M I G A D O

Migrateurs Garonne Dordogne

# CARACTERISATION DES ECLUSEES ET APERCU DE LEURS IMPACTS SUR LES ALEVINS DE SALMONIDES SUR LES RIVIERES CERE ET VEZERE

Sous dossier LCEVEZ07

La Vézère dans les îlots du Saillant


Etude financée par :

Europe
Agence de l'Eau Adour Garonne
Conseil Régional Limousin
Conseil Général de la Corrèze



***L. CAZENEUVE***
***T. LAGARRIGUE***
***J.M. LASCAUX***


***juin 2008***


Association Migrateurs Garonne Dordogne - Loi 1901 (JO du 29.03.89) - N° Siret : 391 610 490 00065 - Site Internet : www.migado.fr
18 ter, rue de la Garonne - BP 95 - 47520 Le Passage - Tél. 05 53 87 72 42 - Fax 05 53 87 00 99 - E mail : migado@wanadoo.fr

M I G A D O

Migrateurs Garonne Dordogne

# Caractérisation des éclusées et aperçu de leurs impacts sur les alevins de salmonidés sur les rivières Cère et Vézère.

La Vézère dans les îlots du Saillant

AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

CORRÈZE

LIMOUSIN CONSEIL RÉGIONAL

ECOGEA

juin 2008

**Rédacteurs : L. Cazeneuve**
**T. Lagarrigue**
**J.M. Lascaux**

ETUDES ET CONSEILS
EN GESTION DE L'ENVIRONNEMENT AQUATIQUE

**COMPTE RENDU D'ETUDE SOMMAIRE**

**Rapport de sous-traitance MI.GA.DO./ E.CO.G.E.A.**
**Auteurs et Titre :** (pour fin de citation)
**Cazeneuve, L., T. Lagarrigue et Lascaux, J.M., 2008**. Caractérisation des éclusées et aperçu de leurs impacts sur les alevins de salmonidés sur les rivières Cère et Vézère. 24 p. Rapport E.CO.G.E.A pour MI.GA.DO 12D-08-RT.

**Résumé :**

Les nombreuses et importantes variations de débit à l'aval de certaines usines hydroélectriques fonctionnant par éclusées sont susceptibles de perturber fortement le milieu aquatique. En ce qui concerne les poissons, les fortes fluctuations des niveaux d'eau peuvent provoquer des exondations de frayères en période de reproduction, des dérives de jeunes alevins et des piégeages de poissons dans les zones du cours d'eau découvertes ou déconnectées par les baisses de débit.

L'usine du Saillant sur la Vézère fonctionne au fil de l'eau et retranscrit les variations induites par le fonctionnement par éclusées des ouvrages situés à l'amont, Peyrissac démodulant dans une certaine mesure les éclusées de Treignac.

A l'aval de l'usine du Saillant sont constatés en moyenne par an 90 couples de variations de débit d'amplitude supérieure ou égale à 5 $m^3$/s. Ces amplitudes, aussi bien lors des hausses de débit que des baisses, sont à 75 % inférieures ou égales à 10 $m^3$/s. Les gradients médians observés sont de l'ordre de 2,5 $m^3$/s/h à Saint-Viance et à 75 % inférieurs à 4 $m^3$/s/h. Enfin, les retours à de faibles débits (inférieur à 5 $m^3$/s) sont rares en période d'éclusées.

Les capteurs de pression ont permis de mettre en avant des réponses hétérogènes sur l'ensemble du linéaire. Une variation de débit de 10 $m^3$/s à l'usine entraîne une variation de hauteur d'eau de 23 cm juste à l'aval. Cette variation de hauteur est multipliée par 1,5 à Saint-Viance soit environ 35 cm pour 10 $m^3$/s puis est divisée par 3 à Saint-Pantaléon de Larche soit environ 12 cm pour 10 $m^3$/s. Les gradients médians mesurés de fin avril à fin août 2007 sont de 11 cm/h à l'aval de l'usine, 14 cm/h à Saint-Viance et 3 cm/h à Saint-Pantaléon.

La sensibilité de la Vézère, en aval du Saillant, aux variations des niveaux d'eau est plutôt moindre comparée à la Maronne, la Dordogne et la Cère. En période de reproduction des salmonidés, les débits sont généralement suffisants pour maintenir en eau les principales zones de fraie recensées. La morphologie, très chenalisée, du cours d'eau limite les zones rivulaires potentiellement piégeuses pour les alevins. Les déconnexions de bras sont également limitées en période de post-émergence grâce aux débits souvent soutenus (95% des débits supérieurs à 5 $m^3$/s de février à juin). Enfin, les vitesses de variations de niveau d'eau se situent proches des valeurs préconisées pour limiter les échouages de salmonidés (10 cm /h) et en dessous de ces valeurs en aval de la confluence de la Loyre et de la Corrèze.

Sur la Cère, 85% des variations de débit observées sont comprises entre 7 et 21 $m^3$/s, ce qui correspond à des variations de niveau d'eau d'amplitude comprises entre 15 et 40 cm sur tout le linéaire du cours d'eau. Les vitesses de variations de niveau d'eau sont maximales au niveau de Brugales, de l'ordre de 20 cm/h en valeur médiane et diminuent progressivement pour atteindre des valeurs de 7,4 cm/h en valeur médiane à la baisse à Loulié, 11 km en aval de l'aménagement de Brugales.

La Cère est morphologiquement moins chenalisée que la Vézère. Elle présente de nombreux bancs de galets exondables et des zones d'îlots, ce qui la rend plus sensible aux variations des niveaux d'eau. En période printanière, 20% des débits se situent entre 3 et 9 $m^3$/s. La prospection hydro-morphologique de la Cère avait révélé que même avec un débit de base de 7 $m^3$/s à Brugales (alors que le débit réservé réglementaire est actuellement de 1 $m^3$/s), il restait encore des sites sensibles, notamment vis à vis de

la problématique échouages-piégeages de poissons au printemps. Les sondes de niveau ont également permis de montrer que la vitesse de variation des niveaux d'eau notamment sur la partie amont du secteur d'études pouvaient s'avérer problématiques pour des alevins de salmonidés émergents avec des valeurs médianes lors des baisses de débit de l'ordre de 20 cm/h à l'aval de Brugales, de 10 cm/h à Bretenoux et 7,4 cm/h à Loulié.

**Mots clés :** Eclusées, Hydrologie, Echouages, Piégeages, Hydro-morphologie, rivière Cère, rivière Vézère.

**Version :** Définitive.

**Date :** Juin 2008.

# Caractérisation des éclusées et aperçu de leurs impacts sur les alevins de salmonidés sur les rivières Cère et Vézère.

## 1. Introduction

Les variations importantes et brutales de débit et de niveau d'eau, liées au fonctionnement par éclusées des ouvrages hydroélectriques, ont des impacts aujourd'hui reconnus sur les portions de cours d'eau situées en aval de ces aménagements (voir **Lauters**, 1995 ou **OFEFP**, 2003 pour une synthèse).Concernant les peuplements piscicoles et particulièrement les salmonidés, plusieurs auteurs mentionnent les effets des éclusées sur l'exondation des frayères (**ECOGEA pour MIGADO**, 2000 à 2007 sur la Dordogne et la Maronne ; **Olivier et Poinsard**, 1988 sur l'Ain), la dérive artificielle des alevins (**Liébig**, 1998 sur l'Oriège ; **Chanseau et Gaudard**, 2005 sur la Dordogne), ou encore l'échouage et le piégeage des alevins suite à la baisse rapide du niveau des eaux (**Saltveit** *et al.*, 2001 et **Halleraker** *et al.*, 2003 sur des rivières norvégiennes).

La Vézère et la Cère sont deux affluents de la Dordogne, fortement équipés pour produire de l'hydroélectricité, avec certains aménagements fonctionnant par éclusées.

Cette présente étude a pour objectif de mieux appréhender le régime hydrologique influencé de la Vézère en aval du Saillant et de compléter également les connaissances acquises sur la Cère à l'aval de Brugales (**Cazeneuve et Lascaux**, février 2008).

*Figure 1 : Localisation géographique de la Vézère et de la Cère, affluents de la Dordogne*

Cette étude est financée par l'Agence de l'Eau Adour Garonne, l'Union Européenne, le Conseil Général de la Corrèze et la région Limousin.

Elle s'inscrit dans la logique d'une meilleure connaissance des cours d'eau pouvant accueillir des populations de poissons migrateurs, en particulier le saumon atlantique. A ce titre, une meilleure maîtrise des variations de niveau d'eau liées au fonctionnement par éclusées des ouvrages hydroélectriques apparaît comme primordiale afin de limiter l'impact sur les populations de ces espèces patrimoniales.

# 2. La Vézère et son régime hydrologique influencé

## *2.1. Analyse du régime hydrologique*

La Vézère prend sa source dans la Tourbière de Longeyroux (900 m) sur le plateau des Millevaches dans le département de la Corrèze. Longue de 211 km, elle conflue avec la rivière Dordogne, en rive droite, à Limeuil, dans le département de la Dordogne. Son principal affluent est, en rive gauche, la rivière Corrèze, qui conflue avec la Vézère à l'aval immédiat de Brive-la-Gaillarde.

La Vézère, comme la Dordogne, la Maronne ou la Cère, a largement été orientée vers la production hydroélectrique. On notera deux périodes de constructions de retenues hydroélectriques. Tout d'abord dans les années 1920, sur sa partie médiane sont implantés des aménagements associés à des retenues de petites dimensions, de l'amont vers l'aval :

- Biard, mis en service en 1921, d'une capacité totale 0,3 millions de $m^3$.
- Pouch, mis en service en 1920, d'une capacité totale extrêmement réduite de 0,03 millions de $m^3$ et fonctionnant au fil de l'eau.
- Le Saillant, mis en service en 1929, d'une capacité totale de 0,45 millions de $m^3$.

Puis dans les années 1950, sont implantées de nouvelles retenues sur sa partie amont :

- Montceaux, mise en service en 1946 d'une capacité totale de 20,1 millions de $m^3$,
- Treignac, mise en service en 1952 d'une capacité totale de 7,5 millions de $m^3$,
- Peyrissac, mise en service en 1955, d'une capacité totale de 1,2 millions de $m^3$.

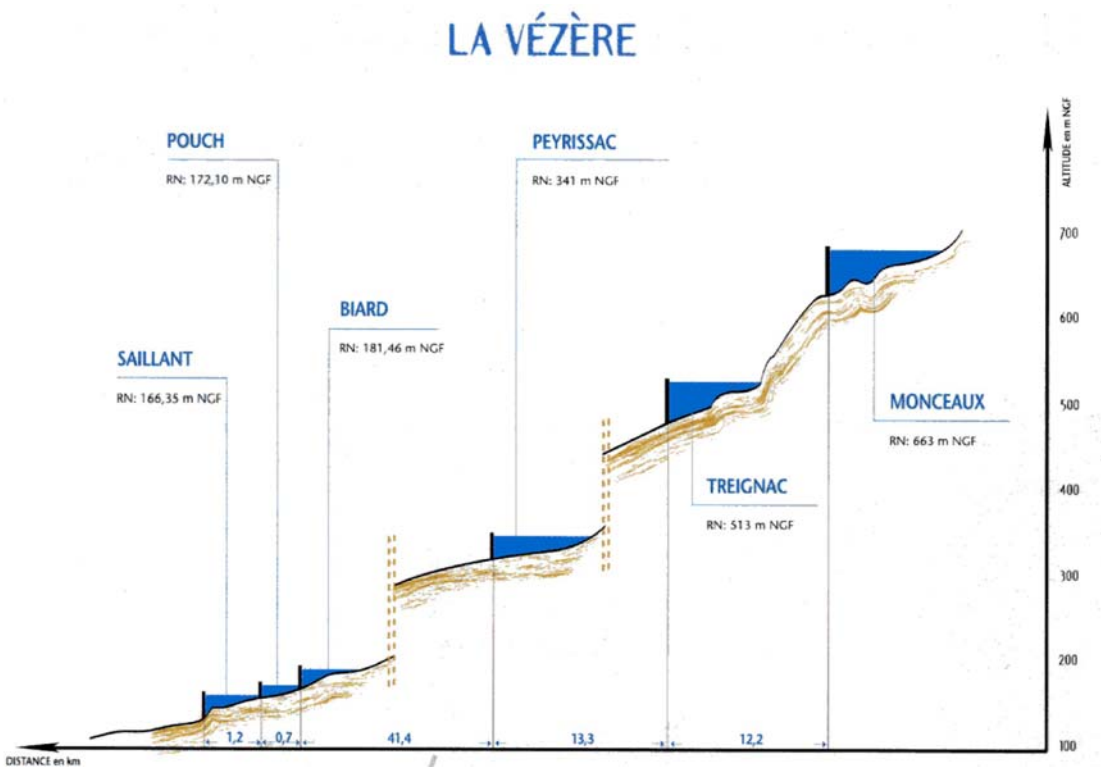



*Figure 2 : Schéma récapitulatif des installations hydroélectriques le long de la Vézère (**EDF**, 1999)*

Notre secteur d'étude se situe en aval de l'aménagement du Saillant, le plus aval de la chaîne. L'usine du Saillant est distante d'environ 100 km de la confluence avec la Dordogne.

### *2.1.1. Les débits caractéristiques de la Vézère (1973 à 2007 - Données banque HYDRO à Saint-Viance)*

| | janv | fevr | mars | avr | mai | juin | juil | août | sept | oct | nov | déc | année |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Débits ($m^3/s$)** | 29.5 | 28 | 25.3 | 22 | 18 | 12 | 11 | 7.2 | 9.54 | 13 | 20.6 | 25.9 | 18.5 |
| **Débits spécifiques ($l/s/km^2$)** | 29.8 | 29 | 25.4 | 22 | 18 | 12 | 11 | 7.2 | 9.6 | 13 | 20.8 | 26 | 18.7 |
| **Lame d'eau (mm)** | 79 | 71 | 68 | 57 | 49 | 31 | 29 | 19 | 24 | 35 | 53 | 69 | 591 |

*Tableau 1 : Ecoulements naturels moyens mensuels de la Vézère à Saint-Viance de 1973 à 2007*

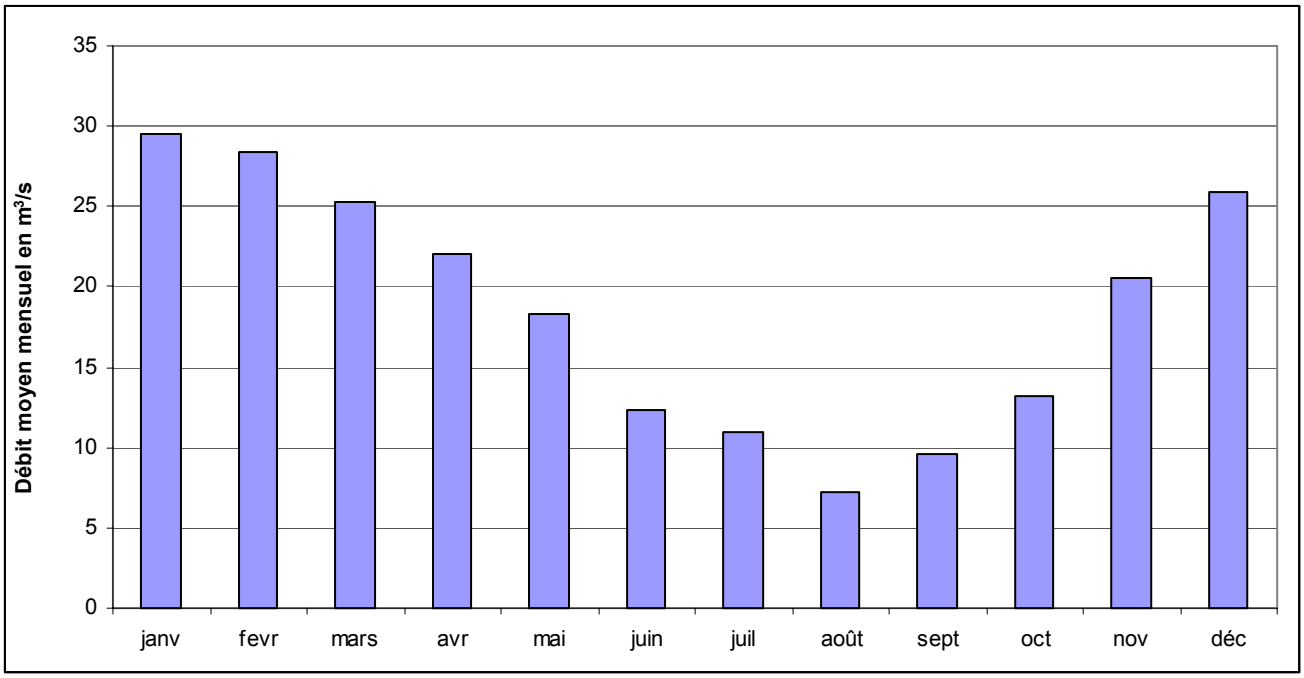



*Figure 3 : Débits moyens mensuels de la Vézère à St Viance*

La Vézère possède un régime pluvial sous influence océanique caractérisé par des hautes eaux de novembre à avril et des basses eaux de juillet à septembre.

| Module ($m^3/s$) |
|---|
| 18.50 [16.30;20.70] |

*Tableau 2 : Débit moyen interannuel de la Vézère à Saint-Viance*

| Fréquence | QMNA ($m^3/s$) |
|---|---|
| biennale | 5.900 [5.100;6.800] |
| quinquennale sèche | 4.500 [3.800;5.200] |

*Tableau 3 : Basses eaux calculées sur 35 ans [ intervalle de confiance 95 %]*

| Fréquence | QMJ ($m^3/s$) |
|---|---|
| biennale | 90.00 [81.00;100.0] |
| quinquennale | 120.0 [100.0;140.0] |
| décennale | 130.0 [120.0;170.0] |
| vicennale | 150.0 [130.0;190.0] |

*Tableau 4 : Crues calculées sur 35 ans [ intervalle de confiance 95 %]*

| 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 ($m^3/s$) | 74 | 61.9 | 48.9 | 39 | 28.3 | 22 | 17 | 14 | 11 | 8.5 | 6.3 | 4.9 | 4.2 | 3.6 | 3.4 |

*Tableau 5 : Débits classés de la Vézère à Saint-Viance*

### *2.1.2. L'aménagement du Saillant*

L'usine hydroélectrique du Saillant est équipée de 4 turbines Francis à axe horizontal, pouvant turbiner un débit maximum de 41,5 $m^3/s$, soit un peu plus de 2 fois le module. Le débit réservé réglementaire est de 1,85 $m^3/s$, soit 1/10ème du module. L'usine est située 500 mètres à l'aval du barrage du Saillant, barrage qui crée une retenue de 0,45 millions de $m^3$ de capacité totale pour 0,2 millions de $m^3$ de capacité utile. Au débit maximum turbinable et sans turbiné amont, il faut seulement 1 heure 20 minutes pour épuiser la capacité utile de la retenue du Saillant, ce qui illustre **la dépendance de cet aménagement vis-à-vis des ouvrages de l'amont**. Les grandes retenues amont (Monceaux, Treignac) sont associées à des usines fonctionnant par éclusées mais qui possèdent des débits d'équipement inférieurs à celui du Saillant. L'aménagement de Peyrissac (Q max. turbinable = 15 $m^3/s$) démodule dans une certaine mesure les éclusées de Treignac (Q max. turbinable = 23,2 $m^3/s$).

L'aménagement du Saillant, pratiquement sans capacité de stockage, ne fait que retranscrire les variations de débit venant des ouvrages amont. A l'aval de cette usine, nous parlerons donc de variations de niveau d'eau et non pas d'éclusées (qui sont générées par les aménagements amont). L'usine du Saillant est une usine « fil de l'eau » retranscrivant le fonctionnement par « éclusées » des aménagements de tête de bassin.

### *2.1.3. Les variations de débit à l'aval du Saillant*

- ***Variations de débit liées au fonctionnement des aménagements hydroélectriques***

Afin de caractériser précisément le régime hydrologique influencé de la Vézère, nous avons téléchargé les chroniques de débits à pas de temps variable de la banque HYDRO (taux de variation 5 %), ce qui nous permet de connaître précisément les dates de début et de fin de variations, pour 10 années, de 1997 à 2006, au niveau de la station de Saint-Viance.

Chaque groupe de l'usine du Saillant turbine environ 10 $m^3/s$. Nous avons considéré que les variations (montées ou descentes) devraient avoir une amplitude d'au moins 5 $m^3/s$ pour être considérées comme liées à la gestion des aménagements hydroélectriques. Ce seuil nous permet d'éliminer les variations de faible amplitude très fréquentes sur la Vézère mais qui n'ont pas de réels impacts sur la faune piscicole.

Deux variations successives de même signe séparées par une durée inférieure à 3 heures ont été considérées comme une seule variation.

- *Nombre de hausses ou de baisses de débit liées à la gestion des aménagements hydroélectriques*

Nous avons pu comptabiliser en moyenne pour une année environ 90 couples de variations remarquables (95 hausses et 83 baisses de débit ; minimum de 52 hausses ou baisses en 2005 et maximum de 115 hausses ou baisses en 2003) dont l'amplitude est supérieure à 5 $m^3/s$. La figure ci-dessous illustre la variabilité interannuelle du nombre de variations.

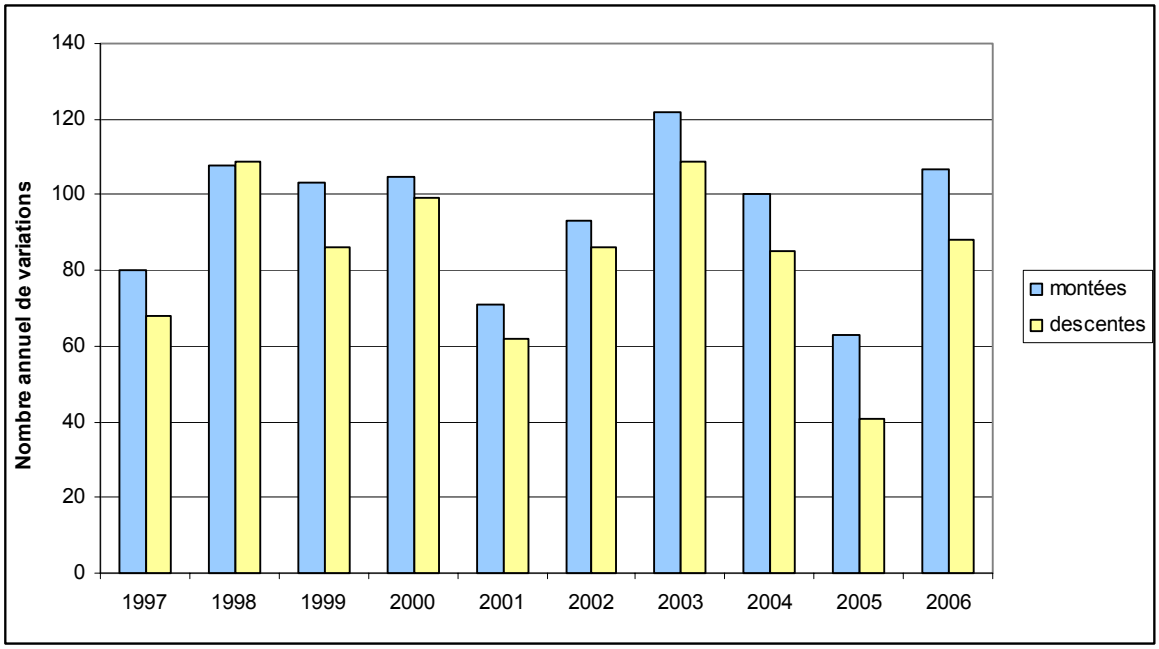



*Figure 5 : Variabilité interannuelle du nombre de fluctuation de niveau d'eau liées au fonctionnement des aménagements hydroélectriques (1997-2006)*

La distribution mensuelle du nombre de variations montre assez distinctement 2 périodes :

- de novembre à mai, mois durant lesquels nous avons de 8 à 13 variations mensuelles,
- de juin à octobre, mois durant lesquels nous avons de 4 à 6 variations mensuelles.

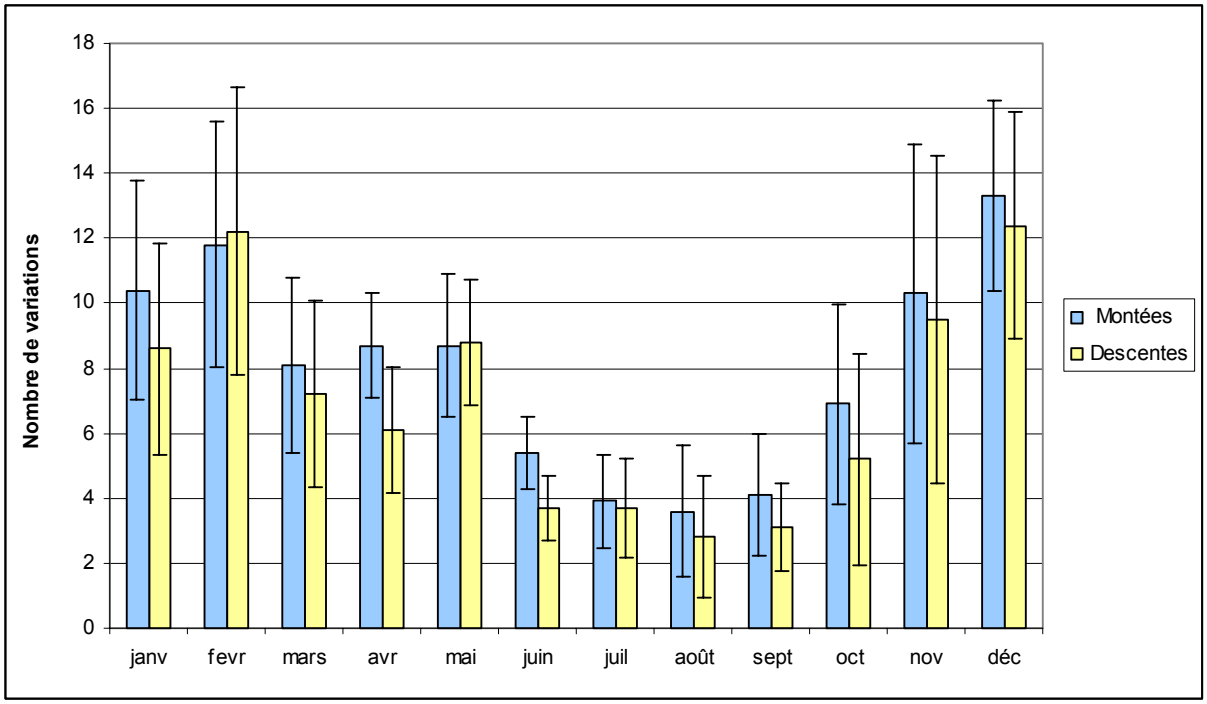



*Figure 6 : Nombre moyen mensuel de variations liées au fonctionnement des aménagements hydroélectriques*

- *Jours et horaires des variations*

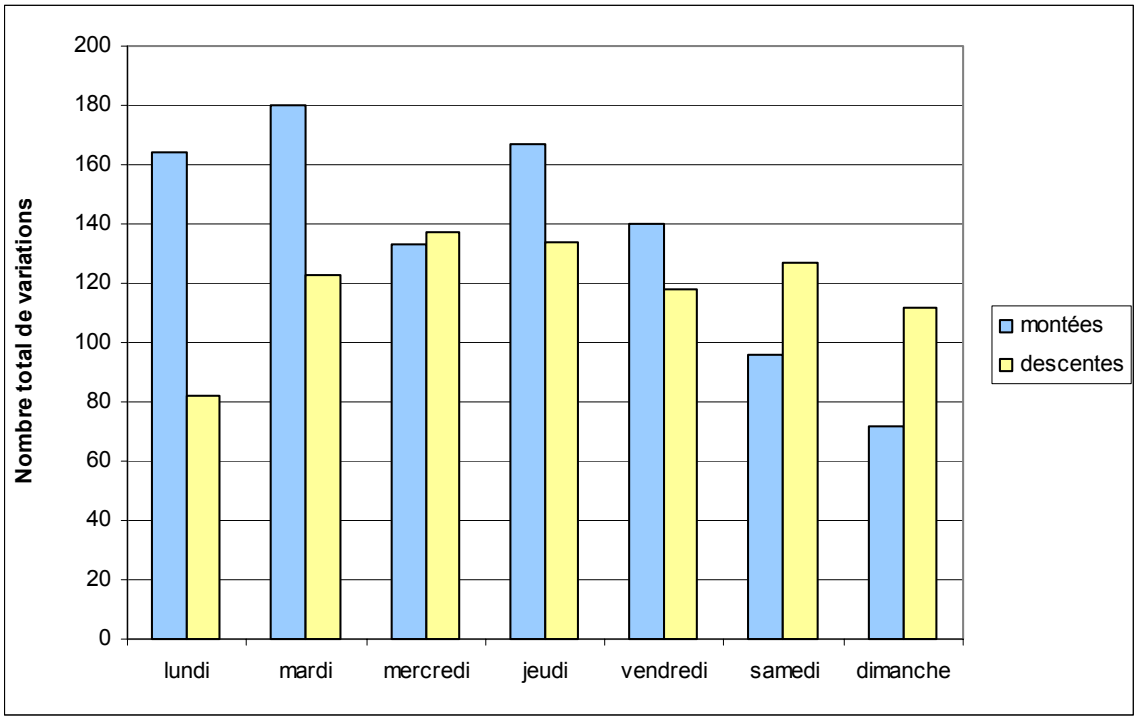



*Figure 7 : Nombre de montées et de descentes, liées au fonctionnement des aménagements hydroélectriques, selon le jour de la semaine*

La gestion hebdomadaire sur la chaîne Vézère est assez peu marquée. On notera toutefois un nombre plus important de hausses de débit le lundi et le mardi et à l'inverse, un nombre de hausses plus réduit le samedi et le dimanche.

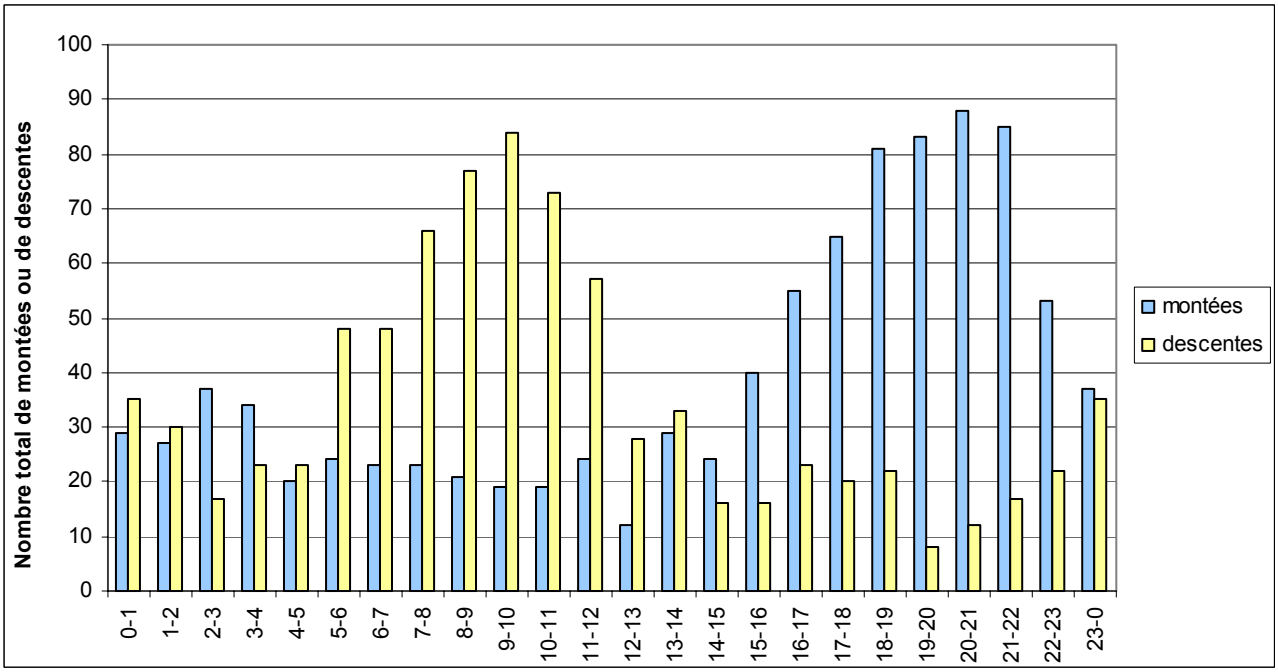



*Figure 8 : Répartition du nombre de montées et de descentes, liées au fonctionnement des aménagements hydroélectriques, en fonction de l'heure de la journée*

Les hausses de débit ont principalement lieu en fin d'après midi et en soirée alors que les baisses de débit ont lieu dans la matinée. Cette figure illustre le fonctionnement au fil de l'eau de l'aménagement du Saillant : le décalage (environ 12 heures) traduit nettement **l'attente de l'arrivée des volumes d'eau provenant de la retenue de Peyrissac** (fonctionnement par éclusées) située un peu plus de 40 km à l'amont du Saillant.

- *Amplitudes des variations*

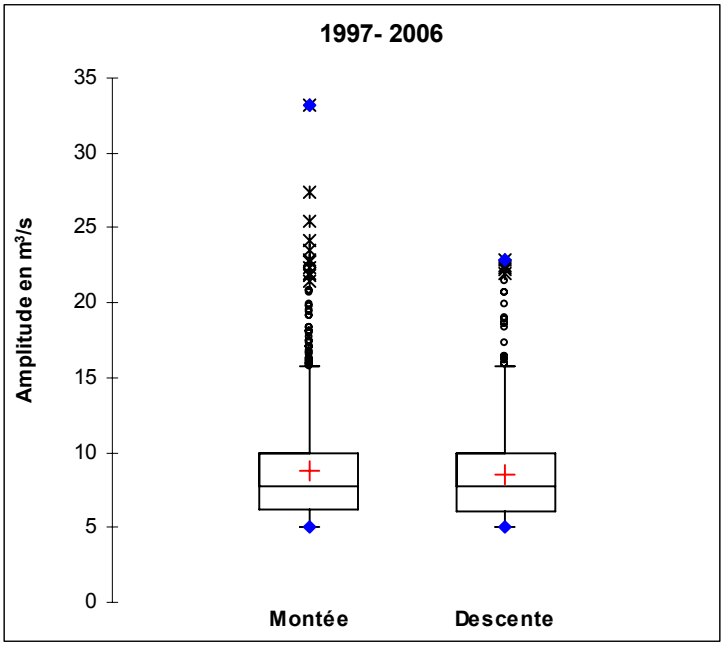



*Figure 9 : Distribution des amplitudes des variations pour la période 1997-2006*[1]

75 % des variations de débit ont une amplitude comprise entre 5 et 10 $m^3/s$ correspondant à la mise en route ou l'arrêt d'une seule turbine. La médiane, aussi bien à la hausse qu'à la baisse, est de 7,8 $m^3/s$. La variation d'amplitude la plus importante recensée correspond à la mise en route de 3 turbines soit un peu plus de 30 $m^3/s$.

[1] Le box plot représente la distribution statistique des séries de données, ici le nombre mensuel de variations. Le trait au milieu de la boite correspond à la médiane, les extrémités de la boite le 1er et le 3ème quartile, les « moustaches », l'intervalle contenant 99% des données. La croix rouge représente la moyenne et les points bleus constituent les extremums de la série de données.

- *Gradients de variations*

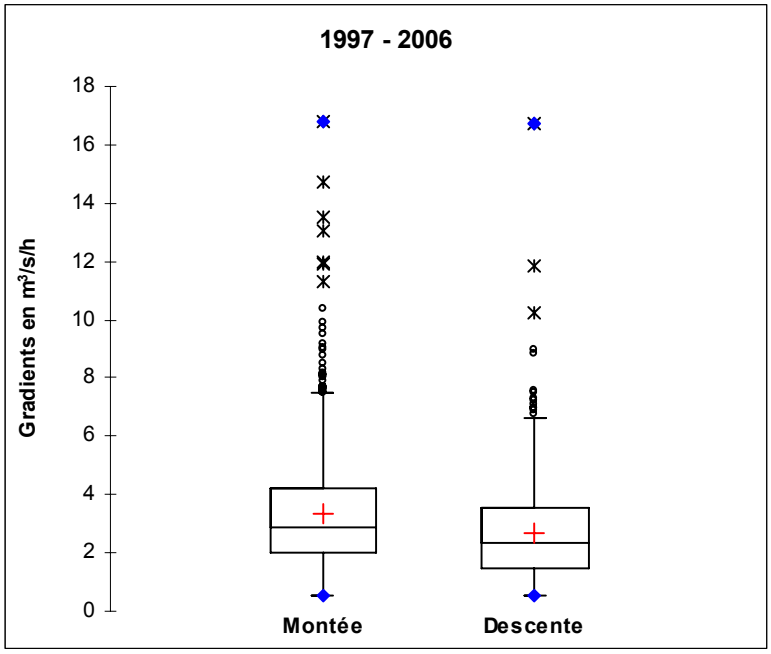



*Figure 10 : Distribution des gradients de montées et de descentes pour la période 1997-2006*

Au niveau de Saint-Viance, soit environ 9,5 km à l'aval de l'usine du Saillant, les gradients de variations de débit sont faibles, pour 75 % d'entre eux inférieurs à 4 $m^3/s/h$. L'analyse approfondie des sondes de niveau disposées sur la partie la plus influencée du linéaire permettra de mieux appréhender les hauteurs de variations des niveaux d'eau, notamment au niveau de la sonde située à l'aval immédiat de l'usine.

- *Fréquence de retour au débit réservé*

Il est intéressant de regarder le débit minimum atteint lors des baisses de débit afin de connaître la fréquence de mises hors d'eau de certaines zones pouvant être problématiques : exondation de bancs de galets, déconnexion de bras secondaires entre autres.

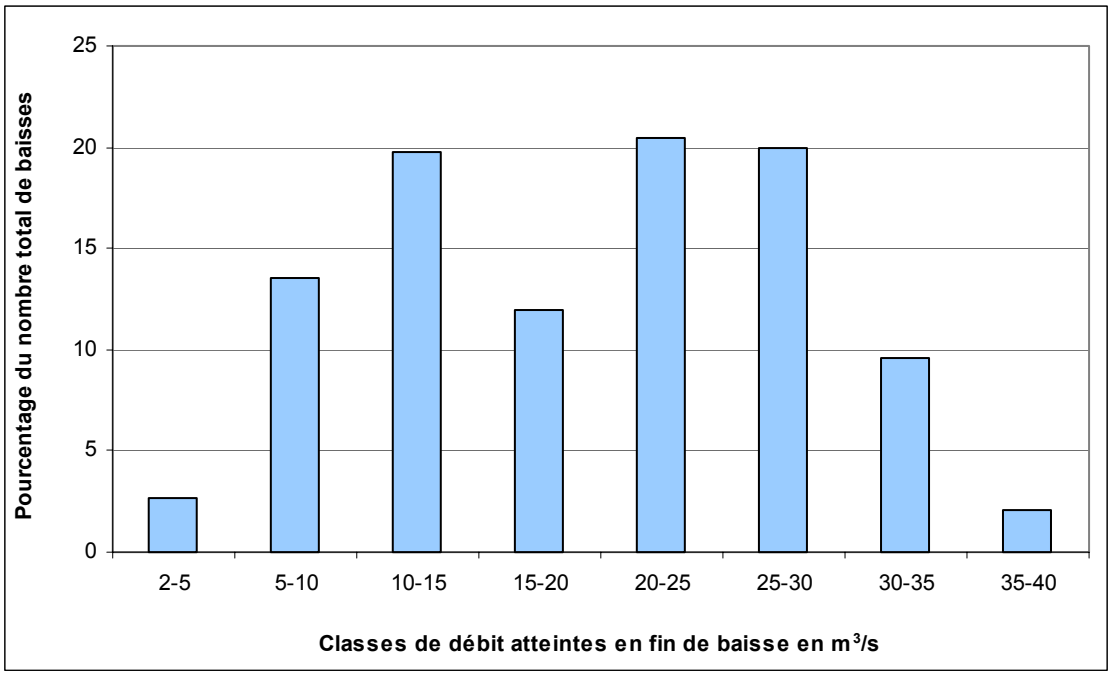



*Figure 11 : Distribution des débits de fin de variation par classe de 5 m³/s (1997-2006)*

Les retours à des débits de base compris entre 2 et 5 $m^3/s$ en fin d'éclusées n'ont lieu que 2,6 % du temps et environ 84 % des baisses de débit reviennent à un débit de base supérieur ou égal à 10 $m^3/s$, ce qui permet de maintenir en eau une large partie du lit du cours d'eau.

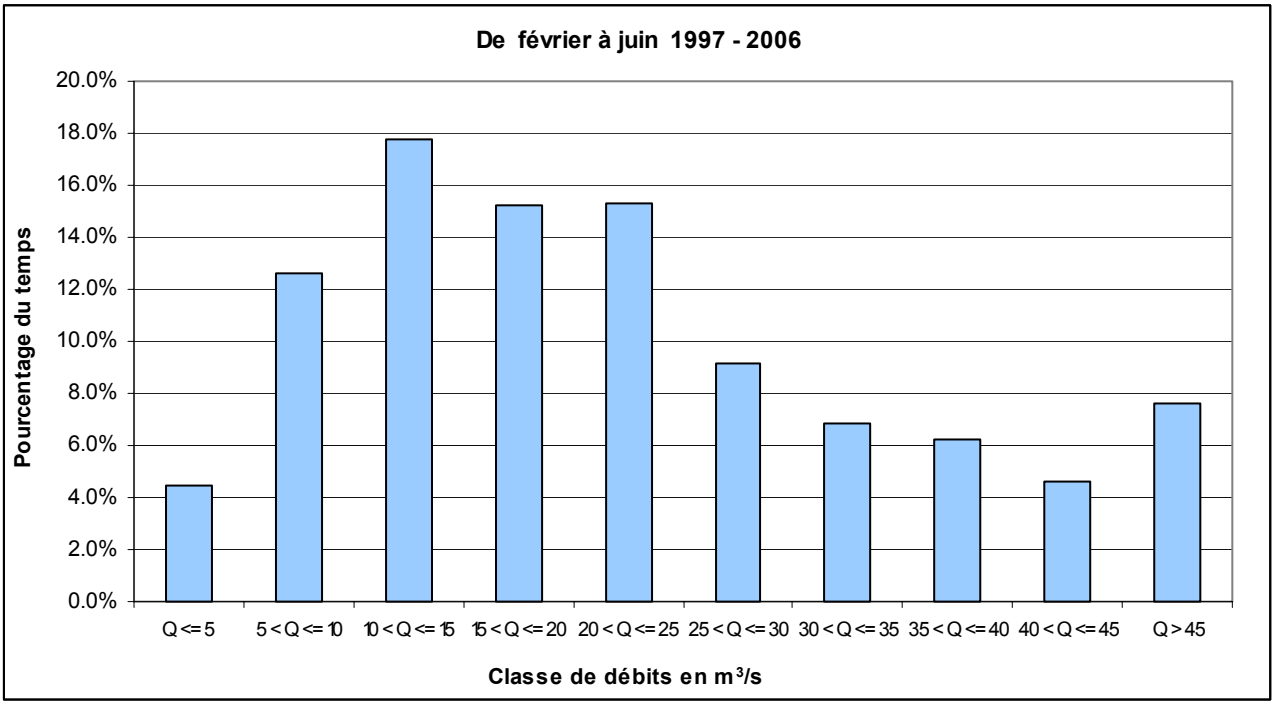



*Figure 12 : Distribution des débits en pourcentage du temps écoulé par classe de 5 m³/s (1997-2006)*

Globalement de février à juin, périodes où les alevins de salmonidés sont les plus vulnérables aux phénomènes d'échouages-piégeages, les retours au débit réservé réglementaire (gamme <= 5 $m^3/s$) sont rares. La gamme de débit la plus fréquente se situe entre 5 et 25 $m^3/s$ correspondant au fonctionnement (plus ou moins à plein régime) de 1 à 3 turbines. Enfin, malgré la faible capacité de la retenue du Saillant, les épisodes de surverse sont peu fréquents.

## *2.2. Analyse des enregistrements des capteurs de pression sur la Vézère*

Afin de mesurer les variations de hauteurs d'eau liées au fonctionnement des aménagements hydroélectriques, nous avons disposé le long de la Vézère des capteurs SP2T de marque MICREL, qui enregistrent simultanément la température de l'eau et les variations de hauteurs d'eau.

Ces sondes ont été disposées de fin avril à fin août 2007, de l'amont vers l'aval :

- à l'aval direct de la restitution des groupes de l'usine du Saillant,
- à Saint-Viance, soit environ 10 km à l'aval de l'usine,
- à Saint-Pantaléon de Larche, soit 17,2 km à l'aval de l'usine et 3,5 km à l'aval de la confluence avec la Corrèze, affluent majeur en rive gauche.

Les valeurs enregistrées par ces sondes ont ensuite été couplées aux valeurs de débits enregistrées au niveau du limnigraphe de Saint-Viance.

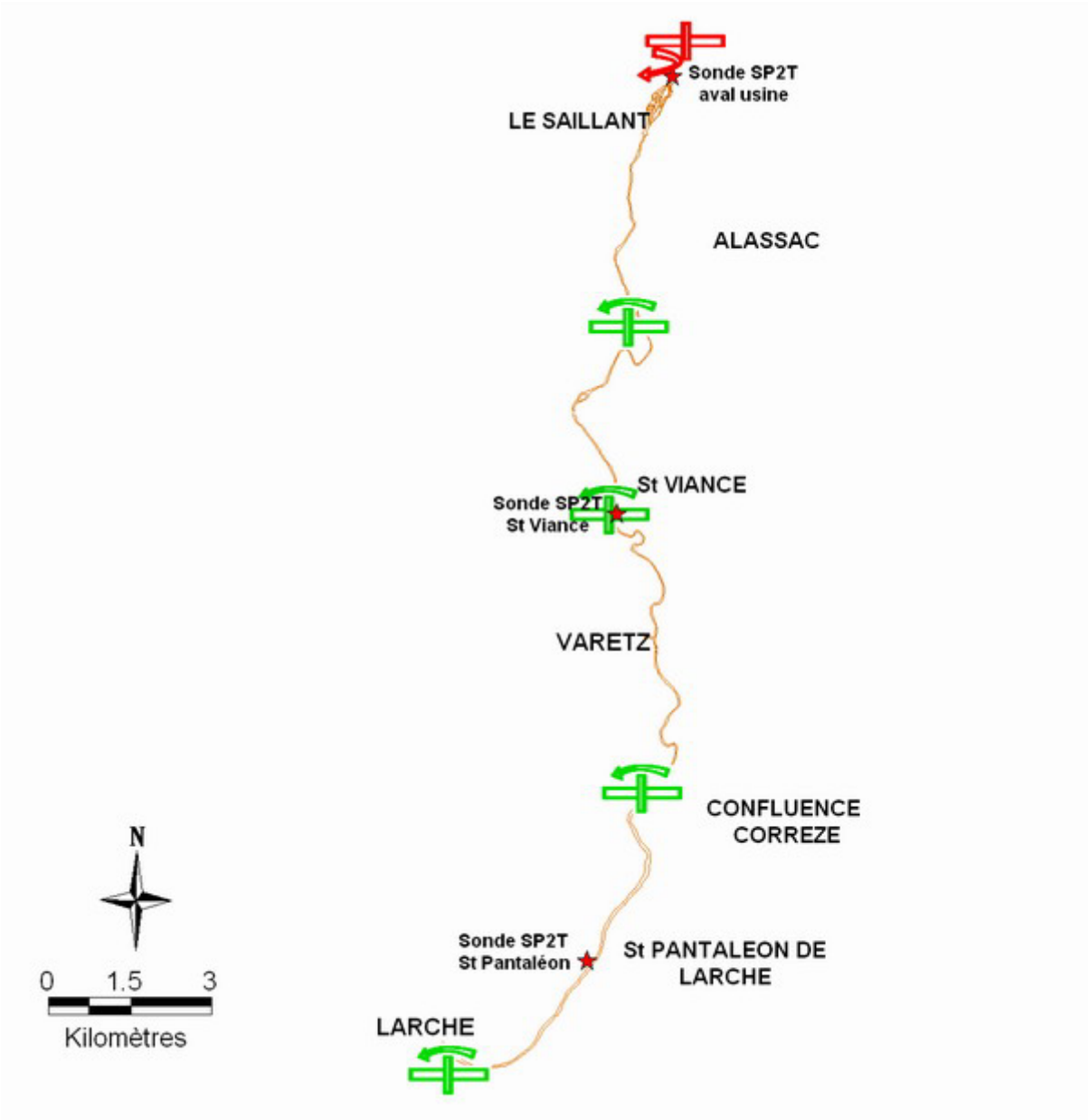



*Figure 13 : Localisation géographique des sondes SP2T sur la Vézère à l'aval de l'usine du Saillant*

### *2.2.1. Amplitudes des variations*

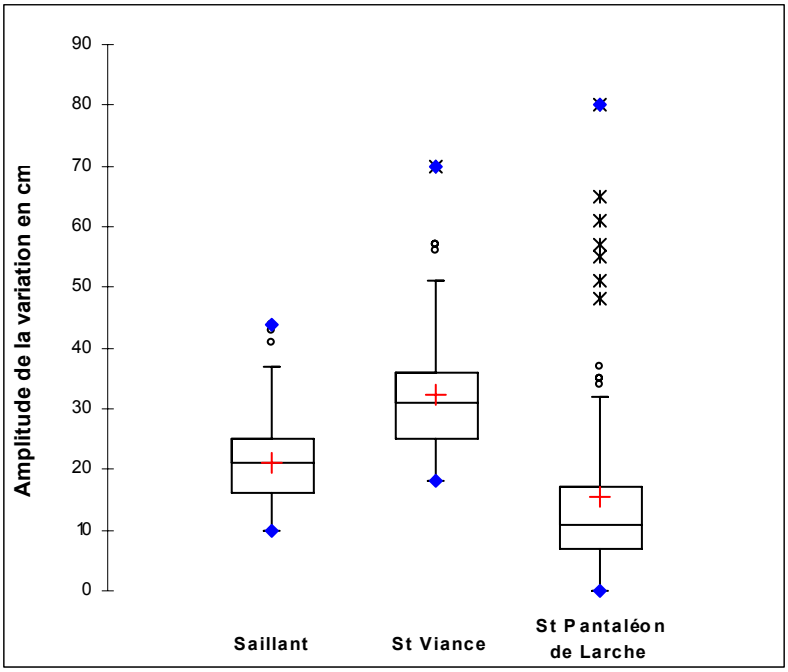



*Figure 14 : Distribution des variations de hauteurs d'eau au niveau de nos 3 sites en fonction des mêmes variations de débit (fin avril – août 2007)*

En valeur médiane, de fin avril à fin août 2007, les amplitudes mesurées sont de 21 cm à l'aval de l'usine, 31 cm à Saint-Viance et 11 cm à Saint-Pantaléon de Larche.

Le profil très chenalisé de la Vézère au niveau de Saint Viance peut expliquer l'augmentation de la médiane de l'amplitude des variations par rapport à l'aval du Saillant.

En ce qui concerne les amplitudes de variations au niveau de Saint-Pantaléon, le profil plus élargi de la Vézère après avoir reçu l'eau de la Loyre et surtout celle de la Corrèze explique cette nette diminution d'amplitude. L'amplitude moyenne des variations est divisée par 3 par rapport à Saint-Viance et par 2 par rapport à l'aval de l'usine.

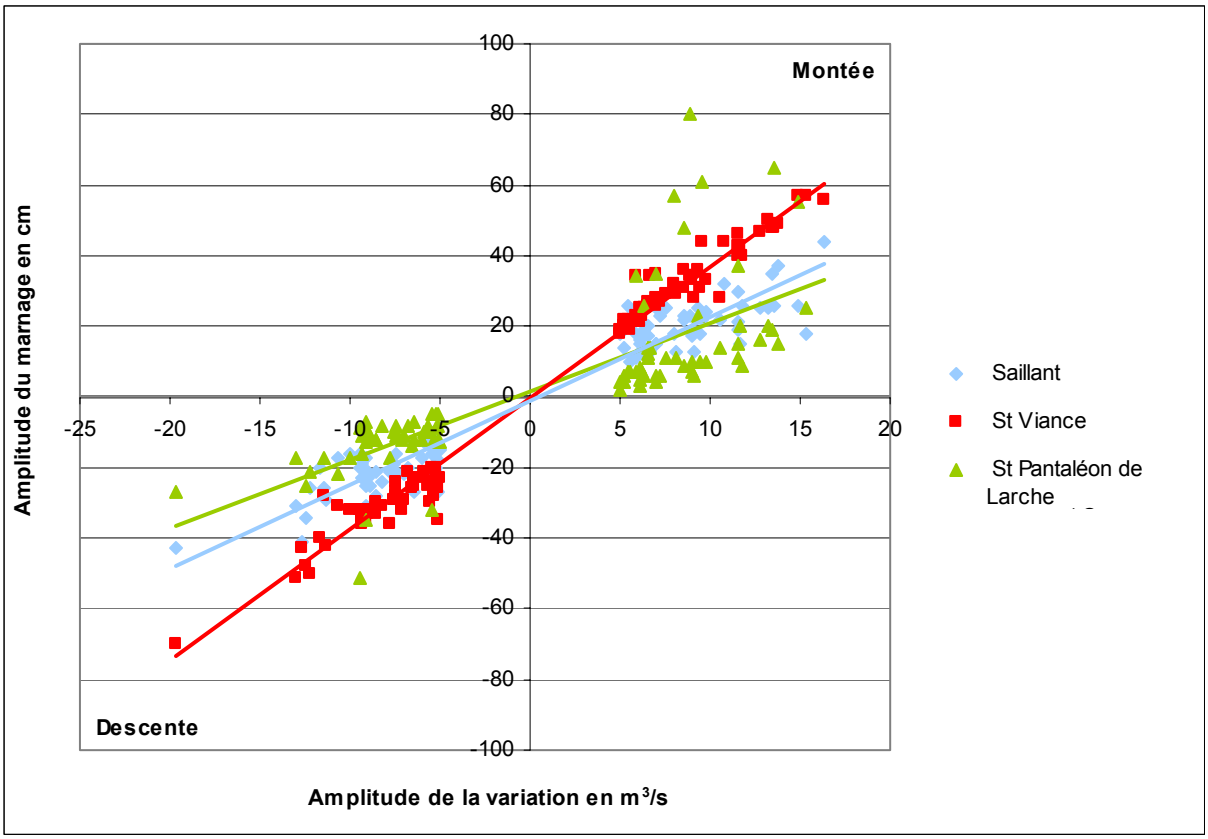



*Figure 15 : Représentation des variations des niveaux d'eau en fonction des variations de débit*

Au niveau du Saillant, comme de Saint-Viance, nous avons une relation linéaire satisfaisante entre les variations en $m^3/s$ et les variations correspondantes en cm. Cette relation existe mais est moins forte au niveau de Saint-Pantaléon.

| ***Δ Q m³/s*** | ***Δ H Saillant cm*** | ***Δ H Saint-Viance cm*** |
|---|---|---|
| 5 | 11 | 19 |
| 10 | 23 | 37 |
| 15 | 35 | 56 |
| 20 | 47 | 74 |
| 25 | 59 | 93 |
| 30 | 70 | 112 |
| 35 | 82 | 130 |

*Tableau 6 : Variations de hauteur d'eau en fonction des variations de débit*

75 % des variations recensées entre 1997 et 2006 étaient d'amplitude inférieure ou égale à 10 $m^3/s$, correspondant donc à des variations inférieures ou égales à 23 cm au Saillant et 37 cm à Saint-Viance.

Les gradients de variations attendus, pour une valeur médiane de gradient de débit de 2,5 $m^3/s/h$ à Saint-Viance, se situent donc aux alentours de 10 cm/h.

### *2.2.2. Gradients des variations*

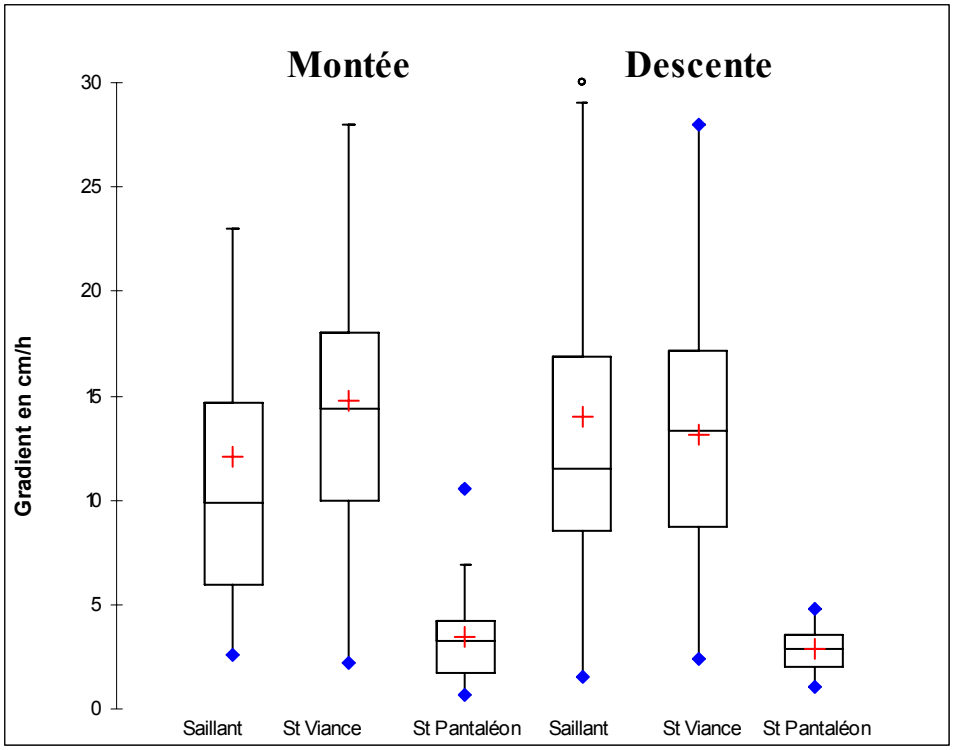



*Figure 16 : Distributions des gradients des variations au Saillant, à Saint-Viance et Saint-Pantaléon*

| ***Gradient en cm/h*** | Montée | | | Descente | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Saillant | Saint-Viance | Saint-Pantaléon | Saillant | Saint-Viance | Saint-Pantaléon |
| 1er Quartile | 5.9 | 10.0 | 1.7 | 8.6 | 8.8 | 2.0 |
| Médiane | 9.9 | 14.4 | 3.2 | 11.5 | 13.3 | 2.9 |
| 3ème Quartile | 14.7 | 18.0 | 4.2 | 16.9 | 17.2 | 3.6 |
| Moyenne | 12.1 | 14.7 | 3.4 | 14.0 | 13.1 | 2.8 |

*Tableau 7 : Récapitulatif des variations théoriques de hauteurs d'eau en fonction des variations de débit*

En aval direct de l'usine du Saillant, nous constatons que les vitesses de montée des eaux sont inférieures aux vitesses de descente. Cette tendance se confirme en allant vers l'aval où les gradients de montée et de descente restent voisins. Ceci traduit parfaitement l'artificialisation du régime hydrologique du cours d'eau puisque dans un contexte naturel, les vitesses observées lors de la montée des eaux sont nettement supérieures aux vitesses de descente.

Durant la phase de montée, les gradients observés au niveau de Saint-Viance sont nettement supérieurs à ceux observés au niveau du Saillant. Le rapport entre ces deux gradients, en valeur médiane, est de 1,5 ce qui correspondait précédemment au rapport de l'amplitude des variations, autrement dit la durée de la montée ne varie guère entre l'usine et Saint-Viance. Nous retiendrons en valeur médiane des gradients de montée de 11 cm/h à l'aval de l'usine et de 14 cm/h à Saint-Viance.

Pour la phase de descente, les gradients mesurés à l'aval de l'usine et à Saint-Viance ont des valeurs proches avec une valeur médiane aux alentours de 12 cm/h.

Aussi bien pour les montées que pour les descentes, l'effet des apports des cours d'eau en régime naturel (Loyre et Corrèze) est largement observable puisque entre Saint-Viance et Saint-Pantaléon, les gradients des variations de niveau d'eau sont divisés par 4,5 avec en valeur médiane des vitesses de l'ordre de 3 cm/h.

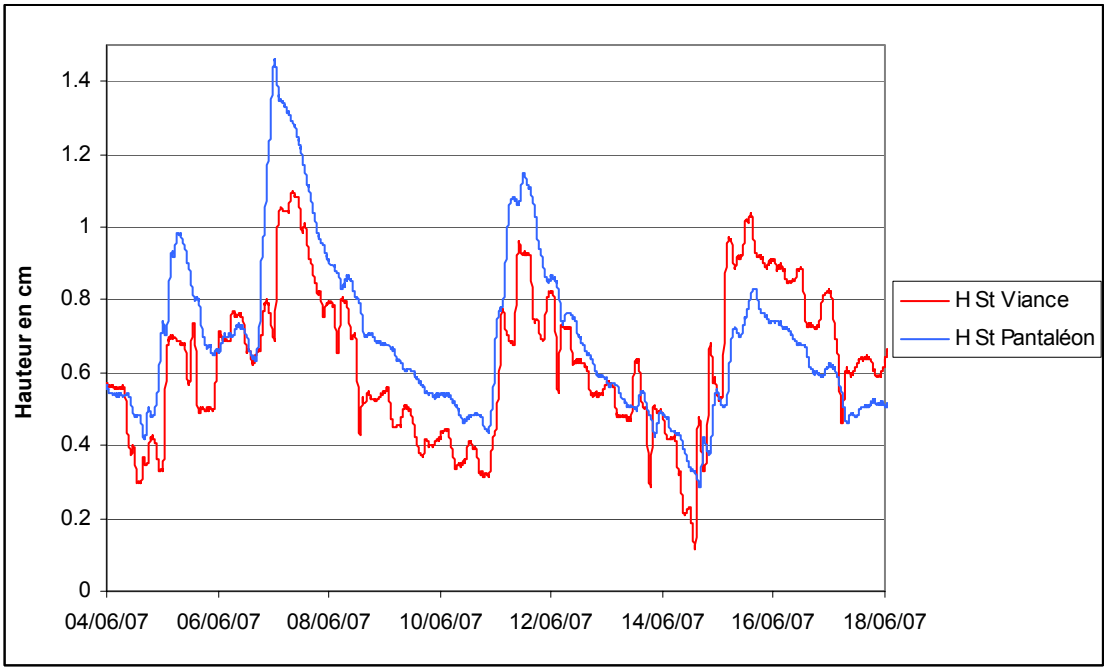



*Figure 17 : Variations enregistrées à St Viance et St Pantaléon – sondes distantes de 7,2 km*

Assez clairement, l'apport de la Corrèze (21,2 $m^3/s$ de module à Brive) lisse les plus petites variations liées au fonctionnement de l'usine du Saillant mais la variation reste visible au niveau de St Pantaléon à partir de 5 $m^3/s$.

**A l'aval de l'usine du Saillant sont constatés en moyenne par an 90 couples de variations de débit d'amplitude supérieure ou égale à 5 $m^3/s$. Ces amplitudes, aussi bien lors des hausses de débit que des baisses, sont à 75 % inférieures ou égales à 10 $m^3/s$. Les gradients médians observés sont de l'ordre de 2,5 $m^3/s/h$ à Saint-Viance et à 75 % inférieurs à 4 $m^3/s/h$. Enfin les retours à de faibles débits (inférieur à 5 $m^3/s$) sont rares en période d'éclusées.**

**Les capteurs de pression ont permis de mettre en avant des réponses hétérogènes sur l'ensemble du linéaire. Une variation de débit de 10 $m^3/s$ à l'usine entraîne une variation de hauteur d'eau de 23 cm juste à l'aval. Cette variation de hauteur est multipliée par 1,5 à Saint-Viance soit environ 35 cm pour 10 $m^3/s$ puis est divisée par 3 à Saint-Pantaléon de Larche soit environ 12 cm pour 10 $m^3/s$. Les gradients médians mesurés de fin avril à fin août 2007 sont de 11 cm/h à l'aval de l'usine, 14 cm/h à Saint-Viance et 3 cm/h à Saint-Pantaléon.**

**La sensibilité de la Vézère, en aval du Saillant, aux variations des niveaux d'eau est plutôt moindre comparée à la Maronne, la Dordogne et la Cère. En période de reproduction des salmonidés, les débits sont généralement suffisants pour maintenir en eau les principales zones de fraie recensées dans le rapport « potentiel d'accueil en géniteurs et juvéniles de saumon sur la Vézère » (Cazeneuve *et al*, juin 2008). La**

**morphologie très chenalisée du cours d'eau limite les zones rivulaires potentiellement piégeuses pour les alevins. Les déconnexions de bras sont également limitées en période de post-émergence grâce aux débits souvent soutenus (95% des débits supérieurs à 5 $m^3$/s de février à juin). Enfin, les vitesses de variations de niveau d'eau se situent proches des valeurs préconisées pour limiter les échouages de salmonidés (10 cm /h, Halleraker *et al* , 2003) et en dessous de ces valeurs en aval de la confluence de la Loyre et de la Corrèze.**

## 3. Variations de hauteurs d'eau liées au fonctionnement de l'usine de Brugales sur la Cère

La Cère est un des affluents majeurs de la Dordogne en aval du barrage du Sablier. Elle conflue avec la Dordogne à Girac dans le département du Lot. Elle a largement été équipée pour la production hydroélectrique, avec notamment des usines fonctionnant par éclusées. L'ouvrage de Brugales, dernier de la chaîne, fonctionne également par éclusées.

*Figure 18 : Les différents aménagements hydroélectriques de la Cère (schéma tiré du contrat de rivière Cère, **EPIDOR**, septembre 2000)*

L'objectif est ici de mieux connaître les variations et les gradients de hauteurs d'eau liés au fonctionnement par éclusées de l'usine de Brugales (plus parlant que les variations de débit) jusqu'à la confluence avec la Dordogne, après avoir décrit le régime hydrologique et le contexte hydro-morphologique dans un précédent rapport (**Cazeneuve et Lascaux**, février 2008).

Depuis plusieurs années maintenant, avec la mise en place d'un suivi « exhaustif » de la reproduction des grands salmonidés sur le bassin de la Dordogne (**E.CO.G.E.A. pour MI.GA.D.O,** 2000 à 2007), une activité de reproduction notable est constatée tous les ans sur la Cère en aval de l'usine de Brugales (de 5 à 35 frayères selon les années).

A cette problématique « salmonidés », vient s'ajouter l'impact du fonctionnement de Brugales sur les larves de lamproie marine. En effet, la Cère constitue un site privilégié de reproduction de la lamproie marine. Le comportement de ces larves lors des variations de niveau d'eau est méconnu mais le fait qu'elles vivent enfouies aussi bien dans le sable, que dans les dépôts organiques et les limons, les rend vulnérables aux exondations de ces zones, bien souvent situées en bordure du cours d'eau ou dans des zones d'îlots, abritées des courants principaux du chenal.

### *3.1. Rappel rapide concernant le fonctionnement de l'usine de Brugales* ***(voir Cazeneuve et Lascaux,*** *février 2008)*

L'usine de Brugales est équipée de 7 turbines Kaplan pour un débit maximum turbinable de 52,5 $m^3/s$ (soit 2 fois le module).

Le débit réservé réglementaire est de 1 $m^3/s$ (3,8 % du module) mais EDF délivre un débit réservé de l'ordre de 2 $m^3/s$ (7,6 % du module) auquel viennent s'ajouter les apports du ruisseau d'Orgues et du Négreval.

Les éclusées sur la rivière Cère en aval de Brugales sont au nombre de 140 en moyenne par an, principalement d'octobre à avril. Leur amplitude varie, pour 85 % des cas, de 7 à 21 $m^3/s$ (pour un module de la rivière de 26.2 $m^3/s$). Leur gradient moyen à Bretenoux est 10 $m^3/s/h$ à la hausse et de 7 $m^3/s/h$ à la baisse, soit des variations de 10 à 15 cm/h (10 cm/h étant la limite en dessous de laquelle il faudrait descendre pour limiter le risque d'échouage d'alevins de salmonidés[2]). En période d'émergence et des tous premiers stades de développement libre des alevins de salmonidés (donc en période de risque maximum d'échouages-piégeages), les débits à Bretenoux restent à 80% du temps supérieurs à 9 $m^3/s$ (soit le fonctionnement d'une turbine plus les apports intermédiaires entre Brugales et Bretenoux). **20% du temps, ils se situent donc entre 3 et 9 $m^3/s$.**

### *3.2. Analyse des enregistrements des capteurs de pression sur la Cère*

Afin de mesurer les variations de hauteurs d'eau liées au fonctionnement de l'aménagement hydroélectrique, nous avons disposé le long de la Cère des capteurs SP2T de marque MICREL, qui enregistrent simultanément la température de l'eau et les variations de hauteur d'eau.

Un premier capteur a été installé environ 500 mètres à l'aval de la retenue de Brugales, mesurant donc les variations de niveau d'eau proches des groupes, sur la partie de la Cère la plus influencée. Le second capteur a été installé au lieu dit Loulié, environ 2 km à l'amont de la confluence avec la Dordogne.

---

[2] **Halleraker J.H., Saltveit S.J., Harby A., Arnekleiv J.V., Fjelstad H.P., Kohler B., 2003**. Factors influencing stranding of wild juvenile brown trout (salmo trutta) during rapid and frequent flow decreases in a artificial stream. *River Research and Applications 19:589-603.*

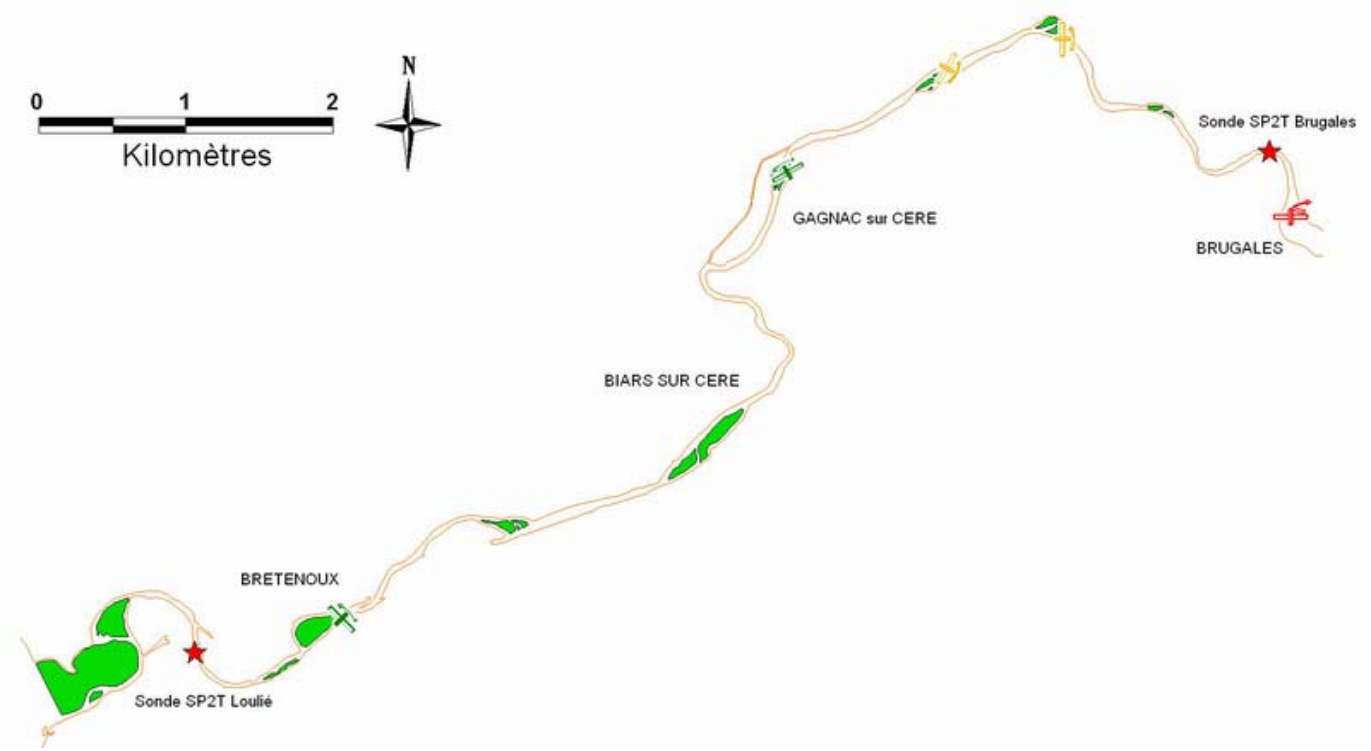



*Figure 19 : Localisation géographique des sondes SP2T sur la Cère à l'aval de Brugales*

Les sondes ont été mises en place le 1er avril 2007 et ont été retirées au début du mois d'août. Elles n'ont pas pu être mises en place avant, du fait des débits importants durant les mois de février et mars.

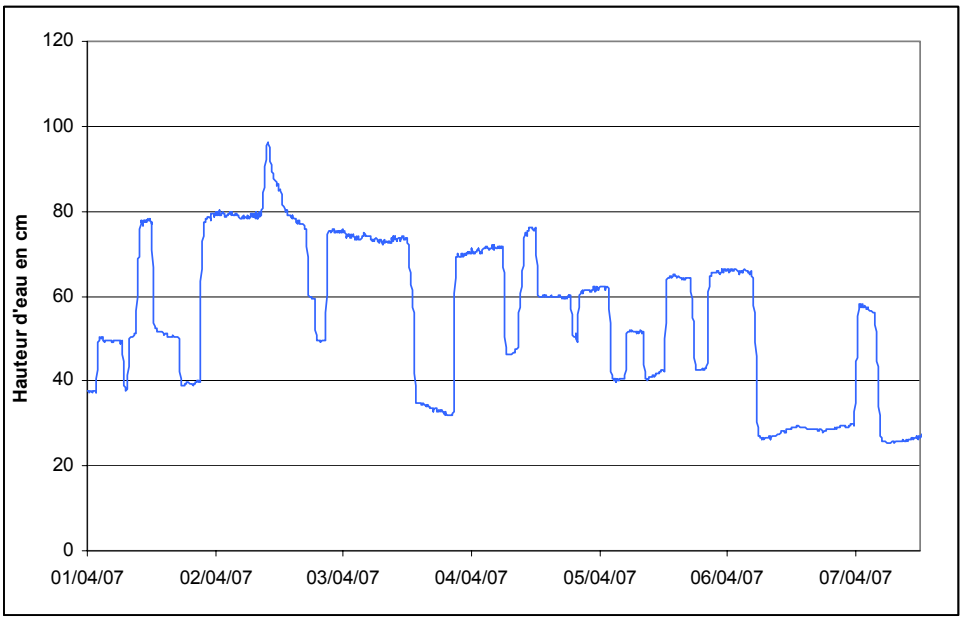



*Figure 20 : Un exemple d'enregistrement du capteur SP2T au niveau de Brugales*

### *3.2.1. Amplitude des variations*

| | Montée Brugales | Montée Loulié | Descente Brugales | Descente Loulié |
|---|---|---|---|---|
| Δ H > 5 cm | 141 | 176 | 141 | 168 |
| Δ H > = 10 cm | 121 | 117 | 116 | 105 |
| Δ H > = 20 cm | 72 | 70 | 70 | 67 |
| Δ H > = 30 cm | 29 | 41 | 31 | 40 |

*Tableau 8 : Récapitulatif du nombre de variations à Brugales et Loulié par gamme de hauteur (1er avril – 31 juillet 2007)*

| | Montée Bretenoux | Descente Bretenoux |
|---|---|---|
| Δ Q > = 7 $m^3/s$ | 80 | 73 |

*Tableau 9 : Récapitulatif du nombre de variations de débit à Bretenoux (1er avril – 31 juillet 2007)*

Tout d'abord, il convient de mentionner que le nombre de variations de hauteur dénombrées aussi bien en montée qu'en descente sont proches.

L'évolution amont-aval du nombre de variations en fonction de l'amplitude n'est pas très marquée. On notera toutefois un nombre plus important (+ 35%) de variations comprises entre 5 et 10 cm à Loulié très certainement sous l'effet des microcentrales (Le Frau, Lagrénerie et Port de Gagnac) implantées entre nos deux sondes. On constate aussi un nombre de variations plus important à Loulié (+ 35%) dans les fortes amplitudes imputables aux coups d'eau sur les affluents et qui viennent accentuer l'amplitude des variations liées aux éclusées.

En ce qui concerne les variations d'amplitude supérieure ou égale à 20 cm, les nombres recensés sont équivalents entre Brugales et Loulié. Ces variations correspondent approximativement à des variations d'amplitude supérieure ou égale à 7 $m^3/s$ comme en témoigne le tableau 9.

Sur les 122 jours, où les sondes se trouvaient dans l'eau, nous avons eu plus d'un jour sur deux des variations d'amplitude supérieure à 20 cm.

La figure suivante présente la distribution des amplitudes des variations enregistrées entre le 1er avril et le 31 juillet.

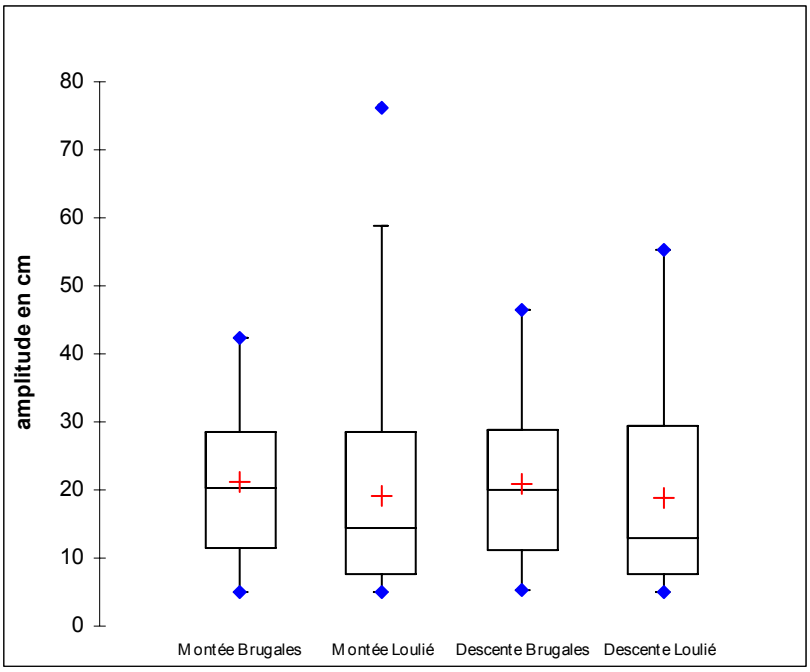



*Figure 21 : Distribution des amplitudes des variations enregistrées du 1er avril au 31 juillet 2007 à Brugales et Loulié*

La moyenne des variations enregistrées aussi bien à Brugales qu'à Loulié se situe aux alentours de 20 cm alors que la médiane diminue de façon significative à Loulié (13,5 cm). La moyenne à Loulié est tirée vers le haut par les coups d'eau sur les affluents durant cette période. 75 % des variations, aussi bien à Loulié qu'à Brugales , ont été inférieures à 30 cm durant cette période.

### *3.2.2. Gradient des variations*

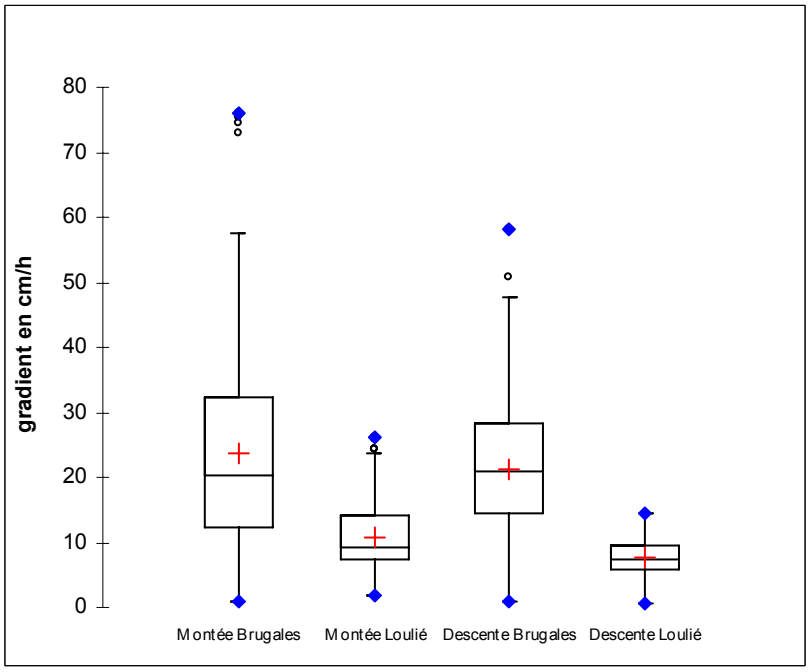
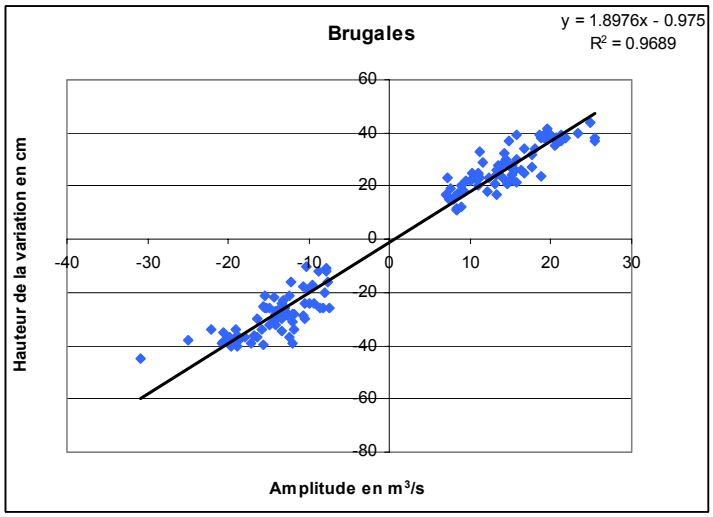



*Figure 22 : Distribution des gradients des variations enregistrées du 1er avril au 31 juillet 2007 à Brugales et Loulié*

Sur chaque site, les gradients observés à la baisse sont inférieurs et moins variables que ceux observés à la hausse. En valeur médiane, ce sont des valeurs de 20,3 cm/h et 9,2 cm/h qui sont observées en montée et 20,9 cm/h et 7,4 cm/h en descente, respectivement à Brugales et Loulié. Les gradients s'atténuent donc en allant vers l'aval, en restant à la limite des 10 cm/h correspondant à la valeur seuil mentionnée pour réduire de façon significative les échouages de poissons (**Halleraker** *et al*, 2003).

### *3.2.3. Relation variation de hauteur - variation de débit*

Afin de connaître de façon précise, les variations de hauteur associées aux variations de débit correspondante, nous avons isolé sur les enregistrements, les baisses de niveau d'eau **franches** aussi bien à Brugales qu'à Loulié, que nous avons couplées aux baisses de débit.



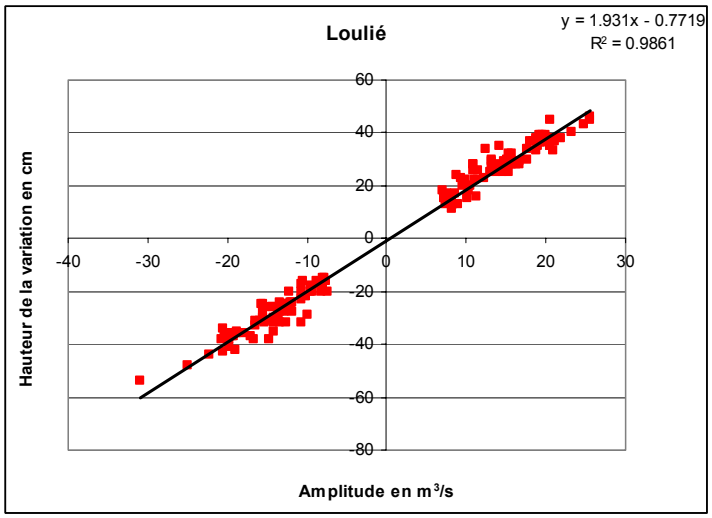




*Figure 23 et 24 : Amplitude des variations de hauteur d'eau mesurées à Brugales et Loulié en fonction des variations de débit*

Les relations obtenues sont satisfaisantes et nous permettent d'établir le tableau suivant.

| variation en $m^3/s$ | Brugales en cm | Loulié en cm | Bretenoux en cm |
|---|---|---|---|
| 5 | 8.5 | 8.9 | 8 |
| 10 | 18 | 18.5 | 15 |
| 15 | 27.5 | 28.2 | 22 |
| 20 | 37 | 37.8 | 28 |
| 25 | 46.5 | 47.5 | 35 |
| 30 | 56 | 57.2 | 42 |
| 35 | 65.4 | 66.8 | 49 |
| 40 | 74.9 | 76.5 | 55 |

*Tableau 10 : Variations de hauteurs à Brugales, Loulié et Bretenoux (rappel) en fonction des variations de débit*

Aussi bien à Brugales qu'à Loulié, soit 11 km à l'aval, la mise en service ou l'arrêt simultané de 2 groupes de l'usine (15 $m^3/s$ environ) induit des variations de niveau d'eau proches de 28 cm (22 cm au limnigraphe de Bretenoux).

**85% des variations de débit observées sur la Cère sont comprises entre 7 et 21 $m^3/s$, ce qui correspond à des variations de niveau d'eau d'amplitude comprises entre 15 et 40 cm sur tout le linéaire de la Cère. Les vitesses de variations de niveau d'eau sont maximales au niveau de Brugales, de l'ordre de 20 cm/h en valeur médiane et diminuent progressivement pour atteindre des valeurs de 7,4 cm/h en valeur médiane à la baisse à Loulié, 11 km en aval de l'aménagement de Brugales.**

**La Cère est morphologiquement moins chenalisée que la Vézère. Elle présente de nombreux bancs de galets exondables et des zones d'îlots, ce qui la rend plus sensible aux variations des niveaux d'eau. En période printanière, 20% des débits se situent entre 3 et 9 $m^3/s$. La prospection hydro-morphologique de la Cère (Cazeneuve et Lascaux, février 2008) avait révélé que même avec un débit de base de 7 $m^3/s$ à Brugales (alors que le débit réservé réglementaire est actuellement de 1 $m^3/s$), il restait encore des sites sensibles, notamment vis à vis de la problématique échouages-piégeages de poissons au printemps. Les sondes de niveau ont également permis de montrer que la vitesse de variation des niveaux d'eau notamment sur la partie amont du secteur d'études pouvait s'avérer problématique pour des alevins de salmonidés émergents avec des valeurs médianes lors des baisses de débit de l'ordre de 20 cm/h à l'aval de Brugales, de 10 cm/h à Bretenoux et 7,4 cm/h à Loulié.**

## 4. Conclusion

L'usine du Saillant sur la Vézère fonctionne au fil de l'eau, en recevant les eaux de l'usine de Peyrissac, démodulant elle-même les éclusées de Treignac. Les variations de débit à l'aval du Saillant, à la fréquence annuelle de 90 hausses et baisses, sont principalement de faible amplitude : 75 % d'entre elles sont inférieures ou égales à 10 $m^3/s$. Les vitesses de variation des niveaux d'eau se situent proches des valeurs préconisées pour limiter les échouages de jeunes salmonidés (10 cm/h, **Halleraker** *et al* , 2003), avec en valeur médiane 12 cm/h à l'aval de l'usine du Saillant et à Saint-Viance, et s'abaissent de façon très nette à l'aval de la confluence avec la Corrèze (3 cm/h). A cela s'ajoute une morphologie monotone du lit chenalisé de cette rivière avec de rares zones d'îlots et de nombreux seuils, autant de caractéristiques qui font que la sensibilité de la Vézère aux variations de niveau d'eau est actuellement assez limitée, en aval du Saillant, vis-à-vis des problématiques exondations de frayères et échouages-piégeages de poissons migrateurs et /ou à forte valeur patrimoniale.

A l'inverse sur la Cère, les nombreux bancs de galets exondables, les zones d'îlots et bras constituent des sites potentiellement problématiques lors des baisses des niveaux d'eau. Les éclusées sont plus nombreuses (140 hausses ou baisses, d'amplitude d'au moins 7 $m^3/s$), les amplitudes de variation plus importantes (85 % entre 7 et 21 $m^3/s$), les gradients plus rapides notamment à l'aval direct de l'usine de Brugales (20 cm/h). La sensibilité de la Cère aux variations de niveau d'eau est donc nettement plus importante, ce qui a pu être confirmé par nos observations sur le terrain. Des problèmes dans le déroulement du cycle biologique de 10 espèces de poissons avaient pu être constatés (mortalités par échouages-piégeages et exondations de frayères) lors de nos prospections en 2006 (**Cazeneuve et Lascaux,** février 2008).

# BIBLIOGRAPHIE

**Chanseau, M et Gaudard, G., 2005**. Repeuplement en saumon atlantique (salmo salar L.) du bassin de la Dordogne. Suivi des zones de grossissement des juvéniles. Synthèses des actions 2004. Rapport MI.GA.DO. 11D-05-RT.

**Cazeneuve L. et Lascaux J.M., février 2008.** Les éclusées sur la Cère à l'aval de Brugales. Analyses hydrologiques, premiers suivis biologiques, esquisse hydromorphologique de la rivière. Rapport 4D-08-RT.

**Cazeneuve L., Vandewalle F., Lascaux J.M., juin 2008.** Cartographie hydromorphologique de la Vézère, à l'aval du barrage du Saillant dans le département de la Corrèze. Evaluation de ses potentialités de production en saumon atlantique.

**E.CO.G.E.A pour MI.GA.DO., 2000 à 2007.** Suivi de la reproduction naturelle des grands salmonidés migrateurs sur le bassin de la Dordogne en aval du barrage du Sablier (départements de la Corrèze et du Lot) – Automne Hiver 99/00, 00/01, 01/02, 02/03, 03/04, 04/05, 05/06, 06/07.

**EDF,** 1999. Aménagement hydro-électrique du bassin de la Dordogne. Plaquette d'information.

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

**Halleraker J.H., Saltveit S.J., Harby A., Arnekleiv J.V., Fjelstad H.P., Kohler B., 2003**. Factors influencing stranding of wild juvenile brown trout (salmo trutta) during rapid and frequent flow decreases in a artificial stream. River Research and Applications 19:589-603.

**Lauters F., 1995**. Impacts sur l'écosystème aquatique de la gestion par éclusées des ouvrages hydroélectriques. Etude de quelques cours d'eau et analyse des phénomènes mis en jeu. Thèse. Université Paul Sabatier 188 p.

**Liébig H., 1998**. Etude du recrutement de la truite commune d'une rivière de moyenne montagne. Effets de la gestion par éclusées d'une centrale hydroélectrique. Thèse de l'INP-ENSAT.

**OFEFP, 2003**. Conséquences écologiques des éclusées. Etude bibliographique. 109 p.

**Olivier, J.M., Poinsart D., 1988**. Impacts biologiques du fonctionnement par éclusées des ouvrages hydroélectriques de la rivière Ain. Rapport A.R.A.L.E.P.B.P., Université Claude Bernard Lyon I : 71p.

**Saltveit S.J., Hallereker J.H., Arnekliev J.V. and Harby A., 2001**. Field experiment on stranding in juvenile atlantic salmon (Salmo Salar) and brown trout (Salmo Trutta) during rapid flow decreases caused by hydropeaking. Regulated rivers : research and management, 17 : 609-622.

# SOMMAIRE

**1. INTRODUCTION ..... 1**

**2. LA VEZERE ET SON REGIME HYDROLOGIQUE INFLUENCE ..... 2**

2.1. ANALYSE DU REGIME HYDROLOGIQUE ..... 2

*2.1.1. Les débits caractéristiques de la Vézère (1973 à 2007 - Données banque HYDRO à Saint-Viance) ..... 3*

*2.1.2. L'aménagement du Saillant ..... 5*

*2.1.3. Les variations de débit à l'aval du Saillant ..... 5*

2.2. ANALYSE DES ENREGISTREMENTS DES CAPTEURS DE PRESSION SUR LA VEZERE ..... 11

*2.2.1. Amplitudes des variations ..... 13*

*2.2.2. Gradients des variations ..... 15*

**3. VARIATIONS DE HAUTEURS D'EAU LIEES AU FONCTIONNEMENT DE L'USINE DE BRUGALES SUR LA CERE ..... 17**

3.1. RAPPEL RAPIDE CONCERNANT LE FONCTIONNEMENT DE L'USINE DE BRUGALES ..... 18

3.2. ANALYSE DES ENREGISTREMENTS DES CAPTEURS DE PRESSION SUR LA CERE ..... 18

*3.2.1. Amplitude des variations ..... 20*

*3.2.2. Gradient des variations ..... 21*

*3.2.3. Relation variation de hauteur - variation de débit ..... 22*

**4. CONCLUSION ..... 23**

*Les données figurant dans ce document ne pourront être exploitées de quelque manière que ce soit, sans l'autorisation écrite préalable de MI.GA.DO. et de ses partenaires financiers.*