



## Etude de l'impact écologique des éclusées sur la rivière Dordogne

Analyse des pressions exercées par les phénomènes d'éclusées sur les écosystèmes de la rivière Dordogne et proposition de solutions susceptibles de les atténuer.

### Rapport final de la phase 1



J.M. LASCAUX et L. CAZENEUVE, avril 2008



## Préambule

Aujourd'hui, deux objectifs souscrits par l'Etat français s'appliquent à la gestion des cours d'eau : la Directive Cadre Européenne sur l'Eau du 22 décembre 2000, reprise dans la loi n°2006-1772 sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (promulguée le 30 décembre 2006), qui fixe l'atteinte du « bon état écologique » des cours d'eau en 2015 et la loi n° 2005-781 du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique qui fixe, pour la France, l'objectif indicatif d'une production intérieure d'électricité d'origine renouvelable de 21 % de la consommation intérieure d'électricité totale à l'horizon 2010.

Les études sur les conséquences morphologiques, hydrologiques, hydrauliques et biologiques des aménagements hydroélectriques sur les cours d'eau se sont donc intensifiées et particulièrement sur la Dordogne.

Ces études, nombreuses, multidisciplinaires et concomitantes doivent aboutir, sur la Dordogne, à une synthèse générale sur la gestion des débits dans un avenir proche.

Ce premier rapport d'étude de « l'impact écologique des éclusées sur la rivière Dordogne » s'inscrit dans ce cadre. Il a une forme mixte, à la fois description précise du contexte « Dordogne », compte-rendu d'étude et première étape vers la synthèse.

En effet, ce rapport s'attache dans un premier temps à bien préciser le contexte hydrologique, hydraulique, thermique, morphologique et piscicole de la Dordogne en essayant de faire référence, autant que possible, à une situation naturelle probable avant les grands aménagements hydroélectriques. Il fait ensuite une première synthèse des observations biologiques qui ont pu être effectuées depuis quelques années sur la Dordogne (et qui ne sont pas seulement les observations faites dans le strict cadre « administratif » de ce rapport) et présente les solutions envisageables, essentiellement en matière de gestion des débits sur la rivière, en s'appuyant sur des études dont les résultats (in extenso) sont publiés dans d'autres rapports (édités pour certains, en cours de finalisation pour d'autres).

Ce rapport permet d'avoir ainsi une première vision assez complète de la problématique « grands aménagements hydroélectriques fonctionnant par éclusées sur un grand cours d'eau » et pourra servir de point d'appui à la synthèse générale sur la gestion des débits de la Dordogne. Il ne faut cependant pas perdre de vue qu'il ne constitue « qu'une partie d'un tout » qui sera dûment listé et référencé lors de la synthèse générale.

L'équipe d'ECOGEA profite également de ce préambule pour remercier toutes les personnes, qui, de près ou de loin, ont participé à ces études, soit directement sur le terrain, soit en échangeant lors de rencontres, réunions ou contacts téléphoniques.

Fait à Pins-Justaret, le 23/04/2008,  
Pour l'équipe d'ECOGEA,  
**Jean-Marc LASCAUX**

# Sommaire

<b>1. INTRODUCTION - RAPPEL DE LA PROBLEMATIQUE .....</b>	<b>1</b>
<b>2. LE CONTEXTE HYDROLOGIQUE DE LA DORDOGNE .....</b>	<b>3</b>
2.1. LES DONNEES SYNTHETIQUES DE LA BANQUE HYDRO.....	3
2.2. LES AMENAGEMENTS HYDROELECTRIQUES DE LA HAUTE DORDOGNE.....	5
2.3. INFLUENCE DES AMENAGEMENTS SUR LES DEBITS MOYENS MENSUELS DE LA DORDOGNE.....	7
2.4. INFLUENCE SUR LES DEBITS MOYENS JOURNALIERS (QMJ).....	8
2.4.1. Comparaison des QMJ de la période « Dordogne non aménagée » et de la période actuelle - quelques grandes caractéristiques.....	8
2.4.2. Comparaison des QMJ de la période « Dordogne non aménagée » et de la période actuelle - une plus grande occurrence des variations fortes de QMJ .....	10
2.5. INFLUENCE SUR LES DEBITS INSTANTANES .....	12
2.6. LA MODIFICATION DU SIGNAL HYDROLOGIQUE .....	15
2.7. LE REGIME D'ECLUSEES A L'AVAL DU SABLIER .....	18
2.7.1. Définition d'une variation de débit potentiellement biologiquement impactante 19	
2.7.2. Statistiques descriptives des éclusées à l'aval du Sablier de 1989 à 2004.....	21
2.7.3. Evolution des caractéristiques des éclusées le long de l'axe amont-aval de la Dordogne.....	24
<b>3. LE CONTEXTE THERMIQUE.....</b>	<b>28</b>
3.1. INTRODUCTION.....	28
3.2. LE REGIME THERMIQUE DE L'AXE DORDOGNE A L'AVAL DU SABLIER.....	29
3.3. APPROCHE DU REGIME THERMIQUE DANS LES COUASNES DE LA DORDOGNE.....	32
3.3.1. La couasne de la Gardelle .....	33
3.3.2. La couasne de Port Vieux.....	35
<b>4. LE PEUPEMENT PISCICOLE DE LA DORDOGNE .....</b>	<b>37</b>
4.1. ZONATION LONGITUDINALE DES ESPECES PISCICOLES SUR LA DORDOGNE - PEUPEMENT PISCICOLE THEORIQUE .....	39
4.2. PEUPEMENT PISCICOLE DE LA DORDOGNE AUJOURD'HUI .....	42
<b>5. LE CONTEXTE HYDRO-MORPHOLOGIQUE .....</b>	<b>47</b>
<b>6. LES CONSTATS BIOLOGIQUES ET LES SOLUTIONS ENVISAGEABLES....</b>	<b>52</b>
6.1. EN REGIME D'ECLUSEES « CLASSIQUES » .....	52
6.1.1. La fraie des truites et des saumons (rappel) .....	52
6.1.2. La reproduction des poissons lithophiles autres que les salmonidés.....	54
6.1.3. Les échouages-piégeages .....	56
6.1.4. Le brochet et la perche.....	65
6.2. LES ECLUSEES « CATASTROPHIQUES » .....	68
6.2.1. Du 20 au 23 avril 2006 .....	68
6.2.2. Fin juillet- début août 2007.....	69
<b>7. SYNTHESE ET CONCLUSIONS.....</b>	<b>71</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>74</b>

# **Etude de l'impact écologique des éclusées sur la rivière Dordogne**

**Analyse des pressions exercées par les phénomènes d'éclusées sur les écosystèmes de la  
rivière Dordogne et proposition de solutions susceptibles de les atténuer.**

## **Rapport final de la phase 1**

### **1. Introduction - rappel de la problématique**

La Dordogne prend sa source sur les pentes Ouest des Monts Dore dans le Massif Central. Après 475 kilomètres de cours, elle rejoint l'estuaire de la Gironde et l'Océan Atlantique.

Dés 1853, elle commence à être aménagée pour la production d'hydroélectricité avec la mise en service du barrage de Bergerac, puis en 1908 celui de Tuilières et en 1922 celui de Mauzac. Mais c'est surtout pendant et après la seconde guerre mondiale que seront construits les plus gros aménagements sur la Dordogne elle-même, entre Bort-les-Orgues et Argentat, ainsi que sur la plupart de ses affluents.

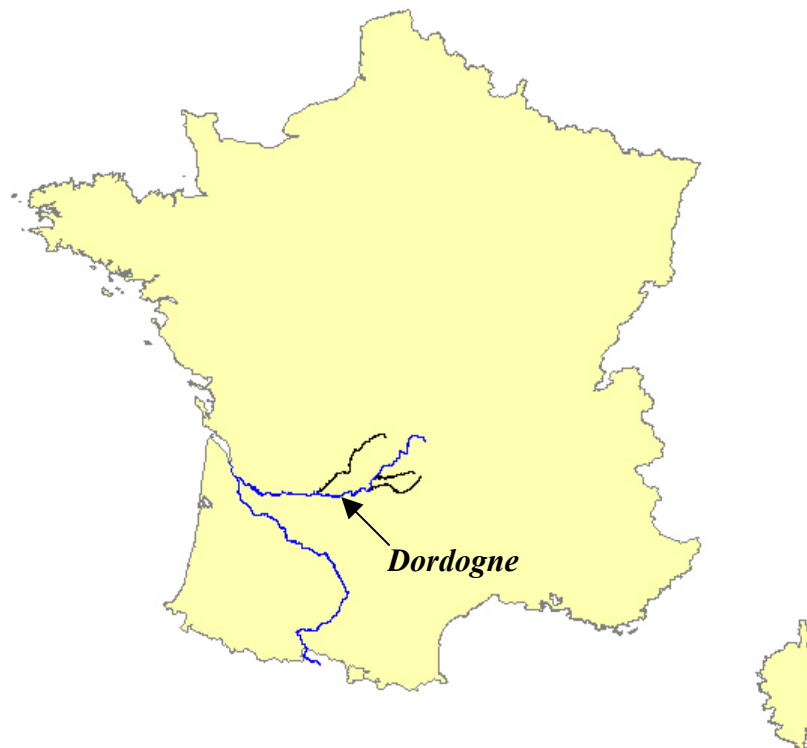


Figure 1 : Localisation géographique de la Dordogne et ses principaux affluents aménagés

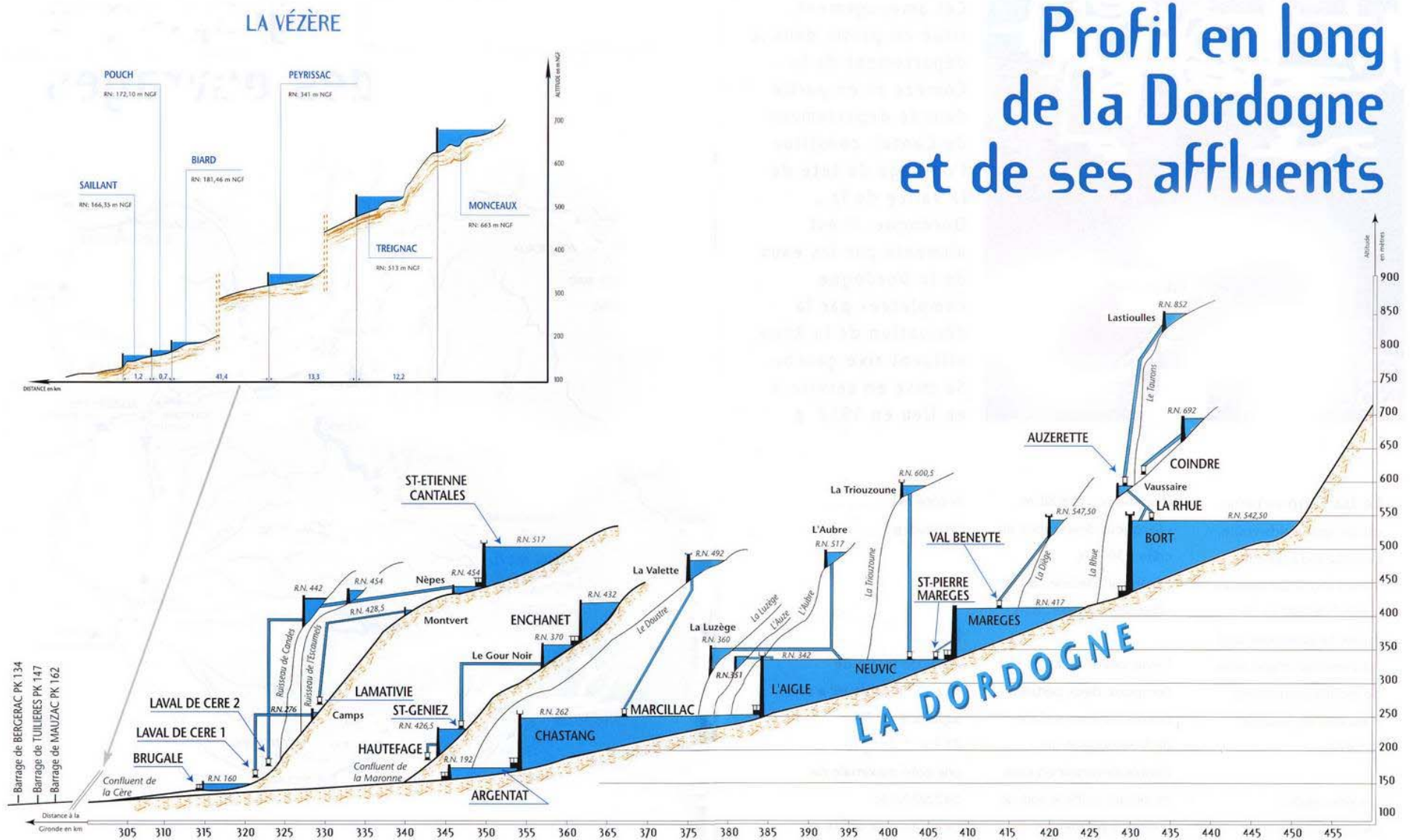


Figure 2 : Les aménagements hydroélectriques de la Dordogne, de la Maronne, de la Cère et de la Vézère (d'après dépliant EDF)

Dans ce rapport, nous allons essayer dans un premier temps d'analyser, en les quantifiant autant que possible, l'ensemble des conséquences que peuvent avoir de grands aménagements hydroélectriques fonctionnant par éclusées sur un hydrosystème complexe comme la Dordogne, essentiellement en prenant comme « prisme » biologique les poissons.

Nos analyses vont porter sur la modification de l'hydrologie par rapport à sa référence naturelle, sur la modification de la thermie de l'eau, sur la modification de la zonation du peuplement piscicole, sur la modification du contexte hydro-morphologique du cours d'eau.

Dans un second temps, nous dresserons le constat des perturbations biologiques que nous avons pu relever, liées à ce type de production d'énergie hydroélectrique (grandes retenues et éclusées), sur un grand cours d'eau.

Nous tenterons aussi d'en dégager des pistes d'améliorations possibles afin de limiter ces impacts.

## **2. Le contexte hydrologique de la Dordogne**

### ***2.1. Les données synthétiques de la banque HYDRO***

Les débits de la Dordogne à Argentat sont connus depuis 1900 jusqu'à aujourd'hui (fig. 3). A Argentat, le bassin versant drainé par la Dordogne est de 4400 km<sup>2</sup>. Le module calculé sur 107 ans est de 106 m<sup>3</sup>/s, soit un débit spécifique de 24 l/s/km<sup>2</sup>. La lame d'eau moyenne reçue sur une année est de 761 mm. Le débit d'étiage de fréquence de retour 2 ans est de 18 m<sup>3</sup>/s. Le débit moyen journalier de crue de fréquence de retour 2 ans est de 600 m<sup>3</sup>/s.

La Dordogne, qui prend sa source à 1727 m sur les pentes Ouest des Monts Dore dans le Massif Central, est directement exposée aux précipitations océaniques, essentiellement sous forme de pluie. En conséquence, son régime hydrologique présente des hautes eaux de décembre à mars, des eaux moyennes d'avril à juin et en octobre, et des basses eaux de juillet à septembre.



LA DORDOGNE A ARGENTAT [CROISY]

Zone hydrographique : P1350020 Bassin versant : 4400 km<sup>2</sup>

Producteur : DIREN Midi-Pyrenees

E-mail : jean-luc.le-rohellec@midi-pyrenees.ecologie.gouv.fr

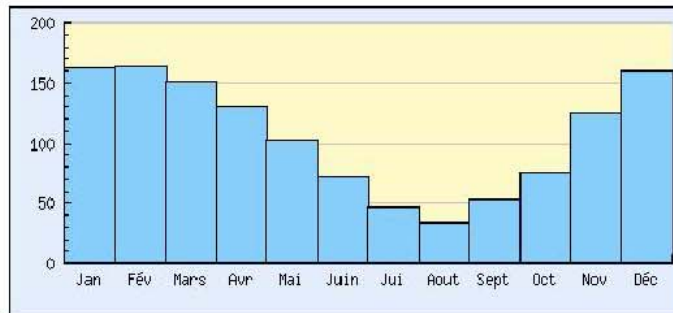
**SYNTHESE**

donnees hydrologiques de synthese (1900 - 2006)  
Calculees le 17/02/2006; Intervalle de confiance : 95 %; utilisation des stations anterieures

écoulements mensuels (naturels)

donnees calculees sur 107 ans

	janv.	fév.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	Année
Débits (m3/s)	162.0 #	164.0	151.0	130.0	102.0	72.20 #	46.00 #	33.50 #	52.70 #	75.20 #	125.0	160.0	106.0
Qsp (l/s/km2)	36.7 #	37.3	34.2	29.6	23.3	16.4 #	10.5 #	7.6 #	12.0 #	17.1 #	28.4	36.5	24.0
Lame d'eau (mm)	98 #	93	91	76	62	42 #	28 #	20 #	31 #	45 #	73	97	761



modules interannuels ( loi de Gauss - septembre a aout )

donnees calculees sur 107 ans

module (moyenne)	fréquence	quinquennale sèche	médiane	quinquennale humide
106.0 [ 100.0;112.0 ]		80.00 [ 73.00;86.00 ]	110.0 [ 95.00;120.0 ]	130.0 [ 130.0;140.0 ]

basses eaux ( loi de Galton - janvier a decembre )

donnees calculees sur 107 ans

fréquence	VCN3 (m3/s)	VCN10 (m3/s)	QMNA (m3/s)
biennale	7.900 [ 6.900;9.000 ]	9.500 [ 8.300;11.00 ]	18.00 [ 15.00;20.00 ]
quinquennale sèche	4.200 [ 3.500;4.900 ]	5.100 [ 4.300;5.900 ]	9.200 [ 7.800;11.00 ]

crues ( loi de Gumbel - septembre a aout )

donnees calculees sur 105 ans

fréquence	QJ (m3/s)	QIX (m3/s)
biennale	600.0 [ 560.0;640.0 ]	630.0 [ 590.0;670.0 ]
quinquennale	870.0 [ 820.0;950.0 ]	910.0 [ 850.0;990.0 ]
décennale	1100. [ 980.0;1200. ]	1100. [ 1000.;1200. ]
vicennale	1200. [ 1100.;1400. ]	1300. [ 1200.;1400. ]
cinquantennale	1400. [ 1300.;1600. ]	1500. [ 1400.;1700. ]
centennale	non calculé	non calculé

maximums connus (par la banque HYDRO)

hauteur maximale instantanee (cm)	478	14 fevrier 1990 13:13
debit instantane maximal (m3/s)	1230.	14 fevrier 1990 13:13
debit journalier maximal (m3/s)	1650.	22 octobre 1907

débits classés

donnees calculees sur 34707 jours

fréquence	0.99	0.98	0.95	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
debit (m3/s)	515.0	428.0	305.0	238.0	168.0	124.0	94.60	72.50	54.00	38.10	23.00	13.50	9.110	4.250	2.390

Figure 3 : Fiche de synthèse de la banque HYDRO, station d'Argentat (Croisy)

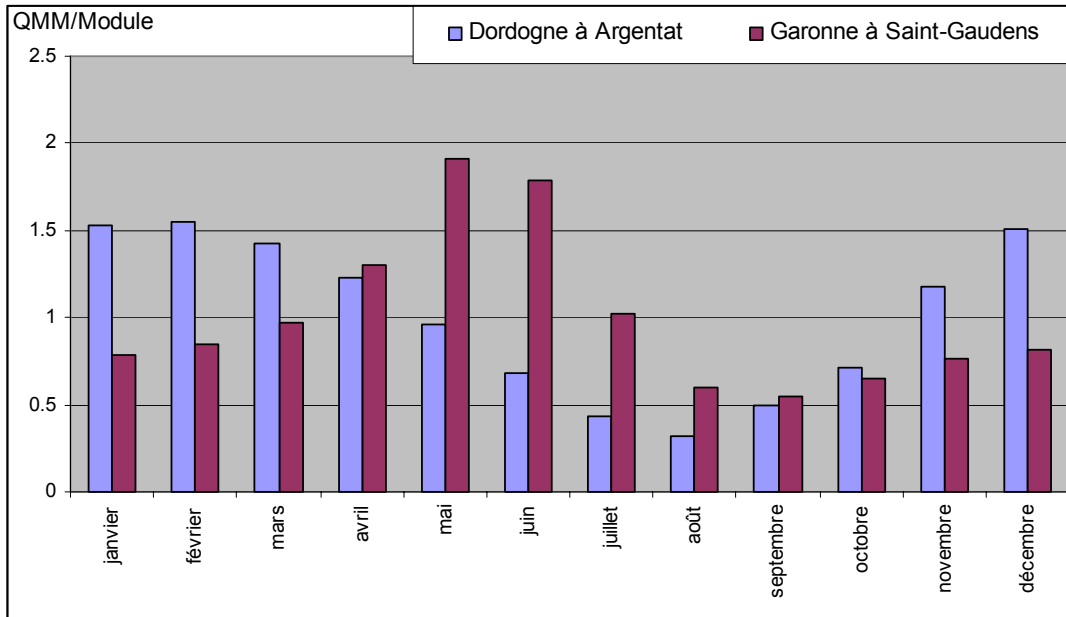


Figure 4 : Rapport entre les débits moyens mensuels (QMM) et le module de la Dordogne à Argentat et de la Garonne à Saint-Gaudens

Vu sous l'angle du potentiel hydroélectrique, ce régime hydrologique est complémentaire du régime nival de la Garonne, qui présente des hautes-eaux en mai et juin, des moyennes-eaux en mars, avril et juillet et des basses-eaux en août et septembre.

## 2.2. Les aménagements hydroélectriques de la Haute Dordogne

A partir des années 1930, la partie amont de la rivière Dordogne, ainsi que ses affluents, a largement été orientée vers la production d'énergie hydroélectrique. La construction et la mise en service des principaux grands barrages de la Haute Dordogne commence en 1932 à Marèges et s'achève avec la mise en service du Sablier en 1957 (mise en service de l'aménagement de Marèges en 1935, de l'Aigle en 1945, de Chastang en 1951, de Bort-les Orgues en 1952 et enfin du Sablier en 1957). Avant 1932, la Dordogne était donc en régime hydrologique naturel.

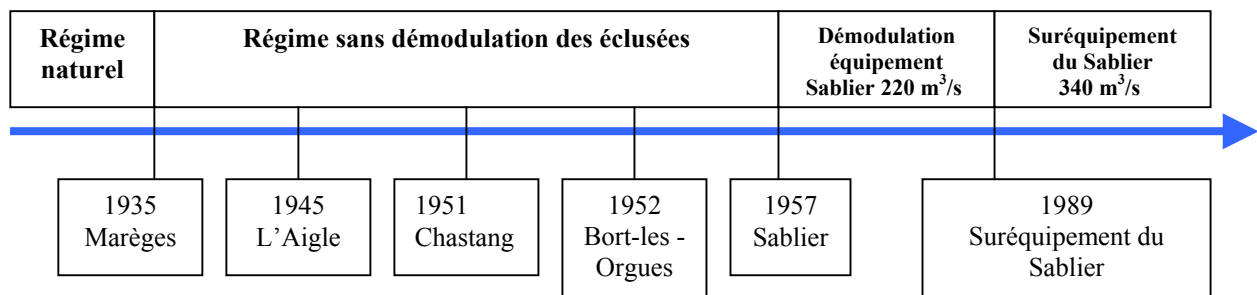


Figure 5 : Chronologie de mise en service des grands aménagements hydroélectriques de la Dordogne et de ses différents modes d'exploitation



Les lacs-réservoirs de ces aménagements ont une capacité de stockage de 938 Mm<sup>3</sup> d'eau pour une réserve utile de 724 Mm<sup>3</sup>, soit de quoi retenir pendant 102 jours le module de la Dordogne à Argentat.

La puissance installée sur ces aménagements est de 1200 MégaWatts soit l'équivalent d'une tranche nucléaire quasiment immédiatement mobilisable sur le réseau (1 tranche à Golfech = 1300 MégaWatts).

Ces aménagements fonctionnent par éclusées (lâchers d'eau) en réponse aux variations de la demande énergétique sur le réseau. L'éclusee correspond donc à une variation artificielle et brusque du niveau d'eau, du débit du cours d'eau. Elle se caractérise par plusieurs paramètres : le débit maximum turbiné, les débits de base avant et après éclusées, l'amplitude de la variation, la durée des différentes phases, les vitesses (ou gradients) de montée ou de descente.

Généralement, l'éclusee se décompose en trois phases distinctes et parfaitement identifiables :

- une phase de montée plus ou moins longue avec de possibles ralentissements,
- une phase de plateau durant laquelle le débit turbiné est maintenu,
- une phase de descente plus ou moins longue qui peut subir quelques ralentissements.

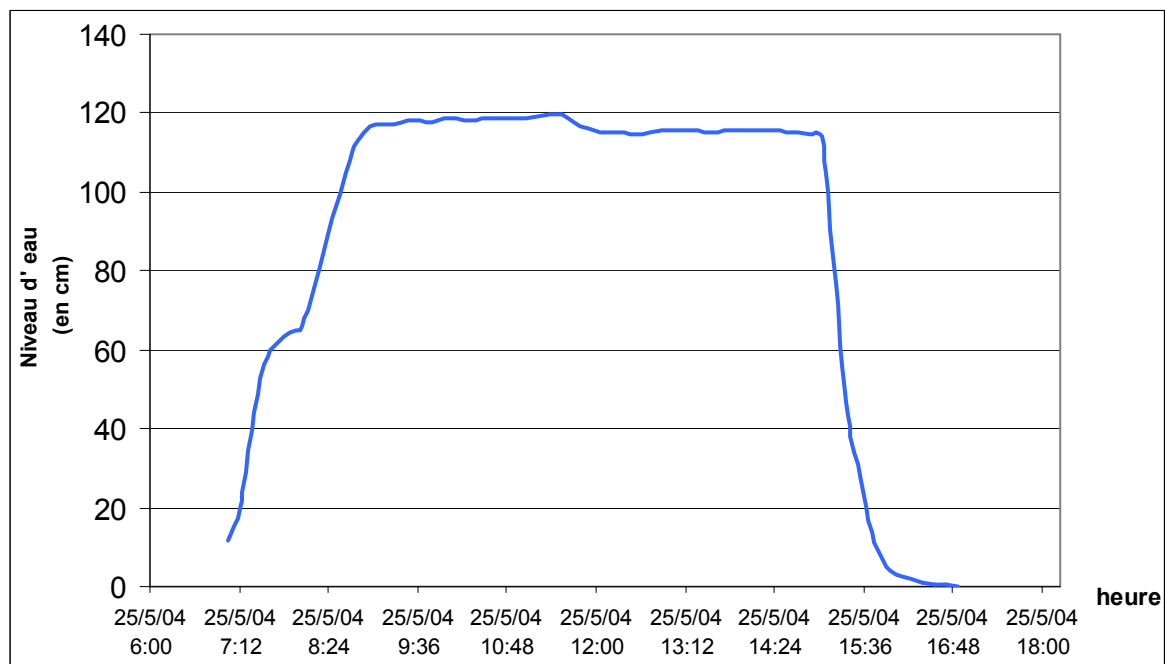


Figure 6 : Une éclusée observée sur la Maronne en mai 2004

Il s'agit ici d'une éclusée au motif simple observée sur la Maronne. Le début et la fin de l'éclusée sont parfaitement identifiables ainsi que les différentes phases. Mais les éclusées peuvent avoir des motifs beaucoup plus complexes, enchaînant plusieurs phases de montée ou de descente entrecoupées de plateaux et retournant ou non au débit de départ. Les éclusées de la Dordogne ont la plupart du temps des motifs complexes.

A l'aval de la chaîne de grands barrages (aval d'Argentat), les variations importantes du débit et de la hauteur d'eau engendrées par les éclusées ont des répercussions importantes sur

l'écosystème fluvial. Nous allons nous attacher ici à décrire et illustrer les modifications de l'hydrologie de la Dordogne créées par l'exploitation hydroélectrique en essayant de mettre en lumière les interférences de cette activité avec la vie du fleuve et notamment avec le cycle biologique des différentes espèces de poissons.

Nous étudierons ces modifications en partant du pas de temps mensuel jusqu'à des pas de temps de l'ordre de quelques minutes.

### 2.3. Influence des aménagements sur les débits moyens mensuels de la Dordogne

Nous comparons ici les débits moyens mensuels sur 27 années avant le commencement de la construction des aménagements hydroélectriques et les débits moyens mensuels sur 16 années après le suréquipement du barrage du Sablier.

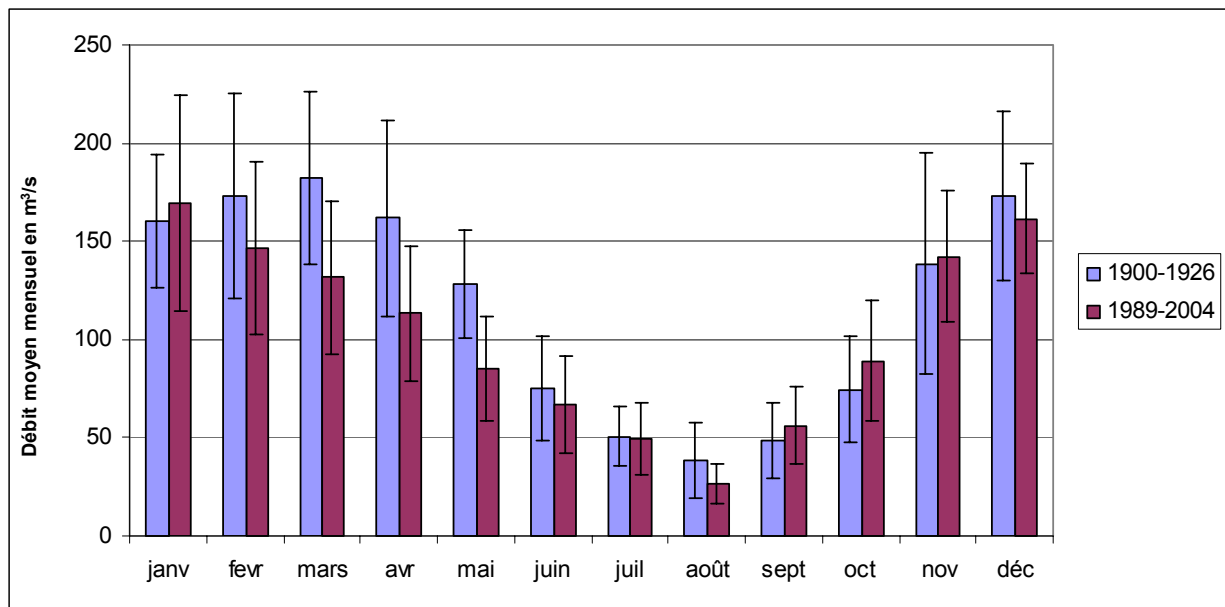


Figure 7 : Débits moyens mensuels (et écart-type) de la Dordogne en régime naturel et après le suréquipement du Sablier

A cette échelle temporelle, le régime hydrologique de la Dordogne reste globalement le même (période de hautes-eaux et de basses-eaux). Cependant, on note :

- que le débit moyen annuel est nettement différent pour les deux périodes (116 m<sup>3</sup>/s sur 1900-1926 contre 105 m<sup>3</sup>/s sur 1989-2004), bien que cela ne soit pas statistiquement significatif (ANOVA, F=0.99, p=0.33),
- que les débits printaniers sont nettement plus faibles sur 1989-2004 (-52 m<sup>3</sup>/s en moyenne en mars, -51 m<sup>3</sup>/s en avril, -43 m<sup>3</sup>/s en mai, cette dernière différence étant statistiquement significative ANOVA, F=5.09, p=0.02) alors qu'au contraire les débits automnaux sont un peu plus forts (notamment +16 m<sup>3</sup>/s en moyenne en octobre).

De février à mai, les débits moyens mensuels de la Dordogne sont nettement inférieurs à ce qu'ils étaient avant les aménagements hydroélectriques. Décembre et janvier sont aujourd'hui les deux seuls mois à plus de 150 m<sup>3</sup>/s de débits moyens mensuels.

## 2.4. Influence sur les débits moyens journaliers (QMJ)

### 2.4.1. Comparaison des QMJ de la période « Dordogne non aménagée » et de la période actuelle - quelques grandes caractéristiques

	QMJ	1900-1926	1989-2004		QMJ	1900-1926	1989-2004
janvier	Min	30	11.3	juillet	Min	5.7	3.6
	dépassé 90% du temps	55	50		dépassé 90% du temps	13	13
	dépassé 30% du temps	180	230		dépassé 30% du temps	52.5	58.9
	Max	1020	860		Max	340	287
février	Min	28.3	11.5	août	Min	3.9	3.1
	dépassé 90% du temps	46.6	26.5		dépassé 90% du temps	6.9	11.2
	dépassé 30% du temps	178	211		dépassé 30% du temps	31.8	27.9
	Max	1250	865		Max	396	134
mars	Min	37.1	11.1	septembre	Min	3	6.8
	dépassé 90% du temps	62	22.3		dépassé 90% du temps	7.8	12
	dépassé 30% du temps	197	168		dépassé 30% du temps	47.8	84.9
	Max	1420	486		Max	436	246
avril	Min	35.3	11.9	octobre	Min	3.6	8.1
	dépassé 90% du temps	62	20.9		dépassé 90% du temps	13	14
	dépassé 30% du temps	156	147		dépassé 30% du temps	79	116
	Max	950	448		Max	1650	457
mai	Min	21.3	5.7	novembre	Min	11	14.4
	dépassé 90% du temps	47.8	16.3		dépassé 90% du temps	23.6	34.5
	dépassé 30% du temps	154	98.5		dépassé 30% du temps	158	186
	Max	550	345		Max	1150	493
juin	Min	10.5	2.1	décembre	Min	10.5	14.4
	dépassé 90% du temps	18.8	15.1		dépassé 90% du temps	50	34.5
	dépassé 30% du temps	82	77.3		dépassé 30% du temps	182	219
	Max	585	335		Max	1020	540

Tableau 1 : Par mois, description des débits moyens journaliers (en m<sup>3</sup>/s) minimum, maximum, dépassé 30% du temps et dépassé 90% du temps

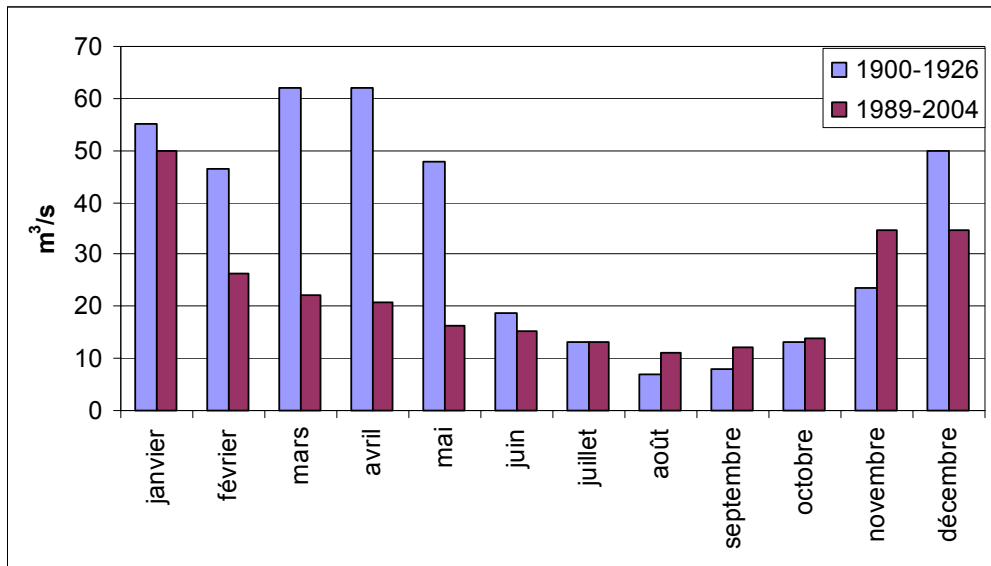


Figure 8 : Seuil de débit (en QMJ) dépassé 90% du temps en fonction des mois de l'année, pour la période avant aménagements et pour la période actuelle.

On s'aperçoit sur la figure 8 que, notamment au printemps mais également en février et en décembre, le débit dépassé 90% du temps était beaucoup plus élevé, d'un facteur deux à trois, avant que ne soient construits les grands aménagements de la chaîne Dordogne. Autrement dit

aujourd'hui, **les débits faibles sont beaucoup plus fréquents à une période de l'année où ils ne devraient apparaître qu'exceptionnellement.**

On remarquera aussi sur cette même figure que les débits d'étiage (août, septembre) sont aujourd'hui légèrement soutenus.

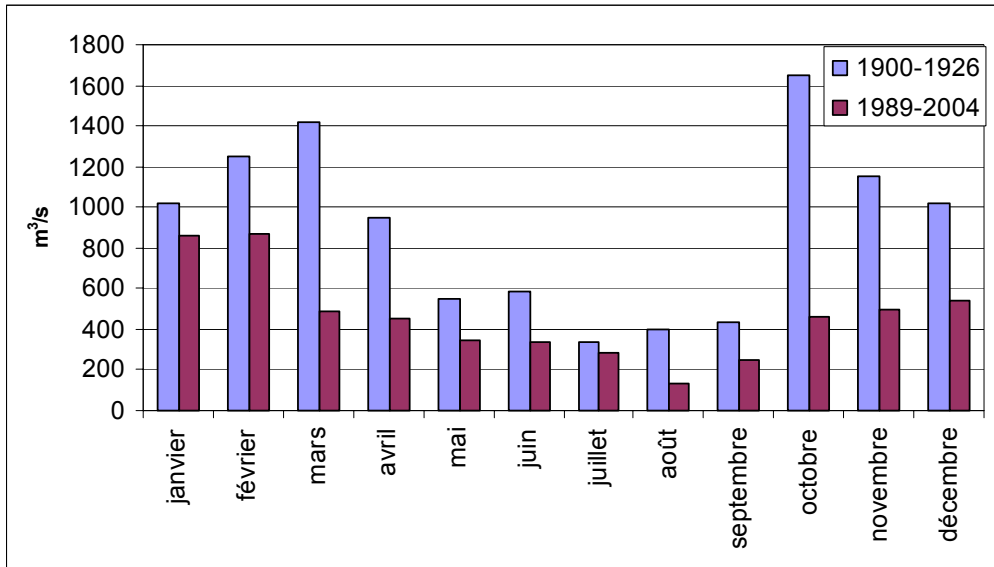


Figure 9 : QMJ maximaux atteints en fonction des mois de l'année, pour la période avant aménagements et pour la période actuelle.

**Les débits maximaux atteints depuis la fin de la construction des grands barrages sont nettement plus faibles que lorsque la Dordogne n'était pas aménagée (écrêtement des crues).** Ils dépassent aujourd'hui rarement le débit d'équipement des usines de l'Aigle et Chastang (550 et 533 m<sup>3</sup>/s), ce qui illustre bien la volonté du gestionnaire de ces aménagements (EDF) de ne pas « perdre » de l'eau.

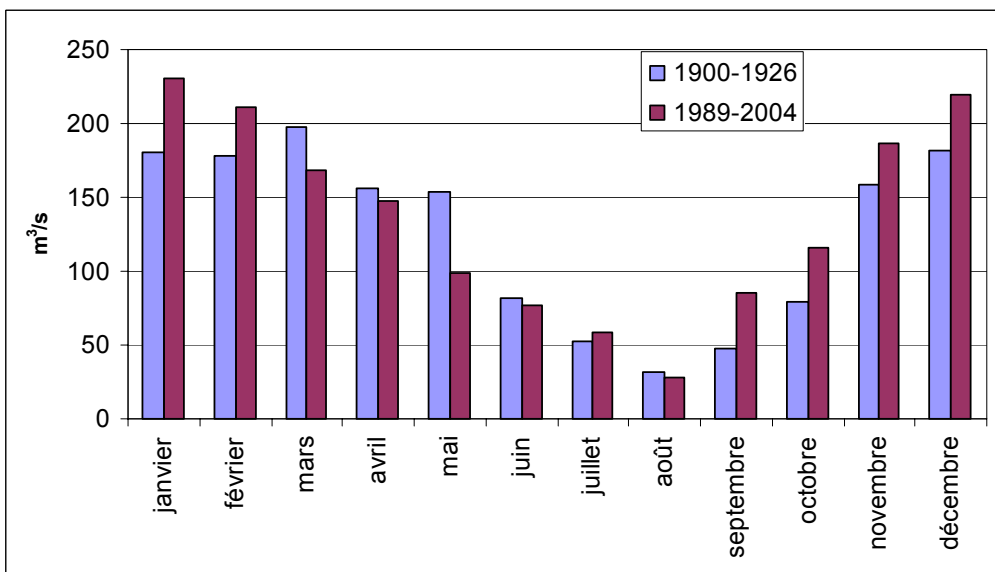


Figure 10 : QMJ dépassés 30% du temps en fonction des mois de l'année, pour la période avant aménagements et pour la période actuelle.

Si les débits maximaux sont écrêtés par rapport à une hydrologie naturelle, en revanche la fréquence des débits forts est augmentée par rapport à la référence naturelle, notamment pour les mois à forte demande énergétique (de novembre à février).

**2.4.2. Comparaison des OMJ de la période « Dordogne non aménagée » et de la période actuelle - une plus grande occurrence des variations fortes de OMJ**

Dans les tableaux ci-dessous, nous avons recensé, par gamme de débit et par mois, sur la période 1900-1926 et sur la période 1989-2004, la fréquence des variations importantes du débit du cours d'eau pour lesquelles nous verrons par la suite que l'on peut faire le lien avec un impact sur le cycle biologique des poissons (notamment).

		1900 - 1926	1989 - 2004
<b>Q du jour &gt; 550 m<sup>3</sup>/s et ΔQ de la variation (montée et descente) &gt; 150 m<sup>3</sup>/s</b>	<b>janv</b>	0.7	0.2
	<b>fevr</b>	1.4	0.1
	<b>mars</b>	1	0
	<b>avr</b>	0.5	0
	<b>mai</b>	0	0
	<b>juin</b>	0.1	0
	<b>juil</b>	0	0
	<b>août</b>	0	0
	<b>sept</b>	0	0
	<b>oct</b>	0.2	0.4
	<b>nov</b>	0.9	0
	<b>déc</b>	1	0
<b>Année</b>	<b>5.8</b>	<b>0.7</b>	

		1900 - 1926	1989 - 2004
<b>350 &gt; Q du jour &gt; 550 m<sup>3</sup>/s et ΔQ de la variation (montée et descente) &gt; 100 m<sup>3</sup>/s</b>	<b>janv</b>	0.5	0.9
	<b>fevr</b>	1	0.6
	<b>mars</b>	1	0.4
	<b>avr</b>	0.4	0.3
	<b>mai</b>	0.4	0
	<b>juin</b>	0.4	0
	<b>juil</b>	0	0
	<b>août</b>	0.3	0
	<b>sept</b>	0.4	0
	<b>oct</b>	0.6	0.3
	<b>nov</b>	1	0.8
	<b>déc</b>	0.8	1.3
<b>Année</b>	<b>6.8</b>	<b>4.6</b>	

		1900 - 1926	1989 - 2004
<b>150 &gt; Q du jour &gt; 350 m<sup>3</sup>/s et ΔQ de la variation (montée et descente) &gt; 50 m<sup>3</sup>/s</b>	<b>janv</b>	2.6	5.1
	<b>fevr</b>	1.3	3.3
	<b>mars</b>	2.3	5.3
	<b>avr</b>	3	3.8
	<b>mai</b>	3	2.7
	<b>juin</b>	1.4	1.2
	<b>juil</b>	1.2	0.5
	<b>août</b>	0.6	0
	<b>sept</b>	0.7	0.9
	<b>oct</b>	1.9	3.4
	<b>nov</b>	2.3	5.3
	<b>déc</b>	2.9	5.7
<b>Année</b>	<b>23.2</b>	<b>37.2</b>	

		1900 - 1926	1989 - 2004
<b>30 &gt; Q du jour &gt; 150 m<sup>3</sup>/s et ΔQ de la variation (montée et descente) &gt; 40 m<sup>3</sup>/s</b>	<b>janv</b>	0.3	1.5
	<b>fevr</b>	0.4	2.1
	<b>mars</b>	0.2	2.5
	<b>avr</b>	0.4	2.5
	<b>mai</b>	1	2.8
	<b>juin</b>	1.1	2.4
	<b>juil</b>	1.4	0.6
	<b>août</b>	1	0.3
	<b>sept</b>	1.1	1.3
	<b>oct</b>	1	2.1
	<b>nov</b>	0.7	2.2
	<b>déc</b>	0.5	1.3
<b>Année</b>	<b>9.1</b>	<b>21.6</b>	

Tableau 2 : Fréquences d'occurrence annuelle des variations définies par gamme de débit. L'occurrence des variations de débit extrêmes, supérieures à 150 m<sup>3</sup>/s d'un jour sur l'autre pour un débit dépassant le débit d'équipement du Chastang (crues) est réduite d'un facteur 8 par rapport à la période à hydrologie naturelle (5.8 montées et descentes par an en moyenne sur la période 1900-1926 contre 0.7 sur la période 1989-2004).

L'occurrence des très fortes variations de débit, supérieures à 100 m<sup>3</sup>/s d'un jour sur l'autre pour un débit dépassant le débit d'équipement du Sablier mais inférieur au débit d'équipement du Chastang, est réduite par 1.49 par rapport à la période à hydrologie naturelle (6.8 montées et descentes par an en moyenne sur la période 1900-1926 contre 4.6 sur la période 1989-2004).

En revanche, en deçà du débit d'équipement du Sablier, l'occurrence des fortes variations de débit, supérieures à 50 m<sup>3</sup>/s d'un jour sur l'autre pour des débits compris entre 350 m<sup>3</sup>/s et 150 m<sup>3</sup>/s et supérieures à 40 m<sup>3</sup>/s d'un jour sur l'autre pour des débits compris entre 150 m<sup>3</sup>/s et 30 m<sup>3</sup>/s, est multipliée respectivement par 1.6 et 2.4 par rapport à la période à hydrologie naturelle (respectivement 23.2 montées et descentes par an en moyenne sur la période 1900-1926 contre 37.2 sur la période 1989-2004 et 9.1 montées et descentes contre 21.6).

**En dehors des périodes de crue de la Dordogne, l'occurrence des fortes variations de débit d'un jour sur l'autre, à Argentat, a augmenté d'environ 100% entre la période « hydrologie naturelle » et la période actuelle. Cette augmentation des fortes variations est sensible principalement d'octobre à avril mais également en mai et juin.**

### 2.5. Influence sur les débits instantanés

Les QMJ sont les seules données disponibles pour la période ancienne avec la Dordogne en régime hydrologique naturel.

Concernant la période contemporaine, ces QMJ sont également disponibles, ce qui permet la comparaison avec les données anciennes, mais nous avons également accès sur la Banque HYDRO aux débits horaires (QH) ou mieux encore concernant un régime d'éclusées aux débits à pas de temps variable (QTVAR – enregistrement d'une donnée chaque fois que le débit ou le niveau du cours d'eau change).

Les QMJ moyennent les variations sur 24 heures. Si deux variations antagonistes ont lieu la même journée, elles ne seront pas détectables en QMJ. Les QTVAR retracent fidèlement toutes les variations et illustrent l'évolution des débits exactement vécu par la faune aquatique.

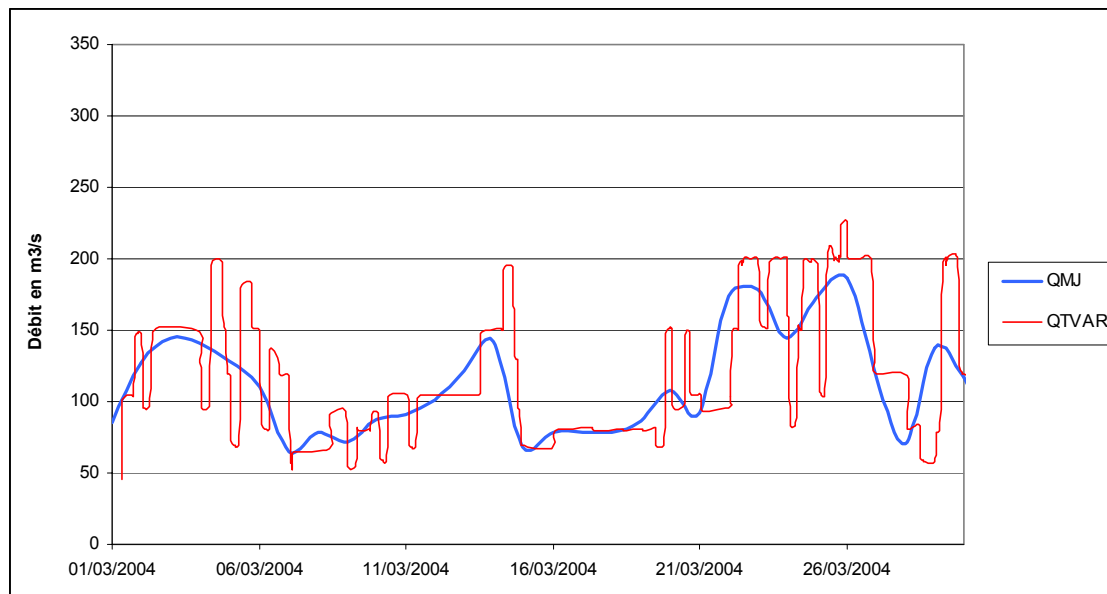


Figure 11 : Comparaison de chroniques de débit à pas de temps variable (QTVAR) et de débit moyen journalier (QMJ) sur la Dordogne à Argentat

En hydrologie naturelle, les fluctuations de débit des cours d'eau interviennent sur des précipitations et durent sur de longues périodes. Il est rare d'avoir plusieurs changements de sens de l'évolution de la ligne d'eau sur une journée (figure ci dessous).

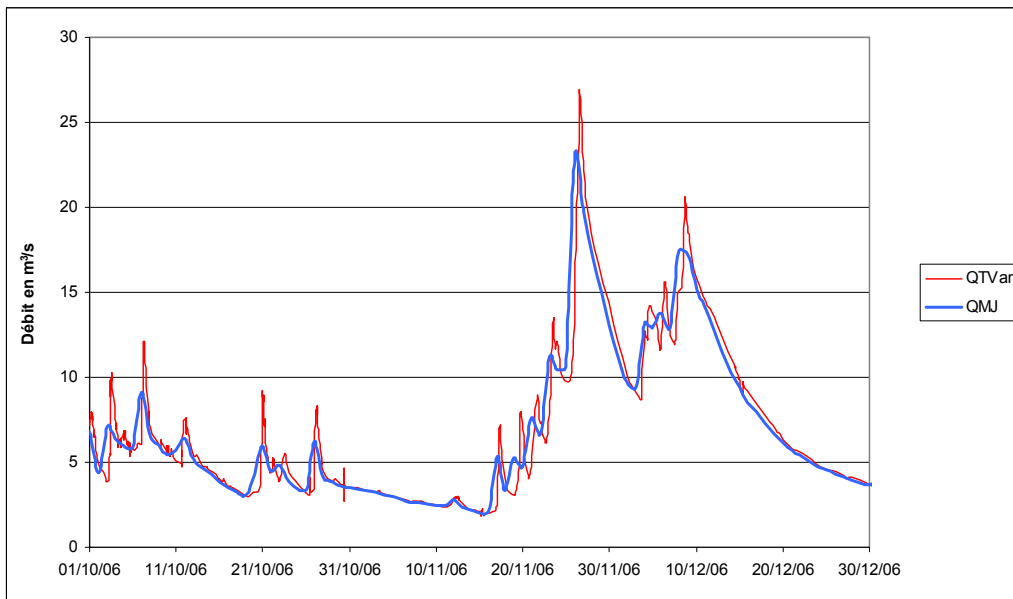


Figure 12 : Comparaison de chroniques de débit à pas de temps variable (QTVAR) et de débit moyen journalier (QMJ) sur la Corrèze à Corrèze

En hydrologie naturelle, l'occurrence des fortes variations de débit sera équivalente en QMJ et en QTVAR. En revanche, ce n'est pas le cas en régime d'éclusées comme illustré dans les tableaux ci-dessous sur la période 1989-2004.

	1989-2004	QMJ	QTVAR	Rapport QTVAR/QMJ
<b>150 &gt; Q &gt; 350 m<sup>3</sup>/s et ΔQ de la variation (montée et descente) &gt; 50 m<sup>3</sup>/s</b>	janv	5.1	18.3	<b>3.6</b>
	fevr	3.3	15.9	<b>4.8</b>
	mars	5.3	17.4	<b>3.3</b>
	avr	3.8	17.4	<b>4.6</b>
	mai	2.7	10	<b>3.7</b>
	juin	1.2	3.4	<b>2.8</b>
	juil	0.5	0.3	0.6
	août	0	0	-
	sept	0.9	0.5	0.6
	oct	3.4	11.5	<b>3.4</b>
	nov	5.3	21.7	<b>4.1</b>
	déc	5.7	27.2	<b>4.8</b>
<b>Année</b>	<b>37.2</b>	<b>143.6</b>	<b>3.86</b>	

Tableau 3 : Comparatif du nombre de variations recensées en QMJ et QTVAR pour des débits maxima compris entre 150 et 350 m<sup>3</sup>/s pour la période 1989-2004



	1989-2004	QMJ	QTVAR	Rapport QTVAR/QMJ
<b>30 &gt; Q &gt; 150 m<sup>3</sup>/s et ΔQ de la variation (montée et descente) &gt; 40 m<sup>3</sup>/s</b>	janv	1.5	4.5	<b>3</b>
	fevr	2.1	4.4	<b>2.1</b>
	mars	2.5	4.9	<b>2</b>
	avr	2.5	5.7	<b>2.3</b>
	mai	2.8	5.3	<b>1.9</b>
	juin	2.4	2.3	<b>1</b>
	juil	0.6	0.1	<b>0.2</b>
	août	0.3	0	<b>0</b>
	sept	1.3	0.2	<b>0.2</b>
	oct	2.1	5.1	<b>2.4</b>
	nov	2.2	5.7	<b>2.6</b>
	déc	1.3	4.7	<b>3.6</b>
	<b>Année</b>	<b>21.6</b>	<b>42.9</b>	<b>1.99</b>

Tableau 4 : Comparatif du nombre de variations recensées en QMJ et QTVAR pour des débits compris entre 30 et 150 m<sup>3</sup>/s

En deçà du débit d'équipement du Sablier, nous détectons de 2 à 4 fois plus de fluctuations importantes du débit (susceptibles d'affecter le cycle biologique des espèces) en QTVAR qu'en QMJ, principalement d'octobre à juin.

**En QMJ, l'occurrence des fortes variations de débit en régime d'éclusées apparaît déjà comme deux fois plus importante qu'en hydrologie naturelle. En instantané, l'occurrence des fortes variations de débit réellement vécue par la faune aquatique est environ six fois plus importante en régime d'éclusées qu'en hydrologie naturelle (augmentation de 600% des fluctuations de niveau importantes !).**

## 2.6. La modification du signal hydrologique

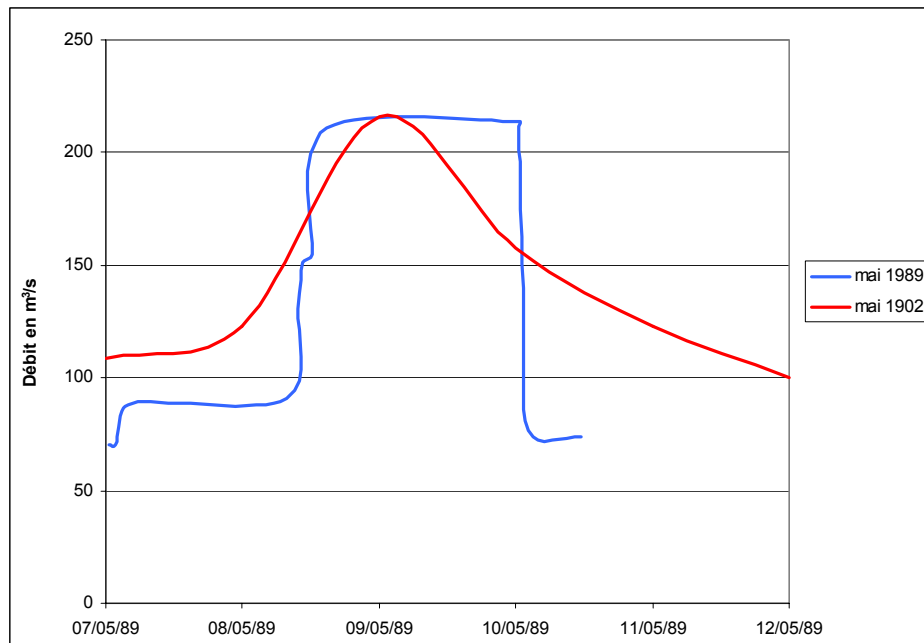
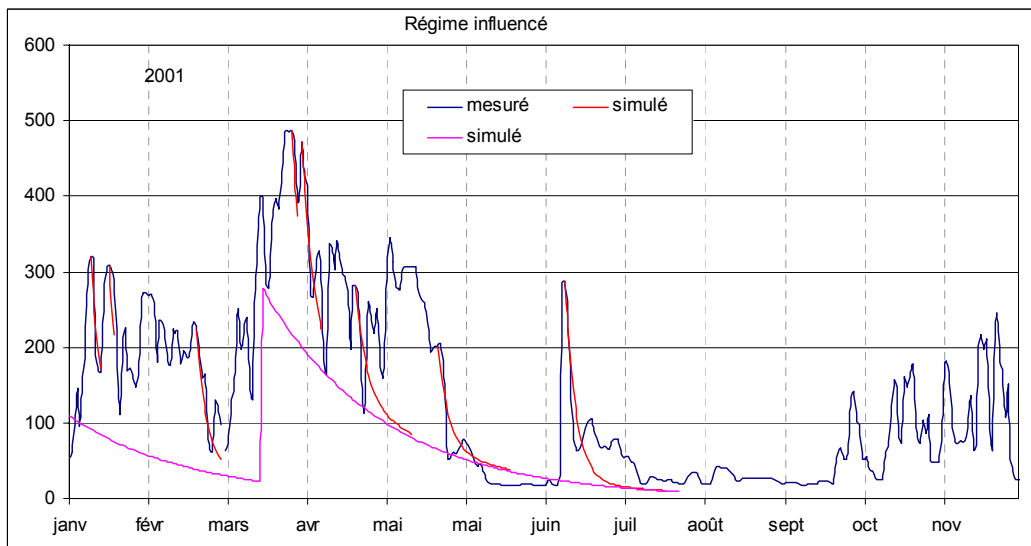
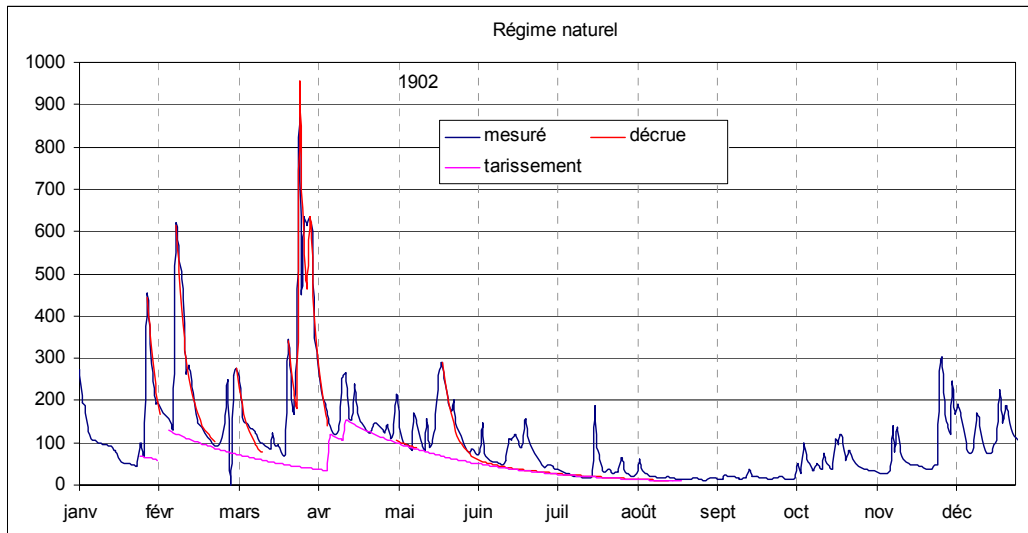


Figure 13 : Comparaison, pour la Dordogne à Argentat, du signal hydrologique d'un épisode pluvieux en 1902 et d'une éclusée en 1989, pour un même débit maximum atteint.

La figure ci-dessus illustre, pour un même débit maximum atteint, une variation naturelle du débit du cours d'eau en mai 1902 et une éclusée en mai 1989. On remarque la dissymétrie de des pentes « montée » et « descente » en régime naturel (avec une pente de descente nettement moins accentuée que la pente de montée) et, au contraire, la symétrie des pentes en régime d'éclusée, ainsi que leur « raideur » nettement plus forte.



Figures 14 et 15 : courbes de décrue et de tarissement simulées au pas de temps journalier sur l'hydrogramme de la Dordogne en 1902 (régime naturel) et en 2001 (régime d'éclusées) ; **Eaucéa, 2007**

La figure ci-dessus illustre au pas de temps journalier les modifications observables entre 1902 (régime naturel) et 2001 (régime d'éclusées). Le tarissement naturel représente la courbe plancher «garantie» naturellement. **Dans ce type de régime hydrologique, le rythme de tarissement est de l'ordre de 2% par jour.** Bien sûr, il peut y avoir des pointes de débit suivies d'une **décrue**, mais même dans ce cas là, **la décroissance du débit ne peut excéder 25% par jour.**

En régime d'éclusée, les notions de tarissement et de décrue n'ont pas de sens, mais l'application du même concept à l'hydrogramme permet de voir quel est l'écart à la situation naturelle.

On peut observer que fréquemment la courbe de décrue ainsi reconstituée décroche de la situation d'éclusée observée, qui apparaît donc comme très rapide, notamment en fin d'éclusée, par rapport à une situation naturelle.

Un zoom sur la période mars juillet 2001 montre ce décalage très sensible.

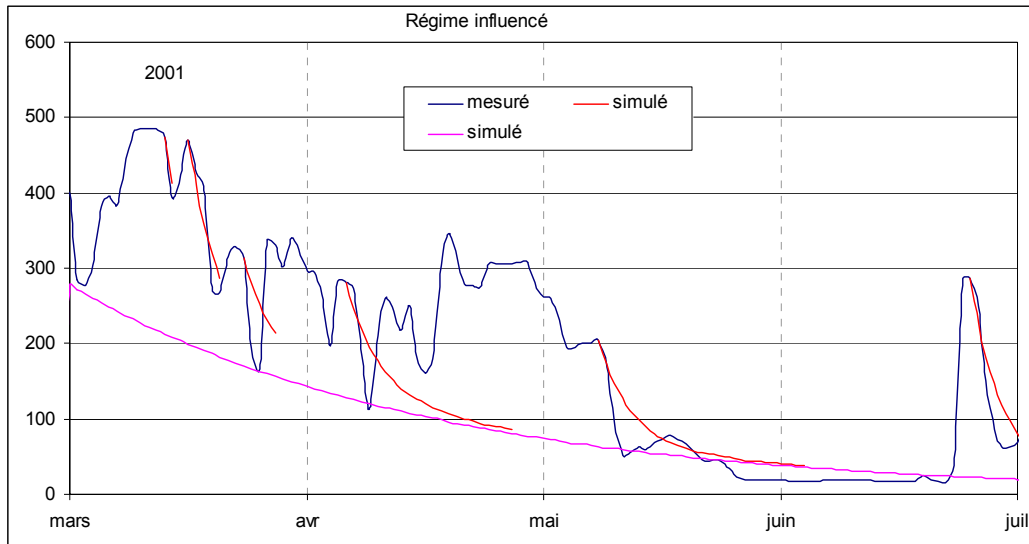


Figure 16: Courbes de décrue et de tarissement simulées au pas de temps journalier sur l'hydrogramme de la Dordogne de 2001 – zoom sur la période mars –juillet.

Amplitude de la variation (m³/s)	Gradient médian (min-max) Montée 1900 -1926 (m³/s/h)	Gradient médian (min-max) Montée 1989-2004 (m³/s/h)	Gradient médian (min-max) Descente 1900-1926 (m³/s/h)	Gradient médian (min-max) Descente 1989-2004 (m³/s/h)
500 <delta Q	12.0 [4.4 - 36.3]		5.3 [1.7 - 14]	
300 <delta Q <= 500	7.6 [2.3 - 20.7]		2.9 [1 - 20]	
250 <delta Q <= 300	5.6 [2.7 - 12]	43.6 [11 - 60.1]	2.4 [1 - 11]	46.9 [40.1 - 58]
200 <delta Q <=250	4.8 [1.6 - 10.4]	43.9 [18.8 - 95]	2.9 [0.7 - 10.4]	39.0 [10 - 83.5]
150 <delta Q <=200	3.5 [1.3 - 8.2]	43.3 [8.2 - 250.8]	1.8 [0.5 - 7.9]	41.0 [6.7 - 83.1]
100 <delta Q <=150	2.8 [1.1 - 6.2]	40.3 [4.9 - 582.9]	1.5 [0.5 - 6.2]	34.5 [5.2 - 295]
50 <delta Q <=100	2.3 [0.5 - 4.1]	35.2 [3.9 - 328]	1.1 [0.3 - 4.2]	32.4 [3.9 - 261.4]
30 <delta Q <= 50	1.4 [0.4 - 2.1]	30.0 [3.5 - 116]	0.7 [0.3 - 2.1]	27.5 [3.4 - 135]
10 <delta Q <= 30	0.7 [0.2 - 1.3]	22.2 [3.8 - 630]	0.5 [0.2 - 1.3]	17.3 [2 - 209]

Tableau 5 : Gradients médians de montée et de descente en hydrologie naturelle et en régime d'éclusée de la Dordogne à Argentat

En régime naturel, pour les crues les plus fortes de la Dordogne à Argentat, le gradient médian de montée est de 12 m³/s/h (gradient maximum de l'ordre de 36 m³/s/h). En régime d'éclusée, ce gradient médian de montée varie de 22 à 44 m³/s/h soit une multiplication par 1.8 à 3.7 des plus forts gradients rencontrés en régime naturel en période de crue.

En régime naturel, pour les décrues les plus fortes, le gradient médian de descente est de 5.3 m³/s/h (gradient maximum de l'ordre de 14 m³/s/h). En régime d'éclusée, ce gradient médian de descente varie de 17 à 47 m³/s/h soit une multiplication par 3.2 à 8.8 des plus forts gradients rencontrés en régime naturel en période de décrue.

**Au final, la Dordogne présente aujourd'hui par rapport à sa référence naturelle un régime hydrologique :**

- 1/ avec des débits d'étiage légèrement soutenus,
- 2/ avec des débits faibles qui peuvent apparaître à n'importe quelle période de l'année (y compris à des périodes auxquelles ils ne devraient pas apparaître),
- 3/ avec des débits forts plus fréquents (tranche 220–340 m³/s) alors même que les débits de crue sont écrêtés,
- 4/ avec des variations de débit de forte amplitude environ 6 fois plus fréquentes,

5/ avec des variations de débit de 3 à 9 fois plus rapides.

**La faune aquatique, aux stratégies de vie adaptées à des cycles hydrologiques naturels, va avoir des difficultés à s'adapter sans dommages à de telles modifications.**

## 2.7. Le régime d'éclusées à l'aval du Sablier

Les motifs des éclusées sur la Dordogne sont la plupart du temps complexes, d'une part car l'usine du Sablier est équipée de 4 turbines Kaplan pouvant moduler les débits turbinés de manière très souple, d'autre part car la gestion de l'usine répond au double rythme de la consommation d'énergie, à la fois journalier et hebdomadaire comme l'illustre la figure suivante (figure tirée de **Courret et al., 2006**).

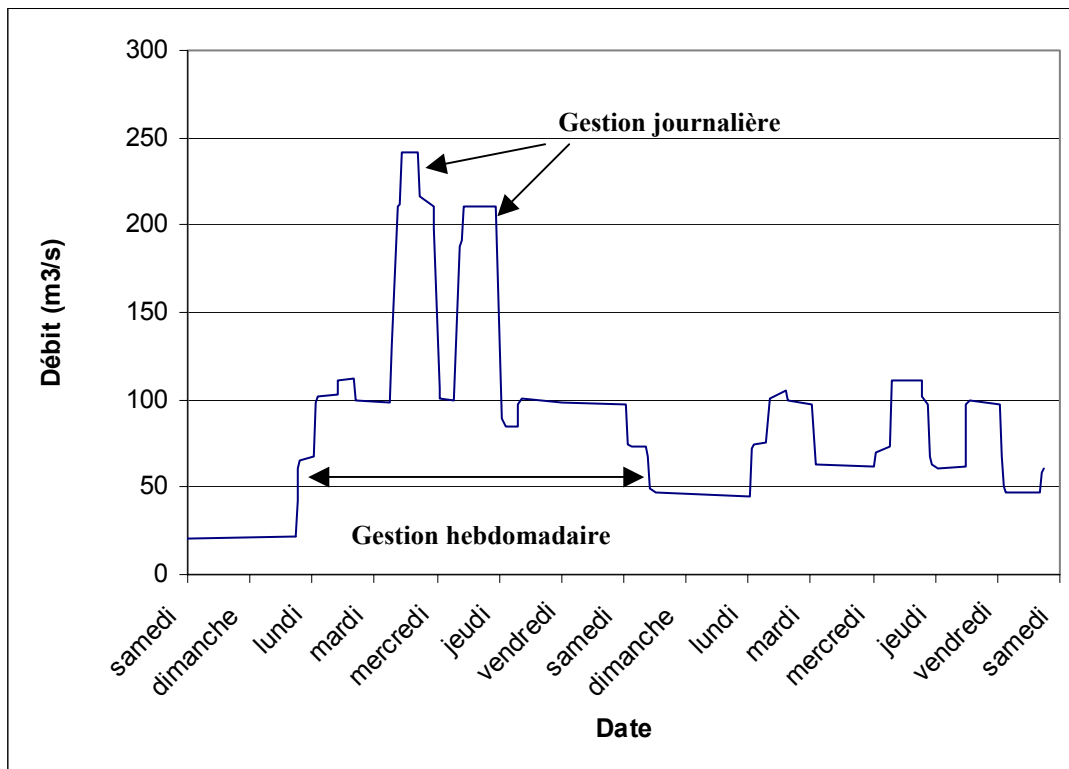


Figure 17 : Illustration de la gestion mixte de la Dordogne observée entre le 1<sup>er</sup> et 14 mars 2003

Il est dans ce cas là plus difficile de déterminer où se situe la phase de montée, la phase de descente et surtout comment les caractériser : quelles sont les amplitudes, les durées, les vitesses de variation des différentes phases ?

De plus, toutes les variations du niveau de l'eau n'auront pas forcément le même impact vis à vis du compartiment biologique de l'hydrosystème. Ainsi, il est probable qu'une baisse de 30 m<sup>3</sup>/s sur un débit de départ de 250 m<sup>3</sup>/s n'aura pas le même effet que cette même baisse sur un débit de départ de 60 m<sup>3</sup>/s.

A partir de la bibliographie disponible sur le sujet et des données hydrologiques, hydrauliques et biologiques acquises depuis plusieurs années sur la rivière Dordogne, nous avons dans un premier temps tenté de définir, afin de pouvoir les comptabiliser, ce qu'était une variation de débit potentiellement impactante sur la faune piscicole.

### 2.7.1. Définition d'une variation de débit potentiellement biologiquement impactante

Afin de définir les variations de niveau du cours d'eau potentiellement impactantes, nous avons pris en compte :

- le débit avant variation dans le cas d'une hausse de débit ou bien le débit de fin de variation dans le cas d'une baisse de débit,
- l'amplitude de la variation,
- le gradient de variation, c'est à dire la vitesse de la variation.

Nous n'avons pas tenu compte, pour l'instant, de la durée de stabilité du débit avant la variation.

En ce qui concerne le gradient de variation, une vitesse de 10 cm/h constitue, dans la littérature scientifique, un seuil remarquable en dessous duquel les échouages-piégeages de poissons diminuent significativement (Halleraker *et al.*, 2003).

Les gradients de variation correspondant à ce seuil ont pu être calculés grâce à la modélisation hydraulique effectuée sur deux tronçons de la Dordogne par Courret *et al.*, 2006.

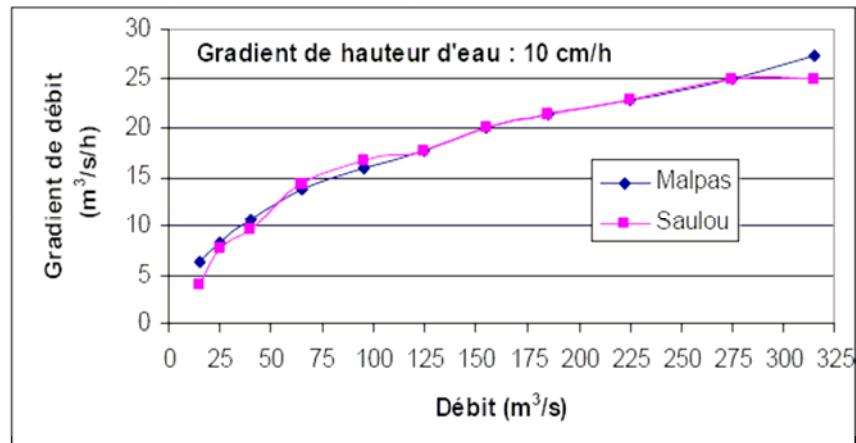


Figure 18 : Relation débit-gradient pour une vitesse de 10 cm/h au niveau du Malpas et du Saulou

La figure ci-dessus illustre le comportement de 2 zones à chenal unique de la Dordogne corrézienne : le secteur du Malpas, juste à l'aval d'Argentat, et le secteur du Saulou, au droit du village de Saulières.

Pour un débit de 100 m³/s dans la rivière, il faut respecter des gradients inférieurs de 16 et 17 m³/s/h respectivement au Malpas et au Saulou, pour ne pas dépasser la vitesse seuil de variation de 10 cm/h. Nous avons donc défini, dans un premier temps, les variations potentiellement biologiquement impactantes comme celles qui, par tranche de débit, excédaient les gradients correspondant à 10 cm/h (en m³/s/h) **ou** environ le double du gradient en amplitude (en m³/s).

Le tableau ci-dessous récapitule les critères retenus afin de comptabiliser les variations. On parle donc « de variations » (montées ou descentes) liées à la gestion des aménagements par éclusées plutôt que « d'éclusées » sensus-stricto, qui suppose des retours de périodicité plus ou moins courte au même débit de base.

Débit de début de montée ou de fin de descente en m <sup>3</sup> /s	Seuils d'amplitude de variation en m <sup>3</sup> /s	Seuils de gradient de variation en m <sup>3</sup> /s/h
Q < 50	$\Delta Q \geq 15$	8
100 > Q > 50	$\Delta Q \geq 30$	14
200 > Q > 100	$\Delta Q \geq 40$	19
Q > 200	$\Delta Q \geq 50$	25

Tableau 6 : Seuils de prise en compte des variations

On s'aperçoit rapidement lors de l'application de ces critères que les variations observables sur les chroniques de débits à pas de temps variable sont très fréquemment entrecoupées de ralentissements, de plateaux voir même de légères inversions de signe.

Certains plateaux sont tellement courts qu'on conçoit intuitivement que d'un point de vue effet biologique, il faille sommer les deux variations de même signe qu'ils séparent. En revanche, quand une variation est coupée par un plateau très long, il est cohérent biologiquement de considérer qu'il s'agit bien de deux variations distinctes. La limite de durée du plateau afin de considérer que l'on a une seule ou deux variations a été fixée à trois heures. Ainsi pour tout plateau inférieur à trois heures, les amplitudes des deux variations qu'il sépare seront sommées. En revanche, pour un palier supérieur à trois heures les deux variations seront considérées comme 2 variations distinctes.

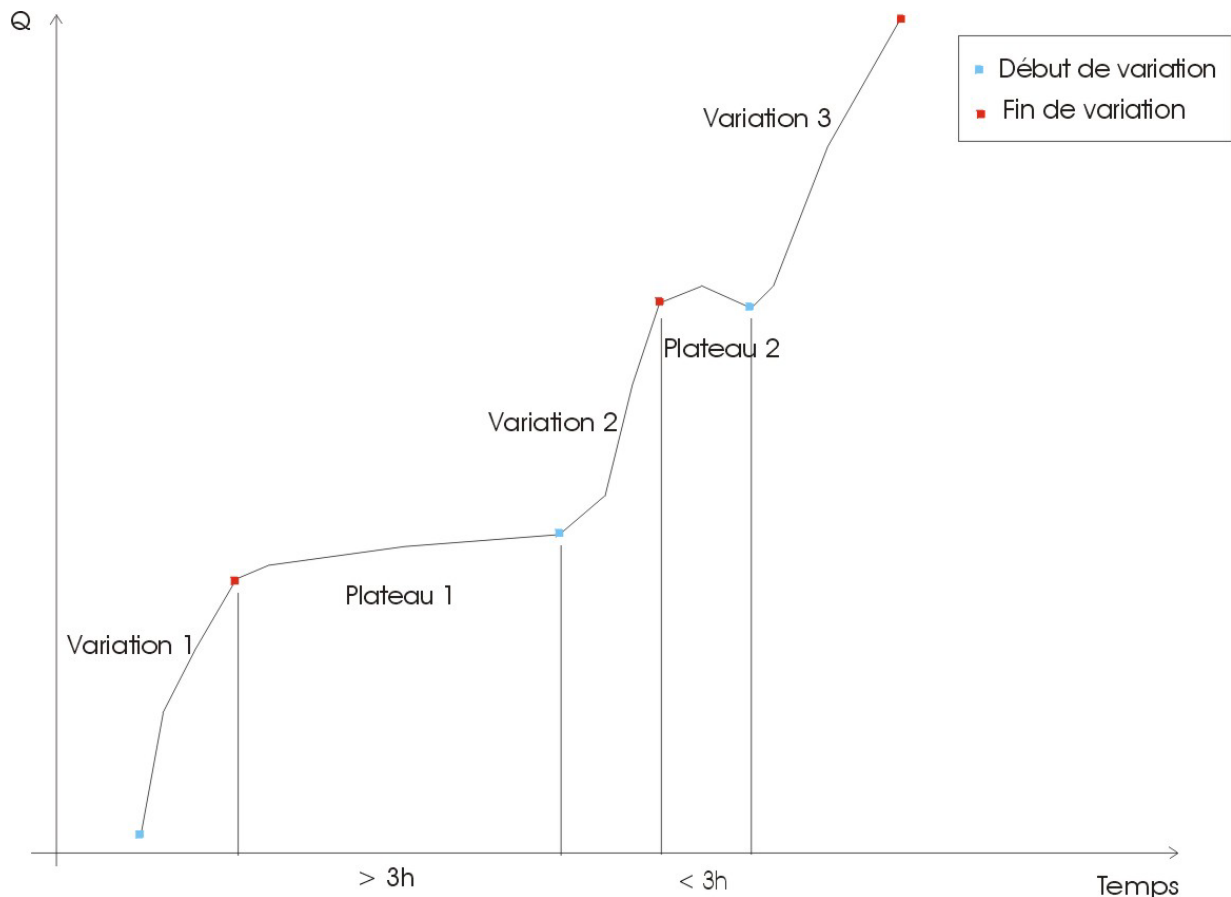


Figure 19 : Exemple de chronique de débits à pas de temps variables rencontrée

Sur la figure 19, les variations 1 et 2 seront considérées comme indépendantes car séparées par un plateau dont la durée est supérieure à 3 heures. Au contraire, les variations 2 et 3 seront sommées et considérées comme une.

Enfin, la dernière étape dans la prise en compte des variations potentiellement impactantes consiste à éliminer les petites variations, dont l'amplitude est inférieure à  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , mais qui avaient jusque là été prises en compte dans les traitements du fait de leurs gradients importants.

### 2.7.2. Statistiques descriptives des éclusées à l'aval du Sablier de 1989 à 2004

Les variations potentiellement impactantes du niveau de l'eau de la Dordogne en aval du Sablier sont en moyenne au nombre de 158 (min : 74 en 2003, max : 220 en 1994) par an pour les montées et 172 par an (min : 84 en 2003, max : 255 en 1994) pour les descentes.

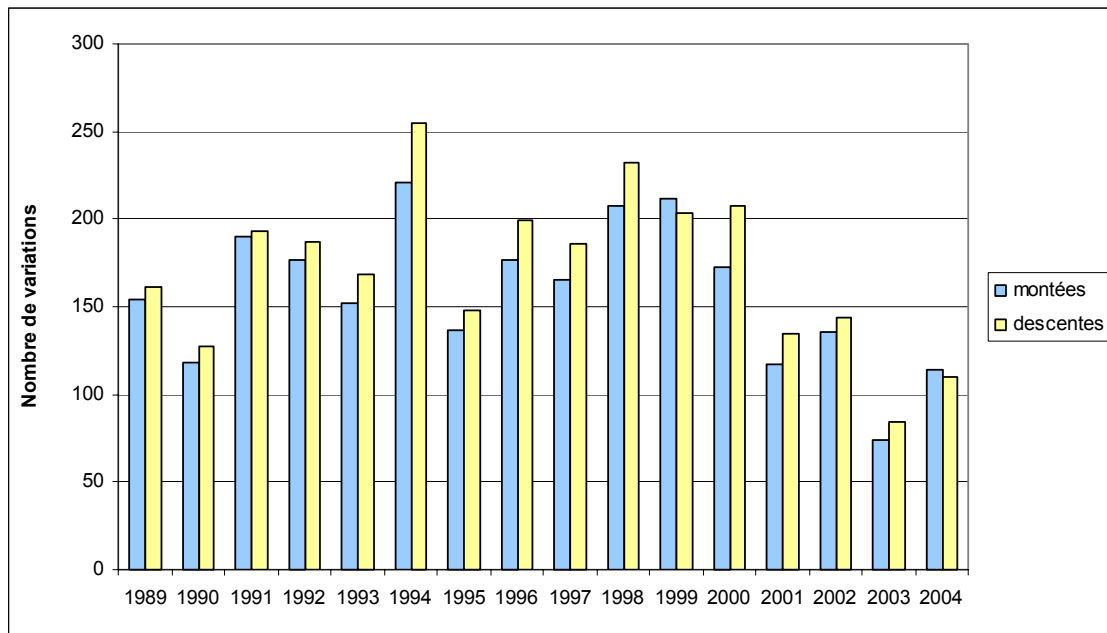


Figure 20 : Variabilité interannuelle du nombre d'éclusées sur la Dordogne

Les variations potentiellement impactantes sont en moyenne par mois au nombre de 17 à 20 montées et 17 à 23 descentes d'octobre à avril, 14 montées et 17 descentes en mai, 7 montées et 9 descentes en juin.



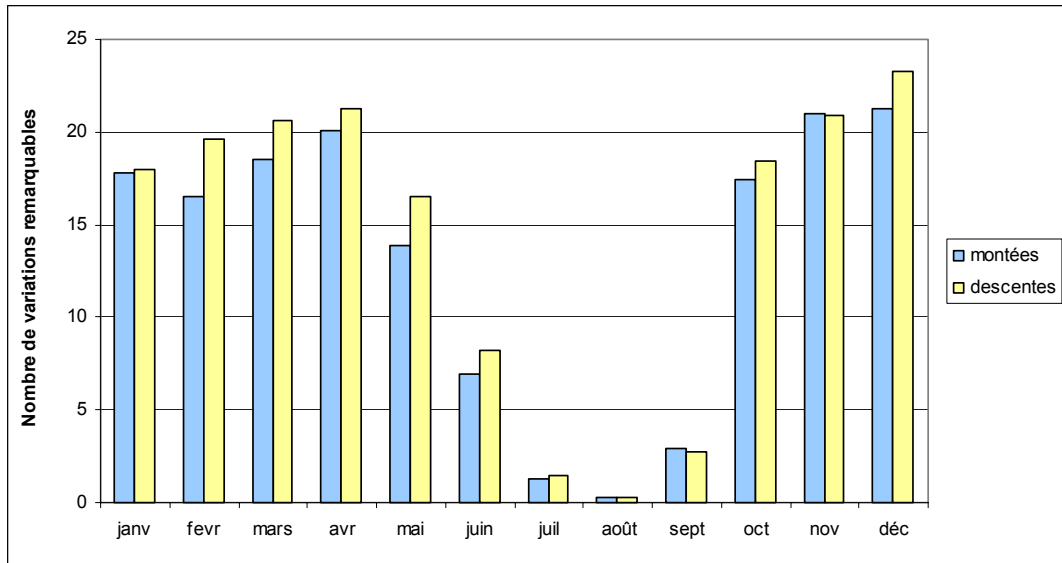


Figure 21 : Nombre moyen de variations par mois

L'amplitude médiane des montées d'octobre à avril est de  $60 \text{ m}^3/\text{s}$ . L'amplitude médiane des descentes d'octobre à avril est de  $51 \text{ m}^3/\text{s}$ .

L'amplitude médiane des montées en mai est de  $51 \text{ m}^3/\text{s}$ . L'amplitude médiane des descentes en mai est de  $41 \text{ m}^3/\text{s}$ .

L'amplitude médiane des montées en juin est de  $43 \text{ m}^3/\text{s}$ . L'amplitude médiane des descentes en juin est de  $32 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Le gradient médian des montées d'octobre à avril est de  $32 \text{ m}^3/\text{s/h}$ . Le gradient médian des descentes d'octobre à avril est de  $27 \text{ m}^3/\text{s/h}$ .

Le gradient médian des montées en mai est de  $30 \text{ m}^3/\text{s/h}$ . Le gradient médian des descentes en mai est de  $25 \text{ m}^3/\text{s/h}$ .

Le gradient médian des montées en juin est de  $24 \text{ m}^3/\text{s/h}$ . Le gradient médian des descentes en juin est de  $22 \text{ m}^3/\text{s/h}$ .

Fréquence 1989-2004	janv	fevr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Minimum	3.0	6.0	6.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	8.0	9.0
Maximum	35.0	27.0	34.0	35.0	26.0	20.0	6.0	2.0	14.0	30.0	30.0	39.0
1er Quartile	11.3	11.8	13.3	14.0	5.5	3.0	0.0	0.0	0.0	11.0	17.8	15.5
Médiane	20.5	17.5	18.0	21.0	16.5	6.0	1.0	0.0	0.5	17.0	23.0	22.0
3ème Quartile	23.3	19.0	23.3	26.0	21.5	10.5	2.0	0.3	5.3	24.3	25.3	26.3
Moyenne	17.7	16.5	18.5	20.1	13.9	7.4	1.3	0.3	2.9	17.4	20.9	21.3
Ecart-type	8.9	6.1	7.9	9.7	9.0	5.8	1.6	0.6	4.0	8.0	6.9	8.4
Amplitude 1989-2004 en m <sup>3</sup> /s	janv	fevr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Minimum	10.3	10.3	10.0	10.4	10.5	10.8	11.4	10.7	10.3	10.0	10.3	11.3
Maximum	244.0	241.0	215.6	263.4	205.2	242.0	205.2	25.5	67.0	147.8	268.2	266.3
1er Quartile	36.0	34.2	31.9	33.0	28.4	26.7	13.8	10.8	14.5	26.0	38.0	43.4
Médiane	65.0	63.5	58.7	56.0	51.0	42.7	18.0	16.1	22.5	46.7	61.0	76.0
3ème Quartile	109.7	108.2	98.5	85.0	89.5	63.5	30.5	18.0	36.8	74.0	104.9	120.0
Moyenne	78.5	76.6	67.9	66.9	64.3	51.3	34.0	16.2	27.6	53.3	75.8	87.5
Ecart-type	52.9	51.8	43.7	46.2	45.1	35.9	43.8	6.1	16.3	32.9	50.6	55.3
Durée 1989-2004 en h	janv	fevr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Minimum	0:09	0:15	0:03	0:09	0:20	0:02	0:25	0:36	0:14	0:13	0:23	0:04
Maximum	11:05	8:31	24:02	24:01	9:24	9:50	10:55	1:48	6:43	7:41	24:22	11:24
1er Quartile	1:10	1:02	1:03	1:06	1:01	1:02	0:49	0:37	0:39	1:00	1:06	1:11
Médiane	1:51	1:44	1:54	1:42	1:36	1:30	0:57	0:43	0:53	1:24	1:44	1:59
3ème Quartile	3:11	3:05	3:14	2:48	3:16	2:52	1:29	1:16	1:11	2:16	3:14	3:03
Moyenne	2:21	2:18	2:46	2:15	2:19	2:08	1:44	1:00	1:16	1:53	2:33	2:24
Ecart-type	1:40	1:43	3:24	2:04	1:49	1:43	2:22	0:31	1:24	1:24	2:24	1:46
Gradient 1989-2004 en m <sup>3</sup> /s/h	janv	fevr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Minimum	6.7	5.9	3.5	4.5	4.4	7.2	8.9	8.9	5.2	4.1	5.2	6.6
Maximum	151.4	250.0	582.9	328.0	151.2	630.0	64.2	30.0	148.7	178.1	127.5	274.4
1er Quartile	21.1	23.4	20.1	20.7	19.4	17.5	13.8	14.9	18.4	20.9	23.6	26.6
Médiane	32.5	34.5	28.7	30.7	29.5	23.8	19.4	17.5	24.1	28.1	33.2	39.4
3ème Quartile	52.2	49.3	41.9	45.0	45.0	38.5	24.1	20.1	33.5	41.7	45.6	55.3
Moyenne	39.1	40.3	36.9	35.8	33.8	36.9	22.4	18.3	32.7	33.4	36.4	44.8
Ecart-type	23.5	28.4	42.4	25.8	20.3	61.2	13.1	7.7	28.3	19.6	18.7	34.1

Tableau 7 : Récapitulatif des caractéristiques des montées remarquables au niveau d'Argentat

Fréquence 1989-2004	janv	fevr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Minimum	3.0	8.0	8.0	2.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	5.0	8.0	12.0
Maximum	37.0	33.0	44.0	38.0	36.0	22.0	6.0	1.0	15.0	34.0	33.0	40.0
1er Quartile	10.5	13.8	15.5	13.8	6.5	2.0	0.0	0.0	0.0	9.0	15.8	17.8
Médiane	18.5	18.0	20.0	19.5	17.0	8.0	1.0	0.0	1.0	15.0	22.0	22.5
3ème Quartile	26.3	26.0	26.0	29.5	25.5	13.5	2.0	0.3	3.3	28.3	25.5	27.5
Moyenne	18.1	19.7	20.6	21.6	16.6	8.7	1.5	0.3	2.7	18.4	20.9	23.3
Ecart-type	10.1	7.8	9.6	11.2	11.2	6.9	1.9	0.4	4.1	10.4	7.4	8.0
Amplitude 1989-2004 en m <sup>3</sup> /s	janv	fevr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Minimum	11.8	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.8	15.1	10.1	10.0	10.0	10.0
Maximum	251.3	247.8	301.8	198.8	228.0	135.0	54.0	24.0	61.0	155.1	256.2	247.0
1er Quartile	28.9	27.1	28.0	26.0	23.5	20.1	16.7	16.3	13.1	21.0	29.0	27.9
Médiane	57.4	50.0	52.0	48.0	41.0	32.1	22.0	18.2	17.0	37.7	56.0	64.0
3ème Quartile	106.4	90.2	87.0	85.1	71.0	51.4	38.0	20.7	30.3	60.8	101.0	105.3
Moyenne	74.4	64.6	61.6	59.4	52.8	39.6	27.0	18.9	23.0	46.1	70.5	77.0
Ecart-type	55.1	49.3	42.0	42.0	39.4	27.3	14.1	3.9	13.8	31.3	52.7	56.0
Durée 1989-2004 en h	janv	fevr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Minimum	0:02	0:22	0:13	0:09	0:13	0:17	0:12	1:09	0:15	0:06	0:07	0:15
Maximum	9:28	11:06	0:11	23:50	11:51	8:57	5:29	2:36	5:27	9:34	0:03	11:48
1er Quartile	1:14	1:07	1:12	1:08	1:08	1:04	0:52	1:25	0:37	1:02	1:10	1:13
Médiane	2:14	1:42	1:47	1:46	1:39	1:26	1:28	1:34	0:47	1:29	1:50	2:07
3ème Quartile	4:08	3:27	3:31	3:21	2:49	2:05	2:14	1:52	1:06	2:34	3:27	3:49
Moyenne	2:49	2:27	2:48	2:32	2:10	1:52	1:49	1:43	1:02	2:00	2:46	2:46
Ecart-type	2:01	1:54	3:10	2:17	1:42	1:25	1:18	0:37	0:52	1:29	2:44	2:02
Gradient 1989-2004 en m <sup>3</sup> /s/h	janv	fevr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc
Minimum	3.1	3.1	3.4	3.3	6.7	4.0	2.0	7.5	7.5	3.3	2.6	3.3
Maximum	132.0	145.5	135.0	295.0	100.0	176.5	54.0	20.9	111.0	209.0	136.0	128.9
1er Quartile	17.2	18.3	17.1	16.9	15.0	15.2	12.3	8.8	16.4	16.7	18.4	19.4
Médiane	28.3	27.0	26.4	25.2	24.7	21.6	18.3	10.1	22.5	24.7	28.5	29.3
3ème Quartile	41.8	39.6	38.7	37.4	37.2	32.6	27.5	13.5	29.3	36.1	40.9	42.5
Moyenne	33.0	31.2	29.8	30.6	28.5	26.1	21.9	12.2	28.5	28.3	32.1	33.0
Ecart-type	27.1	19.4	18.4	26.5	17.6	18.9	14.3	6.0	21.1	20.2	18.7	18.4

Tableau 8 : Récapitulatif des caractéristiques des descentes remarquables au niveau d'Argentat

**2.7.3. Evolution des caractéristiques des éclusées le long de l'axe amont-aval de la Dordogne**

**2.7.3.1. Evolution du nombre de variations potentiellement impactantes en allant vers l'aval**

Les 2 principaux affluents rive gauche de la Dordogne en aval d'Argentat, la Maronne et la Cère, respectivement situés 5 kilomètres et 40 kilomètres à l'aval de l'aménagement du Sablier, possèdent également un régime hydrologique influencé par des aménagements hydroélectriques fonctionnant par éclusées (respectivement Hautefage et Brugales). Les débits maximums turbinés sur ces affluents se situent aux alentours de 50 m<sup>3</sup>/s, ce qui constitue des apports importants pouvant induire des variations de niveau d'eau conséquentes sur l'axe Dordogne.

Dans une première approche, nous avons dénombré, avec les mêmes critères que définis précédemment, le nombre de variations potentiellement pénalisantes à Brivezac (aval confluence Maronne), Carennac (aval confluence Cère), Souillac et Cénac, en 2005 et 2006.

Le tableau ci-dessous synthétise les résultats obtenus.

	Argentat	Brivezac	Carennac	Souillac	Cénac
<b>Montées 2005</b>	96	140	129	115	86
<b>Descentes 2005</b>	101	104	119	100	80
<b>Montées 2006</b>	95	154	124	115	83
<b>Descentes 2006</b>	88	90	111	112	79

Tableau 9 : Récapitulatif des variations remarquables dénombrées en 2005 et 2006

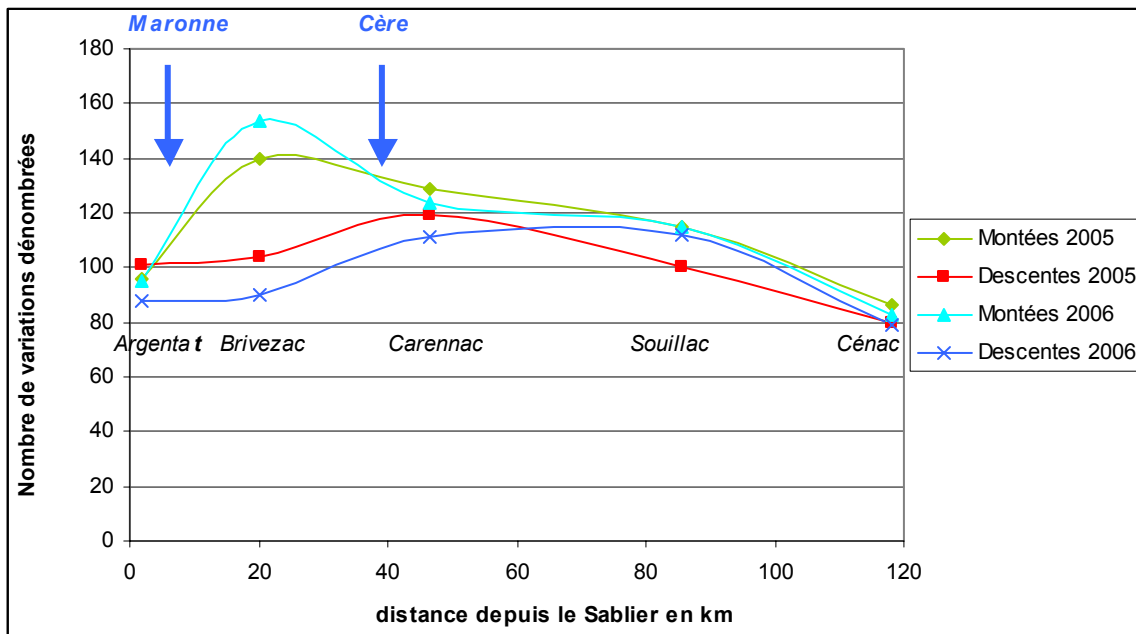


Figure 22 : Evolution du nombre de variations remarquables recensées le long de la Dordogne

Le nombre de variations remarquables augmente au niveau de Brivezac, puis de Carennac. L'amplitude des variations diminuant et la durée de la variation augmentant, le nombre de variations repérées comme potentiellement impactantes diminue légèrement entre Carennac et Souillac puis plus franchement entre Souillac et Cénac.

L'influence de la Maronne et de la Cère est net, générant environ 25 % de variations supplémentaires sur l'axe Dordogne en 2005 et 30 % en 2006.

- **« L'effet Maronne »**

Les éclusées de la Maronne induisent des variations remarquables supplémentaires de la Dordogne à l'aval de la confluence (détection à Brivezac) lorsque les débits de cette dernière sont relativement faibles comme en témoigne l'exemple ci-dessous.

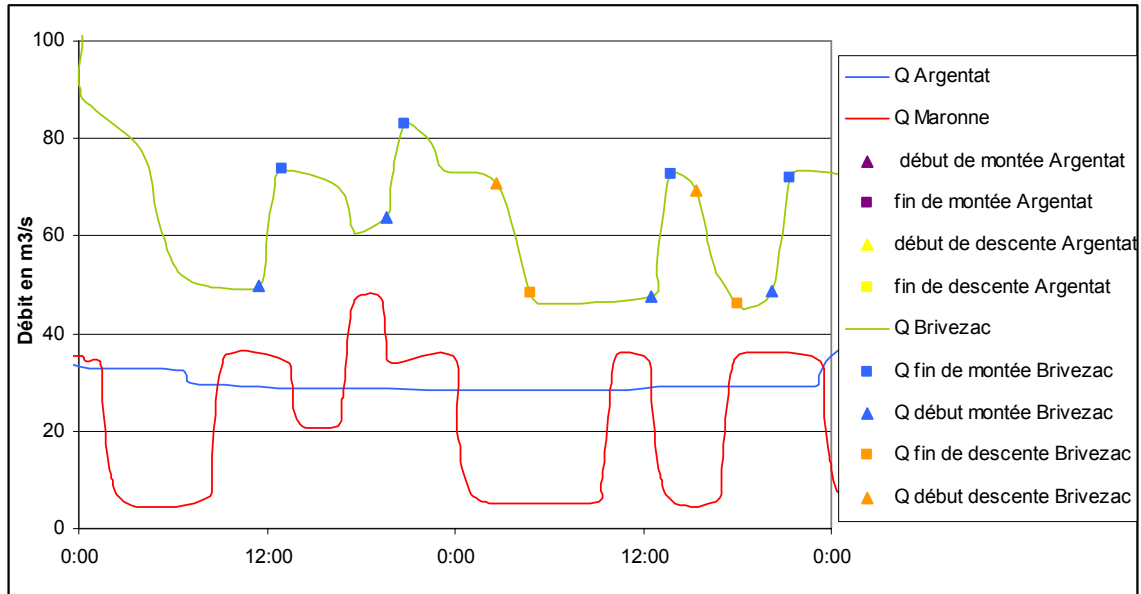


Figure 23 : Influence des éclusées de la Maronne sur la Dordogne, détection de variations supplémentaires (exemple du 07 et 08/01/2006)

Pour des débits de la Dordogne supérieurs à  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ , les éclusées de la Maronne n'activent les seuils de détection à Brivezac que si leur amplitude dépasse  $30 \text{ m}^3/\text{s}$ , c'est à dire pour des éclusées de forte amplitude correspondant au fonctionnement d'une turbine et demi à Hautefage ( $35\text{-}40 \text{ m}^3/\text{s}$ ) ou de 2 turbines à plein régime ( $45\text{-}50 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

Le reste du temps, la gestion des aménagements étant synchrone, nous avons un effet additif de la Maronne qui vient augmenter l'amplitude des variations générées par le Sablier sur la Dordogne (figure ci-dessous).

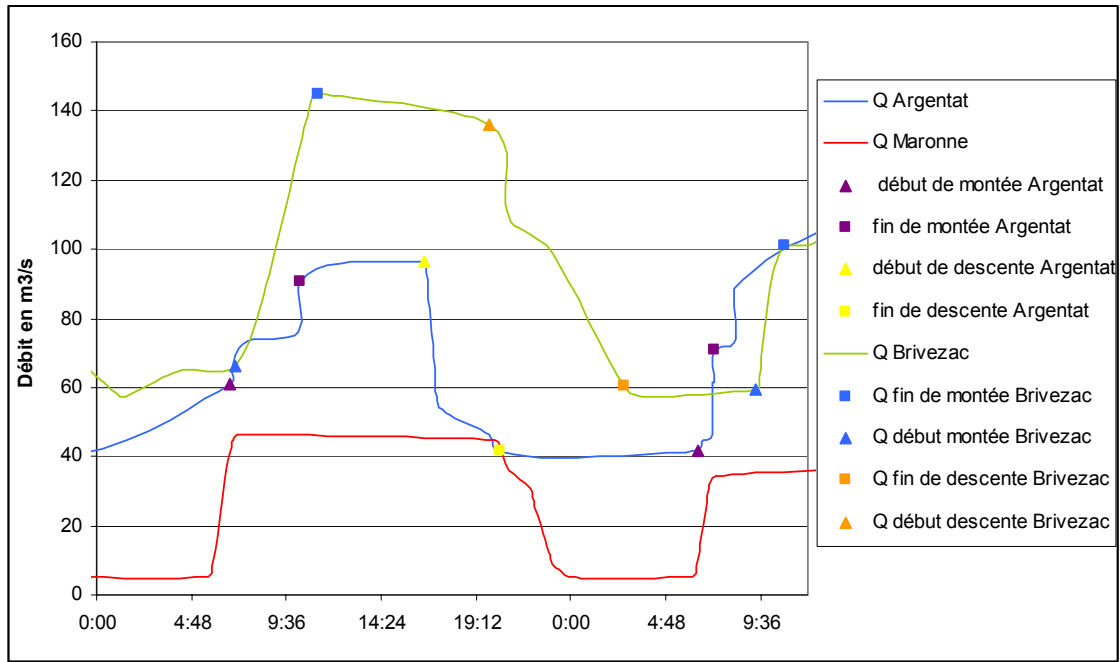


Figure 24 : Influence des éclusées de la Maronne sur la Dordogne, mise en évidence de l'effet amplificateur de la Maronne

• **« L'effet Cère »**

L'effet des éclusées de la Cère sur l'axe Dordogne est moins visible. Arrivant sur les débits cumulés de la Dordogne et de la Maronne, c'est surtout son côté amplificateur, dû à la gestion synchronisée des ouvrages, notamment à la baisse, qu'il convient de retenir (figure ci-dessous).

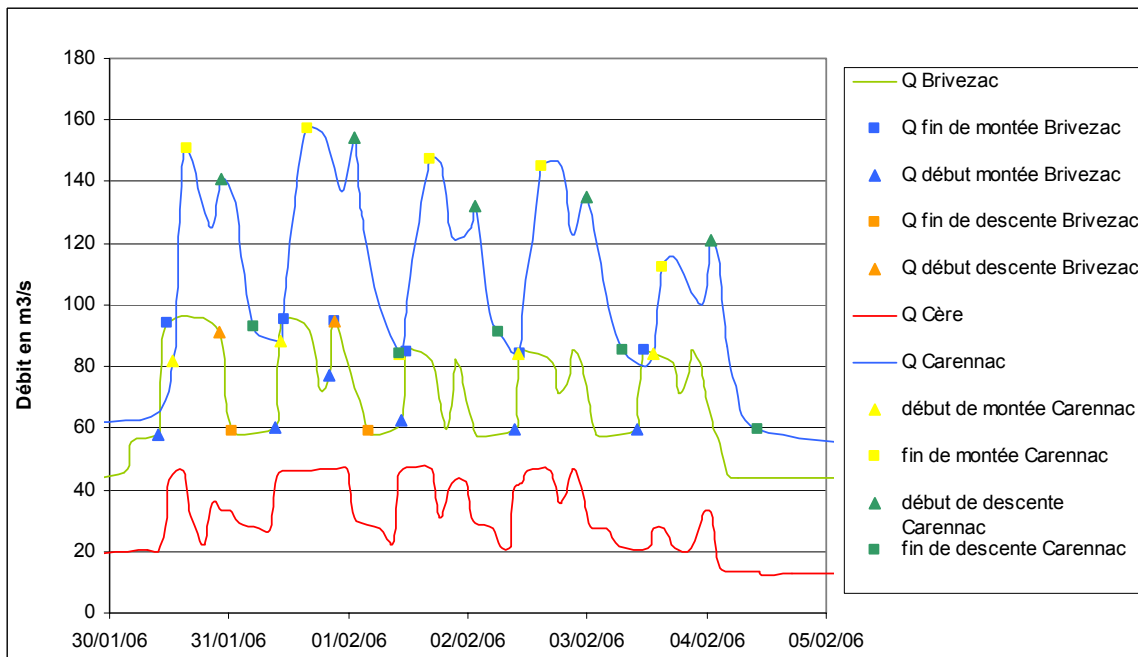


Figure 25: Mise en évidence de l'effet amplificateur de la Cère

**La Maronne et la Cère, elles aussi largement aménagées pour la production hydroélectrique et fonctionnant également par éclusées, peuvent générer des variations impactantes supplémentaires sur la Dordogne.**

Entre Carennac et Cénac, l'amplitude des variations se conserve quasiment, en revanche la durée des variations augmente et donc les gradients diminuent.

Une grande partie des variations qui étaient considérées comme potentiellement impactantes au regard de leurs gradients ne le sont plus, les variations détectées sont maintenant principalement des variations de forte amplitude.

2.7.3.2. Evolution des gradients de variation en allant vers l'aval

% Module/heure		Hausses		Baisses	
		2005	2006	2005	2006
<b>Argentat</b>	Quartile 1	13.86	13.73	17.63	14.31
	Médiane	21.91	18.67	24.03	20.05
	Quartile 3	36.73	27.17	31.21	29.39
<b>Brivezac</b>	Quartile 1	11.68	9.89	6.74	7.74
	Médiane	14.52	13.11	9.61	10.20
	Quartile 3	21.54	16.83	14.98	12.91
<b>Carennac</b>	Quartile 1	5.80	5.68	4.36	4.36
	Médiane	8.19	7.54	5.89	5.79
	Quartile 3	12.51	10.19	7.85	7.46
<b>Souillac</b>	Quartile 1	3.91	3.04	2.49	2.57
	Médiane	5.86	4.32	3.70	3.16
	Quartile 3	7.86	5.83	6.69	4.33
<b>Cénac</b>	Quartile 1	2.67	2.31	2.04	1.85
	Médiane	3.61	2.88	2.95	2.62
	Quartile 3	5.16	3.87	4.36	3.58

Tableau 10 : Gradient des variations de débits en % du module par heure de la Dordogne à Argentat, Brivezac, Carennac, Souillac et Cénac en 2005 et 2006.

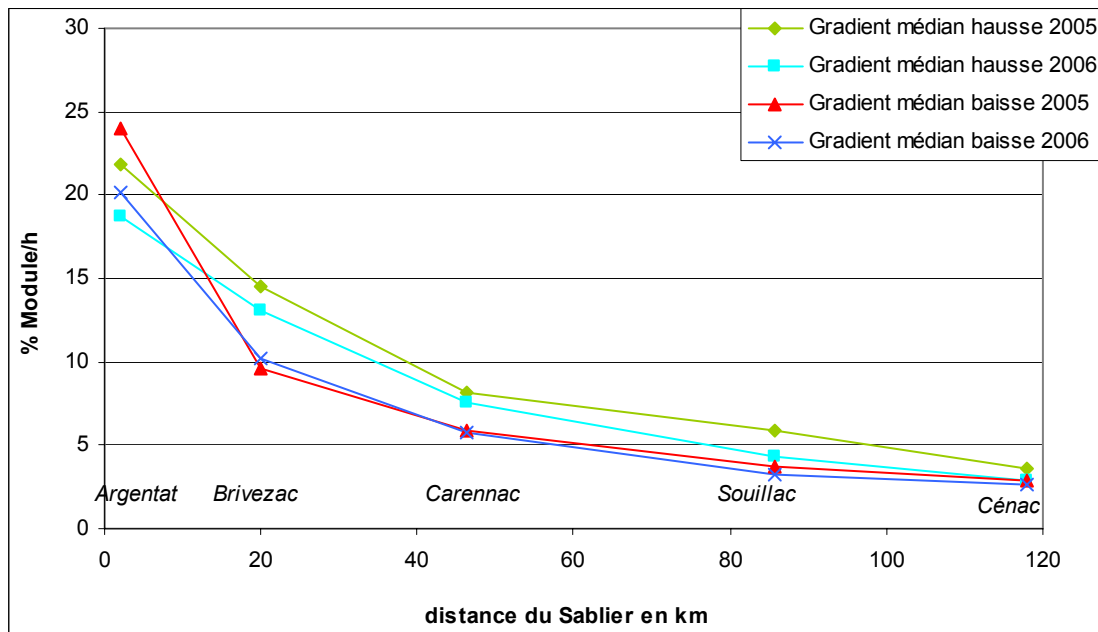


Figure 26: Evolution en fonction de la distance au Sablier du gradient en % du module par heure des variations de débit de la Dordogne en 2005 et 2006.

On constate très nettement sur le tableau 10 et la figure 26, la diminution du gradient des variations de débit du cours d'eau de l'amont vers l'aval (en % du module du cours d'eau par heure, donc relativement à sa taille « en faisant court »).

Concernant les phases de baisse du cours d'eau, ce gradient médian sur une année est de 20-24 % du module à Argentat, de 9-10 % du module à Brivezac, de 4-5 % du module à Carennac, de 3-4 % du module à Souillac et de 2-3 % du module à Cénac.

En hydrologie naturelle et pour des variations de débit comprises entre 50 et 300 m<sup>3</sup>/s, le gradient médian de baisse est de 1 à 3 % du module (revoir tableau 5).

Autrement dit, nous pouvons pratiquement considérer qu'en terme de vitesse de variation uniquement, nous sommes revenus aux alentours de Cénac, sur des valeurs comparables aux variations naturelles.

**Les variations potentiellement impactantes du niveau de l'eau de la Dordogne en aval du Sablier sont en moyenne au nombre de 158 par an pour les montées et de 172 par an pour les descentes.**

**Les variations potentiellement impactantes sont en moyenne par mois au nombre de 17 à 20 montées et 17 à 23 descentes d'octobre à avril, 14 montées et 17 descentes en mai, 7 montées et 9 descentes en juin.**

**La Maronne et la Cère, elles aussi largement aménagées pour la production hydroélectrique et fonctionnant également par éclusées, peuvent générer des variations impactantes supplémentaires sur la Dordogne.**

### **3. Le contexte thermique**

#### **3.1. Introduction**

Le facteur thermique, de par ses implications physiques, physiologiques, biologiques et écologiques sur la faune aquatique et notamment sur les poissons, est déterminant dans le fonctionnement des milieux .

Afin de connaître précisément le régime thermique de la rivière Dordogne, nous disposons de thermographes installés en plusieurs points de l'amont vers l'aval sur l'axe du cours d'eau :

- à Argentat, soit 2 km à l'aval du Sablier (depuis 2000, dans le cadre des suivis de reproduction « grands migrateurs »),
- au Peyriget, situé en amont de Beaulieu, soit 28 km à l'aval du Sablier (depuis 2000, dans le cadre des suivis de reproduction « grands migrateurs »),
- au niveau du pont de Floirac, soit 53 km à l'aval du Sablier (depuis 2000, dans le cadre des suivis de reproduction « grands migrateurs »),
- à Cazoules, soit 90 km à l'aval du Sablier (depuis 2002, dans le cadre des suivis de reproduction « grands migrateurs »),
- à Siorac, soit 150 km à l'aval du Sablier (en 2006, pour les besoins de cette étude),
- à Tuilières, soit 193 km à l'aval du Sablier (depuis 1993, dans le cadre des suivis des stations de contrôle de la migration des poissons).

Dans le cadre de la présente étude et compte tenu de l'enjeu particulier que représente les couasnes de la Dordogne (voir chapitre 3.3), un suivi thermique de ces annexes fluviales a débuté cette année. Des thermographes ont été installés au niveau de :

- la couasne de la Gardelle située en rive gauche de la Dordogne, juste en amont du pont Miret (2 thermographes),
- la couasne de Port-Vieux située en rive gauche de la Dordogne, au niveau du village de Floirac,
- le bras du Coux, situé en aval de Siorac-en-Périgord,
- la couasne de La Banquette, située en amont du Buisson de Cadouin.

Le pas de temps des enregistrements des thermographes est de 2 heures.

### 3.2. Le régime thermique de l'axe Dordogne à l'aval du Sablier

Les eaux turbinées aussi bien à l'usine du Sablier sur la Dordogne, qu'à Hautefage sur la Maronne ou Brugales sur la Cère, sont puisées en profondeur dans les lacs de retenue associés à ces aménagements. Le régime thermique des cours d'eau en aval de ces aménagements est donc fortement influencé par le cycle thermique des lacs de retenue avec les phénomènes de stratification-déstratification qui y prennent place.

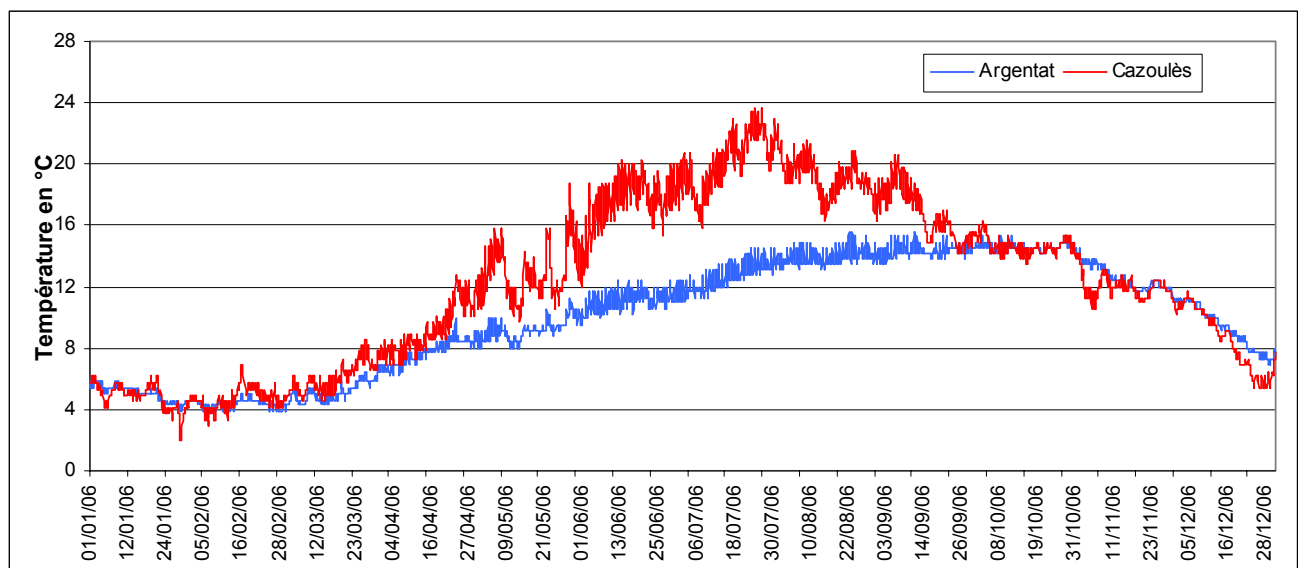


Figure 27 : Cycle thermique de la Dordogne à Argentat et Cazoulès en 2006 (1 mesure toutes les 2 heures)

Les eaux de la Dordogne à Argentat, en provenance des profondeurs de la retenue du Sablier, sont froides. Elles varient en moyenne mensuelle de 4,8 °C en février à 14,7 °C au mois d'août (à titre de comparaison, la Neste d'Aure, à Arreau, à 700 m d'altitude dans les Hautes-Pyrénées, a un cycle thermique variant en moyenne mensuelle de 5,4 °C en décembre-janvier à 15 °C au mois d'août). On constate sur la figure 27, que les températures minimales sont de l'ordre de 4 °C, soit la température à laquelle l'eau présente sa densité maximale (en hiver, ce sont des couches d'eau à 4 °C qui occupent le fond des retenues et qui seront donc turbinées par les groupes des usines). On remarque aussi sur cette même figure les faibles amplitudes



thermiques journalières de l'eau de la Dordogne à Argentat (aux alentours de 1 °C même en été), liée à l'effet tampon de la masse d'eau stockée dans la retenue.

A Cazoulès, les eaux de la Dordogne varient en moyenne mensuelle de 5,1 °C en février à 21,1 °C au mois de juillet. A 90 km à l'aval du Sablier, la température de l'air a le temps d'influencer la température de la masse d'eau. En conséquence, les amplitudes thermiques journalières sont plus importantes, notamment en été. En automne-hiver, lors d'épisodes atmosphériques très froids, la température de l'eau à Cazoulès peut être plus faible qu'à Argentat.

A Tuilières, soit environ 190 km en aval du Sablier, les eaux de la Dordogne varient en moyenne mensuelle de 6,8 °C en janvier à 23,7 °C au mois d'août (tableau 11).

		Argentat (2000-2006)	Beaulieu-Peyriget (2000-2006)	Floirac (2000-2006)	Cazoules (2002-2006)	Siorac (2006)	Tuilières (1993-2006)
janv	Moyenne mensuelle	<b>5.9</b>	<b>5.9</b>	<b>5.8</b>	<b>6.0</b>	<b>7.5</b>	<b>6.8</b>
	Moy. Mens. Mini.	5.0	4.7	4.6	4.9		4.9
	Moy. Mens. Maxi.	7.0	6.9	7.2	6.5		8.7
févr	Moyenne mensuelle	<b>4.8</b>	<b>4.9</b>	<b>5.2</b>	<b>5.1</b>		<b>6.9</b>
	Moy. Mens. Mini.	4.0	4.1	4.0	4.5		5.2
	Moy. Mens. Maxi.	5.9	6.0	6.4	6.0		8.1
mars	Moyenne mensuelle	<b>5.4</b>	<b>5.8</b>	<b>6.7</b>	<b>7.0</b>	<b>8.4</b>	<b>9.1</b>
	Moy. Mens. Mini.	3.9	4.9	4.9	6.0		7.4
	Moy. Mens. Maxi.	6.7	7.1	8.0	8.2		10.9
avr	Moyenne mensuelle	<b>7.5</b>	<b>8.0</b>	<b>9.3</b>	<b>10.0</b>	<b>10.3</b>	<b>12</b>
	Moy. Mens. Mini.	6.2	7.4	8.0	9.0		10.3
	Moy. Mens. Maxi.	8.6	8.9	11.1	12.4		14.9
mai	Moyenne mensuelle	<b>9.6</b>	<b>10.6</b>	<b>12.6</b>	<b>13.6</b>	<b>14.5</b>	<b>15.5</b>
	Moy. Mens. Mini.	9.2	10.0	11.5	12.0		13.6
	Moy. Mens. Maxi.	10.1	11.6	14.6	16.4		18
juin	Moyenne mensuelle	<b>11.8</b>	<b>14.3</b>	<b>17.3</b>	<b>19.1</b>	<b>21.2</b>	<b>20.4</b>
	Moy. Mens. Mini.	11.0	13.1	15.5	17.6		17.3
	Moy. Mens. Maxi.	13.7	15.7	21.0	22.3		26.1
juil	Moyenne mensuelle	<b>13.5</b>	<b>16.1</b>	<b>19.0</b>	<b>21.1</b>	<b>24.1</b>	<b>23</b>
	Moy. Mens. Mini.	12.7	15.2	17.6	20.3		19.6
	Moy. Mens. Maxi.	15.8	17.4	21.3	22.6		26
août	Moyenne mensuelle	<b>14.7</b>	<b>17.1</b>	<b>19.7</b>	<b>20.7</b>	<b>20.6</b>	<b>23.7</b>
	Moy. Mens. Mini.	14.0	16.0	17.8	18.1		22
	Moy. Mens. Maxi.	17.1	18.9	23.1	24.6		25
sept	Moyenne mensuelle	<b>14.5</b>	<b>15.4</b>	<b>16.0</b>	<b>17.0</b>	<b>18.4</b>	<b>18.7</b>
	Moy. Mens. Mini.	14.0	14.7	15.2	16.2		17.3
	Moy. Mens. Maxi.	16.7	16.4	18.1	19.3		21.4
oct	Moyenne mensuelle	<b>13.9</b>	<b>13.9</b>	<b>14.2</b>	<b>14.6</b>	<b>15.2</b>	<b>15</b>
	Moy. Mens. Mini.	13.1	12.7	13.0	14.1		13.1
	Moy. Mens. Maxi.	15.7	15.2	15.4	15.3		16.9
nov	Moyenne mensuelle	<b>11.4</b>	<b>11.2</b>	<b>10.8</b>	<b>11.2</b>	<b>11.8</b>	<b>10.7</b>
	Moy. Mens. Mini.	10.6	10.2	10.3	10.1		9.6
	Moy. Mens. Maxi.	11.7	11.7	11.9	12.0		12.2
déc	Moyenne mensuelle	<b>8.2</b>	<b>8.1</b>	<b>7.8</b>	<b>8.2</b>	<b>8.2</b>	<b>8</b>
	Moy. Mens. Mini.	7.7	7.3	6.7	8.9		6
	Moy. Mens. Maxi.	9.0	8.8	8.5	7.4		9.4

Tableau 11 : Température moyenne mensuelle de la Dordogne d'Argentat à Tuilières (période de calcul pour chaque station)

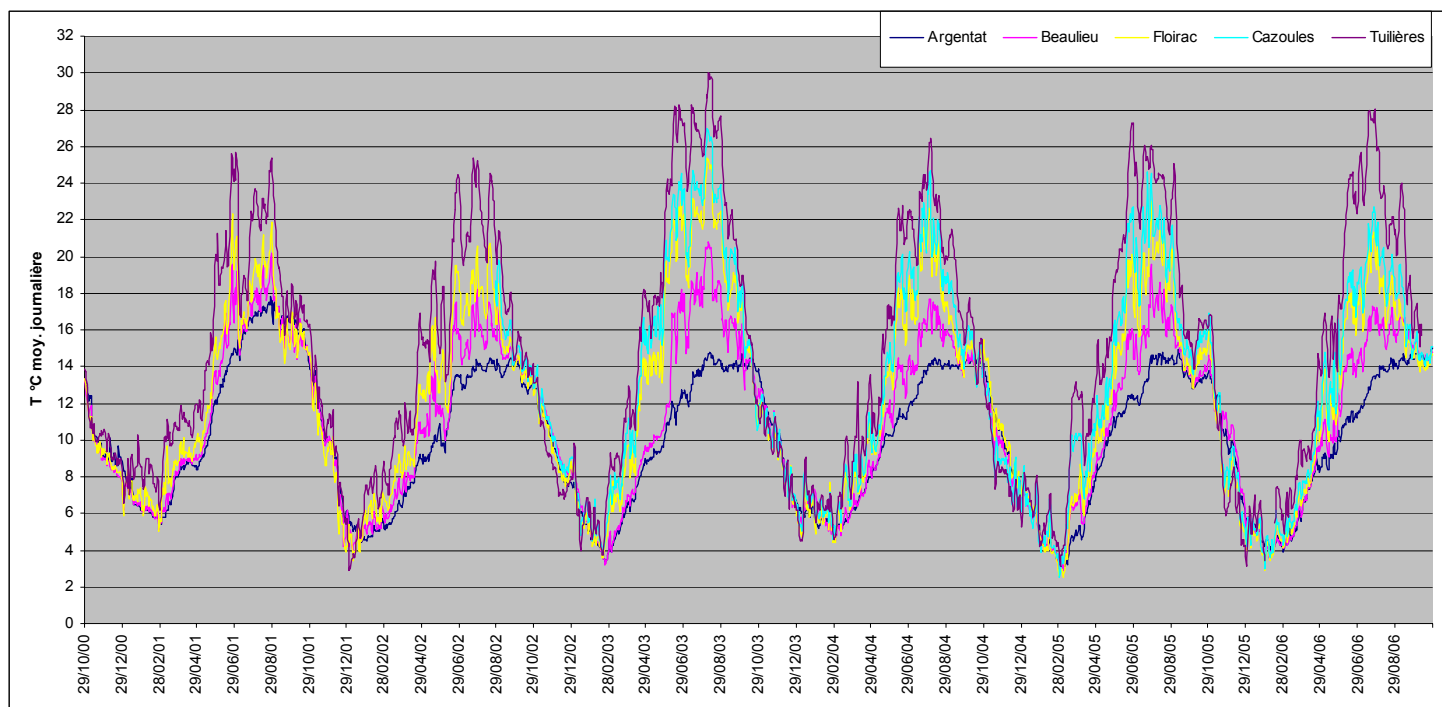


Figure 28: Températures moyennes journalières de la Dordogne d'Argentat à Tuilières depuis 2000

Le gradient thermique amont-aval s'établit à partir de mars avec le réchauffement de l'atmosphère. Il s'estompe rapidement en octobre-novembre avec la reprise des éclusées (homogénéisation des températures de la masse d'eau sur l'ensemble des stations).

On remarquera sur la figure 28, l'effet de la canicule 2003 sur les températures de la Dordogne, non perceptible à Argentat mais très net sur l'ensemble des autres stations (environ 1,5 °C en plus par rapport à la moyenne sur la période juin-septembre à Beaulieu, 2,5 à 3°C en plus à Floirac et Cazoules et 4°C en plus à Tuilières avec notamment un mois de juin extrêmement chaud).

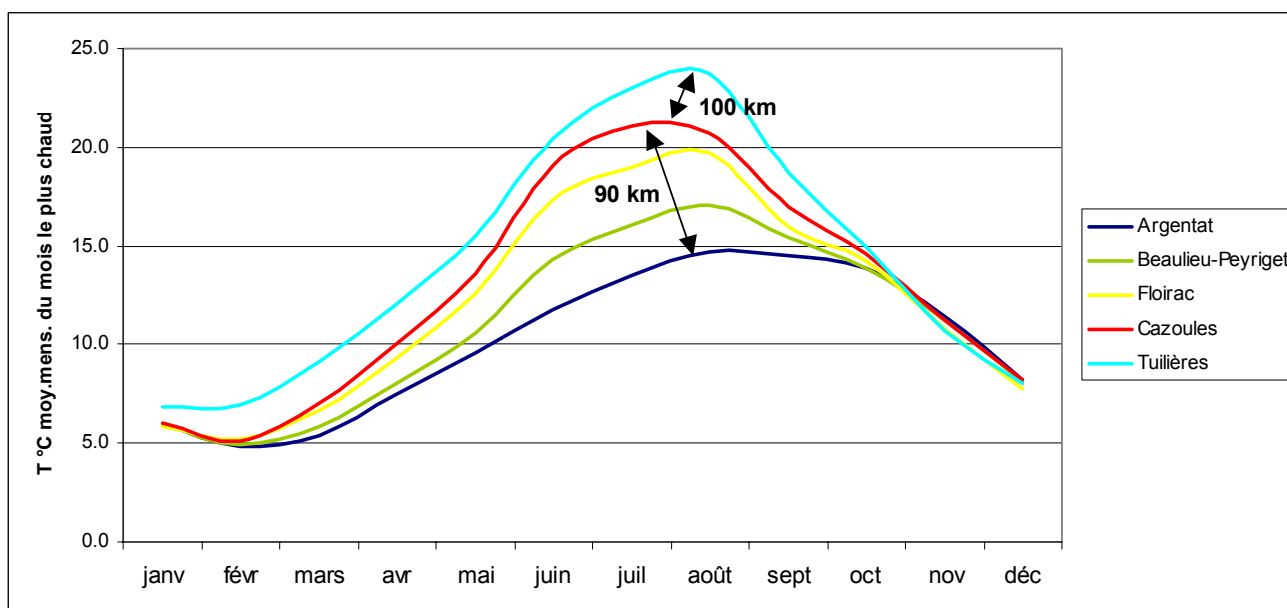


Figure 29 : Régime thermique moyen mensuel de la Dordogne d'Argentat à Tuilières

Sur la figure 29 ci-dessus, on note que le gradient thermique amont-aval n'est pas homogène le long de la Dordogne. Il est d'abord rapide sur 90 km d'Argentat à Cazoules, puis nettement moins rapide sur 100 km entre Cazoules et Tuilières.

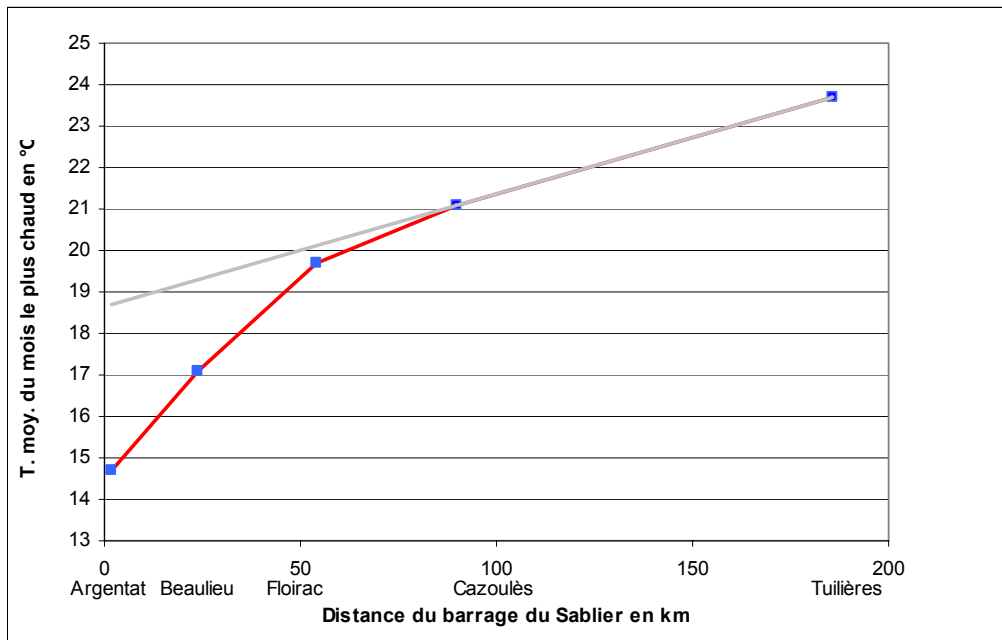


Figure 30 : Températures moyennes du mois le plus chaud le long de la Dordogne

En été, l'eau très fraîche, qui sort des profondeurs des lacs de retenue amont à Argentat, se réchauffe rapidement au contact de l'air (gain de 0,073 °C par kilomètre). Aux alentours de Cazoules, on peut considérer que la température de la masse d'eau est à l'équilibre avec l'air. Le réchauffement vers l'aval est alors environ 3 fois moindre avec un gain de 0,027 °C par kilomètre.

Il est intéressant d'extrapoler ce gradient vers l'amont afin de se faire une idée de la température moyenne de l'eau du mois le plus chaud à Argentat sans l'influence des retenues amont (fig 30). **Cette température serait de l'ordre de 18,7 °C au lieu des 14,7°C observés actuellement**, soit une différence de 4 °C sur la moyenne mensuelle, ce qui est énorme en terme d'implications biologiques et écologiques pour l'hydrosystème.

### 3.3. Approche du régime thermique dans les couasnes de la Dordogne

Les couasnes sont d'anciens bras de la Dordogne abandonnés par le déplacement latéral du lit de la rivière dans sa plaine alluviale. Elles présentent des stades d'évolution variés, peuvent être en communication plus ou moins permanente avec la rivière par l'aval, être connectées plus ou moins fréquemment avec l'axe principal par l'amont et/ou latéralement, être alimentées ou non par des sources karstiques, des résurgences, des bullides ou de petits ruisseaux pérennes ou temporaires, être simples morphologiquement ou plus complexes avec de nombreuses « poches ». Une couasne ressemble donc rarement à une autre couasne, mais à chaque fois, elles apportent de la diversité à l'hydrosystème : diversité hydraulique, diversité physico-chimique, diversité morphologique et donc diversité écologique et biologique.

Le régime thermique de ces couasnes est nettement différent de celui de l'axe principal du cours d'eau. Nous en avons fait une première approche dans cette étude au travers de 4

couasnes. Nous présentons dans ce rapport les premiers résultats pour deux d'entre-elles, les couasnes de La Gardelle et de Port-Vieux dans le département du Lot, les résultats concernant la couasne de La Banquette et du bras du Coux seront détaillés dans un autre document.

### 3.3.1. La couasne de la Gardelle

La couasne de la Gardelle se situe dans le département du Lot en rive gauche de la Dordogne, à l'aval du village de Mézels, sous les falaises de calcaire jurassique du causse de Gramat.

C'est une couasne morphologiquement complexe avec plusieurs bras et poches (seule la poche aval étant actuellement en connexion permanente avec la Dordogne même à l'étiage), alimentés par des résurgences karstiques permanentes pour certaines (en bleu clair), temporaires pour d'autres, et connectés temporairement par l'amont (en rose) à la Dordogne par des chenaux, mis en eau à différents débits.

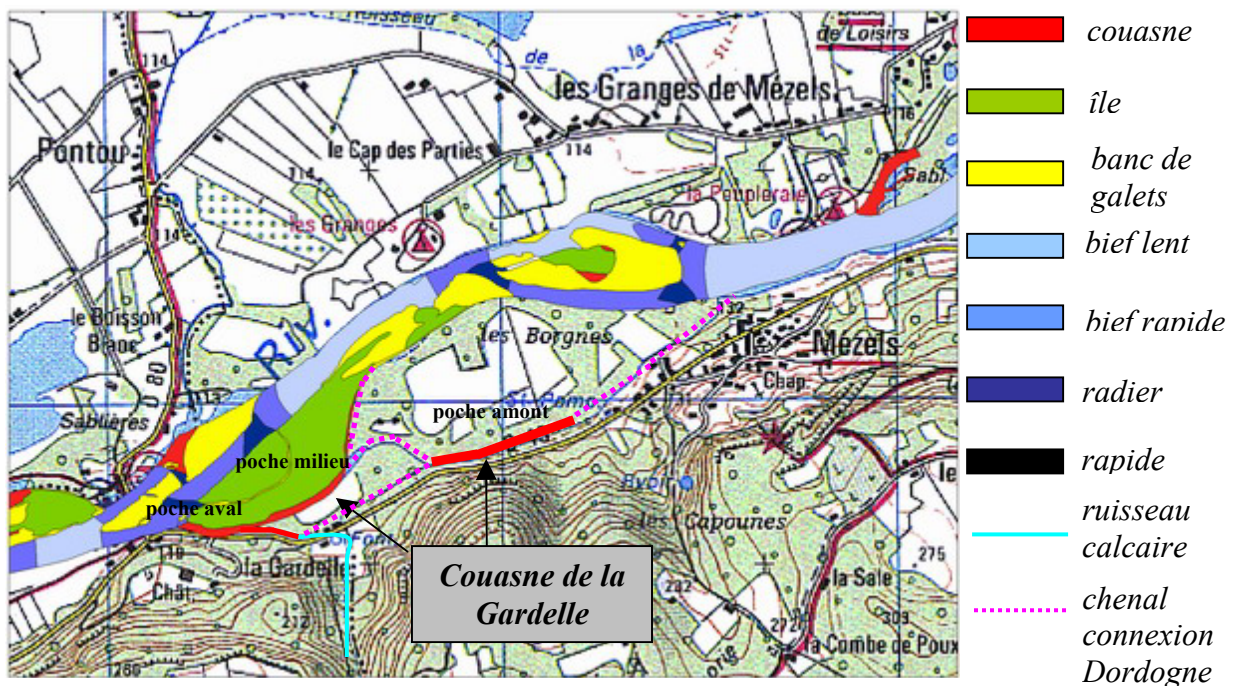


Figure 31: Le site de la couasne de la Gardelle en aval de Carennac (fond cartographique EPIDOR)

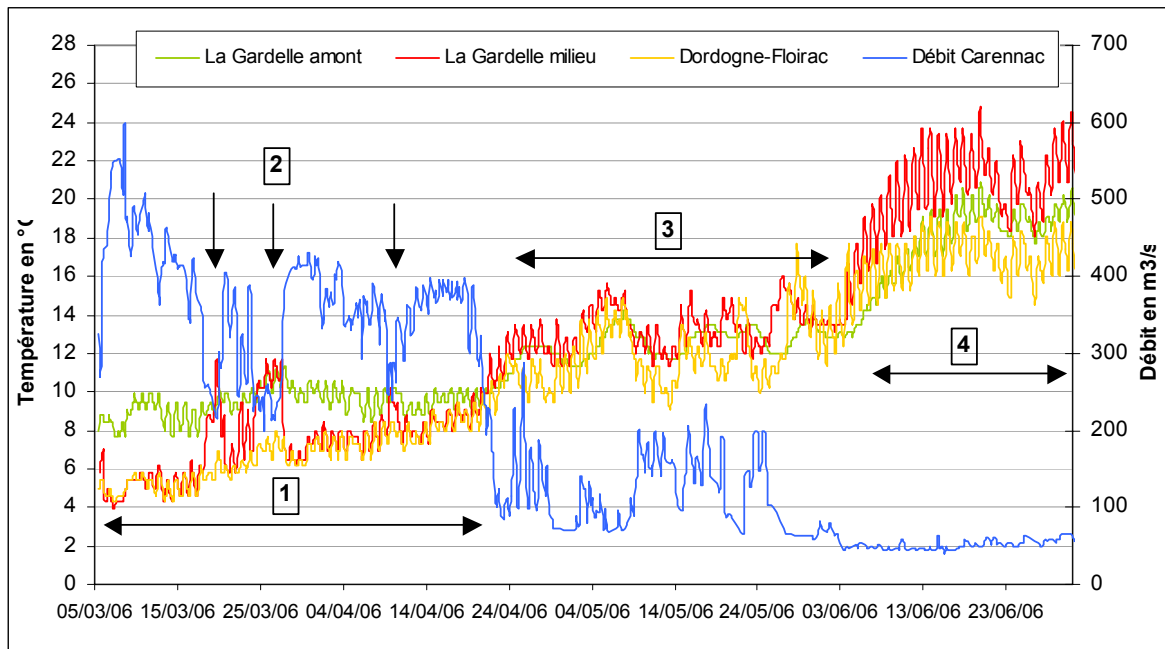


Figure 32 : Evolution de la température de l'eau (pas de temps 2h) dans la couasne de La Gardelle, de la Dordogne au pont de Floirac (Pont Miret) et évolution du débit de la Dordogne à Carennac

1. En mars-avril 2006, en période de forts débits (supérieur à 250 m<sup>3</sup>/s à Carennac mais inférieur à 600 m<sup>3</sup>/s), les poches « milieu » et « aval » de la couasne sont alimentées par l'amont par l'intermédiaire d'un chenal. Les températures de l'eau à ce niveau de la couasne ne sont pas différentes de celles de l'axe Dordogne (5,8°C en mars et 7,8 °C en avril). La poche amont en revanche n'est pas alimentée par l'amont par la Dordogne mais par le débit de nombreuses résurgences calcaires. La température de l'eau dans cette poche amont est de 9,4°C en mars et 9,5 °C en avril soit un delta positif de 3,6°C en mars et 1,7 °C en avril par rapport à l'axe Dordogne. La qualité physico-chimique de l'eau de cette poche amont de la couasne de la Gardelle est aussi nettement différente de celle de la Dordogne. Les éléments dissous et notamment le calcaire y sont beaucoup plus abondants, la conductivité de l'eau y est de l'ordre de 450 µs/cm, contre 125 µs/cm pour l'eau qui arrive de la Dordogne.
2. Lorsque le débit de la Dordogne baisse en dessous de 250 m<sup>3</sup>/s à Carennac, la connexion amont des poches milieu et aval est coupée. Ces poches sont alors alimentées par les résurgences de l'amont et par l'aval par la Dordogne. La température augmente rapidement et converge vers celle de la poche amont. La qualité physico-chimique de l'eau évolue également avec une alimentation en eau calcaire qui devient prépondérante.
3. Fin avril à début juin, la déconnexion amont des poches « milieu » et « aval » est définitive mais les résurgences calcaires continuent de fournir une eau entre 12 et 14 °C. La température moyenne de l'eau de l'axe Dordogne sur cette période est de 12,1 °C, celle de la poche « amont » de la couasne est de 12,6 °C et celle de la poche « milieu » de 13,3 °C, soit un delta thermique en faveur de la couasne de 0,5 à 1,2 °C.
4. Début juin, la plupart des résurgences tarissent. La poche « amont » se transforme en mare ombragée par le milieu forestier dans lequel elle se situe. En juin-juillet, la température moyenne de l'eau de la mare « amont » est de 19,2 °C. Pour des débits de

l'ordre de 45-50 m<sup>3</sup>/s à Carennac, la poche « milieu » se déconnecte complètement de la poche « aval » qui reste alors la seule en communication avec la Dordogne. La poche « milieu » se transforme alors en mare, en milieu ouvert sur une berge. Elle est largement colonisée par les végétaux aquatiques (hydrophytes, héliophytes). La température moyenne de l'eau en juin-juillet y est de 21,4 °C. Sur cette même période, la température moyenne de l'eau de l'axe Dordogne est de 18,1 °C.

### 3.3.2. La couasne de Port Vieux

La couasne de Port-Vieux se situe dans le département du Lot en rive gauche de la Dordogne, sous le piton calcaire du château de Floirac.

Plus simple morphologiquement que la couasne de la Gardelle (1 seule poche), elle n'est pas (ou plus) connectée par l'amont à la Dordogne (hors situation de crue). En revanche des sources calcaires importantes et pérennes l'alimentent via le ruisseau de Caillon (sources du bois de Caillon, source des Brives) et directement sous la falaise calcaire bordant la couasne en rive gauche.

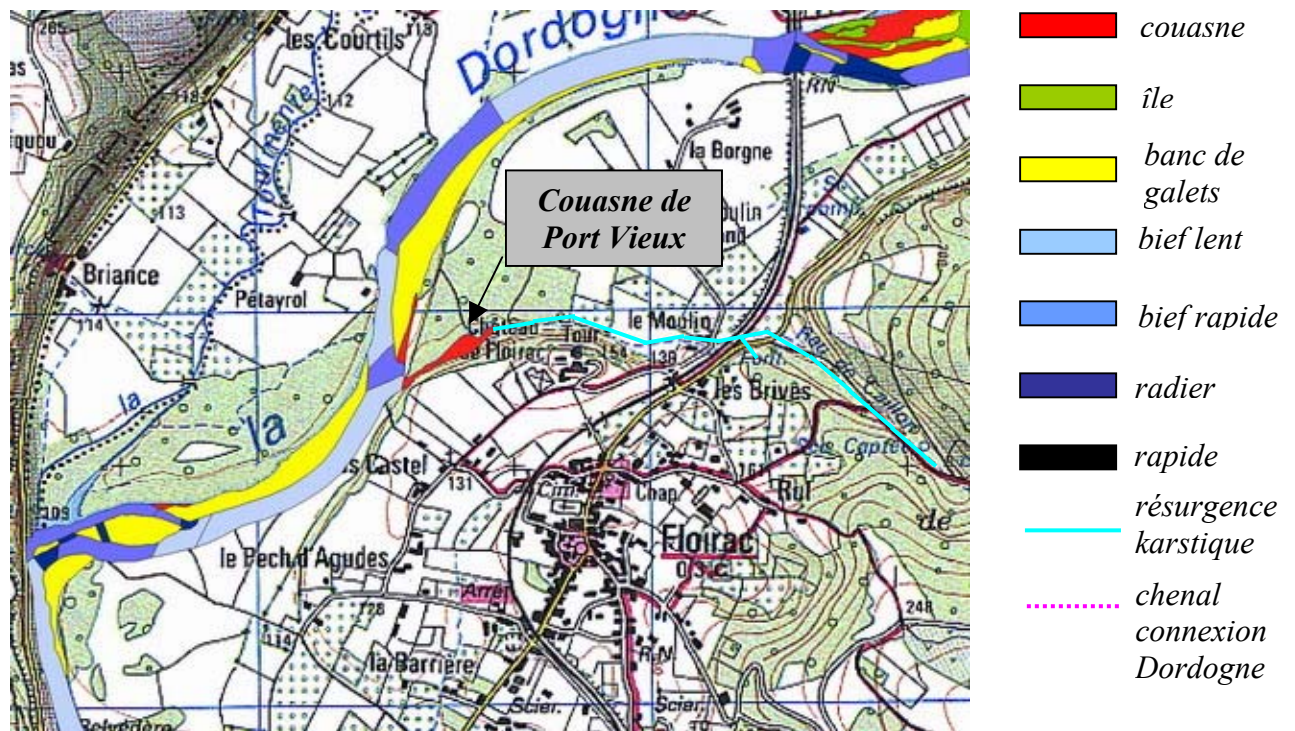


Figure 33 : Le site de la couasne de Port Vieux au niveau de Floirac (fond cartographique EPIDOR)

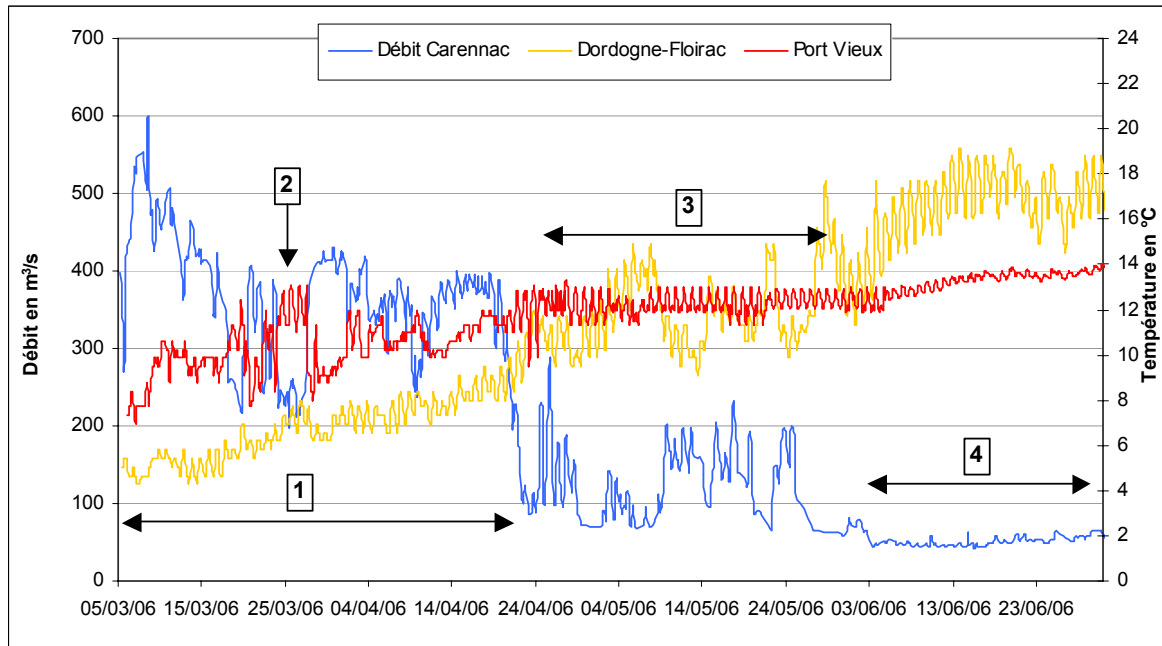


Figure 34 : Evolution de la température de l'eau (pas de temps 2h) dans la couasne de Port-Vieux, de la Dordogne au pont de Floirac (Pont Miret) et évolution du débit de la Dordogne à Carennac

1. En mars-avril, la couasne est alimentée à la fois par l'aval par la Dordogne (et une eau froide à 6,7 °C de température moyenne sur la période) et à l'amont par un important débit provenant des résurgences calcaires (avec une eau aux alentours de 12°C). Il en résulte une température moyenne de l'eau de la couasne de 10,3 °C sur la période soit un gain thermique de 3,6 °C par rapport à l'axe Dordogne.
2. Lorsque le débit baisse en Dordogne, l'alimentation par l'aval en eau froide diminue en volume par rapport à l'alimentation karstique et la température de la couasne tend vers les 12°C.
3. A la fin avril, les débits en Dordogne chutent, l'alimentation de la couasne par l'eau karstique devient prépondérante, la température de l'eau de la couasne fluctue très peu avec une moyenne, de fin avril à début juin, de 12,3 °C. Sur la même période, la Dordogne est quasiment à la même température moyenne (12,1 °C) mais avec de plus grandes fluctuations.
4. A partir de début juin, et pour un débit de 45-50 m³/s à Carennac, la couasne de Port-Vieux se déconnecte par l'aval de la Dordogne. La poche d'eau, de superficie réduite, n'est plus alimentée que par les résurgences calcaires dont le débit a fortement diminué. La température de l'eau de la poche est de 13,7 °C sur la période juin-juillet quasiment sans fluctuations. Dans la Dordogne, la température moyenne de l'eau sur cette même période est de 18,1 °C, soit une couasne 4,5 °C plus fraîche que la Dordogne.

**Comme l'hydrologie, le régime thermique de la Dordogne est fortement influencé par les grands aménagements hydroélectriques de l'amont. Il est considérablement refroidi sur au moins une centaine de kilomètres à l'aval du barrage du Sablier. Comme nous allons le voir plus loin, cela a un effet très important sur la distribution de la faune aquatique en général et des poissons en particulier.**

Dans ce contexte d' « eaux refroidies », les couasnes, avec toutes leurs spécificités (type et côte de connexion à la Dordogne, morphologie, alimentation par des résurgences karstiques, des bullides, des ruisseaux ...) qui conditionnent un régime thermique très différent de celui de l'axe Dordogne, vont être des habitats d'une importance capitale pour la diversité de l'hydrosystème. Elles font notamment la richesse du peuplement piscicole de la Dordogne quercynoise en permettant à un certain nombre d'espèces de pouvoir effectuer leur cycle biologique complet, alors que le contexte thermique trop froid de l'axe principal du cours d'eau ne le leur permettrait pas.

#### 4. Le peuplement piscicole de la Dordogne

Le peuplement piscicole de la Dordogne (36 espèces) a une très grande valeur patrimoniale, non seulement du point de vue des espèces migratrices amphihalines (le bassin abrite les huit espèces recensées sur le territoire national) mais aussi du point de vue des espèces sédentaires, dont 18 font l'objet de textes nationaux ou internationaux visant à préciser leur statut et assurer leur préservation.

FAMILLE	Nom d'espèce	Nom latin	Code
CYPRINIDAE	Ablette	<i>Alburnus alburnus</i>	ABL
	Barbeau fluviatile	<i>Barbus barbus</i>	BAF
	Bouvière	<i>Rhodeus amarus</i>	BOU
	Brème commune	<i>Abramis brama</i>	BRE
	Carpe commune	<i>Cyprinus carpio</i>	CCO
	Chevaine	<i>Leuciscus cephalus</i>	CHE
	Gardon	<i>Rutilus rutilus</i>	GAR
	Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	ROT
	Tanche	<i>Tinca tinca</i>	TAN
	Toxostome	<i>Chondrostoma toxostoma</i>	TOX
	Goujon	<i>Gobio gobio</i>	GOU
	Vairon	<i>Phoxinus phoxinus</i>	VAI
	Vandoise	<i>Leuciscus leuciscus</i>	VAN
BALITORIDAE	Loche franche	<i>Barbatula barbatula</i>	LOF
COTTIDAE	Chabot	<i>Cottus gobio</i>	CHA
PERCIDAE	Perche commune	<i>Perca fluviatilis</i>	PER
	Grémille	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	GRE
	Sandre	<i>Stizostedion lucioperca</i>	SAN
ESOCIDAE	Brochet	<i>Esox lucius</i>	BRO
CENTRARCHIDAE	Perche-soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>	PES
	Black-bass à grande bouche	<i>Micropterus salmoides</i>	BBG
SILURIDAE	Silure glane	<i>Silurus glanis</i>	SIL
ICTALURIDAE	Poisson-chat	<i>Ameiurus melas</i>	PCH
SALMONIDAE	Truite commune	<i>Salmo trutta fario</i>	TRF
	Truite de mer	<i>Salmo trutta trutta</i>	TRM
	Saumon atlantique	<i>Salmo salar</i>	SAT
	Ombre commun	<i>Thymalus thymalus</i>	OBR
CLUPEIDAE	Grande alose	<i>Alosa alosa</i>	ALA
	Alose finte	<i>Alosa ficta</i>	ALF
PETROMYZONTIDAE	Lamproie marine	<i>Petromyzon marinus</i>	LPM
	Lamproie fluviatile	<i>Lampetra fluviatilis</i>	LPF
	Lamproie de planer	<i>Lampetra planeri</i>	LPP
ANGUILLIDAE	Anguille	<i>Anguilla anguilla</i>	ANG
ACIPENSARIDAE	Esturgeon européen	<i>Acipenser sturio</i>	EST
PLEURONECTIDAE	Flet	<i>Platichthys flesus</i>	FLE
MUGILIDAE	Mulet	<i>Mugil cephalus</i>	MUC

Tableau 12: le peuplement piscicole de la Dordogne (liste faunistique)



FAMILLE	Nom d'espèce	Liste Rouge Nationale (Keith et Marion, 2002)	Liste Rouge UICN (2006)	Directive Habitats-faune-flore	Convention de Berne	Arrêté 8/12/1988	Citation aux Sites Natura 2000
COTTIDAE	Chabot		Préoc. mineure	Annexe 2			FR7300898 FR7200660
CYPRINIDAE	Ablette		Préoc. mineure				
	Barbeau fluviatile	Non menacée	Préoc. mineure	Annexe 5			
	Bouvière	Vulnérable		Annexe 2	Annexe 3	oui	FR7200660
	Gardon		Préoc. mineure				
	Goujon		Préoc. mineure				
	Rotengle		Préoc. mineure				
	Tanche		Préoc. mineure				
	Toxostome	Faible risque	Vulnérable	Annexe 2	Annexe 3		FR7300898 FR7200660
	Vandoise					oui	
Vairon		Préoc. mineure					
ESOCIDAE	Brochet	Vulnérable				oui	
PERCIDAE	Grémille		Préoc. mineure				
	Perche		Préoc. mineure				
SILURIDAE	Silure glane		Préoc. mineure		Annexe 3		
SALMONIDAE	Truite commune	Menacée				oui	
	Truite de mer	Vulnérable				oui	
	Saumon atlantique	Menacée d'extinction	Préoc. mineure	Annexes 2 et 5	Annexe 3	oui	FR7401103 FR7300898 FR7200660
	Ombre commun	Vulnérable	Préoc. mineure	Annexe 5	Annexe 3	oui	
CLUPEIDAE	Grande alose	Vulnérable		Annexes 2 et 5	Annexe 3	oui	FR7300898 FR7200660
	Alose finte	Vulnérable		Annexes 2 et 5	Annexe 3	oui	FR7200660
PETROMYZONTIDAE	Lamproie marine	Vulnérable	Préoc. mineure	Annexe 2	Annexe 3	oui	FR7300898 FR7200660
	Lamproie fluviatile	Vulnérable	Quasi menacée	Annexes 2 et 5	Annexe 3	oui	FR7200660
	Lamproie de planer		Quasi menacée	Annexe 2	Annexe 3	oui	FR7200660
ANGUILLIDAE	Anguille	Vulnérable					
ACIPENSERIDAE	Esturgeon européen	Gravement menacée d'extinction		Annexes 2 et 4	Annexe 2	oui	FR7200660

Tableau 13<sup>1</sup> : l'intérêt patrimonial des poissons de la Dordogne

<sup>1</sup> **Directive Habitat-Faune-Flore**

Annexe 2 : Liste des espèces animales et végétales d'Intérêt Communautaire dont la conservation nécessite la désignation de Zones Spéciales de Conservation.

Annexe 4 : Liste des espèces animales et végétales d'Intérêt Communautaire qui nécessite une protection stricte.

Annexe 5 : Liste des espèces animales et végétales d'Intérêt Communautaire dont le prélèvement dans la nature et l'exploitation sont susceptibles de faire l'objet de mesures de gestion.

**Convention de Berne**

Annexe 2 : Liste des espèces de faune strictement protégées.

Annexe 3 : Liste des espèces de faune protégées.

**Arrêté du 8/12/88 portant sur la liste des espèces de poissons protégées sur l'ensemble du territoire national**

#### 4.1. Zonation longitudinale des espèces piscicoles sur la Dordogne - Peuplement piscicole théorique

Il est intéressant de comparer ici le peuplement piscicole théorique de la Dordogne en absence d'aménagements hydroélectriques et le peuplement piscicole réel d'aujourd'hui, plus de 50 ans après la construction des grands barrages.

Cette comparaison s'effectuera sur la base de la biotypologie de **Verneaux (1973)**.

Le peuplement théorique est établi à partir de la méthodologie de **Verneaux et Leynaud (1974)**, faisant intervenir plusieurs paramètres du cours d'eau :

- la largeur moyenne du cours d'eau à l'étiage (m) (données issues de **CEMAGREF, Pustelnik, 1984** et nos propres mesures),
- la pente au niveau du secteur considéré (‰) (SCAN 25, calculs sous SIG),
- la température moyenne du mois le plus chaud (°C) <sup>2</sup>
- la distance à la source (km) (SCAN 25, calculs sous SIG).

Sur la Dordogne, en aval du Sablier et jusqu'à Pessac, nous rencontrons 5 types différents résumés dans le tableau suivant et illustré sur la figure suivante.

lieu	distance à la source (km)	largeur moyenne à l'étiage	pente (‰)	T° moyenne mensuelle du mois le plus chaud (°C)	Type théorique	Espèces centrales <sup>3</sup> attendues
Argentat	141.7	60	1.5	18.7	B6	ombre - loche franche
Beaulieu	167.5	65	0.95	19.3	B7 (limite supérieure)	barbeau - vandoise - chevesne - goujon
Floirac	193	75	1.3	20.1	B7	barbeau - vandoise - chevesne - goujon
Meyronne	208.1	80	1	20.5	B7	barbeau - vandoise - chevesne - goujon
Souillac	225	80	0.5	21	B8 (limite supérieure)	gardon - ablette - bouvière - carpe - brochet - perche - sandre
Vitrac	258	85	0.5	21.9	B8	gardon - ablette - bouvière - carpe - brochet - perche - sandre
Limeuil	301.9	95 -100	0.6	23	B9 (limite supérieure)	tanche - brème - brème bordelière - rotengle - black bass

Tableau 14 : Typologie théorique de la Dordogne en fonction de 4 paramètres connus

<sup>2</sup> Reconstitution à partir de nos propres données thermiques et de celles enregistrées par MIGADO depuis 2000. Les températures moyennes du mois le plus chaud ont été calculées d'après la relation  $Y = 0.0271 X + 18.663$  où Y représente la température moyenne du mois le plus chaud au X ème km depuis le barrage de Sablier, relation établie à partir du gradient thermique non influencé par les retenues entre Cazoules et Tuilières.

<sup>3</sup> Espèce centrale : espèce qui atteint son abondance optimale dans le gradient amont-aval du cours d'eau

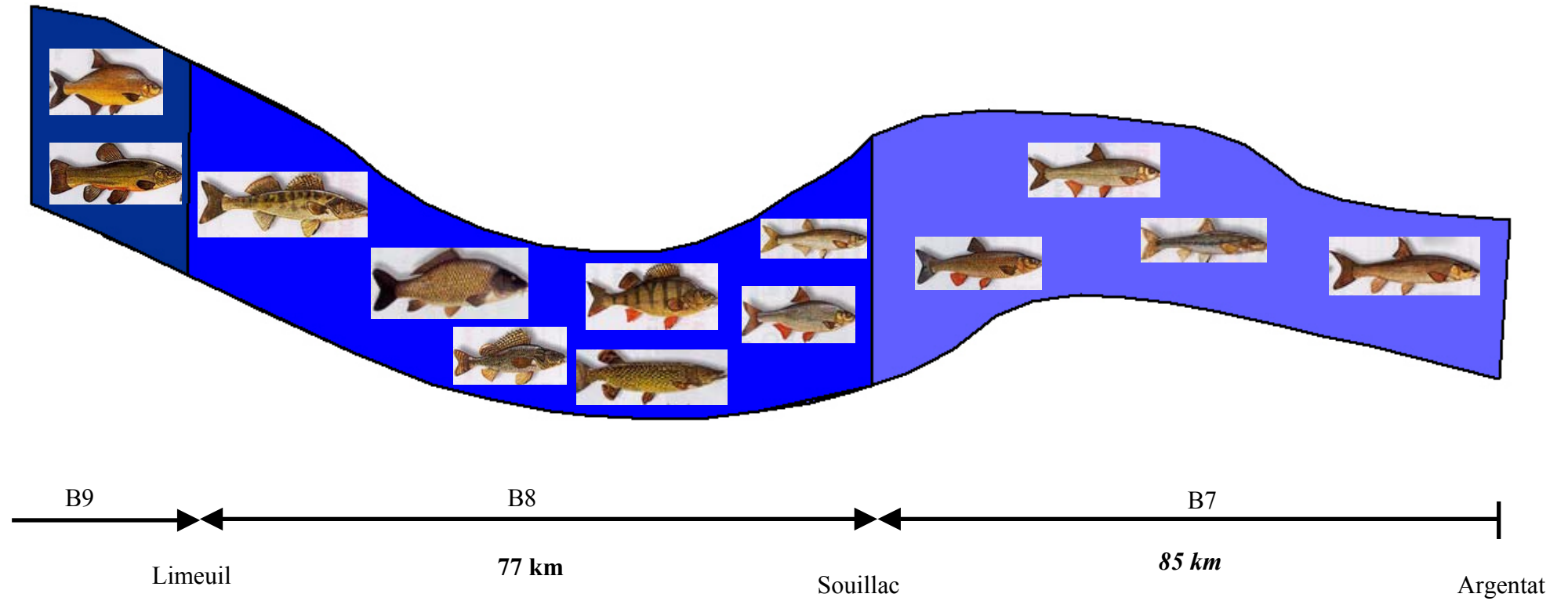
Ainsi d'Argentat à Beaulieu, soit un peu plus de 25 km de cours d'eau, le biotype théorique est le **B6 – rivières fraîches** dont les espèces centrales attendues sont l'ombre commun et la loche franche.

De Beaulieu à Souillac, soit environ 60 km de cours d'eau, le biotype théorique est le **B7 – Cours d'eau de plaine aux eaux plus chaudes** dont les espèces centrales attendues sont les cyprinidés rhéophiles barbeau fluviatile et vandoise mais aussi chevesne et goujon.

De Souillac à Limeuil (environ 75 km), nous avons un biotype théorique **B8 – Grands cours d'eau de plaine** avec comme espèces centrales attendues, les cyprinidés gardon, ablette, bouvière et carpe ainsi que les poissons carnassiers brochet, sandre et perche.

Enfin à partir de Limeuil, le biotype théorique calculé est le **B9 – Grands cours d'eau lents et chauds** avec pour espèces centrales attendues la brème, la brème bordelière, le rotengle et la tanche pour les cyprinidés ainsi que le black-bass pour les carnassiers.

Figure 35 : Biotypologie et espèces centrales théoriques de la Dordogne à partir du barrage du Sablier d'après la méthodologie de Verneaux et Leynaud (1974)



## **4.2. Peuplement piscicole de la Dordogne aujourd'hui**

L'objectif est ici simplement d'appréhender la zonation longitudinale des espèces piscicoles de la Dordogne en aval du barrage du Sablier aujourd'hui.

Pour cela nous avons synthétisé l'ensemble des données piscicoles à notre disposition :

- les annuaires RHP (Réseau Hydrobiologique et Piscicole) de l'ONEMA disponibles sur le serveur IMAGE, provenant de l'échantillonnage sur la période 1994-2004 de 3 stations réparties sur le cours de la Dordogne (station de Prudhomat, département du Lot, située environ 40 km à l'aval du Sablier ; station de La Roque Gageac-Vezac, département de la Dordogne située à environ 125 km à l'aval du Sablier ; station du Fleix, département de la Dordogne, située à environ 230 km à l'aval du barrage du Sablier),
- les pêches électriques de contrôle de la reproduction des grands salmonidés migrateurs et du repeuplement en tacons, réalisées par MIGADO et l'ONEMA, sur les radiers de la Dordogne Corrézienne (période 2003-2005),
- les pêches électriques des couasnes du programme « Espaces Naturels Sensibles » du Conseil Général du Lot, réalisées par la FDAAPPMA du Lot,
- ainsi que nos propres données, notamment les suivis « Echouages-Piégeages » (période 2005-2007).

Ces données étant très hétérogènes du point de vue des protocoles d'échantillonnage mis en oeuvre aussi bien entre producteurs de données qu'à l'intérieur des séries chronologiques, un traitement très simple a été effectué (abondance relative en effectif entre les différentes espèces sur la série chronologique) afin de pouvoir conserver toutes les données.

Les résultats obtenus figurent dans les tableaux ci-dessous.

	Argentat Beaulieu	Prudhommat	Roque Gageac Vézac	Le Fleix
CHA	2	P	P	
TRF	2	P	P	P
SAT	3	P	P	
VAI	3	2	2	P
LOF	3	1	1	1
LPP	1	P		
OBR	2	P		
GOU	2	2	3	2
CHE	1	2	2	3
VAN	2	3	2	3
BAF	1	1	3	1
TOX		P	P	P
PER	P	1	P	P
BRO	P	P	P	P
BOU			P	P
GAR		3	2	2
CCO				P
GRE		1	P	1
ABL	P	1	2	3
SAN		P	P	P
PES	P	1	P	1
TAN		P	P	1
BRE		1	P	2
BRB		P		1
ROT		P		P
PCH			P	P
CAS				1
SIL				1
BBG				P
FLE				P
ANG	P	1	1	2
ALA				P
LPM	1		P	P

Tableau 15 : Zonation longitudinale actuelle du peuplement de poissons de la Dordogne ( P : l'espèce est présente mais représente moins de 1 % des effectifs échantillonnés, 1 : l'espèce est présente et représente de 1 à 5 % des effectifs échantillonnés, 2 : l'espèce est présente et représente de 5 à 15 % des effectifs échantillonnés, 3 : l'espèce est présente et représente plus de 15 % des effectifs échantillonnés.

La Dordogne corrèzienne avec ses truites, ombres, chabots, vairons et loches présente un peuplement piscicole plutôt de type **B4-B5 (rivières froides)**, donc plus apical que celui attendu. L'eau froide de fond de retenue restituée par les aménagements hydroélectriques explique cette situation.

On notera ici l'abondance des tacons dans les données présentées. Ceci s'explique essentiellement par les repeuplements effectués par MIGADO dans le cadre du plan « Saumon » et par le fait que nous utilisons aussi pour appréhender le peuplement piscicole de la Dordogne les pêches de contrôle de MIGADO qui ciblent, lors de l'échantillonnage, les habitats des tacons.

La Dordogne quercynoise et une grande partie de la Dordogne périgourdine, avec un peuplement où dominant les goujons, les barbeaux, les vandoises et les chevesnes est plutôt de **type B7**.

La station RHP de Prudhommat, située en partie sur un ancien site d'extraction de granulats, et dont l'hydrodynamisme est perturbé à l'amont par le seuil de prise d'eau du bras de Tauriac, est artificiellement profonde par rapport au reste de la Dordogne quercynoise. Ces caractéristiques physiques expliquent certainement l'abondance du gardon sur ce site et la relative faible abondance du barbeau.

Au Fleix, les goujons et les chevesnes restent abondants ainsi que les gardons et les ablettes. Les vandoises sont toujours très présentes mais les brèmes font aussi leur apparition en grand nombre. Le silure et la tanche sont bien présents. Le peuplement piscicole est mixte de **type B8-B9**.

Au final, par rapport à la typologie théorique que l'on a pu définir pour la Dordogne en aval du Sablier, le peuplement piscicole d'aujourd'hui illustre clairement le refroidissement global du régime thermique du cours d'eau, lié aux aménagements hydroélectriques. Ainsi, on voit réapparaître en aval d'Argentat un peuplement de type B4-B5 qui naturellement se situerait nettement en amont sur l'axe Dordogne. Il s'en suit un décalage des biotypes vers l'aval par rapport au modèle théorique avec notamment un peuplement piscicole de type B7 nettement plus étendu vers l'aval qu'attendu.

Ces résultats sur les peuplements piscicoles concernent l'axe principal de la Dordogne et le gradient amont-aval.

Les pêches électriques des couasnes du programme « Espaces Naturels Sensibles » du Conseil Général du Lot, réalisées par la FDAAPPMA du Lot (avec la participation gracieuse d'ECOGEA dans la mesure de ses possibilités), permettent d'illustrer un autre aspect fondamental du fonctionnement du peuplement piscicole de la Dordogne : la diversité et la complémentarité des habitats latéraux par rapport à l'axe de la rivière.

Les couasnes pêchées en août et septembre 2006 sont : la couasne d'Emballières (en face de Liourdres), la couasne de Cabrette (en amont de Carennac), la couasne de la Gardelle (en aval de Mézel), la couasne d'Entilly (en aval de Gluges), la couasne de Lanzac (en amont de Souillac) et la couasne de Gimel (en aval de Souillac).

Sur la figure ci-dessous est représentée l'abondance relative des espèces échantillonnées sur l'axe de la Dordogne quercynoise (biotype B7 représenté par les stations RHP de Prudhommat et La Roque Gageac-Vézac) et dans les couasnes lotoises.

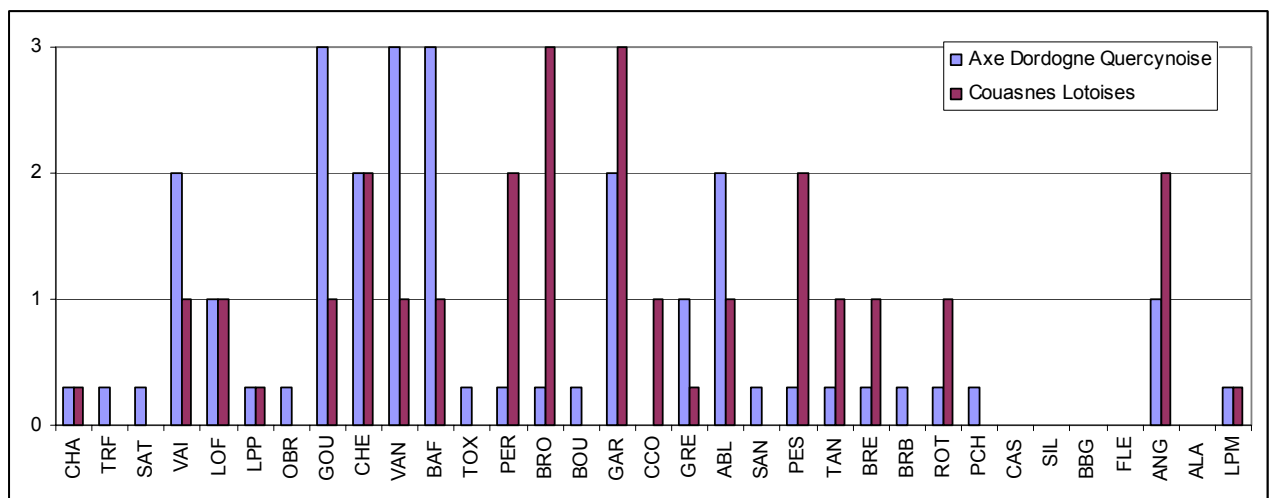


Figure 36: Abondance relative des espèces échantillonnées sur l'axe de la Dordogne quercynoise (biotype B7) et dans les couasnes lotoises (0,3 : l'espèce est présente mais représente moins de 1 % des effectifs échantillonnés, 1 : l'espèce est présente et représente de 1 à 5 % des effectifs échantillonnés, 2 : l'espèce est présente et représente de 5 à 15 % des effectifs échantillonnés, 3 : l'espèce est présente et représente plus de 15 % des effectifs échantillonnés).

La différence de peuplement piscicole entre l'axe principal de la Dordogne et ses annexes latérales est très nette. Le chenal principal abrite principalement le groupement de cyprinidés rhéophiles et lithophiles autour du barbeau et les couasnes abritent les espèces affectionnant les milieux plus calme et/ou les espèces phytophiles avec notamment le brochet, la perche, mais aussi les gardons, les tanches, les carpes, les brêmes et les rotengles.

On remarquera aussi **la forte présence de l'anguille** dans les couasnes échantillonnées.

Les couasnes lotoises de la Dordogne sont fréquemment alimentées par des résurgences calcaires (La Gardelle, Port-Vieux et Lanzac par exemple) qui déterminent dans le périmètre de la couasne des habitats lotiques (et à température très stable autour de 12-14°C). Ces habitats peuvent abriter des espèces rhéophiles telle que le vairon, le goujon, la loche franche voire le chabot.

Comme nous l'avons déjà mentionné dans le chapitre thermie, les annexes latérales de la Dordogne (les couasnes), avec toutes leurs spécificités (type et côte de connexion à la Dordogne, morphologie, régime thermique), sont des habitats d'une importance capitale pour la diversité et la richesse piscicole du cours d'eau.

**En résumé les grandes caractéristiques du peuplement piscicole de la Dordogne sont :**

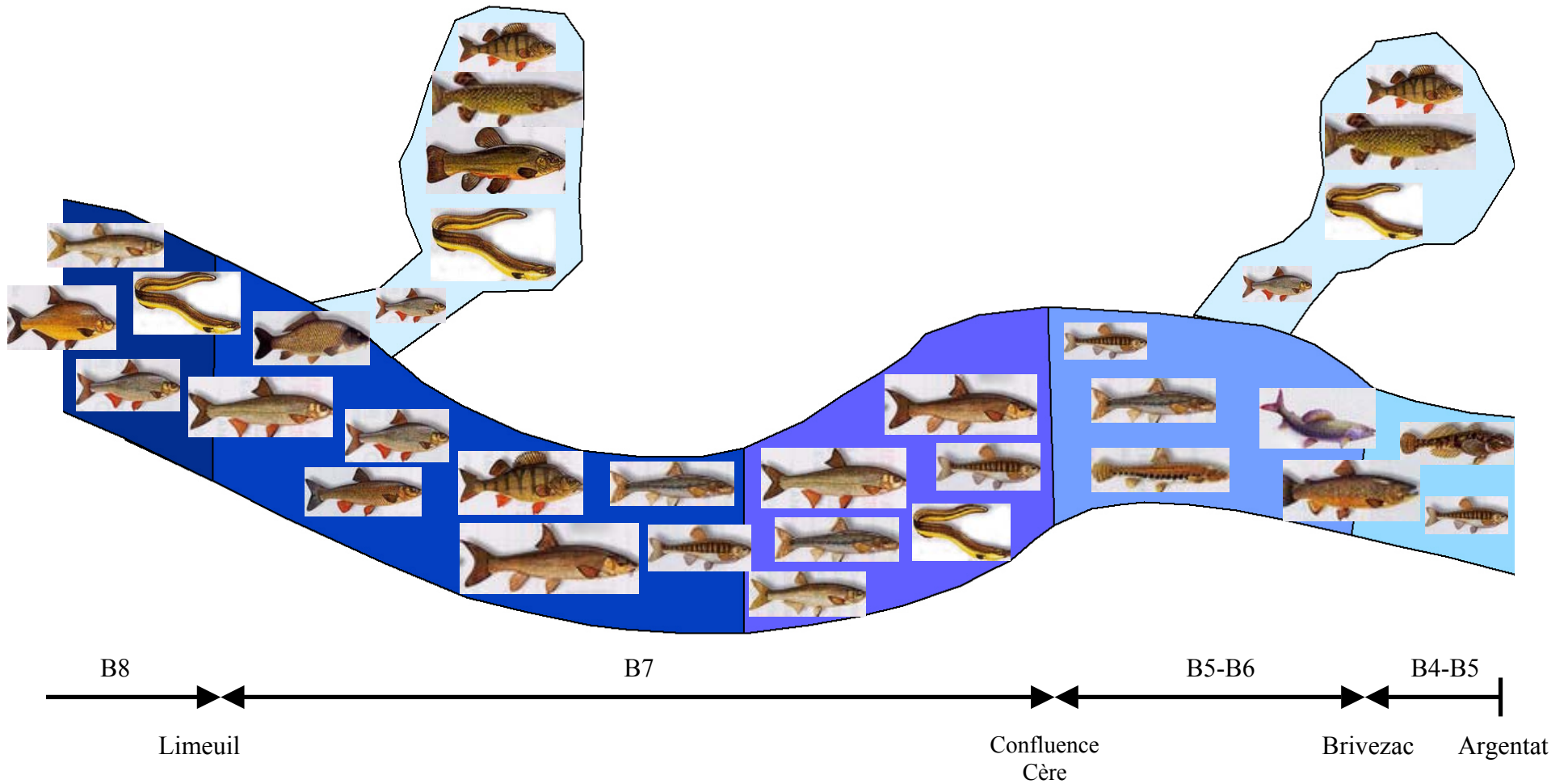
**1/ longitudinalement, un décalage typologique avec la réapparition d'espèces d'eaux froides en aval des grandes chaînes d'aménagements hydroélectriques,**

**2/ latéralement, une zonation d'autant plus marquée que l'on se trouve proche des grandes retenues (et donc de la source d'eau froide), entre les espèces rhéophiles et essentiellement lithophiles du chenal principal et les espèces lénitophiles, plutôt phytophiles et thermophiles des annexes latérales.**

**Au final, le peuplement piscicole de la Dordogne présente donc une diversité des espèces et des cycles de vie remarquables.**



Figure 37: Espèces dominantes recensées d'après la synthèse des annuaires de pêches de l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques, les pêches des Espaces Naturels Sensibles du département du Lot, les pêches de contrôle de la reproduction naturelle et du plan d'alevinage en saumons de l'association MIGADO



## 5. Le contexte hydro-morphologique

Les grands aménagements hydroélectriques de la Dordogne et de ses affluents en amont d'Argentat ont également des conséquences sur l'évolution morphologique du cours d'eau.

Nous retiendrons ici simplement trois effets de ces équipements qui ont une influence sur l'évolution de « l'écosystème Dordogne » en aval d'Argentat : le blocage du transit solide dans les grandes retenues, l'écrêtement des crues et parallèlement l'augmentation de la fréquence des forts débits en aval du Sablier (et de HautePAGE sur la Maronne).

Le blocage du transit solide dans les retenues et l'augmentation de la fréquence des forts débits en aval des usines fonctionnant en éclusées conduit à une raréfaction et une redistribution des classes granulométriques graviers et petits galets, qui sont entraînées vers l'aval et déposées sur les bords du cours d'eau et/ou derrière des abris hydrauliques. Ces classes granulométriques sont celles qui sont utilisées pour la fraie par les poissons lithophiles (saumon, truite, ombre, barbeau, ...). Outre le fait que ces graviers et petits galets manquent complètement sur des linéaires importants en aval des usines, les espèces lithophiles vont donc venir, lorsqu'elles retrouvent ces substrats, se reproduire sur les bords de la rivière, dans des zones fortement sensibles à l'exondation liée aux fluctuations des niveaux d'eau générées par les éclusées. Ainsi, les saumons et les truites se reproduisent, sur la Dordogne corrézienne, pour l'essentiel à moins de 5 m du bord !

L'écrêtement des crues (revoir figure 10) favorise la dynamique de développement des boisements riverains du cours d'eau. On a ainsi, sur les bords de la Dordogne, le développement de bois durs (des charmes) très près du lit mineur de la rivière. Ces bois de charmes sont si proches du cours d'eau que lors des éclusées, l'eau passe à l'intérieur de ces cordons d'arbres et y creuse des chenaux. Lorsque les débits sont importants dans l'axe principal de la Dordogne, les alevins de salmonidés fraîchement émergés des graviers et les alevins et juvéniles de nombreuses espèces viennent trouver refuge dans ces chenaux ... et s'y font piéger à la prochaine baisse des débits !

Compte-tenu de ce contexte hydro-morphologique, nous avons envisagé les types de situations qui pouvaient être problématiques pour l'accomplissement du cycle biologique des principales espèces du peuplement piscicole de la Dordogne.

Les fluctuations du niveau d'eau de la Dordogne, liées à la gestion par éclusées, peuvent engendrer des problèmes essentiellement au niveau de 4 types de sites :

- les cordons ou chenaux dans la forêt alluviale, qui lors des forts débits servent de refuges aux jeunes stades des espèces rhéophiles (TRF, SAT, VAI<sup>4</sup> ...) et qui lors des baisses de niveau vont se transformer en pièges,

---

<sup>4</sup> Voir liste des abréviations en annexes



Photos 1 et 2 : un cordon d'arbre à Rodanges en Corrèze à 50 m<sup>3</sup>/s (en haut) et à 300 m<sup>3</sup>/s (en bas).

- les grandes plages et bancs de galets en pente douce, habitat des petites espèces (CHA, LOF, VAI ...), habitat des alevins et juvéniles d'espèces de plus grande taille (BAF, CHE, VAN, TOX ...) et susceptibles d'abriter les pontes des espèces lithophiles. Sur ces plages, de grandes surfaces se retrouvent exondées pour de petites fluctuations de la ligne d'eau provoquant en fonction de l'époque assèchements des nids, échouages des jeunes stades, voir des adultes.



Photos 3 et 4: une plage de galets en pente douce à 370 m<sup>3</sup>/s (en haut) et à 40 m<sup>3</sup>/s (en bas), à Blanzaguet dans le Lot.

- les bras secondaires et les chenaux d'alimentation amont des couasnes, très prisés pour la reproduction par les espèces lithophiles ou encore comme habitat des espèces rhéophiles et notamment des jeunes stades en période de fortes eaux. En fonction de la cote de leur connexion amont au cours principal et du régime hydrologique de la Dordogne, ces bras sont soit alternativement connectés puis déconnectés du cours principal, se comportant alors à chaque alternance comme des pièges à poissons, soit simplement déconnectés en fin de période d'éclusée (début de l'été – passage rapide à des bas débits pour toute la période estivale), piégeant définitivement tous les poissons qui y avaient élu domicile.



Photos 5 et 6 : chenal secondaire de Pinsac dans le Lot à 110 m<sup>3</sup>/s (en haut) et à 60 m<sup>3</sup>/s (en bas).



Photo 7 : chenal d'alimentation amont de la couasne de La Boulmène en Dordogne

- Les couasnes de Dordogne ont un rôle capital pour le peuplement de poissons du fleuve. Elles sont vitales pour le maintien des populations de poissons d'eaux calmes, servent de refuge à l'ensemble de la faune piscicole en période de crues et sont le lieu de reproduction privilégié des poissons phytophiles comme par exemple le brochet.



Photos 8 et 9 : Couasne de Port Vieux dans le Lot à 180 m<sup>3</sup>/s (en haut) et à 35 m<sup>3</sup>/s (en bas). – un habitat favorable à la reproduction du brochet

Dans un contexte d'eau refroidie par le stockage dans de grandes retenues hydroélectriques et en fonction de leur localisation dans le gradient amont-aval de la Dordogne, certaines espèces ne rencontrent que dans ces couasnes les conditions de milieu nécessaires à leur reproduction. Au printemps, leur réchauffement précoce par rapport à la pleine eau augmente leur productivité et les bras morts nourrissent alors les bancs d'alevins de l'année des espèces limnophiles.

Les fluctuations de niveau dans les couasnes peuvent entraîner des assèchements de pontes (ou de larves fixées de brochet) et en fonction de leur topographie des pièges de poissons dans des flaques annexes.

Compte-tenu de la modification du contexte hydro-morphologique de la Dordogne, 4 types de situations nous semblent pouvoir être problématiques pour l'accomplissement du cycle biologique des principales espèces du peuplement piscicole de la Dordogne, en relation avec la gestion par éclusées :

- 1/ les chenaux dans les boisements riverains (« cordons »),
- 2/ les bancs de galets,
- 3/ les bras secondaires et bras d'alimentation des couasnes,
- 4/ les couasnes elles-mêmes.

## 6. Les constats biologiques et les solutions envisageables

### 6.1. En régime d'éclusées « classiques »

#### 6.1.1. La fraie des truites et des saumons (rappel)

La période principale de reproduction de la truite commune et du saumon se situe sur la Dordogne « amont » (d'Argentat à la confluence de la Cère) entre la mi-novembre et la fin décembre (E.CO.G.E.A. pour M.I.G.A.DO., 2000 à 2006). Les œufs puis les alevins restent sous les graviers jusqu'à fin avril-début mai pour les truites et jusqu'à la mi-mai pour les saumons (E.CO.G.E.A., 2008a à paraître).

Les suivis « reproduction des grands salmonidés » effectués depuis l'automne-hiver 1999-2000 (E.CO.G.E.A. pour M.I.G.A.DO., 2000 à 2006) ont permis de comptabiliser 84 frayères de salmonidés mises à sec par les fluctuations de niveau sur la Dordogne et 55 frayères sur la Maronne.



Photo 10 : nid de salmonidés à sec sur la Dordogne



Photo 11 : œufs de salmonidés à sec

Les truites et les saumons utilisent pour leur reproduction des graviers et galets, dans lesquels ils enfouissent et protègent leurs œufs. Cette frange granulométrique est nettement déficitaire sur la Dordogne Corrèzienne en raison du blocage du transit solide dans les grandes retenues hydroélectriques. De plus, les forts débits turbinés entraînent cette granulométrie et la redistribuent dans les zones protégées du courant principal, donc près des bords, à l'aval des virages et dans les secteurs d'îlots. La plupart des frayères sont donc creusées près du bord de la rivière (en moyenne à 4.37 m du bord) et sont ensuite sensibles au phénomène d'exondation.

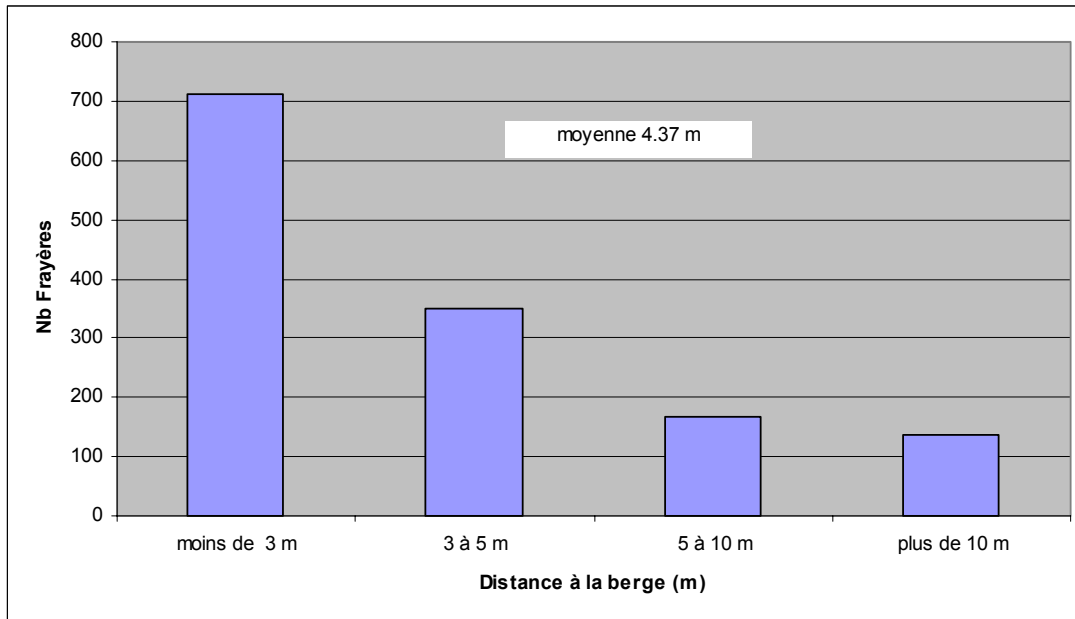


Figure 38 : distance par rapport à la berge des frayères de grands salmonidés

La problématique d'exondation des frayères de salmonidés est clairement une problématique de débit minimum à maintenir dans la rivière, pendant toute la phase de ponte, d'incubation et de vie sous graviers des alevins de salmonidés, soit de la mi-novembre à la mi-mai, afin de ne pas découvrir les plages granulométriques utilisées par ces poissons pour leur reproduction.

EDF, d'abord par convention avec les gestionnaires du milieu aquatique, puis dans le cadre du « défi éclusées » a accepté de maintenir un débit minimum de 30 m<sup>3</sup>/s (soit 30 % du module) à l'aval de l'usine du Sablier à Argentat et 4-5 m<sup>3</sup>/s (20 % du module) à l'aval de l'usine de Hautefage sur la Maronne (correspondant à la marche à vide d'un groupe), sur la période mi-novembre-mi-juin.

Cette mesure s'est montrée efficace puisqu'elle permet de maintenir en eau 95 à 98 % des frayères de salmonidés en Dordogne et Maronne contre seulement 70 % sans cette mesure (E.CO.G.E.A. pour M.I.G.A.DO, 2004).

Sur les derniers sites importants de reproduction des salmonidés, qui ne pouvaient être sauvegardés par le débit minimum de 30 m<sup>3</sup>/s, une modélisation hydraulique du site (Courret *et al*, 2006) et des travaux de régalinge ciblés ont le plus souvent permis d'améliorer nettement la situation, tout en maintenant la fonctionnalité du site.





Photo 12 : site de fraie de salmonidés à 32 m<sup>3</sup>/s en 2002 avant travaux



Photo 13 : le même site à 32 m<sup>3</sup>/s en 2005 après travaux

### **6.1.2. La reproduction des poissons lithophiles autres que les salmonidés**

Les poissons lithophiles sont des poissons qui, à l'instar des salmonidés, utilisent les graviers et galets situés dans des veines de courant assez rapides et peu profondes pour leur reproduction. Les vandoises dispersent simplement leurs œufs collants à la surface des galets en mars-avril sur la Dordogne. Les ombres enfouissent superficiellement leurs œufs dans des graviers et petits galets (taille granulométrie 1-4 cm) en avril, tout comme les barbeaux un peu plus tard, en mi avril-mai. Les chabots collent leurs œufs sous des gros galets et petits blocs (au plafond !) au mois d'avril sur la Dordogne. Enfin, les vairons pondent dans les graviers d'avril à juin en fonction de leur position dans le gradient amont-aval du cours d'eau (voir rapport **E.CO.G.E.A., 2008a** à paraître).

Comme pour les salmonidés, les frayères de ces espèces sont menacées par les fluctuations des niveaux d'eau sur le cours d'eau.

Au cours de nos prospections, nous avons de nombreuses fois constaté la mise en assec de certaines frayères de ces espèces, sur la Dordogne, la Maronne et la Cère. Mais, contrairement aux frayères de grands salmonidés qui sont de grandes dimensions (plus de 1 m de long), la quantification du nombre de nids exondés pour ces espèces est impossible de façon exhaustive.

La problématique d'exondation des frayères de ces espèces lithophiles est, comme pour la truite et le saumon, une problématique de débit minimum à maintenir dans la rivière, pendant toute la phase de ponte, d'incubation, de vie sous graviers ou d'éclosion des alevins, soit d'avril à fin juin, afin de ne pas découvrir les plages granulométriques utilisées par ces poissons pour leur reproduction.



Photo 14 : Pontes de vandoise exondées à la confluence Dordogne Maronne, le 9 avril 2006



Photo 15 : Ponte de chabot exondée (et géniteur) à la confluence Dordogne Maronne, le 29 avril 2006 (le gros galet a été retourné pour la photo)



Photo 16 : Nids d'ombre exondés à Recoudier, le 21 avril 2006



Photo 17 : Oeufs d'ombre à sec à Recoudier, le 21 avril 2006

Les études menées afin de cerner précisément ces débits (Courret *et al*, 2006 ; E.CO.G.E.A, 2008b à paraître) aboutissent à des valeurs de 30 à 50 m<sup>3</sup>/s en aval de la confluence de la Maronne et de 80 m<sup>3</sup>/s en aval de la confluence de la Cère et de la Bave (seuil en dessous duquel on commence à découvrir d'importantes surfaces de galets par m<sup>3</sup>/s en moins – voir figure ci-dessous).

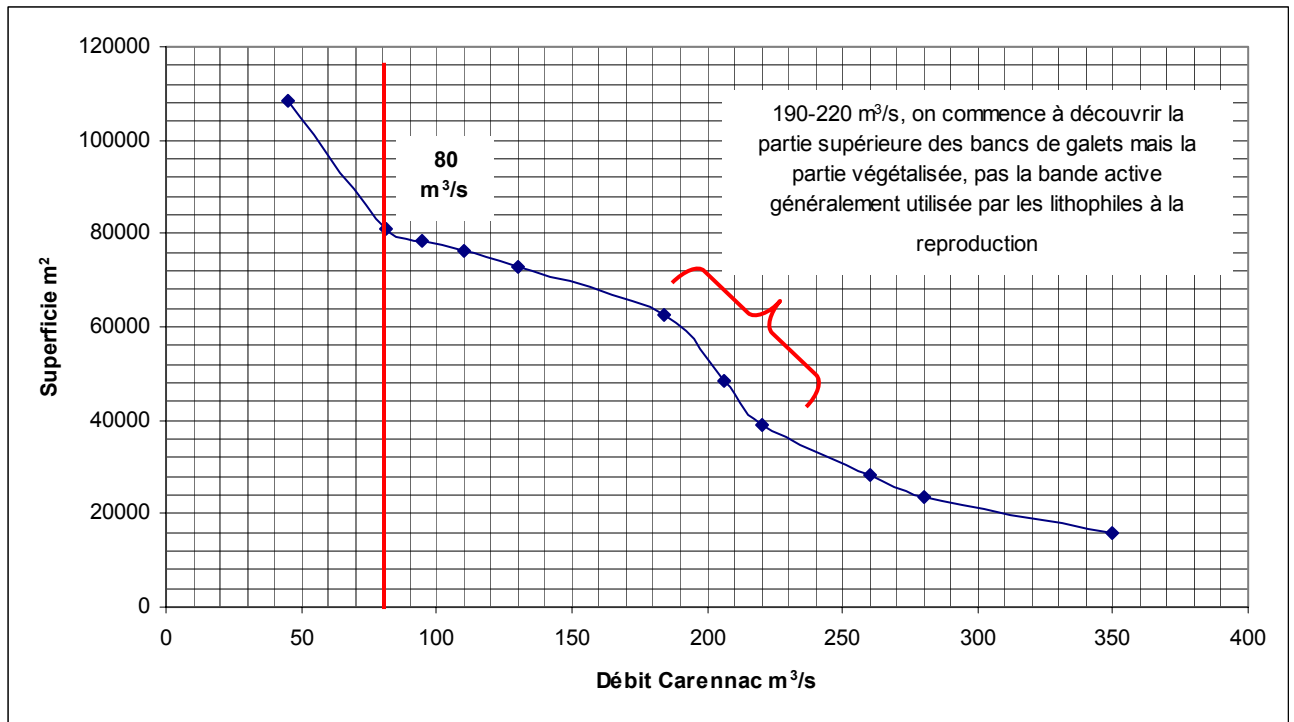


Figure 39 : évolution de la surface de galets découverte en fonction du débit pour 7 grands bancs de galets de la Dordogne quercynoise

### 6.1.3. Les échouages-piégeages

#### 6.1.3.1. Sur la Dordogne corrézienne

Sur la Dordogne corrézienne, les suivis effectués depuis 2005, ont permis de récolter plus de 4750 poissonnets échoués-piégés, appartenant à 13 espèces, en 27 éclusées suivies à la période printanière (330-55 m³/s pour la plus forte et 130-55 m³/s pour la moins forte en aval de la Maronne), sur une quinzaine de sites.

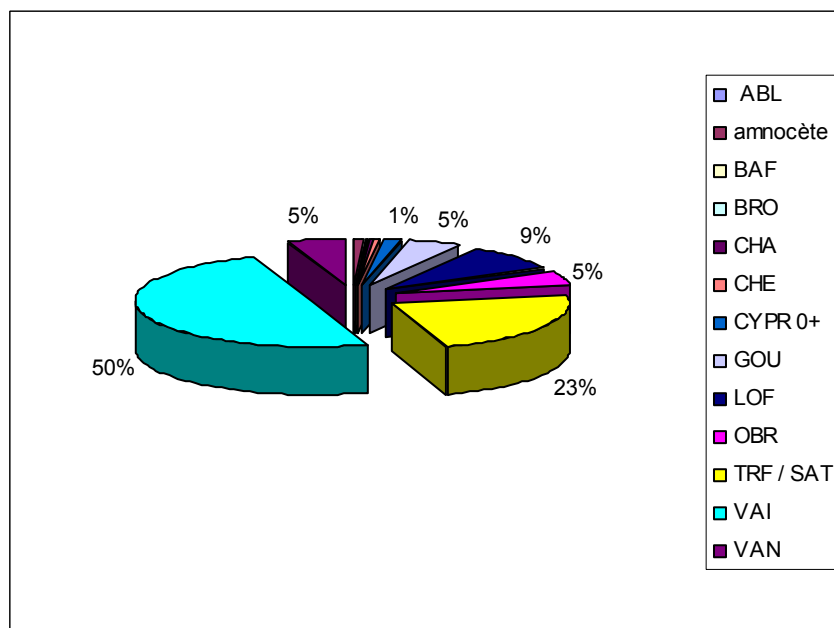


Figure 40 : les espèces récoltées et leur abondance relative dans les suivis échouages-piégeages réalisés sur la Dordogne « amont » depuis 2005

Les poissons récoltés sont, pour l'essentiel, des vairons (toutes classes d'âge) et des alevins de salmonidés en période d'émergence. Les alevins d'ombre et de vandoise ainsi que les goujons et les loches franches (toutes cohortes) sont également bien représentés dans les échantillonnages.



Photo 17 : ramassage minutieux des poissons échoués par une équipe d'ECOGEA



Photo 18 : 0+ de salmonidés (TRF/SAT)échoués, le 25 mars 2007



Photo 19 : 0+ d'ombre échoués, le 24 avril 2005



Photo 20 : échouages-piégeages à la confluence Dordogne-Maronne, le 22 avril 2006 (salmonidés, vairons, loches et chabots)

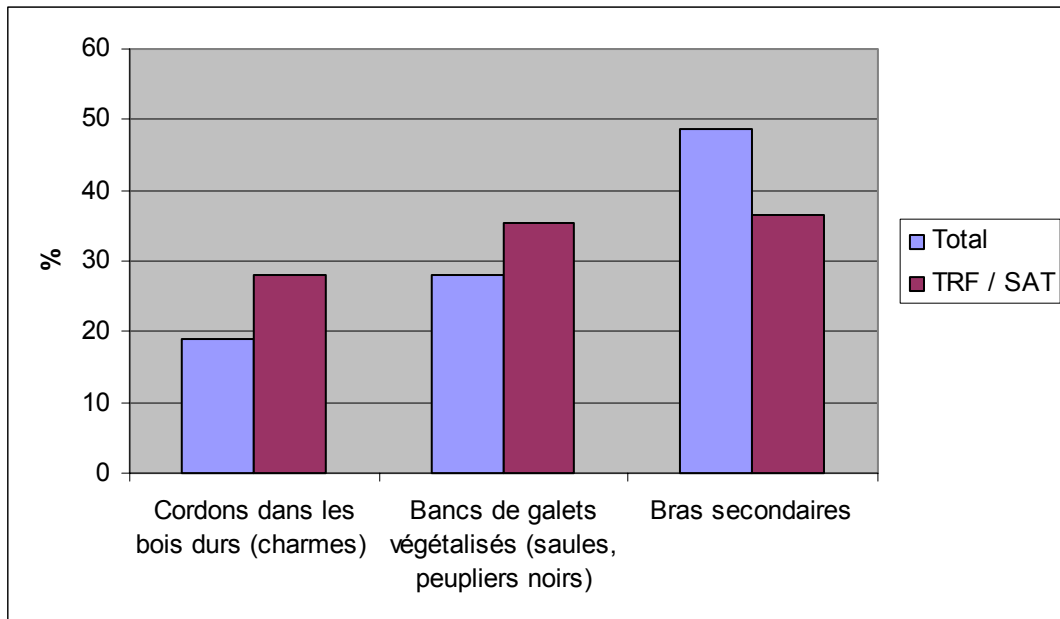


Figure 41 : pourcentage de poissons retrouvés échoués-piégés dans les différents contextes.

Les contextes morphologiques piègeux à cette période, en raison des fluctuations des niveaux d'eau générés par les éclusées, sont :

- calés en moyenne plutôt hauts en altitude, les petits chenaux (« cordons ») creusés par les forts débits dans les boisements riverains à bois durs (charmes),
- calés en moyenne un peu plus bas en altitude que le contexte précédent, les bancs de galets végétalisés (colonisés par les saules et les peupliers noirs entre lesquels se forment des dépressions piègeuses),
- calés en moyenne encore un peu plus bas en altitude que le contexte précédent, les bras secondaires.

Les bras secondaires sont, dans l'échantillonnage réalisé, les contextes les plus piègeux.

Les bras secondaires restent habituellement durablement en eau. Ils constituent des éléments de diversification de la mosaïque d'habitat d'un grand cours d'eau, particulièrement appréciés, pendant les périodes de forts débits, par les jeunes stades de développement de différentes espèces de poissons.

La première baisse du débit en dessous de la cote de connexion de la prise d'eau du bras va entraîner des mortalités importantes sur les poissons qui avaient trouvé refuge dans le bras.

Une telle déconnexion se produirait également en régime hydrologique naturel, mais elle interviendrait, premièrement beaucoup plus rarement qu'en régime d'éclusées (voire une seule fois dans l'année) et deuxièmement, beaucoup plus progressivement.

De plus, il est très probable que la modification de la dynamique fluviale par écrêtement des crues et interruption du transit solide, « fige » ces systèmes piègeux en l'état en perturbant les cycles incision-dépôt.

Ainsi, en régime d'éclusées, chaque fois qu'une baisse du niveau de l'eau déconnecte la prise d'eau d'un bras secondaire, celui-ci se transforme en piège à poissons. En fonction du calendrier biologique, cela sera plutôt telle espèce ou plutôt telle autre qui en subira les conséquences.

Les « cordons » dans les bois durs et les modelés tourmentés des bancs de galets végétalisés sont particulièrement « dangereux » pour les alevins de salmonidés émergents.

En effet, à la période où ces alevins sortent des graviers des frayères, les débits turbinés sur la Dordogne sont encore forts. En période de turbinés, les seules zones à faible vitesse de la rivière, recherchées par ces alevins, se trouvent dans ces bordures boisées, perchées relativement haut en altitude par rapport au chenal d'étiage de la rivière. Lors des baisses de débit, en fin de programme de production hydroélectrique, ces zones se retrouvent hors d'eau et les poissons y sont piégés.

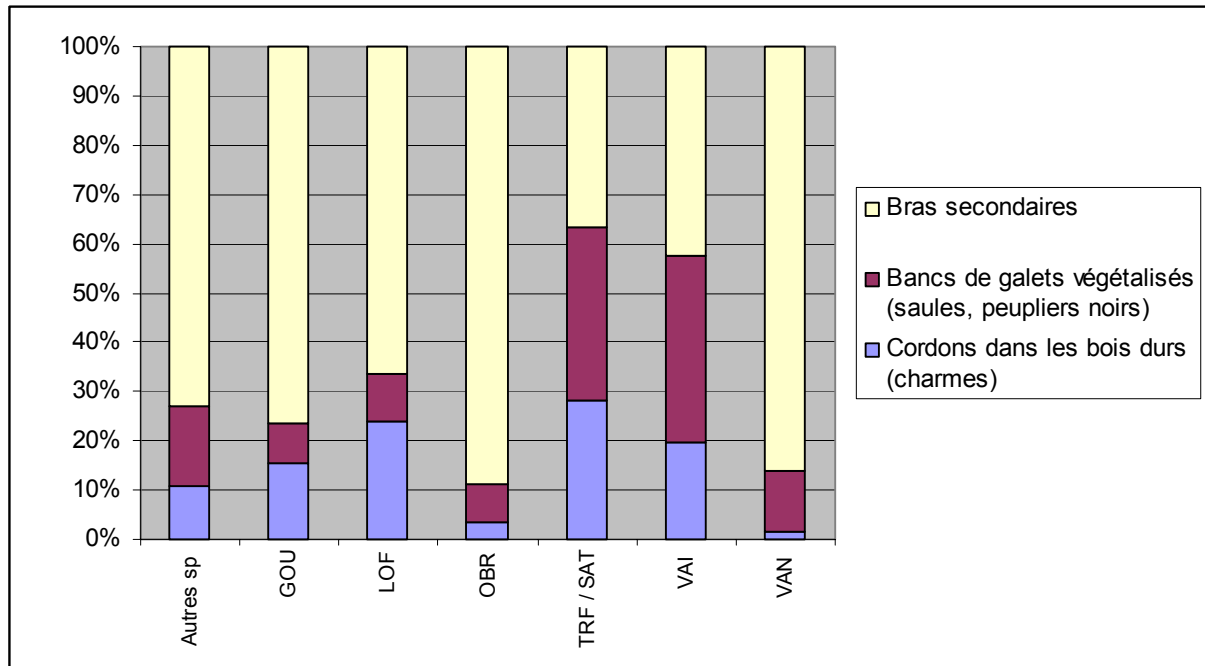


Figure 42 : pourcentage de poissons par espèce retrouvés échoués-piégés dans les différents contextes.

Sur la figure 42 ci-dessus, on constate bien que les contextes les plus piégeux sont les bras secondaires pour les ombres, les vandoises, les loches et les goujons, mais que les « cordons » et les bancs de galets végétalisés sont des pièges aussi importants que les bras secondaires pour les alevins de salmonidés et pour les vairons.

Si les bras secondaires sont relativement peu nombreux sur la Dordogne Corrèzienne, « cordons » et bancs de galets sont en revanche beaucoup plus importants par rapport au linéaire de berge.

La modélisation hydraulique de la Dordogne entre Argentat et Rodanges (**Courret et al, 2006**), qui a été conduite de manière à bien prendre en considération la zone de berges que l'on savait problématique, permet de préciser les débits statistiques de mise en eau des zones piégeuses.

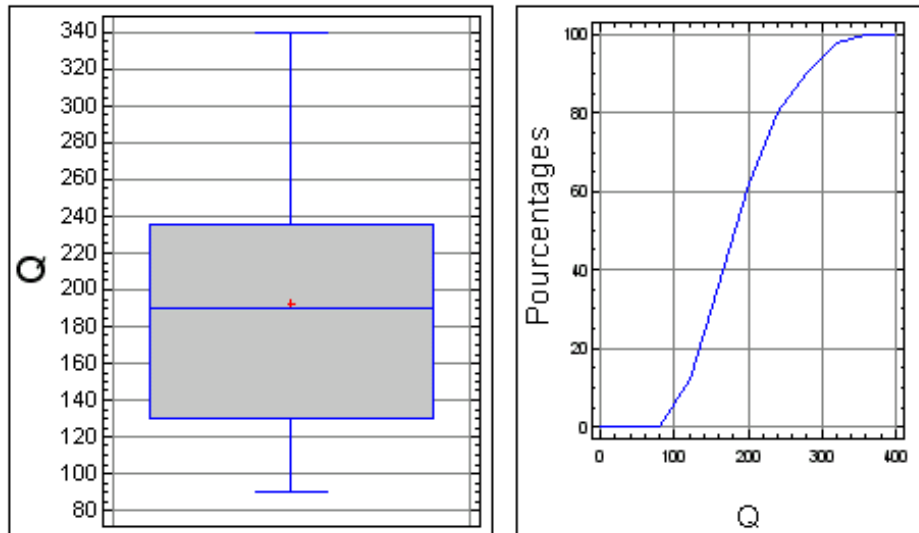


Figure 43 : Distribution des débits de mise en eau des sites piégeux d'après **Courret et al, 2006**

A 130 m<sup>3</sup>/s (soit à peine plus que le module en aval de la confluence Maronne-Dordogne), 25% des sites piégeux sont déjà mis en eau. A 190 m<sup>3</sup>/s, 50% des sites piégeux sont mis en eau et à 235 m<sup>3</sup>/s, 75% des sites piégeux sont mis en eau.

Il est cependant probable que la colonisation de ces sites par les poissons ne se fait pas immédiatement à la mise en eau du site. Il est vraisemblable qu'il faille attendre qu'un certain écoulement transite dans la zone pour voir les jeunes poissons venir s'installer.

Lors des suivis échouages-piégeages, nous avons pu constater que les mortalités de salmonidés dans ces cordons augmentaient de manière très importante lorsque le débit maximum de l'écluse dépassait les 220 m<sup>3</sup>/s et pour des amplitudes de variation supérieures à 140 m<sup>3</sup>/s en aval de la confluence de la Maronne (**E.CO.G.E.A, 2008b** à paraître).

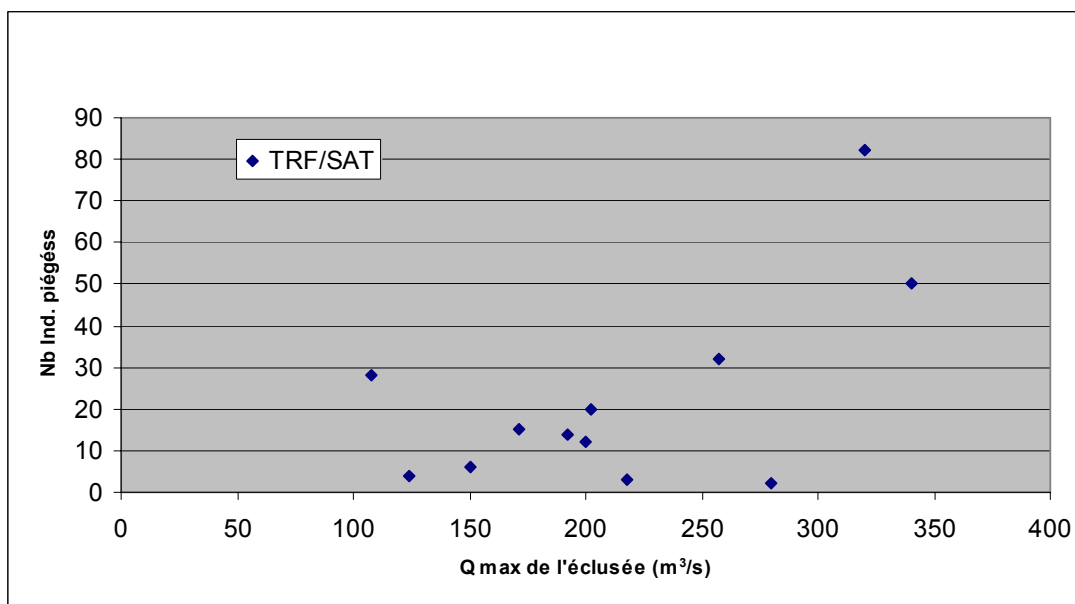


Figure 44 : relation entre le débit maximum de l'éclusee et le nombre d'alevins de salmonidés piégés dans 6 cordons, en aval de la confluence de la Maronne.

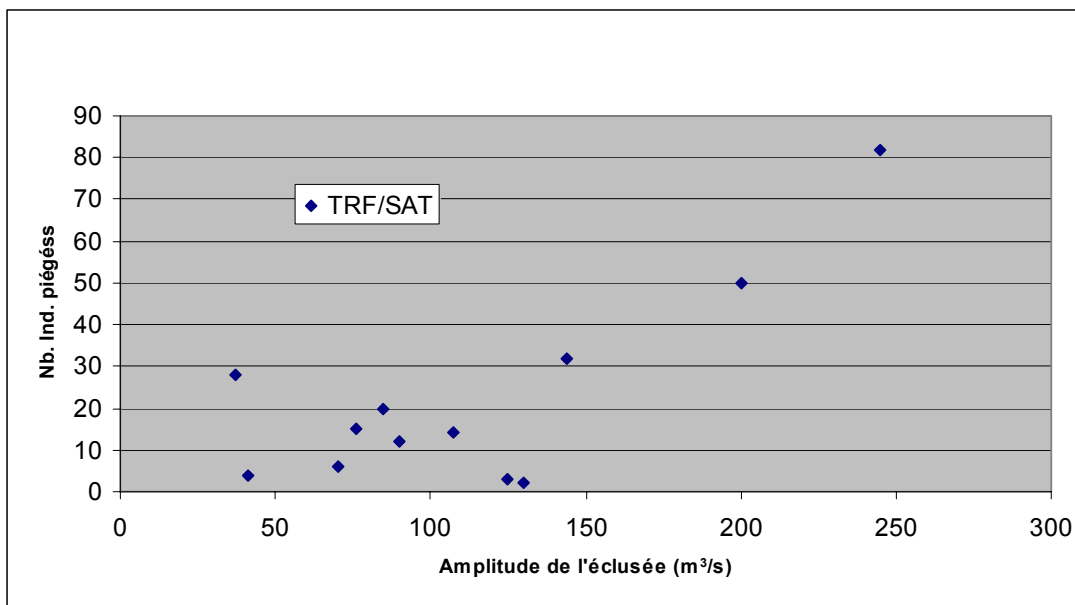


Figure 45 : relation entre l'amplitude de l'éclusee et le nombre d'alevins de salmonidés piégés dans 6 cordons, en aval de la confluence de la Maronne.

### 6.1.3.2. Sur la Dordogne quercynoise et périgourdine

Sur la Dordogne quercynoise et périgourdine, les suivis effectués depuis 2006, ont permis de récolter plus de 5600 poissons échoués-piégés, appartenant à 20 espèces, en 14 éclusées suivies à la période printanière (426-99 m³/s pour la plus forte et 170-80 m³/s pour la moins forte à Souillac), sur 35 sites.

Espèce	ABL	Amnocète	BAF	Cypr. Ind.	BOU	BRE	BRO	CHA	CHE	GAR	GOU	LOF	OBR	PER	PES	TAN	TRF/SAT	VAI	VAN	Total
Nombre	742	144	509	39	12	41	70	2	547	973	724	362	19	4	12	16	62	911	416	5605
%	13.2	2.6	9.1	0.7	0.2	0.7	1.2	0.0	9.8	17.4	12.9	6.5	0.3	0.1	0.2	0.3	1.1	16.3	7.4	100

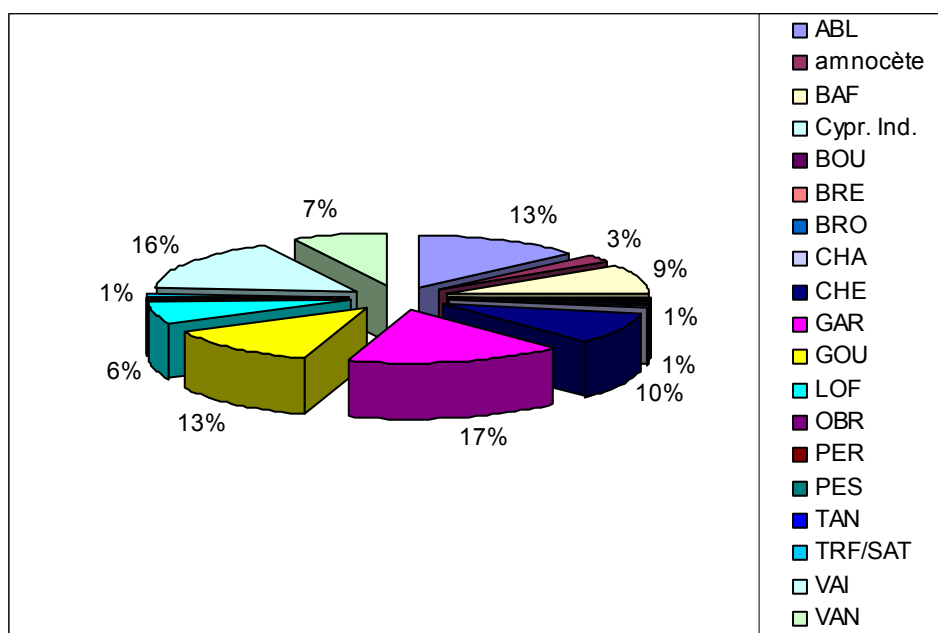


Figure 46 : les espèces récoltées et leur abondance relative dans les suivis échouages-piégeages réalisés sur la Dordogne « aval » depuis 2006



Les poissons récoltés les plus abondants dans les échantillonnages sont : les ablettes, les barbeaux (juvéniles), les chevesnes (juvéniles), les gardons (juvéniles), les goujons (juvéniles), les loches franches, les vairons et les vandoises (juvéniles). Mais d'autres espèces à fort intérêt halieutique ou patrimonial ont également été récoltées, de manière non négligeable, sur les différents sites suivis. Il s'agit de l'ombre commun (alevins), de la truite commune (alevins), du saumon (alevins), du brochet (alevins), de la bouvière et de la lamproie marine (larves).



Photo 21: alevin d'ombre échoué à Girac



Photo 22: juvéniles de poissons blancs échoués à Floirac

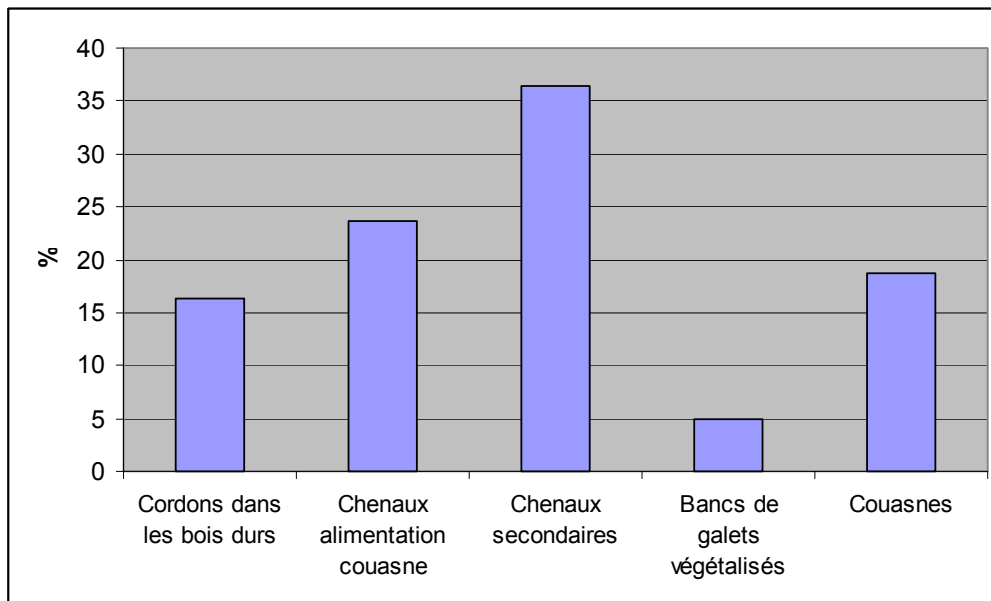


Figure 47 : pourcentage de poissons retrouvés échoués-piégés dans les différents contextes de la Dordogne quercynoise et périgourdine.

Sur cette partie de la Dordogne, les contextes morphologiques les plus piégeux pour les poissons en liaison avec les fluctuations de niveau de la rivière, sont, dans l'échantillonnage que l'on a réalisé, les chenaux secondaires, les chenaux d'alimentation amont des couasnes, les couasnes elle-même (du moins celles qui présentent des « terrasses » à différentes

altitudes, comme « Roc del Nau » par exemple), les cordons dans les boisements riverains puis les bancs de galets végétalisés.

Comme pour la Dordogne corrézienne, il faut garder à l'esprit, que si, pris un par un, ce sont les sites classés « chenaux secondaires » qui sont les plus piégeux à un instant « t », les cordons et les bancs de galets végétalisés, qui piègent moins de poissons en une seule fois, couvrent par contre plus de linéaire de berge et se trouvent « dangereux » pour des gammes de fluctuations de débit plus larges.

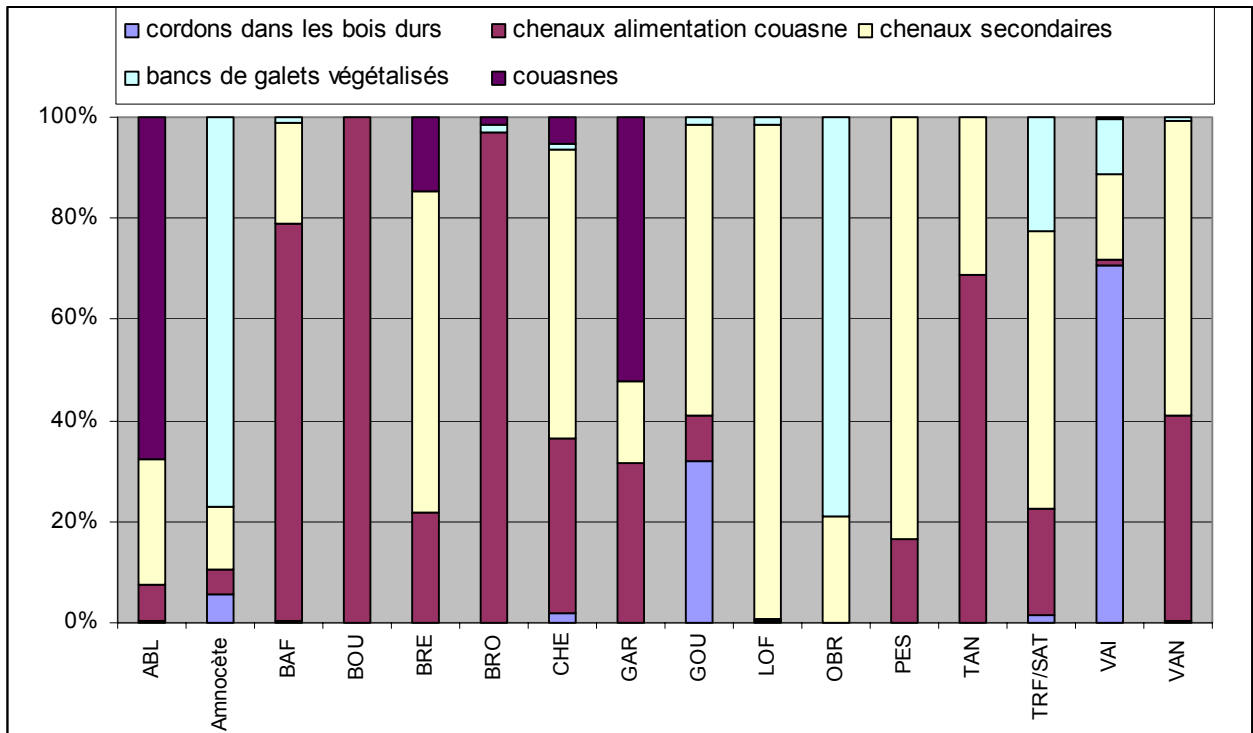


Figure 48 : pourcentage de poissons par espèce retrouvés échoués-piégés dans les différents contextes de la Dordogne quercynoise et périgourdine.

Concernant les espèces qui se font piéger dans les différents contextes, on peut constater sur la figure ci-dessus que les cordons sont particulièrement « dangereux » pour les vairons et goujons, les bancs de galets pour les truites, saumons, ombres, vairons et larves de lamproie, les couasnes avec plusieurs terrasses à altitudes différentes pour les juvéniles d'ablette, de gardon et de brême. Pour les chenaux secondaires et les chenaux d'alimentation amont des couasnes, la situation évolue en cours d'année. En fin d'hiver et début du printemps, dans une hydrologie encore importante, ce sont les parties amont des chenaux qui peuvent se déconnecter sous l'effet des changements de niveau d'eau liés à la production hydroélectrique. Ces milieux sont plutôt lotiques et les espèces concernées par le piégeage sont des rhéophiles (loches, vairons, vandoises, truites, saumons, ombres, barbeaux, chevesnes et goujons). Vers la fin du printemps, les niveaux d'eau étant plus bas, on est sur la partie aval de ces chenaux (on peut noter ici que certains bras secondaires dans un contexte hydrologique fort se transforment en bras morts pour une hydrologie plus faible), dans une ambiance plutôt lentique. Les fluctuations de niveau d'eau induites par l'hydroélectricité sont moins importantes mais suffisantes pour mettre en eau ou assécher des dépressions dans ces chenaux. Les espèces piégées sont alors des espèces d'eau calme comme la bouvière, le brochet et la tanche.

En altitude, par rapport au chenal d'étiage de la Dordogne, les différents contextes présentés s'étagent, en moyenne, de la façon suivante : perchés les plus hauts, on trouve d'abord les cordons dans les boisements riverains, puis viennent les chenaux d'alimentation amont des couasnes et les « terrasses » supérieures de certaines couasnes, ensuite viennent les bras secondaires et enfin les bancs de galets plus ou moins végétalisés.

Sur la figure ci-dessous, nous pouvons visualiser les débits de connexion-déconnexion de 19 sites étudiés sur la Dordogne lotoise et périgourdine.

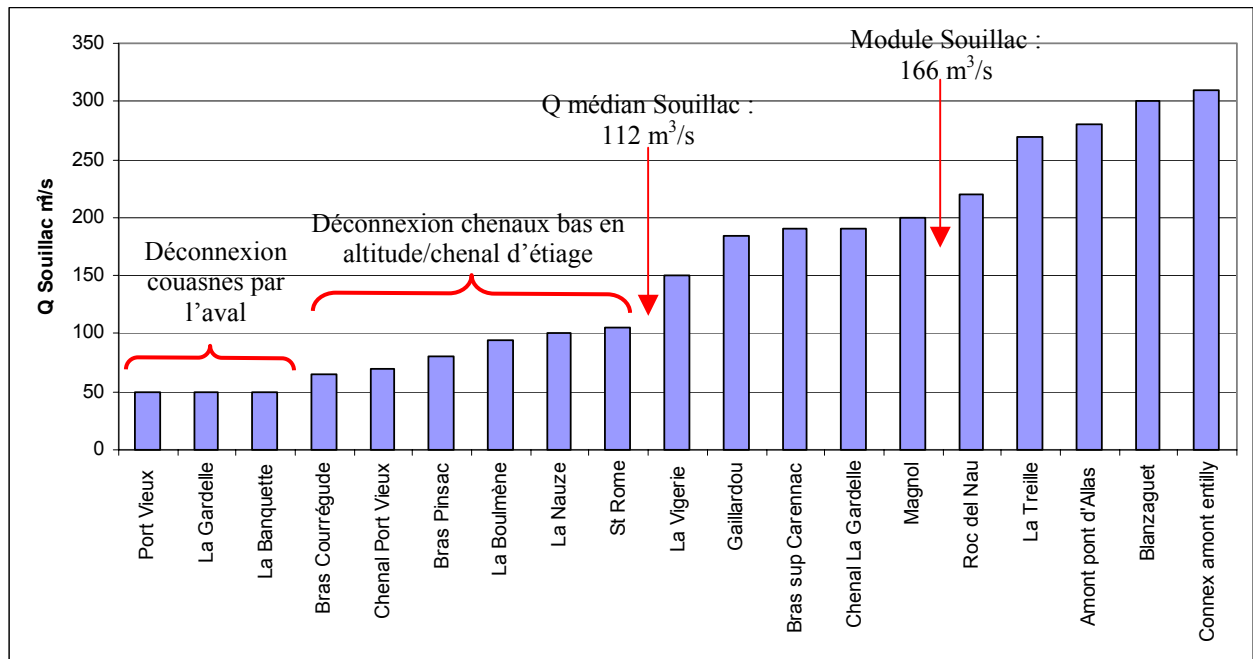


Figure 49 : Débit de connexion-déconnexion de 19 grands systèmes piégeux (chenaux, cordons, couasnes) de la Dordogne quercynoise et périgourdine

Les solutions à mettre en place vis-à-vis de cette problématique (fluctuations des niveaux de la Dordogne versus piégeages des poissons dans des bras, cordons ou annexes) ne sont pas évidentes à imaginer et ne pourront de toute façon régler la totalité des difficultés.

En effet, nous voyons sur la figure 49 que, quelle que soit la gamme de variations des débits, nous aurons à un endroit ou à un autre, de grands systèmes piégeux qui se déconnectent et s'assèchent entraînant la mortalité des poissons qui s'y trouvaient.

Cependant, les bras et annexes dont la cote de connexion au chenal principal de la Dordogne est la plus basse, sont aussi ceux qui restent en eau le plus longtemps et donc qui ont le plus de temps pour être colonisés par le peuplement piscicole. Ce sont aussi généralement les systèmes les plus vastes. Lorsqu'ils se déconnectent, la « casse » est importante. On a donc intérêt, soit à ne pas déconnecter ces systèmes (mais cela suppose que le bras reste connecté avec le chenal principal de la Dordogne à l'étiage, ce qui n'est pas forcément très naturel, ni facilement réalisable sans de lourds travaux), soit à ne le faire qu'un minimum de fois dans l'année et si possible qu'une fois, comme il est probable que cela se passe en régime hydrologique non perturbé.

La gamme de débits pour laquelle, ces grands bras, calés relativement bas en altitude, vont commencer à se déconnecter correspond à 80-100 m<sup>3</sup>/s à Souillac.

On a intérêt lorsque l'on passe en dessous de ces débits à le faire en respectant un gradient de baisse aussi proche que possible d'un gradient naturel (1 à 2 m<sup>3</sup>/s/h), pour permettre à un maximum de poissons de sortir de ces systèmes piègeux, même si l'on sait que beaucoup resteront jusqu'au dernier moment.

On rappellera ici que le débit de 80 m<sup>3</sup>/s à Souillac correspond à un débit en dessous duquel les surfaces exondées de galets augmentent rapidement avec la baisse du débit et donc au dessous duquel on a aussi intérêt à appliquer des gradients de baisse faibles de façon à limiter les échouages de poissons sur les grandes surfaces de galets découvertes (**E.CO.G.E.A, 2008b** à paraître). 80 m<sup>3</sup>/s à Souillac est donc un débit « stratégique » au dessus duquel on maintient en eau une grande partie des frayères des lithophiles printaniers, on maintient connecté les principaux bras secondaires et annexes bas en altitude par rapport au chenal d'étiage de la Dordogne et au dessous duquel il convient d'appliquer des gradients de baisse aussi proches que possible des gradients naturels, le passage au dessus/au dessous de 80 m<sup>3</sup>/s devant se faire un minimum de fois dans l'année.

#### **6.1.4. Le brochet et la perche**

Contrairement aux poissons lithophiles qui se reproduisent sur des galets et dans des vitesses de courant relativement importantes, le brochet et la perche se reproduisent dans des milieux calmes, sur des supports végétaux pour le brochet (espèce phytophile), et sur des supports végétaux, des amas de branches ou des racines pour la perche.

Le brochet se reproduit en général sur la Dordogne durant le mois de mars (**E.CO.G.E.A, 2008a**, à paraître). En raison de l'écrêtement des crues annuelles par les grands aménagements hydroélectriques (revoir chapitre 2), il ne dispose plus de prairies inondées pour se reproduire, comme son cycle biologique normal l'exige. Il utilise donc pour se reproduire les couasnes de la Dordogne présentant des herbiers d'hydrophytes et/ou des pentes douces (latérales ou longitudinales) colonisées par une végétation terrestre de prairie humide (phalaris, glycérie, carex ...) et inondées par de forts débits.

Après l'éclosion des œufs, l'alevin de brochet se fixe à des supports végétaux par des papilles céphaliques adhésives pour résorber en grande partie sa vésicule vitelline et finir la différenciation de ses branchies. Cette phase fixée peut durer sur la Dordogne jusqu'à la mi-avril.

Il est bien évident que pendant toute cette période (œuf + alevin fixé), le brochet, n'ayant aucune possibilité de déplacement, est extrêmement sensible aux variations des niveaux d'eau et donc aux éclusées. Cette phase d'extrême sensibilité dure 5 à 6 semaines en Dordogne. Durant cette période, on peut considérer qu'une baisse du niveau de la Dordogne de 50 centimètres par rapport au niveau au moment de la reproduction, en découvrant d'importantes surfaces de plages herbeuses en pente douce dans les couasnes, réduit quasiment à néant la reproduction du brochet.



Photo 23 : frayère de brochet à Port-Vieux le 13 mars 2007



Photo 24 : la même frayère, quelques jours après (le 17 mars 2007), avec la quasi totalité des œufs déposés exondés

La perche se reproduit en général sur la Dordogne durant le mois d'avril. Comme le brochet, elle se reproduit en eau calme et utilise donc principalement les couasnes de la rivière. Les œufs sont déposés par la femelle (accompagnée de plusieurs mâles), sous la forme de rubans mucilagineux de 2-3 m de long, en tournant autour de plantes aquatiques, d'amas de branchages ou de racines. Ces cordons sont en Dordogne situés près de la surface de l'eau et en profondeur s'étalent sur 40 à 50 cm. A la mi-mai, on peut considérer que l'ensemble des œufs de perche ont éclos et que donc commence une période un peu moins sensible aux fluctuations de niveaux d'eau de la rivière. Comme pour le brochet, la période d'extrême sensibilité du cycle biologique de la perche aux éclusées dure 5 à 6 semaines (mais en décalage d'un mois par rapport au brochet) et l'on peut considérer que par rapport au moment ou commence la ponte, toute baisse de la Dordogne de plus de 50 centimètres détruira complètement la fraie annuelle de la perche.



Photo 25 : ponte de perche dans la couasne de la Gardelle, le 22 avril 2007



Photo 26 : pontes de perche exondées dans la couasne de La Banquette en Dordogne (jusqu'à 60 cm au dessus du niveau de l'eau), le 23 avril 2006

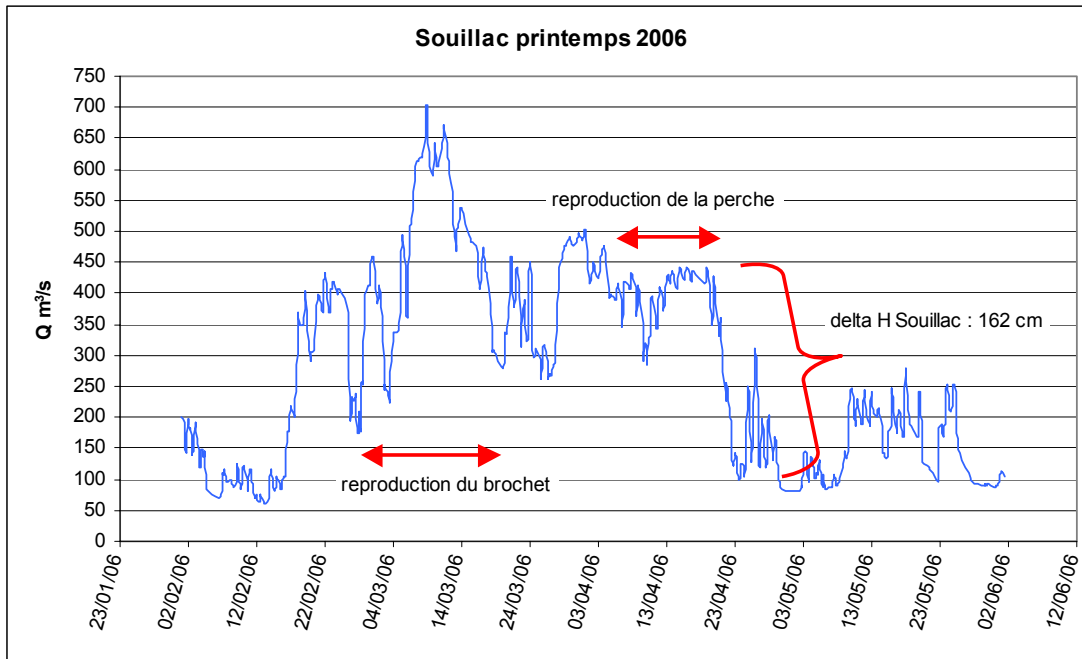


Figure 50 : Débits à Souillac au printemps 2006 et reproduction de la perche et du brochet

En examinant l'hydrologie du printemps 2006 sur la figure ci-dessus, on peut noter que le brochet se sera reproduit pour des débits variant de 200 à 650 m<sup>3</sup>/s et que jusqu'à la fin du mois d'avril, les débits de la Dordogne ne sont pas descendus en dessous de 300 m<sup>3</sup>/s à Souillac. On peut donc raisonnablement penser que, même si une partie de la reproduction a pu être perdue (pour les brochets s'étant reproduits vers 650 m<sup>3</sup>/s), une autre partie a pu réussir. Pour les perches en revanche, la reproduction s'est déroulée pour des débits de l'ordre de 400-450 m<sup>3</sup>/s et elle aura été complètement détruite par la baisse de fin avril (delta H à Souillac de 162 cm), comme nous avons pu le constater, avec l'ensemble des pontes de perches des couasnes quercynaises et périgourdines suspendues à 40-60 cm au dessus de l'eau (photo 26).

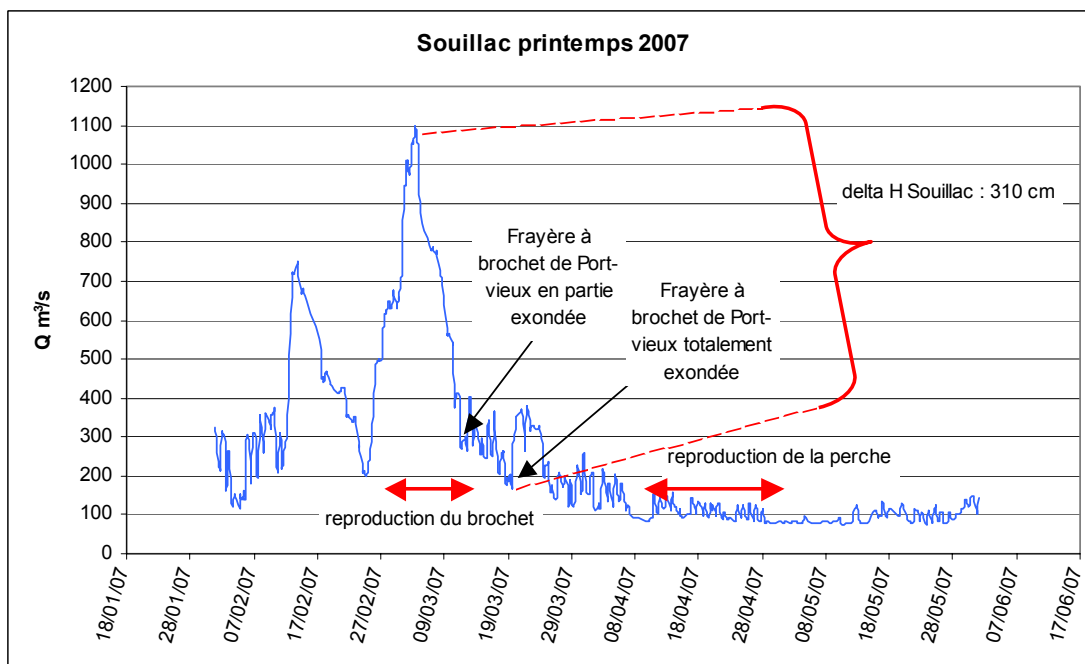


Figure 51 : Débits à Souillac au printemps 2007 et reproduction de la perche et du brochet

Le changement de conditions est total en 2007, les brochets se reproduisant sur la crue de début mars, trop brève pour permettre un développement complet des œufs et des alevins et conduisant à un assèchement complet des frayères, comme celle de Port-Vieux dans le Lot, à la fin mars (photos 23 et 24). Les perches, en revanche, se reproduisent sur des débits bas et des variations de niveau minimales, ce qui aura conduit à une très bonne réussite de cette phase de son cycle biologique en 2007.

Contrairement aux espèces lithophiles, qui dépendent beaucoup pour leur reproduction d'une gamme granulométrique précise, dont on peut préciser la distribution spatiale dans un cours d'eau, et qui ne vont pas suivre le niveau de l'eau au delà d'une certaine limite qui ne leur permet plus d'avoir les bonnes conditions hydrauliques sur la granulométrie qui leur est favorable, le brochet et la perche vont suivre le niveau de l'eau et déclencher leur reproduction lorsque la température conviendra à leurs exigences physiologiques et sur une gamme de supports variés pour la perche. Ces deux espèces se reproduisent généralement près de la surface de l'eau et pour des niveaux d'eau qui peuvent être très différents d'une année sur l'autre, comme nous l'avons vu en 2006 et 2007. Il est donc très difficile d'énoncer une règle simple en matière de gestion des débits qui pourrait être intégrée par l'hydroélectricien. La règle biologique est pourtant très claire, à savoir qu'à partir du moment où ces espèces se reproduisent, le niveau de la Dordogne ne doit pas baisser globalement de plus de 50 cm pendant 5 à 6 semaines pour le brochet et pendant encore 5 à 6 semaines pour la perche, pour ne pas risquer de perdre toute la reproduction de l'année, ce niveau changeant d'une année sur l'autre. Il est bien évident que la réalisation complète du cycle biologique de ces deux espèces tous les ans est difficilement compatible avec une gestion par éclusées d'un hydrosystème comme la Dordogne.

## **6.2. Les éclusées « catastrophiques »**

Jusqu'à présent, nous avons examiné les conséquences qu'avaient sur le compartiment piscicole de l'hydrosystème Dordogne les éclusées dites « classiques ». Mais en 2006, comme en 2007, une éclusée parmi toutes a eu des impacts biologiques considérables. Nous les avons qualifiées d'«éclusées catastrophiques».

### **6.2.1. Du 20 au 23 avril 2006**

Après pratiquement 1 mois de débits en Dordogne compris entre 300 et 500 m<sup>3</sup>/s à Souillac, on passe du 20 au 23 avril 2006, de 400 à 100 m<sup>3</sup>/s (revoir figure 50). Ce faisant, on déconnecte en pleine période printanière et suivant leur étagement altitudinal, tous les contextes piégeux dont on a parlé précédemment (cordons dans les bois durs, bancs de galets végétalisés, bras secondaires, chenaux d'alimentation amont de couasnes, terrasses supérieures de certaines couasnes ...). Les dégâts sont considérables, pour de nombreuses espèces, à différentes étapes de leur cycle biologique et sur plus de 200 km de cours d'eau : échouages-piégeages d'alevins de salmonidés et de juvéniles de la plupart des espèces déjà mentionnées, exondations des frayères des lithophiles, pontes de perche de la Dordogne quercynoise et périgourdine entièrement perdues et jusqu'à des frayères de sandre complètement exondées en aval de Bergerac !



Photo 27 : frayère de sandre en partie exondée et géniteur « montant la garde » à Castang (24)



Photo 28 : œufs de sandre mis hors d'eau

### **6.2.2. Fin juillet- début août 2007**

Après un mois de juillet où les débits en Dordogne restent compris entre 150 et 230 m<sup>3</sup>/s à Souillac, on passe du 28 au 30 juillet 2007, de 185 à 110 m<sup>3</sup>/s, puis du 3 au 5 août 2007, de 110 à 50 m<sup>3</sup>/s (figure 52).

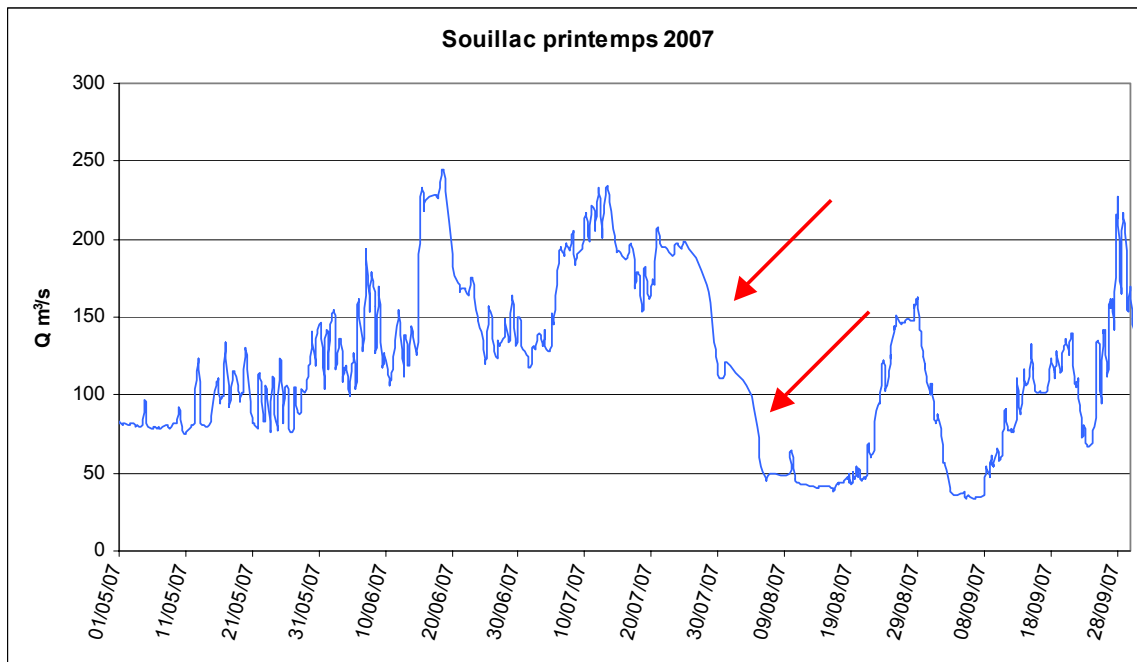


Figure 52 : Débits de la Dordogne à Souillac du 01/05/2007 au 01/10/2007

Alors que les poissons, après un mois de juin et de juillet aux débits soutenus (le débit moyen mensuel en juin est de 155 m<sup>3</sup>/s et en juillet de 178 m<sup>3</sup>/s à Souillac), ont pu coloniser l'ensemble des habitats mis à leur disposition, on passe au début du mois d'août à des débits inférieurs à 50 m<sup>3</sup>/s, qui entraînent la déconnexion de grands bras secondaires qui n'avaient plus été déconnectés depuis l'automne 2006.



Sur le seul site de Pinsac (46 – complexe de bras secondaires, d'îles, de chenaux amont d'alimentation de couasnes, de bancs de galets et de couasnes), dans 1 seule des 8 grandes flaques encore en eau le 6 août 2007, nous avons pu estimer la mortalité, essentiellement en juvéniles de poissons blancs, à 19000 individus (comptage par cadrats de 20 cm X 20 cm).



Photo 29 : juvéniles de poissons blancs morts à Pinsac lors de la baisse des niveaux de la Dordogne de début août 2007.

Sur cette seule zone de Pinsac, on peut donc estimer à minima que 150 000 juvéniles de poissons blancs (vandoises, gardons, barbeaux, chevesnes ...) ont disparu sur cette seule baisse de début août. Le constat aurait été probablement le même sur toutes les zones morphologiquement similaires à Pinsac de la Dordogne quercynoise et périgourdine.

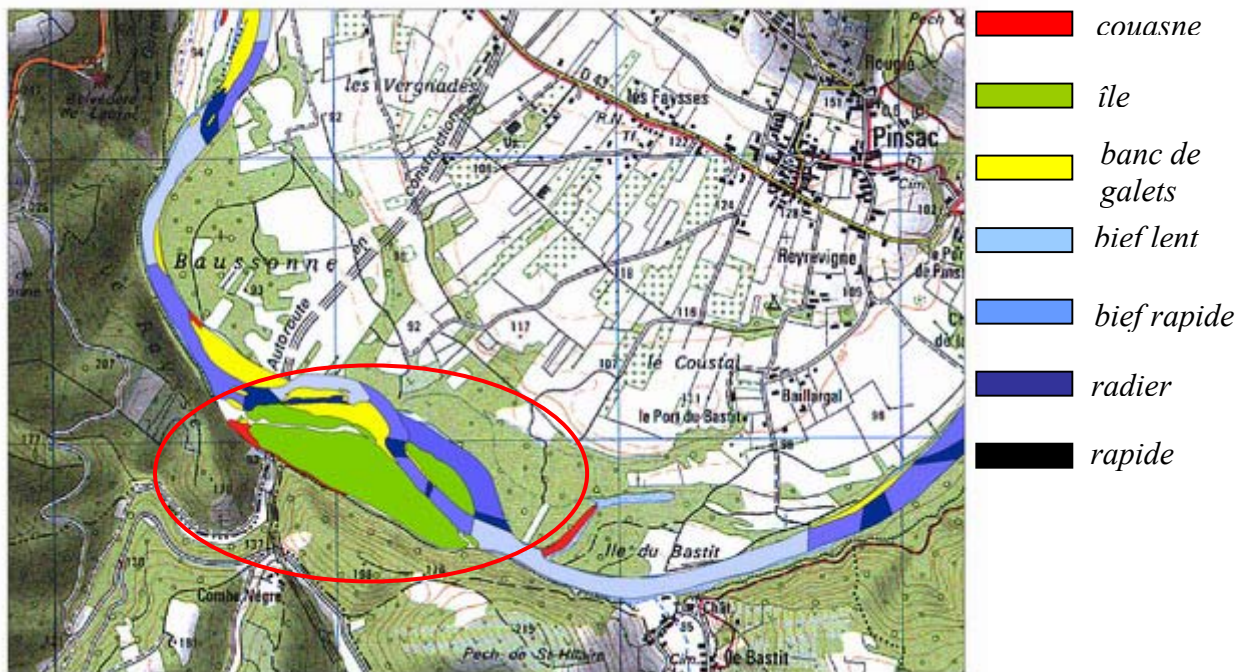


Figure 53 : Localisation du site sensible de Pinsac

Ces éclusées catastrophiques ne servent absolument pas les intérêts de l'hydroélectricien. Elles n'ont guère d'intérêts énergétiques et donnent une image déplorable de l'entreprise. Elles procèdent plus de l'ignorance des conséquences biologiques sur un hydrosystème de la taille de la Dordogne d'une manœuvre de grande amplitude à des périodes clés des cycles biologiques que d'une volonté délibérée. Elles devraient être facilement évitées à l'avenir par une meilleure communication, interne à l'entreprise, entre les exploitants des sites de production hydroélectriques et le service environnement.

## 7. Synthèse et conclusions

Dans ce premier rapport, nous avons essayé dans un premier temps d'analyser, en les quantifiant autant que possible, l'ensemble des conséquences que peuvent avoir de grands aménagements hydroélectriques fonctionnant par éclusées sur un hydrosystème complexe comme la Dordogne, essentiellement en prenant comme cible biologique les poissons.

Nos analyses ont porté sur la modification de l'hydrologie par rapport à une référence naturelle, sur la modification de la thermie de l'eau, sur la modification de la zonation du peuplement piscicole, ainsi que sur la modification du contexte hydro-morphologique.

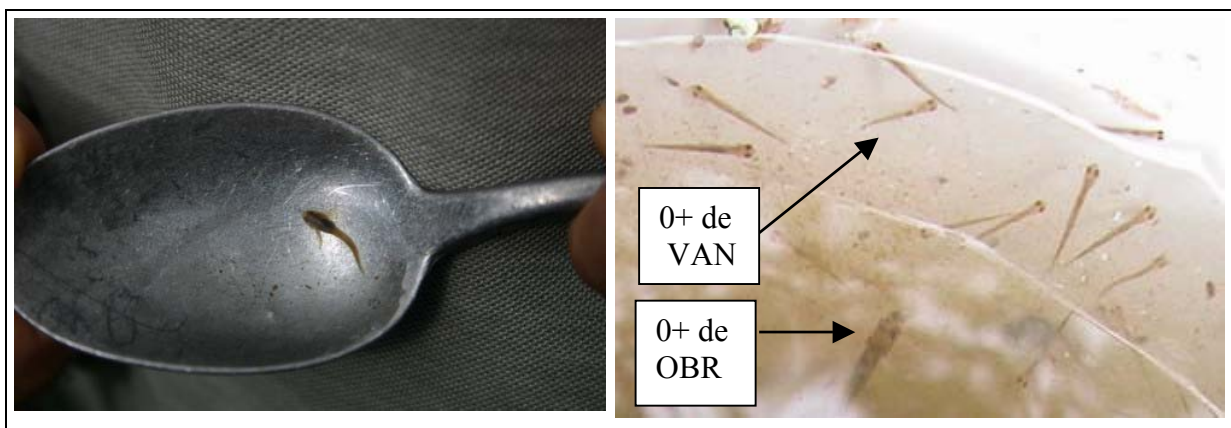
Dans un second temps, nous avons dressé le constat des impacts biologiques de ces modifications, liées à ce type de production d'énergie hydroélectrique (grandes retenues et éclusées), sur un grand cours d'eau. Nous avons aussi tenté de dégager des pistes d'améliorations possibles afin de limiter ces impacts.

Au terme de ce premier rapport, nous avons pu démontrer que **les impacts des éclusées étaient bien réels et non plus simplement supposés.**

**A minima 21 espèces de poissons (sur 36)** sont concernées par les fluctuations de débits sur la Dordogne à une ou plusieurs périodes de leur cycle biologique (des truites et saumons aux gardons en passant par le brochet et les larves de lamproie marine).

Certains impacts sont quantifiables ou évidents (assèchements de frayères de salmonidés, échouages-piégeages d'alevins de salmonidés, perte totale certaines années des pontes de perches ...).

En revanche, d'autres impacts sont avérés mais quasiment impossibles à quantifier correctement (pertes de pontes des espèces lithophiles, échouages-piégeages d'alevins d'autres espèces que truite, saumon et ombre [on trouve échoués piégés généralement des individus 1+ mais pas les 0+ qui à part chez les salmonidés sont beaucoup trop petits pour être repérés autrement qu'accidentellement en milieu naturel]...).



Photos 30 et 31 : 0+ de chabot et comparaison de 0+ de vandoise et d'ombre commun

**Le linéaire impacté atteint plus de 200 kilomètres pour les plus grosses éclusées.**

Nous avons pu identifier les contextes morphologiques problématiques en fonction des gammes de débits turbinés et de la période de l'année.

**Le printemps est une période « charnière »** avec encore de nombreuses éclusées et un grand nombre d'espèces pour lesquelles vont se dérouler les phases de reproduction, incubation, émergence et tout premiers stades nageants, particulièrement fragiles vis à vis des fluctuations de niveau rapides du cours d'eau.

Nous sommes maintenant en mesure de préciser, grâce à des études dont nous avons présenté ici que quelques uns des résultats les plus utiles à la compréhension des mesures préconisées (et qui feront donc l'objet de futurs rapports), **des gammes de débits à maintenir par période et le long de l'axe longitudinal du cours d'eau en fonction des phases biologiques en cours de réalisation.** Ces mesures sont présentées de manière synthétique dans le **calendrier** ci-dessous.

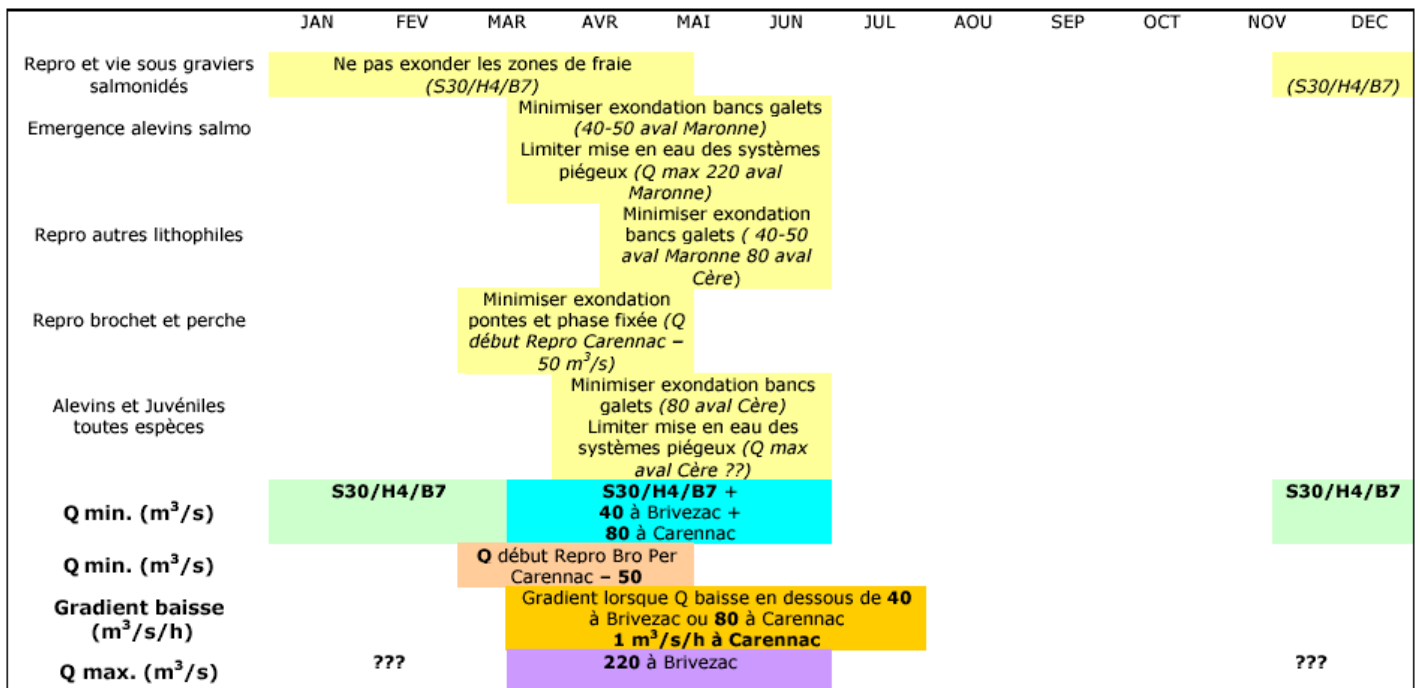


Figure 54 : calendrier des débits (S pour Sablier, H pour Hautefage, B pour Brugales ; repro pour reproduction ; salmo pour salmonidés ; bro pour brochet ; per pour perche ; Q pour débit ; les chiffres annoncés sans unité sont des m³/s).

Sur la base de ce calendrier et des discussions qui ont suivi sa présentation à EDF et aux organismes qui ont en charge la protection et/ou la gestion des milieux aquatiques (associations, administrations, collectivités territoriales, établissements publics), l'hydroélectricien doit proposer une nouvelle convention qui correspondra à un meilleur compromis entre l'exploitation énergétique et le fonctionnement biologique de l'hydrosystème Dordogne (mise en application de cette nouvelle convention dès le 1er avril 2008).

Il va de soit que cette nouvelle convention, même si elle améliore notablement la situation, ne pourra régler, tous les ans, l'ensemble des problèmes posés par une exploitation par éclusées des aménagements hydroélectriques précédemment évoqués dans le rapport. Une veille

biologique doit être maintenue sur la rivière, afin de pouvoir alerter l'exploitant sur des points de sensibilité particuliers qui peuvent varier chaque année et donc sur les manœuvres à éviter. De la même manière, cette veille permettrait d'orienter l'exploitant, en fonction du contexte annuel, vers un type de gestion, qui s'il n'y avait pas de contraintes énergétiques particulières, autoriserait un gain biologique important (on pense plus particulièrement ici à la reproduction du brochet et de la perche certaines années).

Cette veille biologique devrait porter à minima sur le suivi thermique de la rivière (chronologie des phases biologiques), sur le suivi et/ou la veille de la reproduction des salmonidés, des principaux lithophiles, du brochet et de la perche et de l'émergence des alevins de salmonidés afin de disposer en temps réel d'informations sur le déroulement des phases biologiques dans le cours d'eau.

Une évaluation de l'efficacité des nouvelles mesures qui seront prises est aussi à prévoir afin de juger de leur efficacité et de pouvoir les ajuster.

## Bibliographie

**CEMAGREF.** Etude hydrobiologique de la Dordogne. 265 p + annexes.

**Courret D., Larinier P., Lascaux J.M., Chanseau M. et Larinier M. 2006.** Etude pour une limitation des effets des éclusées sur la Dordogne en aval de l'aménagement du Sablier pour le saumon atlantique – secteur Argentat Saulières. Rapport MIGADO 8D-06-RT/GHAAPPE RA.06.02.

**EAUCEA, décembre 2007.** Etude de l'impact des éclusées sur la rivière Dordogne. Analyse hydrologique du régime d'éclusées. 30 p.

**E.CO.G.E.A. pour MI.GA.DO., 2000 à 2006.** Suivi de la reproduction naturelle des grands salmonidés migrateurs sur le bassin de la Dordogne en aval du barrage du Sablier (département de la Corrèze et du Lot). Rapports n° D12-00-RT ; n° D15-01-RT ; n° D11-02-RT ; n° D15-03-RT; n° D10-04-RT; n° D9D-05-RT, n°10D-05-RT .

**E.CO.G.E.A., 2008a.** Calendrier biologique des principales espèces piscicoles de la Dordogne..

**E.CO.G.E.A., 2008b.** Etude de l'impact des éclusées sur la rivière Dordogne. Rapport final de la phase 2.

**Hallereker J.H., Saltveit S.J., Harby A., Arnekliev J.V., Fjeldstad H.P. and Kohler B., 2003.** Factors influencing stranding of wild juvenile brown trout (*Salmo trutta*) during rapid and frequent flow decreases in an artificial stream. River research and application, 19 : 589-603.

**Lascaux, J.M., Cazeneuve L., Lagarrigue, T. et Chanseau, M., 2006.** Impacts du fonctionnement par éclusées de l'usine hydroélectrique de HautePAGE sur la Maronne : Suivi des échouages-piégeages de poissons de 2003 à 2005. 32 p. + annexes. Rapport E.CO.G.E.A. pour MI.GA.DO MI.GA.DO. 7D-06-RT.

**Lascaux J.M., Lagarrigue T., Vandewalle F. et Chanseau M., 2004.** Effets d'un débit minimum de 3 m<sup>3</sup>/s délivré à l'aval de l'usine de HautePAGE sur l'exondation des frayères de grands salmonidés de la Maronne - Automne-Hiver 2003/2004. Synthèse des suivis 2001/2002, 2002/2003 et 2003/2004. 16 pages + annexes. Rapport MI.GA.DO. 18D-04-RT.

**Pustelnik Guy, 1984.** Hydrobiologie de la rivière Dordogne. Document de synthèse. 186 p + annexes.

**Verneaux J., 1973.** Cours d'eau de Franche-Comté (Massif du Jura). Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. Essai de biotypologie. Thèse d'Etat Univ. Fr. Comté, Besançon, 257 p.

**Verneaux, J., et G. Leynaud. 1974.** Note sommaire sur la définition d'objectifs et de critères de la qualité des eaux courantes. CTGREF, Division Qualité des Eaux Pêche et Pisciculture, Paris, 11 p.