

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

Sainte-Croix
(04 : Alpes-de-Haute-Provence)

Campagnes 2007

V2 – Novembre 2013
Intégration des résultats piscicoles



Méthodologie

Contenu des suivis

Le tableau suivant résume les différents éléments suivis par an et les fréquences d'intervention associées. Il s'agit du suivi qualitatif type mis en place sur les plans d'eau du programme de surveillance.

Les différents paramètres physico-chimiques analysés sur l'eau sont suivis lors de quatre campagnes calées aux différentes phases du cycle annuel de fonctionnement du plan d'eau, soit entre le mois de février et le mois d'octobre.

		Paramètres	Type de prélèvements/ Mesures	HIVER	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE
Sur EAU	Mesures in situ	O2 dis. (mg/l, %sat.), pH, COND (25°C), T°C, transparence secchi	Profils verticaux	X	X	X	X
	Physico-chimie classique	DBO5, PO4, Ptot, NH4, NKJ, NO3, NO2, COT, COD, MEST, Turbidité, Si dissoute	Prélèvement intégré et prélèvement ponctuel de fond	X	X	X	X
	Substances prioritaires, autres substances et pesticides	Micropolluants*	Prélèvement intégré et prélèvement ponctuel de fond	X	X	X	X
	Pigments chlorophylliens	Chlorophylle a + phéopigments	Prélèvement intégré	X	X	X	X
	Minéralisation	Ca ²⁺ , Na ⁺ , Mg ²⁺ , K ⁺ , dureté, TA, TAC, SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , HCO ₃ ⁻	Prélèvement intégré	X			
Sur SEDIMENTS	Eau interstitielle : Physico-chimie		PO4, Ptot, NH4				
	Phase solide (<2mm)	Physico-chimie	Corg., Ptot, NKJ, Granulométrie, perte au feu	Prélèvement ponctuel au point de plus grande profondeur			X
		Substances prioritaires, autres substances et pesticides	Micropolluants*				
HYDROBIOLOGIE et HYDROMORPHOLOGIE		Phytoplancton	Prélèvement intégré (Cemagref/Utermöhl)	X	X	X	X
		Oligochètes	IOBL				X
		Mollusques	IMOL				X
		Macrophytes	Protocole Cemagref (nov.2007)			X	
		Hydromorphologie	A partir du Lake Habitat Survey (LHS)			X	
		Suivi piscicole	Protocole CEN (en charge de l'ONEMA)			X	

* : se référer à l'annexe 5 de la circulaire DCE 2006/16, analyses à réaliser sur les paramètres pertinents à suivre sur le support concerné

Outils d'interprétation (détails en annexe 2)

L'interprétation des résultats a été réalisée selon deux approches complémentaires s'appuyant d'une part sur une méthode largement utilisée pour évaluer le niveau trophique des plans d'eau (Diagnose rapide) et 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 : **Sainte-Croix**

Code lac : **X2--3003**

Masse d'eau : **FRDL 106**

Département : **04 (Alpes-de-Haute-Provence)**

Région : **Provence-Alpes-Côte d'Azur**

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

Typologie : **A3 = retenue de moyenne montagne calcaire, profonde**

Altitude (NGF) : **477**

Superficie (ha) : **2203**

Volume (hm³) : **767**

Profondeur maximum (m) : **83**

Temps de séjour (j) : **280**

Tributaire(s) : **le Verdon (principal),**

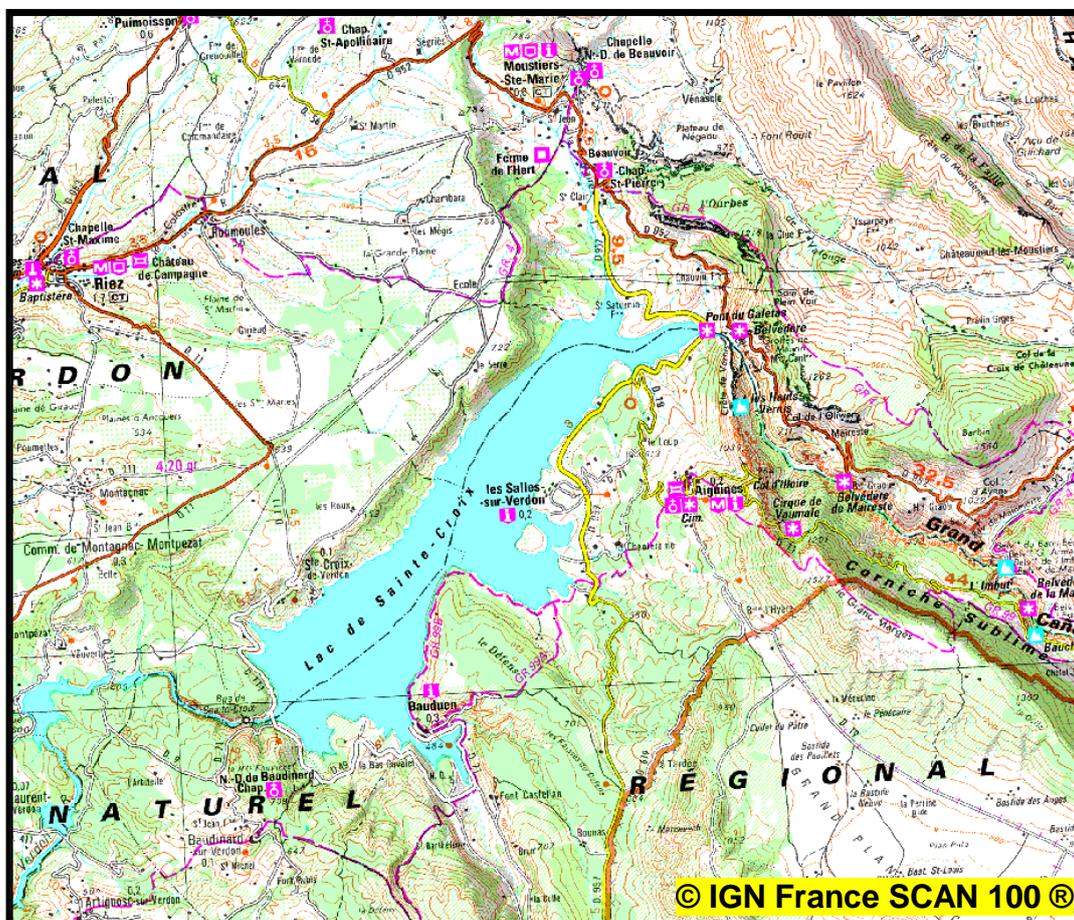
Exutoire(s) : **le Verdon**

Réseau de suivi DCE : **Réseau de contrôle de Surveillance (Cf. Annexe 1)**

Période/Année de suivi : **2007**

Objectif de bon potentiel : **2015**

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



Carte de localisation du plan d'eau (Ech. : 1/150 000)

Résultats - Interprétation

Le grand lac de Sainte-Croix est un plan d'eau de retenue situé à la limite entre le département des Alpes de Haute Provence et celui du Var (83). Il s'agit de la troisième retenue sur le cours du Verdon, située en aval des retenues de Castillon et de Chaudanne. Elle fut mise en eau en 1973 pour un usage hydroélectrique. Elle constitue la 2^{ème} plus grande retenue artificielle de France après le lac de Serre-Ponçon.

Le plan d'eau est utilisé pour l'hydroélectricité (EDF), l'eau potable, les besoins agricoles, la pêche de loisir et il accueille une importante activité touristique. En période estivale, de nombreuses activités nautiques (canoë, pédalo, voile, navigation non motorisée) sont ainsi pratiquées sur le lac. En dehors de cette période, les pressions anthropiques sur le plan d'eau sont faibles.

Diagnose rapide

Le lac de Sainte-Croix présente une qualité générale le classant dans la catégorie des **lacs oligotrophes à tendance mésotrophe**. La qualité générale du compartiment eau et du compartiment sédiment est bonne, aussi bien d'un point de vue physico-chimique que biologique.

L'étude de la végétation aquatique a révélé la présence d'herbiers assez denses de characées sur presque toute la périphérie du plan d'eau (Cf. annexe 6). D'autres espèces de macrophytes ont également été identifiées : il s'agit de myriophylle en épi et de potamot pectiné inventoriés sur des secteurs plus localisés.

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 puisque le lac de Sainte-Croix est classé en **bon potentiel écologique** sur la base des résultats obtenus en 2007 (Cf. annexe 4).

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

Suivi piscicole

Le suivi piscicole a été réalisé en 2009 par l'ONEMA (Cf. annexe 7).

Le peuplement pisciaire de la retenue de Sainte Croix est dominé par les cyprinidés d'eau calme thermophiles (gardon, ablette, brème bordelière) ainsi que par la perche. Un certain nombre d'espèces rhéophiles, autrefois directement inféodés au Verdon, sont encore présentes, mais leur abondance régresse encore par rapport au précédent inventaire (CEMAGREF 1991). Cette évolution est celle classiquement constatée sur les retenues artificielles à marnage de moyenne montagne. Ses potentiels restent cependant intéressants, compte tenu de sa grande dimension et de l'importance de l'afférence principale constituée par le Verdon.

Si la perche a connu un développement important de sa population, les autres carnassiers, plus exigeants, montrent un niveau d'abondance proche (brochet) voire plus faible (truite fario) que dans les années 1990. Le développement naturel du brochet est directement lié à la présence de frayères et de nurseries fonctionnelles, relativement limitées en surface et perturbées par les marnages de la retenue. Le maintien optimal de la truite fario et de l'omble chevalier dépend des conditions thermiques et oxymétriques des différentes couches du lac en période estivale, ainsi que de la qualité des substrats de reproduction pour l'omble chevalier.

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

$I_C = 16 + 41,89 \times \log_{10}(X+0,5)$ 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.

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.

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**.

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. Quelques plans d'eau suivis (*dont Sainte-Croix*) ont fait l'objet de six campagnes pour la mesure de la chlorophylle a + phéopigments et les profils en profondeur des paramètres de terrain : les indices Pigments chlorophylliens et Transparence ont alors été calculés à partir des résultats obtenus lors des cinq campagnes suivant la campagne de fin d'hiver.

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

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

Les indices biologiques sont au nombre de trois :

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

L'indice s'appuie sur des coefficients de qualité (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).

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 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).

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					
	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

Les travaux réalisés jusqu'à présent n'ont pas permis de produire des valeurs seuils pour les éléments de qualité macrophytes et poissons.

- Eléments physico-chimiques généraux

Paramètres par élément de qualité	Limites des classes d'état				
	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
Nutriments					
N minéral maximal (NO ₃ + NH ₄)(mg N/l)	0,2	0,4	1	2	
PO ₄ maximal (mg P/l)	0,01	0,02	0,03	0,05	
Phosphore total maximal (mg P/l)	0,015	0,03	0,06	0,1	
Transparence					
Transparence moyenne estivale (m)	5	3,5	2	0,8	
Bilan de l'oxygène					
Présence ou absence d'une désoxygénation de l'hypolimnion en % du déficit observé entre la surface et le fond pendant la période estivale (pour les lacs stratifiés)	*	50	*	*	
Salinité					
Acidification	*				
Température					

* : pas de valeurs établies à ce stade des connaissances

N minéral maximal (NH₄ + NO₃) : azote minéral maximal annuel dans la zone euphotique, c'est-à-dire :

- l'azote minéral « d'hiver », en période de mélange total des eaux, sur échantillon intégré de la zone euphotique, si le temps de séjour est supérieur à 2 mois.

- l'azote maximal observé sur au minimum 3 campagnes « estivales » dans un échantillon intégré de la zone euphotique, si le temps de séjour est inférieur à 2 mois.

PO₄ maximal : dans les lacs de temps de séjour supérieur à 2 mois, il s'agit de la valeur « hivernale » en période de mélange total des eaux, sur échantillon intégré de la zone euphotique. Dans les plans d'eau de temps de séjour inférieur à 2 mois, c'est le maximum des valeurs de 3 campagnes estivales.

Phosphore total maximal : dans les lacs de temps de séjour supérieur à 2 mois, il s'agit indifféremment de la moyenne annuelle dans la zone euphotique ou de la valeur hivernale en période de mélange complet des eaux, sur échantillon intégré de la zone euphotique. Dans les plans d'eau de temps de séjour inférieur à 2 mois, c'est le maximum des valeurs de 3 campagnes estivales.

Bilan de l'oxygène : paramètre et limite de classes donnés à titre indicatif (ce paramètre est ici considéré en tant que paramètre complémentaire à l'évaluation de l'état).

Il s'agit de la présentation des résultats bruts, un travail ultérieur d'expertise pouvant amener à une évaluation légèrement différente (ex. : pour un plan d'eau naturellement peu transparent, ce paramètre s'avèrera non pertinent et ne sera alors pas pris en compte dans l'évaluation de l'état).

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

- Polluants spécifiques de l'état écologique

Polluants spécifiques non synthétiques (analysés sur eau filtrée)	
Substances	NQE_MA ($\mu\text{g/l}$)
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 écologiques (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) :

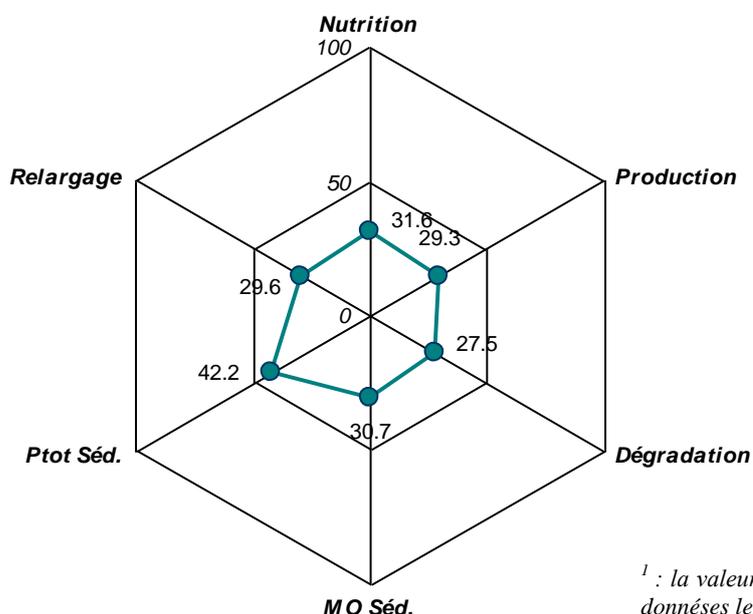
La liste des 41 substances prises en compte dans l'état chimique figure dans l'annexe 8 de l'arrêté du 25 janvier 2010, avec les NQE à respecter en valeur moyenne et en concentration maximale admissible.

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 Sainte-Croix Suivi 2007

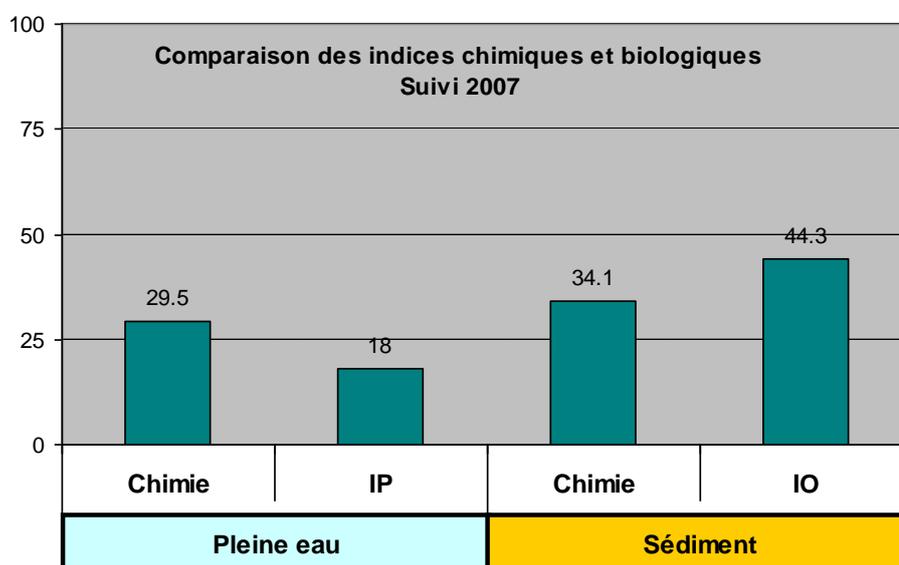


Globalement, l'ensemble des indices se situe dans la fourchette 25-35, exprimant un milieu de bonne qualité physico-chimique.

Le tracé des indices est assez régulier et de faible ampleur, témoignant d'un milieu où les flux de matières restent limités. Les apports en nutriments sont faibles¹, ce qui limite la production primaire. L'oxygénation de l'hypolimnion reste de ce fait satisfaisante. Les sédiments présentent une faible teneur en matière organique et le relargage est très peu marqué. L'indice phosphore total du sédiment affiche la valeur la plus élevée (42) reflétant les apports passés.

¹ : la valeur de l'indice nutrition est cependant à prendre avec précaution étant données les limites de quantifications employées

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

Concernant les indices de pleine eau, l'Indice Planctonique affiche une valeur inférieure à 20, correspondant à un niveau trophique oligotrophe. Le peuplement phytoplanctonique estival est dominé par les diatomées. L'indice physico-chimique moyen est un peu plus élevé mais se situe toujours au niveau oligotrophe.

L'indice physico-chimique moyen du sédiment présente une valeur proche de celui de pleine eau et reflète donc également une bonne qualité physico-chimique du sédiment. L'Indice Oligochète est de valeur un peu plus élevée ce qui peut s'expliquer par la faible teneur en matière organique du sédiment, peu propice au développement de la faune invertébrée (à noter également que les 3 points de prélèvements ont été réalisés à des profondeurs importantes (62 à 72 m) ce qui diffère des préconisations de la diagnose rapide et ce qui a donc pu surévaluer l'IO). Cela étant, la note IOBL obtenue illustre tout de même une relativement bonne capacité métabolique du milieu.

Sainte-Croix

Les indices de la diagnose rapide Valeurs brutes et calcul des indices

Les indices physico-chimiques

	Ptot ech intégré hiver (mg/l)	<i>indice Ptot hiver</i>	Ntot ech intégré hiver (mg/l)	<i>indice Ntot hiver</i>	INDICE NUTRITION moyen
2007	0<x<0,02	0<x<48	0,52<x<1,12	28<x<50	31.6

Les limites de quantification utilisées pour le phosphore et le NKJ étant élevées, il n'est pas possible d'évaluer précisément la valeurs des indices Ptot, Ntot et NUTRITION

	Secchi moy (m) (3 campagnes estivales)	<i>indice Transparence</i>	Chloro a + Phéop. (µg/l) (moy 3 camp. estivales)	<i>indice Pigments chlorophylliens</i>	INDICE PRODUCTION moyen
2007	5.4	33.3	0,6<x<2,0	18<x<33	29.3

	Conso journalière en O2 (mg/m ³ /j)	INDICE DEGRADATION
2007	7.8	27.5

	perte au feu (% MS)	<i>indice Perte au feu séd = INDICE stockage MO du séd</i>
2007	3.79	30.7

	Ptot séd (mg/kg MS)	<i>indice Ptot séd = INDICE stockage des minéraux du séd</i>
2007	610	42.2

Rapport Carbone/Azote (C/N) :
(dans les sédiments) <7,15

	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
2007	<0,16	<36,7	1.10	22.4	29.6

Les indices biologiques

	<i>Indice planctonique IP</i>	Oligochètes IOBL global	<i>Indice Oligochètes IO</i>
2007	18	10,4 : PM* fort	44.3

* : Potentiel Métabolique

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	

Annexe 4 : Potentiel écologique au sens de la DCE

Classes d'état

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

Niveau de confiance

3	Elevé
2	Moyen
1	Faible

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

Nom	Code	Type	Ensembles agrégés des éléments de qualité		Polluants spécifiques de l'état écologique	Altérations hydromorphologiques non imposées par les CTO**	Potentiel écologique	Niveau de confiance
			Biologiques	Physico-chimiques généraux				
Sainte-Croix	FRDL106	ANT*	TB	B	B	Nulles à faibles	B	2/3

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

Les éléments de qualité biologiques et physico-chimiques généraux sont respectivement classés en très bon état et en bon état.

Concernant les polluants spécifiques de l'état écologique, aucune des molécules recherchées n'a été quantifiée (*tous les polluants spécifiques n'ont cependant pas été analysés, notamment les métaux*).

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	PO ₄ ³⁻ max	Ptot. Max	Transp.
Sainte-Croix	FRDL106	ANT	<1	0,52	<0,004	<0,02	5,4

Selon les règles de l'arrêté du 25 janvier 2010, étant donné que seul le paramètre Nmin est déclassant pour l'élément de qualité Nutriments et que tous les éléments biologiques et les autres éléments physico-chimiques sont classés au moins en état bon, le lac de Sainte-Croix est classé en **bon potentiel écologique**.

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

Nmin max : concentration maximale en azote minéral (NO₃⁻ + NH₄⁺) (mg/L).

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

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

Transp. : transparence (m), moyenne estivale

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

			Paramètres complémentaires
			<i>Physico-chimiques généraux</i>
Nom ME	Code ME	Type	Déficit O2
Sainte-Croix	FRDL106	ANT	33

Le résultat obtenu pour l'élément bilan d'oxygène conforte le bon potentiel observé puisqu'il exprime un niveau d'oxygénation correct de l'hypolimnion.

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
Sainte-Croix	Bon

Le lac de Sainte-Croix est classé en **bon état chimique**.

Aucune des substances recherchées n'a été quantifiée.

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 300 molécules ont été recherchées à chaque campagne sur l'échantillon intégré de la zone euphotique (dont seule une quinzaine figure dans la liste des 41 substances de l'état chimique).

Aucune des substances recherchées n'a été quantifiée.

Les micropolluants quantifiés dans les sédiments : les analyses ont porté sur une quinzaine de métaux. Les résultats obtenus n'ont pas révélé de teneurs excessives en micropolluants minéraux.

Annexe 6 : Eléments complémentaires suivis

Le suivi a également porté sur le peuplement macrophytique (adaptation du protocole Cemagref) et l'hydromorphologie du plan d'eau (à partir du Lake Habitat Survey).

Les méthodes de suivi de ces deux compartiments sont en cours de construction et il n'existe pas encore d'indice découlant de l'acquisition de ces données.

Les Macrophytes :

Quatre espèces de macrophytes aquatiques ont été observées dans la retenue de Sainte Croix. Elles semblent former une ceinture quasiment continue sur tout le pourtour du plan d'eau. En effet, la végétation aquatique a été rencontrée sur toutes les placettes dans la zone toujours en eau, sauf dans les zones les plus escarpées et à substrat grossier comme en rive droite du plan d'eau juste en amont du barrage. Les espèces observées sont :

- les characées (*Chara vulgaris* et *Nitella tenuissima*), abondantes sur toute la périphérie du plan d'eau. Elles ont été rencontrées à partir de 1,5 m de profondeur le jour des observations et sont présentes jusqu'à des profondeurs de l'ordre de 5 à 6 m. La turbidité de l'eau due au batillage ne permet pas de préciser leur profondeur maximale de colonisation. Ces espèces peuvent former des herbiers denses sur les plages en pente douce et à substrat sableux mais elles sont également présentes sur des sédiments plus grossiers ;
- *Myriophyllum spicatum*, moins fréquent mais localement abondant ;
- *Potamogeton pectinatus*, espèce également fréquente mais peu abondante. Il est présent en bordure du plan d'eau, sur les plages en pente douce et à sédiments fins. Cette espèce forme localement des petites taches sur les plages bien ensoleillées.

L'Hydromorphologie :

La méthode aboutit au calcul de deux indices :

- ✓ LHMS : évaluation de l'altération du milieu ;
- ✓ LHQA : évaluation de la qualité des habitats du lac.

Lacs	Score LHMS (/54)	Score LHQA (/112)
Sainte Croix	24	67

Dans ce lac de grande dimension, les différentes notes des 4 compartiments du score LHQA sont toujours supérieures ou égales à la moyenne. La note LHQA traduit la relativement bonne représentation de l'environnement naturel (notamment dans la partie aquatique).

La valeur obtenue pour le score LHMS est liée en partie à la nature du plan d'eau et aux usages de celui-ci (importance de la pression touristique).

Annexe 7 : Résultats du suivi piscicole



Fiche synthétique état du peuplement piscicole

Protocole CEN 14757

Plan d'eau : **SAINTE CROIX**

Réseau : **DCE RCS**

Superficie : **2203 Ha**

Zmax : **83 m**

Date échantillonnage : **21 au 25/09/2009**

Opérateur : **ONEMA (DiR8 et SD04/83)**

Nb filets benthiques : **64 (2880 m2)**

Nb filets pélagiques : **22 (3630 m2)**

Composition et structure du peuplement :

Espèces	1976		Pourcentages				Rendements surfaciques			
	numérique	pondéral	1990		2009		1990		2009	
			numérique	pondéral	numérique	pondéral	ind/1000 m2	gr./1000 m2	ind/1000 m2	gr./1000 m2
ABL	0.1%	0.003%	2%	0.2%	18%	2%	2	39	44	561
BAF	16%	23%	2%	9%	1%	13%	1	2144	1	3031
BLN	0.4%	0.03%								
BRB			23%	9%	8%	5%	22	2169	19	1245
BRE					0.1%	0.1%			0.3	34
BRO			1%	9%	1%	2%	1	2065	2	540
CCO	0.4%	1%	0.2%	4%			0.2	870		
CHE	29%	35%	6%	12%	2%	20%	6	2765	4	4778
GAR	0.2%	0.1%	57%	33%	45%	31%	55	7710	112	7275
GOU	0.2%	0.04%	0.3%	0.02%	5%	0.4%	0.3	5	12	102
OBL			0.1%	0.1%	0.1%	0.2%	0.1	16	0.3	57
OCL					5%	1%			12	143
PER	6%	6%	2%	3%	14%	10%	2	805	35	2353
PES			0.3%	0.1%	2%	0.3%	0.3	27	6	63
ROT	0.1%	0.004%			0.4%	1%			1	182
TAC	0.5%	0.8%								
TAN	7%	10%	0.4%	2%	1%	6%	0.4	445	1	1529
TOX	35%	6%	4%	4%			4	932		
TRF	5%	18%	3%	15%	0.4%	8%	3	3583	1	1822
Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	97	23575	250	23716
Diversité piscicole :		13		14		15				

ABL : ablette / BAF : barbeau fluviatile / BLN : blageon / BRB : brème bordelière / BRE : brème commune / BRO : brochet / CCO : carpe commune / CHE : chevesne / GAR : gardon / GOU : goujon / OBL : omble chevalier / OCL : écrevisse américaine / PER : perche / PES : perche soleil / ROT : rotengle / TAC : truite arc-en-ciel / TAN : tanche / TOX : toxostome / TRF : truite de rivière

Tab. 1 : Comparaison des résultats de pêche sur le plan d'eau de Sainte Croix en 2009 (les rendements surfaciques prennent en compte tous les types de filets tendus)

En 2009, le peuplement pisciaire du plan d'eau de Ste Croix se compose de 15 espèces. Les densités numériques sont dominées par le gardon, l'ablette, la perche et, dans une moindre mesure, la brème bordelière. Les biomasses les plus fortes sont rencontrées pour le gardon, le chevesne, le barbeau fluviatile et la perche.

Par rapport aux campagnes précédentes de 1976 et 1990, on constate une évolution significative de la structure du peuplement. Dans les années 1970, les espèces rhéophiles comme le toxostome, le chevesne, le barbeau fluviatile, le blageon ou encore la truite fario, dominaient le peuplement en effectifs et biomasses, témoins du peuplement initialement présent dans le Verdon avant la mise en place du barrage. A partir des années 1990 et plus encore aujourd'hui dans les années 2000, le peuplement a évolué vers une forme lénitophile, dominé par des espèces plus tolérantes vis-à-vis de la température de l'eau, de la richesse trophique et des habitats : ablette, brème bordelière, gardon et perche. Les espèces à caractère rhéophile comme le barbeau, le chevesne, le goujon et la truite fario reflètent l'influence encore marquée du Verdon sur le plan d'eau mais leurs abondances sont faibles et

en régression par rapport aux inventaires précédents. Le toxostome n'a pas été capturé et l'on remarque l'apparition significative de l'écrevisse américaine.

Distribution spatiale des captures :

Strates	Filets benthiques														Filets pélagiques					
	ABL	BAF	BRB	BRE	BRO	CHE	GAR	GOU	OBL	OCL	PER	PES	ROT	TAN	Strates	ABL	GAR	GOU	OCL	TRF
0-3 m	25	5	10	1	3	11	104	20		13	42	10	6	2	P 0-6 m	101	6			
3-6 m	31	2	77	1	4	7	145	9		31	46	16		5	P 6-12 m	13	2	1		1
6-12 m	74		24		2	6	123	16		17	62	5	1	2	P 12-18 m	4				
12-20 m	26	1	9		2	1	278	28		11	70	3			P 18-24 m					
20-35 m	1	1	5				50	1		1	5	5			P 24-30 m					1
35-50 m	8						18		1	2	1				P 30-36 m					1
50-75 m									1	2					P 36-42 m					1
															P 42-48 m					2
															P 48-54 m	1				
															P 54-60 m	4				
															P 60-66 m				1	

ABL : ablette / BAF : barbeau fluviatile / BLN : blageon / BRB : brème bordelière / BRE : brème commune / BRO : brochet / CCO : carpe commune / CHE : chevesne / GAR : gardon / GOU : goujon / OBL : omble chevalier / OCL : écrevisse américaine / PER : perche / PES : perche soleil / ROT : rotengle / TAC : truite arc-en-ciel / TAN : tanche / TOX : toxostome / TRF : truite de rivière

Tab. 2 : Distribution spatiale des captures sur le plan d'eau de Sainte Croix en 2009 (effectifs bruts)

D'une manière générale, les espèces colonisent l'ensemble des strates du plan d'eau et lors de la campagne d'échantillonnage, l'ensemble de la colonne d'eau montrait une concentration en oxygène dissous satisfaisante et supérieure à 6 mg/l.

La grande majorité des espèces est capturée au-dessus de la thermocline dans les couches les plus chaudes du lac (ablette, brème bordelière, perche soleil, rotengle, tanche). On remarque également des captures significatives de gardon et de perche, toutes tailles confondues, au niveau de la thermocline (entre 12 et 20 mètres), ces deux espèces se cantonnant strictement au niveau de la zone benthique et délaissant les zones pélagiques du plan d'eau.

Les salmonidés (omble chevalier et truite fario) sont capturés quant à eux dans les couches plus profondes et surtout plus fraîches du lac, en pleine eau pour ce qui est de la truite fario et dans les zones benthiques profondes pour l'omble.

Structure des populations majoritaires :

Les populations d'ablette, de brème bordelière et de gardon sont équilibrées et dynamiques, dominées par les juvéniles immatures de une année. Les alevins de l'année sont moins représentés, mais leur petite taille réduit leur capturabilité, sauf pour la brème bordelière.

La population de perche apparaît également dynamique et la dominance des alevins et juvéniles témoigne de la réussite régulière de la reproduction sur le plan d'eau pour cette espèce.

La population de brochet est relativement modeste mais la date de l'échantillonnage ne correspond pas à l'activité optimale de l'espèce. Rivier (1991) a mis en évidence la croissance forte de l'espèce sur le plan d'eau et les individus capturés correspondent à des alevins de l'année et des individus de une année. Leur origine, issue de reproduction naturelle ou d'alevinages, est cependant difficile à déterminer et aucun individu plus âgé n'a été échantillonné.

Éléments de synthèse :

Le peuplement pisciaire de la retenue de Sainte Croix est dominé par les cyprinidés d'eau calme thermophiles (gardon, ablette, brème bordelière) ainsi que par la perche. Un certain nombre d'espèces rhéophiles, autrefois directement inféodés au Verdon, sont encore présentes, mais leur abondance régresse encore par rapport au précédent inventaire (CEMAGREF 1991). Cette évolution est celle classiquement constatée sur les retenues artificielles à marnage de moyenne montagne. Ses potentiels restent cependant intéressants, compte tenu de sa grande dimension et de l'importance de l'afférence principale constituée par le Verdon.

Si la perche a connu un développement important de sa population, les autres carnassiers, plus exigeants, montrent un niveau d'abondance proche (brochet) voire plus faible (truite fario) que dans les années 1990. Le développement naturel du brochet est directement lié à la présence de frayères et de nurseries fonctionnelles, relativement limitées en surface et perturbées par les marnages de la retenue. Le maintien optimal de la truite fario et de l'omble chevalier dépend des conditions thermiques et oxymétriques des différentes couches du lac en période estivale, ainsi que de la qualité des substrats de reproduction pour l'omble chevalier.