

# 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**

## Entonnoir / Bouverans

*(25 : Doubs)*

Campagnes 2008

*V2 - Octobre 2011  
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 <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>	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 : **Entonnoir ou Bouverans**

Code lac : **U2035043**

Masse d'eau : **FRDL 8**

Département : **25 (Doubs)**

Région : **Franche-Comté**

Origine : **Naturelle**

Typologie : **N3 = lac de moyenne montagne calcaire peu profond**

Altitude (NGF) : **825**

Superficie (ha) : **72**

Volume (hm<sup>3</sup>) : **2.4**

Profondeur maximum (m) : **10**

Temps de séjour (j) : **-**

Tributaire(s) : **réseaux karstiques + apports de surface (ruisselets, cascade) / Drugeon en période de crue**

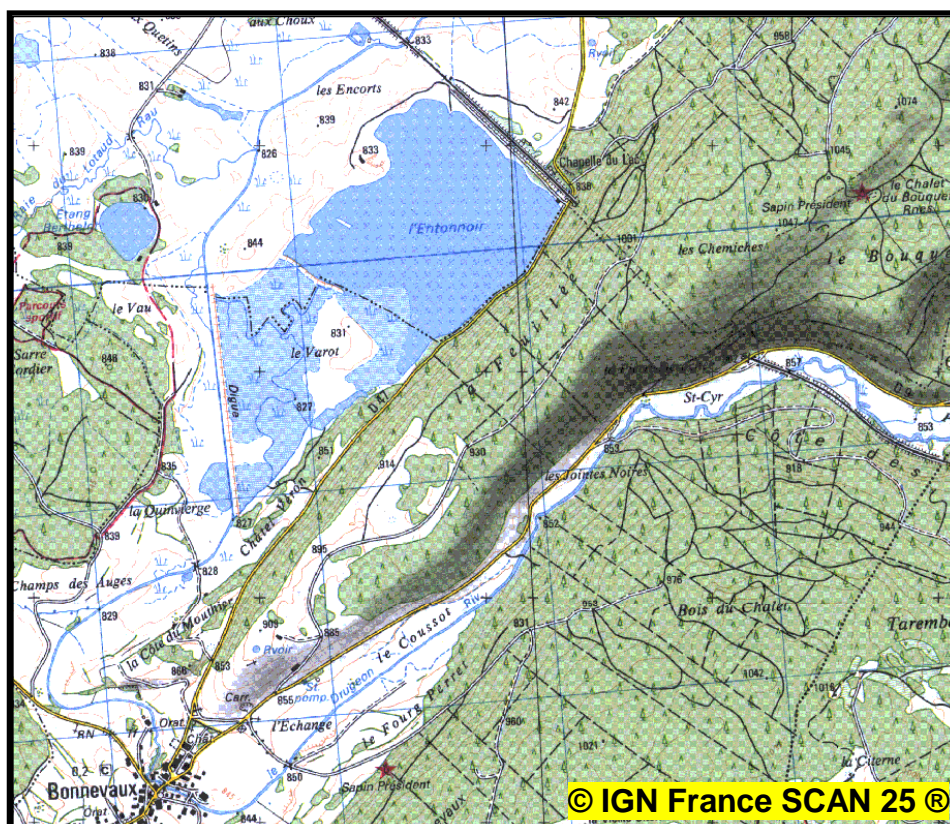
Exutoire(s) : **-**

Réseau de suivi DCE : **Réseau de contrôle de surveillance / contrôle opérationnel (Cf. Annexe 1)**

Période/Année de suivi : **2008**

Objectif de bon état : **2021**

*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. : 1/30 000)

## Résultats - Interprétation

---

Le lac de l'Entonnoir ou lac de Bouverans se situe dans la vallée du Drugeon sur la commune de Bouverans. Il s'agit d'un lac d'origine naturelle qui est équipé d'une cuvette en forme d'"entonnoir", il a été récemment aménagé une digue à l'ouest, pour maintenir la cote d'eau du plan d'eau.

Le plan d'eau présente une profondeur maximale de 10 m au droit de l'entonnoir, mais la profondeur moyenne observable est de l'ordre de 3 m. Ce lac présente un fonctionnement très particulier : il semble y avoir une double circulation des eaux au droit de l'entonnoir, suivant le niveau de la nappe. Les échanges se font par un réseau karstique, qui est, à ce jour inconnu (mais qui n'est pas celui du Drugeon). Les apports de surface se font par une cascade sur l'extrême est du lac ainsi que quelques ruisselets qui proviennent du bassin versant forestier au sud. Selon les apports du réseau karstique, la zone humide très riche écologiquement jouxtant le plan d'eau présente une étendue plus ou moins importante.

Le lac est gelé pendant la période hivernale. Il présente un fonctionnement de lac dimictique avec deux périodes de brassage : au printemps et à l'automne et une phase de stratification en période estivale.

Le lac de l'Entonnoir est entouré de prairies au nord, et de forêts de conifères exploitées au sud. La partie ouest du lac forme un marais avec une végétation assez dense.

Les usages se limitent à une activité de pêche. Les tourbières au nord sont classées en Arrêté de Biotope.

### Diagnose rapide

Le lac de l'Entonnoir présente une qualité générale le classant dans la catégorie des **lacs mésotrophes**. Sa situation particulière et son fonctionnement atypique peuvent expliquer certains résultats obtenus pour les indices fonctionnels pouvant paraître étonnant.

L'étude de la végétation aquatique a révélé un milieu riche en formations végétales différentes, abritant des espèces très intéressantes dont certaines bénéficient d'un statut de protection nationale ou régionale (Cf. annexe 6).

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

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

L'évaluation DCE classe le lac de l'Entonnoir en **bon état écologique** sur la base des résultats obtenus en 2008 (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 également été réalisé en 2008 par l'ONEMA.

Au vu des résultats obtenus (Cf. annexe 7), le peuplement piscicole du lac de l'Entonnoir apparaît en bon état. Le système apparaît très productif. Les populations numériquement majoritaires, perches et gardons, révèlent un certain déséquilibre avec un très fort recrutement et une forte densité de juvéniles mais un déficit en sub-adultes et adultes. Les populations de rotengles, mais aussi de tanches, sont constituées majoritairement d'adultes.

### **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 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**.

#### Indice Perte au feu du sédiment

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

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

### Indice P total de l'eau interstitielle

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

### Indice Ammonium de l'eau interstitielle

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

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

Quatre campagnes de prélèvements sont réalisées dans le cadre du protocole de la Diagnose rapide. Pour les quelques plans d'eau de référence où six campagnes ont été effectuées, les indices Pigments chlorophylliens et Transparence ont été calculés sur les résultats obtenus lors des cinq campagnes suivant la campagne de fin d'hiver.

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

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

### **Les indices biologiques sont au nombre de trois :**

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

L'indice s'appuie sur des coefficients de qualité (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 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 détermination de l'indice IMOL.

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

Table III : Procédure of the determination of index IMOL.

Niveau d'échantillonnage	Repères malacologiques	Indices	Exemples (dates de prospection)
$Z_1 = 9/10 Z_{max}$	- Gastéropodes et Bivalves présents	8	<b>Léman (1963)</b>
	- Gastéropodes absents, Bivalves seuls présents	7	<b>Bourget (1940), Longemer (1977), Grand Maclu (1983), Chalais (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), <i>Lamoura (1988), Pierre-Chatel (1989)</i>
	- Absence de mollusques	0	Lac des Corbeaux (1984), Lac Vert (1985), <i>Lispach (1984),</i>

(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					
	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
<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> + NO<sub>3</sub>)** : 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.

**PO<sub>4</sub> maximal** : dans les lacs de temps de séjour supérieur à 2 mois, il s'agit de la valeur « hivernale » en période de mélange total des eaux, sur échantillon intégré de la zone euphotique. Dans les plans d'eau de temps de séjour inférieur à 2 mois, c'est le maximum des valeurs de 3 campagnes estivales.

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

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

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

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

- Polluants spécifiques de l'état écologique

<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) :***

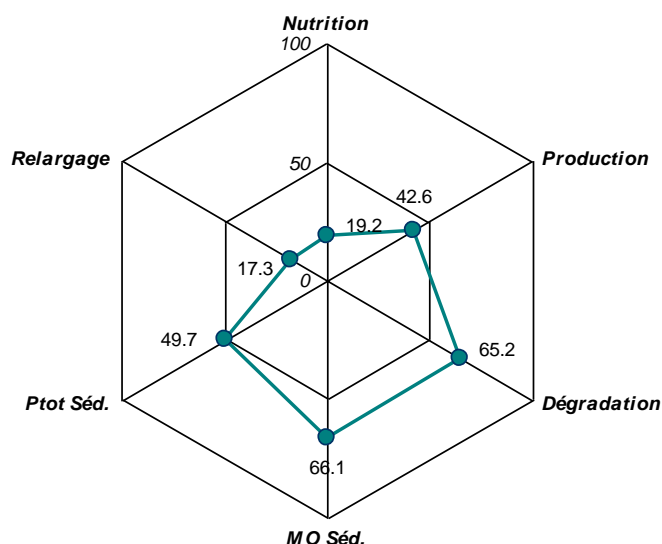
La liste des 41 substances prises en compte dans l'état chimique figure dans l'annexe 8 de l'arrêté du 25 janvier 2010, avec les NQE à respecter en valeur moyenne et en concentration maximale admissible.

## 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 l'Entonnoir Suivi 2008**



Le tracé de la figure est très particulier. La très faible valeur des indices nutrition et relargage paraît étonnante alors que d'une part la production primaire du milieu est non négligeable et que d'autre part les sédiments sont riches en matière organique et en éléments nutritifs pouvant potentiellement être remis à disposition dans le milieu étant donné la désoxygénation de l'hypolimnion constatée en période estivale. Plusieurs éléments peuvent être pris en considération pour expliquer les forts écarts obtenus entre les différents indices fonctionnels :

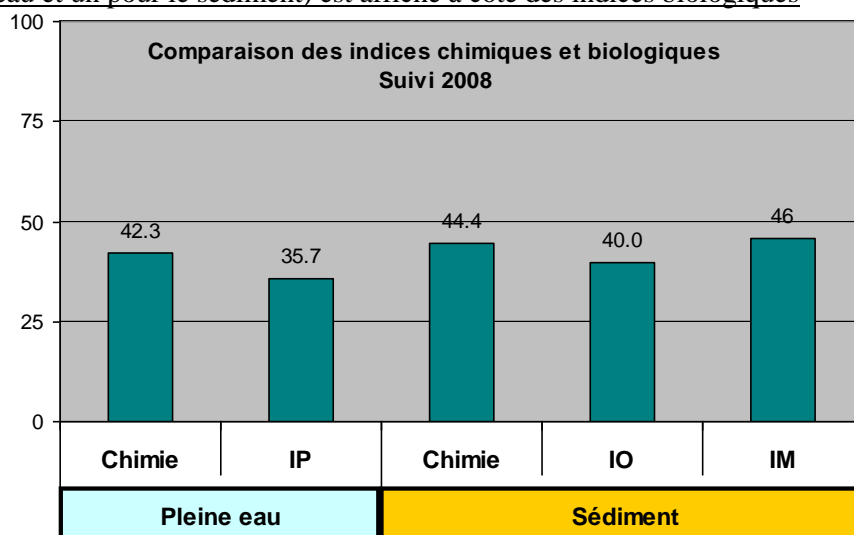
- Les indices nutrition et relargage sont peut-être sous estimés. Le premier correspond à une valeur moyenne puisque les paramètres mesurés sont inférieurs à la limite de quantification (indice nutrition compris entre 0 et 38.5). Le second est issu des résultats d'analyses obtenus sur le prélèvement de sédiment réalisé lors de la dernière campagne alors que le plan d'eau était déjà déstratifié : les conditions physico-chimiques régnant à l'interface eau-sédiment n'étaient alors pas les plus critiques pour mettre en avant le phénomène de relargage.

- La forte valeur des indices dégradation et stockage de la matière organique du sédiment peut être expliquée par :

- Les apports antérieurs accumulés dans les sédiments ;
- Les conditions régionales rudes (lac dimictique) limitant le processus de dégradation ;
- Un recouvrement important en macrophytes (biomasse végétale non prise en compte dans l'indice production par la diagnose rapide mais contribuant certainement à l'apport d'une charge organique importante au plan d'eau).

- La particularité de fonctionnement de ce milieu alimenté par un réseau karstique et son imbrication dans une vaste zone humide (marais, tourbières) complexifiant les phénomènes de nutrition, production et relargage.

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



IP : Indice Planctonique  
IO : Indice Oligochètes  
IM : Indice Mollusques

Les disparités observées au niveau des indices fonctionnels sont lissées lorsque l'on traite des indices physico-chimiques moyens. L'ensemble des indices physico-chimiques et biologiques se situe alors globalement dans la fourchette 35-45 correspondant à un milieu mésotrophe.

L'indice planctonique (=36) est concordant avec le résultat obtenu pour l'indice fonctionnel production (=43), reflet de la productivité primaire du plan d'eau. Les indices biologiques du sédiment témoignent de la bonne capacité métabolique du milieu (IO) malgré la charge organique importante du sédiment et le phénomène de désoxygénation touchant la plus grande profondeur du plan d'eau (absence de mollusques au point de plus grande profondeur).

## Entonnoir

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

#### Les indices physico-chimiques

	Ptot ech intégré hiver (mg/l)	<b>indice Ptot hiver</b>	Ntot ech intégré hiver (mg/l)	<b>indice Ntot hiver</b>	<b>INDICE NUTRITION moyen</b>
2008	0<x<0.005	0<x<24	0<x<1,23	0<x<53	19.2

	Secchi moy (m) (3 campagnes estivales)	<b>indice Transparence</b>	Chloro a + Phéop. (µg/l) (moy 3 camp. estivales)	<b>indice Pigments chlorophylliens</b>	<b>INDICE PRODUCTION</b>
2008	4.0	42.2	3.4<x<4.4	43.0	42.6

	Conso journalière en O2 (mg/m <sup>3</sup> /j)	<b>INDICE DEGRADATION</b>
2008	62.16	65.2

Indice calculé entre la première et la troisième campagne (plan d'eau déjà déstratifié en C4)

	perte au feu (% MS)	<b>indice Perte au feu séd = INDICE stockage MO du séd</b>
2008	17.7	66.1

	Ptot séd (mg/kg MS)	<b>indice Ptot séd = INDICE stockage des minéraux du séd</b>
2008	837	49.7

Rapport Carbone/Azote dans les sédiments = 8.5

	Ptot eau interst séd (mg/l)	<b>indice Ptot eau interst</b>	NH4 eau interst séd (mg/l)	<b>indice NH4 eau interst</b>	<b>INDICE RELARGAGE</b>
2008	0.03	12.7	1.05	21.8	17.3

#### Les indices biologiques

	<b>Indice planctonique IP</b>	Oligochètes IOBL global	<b>Indice Oligochètes IO</b>	Mollusques IMOL	<b>Indice Mollusques IM</b>
2008	35.7	12,3 : PM* fort	40	5	46

\* : Potentiel Métabolique

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

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

### Classes d'état

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

### Niveau de confiance

3	Elevé
2	Moyen
1	Faible

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

Nom	Code	Type	Ensembles agrégés des éléments de qualité		Polluants spécifiques de l'état écologique	Altérations hydromorphologiques	Etat écologique	Niveau de confiance
			Biologiques	Physico-chimiques généraux				
Entonnoir	FRDL8	MEN*	B	B	B	Non déterminé	B	2/3

\* MEN : masse d'eau naturelle.

Les éléments de qualité biologiques et physico-chimiques généraux sont tous deux classés en bon état. Concernant les polluants spécifiques de l'état écologique, seul un polluant synthétique spécifique, le 2,4 MCPA (herbicide) a été quantifié ponctuellement en faible concentration sur l'échantillon de fond de la seconde campagne de prélèvement. La valeur quantifiée (0.02 µg/l) était inférieure à la norme de qualité environnementale (NQE) définie pour ce paramètre.

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

Nom ME	Code ME	Type	Paramètres biologiques		Paramètres Physico-chimiques généraux			
			Chlo-a	IPL	Nmin max	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> max	Ptot. Max	Transp.
Entonnoir	FRDL8	MEN	3,4	35,7	<0,26	<0,005	<0,011	4

L'ensemble des paramètres physico-chimiques et biologiques pris en compte affichent des classes d'état bonne à très bonne sur ce plan d'eau.

Le lac de l'Entonnoir est ainsi classé en **bon état écologique**.

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

**IPL** : Indice Planctonique, repris de la diagnose rapide.

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

**PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> 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 :

Nom ME	Code ME	Type	Paramètres complémentaires		
			Biologiques		Physico-chimiques généraux
			IMOL	IOBL	Déficit O <sub>2</sub>
Entonnoir	FRDL8	MEN	5	12,3	53

Les résultats des paramètres complémentaires témoignent de la relativement bonne capacité métabolique du plan d'eau mais également du déficit en oxygène qui gagne l'hypolimnion en fin de période estivale.

**IMOL** : Indice Mollusque.

**IOBL** : Indice Oligochète de Bioindication Lacustre.

**Déficit O<sub>2</sub>** : 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
Entonnoir	Bon

L'entonnoir est classé en **bon état chimique**.

Parmi les 41 substances de l'état chimique, seul le benzo(a)pyrène a été quantifié en faible concentration (0.001 µg/l) lors des campagnes de prélèvements de juin et d'août sur l'échantillon de fond et sur l'échantillon intégré.

La liste des 41 substances de l'état chimique ainsi que leur Norme de Qualité Environnementale (NQE) 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 400 molécules ont été recherchées (dont seule une quinzaine figure dans la liste des 41 substances de l'état chimique) sur l'échantillon intégré de la zone euphotique à chaque campagne de prélèvement et également sur l'échantillon de fond à compter de la deuxième campagne annuelle.

En plus du 2,4 MCPA déjà mentionné, puisque faisant partie des polluants spécifiques de l'état écologique, six autres pesticides ont été quantifiés ponctuellement lors du suivi annuel : l'AMPA (métabolite d'herbicide), le dichlorprop et le mecoprop (herbicide), le furathiocarbe (insecticide), le nuarimol (fongicide) et le mépiquat chlorure. Ils ont tous fait l'objet d'une seule quantification sur l'année, pas nécessairement lors de la même campagne de suivi. Seul l'AMPA a présenté une concentration véritablement notable (1.6 µg/l en août sur l'échantillon intégré).

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

En complément des substances quantifiées déjà citées (substances de l'état chimique et polluants spécifiques de l'état écologique), 7 autres paramètres ont été quantifiés :

- un métal : le Bore, quantifié uniquement sur la campagne d'août ;
- un organoétain : le dioctylétain, quantifié une seule fois en faible concentration ;
- des dérivés du benzène : éthylbenzène, toluène, xylène-ortho, xylènes (m+p) et xylènes (o,m,p), quantifiés ponctuellement en relativement faible concentration. Pour la quantification de ces paramètres sur ce plan d'eau : une contamination via la chaîne de prélèvement est privilégiée.

**Les micropolluants quantifiés dans les sédiments :** les analyses effectuées sur sédiments ont révélé une contamination certaine en micropolluants. Ainsi de nombreux HAP ont été quantifiés en des concentrations élevées comparativement aux teneurs mesurées sur d'autres plans d'eau des bassins Rhône-Méditerranée et Corse. Les concentrations mesurées sur l'Entonnoir correspondent pour plusieurs paramètres aux plus fortes valeurs mesurées sur les 60 plans d'eau suivis sur la période 2007-2009 sur les bassins RM et C. On note également la quantification de plusieurs PCB à des concentrations atteignant entre 10 et 15 µg/kg MS par substance.

Aucune NQE n'étant actuellement définie sur le support sédiment, l'évaluation DCE de l'état chimique du plan d'eau ne reflète donc pas ces contaminations.

Il convient de noter que la morphologie particulière de la cuvette favorise la concentration de ces éléments au niveau du secteur de plus grande profondeur, représentant une zone très restreinte sur le plan d'eau.

## 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 DCE compatible découlant de l'acquisition de ces données.

### Les Macrophytes :

Le lac est bordé de prairies, d'une grande zone humide (tourbière du Varot) plus éloignée, d'un talus forestier et d'une digue. Le recouvrement global de macrophytes sur le lac est assez important et estimé à au moins 25% de sa surface.

Le lac de l'Entonnoir abrite un grand nombre de formations végétales (nénupharais, herbiers à potamots et de characées – avec *Chara hispida* notamment, roselières à roseau commun et à jonc des tonneliers...). Plusieurs espèces rares ou protégées ont été observées.

Aucune espèce exotique envahissante n'a été inventoriée. A noter cependant la présence d'Elodée du Canada (*Elodea canadensis*) considérée actuellement comme intégrée dans les écosystèmes.

Deux espèces protégées ont été observées sur le site : la Grande douve (*Ranunculus lingua*) protégée sur le territoire national et le Potamot à feuilles de graminées (*Potamogeton gramineus*), protégé régionalement.

### 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.

L'indice d'altération du milieu est de 24/42 : cette note relativement élevée peut être reliée à la présence de rives modifiées (talus de route au nord et au sud-est), à des variations de hauteur significative sur le plan d'eau, et un phénomène d'envasement important.

La qualité des habitats est moyenne à bonne avec un indice de 69/112 : la qualité de la zone riparienne est moyenne en raison de l'absence de strate arborescente. Les zones de plage sont quasi inexistantes lors de la campagne de 2008 puisque le lac était à sa cote maximum. La zone littorale est intéressante avec des herbiers abondants. Les habitats naturels sont diversifiés autour du plan d'eau : tourbières, prairie, forêt arbustive,...

**LHMS : indice d'altération du milieu**

pression	variable	note	note/
<b>modification de la grève</b>		<b>4</b>	<b>8</b>
% rives en génie civil (moyenne)	0	0	
PO avec protections de berges	3	4	
PO avec affouillement	0	0	
<b>usage intensif de la grève</b>		<b>4</b>	<b>8</b>
% rive avec couverture non naturel	50	4	
PO avec couvert non naturel	2	2	
<b>usages du lac</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>hydrologie (ouvrage)</b>	<b>dh&lt;=1m</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>transport solide</b>		<b>4</b>	<b>6</b>
% rive érodée	0	0	
PO avec dépôts	7	4	
recouvrement îles et dépôts	0	0	
<b>espèces nuisibles</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>
<b>Note globale</b>		<b>24</b>	<b>42</b>

PO : points d'observation

**LHQA : indice reflétant la qualité des habitats du lac**

Zone	critères	variable	note LHQA	note sur/	note LHQA	note/
berges (riparienne)	structure végétation	10	<b>4</b>	4	<b>12</b>	20
	longévité de la végétation	0	<b>0</b>	4		
	recouvrement des occupations des sols naturelles	8	<b>3</b>	4		
	diversité des occupations des sols naturelles	4	<b>4</b>	4		
	diversité de substrats de haut de berges	1	<b>1</b>	4		
plage/grève	présence de talus terres et sables supérieur à 1m	3	<b>1</b>	4	<b>11</b>	24
	PO avec ligne de dépôts	5	<b>2</b>	4		
	proportion de berges naturelles	5	<b>2</b>	4		
	diversité des berges naturelles	1	<b>1</b>	4		
	proportion de grèves naturelles	6	<b>2</b>	4		
	diversité des substrats de grève	3	<b>3</b>	4		
littorale	variations de profondeur (coeff de variation)	1,1	<b>4</b>	4	<b>26</b>	32
	recouvrement des substrats naturels	9	<b>4</b>	4		
	diversité des substrats littoraux naturels	3	<b>3</b>	4		
	recouvrement des macrophytes	3,3	<b>3</b>	4		
	extention littorale des macrophytes	5	<b>2</b>	4		
	diversité des macrophytes rencontrées	7	<b>4</b>	4		
	recouvrement des habitats piscicoles	2	<b>1,5</b>	4		
	diversité des habitats littoraux	4	<b>4</b>	4		
le lac	diversité des habitats naturels	7	<b>20</b>	20	<b>20</b>	36
	nombre d'îles	0	<b>0</b>	10		
	nombre d'îles deltaïques	0	<b>0</b>	6		
<b>Note globale</b>					<b>69</b>	<b>112</b>

## Annexe 7 : Résultats du suivi piscicole



Office national de l'eau  
et des milieux aquatiques

délégation interrégionale  
Bourgogne, Franche-Comté

### Fiche synthétique état du peuplement piscicole

Protocole CEN 14757

Plan d'eau : **ENTONNOIR**

Réseau : **DCE RCS et CO**

Superficie : **72 Ha**

Zmax : **10 m**

Date échantillonnage : **du 1 au 3/07/08**

Opérateur : **ONEMA (DR9, SD25 et SD39)**

nb filets benthiques : **24 (1080 m2)**

nb filets pélagiques : **0**

### Composition et structure du peuplement :

Espèce	Résultats bruts		Pourcentages		Rendements de pêche	
	Effectif	Biomasse	numériques	pondéraux	numériques	pondéraux
Code	ind	gr	%	%	ind/1000 m2 filet	gr/1000 m2 filet
<b>BRO</b>	11	772	0,94	0,56	10,2	714,8
<b>GAR</b>	498	16898	42,56	12,38	461,1	15646,3
<b>OCL</b>	2	38	0,17	0,03	1,85	35,2
<b>PER</b>	482	11942	41,2	8,75	446,3	11057,4
<b>ROT</b>	126	54944	10,77	40,26	116,7	50874,07
<b>TAN</b>	51	51893	4,36	38,02	47,2	48049,07
<b>Total</b>	<b>1170</b>	<b>136487</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>1083,35</b>	<b>126376,84</b>

*BRO : brochet / GAR : gardon / OCL : écrevisse américaine / PER : perche / ROT : rotengle / TAN : tanche*

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

En 2008, le peuplement du lac de l'Entonnoir, composé de 6 espèces, est cohérent. L'échantillon récolté est assez complet. Il est dominé numériquement par le duo perches-gardons qui représentent 83,6% de l'effectif total. Les rendements de pêche numériques et pondéraux observés sur ce lac sont très élevés au vu de la superficie et de la profondeur du système. Sur ce plan pondéral, deux espèces : le rotengle et la tanche s'avèrent relativement importantes. Le peuplement observé apparaît en adéquation avec ce système de type étang à forte production primaire et ceinture végétale périphérique très développée.

### Distribution spatiale des captures :

La distribution verticale des espèces fait ressortir un gradient décroissant des effectifs avec la profondeur. Toutefois, toutes les strates sont fréquentées. On notera la moindre fréquentation de la strate 6 – 12 mètres.

La perche, comme l'ensemble des espèces, occupent préférentiellement la strate superficielle (0 – 3 mètres). La très forte densité d'individus observée au niveau de cette strate est due à la présence de façon majoritaire des perches puis des gardons. Ces derniers se répartissent depuis la surface jusqu'à la profondeur maximale.



Strates	BRO	GAR	OCL	PER	ROT	TAN	Total
0-2,9	7	305	2	437	120	46	917
3-5,9	4	158		37	5	3	207
6-10		35		8	1	2	46
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>498</b>	<b>2</b>	<b>482</b>	<b>126</b>	<b>51</b>	<b>1170</b>

*BRO : brochet / GAR : gardon / OCL : écrevisse américaine / PER : perche / ROT : rotengle / TAN : tanche*

**Tab. 2 : distribution spatiale des captures observées en 2008 sur le lac de l'Entonnoir (effectifs bruts)**

### **Structure des populations majoritaires :**

La population de brochets est bien représentée. Les milieux annexes associés au lac permettent un bon recrutement pour cette espèce.

Concernant la population de perches, la densité d'alevins de l'année et de juvéniles de 1 an est remarquable, représentant 80% de l'effectif total, mais comme dans de nombreux cas comparables, cette très bonne réussite de la reproduction ne se traduit pas par une densité forte de sujets plus âgés. Les causes de cette situation peuvent être multiples (étranglement trophique, parasitisme...) et la configuration du lac de l'Entonnoir et de ses habitats peuvent également influencer cette densité de sujets plus âgés. Cette abondance d'alevins et de juvéniles témoigne d'un très fort potentiel de recrutement du lac de l'Entonnoir ; en effet, les substrats-supports favorables à la reproduction de cette espèce y sont fréquents. A noter la faible présence des sub-adultes et adultes qui apparaissent déficitaires.

Le même constat de forte densité d'alevins et de juvéniles mais de déficit de sub-adultes et d'adultes peut être effectué sur la population de gardons.

La population de rotengles quant à elle présente un déficit en alevins et en juvéniles. Cette population est constituée très majoritairement par des adultes. Cette absence de juvéniles en particulier de juvéniles de 2 ans peut s'expliquer par un abaissement marqué du plan d'eau en 2006 conduisant à un assèchement des zones littorales peu profondes.

### **Éléments de synthèse :**

**Au vu de ces résultats, le peuplement piscicole du lac de l'Entonnoir apparaît en bon état. Le système apparaît très productif. Les populations numériquement majoritaires, perches et gardons, révèlent un certain déséquilibre avec un très fort recrutement et une forte densité de juvéniles mais un déficit en sub-adultes et adultes. Les populations de rotengles, mais aussi de tanches, sont constituées majoritairement d'adultes.**