



M I G A D O

Migrateurs Garonne Dordogne

PREMIERE EVALUATION DES POTENTIALITES DE PRODUCTION
EN SAUMON ATLANTIQUE (*Salmo salar* L.) DE LA LOYRE



La Loyre en amont de Ceyrat

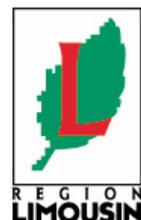
Etude financée par :

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

J.M. LASCAUX
F. VANDEWALLE

novembre 2007

MI.GA.DO. 17D-07-RT





M I G A D O

Migrateurs Garonne Dordogne

ECOGEA

Première évaluation des potentialités de production en saumon atlantique (*Salmo salar* L.) de la Loyre.

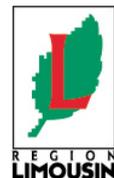


La Loyre en amont de Ceyrat.

Agence de l'Eau
Adour Garonne



CORREZE



Novembre 2007
M.I.G.A.DO. 17D-07-RT

Rédacteurs : J.M. LASCAUX
F. VANDEWALLE

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. et Vandewalle, F., 2006. Première évaluation des potentialités de production en saumon atlantique (*Salmo salar* L.) de la Loyre. Rapport E.CO.G.E.A. pour MI.GA.DO. 17D-07-RT.

Résumé :

Le présent rapport détaille la première évaluation des potentialités de production en saumon atlantique (*Salmo salar* L.) de la Loyre réalisée au cours de l'été 2006.

Sur les 30 km de la Loyre naturellement favorable au saumon atlantique, la capacité de production potentielle est en première estimation d'environ **2 000 à 2 100 smolts dévalants**. La capacité d'accueil potentielle en géniteurs est plus difficile à approcher sans description morphodynamique complète du cours d'eau. Cependant, compte-tenu du manque de granulométrie favorable à la reproduction dans le secteur le plus favorable à l'accueil des juvéniles, entre Ceyrat et le Glandier, le chiffre maximum de 20 femelles (donc environ 40 géniteurs) peut être avancé pour ces 14 km. Pour la partie aval de la Loyre, aucun chiffre ne peut être avancé en l'état actuel de l'étude.

Le principal objectif à atteindre pour le saumon sur la Loyre, dans un délais raisonnable est le rétablissement de la libre circulation. En effet, plusieurs obstacles sont encore aujourd'hui difficilement franchissables par les salmonidés et non-équipés de passe à poissons (**hors-la-loi depuis 1994**). Ces digues de moulins compliquent singulièrement l'accès des géniteurs aux meilleurs habitats de production de juvéniles du cours d'eau.

A plus long terme, le second objectif est la reconquête de la qualité du milieu aquatique par une gestion concertée et volontariste du bassin-versant. En effet, la partie aval de la Loyre ne bénéficie pas d'une qualité d'eau et des fonds optimale pour le bon déroulement du cycle biologique du saumon. Il conviendra d'être vigilant sur l'épuration des eaux (domestiques, industrielles, agricoles), la divagation du bétail qui entraîne la déstructuration des berges des cours d'eau, la destruction de la ripisylve qui accentue le réchauffement, les recalibrages, la création de nouveaux étangs et leurs vidanges anarchiques et l'utilisation des pesticides dans les vergers.

Mots clés : Potentialités de production en juvéniles, potentialités d'accueil en géniteurs, cycle biologique, libre circulation, saumon atlantique, rivière Loyre.

Version : Définitive

Date : novembre 2007

Table des matières

1.	Introduction	1
2.	Présentation géographique	1
3.	Méthodologie de détermination de la capacité d'accueil en juvéniles et en géniteurs de saumon atlantique.....	3
3.1.	Capacité d'accueil en juvéniles de saumon atlantique	6
3.1.1.	Suivi thermique	6
3.1.2.	Qualité physico-chimique de l'eau.....	6
3.1.3.	Description morphodynamique	6
3.1.4.	Estimation des potentialités d'accueil en juvéniles de saumon atlantique.....	7
3.1.5.	Extrapolation à la production théorique en nombre de smolts dévalants.....	9
3.2.	Estimation de la capacité d'accueil en géniteurs de saumon atlantique.....	10
4.	Premiers résultats	10
4.1.	Régime thermique	10
4.2.	Hydrologie.....	11
4.3.	Qualité de l'eau	13
4.4.	Bilan général des potentialités d'accueil en juvéniles et en géniteurs de saumon ...	14
4.4.1.	Secteur 1 : Confluence avec la Vézère-Ceyrat.....	14
4.4.2.	Secteur 2 : Ceyrat-Le Glandier.....	16
4.4.3.	Secteur 3 : Amont du Glandier.....	18
5.	Discussion-Conclusion.....	19
6.	Bibliographie.....	20

Première évaluation des potentialités de production en saumon atlantique (*Salmo salar* L.) de la Loyre.

1. Introduction

La Loyre est le premier affluent de la Vézère en amont de la confluence avec la Corrèze. Elle rejoint la Vézère en rive droite à Varetz (département de la Corrèze).

La Loyre est un axe prioritaire pour la restauration des poissons migrateurs (axes bleus du SDAGE Adour-Garonne, 1996 – liste 1).

La Loyre est également une rivière classée, sur tout son cours ainsi que ses affluents, au titre de l'article L 432-6 du code de l'Environnement, « cours d'eau à migrateurs » par le décret 89 – 415 du 20 juin 1989. L'arrêté du 21 août 1989 a fixé comme espèce migratrice concernée par ce classement : la truite commune. Il impose notamment aux propriétaires de rendre leurs barrages compatibles avec la libre circulation de ce poisson.

L'objectif final de cette étude est d'acquérir des données précises et validées concernant :

- le potentiel d'accueil en géniteurs de saumon de la rivière,
- le potentiel de production en smolts du cours d'eau,
- les différents points pouvant encore interférer avec le cycle biologique de l'espèce comme la présence d'obstacles à la libre circulation ou la qualité générale des milieux.

Ces données sont nécessaires à la bonne conduite du plan de restauration du saumon atlantique sur le bassin versant de la Dordogne.

Le présent rapport rend compte d'une première évaluation des potentialités de production en saumon atlantique (*Salmo salar* L.) de la Loyre.

Cette étude a été financée par l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, le Conseil Général de la Corrèze et la Région Limousin.

2. Présentation géographique

La source de la Loyre se situe sur les plateaux du Bas Limousin à 415 m d'altitude à St Martin-Sepert. Après un cours de 45 km et après avoir reçu son affluent principal, le Roseix en rive droite, elle rejoint la Vézère en rive droite en aval de Varetz.

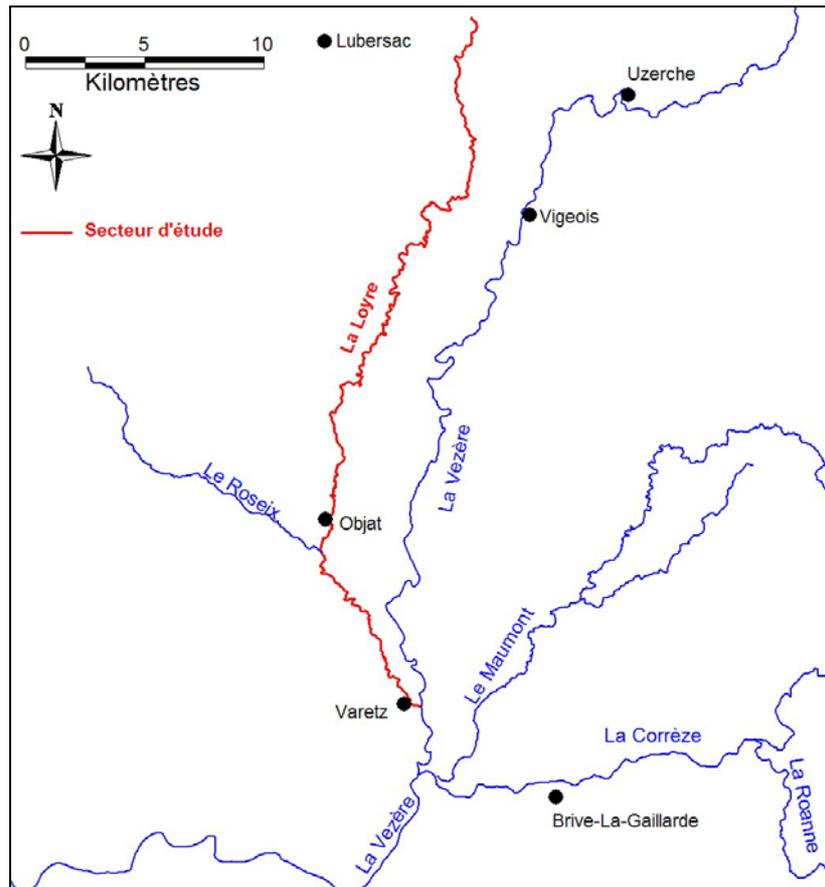


Figure 1 : Situation du secteur d'étude

Sur les 16 premiers kilomètres, la Loyre s'écoule dans un secteur vallonné, de nature métamorphique, occupé essentiellement par des pâtures pour l'élevage bovin (race limousine), des vergers de pommiers et par des bois de chênes et de châtaigniers (pente moyenne de 9 ‰). Ce secteur présente un climat océanique, caractérisé par des précipitations de l'ordre de 1100 mm par an. Pendant les 11 kilomètres suivant (entre le Glandier et Ceyrat), la Loyre coule dans un secteur de gorges boisées, sur schistes, d'une pente moyenne de 11 ‰. En aval de Ceyrat, la Loyre rejoint le bassin sédimentaire de Brive. La pente s'adoucit (2,5 ‰ en moyenne), l'occupation des sols est dominée par les grandes cultures, les vergers et les pâtures.

Dans le Plan Départemental de Protection des milieux aquatiques et de Gestion des ressources piscicoles (PDPG) de la Corrèze, la Loyre est scindée en 2 contextes :

- En amont de la confluence avec le Roseix : contexte salmonicole perturbé (la Loyre et ses affluents y sont en 1^{ère} catégorie piscicole). Les perturbations sont la prolifération des plans d'eau, les traitements chimiques sur les pommiers, l'épandage d'engrais sur les prairies et les rejets de stabulations et de l'habitat humain dispersé.
- En aval de la confluence avec le Roseix : contexte salmonicole perturbé (la Loyre y est en 2^e catégorie piscicole et ses affluents en 1^{ère} catégorie). Les perturbations sont la prolifération des plans d'eau, les traitements chimiques sur les pommiers, l'épandage d'engrais sur les prairies, les rejets (stabulations, rejets domestiques et industriels) et l'irrigation.

3. Méthodologie de détermination de la capacité d'accueil en juvéniles et en géniteurs de saumon atlantique

La capacité d'accueil en saumon atlantique d'un cours d'eau est déterminée principalement par :

- le cycle thermique et la physico-chimie de l'eau qui vont agir sur la productivité hydrobiologique de la rivière et sur la physiologie des poissons,
- l'habitat physique offert aux poissons,

Le tout est sous le contrôle du climat, de la géologie et de l'hydrologie comme schématisé sur la figure 2.

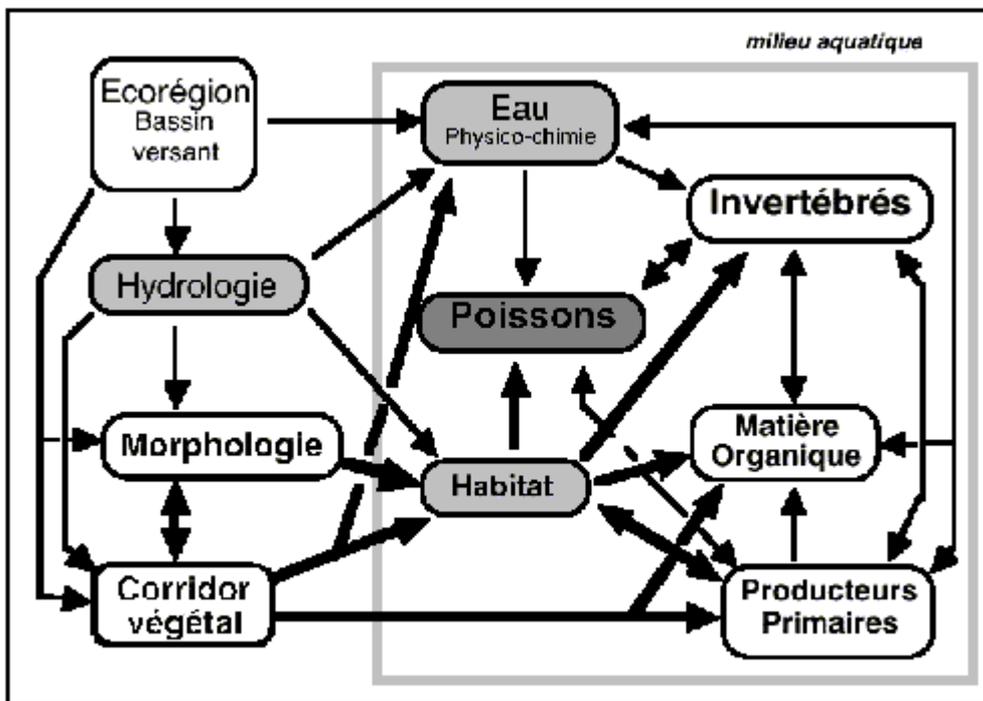


Figure 2 : Modèle conceptuel de l'écosystème d'eau courante d'après **Wasson et al.** (1995).

Les principales exigences du saumon atlantique, en terme de qualité physico-chimique de l'eau, sont présentées dans les tableaux 1 et 2.

	Stade de développement	
	Œuf - embryon	Alevin - tacon
Oxygène dissous	> 6 mg/l	> 6 mg/l
Température (moyennes journalières) <i>optimum de croissance</i>	1 – 8 °C	6 – 22°C 15 – 17°C

Tableau 1 : Exigences thermiques et en oxygène dissous pour un développement correct de différents stades de saumon (d'après : **Alabaster et Lloyd**, 1982 ; **Gibson**, 1993 ; **Héland et Dumas**, 1994 ; **Elliott et Hurley**, 1997 ; **Cowx et Welcomme**, 1998).

	Valeurs létales	Références
Température	T > 28,5°C	Heland et Dumas, 1994
pH	5,8 < pH < 9	Bishai, 1960 in Arrignon, 1991
Oxygène	2 mg/l	Alabaster and Lloyd, 1982
NH ₃	CL50-24h* = 0,15 mg NH ₃ /l CL50-24h = 0,28 mg NH ₃ /l	Herbert and Shurben, 1965 in Arrignon, 1991 Alabaster and Lloyd, 1982

Tableau 2 : Valeurs létales pour les juvéniles de saumon atlantique. (Les valeurs présentées ci-dessus ont été obtenues en laboratoire * CL50-24h : concentration létale pour 50 % des individus au bout de 24 h.)

En terme d'habitat physique, les exigences du saumon atlantique sont aujourd'hui bien connues (tableaux 3 et 4).

	Individu de taille < 7 cm	Individu de taille > 7 cm
Profondeur (cm)	10 – 40 (5 – 90)	20 – 60 (10 – 300)
Vitesse (cm/s)	20 – 40 (10 – 70)	0 – 80
Taille du substrat (mm)	16 – 256 (graviers, petits et gros galets)	64 – 512 (petits et gros galets, petits blocs)

Tableau 3 : Principales caractéristiques (valeurs couramment rencontrées; valeurs extrêmes entre parenthèses) des mésohabitats utilisés en rivière par les juvéniles de saumon atlantique en nutrition diurne estivale (d'après **Heggenes et al., 1999** et **Hendry et Cragg-Hine, 2003**).

	Frayères
Profondeur (cm)	30 – 80 (9 – 160)
Vitesse (cm/s)	40 – 80 (15 – 140)
Taille du substrat (mm)	20 – 100 (graviers, petits galets, gros galets)

Tableau 4 : Principales caractéristiques (valeurs couramment rencontrées; valeurs extrêmes entre parenthèses) des mésohabitats utilisés en rivière par les géniteurs de saumon atlantique en phase de reproduction (d'après **Crisp et Carling, 1989**; **Gibson, 1993**; **INRA/CSP, 1997**; **Lascaux et Lagarrigue, 2000**).

Ces exigences se traduisent, pour les juvéniles, à l'échelle du cours d'eau, par une occupation préférentielle des faciès où la profondeur est relativement réduite, la vitesse de courant forte et le substrat grossier, c'est à dire les faciès radiers, rapides (Photographie 1), escaliers et plats courants (**Baglinière et Champigneulle, 1982**; **Heggenes, 1991**; **Baran, 2000**; **Chanseau et Gaudard, 2003, 2004**; **Chanseau et al., 2006**). Les juvéniles de saumons occupent d'autant plus les zones rapides et peu profondes qu'ils sont en compétition avec la truite commune, espèce plus agressive, qui les cantonne dans ces types d'habitat (**Héland et Dumas, 1994**; **Kennedy et Strange, 1986**).



Photographie 1 : Alternance radier / plat courant – Maumont Noir, Ecogea-septembre 2005.

Concernant les géniteurs, leurs exigences en terme d'habitat physique les conduisent à établir leurs frayères préférentiellement au niveau des remontées du fond du cours d'eau, où les vitesses s'accroissent, en fin de faciès profond ou plat (Photographie 2).



Photographie 2 : Queue de faciès plat – Corrèze, Ecogea-septembre 2001.

Plusieurs études de potentialités d'accueil en juvéniles de saumon existent sur différents cours d'eau français (**Baglinière**, 1979 ; **Chapon**, 1991 ; **Neuschwander et Nivesse**, 1993 in **Bosc et Carry**, 1999 ; **Malavoi**, 1999 ; **Minster et Bomassi**, 1999 ; **Baran**, 2000), et notamment sur quelques cours d'eau du bassin de la Garonne (**Gayou**, 1986 ; **Dartiguelongue**, 1992, 1993, 2002) et de la Dordogne (**Tinel**, 1983 ; **Soulet**, 1994 ; **Bosc et Carry**, 1999 ; **Lascaux et Lagarrigue**, 2001 ; **Lagarrigue et Lascaux**, 2003 ; **Vandewalle *et al.***, 2004 ; **Firmignac *et al.***, 2006). Cependant, bien que les méthodologies employées pour les études concernant le bassin de la Dordogne soient globalement proches sur le fond, il existe des grandes disparités quant au choix des outils utilisés sur le terrain (typologie de faciès d'écoulement, échelle de description granulométrique) et quant aux différentes approximations utilisées dans les calculs de capacité d'accueil (capacité de production d'un Equivalent Radier-Rapide, pondération de la capacité d'accueil en juvéniles en fonction du type de faciès d'écoulement, de la granulométrie du substrat...) (**Pallo et Larinier**, 2002).

La méthodologie utilisée dans cette étude est celle déjà appliquée par **Lascaux et Lagarrigue** sur les affluents de la Bave (2001), sur les affluents de la Corrèze (2003), sur la Corrèze (2004) ainsi que sur le Maumont (2006). Elle est issue d'une synthèse des méthodologies utilisées dans les différentes études précédemment citées.

Cependant, contrairement aux études précédentes la description morphodynamique complète du linéaire parcouru n'a pas été effectuée dans cette première phase. Il s'agissait, compte tenu des moyens disponibles, d'effectuer une première estimation des potentialités de la Loyre.

L'ensemble du linéaire potentiellement colonisable par le saumon a bien été parcouru à pieds. Des secteurs homogènes (en terme de pente, de faciès d'écoulement, de granulométrie ...) ont été identifiés, les différents obstacles artificiels ou naturels perturbant la libre circulation des poissons ont été recensés. Ensuite, c'est un rapprochement avec les caractéristiques (notamment faciès d'écoulement et pente par tronçon) du Maumont, axe bleu géographiquement le plus proche de la Loyre, qui nous permet de faire une première estimation des potentialités d'accueil en saumons de la rivière.

La description morphodynamique complète de la Loyre, à l'identique des autres axes bleus du bassin Dordogne, est prévue pour une seconde phase.

3.1. Capacité d'accueil en juvéniles de saumon atlantique

3.1.1. Suivi thermique

La Loyre fait l'objet d'un suivi thermique en continu. Pour cela, un thermographe enregistreur (Tinytalk II de Gemini data loggers – pas de mesure de 2 heures) a été positionné dans la partie intermédiaire du cours d'eau, au niveau de Ceyrat, afin de vérifier que ce paramètre était bien conforme aux exigences physiologiques des saumons.

3.1.2. Qualité physico-chimique de l'eau

En ce qui concerne la qualité physico-chimique de l'eau, le Conseil Général de la Corrèze a mis à notre disposition le « bilan de la qualité des eaux superficielles du département de la Corrèze pour les années 2000 à 2004 » dans lequel figure une station de suivi sur la Loyre au lieu-dit « Chassagnac », en aval d'Objat.

Outre ces résultats disponibles, des observations visuelles de l'eau et du colmatage éventuel du fond du cours d'eau ont été effectuées au cours des opérations de terrain.

3.1.3. Description morphodynamique

Réalisée en condition d'étiage de l'aval vers l'amont, cette description morphodynamique a permis de décrire l'ensemble du linéaire étudié à l'échelle du *faciès d'écoulement* (ou macrohabitat). Cette entité morphodynamique constitue une unité de rivière où les caractéristiques de pente, de profondeur de l'eau et de vitesse du courant sont homogènes (**Malavoi**, 1989).

Plusieurs typologies de faciès d'écoulement existent (**Malavoi**, 1989 ; **Chavaroche**, 1990 ; **Malavoi et Souchon**, 2002). Cependant, leur application sur de petits cours d'eau (numéro d'ordre inférieur à 4) présentant une forte hétérogénéité morphodynamique, pose problème (**Delacoste et al.**, 1995). En effet, elles ne font intervenir que des critères de vitesse de courant et de profondeur de l'eau ne permettant d'individualiser que 5 types de faciès et manquent ainsi de précision concernant la description des petits cours d'eau de piémont et de montagne.

La typologie de **Delacoste et al.** (1995), quant à elle, en plus de ces critères, fait intervenir la turbulence de l'eau et la pente du faciès. Elle permet ainsi d'individualiser 6 groupes

principaux de faciès d'écoulement (Profond, Plat, Escalier, Radier, Rapide et Cascade), subdivisés en 18 sous-groupes (annexe 1).

La typologie de **Delacoste et al.** (1995) a donc été utilisée sur la Loyre, cours d'eau qui présente une assez forte hétérogénéité morphodynamique, notamment en amont d'Objat.

Terminologie utilisée dans la définition des obstacles :

D'après la hauteur de l'obstacle, sa morphométrie, la présence ou non d'une fausse d'appel suffisante au pied de celui-ci, les obstacles (artificiels ou naturels) ont été classés comme totalement infranchissables à la montaison (hors conditions de débit exceptionnelles), difficilement franchissables à la montaison (franchissement uniquement possible par conditions de débits soutenus) et franchissables à la montaison (franchissement aisé par conditions normales de débit, problèmes possibles à l'étiage).

Les obstacles artificiels classés infranchissables ou difficilement franchissables à la montaison nécessitent l'aménagement d'ouvrages de franchissement.

3.1.4. Estimation des potentialités d'accueil en juvéniles de saumon atlantique

De nombreux travaux ont permis de montrer que chez les juvéniles de saumon, les préférences de vitesse de courant, de profondeur de l'eau et de granulométrie du substrat exprimées à l'échelle de l'individu se traduisent à l'échelle du cours d'eau par un taux d'occupation plus important des faciès de type radiers et rapides (profondeur relativement réduite, forte vitesse de courant et substrat grossier). En outre, les résultats des suivis des populations de tacons par pêches électriques réalisées à l'échelle du faciès d'écoulement par M.I.G.A.DO. sur le Mamoul, la Corrèze, la Bourette, la Roanne, la Vimbelle et la Montane (**Chanseau et Gaudard**, 2003, 2004 ; **Chanseau et al.**, 2006), ainsi que l'étude sur des sous-affluents de la Loire réalisée par **Baran** (2000) montrent que les faciès de type escalier, plat lotique et plat lentique sont également occupés par les juvéniles de saumon, mais dans une moindre mesure que les radiers et les rapides. Enfin, la majorité des études montrent que les faciès de type profond et cascade sont quasiment inoccupés (Tableau 5 et figure 3).

Groupe de faciès	Faciès de type	Occupation relative	Références	Commentaires
Radiers Rapides	Radier, plat radier Rapide, radier rapide, rapide plat	++++ ++++	Baglinière et Champigneulle , 1982 ; Heggenes , 1991 ; Baran , 2000 ; Chanseau et Gaudard , 2003, 2004 ; Chanseau et al. , 2006	Utilisation préférentielle de ces deux groupes de faciès couramment citée dans la littérature
Escaliers	Radier varié, plat escalier, cascade plat	++	Baran , 2000	Cet auteur a pu montrer que les juvéniles de Saumon atlantique utilisaient fortement ce groupe de faciès
Plats lotiques Plats lenticques	Plat courant, plat rapide Plat	++ +	Baran , 2000 ; Chanseau et Gaudard , 2003, 2004 ; Chanseau et al. , 2006	Ces auteurs ont pu montrer que les juvéniles de Saumon atlantique utilisaient non seulement les plats lotiques mais également dans une moindre mesure les plats lenticques
Profonds Cascades	Mouille, baignoire, plat profond, plat profond courant, plat profond rapide Cascade, cascade rapide	- -	Baglinière et Champigneulle , 1982 ; Heggenes , 1991 ; Heggenes et al. , 1999 ; Baran , 2000 ; Chanseau et Gaudard , 2003, 2004 ; Chanseau et al. , 2006	Groupes classiquement cités dans la littérature comme n'accueillant pas ou peu de juvéniles de Saumon atlantique (de façon ponctuelle ou dans des cas particuliers)

Occupation relative par les juvéniles de saumon : +++++ Très forte ; +++ Forte ; ++ Moyenne ; + Faible ; - Très faible à nulle.

Tableau 5 : Occupation relative des différents groupes de faciès d'écoulement par les juvéniles de saumon

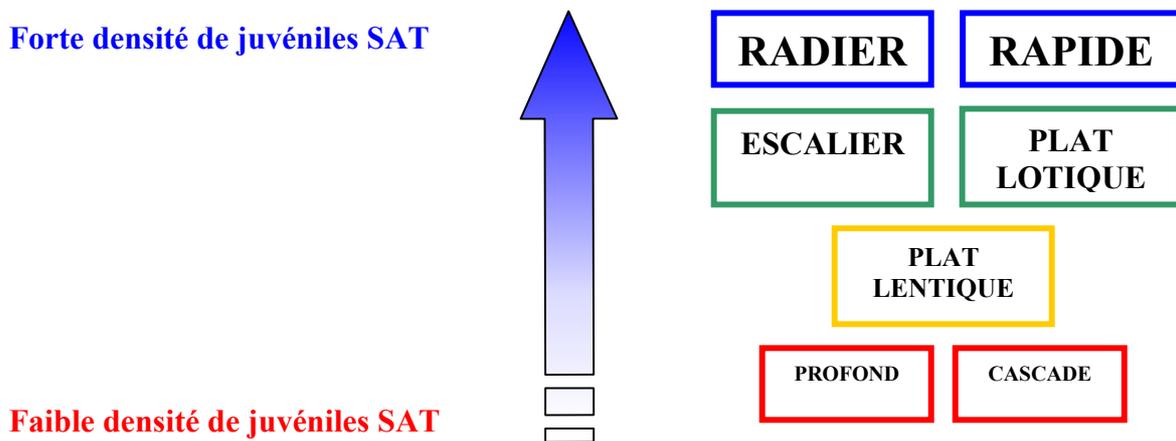


Figure 3 : Gradient de densité en juvéniles de saumon selon le faciès d'écoulement (modifié d'après **Baran**, 2000).

Ainsi, après avoir pris en compte les différences d'occupation selon les faciès d'écoulement, le potentiel de production, exprimé en terme de surface d'Equivalents Radier-Rapide (ERR), est calculé selon l'hypothèse :

$$\text{Surface d'ERR (m}^2\text{)} = \text{Surface de RADIERS et de RAPIDES} + (0,4 \times \text{Surface d'ESCALIERS et de PLATS LOTIQUES}) + (0,1 \times \text{Surface de PLATS LENTIQUES})$$

Cette hypothèse est issue d'un traitement des données des pêches électriques de contrôle par faciès d'écoulement, réalisées par MIGADO de 2002 à 2006, sur les axes bleus du bassin de la Dordogne.

Pondération par la granulométrie du substrat :

En général, à un gradient de faciès d'écoulement (et donc de pente) correspond un gradient granulométrique (**Gibson**, 1993). Ainsi, les faciès d'écoulement favorables aux juvéniles de saumon sont habituellement associés à une granulométrie grossière qui permet, en outre, un isolement visuel entre individus (celui-ci permet d'augmenter la densité de juvéniles par réduction de la taille des territoires - **Kalleberg**, 1958). Cependant, ce n'est pas toujours le cas (nous avons rencontré, par exemple, des rapides sur roche mère totalement inaptes à accueillir des juvéniles de saumon). Il est donc nécessaire de pondérer le calcul des Equivalents Radier-Rapide (ERR) en prenant en compte la granulométrie dominante et accessoire du substrat d'un faciès donné permettant de juger de son aptitude à accueillir des juvéniles de saumon.

Compte tenu des données bibliographiques dont nous disposons, nous avons considéré comme :

- favorables aux juvéniles de saumon, uniquement les faciès d'écoulement dont les fractions granulométriques dominantes étaient de type Petits galets, Gros galets, Petits blocs et ces mêmes fractions associées en codominance avec des Gros blocs. Ces faciès ont été intégralement pris en compte dans le calcul des ERR.
- moyennement favorables aux juvéniles de saumon les faciès dont la fraction granulométrique dominante était de type Gravier. La surface de ces faciès a alors été pondérée par 0,5 pour le calcul des ERR,
- non favorables aux juvéniles de saumon les faciès dont les fractions granulométriques dominantes étaient de type Sable, Vase et Dalle. Ces faciès n'ont pas été pris en compte dans le calcul des ERR.

Une pondération similaire de la capacité d'accueil d'un faciès donné selon la granulométrie du substrat est faite dans l'étude de **Leclerc et al.** (1994), même si les classes des différentes fractions granulométriques ne sont pas rigoureusement identiques.

On retrouve également une différenciation selon la granulométrie du substrat dans la détermination des codes couleurs utilisés de la cartographie de la Souvigne réalisée par **Bosc et Carry** (1999).

3.1.5. Extrapolation à la production théorique en nombre de smolts dévalants

En ce qui concerne l'estimation de la production théorique en juvéniles de saumon d'un cours d'eau à partir des surfaces de production (les ERR), différents résultats sont disponibles dans la bibliographie : 0,6 à 13 smolts dévalants par unité de production de 100 m² sur une rivière du Canada (**Gibson et Haedrich**, 1988 in **Gibson**, 1993) ; 2 à 3 smolts dévalants par unité de production de 100 m² sur la Dennys River aux U.S.A (**Beland**, 1996) ; 7 smolts dévalants pour 100 m² d'ERR obtenus à partir de contrôles par pêche électrique pour l'estimation des taux de survie des juvéniles de saumon dans l'étude réalisée sur le bassin de l'Arroux, affluent de la Loire (**Baran**, 2000) ; 5 à 10 smolts dévalants pour 100 m² d'ERR sur le bassin de la Garonne (**Gayou**, 1986) ; 3 à 5 smolts dévalants pour 100 m² d'ERR (chiffres préconisés par **Euzenat et Porcher**, 1999) ; 4 smolts dévalants pour 100 m² d'ERR (chiffres préconisés par **Richard**, 1998). Ne disposant pour l'instant d'aucun chiffre émanant d'expérimentations sur le bassin de la Dordogne, nous avons pris comme base de calcul **une production théorique de 5 smolts dévalants pour 100 m² d'ERR.**

3.2. Estimation de la capacité d'accueil en géniteurs de saumon atlantique

Etant donné les exigences d'habitat physique exprimées par les saumons pour se reproduire et la morphologie du cours d'eau étudié, nous avons considéré que les faciès d'écoulement de type « pool » (ou mouille), les plats, les plats lotiques (plat courant et plat rapide), les plats profonds, les plats profonds courants et les plats profonds rapides pouvaient accueillir des géniteurs, à condition qu'une partie au moins de ces faciès soit constituée d'une granulométrie favorable à la reproduction des grands salmonidés, essentiellement du petit galet (2-10 cm) avec accessoirement du gravier (0.2-2 cm).

Les faciès préférentiellement utilisés par les saumons pour leur reproduction sont les « mouilles ». Elles ont l'avantage de fournir à la fois une zone favorable à l'édification des nids (la « queue du pool ») et une zone profonde servant au repos des géniteurs. Cependant, les saumons n'ont pas toujours accès à ce type de sites en raison notamment de leur rareté. Ils sont donc souvent contraints de frayer sur des faciès apparemment moins favorables, proches d'une zone profonde pour le repos des géniteurs.

La capacité d'accueil en géniteurs de saumon sera donc estimée de deux manières différentes : **une estimation basse** en ne considérant que les mouilles et les plats profonds courants (ou rapides) possédant de la granulométrie favorable pour la reproduction, et une **estimation haute** en considérant ces mêmes faciès ainsi que les plats et plats lotiques joutés par une zone profonde pour le repos des géniteurs et possédant de la granulométrie favorable pour la reproduction.

Vu la taille modeste du cours d'eau étudié et compte tenu des données disponibles dans la bibliographie, la surface d'habitat favorable à la reproduction par faciès est faible et est susceptible d'accueillir seulement une femelle.

C'est sur cette base **d'une femelle par faciès d'écoulement favorable** que sera effectué l'estimation du nombre potentiel de femelles susceptibles de se reproduire sur le cours d'eau .

4. Premiers résultats

4.1. Régime thermique

Le régime thermique de la Loyre à Ceyrat est suivi depuis 2006 (figure 4).

La température moyenne journalière maximale est de 21,8°C, la température maximale instantanée est de 22,4°C en juillet 2006.

A ce niveau de la Loyre, le régime thermique du cours d'eau convient aux exigences biologiques du saumon atlantique.

La Loyre s'engage ensuite dans la traversée de la plaine d'Objat sur seize kilomètres avant de rejoindre la Vézère. Sur la partie aval de la plaine, il est probable que lors des étés chauds, le régime thermique de la Loyre ne convienne plus au saumon, et plus généralement aux salmonidés.

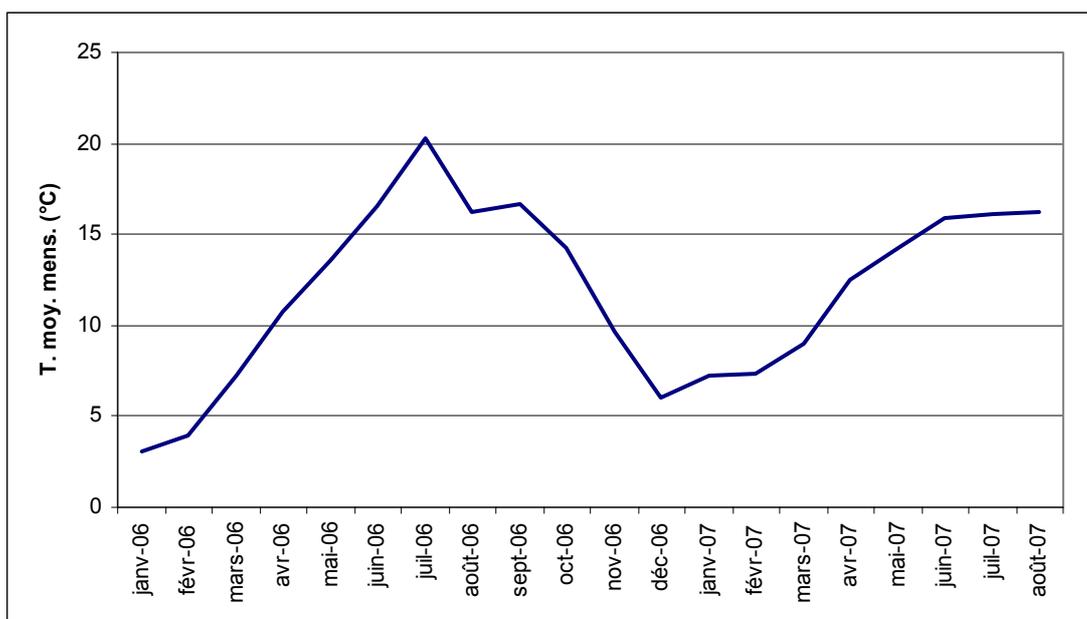


Figure 4 : Régime thermique de la Loyre depuis janvier 2006.

Mois	Année	
	2006	2007
Janvier	3.1	7.2
Février	3.9	7.3
Mars	7.2	9
Avril	10.8	12.5
Mai	13.6	14.3
Juin	16.6	15.9
Juillet	20.3	16.1
Août	16.2	16.2
Septembre	16.7	
Octobre	14.2	
Novembre	9.7	
Décembre	6	

Tableau 6 : Températures moyennes mensuelles relevées sur la Loyre à Ceyrat.

	2006	2007
Températures maximales instantanées (°C)	22.4	19

Tableau 7 : Températures maximales instantanées relevées sur la Loyre à Ceyrat en 2006 et 2007.

4.2. Hydrologie

Le régime hydrologique de la Loyre est connu à Voutezac (secteur intermédiaire) sur la période 1968-2007 et à St Viance (secteur aval) sur la période 1969-2007 (figures 5 et 6). Ce régime peut-être qualifié de pluvio-évaporal océanique avec un maximum en saison froide et un étiage en saison chaude.

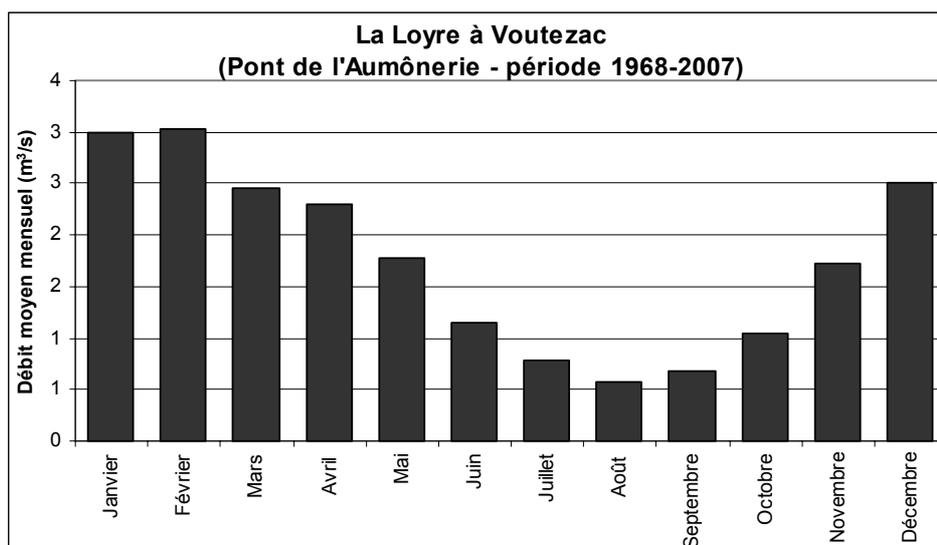


Figure 5 : Hydrologie de la Loyre à Voutezac – moyennes mensuelles sur la période 1968-2007 (Source : Banque HYDRO).

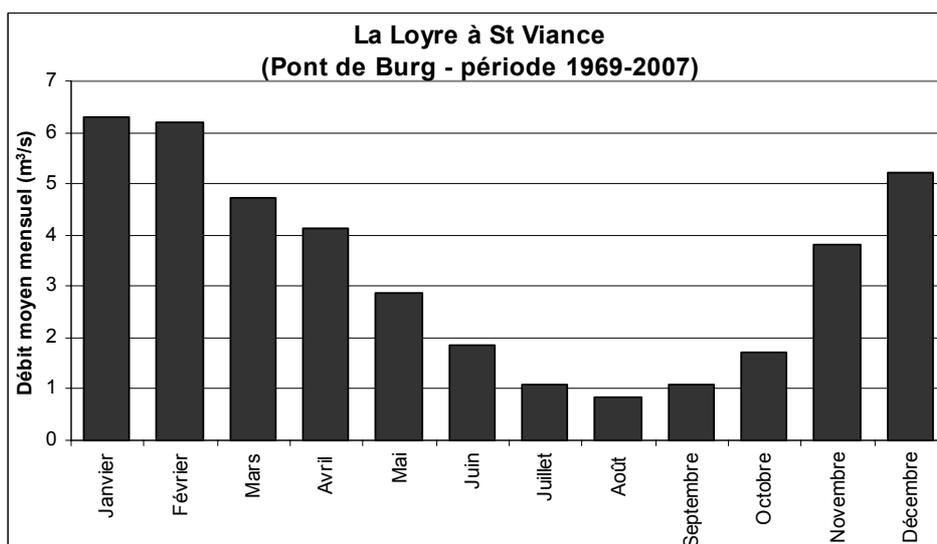


Figure 6 : Hydrologie de la Loyre à St Viance – moyennes mensuelles sur la période 1969-2007 (Source : Banque HYDRO).

La Loyre présente un module à Voutezac de $1,74 \text{ m}^3/\text{s}$, un débit mensuel d'étiage quinquennal (QMNA5) de $0,28 \text{ m}^3/\text{s}$ et un débit moyen journalier de crue de fréquence de retour 10 ans de $28 \text{ m}^3/\text{s}$. A St Viance, le module de la Loyre est de $3,3 \text{ m}^3/\text{s}$, le QMNA5 de $0,42 \text{ m}^3/\text{s}$ et le débit moyen journalier de crue de fréquence de retour 10 ans de $71 \text{ m}^3/\text{s}$.

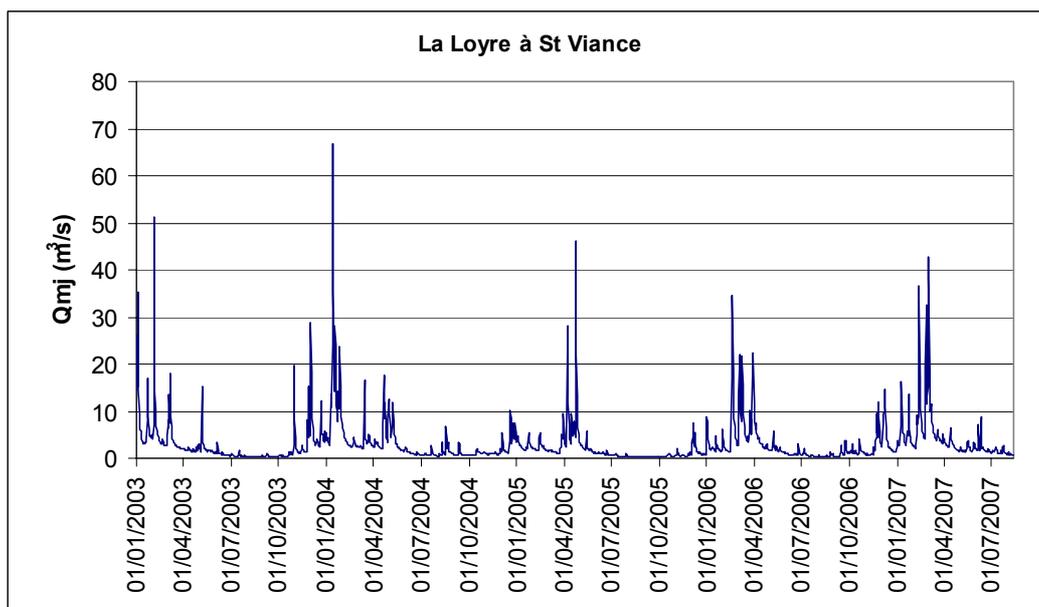


Figure 7 : Hydrologie de la Loyre à St Viance – Débits moyens journaliers (2003 à août 2007) – Source : Banque HYDRO.

Entre 2003 et 2007, les crues les plus importantes ont été observées essentiellement en automne et en hiver, les crues printanières étant moins marquées.

Lors des prospections de terrain, le débit de la Loyre était de l'ordre de $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$ à Voutezac et de l'ordre de $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ à St Viance, soit un débit très proche du QMNA2 (étiage « normal »).

4.3. Qualité de l'eau

Sur le secteur étudié, la qualité physico-chimique de la Loyre est suivie dans sa partie aval, en aval de la confluence avec le Roseix (en 2^e catégorie piscicole) : station n°05055900 au niveau du lieu dit Chassagnac. Les données présentées portent sur les années 2000 à 2004 et sont issues d'un rapport *SGS Multilab pour le Conseil Général de la Corrèze*.

Année	Loyre- lieu-dit Chassagnac				
	2000	2001	2002	2003	2004
Nb prélèvements	10	6	6	6	6
Altérations					
MOOX	81	83	51	74	67
AZOT	77	80	71	69	58
NITR	67	69	68	68	69
PHOS	73	69	57	36	71
PAES	79	79	76	77	76
TEMP	91	87	95	36	97
ACID	90	98	90	90	93
Hydrobiologie	14/20	14/20	14/20	16/20	15/20

Tableau 8 : Qualité physico-chimique de la Loyre sur la période 2000-2004 selon le SEQ-Eau

Le cours inférieur de la Loyre présente globalement des eaux de qualité correcte, bien que l'influence des activités humaines y soit nettement perceptible. Ainsi suivant les années, on

note une dégradation de la qualité de l'eau concernant soit les matières oxydables, soit les matières azotées, soit les matières phosphorées.

Entre 2000 et 2005, pour seulement 12% des mesures, l'ammonium total ne dépasse pas la valeur guide des normes de qualité des eaux salmonicoles ($[\text{NH}_4] < 0,04 \text{ mg/l}$ -tableau 9). Cependant, toutes les mesures en ammonium total sont inférieures au seuil impératif à ne pas dépasser pour les eaux salmonicoles ($[\text{NH}_4] < 0,5 \text{ mg/l}$ -tableau 9).

	nombre	% du total
valeurs < 0,04 mg/L NH_4^+	5	12%
valeurs < 0,1 mg/L NH_4^+	41	98%
valeurs < 0,5 mg/L NH_4^+	42	100%
nombre total de valeurs	42	

* 0,04 mg/L NH_4^+ est la valeur guide des normes de qualité pour les eaux salmonicoles ; ** 0,1 est la limite supérieure de la classe 1A-excellente qualité des Agences de l'Eau ; *** 0,5 est la limite supérieure de la classe 1B-Bonne qualité des Agences de l'Eau ainsi que le seuil impératif à ne pas dépasser des normes de qualité pour les eaux salmonicoles.

Tableau 9 : Positionnement des teneurs en ammonium total à la station par rapport aux seuils 0,04* ; 0,1** et 0,5*** mg/L NH_4^+ .

Concernant les pesticides, des traces d'aminotrazole, d'atrazine, de déséthyl-atrazine, de glyphosate, de pyridate, de simazine, de linuron, de trichlopyr, de trifluraline et de 2-4-5T, sont détectées sur la Loyre et son affluent le Roseix mais les très faibles concentrations relevées ne déclassent pas la qualité de l'eau de la Loyre qui reste bonne du point de vue pesticides (*SGS Multilab pour le Conseil Général de la Corrèze*) sans toutefois que l'on connaisse exactement l'effet de ces molécules sur les poissons.

Au final, en aval d'Objat, la qualité de l'eau de la Loyre reste globalement compatible avec les exigences du saumon bien que non-optimale. Vers Varetz, la Loyre présentera suivant les années, un régime thermique trop chaud, inadapté au saumon. En revanche, en amont d'Objat la Loyre convient bien au saumon (amélioration de la qualité d'eau, régime thermique adapté et pente importante limitant les phénomènes de colmatage).

4.4. Bilan général des potentialités d'accueil en juvéniles et en géniteurs de saumon

La Loyre a été parcourue sur l'ensemble de son linéaire à pieds entre la confluence avec la Vézère et le pont du Glandier (soit environ 30 km), puis ponctuellement en amont du pont du Glandier. Cette prospection a été réalisée en conditions d'étiage de l'aval vers l'amont au cours du mois de septembre 2006.

4.4.1. Secteur 1 : Confluence avec la Vézère-Ceyrat

Entre la confluence avec la Vézère et Ceyrat, la Loyre traverse la plaine d'Objat sur environ 16 km. La pente du cours d'eau est faible (0.27%), sa largeur moyenne approche les 7,5 m. Les faciès d'écoulement dominants dans ce secteur sont les profonds, les plats et les plats-courants.

Le potentiel d'accueil physique de ce secteur en juvéniles de saumon peut être estimé à environ 750 smolts dévalants (environ 5% de radiers, 13% de plats-courants et 23% de plats), soit 5 smolts pour 100 m linéaires.

Concernant les géniteurs, seule la description morphodynamique complète de l'ensemble du linéaire permettra d'avoir une idée assez précise de cette capacité d'accueil. Cependant à l'image du Maumont, c'est dans ce secteur de plaine que la granulométrie favorable à la reproduction est la plus présente et c'est donc ce secteur qui serait susceptible d'abriter le plus de frayères. Cependant, la qualité de l'eau et des fonds du cours d'eau n'est pas optimale sur

ce linéaire de la Loyre. Les flux de matières oxydables, azotées et phosphorées sont parfois excessifs et conduisent à un déclassement de la qualité de l'eau du cours d'eau. Les berges sont parfois déstructurées, le substrat colmaté, ce qui pénalisera la survie sous graviers des alevins et réduira le recrutement des salmonidés en général.

Concernant la libre circulation des poissons, la digue située en amont d'Objat (lieu dit « les Grandes Terres » à 13,3 km de la confluence avec la Vézère) est équipée d'une passe à poissons. Cette passe semble fonctionnelle bien qu'en période de bas débits, un saut soit nécessaire aux poissons pour atteindre le premier bassin.



Digue des « Grandes Terres »

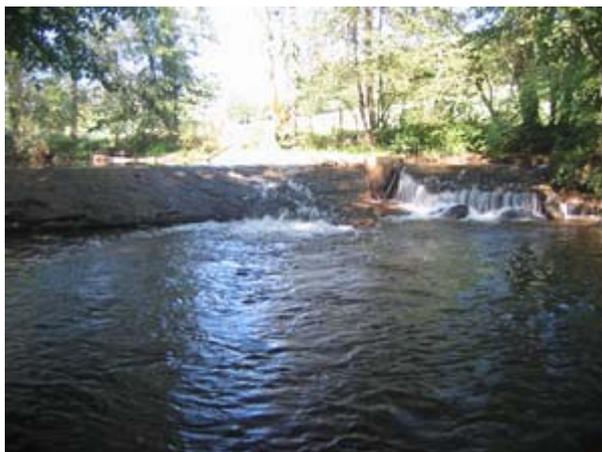


Digue des « Grandes Terres »



Entrée de la passe de la digue des « Grandes Terres »

A 15,3 km de la confluence avec la Vézère, se situe la digue du moulin de Murat. Cette digue n'est pas équipée de passe à poissons. Elle présente une hauteur de chute d'environ 1,2 m en période de bas débits. Une échancrure en son milieu facilite certainement la tâche des saumons en période de forts débits mais cet obstacle demeure sélectif et compte-tenu du contexte réglementaire de la Loyre devrait être équipé.



Digue du moulin de Murat

4.4.2. Secteur 2 : Ceyrat-Le Glandier

Entre Ceyrat et Le Glandier, la Loyre coule dans une gorge boisée sur environ 14 km. La pente du cours d'eau est nettement plus importante (1,22%), sa largeur moyenne est d'environ 6 m. Les faciès d'écoulement dominants dans ce secteur sont les profonds, les plats-courants, les plats, les escaliers et les radiers.

Le potentiel d'accueil physique de ce secteur en juvéniles de saumon peut être estimé à environ 1300 smolts dévalants (environ 13% de radiers, 2,5% de rapides, 11% d'escaliers, 22% de plats-courants et 15% de plats), soit 9 smolts pour 100 m linéaires.

Concernant les géniteurs, seule la description morphodynamique complète de l'ensemble du linéaire permettra d'avoir une idée assez précise de cette capacité d'accueil. Mais comme sur le Maumont, le meilleur secteur en terme d'habitat pour les juvéniles est aussi celui qui présente le moins de substrat favorable à la reproduction des géniteurs. Dans ce secteur de gorges, la granulométrie du fond du cours d'eau est grossière (galets, petits blocs et assez régulièrement des barres de roche-mère) et les plages suffisamment importantes de petits galets sont rares. C'est probablement moins d'une vingtaine de femelles saumon qui pourront frayer dans ce secteur.

Concernant la circulation des poissons, la digue du moulin de Ceyrat, située à 17,6 km de la confluence avec la Vézère est équipée d'une passe à poissons. Mais celle-ci ne semble guère optimale et ce passage demeure sélectif pour les saumons.



Digue du moulin de Ceyrat en rive droite



Passe à poissons en rive gauche

Entre le moulin de Ceyrat et celui de la Peyrade, la Loyre présente des passages naturels sur roche-mère difficile voire impossible à franchir pour les salmonidés à bas débits. Pour des débits plus importants, ces barres rocheuses deviennent franchissables, certaines restant cependant sélectives (voir la carte en annexe).

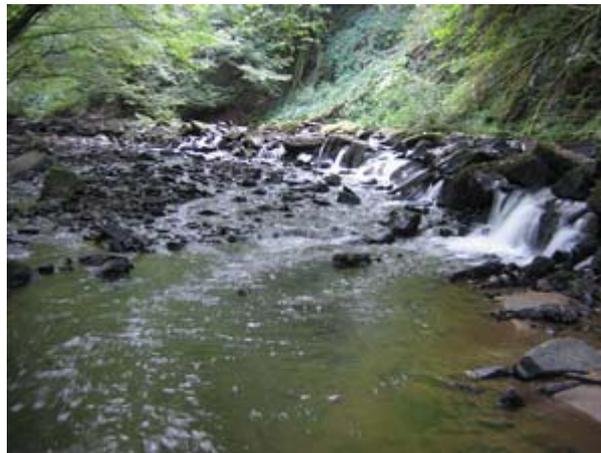


Barre rocheuse entre Ceyrat et le moulin de la Peyrade



Passage dans barre rocheuse sélectif entre Ceyrat et le moulin de la Peyrade

La digue du moulin de la Peyrade, située à 23,8 km de la confluence avec la Vézère n'est pas équipée d'une passe à poissons. La hauteur de chute sur ce seuil en pierre, en plus ou moins bon état, est d'environ 1 m à l'étiage. Infranchissable par eaux basses, il demeure sélectif pour des débits plus forts.



Digue du moulin de la Peyrade

La digue des Forges, située à 28,7 km de la confluence avec la Vézère n'est pas équipée d'une passe à poissons et est totalement infranchissable. La hauteur de chute sur ce seuil en pierre de taille est d'environ 2 m à l'étiage.



Digue des Forges

La digue du Glandier, située à 29,2 km de la confluence avec la Vézère, infranchissable est en cours d'équipement par une passe à poissons.

4.4.3. Secteur 3 : Amont du Glandier

En amont du Glandier, la pente de La Loyre s'atténue à nouveau. La rivière coule dans des prés pâturés par des bovins et n'a plus les caractéristiques morphodynamiques d'un cours d'eau à saumons.



La Loyre en amont de la Mégie

5. Discussion-Conclusion

Premier bilan des potentialités de la Loyre

Sur les 30 km de la Loyre naturellement favorable au saumon atlantique, la capacité de production potentielle est en première estimation d'environ **2 000 à 2 100 smolts dévalants**. La capacité d'accueil potentielle en géniteurs est plus difficile à approcher sans description morphodynamique complète du cours d'eau. Cependant, compte-tenu du manque de granulométrie favorable à la reproduction dans le secteur le plus favorable à l'accueil des juvéniles, entre Ceyrat et le Glandier, le chiffre maximum de 20 femelles (donc environ 40 géniteurs) peut être avancé pour ces 14 km. Pour la partie aval de la Loyre, aucun chiffre ne peut être avancé en l'état actuel de l'étude.

Les principaux enjeux pour le saumon sur la Loyre

La digue du moulin de Murat est sélective et peut empêcher, en année de faible hydrologie, la migration des saumons vers le secteur de la Loyre qui leur est le plus favorable en terme d'habitat physique comme en terme physico-chimique. Il en est de même pour la digue du moulin de Ceyrat, avec la fonctionnalité de la passe à revoir. La digue du moulin de La Peyrade condamne, une année de faibles débits, encore 6 km de cours de la Loyre favorable aux saumons. Celle des Forges se situe en fin de secteur naturellement favorable au saumon mais compte-tenu de l'équipement de la digue du Glandier, c'est elle qui condamne le dernier ou les deux derniers kilomètres qui pourraient être favorables aux saumons.

Le rétablissement de la libre circulation des poissons au niveau de ces obstacles, prioritairement de l'aval vers l'amont, est un enjeu majeur pour le cours d'eau, les trois seuils non encore équipés étant hors-la-loi depuis 1994.

La partie aval de la Loyre ne bénéficie pas d'une qualité d'eau et des fonds optimale pour le bon déroulement du cycle biologique du saumon.

L'état d'un cours d'eau (physique et physico-chimique) étant la résultante des pratiques sur son bassin-versant, seule la mise en place d'une gestion concertée du bassin versant avec une volonté sans faille de reconquête de la qualité des milieux aquatiques permettra de rendre la Loyre à nouveau réellement fonctionnelle pour le saumon (mais aussi pour d'autres espèces exigeantes sur la qualité des milieux). Il conviendra d'être vigilant sur l'épuration des eaux (domestiques, industrielles, agricoles), la divagation du bétail qui entraîne la déstructuration des berges des cours d'eau, la destruction de la ripisylve qui accentue le réchauffement, les recalibrages locaux, la création de nouveaux étangs et leurs vidanges anarchiques, la gestion des pesticides dans les vergers ...

Cette étude n'est qu'une première approche des potentialités de production en saumon atlantique (*Salmo salar* L.) de la Loyre. Afin de disposer de données, notamment cartographiques, plus précises et homogènes par rapport à l'ensemble des autres axes bleus du bassin de la Dordogne, il est nécessaire d'effectuer dans l'avenir la sectorisation morphodynamique complète de la Loyre (seul un sous-échantillonnage a été effectué ici).

6. Bibliographie

- Alabaster, J.S. et Lloyd, R., 1982.** Water quality criteria for freshwater fish. Butterworth Scientific, 361 p.
- Arrignon, J., 1991.** Aménagement piscicole des eaux douces, 4^{ème} édition, Tec&Doc, 631p.
- Baglinière, J.L., 1979.** Production de juvéniles de saumon atlantique (*Salmo salar* L.) dans quatre affluents du Scorff, rivière de Bretagne sud. *Ann. Limnol.* 15 : 347-366.
- Baglinière, J.L. et Champigneulle, A., 1982.** Densité des populations de truite commune (*Salmo trutta* L.) et de juvéniles de saumon atlantique (*Salmo salar* L.) sur le cours principal du Scorff (Bretagne) : préférendums physiques et variations annuelles. *Acta Ecol./Ecol. Appl.* 3 : 241-256.
- Baran, P., 2000.** Réintroduction du saumon atlantique (*Salmo salar* L.) dans le bassin de l'Arroux : suivi des déversements de 1998 et 1999. Rapport C.S.P. – LO.GRA.MI.
- Beland, K.F., 1996.** The relation between redd counts and Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr populations in the Dennys River, Maine. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 53 : 513-519.
- 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 HautePAGE. Représentation cartographique. Rapport MI.GA.DO. n° D2-99-RT.
- Chanseau, M. et Gaudard, G., 2003.** Repeuplement en saumon atlantique (*Salmo salar* L.) du bassin de la Dordogne. Suivi des zones de grossissement des juvéniles. Synthèse des actions 2002. Rapport MI.GA.DO. n° D16-03-RT.
- Chanseau, M. et Gaudard, G., 2004.** Repeuplement en saumon atlantique (*Salmo salar* L.) du bassin de la Dordogne. Suivi des zones de grossissement des juvéniles. Synthèse des actions 2003. Rapport MI.GA.DO. n° 7D-04-RT.
- Chanseau, M., Brasier, W et Gaudard, G., 2006.** Repeuplement en saumon atlantique (*Salmo salar* L.) du bassin de la Dordogne. Suivi des zones de grossissement des juvéniles. Synthèse des actions 2005. Rapport MI.GA.DO. n° 10D-06-RT.
- Chapon, P.M., 1991.** Détermination des potentialités naturelles de la Gartempe pour le saumon atlantique (*Salmo salar* L.). Rapport INRA Rennes, 68 p.
- Chaveroche, P., 1990.** Recherche sur les préférences d'habitat de la truite fario (*salmo trutta* L.). Aide à la détermination de la valeur d'un débit réservé. Thèse de l'Université de Provence. Marseille. 214 p.
- Cowx, I.G. et Welcomme, R.L., 1998.** Rehabilitation of rivers for fish. Fishing News Books, 260 p.
- Crisp, D.T. et Carling, P.A., 1989.** Observations on siting, dimensions and structure of salmonid redds. *J. Fish Biol.* 34 : 119-134.
- Dartiguelongue, J., 1992.** Possibilité de restauration du saumon atlantique dans le bassin de la Garonne. Cartographie de la rivière Salat. Rapport S.C.E.A. pour MI.GA.DO., 28 p + annexes.
- Dartiguelongue, J., 1993.** Possibilité de restauration du saumon atlantique dans le sous-bassin de l'Ariège. Cartographie des rivières Vicdessos, Arget et Saurat. Rapport S.C.E.A. pour MI.GA.DO., 58 p + annexes.
- Dartiguelongue, J., 2002.** Cartographie de trois rivières pyrénéennes (la Neste du Louron, l'Ourse et le Nistos). Estimation des potentialités de grossissement des juvéniles et de reproduction du saumon atlantique (*Salmo salar* L.). Rapport S.C.E.A. pour MI.GA.DO., 62 p + annexes.
- Delacoste, M., Baran, P., Lek, S. et Lascaux, J.M., 1995.** Classification et clé de détermination des faciès d'écoulement en rivières de montagne. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 337/338/339 : 149-156.

- Elliott, J.M. et Hurley, M.A., 1997.** A functional model for maximum growth of atlantic salmon parr, *Salmo salar*, from two populations in northwest England. *Functional Ecology*, 11 : 592-603.
- Euzenat, G. et Porcher, J.P., 1999.** Restauration du saumon sur la Garonne. Rapport de la visite d'expertise des 9 et 10 septembre 1998, 11 p.
- Firmignac, F., Vandewalle, F., Lagarrigue, T. et Lascaux, J.M., 2006.** Cartographie hydromorphologique du Maumont. Evaluation de ses potentialités de production en saumon atlantique (*Salmo salar* L.). Rapport E.CO.G.E.A. pour MI.GA.DO. 25D-06-RT.
- Gayou, F., 1986.** Possibilités de restauration du saumon atlantique et de l'aloise dans le bassin de la Garonne. Rapport de synthèse C.S.P. DR n°7, 87 p + annexes.
- Gibson, R.J., 1993.** The atlantic salmon in fresh water : spawning, rearing and production. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 3 : 39-73.
- Heggenes, J., 1991.** Comparisons of habitat availability and habitat use by an allopatric cohort of juvenile atlantic salmon (*Salmo salar*) under conditions of low competition in a Norwegian stream. *Holarctic Ecology*, 14 : 51-62.
- Heggenes, J., Baglinière, J.L. et Cunjak, R.A., 1999.** Spatial niche variability for young atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) in heterogeneous streams. *Ecol. Freshwat. Fish.* 8 : 1-21.
- Heland, M. et Dumas, J., 1994.** Ecologie et comportement des juvéniles. In : Le Saumon atlantique, Biologie et gestion de la ressource, Guegen J.C. et Prouzet P. (Eds), IFREMER, Plouzané, p. 29-46.
- Hendry, K. et Cragg-Hine, D., 2003.** Ecology of the Atlantic Salmon. *Conserving Natura 2000 Rivers Ecology Series n° 7*. English Nature, Peterborough.
- INRA/CSP, 1997.** Courbes de préférence du saumon atlantique établies sur les rivières du massif armoricain.
- Kalleberg, H., 1958.** Observations in a stream tank of territoriality and competition in juvenile salmon and trout. *Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm* 39 : 55-98.
- Kennedy, G.J.A. et Strange, C.D., 1986.** The effects of intra- and inter-specific competition on the distribution of stocked juvenile atlantic salmon, *Salmo salar* L., in relation to depth and gradient in an upland trout, *Salmo trutta* L., stream. *J. Fish Biol.*, 29 : 199-214.
- Lagarrigue, T. et Lascaux, J.M., 2003.** Cartographie hydromorphologique des affluents de la Corrèze. Evaluation de leurs potentialités de production en saumon atlantique (*Salmo salar* L.). Rapport E.CO.G.E.A. pour MI.GA.DO. n° D12-03-RT ; 31 p. + planches cartographiques.
- Lascaux, J.M. et Lagarrigue, T., 2000.** Suivi de la reproduction naturelle des grands salmonidés migrateurs sur le bassin de la Dordogne en aval du barrage du Sablier (départements de la Corrèze et du Lot) – Automne Hiver 1999-2000. Rapport E.CO.G.E.A. pour MI.GA.DO. n° D12-00-RT ; 44 p. + annexes et rapport cartographique n° D12bis-00-RT.
- Lascaux, J.M. et Lagarrigue, T., 2001.** Cartographie hydromorphologique des affluents de la Bave. Evaluation de leurs potentialités de production en saumon atlantique (*Salmo salar* L.). Rapport E.CO.G.E.A. pour MI.GA.DO. n° D20-01-RT ; 14 p. + planches cartographiques.
- Leclerc, M., Boudreau, P., Bechara, J., Belzile, L. et Villeneuve, D., 1994.** Modélisation de la dynamique de l'habitat des jeunes stades de saumon atlantique (*Salmo salar*) de la rivière Ashuapmushuan (Québec, Canada). *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 332 : 11-32.
- Malavoi, J.R., 1989.** Typologie des faciès d'écoulement ou unités morpho-dynamiques d'un cours d'eau à haute énergie. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 315 : 189-210.
- Malavoi, J.R., 1999.** Quantification des surfaces de production de tacons par le biais de faciès d'écoulement. Rapport Malavoi – LO.GRA.MI., 11 p. + figures.

- Malavoi, J.R. et Souchon, Y., 2002.** Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière : clé de détermination qualitative et mesures physiques. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 365/366 : 357-372.
- Minster, A.M. et Bomassi, P., 1999.** Repérage et évaluation des surfaces potentielles de développement de juvéniles de saumon atlantique. Proposition d'un modèle de gestion des stocks sur les bassins de l'Allier et de l'Arroux. Rapport C.S.P. – LO.GRA.MI., 44 p. + annexes.
- Pallo, S. et Larinier, M., 2002.** Définition d'une stratégie de réouverture de la Dordogne et de ses affluents à la dévalaison des salmonidés grands migrateurs. Simulation des mortalités induites par les aménagements hydroélectriques lors de la migration de dévalaison. Rapport MI.GA.DO. D2-02-RT / GHAAPPE RA.02.01, 25 p. + annexes.
- 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.
- Soulet, A., 1994.** Etude hydromorphologique de la Bave (46). Evaluation de son potentiel de production en saumon atlantique. Rapport C.S.P.
- Tinel, C., 1983.** Eléments pour la réintroduction du saumon atlantique dans la rivière Dordogne. Rapport ENSA Toulouse.
- Vandewalle, F., Lagarrigue, T. et Lascaux, J.M., 2004.** Cartographie hydromorphologique de la Corrèze. Evaluation de ses potentialités de production en saumon atlantique (*Salmo salar*, L.). Rapport E.CO.G.E.A. pour MI.GA.DO. N°17D-04-RT.
- Wasson, J.G., Malavoi, J.R., Maridet, L., Souchon, Y., Paulin, L., 1995.** Impact écologique de la chenalisation des rivières. Rapport CEMAGREF.

ANNEXE

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.