indices élevés pour la physicochimie des eaux et du sédiment. La production primaire est importante et les peuplements déséquilibrés selon l'Indice Phytoplanctonique. L'indice Oligochètes traduit un potentiel métabolique élevé mais le peuplement d'oligochètes montre davantage une altération de la qualité du compartiment sédiment. Ce dysfonctionnement est confirmé par la forte charge interne dans le sédiment que le milieu n'arrive pas à assimiler correctement. La matière organique et les nutriments s'accumulent avec une production importante dans la masse d'eau en 2010 et par le passé. Les sédiments constituent également une source de phosphore facilement mobilisable dans les conditions anoxiques du milieu pour accroître la production primaire.

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

### Etat écologique et chimique au sens de la DCE

L'évaluation DCE rejoint le constat de la diagnose rapide et classe la retenue du Châtelot en **potentiel écologique médiocre** sur la base des résultats obtenus en 2010 (cf. annexe 4). C'est le paramètre biologique Chlorophylle *a* qui décline le plan d'eau en qualité médiocre, reflet de l'importance de la production phytoplanctonique.

La retenue du Châtelot est classée 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. Au total, se sont 6 HAP différents qui ont été quantifiés dans l'eau lors du suivi annuel.

L'étude de la végétation aquatique a montré un recouvrement global de macrophytes quasi nul. L'absence de macrophytes sur le plan d'eau est liée principalement au marnage, et aux substrats présents en zone littorale. L'étude ne permet pas de statuer sur le niveau trophique du plan d'eau.

Selon l'étude hydromorphologique, cette retenue présente des rives très peu artificialisées. Exceptée l'exploitation hydroélectrique du site, le plan d'eau ne subit que peu de pressions d'origine anthropique. Les habitats rivulaires sont peu variés, il s'agit essentiellement des grèves minérales. La zone littorale est homogène, à forte pente et dépourvue de tout habitat pour la faune.

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

### Suivi piscicole

Le suivi piscicole a été réalisé par l'ONEMA en 2010 (Cf. Annexe 7).

Le peuplement piscicole du lac de Moron est dominé par les espèces assez tolérantes en termes d'habitats de reproduction et de qualité d'eau (brème, gardon, perche, sandre). Il affiche à la fois une diversité spécifique lacunaire vis-à-vis du potentiel d'espèces (potentiel salmonicole du Doubs frontière) et des rendements de pêche assez bas sur le plan pondéral.

L'état de ce peuplement piscicole peut être qualifié de perturbé. Ce dernier traduit un dysfonctionnement du plan d'eau qui présente à la fois une désoxygénation importante de l'hypolimnion ainsi qu'un fort marnage lié à l'usage hydroélectrique limitant le développement d'une zone littorale fonctionnelle.

### **Annexe 1 : Programme de surveillance**

---

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

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

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

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

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

## Annexe 2 : Les outils d'interprétation

### La Diagnose rapide

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

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

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

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

#### Les indices physico-chimiques

##### Indice Pigments chlorophylliens<sup>1</sup>

$I_C = 16 + 41,89 \times \log_{10}(X+0,5)$  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 intégré<sup>2</sup>.

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

##### Indice Consommation journalière en O<sub>2</sub> 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/m<sup>3</sup>/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**.

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup>.

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

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

\* : pas de valeurs établies à ce stade des connaissances

**N minéral maximal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)** : 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.

**PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> 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 exprime le 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.

*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

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

*NQE\_MA : Normes de Qualité Environnementales en Moyenne Annuelle*

Au sein des éléments de qualité (EQ), c'est la règle du paramètre le plus déclassant qui est retenue.

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

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

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

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

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

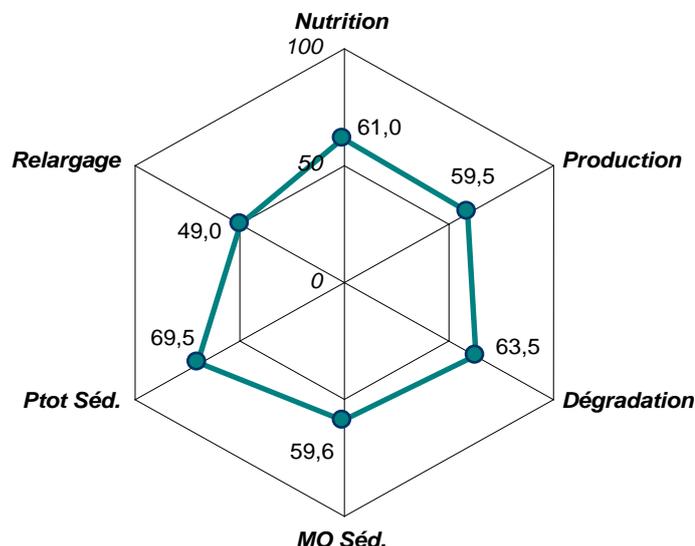
La liste des 41 substances prises en compte dans l'état chimique figure dans l'annexe 8 de l'arrêté du 25 janvier 2010, avec les NQE à respecter en valeur moyenne et en concentration maximale admissible.

## Annexe 3 : Résultats de la diagnose rapide

### Les indices fonctionnels physico-chimiques

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

#### Graphique en radar des indices fonctionnels de la Retenue de Châtelot Suivi 2010



Les résultats obtenus pour les différents indices témoignent d'un plan d'eau eutrophe.

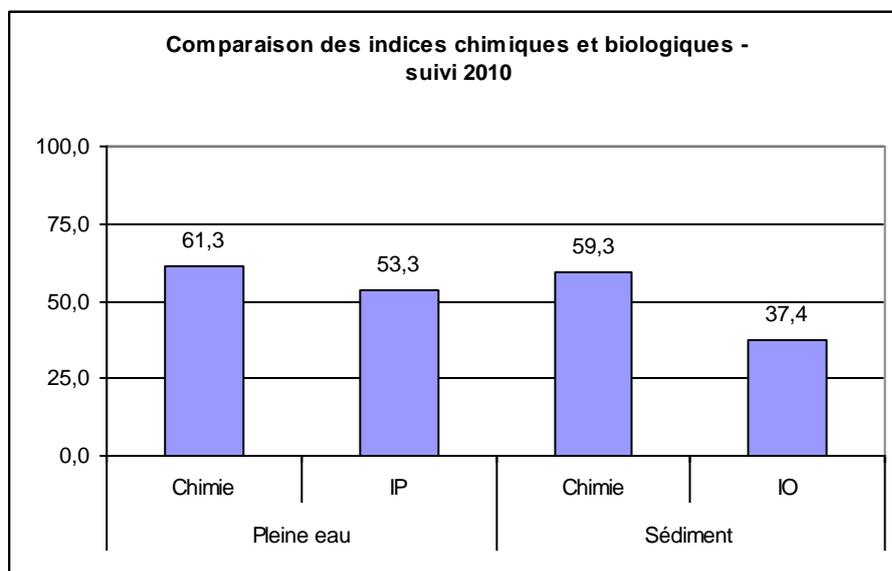
Les indices sont homogènes, ils traduisent un milieu où les flux de matières sont importants à la fois dans les eaux et dans les sédiments.

Les apports en nutriments génèrent une production primaire importante et une forte demande en oxygène pour dégrader la matière organique.

Les sédiments présentent des teneurs élevées en matière organique et en phosphore, directement liées à la forte production dans la masse d'eau.

Des nutriments sont relargués à l'interface eau-sédiments en période estivale, du fait des conditions anoxiques qui règnent dans le fond du plan d'eau.

### Les indices synthétiques : un indice physico-chimique moyen pour chaque compartiment (un pour la pleine eau et un pour le sédiment) est affiché à côté des indices biologiques



IP : Indice Planctonique

IO : Indice Oligochètes

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

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

Les indices de pleine eau sont tous deux en classe eutrophe. L'IP comme la chimie de l'eau révèlent une production primaire importante avec des groupes algaux indicateurs d'un milieu riche en nutriments.

Le sédiment présente une charge organique et en phosphore élevée. Des nutriments sont relargués dans le milieu aquatique en conditions réductrices, compte tenu de la forte demande en oxygène régnant en profondeur.

L'indice oligochètes est plus favorable, il traduit un potentiel métabolique élevé mais les espèces présentes suggèrent cependant un état de pollution des sédiments, ce qui peut être mis en relation avec la présence de nombreux HAP quantifiés sur ce support (Cf. annexe 4). Il est important de noter que les prélèvements pour l'IOBL ont été menés en début de saison, c'est-à-dire dans de bonnes conditions d'oxygénation à l'interface eau-sédiment.

La retenue de Châtelot présente un niveau de trophie élevé.

**Retenue de Châtelot = Moron**

*Suivi 2010*

**Les indices de la diagnose rapide**

*Valeurs brutes et calcul des indices*

**Les indices physico-chimiques**

	Ptot ech intégré hiver (mg/l)	<i>indice Ptot hiver</i>	Ntot ech intégré hiver (mg/l)	<i>indice Ntot hiver</i>	INDICE NUTRITION
2010	0,045	61,7	1,2<x<2,2	52<x<69	61,0

	Secchi moy (m) (3 campagnes estivales)	<i>indice Transparence</i>	Chloro a + Phéop. En µg/l (moy 3 camp. estivales)	<i>indice Pigments chlorophylliens</i>	INDICE PRODUCTION
2010	2,7	53,3	14,8	66,0	59,5

	Conso journalière en O2 (mg/m <sup>3</sup> /j)	INDICE DEGRADATION
2010	57,7	63,5

entre campagnes C1 et C3

	perte au feu (% MS)	<i>indice Perte au feu séd = INDICE stockage MO du séd</i>
2010	13,3	59,6

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>
2010	1911	69,5

	Ptot eau interst séd (mg/l)	<i>indice Ptot eau interst</i>	NH4 eau interst séd (mg/l)	<i>indice NH4 eau interst</i>	INDICE RELARGAGE
2010	0,19	39,2	9,9	58,8	49,0

**Les indices biologiques**

	<i>Indice planctonique IPL</i>	Oligochètes IOBL global	<i>Indice Oligochètes IO</i>
2010	53,3	13,5* : PM fort	37,4

\* : Potentiel Métabolique

IPL : calculé à partir du biovolume

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

## Annexe 4 : Potentiel écologique au sens de la DCE

### Classes d'état

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

### Niveau de confiance

3	Elevé
2	Moyen
1	Faible

Le potentiel écologique est défini par agrégation de l'état de chacun des éléments de qualité selon les règles décrites dans l'« Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface ».

Le plan d'eau du Châtelot a un temps de séjour évalué à 10 jours qui le place en temps de séjour court.

Nom	Code	Type	Ensembles agrégés des éléments de qualité		Polluants spécifiques de l'état écologique	Altérations hydromorphologiques non imposées par les CTO**	Potentiel écologique	Niveau de confiance
			Biologiques	Physico-chimiques généraux				
Châtelot	FRDL10	ANT*	MED	MOY	B	Nulles à faibles	MED	2/3

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

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

Concernant les polluants spécifiques de l'état écologique, les métaux cuivre, arsenic, chrome, et zinc ont été quantifiés à plusieurs reprises lors du suivi annuel (systématiquement pour le cuivre). Les concentrations observées respectent les normes de qualité environnementales (NQE) définies pour ces paramètres.

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

Nom ME	Code ME	Type	Paramètres biologiques	Paramètres Physico-chimiques généraux			
			Chlo-a	Nmin max	PO43- max	Ptot. Max	Transp.
Châtelot	FRDL10	ANT*	11,6	0,95	0,009	0,043	2,7

Le paramètre biologique Chlo-a est classé en état médiocre. Les paramètres physico-chimiques sont tous classés en état moyen, hormis le paramètre PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> max qui présente un état très bon.

La retenue de Châtelot est donc classée en **potentiel écologique médiocre**.

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

**Nmin max** : concentration maximale en azote minéral (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> + NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) (mg/L).

**PO43- max** : concentration maximale en phosphate dans la zone euphotique (mg P /L).

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

**Transp.** : transparence (m), moyenne estivale

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

			Paramètres complémentaires
			<i>physico-chimiques généraux</i>
Nom ME	Code ME	Type	Déficit O2
Châtelot	FRDL10	ANT*	72,9

Le déficit en oxygène sur le plan d'eau est considéré comme important et confirme donc le potentiel écologique médiocre observé ci-dessus.

**Déficit O2** : déficit en oxygène entre la surface et le fond du lac (%).

## Annexe 5 : Etat chimique au sens de la DCE

## Classes d'état chimique

	Bon
	Mauvais

	Etat chimique
Châtelot	Mauvais

La retenue du Châtelot est classée 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. Ces éléments ont été quantifiés uniquement sur les échantillons de fond des campagnes d'avril, mai et octobre pour le premier paramètre (de 0,005 à 0,008 µg/l) et seulement sur l'échantillon de fond de la campagne d'avril pour le second (0,01 µg/l).

Les mêmes éléments sont responsables du classement en mauvais état chimique du plan d'eau de Chaillexon localisé en amont immédiat de la retenue du Châtelot. 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.

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

- Cinq HAP. En plus des deux substances citées plus haut, 3 autres HAP ont été retrouvés :
  - le benzo(a)pyrène : quantifié sur les 3 échantillons du fond des campagnes d'avril, mai et octobre (de 0,006 à 0,009 µg/l) ;
  - le benzo(b)fluoranthène : quantifié sur les échantillons de fond des campagnes d'avril (0,008 µg/l) et octobre (0,006 µg/l) ;
  - le fluoranthène : quantifié à 0,01 µg/l sur les échantillons de fond des campagnes d'avril, mai et octobre ;
- Trois métaux : le nickel, le plomb et le cadmium. Le premier a été systématiquement quantifié (de 1,3 à 4,1 µg/l) tandis que le plomb n'a été quantifié que sur les échantillons de fond des campagnes d'avril et octobre à 0,3 µg/l et le cadmium sur l'échantillon de fond d'avril à 0,2 µg/l. Les valeurs mesurées sont inférieures à la NQE définie pour ces paramètres ;
- Un BTEX : le benzène, quantifié uniquement sur l'échantillon de fond d'octobre à une concentration de 0,5 µg/l ;
- Un phtalate, utilisé pour assouplir les matières plastiques : le DEHP. Il a été quantifié à une seule reprise à une concentration de 1 µg/l. Cette valeur a été qualifiée d'incorrecte lors de la validation annuelle des résultats, une contamination via la chaîne de prélèvement ayant été mise en évidence.

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).

Un herbicide a été quantifié à quatre reprises sur l'échantillon intégré des campagnes d'août (0,33 µg/l) et octobre (0,1 µg/l), et sur l'échantillon de fond des campagnes de mai (0,12 µg/l) et octobre (0,1 µg/l). Il s'agit du principal produit de dégradation du glyphosate : l'AMPA.

Le formaldéhyde a également été quantifié sur l'échantillon de fond de la campagne de mai (1,3 µg/l) et sur les deux échantillons prélevés lors de la campagne d'octobre (3,2 µg/l sur l'intégré et 6 µg/l au fond). Les valeurs obtenues pour ce paramètre ont été qualifiées de douteuse lors de la validation annuelle des résultats, une contamination lors de la chaîne de prélèvement et/ou d'analyse étant privilégiée.

#### *Les micropolluants quantifiés (hors pesticides) :*

En complément des substances quantifiées déjà citées, 17 autres paramètres ont été mis en évidence :

- Onze métaux, retrouvés plus ou moins fréquemment : aluminium, baryum, bore, fer, manganèse, titane, uranium, vanadium (tous systématiquement quantifiés à chaque campagne sur l'échantillon intégré et/ou sur le fond), cobalt, étain et molybdène (rarement quantifiés) ;
- Un organoétain : le dioctylétain, quantifié uniquement sur l'échantillon de fond de la campagne d'avril à 0,015 µg/l ;
- Quatre dérivés du benzène (BTEX) : l'éthylbenzène, le toluène et deux formes du xylène. Le toluène a été retrouvé à 5 reprises sur les campagnes d'avril, mai et octobre à des concentrations généralement comprises entre 0,2 et 0,7 µg/l, sauf pour l'échantillon de fond de la campagne d'octobre atteignant 3,2 µg/l. Les autres paramètres ont été plus ponctuellement quantifiés, puisque uniquement retrouvés sur les échantillons de fond des campagnes d'octobre et avril ;
- Un HAP : le pyrène, quantifié uniquement sur les échantillons de fond des campagnes de mai et octobre à 0,01 µg/l.

### **Les micropolluants quantifiés dans les sédiments :**

Sur les 176 substances recherchées sur le sédiment, 45 ont été quantifiées. Il s'agit de métaux (24 substances), de HAP (13 substances) et de PCB (7 substances). Le DEHP a également été quantifié à une concentration moyenne (709 µg/kg de Matière Sèche - MS) si on compare aux valeurs obtenues sur la soixantaine de plans d'eau où cet élément a été recherché sur la période 2007-2010 sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse.

Certains métaux ont aussi présenté des teneurs légèrement supérieures aux moyennes obtenues en plans d'eau sur les bassins RM et C sur cette même période : Zn (137 mg/kg MS), Ni (43,7 mg/kg MS), Cu (43,3 mg/kg MS), Cr (82,4 mg/kg MS).

Concernant les HAP quantifiés, sept d'entre eux affichent des concentrations supérieures aux moyennes habituellement rencontrées sur les bassins RM et C : le benzo(k)fluoranthène (147 µg/kg MS), le benzo(a)anthracène (205 µg/kg MS), le benzo(b)fluoranthène (269 µg/kg MS), le benzo(a)pyrène (294 µg/kg MS), l'indéno(123c)pyrène (321 µg/kg MS), le pyrène (468 µg/kg MS) et le fluoranthène (468 µg/kg MS).

7 PCB ont été quantifiés pour une concentration en polychlorobiphényles totaux de 13 µg/kg MS. Cela correspond à une quantification par substance qui reste modérée, puisque de 1 à 3 µg/kg MS.

## **Annexe 6 : Eléments complémentaires d'interprétation**

---

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

La retenue du Châtelot ou de Moron est située dans le département du Doubs et en Suisse sur les communes des Planchettes (CH), et de Villers le Lac (F). Le plan d'eau est formé par un barrage sur le Doubs, en aval du Saut du Doubs à une altitude de 716 m. Ce plan d'eau reçoit les eaux du Doubs ; le bassin versant géographique est évalué à 911 km<sup>2</sup>.

Cette retenue s'étend au fil du Doubs sur 3,5 km environ, dans des gorges encaissées. La superficie du plan d'eau est de 67 ha pour la cote normale d'exploitation, la profondeur maximale mesurée est de 50 m. Cette retenue artificielle classée MEFM<sup>3</sup>, est exploitée par Energie Neuchâteloise pour l'hydroélectricité. La cote d'eau varie entre 695 et 717 m NGF selon les apports et la demande énergétique. Les eaux sont renouvelées très fréquemment (temps de séjour = 10 jours). L'accès au plan d'eau se fait côté Suisse par des pistes forestières, seule une activité de pêche est pratiquée sur le plan d'eau.

En 2010, les conditions météorologiques ont été froides et neigeuses sur l'hiver 2010. Le printemps a été doux et faiblement pluvieux. Les débits du Doubs sont faibles sur le printemps et l'été 2010, entraînant une baisse du niveau d'eau du lac de Chaillexon en amont. Ainsi, le plan d'eau présente une cote très basse sur 3 des 4 campagnes réalisées en 2010.

Les conditions d'accès au plan d'eau ont conduit à des modifications des dates de campagnes de prélèvements. Au final, la 1<sup>ère</sup> campagne a été réalisée alors que l'activité biologique avait déjà démarré (développement de diatomées), et la dernière campagne fait suite à un brassage partiel de la masse d'eau.

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

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

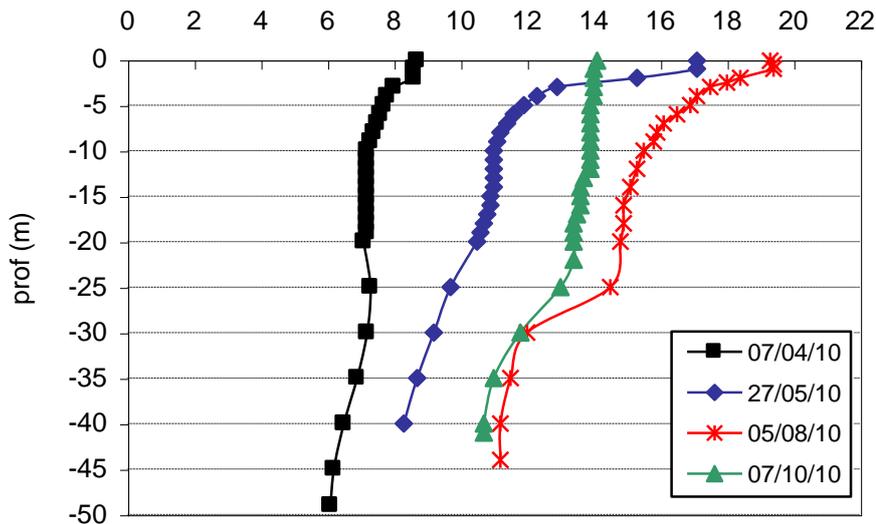
### **Profils de température et d'oxygène :**

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 :

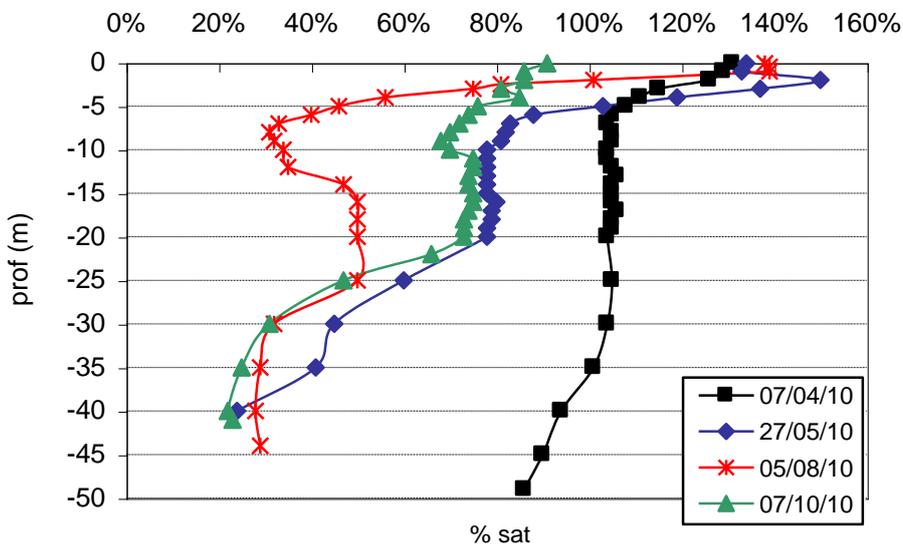
---

<sup>3</sup> Masse d'eau fortement modifiée

## Température (°C)



## Oxygène (saturation)



En fin d'hiver, on constate d'ores et déjà une activité biologique marquée avec une sursaturation en oxygène sur les quatre premiers mètres (>120%), et une consommation en oxygène à proximité du fond. La température est homogène sur la colonne d'eau (7°C). On note un léger réchauffement des deux premiers mètres (8,5°C).

Au printemps, les eaux se réchauffent en surface (17°C), et la thermocline s'installe entre 2 et 5 m. L'activité photosynthétique s'amplifie lors de la campagne du 27 mai : le pic d'oxygène est à plus de 150 % (à -2m) tandis que la consommation en oxygène augmente en profondeur (abaissant la teneur en oxygène jusqu'à 20 % dans le fond de la retenue).

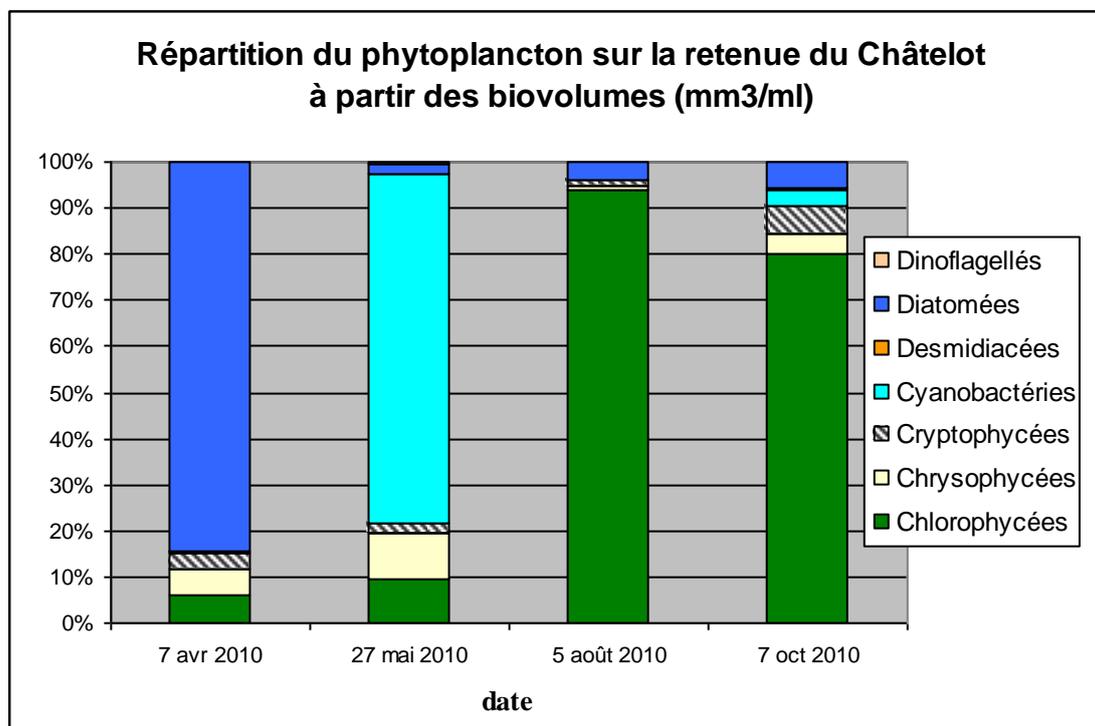
Le réchauffement se poursuit durant l'été pour atteindre près de 20°C début août. Deux sauts thermiques sont détectés : entre 2 et 10 m puis entre 25 et 30 m. La masse d'eau semble avoir subi des mouvements hydrauliques. La consommation en oxygène gagne quasiment toute la colonne d'eau : de -5 à -45 m. La demande en oxygène pour dégrader la matière organique est telle que la teneur en oxygène dissous dans l'hypolimnion est de 30% environ. On observe un mouvement d'eau qui s'accompagne d'une réoxygénation de la couche 15-25 m.

Les eaux se sont refroidies lors de la 4<sup>ème</sup> campagne (14°C). Le saut thermique en profondeur (25-30 m) subsiste néanmoins. Le profil de la dernière campagne indique un brassage des eaux sur les 20 premiers mètres, liés à un renouvellement avec des eaux plus froides. Le fond du plan d'eau est fortement désoxygéné.

La stratification thermique est instable dans la retenue du Châtelot sur l'année 2010.

### 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 ( $\text{mm}^3/\text{l}$ ) lors des quatre campagnes.



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

Retenue du Châtelot	07/04/10	27/05/10	05/08/10	07/10/10
Total (nombre cellules/ml)	14400	23653	55257	7808

Le phytoplancton est abondant lors des quatre campagnes : entre 7800 et 55200 cellules par ml (soit 1,7 à  $9,3 \text{ mm}^3/\text{l}$ ). La diversité taxonomique est moyenne à élevée, comprise entre 24 (C3) et 40 (C4).

En fin d'hiver, le peuplement phytoplanctonique est dominé par les diatomées à plus de 90%, avec les espèces *Stephanodiscus minutulus* et *Cyclotella costei*.

Différents groupes algaux se développent massivement en deuxième campagne, dont les cyanobactéries : l'espèce *Synechococcus elongatus* représente un tiers du volume algal, elle est accompagnée d'imposants dinoflagellés du genre *Gymnodinium*, et de la chrysophycée ubiquiste *Erkenia subaequiciliata*. Ce peuplement traduit un milieu eutrophe.

C'est lors de la campagne estivale que le phytoplancton est le plus dense. Il est dominé par les chlorophycées (80%), on observe des blooms des espèces ubiquistes *Chlorella vulgaris* et *Choricystis minor*, qui traduisent un milieu eutrophe.

Les algues vertes se maintiennent sur la fin d'été, avec une abondance moindre. Elles représentent encore 80% de l'abondance cellulaire (mais seulement 50% du biovolume), avec notamment l'espèce *Tetrastrum triangulare* qui colonise le milieu aquatique.

Globalement, le peuplement phytoplanctonique est abondant et les groupes algaux présents traduisent une eutrophisation marquée. Les blooms de cyanobactéries qui se sont produits (selon l'exploitant) entre les campagnes de prélèvements confirment ce diagnostic. L'Indice phytoplanctonique (IPL) est de 53,3, qualifiant le milieu d'eutrophe (l'indice calculé à partir de l'abondance cellulaire est légèrement supérieur).

### Les Oligochètes :

Le potentiel métabolique est élevé (IOBL = 13,5). Cependant, les espèces sensibles représentent un pourcentage faible à moyen, ce qui suggère une altération de la qualité des sédiments profonds. Les espèces dominantes (*Potamothrix hammoniensis*, *Limnodrilus hoffmeisteri*) sont également indicatrices d'un état de pollution.

### Les Macrophytes :

Le plan d'eau est bordé essentiellement par des forêts mixtes et des falaises. Le recouvrement global de macrophytes sur la retenue est quasi nul.

L'absence de macrophytes n'a pas permis de réaliser un transect de végétation sur la retenue du Châtelot. Toutefois, quelques individus ont été observés localement sur les berges :

- ✓ Plantes de zones humides : *Polygonum lapathifolium*, *Rorripa amphibia* ;
- ✓ des héliophytes : *Phalaris arundinacea* ;
- ✓ quelques bryophytes : *Cinclidotus danubicus*, *Fontinalis antipyretica* ;
- ✓ une espèce invasive de la famille des *Asteraceae* : *Solidago glabra*.

L'absence de macrophytes sur le plan d'eau ne permet pas de discuter du niveau trophique du plan d'eau.

Une espèce exotique envahissante, *Solidago glabra*, a été observée sur les berges du plan d'eau. Par ailleurs, aucune espèce protégée n'a été observée sur le site.

### L'Hydromorphologie :

La retenue de Châtelot est un plan d'eau artificiel formé par un barrage sur le Doubs en aval immédiat du Saut du Doubs (chute naturelle). Sa superficie pour la cote normale d'exploitation est de 67ha. La reconnaissance hydromorphologique a été réalisée lors de la campagne de fin d'été, le 7 octobre 2010. Le plan d'eau présentait alors un marnage important (environ -18m ; le plan d'eau a été maintenu à une cote basse tout l'été). Avec un tel marnage, les berges se sont avérées peu accessibles, et ont rendu les observations délicates.

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

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

Cette retenue présente des rives très peu artificialisées. Excepté l'exploitation hydroélectrique du site, le plan d'eau ne subit que peu de pressions d'origine anthropique. Une pêche extensive y est pratiquée, et quelques rares résidences secondaires sont présentes. On note également quelques zones d'érosion. Environ 12 % du linéaire de rives semblent subir des pressions d'origine anthropiques. L'indice LHMS indique une altération réduite du milieu avec une note de 18/42.

Le pourtour du plan d'eau présente une variété de milieux très pauvre, essentiellement des grèves minérales, suite à un abaissement de la cote d'exploitation de la retenue. La zone littorale est homogène, à forte pente et dépourvue de tout habitat pour la faune. L'indice LHQA est donc moyen, avec un score de 58/112.

LHMS		LHQA	
LHMS Score	18	LHQA	58
Shore zone modification	0	Riparian score	12
Shore zone intensive use	4	Shore score	10
In-lake pressures	6	Littoral score	21
Hydrology	8	Whole lake score	15
Sediment regime	0		
Introduced species	0		

## Annexe 7 : Résultats du suivi piscicole



### Fiche synthétique Etat du peuplement piscicole

Protocole CEN 14757

Plan d'eau : **MORON**

Réseau : **DCE opérationnel**

Superficie : **64 Ha**

Zmax : **56 m**

Date échantillonnage : **du 22 au 25/06/10**

Opérateur : **ONEMA (DR9 et SD 25-39)**

nb filets benthiques : **40 (1800 m2)**

nb filets pélagiques : **18 (2970 m2)**

### Composition et structure du peuplement :

Espèce code	Résultats bruts		Pourcentages		Rendements surfaciques	
	effectif ind	biomasse gr	numériques %	pondéraux %	numériques ind./1000 m <sup>2</sup> filet	pondéraux gr./1000 m <sup>2</sup> filet
<b>ABL</b>	45	828	2,35	0,9	9,4	173,6
<b>BRB</b>	46	6789	2,4	7,67	9,6	1423,3
<b>BRE</b>	66	29514	3,5	33,4	13,8	6187,4
<b>BRO</b>	2	5100	0,1	5,8	0,4	1069,2
<b>CHE</b>	9	107	0,5	0,1	1,9	22,4
<b>GAR</b>	681	21331	35,7	24,1	142,8	4471,8
<b>GRE</b>	28	432	1,5	0,5	5,9	90,6
<b>PER</b>	1021	20247	53,5	22,9	214	4244,6
<b>ROT</b>	1	25	0,05	0,03	0,2	5,2
<b>SAN</b>	7	4059	0,4	4,6	1,5	850,9
<b>Total</b>	<b>1906</b>	<b>88432</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>399,6</b>	<b>18539</b>

*ABL : ablette / BRB : brème bordelière / BRE : brème commune / BRO : brochet / CHE : chevine /  
GAR : gardon / GRE : grémille / PER : perche / ROT : rotengle / SAN : sandre*

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

En 2010, le peuplement du lac de Moron est composé de 10 espèces de poissons mais certaines espèces font probablement défaut dans l'échantillon récolté telle que la truite fario. Le peuplement est dominé sur le plan numérique et pondéral par le triptyque gardon – brème – perche. Ces espèces, qui peuvent être qualifiées d'ubiquistes, sont accompagnées d'un cortège d'espèces thermophiles et/ou peu exigeantes en matière de qualité d'eau comme l'ablette, le chevesne, la grémille et le sandre. Bien qu'étant un lac de barrage sur le cours d'eau du Doubs transfrontalier, aucune espèce du peuplement du cours d'eau n'est échantillonnée.

Les rendements globaux observés sur le plan pondéral, plus élevés que sur le lac de Chaillexon échantillonné en 2007 selon le même protocole, restent cependant plutôt bas comparativement à d'autres retenues de même nature (ouvrage transversal à vocation hydroélectrique sur cours d'eau à caractère salmonicole). Sur le plan numérique, les rendements apparaissent légèrement supérieurs comparativement aux autres retenues. Ceci souligne la dominance sur le plan numérique des alevins - juvéniles de gardon et de perche.

## Distribution spatiale des captures :

La distribution verticale des espèces sur le lac de Moron est conforme à l'oxygénation constatée au printemps – été. En effet, à partir de 30 mètres de profondeur au printemps, la concentration en oxygène est inférieure à 4mg/l tandis que la campagne d'été indique un passage sous la barre des 4mg/l dès 7 mètres de profondeur. A noter qu'il n'y a pas de désoxygénation absolue de la retenue. Ainsi, en dessous des 20 mètres de profondeur, seuls quelques individus sont retrouvés. Au niveau de la zone pélagique, les deux gardons échantillonnés ont pu être contactés lors de la remontée des filets. De ce fait, au niveau de cette zone, aucun individu n'est retrouvé en dessous de 18 mètres en lien avec une désoxygénation des strates profondes.

strate	Benthiques										Pélagiques					
	ABL	BRB	BRE	BRO	CHE	GAR	GRE	PER	ROT	SAN	Strate	ABL	BRB	GAR	PER	SAN
0-2,9	4	9	7		8	346	3	242			0-6	23	3	49	2	
3-5,9	15	21	26			74	6	476	1		6-12	1		51	3	
6-11,9		5	26	1		90	13	221			12-18			47	8	1
12-19,9	2	5	6	1	1	18	3	66		6	18-24					
20-34,9		2				1		2			24-30			1		
35-49,9		1	1					1			30-36					
50-56						2					36-42			1		
											42-48					
											48-54					
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>43</b>	<b>66</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>531</b>	<b>28</b>	<b>1008</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>3</b>	<b>149</b>	<b>13</b>	<b>1</b>

*ABL : ablette / BRB : brème bordelière / BRE : brème commune / BRO : brochet / CHE : chevaine / GAR : gardon / GRE : grémille / PER : perche / ROT : rotengle / SAN : sandre*

**Tab. 2 :** distribution spatiale des captures observées en 2010 sur le lac de Moron (effectifs bruts)

Les différentes espèces sont dans leur très grande majorité capturées au-dessus de la thermocline (située entre -12 et -15 mètres) et présentent des distributions majoritairement benthiques. La zone pélagique apparaît quant à elle peu fréquentée.

Les alevins et les juvéniles de gardon se capturent principalement dans la strate des 0-3m tandis que les alevins de perche se distribuent plutôt dans la strate 3-6m ;

## Structure des populations majoritaires :

La population de perche apparaît assez bien équilibrée présentant à la fois des juvéniles et des adultes. Les alevins semblent absents mais ceci peut s'expliquer par la période d'échantillonnage. Cette population dominée par les juvéniles témoigne de conditions favorables pour la reproduction dans le plan d'eau. Cette cohorte parvient à se développer et les individus adultes sont représentés. Toutefois, au vu de la cohorte de juvéniles, un nombre plus conséquent d'individus adulte pourrait être attendu. Ceci pose la question de la survie au-delà du premier été.

La population de gardon présente une population correctement équilibrée. Du fait de la précocité de la campagne de pêche, les alevins de l'année n'ont pas été capturés.

La population de brème commune est déséquilibrée avec uniquement la présence d'adultes. Les alevins et juvéniles sont totalement absents de l'échantillonnage.

La population de brème bordelière apparaît plus équilibrée que la population de brème commune avec présence de juvéniles et adultes.

## Éléments de synthèse :

**En 2010, le peuplement piscicole du lac de Moron est dominé par les espèces assez tolérantes en termes d'habitats de reproduction et de qualité d'eau (brème, gardon, perche, sandre). Il affiche à la fois une diversité spécifique lacunaire vis-à-vis du potentiel d'espèces (potentiel salmonicole du Doubs frontière) et des rendements de pêche assez bas sur le plan pondéral.**

**L'état de ce peuplement piscicole peut être qualifié de perturbé. Ce dernier traduit un dysfonctionnement du plan d'eau qui présente à la fois une désoxygénation importante de l'hypolimnion ainsi qu'un fort marnage lié à l'usage hydroélectrique limitant le développement d'une zone littorale fonctionnelle.**