



## Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in : <http://oatao.univ-toulouse.fr/>  
Eprints ID : 11256

**To link to this article** : DOI: 10.1051/lhb/2012001  
<http://dx.doi.org/10.1051/lhb/2012001>

**To cite this version** : Courret, dominique and Chanseau, Matthieu and Lascaux, Jean-Marc and Larinier, Michel *Impacts écologiques des éclusées hydroélectriques. Caractérisation des régimes d'éclusées et Retour d'expérience sur la Maronne*. (2012) La houille blanche (n° 1). pp.8-14. ISSN 0018-6368

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: [staff-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr](mailto:staff-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr)

# Impacts écologiques des éclusées hydroélectriques

## Caractérisation des régimes d'éclusées

### et Retour d'expérience sur la Maronne

Dominique COURRET<sup>1</sup>, Matthieu CHANSEAU<sup>2</sup>, Jean-Marc LASCAUX<sup>3</sup>, Michel LARINIER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pôle Ecohydraulique ONEMA – IMFT - Cemagref, e-mail : courret@imft.fr; larinier@imft.fr

<sup>2</sup> MIGADO, puis ONEMA (Direction Interrégionale de Toulouse), e-mail : matthieu.chanseau@onema.fr

<sup>3</sup> ECOGEA, e-mail : jean-marc.lascaux@ecogea.fr

**RÉSUMÉ.** – Les éclusées hydroélectriques peuvent impacter de manière conséquente les populations de poissons, et plus particulièrement compromettre le recrutement des espèces diadromes comme le saumon. Pour progresser dans la compréhension des impacts et la définition des mesures de mitigation, il s'avère nécessaire de coupler des suivis biologiques long-terme, une analyse hydrologique avec une caractérisation des régimes d'éclusées, ainsi qu'une approche hydromorphologique. Une méthodologie de caractérisation hydrologique des régimes d'éclusées est dans un premier temps présentée. Leur diversité et leur importante variabilité sont illustrées. On présente ensuite le retour d'expérience acquis sur la Maronne, cours d'eau affluent de la Dordogne en aval d'Argentat soumis aux éclusées de l'aménagement de Hauteffage. Les suivis biologiques et les études hydrologiques et hydromorphologiques ont permis de mieux appréhender et quantifier certains impacts (exondations de frayères, échouages-piégeages d'alevins), d'étayer des mesures de mitigation et d'en évaluer l'efficacité. L'intérêt de travaux ponctuels sur la morphologie en complément des mesures sur la gestion des débits est également illustré. Des résultats positifs ont déjà été obtenus. Les réflexions se poursuivent sur la Maronne pour obtenir une situation vraiment satisfaisante. Cet exemple montre que l'état actuel des connaissances ne permet pas, sur un cours d'eau donné, de prédéfinir des mesures de mitigation des impacts des éclusées, tout en garantissant leur efficacité. Cela amène à prôner la mise en place de démarche d'étude similaire sur d'autres cours d'eau, pour identifier les réponses des communautés biologiques en fonction des caractéristiques des éclusées et des hydrosystèmes.

Mots clefs : Eclusées, Perturbation hydrologique, Mitigation, Maronne

## Issue of ecological impacts due to hydropeaking management

### Characterization of hydropeaks - Operating experience on Maronne River

**ABSTRACT.** – Hydropeaking management can consistently alter fish populations, and particularly recruitment of diadromous species, like salmon. To progress in understanding the impacts and defining mitigation measures, it appears essential to combine long-term biological survey, hydrological analysis including hydropeaks characterization, and hydro-morphologic approach. In a first time, a methodology for hydrological characterization of hydropeaks is presented. Their diversity and high variability are illustrated. Then, we present operating experience on Maronne River, a tributary of the Dordogne River downstream Argentat affected by hydropeaks of Hauteffage scheme. Biological surveys and hydrologic and hydro-morphologic studies allowed a better understanding and a quantification of some biological impacts (redds dewatering, stranding-trapping of alevins), to support mitigation measures and to assess its effectiveness. The relevance of work on morphology, in addition to measures on flow management, is also illustrated. Some positive results have already been obtained. Studies on the Maronne River are pursued to achieve a really satisfactory situation. This example shows that the current knowledge does not allow, on a given stream, to predefine mitigation measures and ensure their efficiency. This leads to advocate the setting up of similar approach on other river, to identify biological communities' responses depending on the characteristics of hydropeaks and hydrosystems.

Key words : Hydropeaking, Hydrological perturbation, Mitigation, Maronne river

## I. INTRODUCTION

On dénombre en France plus de 150 aménagements hydroélectriques exploités par éclusées, qui se trouvent essentiellement dans les massifs des Alpes, des Pyrénées et du Massif Central, certains étant organisés en chaîne. Cette exploitation par éclusées a pour objectif la production d'énergie de pointe via le turbinage, ciblé dans le temps, de volumes d'eau préalablement stockés dans des retenues. A l'aval des centrales, ces éclusées se traduisent dans le cours d'eau par des variations brutales de débit dues au démarrage

et à l'arrêt du turbinage. Cette gestion, induisant de fait des déplacements de volumes d'eau à différentes échelles de temps (journalière, hebdomadaire, voire saisonnière), est susceptible de perturber considérablement l'hydrologie naturelle des cours d'eau.

La gestion par éclusées induit le plus souvent des altérations plus ou moins conséquentes de la composition, de l'abondance et de la structure en âge des populations de poissons et d'invertébrés, sur des linéaires pouvant atteindre plusieurs dizaines de km [Moog 1993, Sabaton 1995, Valentin 1997, Baumann 2003]. Des mortalités directes

peuvent être notamment causées par l'exondation des pontes lors de retours à des bas débits en période de reproduction, par la dérive des alevins lors des hausses de débit, ou par des échouages-piégeages d'alevins, voire d'adultes, dans les zones rapidement découvertes ou déconnectées lors des baisses de débit [Baumann 2003]. Hors période de turbinage, les conditions d'habitat au débit minimum vont également structurer les peuplements [Sabaton 1995].

Les impacts des éclusées hydroélectriques peuvent par ailleurs compromettre la reproduction et la production de juvéniles des espèces migratrices diadromes. Cette problématique concerne notamment le saumon atlantique sur bon nombre de ses axes de migration, aussi bien en France (Gave d'Ossau, Gave de Pau, Pique, Garonne, Ariège, Dordogne, Maronne, Cère, Allier, Sioule,...) qu'à l'étranger.

Selon la configuration des aménagements hydroélectriques, les tronçons soumis aux éclusées peuvent de plus subir des impacts liés à la présence même du barrage et de la retenue : modifications du régime thermique et de la physico-chimie, modifications morphologiques consécutives au blocage du transport solide dans la retenue et à l'écrêtage des crues, impacts des vidanges... Les ouvrages généralement de grande hauteur induisent par ailleurs une rupture souvent irrémédiable de la continuité écologique. Les plans de rétablissement de la libre circulation piscicole trouvent fréquemment leur limite amont au pied de ces ouvrages. Les poissons en montaison peuvent ainsi être amenés à s'accumuler dans les tronçons soumis aux éclusées.

Dans les études existantes sur les impacts biologiques, la caractérisation du régime d'éclusées s'est souvent arrêtée au recueil des données administratives de l'aménagement, c'est-à-dire débit réservé, débit d'équipement et amplitude maximale des éclusées. Les effets ont été rarement quantifiés et mis en relation avec les paramètres hydrologiques effectifs des éclusées et leurs répercussions hydromorphologiques [Baumann 2003]. Or, il est clair que la compréhension de ces impacts et la définition de mesures de mitigation efficaces ne peuvent passer que par une caractérisation fine des perturbations hydrologiques, puis hydromorphologiques générées par l'exploitation par éclusée, en reliant les différents effets biologiques constatés à un ou plusieurs facteurs de perturbation déterminés. C'est pourquoi des études ont été lancées depuis le début des années 2000 sur la caractérisation des régimes d'éclusées et sur plusieurs cours d'eau pilotes.

Dans une première partie, la caractérisation des régimes d'éclusées est abordée et leur diversité est illustrée. Dans une seconde partie, on présente à titre d'exemple le retour d'expérience acquis sur les suivis biologiques des impacts des éclusées et la mise en œuvre de mesures de mitigation sur la Maronne.

## II. CARACTÉRISATION DES RÉGIMES D'ÉCLUSÉES HYDROÉLECTRIQUES

Une méthodologie de traitement des hydrogrammes a été développée identifiant, au sein des chroniques de débit à pas de temps variable ou fixe (horaire ou infra-horaire), les hausses et les baisses de débit liées aux éclusées [Courret 2008]. Les caractéristiques en sont extraites : débit de base, débit maximum, dates et heures associées (Figure 1). Ces informations permettent ensuite de calculer l'amplitude des éclusées, ainsi que leur gradient (en  $m^3/s/h$ ). Sur une période donnée, un régime d'éclusées est caractérisé par

le nombre de hausses et de baisses, leur répartition dans le temps (selon les heures de la journée, les jours de la semaine, les périodes biologiques...), et les statistiques des différents paramètres. Une représentation graphique où chaque éclusée est symbolisée par un point positionné en fonction de sa valeur de débit de base en abscisse et de sa valeur d'amplitude en ordonnée permet d'apprécier visuellement un régime sur une période (figure 1). Le gradient est indiqué au travers de plusieurs classes d'intensité. L'application de cette méthodologie sur une trentaine de stations situées sur des cours d'eau exploités par éclusées dans le bassin Adour-Garonne (Pyrénées et Massif-Central), avec a minima 3 années par station, met en évidence une variabilité importante dans les modes de gestion des aménagements et les régimes d'éclusées qu'ils génèrent [Courret 2008].

Trois types de régimes d'éclusées sont illustrés en figure 1 au travers des exemples de la Garonne à Saint-Béat, de la Maronne à Basteyroux et de la Dordogne à Argentat (débit moyen interannuel de 23.6  $m^3/s$ , 20.3  $m^3/s$  et 107  $m^3/s$  respectivement). Les différentes variables ont été adimensionalisées et rapportées au débit moyen interannuel des cours d'eau pour faciliter les comparaisons. La Garonne à Saint-Béat présente un régime comportant sans interruption de 2 à 4 éclusées par jour, soit un total de 1000 à 1200 éclusées par an. En 2006, les amplitudes restent pour la plupart inférieures à 1,5 fois le module ; les gradients sont régulièrement supérieurs à 1 fois le module/heure. La Maronne à Basteyroux présente un régime de 1 à 2 éclusées par jour, avec une période d'arrêt estival, soit un total de 150 à 300 éclusées par an. En 2006, les amplitudes dépassent assez fréquemment 2 fois le module et les gradients sont pour la plupart inférieurs à 0.5 module/heure. Des paliers de turbinage apparaissent nettement sur le diagramme. La Dordogne à Argentat présente un régime avec des éclusées journalières se superposant à une gestion hebdomadaire (débits plus élevés la semaine que le week-end), avec une période d'arrêt estival, soit un total de 80 à 180 éclusées par an. En 2006, les amplitudes restent pour la plupart inférieures à 1,5 fois le module ; les gradients sont inférieurs à 0.5 module/heure, voire 0.25 module/heure pour les éclusées à faible débit de base.

Sur l'ensemble des stations et des années, le nombre annuel d'éclusées varie de quelques dizaines, à plus d'un millier, avec une moyenne de l'ordre de 220 (figure 2). Les valeurs de débit de base médian peuvent se révéler très basses, proches des valeurs administratives de débit réservé (de  $1/40^{ème}$  à  $1/10^{ème}$  du module), ou très élevées, supérieures au module. De même, les valeurs d'amplitude médiane varient d'environ 0.3 fois le module, à plus de 1.8 fois le module. Les valeurs de gradient médian sont pour la plupart comprises entre 0.1 et 0.3 module/heure, mais elles peuvent atteindre près de 2 module/heure. A l'aval d'une centrale, l'amortissement progressif des éclusées (réduction des gradients, voire des amplitudes) et leur « dilution » par les apports intermédiaires (augmentation des débits de base) engendre une déclinaison des caractéristiques du régime (figure 3). Les éclusées apparaîtront donc d'autant plus atténuées que la station hydrométrique étudiée est éloignée de la centrale source des éclusées. Si une microcentrale est présente sur un tronçon soumis à éclusées, elle peut selon la qualité de sa régulation modifier quelque peu les caractéristiques des éclusées, et notamment en « réinitialiser » les gradients, c'est-à-dire redonner aux éclusées des gradients propres aux vitesses de démarrage ou d'arrêt de ses machines.

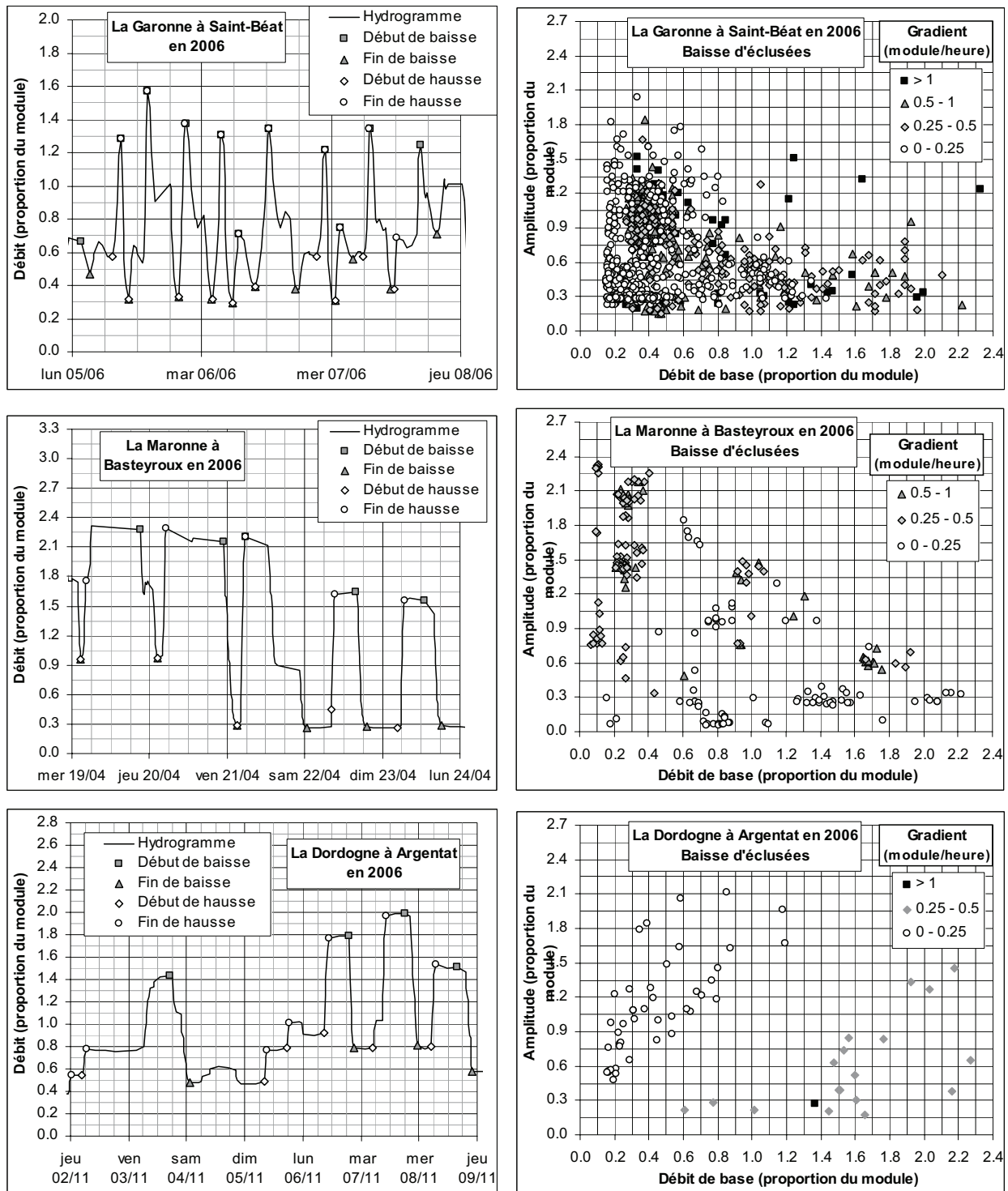
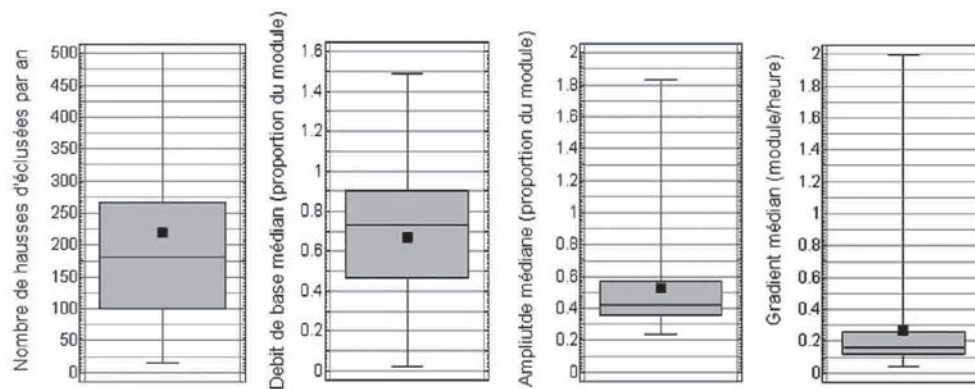


Figure 1 : Illustration de 3 différents types de régimes d'éclusées au travers d'extraits des hydrogrammes (à gauche) et des diagrammes des baisses d'éclusées (à droite) durant l'année 2006.

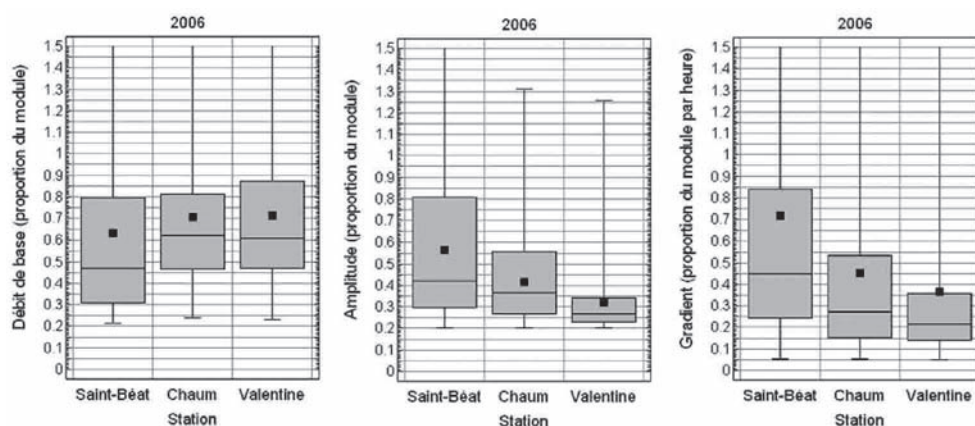
### III. RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR LES IMPACTS BIOLOGIQUES ET LES MESURES DE MITIGATION MISES EN ŒUVRE SUR LA MARONNE

La Maronne ( $\approx 20 \text{ m}^3/\text{s}$  de module) est le premier affluent conséquent de la Dordogne en aval d'Argentat et du barrage du Sablier. Une chaîne d'aménagements a été réalisée sur la Maronne pour la production hydroélectrique par éclusées, le plus aval étant l'aménagement de Hautefage qui constitue la limite amont de colonisation par les poissons migrateurs.

En aval du barrage de Hautefage, la Maronne présente un tronçon court-circuité (TCC) de 3,2 km jusqu'à la restitution de l'usine hydroélectrique, puis un tronçon soumis aux éclusées de 6,3 km jusqu'à la confluence avec la Dordogne (Figure 5). Ce tronçon est soumis à un régime d'éclusées essentiellement journalières, avec un total de 150 à 300 éclusées par an, le débit pouvant varier entre  $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$  (débit réservé réglementaire délivré au barrage,  $1/40^{\text{ème}}$  du module) et environ  $45 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $> 2$  fois le module). Ce tronçon a subi de plus des modifications morphologiques consécutives à l'écrêtement des crues et au blocage du transport solide dans les retenues amont. Son



**Figure 2 :** Distribution des valeurs annuelles de nombres de hausse d'éclusées, de débit de base médian, d'amplitude médiane et de gradient médian sur l'ensemble des stations et années (sous forme de boîte de dispersion donnant les valeurs minimales et maximales [extrémités de la droite], les 1<sup>er</sup> et 3<sup>em</sup>e quartiles [extrémités de la boîte], la médiane [trait au sien de la boîte] et la moyenne [point]).



**Figure 3 :** Amortissement des caractéristiques des éclusées sur la Garonne en aval de l'aménagement du Plan d'Arem (usines de Fos-Arlos). Stations de Saint-Béat, Chaum et Valentine respectivement à environ 3.5, 9.8 et 48.9 km en aval de l'usine d'Arlos.

lit est à présent fortement pavé et essentiellement constitué de gros galets (> 100 mm). Les fractions granulométriques favorables à la fraie des salmonidés (graviers et petits galets < 60 mm) se sont raréfiées et ne se rencontrent plus que dans les zones abritées d'un point de vue hydraulique, c'est-à-dire très près des berges ou dans les bras secondaires.

La Maronne présente un enjeu écologique majeur, notamment vis-à-vis du plan de réintroduction du saumon atlantique dans le bassin de la Dordogne. Les suivis de la reproduction naturelle des grands salmonidés montrent que ce cours d'eau accueille selon les années 20 % à 40 % des frayères de grands salmonidés recensées sur le bassin de la Dordogne, soit en moyenne 140 frayères chaque hiver [Lascaux 2010]. De plus, des problèmes d'accessibilité et d'attractivité du TCC (franchissement de la digue de la Broquerie située à l'amont immédiat de l'usine de HautePAGE, figure 5) ont longtemps amené les poissons à s'accumuler sur le tronçon soumis à éclusées et ainsi entraîner une surexposition à la problématique des éclusées.

### III.1. Démarche d'études et de suivis

Une première étude hydrologique et hydraulique a été lancée en 1998 [SIEE 1999]. Les apports hydrologiques naturels ont été caractérisés, ce qui a permis ensuite d'évaluer la faisabilité des propositions de débits minimum. Une

première description des régimes d'éclusées a également été réalisée. Plusieurs tronçons à chenal unique et à bras multiples ont fait l'objet de modélisations hydrauliques s'appuyant sur des relevés topographiques fins et des relevés de ligne d'eau à différents débits. Cela a permis d'appréhender l'évolution en fonction du débit des paramètres hydro-morphologiques et des habitats du saumon atlantique. Cette étude a débouché sur des propositions de débit minimum par période en fonction du cycle biologique des salmonidés, ainsi que sur des propositions d'aménagements pour notamment assurer l'alimentation pérenne des bras secondaires. Depuis l'hiver 1999/2000, un suivi de la fraie des grands salmonidés est réalisé et a permis de repérer les sites effectifs de fraie, d'en quantifier l'activité et d'appréhender la problématique d'exondation des frayères [Lascaux 2010]. Un suivi des abondances automnales de juvéniles de salmonidés est réalisé par pêche électrique depuis 2002 sur une station à l'aval immédiat du pont de l'Hospital, et depuis 2006 dans les deux bras aménagés des îlots de l'Hospital (figure 5). Cela permet d'évaluer le niveau de recrutement des salmonidés, c'est-à-dire le résultat global des phases successives de reproduction, d'incubation des œufs, d'émergence et de croissance des alevins [Chanseau 2010]. Depuis 2003, un suivi de la problématique échouage-piégeage des alevins lors des baisses d'éclusées est réalisé [Lascaux 2006, Lascaux 2010]. Cela a permis de repérer les contextes morphologiques problématiques, d'identifier les éclusées

dommageables et de quantifier les mortalités dans la mesure du possible. Ces différents suivis biologiques sont réalisés chaque année et la caractérisation de l'hydrologie et des régimes d'éclusées est parallèlement actualisée. Le croisement de l'ensemble des résultats a permis au fur et à mesure de progresser dans la compréhension des mécanismes des impacts des éclusées et de leurs conséquences sur l'état de la population. L'efficacité des mesures de mitigation mises en œuvre a également pu être évaluée.

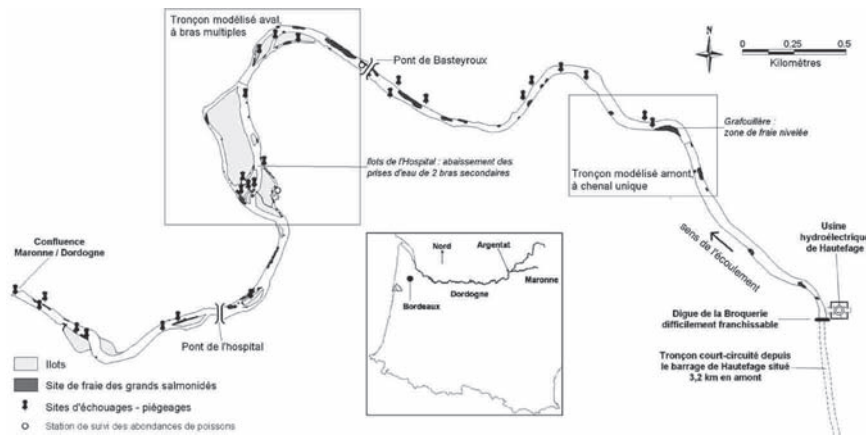
### III.2. Constats d'impacts biologiques et retour d'expérience sur les mesures de mitigation

L'exondation des frayères de grands salmonidés, c'est-à-dire la mise à sec des nids lors des retours à bas débit, a en premier lieu été mise en évidence (figure 4). Cette problématique est exacerbée par la raréfaction des fractions granulométriques fines favorables à la fraie, consécutives au blocage du transport solide dans le barrage d'Hauteufage. Cela pousse les poissons à utiliser des zones résiduelles situées très près des berges ou dans les bras secondaires et particulièrement vulnérables à l'exondation. Pour maintenir en eau les frayères, il a été obtenu à partir de l'hiver 1997/1998 une augmentation du débit de base durant les phases de reproduction des géniteurs, d'incubation des œufs et d'émergence des alevins (mi-novembre à mi juin), grâce à la marche à vide d'un groupe à l'usine pendant les périodes d'arrêt de turbinage. Cette consigne permet de garantir un débit minimum à l'aval de l'usine de l'ordre de 4 m<sup>3</sup>/s, soit 20 % du module. Les suivis de la fraie des grands salmonidés effectués par la suite, croisés avec les résultats des modélisations hydrauliques ou de mesures à plusieurs débits, ont montré que cette augmentation du débit de base hivernal permettait de maintenir en eau près de 93 % des frayères [Lascaux 2011]. Des travaux (½ journée) ont été réalisés en 2007 sur un site présentant encore quelques frayères exonduées chaque année, pour niveler la zone de granulométrie favorable à la fraie et assurer son maintien en eau [Chanseau 2008, figure 5]. Suite au remaniement de la granulométrie, il a été constaté une très forte augmentation de la fréquentation du site par les géniteurs : de 1 à 2 frayères par hiver avant travaux, à plus d'une dizaine après, sans effet conjoncturel suspecté. Près de 98 % des frayères sont ainsi à présent maintenues en eau sur la Maronne [Lascaux 2010].

Les suivis ont montré que l'échouage-piégeage touche non seulement les alevins de saumon et de truite, mais également d'autres espèces comme l'ombre, le chabot ou la lamproie de planer (11 espèces concernées au total, figure 4). Les alevins de saumon et de truite s'avèrent particulièrement sensibles dans les premiers temps suivant l'émergence, tant que leur taille ne dépasse pas des valeurs de l'ordre de 35 mm (soit environ 320 degrés-jours à partir de l'émergence) [Lascaux 2006]. La période de grande vulnérabilité dure pratiquement deux mois et demi, généralement de fin mars à début juin. Cinq années de suivis ont été nécessaires pour un repérage quasi-exhaustif des contextes morphologiques piégeux [Lascaux 2008]. On en dénombre a minima 26 sur le tronçon soumis à éclusées de 6,3 km (figure 2). On peut en différencier 3 types : les bancs de galets végétalisés, les complexes de petits chenaux dans la ripisylve et les bras secondaires. Au total, l'ensemble du linéaire piégeux représente environ 10 % du linéaire de berge du tronçon. Le recoupement des caractéristiques des éclusées et des observations d'échouage-piégeage a permis d'évaluer les mortalités par type d'éclusées et par contexte morphologique, et ainsi permis d'estimer les mortalités totales. Globalement sur la période 2003-2007, la mortalité par échouage-piégeage serait de l'ordre de 50 000 alevins de truite et saumon, ce qui représenterait plus de 60 % de la production à laquelle on pouvait s'attendre compte tenu de l'activité de reproduction sur le tronçon [Lascaux 2008]. Ces mortalités importantes se produisent alors même que le débit minimum d'environ 4 m<sup>3</sup>/s est maintenu durant la période de plus grande sensibilité. Cela montre que ce débit minimum, qui par ailleurs peut apparaître conséquent (20 % du module), ne se révèle pas encore suffisant dans le cas de la Maronne et qu'il ne constitue pas le seul paramètre sur lequel il faut intervenir pour éviter toute mortalité ou presque. Des mortalités importantes ont de plus été constatées dans les bras secondaires qui se déconnectaient lors du retour estival au débit réservé réglementaire de 0.5 m<sup>3</sup>/s. Ces pertes ont notamment pu être évaluées à environ 6 000 alevins de truite et saumon en 2004 et 4 000 alevins en 2005 [Lascaux 2006]. Pour limiter ces mortalités, des travaux ont été effectués à l'automne 2005 pour améliorer et pérenniser l'alimentation des deux bras les plus exposés [Chanseau 2008, figure 5]. Parallèlement, à partir de 2006, le débit minimum délivré au barrage de Hauteufage a été porté à 1 m<sup>3</sup>/s. La conjonction



Figure 4 : Illustration des problématiques d'exondation de frayères et d'échouage-piégeage d'alevins constatées sur la Maronne lors des retours à bas débit après une éclusées.



**Figure 5 :** Cartographies des sites de fraie de grands salmonidés et d'échouages-piégeages sur la Maronne en aval de l'usine de Hauteffage, et localisation des tronçons modélisés et des opérations de travaux.

de ces mesures permet depuis de maintenir en permanence en eau ces deux bras. Pratiquement aucune mortalité n'y est constatée depuis et ces bras se révèlent un excellent habitat de croissance des juvéniles de salmonidés avec des abondances automnales variant de 45 à plus de 120 individus pour 100 m<sup>2</sup> selon les années, et qui sont globalement 4 à 5 fois supérieures à ce que l'on trouve dans le chenal principal [Chanseau 2010]. D'où l'importance de reconquérir et de préserver ces bras secondaires.

Depuis 2002, les abondances automnales dans le chenal principal sur la station de référence varient entre 4 et près de 60 individus pour 100 m<sup>2</sup> selon les années [Chanseau 2010]. L'abondance maximale a été atteinte en 2003, une année sans crue majeure durant l'incubation des œufs ou l'émergence des alevins et pendant laquelle les très faibles apports hydrologiques n'ont autorisé qu'un nombre réduit d'éclusées durant la période de sensibilité des alevins. On peut ainsi considérer que l'année 2003 donne une image du potentiel du cours d'eau. Comparativement, ce potentiel apparaît plus ou moins dégradé les autres années [Chanseau 2010]. Le nombre d'éclusées durant la période de sensibilité des alevins, qui peut varier d'une dizaine à plus de 60, semble être l'un des facteurs explicatifs : plus il est élevé, plus les abondances semblent réduites. L'occurrence de crue majeure durant l'incubation des œufs ou l'émergence des alevins semble également pouvoir altérer le recrutement. Des résultats positifs vis-à-vis des problématiques d'exondation des frayères et de déconnection des bras secondaires ont été obtenus. Toutefois, la situation sur la Maronne n'est à ce jour pas encore satisfaisante dans la mesure où des mortalités importantes par échouage-piégeage subsistent. Les réflexions se poursuivent actuellement pour y remédier.

#### IV. CONCLUSIONS

La variabilité importante des régimes d'éclusées selon les aménagements et selon les années, couplée à la variabilité des contextes morphologiques et écologiques des cours d'eau, se traduit par une grande diversité et complexité des impacts écologiques à l'aval des aménagements gérés par éclusées. Bien que les principes des mesures de mitigation d'ordre hydrologique soient connus (hausse du débit de base, limitation des amplitudes, gradients et débits maximaux), l'état actuel des connaissances ne permet pas, sur un cours d'eau donné, de prédéfinir ces mesures, tout

en garantissant leur efficacité. Pour progresser, il s'avère d'une part nécessaire de mettre en place des suivis biologiques long-terme qui peuvent se révéler lourds et délicats selon la taille et le linéaire des cours d'eau concernés. Il faut d'autre part impérativement y associer une analyse hydrologique comportant une caractérisation des régimes d'éclusées, ainsi qu'une approche hydraulique (par modélisation ou plus simplement par mesures in situ à différents débits) pour connaître en fonction du débit l'évolution des paramètres hydromorphologiques et des habitats. Les travaux sur la morphologie du lit peuvent s'avérer un complément indispensable aux mesures d'ordre hydrologique pour pérenniser l'alimentation de bras annexes ou la mise en eau de zones de fraie, pour la suppression de zones particulièrement piégeuses, ou pour créer de nouvelles zones de reproduction par apport de matériaux. Par contre, il est illusoire de penser que des interventions sur la morphologie du lit peuvent à elles seules suffire, sans interventions sur la gestion des débits, à limiter de façon satisfaisante l'impact des éclusées.

#### V. REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier la FDAAPPMA de la Corrèze et l'AAPPMA d'Argentat, maître d'ouvrage de certaines études, et des travaux menés sur la Maronne, les différentes personnes d'ECOGEA, de SIEE, de MIGADO, de l'AAPPMA d'Argentat et de l'ONEMA ayant participé à la récolte des données et à la production des résultats, ainsi que les organismes et institutions ayant financé les études : l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, le Conseil Général de la Corrèze, le Conseil Régional du Limousin et l'Europe.

#### VI. RÉFÉRENCES ET CITATIONS

- Baumann P., & Klaus I. (2003) — *Conséquences écologiques des éclusées – Etude bibliographique*. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Berne
- Chanseau M., Gaudard G., Brazier W., Garcia S., Clave D., ... (2010) — Suivi des zones de grossissement des juvéniles de saumon atlantiques. *Rapports Annuels Migado. 2003-2009*
- Chanseau M., Courret D., & Lascaux J.M. (2008) — Bilan des travaux en rivière réalisés sur les cours d'eau Maronne et Dordogne afin de limiter les impacts des éclusées. *Rapport MIGADO*

- Courret D., & Larinier M. (2008) — Etude pour la définition d'indicateur pour la caractérisation des éclusées dans le bassin Adour-Garonne. *Rapport GHAAPPE RA07.09*
- Lascaux J.M., Cazeneuve L., Lagarrigue T., & Chanseau M. (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 ECOGEA pour MIGADO*
- Lascaux J.M., Lagarrigue T., Vandewalle F., & Chanseau M. (2004) — Effets d'un débit minimum de 3 m<sup>3</sup>/s délivré à l'aval de l'usine de Hautefage 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. Rapport ECOGEA pour MIGADO*
- Lascaux J.M., Cazeneuve L., Lagarrigue T., & Chanseau M. (2008) — Cartographie des zones d'échouages piégeages de la Maronne, à l'aval de l'usine hydroélectrique de Hautefage et essai d'estimation des mortalités totales d'alevins sur le cours d'eau. *Rapport ECOGEA pour MIGADO*
- Moog O. (1993) — Quantification of daily peak hydropower effects on aquatic fauna and management to minimize environmental impacts. *Regulated Rivers : Research & Management*. **8** 5-14
- Rapports Annuels Ecogea Pour Migado. Lascaux J.M., Lagarrigue T., Vandewalle F., ... (2010) — *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) 2000-2009*
- Rapports Annuels Ecogea Pour Migado. Lascaux J.M., Cazeneuve L., Lagarrigue T. & Mennessier J.M. (2010) — Impacts du fonctionnement par éclusées de l'usine hydroélectrique de Hautefage sur la Maronne : suivi des échouages-piégeages de poissons (2007-2009)
- Siee/Ghaappe/Migado (1999) — Restauration du Saumon sur la Maronne – Etude hydraulique de la Maronne à l'aval de l'aménagement de Hautefage. *Rapport SIEE n° 98.10.21.PL*
- Sabaton C., Lauters F., Valentin S., & Le Groupe De Travail « Eclusees » (1995) — Impact sur le milieu aquatique de la gestion par éclusées des usines hydroélectriques. Synthèse des résultats issus des travaux du groupe de recherche « éclusées » de 1990 à 1995 – recommandations pour l'expertise d'un site. *HE-31/95.19*
- Valentin S. (1997) — *Effets écologiques des éclusées en rivière. Expérimentations et synthèse bibliographique. Cemagref Edition. ISBN 2-85362-478-1*