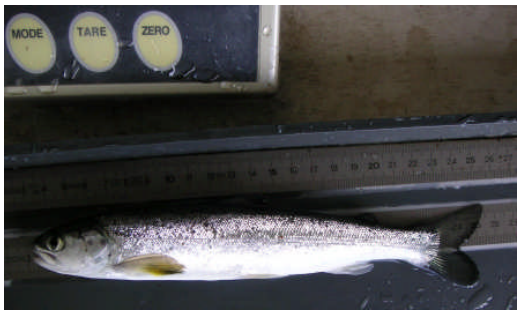
M I G A D O

Migrateurs Garonne Dordogne

CONTROLE DE LA MIGRATION DES SMOLTS DE SAUMON ATLANTIQUE EN DEVALAISON AU NIVEAU DES DISPOSITIFS DE PIEGEAGE ET DE TRANSPORT DE CAMON ET DE POINTIS SUR LA GARONNE

CAMPAGNE 2007



Etude financée par :

Union Européenne
Agence de l'Eau Adour-Garonne

S. BOSC, A. NARS, O. MENCHI et V. CORNU,

mai 2008

MI.GA.DO. 2G-08-RT

AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE

EDF

FÉDÉRATION NATIONALE PÊCHE

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

SOMMAIRE

SOMMAIRE ..... **I**
TABLE DES ILLUSTRATIONS ..... **III**
INTRODUCTION **1**
REMERCIEMENT **2**
1 MATERIEL ET METHODE **3**
1.1 Généralités **3**
1.1.1 Situation 3
1.1.2 Aménagements hydroélectriques de Pointis et Camon 3
1.2 Fonctionnement des stations de piégeage **5**
1.2.1 Fonctionnement des exutoires 5
1.2.2 Attrait des poissons par la lumière 5
1.2.3 Problèmes liés au piégeage 6
1.2.4 Personnel présent sur les sites 6
1.3 Relevés des paramètres environnementaux et du fonctionnement hydraulique des aménagements **6**
1.4 Suivi biologique **7**
1.4.1 Comptage vidéo 7
1.4.2 Relevé des paramètres biologiques et comptage manuel 7
1.5 Transport des poissons capturés **7**
2 RESULTATS : CAMPAGNE DE PIEGEAGE-TRANSPORT **8**
2.1 Fonctionnement des stations de piégeage **8**
2.2 Paramètres du milieu **8**
2.2.1 Température de l'eau 8
2.2.2 Oxygène dissous 9
2.2.3 Transparence de l'eau 9
2.3 Hydrologie de la Garonne et fonctionnement hydraulique des aménagements **10**
2.3.1 Hydrologie de la Garonne pendant la période d'étude 10
2.3.2 Fonctionnement hydraulique des aménagements 11
2.3.3 Exutoire de Camon 13
2.3.4 Exutoire de Pointis 14
2.4 Suivi biologique **15**
2.4.1 Etude des passages des poissons piégés 15
2.5 Relevés de paramètres biologiques (Biométrie) **17**
2.5.1 Répartition par espèce 17
2.5.2 Etat sanitaire 19
2.5.3 Caractéristiques biométriques des salmonidés 19
2.6 Bilan des effectifs contrôlés et transportés **22**
2.6.1 Bilan des effectifs contrôlés 22
2.7 Transports **23**
2.7.1 Poissons transportés (tableau 7) 23
2.7.2 Smolts de saumon marqués par ablation de la nageoire adipeuse 24
3 BILAN INTER-ANNUEL (2000-2007) **25**
3.1 Evolution du débit de la Garonne **25**
3.2 Evolution de la température de l'eau **25**
3.3 Evolution et caractéristiques des effectifs piégés **26**
3.3.1 Bilan par espèce 26
3.3.2 Comparaison saumons repeuplés et saumons piégés 27
3.3.3 Caractéristiques des saumons déversés et capturés à la dévalaison 29
3.3.4 Période de migration des smolts de saumons 30
4 CONCLUSIONS **31**
4.1 Campagne de piégeage 2007 ..... **31**
4.2 Bilan interannuel **31**
5 EVALUATION DE L'EFFICACITE DES STATIONS DE PIEGEAGE **33**

5.1 Introduction 33
5.2 Matériel et méthode 34
5.2.1 La période d'expérimentation 34
5.2.2 Paramètres environnementaux 34
5.2.3 Le marquage des smolts 34
5.2.4 Réalisation de lots témoins 34
5.2.5 Modalités de marquage 35
5.2.6 Les lâchers des lots marqués 35
5.2.7 Fonctionnement des dispositifs de détection des marques 36
5.2.8 Evaluation de l'efficacité des exutoires et estimation des pertes par surverses aux barrages 37
5.3 Résultats et analyses : tests 2007 38
5.3.1 Lots témoins et mortalités dues au marquage : 38
5.3.2 Résultats des tests de fiabilité du système de détection 39
5.3.3 Comportement de dévalaison 39
5.3.4 Efficacité des exutoires : tests 2007 41
5.3.5 Surverse : tests 2007 42
5.4 Bilan des tests d'efficacité 44
5.4.1 Rappels : 44
5.4.2 Efficacité de l'exutoire de Camon 45
5.4.3 Efficacité par classes de débits turbinés à l'usine de Camon 46
5.4.4 Efficacité du dispositif de Pointis 46
5.4.5 Passages par surverse 48
5.4.6 Efficacité totale des deux dispositifs de piégeage. 49
5.4.7 Propositions d'amélioration 50
6 CONCLUSION 52
ANNEXES 54

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Situation géographique des secteurs mobilisés par la mise en place de la stratégie de piégeage transport sur le bassin de la Garonne. 3
Figure 2 : Situation géographique des aménagements hydroélectrique de Pointis et Camon. 4
Figure 3 : Températures moyennes journalières relevées sur la Garonne à Loures-Barousse, Pointis et Camon et sur la Neste à Rebouc pendant la période d'étude 9
Figure 4 : Evolution de la turbidité (en cm mesurée au disque de Secchi) et du débit moyen journalier de la Garonne enregistrés à Gourdan-Polignan. 10
Figure 5 : Débit de la Garonne et débits turbinés aux usines de Pointis et de Camon 10
Figure 6 : Détail du fonctionnement des groupes de l'usine de Pointis durant la campagne 11
Figure 7 : Détail du fonctionnement de l'usine de Camon durant la campagne 12
Figure 8 Variation du débit de l'exutoire en fonction de la côte du BMC (position 2) 13
Figure 9 : Variations du débit de l'exutoire et du niveau du BMC lors du fonctionnement 14
Figure 10 : Evolution des effectifs cumulés par créneaux horaires d'1 heure à Camon en 2007 16
Figure 11 : Evolution des effectifs cumulés par créneaux horaires d'1 heure à Pointis en 2007 16
Figure 12 : Evolution des passages journaliers de poissons dévalant au cours de la période d'étude à Camon et Pointis en fonction de la température de l'eau (° C) mesurée à Loures-Barousse et du débit de la Garonne (*0,1$m^3.s^{-1}$) mesuré à Gourdan-Polignan 17
Figure 13: Proportion de chacune des anomalies sanitaires relevées sur les individus classés « non sains » échantillonnés à Camon et à Pointis de Rivière en 2007. 19
Figure 14 : Structure du peuplement des smolts de saumon atlantique (classes de tailles en mm) d'après l'échantillonnage effectué lors de relevés de paramètres biologiques sur les 2 sites. 20
Figure 15 : Evolution de la proportion de SAT de plus de 180 mm par rapport à l'ensemble des SAT mesurés lors de chaque biométrie à Camon et à Pointis de Rivière. 21
Figure 16 : Relation taille/poids des saumons atlantique échantillonnés 21
Figure 17 : Structure du peuplement des truites fario (TRF et TRF BL) dévalant d'après l'échantillonnage effectué lors des relevés de paramètres biologiques à Camon et Pointis de Rivière (remarque : une truite de taille 405 mm et une de 475mm ont été capturées mais ne figure pas sur le graphique pour des raisons de présentation). 22
Figure 18 : Comparaison des débits journaliers de la Garonne mesurés à Valentine en 2000 et à Gourdan-Polignan de 2001 à 2007. 25
Figure 19 : Températures de l'eau de la Garonne enregistrées à Loures-Barousse (zone de grossissement des juvéniles). 26
Figure 20 : Effectifs total et par espèces piégées à Camon depuis 2000 et à Pointis depuis 2003. 27
Figure 21 : Comparaison interannuelle des effectifs de saumon repeuplés sur la bassin amont au stade alevin (année n-1) et des effectifs de smolt piégés et attendus aux stations de piègeage. 28
Figure 22 : Proportion de smolts dévalant à 1 an par contingent déversé 30
Figure 23 : Evolution des effectifs cumulés de poissons piégés par année. 30
Figure 24 : Evolution de l'effectif des lots de smolts en fonction des jours de stabulation 38
Figure 25: Répartition des captures des poissons marqués au piège de Pointis 12h, 36h et plus de 36h après lâchés dans le canal de Pointis 39
Figure 26: Répartition des captures des poissons marqués au piège de Camon 12h, 36h et plus de 36h après lâchés dans le canal de Camon 40
Figure 27: Répartition des captures des poissons marqués au piège de Camon 12h, 36h et plus de 36h après lâchés dans la retenue de Rodère 40
Figure 28 : Répartition des captures des poissons marqués au piège de Camon 12h, 36h et plus de 36h après lâchés dans le canal de Pointis 40
Figure 29 : Comparaison effectifs théoriques attendus (effort de repeuplement) et effectifs piégés 44
Figure 30: Comparaison smolts échappés (différence théorique-piégé) et proportion de jour à forte hydrologie lors des campagnes de piégeage 44
Figure 31 : Efficacité du piège de Camon en fonction du débit turbiné par la centrale. Bilan des campagnes de marquage 2005, 2006 et 2007 45
Figure 32: Caractéristiques statistiques de l'efficacité de l'exutoire de Camon en fonction des classes de débits entonnés par l'usine. 46
Figure 33 : Efficacité du piège de Pointis en fonction du débit turbiné par la centrale. Bilan des campagnes de marquage 2005, 2006 et 2007 47
Figure 34 : Caractéristiques statistiques de l'efficacité de l'exutoire de Pointis en fonction des classes de débit turbiné. 48
Figure 35 : Simulation de l'évolution du pourcentage de smolts récupérés en fonction du débit de la Garonne 50

Tableau 1 : Fréquence et période d'enregistrement des différents paramètres étudiés 6
Tableau 2 : Causes et durées des arrêts de la vanne sur la période de la campagne à Camon et Pointis. 8
Tableau 3 : Effectifs de poissons dévalant en fonction des conditions nycthémérales à Camon et Pointis en 2007. 15
Tableau 4 Espèces recensées à Camon et à Pointis de Rivière en 2007. 18
Tableau 5 : Caractéristiques biométriques pour les Salmonidés. 20
Tableau 6 : Effectifs des poissons piégés sur les sites de Camon et Pointis de Rivière. 23
Tableau 7: Effectifs des poissons transportés depuis les sites de Camon et Pointis de Rivière. 24
Tableau 8 : Récapitulatif des transports effectués pendant la période d'étude. 24
Tableau 9 : Effectifs de poissons piégés à la dévalaison par année. 26
Tableau 10 : Récapitulatif des déversements d'alevins de saumon sur la Garonne amont, des prévisions de survie et des captures de smolts lors du piégeage. 28
Tableau 11 : Comparaison des biomasses déversées et des biomasses piégées. 29
Tableau 12 : Récapitulatif du nombre de lots par lieux de lâcher 36

REMERCIEMENT

Nous tenons à remercier tous les organismes et toutes les personnes qui ont participés financièrement ou techniquement aux différentes opérations :

L'union Européenne et l'Agence de l'Eau Adour-Garonne,

Le Groupement d'Exploitation Hydraulique EDF de Camon et en particulier l'ensemble du personnel de l'usine de Camon pour l'accueil et l'aide permanente qu'ils nous ont prodigués,

Le Groupe d'Hydraulique Appliquée aux Aménagements Piscicoles et à la Protection de l'Environnement (GHAAPPE) pour l'intérêt et le soutien qu'il porte à notre travail et pour le matériel de détection des marques qu'ils ont mis à notre disposition.

INTRODUCTION

Le saumon atlantique (Salmo salar) est un poisson migrateur amphibiotique, potamotoque et thalassotrophe. Son cycle de développement correspond à une vie juvénile en eau douce jusqu'à l'âge de 1 ou 2 été(s) sur la Garonne, puis à une migration printanière de dévalaison pour atteindre des zones de grossissement situées dans l'océan Atlantique. Les adultes remontent les cours d'eau, au bout de 1, 2 ou 3 hiver(s) de mer, pour se reproduire dans les rivières d'où ils proviennent (phénomène de « Homing »).

Les populations de saumons de la Garonne ayant totalement disparu depuis plus de 200 ans, comme sur la plupart des rivières françaises, il s'avérait indispensable de repeupler à l'échelle des potentiels d'accueil, l'amont des cours d'eau du bassin en juvéniles afin de recréer une nouvelle population. Sur le bassin de la Garonne, après les premières expérimentations réalisées dans les années 1980, les repeuplements se font depuis 1999 à hauteur du potentiel des cours d'eau du haut bassin. C'est lors de la migration de dévalaison des jeunes saumons que les deux stations de piégeage transport de Camon et de Pointis de Rivière, construites au niveau de centrales E.D.F., situés sur la Garonne amont, prennent toute leur importance.

Les saumons introduits sur la Garonne amont au stade pré-estivaux proviennent de la pisciculture de Pont-Crouzet (81). A l'heure actuelle, cette pisciculture fonctionne à partir de géniteurs enfermés issus des géniteurs sauvages de la Garonne, la Dordogne et l'Adour. Le suivi biologique des poissons introduits est effectué une première fois en automne, par pêches électriques, sur les secteurs repeuplés. Ce suivi est complété, lors de la dévalaison, au niveau des stations de piégeage-transport de Camon et Pointis. En effet, le comptage et l'échantillonnage des smolts de saumons permettent l'évaluation des opérations de repeuplement à l'échelle du cours d'eau. Les poissons piégés sont ensuite transportés à l'aval de Toulouse ou de Golfech pour qu'ils puissent atteindre les zones de croissance en mer en évitant le passage dans les nombreuses turbines des centrales hydroélectriques de la Garonne.

Dans ce rapport, sont tout d'abord présentés, les résultats obtenus lors de la campagne de piégeage-transport 2007 au niveau des deux stations de Camon et de Pointis de Rivière. Dans une deuxième partie sont résumés les principaux résultats obtenus lors des opérations menées sur la Garonne amont depuis 1999 à savoir : les déversements, le suivi biologique et le piégeage transport. Une troisième partie présentera le déroulement et les résultats des opérations de marquage détection entreprises depuis 2005 pour mieux évaluer les efficacités des deux systèmes de piégeages.

La description des stations de piégeage-transport de Camon et Pointis de Rivière a fait l'objet d'un rapport MIGADO en 2002 (PALLO & BOSC, 2002) qui présente la stratégie de restauration du saumon dans le bassin de la Garonne et le fonctionnement des dispositifs.

1 MATERIEL ET METHODE

1.1 Généralités

1.1.1 Situation

Les stations de piégeage-transport, construites au niveau des centrales hydroélectriques EDF de Camon et de Pointis (Figure 1 et schémas descriptifs en annexes 1 et 2), sont situées sur la Garonne en aval de zones favorables à la reproduction et au développement des juvéniles de saumon. Les repeuplements en saumons, réalisés dans le cadre du programme de restauration du saumon atlantique sur le bassin de la Garonne, sont effectués sur la Garonne entre St Béat et la retenue de Ausson et sur la Neste en aval de Rebouc. Les saumons adultes capturés à la station de piégeage-transport à la montaison de Carbonne sont quant à eux déversés sur la Pique (Figure 1). Le piégeage transport à la dévalaison effectué au printemps au niveau de ces deux sites permet ainsi aux smolts dévalants d'éviter les nombreux aménagements situés plus en aval et non équipés pour la dévalaison. Le cumul des pertes engendrées par les différentes turbines équipant la Garonne hydroélectrique s'élève en moyenne à 64% de mortalité jusqu'à Toulouse (de 76% à 34% de mortalité calculés en fonction de l'hydrologie rencontrée en période de dévalaison entre 1989 et 1998, BOSC et LARINIER 2000).

Figure 1 : Situation géographique des secteurs mobilisés par la mise en place de la stratégie de piégeage transport sur le bassin de la Garonne.

1.1.2 Aménagements hydroélectriques de Pointis et Camon

Ces aménagements sont situés à près de 90 km de la source de la Garonne pour un bassin versant voisin de 2 100 km^2. Le module de la Garonne est à ce niveau de 62 m^3/s. Une partie de ce débit est prélevée en amont pour les besoins de l'agriculture par l'intermédiaire du canal de la Neste (figure 2).

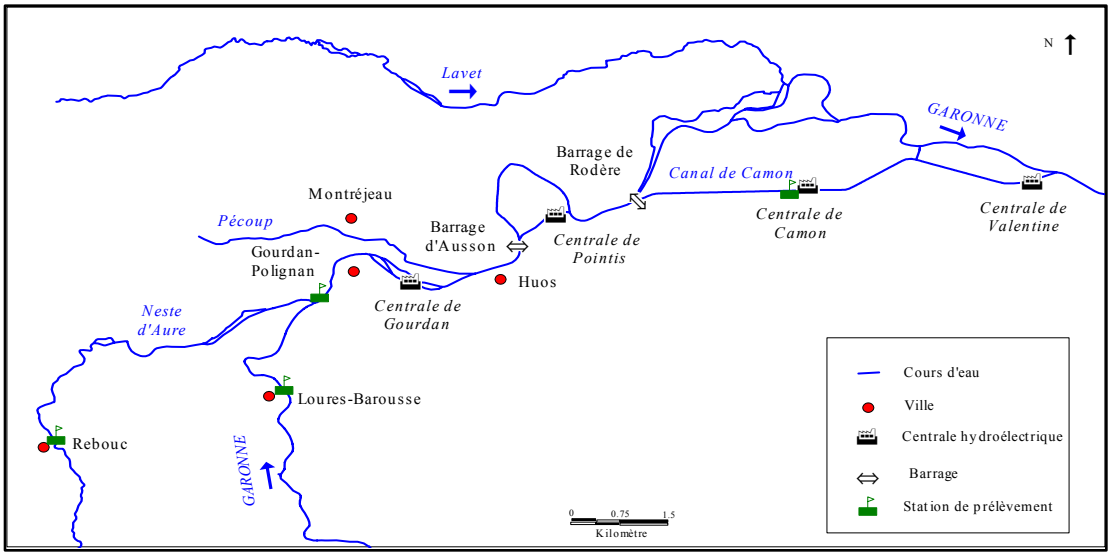


Figure 2 : Situation géographique des aménagements hydroélectrique de Pointis et Camon.

L'aménagement de Pointis comprend un barrage mobile - le barrage d'Ausson - constitué par trois vannes de type «Stoney » de 20 m de largeur et d'une hauteur de 5,50 m. La longueur totale en crête est de 66 m pour une hauteur de 6 m. Ce barrage permet d'alimenter, par un canal de 700 m de long, la centrale hydroélectrique de Pointis sur la commune de Pointis-de-Rivière. La Garonne est court-circuitée sur près de 2.7 km. Le débit réservé correspond au 1/10ème du module soit 6.2 m^3/s.

La centrale fonctionne au fil de l'eau. Elle est équipée de trois turbines de type hélice à quatre pales (puissance nominale : 2 500 KW par hélice) pour un débit maximal turbinable de 70 m^3/s. La hauteur de chute nette est de 13 m. La prise d'eau de l'usine mesure 21,5 m de largeur. Les grilles de protection, longues de 8,5 m, sont constituées de barreaux rectangulaires (1 cm par 8 cm) espacés de 5 cm les uns des autres. La mortalité pour les smolts est estimée à 11%.

Le canal d'amenée a une largeur voisine de 20 m et une profondeur de 5,9 m. Le canal de fuite de l'usine est très court avec une longueur de 90 m. A un peu plus d'un kilomètre en aval, la Garonne accueille le barrage de Rodère qui alimente en série les usines de Camon et de Valentine.

L'aménagement de Camon comprend un barrage mobile - le barrage de Rodère – constitué par trois vannes wagons de 20 m de largeur et d'une hauteur de 4,15 m. La longueur totale en crête est de 66 m pour une hauteur de 6 m. Ce barrage permet d'alimenter, par un canal de 3,4 Km de longueur, la centrale hydroélectrique de Camon sur la commune de Labarthe-de-Rivière. La Garonne est court-circuitée sur près de 7 km. Une seconde usine (Valentine) est située sur la même dérivation à environ 3 km en aval de l'usine de Camon. Le débit réservé correspond au 1/40ème du module soit 1,5 m^3/s.

La centrale est équipée de trois turbines de type Francis à 15 aubes (puissance nominale : 5 200 KW par turbine) pour un débit maximal turbinable de 85 m^3/s. La hauteur de chute nette est de 21,45 m. La prise d'eau de l'usine mesure 29,5 m de largeur. Les grilles de protection, longues de 8,3 m, sont constituées de barreaux rectangulaires (1 cm par 4 cm) espacés de 4 cm les uns des autres. En rive gauche, sur une largeur de 3 m, la prise d'eau alimente une conduite by-pass de 3 m de diamètre dont la partie supérieure se trouve à 3 m sous la côte de retenue normale. Le by-pass (annexe 2est équipé d'une vanne plate en tête. Il permet d'alimenter un groupe de l'usine de Valentine située à l'aval, en cas de déclenchement d'un ou de plusieurs groupes de l'usine de Camon. La mortalité pour les smolts est estimée à 23%.

Le canal d'amenée a une largeur voisine de 20 m et une profondeur de 5,5 m. Le canal de fuite de Camon n'est autre que le canal d'amenée de l'usine de Valentine, ces deux centrales étant sur la même dérivation. Cette position garantit également une certaine stabilité du niveau aval de Camon. Jusqu'au point de confluence avec la Garonne, le canal de fuite de Camon a une longueur totale de près de 3 km.

1.2 Fonctionnement des stations de piégeage

La campagne de piégeage-transport à la dévalaison sur les sites de Camon et Pointis a débuté le 14 mars 2007 pour se terminer le 11 mai 2007. L'installation du matériel sur les sites (caméra vidéo, lampes…), les différents réglages et la préparation des bassins (nettoyage, vérifications d'usage) ont été réalisés du 05 au 13 mars. Le démontage du matériel et la mise en hivernage de la station (nettoyage, vidanges des conduites d'alimentation…) ont été effectués entre le 14 mai et le 25 mai.

1.2.1 Fonctionnement des exutoires

Les vannes de chaque exutoire sont asservies automatiquement aux variations de niveau de la surface de l'eau à l'amont, ce qui implique que malgré les fluctuations de débit de la Garonne et des quantités d'eau turbinées par E.D.F., le débit dans les pièges doit rester relativement constant.

A Camon, la vanne de l'exutoire a fonctionné sur la position 2 de l'automate théoriquement programmé pour délivrer un débit proche de 3 $m^3.s^{-1}$ (soit une hauteur d'eau sur la vanne de 80cm) Depuis la campagne 2006, la vanne de l'exutoire de Camon a été dotée d'un capteur de position. La position de la vanne ainsi que la côte d'altitude de la surface de l'eau du BMC sont enregistrées pendant la campagne. Ces données permettent de calculer le débit entrant dans l'exutoire.

L'automate a fait l'objet d'une révision suite aux observations réalisées lors de l'étude 2006 où le débit moyen mesuré transitant dans l'exutoire pouvait fluctuer de 2,20 à 4 m^3/s (BOSC & al, 2007).

Pour le site de Pointis de Rivière qui possède 2 canaux donc 2 vannes, les deux vannes de chaque exutoire ont fonctionné pour atteindre un débit total dans le piège estimé à 3 $m^3.s^{-1}$. Durant cette campagne, il a été décidé d'optimiser l'attrait des poissons en rive gauche. En effet, l'étude de radio pistage, réalisée en 1998, avait montré une légère préférence des smolts pour cette rive lors de l'arrivée devant le plan de grilles de la centrale (CROZE et LARINIER, 1999). L'asservissement des vannes d'entrée des exutoires habituellement réglé avec une hauteur d'eau de 75 cm sur chacune des vannes, a été réglé sur 60 cm pour la vanne de la rive droite et 90 cm celle de la rive gauche. Le niveau d'eau moyen mis en charge par rapport à la grille de filtration des poissons reste dans ces conditions de 0,60 m (valeur mesurée sur l'échelle limnimétrique placée dans le bassin de dissipation) ce qui permet pour la gestion du piège un écoulement optimum au travers de la grille de filtration des poissons et une évacuation correcte et sécurisée du débit par l'orifice de sortie.

1.2.2 Attrait des poissons par la lumière

Sur le site de Camon, les deux lampes d'attrait démarrent leur cycle lumineux à partir de 20h30 jusqu'à 8h30. La phase d'éclairement de 15 minutes comprend 8 minutes avec les deux lampes allumées (L_1 et L_2), 5 minutes avec L_2 allumée et 2 minutes avec les deux lampes éteintes. L_1 et L_2 correspondent à des lampes à vapeur de sodium de 80 W chacune, situées en rive gauche, à environ 1,5 m au-dessus de la surface de l'eau, en amont de l'exutoire et en aval du plan de grille de l'usine .(voir annexe schéma 1 e 2).

Pendant le cycle lumineux d'attrait nocturne des poissons sur le site de Pointis-de-Rivière, en condition normale, les 2 lampes à vapeur de sodium situées chacune au-dessus des deux entrées des deux canaux collecteurs du piège (rive gauche et rive droite), sont allumées en continu de 20h30 à 8h30.

1.2.3 Problèmes liés au piégeage

Durant la période de fonctionnement, les stations de Camon et Pointis n'ont pas subi de dégradations majeures.

1.2.4 Personnel présent sur les sites

Les stations de Camon et Pointis de Rivière ont nécessité une surveillance régulière du système de piégeage durant la période de l'étude (environ toutes les 2 heures et demie) de jour comme de nuit. Le jour, 2 personnes (1 personnel MIGADO et 1 stagiaire) s'occupent de l'entretien, la maintenance et du suivi biologique des 2 stations. La nuit 1 agent technique réalise l'entretien, le dépouillement des enregistrements vidéo et la surveillance des 2 sites. Ces postes ont nécessité un roulement de 5 personnes pour le jour et 2 personnes pour la nuit.

Le fonctionnement général a ainsi été assuré grâce à la présence d'un stagiaire (convention MIGADO/Université Paul Verlaine de Metz), de deux agents techniques, de deux techniciens et d'un chargé de missions.

1.3 Relevés des paramètres environnementaux et du fonctionnement hydraulique des aménagements

Étant donné la proximité des 2 stations de piégeage (6,5 km), les paramètres physico chimiques ne sont relevés que sur une seule station, celle de Camon. Les données concernant les débits de la Garonne et le fonctionnement hydrauliques des aménagements ont été fournis par EDF groupement de Camon (convention EDF/MIGADO). Les paramètres étudiés, le lieu et la fréquence des prises de mesures sont indiqués dans le tableau 1.

Paramètres	Lieu de la mesure	Fréquence des relevés	Période étudiée	Type d'appareil de mesure	Opérateur
Température de l'eau de la Garonne	Camon	quotidienne	14/03 au 11/05/07	Enregistreur Tinytag	MIGADO
Température de l'eau de la Garonne	Camon	horaire	14/03 au 11/05/07	Enregistreur Tinytag	MIGADO
Température de l'eau de la Neste	Saint Laurent de Neste	horaire	en continu sur l'année	Enregistreur Tinytag	MIGADO
Température de l'eau de la Garonne	Loures-Barousse	horaire	en continu sur l'année	Enregistreur Tinytag	MIGADO
Conductivité de l'eau de la Garonne	Camon	quotidienne	14/03 au 11/05/07	Conductimètre WTW LF318	MIGADO
Oxygène de l'eau de la Garonne	Camon	quotidienne	24/03 au 11/05/07	Oxymètre WTW 330/SET	MIGADO
Turbidité de l'eau de la Garonne	Camon	quotidienne	14/03 au 11/05/07	Disque de Secchi	MIGADO
Débit de la Garonne à Gourdan	Gourdan Polignan	10 minutes	14/03 au 11/05/07	enregistreur EDF	EDF groupement de Camon
Cote NGF Bassin de mise en charge de Pointis	Pointis	2 minutes	14/03 au 11/05/07	enregistreur EDF	EDF groupement de Camon
Débit turbiné par l'usine de Pointis (par groupe)	Pointis	2 minutes	14/03 au 11/05/07	enregistreur EDF	EDF groupement de Camon
Cote NGF Bassin de mise en charge de Camon	Pointis	horaire	14/03 au 11/05/07	enregistreur EDF	EDF groupement de Camon
Débit turbiné par l'usine de Camon (par groupe)	Camon	horaire	14/03 au 11/05/07	enregistreur EDF	EDF groupement de Camon
Ouverure de la vanne by pass de Camon	Camon	horaire	14/03 au 11/05/07	enregistreur EDF	EDF groupement de Camon
Débit de l'exutoire de Camon	Camon	horaire	14/03 au 11/05/07	enregistreur EDF	EDF groupement de Camon

Tableau 1 : Fréquence et période d'enregistrement des différents paramètres étudiés

1.4 Suivi biologique

1.4.1 Comptage vidéo

Une surveillance vidéo du passage des poissons dans les pièges est assurée sur les deux sites en continu grâce aux caméras (modèle 50 Panasonic WV CP 470/G pour Pointis et Sony SPT M328CE pour Camon) placées au-dessus de chaque goulotte de récupération des poissons. Des projecteurs d'une puissance de 500 W permettent l'enregistrement vidéo des passages nocturnes.

Le passage des poissons piégés est enregistré sur fichier vidéo par un logiciel d'analyse d'images développé par le GHAAPPE (CSP/CEMAGREF), EDF (R&D) et le Laboratoire d'électronique de l'ENSEEIHT. Ce logiciel numérise les silhouettes et stocke les images sur support informatique.

Après dépouillement manuel des fichiers à l'aide d'un logiciel spécifique, on peut connaître le nombre de poissons filmés par jour, et pour chaque individu filmé : sa date de passage, son heure de passage et le fonctionnement de l'éclairage d'attrait de l'exutoire : jour / nuit selon les cycles lumineux de Camon et de Pointis de Rivière. En outre, ce système ne permet pas, ni à Camon ni à Pointis de Rivière, de différencier les espèces.

Remarque : Les smolts de saumons transitant principalement la nuit au niveau des deux stations, pour faciliter les traitements des données et avoir une meilleure perception des résultats, nous considérons qu'un jour (c'est-à-dire 24 heures) est réparti en 12 heures de jour : de 8h31 à 20h30 et 12 heures de nuit : de 20h31 à 8h30. Un jour commence donc à 8h31 et se termine à 8h30 24 heures plus tard.

Les dates de passage des poissons correspondent donc dans ce rapport aux cycles d'éclairage : une journée commence donc à 8h31 (non pas à 0h00) et se termine à 8h30 le lendemain.

1.4.2 Relevé des paramètres biologiques et comptage manuel

Un relevé de paramètres biologiques est effectué chaque jour sur les deux sites sur un échantillon prélevé au hasard dans le bassin de stabulation. Le nombre de poissons contrôlés est fonction du nombre de poissons piégés (en général, la totalité des individus jusqu'à 60 pour des effectifs piégés inférieurs à 200 et 120 pour des effectifs piégés supérieurs à 200). Les poissons, sous anesthésie (1,5 ml d'eugénol à 10% dans 5 L d'eau), sont pesés, mesurés et un contrôle de leur état sanitaire est effectué (écaillage en % de la surface du corps, atteintes aux nageoires et autres parties du corps, présence de parasites ou de pathologies). Cette manipulation permet en outre la vérification de la présence de marque et la détermination de la proportion de chaque espèce présente dans le bassin de stabulation.

Lors de la campagne 2007, un marquage systématique des smolts de saumon par ablation de la nageoire adipeuse a été effectué afin de pouvoir déterminer des taux de retour pour les saumons issus de la Garonne amont et de la Neste et bénéficiant du piégeage transport. Pour cette opération, la quasi totalité des poissons piégés a donc été anesthésiée et comptabilisée par espèce.

1.5 Transport des poissons capturés

Le transport des poissons en aval de Toulouse ou de Golfech est effectué avec un camion (type IVECO Eurocargo de PTAC=8600Kg) équipé d'une citerne de 4 m^3 comprenant un système d'oxygénation de la cuve et de capteurs permettent la lecture en continu depuis la cabine de la température et de la concentration en oxygène de l'eau dans la cuve.

Avant le départ du camion ainsi qu'à l'arrivée, la température et l'oxygène dissous sont mesurés dans la cuve. Les paramètres de la Garonne au point de déversement sont également notés : la température, l'oxygène dissous et la conductivité.

2 RESULTATS : CAMPAGNE DE PIEGEAGE-TRANSPORT

2.1 Fonctionnement des stations de piégeage

Les causes d'arrêt (répertoriées sur les fiches de suivi journalier) correspondent généralement à l'entretien de la grille (nettoyage), aux biométries, aux chasses aux barrages réalisées par E.D.F., ou à d'autres causes (problème de fonctionnement, arrêts de mise en sécurité des installations lors de crue et transparence). Les chasses sont des manipulations effectuées par E.D.F. pour l'entretien des installations : l'usine hydroélectrique est arrêtée et les vannes du barrage sont ouvertes afin de décolmater les grilles de la prise d'eau du canal d'amenée (tableau 2).

Le campagne de piégeage s'est déroulée du 14 mars au 11 mai, soit une période qui s'étend sur 58 jours, durant laquelle le piège de Camon a été au total fonctionnel 45 jours et celui de Pointis 33 jours. En effet, hormis les arrêts quotidiens de faibles durées (en moyenne 15 minutes, 3 fois par jour) nécessaires pour l'entretien des grilles de filtration, quatre autres types d'évènement ont contribué à une diminution importante du temps de piégeage (tableau 2). Il s'agit des chasses aux barrages (4 à Rodère et 8 à Ausson), d'un arrêt pour cause de crue survenu le 16 avril (mise en sécurité des installations pour un débit supérieur à 200m3/s dans la Garonne), de la mise en transparence des deux barrages du 18 au 26 avril 2007 et de l'arrêt de la centrale de Pointis pour maintenance du 26 avril jusqu'à la fin de la période de piégeage. L'arrêt définitif du piégeage à Camon le 11 mai a été conditionné par la mise en sécurité de la station pour des problèmes de fuites sous l'ouvrage et la fin des passages de smolts de saumon.

Nature	Arrêts à Camon			Arrêts à Pointis		
	Nombre	Durée	Pourcentage	Nombre	Durée	Pourcentage
Vérifications	249	0	0%	197	0	0%
Entretien des grilles	155	32h30	11%	98	19h18	3,2%
Biométries	0	0	0%	0	0	0%
Chasse	4	19h48	6,7%	8	25h48	4,3%
Maintenance	4	10h24	3,5%	5	315h54	53%
Crue	1	41h	13,9%	1	42h36	7,1%
Transparence	1	192h	64,9%	1	192h	32,2%
Total	414	296h	100%	310	595h36	100%

Tableau 2 : Causes et durées des arrêts de la vanne sur la période de la campagne à Camon et Pointis

2.2 Paramètres du milieu

2.2.1 Température de l'eau

Les mesures journalières ont été effectuées du 14 mars au 11 mai (figure 3 et annexe 1). La température mesurée toutes les heures à Camon oscille entre 4,3 °C, température minimale (le 21 mars), et 11,4 °C, température maximale (le 11 mai) avec une moyenne de 8,5 °C sur l'ensemble de la campagne.

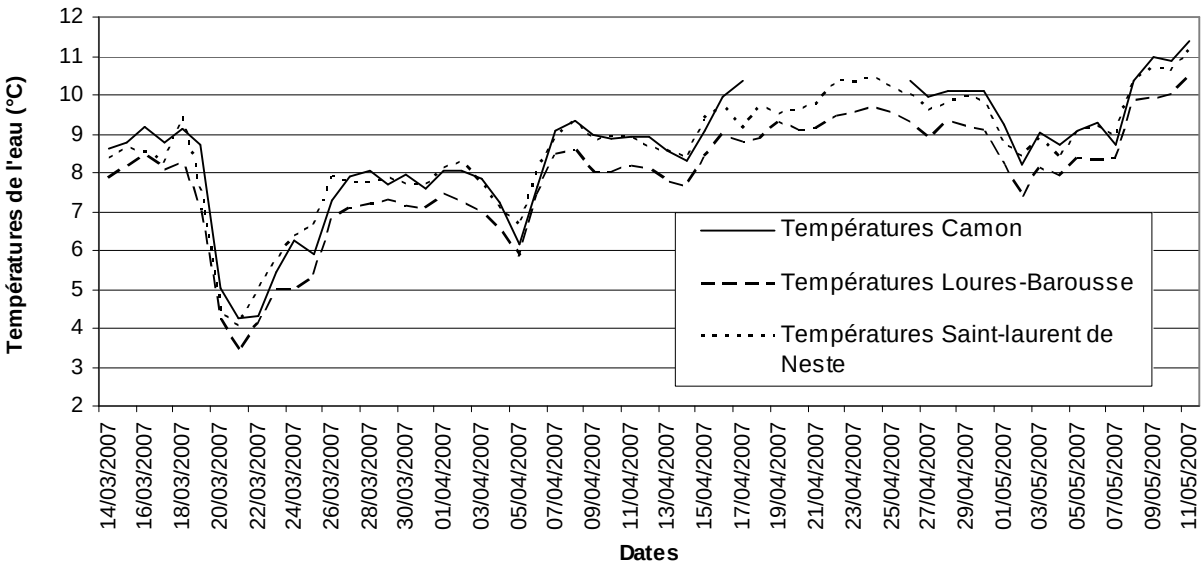


Figure 3 : Températures moyennes journalières relevées sur la Garonne à Loures-Barousse, Pointis et Camon et sur la Neste à Rebouc pendant la période d'étude

Les deux autres enregistreurs de température, situés sur la Garonne à Loures-Barousse, et sur la Neste à St Laurent de Neste (figure 3), au niveau des secteurs de grossissement des juvéniles, précisent les conditions de dévalaison des smolts de saumons. Ces enregistrements montrent des températures qui diffèrent très peu, légèrement plus fraîches sur la Garonne que sur la Neste avec :

pour la Garonne un minimum de 3,4°C le 21 mars, un maximum de 10,5°C le 11 mai et une moyenne de 7,9 °C

pour la Neste un minimum de 4 °C le 21 mars, un maximum de 11,1 °C le 11 mai et une moyenne de 8,6 °C.

2.2.2 Oxygène dissous

La concentration en oxygène dissous, exprimée en $mg.L^{-1}$ et en pourcentage de saturation, indique une bonne oxygénation des bassins de stabulation, supérieure à la concentration d'oxygène minimale nécessaire au bon développement des jeunes saumons 6 mg. L^{-1} (concentration en oxygène létale en dessous de 3 $mg.L^{-1}$, Kinkelin et al, 1981). Les mesures indiquent une oxygénation de l'eau comprise entre 11,4 $mg.l^{-1}$ et 15,3 $mg.l^{-1}$ avec une valeur moyenne de 13,2 $mg.l^{-1}$ soit respectivement 97 %, 126 % et 114 % de saturation (annexe 1).

2.2.3 Transparence de l'eau

Le suivi de la transparence de l'eau indique (figure 4) que la Garonne a été très peu turbide, à l'exception des 24 et 25 mars) du début de la campagne jusqu'au 2 avril (transparence de l'eau supérieure à 0,9 m, mesurée au disque de Secchi). Puis l'augmentation des débits et la crue survenus le 16 avril ont engendrés une forte diminution de la transparence de l'eau, 10 cm mesuré le 17 avril.

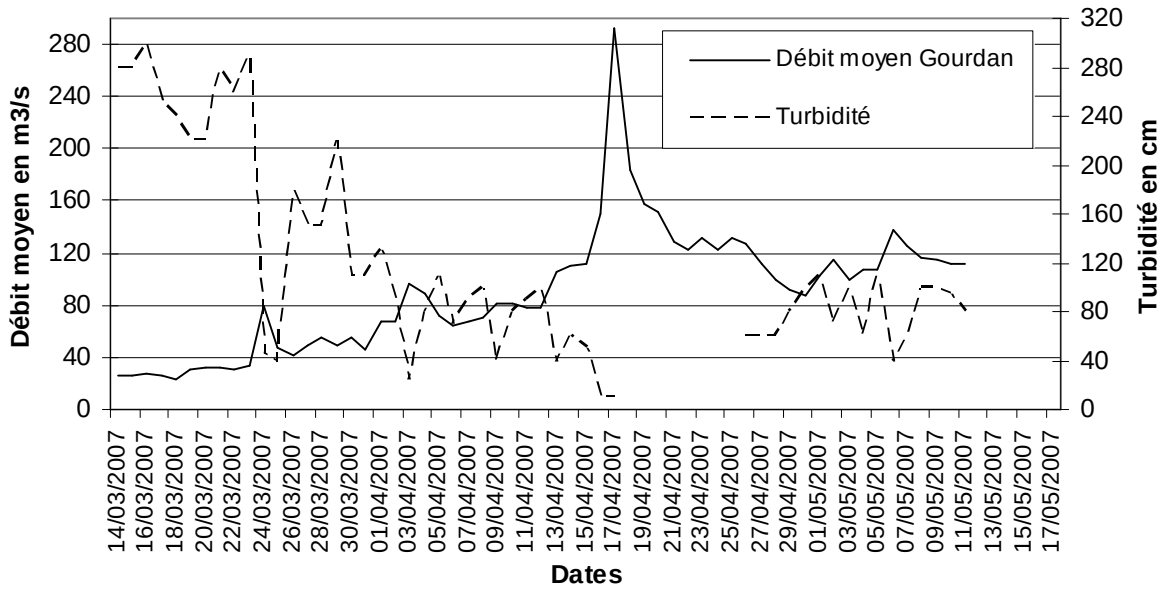


Figure 4 : Evolution de la turbidité (en cm mesurée au disque de Secchi) et du débit moyen journalier de la Garonne enregistrés à Gourdan-Polignan.

2.3 Hydrologie de la Garonne et fonctionnement hydraulique des aménagements

2.3.1 Hydrologie de la Garonne pendant la période d'étude

Pendant la campagne, le débit moyen journalier de la Garonne a varié de 24 à 293 m^3/s (Figure 5).

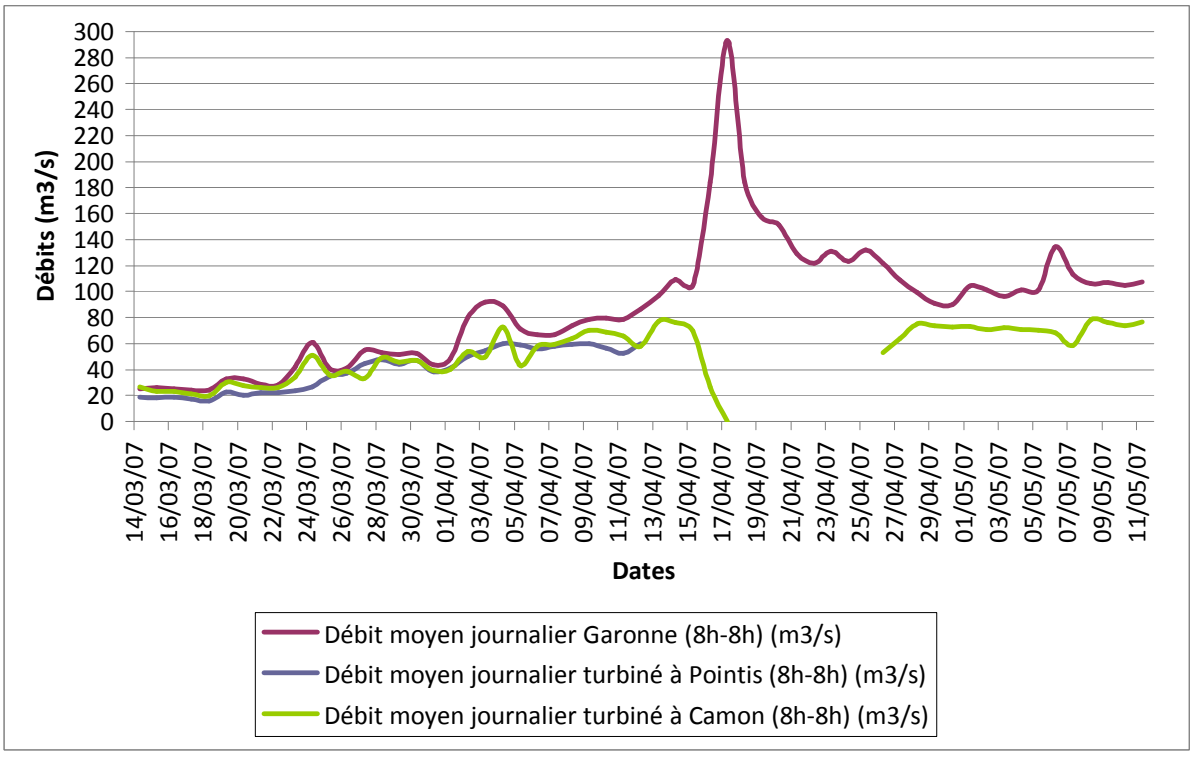


Figure 5 : Débit de la Garonne et débits turbinés aux usines de Pointis et de Camon (débits moyens journaliers)

L'hydrologie de la Garonne lors du printemps 2007 a été très contrastée. Le mois de mars avec un débit moyen de 36 m^3/s a été très en dessous de sa moyenne mensuelle (coefficient d'hydraulicité de 0,65 calculé sur la période 1986-2006, annexe 3). Contrairement à lui, le mois d'avril a été particulièrement humide avec un débit moyen de la Garonne de 143 m^3/s (coefficient d'hydraulicité de 1,97). Une crue très intense est survenue dans la nuit du 17 avril (le débit de la Garonne a atteint 290m^3/s). Les violents orages qui ont accéléré la fonte du manteau neigeux en sont la principale cause. L'hydrologie du mois de mai est restée dans des valeurs de débits normales : 120 m^3/s (coefficient d'hydraulicité de 1,14).

2.3.2 Fonctionnement hydraulique des aménagements

Les usines hydroélectriques de Camon et Pointis, fonctionnant au fil de l'eau, sont dépendantes des conditions hydrologiques de la Garonne. Pendant la période de piégeage, les débits turbinés par les usines en fonctionnement normal (Figure 5, 6 et 7) ont été très variables :

- pour l'usine de Camon un débit turbiné moyen de 53,8 m^3/s avec un maximum de 80 m^3/s.
- pour l'usine de Pointis un débit turbiné moyen de 39,5 m^3/s avec un maximum de 60 m^3/s.
- On peut distinguer deux périodes nettes de fonctionnement :
- du 29 mars au 2 avril : les deux usines ne fonctionnement pas au maximum de leurs possibilités.
- du 2 avril au 17 avril et du 26 avril au 11 mai : les deux usines fonctionnement avec trois groupes et turbinent quasiment au maximum de leurs possibilités. La centrale de Pointis n'a plus fonctionné à partir du 17 avril jusqu'à la fin de la période de piégeage.

2.3.2.1 Usine de Pointis

Trois chasses au barrage de Ausson ont été réalisées les 2, 3 et 11 avril.

La figure 6 détaille également le fonctionnement général de l'usine. On remarque que le fonctionnement des groupes est lié au débit arrivant à l'usine. Chaque groupe turbine au maximum 20 m^3/s avec une priorité pour les groupes 1 et 2. Jusqu'à un débit de 40 m^3/s deux groupes sont en fonction, au delà un troisième groupe se met en marche. Généralement, le débit est réparti de manière égale entre chaque groupe.

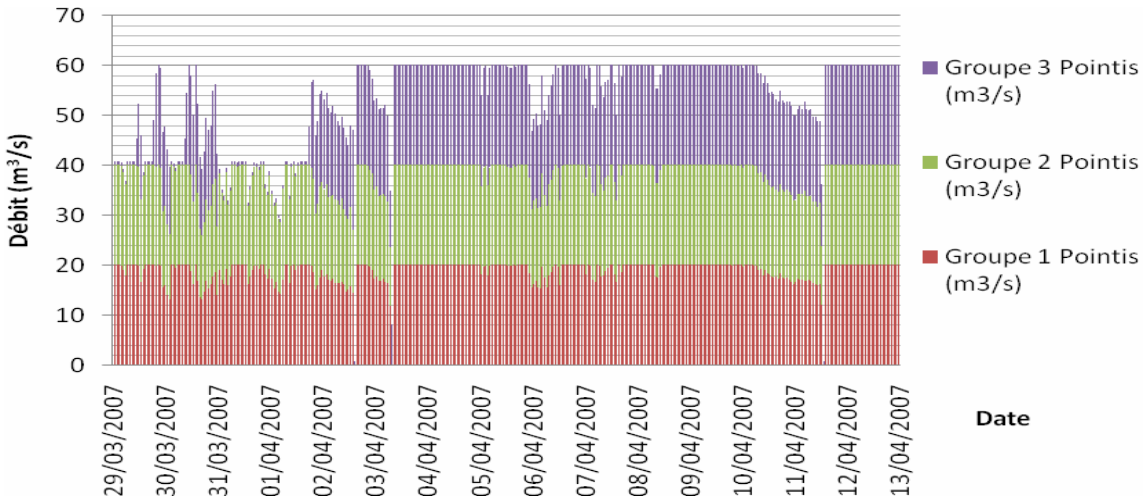


Figure 6 : Détail du fonctionnement des groupes de l'usine de Pointis durant la campagne

2.3.2.2 Usine de Camon

Au début du piégeage du 14 mars au 22 mars (Figure 7), la centrale a turbiné de faibles débits avec un seul groupe en marche (inférieur à 30 m3/s), hormis le 29 mars où un deuxième groupe s'est rajouté (pointe à 46 m3/s).

A partir du 23 mars et jusqu'au 3 avril, l'usine de Camon a fonctionné avec seulement deux groupes. Le groupe 3, arrêté pour raison de panne, n'a été fonctionnel qu'à partir du 3 avril. L'usine de Camon a exploité un débit allant de 30 m^3/s à 60 m^3/s pour une valeur moyenne de 40 m^3/s. Durant cette période la vanne by-pass (annexe 2) a été ouverte à deux reprises : le 24 mars de 3h à 20h avec un débit moyen de 23m3/s et du 2 avril 20h à au 3 avril 13h (débit moyen de 23 m3/s).

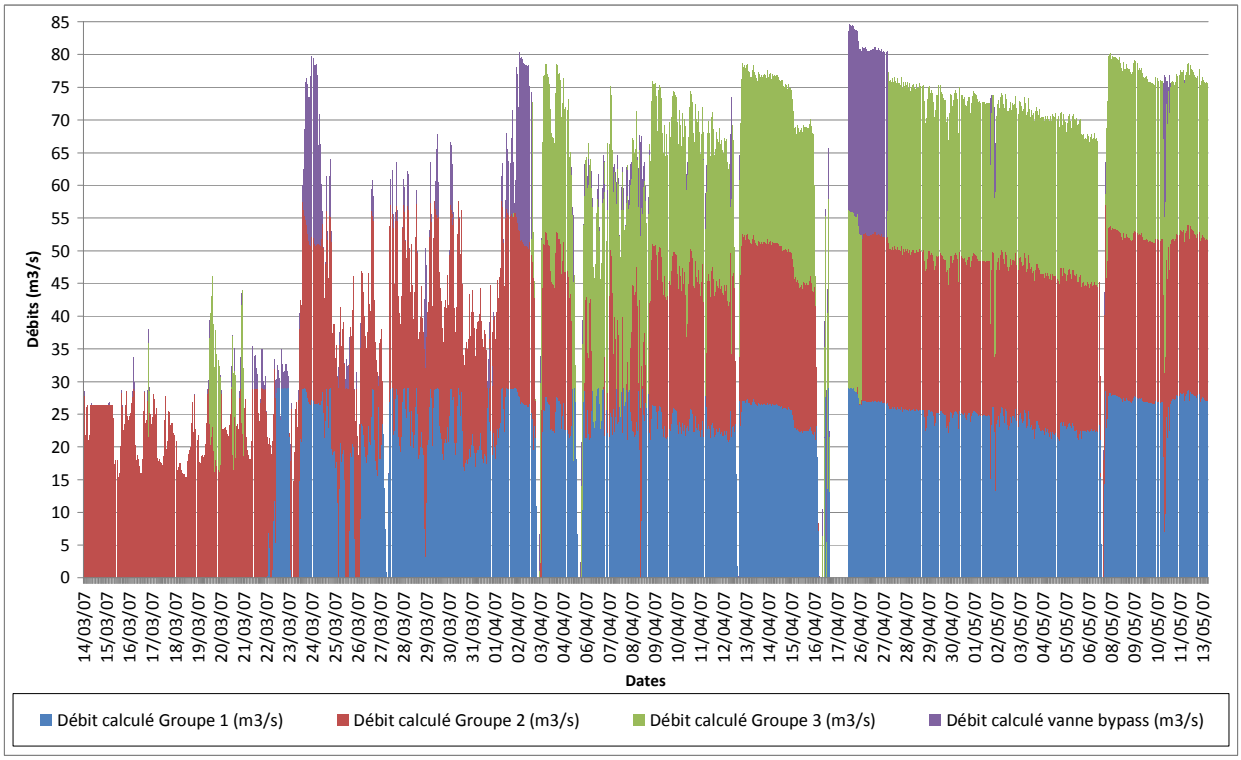


Figure 7 : Détail du fonctionnement de l'usine de Camon durant la campagne

A partir du 3 avril au 11 mai, indépendamment des arrêts pour causes de crue et transparence, l'usine de Camon a fonctionné avec ses trois groupes ou avec deux groupes et la vanne by-pass. On remarque une période d'ouverture de la conduite by-pass avec de forts débits (du 26 avril 1h au 27 avril 19h ave un débit moyen de 28 m3/s), correspondant à l'arrêt du groupe 3. Dans cette période, la centrale a exploité un débit allant de 45 m^3/s à 80 m^3/s pour une valeur moyenne de 63 m^3/s.

Deux chasses ont été réalisées au barrage de Rodère, le 3 et le 12 avril. L'usine a été arrêtée le 5 avril pour travaux (durée : 8h), le 16 avril pour cause de crue et du 17 au 26 avril pour la mise en transparence du barrage de Rodère.

La figure 7 permet de mieux comprendre le fonctionnement de l'usine. Cette figure nous donne le détail du fonctionnement de l'usine (débit de chaque groupe et de la conduite by-pass) en fonction du débit transitant dans le canal d'amenée.

Chaque groupe peut turbiner au maximum 28 m^3/s. Pour des débits compris entre 28 et 56 m^3/s arrivant à l'usine, deux groupes sont en fonction. Au-delà de cette valeur, la vanne by-pass (annexe 2) s'ouvre et laisse passer l'eau en surplus jusqu'à un débit maximum de 7 m^3/s. Lorsque la valeur totale du débit dans le canal d'amenée approche 63 m3/s, la conduite by-pass

se ferme progressivement et le troisième groupe se met en marche. Cette utilisation de la conduite by-pass permet d'éviter de faire tourner un groupe « à vide ».

2.3.3 Exutoire de Camon

Le débit moyen journalier dans l'exutoire de dévalaison enregistré lors cette campagne a été de 2,91 m^3/s, avec un maximum de 4.95 m^3/s et un minimum de 1.03 m^3/s. Une telle amplitude est due à des tests de positions de l'automate afin de trouver la position délivrant un débit optimum de fonctionnement du piège. En effet, au début de la campagne, les observations visuelles nous indiquaient que le débit transitant dans le piège était trop faible. Nous avons donc testé les trois positions de l'automate afin de trouver la position optimale. La position intermédiaire (position 2) a été finalement choisie car elle délivre le débit le plus proche de 3 m^3/s.

La figure 8 montre les variations du débit de l'exutoire en fonction de la côte du bassin de mise en charge (BMC) durant le fonctionnement de l'automate en position intermédiaire.

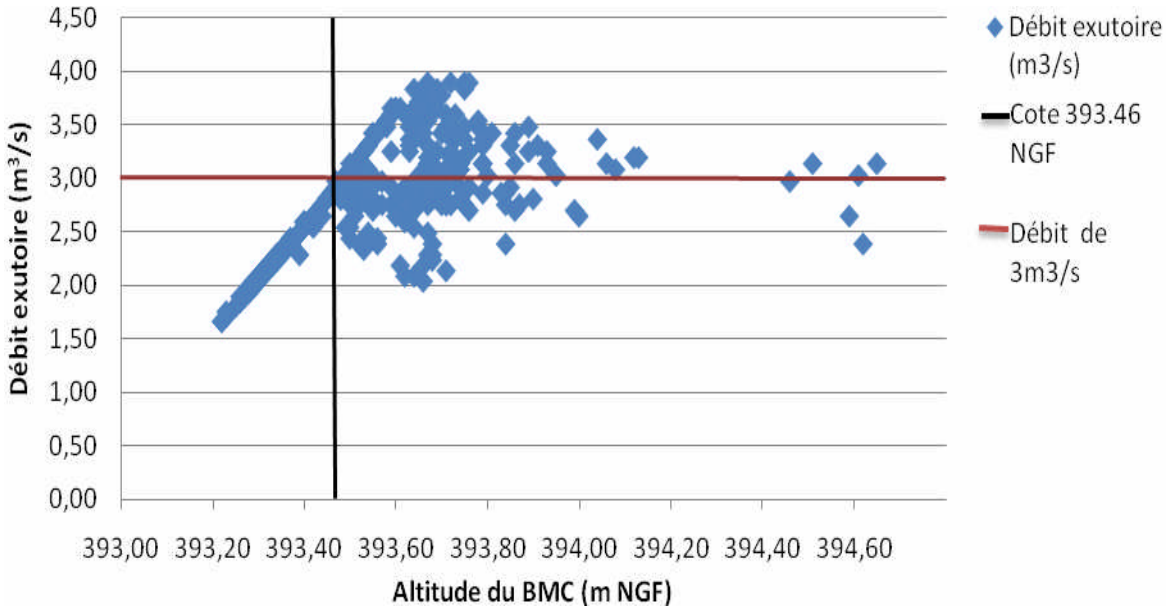


Figure 8 Variation du débit de l'exutoire en fonction de la côte du BMC (position 2)

On remarque que de par son asservissement, le débit de l'exutoire oscille beaucoup autour de la valeur de débit programmé soit 3 m^3/s. En effet, le débit de l'exutoire a varié entre 1,66 et 3,89 m^3/s pour une moyenne de 2,70 m^3/s.

De plus, lorsque le niveau du BMC descend en dessous de la côte 393.46 m NGF, le débit de l'exutoire ne peut atteindre 3 m^3/s. De par sa conception, l'exutoire délivre alors un débit inférieur à 3 m^3 (la vanne de l'exutoire est en butée basse). Ainsi, dans les périodes où le niveau du BMC était inférieur à 393.46 m NGF, le débit de l'exutoire a varié entre 1.66 et 2.80 m^3/s pour une moyenne de 2.25 m^3/s.

Enfin, durant la période de fonctionnement où la cote BMC était supérieure à 393.46 m NGF, le débit de l'exutoire a varié entre 2. 04 et 3.89 m^3/s pour une moyenne de 3.05 m^3/s. Nous avons donc bien en moyenne les 3 m^3/s nécessaires au bon fonctionnement du piège, mais les écarts à la moyenne sont importants. On observe des valeurs jusqu'à 30 % inférieures aux 3 m^3/s requis. Ces conditions n'assurent pas un fonctionnement optimum du dispositif de piégeage.

La figure 9 donne la relation entre le débit de l'exutoire, le niveau du BMC dans le temps.

Les variations du débit de l'exutoire peuvent être brutales et que les périodes ou la cote du BMC est en dessous de 493.46 m NGF peuvent s'étaler sur plusieurs jours. Durant toute la manipulation de piégeage et en fonctionnement normal (hors chasses et crues) la cote du BMC

a été en dessous de 493.46 m NGF 23 % du temps (environ 260 heures sur les 1100 heures de fonctionnement).

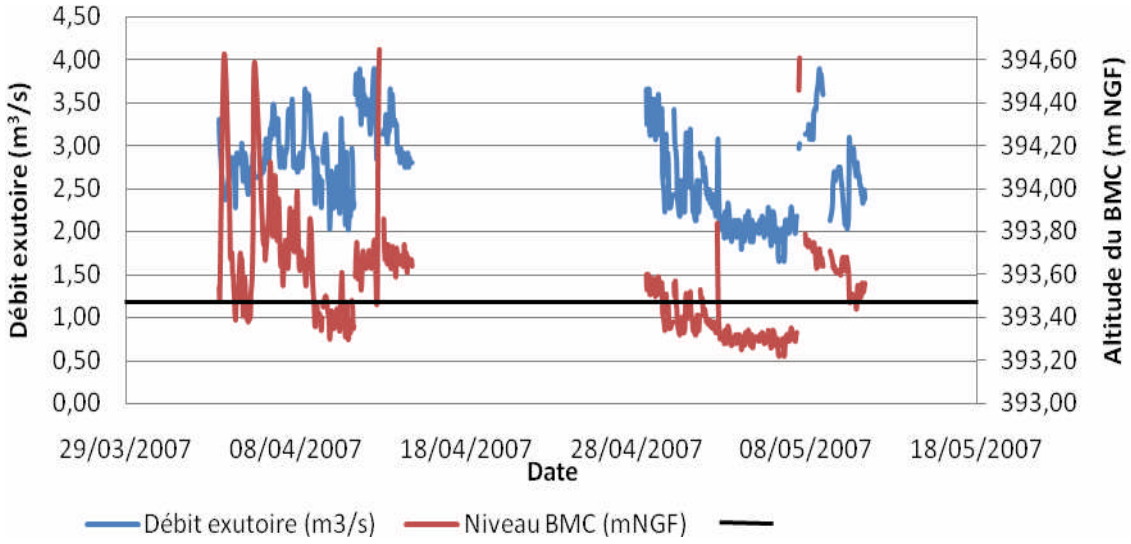


Figure 9 : Variations du débit de l'exutoire et du niveau du BMC lors du fonctionnement en position 2 de l'automate

De plus, la baisse du niveau de la cote du BMC pose un second problème : la prise d'eau alimentant les bassins peut se trouver hors d'eau. Le bassin de stabulation peut donc ne plus être alimenté, mettant de ce fait la vie des poissons en stabulation en danger.

2.3.4 Exutoire de Pointis

L'exutoire de Pointis ne possède pas de capteur de position de vanne. De conception différente, l'asservissement des vannes semble délivrer un débit constant dans les exutoires. De plus, les variations de niveau du BMC sont relativement peu importantes (inférieures à 50 cm).

2.4 Suivi biologique

2.4.1 Etude des passages des poissons piégés

2.4.1.1 Efficacité du suivi vidéo

L'étude des passages des poissons piégés est faite à partir des vidéos enregistrées avec le logiciel d'analyse d'image. Il est donc nécessaire avant toute interprétation de valider l'efficacité de ce suivi. Durant la période de piégeage 2007, les poissons piégés sur les 2 sites ont été comptés chaque jour lors du marquage des saumons par ablation d'adipeuse (cf § 2.7.2). Ce comptage systématique a permis de vérifier l'efficacité réelle du contrôle vidéo.

Pour le site de Camon, sur les 49 jours de relève du piège, un seul contrôle a présenté une faible fiabilité de 57% (soit 88 poissons contrôlé à la vidéo sur 155 piégés), le contrôle vidéo a fonctionné à 100 % sur 11 jours, une sous estimation du nombre de poissons ne dépassant pas 20 % a été observée lors de 18 piégeages et une surestimation constatée à 6 reprises avec un dépassement limité à 5%. Globalement, l'efficacité du suivi vidéo à Camon a été très bonne avec en moyenne 6 406 poissons comptabilisés sur un total de 6 704 réellement piégés (soit au total 3% d'erreur).

A Pointis, sur les 36 jours de piégeage, le contrôle a décelé, à 26 reprises, une différence dans l'estimation du nombre de poissons filmés par rapport au nombre réellement piégés avec :

- 22 jours où le pourcentage d'erreur était inférieur à 15 %
- seulement 3 jours ou l'erreur atteignait 68%, 58% et 75% (avec respectivement 11 poissons contrôlés sur 19 piégés, 2 sur 3 et 3 sur 4).
- un seul test montre une surestimation de 3 poissons (51 sur 48).

En moyenne, avec moins de 7 % d'erreur soit 4237 individus comptés à la vidéo sur 4534 réellement piégés le suivi vidéo de Pointis reste très efficace.

2.4.1.2 Passage sur 24 heures

L'enregistrement vidéo a permis de dénombrer 10 643 poissons pour l'ensemble des deux sites 6 406 à Camon et 4 237 à Pointis entre le 14 mars et le 11 mai 2007. Les fichiers vidéo enregistrés lors de chaque passage de poissons délivrent des informations précises pour chaque individu (date, heure et conditions lumineuses d'attrait) mais également générales sur l'activité de dévalaison (passage en fonction des conditions environnementales).

Le tableau 3 : indique la répartition des passages enregistrés entre de jour et de nuit pour les deux sites. Les passages se font essentiellement la nuit (85 %) entre 20h30 et 8h30.

	Camon		Pointis		Global	
Phase	Effectifs filmés	Pourcentage	Effectifs filmés	Pourcentage	Effectifs filmés	Pourcentage
Jour	568	8,9%	997	23,5%	1 565	14,7%
Nuit	5 838	91,1%	3 240	76,5%	9 078	85,3%
Total	6 406	100%	4 237	100%	10 643	100%

Tableau 3 : Effectifs de poissons dévalant en fonction des conditions nycthémérales à Camon et Pointis en 2007.

A Camon, près de 91% des poissons capturés sont passés la nuit. Les créneaux horaires le plus fréquentés correspondent à ceux situés entre 23h à 3h (Tableau 3 et Figure 10).

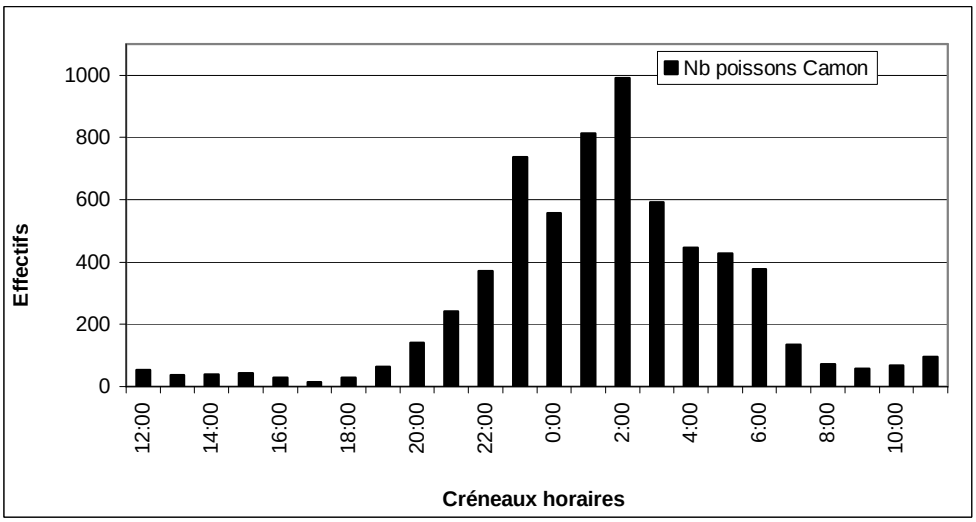


Figure 10 : Evolution des effectifs cumulés par créneaux horaires d'1 heure à Camon en 2007

A Pointis, la répartition des passages se déroule davantage sur la journée qu'à Camon. Les deux créneaux horaires les plus représentés sont pour 2007 à Pointis : entre 2h et 4h. La répartition des passages jour/nuit se compose de 76.5% d'individus ayant emprunté l'exutoire en phase nocturne (Tableau 3 et Figure 11).

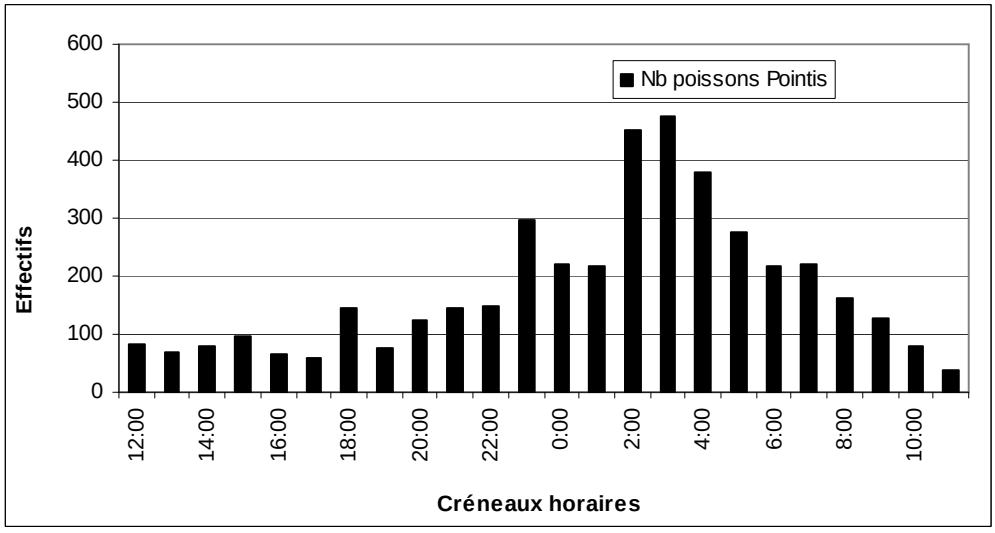


Figure 11 : Evolution des effectifs cumulés par créneaux horaires d'1 heure à Pointis en 2007

Ces résultats confirment bien qu'il est primordial d'avoir, en permanence et surtout la nuit, une surveillance des pièges pour l'entretien des grilles de filtration.

2.4.1.3 Passages journaliers

Le passage journalier est étudié à partir des résultats de la vidéo des deux sites de Pointis et Camon. La figure 12 correspond à un bilan général des individus piégés quotidiennement sur une période de 24 heures qui débute à 8h30. (Exemple : le passage journalier du 18/03/07 prend en compte les poissons piégés entre 8h30 le 17/03/07 jusqu'à 8h30 le 18/03/07).

Ce calage des dates sur des périodes de 24 h englobant la nuit dans sa totalité permet de suivre au mieux le phénomène de migration des smolts. En effet, les poissons empruntent les deux exutoires de dévalaison préférentiellement la nuit (cf. 2.4.1.2).

A Camon et Pointis on peut donc distinguer sur la figure 12, que l'essentiel des effectifs ont été piégés entre le 24 mars et le 16 avril 2007. A partir du 17 avril les pièges ont été fermés pour cause de crue et de mise en transparence des barrages de Ausson et Rodère jusqu'au 27 avril. Les effectifs capturés après cet arrêt des pièges en pleine période de migration n'ont représenté que 296 individus soit 2,7% du total piégés en 2007.

Les premiers effectifs significatifs de poissons sont arrivés consécutivement à une augmentation relative des débits survenue le 24 mars (de 30 à 80 m3/s).

Un pic principal de migration a eu lieu entre le 3 avril, avec plus de 3 400 individus piégés la même nuit soit près de 31 % du total des poissons piégés. Suite à cet événement les effectifs comptabilisés ont été en moyenne jusqu'au 16 avril de 340 poissons par jour sur les deux stations.

La relation entre la température et le passage des poissons est difficile à mettre en évidence lors de cette campagne. Les températures enregistrées sur les secteurs de grossissement des juvéniles ont été, lors des principaux passages des smolts, relativement fraîches (valeurs comprises entre 5°C et 10,5°C entre le 24 mars et le 16 avril).

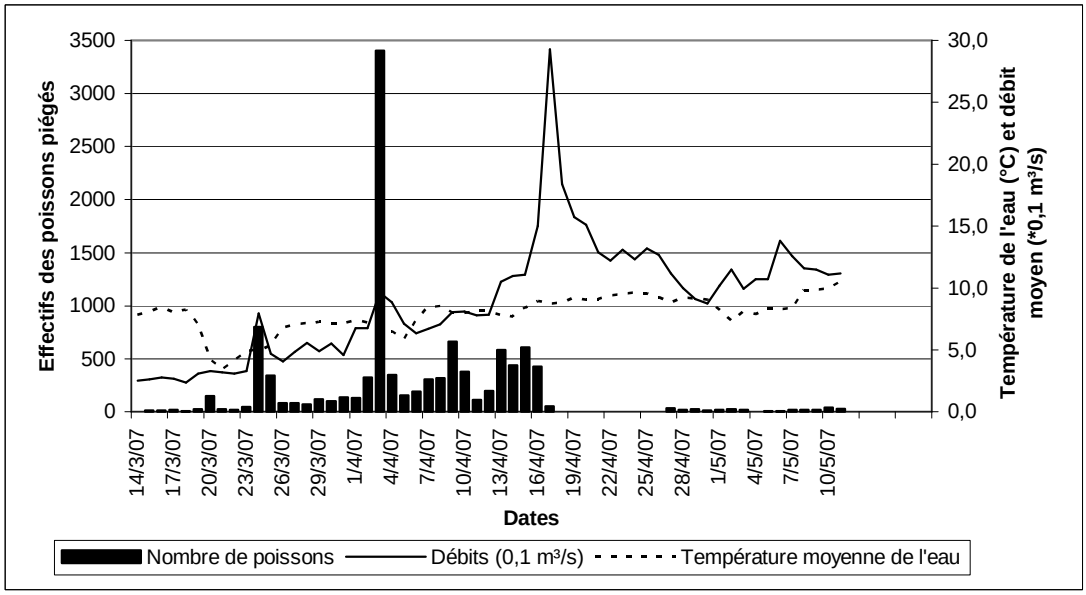


Figure 12 : Evolution des passages journaliers de poissons dévalant au cours de la période d'étude à Camon et Pointis en fonction de la température de l'eau (° C) mesurée à Loures-Barousse et du débit de la Garonne (*0,1m^3.s^{-1}) mesuré à Gourdan-Polignan

2.5 Relevés de paramètres biologiques (Biométrie)

Lors des 85 relevés de paramètres biologiques effectués sur les deux sites de Camon et de Pointis de Rivière, respectivement 2 269 et 1 918 poissons ont été observés (soit 35% et 42,7% des poissons ayant transités pour chaque station), mesurés, pesés et observés (état sanitaire, marquage).

2.5.1 Répartition par espèce

Au total 15 espèces de poisson ont été recensées pendant l'ensemble de la campagne (Tableau 4), et ont fait l'objet de relevés de paramètres biologiques.

Famille	Non verniculaire	Nom scientifique	Code
Balitoridés	Loche franche	Nemacheilus barbatula	LOF
Cambaridae	Ecrevisse	Orconectes Limosus	ECR
Cyprinidés	Gardon	Rutilus rutilus	GAR
Cyprinidés	Rotengle	Scardinius erythrophtalmus	ROT
Cyprinidés	Chevaine	Leuciscus cephalus	CHE
Cyprinidés	Barbeau	Barbus barbus	BAF
Cyprinidés	Tanche	Tinca tinca	TAN
Cyprinidés	Carassin	Carassius carassius	CAS
Cyprinidés	Goujon	Gobio gobio	GOU
Ictaluridés	Poisson-chat	Ictalurus melas	PCH
Percidés	Perche franche	Perca fluviatilis	PER
Pétromyzonidés	Lamproie de planer	Lampetra planeri	LPP
Salmonidés	Saumon atlantique	Salmo salar	SAT
Salmonidés	Truite arc-en-ciel	Oncorhynchus mykis	TAC
Salmonidés	Truite fario	Salmo trutta fario	TRF

Tableau 4 Espèces recensées à Camon et à Pointis de Rivière en 2007.

Lors de la campagne de piégeage, deux phénotypes de truites ont été identifiés (d'après BAGLINIERE et al., 1995) :

Truites fario (TRF, photo de gauche ci-dessous) avec une robe sombre, le dos est brun et le ventre jaunâtre. Le corps possède des marques latérales (ou «taches de doigts »), de nombreux points rouges auréolés de clair, les nageoires caudale et adipeuse bordées de rouge et l'anale avec un liseré blanc et noir.

Truites blanchissantes (TBL, photo de droite ci dessous)ou Truites pré-smolts (terminologie de BAGLINIERE et al., 1995) possèdent une robe argentée et brillante qui fait ressortir la ligne latérale plus sombre, des points rouges apparents et des nageoires plus ou moins décolorées (adipeuse plus colorée).

De nombreux individus possédaient un phénotype intermédiaire aux deux cités précédemment, selon l'examinateur et la prédominance d'une robe sur l'autre, chaque individu a été classé au cas par cas.

Lors de cette campagne, un saumon adulte a été piégé en dévalaison le 23 mars 2007. Sa longueur totale était de 820 mm et son poids de 1270g. Ce poisson présentait un état sanitaire très dégradé avec de nombreuses mycoses et blessures anciennes, il n'a pas survécu à sa capture. Ce saumon a été transporté au cours de l'année 2006 depuis la station de Carbonne sur la Pique. Ce saumon a perdu la marque spaghetti qui lui avait été apposée à Carbonne, il n'est pas possible de connaître précisément la date de son transport sur le bassin amont car plusieurs saumons transportés depuis à Carbonne en 2006 ont des tailles similaires.

2.5.2 Etat sanitaire

Sur les 4187 poissons observés sur les 2 sites d'étude (soit 38 % du nombre de poissons piégés), la majorité est en bonne santé et ne présente pas de problème particulier à 86,41%. Seuls 10,44% sont porteurs d'une anomalie sanitaire, 2,53% 2 atteintes, 0,60% 3 atteintes et seulement 0,02 % soit 1 poissons de 4 atteintes.

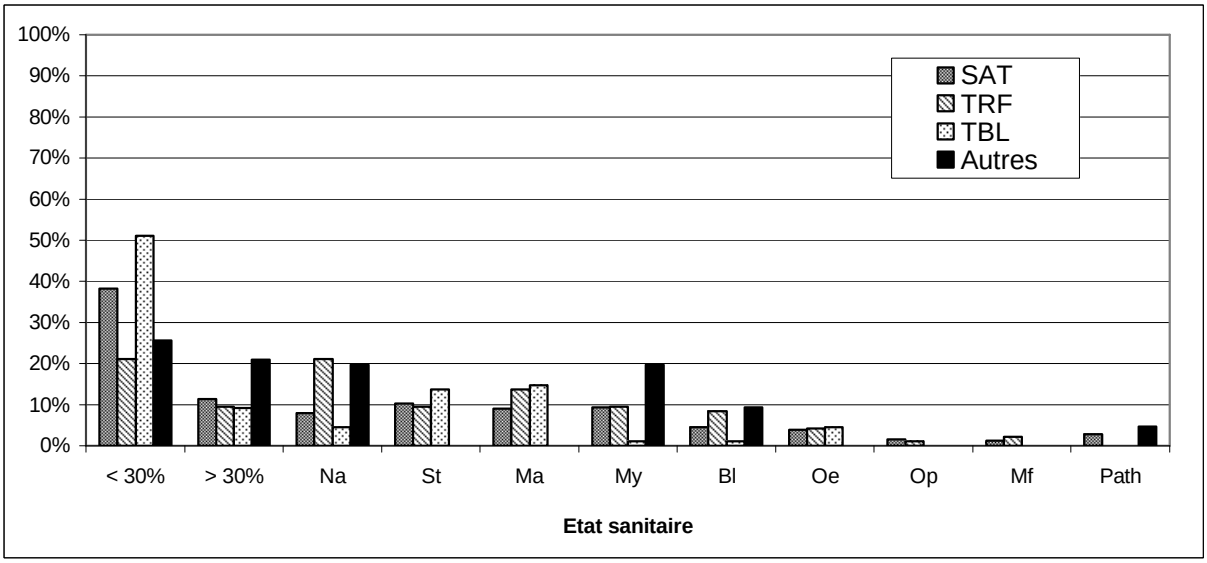


Figure 13: Proportion de chacune des anomalies sanitaires relevées sur les individus classés « non sains » échantillonnés à Camon et à Pointis de Rivière en 2007.

Description des codes utilisés : > 29 % : écaillage inférieur à 29 % de la totalité du corps ; > 31 % : écaillage supérieur à 31 % de la surface du corps ; Na : poisson dont une nageoire présente une anomalie ; St : Stries sur le corps ; Ma : Mâchoire abîmée ; My : poisson présentant des mycoses ; Bl : blessure sur le corps ; Oe : œil abîmé ; Op : opercule abîmé ; Mf : mal formé ; Path : pathologie.

Pour les Salmonidés, famille dominante dans l'échantillonnage et dans l'ensemble des captures, le bilan sanitaire sur l'ensemble de la campagne indique que : i) la majorité des poissons manipulés sont en bonne santé ; ii) la première atteinte sanitaire (Figure 13) est due aux nécroses de nageoires et au mycoses sur les truites à robe classique (truites « portions » issus de lâchers) et sur les autres espèces non salmonicoles ; iii) la perte d'écailles inférieure à 30% de la surface du corps et l'anomalie la plus fréquemment rencontrée pour les individus smoltifiés (saumon et truite TBL); iv) il n'y a pas de différences entre l'état sanitaire des poissons capturés à Pointis de Rivière et ceux capturés à Camon.

Aucun poisson échantillonné ne présentait de marque d'attaques de poissons carnassiers ou d'espèces aviaires (hérons, cormorans…).

2.5.3 Caractéristiques biométriques des salmonidés

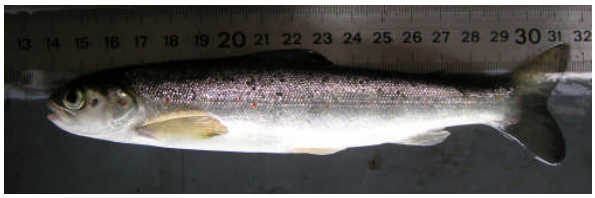
Le tableau 5 indique les tailles et les poids minima, maxima et moyens relevés sur l'ensemble des salmonidés échantillonnés à Camon et à Pointis de Rivière.

	Lt min (mm)	Lt max (mm)	Lt moy (mm)	P min (mm)	P max (mm)	P moy (mm)
SAT	115	280	175	8	130	46
TRF	108	475	179	12	1272	63
TRFBL	114	298	185	14	210	62

Tableau 5 : Caractéristiques biométriques pour les Salmonidés

Les smolts de saumons échantillonnés présentent une taille moyenne (Longueur totale) de 175 mm et un poids moyen de 46g. Les tailles des smolts varient de 115 mm à 280 mm et les poids sont compris entre 8g et 130g. Les truites (TRF) présentent une longueur totale moyenne de 179 mm et un poids moyen de 63g les truites smoltifiées (TRFBL) ont une longueur moyenne de 185 mm et un poids moyen de 62g.

2.5.3.1 Smolts de saumon atlantique



Répartition en classes de taille

L'histogramme de la figure 14 montre la répartition en classes de taille des saumons mesurés lors des échantillonnages de relevés de paramètres biologiques. Cette représentation permet de distinguer nettement deux cohortes smolts 1+ et 2+: les individus d'age 1+ se répartissent autour de la classe de tailles 150-155 mm et ceux d'age 2+ autour de la classe 185-190 mm.

On observe pour cette campagne une répartition équilibrée entre les deux cohortes influencée par les efforts d'alevinage réalisés en 2005 et 2006

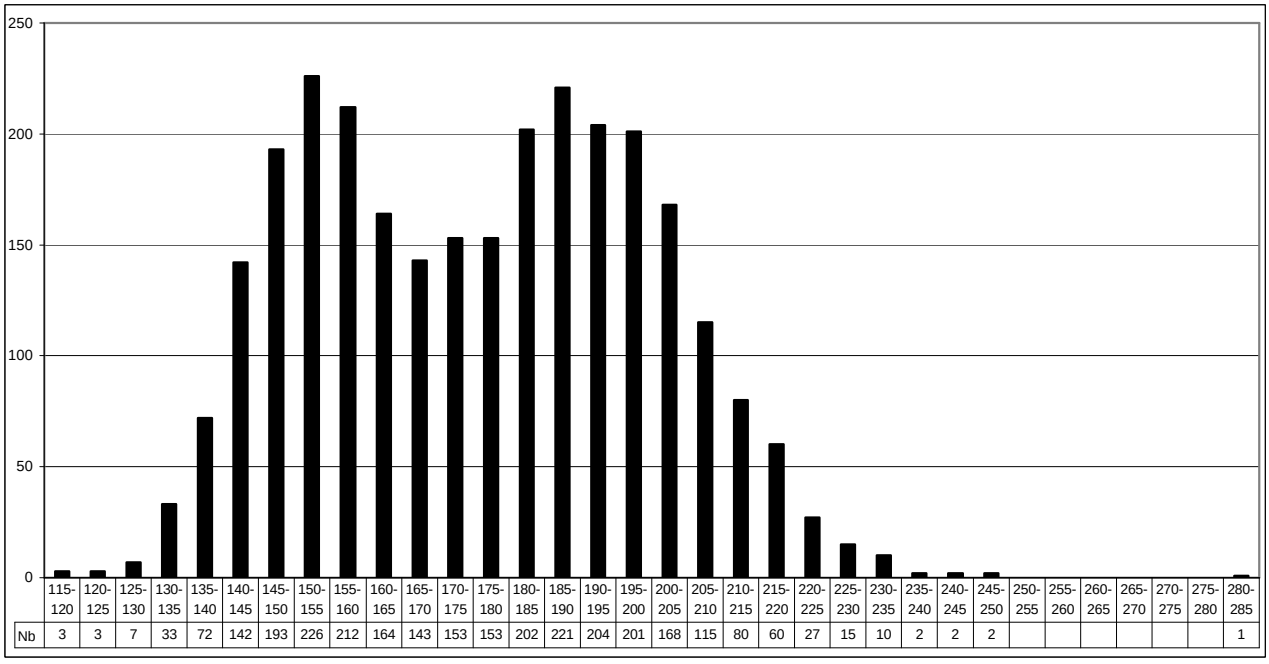


Figure 14 : Structure du peuplement des smolts de saumon atlantique (classes de tailles en mm) d'après l'échantillonnage effectué lors de relevés de paramètres biologiques sur les 2 sites (Camon et Pointis de Rivière).

La proportion de smolts de plus de 180 mm par rapport à l'ensemble des smolts échantillonnés chaque jour est représentée sur la figure 15. Les smolts d'age 2+ apparaissent nettement en plus grande proportion en début de la campagne. La proportion s'inverse progressivement avec une majorité de smolts 1+ capturés en fin de campagne.

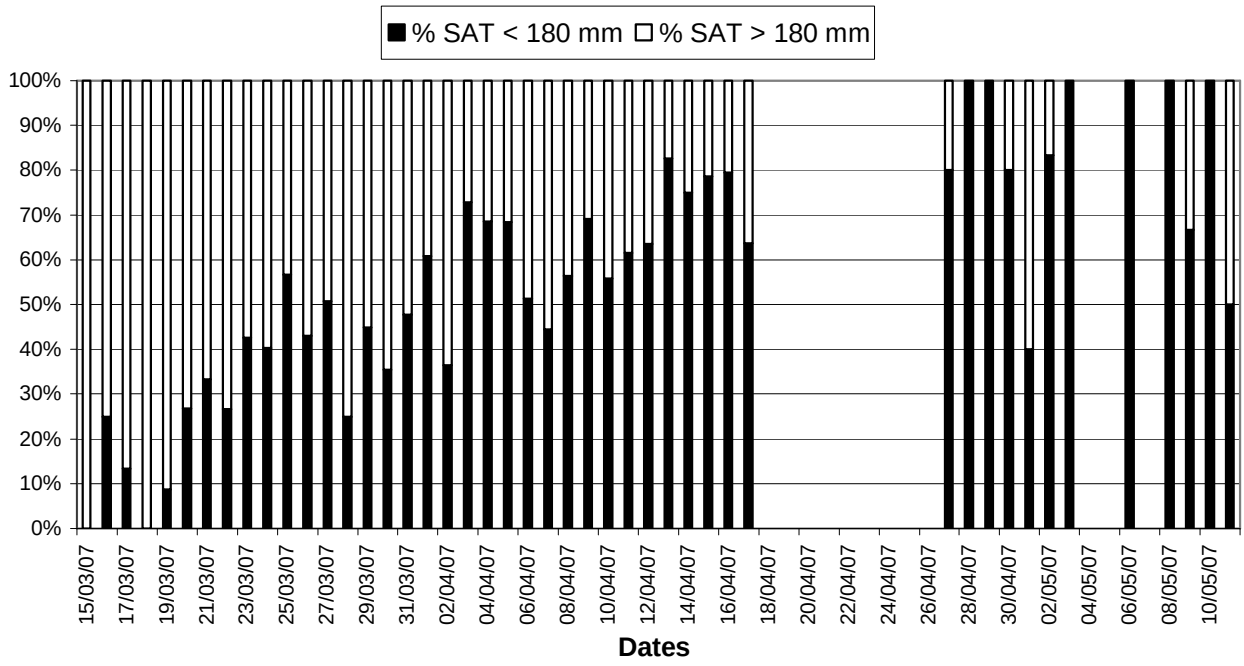


Figure 15 : Evolution de la proportion de SAT de plus de 180 mm par rapport à l'ensemble des SAT mesurés lors de chaque biométrie à Camon et à Pointis de Rivière.

Relation taille/poids

Le graphique de la figure 16 a été établi à partir de valeurs prises sur des individus smoltifiés. La courbe de corrélation et son équation permettent de prédire le poids des individus en fonction de leur taille ($R^2 = 0,87$).

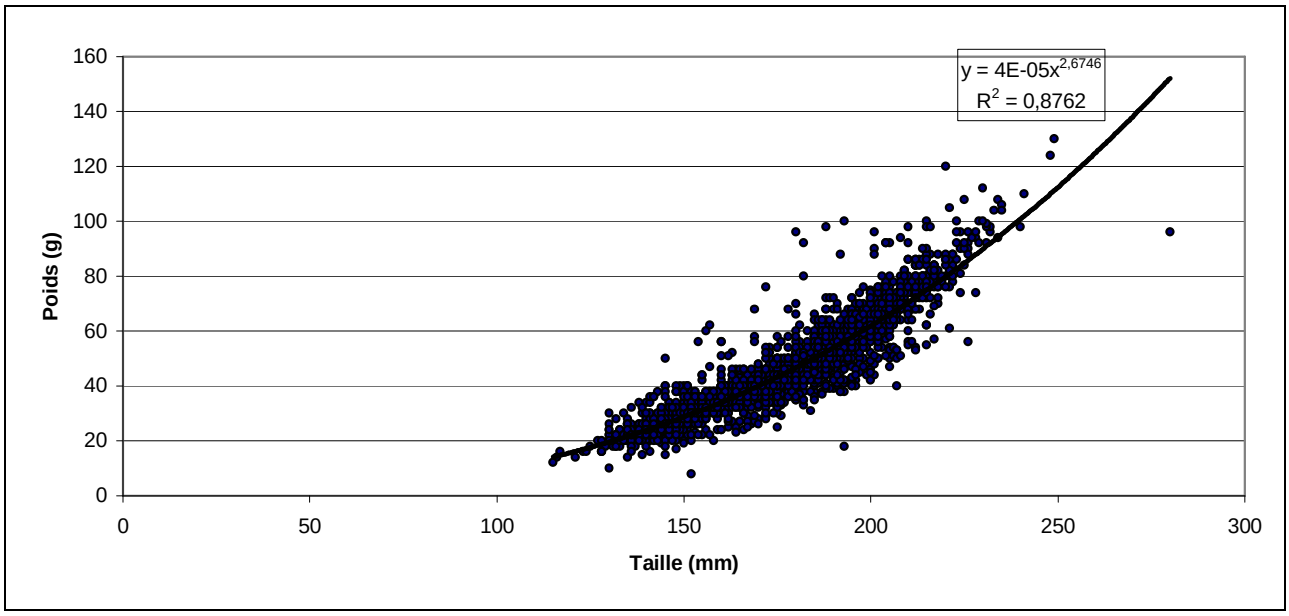


Figure 16 : Relation taille/poids des saumons atlantique échantillonnés

Coefficient de condition (K)

Ce coefficient se calcule selon la formule suivante : avec W le poids du poisson (en g) et L la longueur totale du poisson (en cm) :

$$K = \frac{W}{L^3} \times 100$$

Pour 2007, les coefficients varient de 0,23 à 1,64 avec une valeur moyenne de 0,82 pour l'ensemble des saumons capturés à Camon et à Pointis de Rivière.

2.5.3.2 Truites fario

Répartition en classes de taille

La répartition en classes de taille de l'ensemble des truites (TRF et TBL) est représentée sur la figure 17. Elle indique que la majorité des truites échantillonnés sur les 2 sites d'études ont une taille inférieures à 230 mm, en dessous de la taille légale de capture par les pêcheurs à la ligne.

Coefficients de condition : Les résultats indiquent pour les truites fario « à robe classique » une valeur minimale de 0,23 ; maximale de 1,58 et moyenne de 0,94 et pour les truites fario smoltifiées « blanchissantes » une valeur minimale de 0,56 ; maximale de 1,53 et moyenne de 0,93.

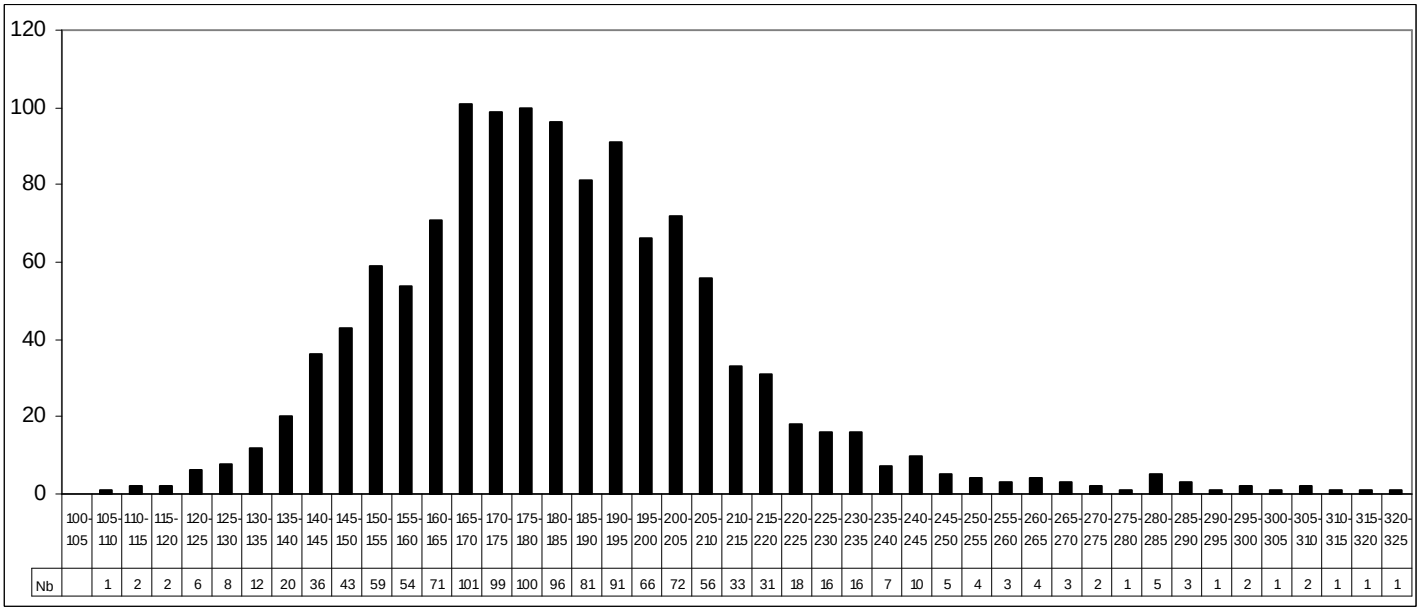


Figure 17 : Structure du peuplement des truites fario (TRF et TRF BL) dévalant d'après l'échantillonnage effectué lors des relevés de paramètres biologiques à Camon et Pointis de Rivière (remarque : une truite de taille 405 mm et une de 475mm ont été capturées mais ne figure pas sur le graphique pour des raisons de présentation).

2.6 Bilan des effectifs contrôlés et transportés

2.6.1 Bilan des effectifs contrôlés

2.6.1.1 Poissons piégés (tableau 6)

Au total 10 995 poissons ont été capturés sur les sites de Camon et Pointis de Rivière dont 8 003 smolts de saumon (soit 72,8% de l'effectif total). Ces effectifs ne tiennent pas

compte des smolts produits en pisciculture et utilisés pour les opérations de marquage-détection ainsi que les smolts sauvages utilisés pour le marquage et recapturés.

Les truites représentent 2835 individus soit 25,7% des poissons piégés et les autres espèces 157 poissons.

Le site de Pointis a piégé 36% du total des saumons (5 154 saumons à Camon et 2849 à Pointis de Rivière). De 2003 à 2006, Pointis avait permis la capture de, respectivement, 47%, 62%,44% et 37%, du total des saumons. Cette variation de la proportion du nombre de saumons piégés entre les sites est surtout à mettre en relation avec les conditions hydrologiques au moment de la migration qui influence l'efficacité de chacune des deux stations de piégeage (cf § 5).

	Poissons piégés				
	SAT	**TRF**	**TRF BL**	**Autres espèces**	**Total**
Camon	5 154	506	782	61	**6 503**
Pointis	2 849	454	1 093	96	**4 492**
Total	**8 003**	**960**	**1 875**	**157**	**10 995**
Pourcentage	72,8%	8,7%	17,0%	1,4%	100%

Tableau 6 : Effectifs des poissons piégés sur les sites de Camon et Pointis de Rivière.

2.6.1.2 Mortalité

Les observations enregistrées permettent de distinguer les poissons retrouvés morts sur la grille, de ceux récupérés dans le bassin de stabulation.

2.6.1.2.1 Sur la grille de filtration

Sur l'ensemble de la campagne, 8 poissons morts ont été récupérés sur la grille de Camon (6 SAT, 2 autres espèces) et 3 à Pointis de Rivière (1 SAT et 1 autres espèces). Il s'agit d'individus en mauvais état qui dérivaient et se sont laissés entraîner dans l'exutoire.

2.6.1.2.2 Dans le bassin de stabulation

44 poissons morts ont été récupérés dans le bassin de stabulation de Camon (23 SAT et 9 TRF, 1 TRFBL et 11 autres espèces) et 44 dans celui de Pointis (19 SAT, 2 TRF et 23 appartenant à d'autres espèces). Il s'agit essentiellement de poissons porteurs de mycoses ou de blessures anciennes, ayant eu donc des atteintes quelques jours avant leur arrivée dans les bassins.

Globalement, 99 poissons morts n'ont pas été transportés vers l'aval ce qui correspond à 0,9 % de pertes. Les causes ayant entraînées la mort de ces poissons sont d'origine externe aux systèmes de piégeage. Ce faible pourcentage de perte et le bon état sanitaire observé lors des biométries confirment que les pièges ne provoquent pas d'atteintes sur les poissons qui les empruntent.

2.7 Transports

2.7.1 Poissons transportés (tableau 7)

Au total **11 359** poissons ont été transportés. La différence d'effectif avec le nombre de piégés (312 poissons supplémentaires) correspond au décompte des poissons morts du total et à l'ajout des smolts de saumons produits en pisciculture utilisés pour les tests de marquage détection et qui ont été recapturés.

	Poissons transportés				
	SAT	**TRF**	**TRF BL**	**Autres espèces**	**Total**
Camon	5 297	497	781	50	**6 625**
Pointis	3 116	452	1 093	73	**4 734**
Total	**8 413**	**949**	**1 874**	**123**	**11 359**
Pourcentage	74,0%	8,4%	16,5%	1,1%	100%

Tableau 7: Effectifs des poissons transportés depuis les sites de Camon et Pointis de Rivière.

10 transports en camion ont été effectués depuis les deux sites jusqu'au lieu de déversement de Lamagistère (aval Golfech) Fenouillet et Carbonne. Le récapitulatif des effectifs par espèce de poissons transportés par site est détaillé dans le tableau 8.

La différence de température entre la température de l'eau dans la cuve du camion et l'eau de la Garonne au point de déversement est comprise entre 1,9 et 4,5 °C avec une moyenne de 3,1°C.

Dates	N° de transport	Effectifs	% SAT	% TRF	% TRFBL	% Autres	Lieu de destination	Lieu de chargement
23/03/2007	1	288	93,1	3,8	2,1	1,0	Fenouillet (31)	Camon / Poinits
26/03/2007	2	1212	82,8	4,3	12,5	0,4	Lamagistère (82)	Camon / Poinits
30/03/2007	3	379	87,8	5,3	3,7	3,2	Lamagistère (82)	Camon / Poinits
03/04/2007	4	2530	88,0	1,1	10,5	0,4	Lamagistère (82)	Camon
05/04/2007	5	2009	69,5	5,8	23,9	0,8	Lamagistère (82)	Camon / Poinits
10/04/2007	6	1801	66,5	11,8	20,5	1,2	Lamagistère (82)	Camon / Poinits
13/04/2007	7	1122	74,1	10,7	14,1	1,1	Lamagistère (82)	Camon / Poinits
16/04/2007	8	1525	59,1	17,1	23,3	0,5	Lamagistère (82)	Camon / Poinits
03/05/2007	9	338	65,7	22,5	7,4	4,4	Fenouillet (31)	Camon / Poinits
11/05/2007	10	154	16,8	36,4	33,8	13,0	Carbonne (31)	Camon / Poinits

Tableau 8 : Récapitulatif des transports effectués pendant la période d'étude.

2.7.2 Smolts de saumon marqués par ablation de la nageoire adipeuse

Les smolts capturés à Pointis et Camon présentant un état sanitaire correct (sans blessure et non porteur de mycoses ou autres pathologies) ont été marqués par ablation de la nageoire adipeuse ; Cette opération, réalisée sur le bassin de la Garonne tous les 3 ans en alternance avec le bassin de la Dordogne, permet d'appréhender les taux de retour (smolt adulte) et d'estimer le cas échéant une proportion d'égarement entre les deux bassins Garonne et Dordogne. C'est la première fois sur le bassin de la Garonne, que ce marquage est opéré à partir des stations de piégeage transport à la dévalaison de Pointis et Camon à partir de jeunes saumons issus de repeuplement au stade alevin et ayant grossi dans le milieu naturel. La totalité des saumons marqués, soit **7274 smolts**, ont tous été transporté en aval de Golfech pour éviter des biais dans les résultats induits par d'éventuelles mortalités à la dévalaison au niveau des centrales hydroélectriques de Toulouse et de Golfech. Le contrôle du retour de ces individus sera effectué à partir de 2008, sur les stations de Golfech du Bazacle et de Carbonne.

3 BILAN INTER-ANNUEL (2000-2007)

Ce chapitre constitue un bilan des suivis réalisés lors des campagnes de piégeage-transport à Camon depuis 2000 et Pointis depuis 2003.

3.1 Evolution du débit de la Garonne

La figure 18 et le tableau annexe 4 permettent de situer l'hydrologie rencontrée en 2007 par rapport aux autres années de piégeage.

Pour la période de dévalaison, les débits moyens mensuels enregistrés à Valentine de 1986 à 2006 sont de 54,6 $m^3.s^{-1}$ au mois de mars, 72,2 $m^3.s^{-1}$ au mois d'avril et 104,6 $m^3.s^{-1}$ au mois de mai (tableau en annexe 4).

L'hydrologie du printemps 2007 figure parmi les plus contrastées depuis la mise en fonctionnement des stations de piégeage transport à la dévalaison de Pointis et Camon. Avec un débit minimum journalier de 24 m3/s et un maximum de 293 m3/s (crue du 17 avril), les débits mensuels ont atteint pour les mois de mars, avril et mai respectivement de 36 m3/s, 143 m3/s et 120 m3/s.

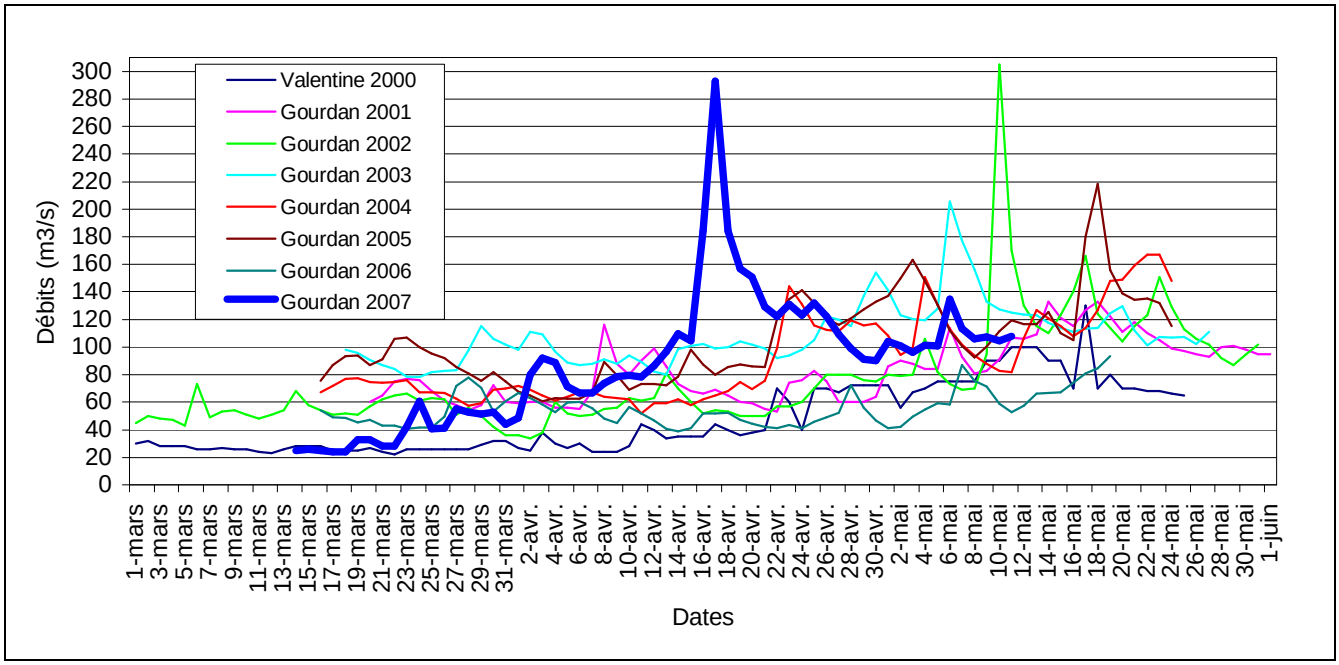


Figure 18 : Comparaison des débits journaliers de la Garonne mesurés à Valentine en 2000 et à Gourdan-Polignan de 2001 à 2007.

3.2 Evolution de la température de l'eau

La température de l'eau à Loures-Barousse (zone de grossissement des juvéniles) peut être très variable d'une saison de piégeage à l'autre. Les thermomètres ont enregistré globalement des températures plus chaudes pour le printemps 2001 entre 10 et 16 °C (Fig.19). Les valeurs de températures enregistrées en 2000 et depuis 2002 restent dans la première partie de la saison de piégeage (jusqu'au 15 avril) généralement comprises entre 6°C et 8°C et dans la deuxième partie comprises entre 8°C et 10°C. On notera dans la période où sont piégés les saumons (10 mars-25 mai) et sans tenir compte des valeurs obtenues en 2001, un minimum de 3,4°C mesuré le 21 mars 2007 et un maximum de 11,8 °C le 21 avril 2000.

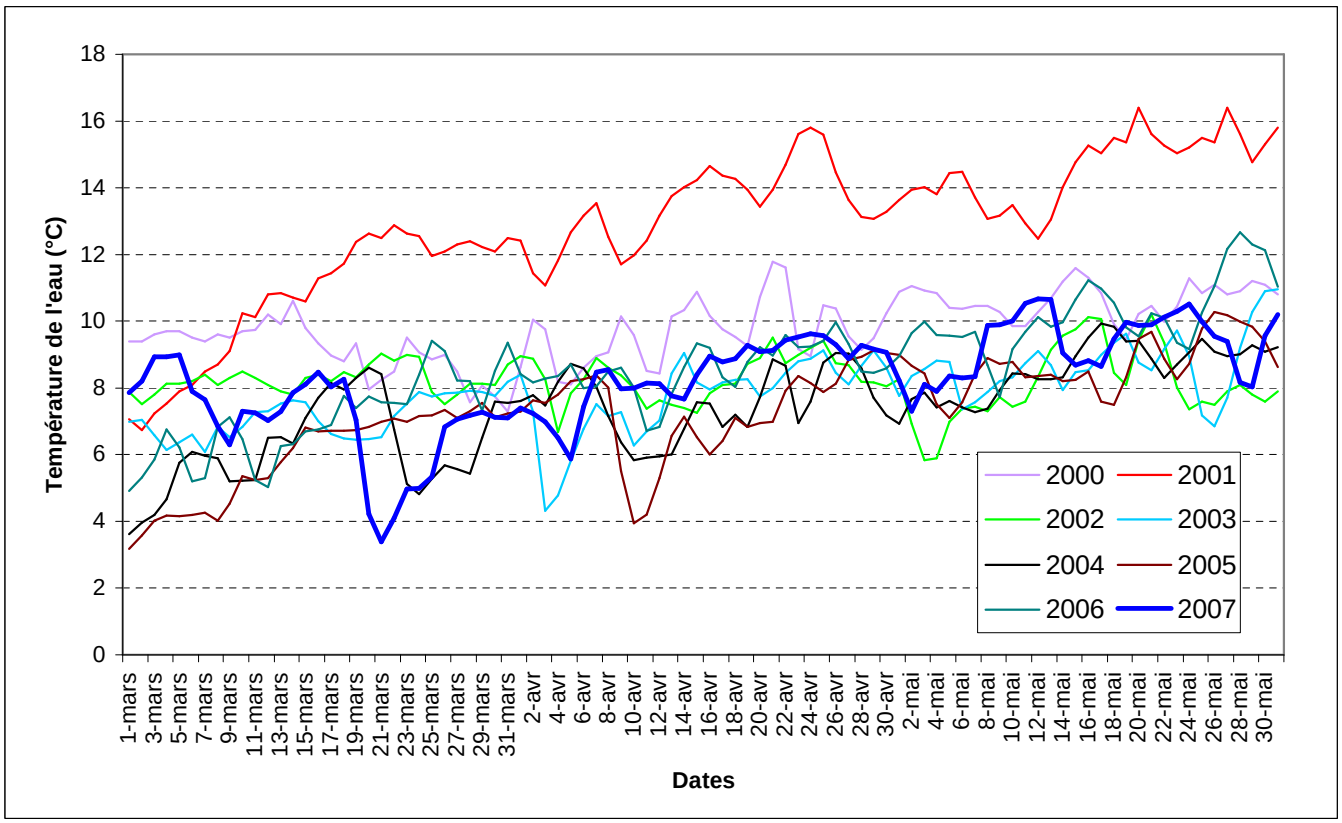


Figure 19 : Températures de l'eau de la Garonne enregistrées à Loures-Barousse (zone de grossissement des juvéniles).

3.3 Evolution et caractéristiques des effectifs piégés

3.3.1 Bilan par espèce

Le tableau 9 et la figure 20 présentent la totalité des poissons piégés par espèce lors des campagnes menées à Camon depuis 1996 et Pointis de Rivière depuis 2003.

Année	SAT	TRF	TRF BL	TOTAL TRF	Autres espèces	Total
1996	-	279	182	461	5	466
1997	138*	388	726	1 114	50	1 302
1998	3 314*	119	3 725	3 844	56	7 214
1999	521*	46	1 476	1 522	42	2 085
2000	9 298	1 038	3 017	4 055	50	13 403
2001	9 134	589	416	1 005	19	10 158
2002	11 658	724	301	1 025	32	12 715
2003	7 514	1 363	1 161	2 524	139	10 177
2004	15 565	219	1 218	1 437	42	17 044
2005	18 148	1 250	1 471	2 721	77	20 946
2006	29 605	631	2 072	2 703	90	32 398
2007	8 003	960	1 875	2 835	157	10 995
Bilan (2000-2007)	**108 925**	**6 774**	**11 531**	**18 305**	**606**	**127 836**

Tableau 9 : Effectifs de poissons piégés à la dévalaison par année.

* Poissons d'expérimentation et re-captures de saumon de déversements tests (alevins, tacons, smolts), non totalisés dans le bilan.

Depuis 2000, on observe une nette dominance des salmonidés dans les effectifs piégés, représentés en moyenne par 85 % de saumons atlantique et 14% de truites fario. Le nombre total de poissons piégés par campagne a varié de plus de 10 000 à près de 32 400.

Le piégeage à la dévalaison sur la Garonne a permis de mettre en évidence la dévalaison de smolts de truites (TRF BL) depuis 1996. Le nombre total de truites dévalantes fluctue, suivant les années, de 4 055 truites en 2000 à 1 005 en 2002. En moyenne, les effectifs de truites capturées par saison sont de 2 288 individus dont 63% smoltifiées.

Très peu de poissons appartenant à d'autres espèces sont piégées lors de la dévalaison, il s'agit pour une grande majorité de poissons atteints de pathologies ou blessures et ayant une dévalaison passive.

Les résultats des piégeage par espèces (figure 20) indiquent, à l'exception de 2003 et 2007, une augmentation globale du nombre de smolts de saumon piégés en relation avec l'effort de repeuplement réalisé à l'échelle du potentiel du bassin amont depuis 1999 (maximum de 29 605 smolts de saumon en 2006).

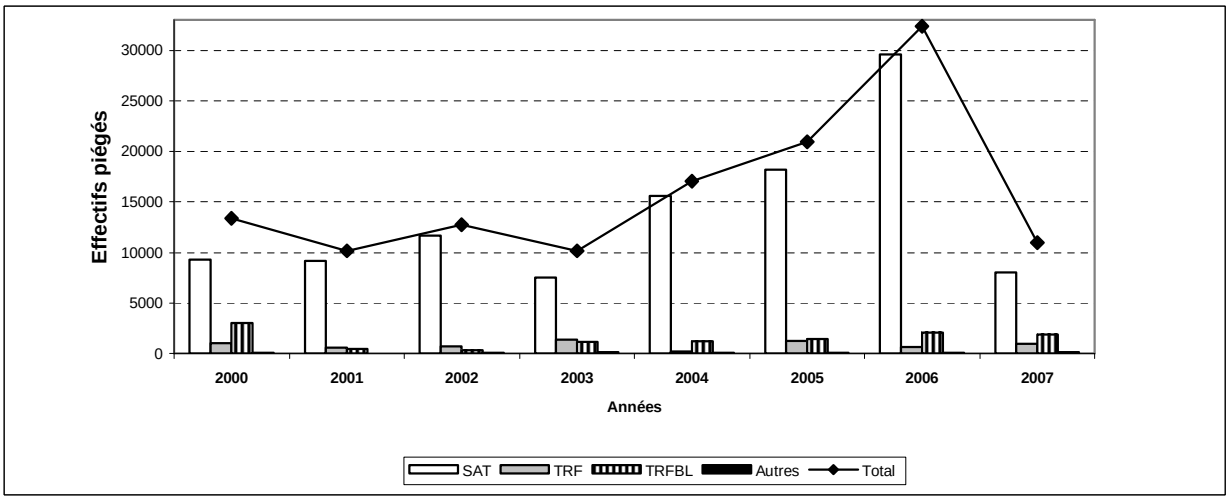


Figure 20 : Effectifs total et par espèces piégées à Camon depuis 2000 et à Pointis depuis 2003.

3.3.2 Comparaison saumons repeuplés et saumons piégés

Des déversements de saumon atlantique sous forme de tests à différents stades (pré-smolt, tacons et alevins) ont eu lieu sur la Garonne amont en 1993, 1995, et 1998.

Depuis 1999, les déversements sont réalisés tous les ans avec des jeunes stades (alevins et pré-estivaux) à l'échelle des potentiels d'accueil de la Garonne et de la partie aval de la Neste (aval Sarrancolin depuis 2002). Les alevinages ont lieu d'avril à juillet, les effectifs correspondent suivant les années à plusieurs centaines de milliers de juvéniles (voir tableau 10 et figure 21).

Les jeunes saumons repeuplés proviennent de la pisciculture de Pont-Crouzet (81) et peuvent êtres issus soit de géniteurs « Dordogne ou Garonne sauvage », de « 1ère génération enfermée » soit de souche Adour de première génération enfermée (œufs produits par la pisciculture de Cauterets). Les déversements sont réalisés en fonction de l'habitat disponible, c'est à dire en fonction de la surface des faciès propices à la croissance des juvéniles de saumons, préalablement mesurés (densité moyenne de 70 individus par 100m²).

Le tableau 10 et la figure 21 présentent le bilan entre les effectifs de saumons déversés dans la Garonne amont et la Neste et les smolts dévalant piégés à Camon jusqu'en 2002 et à Camon et Pointis de Rivière de 2003 à 2007.

Année	Effectifs alevins repeuplés Garonne	Effectifs alevins repeuplés Neste	Effectifs alevins repeuplés total	Effectifs smolts théoriques survie 1+	Effectifs smolts théoriques survie 2+	Effectifs smolts théoriques (1+ et 2+)	Effectifs smolts piégés (1+ et 2+)
1999	130 615	0	130 615	-	-	-	-
2000	292 288	0	292 288	8 816	-	8 816	**9 298**
2001	145 305	0	145 305	19 729	1 959	21 688	**9 134**
2002	146 920	57 487	204 407	9 808	4 384	14 192	**11 658**
2003	201 975	123 091	325 066	13 797	2 179	15 976	**7 514**
2004	272 785	167 773	440 558	21 942	3 066	25 008	**15 565**
2005	256 567	151 085	407 652	29 879	4 876	34 755	**18 148**
2006	110 936	0	110 936	27 516	6 640	34 156	**29 605**
2007	251 346	172 144	423 490	7 488	6 114	13 602	**8 003**
2008	-	-	-	28 585	1 664	30 249	-
Total	**1 557 391** (1999-2006)	**499 436** (2002-2006)	**2 056 827** (1999-2006)	**138 975** (2000-2007)	**29 218** (2001-2007)	**168 193** (2000-2007)	**108 925** (2000-2007)

Tableau 10 : Récapitulatif des déversements d'alevins de saumon sur la Garonne amont, des prévisions de survie et des captures de smolts lors du piégeage.

NB : Taux de survie théorique C.S.P. 1^+ : 6,75 % ; Taux de survie théorique C.S.P. 2^+ : 1,5 %

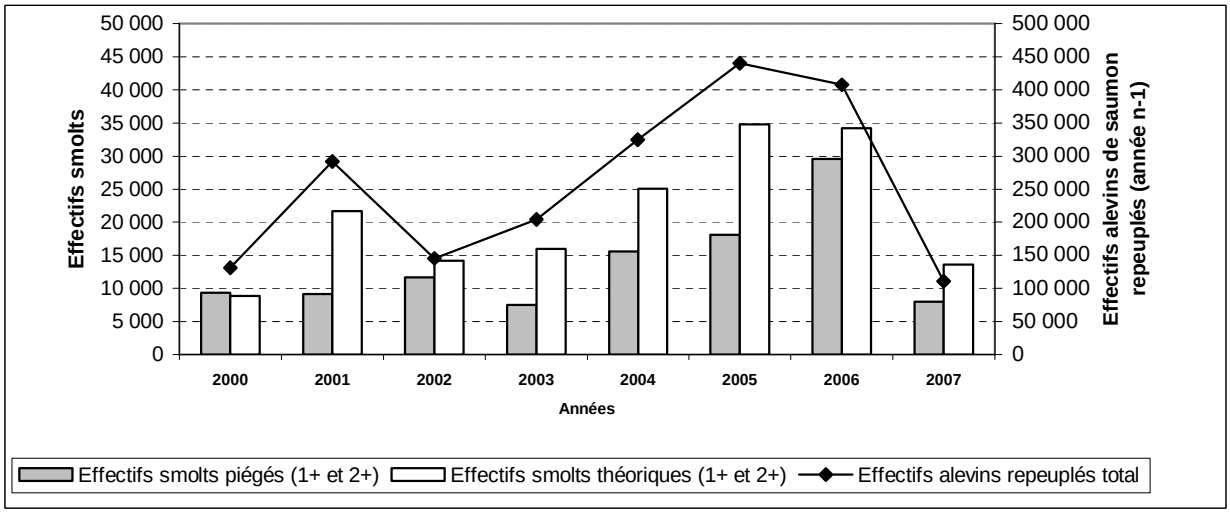


Figure 21 : Comparaison interannuelle des effectifs de saumon repeuplés sur la bassin amont au stade alevin (année n-1) et des effectifs de smolt piégés et attendus aux stations de pièegeage.

Les effectifs de smolts piégés sont inférieurs à ceux théoriquement attendus calculés à partir de l'effort de repeuplement et de taux de survie théoriques. Ce constat ne traduit pas forcément des mauvais taux de survie entre le stade déversé et le stade smolt, ni un mauvais fonctionnement des habitats de la Garonne ou de la Neste mais souligne la difficulté d'obtenir une efficacité maximale de piégeage à l'échelle d'un cours d'eau comme la Garonne. En effet, l'efficacité des pièges semble très dépendante de l'hydrologie et du fonctionnement des exploitations hydroélectriques (voir § 5.4.1).

La campagne 2006, a permis la capture du plus important effectif de smolts depuis la mise en service des stations de piégeage. Ce résultat est à mettre en relation avec l'effort de repeuplement important réalisé en 2004 et 2005 et l'hydrologie faible rencontrée lors de la campagne 2006. Les débits bas de la Garonne pendant la saison de piégeage 2006, n'ont pas induit d'échappement par surverse au niveau des barrages. Le fonctionnement à bas régime

des centrales de Pointis et Camon a permis une meilleure efficacité des exutoires de dévalaison associés aux dispositifs de piégeage (voir § 5).

Le faible effectif de saumons piégés en 2007 s'explique principalement par une diminution importante de l'effort de repeuplement réalisé en 2006 sur la Garonne amont (absence d'alevinage sur la Neste) et par l'arrêt du piégeage au milieu de la campagne 2007, occasionné par une crue et la mise en transparence des barrages de Ausson et Rodère pendant une dizaine de jours en pleine période de migration des saumons.

Pour la campagne 2008, l'effectif théorique de smolts de saumons produits par les habitats de la Garonne et de la Neste serait de **30 250** individus.

Remarque : Du fait des faibles effectifs de saumons adultes transportés depuis Carbonne jusqu'aux zones de reproduction du haut bassin, les jeunes saumons issus la reproduction naturelle dans la Garonne en amont de St Gaudens ne sont pas pris en compte dans les calculs d'estimations.

3.3.3 Caractéristiques des saumons déversés et capturés à la dévalaison

Les biomasses et les caractéristiques biométriques des alevins déversés dans la Garonne et la Neste et celles des smolts récupérées à Camon de 2000 à 2002 et depuis 2003 à Camon et Pointis de Rivière sont résumées dans le tableau 11.

	Déversements d'alevins			**Piégeage**			
Années	Effectifs	Poids moyens (g)	Biomasses (Kg)	Effectifs	Longueurs totales moyennes (mm)	Poids moyens (g)	Biomasses (Kg)
1998	15 507	25,15	390	-	-	-	-
1999	130 615	1,1	142,5	521	172	45	23,5
2000	292 288	0,66	194	9 298	168	41	381
2001	145 305	1,25	181,6	9 134	170	44	402
2002	204 407	1,39	284,9	11 658	179	49	571
2003	325 066	1,13	369,5	7 514	164	36	271
2004	440 558	0,96	422,9	15 565	173,1	44,6	694
2005	407 652	0,74	301,05	18 148	165,6	39,1	709
2006	110 936	0,91	101,2	29 605	174	46,5	1 376
2007	-	-	-	8 003	175	46	368

Tableau 11 : Comparaison des biomasses déversées et des biomasses piégées.

L'analyse des tailles mesurées sur les saumons recapturés appartenant aux différents lots marqués par pigments fluorescents et déversés sur la Garonne et la Neste depuis 2002 permet de déterminer la limite de classe de taille entre les smolts dévalant la première année et ceux dévalant à 2+ et 3+. Les individus présentant des tailles inférieures à 180 mm sont des individus smoltifiant la première année.

A partir de la répartition autour de la taille 180 mm observé dans les échantillons prélevés lors des biométries réalisées chaque années depuis 2000, en tenant compte des mortalités engendrées par l'usine de Pointis (11%) et de l'efficacité moyenne du piège de Camon (70%, Croze et al, 1999), il est possible de donner une estimation de la proportion par contingent d'individus qui ont smoltifié et dévalé à 1 an. Les histogrammes de la figure 18 présentent les résultats : on observe des variations importantes entre les contingents de 53,5% à 83,7% réparties de façon cyclique, un contingent à plus forte proportion de smolt 1+ (de 70% à plus de 80%) suivi par un contingent à plus faible proportion de smolts 1+ (entre 50% et 60%). En moyenne, le taux de smoltification à un an est de 69,7%.

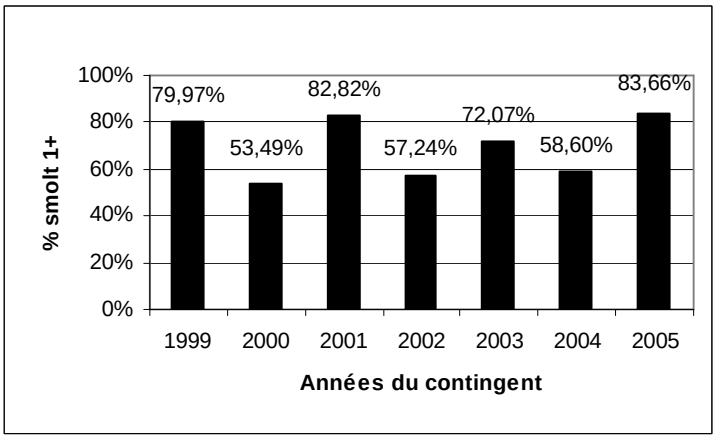


Figure 22 : Proportion de smolts dévalant à 1 an par contingent déversé

Le taux de survie moyen minimum par contingent est de 8,12% (5,62% pour les smolts 1+ et 2,50% pour le smolts 2+) entre le stade alevin/pré-estival et le stade smolt (de 5,6% à 14,3%). Ces taux de survie prennent en compte notamment l'efficacité de l'exutoire de Camon et les mortalités liées aux passages des individus par les turbines de Pointis. Les échappements possibles par surverse au niveau des barrages ne sont pas pris en compte.

3.3.4 Période de migration des smolts de saumons

Le graphique de la figure 23 indique l'évolution des effectifs cumulés de poissons piégés sur les 7 années de manipulation. Une courbe moyenne (de 2000 à 2006) a été rajoutée afin de donner une idée plus précise de la dynamique de dévalaison sur la Garonne.

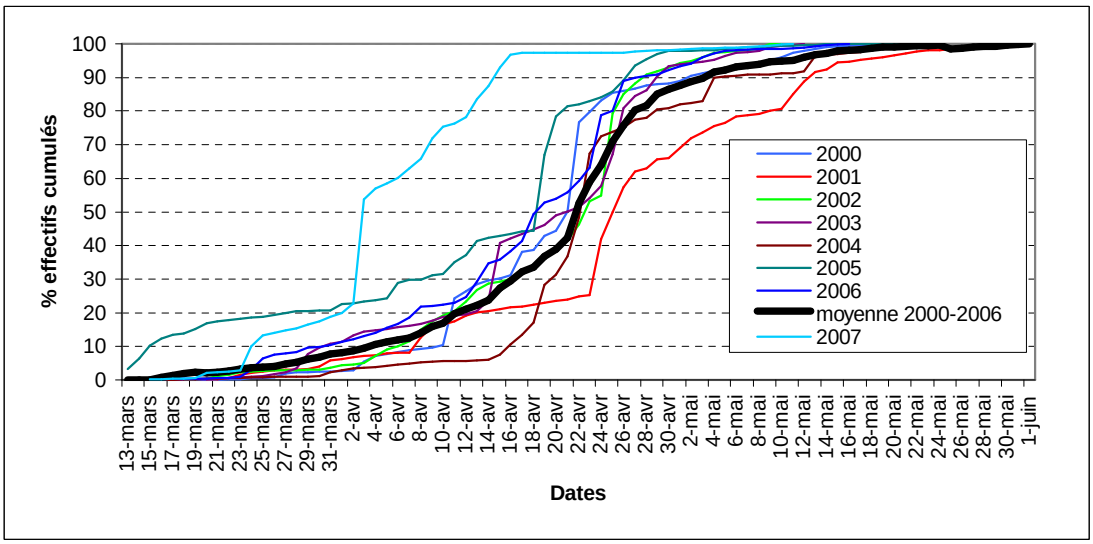


Figure 23 : Evolution des effectifs cumulés de poissons piégés par année.

La période de passage privilégiée se situe entre le 29 mars et le 15 mai, date à laquelle on obtient plus de 90 % des effectifs totaux sur la période d'ouverture des pièges.

Au mois d'avril, plus précisément entre le 4 avril et le 4 mai, 80 % des smolts de la Garonne amont migrent.

Les résultats présentés dans le graphe de la figure 23 pour l'année 2007 ne doivent pas être pris en compte. En effet, 98% des saumons capturés en 2007, l'ont été avant le 16 avril date à laquelle les pièges ont été fermés pour cause de crue et de transparence. L'arrêt du piégeage pendant une dizaine de jours ne permet pas de connaître précisément le déroulement naturel de la migration 2007.

4 CONCLUSIONS

4.1 Campagne de piégeage 2007

La campagne de piégeage s'est déroulée du 14 mars au 11 mai 2007 pour le site de Camon et du 14 mars au 17 avril 2007 pour celui de Pointis de Rivière.

La campagne de piégeage 2007 a été limitée dans le temps, par l'arrêt des centrales pour cause de crue le 17 avril. Cet arrêt, s'est poursuivi du fait du maintien en transparence des barrages de Ausson et de Rodère jusqu'au 26 avril. Depuis 2007, un nouvel arrêté préfectoral autorise l'exploitant à la réalisation de transparence à partir du 15 avril et pour des débits minimum de 80 m3/s sur 72 heures et non plus à partir du 15 mai et avec des débits minimum de 100 m3/s. Une telle gestion de l'ouverture des barrages de Ausson et de Rodère est incompatible avec la stratégie de piégeage transport à la dévalaison. En effet, d'après le suivi biologique opéré depuis 8 ans, il est observé que 80% des smolts de saumon de la Garonne dévalent au mois d'avril. Dans les années futures, il est donc primordial, pour le maintien du programme de restauration du saumon engagé sur la Garonne amont, que les opérations de piégeage soient prises en considération pour la gestion des chasses et des transparences au niveau des aménagements hydroélectriques de Pointis et de Camon.

Le suivi biologique des poissons capturés a été réalisé au niveau des deux stations. Chaque jour, des échantillons de poissons sont prélevés dans les bassins de stabulations pour être contrôlés (biométrie, état sanitaire, présence de marque). Ce suivi permet de mieux caractériser les populations migrantes et de valider le travail de repeuplement réalisé en amont.

Durant la campagne 2007, 10 995 **poissons** ont été piégés sur l'ensemble des deux sites (6 503 à Camon et 4 492 à Pointis) parmi eux **8 003 étaient des saumons** (5 154 à Camon et 2 849 à Pointis), 2 835 truites ont aussi été piégées et 157 individus appartenant à d'autres espèces.

Sur les 8 003 smolts de saumon capturés, **7 274 ont été marqués par ablation de la nageoire adipeuse**. L'ensemble de ces smolts marqués ont été transportés en aval de Golfech, cette opération permettra d'estimer les taux de retour des saumons adultes issus du repeuplement sur le haut bassin de la Garonne à partir des comptages effectués, dès 2008, au niveau des stations de contrôle de Golfech du Bazacle et de Carbonne.

Au total : **11 359 poissons dont 8 413 saumons** (des saumons de pisciculture recapturés ou non utilisés lors des opérations de marquage pour tester l'efficacité des exutoire ont aussi été transportés)**,** 2 823 truites et 123 individus appartenant à d'autres espèces ont été transportés lors de **10 transports en camion** depuis les sites de Camon et de Pointis jusqu'à Golfech (7), Toulouse (Fenouillet, 2) et Carbonne (1).

Les résultats issus de la vidéo confirment que le passage des smolts s'effectue la nuit et qu'il est nécessaire et même indispensable de maintenir sur site une présence de personnel entre 22h00 à 6h00.

4.2 Bilan interannuel

Les repeuplements en saumons réalisés sur la Garonne amont de 1999 à 2006 et sur la Neste de 2002 à 2006 s'élèvent au total à plus de 2 056 500 individus déversés aux stades alevin et pré-estival pour une re-capture de 108 925 smolts piégés à Camon et à Pointis de Rivière.

D'après les informations collectées lors du piégeage à Pointis et à Camon, on peut mieux connaître le déroulement de la migration de dévalaison sur la Garonne et déterminer les caractéristiques de la population de smolts. En moyenne, plus de 90 % des effectifs de saumons migrent entre la fin mars et la mi mai et chaque année. Les principaux pics migratoires ont lieu au mois d'avril. Les dates de mise en fonctionnement des stations (mi-mars / fin-mai) permettent de bien encadrer la période de dévalaison.

Les déversements de saumons aux stades alevin et pré-estival donnent de bons résultats quant à leur survie en milieu naturel. On peut estimer une survie moyenne de 8% jusqu'au stade smolt en prenant en compte une efficacité de 70% pour l'exutoire de Camon, une mortalité de 11% pour les individus susceptibles de transiter par la centrale de Pointis et sans tenir compte des échappements par surverse au niveau des barrages.

La proportion d'individus qui smoltifient et dévalent à 1 an varie selon les contingents de 53,5 % à 83,7%. Les informations recueillies et le taux de survie estimé indiquent un bon déroulement des opérations de repeuplement. Cependant, les effectifs de smolts capturés ne représentent globalement que 66 % (moyenne de 2000 à 2007) du nombre total de smolts estimé à partir du nombre total d'alevins déversés et un taux moyen de survie de 8%.

5 EVALUATION DE L'EFFICACITE DES STATIONS DE PIEGEAGE

5.1 Introduction

Ce travail s'intègre dans le suivi biologique du plan de restauration du saumon sur le bassin de la Garonne et de l'Ariège. L'objectif recherché est l'évaluation de l'efficacité des dispositifs de piégeage de Camon et Pointis afin d'appréhender quantitativement la production réalisée à partir de repeuplement en juvéniles en terme de smolts sur des cours d'eau de grande dimension. Il s'agit pour cela d'évaluer le stock de smolts dévalant depuis la Garonne et la Neste à partir des effectifs piégés au niveau des stations de piégeage transport des aménagements hydroélectriques de Camon et de Pointis.

Cette étude a été menée pendant la période de migration printanière des jeunes saumons lors des opérations de piégeage transport à la dévalaison sur les sites EDF de Pointis et Camon. Elle fait suite et complète les études réalisées par MIGADO en 2005 et 2006 (BOSC et al, 2006) et par le GHAAPPE en 1996, 1997 et 1998 à Camon et en 1998 au niveau de l'aménagement de Pointis (CARRY & al 1996, CARRY & al 1997 et CROZE & al 1998). Le protocole appliqué est identique que celui réalisé en 2005 et 2006 et globalement très proche de ceux employés pour les opérations réalisées par le GHAAPPE de 1996 à 1998.

La méthode de marquage–détection a été choisie car elle permet le marquage individuel de plusieurs centaines de smolts. Pour chaque poisson détecté sur les antennes de réception, le numéro de marque, le jour et l'heure de passage sont enregistrés.

Les smolts ont été marqués avec des transpondeurs passifs et libérés au niveau de trois points de lâchers qui ont été choisis pour déterminer (en fonction des conditions hydrologiques et des conditions d'exploitation des centrales hydroélectriques) :

1) la proportion de poissons s'engageant dans les canaux d'amenée et ceux passant directement par surverse au niveau des deux barrages. Une estimation des dévalaisons au niveau du barrage de Rodère avait déjà été réalisée lors de l'étude de 1998 (Croze et Larinier, 1998) et les conditions hydrologiques de 2005 ont permis d'appréhender les passages des smolts au barrage d'Ausson pour des débits de surverse de l'ordre de 40 m3/s.

2) l'efficacité des deux exutoires de dévalaison (la proportion des individus se présentant au niveau des usines hydroélectriques et qui empruntent les dispositifs dédiés). Les études menées par le GHAAPPE de 1996 à 1998 avaient permis de conclure à une très bonne efficacité de l'exutoire de Camon (73% en moyenne) mais les tests réalisés par MIGADO en 2005 ont révélé une très faible efficacité moyenne de l'exutoire de Camon (9,7%) lorsque la centrale est à son maximum de puissance. Ces conditions de forts débits n'ont pu être testées en 2006. L'efficacité de l'exutoire de Pointis a été testée en 2005 et 2006, ces évaluations ont montré que son efficacité pouvait varier de 15 à 29% en fonction des débits turbinés par la centrale.

Les résultats ainsi obtenus doivent apporter une meilleure connaissance de l'efficacité globale du système de piégeage transport ce qui permettra, dans le cas d'une faible efficacité mesurée d'envisager une optimisation des exutoires et d'autres part permettre aux gestionnaires une estimation quantitative de la population dévalante à partir des effectifs de smolts piégés lors de la migration en fonction des conditions hydrologiques et du fonctionnement des aménagements hydroélectriques.

5.2 Matériel et méthode

5.2.1 La période d'expérimentation

La campagne de marquage s'est déroulée du 29 mars au 7 mai. La période de migration privilégiée des smolts dans la Garonne au niveau de ces aménagements se situant entre le 29 mars et le 15 mai (BOSC S., NARS A., MIGNOTTE S., 2006). La première partie du marquage s'est déroulée du 29 mars au 17 avril, à raison de deux jours de lâcher par semaine en amont du barrage de Rodère et dans les canaux d'amenée de Pointis et de Camon. Suite à l'arrêt de la centrale de Pointis, la seconde partie de l'expérimentation s'est déroulée du 26 avril au 3 mai, à raison d'un lâcher par jour uniquement sur le système hydroélectrique de Rodère-Camon (amont barrage et canal d'amenée).

5.2.2 Paramètres environnementaux

5.2.2.1 Paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques (température de l'eau et de l'air, concentration en oxygène, pourcentage de saturation en oxygène, conductivité, turbidité) sont relevés tous les matins sur le site de Camon lors des opérations de piégeage (annexe 1). Les détails concernant l'enregistrement et l'évolution de ces paramètres sont décrits dans les paragraphes 1.3 et 2.2.

5.2.2.2 Hydrologie de la Garonne et fonctionnement hydraulique des aménagements

Le débit de la Garonne ainsi que les débits turbinés de chaque groupe, les débits transitant par la vanne by-pass et l'exutoire de Camon ont été extraits de la base de données EDF. L'hydrologie de la Garonne et le fonctionnement de chaque usine pendant la campagne 2007 sont détaillés dans les paragraphes 1.3 et 2.3.

5.2.3 Le marquage des smolts

5.2.3.1 Provenance et stabulation des smolts destinés au marquage

Les lots utilisés ont une double origine : ce sont des smolts sauvages piégés sur la Garonne au niveau des sites de Pointis ou Camon (un ou deux jours avant le jour de lâcher) et des smolts produits à la pisciculture de Pont-Crouzet à Sorèze pour le programme de restauration du saumon sur le bassin de la Garonne.

Les smolts conservés pour le marquage sont stockés dans deux bassins sur le site de Pointis alimentés en permanence par l'eau de la Garonne. Un bassin pour les smolts sauvages et un pour les smolts de pisciculture. Pendant le stockage, les poissons ne sont pas nourris.

Les livraisons des smolts de pisciculture ont lieu quelques jours avant le marquage afin qu'il y ait une adaptation au changement de la qualité de l'eau et un intervalle de temps suffisamment important entre le transport et le marquage.

Pour les smolts sauvages, la priorité a été de choisir les poissons piégés à Pointis (site de marquage) pour éviter un transport supplémentaire aux poissons. De plus, aucun n'a subi d'anesthésie prévue dans les biométries réalisées pour le suivi biologique de la population migrante. Une fois piégés, ces smolts sauvages ont été directement transférés dans le bassin de stockage en attendant leur marquage. Ce temps de stabulation n'a pas excédé deux jours.

5.2.4 Réalisation de lots témoins

Afin de vérifier la viabilité des smolts de pisciculture pendant notre étude, trois lots témoins de smolts (1 lots de marqués et 2 lots de non marqués) ont été effectués.

Les deux premiers lots vont permettre de déterminer le temps de survie des smolts lors de leur stockage sur la station de Pointis. Ces lots composés de 50 et 34 smolts, ont été

respectivement conservés du 27/03/07 au 10/04/07 et du 26/04/07 au 11/05/07 dans un bassin alimenté par l'eau de la Garonne soit au total 14 et 15 jours.

Le troisième lot témoin a été réalisé également avec des poissons de pisciculture, afin de vérifier la survie de ces poissons après marquage avec les PIT-Tags. Ce lot composé de 30 smolts a été gardé en stabulation du 26/04/07 jusqu'au 11/05/07 soit 15 jours.

5.2.5 Modalités de marquage

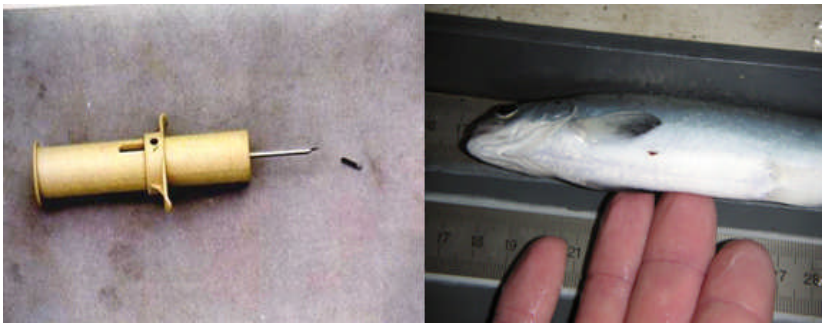
Le marquage a été effectué en fin de matinée ou début d'après-midi, une fois les différentes étapes de la manipulation de piégeage transport effectuées, soit au minimum 5 heures avant le lâcher.

Les smolts présentant la moindre anomalie (mycose, blessure, déformation…) sont écartés du marquage. La taille minimale des poissons pouvant être marqués a été fixée à 145 mm, afin d'éviter des mortalités sur des smolts de trop petite taille lors de l'introduction du transpondeur. Les smolts qui n'ont pas été marqués sont destinés au transport.

Pour le marquage, les smolts sont capturés à l'épuisette et plongés dans un bain anesthésiant (2 ml d'Eugenol 1/10 dilué dans 5 litre d'eau). Au maximum, 15 poissons ont été endormis à chaque fois.

Les marques utilisées sont des PIT-tags (Passive Integrated Transpondeur) du même type que celles déjà utilisées en 1998, 2005 et 2006 sur ces mêmes sites. Elles sont de forme cylindrique (11 mm de long et 2 mm de diamètre) et n'ont aucune source d'énergie propre. Ces marques utilisent, pour fonctionner, l'énergie du champ électromagnétique produit par la plaque de détection.

Les transpondeurs sont disposés dans des aiguilles creuses stériles. Une seringue équipée d'un pointeau permet d'expulser la marque de l'aiguille et de l'introduire dans la cavité générale de l'animal, légèrement au dessus de la ligne médio – ventrale, à l'arrière de la nageoire pectorale gauche. Chaque marque est individualisée par un code alphanumérique unique. Avant la mise en place de chaque marque, ce code est relevé par l'intermédiaire d'un lecteur portable TROVAN.



A gauche: seringue et PIT-Tag ; à droite: smolt après introduction du PIT-Tag

Les smolts sont ensuite pesés et mesurés.

Au fur et à mesure du déroulement du marquage, chaque lot de 50 smolts, correspondant à un lieu de lâcher et/ou un type de poissons (pisciculture ou sauvage), est conservé dans un bac de 100 l alimenté par l'eau de la Garonne.

5.2.6 Les lâchers des lots marqués

Les lâchers ont eu lieu à partir de 21 heures 45. Cet horaire a été choisi car la dévalaison des smolts s'effectue en grande majorité pendant la nuit, préférentiellement entre 21h et 6h sur les sites de Camon et Pointis. En cas de fonctionnement anormal de l'usine (chasse, état de veille…) les lâchers ont été retardés jusqu'à la reprise normale de la production d'énergie.

Les poissons, préalablement placés dans les bacs de stockage, ont été transportés en voiture et ont été alimentés en air par l'intermédiaire d'un bulleur pendant la durée du transport

jusqu'au site de déversement. Tous les poissons d'un lot sont lâchés en même temps de façon à créer un effet de banc, les poissons en dévalaison présentant généralement un comportement grégaire (D'après THORPE et MORGAN, 1978 in CHANSEAU M., 1999 ; BŒUF G., 1994).

Deux opérateurs ont procédé aux déversements des lots marqués selon trois modes différents liés aux conditions présentées par chaque lieu de lâcher. Au niveau du canal de Pointis qui présente des berges abruptes, une goulotte en PVC a été utilisée afin de déverser les smolts sans dommage le long de la berge jusqu'à la surface de l'eau du canal. Au niveau du canal de Camon, un système de renversement du bac a été utilisé par l'intermédiaire de sangles au niveau d'une passerelle afin de déverser les poissons à quelques centimètres de la surface. Au niveau du barrage de Rodère aucun dispositif n'a été nécessaire, l'approche au bord de l'eau se faisant très facilement (berge en pente douce).

Au total, 26 lots d'une cinquantaine de smolts ont été libérés en amont des dispositifs (tableau 11). Parmi ces lots, 2 été constitués de smolts dévalant naturellement capturés à Pointis et 24 à partir de smolts de pisciculture.

Lieux de lâcher	Nb de lâcher	Lot Sauvage	Lot Pisciculture
Canal Pointis	5	1	4
Rodère	8	-	8
Canal Camon	13	1	12

Tableau 12 : Récapitulatif du nombre de lots par lieux de lâcher

5.2.7 Fonctionnement des dispositifs de détection des marques

Un dispositif de détection du passage des smolts marqués par transpondeurs a été installé sur chaque site (Pointis et Camon) dans la goulotte qui permet le transfert des poissons pièges depuis la grille de filtration jusqu'au bassin de stabulation.

Les dispositifs de détection ont fonctionné en permanence. Ils comprennent deux plaques de détection TROVAN-UKID (30 cm × 97 cm) disposées l'une à la suite de l'autre. Chaque plaque est reliée à un enregistreur mémorisant, pour chaque smolt marqué capturé, le code du transpondeur, la date et l'heure de passage.

Dispositif de détection du piège de Pointis

Les données stockées par les enregistreurs sont déchargées à l'aide d'un ordinateur portable chaque matin (planche 5, photo 5). Le réglage de l'horloge de chaque système de détection est vérifié en même temps afin d'éviter les dérives des mémoires.

Lors des études déjà réalisées avec ce matériel, il a été observé une faiblesse dans la fiabilité de détection des marques par ce système. C'est pour pallier à ce problème que deux plaques ont été utilisées sur chaque site. De plus et pour vérifier l'efficacité du système de détection, des tests ont été réalisés régulièrement sur chaque site de piégeage.

L'efficacité du dispositif de détection a pu être vérifiée de deux manières différentes :

- par des passages de flotteurs portant chacun une marque (buldo), tests réalisés régulièrement plusieurs fois par semaine durant l'étude (passage de 10 buldos par séries de 1, 2 et 3 buldos pour simuler le passage de plusieurs poissons à la fois).

- par la vérification, à l'aide d'un lecteur manuel, de la totalité des poissons piégés présents dans le bassin de stabulation. Ce test a pu être effectué lors des biométries réalisées pour le suivi biologique des stations lorsque le nombre de poissons piégés n'était pas trop important (moins d'une centaine d'individus).

5.2.8 Evaluation de l'efficacité des exutoires et estimation des pertes par surverses aux barrages

Les lâchers des lots de smolts marqués sont choisis en fonction des objectifs de l'étude : les retenues de Ausson et de Rodère, le canal d'amenée de Pointis et le canal d'amenée de Camon.

5.2.8.1 Evaluation de l'efficacité de l'exutoire de dévalaison de Pointis

Le système de dévalaison de la centrale de Pointis est constitué de deux exutoires de dévalaison positionnés sur chacune des deux rives perpendiculairement au plan de grille de la centrale (espacement entre les barreaux de 5 cm). Des lots de smolts marqués déversés à 680 m en amont dans le canal d'amenée de la centrale doivent permettre d'évaluer l'efficacité globale du système de dévalaison de Pointis.

Cette évaluation peut aussi être complétée à partir des smolts marqués appartenant aux lots lâchés plus en amont dans de la retenue de Ausson en absence de surverse au niveau du barrage.

5.2.8.2 Evaluation de l'efficacité de l'exutoire de dévalaison de Camon

L'efficacité de l'exutoire de Camon est déterminée à partir de lots lâchés dans le canal d'amenée de la centrale de Camon à environ 500 m en amont de l'usine. Les smolts qui empruntent l'exutoire sont détectés lors de leur passage dans la goulotte de transfert entre la grille de filtration et le bassin de stabulation.

Cette évaluation peut aussi être complétée à partir des smolts marqués appartenant aux lots lâchés plus en amont :

- dans de la retenue de Rodère en absence de surverse au niveau du barrage de Rodère,

- dans le canal d'amenée de Pointis ou dans la retenue de Ausson, en absence de surverse au niveau de Rodère et de Ausson, par déduction des smolts récupérés dans le piège de Pointis et en estimant la mortalité engendrée par les turbines de la centrale de Pointis.

5.2.8.3 Estimation des pertes par surverse au barrage de Ausson et de Rodère

Cette évaluation est faite à partir de smolts marqués lâchés en amont de chaque retenue et recapturés en relation avec l'efficacité estimée à partir de lots lâchés le même soir pour chacun des exutoires correspondant (lots déversés dans les canaux d'amenée des centrales).

5.3 Résultats et analyses : tests 2007

5.3.1 Lots témoins et mortalités dues au marquage :

Durant toute la période de stabulation les poissons constituant les différents lots témoins n'ont pas été nourris.

L'évolution de la survie des lots est donnée par la figure 24. Le lot 1 réalisé en début d'étude (du 27/03/07 au 10/04/07) n'a subi aucune mortalité durant la période de stabulation.

Avec le lot 2 (du 26/04/07 au 11/05/07), réalisé en fin d'étude, on constate une mortalité élevée des smolts à partir du treizième jour de stabulation. Une épizootie de mycoses a contribué à l'apparition d'une mortalité conséquente de ce lot.

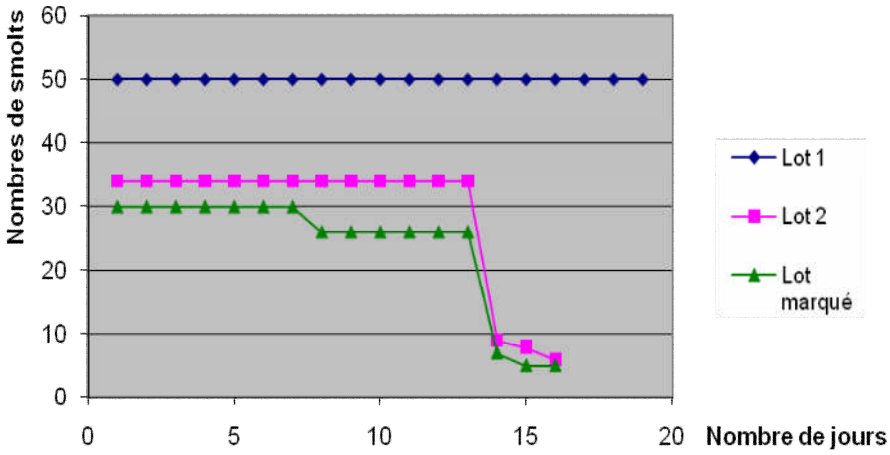


Figure 24 : Evolution de l'effectif des lots de smolts en fonction des jours de stabulation

Une telle disparité entre ces deux lots peut être expliquée par une différence de maturité physiologique. En effet, les deux lots ont été réalisés avec un mois de décalage, le lot 2, étant de ce fait à un stade de smoltification plus avancé, a certainement été plus sensible aux changements de site et à la stabulation en bassin. Il a été observé que si l'on maintient artificiellement des smolts en rivière après l'époque normale de migration, des perturbations importantes apparaissent notamment au niveau du métabolisme, de l'osmorégulation et de la sensibilité aux germes pathogènes qui peuvent entrainer la mort en eau douce (BŒUF G., 1994).

Globalement, on peut considérer qu'une période de stabulation d'une dizaine de jours n'affecte pas la survie des jeunes saumons arrivés en pleine période de smoltification.

Un lot témoin de 30 smolts ayant subi l'introduction de PIT-Tags a été constitué en fin d'étude, en même temps que le lot 2. Ce n'est qu'au bout du 8ème jour que les premières mortalités sont survenues. Une épizootie de mycoses a fortement contribuée à la perte des effectifs après le treizième jour de stabulation. Sur treize jours on obtient un taux de survie de 86.7%.

Pendant l'étude, seulement 17 poissons marqués sur 1300 sont morts dans les premières heures après le marquage soit 1.3%.

Ces résultats montrent que l'impact du marquage reste minime lorsque les temps de stabulation des smolts destinés au marquage restent inférieurs à une semaine.

5.3.2 Résultats des tests de fiabilité du système de détection

5.3.2.1 Tests buldos

Pour le site de Pointis, les tests avec le passage de buldos ont montré une fiabilité d'enregistrement de la plaque amont de 88.75% et de 98,13% pour la plaque aval. Cependant, l'analyse faite pour chaque test de l'ensemble des marques enregistrées par les deux plaques donne une fiabilité optimale de 100%. En effet, chaque marque a été enregistrée au moins une fois par une des deux plaques.

Les résultats des tests buldos pour le système de détection de Camon sont donnés en annexe F. Pour ce site, la fiabilité de la plaque amont a été de 91.92% et celle de la plaque aval de 98.07%. La fiabilité de l'ensemble du dispositif a été de 99.61% sur l'ensemble des tests réalisé sur ce site.

5.3.2.2 Vérifications lors de la biométrie

Pour des raisons techniques, la vérification manuelle des marques des smolts piégés lors des biométries n'a été réalisée que sur le site de Pointis. On trouve 100% d'efficacité sur l'ensemble des vérifications.

Le système de détection a donc été très fiable tout le long des tests. Il est néanmoins possible qu'il y ait une erreur infime de sous évaluation de nos résultats d'efficacité

5.3.3 Comportement de dévalaison

Les plaques Trovan enregistrent, au niveau des pièges de Pointis et de Camon, le passage de chaque poisson muni d'un transpondeur. Connaissant ainsi la date et l'heure de capture et de lâcher de chaque smolt, il est possible de calculer les délais de dévalaison entre les lieux de lâcher et les pièges.

5.3.3.1 Smolts lâchers dans le canal de Pointis et capturés à Pointis

Pour les poissons lâchés dans le canal d'amenée de Pointis et capturés au piège de Pointis, 91% des smolts capturés ont été piégés dans les 12 heures qui ont suivi le lâcher (Figure 25). Le smolt le plus rapide a mis 8 minutes pour être capturé et le plus lent 2 jours et 5 heures. Le temps délai moyen de capture est d'environ 4 heures.

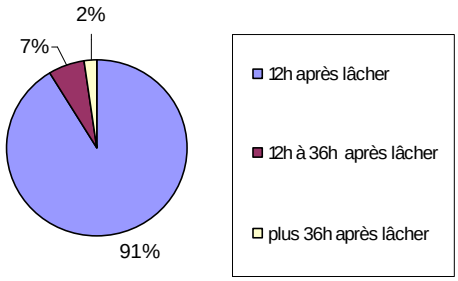


Figure 25: Répartition des captures des poissons marqués au piège de Pointis 12h, 36h et plus de 36h après lâchés dans le canal de Pointis

5.3.3.2 Lâchers dans le canal de Camon et capturés à Camon

Pour les smolts lâchés dans le canal de Camon et capturés à Camon, 82% des captures ont été effectuées dans les 12 heures qui ont suivi le lâcher (Figure 26). Le smolt le plus rapide a dévalé dans le piège au bout de 5 minutes après son lâcher et le plus lent a séjourné dans le

canal 27 jour et 14 heures. Le délai moyen de capture est d'environ 18h, mais si l'on écarte les smolts des lots lâchés en début de manipulation (smoltification moins avancée) on obtient un temps moyen de 8 heures 30 minutes.

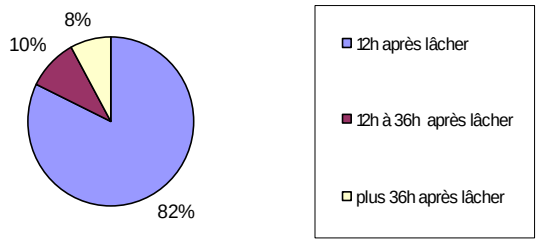


Figure 26: Répartition des captures des poissons marqués au piège de Camon 12h, 36h et plus de 36h après lâchés dans le canal de Camon

5.3.3.3 Lâchers dans la retenue de Rodère et capturés à Camon

Pour 92% des poissons lâchés à Rodère et capturés à Camon (Figure 27), leur passage dans l'exutoire a été enregistré dans les 12 heures consécutives au lâcher. Le smolt le plus rapide a été capturé 56 minutes après son lâcher et le plus lent 4 jours et 13 heures après son lâcher. Le délai moyen de capture est de 5 heures 30 minutes

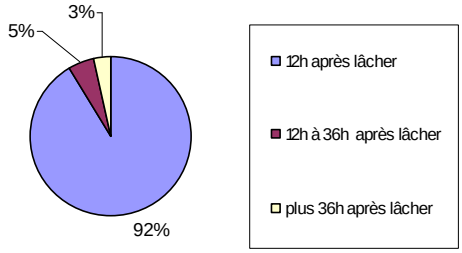


Figure 27: Répartition des captures des poissons marqués au piège de Camon 12h, 36h et plus de 36h après lâchés dans la retenue de Rodère

5.3.3.4 Lâchers dans le canal Pointis et récupérés à Camon

La particularité de ces poissons est qu'ils ont transité à travers les turbines de l'usine de Pointis. Parmi les smolts lâchés dans le canal de Pointis et qui ont été capturés à Camon, 41% sont arrivés la première nuit et 21% dans la deuxième. Les 38% restants ont mis jusqu'à 16 jours pour être capturés (Figure 28). Le plus rapide a dévalé en 1 heure et 33 minutes le plus lent a mis plus de 32 jours avant d'être piégé. Le délai moyen de capture est de 2 jours et 17 heures.

Les délais moyens de capture montrent que, dans les conditions rencontrées, les smolts ont tendance à passer dans les dispositifs de franchissement dans la première nuit du lâché et de ce fait ne séjournent pas des les canaux d'amenés ou dans les retenues. Le temps de capture plus élevé des poissons lâchés à Pointis et capturés à Camon semblerait être induit par le traumatisme dû au passage dans les turbines de l'usine de Pointis.

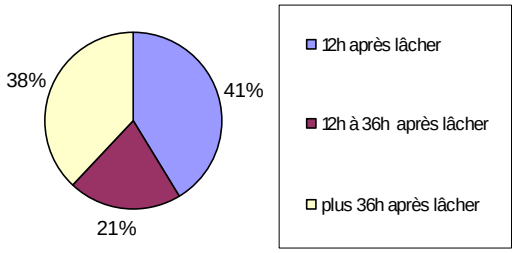


Figure 28 : Répartition des captures des poissons marqués au piège de Camon 12h, 36h et plus de 36h après lâchés dans le canal de Pointis

5.3.4 Efficacité des exutoires : tests 2007

L'efficacité des exutoires de dévalaison est obtenue à partir du nombre total de smolts récupérés appartenant aux lots libérés directement dans le canal d'amenée de chacune des centrales.

Pour appréhender l'impact du fonctionnement des usines sur l'efficacité des exutoires, seuls les lots dont une majorité de smolts ont été piégés avec des conditions hydrauliques similaires ont été retenus. Pour chaque lot, l'analyse de la proportion de smolts capturés dans les 10 heures qui ont suivi le lâcher (1ère nuit), a permis d'écarter des résultats les lots dont la récupération des poissons s'est déroulée de façon plus aléatoire : sur plusieurs nuits et/ou avec des conditions hydrauliques très fluctuantes.

Ainsi une efficacité moyenne pour différentes tranches de débit turbiné a pu être déterminé pour chacune des deux stations de piégeage (annexes 4 et 5).

5.3.4.1 Efficacité de l'exutoire de dévalaison de Pointis : tests 2007

5 lâchers ont été réalisés dans le canal d'amené de Pointis. Sur les 250 smolts marqués lâchés, 45 ont été récupérés, soit 18 % en moyenne. L'efficacité a varié de 14% à 24% suivant les lots. Le bilan des lâchés effectués dans le canal de Pointis est donné en annexe 4.

Sur les 5 lâchers effectués dans le canal de Pointis seulement trois sont exploitables. Les recaptures obtenues en 2007 pour les lâchers réalisés dans le canal de Pointis avec un débit turbiné proche de 60 m3/s : soit 85,7% du débit maximum turbiné et un prélèvement total par les exutoires de 5% du débit turbiné, donnent **une efficacité moyenne de 20%** (de 14% à 24%), 30 smolts récupérés sur un total de 150 (annexe 4).

Avec des conditions hydrauliques élevées, l'efficacité de l'exutoire de Pointis peut être qualifiée de mauvaise

5.3.4.2 Efficacité de l'exutoire de dévalaison de Camon : tests 2007

Treize lâchers ont été effectués cette année dans le canal d'amenée de Camon. Sur les 642 smolts marqué lâchés, 113 ont été récupérés, soit 18% en moyenne. Les résultats ont cependant été très variables suivant les lots (de 4 à 63 %). Le bilan des lâchés effectués dans le canal de Camon est donné en annexe 5.

Les tests d'efficacités réalisés en 2005 et 2006 avaient permis de déterminer trois tranches de débit turbinés en relation avec le fonctionnement des groupes (<55 m^3/s ; 55 m^3/s< <65 m^3/s ; > 65 m^3/s). Sur les 13 lâchers effectués dans le canal de Camon, 11 sont exploitables et correspondent à deux des trois tranches de débits déterminées. Un lâcher a été effectué avec des conditions particulières : deux groupes turbinant au maximum et la vanne by-pass délivrant près de 28 m^3/s.

Avec un débit moyen turbiné compris entre 55m3/s et 65 m3/s

Pour cette fourchette de débit le fonctionnement de la centrale correspond généralement à la mise en service de deux groupes à régime élevé et au passage d'un débit plus ou moins important (de 0 à 7 m3/s) dans la conduite by pass située sous l'exutoire de dévalaison. Ce fonctionnement permet d'éviter le démarrage « à vide » du troisième groupe de la centrale. (Cf § 2.3.2.2)

Seul un lâcher a été réalisé dans le canal de Camon avec un débit turbiné compris entre 55m^3/s et 65 m^3/s : soit de 64,7% à 76,5% du débit maximum théorique turbinable et un prélèvement total par les exutoires de 4.6% à 5,5% du débit turbiné. L'efficacité de ce lâcher est de **36%**, soit 18 smolts récupérés sur un total de 50.

Avec un débit moyen turbiné supérieur à 65 m3/s

Dans ces conditions de fonctionnement, on observe une augmentation des vitesses dans le canal d'amenée (1,7 à 2 m/s), l'apparition très marquée de courants ascendants et inverses au sens d'écoulement général du canal d'amenée devant l'entrée de l'exutoire et une baisse de la cote du plan d'eau au niveau du bassin de mise en charge (BMC).

Lorsque le débit turbiné devient supérieur à 65 m^3/s : soit un débit turbiné représentant plus de 76,5% du débit maximum théorique turbinable, et un prélèvement total par l'exutoire de moins de 4,6% du débit turbiné, les recaptures obtenues donnent une efficacité moyenne de **9,7%** (de 4% à 16%), soit 43 smolts récupérés sur un total de 444 lâchés. L'efficacité du piège dans ces conditions peut être qualifiée de mauvaise.

Avec un débit moyen turbiné inférieur à 55 m3/s et la conduite by-pass délivrant près de 28 m3/s

Avec ces conditions de fonctionnement (photo ci-dessous), et selon nos observations, les vitesses dans le canal d'amenée sont élevées, le niveau du BMC est bas. Les courants ascendants au niveau de l'entrée de l'exutoire n'apparaissent plus et l'hydrodynamique au niveau du BMC améliore l'attrait dans l'exutoire.

Seulement deux lots, un lâché dans le canal de Camon et un depuis la retenue de Rodère ont été réalisés le 26 avril dans ces conditions très particulières. L'efficacité du piège a été de respectivement pour chacun de ces lots de 62,5 % et de 58 %, 59 smolts récupérés sur les 100 smolts lâchés.

Dans ces conditions l'efficacité du piège semble être bonne. Il faut toutefois rester prudent car ce résultat n'est obtenu qu'à partir de deux lots de 50 individus.

5.3.5 Surverse : tests 2007

Lorsque le débit de la Garonne est supérieur au débit turbiné par l'usine hydroélectrique, il existe au niveau des barrages un système de clapets et de vannes permettant de laisser le débit supplémentaire passer par le barrage et emprunter le tronçon court circuité.

5.3.5.1 Surverse au barrage de Ausson : tests 2007

Les conditions hydrologiques de l'année 2007 et l'arrêt de la centrale de Pointis à partir du 17 avril n'ont pas permis de tester les pertes de smolts par surverse au niveau du barrage de Ausson. Aucun lâcher de poisson marqué depuis la retenue de Ausson n'a été effectué lors de la campagne de marquage 2007.

5.3.5.2 Surverse au barrage de Rodère : tests 2007

L'estimation des pertes au niveau du barrage de Rodère peut être faite en comparant les résultats d'efficacité du piège de Camon calculés à partir des smolts lâchés depuis l'amont du barrage de Rodère et de ceux lâchés dans le canal d'amenée de l'usine de Camon.

Le débit de la Garonne a été supérieur au débit turbiné pendant la seconde partie de l'étude (du 26 avril au 11 mai 2007). Des lâchés dans la retenue de Rodère avec une surverse

au barrage ont donc pu être effectués à 8 reprises, 7 lâchers avec une hydrologie de la Garonne comprise entre 90 et 109 m3/s, une surverse variant de 11 à 26 m^3/s et un débit turbiné moyen à Camon de 74 m3/s et un lâcher ou les conditions rencontrées été très particulières : 122 m3/s pour le débit de la Garonne, 53 m3/s turbiné à Camon, la vanne by pass ouverte à 28 m3/s et une surverse à Rodère de 36 m3/s (annexe 6).

La comparaison des efficacités obtenues entre les différents lots déversés le même soir dans la retenue de Rodère et dans le canal de Camon donne des résultats similaires :

-pour des débits de surverse compris entre 11 et 26 m3/s et des débits turbinés à Camon proches de 74 m3/s l'efficacité a été comprise entre 2% et 22% depuis Rodère et 4% et 16% depuis le canal d'amenée de Camon.

-pour un débit de surverse de 36 m3/s et un débits turbinés à Camon proches de 53 m3/s et la vanne by pass ouverte à 28 m3/s, l'efficacité observée a été de 58% depuis les smolts lachés dans la retenue de Rodère et 62,5% pour ceux déversés dans le canal d'amenée de Camon.

Il semblerait donc que jusqu'à des débits de surverse inférieur à 36 m3/s et répartis sur les clapets (faible lame d'eau en surface) au barrage de Rodère, il n'y ait pas un véritable attrait des smolts en direction du barrage et échappement au dispositif de piégeage par passage dans le tronçon court circuité.

Toutefois, cette hypothèse reste difficile à généraliser sur l'unique observation de la valeur du débit déversé car de multiples configurations de l'ouverture du barrage de Rodère peuvent être choisies par l'exploitant en fonction du débit entrant dans la retenue, des contraintes techniques liées au maniement des organes évacuateurs et des impératifs de gestion des corps flottants. Quand le débit de surverse est faible (inférieure à 50 m3/s, la régulation se fait plutôt par les clapets de surface avec une lame d'eau d'autant plus mince qu'elle est répartie sur les trois clapets de surface (maximum 130 cm sur un clapet pour 50 m3/s). Entre 50 m3/s et 200m3/s les autres vannes disponibles s'ouvrent en fond. A partir de 200m3/s, les trois vannes sont ouvertes en fond et la retenue est effacée, (exploitation communication personnelle).

Barrage de Rodère : photo de gauche déversement sur les trois clapets de surface, photo de droite faible déversement sur un clapet en rive droite et ouverture de la vanne de fond centrale.

5.4 Bilan des tests d'efficacité

5.4.1 Rappels :

L'objectif d'efficacité théorique pour chacune des stations de piégeage avait été initialement fixé à 70% minimum, ce qui devait permettre de récupérer en moyenne plus de 88% de la population dévalante.

Des opérations de radiopistage et de marquages détection ont été réalisées par le GHAAPPE en 96 97 et 98 à Camon et en 98 à Pointis lors de la conception des stations.

Trois expérimentations ont été conduites de 1996 à 1998 au niveau de la prise d'eau de l'usine hydroélectrique de Camon, sur la Garonne, de manière à tester l'efficacité d'un exutoire de surface destiné aux smolts. Cette dernière a été évaluée par la méthode de marquage recapture et le comportement des smolts dans le canal d'amenée a été suivi grâce à la technique de radio-pistage.

L'efficacité initiale du dispositif est apparue faible en 1996 (moyenne de 34 %). Le suivi par radio pistage a révélé que l'emplacement de l'exutoire n'était pas responsable de sa faible efficacité, les poissons stationnant préférentiellement à proximité. Cependant, la présence d'une ascendance avait pour conséquence de masquer son entrée. Suite à la mise en place d'une grille de tranquillisation et de platelages horizontaux au niveau de l'entrée de l'exutoire, cette efficacité a été portée à une valeur moyenne de 73 %. De bonnes conditions hydrauliques générales dans le canal d'amenée associées à une hydrodynamique locale favorable aux environs immédiats de l'entrée de l'exutoire s'avèrent indispensable à l'obtention d'une efficacité satisfaisante du dispositif de dévalaison.

Depuis 2000, le suivi biologique au niveau des stations a permis d'observer que les effectifs de smolts piégés ne sont pas toujours en relation avec l'effort de repeuplement réalisé en amont (traduit dans la figure 29 en équivalent smolt théorique) mais plutôt influencés par les conditions hydrologiques rencontrées lors la période de dévalaison (cf figure 30).

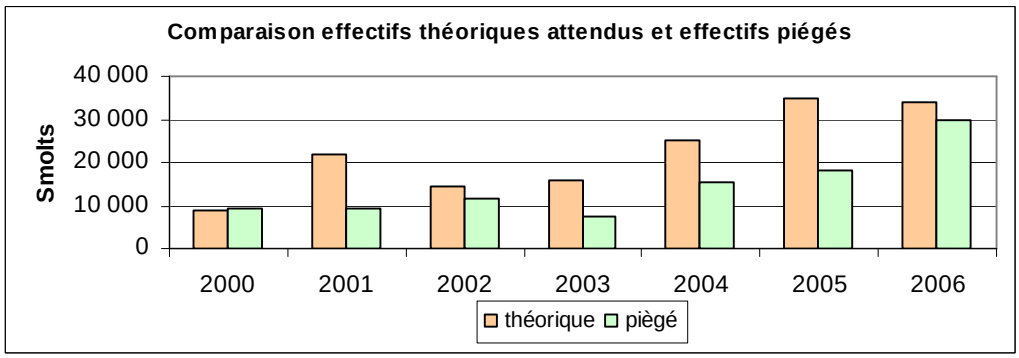


Figure 29 : Comparaison effectifs théoriques attendus (effort de repeuplement) et effectifs piégés à Camon et Pointis

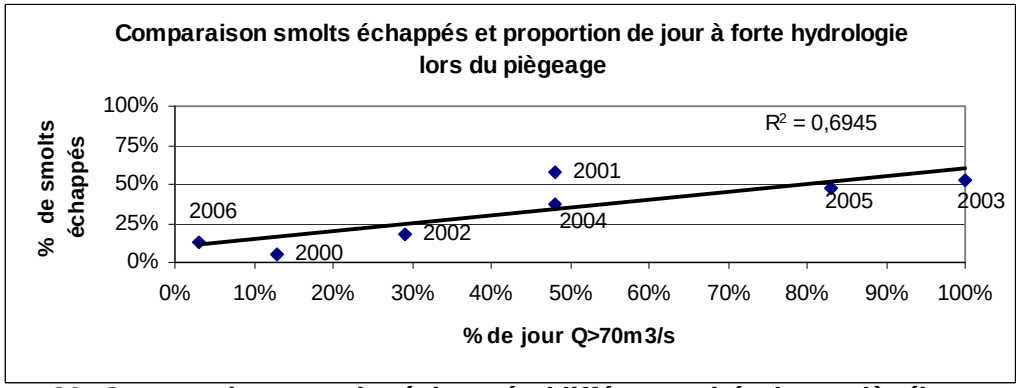


Figure 30: Comparaison smolts échappés (différence théorique-piégé) et proportion de jour à forte hydrologie lors des campagnes de piégeage

Suite à ces constats, de nouveaux tests d'efficacités ont été réalisés par MIGADO, lors des campagnes de piégeage de 2005, 2006 et 2007, de manière à mieux quantifier les échappements aux barrages (lâchers de smolts marqués dans les retenues de Ausson et de Rodère) et l'efficacités des exutoires de Camon et Pointis (lâchers de smolts marqués dans les canaux d'amenée des centrales de Camon et Pointis).

Les campagnes réalisées en 2005, 2006 et 2007 ont permis d'étudier l'efficacité des dispositifs de piégeage dans un large panel de débit turbiné du fait des fortes différences hydrologiques interannuelles rencontrées.

Lors de ces trois années, ce sont 27 lots exploitables de smolts qui ont été lâchés dans le canal d'amené de l'usine de Camon, soit 1326 individus, et 23 lots pour 1279 smolts dans le canal de Pointis.

5.4.2 Efficacité de l'exutoire de Camon

Pour les campagnes de marquage de 2005, 2006 et 2007, 1622 smolts marqués ont été lâchés dans le canal d'amenée de Camon et 495 ont été récupérés par le dispositif de piégeage, soit une efficacité moyenne du système de 31%. On observe une très forte variabilité des résultats suivant les lots : de 4% pour les résultats les plus faibles à 66% pour les plus forts. Cette variabilité est à mettre en relation avec les débits turbinés à l'usine.

5.4.2.1 Influence du fonctionnement de l'usine de Camon sur l'efficacité des pièges

Le détail des résultats obtenus avec les différents lots de poissons marqués en fonction des débits turbinés à l'usine de Camon est donné par la figure 31.

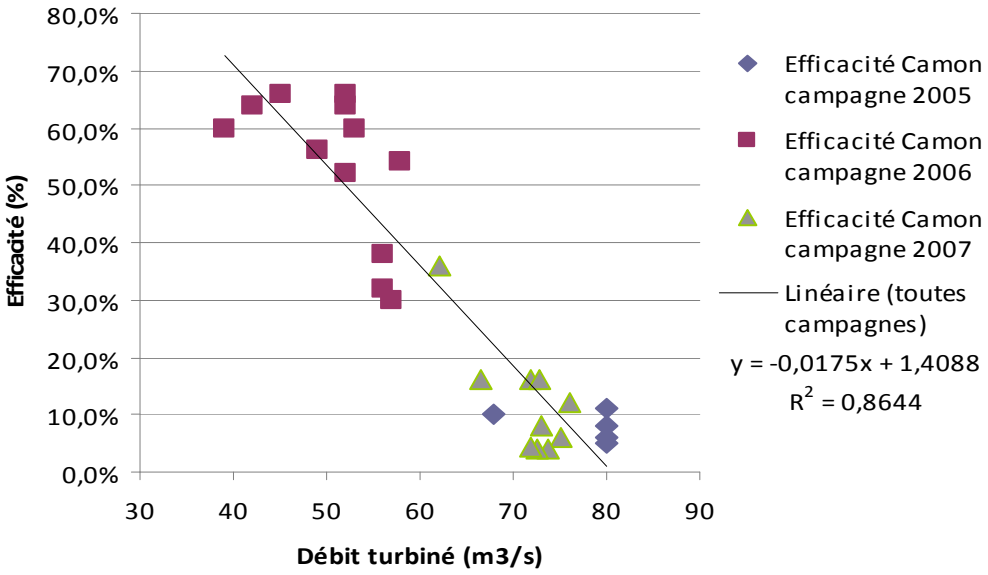


Figure 31 : Efficacité du piège de Camon en fonction du débit turbiné par la centrale. Bilan des campagnes de marquage 2005, 2006 et 2007

On observe globalement une baisse importante de l'efficacité de l'exutoire avec l'augmentation du débit turbiné. L'efficacité et le débit turbiné par l'usine semblent être étroitement liés (R^2= 0.8644 ; p<0,0001). L'efficacité de l'exutoire de Camon est bonne pour des débits turbinés faibles et chute fortement lorsque le débit turbiné devient important du fait d'une modification des conditions hydrodynamiques au niveau du bassin de mise en charge.

5.4.3 Efficacité par classes de débits turbinés à l'usine de Camon

Il est aussi possible de faire une analyse de l'efficacité de l'exutoire en prenant en compte le fonctionnement de l'usine. On peut ainsi former trois classes de débits turbinés en relation avec le nombre de groupes en fonction (<55 m3/s : 2 groupes en fonction ; 55< <65 m3/s : 2 groupes + by-pass ; >65 m3/s : 3 groupes en fonction). L'analyse statistique montre que les différences d'efficacité sont significatives entre chaque classe (TUKEY, p<0,0001). La figure 32 donne les caractéristiques générales de chaque classe.

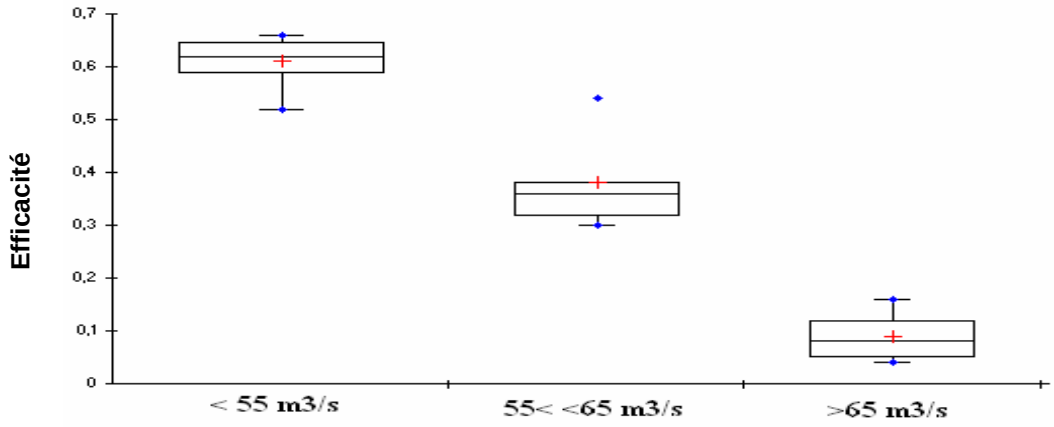


Figure 32: Caractéristiques statistiques de l'efficacité de l'exutoire de Camon en fonction des classes de débits entonnés par l'usine. (sont affichés le minimum, le 1er quartile, la médiane, la moyenne, le 3ième quartile, ainsi que les deux limites (les extrémités des « moustaches ») au-delà desquelles on peut considérer que les valeurs sont anormales)

On voit que l'efficacité moyenne diminue avec l'augmentation du débit turbiné par l'usine :

- <u>débits turbinés inférieurs à 55 m3/s</u>, 2 groupes en fonction : **61% d'efficacité moyenne**
- <u>débits turbinés compris entre 55 et 65 m3/s</u>, 2 groupes et démarrage du 3éme groupe et/ou by-pass ouverte de 0 à 7m3/s : **38% d'efficacité moyenne**
- <u>débits turbinés supérieurs à 65 m3/s</u>, 3 groupes en fonction : **9% d'efficacité moyenne.**

On observe dans ces conditions une vitesse élevée de l'écoulement dans le canal et de forts courants ascendants devant l'entrée de l'exutoire.

5.4.3.1 Cas particulier : 2 groupes en marche et la conduite by-pass délivrant près de 28m^3/s

Ces conditions exceptionnelles n'arrivent que très rarement dans la saison. Elles sont dues à l'arrêt d'un groupe (révision, panne…) lorsque l'hydrologie de la Garonne est soutenue. Un seul test d'efficacité a pu être effectué en 2007 et donne une efficacité de **62,5 %**. Ce résultat laisse supposer un effet positif de l'ouverture de la conduite by-pass lorsqu'elle entonne un débit important. Dans cette configuration, l'hydrodynamique en surface du bassin de mise en charge de Camon est fortement modifiée, on ne perçoit plus les courants ascendants en amont de l'exutoire et un courant prononcé guide les poissons directement dans l'exutoire.

5.4.4 Efficacité du dispositif de Pointis

Durant les trois années de marquage, 1529 smolts marqués ont été lâchés dans le canal d'amenée de Pointis et 341 ont été récupérés par le dispositif de piégeage, soit une efficacité

moyenne du dispositif de dévalaison de 22 %. Il y a une très forte variabilité des résultats suivant les lots : de 7% pour les résultats les plus faibles à 54 % pour les plus forts.

5.4.4.1 Influence du débit turbiné par l'usine de Pointis

Les résultats des 3 campagnes de marquage sont donnés par la figure 25.

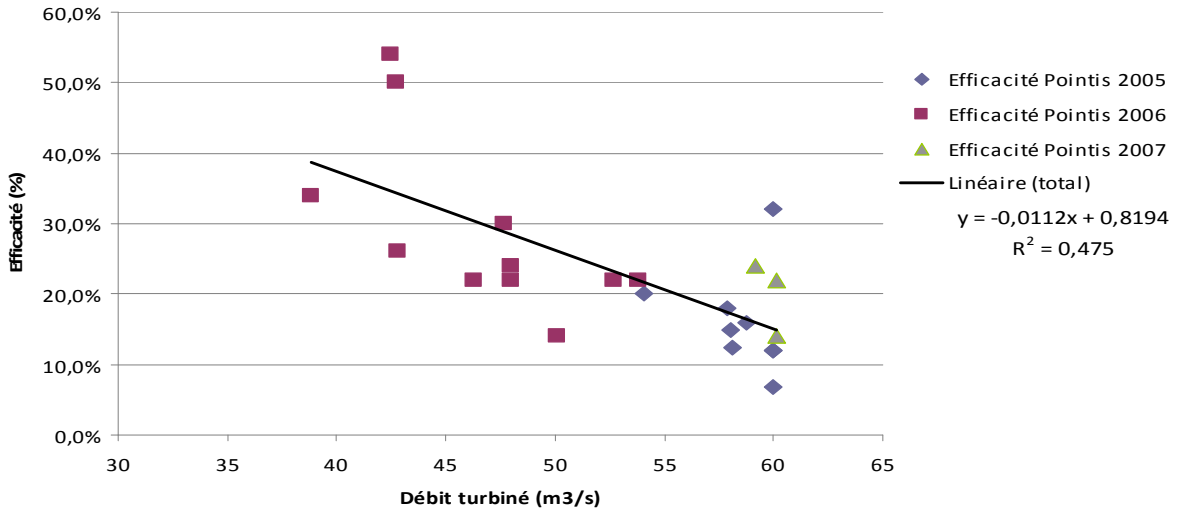


Figure 33 : Efficacité du piège de Pointis en fonction du débit turbiné par la centrale. Bilan des campagnes de marquage 2005, 2006 et 2007

On observe globalement une baisse de l'efficacité avec l'augmentation du débit turbiné.

L'efficacité et le débit turbiné sont moyennement corrélés (R^2=0,475 ; p=0,00027), le lien est moins fort que sur l'aménagement de Camon.

L'espacement des barreaux de la grille de l'usine est fort (5 cm). Le plan de grille de l'usine joue vraisemblablement peu le rôle de barrière comportementale et guide mal les poissons vers l'entrée des exutoires. L'augmentation du débit turbiné provoque une augmentation des vitesses d'écoulement dans le canal et limite l'attrait des smolts par les exutoires situés sur les côtés de la grille, latéralement au canal.

Les résultats obtenus en 2007, avec une répartition des débits dans les exutoires différentes des autres campagnes (légèrement supérieur en rive gauche), donnent des résultats d'efficacité similaires aux autres tests. L'augmentation de l'attrait en rive gauche ne semble pas influencer, ni de manière positive, ni de manière négative, l'efficacité générale du piège.

5.4.4.2 Efficacité par classes de débit turbiné à l'usine de Pointis

Les deux classes de débit qui ont été choisies (<50 m3/s et > 50 m3/s) ne sont pas justifiées par le nombre de groupe en fonctionnement, mais par leur niveau de production énergétique de l'usine. La frontière entre les deux classes (50 m3/s) a été choisie de manière arbitraire afin d'avoir un nombre de données comparable dans chaque classe et correspond à la valeur intermédiaire des valeurs de débits turbinés testées. La figure 26 donne les caractéristiques générales de chaque classe.

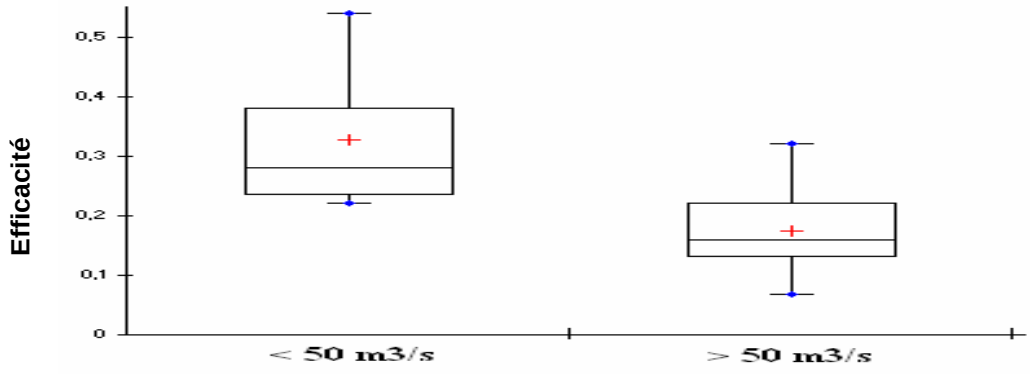


Figure 34 : Caractéristiques statistiques de l'efficacité de l'exutoire de Pointis en fonction des classes de débit turbiné. (Sont affichés le minimum, le 1er quartile, la médiane, la moyenne, le 3ième quartile, ainsi que les deux limites (les extrémités des « moustaches ») au-delà desquelles on peut considérer que les valeurs sont anormales)

L'efficacité moyenne de la classe <50 m^3/s est de 32,8 % tandis que celle de la classe >50m^3/s est de 17,5 %. L'analyse statistique montre que les différences d'efficacité sont significatives entres chaque classe (STUDENT, t=3,92, p<0,001). Les débits turbinés forts réduisent donc l'efficacité.

L'efficacité des exutoires de Pointis est faible quels que soient les débits turbinés par l'usine. Bien que deux exutoires soient en fonction, le positionnement latéral de leurs entrées et l'espacement inter-barreaux du plan de grille de l'usine (5 cm) réduisent fortement l'attrait des smolts.

5.4.5 Passages par surverse

Il est important de pouvoir quantifier les pertes engendrées par le passage des smolts par surverse au niveau des barrages, pour pouvoir évaluer le plus précisément possible le stock dévalant.

Le passage des smolts par surverse au niveau des barrages est fonction de la répartition de ceux-ci entre le passage par les dispositifs évacuateurs des barrages (clapets, vannes, déversoirs…) et le passage dans les canaux d'amenées.

Lors des trois campagnes de marquages, 1618 poissons marqués ont été lâchés dans les retenues : 1227 en amont de la retenue d'Ausson et 391 en amont de la retenue de Rodère. Dépendant de l'hydrologie de la Garonne, les échappements par surverse n'ont pas été testées tous les ans.

Les opérations de marquage réalisées lors de la campagne de 2005 ont permis d'estimer la proportion de smolts passant par le barrage pour des débits de surverse significatifs.

Avec une surverse de 40 m3/s au niveau du barrage de Ausson et des débits turbinés supérieurs à 68 m3/s à Pointis : 4 lâchers dans la retenue de Ausson ont été réalisés. Dans ces conditions l'efficacité moyenne mesurée au niveau du piège de Pointis a été de 10,7% (26 récupérés sur 244 lâchés).

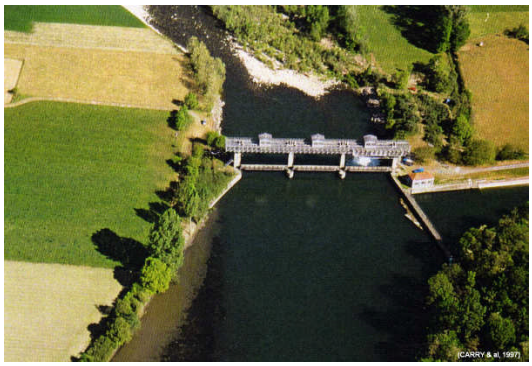
L'efficacité moyenne calculée pour le dispositif de Pointis, dans les mêmes conditions et à partir de smolts lâchés dans le canal de Pointis était alors de 14,4%.

Par conséquent, pour des déversements de l'ordre de 40 m3/s, les pertes de smolts par déversement au barrage de Ausson s'élèveraient donc à 25,7%.

Au niveau de Rodère, les échappements par le barrage mesurés à l'aide des lots marqués ne seraient pas significatifs avec des débits de surverse inférieurs à 40 m3/s. Les ouvertures des clapets et des vannes de fonds du barrage évoluent en fonction du débit à évacuer par le barrage ce qui limite la lame d'eau déversante en surface susceptible d'entraîner les smolts évoluant prés de la surface lors de la dévalaison.

Les différences de résultats obtenues entre les deux barrages lors de la quantification des échappements de smolts pour des débits de surverse inférieurs à 40m3/s s'expliquent principalement par la configuration générale des prises d'eau (photos ci-dessous) et le système d'évacuation avec :

- dans le cas de Ausson, une évacuation de l'eau de surverse se faisant principalement par les clapets de surface du barrage dans la direction de la circulation de l'eau dans la retenue et une entrée de canal d'amenée positionnée perpendiculairement à ce sens d'écoulement.
- pour Rodère, une prise d'eau dans l'alignement du barrage qui semble favoriser le guidage des smolts dévalant dans le canal d'amenée de la centrale et une gestion de l'évacuation des débits de surverse par vannes de fond et clapets de surface limitants l'échappement des smolts.



Vues aériennes des prises d'eau de Ausson (à gauche) et de Rodère (à droite)

5.4.6 Efficacité totale des deux dispositifs de piégeage.

A partir des résultats des tests d'efficacité, il est possible de simuler le passage des smolts dans les dispositifs de piégeage en fonction du débit de la Garonne.

Pour cette simulation, on considèrera que les usines turbinent la totalité du débit de la Garonne jusqu'à leur capacité maximale réelle (Pointis : 60 m^3/s ; Camon 80 m^3/s), puis le débit en surplus passe par les systèmes évacuateurs des barrages.

On utilise :

- les valeurs de pertes par surverse grâce à la formule utilisée par BOSC S.et LARINIER M., 2000,
- la valeur d'efficacité moyenne de l'ouvrage de piégeage de Pointis pour chaque classe de débit turbiné (<50 m^3/s : 32,8%, >50m^3/s : 17,5%)
- le modèle linéaire pour l'efficacité de Camon pour des débits turbinés entre 45 m^3/s et 80 m^3/s et les valeurs moyennes d'efficacité pour les débits non testés, soit 61% pour des débits turbinés inférieurs à 45 m^3/s 9% pour des débits supérieurs à 75 m3/s
- les mortalités induites par le passage dans les turbines données par BOSC S. et LARINIER M. en 2000, soit 11% de mortalité pour l'usine de Pointis.

Le résultat de la simulation est donné par la figure 35. Il s'agit d'une simulation rustique des capacités de piégeage du système mis en place dans le cadre de la stratégie de piégeage transport à la dévalaison sur la Garonne. Cette simulation ne prend pas en compte :

- le fonctionnement complexe en exploitation des aménagements hydroélectriques de Rodère-Camon et Ausson-Pointis (chasses, gestion des crues, arrêt des groupes pour problèmes techniques ou révision, mise en fonctionnement avec des forts débits de la vanne by pass de Camon)
- Le comportement de dévalaison des smolts lors d'une saison de migration (pic de dévalaison répartie dans la saison en fonction d'une réponse biologique à de nombreux paramètres environnementaux (photopériode, hydrologie, turbidité, températures…).

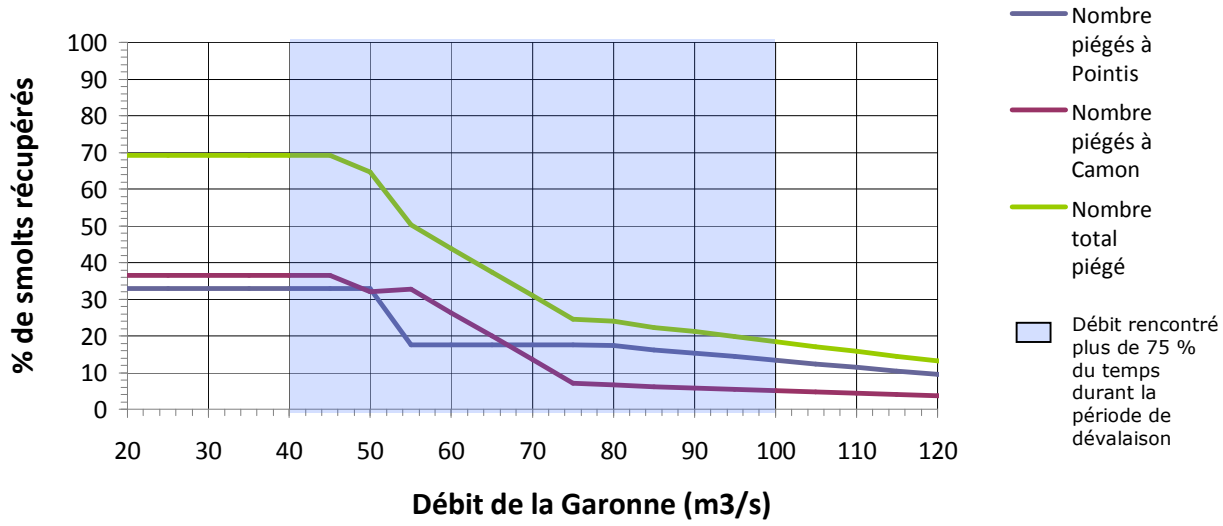


Figure 35 : Simulation de l'évolution du pourcentage de smolts récupérés en fonction du débit de la Garonne

Pour 100 smolts dévalant la Garonne, le nombre maximun de smolts piégés par le système pour des débits faibles dans la Garonne (jusqu'aux alentours de 45 m3/s) serait de 70 avec une proportion de smolts piégés légèrement supérieure à Camon.

A partir de 50 m3/s dans la Garonne et jusqu'à 65 m3/s, l'écart du nombre de smolts récupérés entre les deux sites se creuse à l'avantage du piège de Camon et l'efficacité globale du système chute de 65% à environ 35%.

Pour des débits de la Garonne compris entre 65 et 80 m3/s, l'efficacité du piège de Camon diminue fortement, le piège de Pointis permettrait la capture de plus des deux tiers des smolts piégés mais l'efficacité globale chute jusqu'à moins de 25 % de la populations dévalante.

Enfin, au delà d'un débit de 80 m^3/s le nombre de smolts récupérés décroît lentement du fait des pertes de smolts par surverse aux barrages.

L'objectif initial d'efficacité de chaque piège était de 70% minimum, ce qui assurait de récupérer plus de 88% de la population dévalante. Actuellement, dans le meilleur des cas on piégerait au total de 75% à moins de 20% des smolts dévalant dans la fenêtre des débits les plus rencontrés pendant les campagnes de piégeages depuis 2000 (soit pendant plus de 75% des conditions rencontrées en période de dévalaison de 40 à 100 m3/s dans la Garonne).

5.4.7 Propositions d'amélioration

Piège de Camon

Les campagnes de marquage montrent que l'efficacité du piège de Camon est très liée au débit turbiné par la centrale, ainsi qu'au débit transitant dans la conduite by-pass. L'efficacité est très variable (moyenne de 9 à 61 %) soit dans le meilleur des cas du même ordre de grandeur que les 70% attendus lors de la conception. Beaucoup de modifications ont été apportées

durant les campagnes de piégeage (éclairage alternatif, platelage fixe, grille de tranquillisation…) mais elles n'assurent pas dans les conditions d'exploitation rencontrée pendant la dévalaison un piégeage optimum (hydrologie soutenue de printemps).

L'utilisation de la conduite by-pass avec un débit important (28 m3/s) pour fournir l'eau non utilisée par un groupe (panne…) à l'usine de Valentine semble maintenir une bonne efficacité. En effet, le fait de faire transiter un volume d'eau conséquent par cette conduite modifie les conditions hydrauliques de surface en éliminant les courant ascendant et améliore le piégeage. L'utilisation de cette conduite lorsque l'efficacité du piège diminue pourrait être une solution pour améliorer l'attrait dans l'exutoire.

Il a été aussi remarqué que le niveau du BMC pouvait rester longtemps (23% du temps en 2007) en dessous de la côte pour laquelle le piège a été dimensionné (393,50 m NGF). Un débit de 3 m^3/s dans l'exutoire n'est donc pas forcément assuré tout au long de la saison de piégeage. De plus la grille de tranquillisation ainsi que les platelages placés en 1997, à 392,50 m NGF se retrouvent à une faible profondeur en dessous la surface de l'eau (moins de 1 m) et peuvent limiter l'entrée des smolts dans l'exutoire. L'optimisation de la surface de la grille de tranquillisation et son abaissement pourraient jouer positivement sur l'efficacité du piège en améliorant l'accès à l'exutoire.

Enfin, il est nécessaire de revoir le système d'asservissement de l'automate, afin qu'un débit constant de 3 m^3/s minimum soit assuré en permanence dans l'exutoire, l'étude de 2007 révélant que des fluctuations importantes avec un abaissant pouvant atteindre jusqu'à 30% du débit de l'exutoire avait lieu malgré une hauteur d'eau suffisante au niveau du BMC.

Piège de Pointis

Les campagnes de marquages montrent que l'efficacité de l'exutoire de Pointis est liée au débit entonné par l'usine et que l'efficacité moyenne est faible : 22%.L'efficacité attendue pour des exutoires de surface du même type et dans des conditions similaire est de l'ordre de 70%.

Différentes configurations ont déjà été testées (éclairage, débit d'attrait plus prononcé en rive gauche…) sans améliorer l'efficacité globale du piège. Malgré les faibles vitesses d'écoulement à proximité des grilles et malgré le fait que les smolts « naviguent » beaucoup en amont des grilles (CROZE O., LARINIER M., 1999), les poissons n'empruntent pas les exutoires de surface et finissent par passer dans les turbines.

La solution qui paraît la plus adaptée pour ce site serait de diminuer l'espacement des barreaux. En effet, actuellement ils sont distants les un des autres de 5 cm et ne jouent pas un rôle de barrière comportementale suffisant pour inciter les smolts à emprunter les exutoires (stationnement prolongé devant les grilles et création d'un courant transversal les guidant vers les deux entrées). Une répulsivité marquée a été observée, lors de différentes expérimentations, pour des espacements variant de 2,5 à 3 cm (soit de 1/6 à 1/5 de la longueur du poisson) pour les smolts (Groupe de travail de la direction des études économiques et de l'évaluation environnementale, 2002). L'installation de grilles avec un tel espacement devrait suffire pour augmenter l'efficacité de la station. Les vitesses à proximité des grilles étant faibles, l'installation des grilles à barreaux plus serrés va faire augmenter les vitesses mais ne devrait pas poser de problèmes pour les smolts et pour le fonctionnement des groupes. Toutefois, pour pallier à l'augmentation des vitesses, l'installation de grilles plus fines uniquement sur les premiers mètres du plan de grille peut être envisagé, car les smolts naviguent dans la partie supérieure de la tranche d'eau (préférentiellement dans les 2,2 premiers mètres sous la surface selon CROZE O., CHANSEAU M., LARINIER M., 1999 ; dans la moitié supérieure de la tranche d'eau selon DAVIDSEN *& al*, 2005).

L'installation de grilles plus fines sur les trois premiers mètres sous la surface de l'eau lorsque la côte du BMC est à sa valeur la plus basse est à préconiser.

6 CONCLUSION

Suite aux opérations de marquage-détection réalisées en 2005 et 2006 au niveau des aménagements de Camon et de Pointis, les tests réalisés en 2007 avaient pour objectif de compléter l'évaluation de l'efficacité des exutoires de chaque station de piégeage en fonction des conditions de fonctionnement des usines. Des lâchés complémentaires de smolts marqués ont aussi été réalisés au niveau de la retenue de Rodère afin d'appréhender le passage des smolts par surverse au niveau du barrage.

Au total, lors des trois années d'expérimentations, ce sont 4769 smolts marqués qui ont été libérés en amont des dispositifs. Le jeu de données obtenues permet de faire un premier bilan.

L'efficacité moyenne du piège de Camon est très dépendante du débit entonné par la centrale. Elle varie de 9% pour des forts débits turbinés (supérieurs à 65 m3/s) à 61% pour des débits faibles (inférieurs à 55 m3/s).

L'efficacité moyenne de la station de Pointis reste insuffisante quel que soit le débit entonné par la centrale : 32,8 % pour des débits turbinés inférieurs à 50 m^3/s et 17,5 % pour des débits turbinés supérieurs à 50m^3/s. L'augmentation en 2007 du débit transitant dans l'exutoire en rive gauche ne semble pas être assez significative pour améliorer l'efficacité.

L'estimation des passages par surverse au niveau du barrage d'Ausson a été estimée à **25 % pour des débits de surverse proche de 40 m^3/s**.

Les pertes de smolts par surverse au niveau du barrage de Rodère n'ont pas été mises en évidence dans les conditions rencontrées (débits déversés inférieurs à 40 m3/s).

Une simulation du passage des smolts dans les aménagements hydroélectriques de Pointis et de Camon en fonction du débit de la Garonne a été réalisée. Elle montre que, pour des débits rencontrés plus de 75 % du temps lors de la période de dévalaison, on ne pourrait capturer qu'entre **18 et 75 %** des smolts en migration et que les pertes par surverse aux barrages dans ces conditions ne représenteraient qu'un faible pourcentage des smolts échappant au système de piégeage.

Globalement, ces résultats soulignent un manque d'efficacité pour le piège de Pointis et une diminution importante de l'efficacité de l'exutoire de Camon lorsque la centrale fonctionne à pleine puissance. Des améliorations sont à envisager sérieusement pour les deux sites.

L'amélioration de l'efficacité de l'exutoire de Camon passe par la limitation des courants ascendants présents en rive gauche et qui masquent l'entrée de l'exutoire aux poissons. Ces ascendances sont d'autant plus marquées que l'usine fonctionne à pleine puissance. Une optimisation de la grille de tranquillisation (position et surface) et une amélioration du guidage des smolts en surface depuis la rive droite vers la rive gauche doivent être étudiées.

L'espacement trop important entre les barreaux du plan de grille de la centrale de Pointis (5 cm) ne permet pas la création d'une véritable barrière comportementale pour guider des smolts dans le système de piégeage. Les solutions permettant une augmentation significative de l'attrait du piège de Pointis sont à rechercher dans la réduction des espaces inter barreaux ou la pose d'un masque de guidage en surface au niveau du plan de grille de la centrale.

Dans le cadre du programme de restauration du saumon sur l'axe Garonne, l'obtention d'une efficacité maximale pour les stations de Pointis et Camon est d'autant plus importante qu'une stratégie de piégeage transport a été adoptée et que les individus échappant au système de piégeage doivent alors obligatoirement transiter par les nombreuses centrales hydroélectriques situées plus en aval et non équipées de système de franchissement à la dévalaison. L'échappement d'une proportion trop importante de smolts pourrait remettre en cause la stratégie de restauration du saumon sur le bassin de la Garonne amont.

BIBLIOGRAPHIE

BAGLINIERE J.-L., OMBREDANE D., PAULIN L., PRUNET P., SIEGLER L. 1995. Capacité adaptative de la truite (*SALMO TRUTTA* L.) : caractérisation démographique et écophysiologique des juvéniles migrants et sédentaires sur un petit affluent de l'Oir (Basse Normandie) ; Test d'une méthode d'étude en physiologie. 47 p.

BŒUF G., 1994. La phase de préadaptation à la vie en mer : la smoltification. In Le saumon atlantique, Ed. *IFREMER* (sous la direction de Gueguen J. C. et Prouzet P.), 47-63

BOSC S., LARINIER M., 2000. Définition d'une stratégie de réouverture de la Garonne et de l'Ariège à la dévalaison des salmonidés grands migrateurs. Simulation des mortalités induites par les aménagements hydroélectriques lors de la migration de dévalaison, Rapport GHAAPPE RA.00.01 / MIGADO G17-00-RT, 53p.

BOSC S., NARS A., MIGNOTTE S., 2006. Contrôle de la migration des smolts de saumon Atlantique en dévalaison au niveau des dispositifs de piégeage et de transport de Camon et de Pointis sur la Garonne. Campagne 2005. Rapport MI.GA.DO 1G-06-RT, 46p + annexes.

BOSC S., NARS A., MIGNOTTE S., 2007. Contrôle de la migration des smolts de saumon Atlantique en dévalaison au niveau des dispositifs de piégeage et de transport de Camon et de Pointis sur la Garonne. Campagne 2006. Rapport MI.GA.DO 2G-07-RT, 46p + annexes.

CARRY L., CHANSEAU M., CROZE O., GALLIAY E., LARINIER M., 1996. Expérimentation d'un dispositif de dévalaison pour les juvéniles de saumon Altantique – Usine hydroélectrique de Camon (Garonne – 31). Rapport GHAAPPE 96.07. 31 p + annexes.

CARRY L., GALLIAY E., OULES G., LARINIER M., 1997. Expérimentation d'un dispositif de dévalaison pour les juvéniles de saumon Altantique – Usine hydroélectrique de Camon (Garonne – 31). Rapport GHAAPPE RA 97.03. 20 p + annexes.

CHANSEAU M., 1999. Etude du comportement du saumon Atlantique (*Salmo salar L.*) au niveau des obstacles à la migration. Contribution à la conception et l'amélioration des dispositifs de franchissement. Thèse de Doctorat Université Paul Sabatier, Toulouse, France, 152p.

CROZE O., LALLEMANT A., BOSC S., CARRY L., LARINIER M., 1998. Expérimentation sur la mise en place et l'efficacité de dispositifs de piégeage de smolts de saumon Altantique en dévalaison – Usines hydroélecrtiques de Pointis et Camon (Garonne – 31). Rapport GHAAPPE RA 98.05. 40p + annexes.

CROZE O., CHANSEAU M., LARINIER M., 1999. Efficacité d'un exutoire de dévalaison pour smolts de saumon Atlantique (*Salmo salar L.*) et comportement des poissons au niveau de l'aménagement hydroélectrique de Camon sur la Garonne. Bull. Fr. Pêche Piscic. (1999) 353/354 : 121-140.

CROZE O., LARINIER M., 1999. Etude du comportement de smolts de saumon Atlantique (*Salmo samar L.*) au niveau de la prise d'eau de l'usine hydroélectrique de Pointis sur la Garonne et estimation de la dévalaison au niveau du barrage de Rodère. Bull. Fr. Pêche Piscic. (1999) 353/354 : 141-156.

DAVIDSEN J., SVENNNING M., ORELL P., YOCCOZ N., DEMPSON J.B, NIEMELA E., KLEMETSEN A., LAMBERG A., ERKINARO J., 2005. Spacial and temporal migration of wild Atlantic salmon smolts determined from a video camera array in the sub-Artic River Tana. Fisheries Research 74 (2005) 210:222.

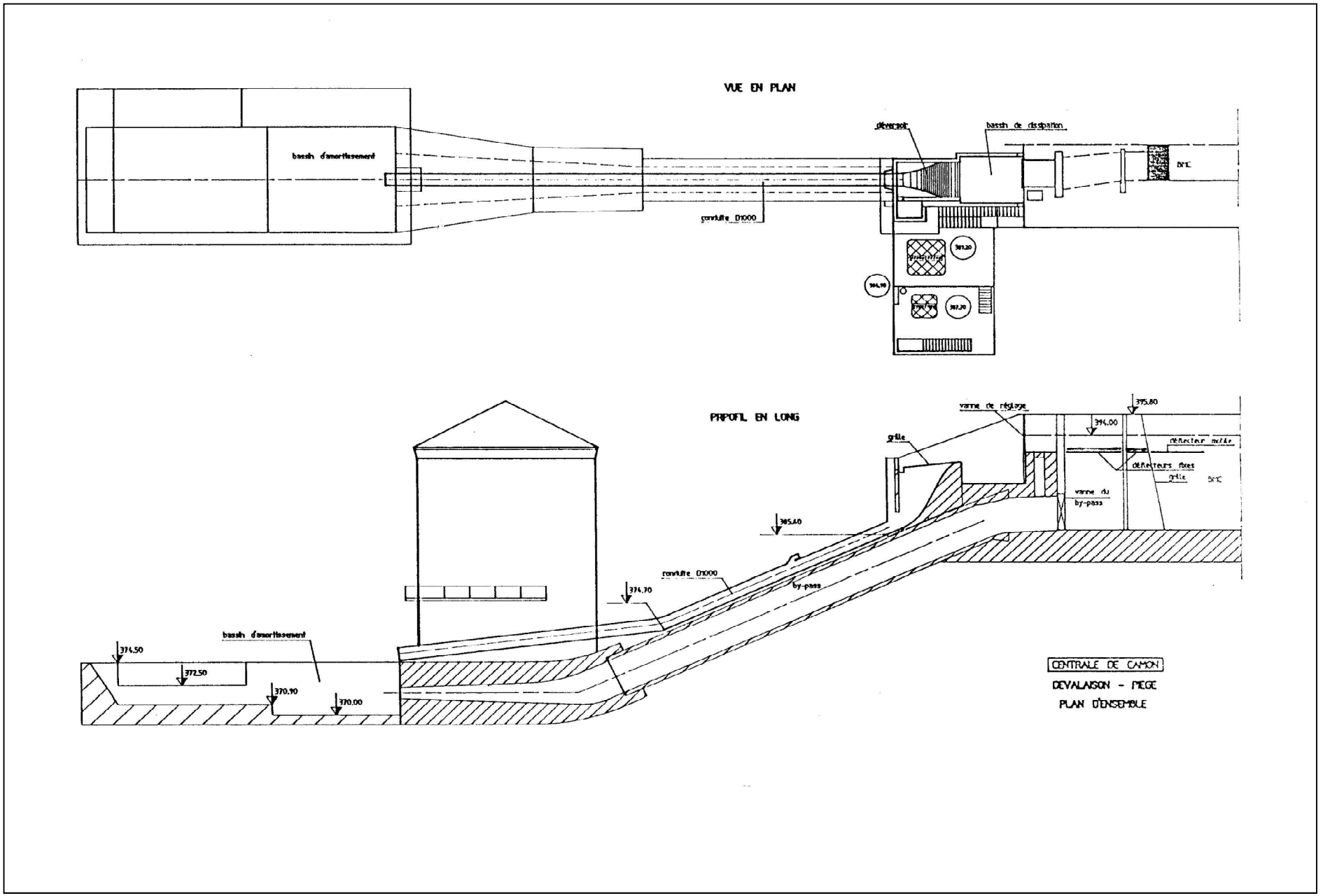
PALLO S., BOSC S., 2002. Description des dispositifs de piégeage et de transport pour les smolts de saumon Atlantique de la Garonne en dévalaison. Aménagements de Camon et de Pointis-de-Rivière sur la Garonne (31). Rapport MI.GA.DO CAMON-POINTIS PS, 23p + annexes.

THORPE J.E., MORGAN R.I.G, 1978. Periodicity in atlantic salmon salmo salar L. smolt migration. J. Fish Biol., 12, 541-548.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Paramètres relevés pendant la campagne 2007

DATE	Heure de releve	METEO	Conductivité en µS/cm	Débit m³/s	O2 en mg/l	%O2	Turbidité en cm	T°C air	T°C eau Camon	T°C eau Loures	T°C eau Neste
14/03/2007	9h00	Ensolleillé	215	25,4			280	6	8,60	7,9	8,34
15/03/2007	8h30	Ensolleillé	202	26,4			280	4	8,79	8,1	8,63
16/03/2007	9h40	Ensolleillé	200	27,8			300	10	9,16	8,5	8,50
17/03/2007	9h00	Ensolleillé	192	26,6			250	8	8,76	8,0	8,28
18/03/2007	9h10	Ensolleillé	193	23,5			240	8	9,14	8,3	9,45
19/03/2007	8h45	Pluie	198	31,0			220	5	8,74	7,0	7,49
20/03/2007	8h42	Neige	188	32,9			220	1	5,03	4,2	4,40
21/03/2007	8h40	Neige	200	32,1			280	3	4,25	3,4	4,04
22/03/2007	8h45	Pluie	194	30,7			260	2	4,29	4,1	4,98
23/03/2007	9h10	Pluie	201	33,2			290	4	5,42	5,0	5,76
24/03/2007	9h00	Pluie	224	79,5	12,4	100	45	6	6,24	5,0	6,38
25/03/2007	9h10	Pluie	211	46,9	12	99	40	3	5,91	5,3	6,64
26/03/2007	8h50	Couvert	254	40,9	12,8	104	180	2	7,29	6,8	7,88
27/03/2007	8h35	Ensolleillé	228	48,3	12,8	106	150	2	7,90	7,1	7,74
28/03/2007	9h40	Couvert	215	55,8	14,3	118	150	6	8,04	7,2	7,76
29/03/2007	8h39	Pluie	220	49,1	14,8	124	220	10	7,70	7,3	7,83
30/03/2007	8h30	Couvert	206	54,9	12,9	108	110	5	7,93	7,1	7,68
31/03/2007	10h00	Pluie	206	45,9	13,5	113	110	5	7,60	7,1	7,70
01/04/2007	9h30	Couvert	218	67,3	13	109	130	6	8,05	7,4	8,09
02/04/2007	8h42	Couvert	203	67,3	14,9	123	90	4	8,06	7,2	8,28
03/04/2007	8h35	Pluie	171	96,5	14,2	97	25	8	7,86	7,0	7,70
04/04/2007	10h00	Couvert	181	88,9	13,4	111	80	7	7,23	6,5	7,10
05/04/2007	11h00	Ensolleillé	186	71,3	15,3	122	110	4	6,17	5,9	6,63
06/04/2007	8h46	Ensolleillé	192	63,6	15,1	125	70	6	7,63	7,4	8,00
07/04/2007	8h38	Ensolleillé	191	67,2	12,4	115	90	6	9,09	8,5	8,93
08/04/2007	8h40	Ensolleillé	196	70,8	13,5	124	100	6	9,34	8,5	9,31
09/04/2007	9h00	Ensolleillé	180	80,4	13	110	40	8	8,99	8,0	8,79
10/04/2007	11h30	Couvert	182	80,7	12,4	105	80	11	8,88	8,0	8,92
11/04/2007	8h45	Ensolleillé	175	77,9	13,5	122	90	8	8,92	8,2	8,91
12/04/2007	10h00	Ensolleillé	170	78,5	11,9	100	100	10	8,94	8,1	8,60
13/04/2007	8h45	Pluie	168	105,0	12,8	114	40	11	8,54	7,8	8,54
14/04/2007	8h55	Pluie	160	110,0	13,3	119	60	9	8,30	7,7	8,36
15/04/2007	8h52	Ensolleillé	166	111,0	11,4	108	50	10	9,10	8,4	9,38
16/04/2007	9h10	Couvert	160	150,0	13	119	10	11	9,93	9,0	9,67
17/04/2007	9h10	Ensolleillé	150	293,0	12,2	112	10	10	10,37	8,8	9,13
18/04/2007				184,0				11,85		8,9	9,71
19/04/2007				157,0				12,51		9,3	9,47
20/04/2007				151,0				13,70		9,1	9,62
21/04/2007				129,0				15,06		9,1	9,73
22/04/2007				122,0				14,97		9,4	10,36
23/04/2007				131,0				14,83		9,5	10,32
24/04/2007				123,0				13,91		9,6	10,45
25/04/2007				132,0				11,93		9,6	10,16
26/04/2007	8h30	Couvert	140	127,0	13	115	60	14	10,35	9,3	10,01
27/04/2007	8h30	Couvert	142	112,0	13,7	126	60	14	9,95	8,9	9,60
28/04/2007	8h41	Couvert	148	99,8	13,8	126	60	12	10,10	9,3	9,80
29/04/2007	8h47	Couvert	151	91,4	13,5	125	80	12	10,08	9,2	9,94
30/04/2007	9h30	Ensolleillé	154	87,6	12,4	110	100	11	10,08	9,1	9,86
01/05/2007	9h00	Pluie	149,5	102,0	13	115	110	10	9,25	8,2	8,72
02/05/2007	9h00	Couvert	177,1	115,0	14,1	121	70	7	8,21	7,3	8,40
03/05/2007	9h00	Couvert	164,2	99,6	13,2	121	100	9	9,02	8,1	8,86
04/05/2007	9h00	Pluie	160,5	107,0	12,6	107	60	9	8,74	7,9	8,37
05/05/2007	9h00	Couvert	163,2	107,0	12,9	121	110	11	9,08	8,4	9,06
06/05/2007	9h10	Pluie	176,5	138,0	12,4	119	40	10	9,30	8,3	9,19
07/05/2007	8h50	Couvert	179,8	126,0	13,4	114	60	10	8,72	8,3	8,93
08/05/2007	8h47	Couvert	173,9	116,0	14,3	122	100	12	10,37	9,9	10,35
09/05/2007	8h50	Couvert	164,1	115,0	12,1	107	100	12	10,96	9,9	10,73
10/05/2007	9h00	Ensolleillé	159,6	111,0	12,8	121	95	12	10,88	10,0	10,62
11/05/2007	9h00	Ensolleillé	154,3	112,0	11,7	104	80	13	11,41	10,5	11,12
		Moyenne	183,4	89,6	13,2	114,2	119,3	8,7	8,5	7,9	8,6
		Min	140,0	23,5	11,4	97,0	10,0	1,0	4,3	3,4	4,0
		Max	254,0	293,0	15,3	126,0	300,0	15,1	11,4	10,5	11,1



ANNEXE 2 : Centrale de Camon : Vue en plan et profil en long de la station de piégeage et positionnement de la conduite by-pass

ANNEXE 3 : Débits moyens mensuels (m3/s) et coefficients d'hydraulicité pour la période de dévalaison mesurés de 1986 à 2007 à la station de Valentine sur la Garonne (Données Banque HYDRO)

Débits mensuels	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Mars	58,30	61,90	83,40	33,20	24,90	75,10	20,30	26,30	76,30	69,00	54,30	45,10
Avril	72,10	101,00	105,00	58,30	40,90	87,20	94,60	47,60	108,00	61,80	76,10	46,80
Mai	148,00	83,90	109,00	81,80	74,00	144,00	103,00	78,50	153,00	85,00	95,00	59,70
Moyenne dévalaison	92,80	82,27	99,13	57,77	46,60	102,10	72,63	50,80	112,43	71,93	75,13	50,53

Débits mensuels	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Moyenne 1986-2006
Mars	47,50	48,70	34,30	62,80	52,30	112,00	56,30	58,40	46,90	36,00	54,63
Avril	69,10	60,70	52,70	69,60	55,40	98,40	74,30	85,80	50,80	143,00	72,20
Mai	97,40	128,00	91,60	108,00	121,00	123,00	123,00	132,00	57,10	120,00	104,57
Moyenne dévalaison	71,33	79,13	59,53	80,13	76,23	111,13	84,53	92,07	51,60	51,60	77,13

Coef. hydraulicité	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Coef hydrau mars	1,07	1,13	1,53	0,61	0,46	1,37	0,37	0,48	1,40	1,26	0,99
Coef hydrau avril	1,00	1,40	1,45	0,81	0,57	1,21	1,31	0,66	1,50	0,86	1,05
Coef hydrau mai	1,42	0,80	1,04	0,78	0,71	1,38	0,98	0,75	1,46	0,81	0,91
Coef hydrau déval.	1,20	1,07	1,29	0,75	0,60	1,32	0,94	0,66	1,46	0,93	0,97

Coef. hydraulicité	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Coef hydrau mars	0,83	0,87	0,89	0,63	1,15	0,96	2,05	1,03	1,07	0,86	0,65
Coef hydrau avril	0,65	0,96	0,84	0,73	0,96	0,77	1,36	1,03	1,19	0,70	1,97
Coef hydrau mai	0,57	0,93	1,22	0,88	1,03	1,16	1,18	1,18	1,26	0,55	1,14
Coef hydrau déval.	0,66	0,92	1,03	0,77	1,04	0,99	1,44	1,10	1,19	0,67	0,67

Numéro du lot	Nombre de smolts lachés	Nombre de smolts piégés à Camon	Efficacité du piège de Camon %	Débit de la Garonne journalier 8h-8h (m3/s)	Débit turbiné à Camon (m3/s) sur 10h après lâcher	Débit by-pass (m3/s)	Efficacité par tranche de débit turbiné	Nombre de smolts piégés dans les 10h après lacher	Efficacité 10h après lâcher	Pourcentage de récupération dans les 10 h après lâcher	Remarque
CAP2903	50	9	18,00%	51,58	50,46	3,24				66,67%	Ecarté car conditions très fluctuantes
CAP0304	50	13	26,00%	92,01	73,09	0,03		13	26,00%	100,00%	Ecarté car conditions très fluctuantes
CAP0504	50	18	36,00%	71,3	62,14	1,45	36,00%	14	28,00%	77,78%	
CAS1004	50	8	16,00%	79,43	71,76	0,00	9,70%	2	4,00%	25,00%	Retenu car les conditions sont stables sur toute la récupération
CAP1204	50	8	16,00%	86,41	66,53	0,42		8	16,00%	100,00%	
CAP2604	48	30	62,50%	122,00	52,50	28,30	62,50%	30	62,50%	100,00%	Conditions exeptionnelles
CAP2704	50	6	12,00%	109,00	75,99	0,00		3	6,00%	50,00%	Retenu car les conditions sont stables sur toute la récupération
CAP2804	50	3	6,00%	99,00	75,10	0,00		3	6,00%	100,00%	
CAP2904	50	2	4,00%	91,00	73,61	0,00	9,70%	1	2,00%	50,00%	Retenu car les conditions sont stables sur toute la récupération
CAP3004	50	4	8,00%	90,00	73,12	0,00		2	4,00%	50,00%	Retenu car les conditions sont stables sur toute la récupération
CAP0105	49	2	4,08%	104,00	72,63	0,00		2	4,08%	100,00%	
CAP0205	50	8	16,00%	100,96	72,76	0,00		7	14,00%	87,50%	
CAP0305	45	2	4,44%	96,09	71,96	0,00		2	4,44%	100,00%	
Total	**642**	**113**	**17,6%**								

Annexe 4 : Résultats des lots lachés dans le canal d'amenée de Camon et piégés à Camon en 2007

Numéro du lot	Nbre de smolts lachés	Nombre de smolts piégés à Camon	Efficacité du piège à Camon	Efficacité des lots lachés à Camon le même jour	Débit de la Garonne journalier 8h-8h (m3/s)	Débit turbiné à Camon (m3/s) 10h après laché	Surverse à Rodère (m3/s)	Pertes par surverse	Débit by-pass (m3/s)	Remarque
ROP2604	50	29	58%	62,50%	122,00	52,50	35,81	4,50%	28,30	Conditions exeptionnelles
ROP2704	50	11	22%	12,00%	109,00	75,99	25,60	-10,00%	0	
ROP2804	49	5	10%	6,00%	99,00	75,10	18,79	-4,20%	0	
ROP2904	48	4	8%	4,00%	91,00	73,61	12,34	-4,33%	0	
ROP3004	50	5	10%	8,00%	90,00	73,12	11,12	-2,00%	0	
ROP0105	49	1	2%	4,08%	104,00	72,63	25,53	2,04%	0	
ROP0205	46	2	4%	16,00%	100,96	72,76	23,65	11,65%	0	
ROP0305	49	2	4%	4,44%	96,09	71,96	18,86	0,36%	0	
Total	**391**	**59**	**15%**							

Annexe 5 : Résultats des lots lachés dans la retenue de Rodère et piégés à Camon en 2007

Numéro du lot	Nombre de smolts lachés	Nombre de smolts piégés à Pointis	Efficacité du piège de Pointis	Débit de la Garonne journalier 8h-8h (m3/s)	Débit turbiné à Pointis (m3/s) 10h après lacher	Efficacité moyenne par tranche de débit turbiné	nb piégés dans les dix heures	Efficacité 10h après lâcher	pourcentage de récupération dans les 10 h	Remarque
POP2903	50	7	14,0%	51,58	48,15		7	14,00%	100,00%	Ecarté car conditions trop fluctuantes
POP0304	50	7	14,0%	92,01	60,14	20,00%	7	14,00%	100,00%	
POP0504	50	12	24,0%	71,3	59,18	20,00%	11	22,00%	91,67%	
POS1004	50	8	16,0%	79,43	52,80		4	8,00%	50,00%	Ecarté car conditions trop fluctuantes
POP1204	50	11	22,0%	86,41	60,14	20,00%	11	22,00%	100,00%	
Total	**250**	**45**	**18,0%**							

Annexe 6 : Résultats des lots lachés dans le canal d'amenée de Pointis et piégés à Pointis en 2007

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.