



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 2009



Etude financée par :

Union Européenne
Agence de l'Eau Adour-Garonne

S. BOSCH, A. NARS, O. MENCHI et J. BERGES,

Juin 2010

MI.GA.DO. 3G-10-RT



Le piégeage transport à la dévalaison est cofinancé par l'Union européenne. L'Europe s'engage en Midi-pyrénées avec le Fond européen de développement régional.



RESUME

Dans le cadre de la restauration du saumon atlantique sur le bassin de la Garonne, la stratégie de piégeage-transport est opérationnelle depuis 1999, aussi bien en montaison (Carbonne) qu'en dévalaison (Camon). Le piégeage à la dévalaison fonctionne généralement de mars à juin. Le site de Pointis de Rivière a été fonctionnel à partir de 2003. Pendant la campagne 2009, les stations de Pointis et Camon ont été fonctionnelles en continu du 9 mars au 7 mai.

Le suivi biologique des poissons capturés a permis de comptabiliser au total 10 079 poissons dévalants piégés (5 970 à Camon et 4 109 à Pointis) et qui ont été transportés lors de 10 transports à l'aval de Lamagistère. 7 espèces de poissons ont été recensées mais les effectifs qui dominent concernent les Salmonidés avec les saumons atlantique (*Salmo salar*) et les truites fario (*Salmo trutta fario*) : 8 271 saumons, 1 768 truites fario et 40 individus appartenant à d'autres espèces ont été comptabilisés. Les saumons dévalants piégés au niveau des stations de Pointis et Camon proviennent principalement des déversements d'alevins pré-estivaux effectués sur la Garonne amont et la Neste en juillet 2008 (smolts 1⁺) et juillet 2007 (smolts 2⁺).

Un bilan interannuel dressé d'après les données collectées lors du piégeage à Camon et Pointis permet de mieux connaître le déroulement de la migration de dévalaison des saumons sur la Garonne et de déterminer les caractéristiques de la population de smolts. En moyenne, plus de 90 % des effectifs de saumons migrent entre la fin mars et le début du mois de mai. La durée moyenne de la migration est de 40 jours. Les principaux pics migratoires ont lieu au mois d'avril. La mise en relation de l'effort de repeuplement réalisé de 1999 à 2008 sur la Garonne amont et la Neste (2 744 600 alevins/pré estivaux) et des effectifs piégés à Pointis-Camon (130 230 smolts depuis 2000) permet de vérifier l'efficacité des opérations de repeuplement et la fonctionnalité du milieu. En moyenne la production de smolts par les habitats est estimée à 6 smolts par 100m² équivalent radier-rapide. Le taux de survie moyen minimum entre le stade alevin/pré-estival et le stade smolt est estimé à 7,5% hormis les échappements aux barrages et en intégrant l'efficacité des pièges.

Afin d'estimer le niveau d'efficacité des systèmes de capture en fonction de l'hydrologie, des opérations de marquage détection sont réalisées depuis 2005. Les résultats obtenus révèlent un niveau d'efficacité très faible pour chacune des deux stations de piégeage lorsque les usines sont à leur maximum de puissance (moyennes de 17,5 % à Pointis et 30 % à Camon). Dans les meilleures conditions, l'efficacité moyenne de la station de Pointis est de 33 % (débits turbinés inférieurs à 50 m³/s) et l'efficacité moyenne à Camon atteint plus de 60 % lorsque les débits turbinés par la centrale n'excèdent pas 55m³/s.

Les tests réalisés en 2009 avaient pour objectifs de compléter l'évaluation du piège de Camon obtenus en 2008 avec un débit constant de 3m³/s dans l'exutoire et de poursuivre la recherche de solutions pour améliorer l'attrait des exutoires de Pointis entrepris en 2008 par la mise en place du râteau du dégrilleur en surface afin de simuler un masque au niveau du plan de grille de l'usine.

A Camon, les résultats obtenus en 2009 confirment pour cette station qu'un débit minimum de 3m³/s dans l'exutoire est primordial pour éviter une baisse trop importante de l'efficacité du piège. Dans ces conditions et lorsque la centrale fonctionne à pleine puissance, l'efficacité moyenne du piège de Camon est de l'ordre de 30%.

A Pointis, la pose d'un masque de guidage en surface au niveau du plan de grille de la centrale (plaques accrochées au dégrilleur et positionnées 2 m sous la surface testée en 2009) a réellement permis d'améliorer l'efficacité de la station. Lorsque l'usine fonctionne à pleine puissance, l'efficacité moyenne du piège passe de 17,5 à 46%.

SOMMAIRE

SOMMAIRE	I
TABLEAUX ET FIGURES	IV
INTRODUCTION	1
REMERCIEMENTS	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	4
1.2.1 Fonctionnement des exutoires.....	4
1.2.2 Attrait des poissons par la lumière.....	5
1.2.3 Problèmes liés au piégeage.....	5
1.2.4 Personnel présent sur les sites.....	5
1.3 Relevés des paramètres environnementaux et du fonctionnement hydraulique des aménagements	6
1.4 Suivi biologique	6
1.4.1 Comptage vidéo.....	6
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	10
2.3.3 Exutoire de Camon	12
2.3.4 Exutoire de Pointis.....	13
2.4 Suivi biologique	13
2.4.1 Etude des passages des poissons piégés.....	13
2.5 Relevés de paramètres biologiques (Biométrie)	16
2.5.1 Répartition par espèce.....	16

2.5.2	Etat sanitaire.....	17
2.5.3	Contrôle des smolts marqués par pigments fluorescents	18
2.5.4	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 8)	23
3	BILAN INTER-ANNUEL (2000-2009).....	25
3.1	Evolution des paramètres environnementaux	25
3.1.1	Débit de la Garonne.....	25
3.1.2	Evolution de la température de l'eau.....	26
3.2	Evolution des effectifs piégés	27
3.2.1	Bilan par espèce	27
3.3	Caractéristiques biologiques des smolts de saumon du haut bassin de la Garonne.....	28
3.3.1	Activité de dévalaison des smolts	28
3.3.2	Production de smolts à partir des saumons repeuplés	30
3.3.3	Caractéristiques des saumons déversés et capturés à la dévalaison.....	32
4	CONCLUSIONS.....	36
4.1	Campagne de piégeage 2009.....	36
4.2	Bilan interannuel.....	36
5	EVALUATION DE L'EFFICACITE DES STATIONS DE PIEGEAGE.....	37
5.1	Introduction.....	37
5.1.1	La période d'expérimentation.....	37
5.1.2	Le marquage des smolts.....	37
5.1.3	Réalisation de lots témoins	38
5.1.4	Modalités de marquage	38
5.1.5	Les lâchers des lots marqués	39
5.1.6	Fonctionnement des dispositifs de détection des marques.....	39
5.1.7	Améliorations de l'efficacité des exutoires	40
5.1.8	Evaluation de l'efficacité des exutoires et estimation des pertes par surverses aux barrages.....	41
5.2	Résultats et analyses : tests 2009	42
5.2.1	Lots témoins et mortalités dues au marquage :	42
5.2.2	Comportement de dévalaison	42
5.2.3	Efficacité des exutoires : tests 2009.....	43

5.3	Bilan des tests d'efficacité des exutoires réalisés depuis 2005	44
5.3.1	Rappels :.....	44
5.3.2	Efficacité de l'exutoire de Camon	44
5.3.3	Efficacité des exutoires de Pointis	46
6	CONCLUSION	48
	BIBLIOGRAPHIE.....	49
	ANNEXES.....	51

TABLEAUX ET FIGURES

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 : Températures moyennes journalières relevées sur la Garonne à Loures-Barousse et sur la Neste à Mazère de Neste pendant la période d'étude	9
Figure 3 : Evolution de la turbidité (en cm mesurée au disque de Secchi) et du débit moyen journalier (en m ³ /s) de la Garonne enregistrés à Valentine (Banque Hydro).	9
Figure 4 : Détails du fonctionnement des groupes de l'usine de Pointis durant la campagne (puissance exprimée en MW).....	11
Figure 5 : Fonctionnement de l'usine de Camon durant la campagne (puissance exprimée en MW)	12
Figure 6 : Variations du niveau de l'eau dans les Bassins de Mise en Charge des centrales de Camon et de Pointis lors de la campagne 2009 (en m NGF).....	13
Figure 7 : Evolution des effectifs cumulés par créneaux horaires d'1 heure à Camon et à Pointis en 2009	14
Figure 8 : 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.....	16
Figure 9 : Proportion de chacune des anomalies sanitaires relevées sur les individus classés « non sains » échantillonnés à Camon et à Pointis de Rivière en 2009	18
Figure 10 : Structure du peuplement des smolts de saumon atlantique (classes de tailles en mm) d'après l'échantillonnage effectué sur les 2 sites (Camon et Pointis de Rivière).....	20
Figure 11: 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	20
Figure 12: Relation taille/poids des saumons atlantiques échantillonnés.....	21
Figure 13: Structure du peuplement des truites fario (TRF et TRF BL) dévalantes d'après les échantillons mesurés à Camon et Pointis de Rivière	22
Figure 14: Comparaison des débits journaliers de la Garonne mesurés à Valentine ou à Gourdan-Polignan de 2001 à 2009.....	26
Figure 15: Températures de l'eau de la Garonne enregistrées à Loures-Barousse (zone de grossissement des juvéniles) entre 2000 et 2009 du 1 ^{er} mars au 31 mai.....	27
Figure 16: Effectifs piégés total et par espèces à Camon et à Pointis (depuis 2003).....	28
Figure 17: Evolution des effectifs cumulés de poissons piégés par année.	28
Figure 18: Evolution de la fenêtre de migrations par année.....	29
Figure 19: Comparaison interannuelle des effectifs de saumon repeuplés sur le bassin amont au stade alevin (année n-1), des effectifs de smolt piégés et potentiellement dévalant (théoriques).....	31
Figure 20: Répartition en classe de taille des smolts contrôlés au stade 1+ à Camon et Pointis	33
Figure 21: Proportion de smolts dévalant à 1 an par contingent déversé	34
Figure 22: Productivité des habitats du haut bassin de la Garonne	35
Figure 23 : Efficacité du piège de Camon en fonction du débit turbiné par la centrale. Bilan des campagnes de marquage 2005, 2006, 2007 et 2008.....	45

Figure 24: Efficacité du piège de Pointis en fonction du débit turbiné par la centrale. Bilan des campagnes de marquage 2005, 2006, 2007 et 2008.....	46
Figure 25: Comparaison des résultats des tests d'efficacité réalisé dans des conditions de forts débit turbinés sans aménagement et avec deux dispositifs testés : râteaux du dégrilleur positionnés sous surface (50 cm) et masque plein (plaque) de 2m de haut sous la surface	47
Tableau 1 : Fréquence et période d'enregistrement des différents paramètres étudiés.....	6
Tableau 2 : Causes et durées des arrêts des pièges de Camon et Pointis en 2009	8
Tableau 3 : Effectifs de poissons dévalant en fonction des conditions nyctémérales à Camon et Pointis en 2009.....	14
Tableau 4 : Espèces recensées à Camon et à Pointis de Rivière en 2009.....	16
Tableau 5 : Caractéristiques biométriques des smolts marqués capturés en 2009 (smolts 2+)	19
Tableau 6 : Caractéristiques biométriques des salmonidés piégés	19
Tableau 7 : Effectifs des poissons piégés sur les sites de Camon et Pointis de Rivière	22
Tableau 8: Effectifs des poissons transportés depuis les sites de piégeage.....	23
Tableau 9 : Récapitulatif des transports effectués pendant la période de piégeage	24
Tableau 10 : Effectifs de poissons piégés à la dévalaison par année.....	27
Tableau 11: Dates de début et de fin de migration des smolts de saumon de la Garonne au niveau des stations de piégeage de Pointis et Camon	30
Tableau 12: 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 1 ⁺ : 6,75 % ; Taux de survie théorique 2 ⁺ : 1,5 %.....	31
Tableau 13: Comparaison des biomasses déversées et des biomasses piégées.	32
Tableau 14: Lots de saumon marqués et déversés sur le bassin amont de la Garonne et la Neste et années de contrôle aux pièges de Camon et Pointis.	33
Tableau 15: Récapitulatif du nombre de lots par lieux de lâcher	39
Tableau 16 : Résultats des tests d'efficacités réalisés en 2009 à partir des lots lâchés dans les canaux d'amenée des centrales de Camon et Pointis et récupérés dans les pièges de Camon et Pointis.....	43
Photo 1 : Deux phénotypes de truite fario à robe sombre (TRF) photo de droite et prés-molt (TBL) photo de gauche.....	17
Photo 2 : smolt de saumon atlantique capturé sur la Garonne à Pointis.....	19
Photo 3 : Dispositif de détection du piège de Pointis	40
Photo 4 : Masque plein de surface (tôles fixées sur le râteau du dégrilleur de Pointis).....	41
Photo 5 : Grille de tranquillisation avec bavette (en position hors d'eau).....	41

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 en juvéniles à l'échelle des potentiels d'accueil, l'amont des cours d'eau du bassin 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 2009 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.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tous les organismes et toutes les personnes qui ont participé 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 Groupement d'Exploitation Hydraulique EDF Garonne et en particulier Mr Sanegre pour le suivi de la convention de piégeage et sa participation à la mise en place du masque de surface de Pointis lors des lâchers de smolts marqués,
- 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 mis à notre disposition.

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 annexe 1), sont situées sur la Garonne en aval de zones favorables à la reproduction et au développement des juvéniles de saumon. Les repeuplements en saumon, réalisés dans le cadre du programme de restauration du saumon atlantique sur le bassin de la Garonne, sont effectués sur la Garonne entre St Bât et la retenue d'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).

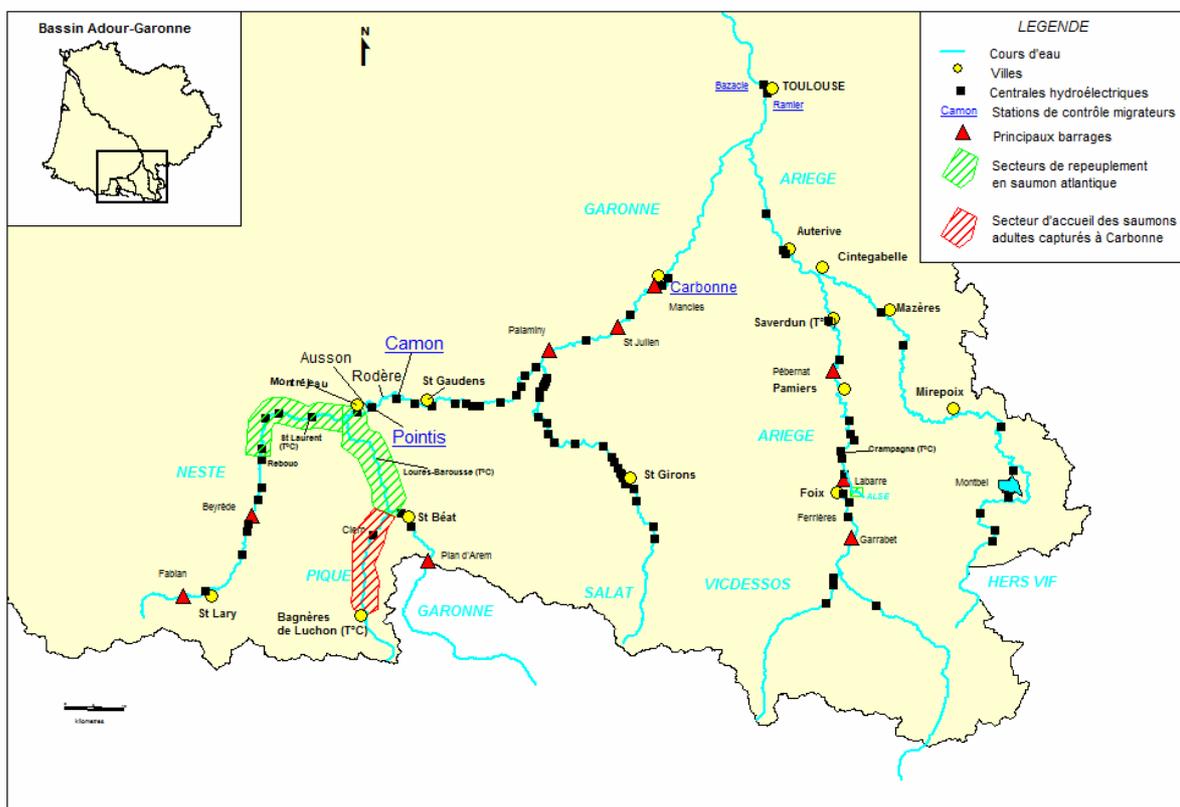


Figure 1 : Situation géographique des secteurs mobilisés par la mise en place de la stratégie de piégeage transport sur le bassin de la Garonne

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 km². Le module de la Garonne est à ce niveau de 62 m³/s. Une partie de ce débit est prélevée en amont pour les besoins de l'agriculture par l'intermédiaire du canal de la Neste (annexe 1).

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 m³/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 60 m³/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. À 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 1/40^{ème} du module soit 1,5 m³/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 m³/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 cote de retenue normale. Le by-pass (annexe 2) est 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 (plan en annexe 3), 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 a débuté le 09 mars 2009 sur le site de Pointis et le 17 mars 2009 sur le site de Camon pour se terminer le 07 mai 2009. 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 02 au 06 mars. Le démontage du matériel et la mise en hivernage de la station (nettoyage, vidanges des conduites d'alimentation...) ont été effectués entre le 11 mai et le 15 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 $3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (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 cote 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 modification (raccordement au capteur de niveau d'eau du BMC de gestion de la centrale) suite aux observations réalisées lors de l'étude 2007 où le débit moyen mesuré transitant dans l'exutoire était de $2,70 \text{ m}^3/\text{s}$ et pouvait fluctuer de $1,7$ à $3,9 \text{ m}^3/\text{s}$ (BOSC & al, 2008). Lors de la saison 2008, il a été observé une valeur moyenne du débit dans l'exutoire de $2,88 \text{ m}^3/\text{s}$ avec une amplitude moins importante qu'en 2007 (généralement de $2,60$ à $3,13 \text{ m}^3/\text{s}$ pour une cote supérieure à $393,46 \text{ m NGF}$, (BOSC & al, 2009)). Un nouveau réglage de la vanne a été effectué en début de campagne 2009. La butée d'ouverture maximale de la vanne a pu être déplacée de 8 cm afin que l'exutoire ait la capacité de fonctionner avec un débit plus important lorsque la cote du plan d'eau au niveau de BMC diminue.

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 $3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. 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 sur 90 cm pour 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 $0,60 \text{ m}$ (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 $1,5 \text{ m}$ 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 et 2).

Pendant le cycle lumineux d'attrait nocturne des poissons sur le site de Pointis-de-Rivière, en conditions normales, 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 d'incidents majeurs.

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, de 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 de Pau et des Pays de l'Adour, master 1 DYNEA), 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	09/03 au 07/05/09	Thermomètre digital	MIGADO
Température de l'eau de la Neste	Saint Laurent de Neste	1 heure	en continu sur l'année	Enregistreur Nke	MIGADO
Température de l'eau de la Garonne	Loures-Barousse	1 heure	en continu sur l'année	Enregistreur Nke	MIGADO
Conductivité de l'eau de la Garonne	Camon	quotidienne	09/03 au 07/05/09	Conductimètre WTW LF318	MIGADO
Oxygène de l'eau de la Garonne	Camon	quotidienne	16/03 au 16/05/08	Oxymètre WTW 330/SET	MIGADO
Turbidité de l'eau de la Garonne	Camon	quotidienne	09/03 au 07/05/09	Disque de Secchi	MIGADO
Débit de la Garonne à Gourdan	Gourdan Polignan	10 minutes	09/03 au 07/05/09	enregistreur EDF	EDF groupement de Camon
Débit turbiné par l'usine de Pointis (par groupe)	Pointis	2 minutes	09/03 au 07/05/09	enregistreur EDF	EDF groupement de Camon
Cote NGF Bassin de mise en charge de Camon	Pointis	horaire	09/03 au 07/05/09	enregistreur EDF	EDF groupement de Camon
Débit turbiné par l'usine de Camon (par groupe)	Camon	horaire	09/03 au 07/05/09	enregistreur EDF	EDF groupement de Camon
Ouverture de la vanne by pass de Camon	Camon	horaire	09/03 au 07/05/09	enregistreur EDF	EDF groupement de Camon
Débit de l'exutoire de Camon	Camon	horaire	09/03 au 07/05/09	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 (ONEMA/CEMAGREF), EDF (R&D) et le Laboratoire d'électronique de l'ENSEEIH. 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. Cependant, ce système ne permet pas, ni à Camon ni à Pointis de Rivière, de différencier les espèces.

Remarque : Les smolts de saumons transitent 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.

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 (opération de marquage par pigment fluorescent des individus repeuplés en amont) et la détermination de la proportion de chaque espèce présente dans le bassin de stabulation.

1.5 Transport des poissons capturés

Le transport des poissons en aval de Toulouse ou de Golfech est effectué avec un camion (type IVECO Euro cargo de PTAC=8600Kg) équipé d'une citerne de 4 m³ comprenant un système d'oxygénation de la cuve et de capteurs permettant 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'aménée (tableau 2).

La campagne de piégeage s'est déroulée du 09 mars au 07 mai 2009, soit une période qui s'étend sur 60 jours, durant laquelle les pièges de Camon et Pointis ont été fonctionnels 80% du temps. 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, trois autres types d'évènements ont contribué à une diminution du temps de piégeage (tableau 2). Il s'agit des chasses aux barrages (8 à Rodère et 10 à Ausson), des arrêts pour cause de crue (4 à Camon et 3 à Pointis) et de maintenance.

Nature	Arrêts à Camon			Arrêts à Pointis		
	Nombre	Durée	Pourcentage	Nombre	Durée	Pourcentage
Vérifications	162	0	0%	200	0	0%
Entretien des grilles	191	52,8h	22,2%	200	58,2h	19,9%
Biométries	14	9,5h	4,00%	12	6,10h	2,1%
Chasse	8	36,5h	15,4%	10	41,6h	14,2%
Maintenance	3	10,5h	4,4%	2	61,3h	21,0%
Crue	4	128,6h	54,1%	3	124,7h	42,7%
Transparence	0	0	0%	0	0	0%
Total	382	237,8h	100%	427	291,8h	100%

Tableau 2 : Causes et durées des arrêts des pièges de Camon et Pointis en 2009

2.2 Paramètres du milieu

2.2.1 Température de l'eau

Les deux enregistreurs de température, situés sur la Garonne à Loures-Barousse, et sur la Neste à Mazère de Neste (figure 2), 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 6,3°C le 25 mars, un maximum de 9,7°C le 05 avril et une moyenne de 7,8 °C
- pour la Neste un minimum de 6,6 °C le 25 mars, un maximum de 10,4 °C le 06 mai et une moyenne de 8,3 °C

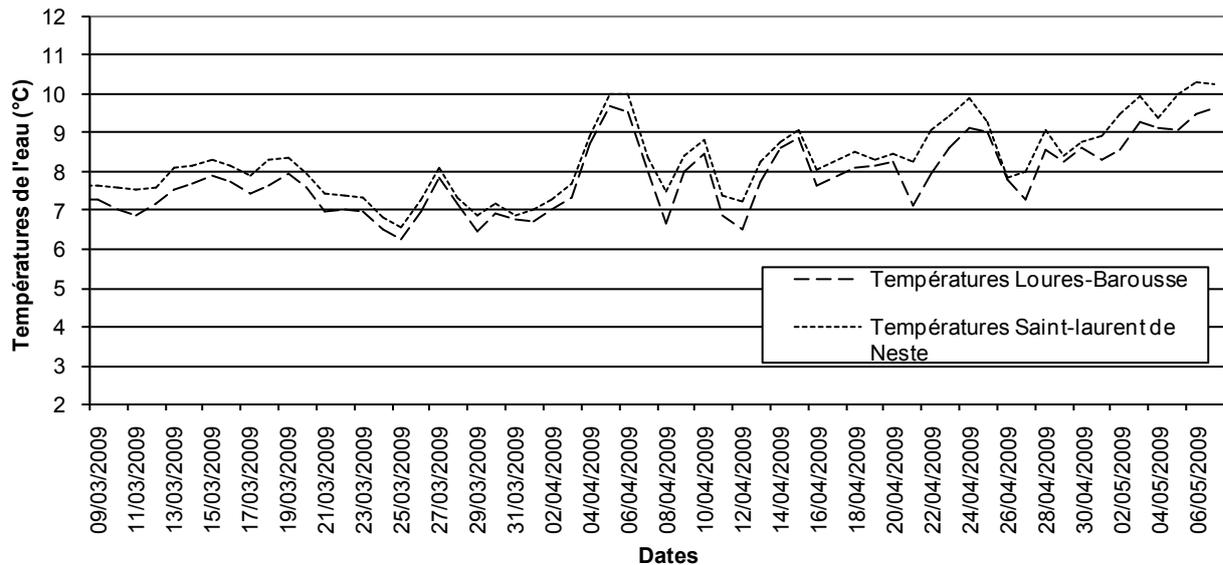


Figure 2 : Températures moyennes journalières relevées sur la Garonne à Loures-Barousse et sur la Neste à Mazère de Neste pendant la période d'été

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 de 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 9 mg.l^{-1} et $10,6 \text{ mg.l}^{-1}$ avec une valeur moyenne de $9,7 \text{ mg.l}^{-1}$ soit respectivement 85 %, 98 % et 88,2 % de saturation (annexe 3)

2.2.3 Transparence de l'eau

Le suivi de la transparence de l'eau (figure 3 et annexe 3) montre généralement une augmentation de la turbidité lors des augmentations significatives du débit de la Garonne. Les plus fortes turbidités ont été observées les 8, 11, 27 avril, et 3, 7 mai.

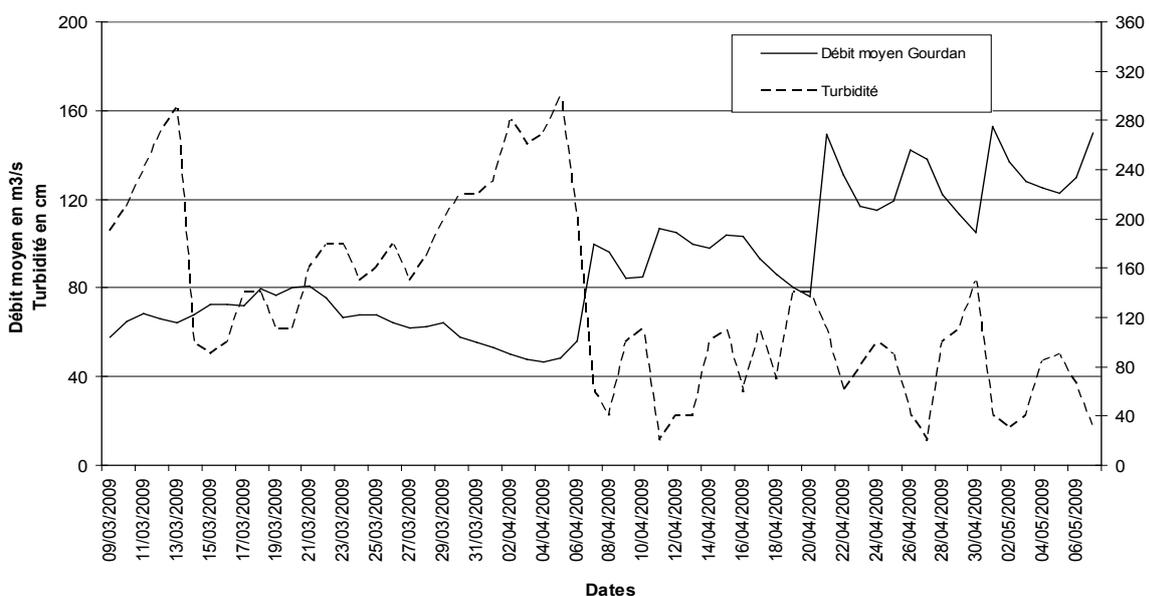


Figure 3 : Evolution de la turbidité (en cm mesurée au disque de Secchi) et du débit moyen journalier (en m^3/s) de la Garonne enregistrés à Valentine (Banque Hydro).

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 46,7 à 153 m³/s (Figure 3).

L'hydrologie de la Garonne lors du printemps 2009 a été très soutenue. Le mois de mars avec des débits compris entre 55 m³/s et 80 m³/s et un débit moyen de 66,3 m³/s a connu une hydrologie supérieure à sa moyenne mensuelle calculée sur la période 1986-2008 (coefficient d'hydraulicité de 1,26, annexe 4). Le mois d'avril a aussi été très humide avec un débit moyen de la Garonne de 96,4 m³/s (coefficient d'hydraulicité de 1,31). Des épisodes de crue sont survenus à partir du 21 avril et jusqu'à la fin de la campagne de piégeage (le 7 mai). Durant cette période, le débit de la Garonne a atteint 154 m³/s et n'est pas descendu en dessous de 106 m³/s. L'hydrologie du mois de mai s'est accentuée avec des valeurs de débits très élevées. Le débit moyen mensuel du mois de mai a été de 195 m³/s (coefficient d'hydraulicité de 1,87).

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 4 et 5) ont été la majeure partie du temps proche du maximum turbinable :

- pour l'usine de Camon le fonctionnement avec une puissance maximale de 14 MW correspondant à un débit de 80 m³/s.
- pour l'usine de Pointis un fonctionnement avec une puissance maximale proche de 7MW correspondant à un débit de 60 m³/s.

2.3.2.1 Usine de Pointis

10 chasses au barrage de Ausson ont été réalisées pendant la période de piégeage les 10, 16, 17 et 23 mars et les 6, 10, 14, 19, 25 et 28 avril. 3 arrêts pour mise en sécurité des installations se sont déroulés du 21 au 22 avril, du 26 au 28 avril et du 1^{er} au 3 mai.

La figure 5 détaille également le fonctionnement général de l'usine (remarque : la puissance nulle indiqué par le graphe de la figure 5 entre le 24 et le 27 mars ne correspond pas à un arrêt de la centrale mais à un dysfonctionnement de l'enregistreur de l'usine). Le fonctionnement des groupes est lié au débit arrivant à l'usine. Chaque groupe turbine au maximum 20 m³/s et produit environ 2,5 MW. La centrale de Pointis a fonctionné à son maximum, avec ses 3 groupes, la majeure partie de la campagne de piégeage. A deux reprises du 14 mars au 17 mars et du 3 au 6 avril, seulement 2 groupes étaient en marche.

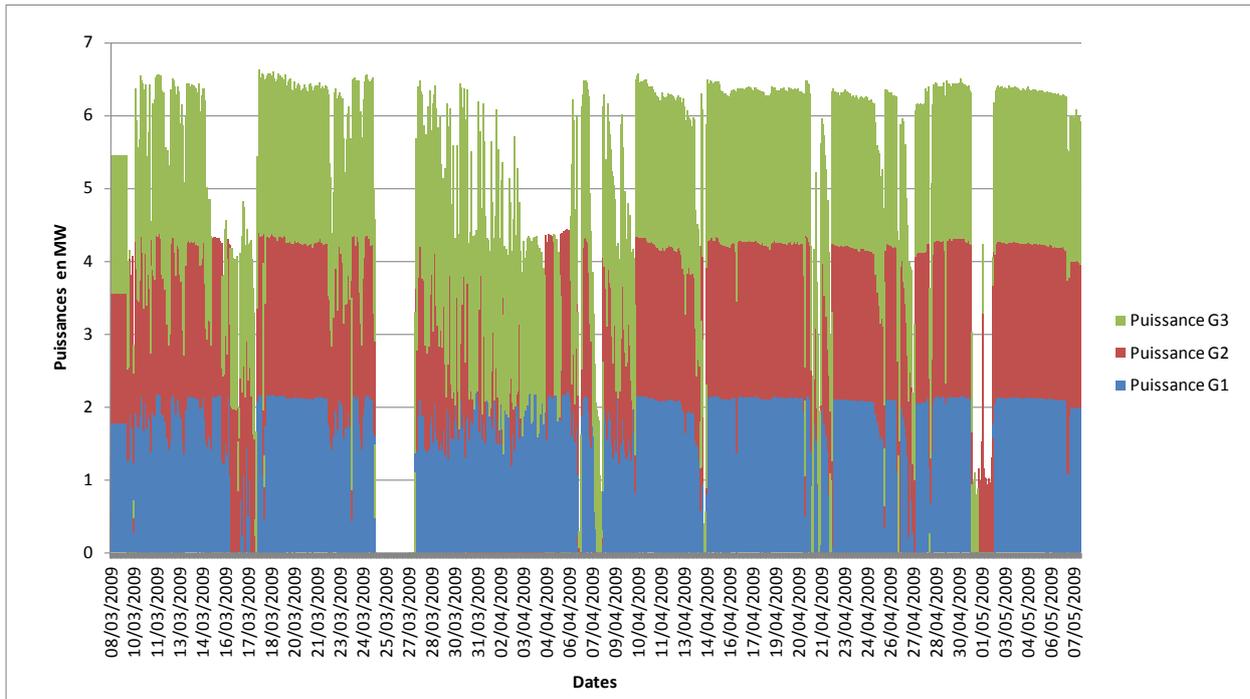


Figure 4 : Détails du fonctionnement des groupes de l'usine de Pointis durant la campagne (puissance exprimée en MW)

2.3.2.2 Usine de Camon

La figure 6 donne le détail du fonctionnement de l'usine exprimé en megawatts (MW). Le piégeage a débuté à Camon le 17 mars mais les données concernant le fonctionnement de l'usine n'ont pu être exploitées qu'à partir du 26 mars 2009.

Au début du piégeage, du 11 mars au 24 mars (figure 5), la centrale a turbiné des débits moyens avec un ou deux groupes en marche.

Du 26 mars au 1er avril, l'usine de Camon a exploité un débit correspondant à 2 groupes en fonctionnement soit une puissance proche de 10 MW. Puis du 1^{er} avril au 6 avril, un seul groupe en marche soit une puissance d'environ 5 MW.

A partir du 6 avril et jusqu'au 7 mai, indépendamment des arrêts pour les chasses au barrage, l'usine de Camon a produit à des valeurs comprises entre 12 MW et 14 MW (proche de la puissance maximale) avec ses trois groupes en fonctionnement.

8 chasses ont été réalisées au barrage de Rodère : le 20 mars, les 8, 14, 20, 21, 22, 26 et 29 avril et les 2 et 7 mai. L'usine a été aussi arrêtée pour cause de crue à 4 reprises du 21 au 22 avril, du 26 au 28 avril, du 1^{er} au 3 mai et le 6 mai.

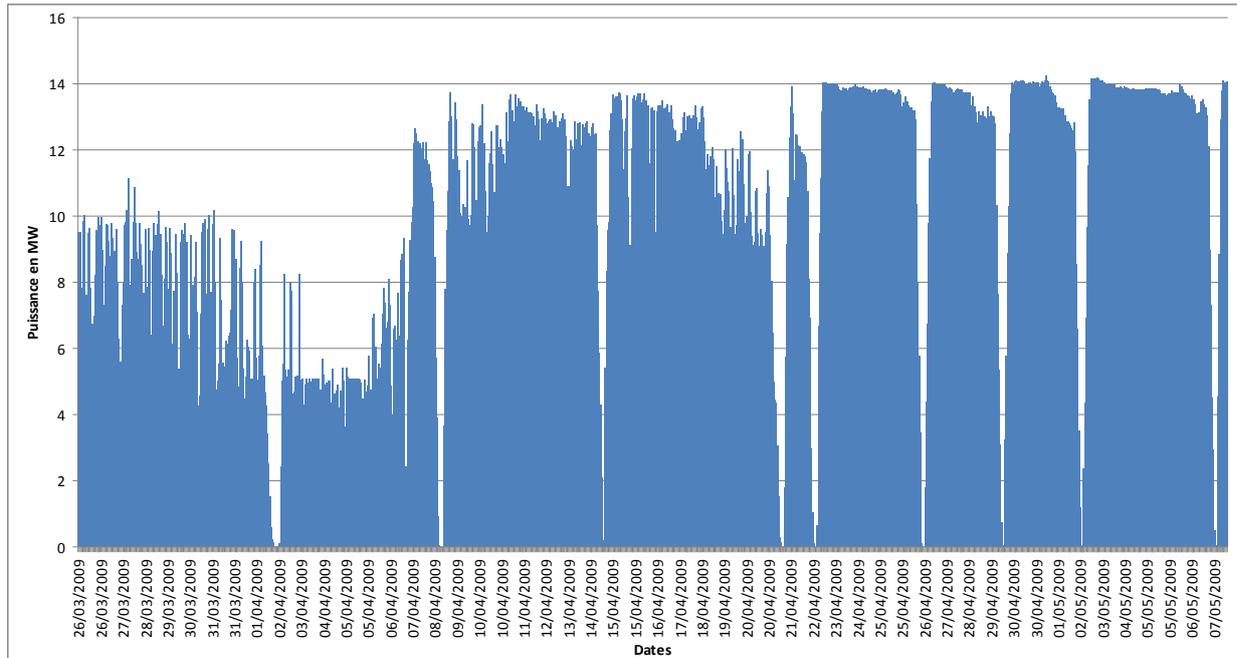


Figure 5 : Fonctionnement de l'usine de Camon durant la campagne (puissance exprimée en MW)

2.3.3 Exutoire de Camon

Rappel : Lors de la campagne 2007, l'étude du débit de l'exutoire de dévalaison de Camon en fonction du niveau de l'eau dans le Bassin de Mise en Charge avait permis de mettre en évidence un dysfonctionnement de l'asservissement de la vanne de l'exutoire et de constater l'importance des variations de la cote du niveau d'eau au niveau du bassin de mise en charge (c.f. Figure 7 et 8). Le débit transitant dans l'exutoire oscillait énormément autour de la valeur programmée à 3 m³/s (valeur optimale préconisée pour un bon attrait de poisson) et était en moyenne très en dessous de cette valeur. Lorsque le niveau du BMC descend en dessous de la cote 393.46 m NGF, le débit de l'exutoire ne peut atteindre la valeur préconisée de 3 m³/s. De par sa conception, l'exutoire délivre alors un débit inférieur (la vanne de l'exutoire est en butée basse). Ces conditions n'assurent pas un fonctionnement optimum du dispositif de piégeage.

Des travaux réalisés par EDF avant le démarrage de la campagne 2008 ont consisté à modifier la programmation de l'automate et changer la source qui informe l'automate de la valeur de la cote du plan d'eau au niveau de BMC (branchement sur le capteur de niveau BMC de la centrale).

Le débit moyen journalier dans l'exutoire de dévalaison enregistré lors de la campagne 2008 a été de 2,81 m³/s, avec un maximum de 3,13 m³/s et un minimum de 1,23 m³/s.

Les modifications apportées en 2008 sur l'automate de régulation semblent avoir amélioré le fonctionnement de l'asservissement avec un débit transitant dans l'exutoire beaucoup plus stable dans un fonctionnement normal (c'est-à-dire avec une cote du plan d'eau dans le BMC supérieure à 393,46 m NGF).

En 2009 pour pallier les déficits de débit dans l'exutoire de Camon lorsque le niveau d'eau dans le canal d'amenée baisse, une modification de la butée d'arrêt de course de la vanne de l'exutoire a pu être effectuée.

Les diminutions du débit de l'exutoire se produisent lors des périodes où la cote du BMC est en dessous de 493.46 m NGF.

De plus, la baisse du niveau de la cote du BMC de Camon pose un second problème : la prise d'eau alimentant les bassins de stockage des poissons peut se trouver hors d'eau. Le

bassin de stabulation peut donc ne plus être alimenté, ce qui peut engendrer des mortalités de poissons piégés. L'amplitude de ces variations de niveau du BMC de Camon, décrites par la figure 6, est importante. La ligne d'eau a varié au printemps 2009 de la cote 392,63 m NGF à 394,68 m NGF, soit une amplitude maximale de plus de 2 m mais la valeur de cette cote est plus généralement comprise entre 393,40 et 394,12 (1^{er} et 3^{ème} quartiles).

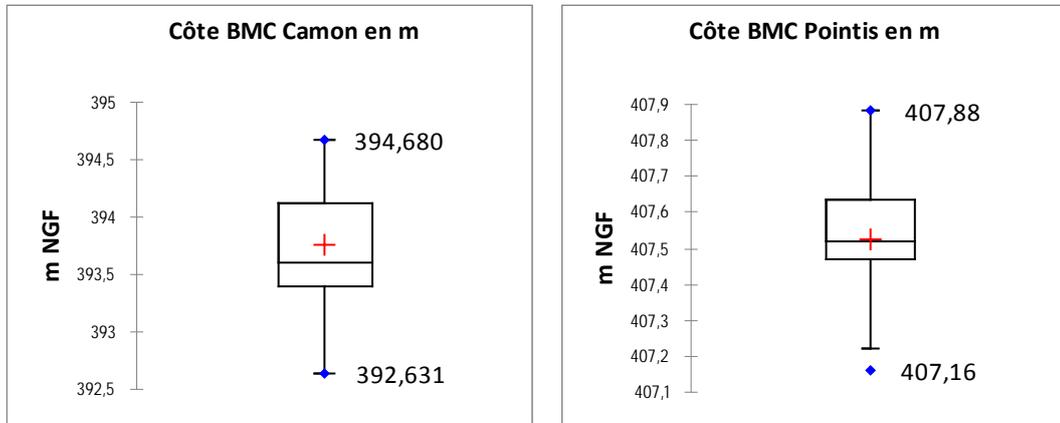


Figure 6 : Variations du niveau de l'eau dans les Bassins de Mise en Charge des centrales de Camon et de Pointis lors de la campagne 2009 (en m NGF)

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 en comparaison de celles observées à Camon (inférieures à 50 cm). La ligne d'eau au niveau du BMC a varié lors de la campagne de piégeage 2009 de la cote 407,16 m NGF à 407,88 m NGF soit un maximum de 0,70 m (figure 6) mais reste généralement comprise entre les cotes 407,47 et 407,63 (1^{er} et 3^{ème} quartiles), soit une amplitude relativement faible de 0,16 m.

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, les poissons piégés sur les 2 sites peuvent être comptés lors des biométries quand les effectifs ne sont pas trop importants. Ce comptage n'est pas systématique mais a permis de vérifier l'efficacité réelle du contrôle vidéo à l'occasion de 47 piégeages pour Camon et 54 piégeages pour Pointis

Pour le site de Camon, le suivi vidéo a fonctionné avec une fiabilité en moyenne de 97,3% (de 62,5% à 100%).

A Pointis, le suivi vidéo affiche une fiabilité de fonctionnement légèrement plus faible (soit une moyenne de 92% oscillant de 66% à 100%). Avec moins de 9% d'erreurs (soit 3 909 individus comptés à la vidéo sur 4 167 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 **9 879 poissons** pour l'ensemble des deux sites : **5 970 à Camon et 3 909 à Pointis** entre le 09 mars et le 07 mai 2009. 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 le jour et la nuit pour les deux sites. Les passages se font essentiellement la nuit (79,6 %) entre 20h30 et 8h30. Il est à noter pour cette campagne une différence importante de la répartition des passages entre le jour et la nuit suivant les deux pièges avec à Pointis près de 40% des poissons piégés le jour pour seulement 7% à Camon

Phase	Camon		Pointis		Global	
	Effectifs filmés	Pourcentage	Effectifs filmés	Pourcentage	Effectifs filmés	Pourcentage
Jour	419	7,0%	1561	40,0%	1980	20,4%
Nuit	5551	93,0%	2348	60,0%	7899	79,6%
Total	5970	100%	3909	100%	9879	100%

Tableau 3 : Effectifs de poissons dévalant en fonction des conditions nyctémérales à Camon et Pointis en 2009

A Camon, 93% des poissons ont été capturés la nuit, les créneaux horaires où le plus grand nombre de poissons ont été piégés se situent entre 21h et 6h du matin (Tableau 3 et Figure 7). Le maximum de passage est enregistré à 23h. La fréquence des passages diminue nettement avec le lever du jour et est très faible la journée.

A Pointis, les passages ont été répartis sur l'ensemble des 24 heures. Les créneaux horaires où les passages ont été les plus importants correspondent à l'après midi (15h-16h), le début de nuit (21h-22h) et la fin de nuit (5h à 8h).

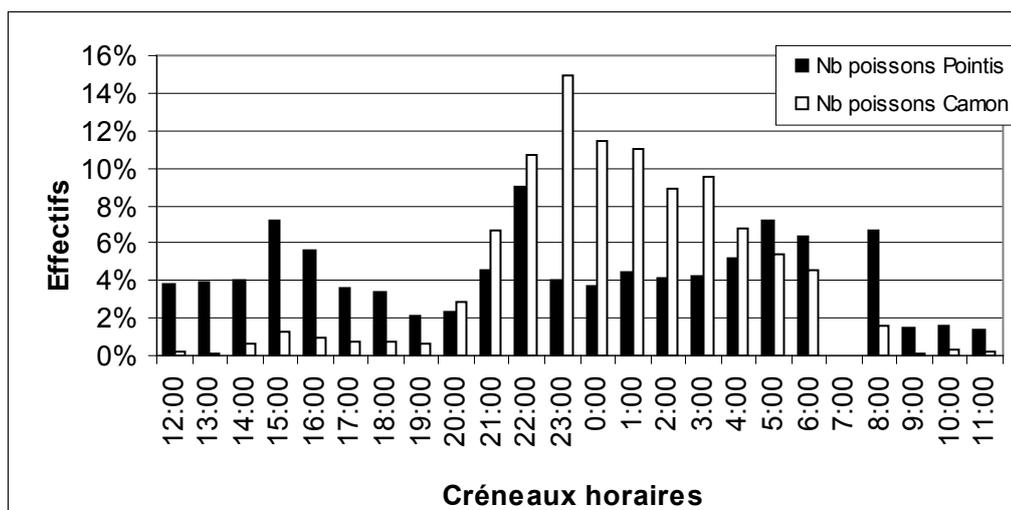


Figure 7 : Evolution des effectifs cumulés par créneaux horaires d'1 heure à Camon et à Pointis en 2009

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 8 correspond aux individus piégés quotidiennement sur une période de 24 heures qui débute à 8h30. (Exemple : le passage journalier du 20/03/09 prend en compte les poissons piégés entre 8h30 le 19/03/09 jusqu'à 8h30 le 20/03/09).

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, hormis quelques passages dès l'ouverture du piège (735 individus piégés entre le 18 et le 21 mars), l'essentiel des effectifs ont été piégés entre le 05 avril et le 7 mai, date de fermeture des pièges pour cause de veille de crue.

Les passages des poissons se sont déroulés avec des températures moyennes comprises entre 6,2 et 9,7°C.

Les premiers effectifs significatifs de poissons sont arrivés consécutivement à une variation relative des débits de la Garonne survenue entre le 18 et le 20 mars (de 64 à 72 m³/s).

La campagne de piégeage a connu en 2009 principalement 4 grandes périodes d'affluence, centrées autour des 20 mars, 8,16 et 21 avril. Lors de ces épisodes, les captures se sont succédées sur plusieurs jours avec des effectifs journaliers de plus de 100 poissons.

Les augmentations du nombre de poissons piégés d'un jour par rapport au jour suivant sont généralement survenues consécutivement à des hausses du débit de la Garonne. L'augmentation brutale du débit du 4 au 8 avril 2009 a favorisé la dévalaison des smolts et fait apparaître le principal pic de dévalaison de la saison avec près de 2 600 individus piégés le 8 avril (soit 26% du nombre total de poissons piégés). Deux autres pics se succéderont le 16 avril et le 21 avril, avec respectivement 900 et 500 poissons dévalant en 24h.

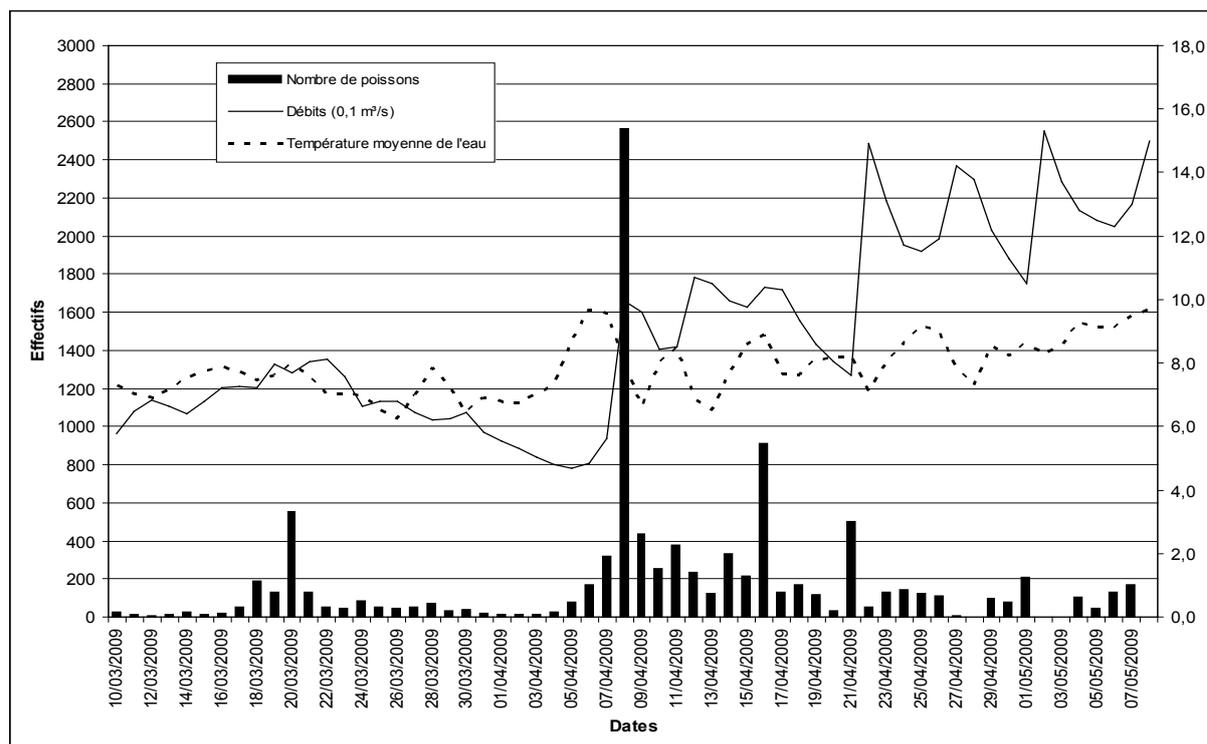


Figure 8 : Evolution des passages journaliers de poissons dévalant au cours de la période d'étude à Camon et Pointis en fonction de la température de l'eau (° C) mesurée à Loures-Barousse et du débit de la Garonne (0,1m3.s-1) mesuré à Gourdan-Polignan

2.5 Relevés de paramètres biologiques (Biométrie)

Lors des 91 relevés de paramètres biologiques effectués sur les deux sites de Camon et de Pointis de Rivière, respectivement 3 380 et 2 383 poissons (soit 33,8% et 23,8% du total des poissons piégés sur chaque station) ont été mesurés, pesés et observés (état sanitaire, marquage...).

2.5.1 Répartition par espèce

Au total, 7 espèces de poissons ont été recensées pendant l'ensemble de la campagne (Tableau 4), et ont fait l'objet de relevés de paramètres biologiques.

Famille	Non vernaculaire	Nom scientifique	Code
Cyprinidés	Gardon	<i>Rutilus rutilus</i>	GAR
Cyprinidés	Carassin	<i>Carassius carassius</i>	CAR
Cyprinidés	Goujon	<i>Gobio gobio</i>	GOU
Percidés	Perche	<i>Perca fluviatilis</i>	PER
Salmonidés	Saumon atlantique	<i>Salmo salar</i>	SAT
Salmonidés	Truite arc-en-ciel	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	TAC
Salmonidés	Truite fario	<i>Salmo trutta fario</i>	TRF

Tableau 4 : Espèces recensées à Camon et à Pointis de Rivière en 2009

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'examineur et la prédominance d'une robe sur l'autre, chaque individu a été classé au cas par cas.



Photo 1 : Deux phénotypes de truite fario à robe sombre (TRF) photo de gauche et présolt (TBL) photo de droite

2.5.2 Etat sanitaire

Pour 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 (96,17% des effectifs); ii) la première atteinte sanitaire (Figure 9) est due aux nécroses de nageoires et aux mycoses sur les truites à robe classique (truites « portions » issus de lâchers) et sur les autres espèces non salmonicoles ; iii) la perte d'écaillés inférieure à 30% de la surface du corps est 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.

Sur les 5763 poissons observés sur les 2 sites d'étude (soit 57,7 % du nombre total de poissons piégés), la majorité est en bonne santé et ne présente pas de problème particulier à 96,17%. Seuls 3,5% sont porteurs d'une anomalie sanitaire, 0,43% ont 2 atteintes, 0,11% 3 atteintes et seulement 0,04 % (soit 2 poissons) de 4 atteintes.

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

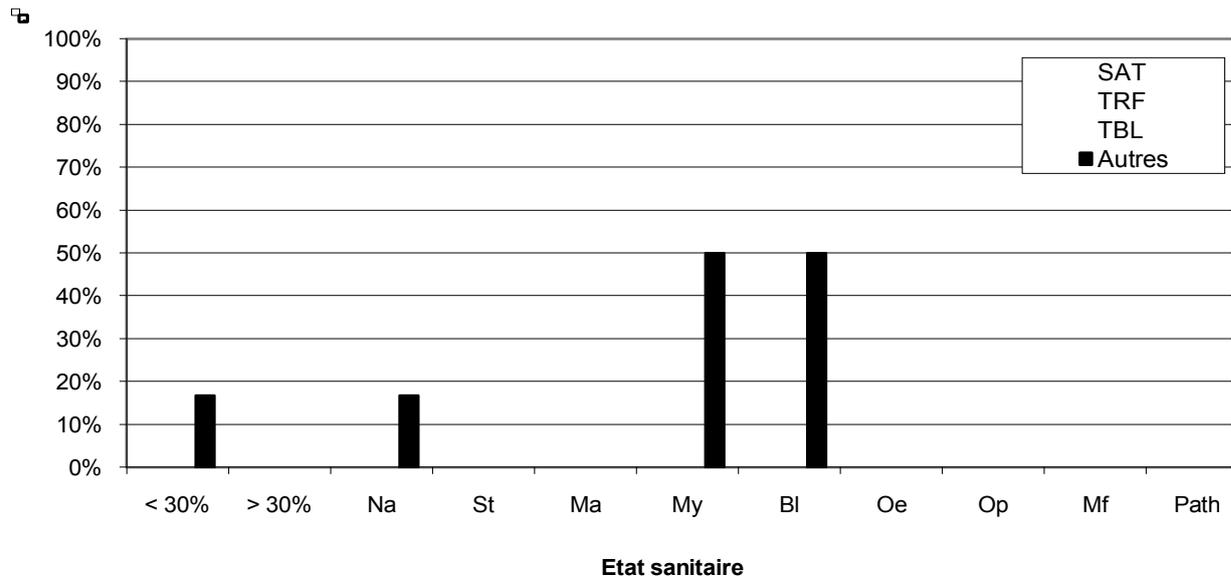


Figure 9 : Proportion de chacune des anomalies sanitaires relevées sur les individus classés « non sains » échantillonnés à Camon et à Pointis de Rivière en 2009

Description des codes utilisés : <30 % : écaillage inférieur à 30 % de la totalité du corps ; >30 % : écaillage supérieur à 30 % 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.

2.5.3 Contrôle des smolts marqués par pigments fluorescents

Lors des biométries, les smolts de saumon échantillonnés sur les deux sites, ont tous été contrôlés par passage sous lampe UV (photo ci-dessous) afin de déterminer leur appartenance à des lots marqués par pigments fluorescents (Chanseau et Gaudard, 2003). En 2007, des opérations de marquage par pigments fluorescents ont été effectuées sur 3 lots de saumons au stade pré-estival destinés aux secteurs de la Garonne amont. Au total, près de 38 000 saumons ont été marqués (1^{er} lot 8 925 marqués en jaune, 2^{ème} lot 14 220 marqués en rose, 3^{ème} lot 14 835 marqués en jaune avec un taux de marquages respectifs de 91%, 88% et 84%). Les objectifs de ces opérations étant :

- d'estimer les échanges ou migrations des individus récemment repeuplés entre les différents faciès par contrôle lors des pêches électriques automnales. Pour cela, 6 secteurs ont été choisis et deux couleurs utilisées,

- de caractériser plus précisément les individus smoltifiant à deux ans lors des recaptures à la dévalaison au niveau des stations de piégeage transport de Pointis et Camon au printemps 2009 (BOSC et GAYOU, 2008).

Au total, seulement 3 individus marqués par pigments fluorescents rose ont été observés sur l'ensemble des smolts contrôlés en biométrie (1 à Camon et 2 à Pointis).

Lieu de capture	Taille (Lt mm)	Poids (g)
Pointis	180	42
Pointis	198	76
Camon	187	50

Tableau 5 : Caractéristiques biométriques des smolts marqués capturés en 2009 (smolts 2+)

2.5.4 Caractéristiques biométriques des salmonidés

Le tableau 6 indique les tailles et les poids minima, maxima et moyens relevés sur l'ensemble des salmonidés échantillonnés à Camon et à Pointis de Rivière.

Espèces	Effectifs	Lt min (mm)	Lt max (mm)	Lt moy (mm)	P min (g)	P max (g)	P moy (g)
SAT	4669	104	298	163,9	10	175	38,7
TRF	374	111	530	207,1	16	1694	104,1
TRFBL	679	123	316	180,4	17	282	60,7

Tableau 6 : Caractéristiques biométriques des salmonidés piégés

Les smolts de saumons échantillonnés présentent une taille moyenne (longueur totale Lt) de 164 mm et un poids moyen de 39 g. Les tailles des smolts varient de 104 mm à 298 mm et les poids sont compris entre 10g et 1175g. Les truites (TRF) présentent une longueur totale moyenne de 207,1 mm et un poids moyen de 104,1g les truites smoltifiées (TRFBL) ont une longueur moyenne de 180,4 mm et un poids moyen de 60,7g.

2.5.4.1 Smolts de saumon atlantique



Photo 2 : Smolt de saumon atlantique capturé sur la Garonne à Pointis

- Répartition en classes de taille

L'histogramme de la figure 10 montre la répartition en classes de taille de l'ensemble des smolts de saumons mesurés lors des échantillonnages sur les deux stations. Cette représentation ne permet pas de distinguer les modes correspondant aux deux principales cohortes (smolts 1+ et 2+) généralement piégées. Les classes de tailles comprises entre 150 et 165 mm sont les mieux représentées. On observe donc pour cette campagne une majorité de smolts âgés d'un an (1+) en relation avec les efforts d'alevinages réalisés en 2008 (c.f. § 3.3.2).

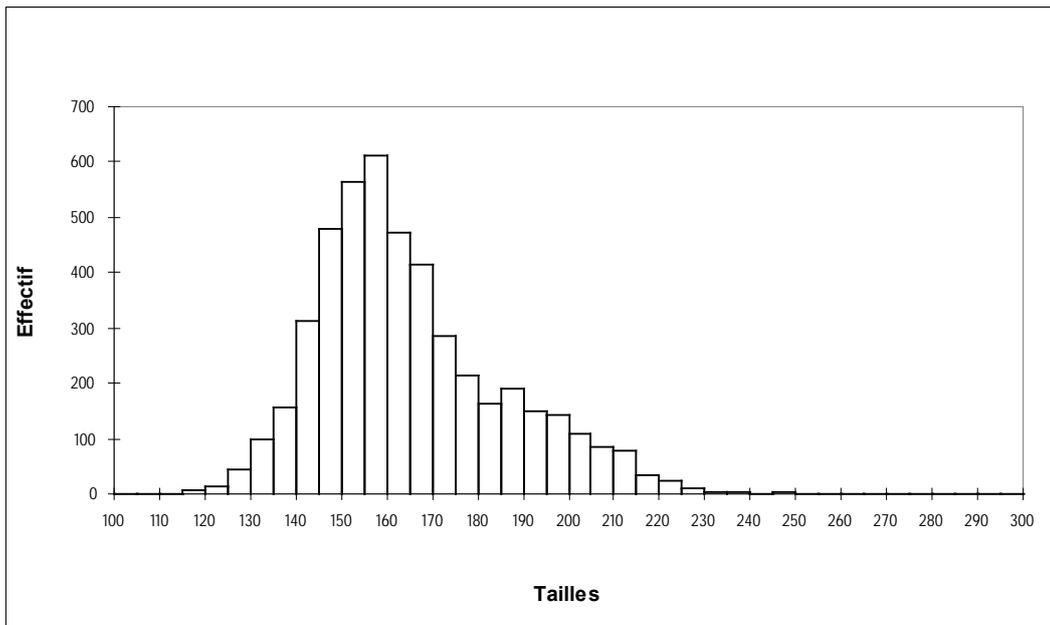


Figure 10 : Structure du peuplement des smolts de saumon atlantique (classes de tailles en mm) d'après l'échantillonnage effectué sur les 2 sites (Camon et Pointis de Rivière)

La proportion de smolts de plus de 180 mm, correspondant aux smolts 2+ par rapport à l'ensemble des smolts échantillonnés chaque jour est représentée sur la figure 11. Les smolts d'âge 2+ représentent une plus grande proportion des saumons échantillonnés en milieu de campagne. La proportion s'inverse progressivement avec une majorité de smolts 1+ capturés en fin de campagne. On observe généralement une diminution de la taille et de l'âge des smolts au cours de la migration (BAGLINIERE et al.,1987).

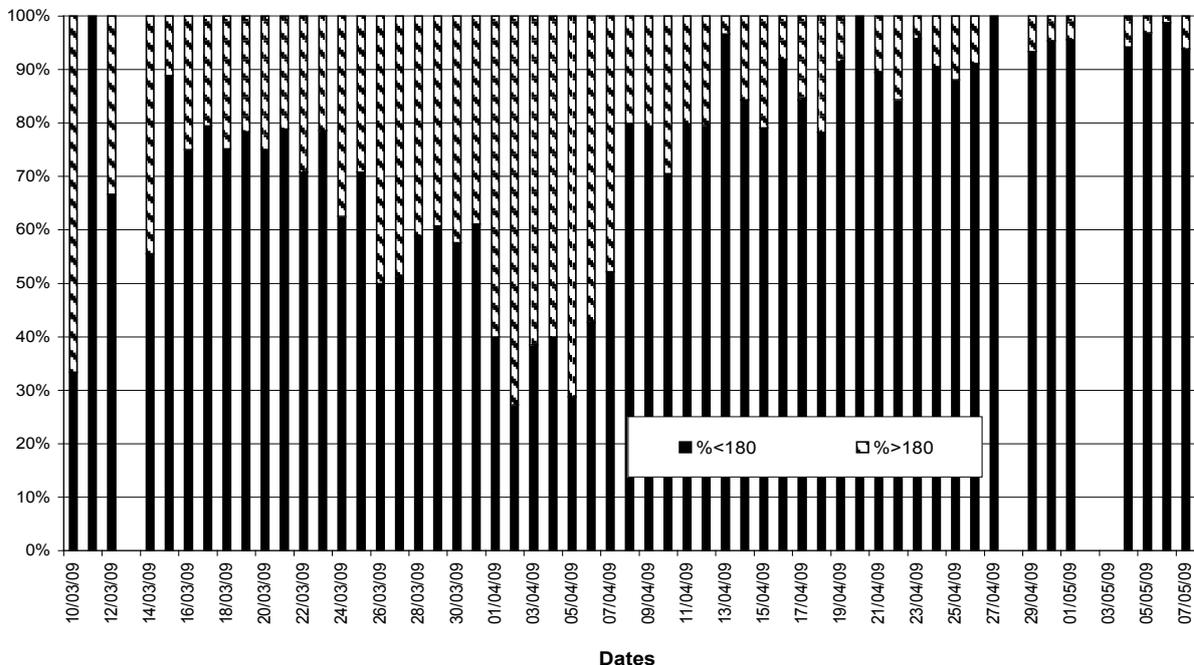


Figure 11: Evolution de la proportion de SAT de plus de 180 mm par rapport à l'ensemble des SAT mesurés lors de chaque biométrie à Camon et à Pointis de Rivière

- Relation taille/poids

Le graphique de la figure 12 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 ($R^2 = 0,899$).

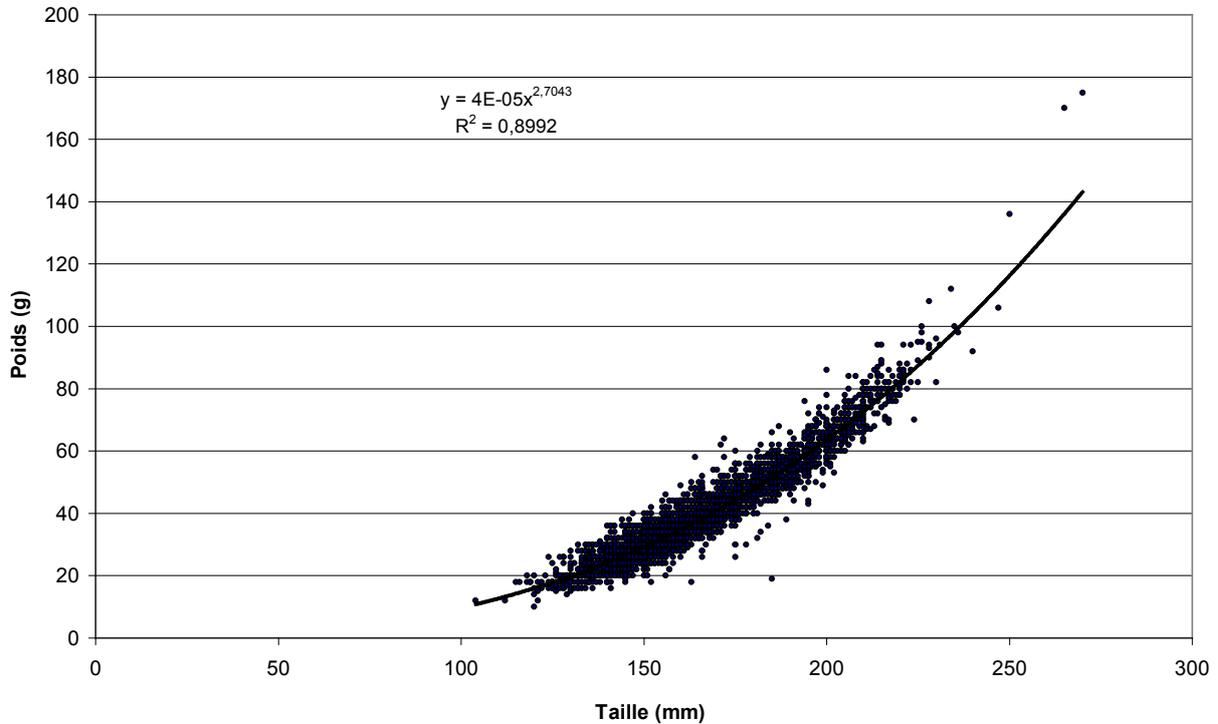


Figure 12: Relation taille/poids des saumons atlantique échantillonnés

- Coefficient de condition (K)

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

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

Pour 2009, les coefficients de condition des smolts de saumon varient de 0,30 à 1,36 avec une valeur moyenne de 0,87 pour l'ensemble des saumons capturés à Camon et à Pointis de Rivière.

2.5.4.2 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 13. Elle indique que la majorité des truites migrantes échantillonnées sur les 2 sites d'études ont une taille inférieure à 200 mm, soit 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 0,60 ; maximale de 1,28 et moyenne de 0,95 et pour les truites fario smoltifiées « blanchissantes » une valeur minimale de 0,54, maximale de 1,38 et moyenne de 0,98.

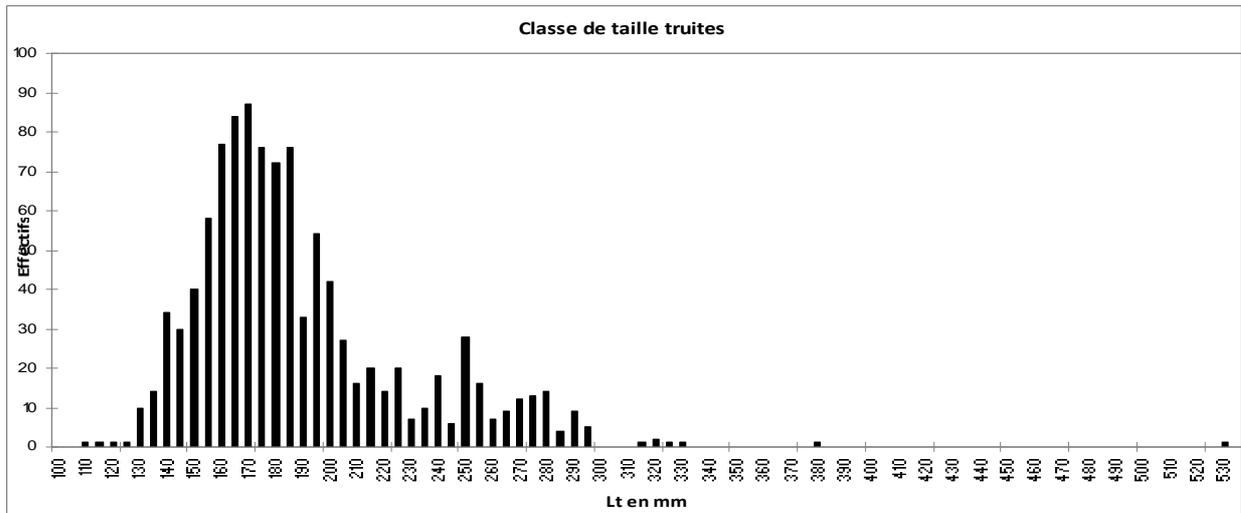


Figure 13: Structure du peuplement des truites fario (TRF et TRF BL) dévalantes d'après les échantillons mesurés à Camon et Pointis de Rivière

2.6 Bilan des effectifs contrôlés et transportés

2.6.1 Bilan des effectifs contrôlés

2.6.1.1 Poissons piégés (tableau 7)

Au total, **10 079 poissons** ont été capturés sur les sites de Camon et Pointis de Rivière dont **8 271 smolts de saumon** (soit 82,1% de l'effectif total). Ces effectifs tiennent 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 1 768 individus soit 17,5% des poissons piégés et les autres espèces 40 poissons.

Le site de Pointis a piégé 41% du total des saumons (5 970 saumons à Camon et 4 109 à Pointis de Rivière). De 2003 à 2008, Pointis avait permis la capture de, respectivement, 47%, 62%, 44%, 37%, 36% et 44% 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 influencent l'efficacité de chacune des deux stations de piégeage (c.f. § 5).

	Poissons piégés				Total
	SAT	TRF	TRF BL	Autres espèces	
Camon	5 300	113	542	15	5 970
Pointis	2 971	492	621	25	4 109
Total	8 271	605	1 163	40	10 079
Pourcentage	82,1%	6,0%	11,5%	0,3%	100%

Tableau 7 : 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.

- Sur la grille de filtration

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

- Dans le bassin de stabulation

20 poissons morts ont été récupérés dans les bassins de Camon (18 SAT et 2 autres espèces) et 27 dans ceux de Pointis (20 SAT, 6 TRF et 1 appartenant à d'autres espèces). Il s'agit essentiellement de poissons porteurs de mycoses ou de blessures anciennes, ayant donc subi des atteintes quelques jours avant leur arrivée dans les bassins.

Globalement, 47 poissons morts n'ont pas été transportés vers l'aval ce qui correspond à 0,45 % de pertes. Les causes ayant entraîné 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 8)

Au total **10 369** poissons ont été transportés. La différence d'effectif avec le nombre de poissons piégés (290 individus supplémentaires) correspond au décompte des poissons morts du nombre total des poissons capturés 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				Total
	SAT	TRF	TRF BL	Autres espèces	
Camon	5341	114	541	14	6010
Pointis	3314	446	574	25	4359
Total	8655	560	1115	39	10369
Pourcentage	83,5%	5,4%	10,7%	0,4%	100%

Tableau 8: Effectifs des poissons transportés depuis les sites de piégeage

10 transports en camion ont été effectués depuis les deux sites jusqu'au lieu de déversement de Lamagistère (aval Golfech). Un premier transport a été réalisé en début de campagne à l'aval de Pointis, il concernait essentiellement des truites. Le récapitulatif des effectifs par espèce de poissons transportés par site est détaillé dans le tableau 9.

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 et 3,5 °C avec une moyenne de 2°C.

Dates	N° de transport	Effectifs	SAT	TRF	TRFBL	Autres	Lieu de destination	Lieu de chargement
16/03/2009	1	80	0	77	0	3	Aval Pointis	Pointis
20/03/2009	2	956	873	49	32	2	Lamagistère (82)	Camon / Pointis
27/03/2009	3	456	416	19	16	5	Lamagistère (82)	Camon / Pointis
07/04/2009	4	783	692	19	67	5	Lamagistère (82)	Camon / Pointis
08/04/2009	5	2239	1908	112	219	0	Lamagistère (82)	Camon / Pointis
10/04/2009	6	979	740	82	157	0	Lamagistère (82)	Camon / Pointis
14/04/2009	7	1065	876	40	149	0	Lamagistère (82)	Camon / Pointis
17/04/2009	8	1270	1063	60	144	3	Lamagistère (82)	Camon / Pointis
21/04/2009	9	814	696	23	94	1	Lamagistère (82)	Camon / Pointis
28/04/2009	10	538	337	32	160	9	Lamagistère (82)	Camon / Pointis
07/05/2009	11	1189	1054	47	77	11	Lamagistère (82)	Camon / Pointis

Tableau 9 : Récapitulatif des transports effectués pendant la période de piègeage

3 BILAN INTER-ANNUEL (2000-2009)

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 des paramètres environnementaux

3.1.1 Débit de la Garonne

La figure 14 et le tableau annexe 4 permettent de situer l'hydrologie de 2009 par rapport à celle des autres années de piégeage.

Pour la période de dévalaison, les débits moyens mensuels enregistrés à Valentine de 1986 à 2008 sont de 52 m³/s au mois de mars, 73 m³/s au mois d'avril et 104 m³/s au mois de mai (tableau en annexe 4).

L'hydrologie du printemps 2009 figure parmi les plus soutenues observées annuellement depuis la mise en fonctionnement des stations de piégeage transport à la dévalaison. Les valeurs de débit de la Garonne enregistrées lors du printemps 2009 semblent marquer 4 grands paliers qui divisent la saison en deux grandes périodes.

Une première période entre le début mars et le 20 avril avec des débits soutenus mais de faibles amplitudes (de 50 et 80 m³/s entre le 1^{er} mars et le 6 avril) puis des débits plus conséquents de 80 m³/s à près de 110 m³/s du 6 au 19 avril).

A partir du 20 avril, une seconde période où les crues se sont succédées avec un premier palier du 20 avril au 7 mai où les débits atteignent au plus 155 m³/s. Puis une très forte augmentation des débits avec deux épisodes de crues importants qui ont contraint à la fermeture des stations de piégeage et des centrales avec des débits maximum proches de 280 m³/s.

Les débits moyens mensuels ont atteint pour les mois de mars, avril et mai 2009 respectivement 66 m³/s, 96 m³/s et 195 m³/s.

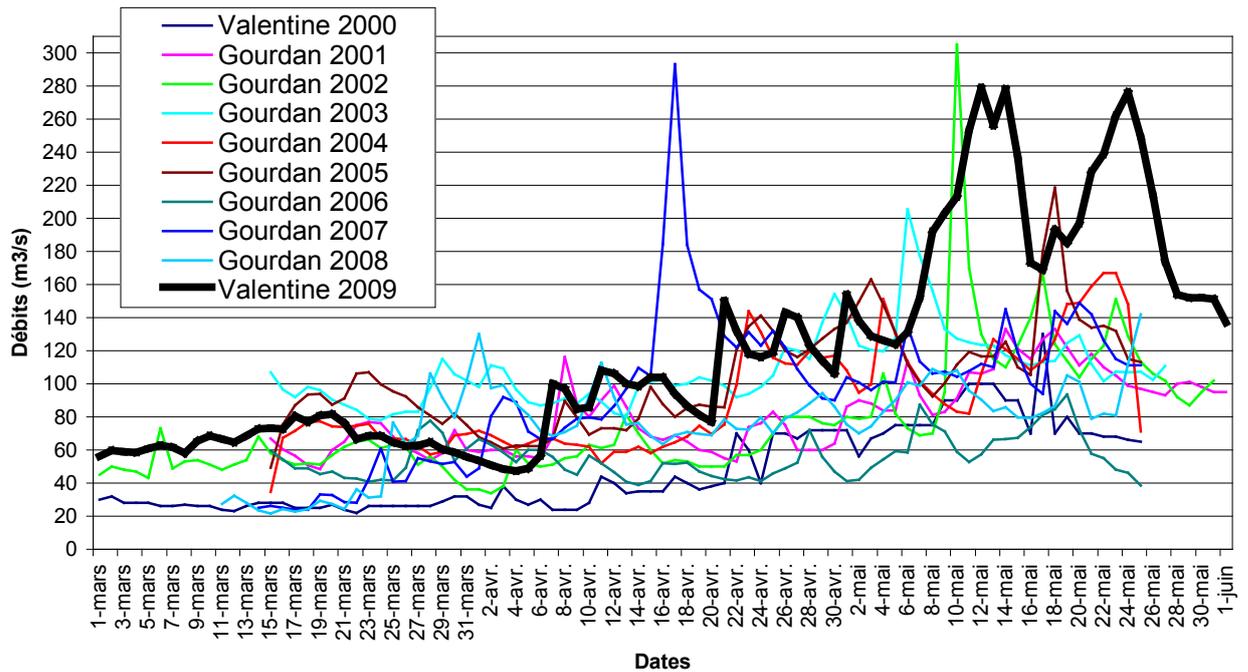


Figure 14: Comparaison des débits journaliers de la Garonne mesurés à Valentine ou à Gourdan-Polignan de 2001 à 2009

3.1.2 Evolution de la température de l'eau

La température de l'eau à Loures-Barousse (zone de grossissement des juvéniles sur la Garonne) peut être très variable d'une saison de piégeage à l'autre. Les températures moyennes (Fig.15) les plus chaudes ont été obtenues lors des printemps 2000 et 2001 respectivement 9,8 °C et 9,4 °C et les plus froides en 2005 (7,3°C) et 2004 (7,4°C). Les écarts de températures les plus remarquables obtenus lors d'une même saison de dévalaison ont été relevés en 2002 avec une amplitude minimum de 4,3°C et en 2006 avec une amplitude maximum de 7,7°C.

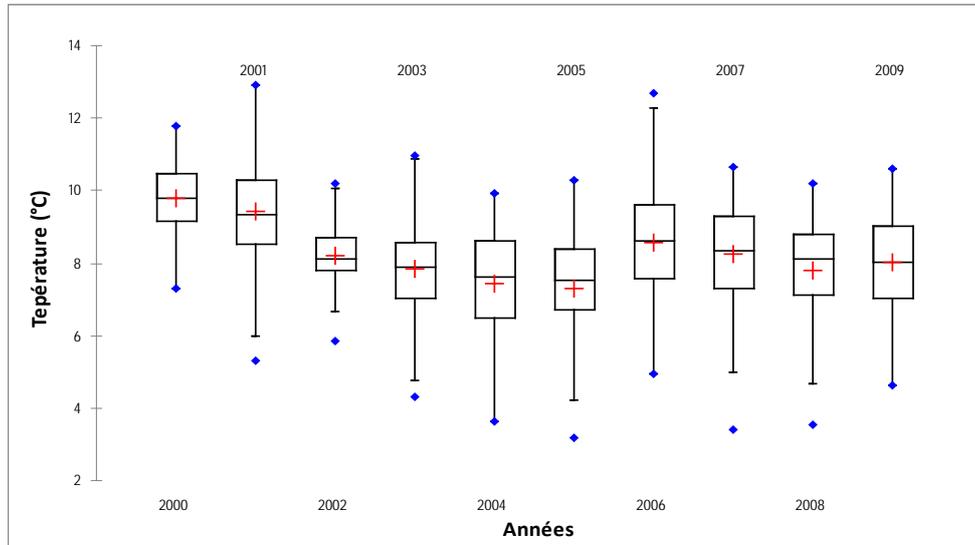


Figure 15: Températures de l'eau de la Garonne enregistrées à Loures-Barousse (zone de grossissement des juvéniles) entre 2000 et 2009 du 1^{er} mars au 31 mai

3.2 Evolution des effectifs piégés

3.2.1 Bilan par espèce

Le tableau 10 et la figure 16 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
2008	13 967	762	1 542	2 304	61	16 332
2009	8 271	605	1 163	1 768	40	10 079
Bilan (2000-2009)	131163	8140	14236	22376	707	154246

Tableau 10 : 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, les espèces les plus présentes dans les pièges sont les saumons atlantiques (en moyenne 85 % des effectifs piégés) et les truites fario (14,5 % des effectifs piégés). 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 (code 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 2 237 individus dont près de deux tiers sont 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.

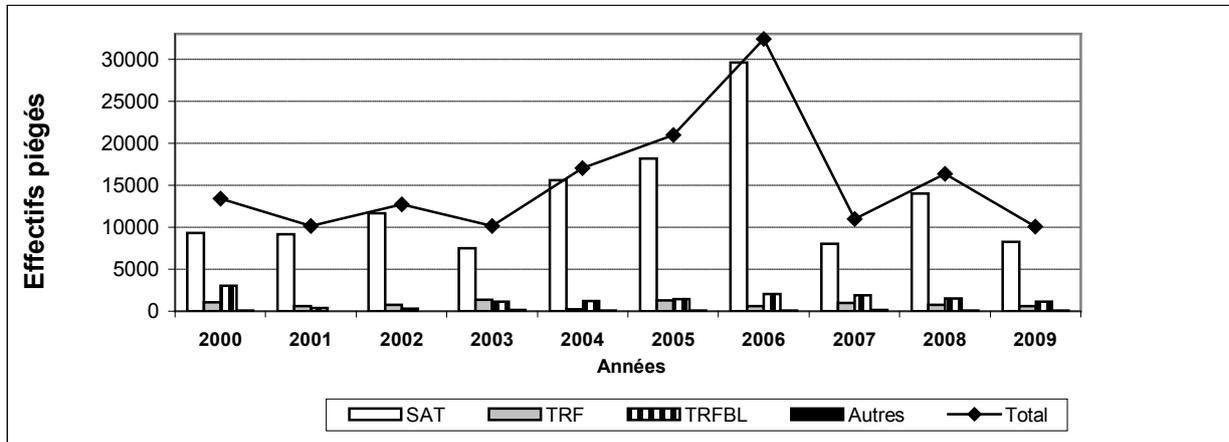


Figure 16: Effectifs piégés total et par espèces à Camon et à Pointis (depuis 2003).

3.3 Caractéristiques biologiques des smolts de saumon du haut bassin de la Garonne

3.3.1 Activité de dévalaison des smolts

Le graphique de la figure 17 indique l'évolution des effectifs cumulés de poissons piégés sur les 10 années de suivi. Une courbe moyenne (de 2000 à 2009) a été rajoutée afin de donner une idée plus précise de la dynamique de dévalaison sur la Garonne.

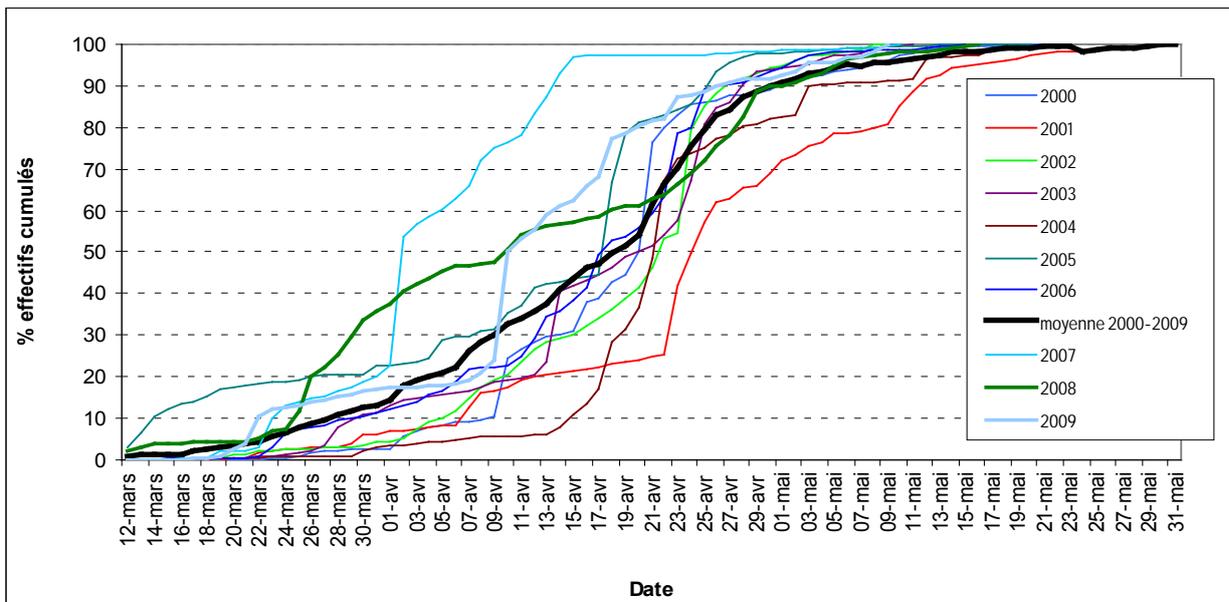


Figure 17: Evolution des effectifs cumulés de poissons piégés par année.

La période de dévalaison privilégiée se situe entre le 24 mars et le 9 mai, date à laquelle on obtient plus de 90 % des effectifs sur la période d'ouverture des pièges.

Au mois d'avril, plus précisément entre le 29 mars et le 2 mai, 80 % des smolts de la Garonne amont migrent vers l'océan.

Les résultats présentés dans les graphes des figures 17 et 18 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.

La figure 18 précise pour chaque année de piégeage, les dates de début (5% des passages) et de fin (95% des passages) de l'activité de migration de dévalaison. Les carrés noirs représentent la médiane de piégeage (50% de l'effectif des smolts piégés pour la saison).

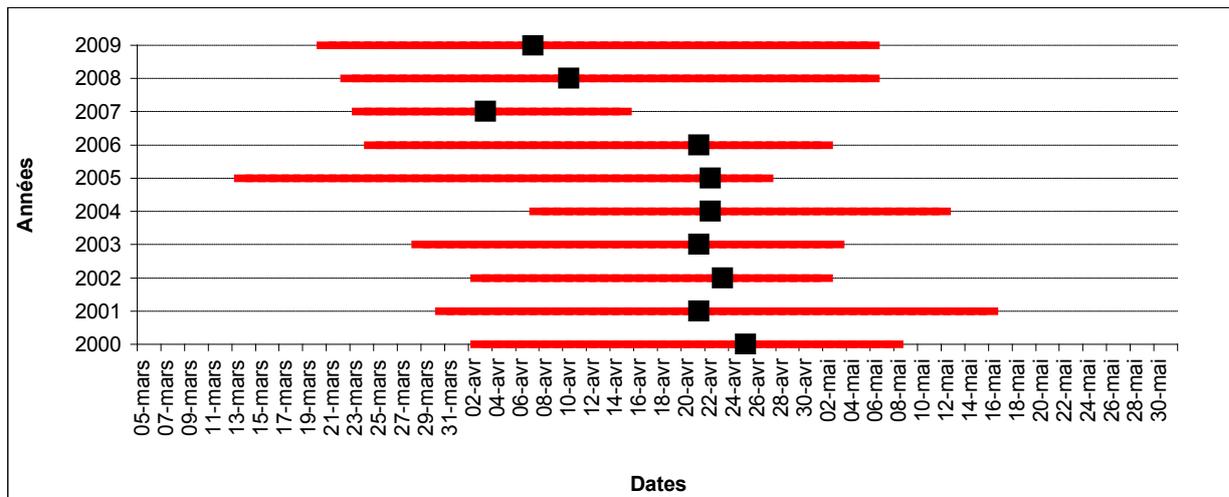


Figure 18: Evolution de la fenêtre de migrations par année

Les suivis réalisés à Camon et Pointis depuis 2000 montrent un démarrage plus ou moins tardif de l'activité de dévalaison suivant les années : du 13 mars en 2005 au 7 avril en 2004. De même, la période de migration, peut être, suivant les années, plus ou moins longue (de 23 à 47 jours : fin de migrations le 27 avril en 2005 et 17 mai en 2001). La durée moyenne de la migration observée sur les 9 années (2007 non comprise) est de 39 jours (la plus longue 47 jours et la plus courte 30 jours).

Pour les saisons de 2000 à 2006, il est à noter une très faible différence entre les dates médianes d'effectifs piégés (50% des passages) : plus ou moins 4 jours. Un écart plus important de cette même date médiane par rapport aux autres années est apparu en 2008 et 2009 : une douzaine de jours plus tôt (2007 n'est pas à prendre en compte car les résultats ont été biaisés par l'ouverture des barrages lors de la crue du 17 avril).

Années	Début de la migration (5% des passages)	Médiane de la migration (50% des passages)	Fin de la migration (95% des passages)	Nombre de jours de migration	Degrés jours (1er janvier au début de la migration)
2000	03-avr	21-avr	09-mai	36	655
2001	31-mars	25-avr	17-mai	47	-
2002	03-avr	23-avr	03-mai	30	648
2003	29-mars	21-avr	04-mai	36	490
2004	08-avr	22-avr	13-mai	35	536
2005	17-mars	22-avr	01-mai	45	354
2006	28-mars	21-avr	06-mai	39	470
2007	24-mars	03-avr	16-avr	23	514
2008	22-mars	10-avr	06-mai	45	502
2009	20-mars	08-avr	06-mai	47	464
Moyenne*	28-mars	19-avr.	7-mai	40	515

*sans prendre en compte les résultats de 2007

Tableau 11: Dates de début et de fin de migration des smolts de saumon de la Garonne au niveau des stations de piégeage de Pointis et Camon

Pour la Garonne et compte tenu des conditions rencontrées lors de ces 9 années de piégeage sur les sites de Camon et Pointis, la seule analyse de la température de l'eau, que ce soit par l'atteinte d'un seuil thermique ou le cumul de degrés jours (c.f. tableau 11), ne suffit pas à expliquer le début et la fin de la dévalaison des smolts.

En effet, l'activité migratoire des jeunes saumons résulte d'interactions complexes entraînant des changements physiologiques et comportementaux synchronisés annuellement, notamment par la photopériode et la température de l'eau. Les changements comportementaux déclenchant immédiatement la dévalaison sont plutôt influencés par les variations de niveaux d'eau, la température ou la turbidité (Eero Jutila, 2008 ; Kevin G. Whalen & al, 1999 ; S. D. Mc Cormick & al, 2000 ; S.P.R Greenstreet, 1992 ; G. Barbin & al, 2005 ; J.L. Baglinière, 1985).

3.3.2 Production de smolts à partir des saumons repeuplés

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

Les effectifs de smolts de saumon piégés annuellement (figure 19) 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).

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 représentent, suivant les années, plusieurs centaines de milliers de juvéniles (voir tableau 13 et figure 19). Les jeunes saumons repeuplés proviennent de la pisciculture de Pont-Crouzet (81) et sont soit de souche « Dordogne ou Garonne » issus de géniteurs sauvages ou enfermés, soit de souche Adour issus de géniteurs enfermés (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 lors du déversement de 70 individus par 100m² d'habitats favorables : radier, rapide et plat courant).

Le tableau 12 et la figure 19 présentent le bilan entre les effectifs de saumons déversés dans la Garonne amont et la Neste et les smolts dévalant piégés à Camon entre 2000 et 2002 et à Camon et Pointis de Rivière de 2003 à 2009.

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	8 368
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	149 316	114 982	264 298	28 585	1 664	30 249	13 967
2009	-	-	-	17 840	6 352	24 192	8 271
Total	1 958 053	786 562	2 744 615	185 400	37 234	222 634	130 233
	(1999-2008)	(2002-2008)	(1999-2008)	(2000-2009)	(2001-2009)	(2000-2009)	(2000-2009)

Tableau 12: 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 1⁺ : 6,75 % ; Taux de survie théorique 2⁺ : 1,5 %

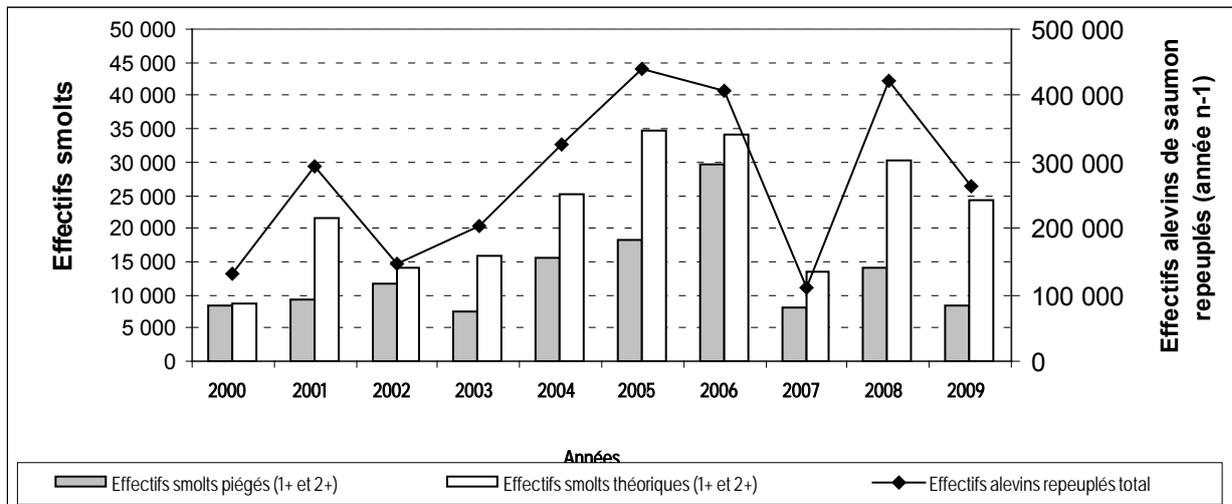


Figure 19: Comparaison interannuelle des effectifs de saumon repeuplés sur le bassin amont au stade alevin (année n-1), des effectifs de smolt piégés et potentiellement dévalant (théoriques)

Les effectifs de smolts piégés sont pour certaines années inférieurs aux effectifs théoriques qui peuvent être estimés à partir de l'effort de repeuplement. Ce constat ne traduit pas forcément un 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. Les différences observées entre le nombre de smolts théoriques et réellement piégés soulignent la difficulté de capturer l'ensemble des dévalants à l'échelle d'un cours d'eau comme la Garonne. En effet, trois causes d'échappements aux systèmes de piégeage sont possibles. Il s'agit des surverses au niveau

des barrages, des arrêts des piégeages lors de crue (mise en sécurité des installations et état de veille des centrales pour des débits de la Garonne supérieurs à 150 m³/s) et de l'efficacité des pièges (voir § 5).

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 ce printemps. Les débits bas de la Garonne pendant la saison de piégeage 2006 n'ont pas induit d'échappement par surverse au niveau des barrages ni d'arrêt des pièges. Le fonctionnement à bas régime des centrales de Pointis et Camon a permis de piéger dans des conditions permettant une efficacité maximum des exutoires de dévalaison.

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 d'Ausson et Rodère pendant une dizaine de jours en pleine période de migration des saumons.

Les effectifs piégés en 2009 représentent, comme en 2008, une faible proportion du nombre de dévalants potentiels. Ces résultats sont à mettre en relation avec les débits importants de la Garonne survenus début avril avec l'intensification de la migration des smolts et jusqu'à la fin de la saison de piégeage, entraînant des surverses plus ou moins importantes au niveau des barrages, des arrêts pour état de crue et un fonctionnement régulier à pleine puissance des usines (Cf. § 2.3).

Pour la campagne 2010, l'effectif théorique de smolts de saumons produits par les habitats de la Garonne et de la Neste serait de près de 25 000 individus.

Remarque : Du fait des faibles effectifs de saumons adultes transportés depuis Carbone jusqu'aux zones de reproduction du haut bassin, les jeunes saumons issus de 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 piégés à Camon de 2000 à 2002 et depuis 2003 à Camon et Pointis de Rivière sont présentées dans le tableau 13.

Déversements d'alevins				Piégeages			
Années	Effectifs	Poids moyens (g)	Biomasses (Kg)	Effectifs	Longueurs totales moyennes (mm)	Poids moyens (g)	Biomasses (Kg)
1998	15 507	25,15	390,0	-	-	-	-
1999	130 615	1,1	142,5	521	172	45	23,5
2000	292 288	0,66	194,0	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	44,6	694
2005	407 652	0,74	301,0	18 148	165	39,1	709
2006	110 936	0,91	101,2	29 605	174	46,5	1 376
2007	423 490	0,47	200,0	8 003	175	46	368
2008	264 278	0.58-	154,5	13 967	162	37	517
2009	-	-	-	8 271	164	38,7	320

Tableau 13: Comparaison des biomasses déversées et des biomasses piégées.

L'analyse des tailles et des poids mesurés sur les saumons recapturés sur plusieurs années et appartenant à différents lots marqués par pigments fluorescents et déversés sur la

Garonne et la Neste depuis 2002 permet, plus facilement qu'une étude scalimétrique, de suivre précisément le développement des saumons repeuplés et de mieux connaître les caractéristiques biologiques des différentes cohortes constituant la population migrante (smolts 1+ et 2+).

Au total, 6 lots de saumons marqués et déversés sur la Garonne et la Neste depuis 2002 ont fait l'objet d'un suivi lors des échantillonnages réalisés pendant les campagnes de piégeage de 2003 à 2008 (Tableau 14).

Année de déversement	Lots de saumon marqués					
	2002	2003	2003	2004	2007	2007
Lieu de déversement	Neste	Neste	Garonne amont	Garonne amont	Garonne amont	Garonne amont
Effectif déversé	14 600	41530	40670	48849	20585	12513
Couleur utilisée	Jaune	Jaune	rouge orange	rose	Jaune	rose
Année contrôle smolts 1+	2003	2004	2004	2005	2008	2008
Année contrôle smolts 2+	2004	2005	2005	-	-	-

Tableau 14: Lots de saumons marqués et déversés sur le bassin amont de la Garonne et la Neste et années de contrôle aux pièges de Camon et Pointis.

Le détail et les caractéristiques des saumons appartenant à chacun de ces lots sont décrits dans le tableau 14.

Remarque : Le nombre limité de couleurs utilisables pour le marquage (jaune, rouge et rose) et le déversement de saumons marqués de la même couleur entre 2002 et 2003 sur la Neste, initialement réalisé pour répondre à d'autres objectifs de suivi (recapture lors des inventaires par pêche) ne permettent pas de distinguer pour ces lots les smolts 1+ et 2+ lors des contrôles réalisés pendant la dévalaison 2004.

L'annexe 5 présente graphiquement les caractéristiques biométriques (tailles et poids) et donne les statistiques descriptives des différents lots de smolts marqués recapturés à Camon et Pointis. On note sur les graphes de l'annexe 5 une nette différence entre les tailles et poids des différentes cohortes. Les plus jeunes smolts (1+) sont significativement plus petits que ceux de 2+ et 3+ ans (test de Kruskal Wallis, p-value < 0.001).

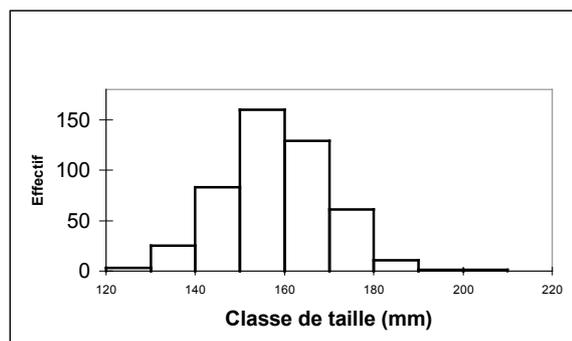


Figure 20: Répartition en classe de taille des smolts contrôlés au stade 1+ à Camon et Pointis

La répartition en classe de taille (Lt) des saumons appartenant à des lots marqués et recapturés un an après leur déversement (Figure 20) présente un mode centré sur la classe 150-160 mm. 97% des 474 smolts 1+ observés ont des tailles inférieures à 180 mm.

A partir de la répartition autour de la taille (Lt) 180 mm observée dans les échantillons prélevés lors des biométries réalisées chaque année sur les sites de Camon et Pointis, il est possible d'estimer la proportion d'individus qui smoltifie et dévale la première année (smolts 1+).

Cette estimation tenant compte des mortalités engendrées par l'usine de Pointis (11%) et d'une efficacité moyenne du piège de Camon (70%, CROZE et al, 1999), il est possible de donner une estimation par contingent du taux de survie moyen minimum entre le stade repeuplé et le stade smolt et la proportion d'individus qui a smoltifié et dévalé à 1 an.

Le taux de survie moyen minimum par contingent est de 7,48% (5.35% pour les smolts 1+ et 2,23% pour les smolts 2+) entre le stade alevin/pré-estival et le stade smolt. Il s'agit de taux de survie minimum. En effet, cette estimation ne prend en compte ni les variations de l'efficacité de l'exutoire de Camon ni les échappements possibles par surverse au niveau des barrages lors des forts débits et des arrêts des pièges lors de veille de crue ou de transparence.

Les histogrammes de la figure 21 présentent pour chaque cohorte la proportion d'individus qui dévalent à un an. On observe des différences importantes entre les contingents de 53,5% à 85,18% réparties de façon cyclique : un contingent à plus forte proportion de smolts 1+ (de 72% à plus de 80%) suivi par un contingent à plus faible proportion de smolts 1+ (entre 50% et 70%).

En moyenne, les individus qui dévalent à un an sont les mieux représentés (71,3%). L'âge moyen de smoltification est estimé à 1,29 an.

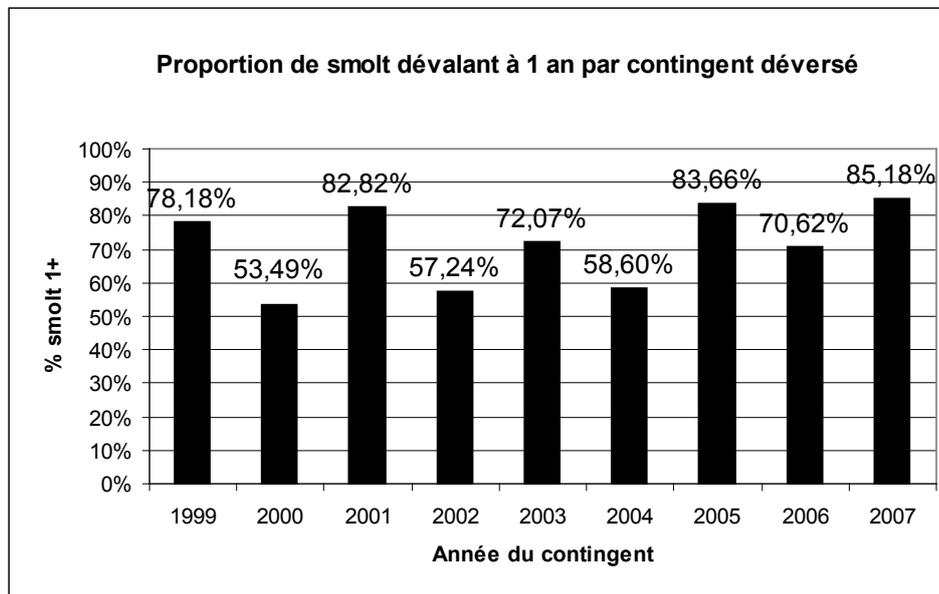


Figure 21: Proportion de smolts dévalant à 1 an par contingent déversé

La productivité des habitats résulte de la survie, de la croissance et de l'âge de smoltification. Sur le haut bassin de la Garonne, la productivité des habitats peut être estimée à partir des informations collectées lors du piégeage. Elle est en moyenne estimée à 6 smolts par 100m² d'Equivalent Radier/Rapide alevinés, zones productrices des cours d'eau pour les saumons juvéniles (figure 22).

Ce résultat place le bassin amont de la Garonne à un niveau de production élevé. Les zones productrices des cours d'eau procurent annuellement et le plus couramment de 1 à 7 smolts de différents âges pour 100 m² d'habitat (BAGLINIERE et CHAMPIGNEULLE, 1986).

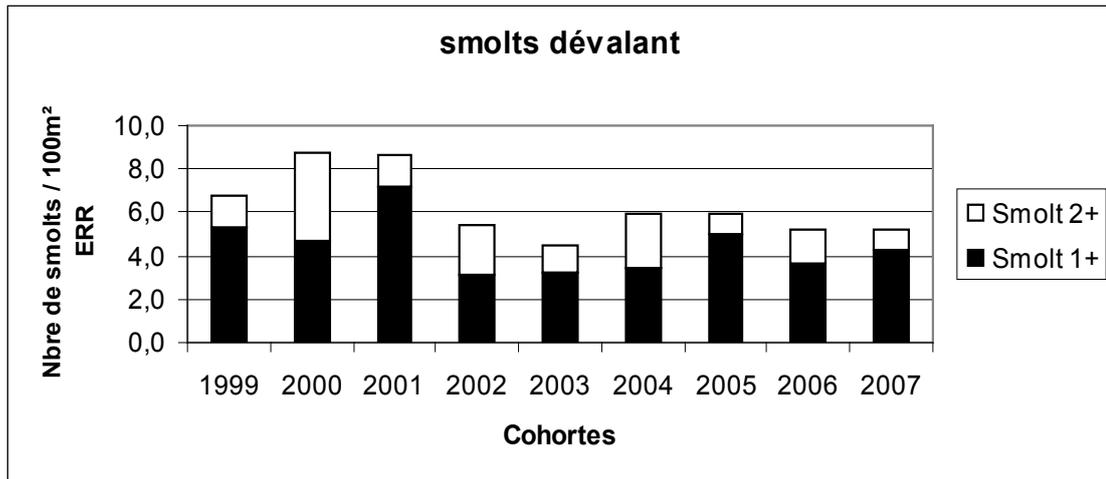


Figure 22: Productivité des habitats du haut bassin de la Garonne

Exprimée pour chaque année en nombre de smolt produits pour 100m² de surface d'habitat favorable au grossissement des jeunes saumons (ERR : Equivalent Radier Rapide)

4 CONCLUSIONS

4.1 Campagne de piégeage 2009

La campagne de piégeage s'est déroulée du 9 mars au 7 mai 2009 sur les sites de Camon et de Pointis de Rivière. Lors de la campagne de piégeage 2009, la gestion par l'exploitant des chasses au niveau des aménagements hydroélectriques de Pointis et de Camon a été faite de manière à limiter les impacts sur les opérations de piégeage.

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). Au total, près de 5 800 poissons ont été observés, mesurés et pesés. Ce suivi permet de mieux caractériser les populations migrantes et de valider le travail de repeuplement réalisé en amont.

Lors de cette campagne, **10 079 poissons** ont été piégés sur l'ensemble des deux sites (5 970 à Camon et 4 109 à Pointis) : parmi eux, **8 271 étaient des saumons** (5 300 à Camon et 2971 à Pointis), 1 768 truites ont aussi été piégées et 40 individus appartenant à d'autres espèces.

Au total : **10 369 poissons dont 8 655 saumons** (des saumons de pisciculture recapturés ou non utilisés lors des opérations de marquage pour tester l'efficacité des exutoires ont aussi été transportés), 1 675 truites et 39 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 Lamagistère (aval de Golfech).

Les résultats issus de la vidéo montrent que le passage des smolts s'effectue principalement 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 2008 et sur la Neste de 2002 à 2008 s'élèvent au total à 2 744 600 individus déversés aux stades alevin et pré-estival pour une re-capture de 130 230 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 chaque année entre la fin mars et le début du mois de mai. Les principaux pics migratoires ont lieu au mois d'avril. Les dates de mise en fonctionnement des stations (mi-mars / mi-mai) permettent de bien encadrer la période de dévalaison.

L'analyse des tailles et poids mesurés sur les saumons recapturés sur plusieurs années et appartenant à différents lots marqués par pigments fluorescents et déversés sur la Garonne et la Neste permet d'étudier le développement des saumons repeuplés et de mieux connaître les caractéristiques biologiques des différentes cohortes constituant la population migrante (smolts 1+ et 2+). Les smolts 1+ présentent un mode centré sur la classe de taille (Lt) 150-160 mm.

Les suivis réalisés à Camon et Pointis depuis 2000 montrent un démarrage plus ou moins tardif de l'activité de dévalaison suivant les années (du 13 mars en 2008 au 7 avril en 2004). La durée moyenne de la migration observée sur les 9 années (2007 non comprise) est de 40 jours (la plus longue de 47 jours et la plus courte de 30 jours).

La proportion d'individus qui smoltifient et dévalent à 1 an est en moyenne de 71,3%. On peut estimer une survie moyenne minimum de 7,5% des stades repeuplés (alevin/pré-estival) jusqu'au stade smolt. Globalement, avec une moyenne estimée à 6 smolts par 100m² d'équivalents radier/rapide alevinés, la productivité moyenne des habitats du haut bassin de la Garonne est considérée comme très bonne.

5 EVALUATION DE L'EFFICACITE DES STATIONS DE PIEGEAGE

5.1 Introduction

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 de 2005 à 2008 (BOSC et al, 2009) 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 à celui réalisé de 2005 à 2008 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 deux points de lâchers qui ont été choisis pour déterminer l'efficacité des exutoires équipant les deux stations de piégeage à la dévalaison en fonction des conditions hydrologiques et des conditions d'exploitation des centrales hydroélectriques.

Les tests réalisés par MIGADO de 2005 à 2008 ont révélé que l'exutoire de Camon perdait de son efficacité lorsque la centrale atteignait son maximum de puissance et que l'efficacité des exutoires de Pointis pouvait varier de 15 à 29% en fonction des débits turbinés par la centrale.

Suite aux essais de 2008 (tests avec râteau du dégrilleur en surface), les opérations de marquages réalisées en 2009 avaient pour principal objectif de tester un masque plein amovible permettant d'optimiser l'attractivité de l'exutoire de Pointis.

5.1.1 La période d'expérimentation

La campagne de piégeage s'est déroulée du 9 mars au 7 mai 2009. La période de migration privilégiée des smolts de la Garonne au niveau de ces aménagements se situe entre le 29 mars et le 15 mai (90% des effectifs piégés en moyenne entre 2000 et 2008 ; BOSC S et al., 2009). Les opérations de marquage se sont déroulées du 7 avril au 6 mai.

5.1.1.1 Paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques (températures 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.

5.1.1.2 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 2009 sont détaillés dans les paragraphes 1.3 et 2.3.

5.1.2 Le marquage des smolts

5.1.2.1 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 sur le site de Pointis dans deux bassins 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.

5.1.3 Réalisation de lots témoins

Afin de vérifier la viabilité des smolts de pisciculture pendant notre étude, un lot témoin de smolts marqués a été constitué.

Ce lot permet de déterminer le temps de survie des smolts lors de leur stockage sur la station de Pointis. Ce lot composé de 30 smolts, a été stabulé du 20/04/09 au 04/05/09 dans un bassin alimenté par l'eau de la Garonne, soit au total 15 jours.

5.1.4 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 smolts 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, et de 2005 à 2008 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. Les smolts sont ensuite pesés et mesurés.



Photo de gauche: seringue et PIT-Tag ; photo de droite : smolt après introduction du PIT-Tag

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.

5.1.5 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 particulières de 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 total, 14 lots d'une cinquantaine de smolts ont été libérés en amont des dispositifs (tableau 15). Parmi ces lots, 3 étaient constitués de smolts dévalant naturellement, capturés à Pointis et 12 à partir de smolts de pisciculture.

Lieux de lâcher	Nb de lâcher	Lot Sauvage	Lot Pisciculture
Canal Pointis	9	2	7
Canal Camon	5	1	4

Tableau 15: Récapitulatif du nombre de lots par lieux de lâcher

5.1.6 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 piégés 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.



Photo 3 : Dispositif de détection du piège de Pointis

Les données stockées par les enregistreurs sont déchargées à l'aide d'un ordinateur portable chaque matin. 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 ce problème que deux plaques ont été utilisées sur chaque site. De plus, 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 5 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).

5.1.7 Améliorations de l'efficacité des exutoires

Les résultats des tests d'efficacité réalisés depuis 2005 sur ces sites montrent que l'efficacité des stations de piégeages doit être encore améliorée (BOSC et al 2009). Dans le cadre du projet d'optimisation de l'efficacité de ces deux pièges, il a été choisi, en concertation avec EDF, de tester la mise en place d'un masque de surface au niveau du plan de grille de la centrale de Pointis afin d'améliorer le guidage des smolts vers les entrées des exutoires.

Pour les opérations de marquages 2009, les tests d'efficacité ont été réalisés :

- À Pointis : avec la mise en place de tôles sur les râtaux du dégrilleur (type Olano) positionnées au niveau de la surface (Photo 4). Ce dispositif simule la pose d'un masque de surface sur toute la largeur du plan de grille de la centrale. Ce masque a pour fonction d'empêcher sur une profondeur de 2m sous surface le passage des smolts au travers du plan de grille de la centrale. Les modifications de l'écoulement de surface du à la pose du masque doivent permettre de guider les smolts vers les entrées des exutoires.

Remarque : Pour préparer la campagne de marquage et en attendant la fin de la fabrication du masque en tôle, deux lâchers de smolts marqués ont été effectués avec un abaissement des vannes de tête des groupes 2 m sous la surface.

Le masque, composé de tôles d'1,5 m de large et 2,40 m de haut, a été mis en place juste avant les lâchers et maintenu uniquement pendant 3 heures pour ne pas risquer un colmatage trop important du plan de grille de la centrale.



Photo 4 : Masque plein de surface (tôles fixées sur le râteau du dégrilleur de Pointis)

• à Camon : le maintien d'un débits proche de $3\text{m}^3/\text{s}$ dans l'exutoire, une cote minimale fixée à 393,50 mNGF pour le niveau de l'eau dans le bassin de mise en charge et la mise en place d'une bavette au niveau de la grille de tranquillisation (Photo 5 pour limiter les courants ascendants) ont été effectués dans les mêmes conditions qu'en 2008.



Photo 5 : Grille de tranquillisation avec bavette (en position hors d'eau)

Avant le début de la campagne de piégeage, le programme de l'automate qui gère l'asservissement a été modifié et la butée d'ouverture maximale de la vanne d'entrée de l'exutoire a été déplacée de 5 cm pour permettre l'entonnement d'un débit de $3\text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ lors de l'abaissement du niveau de l'eau dans le bassin de mise en charge de la centrale.

5.1.8 Evaluation de l'efficacité des exutoires

Les points de lâchers des lots de smolts marqués sont choisis en fonction des objectifs de l'étude.

5.1.8.1 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. 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.

5.1.8.2 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'aménée 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 le canal d'aménée de Pointis 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 Résultats et analyses : tests 2009

5.2.1 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.

Les lots témoins marqués et non marqués réalisés du 20/04/09 au 04/05/09 n'ont subi aucune mortalité durant la période de stabulation.

Pendant l'étude, aucun poisson marqué n'est mort dans les heures qui ont suivi le marquage jusqu'au lâcher.

5.2.2 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.

5.2.2.1 Smolts lâchés dans le canal de Pointis et capturés à Pointis

Parmi les smolts lâchés dans le canal d'aménée de Pointis et capturés au piège de Pointis, deux lots (POS0804 et POS2304) ont été écartés des résultats. La recapture des poissons issus de ces lots s'est effectuée de manière très étalée dans le temps suite au lâcher. Une minorité des smolts marqués recapturés appartenant à ces lots ont été piégés dans la période où le dispositif testé était en place (pour le lot POS0804 35% des smolts recapturés dans les 11 heures suivant le lâcher avec les vannes de têtes abaissées et 45% des smolts recapturés pour le lot POS2304 dans les 3 heures suivant le lâcher avec le masque).

En moyenne (hors mis les lots écartés), 94,3% des smolts capturés ont été piégés dans les 12 heures qui ont suivi le lâcher et 91,8% dans la période où le dispositif testé était en place (vanne de tête ou masque de surface, c.f. tableau 16). Parmi l'ensemble des lots, le smolt le plus rapide a mis 8 minutes pour être capturé et le plus lent 15 jours.

5.2.2.2 Smolts lâchés dans le canal Pointis et récupérés à Camon

La particularité de ces poissons est qu'ils ont transité dans les turbines de l'usine de Pointis. Parmi les smolts lâchés dans le canal de Pointis et qui ont été capturés à Camon (tableau 16, hors mis les lots écartés), 88,9% sont arrivés la première nuit à Camon et 11,1% ont mis plus de 24h pour atteindre le piège de Camon. Le plus lent a mis jusqu'à 16 jours pour être capturé. Le plus rapide a dévalé en 1h27 minutes depuis le canal de Pointis jusqu'au piège de Camon.

5.2.2.3 Smolts lâchés dans le canal de Camon et récupérés à Camon

Pour les poissons lâchés dans le canal d'amenée de Camon et capturés au piège de Camon, 96,8% des smolts capturés ont été piégés dans les 12 heures qui ont suivi le lâcher (tableau 16). Le smolt le plus rapide a mis 8 minutes pour être capturé et le plus lent 29 jours.

5.2.3 Efficacité des exutoires : tests 2009

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 et l'amélioration que pouvait apporter le masque à Pointis, seuls les lots dont une majorité de smolts ont été piégés dans des conditions hydrauliques similaires ont été retenus. Pour chaque lot, l'analyse de la proportion de smolts capturés dans les heures qui ont suivi le lâcher a permis d'écarter des résultats les lots dont la récupération des poissons s'est déroulée de façon plus aléatoire : en dehors des heures de présence du dispositif d'amélioration, sur plusieurs nuits et/ou avec des conditions hydrauliques très fluctuantes.

Ainsi, une efficacité moyenne en fonction des débits turbinés par les centrales a pu être déterminée pour chacune des deux stations de piégeage.

5.2.3.1 Efficacité de l'exutoire de dévalaison de Pointis : tests 2009

9 tests correspondant à 9 soirs de lâchers et 450 smolts marqués ont été effectués afin d'estimer l'efficacité du piège de Pointis. Parmi ces lots, deux ont été écartées des résultats (lâchers du 8 et 23 avril) car une proportion trop importante de l'effectif des smolts recapturés provenant de ces 2 lots a été enregistrée en dehors des périodes de mise en place des dispositifs testés.

Sur les 7 lâchers retenus, 1 lâcher a permis de tester l'efficacité du piège avec les vannes de tête des groupes de la centrale descendues 2 m sous la surface pendant 11h. Le résultat pour ce test est de 24% d'efficacité pour un débit turbiné de 52 m³/s.

Les 6 autres lâchers ont permis de tester pendant 3 heures le **masque plein de surface** (tôles positionnées 2 m sous la surface sur le râteau du dégrilleur de la centrale) avec des conditions de forte hydrologie (centrale en fonctionnement maximal, débit turbiné proches de 60 m³/s). Dans ces conditions **une efficacité moyenne de 46 %** a été obtenue pour le piège de Pointis.

5.2.3.2 Efficacité de l'exutoire de dévalaison de Camon : tests 2009

5 lots correspondant à 5 soirs de lâcher ont été effectués dans le canal d'amenée de la centrale de Camon. Sur les 250 smolts marqués lâchés, 64 ont été récupérés (tableau 17).

Les tests effectués dans le canal de Camon sont tous exploitables avec en moyenne 97% des smolts marqués recapturés dans les 12 heures qui ont suivi les lâchers. Ces tests ont été réalisés dans des conditions de fonctionnement de l'usine et de la station de piégeage identiques : débit turbiné à son maximum (85 m³/s), niveau d'eau dans le bassin de mise en charge supérieur à 393,50 mNGF et débit dans l'exutoire proche de 3 m³/s. Les résultats obtenus dans ces conditions donnent **une efficacité moyenne pour le piège de Camon de 26 %**.

Un lâcher, celui du 06 mai, a été réalisé avec la mise en fonctionnement de la conduite by pass située sous l'exutoire de dévalaison avec une ouverture permettant le passage d'un débit de 3m³/s. Dans ces conditions, le faible débit pris par cette vanne ne semble pas modifier la courantologie de surface au niveau du piège. Le résultat obtenu bien que non significatif du fait d'un unique essai, ne présente pas avec 20% d'efficacité, un résultat très différent des autres tests réalisés cette année sans la prise en compte du fonctionnement de cette vanne.

Date du lacher	Heure de Lacher	Code lot	Lieu du lacher	Lieu de piégeage	Nbre de poisson laché	Nbre de lachés - piégés Pointis (- mortalité turbine)	Nombre de poissons piégés dans les heures qui suivent le lacher																Efficacité du piège pour le lot	Nbre recapturé avec aménagement testé	Efficacité du piège avec aménagement testé	Efficacité totale des 2 pièges	Débit turbiné dans les 12h après lacher (m ³ .s ⁻¹)	Observations	% smolts recapturés avec dispositif en place	% smolts recapturés dans les 12h sans dispositif	% smolts recapturés entre 12h et 24 h	% smolts recapturés au dela de >24h
							0 à 1h	1 à 2h	2 à 3h	3 à 4h	4 à 5h	5 à 6h	6 à 7h	7 à 8h	8 à 9h	9h à 10h	10h à 11h	11h à 12h	> 12 H et 24h	> 24h	nbre total recapturés											
07/04/2009	21h54	POP0704	POINTIS	POINTIS	50	-	5	2	2				1					1	1	12	24%	10	21%	-	52	Vanne de tête abaissée 2m pdt 11h	83,3%	0,0%	8,3%	8,3%		
08/04/2009	22h28	POS0804	POINTIS	POINTIS	50	-	2	2	1					1				2	9	17	34%	6	15%	-	Pmax	Vanne de tête abaissée 2m pdt 11h - Lacher écarté	35,3%	0,0%	11,8%	52,9%		
14/04/2009	21h47	POP1404	POINTIS	POINTIS	50	-	13													14	28%	13	27%	-	Pmax	Plaque 2m de 21h35 à 0h35	92,9%	0,0%	7,1%	0,0%		
23/04/2009	22h15	POS2304	POINTIS	POINTIS	50	-	2		1					1	1					7	14%	3	7%	-	Pmax	Plaque 2m de 22h15 à 0h40 - Lacher écarté	42,9%	28,6%	28,6%	0,0%		
28/04/2009	21h54	POP2804	POINTIS	POINTIS	50	-	23													25	50%	23	48%	-	Pmax	Plaque 2m de 21h35 à 0h45	92,0%	0,0%	0,0%	8,0%		
29/04/2009	21h50	POP2904	POINTIS	POINTIS	50	-	17	8												26	52%	25	51%	-	Pmax	Plaque 2m de 21h45 à 0h20	96,2%	0,0%	3,8%	0,0%		
04/05/2009	21h47	POP0405	POINTIS	POINTIS	50	-	15	4		1	1		1							23	46%	19	41%	-	Pmax	Plaque 2m de 21h35 à 0h30	82,6%	13,0%	4,3%	0,0%		
05/05/2009	21h42	POP0505	POINTIS	POINTIS	50	-	28													28	56%	28	56%	-	Pmax	Plaque 2m de 21h30 à 0h20	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%		
06/05/2009	21h43	POP0605	POINTIS	POINTIS	50	-	20	1		1										22	44%	21	43%	-	Pmax	Plaque 2m de 21h35 à 0h22	95,5%	4,5%	0,0%	0,0%		
																				moyenne	46,0%	moyenne	44,3%			moyenne	91,8%	2,5%	3,4%	2,3%		
07/04/2009	21h54	POP0704	POINTIS	CAMON	50	34			1										2	3	9%	-	-	30%		Lâché à 21h54, Vanne de tête abaissée 2m pdt 11h	-	33,3%	0,0%	66,7%		
08/04/2009	22h28	POS0804	POINTIS	CAMON	50	33		4	3			1	1		1					2	12	36%	-	-	58%		Vanne de tête abaissée 2m pdt 11h - Lacher écarté	-	83,3%	0,0%	16,7%	
14/04/2009	21h47	POP1404	POINTIS	CAMON	50	36		3	3	1	1									8	22%	-	-	44%		Plaque 2m de 21h35 à 0h35	-	100,0%	0,0%	0,0%		
23/04/2009	22h15	POS2304	POINTIS	CAMON	50	43		1			1									2	4	8	19%	-	-	30%		Plaque 2m de 22h15 à 0h40 - Lacher écarté	-	25,0%	25,0%	50,0%
28/04/2009	21h54	POP2804	POINTIS	CAMON	50	25		4	2	2										8	32%	-	-	66%		Plaque 2m de 21h35 à 0h45	-	100,0%	0,0%	0,0%		
29/04/2009	21h50	POP2904	POINTIS	CAMON	50	24														0	0%	-	-	52%		Plaque 2m de 21h45 à 0h20	-	0,0%	0,0%	0,0%		
04/05/2009	21h47	POP0405	POINTIS	CAMON	50	27			9											9	33%	-	-	64%		Plaque 2m de 21h35 à 0h30	-	100,0%	0,0%	0,0%		
05/05/2009	21h42	POP0505	POINTIS	CAMON	50	22			7											7	32%	-	-	70%		Plaque 2m de 21h30 à 0h20	-	100,0%	0,0%	0,0%		
06/05/2009	21h43	POP0605	POINTIS	CAMON	50	28					2									2	7%	-	-	48%		Plaque 2m de 21h35 à 0h22	-	100,0%	0,0%	0,0%		
																				moyenne	21%		moyenne	57%			moyenne	88,9%	0,0%	11,1%		
07/04/2009	22h14	CAP0704	CAMON	CAMON	50	-	7	2											1	10	20%	-	20%	-	Pmax	Grille de tranquillisation, lâcher à 22h14	-	90,0%	0,0%	10,0%		
08/04/2009	22h49	CAS0804	CAMON	CAMON	50	-	9	5	3			1	1						2	21	42%	-	42%	-	Pmax	Grille de tranquillisation, lâcher à 22h49	-	100,0%	9,5%	0,0%		
14/04/2009	22h34	CAP1404	CAMON	CAMON	50	-	8	6	1											1	16	32%	-	32%	-	Pmax	Grille de tranquillisation, lâcher à 22h34	-	93,8%	0,0%	6,3%	
28/04/2009	22h15	CAP2804	CAMON	CAMON	50	-	7													7	14%	-	14%	-	Pmax	Grille de tranquillisation, lâcher à 22h15	-	100,0%	0,0%	0,0%		
06/05/2009	22h02	CAPN0605	CAMON	CAMON	50	-	10													10	20%	-	20%	-	Pmax	by pass ouverte 3m3/s de 21h à 1h10	-	100,0%	0,0%	0,0%		
																				moyenne	26%		moyenne	26%			moyenne	96,8%	1,9%	3,3%		

Tableau 16 : Résultats des tests d'efficacités réalisés en 2009 à partir de lots lachers dans les canaux d'amenée des centrales de Camon et Pointis et récupérés dans les pièges de Camon et Pointis

5.3 Bilan des tests d'efficacité des exutoires réalisés depuis 2005

5.3.1 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.

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 mais plutôt influencés par les conditions hydrologiques rencontrées lors du piégeage pendant la période de dévalaison (Bosc et al 2008).

Suite à ces constats, de nouveaux tests d'efficacité 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'efficacité des exutoires de Camon et Pointis (lâchers de smolts marqués dans les canaux d'amenée des centrales de Camon et Pointis).

Les campagnes effectuées 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.

La campagne de tests 2008 avait pour principal objectif d'explorer des principes d'amélioration de l'efficacité de chaque dispositif de piégeage avec des aménagements simples et rapides à mettre en place. Il s'agissait :

- pour le piège de Pointis, de simuler un masque de surface avec le râteau du dégrilleur maintenu au niveau de la surface. Ce dispositif devait permettre de générer des courants transversaux au plan de grille de la centrale pour guider les smolts vers chacune des entrées des exutoires.
- à Camon, de limiter les courants ascendants en amont de l'entrée de l'exutoire par l'ajout d'une bavette sur le platelage déjà en place à cet effet et maintenir un débit proche de 3 m³/s dans l'exutoire et une cote minimale du niveau de l'eau à 393,50mNGF dans le bassin de mise en charge de l'usine.

5.3.2 Efficacité de l'exutoire de Camon

Pour les campagnes de marquage de 2005, 2006, 2007 et 2008, 1730 smolts marqués ont été lâchés pour déterminer l'efficacité de l'exutoire de Camon. On observe des différences de résultats suivant les lots. Cette variabilité est à mettre en relation avec les débits turbinés à l'usine.

Les efficacités estimées pour chaque lot de poissons marqués en fonction des débits turbinés à l'usine de Camon sont représentées sur le graphe de la figure 23.

Pour les résultats obtenus lors des tests réalisés entre 2005 et 2007, on constate que l'efficacité de l'exutoire diminue fortement avec l'augmentation du débit turbiné. L'efficacité et le débit turbiné par l'usine semblent être étroitement liés ($R^2=0,88$; $p<0,0001$). L'efficacité de l'exutoire de Camon semble bonne pour des débits turbinés faibles et chute fortement lorsque le débit turbiné devient important. En effet, avec l'augmentation du débit turbiné par la centrale, la courantologie au niveau du bassin de mise en charge se modifie et limite l'attrait des poissons dans l'exutoire.

L'efficacité moyenne diminue avec l'augmentation du débit turbiné par l'usine :

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

- débits turbinés supérieurs à 65 m³/s, 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.
- Cas particulier : 2 groupes en marche et la conduite by-pass délivrant près de 28m³/s. Ces conditions n'arrivent que très rarement dans la saison de piégeage. 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%** (Bosc et al 2008). 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.

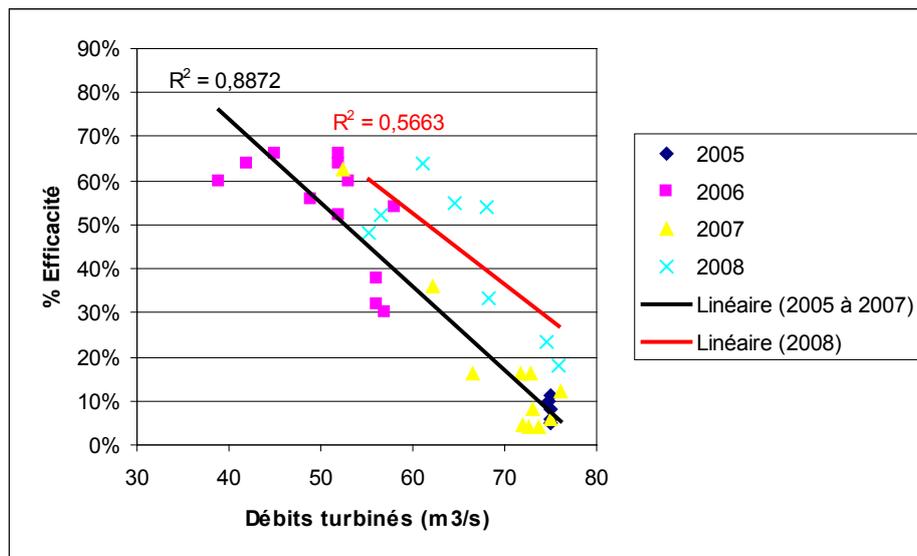


Figure 23 : Efficacité du piège de Camon en fonction du débit turbiné par la centrale. Bilan des campagnes de marquage 2005, 2006, 2007 et 2008

Les résultats des tests 2008 obtenus avec un débit dans l'exutoire de 3m³/s et l'ajout d'une bavette pour limiter les courants ascendants (figure 33), montrent globalement une amélioration de l'efficacité du dispositif pour les débits turbinés testés (supérieurs à 55 m³/s). Le maintien d'un débit proche de 3m³/s dans l'exutoire et les modifications apportées au niveau de la plaque de tranquillisation ont permis d'augmenter l'efficacité de l'exutoire de Camon.

Les efficacités moyennes observées selon les classes de débit turbiné à Camon, dans les conditions des tests 2008, sont :

- Pour des débits turbinés compris entre 55 et 65 m³/s, soit 2 groupes en fonction et démarrage du 3ème groupe et/ou vanne by-pass ouverte de 0 à 7m³/s, **54,8% d'efficacité moyenne**.
- Pour des débits turbinés supérieurs à 65 m³/s, 3 groupes en fonction : **31,7% d'efficacité moyenne**.

Avec **26% d'efficacité moyenne** pour des débits turbinés proche du maximum, on peut considérer que les résultats des tests 2009 sont du même ordre de grandeur que ceux obtenus en 2008 (31,7%).

Ces résultats confirmeraient **une efficacité d'environ 30%** pour le piège de Camon lorsque l'usine fonctionne à pleine puissance et que la cote du bassin de mise en charge permet le maintien d'un débit de 3 m³/s dans l'exutoire.

5.3.3 Efficacité des exutoires de Pointis

Lors des campagnes de marquage réalisées de 2005 à 2008, 1924 smolts marqués ont été lâchés dans le canal d'amenée de Pointis afin de déterminer l'efficacité moyenne du dispositif de dévalaison.

Les résultats obtenus, à partir des tests effectués de 2005 à 2008 (figure 34), montrent comme pour l'exutoire de Camon une variation de l'efficacité en fonction du débit turbiné par la centrale. Cependant pour Pointis, cette relation entre l'efficacité et le débit turbiné est moins bien corrélée ($R^2=0,47$). On observe une baisse de l'efficacité avec l'augmentation du débit turbiné.

L'efficacité moyenne pour des débits turbinés faibles (inférieurs à 50 m³/s) est de 32,8 %. Pour des forts débits turbinés (supérieurs à 50 m³/s) cette même efficacité s'abaisse à 17,5 %.

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 entre les barreaux du plan de grille de l'usine de 5 cm ne permettent pas un bon attrait des smolts dans le système de piégeage.

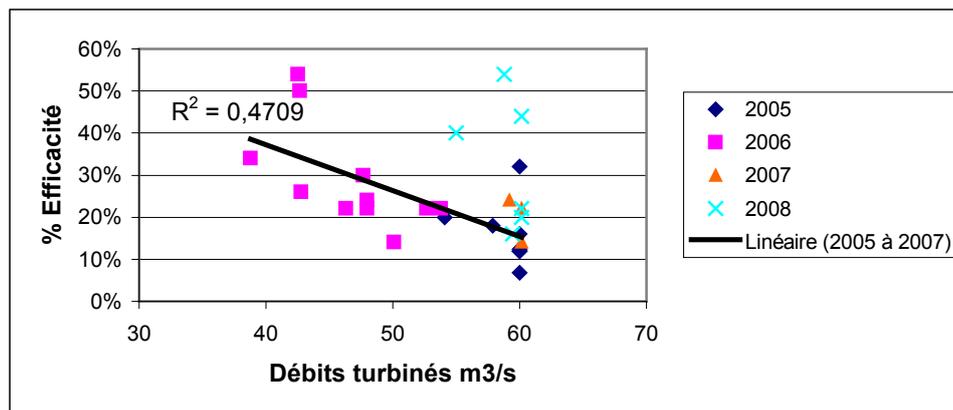


Figure 24: Efficacité du piège de Pointis en fonction du débit turbiné par la centrale. Bilan des campagnes de marquage 2005, 2006, 2007 et 2008

Lors de la campagne 2008, les tests d'efficacité ont été effectués avec, au niveau du plan de grille de la centrale, la mise en place du râteau du dégrilleur à la surface de l'eau. Dans ces conditions, **l'efficacité moyenne mesurée avec le râteau en surface et pour des débits turbinés proches de 60 m³/s (débit maximum turbinable) était de 34,3 %.**

En 2009, la réalisation d'un masque de surface a permis d'améliorer l'efficacité du piège de Pointis lorsque l'usine turbine à pleine puissance. Ce dispositif n'a pu être testé que dans les conditions de fort débit turbiné et seulement pendant les 3 heures qui suivaient le lâcher des poissons marqués. La comparaison des résultats d'efficacité obtenus en 2009 avec le masque de surface avec ceux des années précédentes (sans aménagement et râteaux du dégrilleur en surface) montre une amélioration importante de l'efficacité dans des conditions hydrauliques équivalentes (fort débit turbiné) qui passe de 17,5% (sans aménagement, figure 25) à **une efficacité moyenne de 46% avec le masque de surface** (plaque en surface positionnée sur le plan de grille de la centrale).

La présence d'un masque de surface au niveau du plan de grille de la centrale semblerait donc, lors des forts débits turbinés, apporter une solution pour augmenter l'efficacité de la station de piégeage de Pointis. Les résultats obtenus ne sont pas encore à la hauteur des

objectifs (70%) mais permettent d'avancer dans la recherche de solution pour améliorer l'attractivité des exutoires. Cependant, pour être opérationnel 24 heures sur 24, un masque fixé sur le plan de grille devrait être conçu afin de ne pas limiter l'utilisation du dégrilleur. Aussi, cette solution reste à être testée lors de faibles débits turbinés.

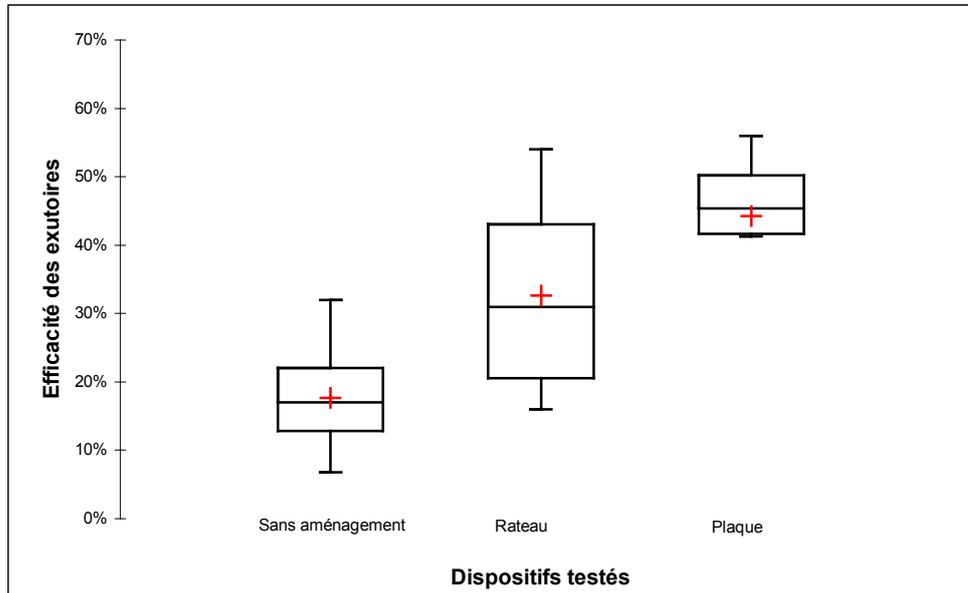


Figure 25: Comparaison des résultats des tests d'efficacité réalisés dans des conditions de forts débits turbinés sans aménagement et avec deux dispositifs testés : râteliers du dégrilleur positionnés sous surface (50 cm) et masque plein (plaque) de 2m de haut sous la surface

6 CONCLUSION

Depuis 2005, l'efficacité des exutoires des stations de piégeage transport de Camon et de Pointis est évaluée à partir d'opérations de marquage-détection réalisées avec des lots de smolts lâchés en amont des dispositifs de piégeage. Globalement et jusqu'à 2008, les résultats obtenus lors de ces études soulignaient 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.

Les tests réalisés en 2009 avaient pour objectifs de compléter l'évaluation du piège de Camon obtenu en 2008 avec un débit constant de 3m³/s dans l'exutoire et de poursuivre la recherche de solutions pour améliorer l'attrait des exutoires de Pointis entrepris en 2008 par la mise en place du râteau du dégrilleur en surface pour simuler un masque au niveau du plan de grille de l'usine.

A Camon, les résultats obtenus en 2009 confirment pour cette station qu'un débit minimum de 3m³/s dans l'exutoire est primordial pour éviter une baisse trop importante de l'efficacité du piège. Ceci implique un bon fonctionnement de l'asservissement de la vanne d'entrée et le maintien par l'exploitation d'une cote minimale à 393,50 mNGF du niveau de l'eau dans le bassin de mise en charge de la centrale. **Dans ces conditions et lorsque la centrale fonctionne à pleine puissance, l'efficacité moyenne du piège de Camon est de l'ordre de 30%.** Cette efficacité est trop faible vis-à-vis des résultats attendus, des aménagements (dispositifs physiques et/ou une gestion de la courantologie en amont de l'exutoire comme par exemple l'ouverture de la conduite by-pass) doivent être étudiés.

A Pointis, la pose d'un masque de guidage en surface au niveau du plan de grille de la centrale (système de plaques accrochées au dégrilleur et positionnées 2 m sous la surface testé en 2009) a réellement permis d'améliorer l'efficacité de la station. **Lorsque l'usine fonctionne à pleine puissance, l'efficacité moyenne du piège de Pointis passe de 17,5 à 46%.** La pose d'un masque de surface correctement dimensionné et ne limitant pas le fonctionnement du dégrilleur de l'usine semble être une solution possible pour se rapprocher de l'objectif recherché (efficacité moyenne de 70%). Ce type de masque reste tout de même à être testé dans les différentes gammes de débits turbinés par 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 systèmes de franchissement à la dévalaison. L'optimisation des dispositifs de dévalaison de Pointis et Camon figure parmi les mesures de gestion prioritaires préconisées par le PLAN de GEstion des POissons Migrateurs du bassin de la Garonne (Mesure de gestion LC10).

BIBLIOGRAPHIE

BAGLINIERE et CHAMPIGNEULLE, 1986. Population estimate of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) as indices of smolt production in the rive Scorff, Britany. J. Fish. Biol.,467-482

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

BARBIN ZYDLEWSKI, G., HARO, A., Mc CORMICK, S.D., 2005. Evidence for cumulative temperature as an initiating and terminating factor in downstream migratory behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 62 : 68-78.

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 migrants. Simulation des mortalités induites par les aménagements hydroélectriques lors de la migration de dévalaison, Rapport GHAPPE 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.

BOSC S., NARS A., MENCHI O., CORNU V., 2008. 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 1997. Rapport MI.GA.DO. 2G-08-RT, 53 p.

CARRY L., CHANSEAU M., CROZE O., GALLIAY E., LARINIER M., 1996. Expérimentation d'un dispositif de dévalaison pour les juvéniles de saumon Atlantique – Usine hydroélectrique de Camon (Garonne – 31). Rapport GHAPPE 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 Atlantique – Usine hydroélectrique de Camon (Garonne – 31). Rapport GHAPPE 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 Atlantique en dévalaison – Usines hydroélectriques de Pointis et Camon (Garonne – 31). Rapport GHAPPE 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 salar* 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., SVENNING M., ORELL P., YOCCOZ N., DEMPSON J.B, NIEMELA E., KLEMETSEN A., LAMBERG A., ERKINARO J., 2005. Special and temporal migration of wild Atlantic salmon smolts determined from a video camera array in the sub-Aortic River Tina. Fisheries Research 74 (2005) 210:222.

GREENSTREET, S.P.R., 1992. Migration of hatchery reared Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts down a release ladder. 1. Environmental effects on migratory activity. J. Fish Biol., 40: 655-666.

JUTILA E., 2008. From the river to the open sea – a critical life phase of young Atlantic salmon migrating from the Simojoki River. 26 p.

McCORMICK S.D., MORIYAMA, S., BJORNSSON, B.T., 2000. Low temperature limits photoperiod control of smolting in Atlantic salmon through endocrine mechanisms. Am. J. Physiol. Regulatory Integrative Comp. Physiol. 278 : 1352-1361.

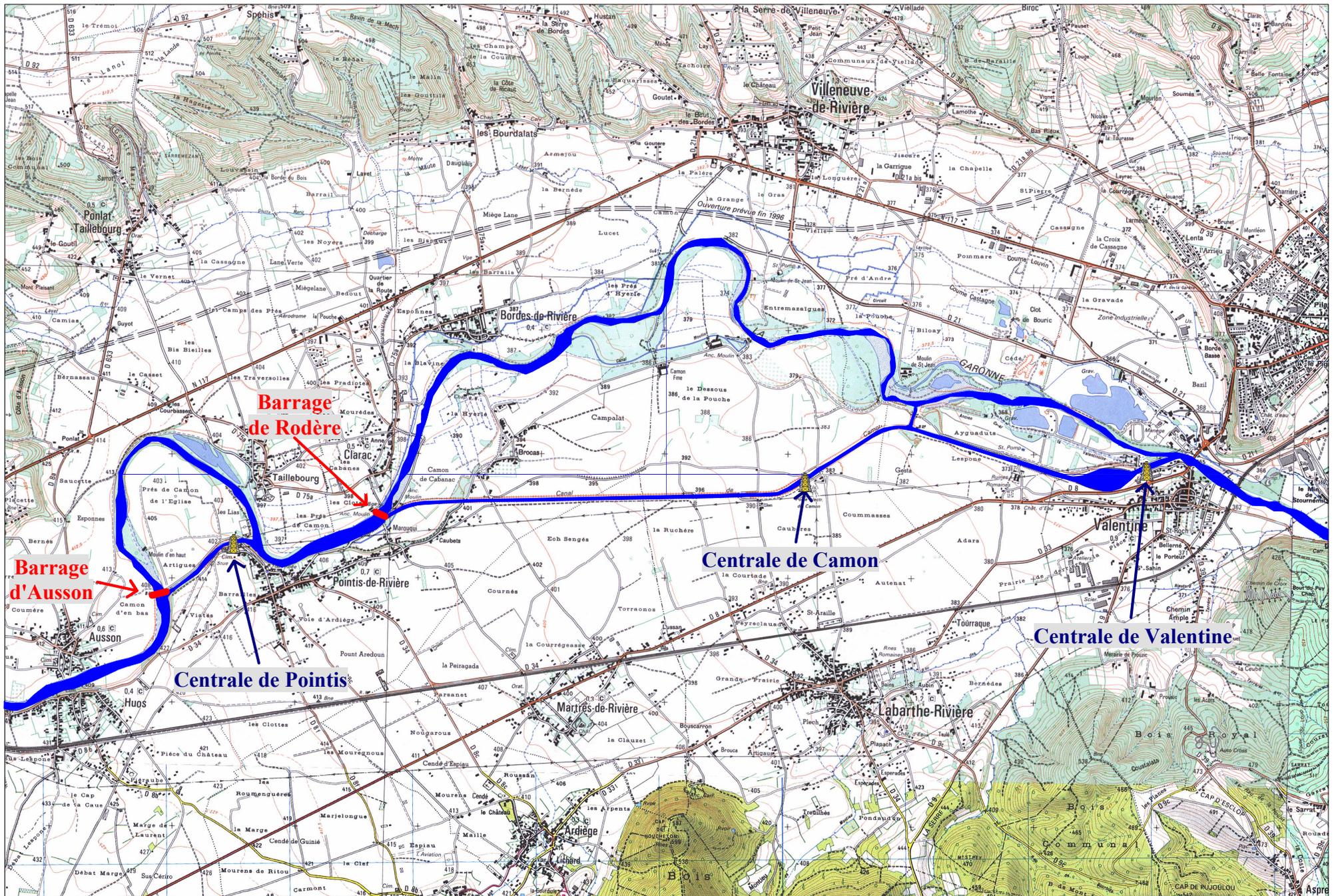
MACKAY F.M., McLEAN J.C., SMITH G.W., WHYTE B.D.M., 2003. Description of Atlantic salmon, *Salmo salar* L, smolt production from a tributary of the river North Esk, Scotland. Fishery Research Services Report, 12 p.

PALLO S., BOSCH 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.

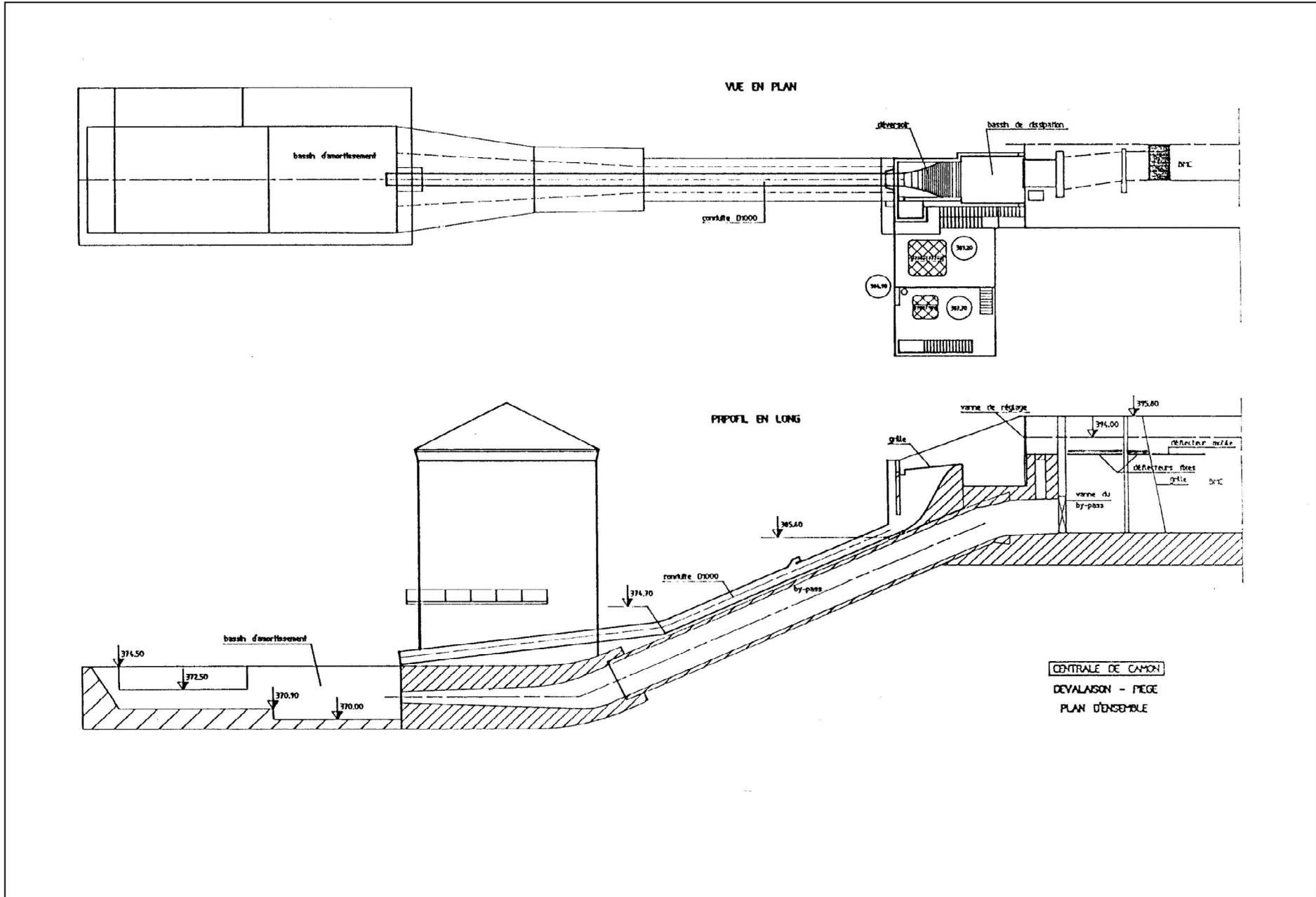
THORPE J.E., MORGAN R.I.G, 1978. Periodicity in Atlantic salmon *Salmo salar* L. smolt migration. J. Fish Biol., 12, 541-548.

WHALEN K.G., PARRISH D.L., McCORMICK S.D., 1999. Migration timing of Atlantic salmon smolts relative to environmental and physiological factors. Trans. Am. Fish. Soc., 128 : 289-301.

ANNEXES



ANNEXE 1 : Situation géographique des aménagements hydroélectriques de Pointis et Camon



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 : Paramètres relevés pendant la campagne 2009

Date	Heure de releve	Météo	Conductivité en µS/cm	O2 en mg/l	%O2	Turbidité en cm	T°C air	T°C eau	Débit moyen jour m³/s
09/03/2009	9h15	Ensoleillé	190			190	7	6,7	57,8
10/03/2009	8h30	Ensoleillé	184			210	7	6,7	64,8
11/03/2009	9h00	Couvert	133			240	7	6,7	68,2
12/03/2009	8h30	Ensoleillé	133			270	7	7,1	66,2
13/03/2009	9h00	Ensoleillé	128			290	5	6,5	64,2
14/03/2009	11h00	Ensoleillé	124			100	14	6,8	68
15/03/2009	9h15	Couvert	126			90	10	6,9	72,3
16/03/2009	11h00	Ensoleillé	124			100	9	6,9	72,7
17/03/2009	11h00	Ensoleillé	122			140	10	6,5	72,2
18/03/2009	9h47	Ensoleillé	119			140	7	6,7	79,8
19/03/2009	9h45	Ensoleillé	123			110	8	7	76,8
20/03/2009	9h00	Ensoleillé	110			110	6	6,7	80,5
21/03/2009	9h20	Ensoleillé	120			160	6	6	81,1
22/03/2009	9h30	Ensoleillé	122			180	6	6,2	75,6
23/03/2009	9h15	Ensoleillé	128			180	5	5,9	66,4
24/03/2009	9h00	Pluie	116	10,2	88	150	7	6,3	68,1
25/03/2009	9h00	Ensoleillé	119	10,2	89	160	8	5,2	68
26/03/2009	9h00	Ensoleillé	118	10	89	180	6	6	64,3
27/03/2009	9h00	Couvert	115	10,4	90	150	8	6,9	62,1
28/03/2009	8h50	Pluie	115	10,4	88	170	6	7,7	62,3
29/03/2009	8h45	Couvert	133	9,8	86	200	4	6,6	64,4
30/03/2009	9h00	Ensoleillé	133	10,4	89	220	5	6	58,1
31/03/2009	9h00	Couvert	123	10,2	87	220	4	6	55,6
01/04/2009	9h15	Pluie	126	10,2	89	230	7	6,4	53
02/04/2009	9h30	Couvert	125	9,8	88	280	7	6,4	50,2
03/04/2009	9h25	Couvert	128	9,8	90	260	7	6,6	48
04/04/2009	8h38	Couvert	132	9,7	88	270	7	7,5	46,7
05/04/2009	8h33	Couvert	134	9,2	88	300	8	9,1	48,3
06/04/2009	8h30	Couvert	132	9,5	88	200	7	9	56,1
07/04/2009	9h00	Pluie	120	9,3	85	60	7	9,3	99,6
08/04/2009	8h30	Couvert	124	10,3	85	40	6	5,8	96,1
09/04/2009	8h30	Couvert	123	10,1	89	100	5	6,8	84,2
10/04/2009	9h30	Ensoleillé	118	9,4	87	110	10	8,3	85,2
11/04/2009	8h42	Pluie	119	9,4	86	20	5	7,1	107
12/04/2009	9h00	Pluie	129	9,9	87	40	4	6,2	105
13/04/2009	9h00	Couvert	135	9,7	87	40	6	6,7	99,5
14/04/2009	8h30	Ensoleillé	130	10,2	87	100	6	7,5	97,8
15/04/2009	9h00	Pluie	126	9,2	86	110	10	8,5	104
16/04/2009	8h45	Ensoleillé	118	9,5	85	60	6	6,8	103
17/04/2008	9h00	Couvert	121	10,6	89	110	7,5	7,2	93,3
18/04/2009	8h36	Ensoleillé	125	9,6	88	70	5	6,8	86
19/04/2009	8h28	Ensoleillé	128	9	98	140	9	7,8	80,5
20/04/2009	9h00	Couvert	131	9,7	91	140	7	7,4	76,3
21/04/2009	9h30	Couvert	126	10,4	89	110	8	7,8	149
22/04/2009	8h45	Ensoleillé	116	9,4	88	60	10	7,5	131
23/04/2009	8h35	Ensoleillé	120	9,3	89	80	8	7,6	117
24/04/2009	8h30	Ensoleillé	118	9,5	88	100	9	8,3	115
25/04/2009	8h36	Couvert	111	9	88	90	11	9,1	119
26/04/2009	8h33	Pluie	110	9,6	87	40	7	7,6	142
27/04/2009	9h30	Pluie	125	10,1	88	20	7	6,3	138
28/04/2009	11h00	Ensoleillé	126	9,7	88	100	9,5	7,8	122
29/04/2009	8h50	Couvert	124	9,5	87	110	10	7,7	113
30/04/2009	8h45	Ensoleillé	124	9,7	89	150	7	7,6	105
01/05/2009	9h00	Pluie	117	9,2	87	40	8	8,2	153
02/05/2009	8h37	Couvert	124	9,6	87	30	8	7,8	137
03/05/2009	8h43	Ensoleillé	124	9,4	88	40	8	8,6	128
04/05/2009	9h30	Couvert	117	9,3	89	85	12	9	125
05/05/2009	9h00	Ensoleillé	115	9,5	91	90	10,5	8,4	123
06/05/2009	8h50	Ensoleillé	113	9,6	88	65	10,5	8,47	130
07/05/2009	8h50	Ensoleillé	104	9	89	30	15	9,3	150
		MOYENNE	124,9	9,7	88,2	131,3	7,6	7,2	89,8
		MINIMUM	104,0	9,0	85,0	20,0	4,0	5,2	46,7
		MAXIMUM	190,0	10,6	98,0	300,0	15,0	9,3	153,0

ANNEXE 4 : Débits moyens mensuels (m3/s) et coefficients d'hydraulicité pour la période de dévalaison mesurés de 1986 à 2009 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	57,77	60,95	82,30	32,96	23,85	73,78	19,85	25,49	75,85	68,45	53,58	44,86
Avril	71,33	99,45	103,86	57,93	39,87	86,21	93,59	46,83	106,82	61,27	75,37	46,54
Mai	146,89	82,61	107,91	81,24	72,59	141,75	102,48	77,45	152,13	84,52	94,29	59,43
Moyenne dévalaison	92,00	81,00	98,02	57,38	45,44	100,58	71,97	49,92	111,60	71,41	74,41	50,28

Débits mensuels	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Moyenne 1986-2008
Mars	47,24	48,45	34,06	62,48	51,91	111,61	56,07	58,06	46,58	35,25	41,34	66,3	52,73
Avril	68,66	60,36	52,39	69,34	54,97	98,16	74,03	85,47	50,51	110,07	82,11	96,4	73,70
Mai	97,00	127,32	91,17	107,24	120,68	122,23	122,39	131,44	56,76	116,15	96,94	195,00	104,03
Moyenne dévalaison	70,97	78,71	59,21	79,69	75,85	110,67	84,16	91,66	51,28	87,16	73,46	119,23	76,82

Coef. hydraulicité	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Coef hydrau mars	1,10	1,16	1,56	0,63	0,45	1,40	0,38	0,48	1,44	1,30	1,02	0,85
Coef hydrau avril	0,97	1,35	1,41	0,79	0,54	1,17	1,27	0,64	1,45	0,83	1,02	0,63
Coef hydrau mai	1,41	0,79	1,04	0,78	0,70	1,36	0,99	0,74	1,46	0,81	0,91	0,57
Coef hydrau déval.	1,16	1,10	1,34	0,73	0,56	1,31	0,88	0,62	1,45	0,98	0,98	0,68

Coef. hydraulicité	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Coef hydrau mars	0,90	0,92	0,65	1,18	0,98	2,12	1,06	1,10	0,88	0,67	0,78	1,26
Coef hydrau avril	0,93	0,82	0,71	0,94	0,75	1,33	1,00	1,16	0,69	1,49	1,11	1,31
Coef hydrau mai	0,93	1,22	0,88	1,03	1,16	1,17	1,18	1,26	0,55	1,12	0,93	1,87
Coef hydrau déval.	0,92	0,99	0,74	1,05	0,96	1,54	1,08	1,17	0,70	1,09	0,94	1,48

ANNEXE 5 : Statistiques descriptives des poids et tailles des smolts marqués par pigments capturés à Camon et Pointis

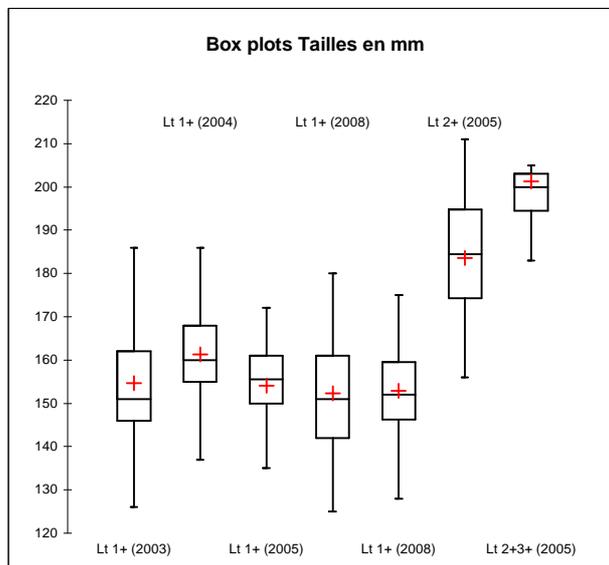
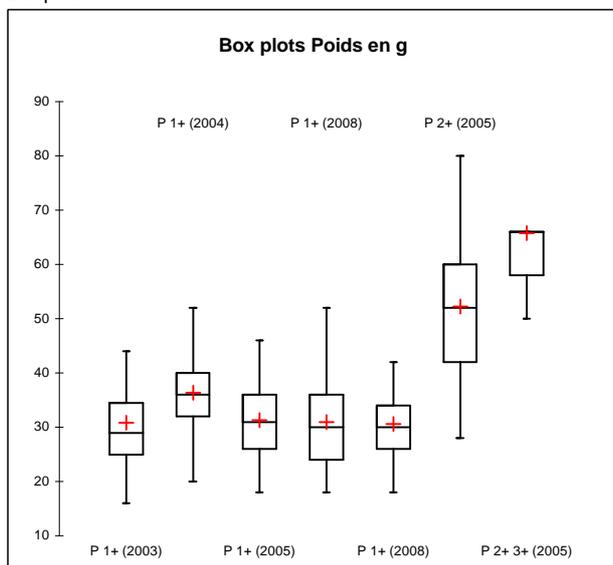
Poids (en g)

Statistique	P 1+ (2003)	P 1+ (2004)	P 1+ (2005)	P 1+ (2008)	P 1+ (2008)	P 2+ (2005)	P 2+ 3+ (2005)
Minimum	16,000	20,000	18,000	18,000	18,000	28,000	50,000
Maximum	56,000	66,000	54,000	52,000	42,000	80,000	96,000
Médiane	29,000	36,000	31,000	30,000	30,000	52,000	66,000
3ème Quartile	34,500	40,000	36,000	36,000	34,000	60,000	66,000
Somme	1572,000	8517,000	1062,000	2758,000	2018,000	1775,000	460,000
Moyenne	30,824	36,397	31,235	30,989	30,576	52,206	65,714
Variance (n)	71,518	48,710	62,651	54,775	30,881	160,399	184,490
Variance (n-1)	72,948	48,919	64,549	55,398	31,356	165,259	215,238
Ecart-type (n)	8,457	6,979	7,915	7,401	5,557	12,665	13,583
Ecart-type (n-1)	8,541	6,994	8,034	7,443	5,600	12,855	14,671
Coefficient de variation	0,274	0,192	0,253	0,239	0,182	0,243	0,207
Asymétrie (Pearson)	1,094	0,559	0,625	0,545	-0,015	0,313	1,300
Asymétrie (Fisher)	1,127	0,563	0,654	0,555	-0,015	0,328	1,684
Asymétrie (Bowley)	0,158	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,111	-1,000
Aplatissement (Pearson)	1,068	0,945	0,465	-0,028	-0,777	-0,474	0,829
Aplatissement (Fisher)	1,308	0,991	0,740	0,040	-0,742	-0,353	3,789
Ecart-type de la moyenne	1,196	0,457	1,378	0,789	0,689	2,205	5,545
Borne inf. de la moyenne (95%)	28,421	35,497	28,432	29,421	29,199	47,720	52,142
Borne sup. de la moyenne (95%)	33,226	37,298	34,039	32,557	31,952	56,691	79,286
Ecart absolu moyen	6,459	5,445	6,118	6,056	4,732	10,159	8,898
Ecart absolu médian	5,000	4,000	5,000	6,000	4,000	10,000	6,000
Moyenne géométrique	29,784	35,741	30,262	30,131	30,054	50,659	64,485
Ecart-type géométrique	1,298	1,212	1,292	1,269	1,208	1,286	1,226
Moyenne harmonique	28,840	35,086	29,310	29,302	29,516	49,102	63,409

Tailles (Lt en mm)

Statistique	Lt 1+ (2003)	Lt 1+ (2004)	Lt 1+ (2005)	Lt 1+ (2008)	Lt 1+ (2008)	Lt 2+ (2005)	Lt 2+3+ (2005)
Minimum	126,000	134,000	132,000	125,000	128,000	156,000	183,000
Maximum	196,000	205,000	183,000	180,000	175,000	211,000	231,000
Médiane	151,000	160,000	155,500	151,000	152,000	184,500	200,000
3ème Quartile	162,000	168,000	161,000	161,000	159,500	194,750	203,000
Somme	7889,000	37734,000	5239,000	13552,000	10088,000	6242,000	1409,000
Moyenne	154,686	161,256	154,088	152,270	152,848	183,588	201,286
Variance (n)	193,000	104,242	126,375	157,051	91,129	251,360	191,061
Variance (n-1)	196,860	104,689	130,204	158,836	92,531	258,977	222,905
Ecart-type (n)	13,892	10,210	11,242	12,532	9,546	15,854	13,822
Ecart-type (n-1)	14,031	10,232	11,411	12,603	9,619	16,093	14,930
Coefficient de variation	0,090	0,063	0,073	0,082	0,062	0,086	0,069
Asymétrie (Pearson)	0,802	0,305	-0,136	0,192	0,165	-0,032	1,044
Asymétrie (Fisher)	0,826	0,307	-0,143	0,195	0,168	-0,034	1,353
Asymétrie (Bowley)	0,375	0,231	0,000	0,053	0,132	0,000	-0,294
Aplatissement (Pearson)	0,712	0,928	0,184	-0,631	-0,080	-0,939	0,520
Aplatissement (Fisher)	0,914	0,974	0,414	-0,598	0,011	-0,893	3,047
Ecart-type de la moyenne	1,965	0,669	1,957	1,336	1,184	2,760	5,643
Borne inf. de la moyenne (95%)	150,740	159,939	150,107	149,615	150,484	177,973	187,474
Borne sup. de la moyenne (95%)	158,632	162,574	158,070	154,925	155,213	189,203	215,097
Ecart absolu moyen	10,780	8,018	8,656	10,307	7,601	13,166	9,551
Ecart absolu médian	7,000	6,000	5,500	9,000	6,000	10,500	5,000
Moyenne géométrique	154,085	160,935	153,673	151,756	152,551	182,898	200,831
Ecart-type géométrique	1,092	1,065	1,078	1,086	1,065	1,092	1,075
Moyenne harmonique	153,504	160,615	153,251	151,245	152,254	182,204	200,394

Box plots :



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.