



M I G A D O

Migrateurs Garonne Dordogne

**ETUDE DE L'IMPACT DES ECLUSEES SUR LES ECHOUAGES D'ALEVINS DE
SALMONIDES SUR LA DORDOGNE**

Suivi 2007 et synthèse des données acquises depuis 2005

Sous dossier LECDOR07



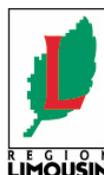
Dordogne : chenal dans la ripisylve à 170 m /s et à 70 m /s

Etude financée par :

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

J.M. LASCAUX
L. CAZENEUVE

juillet 2008



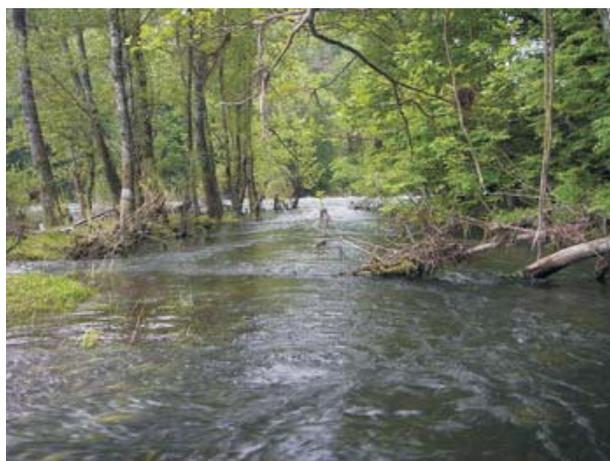


M I G A D O

Migrateurs Garonne Dordogne

Etude de l'impact des éclusées sur les échouages d'alevins de salmonidés sur la Dordogne.

Suivi 2007 et synthèse des données acquises depuis 2005.



Dordogne : chenal dans la ripisylve à 170 m³/s et à 70 m³/s



juillet 2008

Rédacteurs : J.M. Lascaux
L. Cazeneuve

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	1
2. SECTEUR D'ETUDE ET RAPPEL DES PROBLEMATIQUES.....	2
3. SYNTHESE DES SUIVIS ECHOUAGES-PIEGEAGES DE 2005 A 2007.....	4
4. DISCUSSION – CONCLUSION	11
5. BIBLIOGRAPHIE	14

Etude de l'impact des éclusées sur les échouages d'alevins de salmonidés sur la Dordogne en aval de l'aménagement du Sablier

Suivi 2007 et synthèse des données acquises depuis 2005

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 (**Salveit et al.**, 2001 et **Halleraker et al.**, 2003 sur des rivières norvégiennes).

Depuis maintenant 3 années (à partir de 2005), un suivi des échouages-piégeages de poissons en fin d'écluse est mené sur la Dordogne en aval de l'usine hydroélectrique du Sablier. Ce suivi a pour objectif, avec d'autres études menées en même temps sur la Dordogne, la Maronne et la Cère, d'améliorer les connaissances sur l'impact des éclusées sur ces milieux (en particulier sur leurs peuplements piscicoles), et de proposer ou d'améliorer, en concertation avec l'ensemble des acteurs concernés (EDF, EPIDOR, organismes en charge de la protection et/ou gestion des milieux aquatiques) des mesures susceptibles d'atténuer ces impacts.

En effet, depuis 2005, dans le cadre du « défi territorial éclusées », EDF délivre à l'aval de l'aménagement du Sablier, un débit minimum de **30 m³/s** (3 fois le débit réservé réglementaire) **du 15 novembre au 15 juin**, afin de limiter les exondations de frayères de grands salmonidés et de réduire les mortalités d'alevins à l'émergence en augmentant le débit de base inter-écluse (voir **Valentin**, 1995). Avec le même objectif, les gradients maximaux de variations des débits ont été limités à **33 m³/s/h du 15 mars au 15 juin** (au lieu de 100 m³/s/h).

En 2007, toujours dans le but de limiter l'impact des éclusées sur le peuplement piscicole de la Dordogne et principalement sur les populations de salmonidés, un débit minimum printanier de **50 m³/s** couplé à des gradients de variation de **25 m³/s/h** est mis en place.

Le présent rapport rend compte des observations effectuées dans le cadre de la problématique échouages-piégeages sur la Dordogne depuis le printemps 2005.

2. Secteur d'étude et rappel des problématiques

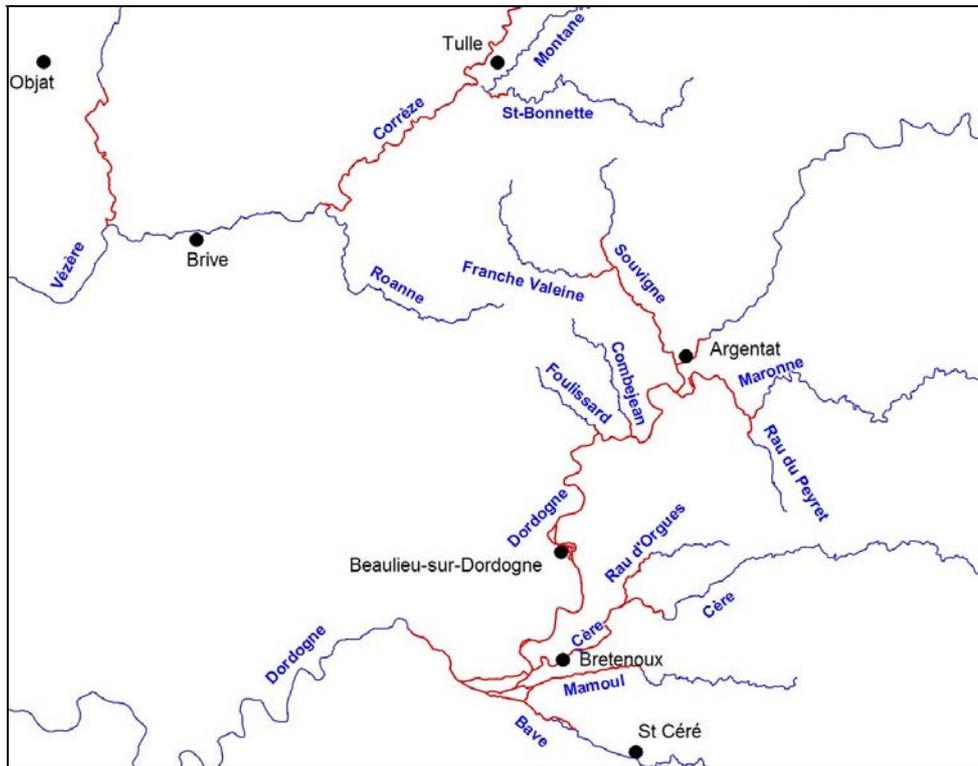


Figure 1: le secteur d'étude.

Les grands aménagements hydroélectriques de la Dordogne et de ses affluents en amont d'Argentat ont des conséquences sur l'évolution hydro-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 Hauteffage 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 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 !



Photo 1 : Un chenal dans la ripisylve à 300 m³/s



Photo 2 : Le même chenal à 200 m³/s.

Ce type de schéma se reproduit également, un peu plus bas en altitude par rapport au chenal d'étiage du cours d'eau, au niveau des bancs de galets colonisés par les saules et les peupliers noirs. Les mêmes types de chenaux se creusent dans ces boisements et constituent des pièges à poissons lors des baisses, pour une gamme de débit différente de celle qui provoque les piégeages dans les bois durs.

Les bras secondaires 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 modification de la dynamique fluviale induite par les grands barrages (écrêtement des crues, interruption du transit solide ...), « fige » en l'état ces systèmes de bras secondaires en perturbant les cycles incision-dépôt.

Ainsi, nombre de ces bras sont aujourd'hui « perchés » et se déconnectent du chenal principal pour des débits relativement élevés. 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.



Photo 3 : Bras de Brivezac à 150 m³/s - très bel habitat pour les jeunes salmonidés.

Photo 4 : Bras de Brivezac à 60 m³/s.

3. Synthèse des suivis échouages-piégeages de 2005 à 2007

Sur la Dordogne, de l'aval de l'aménagement hydroélectrique du Sablier en Corrèze jusqu'à la confluence de la Bave dans le département du Lot (soit environ 43 km), les suivis effectués depuis 2005, ont permis de récolter plus de 5175 poissonnets échoués-piégés, appartenant à 15 espèces, en 27 éclusées suivies à la période printanière (330-55 m³/s pour la plus forte et 108-71 m³/s pour la moins forte en aval de la Maronne), sur 28 sites.

Espèces	ABL	Amnocète	BAF	BRO	CHA	CHE	CYPR 0+	GOU	LOF	OBR	PER	TRF / SAT	VAI	VAN	Total
Nombre	1	48	28	2	14	104	94	240	501	239	2	1115	2535	252	5175
%	0.0	0.9	0.5	0.0	0.3	2.0	1.8	4.6	9.7	4.6	0.0	21.5	49.0	4.9	100

Tableau 1 : les espèces récoltées et leur abondance relative dans les suivis échouages-piégeages réalisés sur la Dordogne « amont » depuis 2005

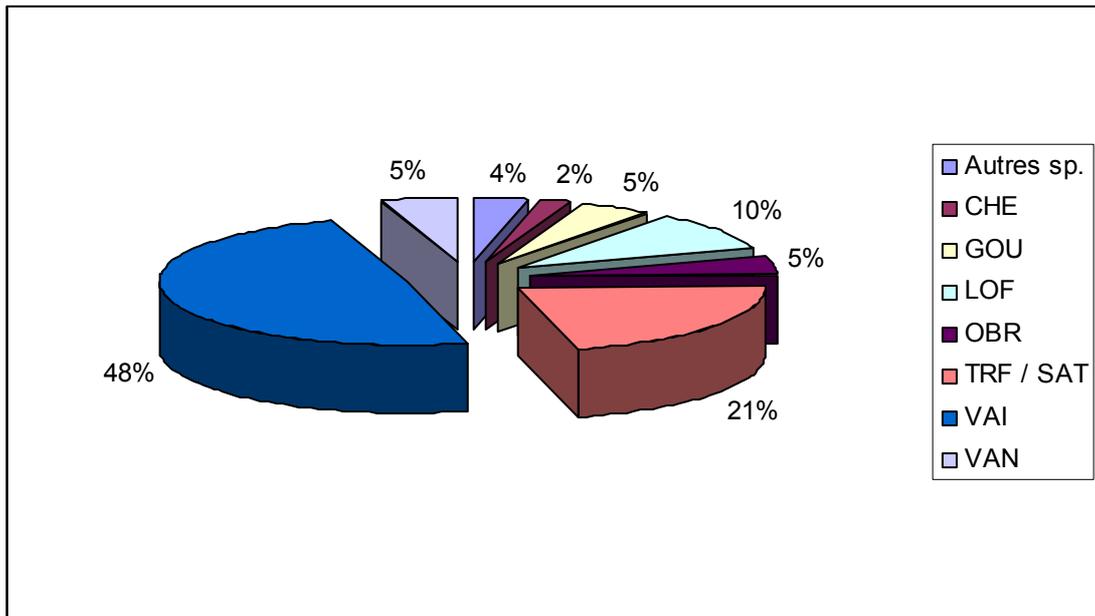


Figure 1 : les espèces récoltées et leur abondance relative dans les suivis échouages-piégeages réalisés sur la Dordogne « amont » depuis 2005

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



Photo 6 : 0+ de salmonidés (TRF/SAT) échoués, le 25 mars 2007



Photo 7 : 0+ d'ombre échoués, le 24 avril 2005



Photo 8 : échouages-piégeages à la confluence Dordogne-Maronne, le 22 avril 2006 (salmonidés, vairons, loches et chabots)

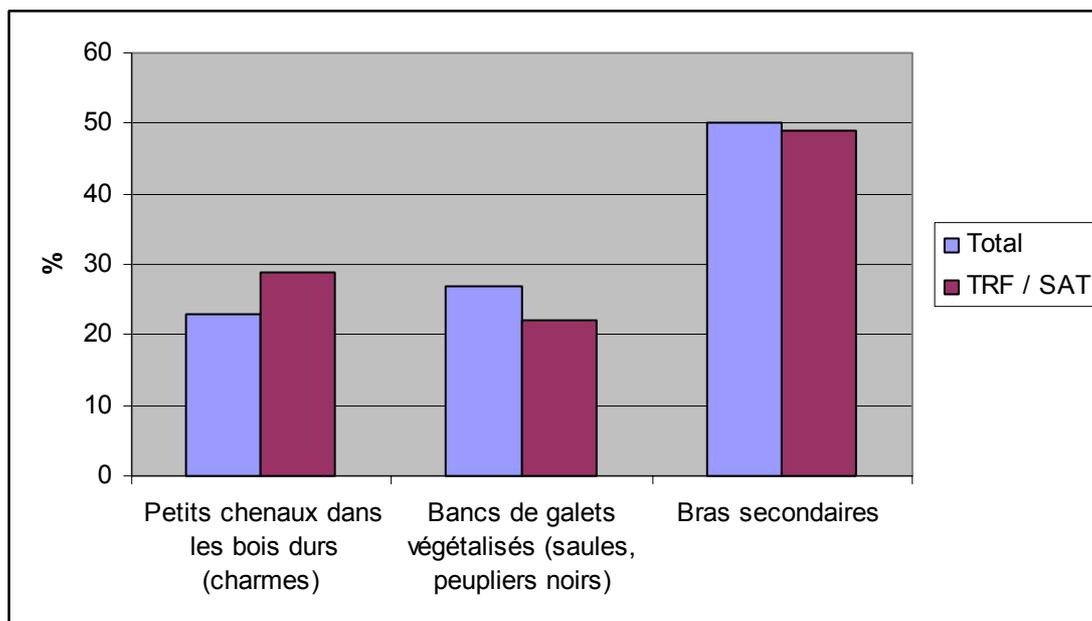


Figure 2 : pourcentage de poissons retrouvés échoués-piégés dans les différents contextes.

Les contextes morphologiques piégeux à cette période, en raison des fluctuations des niveaux d'eau générées 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 bacs de galets végétalisés (colonisés par les saules et les peupliers noirs entre les racines desquels se forment des dépressions piégeuses),
- 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 ces bras.

Une telle déconnexion se produirait probablement 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, fixe et pérennise ces systèmes piègeux en l'état.

Les petits chenaux creusés dans les bois de charmes riverains du cours d'eau 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.

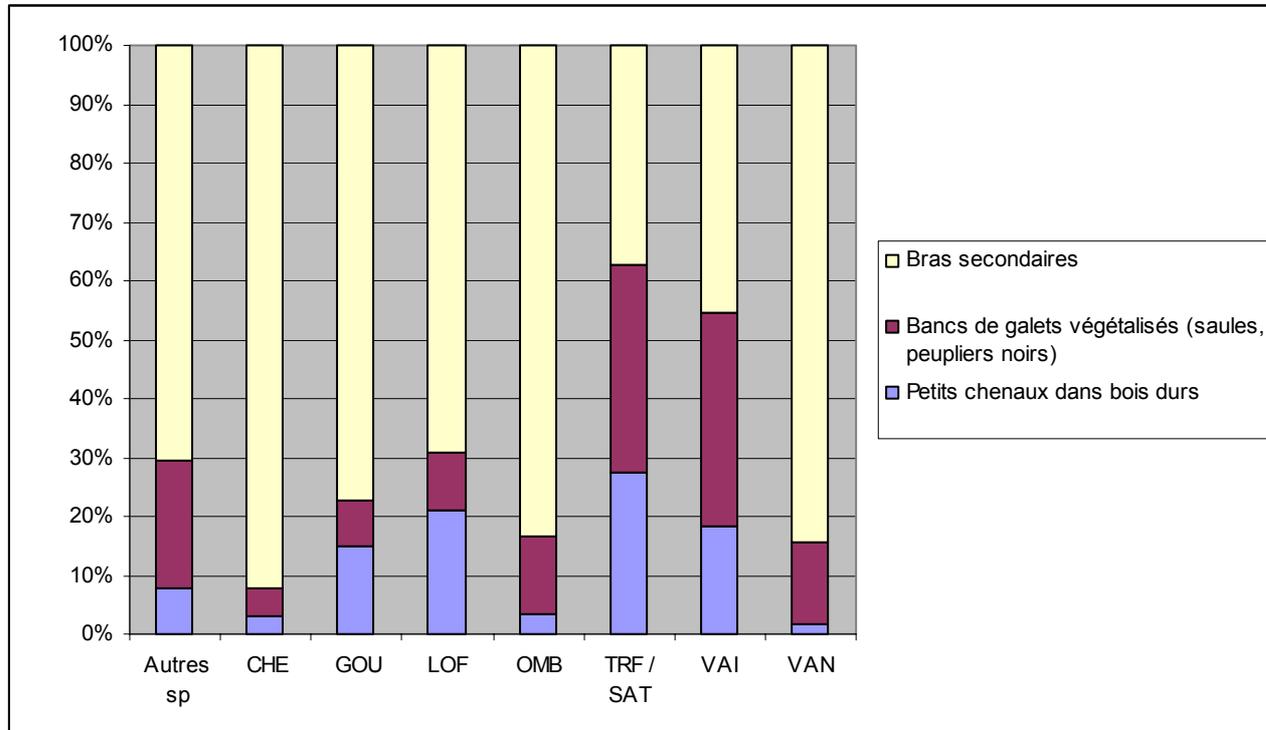


Figure 3 : pourcentage de poissons par espèce retrouvés échoués-piégés dans les différents contextes.

Sur la figure 3 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 chenaux dans la ripisylve et les bancs de galets végétalisés sont des pièges aussi importants que les bras secondaires pour les alevins de salmonidés et pour les vairons.

Les mortalités piscicoles sont massives lorsqu'un bras secondaire se déconnecte. Des pêches électriques de sauvetage réalisées en juin 2008 dans le bras de Brivezac juste avant qu'il ne se déconnecte (pour environ 90 m³/s en Dordogne en aval de la confluence Maronne) ont permis de remettre dans le cours principal de la Dordogne 1700 poissons appartenant à 11 espèces dont 760 salmonidés. **La densité estimée à partir de cette pêche en 0+ de truite et de saumon dans ce bras est de 6000 individus/hectare, ce qui est remarquable.**

Si elles sont massives lorsque la déconnexion intervient, les mortalités dans les bras secondaires sont localisées sur quelques sites qui ne représentent qu'un faible pourcentage du linéaire de Dordogne impacté par les éclusées.

Les solutions à mettre en place pour éviter ces mortalités sont à adapter au coup par coup, en fonction du contexte local, de la cote de la connexion de chaque bras (identifié comme problématique), et des enjeux qu'il représente. **C'est le domaine d'intervention de travaux en rivière très ciblés.** Ainsi en 2008, des travaux devraient intervenir sur la connexion amont du bras de Brivezac afin qu'il reste en relation avec le chenal principal de la Dordogne à minima sur toute la gamme de débit concernée par les éclusées.

Si les bras secondaires sont relativement peu nombreux sur la Dordogne Corrézienne, les petits chenaux dans la ripisylve et sur les bancs de galets végétalisés sont en revanche beaucoup plus importants par rapport au linéaire de berge.

Une première cartographie, aussi exhaustive que possible, des zones d'échouages-piégeages connues à ce jour (sans les bras secondaires), de l'aval du barrage du Sablier jusqu'à l'aval du village de Saulière soit 11 km de Dordogne, conduit à 12 % du linéaire de berge de la Dordogne qui peut être considéré comme piégeux notamment pour les alevins de salmonidés en période d'émergence (10 % pour la Maronne, Lascaux *et al.*, 2008).

Les figures ci-dessous ont été établies à partir du suivi, sur 20 éclusées, en 2005, 2006 et 2007 de 8 chenaux dans la ripisylve et sur des bancs de galets végétalisés, répartis le long de la Dordogne entre la confluence de la Maronne et Beaulieu (Raysse RD, Aval Saulières RD et RG, Recoudier amont RG, Feneyrol RD, Rodanges RG, Vieux Moulin RD et Aval Pont de Beaulieu RD). Les 20 éclusées suivies sur ces sites ont eu lieu aux mois de mars, avril et mai, il s'agit d'éclusées variant de 320 m³/s à 75 m³/s à Brivezac pour celle présentant la plus forte amplitude et de 108 m³/s à 71 m³/s pour celle présentant la plus faible amplitude.

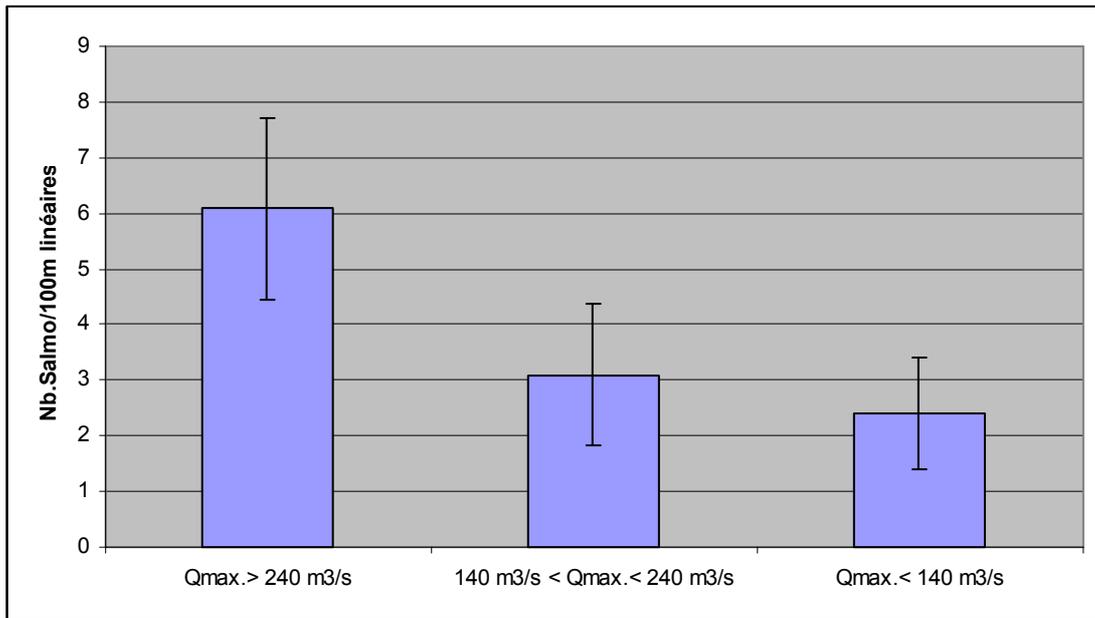


Figure 4 : relation entre le débit maximum de l'éclusee et le nombre d'alevins de salmonidés piégés dans 8 chenaux rivulaires, en aval de la confluence de la Maronne (moyenne et écart-type).

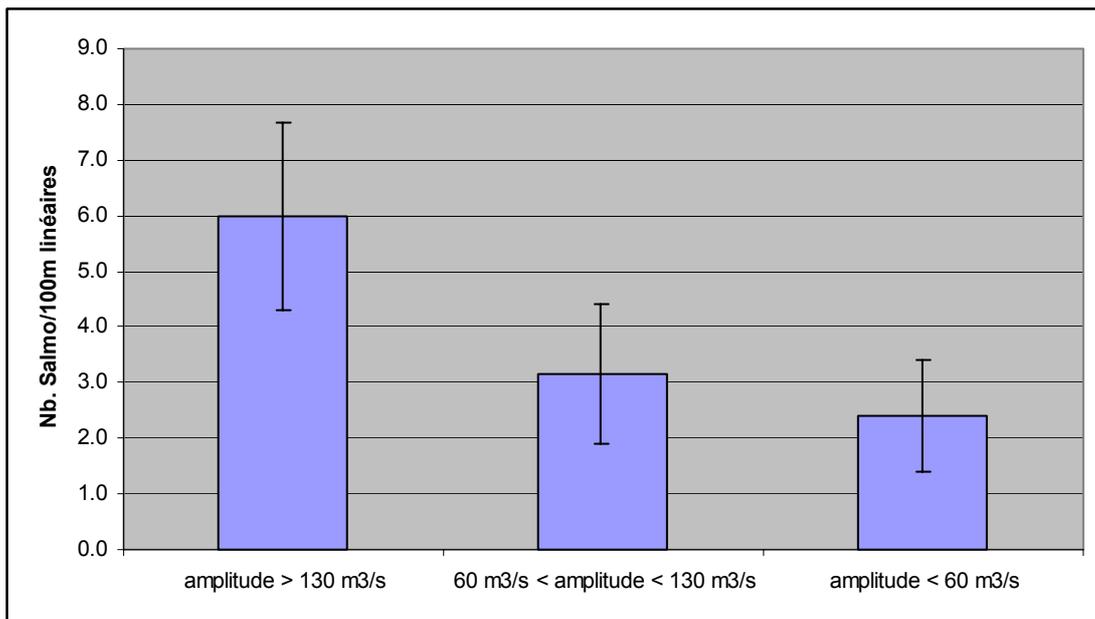


Figure 5 : relation entre l'amplitude de l'éclusee et le nombre d'alevins de salmonidés piégés dans 8 chenaux rivulaires, en aval de la confluence de la Maronne (moyenne et écart-type).

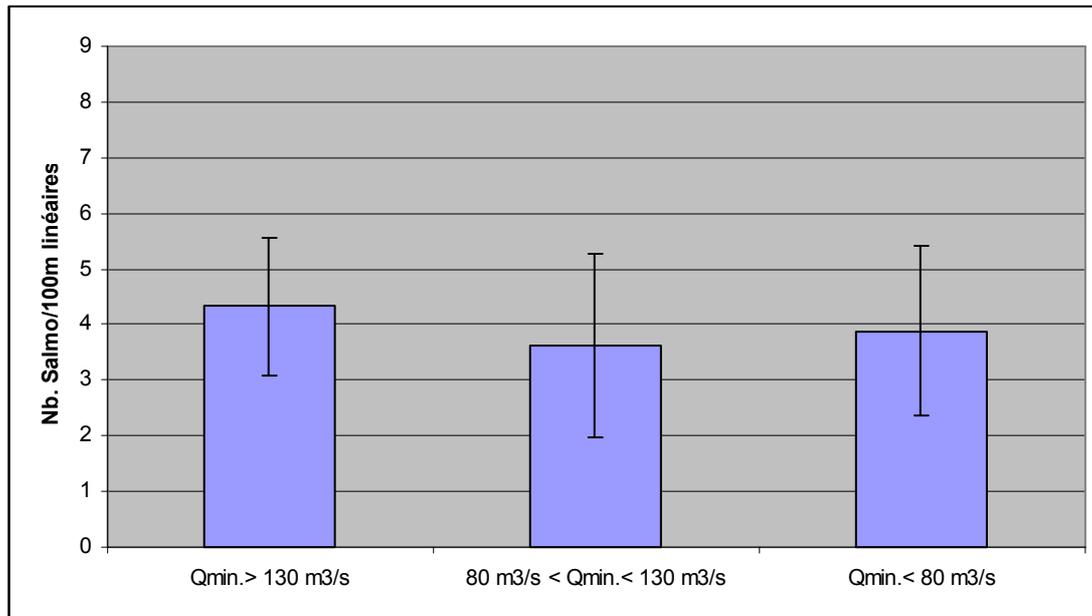


Figure 6 : relation entre le débit de retour de l'éclusee et le nombre d'alevins de salmonidés piégés dans 8 chenaux rivulaires, en aval de la confluence de la Maronne (moyenne et écart-type).

Il ressort de ces graphiques :

- que les éclusées dépassant les 240 m³/s de débit maximum turbiné en aval de la confluence de la Maronne, en période d'émergence et de post-émergence des alevins de salmonidés, entraînent deux fois plus de mortalités par échouages-piégeages que celles qui restent en deçà des 240 m³/s de débit maximum turbiné.
- que les éclusées qui dépassent les 130 m³/s d'amplitude en aval de la confluence de la Maronne, en période d'émergence et de post-émergence des alevins de salmonidés, entraînent deux fois plus de mortalités par échouages-piégeages que celles qui restent en deçà de 130 m³/s d'amplitude. On remarquera ici que les éclusées qui présentent les plus fortes amplitudes sont aussi celles qui atteignent les débits maximums turbinés les plus élevés.
- que même avec des débits de retour des éclusées supérieurs à 130 m³/s en aval de la confluence de la Maronne, soit plus que le module du cours d'eau, des problèmes importants d'échouages-piégeages persistent.

Ces résultats sont à rapprocher des résultats de la modélisation hydraulique de la Dordogne entre Argentat et Rodanges (**Courret et al**, 2006 et en cours).

Cette modélisation a été conduite de manière à bien prendre en considération les zones de berges que l'on savait problématiques (description fine des dépressions et chenaux sur les bancs de galets végétalisés et sur les berges jusque dans la ripisylve). Elle permet de préciser statistiquement sur 17 km, les débits de mise en eau des zones piégeuses.

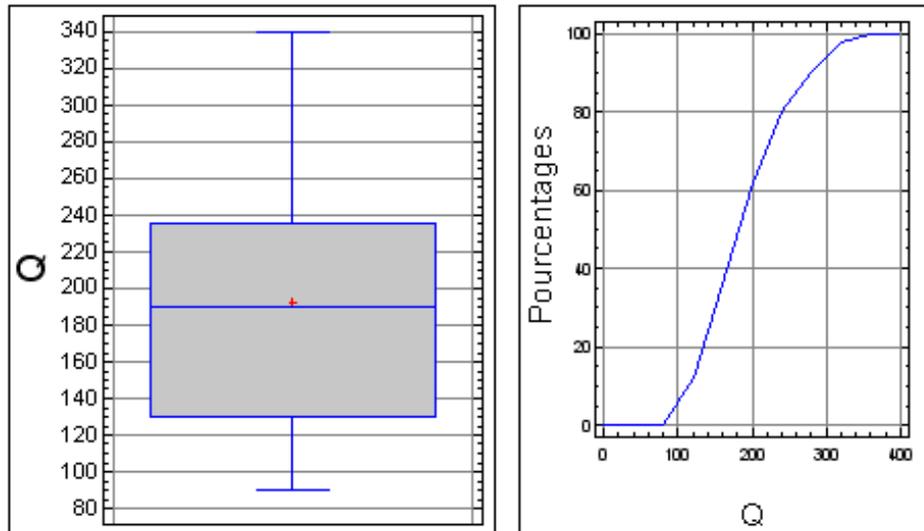


Figure 7 : Distribution¹ des débits de mise en eau des sites piégeux d'après Courret et al, 2006

Pour les 40 sites problématiques décrits, on sait qu'à 130 m³/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 m³/s, 50% des sites piégeux sont mis en eau et à 235 m³/s, 75% des sites piégeux sont mis en eau.

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.

Au delà de 240 m³/s à l'aval de la confluence de la Maronne, plus des trois quarts des sites piégeux pour les alevins émergents et post-émergents sont mis en eau avec des écoulements conséquents, les alevins s'installent et à la prochaine baisse, se retrouvent à sec. Dans ce cas de figure, nous retrouvons sur ces sites 6 alevins échoués-piégés pour 100 m de linéaire piégeux.

En deçà de 240 m³/s à l'aval de la confluence de la Maronne, seulement une partie des sites piégeux est bien en eau pour permettre l'installation des alevins émergents et post-émergents. Nous retrouvons alors sur ces sites moins de 3 alevins échoués-piégés pour 100 m de linéaire piégeux.

Le fait de plafonner le débit maximum turbiné en aval de la confluence de la Maronne à 240 m³/s en période d'émergence et de post-émergence des alevins de salmonidés peut permettre de limiter de 50% les mortalités par échouages-piégeages (plafonnement du débit maximum turbiné et maîtrise des amplitudes des éclusées).

4. Discussion - conclusion

La problématique des échouages-piégeages suite aux éclusées touche 15 espèces de poissons sur la Dordogne en aval de l'aménagement hydroélectrique du Sablier à Argentat.

¹ Le box plot représente la distribution statistique des séries de données, ici le nombre mensuel de variations. Le trait au milieu de la boîte correspond à la médiane, les extrémités de la boîte le 1^{er} et le 3^{ème} 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

Les vairons sont les plus représentés dans les échantillonnages, à tous les stades de développement, suivis par les alevins de salmonidés en période d'émergence et de post-émergence.

Dans le contexte morphologique actuel de la Dordogne (modification de l'hydrodynamisme fluvial en raison des grands aménagements hydroélectriques qui stoppent le transit solide et écrêtent les crues), ce sont les bras secondaires, à évolution morphologique quasiment figée, qui provoquent les mortalités les plus massives lorsque le débit de retour des éclusées passe en dessous de la cote de connexion de la prise d'eau du bras dans le chenal principal de la Dordogne.

Les solutions à mettre en place pour éviter ces mortalités sont à adapter au coup par coup, en fonction de la cote de la connexion de chaque bras et des enjeux qu'il représente. **C'est le domaine d'intervention de travaux en rivière très ciblés, tels que ceux pratiqués sur la Maronne (Chanseau *et al.*, 2008), afin que les bras restent en relation avec le chenal principal de la Dordogne, à minima sur toute la gamme de débit concernée par les éclusées et de manière optimale au débit minimum de la rivière.**

En 2008, des travaux en ce sens devraient intervenir sur la connexion amont du bras de Brivezac (dit aussi « bras de champagne ») sous maîtrise d'ouvrage du « Domaine Public Fluvial ».

Les petits chenaux dans la ripisylve et sur les bancs de galets végétalisés représentent une proportion importante du linéaire de berges de la Dordogne. Concernant la problématique échouages-piégeages, ils sont particulièrement piégeux pour les alevins de saumon et de truite en phase d'émergence et de post-émergence et peuvent affecter considérablement le recrutement naturel (voir pour la Maronne, **Lascaux *et al.*, 2008**).

Au regard du linéaire de berges concerné, il est bien évident que, hors cas exceptionnel pour lesquels des travaux ciblés peuvent s'avérer utiles, seule une intervention sur la gestion hydrologique de la période sensible permettra un gain biologique, en l'occurrence, une amélioration du recrutement naturel du saumon atlantique et de la truite commune.

Il a pu être montré dans ce rapport que le fait de plafonner le débit maximum turbiné en aval de la confluence de la Maronne à 240 m³/s, en période d'émergence et de post-émergence des alevins de salmonidés (mi-mars - fin juin), pouvait permettre de limiter de 50% leurs mortalités par échouages-piégeages (plafonnement du débit maximum turbiné et maîtrise des amplitudes des éclusées).

Il faut enfin souligner ici à la fois l'importance et la difficulté du type de suivi réalisé.

Les difficultés tiennent :

- à la taille du milieu à comparer à la taille des alevins que l'on recherche. Il faut tout à la fois, parfaitement connaître le cours d'eau et ses berges et trouver des poissonnets de 30 mm dans les interstices des cailloux, dans les mousses, les herbes, les racines et les embâcles où ils passent très facilement inaperçus,
- au nombre de facteurs susceptibles de varier et d'influencer le nombre d'alevins échoués (la morphologie des sites, le type d'écluse, l'intensité de la reproduction l'automne précédent conditionnant le stock d'alevins émergents ainsi que la période de l'année).

Il faut de nombreuses données de terrain, beaucoup de répétitions afin de commencer à avoir une image fiable de la situation et donc des suivis sur plusieurs années, **le suivi long terme étant également un outil qui permettra de comprendre et de mesurer les progrès**

effectués dans la gestion de l'aménagement hydroélectrique, ce qui revêt un caractère d'importance.

5. Bibliographie

- Chanseau, M., Courret, D., et Lascaux, J.M., 2008.** Poissons migrateurs amphihalins du bassin de la Dordogne - Bilan des travaux en rivière réalisés sur les cours d'eau Maronne et Dordogne afin de limiter les impacts des éclusées.
- 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. Synthèse des actions 2004. Rapport MI.GA.DO. 11D-05-RT.
- 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 Argenta Saulières. Rapport MIGADO 8D-06-RT/GHAAPPE RA.06.02.
- 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 (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-07-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.
- Lascaux, J.M., Cazeneuve L., Lagarrigue T. et Chanseau M., 2008.** Cartographie des zones d'échouages-piégeages de la Maronne en aval de l'usine hydroélectrique de HautePAGE et essai d'estimation des mortalités totales d'alevins de salmonidés sur le cours d'eau. Rapport MI.GA.DO. 20D-08-RT.
- 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.
- Liebig H., 1998.** Etude du recrutement de la truite commune (*Salmo trutta*) d'une rivière de moyenne montagne (Pyrénées Ariégeoise, 09) – Effets de la gestion par éclusées d'une centrale hydroélectrique. Thèse de l'INP-ENSAT, 201 p.
- OFEFP, 2003.** Conséquences écologiques des éclusées. Etude bibliographique. 109 p.
- Olivier, J.M., Poinart 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., Halleraker J.H., Arnekleiv 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.
- Valentin S., 1995.** Variabilité artificielle des conditions d'habitat et conséquences sur les peuplements aquatiques : effets écologiques des éclusées hydroélectriques en rivière. Thèse doc., Univ. Claude Bernard, Lyon I, 271 p.

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.