



CARTOGRAPHIE DES ZONES D'ECHOUAGES-PIEGEAGES DE LA MARONNE
A L'AVANT DE L'USINE HYDROELECTRIQUE DE HAUTEFAGE
ET ESSAI D'ESTIMATION DES MORTALITES TOTALES D'ALEVINS
SUR LE COURS D'EAU
Sous dossier LMAR07



Une plage de galets problématique de la Maronne à l'aval de l'usine de Hauteage

Etude financée par :

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

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

juillet 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.



Une plage de galets problématique de la Maronne à l'aval de l'usine de Hautefage

COMPTE RENDU D'ETUDE SOMMAIRE

Rapport de sous-traitance MI.GA.DO./ E.CO.G.E.A.

Auteurs et Titre : (pour fin de citation)

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 Hautefage et essai d'estimation des mortalités totales d'alevins de salmonidés sur le cours d'eau. 28 p. (Rapport MI.GA.DO. 12D-08-RT).

Résumé :

Depuis maintenant 5 années (à partir de 2003), un suivi des échouages-piégeages de poissons en fin d'éclusee est mené sur la Maronne en aval de l'usine hydroélectrique de Hautefage.

Il est aujourd'hui possible d'établir une cartographie assez exhaustive et une typologie des sites qui, sur la Maronne, en raison des éclusées, posent problèmes aux alevins de truite et saumon en phase d'émergence et de post-émergence.

Cette cartographie et cette typologie font l'objet du présent rapport. Elles débouchent sur un essai de quantification des mortalités totales, par échouages-piégeages, des alevins de salmonidés sur le cours d'eau, liées aux éclusées générées par l'aménagement hydroélectrique.

Les contextes morphologiques qui s'avèrent problématiques pour les alevins de salmonidés en phase d'émergence et de post-émergence, en raison des fluctuations de niveau du cours d'eau, sont : des bancs de galets plus ou moins végétalisés, des petits chenaux dans la ripisylve et de petits bras secondaires.

Au total l'ensemble du linéaire piègeux de la Maronne représente environ 10 % du linéaire de berges du cours d'eau.

En connaissant les mortalités par type de site (bancs de galets végétalisés, chenaux dans la ripisylve, bras secondaires) et par type d'éclusee, en ayant la représentativité de chaque site en linéaire par rapport au linéaire de berge de la Maronne, en connaissant le régime d'éclusee pratiqué et la période pendant laquelle des alevins de petite taille sont présents dans le cours d'eau, il est possible de calculer les mortalités par échouages-piégeages à l'échelle de l'axe Maronne en aval de l'usine de Hautefage.

La mortalité totale estimée, sur la période 2003-2007, est de l'ordre de 50 000 alevins de truites et saumons échoués-piégés pour l'ensemble du linéaire de la Maronne en aval de l'usine de Hautefage.

Si l'on considère un taux de survie moyen de 5% du stade œuf au stade pré-estival, ses mortalités correspondent à une dépose d'environ 1 000 000 d'oeufs, soit la ponte de 200 à 250 grandes femelles de salmonidés.

Sur la même période 2003-2007, 650 nids correspondant à 325 grandes femelles de salmonidés ont été recensé sur la Maronne. En première analyse il peut être avancé que les éclusées entraîneraient la perte de 60% à 75% de l'activité de production observée sur le cours d'eau.

Mots clés : Eclusées, échouages-piégeages, salmonidés, mortalités, Maronne.

Version : Définitive.

Date : Juillet 2008.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	1
2. LA MARONNE ET SON REGIME HYDROLOGIQUE	1
2.1. RAPPEL DES CARACTERISTIQUES DU REGIME NATUREL ET DU REGIME INFLUENCE	2
2.2. LES EVOLUTIONS DE GESTION DE L'USINE : PRISE EN COMPTE DES DONNEES BIOLOGIQUES.....	5
3. LA MORPHOLOGIE DE LA MARONNE ET LES SITES D'ECHOUAGES-PIEGEAGES.....	6
3.1. LA CARTOGRAPHIE	6
3.2. SYNTHESE DE LA CARTOGRAPHIE ET CALCUL DES MORTALITES PAR ECHOUAGES-PIEGEAGES PAR TYPE DE SITE ET PAR TYPE D'ECLUSEE	15
3.2.1. <i>Les bancs de galets végétalisés</i>	15
3.2.2. <i>Les complexes de petits chenaux dans la ripisylve</i>	16
3.2.3. <i>Les bras secondaires</i>	17
3.2.4. <i>Cas particulier : le site de la confluence avec la Dordogne</i>	18
4. REGIME THERMIQUE DE LA MARONNE, PERIODE D'ECLOSION ET D'EMERGENCE DES ALEVINS DE TRUITE ET DE SAUMON	19
5. LE REGIME D'ECLUSEES DE 2003 A 2007	20
6. ESTIMATION DES MORTALITES TOTALES D'ALEVINS DE TRUITE ET DE SAUMON PAR ECHOUAGES-PIEGEAGES LIES AUX ECLUSEES SUR LA MARONNE.....	22
7. DISCUSSION – CONCLUSION	24
8. BIBLIOGRAPHIE	26
SOMMAIRE	28

Cartographie des zones d'échouages-piégeages de la Maronne en aval de l'usine hydroélectrique de Hautefage et essai d'estimation des mortalités totales d'alevins de salmonidés sur le cours d'eau.

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 5 années (à partir de 2003), un suivi des échouages-piégeages de poissons en fin d'écluse est mené sur la Maronne en aval de l'usine hydroélectrique de Hautefage. Ce suivi, étayé par d'autres suivis et études menées en même temps sur les mêmes cours d'eau, a pour objectif, d'améliorer les connaissances sur l'impact des éclusées sur ces écosystèmes, et de proposer ou d'améliorer, en concertation avec l'ensemble des acteurs impliqués (EDF, EPIDOR, organismes en charge de la protection et/ou de la gestion des milieux aquatiques) des mesures susceptibles d'atténuer ces impacts.

Après 5 années de suivi, il est aujourd'hui possible d'établir une cartographie assez exhaustive et une typologie des sites qui, sur la Maronne, en raison des éclusées, posent problèmes aux alevins de truite et saumon en phase d'émergence et de post-émergence.

Cette cartographie et cette typologie font l'objet du présent rapport. Elles débouchent sur un essai de quantification des mortalités totales, par échouages-piégeages, des alevins de salmonidés sur le cours d'eau, liées aux éclusées générées par l'aménagement hydroélectrique.

2. La Maronne et son régime hydrologique

La Maronne prend sa source au Roc du Merle (1347 m) en Auvergne, dans les Monts du Cantal. Son bassin versant, situé à cheval sur les départements du Cantal et de la Corrèze, couvre une superficie de l'ordre de 820 km². Le climat du bassin versant de la Maronne est principalement sous influence océanique. Les précipitations sont relativement importantes sur les points hauts (jusqu'à 2200 mm/an sur les Monts du Cantal) pour diminuer progressivement au niveau d'Argentat aux alentours de 1200 mm/an.

2.1. Rappel des caractéristiques du régime naturel et du régime influencé

➤ Les débits naturels caractéristiques

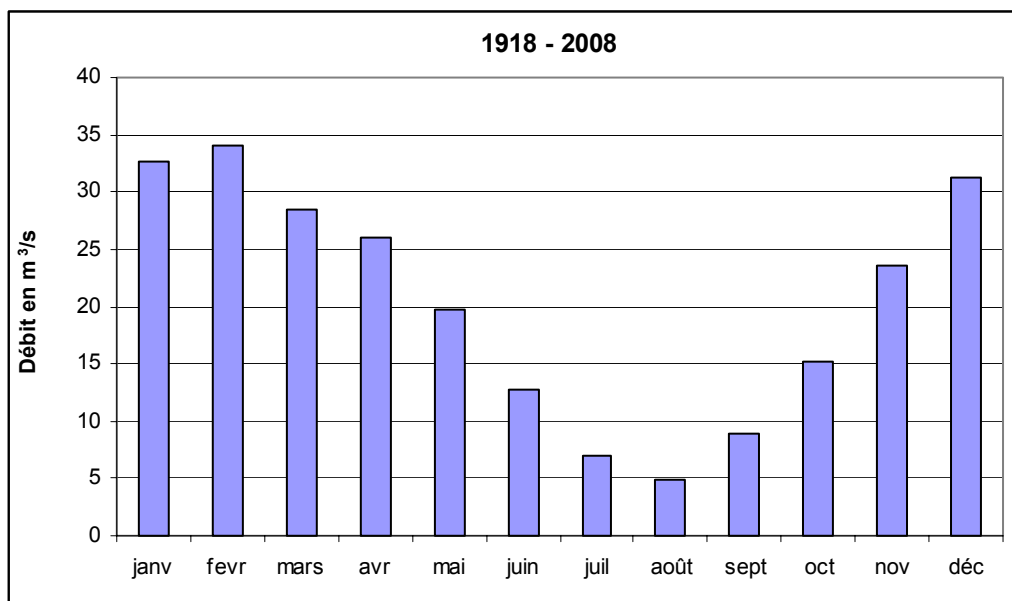


Figure 1 : Les débits moyens mensuels de la Maronne à Basteyroux sur 90 ans

La Maronne se caractérise par de hautes eaux de novembre à mai et des basses eaux de juin à octobre. **Le module est de 20,3 m³/s à Basteyroux** (commune d'Argentat).

fréquence	QMNA (m³/s)
biennale	1.800 [1.500;2.200]
quinquennale sèche	0.810 [0.660;0.980]

Tableau 1 : Basses eaux calculées sur 90 ans [intervalle de confiance à 95%]

fréquence	QJ (m3/s)	QIX (m3/s)
biennale	130.0 [120.0;140.0]	150.0 [140.0;160.0]
quinquennale	190.0 [180.0;210.0]	220.0 [210.0;240.0]
décennale	230.0 [220.0;260.0]	270.0 [250.0;300.0]
vicennale	270.0 [250.0;300.0]	310.0 [290.0;350.0]

Tableau 2: Crues calculées sur 90 ans [intervalle de confiance à 95%]

➤ Les caractéristiques du fonctionnement par éclusées de l'usine de HautePAGE

L'usine de HautePAGE est implantée sur la Maronne environ 6 km en amont de sa confluence avec la Dordogne, en rive gauche, en aval d'Argentat (département de la Corrèze).

L'usine de HautePAGE turbine les eaux de la Maronne stockées quelques 3 km en amont, dans la retenue de HautePAGE ou de la Broquerie (barrage de 52 m de haut, capacité totale de 27 millions de m³, capacité utile de 12,1 millions de m³).

L'usine de Hautefage est équipée de deux turbines Francis d'un débit nominal de 22 m³/s. Elle turbine **par éclusées** en période de forte demande d'électricité les eaux stockées en période de moindre demande dans la retenue de Hautefage.

La rivière Maronne est soumise, entre le barrage de Hautefage et l'usine (tronçon court-circuité d'environ 3 km) à un débit réservé fixé réglementairement à 500 l/s (1/40 du module) auquel s'ajoute quelques apports (ruisseau de la Pagésie et ruisseau du Peyret, en rive gauche de la Maronne, pour les plus importants). A l'aval de l'usine et jusqu'à la confluence avec la Dordogne, les débits turbinés se rajoutent au débit réservé. Le débit dans la Maronne est donc soit le débit réservé (usine à l'arrêt), soit le débit turbiné par une ou deux turbines à régime économique ou à pleine ouverture (voir aussi le rapport **SIEE/GHAAPPE/MIGADO**,1999).

Schématiquement, 5 paliers de débits peuvent être distingués entre l'usine de Hautefage et la confluence avec la Dordogne en dehors des périodes de crues (déversements par dessus le barrage de Hautefage) :

- Débit compris entre 40 et 50 m³/s, correspondant au fonctionnement des deux turbines à pleine ouverture (motif GG [pour 2 groupes], éclusées de type haut),
- Débit compris entre 30 et 40 m³/s, correspondant au fonctionnement des deux turbines dont une au moins fonctionne en régime économique (motif Gg, éclusées de type moyen),
- Débit compris entre 15 et 25 m³/s, correspondant au fonctionnement d'une turbine à régime économique ou à pleine ouverture (motif G, éclusées de type bas),
- Débit de base inter-éclusées du 15 novembre au 15 juin (Qbase),
- Débit réservé en dehors de la principale période d'éclusées (Qr).

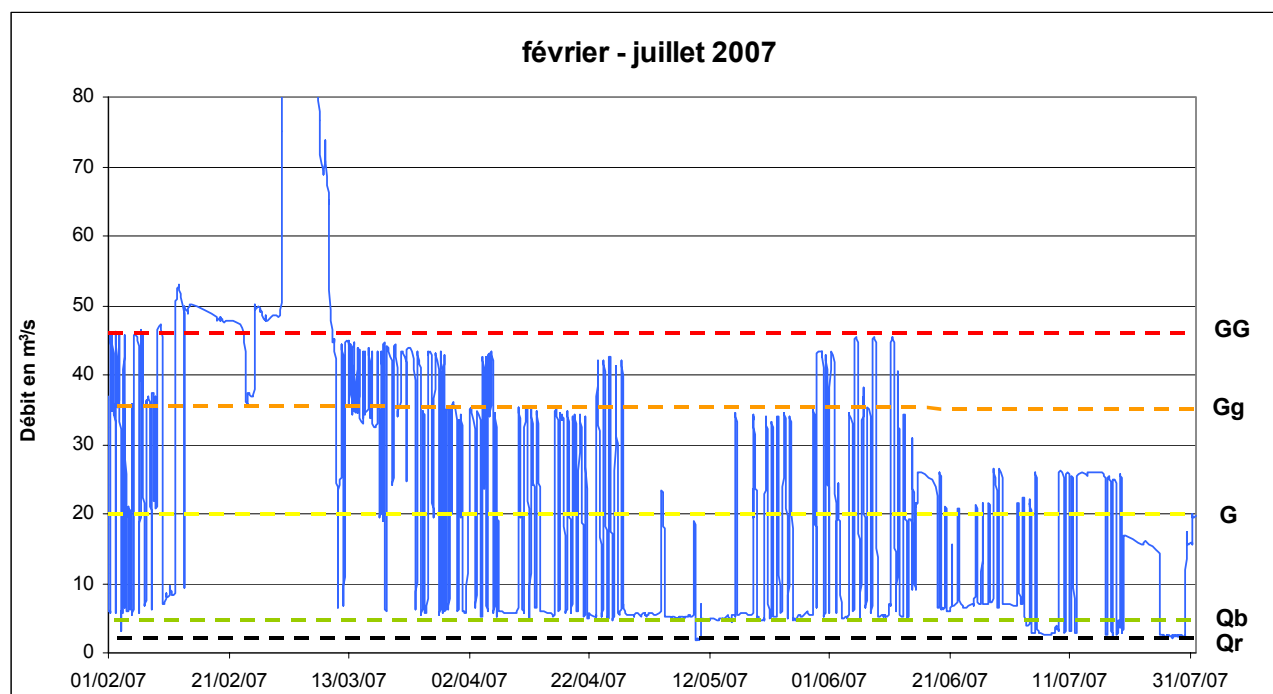


Figure 2 : Illustration en 2007 des paliers de fonctionnement de l'usine hydroélectrique de Hautefage

A un niveau mensuel, le fonctionnement des aménagements hydroélectriques de la chaîne Maronne ne provoque pas de grosses distorsions par rapport aux écoulements naturels (voir rapport **SIEE/GHAAPPE/MIGADO**,1999). En revanche, à des échelles hebdomadaires,

journalières et horaires, le régime hydrologique n'a plus rien de comparable avec un cours d'eau naturel (fig.3).

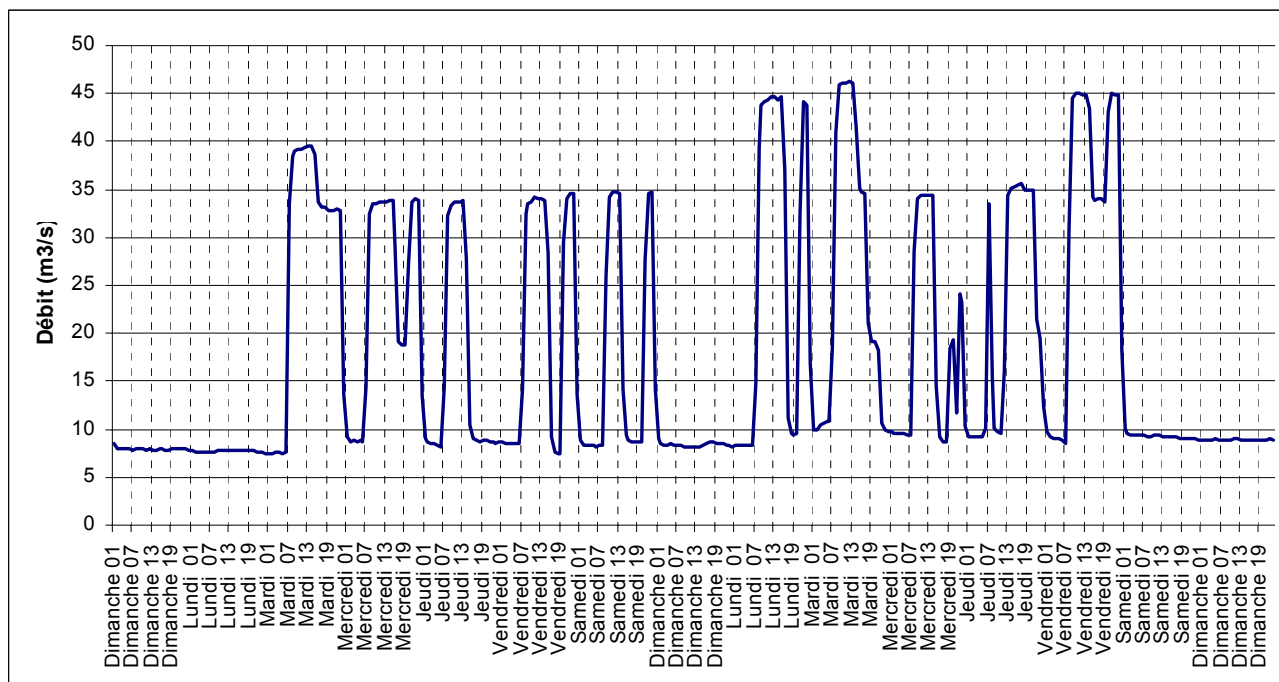


Figure 3 : Débits horaires de la Maronne du 11 au 25 avril 2004

Les débits fluctuent en fonction de la demande d'énergie sur le réseau : schématiquement, début de période de turbinage le matin vers 6-7 h, retour au débit de base en soirée pour les jours de semaine et généralement pas de turbinage les dimanches et les jours fériés.

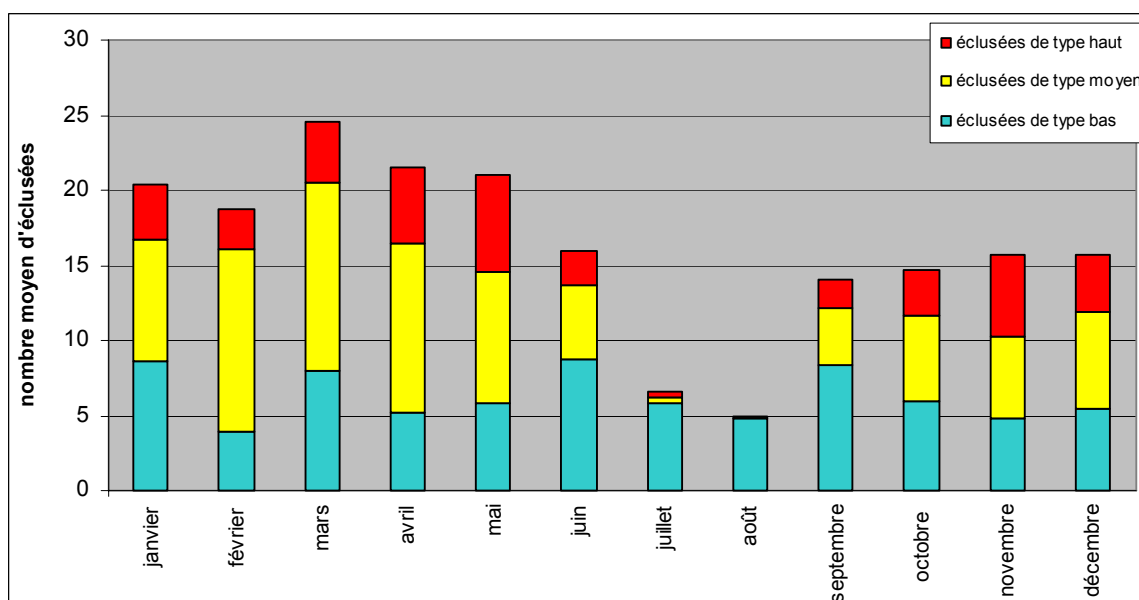


Figure 4 : Répartition du nombre d'éclusées par type et par mois de 1989 à 1998

Le nombre moyen d'éclusées par an est d'environ 195 sur la Maronne : une vingtaine d'éclusées pour les mois de janvier à mai, une quinzaine en juin puis de septembre à décembre et 5 à 6 éclusées en juillet et août (fig. 4).

La majorité des éclusées sont de type haut et moyen (les deux turbines à plein régime ou une à plein régime et une à moitié puissance), hormis pour les mois de juin, juillet, août, septembre

pour lesquels il y a une majorité d'éclusées de type bas (une seule turbine à plein régime ou à demi-puissance). Les mois d'avril et mai (période d'émergence des salmonidés) et de novembre (période de début de reproduction des salmonidés) sont les mois durant lesquels les éclusées de type haut sont les plus nombreuses.

2.2. Les évolutions de gestion de l'usine : prise en compte des données biologiques

Depuis l'hiver 1997-1998, à l'origine par convention avec la Fédération de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique de la Corrèze, EDF délivre à l'aval de l'usine de Hautefage un débit minimum correspondant à la marche à vide d'un groupe du mois de novembre jusqu'à la mi-juin (à minima 3 m³/s en aval de l'usine) afin d'éviter au maximum les exondations de frayères de grands salmonidés (**Lascaux et al.**, 2004) et de réduire les mortalités d'alevins en augmentant le débit de base inter-éclusée (**Valentin**, 1995).

A partir de la mi-juin, ce débit de base redevenait le débit réservé réglementaire soit 0,5 m³/s au barrage de Hautefage, ce qui se traduisait par des déconnexions de bras secondaires et d'importantes mortalités de poissons. Afin de limiter ces mortalités de poissons lors de ce retour au débit réservé réglementaire, après concertation des différents acteurs du bassin et l'accord d'EDF, des travaux ont été effectués à l'automne 2005 au niveau des prises d'eau de certains bras secondaires pour éviter leur déconnexion. Dans le même temps, le débit réservé était porté à 1 m³/s au barrage de Hautefage (à la place des 0,5 m³/s réglementaires).



Photo 1 à 4 : le bras Z 39 de l'Hospital avant puis après aménagement et hausse du débit réservé

L'enjeu est d'importance sur ce cours d'eau puisque **la Maronne, principal affluent corrézien de la Dordogne en aval du barrage infranchissable du Sablier, concentre sur 6 km de linéaire près de 30% de l'activité de reproduction des grands salmonidés observée sur le bassin (Lascaux et *al.*, juillet 2006).**

3. La morphologie de la Maronne et les sites d'échouages-piégeages

La Maronne, comme la Dordogne, a été largement équipée pour produire de l'énergie hydroélectrique (de l'aval vers l'amont, aménagements de Hautefage, Saint-Géniez et Enchanet, pour une puissance installée totale de 88,2 MW).

Les grands aménagements hydroélectriques (grands barrages et importantes capacités de stockage de l'eau) ont des conséquences sur l'évolution hydro-morphologique des cours d'eau à l'aval.

Nous retiendrons ici simplement trois effets de ces équipements qui ont une influence sur l'évolution de la morphologie de la Maronne en aval de Hautefage : le blocage du transit solide dans les grandes retenues, l'écêtement des crues et parallèlement l'augmentation de la fréquence des forts débits turbinés.

Les conséquences pour la rivière sont :

- 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 (double conséquence pour les poissons lithophiles, manque de support de fraie et vulnérabilité aux exondations des surfaces restantes),
- une fixation en l'état des bras secondaires (perturbation des cycles incision-dépôt),
- une végétalisation rapide, une fixation des bancs de galets grossiers et un développement des arbres à bois durs à proximité du chenal d'été du cours d'eau (raréfaction et écêtement des crues, fermeture du lit).

Cette évolution morphologique du cours d'eau couplée à une gestion par éclusées, c'est à dire engendrant des fluctuations rapides et importantes des niveaux d'eau de la rivière, conduit à une inadéquation, à certaines périodes de l'année, entre le milieu, la rivière, et le cycle biologique de certains poissons. C'est ainsi que l'on trouve, sur les bords de la Maronne, en fonction des périodes de l'année et des espèces piscicoles, des frayères exondées, des alevins échoués-piégés ainsi que des adultes de petites espèces.

3.1. La cartographie

La cartographie ci-dessous recense, de manière quasi exhaustive, l'ensemble des sites sur lesquels nous avons pu, depuis 2003, constater des problèmes liés aux éclusées, en ciblant essentiellement le cycle biologique des grands salmonidés.

Sous l'appellation, « alevins de salmonidés » sont regroupés les alevins de truite, de saumon et d'ombre. Les abréviations utilisées sont les suivantes :

TRF	truite commune
SAT	saumon atlantique
OBR	ombre commun
BAF	barbeau fluviatile

CHA	chabot
LOF	loche franche
VAI	vairon
VAN	vandoise

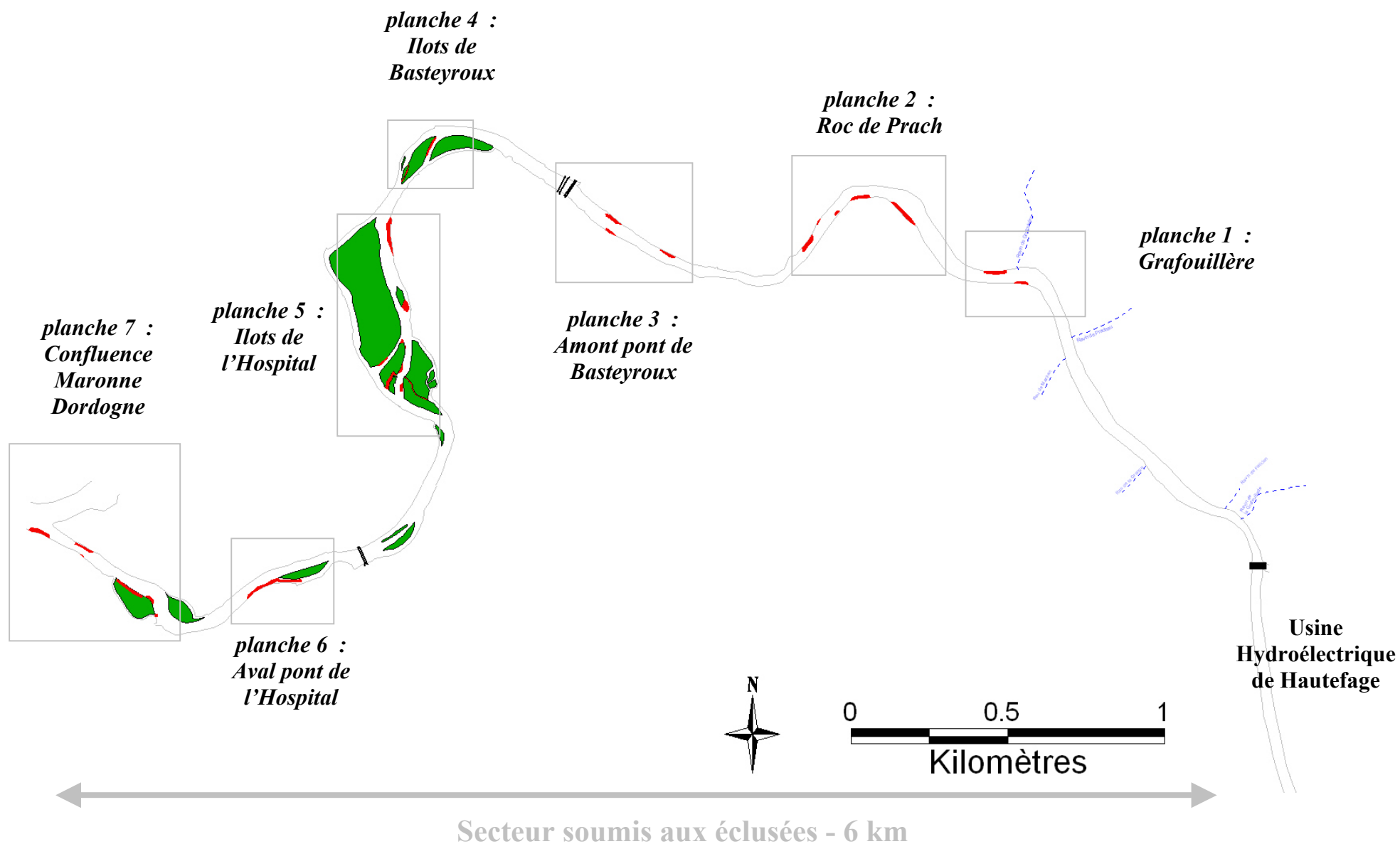


Figure 5 : La Maronne à l'aval de l'usine de Hautefage et les sites d'échouages-piégeages effectifs recensés (en rouge)



Grafouillère RD – Z 103

Zone de bordure avec galets enherbés et petites dépressions – 50 m

Echouages – piègeages d'alevins de salmonidés, CHA, VAI, LOF

Ravin de Grafouillère

Grafouillère RG

Plage de galets – 25 m

Exondations de frayères de truite, ombre et saumon

Echouages – piègeages d'alevins de salmonidés





Saule de Prach

Banquette de terre nue – 20 m

Echouages d'alevins de salmonidés, LOF, CHA

Banc de galets végétalisé et petit chenal – 60 m 🏠

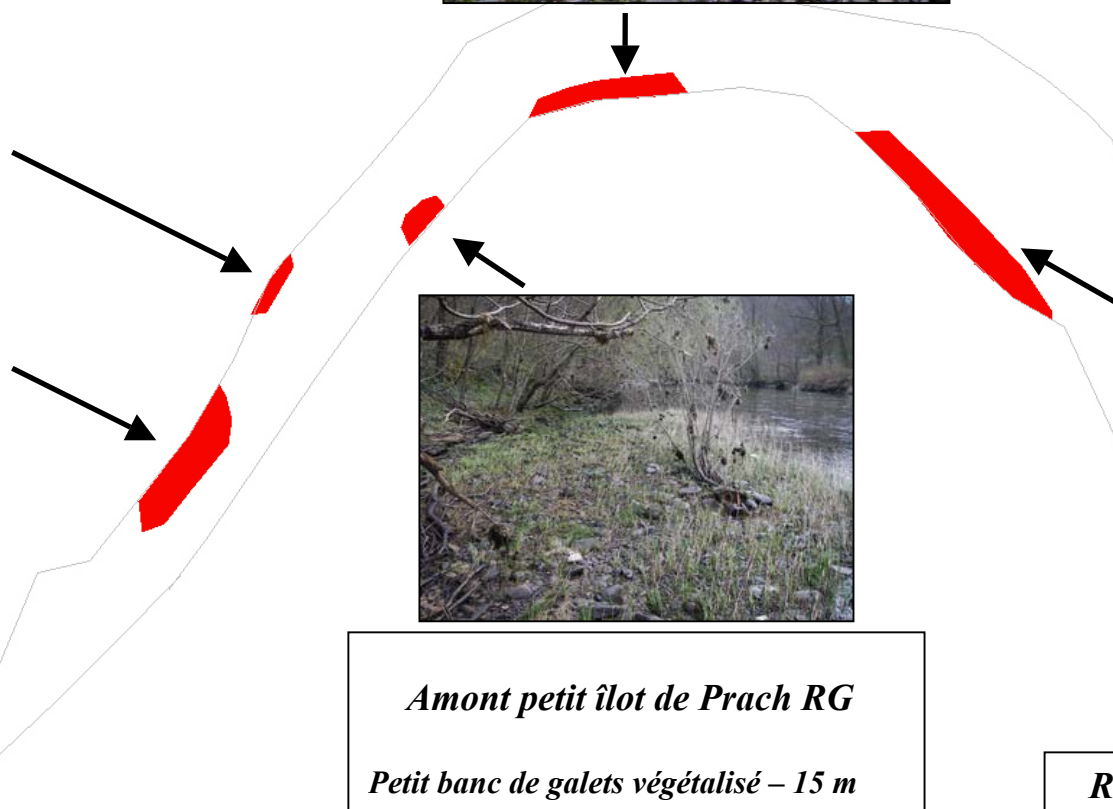
Echouages d'alevins de salmonidés, LOF, CHA



Roc de Prach Enrochement RG

Banc de gros galets, plus large et moins végétalisé que l'amont avec un chenal en RG et une flaque en fin de chenal – 60 m

Echouages – piègeages d'alevins de salmonidés, CHA, VAI, LOF



Amont petit îlot de Prach RG

Petit banc de galets végétalisé – 15 m



Roc de Prach Enrochement RG

Banc de galets végétalisé – 100 m

Echouages d'alevins de salmonidés et CHA



0 0.05 0.1
Kilomètres



Amont Pont de Basteyroux RG

Banc de galets végétalisé avec flaque en RG – 30 m

Echouages – piégeages d’alevins de salmonidés, CHA, VAI, LOF



Amont Pont de Basteyroux RD

Complexe de petits chenaux avec multiples dépressions – 60 m – déconnecté à 20 m³/s

Piégeages d’alevins de salmonidés, VAI, amnocètes



0 0.1 0.2
Kilomètres

Aval Saule de Prach

Banc de galets végétalisé – 50 m

Exondation de frayères de salmonidés



Z 66 – 67

Petit bras secondaire se déconnectant à 12 m³/s – 60 m

Echouages – piègeages d'alevins de salmonidés, VAI, amnocète



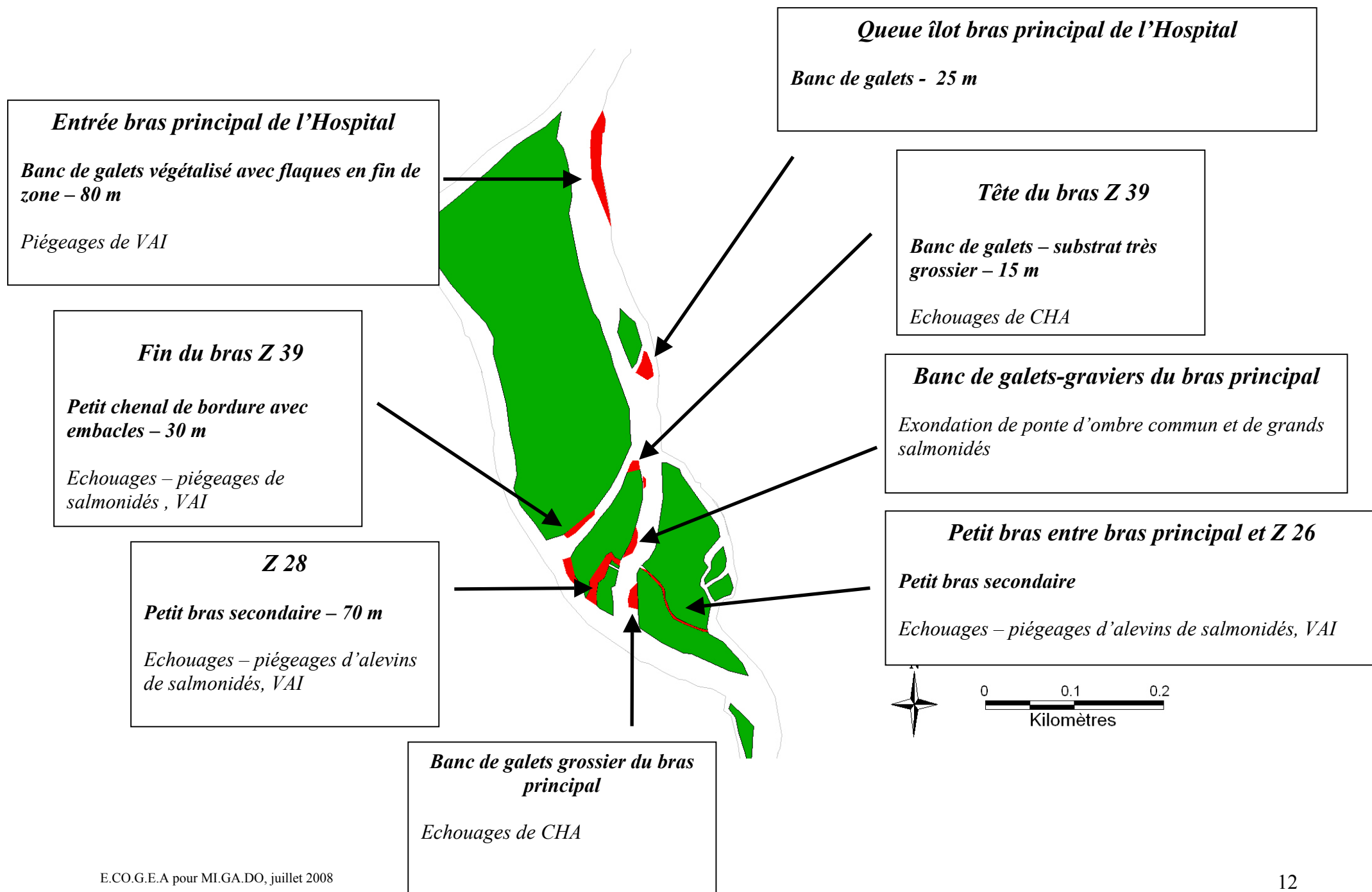
Bras secondaire de Basteyroux

Zone de bordure avec flaques sur substrat très grossier – 70 m

Echouages – piègeages d'alevins de salmonidés, VAI, CHA



0 0.05 0.1
Kilomètres

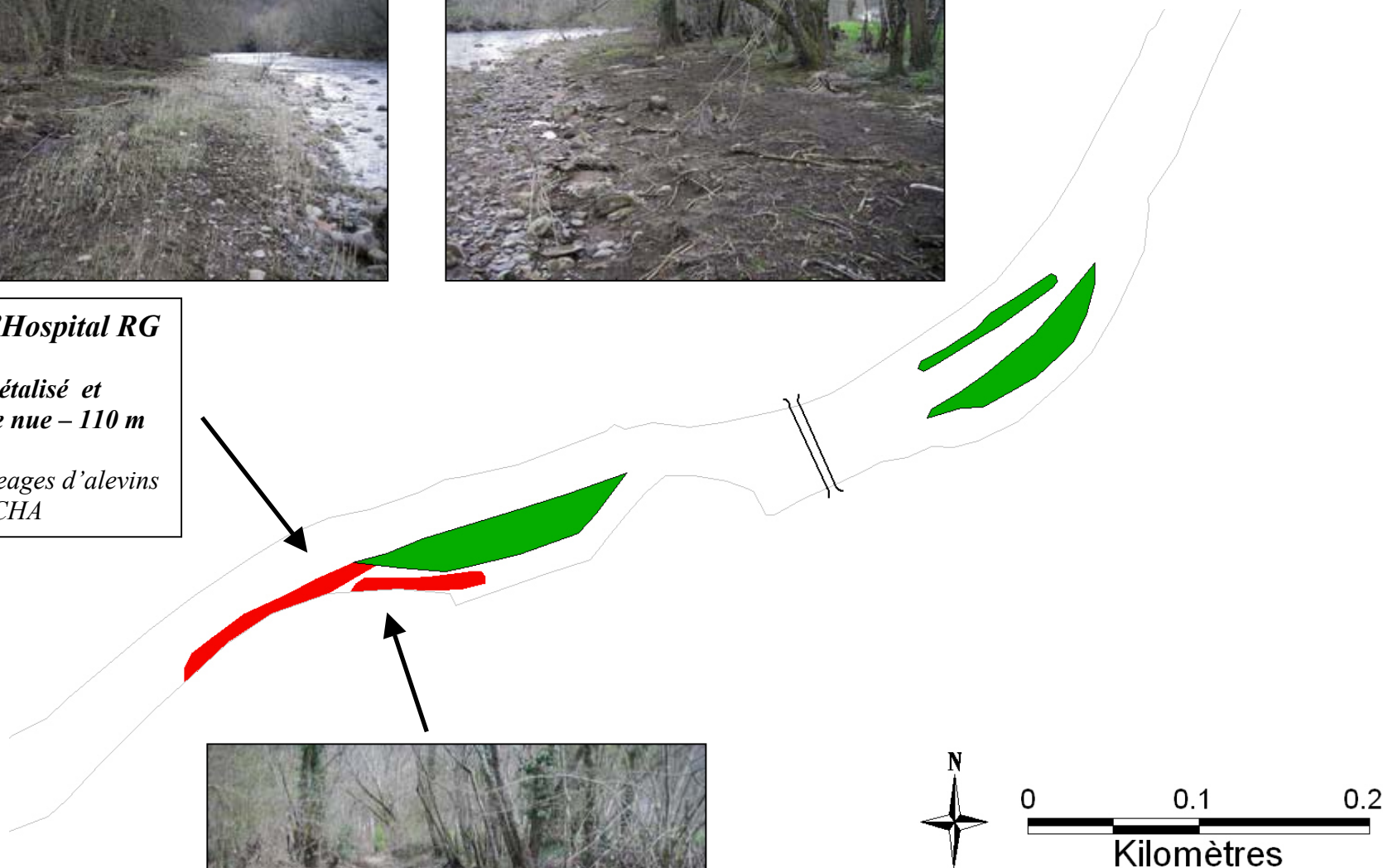




Aval Pont de l'Hospital RG

***Banc de galet végétalisé et
banquette de terre nue – 110 m***

*Echouages – piégeages d'alevins
de salmonidés et CHA*



Grande flaie aval pont de l'Hospital (fin du chenal de crue)

***Alimentation latérale lors des forts débits (Q_{Max})
de la Maronne***

Piégeages d'alevins de salmonidés, VAI, LOF, CHA



Confluence Dordogne - Z 1 milieu RD

Plage de galets avec chenai et flaques en RD – 60 m

Piégeages d'alevins de salmonidés, VAI, LOF, CHA.

Exondation de frayères d'OBR, BAF et pontes de VAN



Confluence Dordogne - Z 1 amont

Banc de galets végétalisé avec flaques en fin de zone – 25 m

Echouages – piégeages d'alevins de salmonidés, CHA

Exondation de pontes de CHA et VAN

Confluence Dordogne – Z 1 aval

Plage de galets : 70 x 12 m ; pente = 2,9 %

Echouages d'alevins de salmonidés, VAI, LOF, CHA



0 0.05 0.1
Kilomètres



Confluence Dordogne - Z 1 amont

Chenal dans forêt avec gros galets– 70 m

Echouages d'alevins de salmonidés

3.2. Synthèse de la cartographie et calcul des mortalités par échouages-piégeages par type de site et par type d'écluse

3.2.1. Les bancs de galets végétalisés

Les bancs de galets plus ou moins végétalisés, situés en bordure du chenal principal de la Maronne, constituent des habitats extrêmement favorables aux alevins de salmonidés en période d'émergence et de post-émergence. Ils y trouvent, en période de turbinés, les faibles profondeurs d'eau et les faibles vitesses d'écoulement dont ils ont besoin pour leur apprentissage de la vie libre.

Lors du retour au débit de base, **les surfaces mises hors d'eau peuvent être importantes du fait de la faible pente latérale de ces sites.**

Sur certains bancs de galets, de petites dépressions se creusent en période de forts débits (remous de racines de végétaux colonisateurs, d'embâcles) et s'avèrent très piégeuses lorsque les débits baissent.



Photo 5 : la plage de galets en amont du pont de Basteyroux en rive droite

Sur l'ensemble du linéaire de la Maronne, près de 800 mètres linéaires de berges correspondant à cette description sont mis hors d'eau lors de chaque retour au débit de base inter-éclusées.

➤ Le suivi du site de Grafouillère

Au cours des 5 années, 31 éclusées ont été suivies sur le site de Grafouillère rive droite : 5 éclusées à G, 18 éclusées à Gg et 8 éclusées à GG pour 84 alevins de TRF/SAT récoltés.

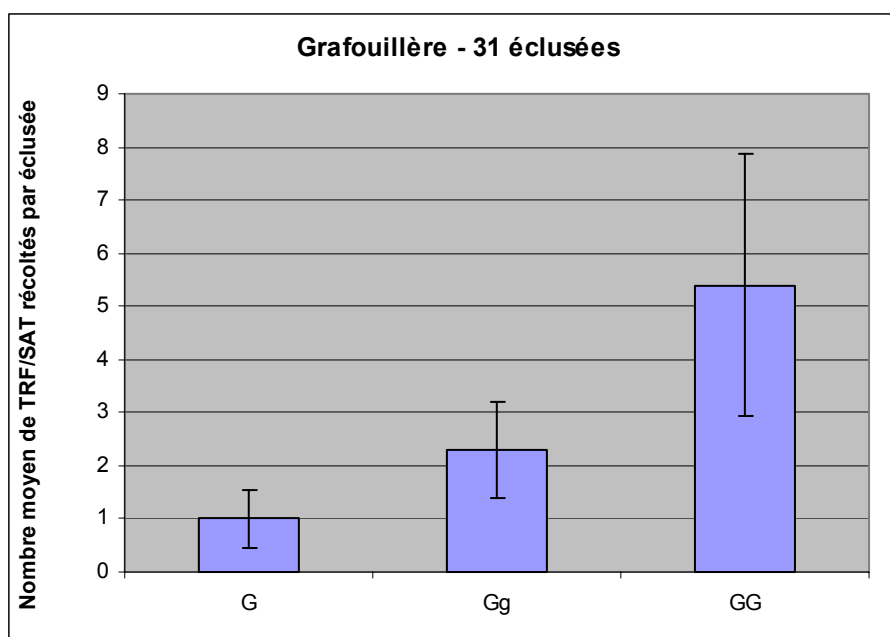


Figure 6 : Nombre moyen (et écart-type) de TRF/SAT récoltés par type d'éclusées sur le site de Grafoluillère

Ce site fait apparaître une très forte corrélation des mortalités de TRF/SAT avec les débits maximums turbinés. En moyenne, lorsque l'éclusée se fait avec un seul groupe à l'usine de Hauteclage (aux alentours de 20 m³/s), nous récoltons **1 TRF/SAT sur les 50 mètres prospectés lors du retour au débit de base**. Ce chiffre est multiplié par **2,3** lorsque l'usine utilise un groupe à pleine puissance et l'autre à mi-puissance (motif Gg - 35 m³/s) et est multiplié par **5,4** lorsque l'usine fonctionne à 2 groupes à plein régime (motif GG - 45 m³/s).

Le site de grafoluillère, très régulièrement suivi depuis 2003, servira à l'extrapolation des mortalités par échouages-piégeages pour l'ensemble des bancs de galets problématiques de même type de la Maronne.

3.2.2. Les complexes de petits chenaux dans la ripisylve

Lors des forts débits turbinés, l'eau coule, sur certain secteur de Maronne, au milieu des bois riverains du cours d'eau. Les alevins émergents vont trouver refuge dans ces zones de faibles vitesses et se font piéger, à la baisse suivante, dans les dépressions au pied des arbres ou dans les petits chenaux creusés entre les arbres.



Photo 6 et 7 : Une zone piègeuse en amont du pont de Basteyroux en rive droite, à 35 m³/s et à 20 m³/s

Sur la Maronne, **2 sites importants** possèdent cette morphologie :

- la zone en rive droite en amont du pont de Basteyroux qui constitue un complexe de petits chenaux avec de très nombreuses dépressions, d'environ 60 mètres de long,
- la zone amont de la confluence avec la Dordogne, d'une longueur de 70 mètres.

Sur l'ensemble du linéaire de la Maronne, 150 mètres linéaires de berges, correspondant à cette description, sont mis hors d'eau lors de chaque retour au débit de base inter-éclusee, ou même lorsque l'usine ne turbine plus à pleine puissance (ou à 1 groupe et demi).

➤ *Le suivi du site Z1 amont*

Entre 2005 et 2007, 17 écluses ont été suivies sur ce site de 70 mètres de long : 8 écluses à GG et 9 écluses à Gg. Lorsque l'usine de Hauteage fonctionne à 1 seul groupe soit environ 20 m³/s, ce site n'est pas en eau : les écluses G-Qbase ne sont donc pas problématiques sur ce site.

En moyenne, à chaque écluse **de motif GG, 5,3 TRF/SAT** (écart-type égal à 4) sont récoltés sur ce site. Ce chiffre s'abaisse de façon logique à **3,4 TRF/SAT** (écart-type égal à 2,3) par écluse à motif **Gg** puisqu'à 35 m³/s, il n'est que partiellement en eau.

Le site Z1 amont, bien suivi depuis 2005, servira à l'extrapolation des mortalités par échouages-piégeages pour l'ensemble des petits chenaux de même type dans la ripisylve de la Maronne.

3.2.3. Les bras secondaires

Lors des retours au débit de base inter-écluses et suite aux aménagements réalisés sur les prises d'eau des deux bras les plus problématiques (revoir le **2.2.**), il ne reste plus que deux bras secondaires d'assez petites dimensions qui s'assèchent :

- le bras Z 28 des îlots de l'Hospital,

- le bras Z 66-67 des îlots de Basteyroux.

Le bras **Z 28** dans les îlots de l'Hospital a été suivi durant 15 éclusées revenant à Qbase pour 25 alevins de TRF/SAT récoltés soit une moyenne de **1,7 TRF/SAT par éclusée** (écart-type égal à 1,8).

Le bras **Z 66 – 67** dans les îlots de Basteyroux a lui été suivi au cours de 5 éclusées en 2007 pour un total de 36 alevins de TRF/SAT récoltés soit une moyenne de **7,2 TRF/SAT par éclusée** (écart-type égal à 8,4).

3.2.4. Cas particulier : le site de la confluence avec la Dordogne

Ce site est un cas particulier. Il se présente comme une plage de galets classique, mais est à la fois sous l'influence des éclusées de la Maronne et de la Dordogne et a un fonctionnement de bras secondaire. En effet, chaque année sur ce site, de fortes mortalités par échouages-piégeages sont constatées **principalement lors de la première mise hors d'eau du site**, correspondant à de faibles débits à la fois sur la Maronne et sur la Dordogne, comme pour une déconnexion de la prise d'eau d'un grand bras secondaire (que l'on peut deviner en formation entre la Maronne et la Dordogne), et non pas à chaque mise hors d'eau, comme cela se produit pour un banc de galets classique.

En 2005, ce sont 258 alevins de TRF/SAT qui ont été récoltés échoués-piégés sur ce site, 202 en 2006 et 92 en 2007 soit **en moyenne une mortalité de 184 alevins de TRF/SAT chaque année sur ce site**.



Photo 8 : la plage de galets de la confluence avec la Maronne

Au total l'ensemble du linéaire piègeux de la Maronne représente environ 10 % du linéaire de berges du cours d'eau.

4. Régime thermique de la Maronne, période d'éclosion et d'émergence des alevins de truite et de saumon

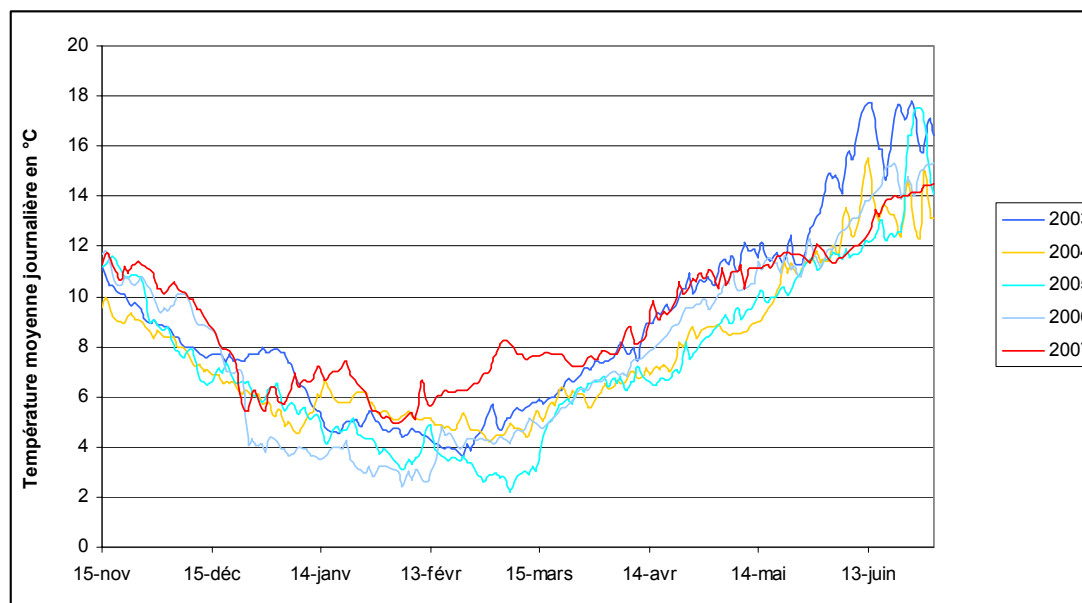


Figure 7 : Régime thermique de la Maronne de mi-novembre à début juillet, de 2003 à 2007

Sur la Maronne, la période de reproduction des grands salmonidés commence tous les ans vers la mi-novembre pour s'achever fin décembre-début janvier. Les trois premières semaines de décembre constituent la période d'activité maximale de cette phase de reproduction.

Les différences inter-annuelles du régime thermique induisent des durées variables d'incubation des œufs et de vie sous-graviers des alevins. Les décalages peuvent atteindre environ un mois aussi bien pour l'éclosion des œufs que pour l'émergence des alevins.

		2003		2004		2005		2006		2007	
TRF	éclosion	31-déc	27-févr	08-janv	01-mars	02-janv	18-mars	30-déc	22-mars	29-déc	19 fevr
	émergence	09-févr	19-avr	17-févr	26-avr	21-févr	07-mai	01-mars	05-mai	29-janv	07-avr
	Taille moy. 35 mm	26-avr		10-mai		16-mai		11-mai		17-avr	
SAT	éclosion	01-janv	10-mars	09-janv	14-mars	03-janv	28-mars	31 dec	01-avr	27-déc	01-mars
	émergence	19-mars	27-avr	19-mars	06-mai	04-avr	16-mai	03-avr	13-mai	01-mars	16-avr
	Taille moy. 35 mm	12-mai		23-mai		31-mai		26-mai		02-mai	

Tableau 3 : Récapitulatif des dates théoriques d'éclosion, d'émergence et d'atteinte de la taille moyenne de 35 mm pour les alevins de truite et de saumon

Suivant les années, les premiers alevins nageants peuvent être observés dans le cours d'eau dès début février pour la truite commune et début mars pour le saumon atlantique. La fin de l'émergence intervient généralement fin avril pour la truite, et début mai pour le saumon atlantique, ce qui signifie que nous pouvons trouver dans l'eau des alevins de très petite taille (20- 25 mm) tout au long du mois de mai.

Dans un précédent rapport (Lascaux *et al*, 2006), il est mentionné qu'aucun alevin de taille supérieure à 35 mm n'est retrouvé échoué-piégé lors des prospections alors que des alevins de taille supérieure sont bien présents dans le cours d'eau. Il a donc été émis l'hypothèse que les

alevins étaient moins vulnérables aux variations des niveaux d'eau au delà de la taille de 35 mm. La date médiane d'atteinte de ces 35 mm (environ 350 degrés-jours après la date médiane d'émergence) est assez variable d'une année sur l'autre et varie de mi-avril à mi-mai pour la truite et de début mai à fin mai pour le saumon. Il faut ici garder à l'esprit qu'il s'agit d'une date médiane et que nombre d'alevins sont encore de taille inférieure à 35 mm à la date annoncée.

2007 constitue l'année la plus précoce de notre suivi pour l'atteinte de cette taille « critique » alors que 2005 a été l'année la plus froide et donc la plus tardive pour l'atteinte de cette taille.

5. Le régime d'éclusées de 2003 à 2007

Nous avons vu dans le paragraphe précédent que les alevins de salmonidés nageants librement dans la Maronne commencent à être nombreux à partir du mois de mars et qu'ils restent globalement de petite taille jusqu'à la fin du mois de mai.

Nous avons comptabilisé, pour chaque année de suivi, le nombre d'éclusées de mars à juin, (ce qui englobe les périodes d'émergence, de post-émergence et d'apprentissage des alevins de salmonidés), en différenciant, d'une part les éclusées revenant au débit de base (Qbase environ égal à 5 - 7 m³/s à Basteyroux, variable selon les apports intermédiaires), et d'autre part, les autres éclusées ne revenant pas à Qbase.

	2003				
	GG-Qb	Gg-Qb	G-Qb	Total descentes Qb	Autres
Mars	9	18	3	30	7
Avril	1	0	9	10	0
Mai	0	0	0	0	0
Juin	0	0	0	0	0
TOTAL	10	18	12	40	7

	2004				
	GG-Qb	Gg-Qb	G-Qb	Total descentes Qb	Autres
Mars	13	16	8	37	3
Avril	7	17	2	26	5
Mai	6	4	3	13	9
Juin	0	4	5	9	0
TOTAL	26	41	18	85	17

	2005				
	GG-Qb	Gg-Qb	G-Qb	Total descentes Qb	Autres
Mars	3	5	2	10	3
Avril	4	14	8	26	5
Mai	5	11	6	22	3
Juin	0	0	0	0	0
TOTAL	12	30	16	58	11

2006					
	GG-Qb	Gg-Qb	G-Qb	Total descentes Qb	Autres
Mars	2	0	0	2	0
Avril	9	5	0	14	13
Mai	0	11	1	12	0
Juin	0	0	0	0	0
TOTAL	11	16	1	28	13

2007					
	GG-Qb	Gg-Qb	G-Qb	Total descentes Qb	Autres
Mars	8	3	0	11	16
Avril	7	14	1	22	3
Mai	2	8	2	12	0
Juin	4	4	8	16	0
TOTAL	28	33	11	72	19

Tableau 4 à 8 : Récapitulatif du nombre d'éclusées dénombrées de mars à juin 2003 à 2007 ; les éclusées revenant à *Q* base sont triées par type (haut, moyen, bas), c'est à dire en fonction du débit maximum turbiné au cours de l'éclusée.

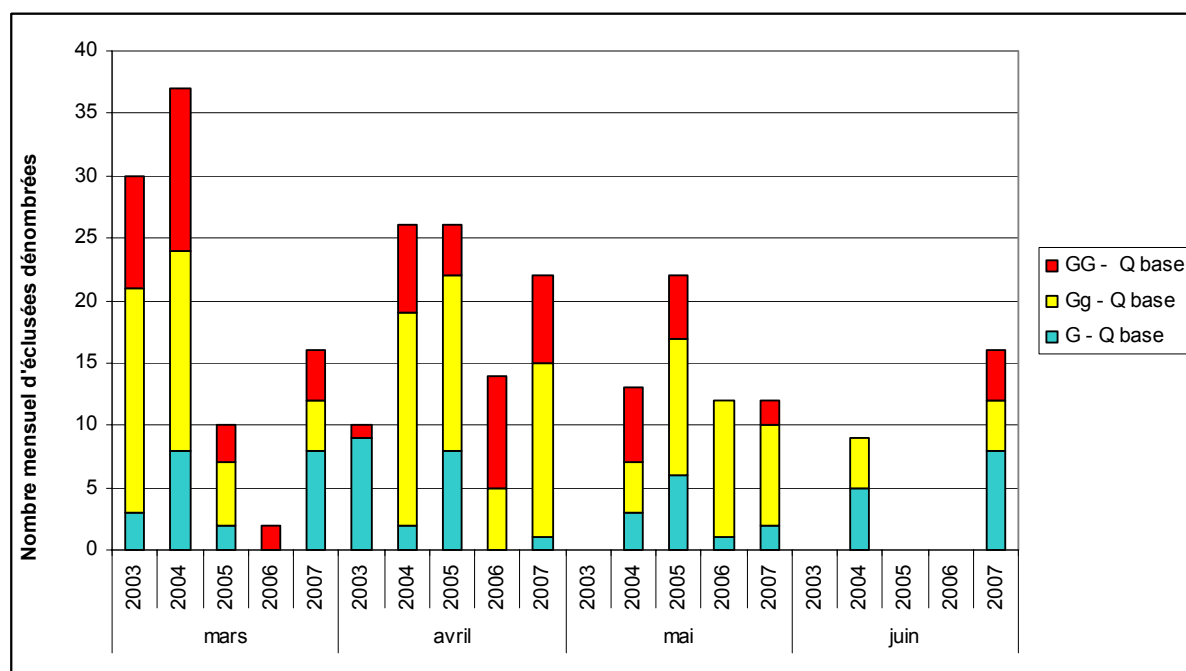


Figure 8 : Nombre mensuel d'éclusées revenant à *Q* base, de mars à juin, de 2003 à 2007

2004 est l'année présentant le plus grand nombre d'éclusées revenant à *Q*base (85), devant 2007 (72). Mais si 2004 est assez classique avec un nombre d'éclusées décroissant de mars à juin, 2007, par contre, elle présente 16 éclusées en juin, ce qui est inhabituel (dont la moitié à GG ou Gg). Nous avons vu précédemment que 2007 était aussi l'année la plus précoce, en terme d'atteinte de la taille « critique » de 35 mm (17 avril pour les truites et 02 mai pour les

saumons) et donc que les éclusées de juin auront probablement été moins « impactantes » cette année là.

2006 est l'année présentant le plus faible nombre d'éclusées (28), essentiellement concentrées au cours des mois d'avril et mai. Le très faible nombre d'éclusées au cours du mois de mars est lié à des débits hauts et stables.

En 2003, le régime d'éclusées est soutenu au cours du mois de mars (1 éclusée par jour) puis s'interrompt rapidement courant avril (sécheresse, aucune éclusée au cours des mois de mai et juin).

2005 est une année moyenne avec 58 éclusées en mars, avril et mai.

6. Estimation des mortalités totales d'alevins de truite et de saumon par échouages-piégeages liés aux éclusées sur la Maronne

En connaissant les mortalités par type de site (bancs de galets végétalisés, chenaux dans la ripisylve, bras secondaires) et par type d'éclusée, en ayant la représentativité de chaque site en linéaire par rapport au linéaire de berge de la Maronne, en connaissant le régime d'éclusée pratiqué et la période pendant laquelle des alevins de petite taille sont présents dans le cours d'eau, il est possible d'extrapoler les mortalités par échouages-piégeages à l'échelle de l'axe Maronne en aval de l'usine de Hauteefage.

Attention toutefois, cet exercice est périlleux en raison du nombre de facteurs susceptibles d'influencer les résultats des suivis échouages-piégeages : la morphologie des sites, le type d'éclusée, l'intensité de la reproduction l'automne précédent conditionnant le stock d'alevins émergents, la période de l'année en relation avec le régime thermique du cours d'eau et la difficulté des observations sur le terrain. Il faut beaucoup de données, une répétition des observations sur les mêmes sites afin d'avoir une image assez fiable de la situation. En l'état actuel des connaissances seul les mortalités totales d'alevins sur la période 2003-2007 nous semble être le paramètre assez robuste à discuter.

Les calculs ci-dessous sont effectués pour la période principale de vulnérabilité des alevins de salmonidés, à savoir de mars à mai.

	GG	Gg	G
Mortalité / éclusée - banc galets 50 m	5.4	2.3	1
Mortalité / éclusée - Total bancs galets (800 m)	86.4	36.8	16
Mortalité / éclusée - complexe chenaux 70 m	5.3	3.4	0
Mortalité / éclusée - Total complexe chenaux 150 m	11.4	7.3	0
Mortalité / éclusée - Déconnection bras secondaires	8.9		
Mortalité / an - Confluence Dordogne-Maronne	184		
Nbre éclusées 2003-2007	76	126	45
Mortalités totales 2003-2007	16 800		

Tableau 9 : Récapitulatif des mortalités d'alevins de truite et de saumon observées sur la Maronne sur la période 2003-2007 par types de site et types d'éclusées

La mortalité totale sur la période 2003-2007 peut être estimée à environ 16 800 individus, de l'usine de HautePAGE jusqu'à la confluence avec la Dordogne.

Ce calcul a pour base les **alevins récoltés** sur les différents sites. Cela ne constitue que la partie « visible » des alevins réellement morts. En effet, compte tenu des difficultés à repérer les poissons dans les anfractuosités du substrat, les herbes, les mousses ou les racines, le nombre de morts lors de chaque éclusée est largement sous-estimé.

Les expériences de **Salveit** et *al.* (2001) sur la Nidelva en Norvège permettent de se faire une idée des proportions d'alevins retrouvés échoués. Pour cela, Salveit et ses collaborateurs ont placé dans une enceinte close sur une plage de galets sensible à l'exondation (galets de taille moyenne de 85 mm avec un substrat subdominant de graviers), un nombre connu d'alevins de salmonidés. Après éclusée et baisse des niveaux d'eau, ils ont cherché minutieusement les poissons à l'intérieur de l'enceinte et n'ont retrouvé que **35% des individus**. Les alevins retrouvés échoués à la surface du substrat ne représentent donc qu'une partie minoritaire du nombre de poissons réellement morts. « Ne considérer que les poissons retrouvés reviendrait donc à sous-estimer nettement la mortalité et donc les effets des éclusées » (**Salveit** et *al.*, 2001). C'est encore plus vrai sur la Maronne où au contraire de l'expérience sur la Nidelva, les galets ne sont pas « propres ». Plus grossiers, ils sont en effet largement enherbés ou colonisés par des mousses aquatiques supportant les alternances en eau – hors d'eau.

Afin de se rapprocher au plus près de l'effet réel des éclusées sur les mortalités d'alevins, il convient de multiplier par au moins 3 les effectifs retrouvés sur la Maronne.

Dans ces conditions, la mortalité de jeunes salmonidés sur la période 2003-2007 peut être estimée à environ 50 000 individus pour l'ensemble du linéaire de la Maronne en aval de l'usine de HautePAGE.

7. Discussion – Conclusion

Sur la base des suivis des échouages-piégeages réalisés sur la période 2003-2007 sur la Maronne, il a pu être estimé une mortalité de l'ordre de 50 000 alevins de salmonidés (truite et saumon) en lien avec les phénomènes d'éclusées.

Pour un taux de survie moyen de 5% entre le stade œuf et le stade pré-estival (cf par exemple **Richard**, 1998), les mortalités estimées correspondent à une dépose d'environ 1 000 000 œufs, soit la ponte de 200 à 250 grandes femelles (sur la base de 4 000 œufs pour une truite de 55 cm et de 5 000 œufs pour un saumon de 65 cm).

Sur la période 2003-2007, 650 nids ont été recensés sur la Maronne, de l'usine de HautePAGE jusqu'à la confluence avec la Dordogne. Une femelle construisant en moyenne 2 nids (Beall, 1994), ce secteur de Maronne a donc abrité la fraie de 325 grandes femelles de salmonidés. Ainsi, en première analyse, il peut être avancé que les éclusées entraîneraient la perte de 60% à 75% de l'activité de reproduction observée sur le cours d'eau

Il faut toutefois rappeler que le suivi de l'activité de reproduction n'est pas exhaustif, seuls les nids d'une longueur supérieure à 1 m étant comptabilisés.

Une autre façon d'appréhender les impacts à l'échelle de l'axe est d'analyser les résultats des pêches électriques réalisées chaque année sur le cours d'eau. En appliquant à l'ensemble des surfaces de radiers-rapides (2.8 ha en basses eaux – **Bosc et Carry**, 1999) les densités observées sur la station de référence du pont de l'Hospital, il est possible d'estimer que globalement, sur la période 2003-2007, de l'ordre de 30 000 alevins étaient présents sur le cours d'eau en fin d'été. Les mortalités de 50 000 individus estimées durant les 5 années de suivi correspondraient donc à 60% de la population de 0+ produite par la rivière.

Les chiffres avancés dans ce rapport peuvent paraître importants. Il est pourtant probable qu'il s'agit de valeurs minimales. En effet, les estimations des mortalités s'appuient notamment sur les expériences de **Salveit** et *al.* (2001) alors que les conditions de prospections sur la Maronne sont nettement plus difficiles. De plus, la prédation, qui ne peut exister dans les expériences norvégiennes, est probablement non négligeable sur la Maronne et ne permet pas de comptabiliser toutes les mortalités. Enfin, n'ont été prises en compte dans les différentes analyses que les éclusées revenant au débit de base alors que d'autres types d'éclusées exercent également des impacts.

Pour appréhender plus complètement la problématique des éclusées sur le cours d'eau, il serait également intéressant d'étudier plus en détails ce qui se passe lors des augmentations des débits, en particulier les phénomènes de dérive d'alevins et les mortalités associées. Il serait également intéressant d'analyser plus finement la problématique du retour au débit réservé.

Il faut enfin souligner une fois de plus les difficultés de ce type d'exercice d'estimation des mortalités à l'échelle d'un axe. Ces difficultés tiennent notamment :

- à la nécessaire disponibilité des équipes de terrain, qui doivent notamment **i)** être sur place peu de temps après la fin des éclusées **ii)** travailler les week-ends et les nuits, périodes correspondant généralement aux bas débits en raison de la faible demande énergétique sur le réseau.

- aux dimensions des milieux prospectés, à mettre en relation avec la taille des jeunes poissons. Trouver des poissonnets de 30 mm dans les interstices des cailloux, les mousses, les herbes, les racines ou les embâcles n'est pas chose aisée.
- aux très nombreux paramètres susceptibles de faire varier les mortalités : la morphologie des sites, le type d'éclusee, la reproduction naturelle l'hiver précédent, la période de l'année...

Ce n'est que grâce à des jeux de données importants, sur de nombreuses années, qu'il sera possible à la fois d'appréhender plus finement les mortalités sur le cours d'eau, de mieux comprendre la sensibilité des jeunes poissons aux variations des niveaux d'eau, d'identifier les modes de gestion les plus problématiques et de mesurer les progrès accomplis.

8. BIBLIOGRAPHIE

- Beall, E., 1994.** Les phases de la reproduction. In Guegen J.C. et Prouzet P. (eds), Le Saumon atlantique, Biologie et gestion de la ressource. IFREMER, Plouzané, p. 123-140.
- Bosc, S. et Carry, L., 1999.** Estimation des potentialités en juvéniles et géniteurs de saumon sur la Souvigne et la Maronne à l'aval de l'aménagement de Hauteage. Représentation cartographique. Rapport MI.GA.DO. n° D2-99-RT.
- 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.
- 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., Lagarrigue, T., Vandewalle, F. et Chanseau, M., 2004.** Effets d'un débit minimum de 3 m³/s délivré à l'aval de l'usine de Hauteage 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 E.CO.G.E.A. pour MI.GA.DO. 18D-04-RT.
- Lascaux, J.M., Vandewalle, F., Lagarrigue, T., juillet 2006.** Synthèse des données 1999-2006 des grands salmonidés migrateurs sur le bassin de la Dordogne en aval du barrage du Sablier. Bilan par cours d'eau. Rapport ECOGEA pour MIGADO 11D-06-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.
- Richard, A., 1998.** Gestion piscicole – Interventions sur les populations de poissons : repeuplement des cours d'eau salmonicoles. Collection Mise au point publiée par le C.S.P, 256 p.
- 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 hydropedaking. *Regulated rivers : research and management*, 17 : 609-622.

- SIEE/GHAAPPE/MIGADO, 1999.** Restauration du saumon sur les affluents de la Dordogne : Maronne et Souvigne. Etude du potentiel de production de ces cours d'eau et de l'amélioration de l'habitat sur la Maronne.
- 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.