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 2015

Etude financée par :

Union Européenne
Agence de l'Eau Adour-Garonne
Electricité De France
Fédération Nationale de la Pêche en France

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

Juin 2016

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.

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

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). Pendant la campagne 2015, la station de piégeage à la dévalaison de Pointis a fonctionné du 13 mars au 18 mai et celle de Camon du 5 mars au 18 mai.

Le suivi biologique des poissons capturés a permis de comptabiliser au total 16 125 poissons dévalants piégés (6 805 à Camon et 9 320 à Pointis) qui ont été transportés à l'aval de Lamagistère. 11 espèces de poissons ont été recensées mais les effectifs qui dominent concernent les Salmonidés avec les saumons atlantiques (*Salmo salar*) et les truites fario (*Salmo trutta fario*) : 11 792 smolts de saumon, 4 198 truites fario dont 3131 smolts en migration de dévalaison et 135 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 aux printemps 2014 (smolts 1^+) et 2013 (smolts 2^+) et des smolts issus de la reproduction naturelle sur la Pique.

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 42 jours. Les principaux pics migratoires ont lieu au mois d'avril. La mise en relation de l'effort de repeuplement réalisé de 1999 à 2014 sur la Garonne amont et la Neste (4 610 000 alevins/pré estivaux) et des effectifs piégés à Pointis-Camon (près de 195 000 smolts depuis 2000) permet de vérifier l'efficacité des opérations de repeuplement et la fonctionnalité des habitats de grossissement pour les juvéniles de saumon. En moyenne, la production de smolts par les habitats est estimée à 6 smolts par 100 m² équivalent radier-rapide. Le taux de survie moyen minimum entre le stade alevin/pré-estival et le stade smolt est estimé à près de 7 %, hormis les échappements aux barrages et en intégrant l'efficacité des pièges**.**

Suite aux améliorations apportées par EDF en 2014 sur chacune des 2 stations, pose de plans de grilles de faibles espacements devant les turbines des deux centrales, des opérations de marquage détection ont été réalisées pendant la saison de dévalaison 2015. Ces opérations avaient pour objectif de mesurer le niveau d'efficacité des systèmes de capture en fonction de l'hydrologie. Les résultats obtenus sur les deux sites lors de cette saison présentent de très fortes variabilités et ne permettent donc pas de conclure quant à l'efficacité de ces dispositifs.

De nouvelles opérations de marquage seront réalisées au printemps 2016 pour affiner les résultats.

SOMMAIRE

RESUME ____ *i*

SOMMAIRE ____ *ii*

LISTE DES ILLUSTRATIONS ____ *iv*

INTRODUCTION ____ *6*

REMERCIEMENTS ____ *7*

1 Materiel et methode ____ *8*

1.1 Généralités ____ **8**
1.1.1 Situation ____ 8
1.1.2 Aménagements hydroélectriques de Pointis et Camon ____ 8

1.2 Fonctionnement des stations de piégeage ____ **9**
1.2.1 Fonctionnement des exutoires ____ 9
1.2.2 Attrait des poissons par la lumière ____ 10
1.2.3 Problèmes liés aux piégeages ____ 10
1.2.4 Personnel présent sur les sites ____ 10

1.3 Relevés des paramètres environnementaux et du fonctionnement hydraulique des aménagements ____ **11**

1.4 Suivi biologique ____ **11**
1.4.1 Comptage vidéo ____ 11
1.4.2 Relevé des paramètres biologiques et comptage manuel ____ 12

1.5 Transport des poissons capturés ____ **12**

2 Résultats : Campagne de piegeage-transport ____ *13*

2.1 Fonctionnement des stations de piégeage ____ **13**

2.2 Paramètres du milieu ____ **13**
2.2.1 Température de l'eau ____ 13
2.2.2 Oxygène dissous ____ 14
2.2.3 Transparence de l'eau ____ 14

2.3 Hydrologie de la Garonne et fonctionnement hydraulique des aménagements ____ **15**
2.3.1 Hydrologie de la Garonne pendant la période d'étude ____ 15

2.4 Suivi biologique ____ **19**
2.4.1 Etude des passages des poissons piégés ____ 19

2.5 Relevés de paramètres biologiques (Biométrie) ____ **21**
2.5.1 Répartition par espèce ____ 21
2.5.2 Etat sanitaire ____ 22
2.5.3 Caractéristiques biométriques des salmonidés ____ 23

2.6 Bilan des effectifs contrôlés et transportés ____ **25**
2.6.1 Bilan des effectifs contrôlés ____ 25

2.7 Transports ____ **26**
2.7.1 Poissons transportés (tableau 7) ____ 26

2.8 Communication sur les sites de Camon et Pointis ____ **28**

3 BILAN INTER-ANNUEL (2000-2015) ____ *29*

3.1 Evolution des paramètres environnementaux ____ **29**
3.1.1 Débit de la Garonne ____ 29

3.1.2 Evolution de la température de l'eau 29

3.2 Evolution des effectifs piégés 30

3.2.1 Bilan par espèce 30

3.3 Caractéristiques biologiques des smolts de saumon du haut bassin de la Garonne 31

3.3.1 Activité de dévalaison des smolts 31

3.3.2 Production de smolts à partir des saumons repeuplés 34

3.3.3 Caractéristiques des saumons déversés et capturés à la dévalaison 35

4 Evaluation de l'efficacité des stations de piegeage 39

4.1 Introduction 39

4.1.1 La période d'expérimentation 40

4.1.2 Le marquage des smolts 40

4.1.3 Modalités de marquage 41

4.1.4 Les lâchers des lots marqués 41

4.1.5 Fonctionnement des dispositifs de détection des marques 42

4.1.6 Amélioration de l'efficacité des exutoires 43

4.1.7 Evaluation de l'efficacité des exutoires 44

4.2 Résultats : tests 2015 45

4.2.1 Test de l'exutoire de Pointis 45

4.2.2 Test de l'exutoire de Camon 47

4.2.3 Evaluation du passage des smolts par surverse au niveau des barrages de Ausson et Rodère 50

4.2.4 Conclusion évaluation de l'efficacité des exutoires 2015 51

5 CONCLUSIONS 52

BIBLIOGRAPHIE 53

ANNEXES 54

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Situation géographique des secteurs mobilisés par la mise en place de la stratégie de piégeage transport sur le bassin de la Garonne 8
Figure 2 : Températures moyennes journalières (en °C) relevées sur la Garonne à Loures-Barousse et Valentine et sur la Neste à Mazère pendant la période d'étude 14
Figure 3 : Evolution de la turbidité (en cm mesurée au disque de Secchi) et du débit moyen journalier (en m3/s) de la Garonne enregistrés à Gourdan-Polignan (EDF). 15
Figure 4 : Détails du fonctionnement des groupes de l'usine de Camon durant la campagne 2015 (débit exprimé en $m^3.s^{-1}$) 17
Figure 5 : Détails du fonctionnement des groupes de l'usine de Pointis durant la campagne 2015 (débit exprimée en $m^3.s^{-1}$) 18
Figure 6 : Evolution des effectifs cumulés par créneaux horaires d'1 heure à Camon et à Pointis en 2015 20
Figure 7 : Evolution des passages journaliers de poissons dévalant à Camon et Pointis en fonction de la température de l'eau (° C) et du débit de la Garonne (0,1m3.s-1). 21
Figure 8 : Proportion de chacune des anomalies sanitaires relevées sur les individus classés « non sains » échantillonnés à Camon et à Pointis de Rivière en 2015 22
Figure 9 : 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) 23
Figure 10: Evolution de la proportion de SAT de plus de 180 mm (âge 2 +) par rapport à l'ensemble des SAT mesurés lors de chaque biométrie à Camon et à Pointis de Rivière 24
Figure 11: Relation taille/poids des saumons atlantiques échantillonnés 24
Figure 12: Structure du peuplement des truites fario (TRF et TRF BL) dévalantes d'après les échantillons mesurés à Camon et Pointis de Rivière 25
Figure 13 : Comparaison des débits journaliers de la Garonne mesurés à Valentine ou à Gourdan-Polignan de 2000 à 2015 29
Figure 14: Températures de l'eau de la Garonne enregistrées à Loures-Barousse (zone de grossissement des juvéniles) entre 2000 et 2015 du 1er mars au 31 mai 30
Figure 15: Effectifs piégés totaux et par espèces à Camon et à Pointis (depuis 2003). 31
Figure 16: Evolution des effectifs cumulés de poissons piégés par année. 32
Figure 17: Evolution de la fenêtre de migrations des smolts par année 33
Figure 18: Comparaison interannuelle des effectifs de saumon repeuplés sur le bassin amont au stade alevin (année n-1), des effectifs de smolts piégés et potentiellement dévalants (théoriques) 35
Figure 19: Répartition en classes de taille des saumons marqués par pigments au stade pré estival et contrôlés au stade smolt 1+ à Camon et Pointis 37
Figure 20: Proportion de smolts dévalant à 1 an par contingent déversé 38
Figure 21: Productivité des habitats du haut bassin de la Garonne 38
Figure 22 : Répartition dans le temps des recaptures de smolts marqués pour chaque lot lâché dans le canal de Pointis 45
Figure 23 : Répartition dans le temps des recaptures des smolts marqués des lots retenus pour estimer l'efficacité de l'exutoire de Pointis 46
Figure 24 : Résultats d'efficacité des exutoires de Pointis pour chaque lot de smolts marqués en fonction des débits turbinés et des groupes en fonctionnement à l'usine. 47
Figure 25 : Répartition dans le temps des recaptures de smolts marqués pour chaque lot lâché dans le canal de Camon 48
Figure 26: Répartition dans le temps des recaptures des smolts marqués des lots lâchés à Camon pour estimer l'efficacité de l'exutoire de Camon 49
Figure 27 : Résultats d'efficacité de l'exutoire de Camon pour chaque lot de smolts marqués en fonction des débits turbinés à l'usine. 50
Figure 28 : Comparaison des effectifs de smolts de saumon capturés à Camon et Pointis chaque année (histogrammes rouges années de forte hydrologie, histogrammes verts années ou avec une hydrologie faible à moyenne). 51

Tableau 1 : Fréquence et période d'enregistrement des différents paramètres étudiés 11
Tableau 2 : Causes et durées (en minutes) des arrêts des pièges de Camon et Pointis en 2015 13
Tableau 3 : Effectifs de poissons dévalant en fonction des conditions nycthémérales à Camon et Pointis en 2014 19
Tableau 4 : Espèces recensées à Camon et à Pointis de Rivière en 2014 21
Tableau 5 : Caractéristiques biométriques des salmonidés piégés 23

Tableau 6 : Effectifs des poissons piégés sur les sites de Camon et Pointis de Rivière 26
Tableau 7: Effectifs des poissons transportés depuis les sites de piégeage 27
Tableau 8 : Récapitulatif des transports effectués pendant la période de piégeage..... 27
Tableau 9 : Effectifs de poissons piégés à la dévalaison par année..... 31
Tableau 10 : 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..... 34
Tableau 11: Comparaison des biomasses déversées et des biomasses piégées. 36
Tableau 12: 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. 36
Tableau 13: Récapitulatif du nombre de lots par lieux de lâcher..... 42
Tableau 14 : Résultats d'efficacité pour les lots lâchés dans le canal de Pointis et recapturés à Pointis en 2015..... 47
Tableau 15 : Résultats d'efficacité pour les lots lâchés dans le canal de Camon et piégés à Camon en 2015..... 50

Photo 1 : « Aquabus » : le camion destiné au transport des smolts..... 12
Photo 2 : Deux phénotypes de truite fario à robe sombre (TRF) photo de gauche et pré smolt (TBL) photo de droite observés dans les pièges. 22
Photo 3 : Smolt de saumon atlantique capturé sur la Garonne à Pointis 23
Photo 4 : Seringue et marque pit-tag Photo 5 : Smolt lors de l'introduction de la marque..... 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 »).

La population naturelle de saumons du Bassin 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, à l'amont 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., situées 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 de géniteurs capturés sur la Garonne et la Dordogne. 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 2015 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 présente le déroulement et les résultats des opérations de marquage détection réalisées en 2015 afin évaluer les efficacités des deux systèmes de piégeage.

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.

Equipe de travail MIGADO

Coordination et Rédaction

Chargés de missions : Stéphane Bosc

Responsable sites : Alexandre Nars

Responsable transport : Olivier Menchi

Edition : Marie Pierre Caprini

Equipe sur sites :

Piégeages : Alexandre Nars, Olivier Menchi, Stéphane Bosc et Adeline Gaillagot

Surveillants de nuit : Marie Galerne et Axel Royer

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

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

1.1.2 Aménagements hydroélectriques de Pointis et Camon

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

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

La centrale fonctionne au fil de l'eau. Elle est équipée de trois turbines de type hélice à quatre pales (puissance nominale : 2 500 KW par hélice) pour un débit maximal turbinable de 60 m^3/s. La hauteur de chute nette est de 13 m. La prise d'eau de l'usine mesure 21,5 m de largeur. Les grilles de protection, longues de 8,5 m, sont constituées de barreaux en forme « d'aile d'avion » de 1 x 4 cm espacés de 2 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 1/10ème du module soit 6,2 m^3/s.

La centrale est équipée de trois turbines de type Francis à 15 aubes (puissance nominale : 5 200 KW par turbine) pour un débit maximal turbinable de 85 m^3/s. La hauteur de chute nette est de 21,45 m. La prise d'eau de l'usine mesure 29,5 m de largeur. Les grilles de protection, longues de 8,3 m, sont constituées de barreaux en forme « d'aile d'avion » de 1 x 4 cm espacés de 2 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 05 mars sur le site de Camon et le 13 mars sur le site de Pointis pour se terminer le 18 mai 2015. 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 24 au 27 février 2015. Le démontage du matériel et la mise en hivernage de la station (nettoyage, vidanges des conduites d'alimentation…) ont été effectués les 18 et 26 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 délivrant un débit proche de 3 $m^3.s^{-1}$ (2,80m3/s avec la vanne calée à 0,78m sous le niveau de l'eau). La vanne de l'exutoire de Camon a été dotée d'un capteur de position situé en rive gauche. La position de la vanne ainsi que la cote d'altitude de la surface de l'eau du BMC sont enregistrées en continu.

Pour le site de Pointis de Rivière qui possède 2 canaux donc 2 vannes, les deux vannes de chaque exutoire ont fonctionné pour atteindre un débit total dans le piège estimé à 3 $m^3.s^{-1}$. Avec la reprogrammation de l'automate, l'asservissement des vannes d'entrée des exutoires a été réglé avec une hauteur d'eau de 75 cm sur chacune d'elles. Le niveau d'eau moyen mis en charge par rapport à la grille de filtration des poissons est dans ces conditions de 0,60 m (valeur mesurée sur l'échelle limnimétrique placée dans le bassin de dissipation) ce qui permet pour la gestion du piège, un écoulement optimum au travers de la grille de filtration des poissons et une évacuation correcte et sécurisée du débit par l'orifice de sortie.

1.2.2 Attrait des poissons par la lumière

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

Les éclairages d'attrait ont été modifiés en 2010 à Pointis : 2 lampes à vapeur de sodium ont été placées au-dessus des entrées des deux exutoires sur chaque rive et une lampe à Led dans le canal collecteur rive gauche. Les 3 lampes fonctionnent sur le même cycle lumineux d'attrait de 20h30 à 8h30, avec une phase d'éclairage de 8 minutes et une phase d'extinction de 3 minutes pour les 2 lampes à l'entrée de l'exutoire et avec une phase d'éclairage de 9 minutes et une phase d'extinction de 2 minutes pour la lampe du canal collecteur rive gauche.

1.2.3 Problèmes liés aux piégeages

Durant la campagne 2015, de nombreuses situations d'état de veille de crue (forts débits) et d'état de crue ont conduit pour des raisons de sécurité à l'arrêt des dispositifs de piégeages de Camon et de Pointis. L'asservissement de l'automate du piège de Pointis avec le barrage d'Ausson entraine une fermeture des vannes de l'exutoire dès l'état de veille de crue fixé à 120 m3/s. Les 5 et 6 mars, les pièges de Camon et Pointis ont cessé momentanément de fonctionner pour cause d'état de crue (fixé à 150 m3/s). Une seconde crue a contraint à la fermeture des pièges du 3 au 4 mars. Le site de Pointis est resté fermé le 5 avril pour cause d'état de veille. De forts débits compris entre 120 et 150 m3/s ont conduit à la fermeture du site de Pointis pour cause de situation d'état de veille les 8 et 9 avril ainsi que du 11 au 14 avril. Les 24 et 25 avril, les deux pièges ont aussi été fermés pour cause de situation d'état de veille.

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, 1 personne (2 personnels MIGADO) gère l'entretien, la maintenance et le 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 4 personnes pour le jour et 2 personnes pour la nuit.

Le fonctionnement général a ainsi été assuré grâce à la présence de trois techniciens, de deux agents techniques 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 hydraulique des aménagements ont été fournies 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	Pendant le piégeage	Thermomètre digital	MIGADO
Température de l'eau de la Garonne	Valentine	1 heure	en continu sur l'année	Tinytag Aquatic 2	MIGADO
Température de l'eau de la Neste	Mazère de Neste	1 heure	en continu sur l'année	Tinytag Aquatic 2	MIGADO
Température de l'eau de la Garonne	Loures-Barousse	1 heure	en continu sur l'année	Tinytag Aquatic 2	MIGADO
Conductivité de l'eau de la Garonne	Camon	quotidienne	Pendant le piégeage	Conductimètre Odeon Neotek-Ponsel	MIGADO
Oxygène de l'eau de la Garonne	Camon	quotidienne	Pendant le piégeage	Oxymètre Odeon Neotek-Ponsel	MIGADO
Turbidité de l'eau de la Garonne	Camon	quotidienne	Pendant le piégeage	Disque de Secchi	MIGADO
Débit de la Garonne à Gourdan	Gourdan Polignan	30 mn	Pendant le piégeage	enregistreur EDF	EDF Groupement de Camon
Débits de la Garonne à Valentine	Valentine	30 mn	Pendant le piégeage	Enregistreur banque HYDRO	DREAL Midi-Pyrénées
Débit turbiné par l'usine de Pointis (par groupe)	Pointis	30 mn	Pendant le piégeage	enregistreur EDF	EDF Groupement de Camon
Cote NGF Bassin de mise en charge de Camon et Pointis	Camon et Pointis	30 mn	Pendant le piégeage	enregistreur EDF	EDF Groupement de Camon
Débit turbiné par l'usine de Camon (par groupe)	Camon	30 mn	Pendant le piégeage	enregistreur EDF	EDF Groupement de Camon
Ouverture de la vanne by pass de Camon	Camon	30 mn	Pendant le piégeage	enregistreur EDF	EDF Groupement de Camon
Débit de l'exutoire de Camon et Pointis	Camon et Pointis	30 mn	Pendant le piégeage	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 BOSCH Dinion 1/3 » Color Camera LTC0455 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'ENSEEIHT. Ce logiciel numérise les silhouettes et stocke les images sur support informatique.

Après dépouillement manuel des fichiers à l'aide d'un logiciel spécifique, on peut connaître le nombre de poissons filmés par jour, et pour chaque individu filmé : sa date de passage, son heure de passage. 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 le traitement 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 marques (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 m^3 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.

Photo 1 : « Aquabus » : le camion destiné au transport des smolts

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 crues et transparences). Les chasses sont des manipulations effectuées par E.D.F. pour l'entretien des installations : l'usine hydroélectrique est arrêtée et les vannes du barrage sont ouvertes afin de décolmater les grilles de la prise d'eau du canal d'amenée (tableau 2).

La campagne de piégeage s'est déroulée du 05 mars au 18 mai 2015, soit une période qui s'étend sur 75 jours, durant laquelle les pièges de Camon et Pointis ont été fonctionnels respectivement 93,2 % et 88,6 % du temps. En effet, hormis les arrêts quotidiens de faible durée nécessaires pour l'entretien des grilles de filtration, quatre autres types d'évènements ont contribué à une diminution du temps de piégeage (tableau 2). Il s'agit des chasses aux barrages (2 à Rodère), des arrêts pour cause de biométrie, de maintenance et état de veille de crue.

Nature	Arrêts à Camon			Arrêts à Pointis		
	Nombre	Durée en mn	Pourcentage	Nombre	Durée en mn	Pourcentage
Vérifications	259			229		
Entretien des grilles	253	44,9	28,6 %	172	37,7	26,8 %
Biométries	1	0,3	0,2 %	2	3,7	2,6 %
Chasse	2	10,5	6,7 %	0	0,0	0,0 %
Maintenance	3	5,5	3,5 %	4	11,2	8,0 %
Crue (état de veille)	1	95,9	61,0 %	3	87,9	62,6 %
Transparence	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %
Total	469	157,1	100,0 %	410	140,4	100,0 %

Tableau 2 : Causes et durées (en minutes) des arrêts des pièges de Camon et Pointis en 2015

2.2 Paramètres du milieu

2.2.1 Température de l'eau

Les trois enregistreurs de température, situés sur la Garonne à Loures-Barousse et Valentine et sur la Neste à Mazère de Neste (figure 2 et annexe 3), au niveau des secteurs de grossissement des juvéniles, précisent les conditions de dévalaison des smolts de saumons. Ces enregistrements montrent des températures qui diffèrent très peu, légèrement plus fraîches sur la Garonne que sur la Neste avec :

- pour la Garonne à Loures-Barousse, un minimum de 5,9°C le 6 mars, un maximum de 10,6°C le 13 mai et une moyenne de 8,3°C.

- pour la Garonne à Valentine, un minimum de 6,7°C le 5 mars, un maximum de 12,4°C le 12 mai et une moyenne de 9,6°C.

- pour la Neste à Mazère de Neste, un minimum de 6,5°C le 5 mars, un maximum de 12,2°C le 15 mai et une moyenne de 9,2°C.

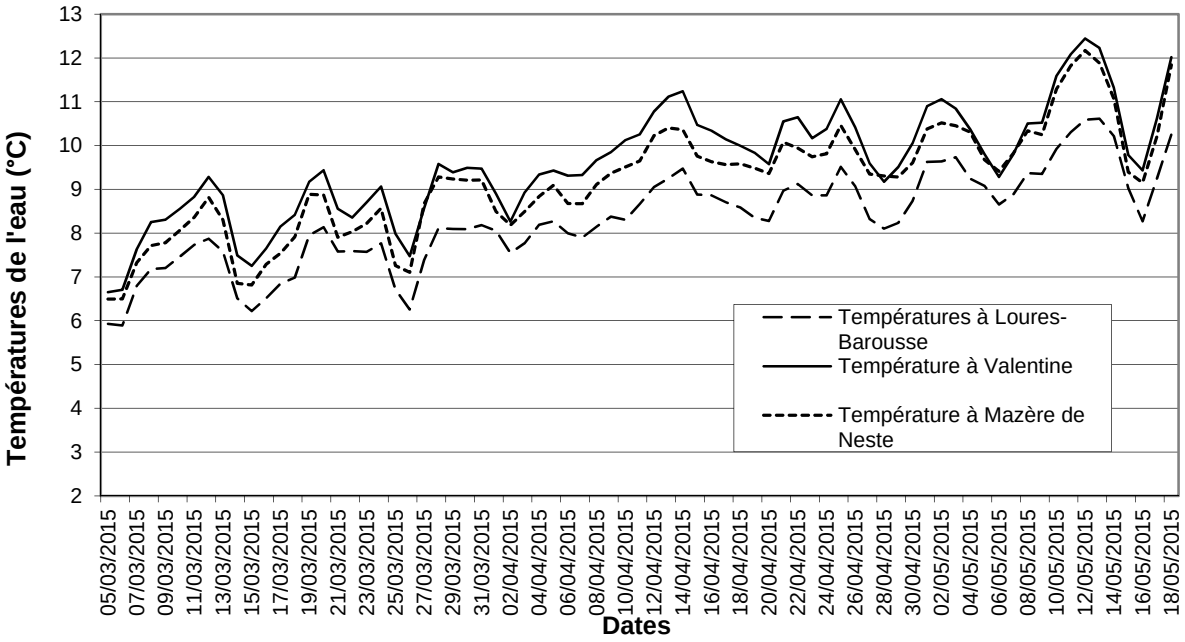


Figure 2 : Températures moyennes journalières (en °C) relevées sur la Garonne à Loures-Barousse et Valentine et sur la Neste à Mazère pendant la période d'étude

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 $mg.l^{-1}$). Les mesures indiquent une oxygénation de l'eau comprise entre 8,5 $mg.l^{-1}$ et 11,0 $mg.l^{-1}$ avec une valeur moyenne de 9,8 $mg.l^{-1}$, soit respectivement 73,0 %, 91,5 % et 84,8 % 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 le 5 et 29 mars, le 1er, 19 et 28 avril, et du 6 au 15 mai.

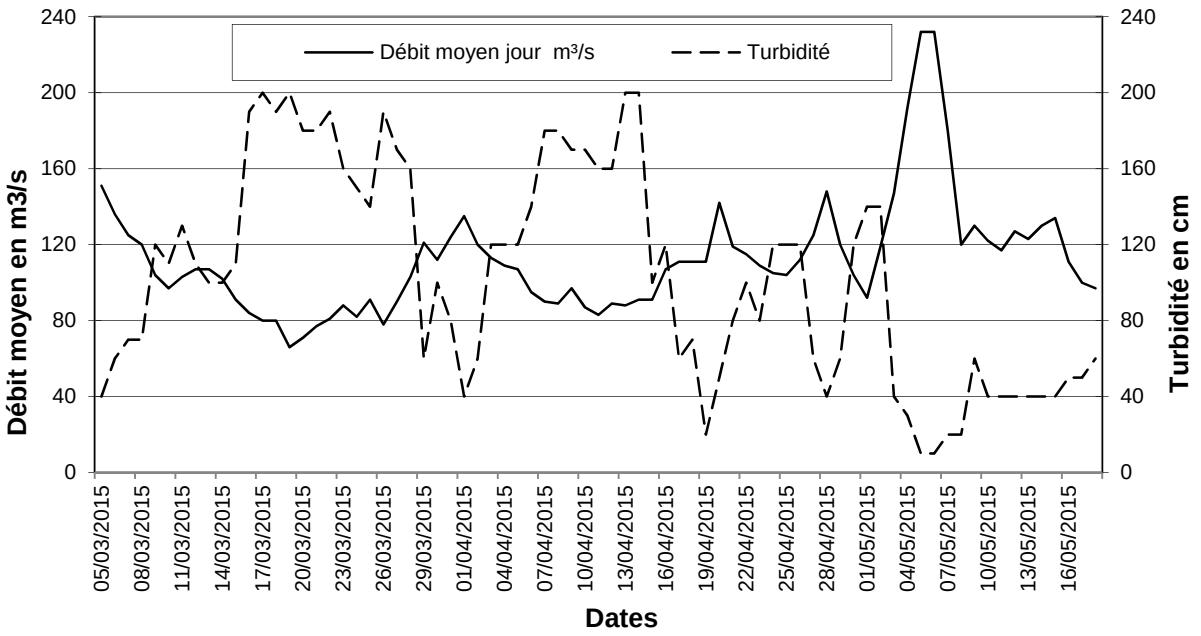


Figure 3 : Evolution de la turbidité (en cm mesurée au disque de Secchi) et du débit moyen journalier (en m3/s) de la Garonne enregistrés à Gourdan-Polignan (EDF).

2.3 Hydrologie de la Garonne et fonctionnement hydraulique des aménagements

2.3.1 Hydrologie de la Garonne pendant la période d'étude

L'hydrologie de la Garonne au printemps 2015 a été très élevée. Pendant la campagne de piégeage, le débit moyen journalier a varié de 66 à 232 m^3/s (annexe 3) pour un débit moyen sur l'ensemble de la campagne (du 3 mars au 18 mai 2015) de 104 m^3/s.

Les hydrologies des mois de mars, avril et mai (annexe 3, données Banque Hydro) ont été du même niveau et parmi les plus fortes enregistrées depuis 1986 (débits mensuels pour chacun des 3 mois autour de 103 m3/s et coefficient d'hydraulicité de 1,84).

Les usines hydroélectriques de Camon et Pointis, fonctionnant au fil de l'eau, sont dépendantes des conditions hydrologiques de la Garonne. Pour l'usine de Camon, le fonctionnement avec une puissance maximale de 14 MW correspond à un débit proche de 85 m^3/s. Lors de la période de piégeage l'usine est bridée à 80 m3/s pour maintenir une cote du plan d'eau dans le Bassin de Mise en Charge suffisamment haute afin que l'alimentation de l'exutoire de dévalaison se fasse correctement. Pour celle de Pointis, un fonctionnement avec une puissance maximale proche de 7 MW correspond à un débit de 60 m^3/s.

2.3.1.1 Usine de Camon

La figure 4 détaille le fonctionnement général de l'usine de Camon pendant la saison de piégeage 2015. Chaque groupe turbine au maximum 30 m^3/s. Pour optimiser le piégeage, les groupes 3 et 2 ont été mis prioritairement en marche.

La centrale de Camon a fonctionné avec ses 3 groupes à pleine puissance dans la majeure partie de la saison de piégeage.

Au total, 2 chasses ont été réalisées au barrage de Rodère pendant la période de piégeage les 2 et 29 avril.

2.3.1.2 Usine de Pointis

La figure 5 détaille le fonctionnement général de l'usine de Pointis pendant la saison de piégeage 2015. Chaque groupe turbine au maximum 20 m^3/s et produit environ 2,5 MW.

Lors de la saison de piégeage 2015, l'usine de Pointis a connu un fonctionnement différent de celle de Camon. Malgré un débit de la Garonne suffisant, elle n'a pu fonctionner à plein régime qu'à partir du 24 avril 2015. Dans la première partie de la campagne, pour des raisons techniques seulement les groupes 1 et 2 ont fonctionné.

Globalement, l'hydrologie de la campagne 2015 a été marquée par des forts débits qui ont, d'une part, permis aux deux centrales de fonctionner à plein régime et, d'autre part, entrainé de fortes surverse au niveau des barrages.

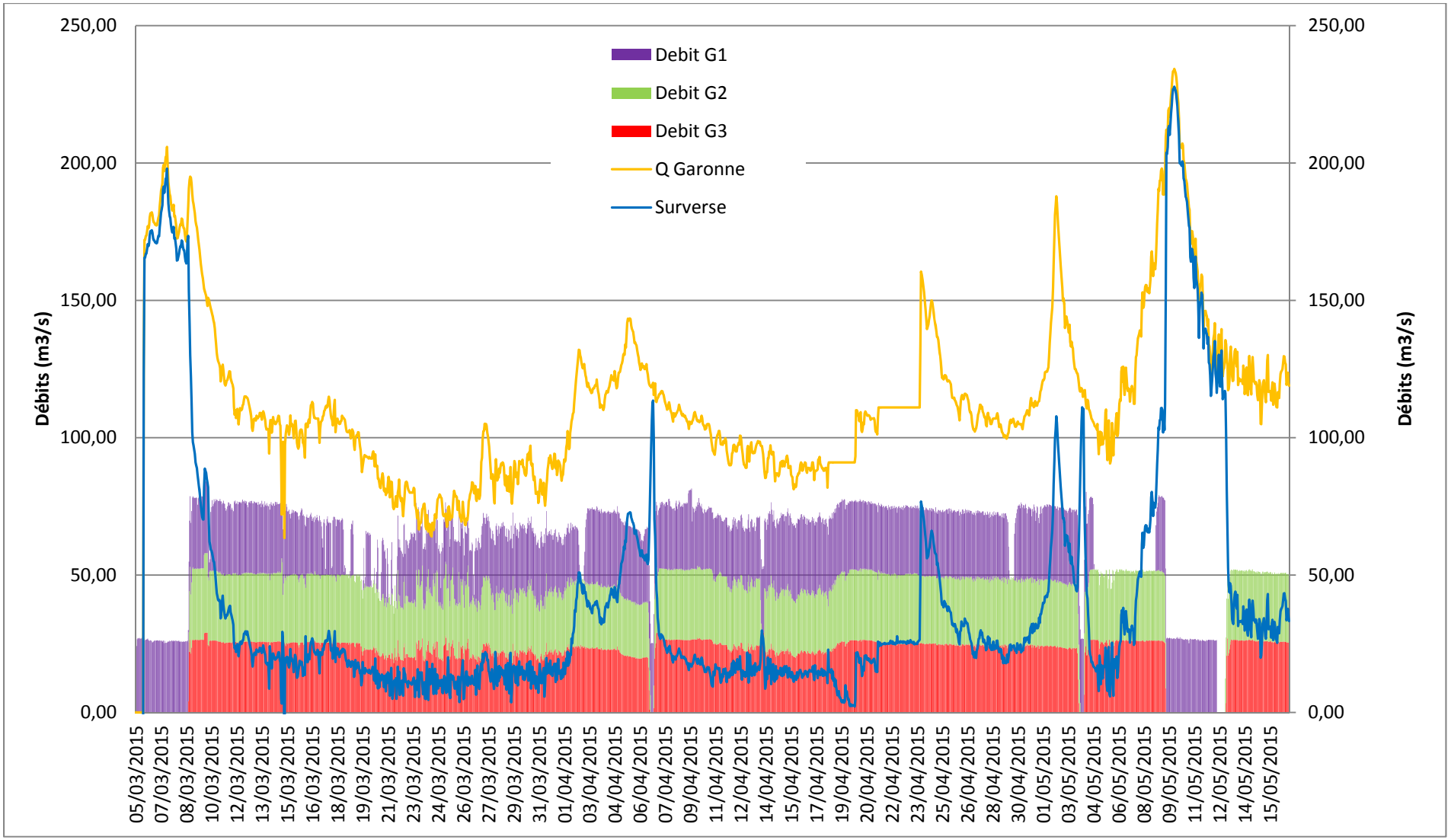


Figure 4 : Détails du fonctionnement des groupes de l'usine de Camon durant la campagne 2015 (débit exprimé en $m^3.s^{-1}$)

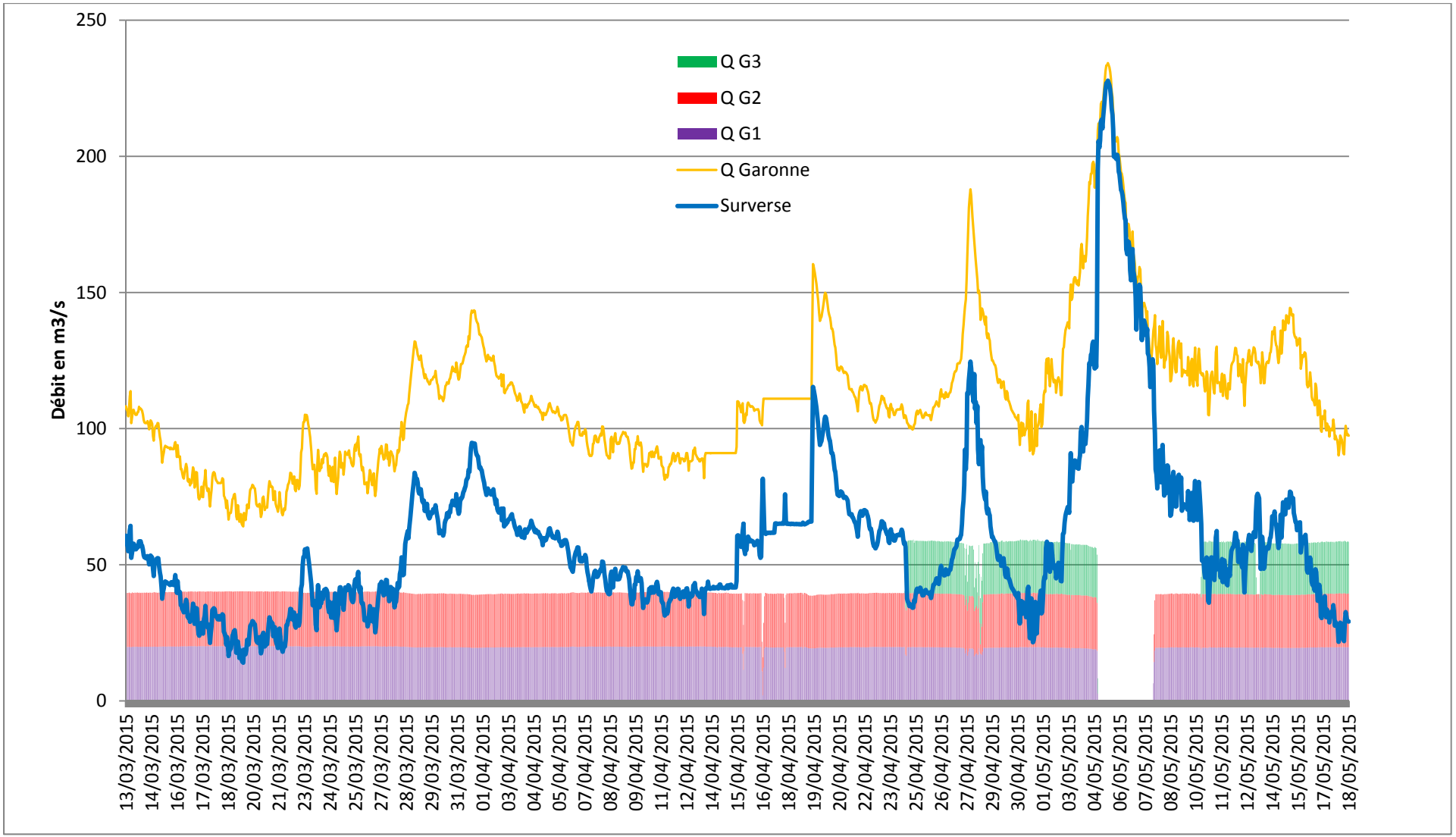


Figure 5 : Détails du fonctionnement des groupes de l'usine de Pointis durant la campagne 2015 (débit exprimée en $m^3.s^{-1}$)

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 réalisée 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 il a permis de vérifier l'efficacité réelle du contrôle vidéo à l'occasion de 71 piégeages pour Camon et de 62 piégeages pour Pointis.

Pour le site de Camon, le suivi vidéo a fonctionné avec une fiabilité moyenne de 98,1 % (de 69 % à 100 %).

A Pointis, le suivi vidéo affiche une très forte fiabilité de fonctionnement (soit une moyenne de 99,3 % oscillant de 85,7 % à 100 %). Avec 0,18 % d'erreurs en moyenne (soit 10 122 individus comptés à la vidéo sur 10 140 réellement piégés), le suivi vidéo de Pointis a été très efficace.

Ces excellents résultats ont pu être obtenus par la mise de place autour des caméras de caisson étanche à la lumière du jour. Ils ont eu pour effet de neutraliser les erreurs d'enregistrements dues au changement de luminosité lorsque les caméras étaient placées en extérieur.

2.4.1.2 Passage sur 24 heures

L'enregistrement vidéo a permis de dénombrer **17 785 poissons** pour l'ensemble des deux sites : **7 664 à Camon et 10 121 à Pointis** entre le 05 mars et le 18 mai 2015. 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 (passages 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 (95 %) entre 20h30 et 8h30.

	Camon		**Pointis**		**Global**	
Phase	**Effectifs filmés**	**Pourcentage**	**Effectifs filmés**	**Pourcentage**	**Effectifs filmés**	**Pourcentage**
Jour	955	12,46 %	1 122	11,08 %	2 077	11,67 %
Nuit	6 709	87,54 %	8 999	88,92 %	15 708	88,33 %
Total	7 664	100 %	2 694	100 %	17 785	100 %

Tableau 3 : Effectifs de poissons dévalant en fonction des conditions nycthémérales à Camon et Pointis en 2015

A Camon, 87,54 % des poissons ont été capturés la nuit, les créneaux horaires où le plus grand nombre de poissons a été piégé se situent entre 21h et 6h du matin (Tableau 3 et Figure 6). Le maximum de passage est enregistré de minuit à 1h. La fréquence des passages diminue nettement avec le lever du jour et est très faible la journée.

A Pointis, les passages se sont aussi faits essentiellement la nuit entre 21h et 6h du matin. Le plus grand nombre de passages de poissons a été observé à de 23h à 1h.

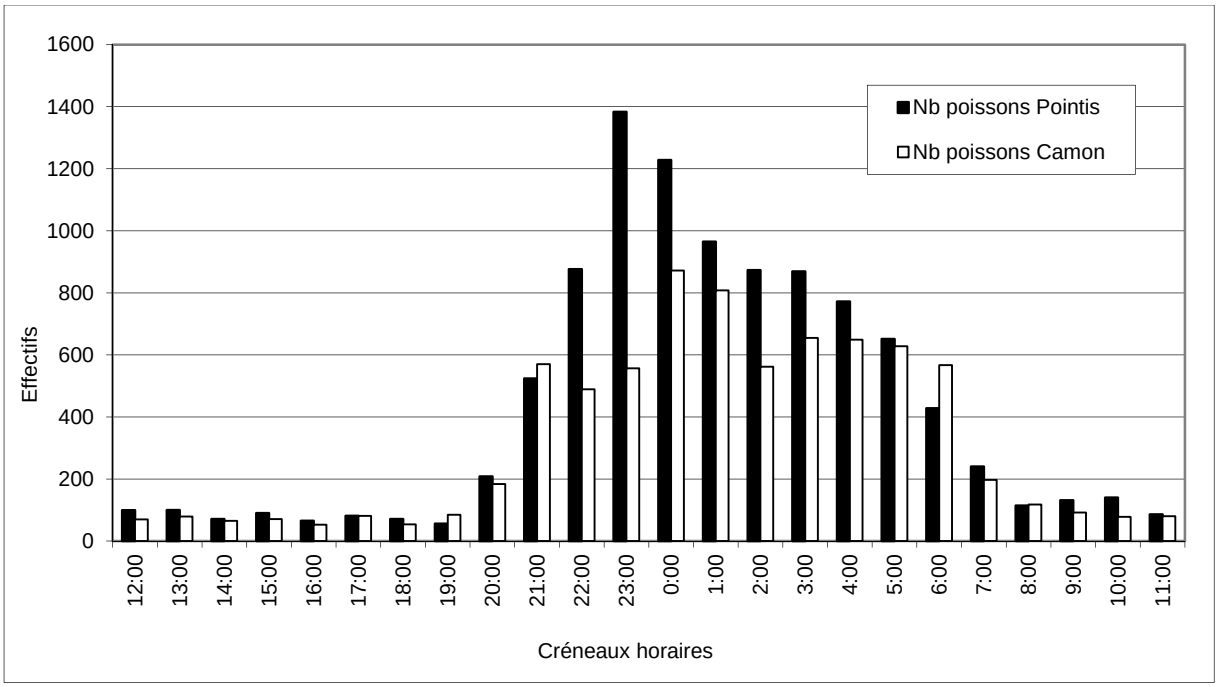


Figure 6 : Evolution des effectifs cumulés par créneaux horaires d'1 heure à Camon et à Pointis en 2015

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 7 correspond aux individus piégés quotidiennement sur une période de 24 heures qui débute à 8h30. (Exemple : le passage journalier du 20/03/15 prend en compte les poissons piégés entre 8h30 le 19/03/15 jusqu'à 8h30 le 20/03/15).

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).

Les premiers effectifs significatifs de poissons sont arrivés consécutivement à une variation significative des débits de la Garonne survenue le 23 mars (élévation des débits moyen journaliers de la Garonne de 66 à 88 m3/s).

La campagne de piégeage 2015 a connu 5 périodes d'affluence, centrées autour du 23 mars, du 29 mars au 1er avril, du 14 au 19 avril, le 28 avril et le 4 mai. Lors de ces épisodes, les captures se sont succédé sur 1 à 6 jours autour des pics avec des effectifs journaliers proches de 200 poissons.

Les augmentations du nombre de poissons piégés un jour par rapport au jour suivant surviennent généralement consécutivement à des hausses du débit de la Garonne. L'augmentation du débit du 30 mars, des 2, 21, et 29 avril et du 6 mai 2015 a favorisé une première dévalaison significative des smolts avec 456 smolts de saumon piégés la seule journée du 23 mars. Les 15 et 17 avril marqueront les plus importants piégeages de la saison avec respectivement 1 559 et 2 293 poissons capturés.

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

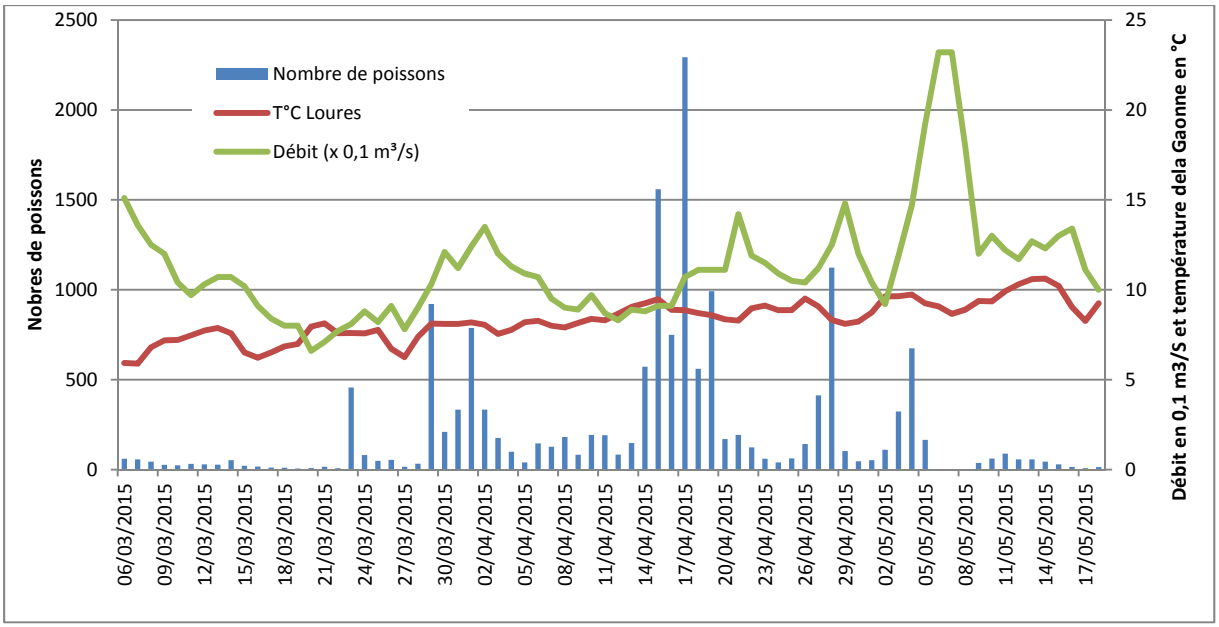


Figure 7 : Evolution des passages journaliers de poissons dévalant à Camon et Pointis en fonction de la température de l'eau (° C) et du débit de la Garonne (0,1m3.s-1).

2.5 Relevés de paramètres biologiques (Biométrie)

Lors des 134 relevés de paramètres biologiques effectués sur les deux sites de Camon et de Pointis de Rivière, respectivement 3 801 et 4 410 poissons (soit 48,8 % et 43,5 % 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, 10 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	Chevesne	*Leuciscus cephalus*	CHE
Cyprinidés	Gardon	*Rutilus rutilus*	GAR
Cyprinidés	Poisson rouge	*Carassius auratus*	PRO
Ictaluriidés	Poisson chat	*Ictalurus melas*	PCH
Cobitidés	Loche franche	*Nemacheilus barbatula*	LOF
Cyprinidés	Carassin	Carassius carassius	CAS
Percidés	Perche	*Perca fluviatilis*	PER
Salmonidés	Saumon atlantique	*Salmo salar*	SAT
Salmonidés	Truite fario	*Salmo trutta fario*	TRF
Salmonidés	Truite arc-en-ciel	*Oncorhynchus mykiss*	TAC

Tableau 4 : Espèces recensées à Camon et à Pointis de Rivière en 2015

Deux phénotypes de truites sont identifiés (d'après BAGLINIERE et al., 1995) :

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

-Truites blanchissantes (TBL, photo de droite ci-dessous) ou Truites pré-smolts (terminologie de BAGLINIERE et al., 1995) possèdent une robe argentée et brillante qui fait

ressortir la ligne latérale plus sombre, des points rouges apparents et des nageoires plus ou moins décolorées (adipeuse plus colorée).

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

Photo 2 : Deux phénotypes de truite fario à robe sombre (TRF) photo de gauche et pré smolt (TBL) photo de droite observés dans les pièges.

2.5.2 Etat sanitaire

Pour l'ensemble des captures, le bilan sanitaire de la campagne indique que : i) la majorité des poissons manipulés sont en bonne santé (94,5 % des effectifs); ii) la première atteinte sanitaire (Figure 8) est due à la perte d'écailles inférieure à 30 % de la surface du corps sur les saumons et à la nécrose des nageoires pour les truite fario (truite de pisciculture lâchers pour l'ouverture de la pêche) et pour toutes les autres espèces. Il y a peu de différences entre l'état sanitaire des poissons capturés à Pointis de Rivière et ceux capturés à Camon, respectivement 5,1 et 8,5 % des poissons sont porteurs au moins d'une anomalie.

Sur les 8 211 poissons observés (soit 51 % du nombre total de poissons piégés), la majorité est en bonne santé et ne présente pas de problème particulier à 95 %. Seuls 4,43 % sont porteurs d'une anomalie sanitaire, 0,49 % ont 2 atteintes, 0,09 % 3 atteintes, 0,02 % 4 atteintes et 0,01 % 6 atteintes.

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

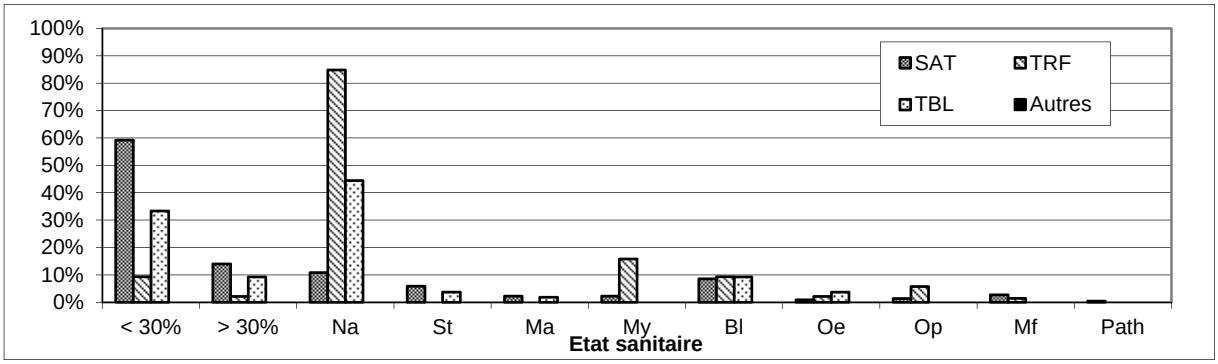


Figure 8 : Proportion de chacune des anomalies sanitaires relevées sur les individus classés « non sains » échantillonnés à Camon et à Pointis de Rivière en 2015

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 Caractéristiques biométriques des salmonidés

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

Espèces	Effectifs	Lt min (mm)	Lt max (mm)	Lt moy (mm)	P min (g)	P max (g)	P moy (g)
SAT	5 716	125	246	169,7	16	120	42,1
TRF	695	125	485	220,0	20	12	119,2
TRFBL	1 676	105	315	179,4	18	322	59,1

Tableau 5 : Caractéristiques biométriques des salmonidés piégés

Les smolts de saumons échantillonnés présentent une taille moyenne (longueur totale Lt) de 160 mm et un poids moyen de 35,9 g. Les tailles des smolts varient de 110 mm à 330 mm et les poids sont compris entre 12g et 348g. Les truites (TRF) présentent en moyenne une longueur totale moyenne de 237,1 mm et un poids moyen de 140,0 g les truites smoltifiées (TRFBL) ont une longueur moyenne de 182 mm et un poids moyen de 62,1g.

2.5.3.1 Smolts de saumon atlantique

Photo 3 : Smolt de saumon atlantique capturé sur la Garonne à Pointis

- Répartition en classes de taille

L'histogramme de la figure 9 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 taille comprises entre 145 et 175 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 2014 (c.f. § 3.3.2).

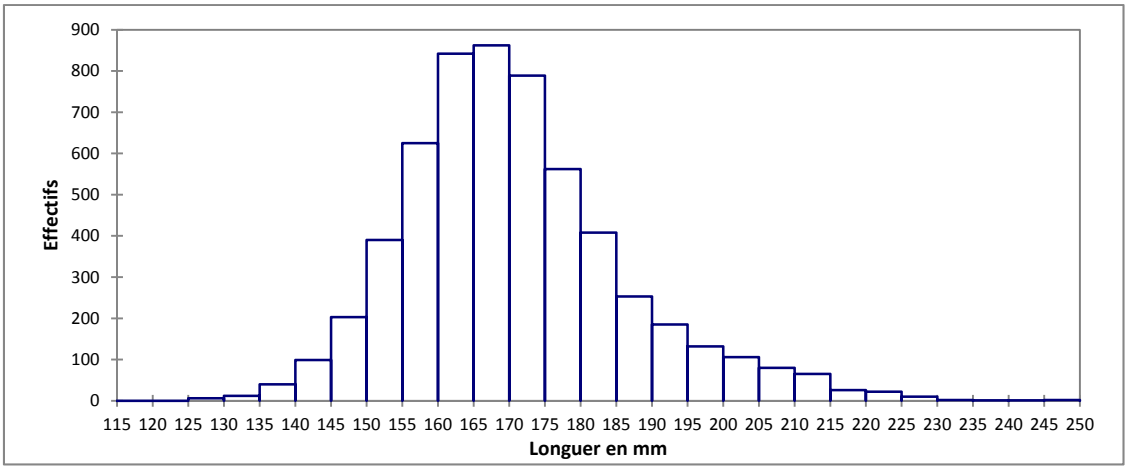


Figure 9 : Structure du peuplement des smolts de saumon atlantique (classes de tailles en mm) d'après l'échantillonnage effectué sur les 2 sites (Camon et Pointis de Rivière)

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 10. Les smolts d'âge 2+ représentent 40 % et plus des saumons échantillonnés en début de campagne et jusqu'au 28 mars. La proportion s'inverse à partir du 29 mars où ce sont majoritairement des smolts 1+ qui dévalent. Jusqu'à la fin de la campagne, les smolts 1+ resteront très majoritaires de 70 % à 100 %. On observe généralement une diminution de la taille et de l'âge des smolts au cours de la migration (BAGLINIERE et al., 1986).

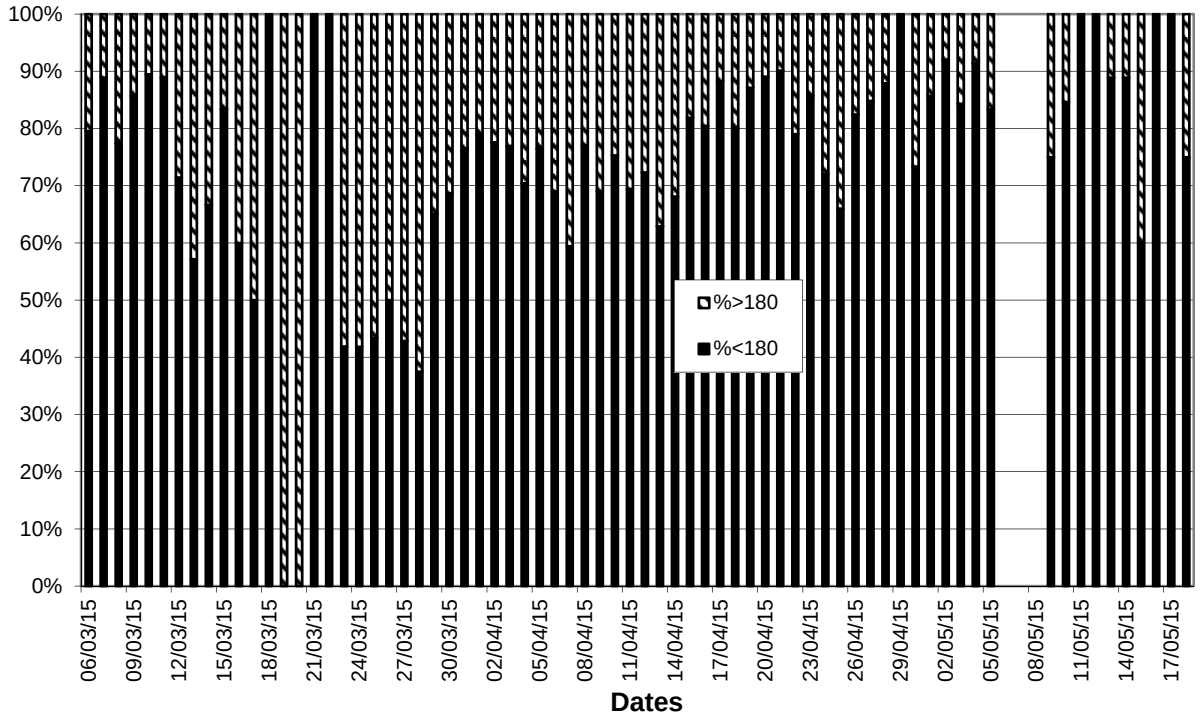


Figure 10: Evolution de la proportion de SAT de plus de 180 mm (âge 2 +) par rapport à l'ensemble des SAT mesurés lors de chaque biométrie à Camon et à Pointis de Rivière

- Relation taille/poids

Le graphique de la figure 11 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 = 0,9017).

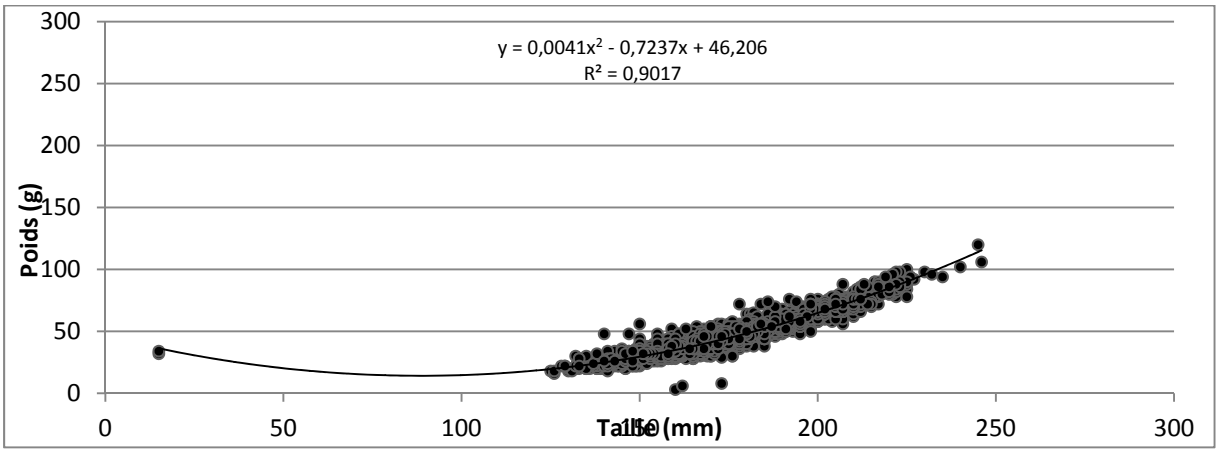


Figure 11: Relation taille/poids des saumons atlantiques échantillonnés

- 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 2014, les coefficients de condition des smolts de saumon varient de 0,55 à 1,75 avec une valeur moyenne de 0,85 pour l'ensemble des saumons capturés à Camon et à Pointis de Rivière.

2.5.3.2 Truites fario

- Répartition en classes de taille

La répartition en classes de taille de l'ensemble des truites (TRF et TBL) est représentée sur la figure 12. Elle indique que la moitié 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. Sur le graphe de la figure 12, un second mode représentant des truites de tailles comprises entre 25 et 30 cm correspond à des truites fario dites « portion ou de pisciculture» qui ont été capturées en début de saison. Ces poisons proviennent de lâchers effectués pour l'ouverture de la pêche à la ligne.

- Coefficients de condition :

Les résultats indiquent pour les truites fario « à robe classique » une valeur minimale de 0,65 ; maximale de 2,24 et moyenne de 0,94 et pour les truites fario smoltifiées « blanchissantes » une valeur minimale de 0,55, maximale de 2,07 et moyenne de 0,89.

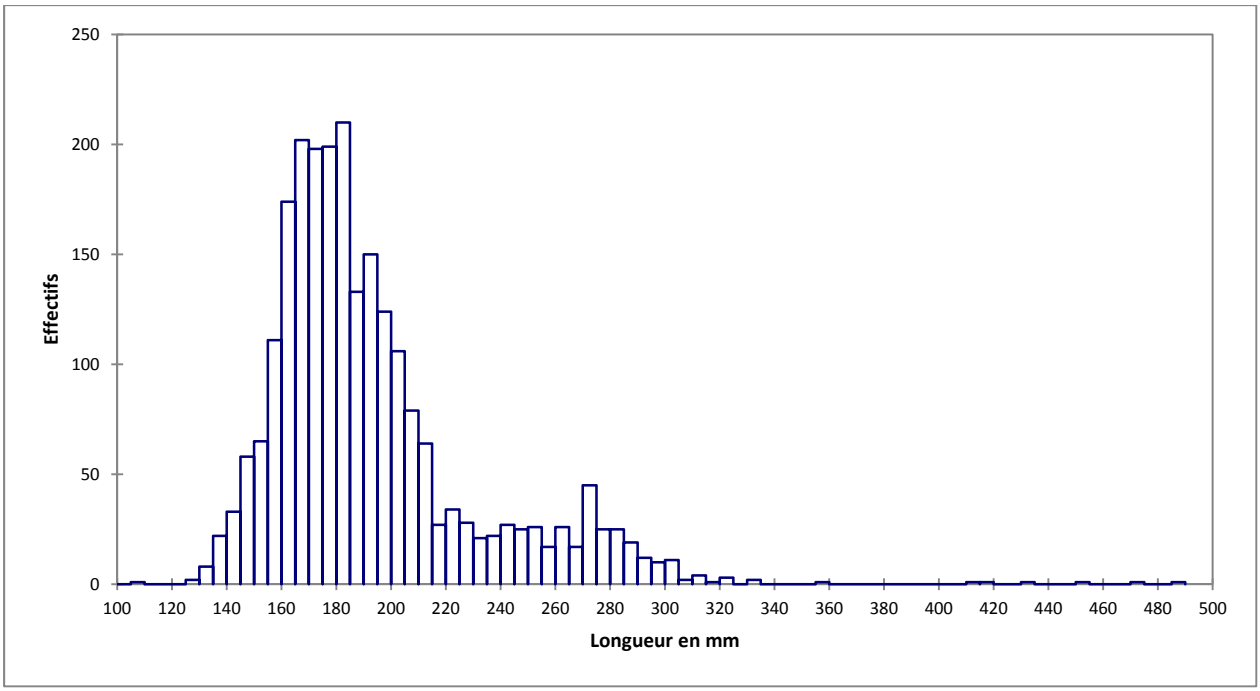


Figure 12: Structure du peuplement des truites fario (TRF et TRF BL) dévalantes d'après les échantillons mesurés à Camon et Pointis de Rivière

2.6 Bilan des effectifs contrôlés et transportés

2.6.1 Bilan des effectifs contrôlés

2.6.1.1 Poissons piégés (tableau 6)

Au total, **16 125 poissons** ont été capturés sur les sites de Camon et Pointis de Rivière dont **11 792 smolts de saumon** (soit 73,1 % de l'effectif total). Les truites fario et

smolts de truite représentent 4 198 individus, soit 26 % des poissons piégés et les autres espèces 135 poissons.

Le site de Pointis a piégé 56,3% du total des saumons (5150 saumons à Camon et 6642 à Pointis de Rivière). De 2003 à 2014, Pointis avait permis la capture de respectivement 47 %, 62 %, 44 %, 37 %, 36 %, 44 %, 41 %, 42 %, 36 %, 67 %, 29,1 % et 39,1 % du total des saumons. Cette variation de la proportion du nombre de saumons piégés entre les sites est à mettre en relation avec les conditions hydrologiques au moment de la migration qui influencent l'efficacité de chacune des deux stations de piégeage. Les fortes surverses aux barrages désavantage le piège de la centrale de Pointis qui admet un débit moins important que celle de Camon (Pmax de 60 m3/s à Pointis et 80 m3/s à Camon). En 2015, en situation de forte hydrologie, la proportion de saumons capturés à Pointis est supérieure à celle de Camon. Ce résultat est très certainement à mettre en relation avec une amélioration notable de l'efficacité (changement du plan de grille) à Pointis

	Poissons piégés				
	SAT	**TRF**	**TRF BL**	**Autres espèces**	**Total**
Camon	5 150	552	1 075	28	**6 805**
Pointis	6 642	515	2 056	107	**9 320**
Total	**11 792**	**1 067**	**3 131**	**135**	**16 125**
Pourcentage	73,1 %	6,6 %	19,4 %	0,8 %	100 %

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

2.6.1.2 Mortalités

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, 5 poissons sont morts sur la grille de Camon et 3 sur celle de Pointis de Rivière.

- Dans le bassin de stabulation

6 poissons morts ont été récupérés dans les bassins de Camon (2 SAT, 4 TRF) et 51 dans ceux de Pointis (1 SAT, 45 TRF, 3 TRFBL, 2 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, 57 poissons morts n'ont pas été transportés vers l'aval, ce qui correspond à 0,3 % 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.

2.7 Transports

2.7.1 Poissons transportés (tableau 7)

Au total, **18 121** poissons ont été transportés. La différence d'effectif avec le nombre de poissons piégés (1 999 individus supplémentaires) correspond au décompte des poissons morts du nombre total des poissons capturés et à l'ajout du nombre de smolts issus de la pisciculture de Pont-Crouzet utilisés pour tester l'efficacité des exutoires de dévalaison.

	Poissons transportés				
	SAT	**TRF**	**TRF BL**	**Autres espèces**	**Total**
Camon	5 948	548	1 074	28	**7 598**
Pointis	7 895	470	2 053	105	**10 523**
Total	**13 843**	**1 018**	**3 127**	**133**	**18 121**
Pourcentage	76,4 %	5,6 %	17,3 %	0,7 %	100 %

Tableau 7: Effectifs des poissons transportés depuis les sites de piégeage

Au total, 13 transports en camion ont été effectués depuis les deux sites jusqu'aux lieux de déversement de Lamagistère (aval Golfech). Le récapitulatif des effectifs par espèce de poissons transportés par site est détaillé dans le tableau 8.

Dates	N° de transport	Effectifs	SAT	TRF	TRFBL	Autres	Lieu de destination	Lieu de chargement
13/03/2015	1	299	192	93	12	2	Lamagistère (82)	Camon / Pointis
24/03/2015	2	634	393	233	7	1	Lamagistère (82)	Camon / Pointis
31/03/2015	3	1616	1304	252	55	5	Lamagistère (82)	Camon / Pointis
03/04/2015	4	1219	952	98	169	0	Lamagistère (82)	Camon / Pointis
10/04/2015	5	1005	893	23	88	1	Lamagistère (82)	Camon / Pointis
14/04/2015	6	1173	1031	39	102	1	Lamagistère (82)	Camon / Pointis
16/04/2015	7	2379	2081	20	278	0	Lamagistère (82)	Camon / Pointis
17/04/2015	8	2344	1934	25	385	0	Lamagistère (82)	Camon / Pointis
21/04/2015	9	1992	1388	18	580	6	Lamagistère (82)	Camon / Pointis
24/04/2015	10	638	563	1	63	11	Lamagistère (82)	Camon / Pointis
28/04/2015	11	2177	1673	25	463	16	Lamagistère (82)	Camon / Pointis
05/05/2015	12	2233	1364	97	724	48	Lamagistère (82)	Camon / Pointis
18/05/2015	13	412	75	94	201	42	Lamagistère (82)	Camon / Pointis

Tableau 8 : Récapitulatif des transports effectués pendant la période de piégeage

2.8 Communication sur les sites de Camon et Pointis

Les stations de piégeage à la dévalaison de Pointis et Camon ont été, comme en 2014, le support pour des actions de sensibilisation auprès du grand public.

L'office de tourisme du Saint-Gaudinois, en partenariat avec EDF et l'association MIGADO ont proposé 4 rendez-vous pour assister au piégeage des poissons et visiter l'usine EDF de Camon. Ces visites ont eu lieu les 8 et 16 avril 2015 ainsi que les 6 et 16 mai. Les participants devaient au préalable s'inscrire auprès de l'Office du Tourisme de St Gaudens pour participer aux visites commentés par EDF et MIGADO.

Photo 4 : Visiteurs lors de la journée du 16 mai

3 BILAN INTER-ANNUEL (2000-2015)

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 13 et le tableau annexe 4 permettent de situer l'hydrologie de la Garonne de 2014 par rapport à celle des autres années de piégeage.

Pour la période de dévalaison, les débits moyens mensuels enregistrés à Valentine de 1986 à 2014 sont de 56 m^3/s au mois de mars, 77 m^3/s au mois d'avril et 107 m^3/s au mois de mai (tableau en annexe 4).

Les débits moyens mensuels ont atteint pour les mois de mars, avril et mai 2015 respectivement 103 m3/s, 104 m3/s et 104 m3/s.

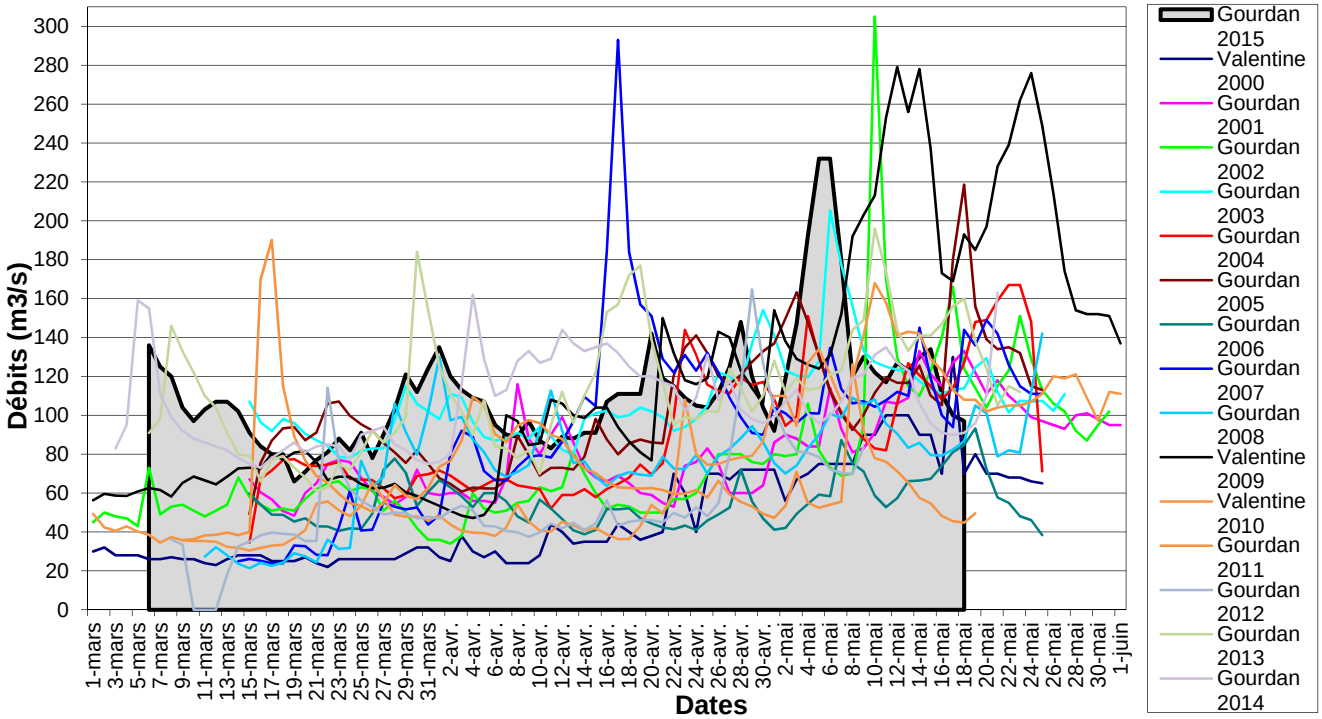


Figure 13 : Comparaison des débits journaliers de la Garonne mesurés à Valentine ou à Gourdan-Polignan de 2000 à 2015

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.14) les plus chaudes ont été obtenues lors des printemps 2000, 2011 et 2001 respectivement 9,8 °C, 9,5°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 et 2013 avec une amplitude minimum de 4,3°C et 4,7°C et en 2011 avec une amplitude maximum de 9,3°C. Les températures moyennes les plus fraiches ont été obtenues en 2005, 2004 et 2013 (respectivement 7,3°C, 7,4°C et 7.6°C).

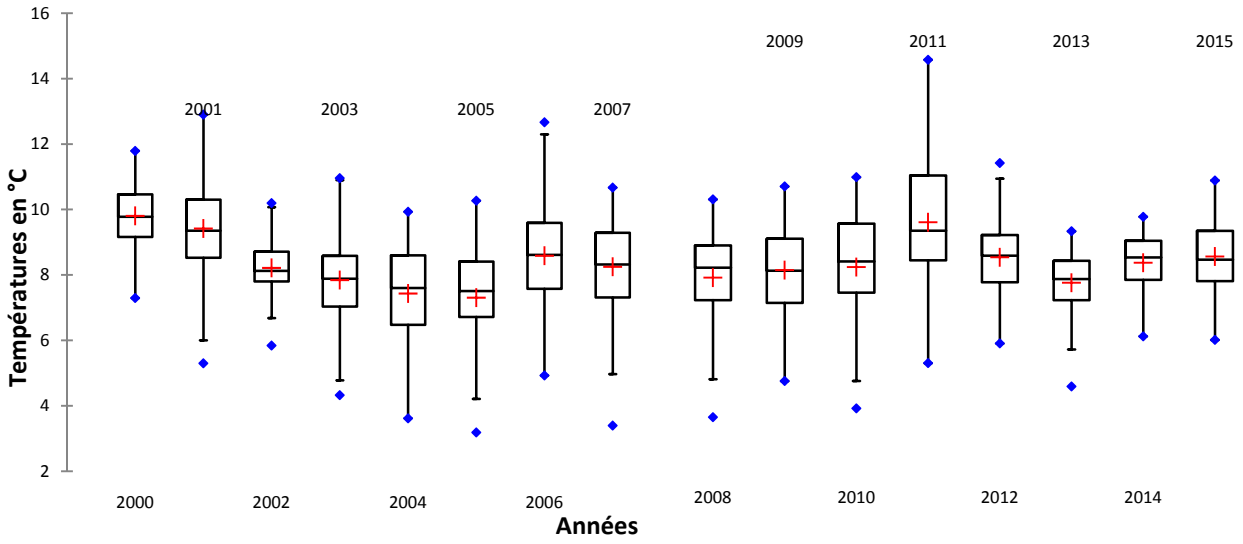


Figure 14: Températures de l'eau de la Garonne enregistrées à Loures-Barousse (zone de grossissement des juvéniles) entre 2000 et 2015 du 1er mars au 31 mai

3.2 Evolution des effectifs piégés

3.2.1 Bilan par espèce

Le tableau 9 et la figure 15 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
2010	14 705	356	1 692	2 048	115	16 868
2011	6 882	279	1 485	1 764	97	8 743
2012	19 859	254	1 839	2 093	34	21 986
2013	4130	567	494	1 061	35	5 226
2014	6 188	924	686	1 610	48	7 846
2015	11 792	1 067	3 131	4 198	135	16 125
Bilan (2000-2015)	194 719	11 588	23 563	35 151	1 171	231 041

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

* Poissons d'expérimentation et recaptures de saumons 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 85,1 % des effectifs piégés) et les truites fario (14,4 % des effectifs piégés dont les deux tiers 66 % sont des smolts de truite en migration). Le nombre total de poissons piégés par campagne a varié de plus de 5 200 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 individus en 2000 à 1 005 en 2002. En moyenne, les effectifs de truites capturées par saison sont de 2 063 individus dont les deux tiers sont smoltifiées et adoptent un comportement migratoire.

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

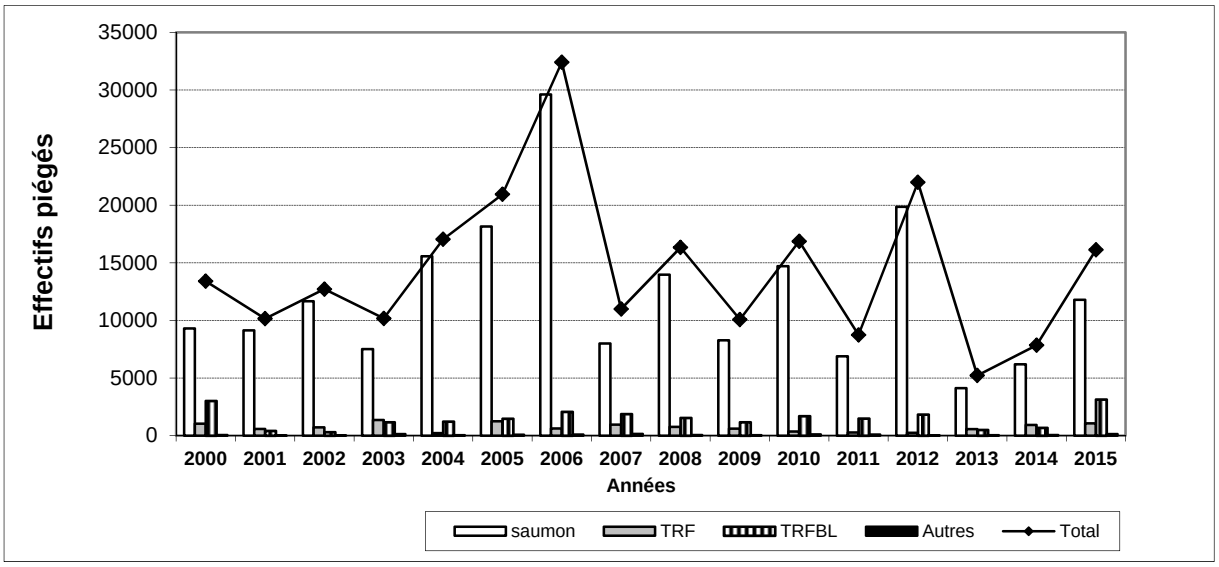


Figure 15: Effectifs piégés totaux et par espèces à Camon et à Pointis (depuis 2003).

Les années 2013 et 2014 sont les années où les systèmes de piégeage ont le moins capturé de poissons. Ceci est principalement dû aux très forts débits de la Garonne qui ont limité l'efficacité des pièges et permis aux poissons de dévaler par surverse au niveau des barrages.

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 16 indique l'évolution des effectifs cumulés de poissons piégés sur les 15 années de suivi. Une courbe moyenne (de 2000 à 2014) a été rajoutée afin de donner une idée plus précise de la dynamique de dévalaison sur la Garonne.

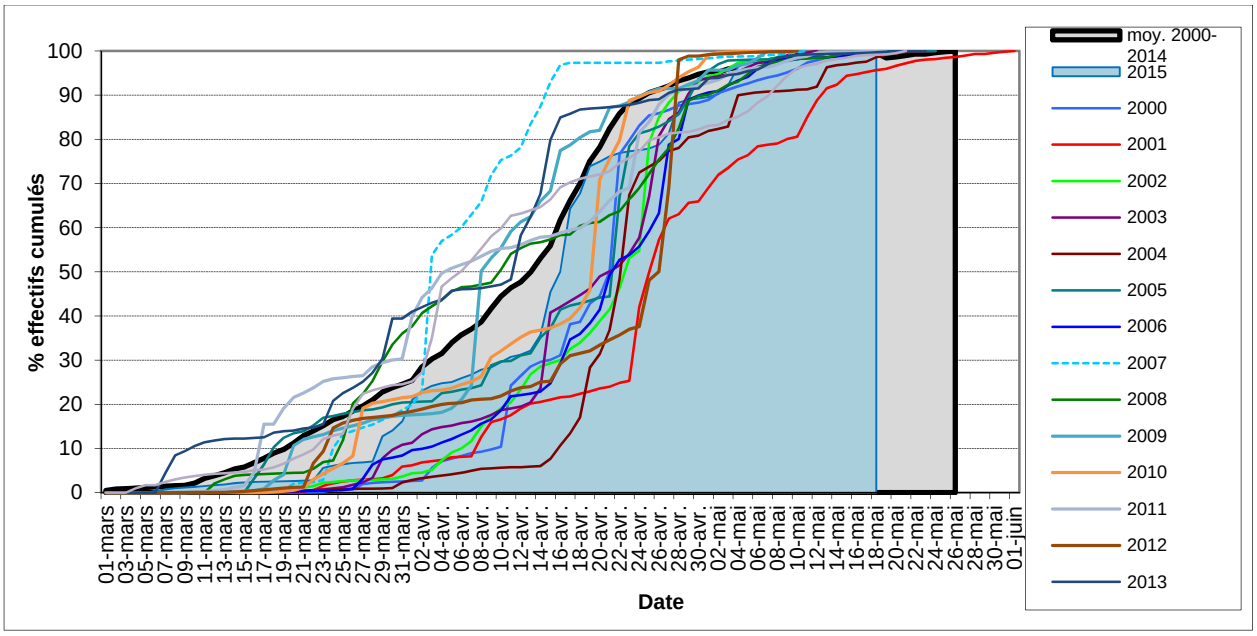


Figure 16: Evolution des effectifs cumulés de poissons piégés par année.

La période de dévalaison privilégiée se situe en moyenne entre le 20 mars et le 6 mai, dates entre lesquelles on obtient plus de 90 % des effectifs sur la période d'ouverture des pièges.

Entre le 25 mars et le 1er mai avril, 80 % des smolts de la Garonne amont migrent vers l'océan.

Les résultats présentés dans les graphes des figures 16 et 17 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 16 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).

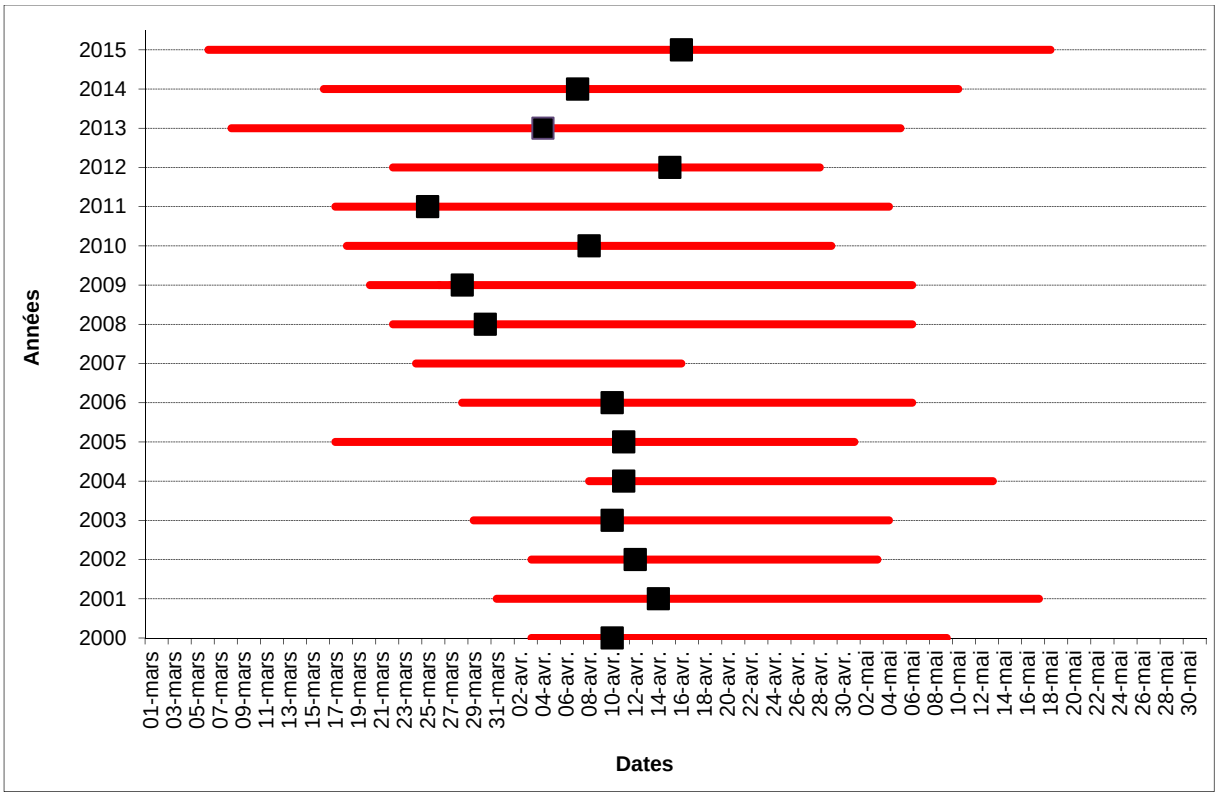


Figure 17: Evolution de la fenêtre de migrations des smolts par année

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 8 mars en 2013 au 8 avril en 2004. De même, la fin de la période de migration, peut-être, suivant les années, plus ou moins tardive (fin de migrations le 28 avril en 2012 et 17 mai en 2001). La durée moyenne de la migration observée (2007 non comprise) est de 46 jours (la plus longue de 58 jours et la plus courte de 30 jours).

Pour les saisons de 2000 à 2006 et 2010, 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, 2009 et 2011 : 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 16 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
2010	18-mars	19-avr	29-avr	42	438
2011	17-mars	05-avr	04-mai	48	449
2012	22-mars	26-avr	28-avr	37	450
2013	8-mars	12-avril	5-mai	58	344
2014	16-mars	6-avril	10-mai	55	512
2015	23-mars	16-avril	04-mai	42	476
Moyenne*	20-mars	19-avr.	6-mai	43	485

*sans prendre en compte les résultats de 2007

Tableau 10 : 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 16 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 (cf. tableau 10), 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 (rythme circannuel), 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, de la température ou de la turbidité (Eero Jutila, 2008 ; S. D. Mc Cormick & al, 2000 ; S.P.R Greenstreet, 1992 ; G. Barbin & al, 2005).

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.

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 représentant, suivant les années, plusieurs centaines de milliers de juvéniles (voir annexe 5 et figure 18). Les jeunes saumons repeuplés proviennent de la pisciculture de Pont-Crouzet (81) et sont issus de géniteurs sauvages ou enfermés. 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 de l'annexe 5 et la figure 18 présentent le bilan entre les effectifs de saumons déversés dans la Garonne amont et la Neste et les smolts dévalants piégés à Camon entre 2000 et 2002 et à Camon et Pointis de Rivière de 2003 à 2015.

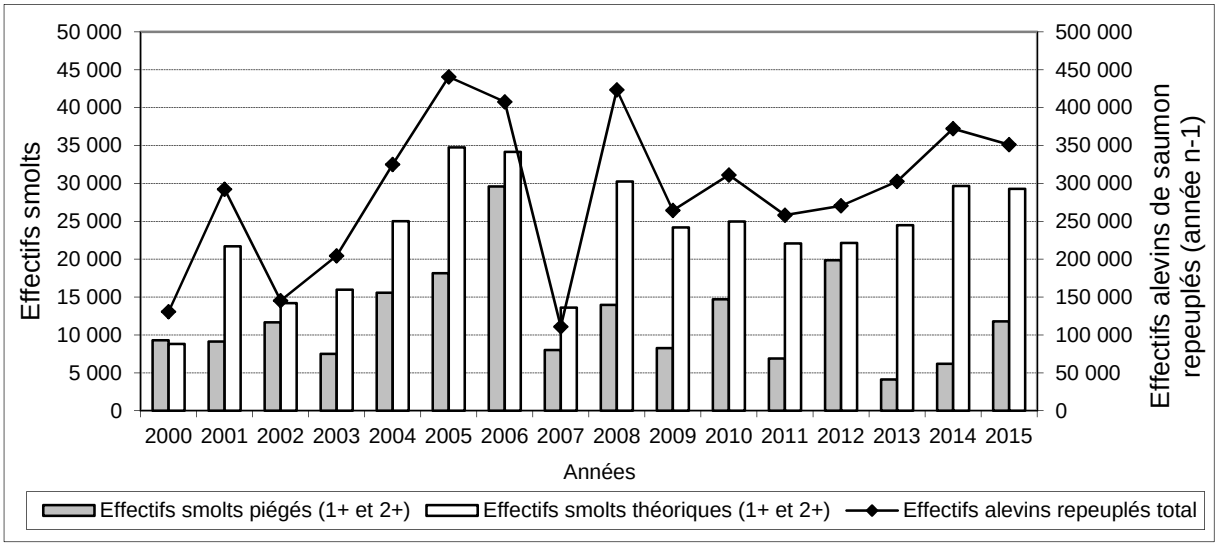


Figure 18: Comparaison interannuelle des effectifs de saumon repeuplés sur le bassin amont au stade alevin (année n-1), des effectifs de smolts piégés et potentiellement dévalants (théoriques)

Les effectifs de smolts piégés sont 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'échappement aux systèmes de piégeage sont possibles. Il s'agit des surverses au niveau des barrages, des arrêts des piégeages lors de crues (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.

Les campagnes 2006 et 2012 ont permis la capture des plus importants effectifs annuels de smolts depuis la mise en service des stations de piégeage. Ces résultats sont à mettre en relation avec l'effort de repeuplement important réalisé en 2004-2005 et 2010-2011 et l'hydrologie faible rencontrée lors de ces 2 printemps. En effet, il n'y a pas eu, lors de ces 2 saisons de piégeage, 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 maximale 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'alevinages 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.

Pour la campagne 2015, l'effectif théorique de smolts de saumons produits par les habitats de la Garonne et de la Neste serait de l'ordre de 30 000 individus (annexe 5).

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 11.

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	1,10	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	264 298	0,58	154,5	13 967	162	37	517
2009	311 050	0,46	142,7	8 271	164	38,7	320
2010	258 070	0,67	172,9	14 705	168	41,8	614
2011	270 496	0,67	181,5	6 882	167	40	275
2012	302 580	0,51	154,3	19 859	170	43	854
2013	372 270	0,57	218,2	4130	160	35,2	145
2014	351 160	0,69	242,3	6 188	160	35,9	222
2015	361 820	0,67	253,1	11 792	170	42,0	495

Tableau 11: 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+).

	Lots de saumons marqués							
Année de déversement	2002	2003	2003	2004	2007	2007	2010	2010
Lieu de déversement	Neste	Neste	Garonne amont	Garonne amont	Garonne amont	Garonne amont	Neste	Garonne amont
Effectif déversé	14 600	41 530	40 670	48 849	20 585	12 513	22 000	40 800
Couleur utilisée	Jaune	Jaune	rouge orange	rose	Jaune	rose	Jaune	rose
Année contrôle smolts 1+	2003	2004	2004	2005	2008	2008	2011	2011
Année contrôle smolts 2+	2004	2005	2005	-	-	-	2012	2012

Tableau 12: 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.

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.*

Au total, 8 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 2012 (Tableau 12).

L'annexe 6 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 6 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 Kruskall Wallis, p-value < 0.001).

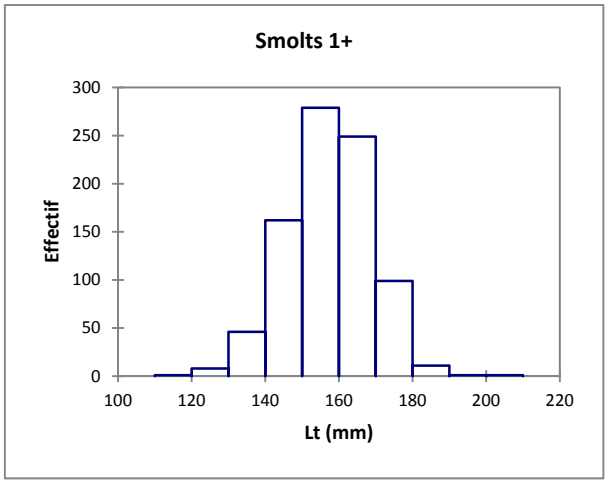


Figure 19: Répartition en classes de taille des saumons marqués par pigments au stade pré estival et contrôlés au stade smolt 1+ à Camon et Pointis

La répartition en classes de taille (Lt) des saumons appartenant à des lots marqués et recapturés un an après leur déversement (Figure 18) présente un mode centré sur la classe 150-160 mm. 98,5 % des 857 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 ont smoltifié et dévalé à 1 an.

Le taux de survie moyen minimum par contingent est de 6,57 % (4,82 % pour les smolts 1+ et 1,75% 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 20 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 93 % réparties de façon cyclique : un contingent à plus forte proportion de smolts 1+ (de 72 % à 93 %) suivi par un contingent à plus faible proportion de smolts 1+ (entre 53 % et 72 %).

En moyenne, les individus qui dévalent à un an sont les mieux représentés (73,6 %). L'âge moyen de smoltification est estimé à 1,27 an.

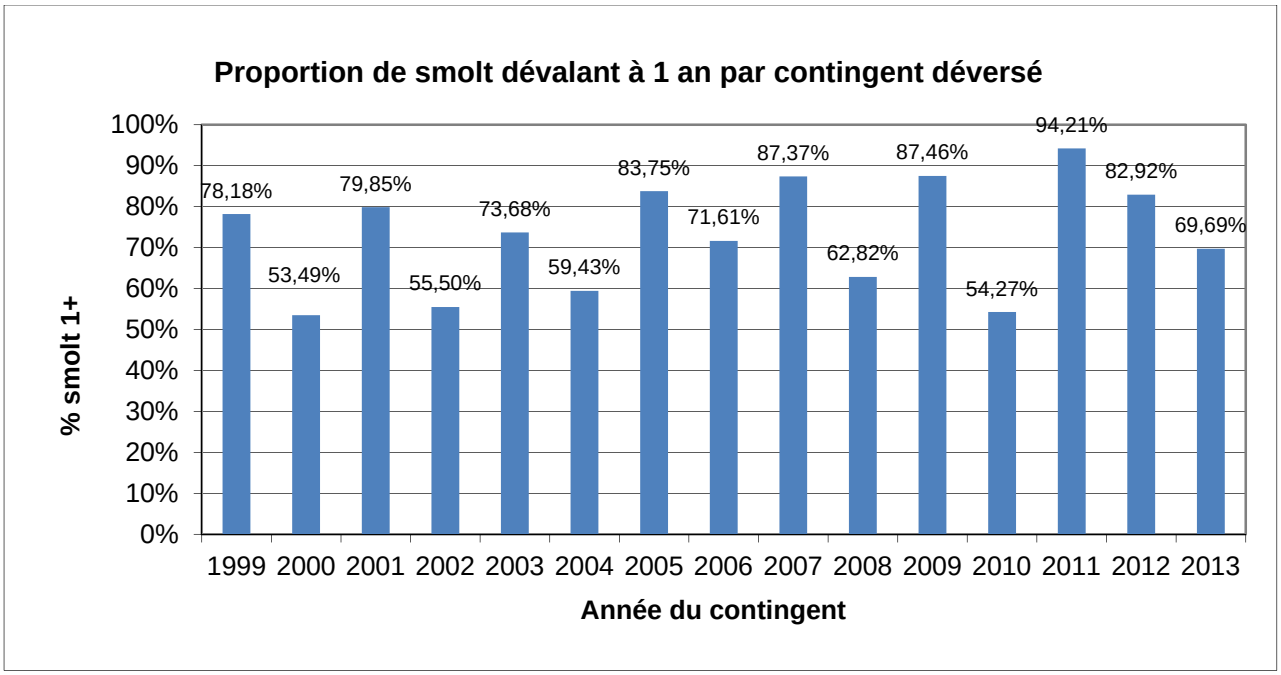


Figure 20: Proportion de smolts dévalant à 1 an par contingent déversé

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 près de 4 smolts par 100 m² d'Equivalents Radier/Rapide alevinés, zones productrices des cours d'eau pour les saumons juvéniles (figure 21).

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

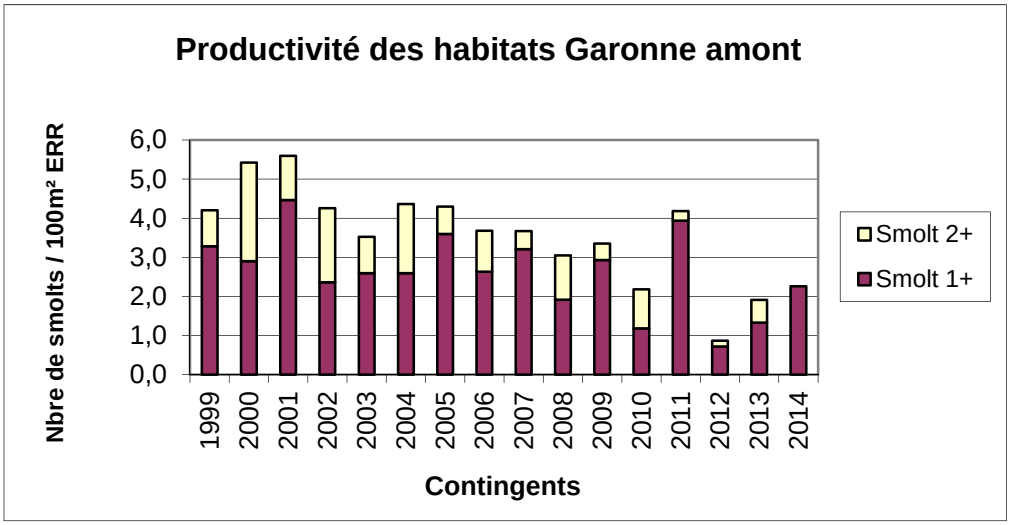


Figure 21: Productivité des habitats du haut bassin de la Garonne

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

4 EVALUATION DE L'EFFICACITE DES STATIONS DE PIEGEAGE

4.1 Introduction

Des opérations de radiopistage et de marquage détection ont été réalisées lors de la conception des stations de piégeage par le GHAAPPE de 1996 à 1998 à Camon et en 1998 à Pointis. Les résultats des tests d'efficacité réalisés à Camon en 1997 et 1998 avaient conclu à une efficacité moyenne de 73 % avec un débit dans l'exutoire de 3 à 10 % du débit turbiné, quels que soient les débits (Croze O., 1999).

Le suivi des stations, effectué de 1999 à 2004 par MIGADO, a permis d'observer, suivant les années, une grande variabilité des effectifs de smolts piégés. Ces variations ne semblaient pas être en relation directe avec l'effort de repeuplement réalisé en amont et le niveau de production des habitats du haut bassin (cf. suivi par pêches électriques) mais plutôt influencées par les conditions hydrologiques rencontrées lors de la période de dévalaison, le fonctionnement des centrales et le bon fonctionnement des exutoires.

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 comprendre les variations interannuelles des effectifs de smolts piégés. Il s'agissait alors de quantifier les échappements aux barrages (lâchers de smolts marqués dans les retenues d'Ausson et de Rodère) et de déterminer l'efficacité des exutoires à Camon et Pointis en fonction des débits turbinés (lâchers de smolts marqués dans les canaux d'amenée des centrales de Camon et Pointis). Les faibles résultats obtenus lors de ces tests ont orienté les expérimentations qui ont suivi vers la recherche d'aménagements permettant d'améliorer l'efficacité des deux pièges.

De 2008 à 2012, différents aménagements ont été testés afin d'améliorer l'efficacité des exutoires de piégeage des deux stations (plaque pleine en surface, masque réduisant l'espacement entre les barreaux des plans de grille en surface). Les résultats de ces derniers tests montrent :

- Pour le site de Camon : que les masques de surface ne parviennent pas à améliorer l'efficacité du piège quels que soient les débits turbinés (efficacité inférieure à 50 %).
- pour le site de Pointis : que les aménagements testés ont permis une amélioration significative de l'efficacité (passages de 17 à 50 % par forts débits).

Cependant, les niveaux d'efficacité atteints sur chaque site paraissent insuffisants vis-à-vis des enjeux retenus pour la Garonne hydroélectrique. Suite à ces résultats, il n'a pas été effectué de tests d'efficacité des exutoires en 2013 et 2014. La pose de plans de grilles de faible espacement devant les turbines des deux centrales a été étudiée par EDF. Les travaux de mise en place de ces aménagements ont été réalisés en septembre 2014. Suite à ces modifications, des études d'efficacité des dispositifs de piégeage ont été réalisées lors de la saison de dévalaison 2015.

Le protocole appliqué est identique à celui réalisé de 2005 à 2012 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 déversés au niveau de quatre points de lâchers 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 opérations de marquages réalisées en 2015 avaient deux objectifs principaux :

- Tester l'efficacité des exutoires de dévalaison de Camon et Pointis avec la mise en place des nouveaux plans de grille de protection des turbines de 2 cm d'espacement inter barreau.
- Evaluer la proportion de poissons s'engageant dans les canaux d'amenée et ceux passant directement par surverse au niveau des deux barrages de Ausson et Rodère.

4.1.1 La période d'expérimentation

La campagne de piégeage s'est déroulée du 5 mars au 18 mai 2015, la période de migration privilégiée des smolts de la Garonne au niveau de ces aménagements se situant entre le 23 mars et le 6 mai (§ 3.3.1). Les opérations de marquage se sont déroulées du 1er avril au 3 mai 2016.

4.1.1.1 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.

4.1.1.2 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 d'enregistreurs mis à la disposition de MIGADO grâce au logiciel TrendServer Pro. L'hydrologie de la Garonne et le fonctionnement de chaque usine pendant la campagne 2015 sont détaillés dans les paragraphes 1.3 et 2.3.

4.1.2 Le marquage des smolts

4.1.2.1 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 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 utilisés 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 leur éviter un transport supplémentaire.

Les smolts sauvages sont marqués pendant la biométrie du matin et directement placés dans les bacs prévus pour le lâcher du soir.

Avant chaque lâcher, le comportement des smolts est vérifié. Dans le cas où un poisson est retrouvé mort, il est retiré et son code est noté pour être soustrait à la base de données.

4.1.3 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 6 heures avant le lâcher.

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. Seuls les smolts dont la taille est supérieure à 145 mm et ne présentant aucune anomalie (mycose, blessure, malformation…) sont marqués. Les poissons sauvages utilisés ne mesurent pas plus de 180 mm afin de rester dans la gamme de taille des smolts 1+ et de ceux provenant de pisciculture.

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

Les marques utilisées sont des PIT-tags (Passive Integrated Transpondeur) de marque Biolog-Id. Elles sont de forme cylindrique (11 mm de long et 2 mm de diamètre, photo 4) et n'ont aucune source d'énergie propre. Ces marques utilisent, pour fonctionner, l'énergie du champ électromagnétique produit par l'antenne 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 (photo 5), 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. Les smolts sont ensuite pesés et mesurés.

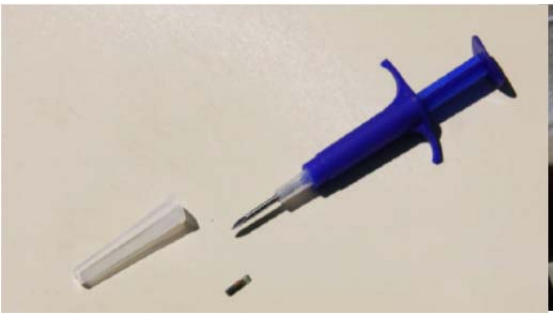


Photo 4 : Seringue et marque pit-tag Photo 5 : Smolt lors de l'introduction de la marque

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 poisson (pisciculture ou sauvage), est conservé dans un bac de 100 L alimenté par l'eau de la Garonne.

4.1.4 Les lâchers des lots marqués

Les lâchers ont eu lieu à partir de 21h45. 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 (THORPE et MORGAN, 1978 in CHANSEAU M., 1999 ; BŒUF G., 1994).

Deux opérateurs ont procédé aux déversements des lots marqués selon 3 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. Pour les barrages d'Ausson et Rodère, les lâchers sont effectués directement depuis la berge au niveau de plages en pente douce.

Au total, 76 lots d'une cinquantaine de smolts ont été libérés en amont des dispositifs (tableau 13). Parmi ces lots, 10 étaient constitués de smolts dévalant naturellement, capturés à Pointis et 66 à partir de smolts de pisciculture. Au total, 3 797 smolts ont été marqués, parmi eux 3 597 provenaient de la pisciculture.

Lieu de lâcher	Nb de lâchers	Lots Sauvage	Lots Pisciculture
Canal Pointis	23	4	19
Canal Camon	23	4	19
Ausson	15	1	14
Rodère	15	1	14

Tableau 13: Récapitulatif du nombre de lots par lieu de lâcher

4.1.5 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. Le matériel utilisé est une antenne de détection Biolog-ID PRD 663-0000A (photo 6). Elle est reliée à un enregistreur qui garde en mémoire le code, le jour et l'heure du passage de chaque poisson. Les données stockées sont déchargées chaque jour à l'aide d'un ordinateur portable. Le réglage de l'horloge de chaque système de détection est vérifié en même temps afin d'éviter les dérives des mémoires.

Photo 6 : Dispositif de détection du piège de Pointis

Lors des études déjà réalisées avec ce matériel, il a été observé une faiblesse dans la fiabilité de détection des marques par ce système. Pour vérifier l'efficacité du système de détection, des tests ont été réalisés régulièrement sur chaque site de piégeage.

Le bon fonctionnement du dispositif de détection a pu être vérifié de deux manières différentes :

- par un lâcher de smolts marqués avant le début de l'expérimentation.

- par la vérification, à l'aide d'un lecteur manuel (PETSCAN type RT100 V5 de la marque Biolog-Id), de la totalité des poissons piégés présents dans le bassin de stabulation. Ce test a pu être effectué lors de chaque biométrie réalisée pour le suivi biologique des stations. Le cas échéant, les poissons marqués non détectés par les antennes ont été rajoutés à la base de données dans le créneau horaire le plus fréquenté par les autres smolts marqués récupérés la même nuit.

4.1.6 Amélioration de l'efficacité des exutoires

Les résultats des tests d'efficacité réalisés depuis 2005 et malgré les tentatives d'amélioration par ajouts de masques de surface montraient que l'efficacité des stations de piégeage devait être encore améliorée (BOSC et al., 2012). Dans le cadre du projet d'optimisation de l'efficacité de ces deux pièges, il a été choisi de changer les plans de grilles de protection des turbines des deux centrales (Camon et Pointis) par des plans de grilles dont l'espace entre fers est réduit à 2 cm (photos 7 et 8).

Photo 7 : Pose des modules du plan de grille (2 cm) à Camon

Photo 8 : Forme « aile d'avion » des barreaux composant les nouveaux plans de grille

4.1.7 Evaluation de l'efficacité des exutoires

Les points de lâchers des lots de smolts marqués sont choisis en fonction des objectifs de l'étude. La comparaison du nombre de poissons lâchés et recapturés dans les pièges permet de déterminer l'efficacité des exutoires de Pointis et de Camon.

Les différents types de fonctionnement sont pris en compte (groupe en fonctionnement, débit turbiné, vitesse du courant, pourcentage de fonctionnement de chaque groupe) afin de comparer les lâchers réalisés avec des conditions similaires. Le but étant de connaître, pour chaque lot lâché, les performances de piégeage en relation avec le fonctionnement de l'usine.

Les lâchers réalisés dans des conditions environnementales particulières ou de fonctionnement anormal de l'usine sont écartés (chasse, variation importante du débit turbiné dans les 12 heures suivant le lâcher). Les lots dont les poissons sont peu smoltifiés, et ne dévalant pas suite au lâcher, sont écartés. Seuls les lots présentant une majorité d'individus (supérieure à 70 %) ayant dévalé dans les 12 premières heures sont retenus.

Les valeurs ainsi obtenues permettent de comparer l'efficacité des exutoires entre les différentes années (avec ou sans aménagement) et en fonction du débit turbiné par l'usine, qui semble être le facteur influençant le plus l'efficacité des stations de piégeage. Des statistiques descriptives réalisées par l'intermédiaire du logiciel EXCEL STAT permettent de visualiser les variations de l'efficacité du piège.

4.1.7.1 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.

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

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

Cette évaluation peut aussi être complétée à partir des smolts marqués appartenant aux lots lâchés plus en amont dans le canal d'amenée 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.

4.1.7.3 Estimation des pertes par surverse aux barrages de Ausson et Rodère

Pour chacun des deux aménagements hydroélectriques, cette évaluation est faite à partir des smolts lâchés dans les retenues en relation avec l'efficacité estimée à partir de lots lâchés le même soir dans le canal d'amenée de chaque centrale.

4.2 Résultats : tests 2015

4.2.1 Test de l'exutoire de Pointis

Au total, 23 lots de 50 smolts marqués ont pu être réalisés cette année sur le site de Pointis. Parmi ces lots, 4 ont été constitués avec des smolts sauvages et 19 avec des individus issus de la pisciculture de Pont Crouzet.

4.2.1.1 Fonctionnement du système de détection des marques

Sur l'ensemble de la campagne de marquage recapture, 639 poissons marqués ont été détectés par l'antenne de détection des marques disposée dans la goulotte du piège de Pointis. De plus, 183 poissons ont pu être recensés par lecture manuelle lors des biométries journalières. Le dispositif d'enregistrement de Pointis a donc eu une efficacité de détection de 84,1 %.

4.2.1.2 Comportement de dévalaison

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

- Sélection des lots selon des critères comportementaux

Afin d'éviter les erreurs d'interprétation et de manière à pouvoir déterminer une efficacité en fonction d'un type de fonctionnement de l'usine, seuls les lots présentant un effectif d'individus majoritairement recapturés dans les 12 premières heures sont retenus. Les poissons de pisciculture utilisés en début de saison pour les premiers lâchers peuvent ne pas être assez smoltifiés et induire un résultat de recapture anormalement bas. Un biais comportemental dû à la manipulation des poissons, voire aux conditions environnementales au moment des lâchers (température de l'eau, turbidité…) peut parfois être aussi observé lors de telles opérations.

Les lots des 1, 3, 8 et 15 avril présentent des effectifs recapturés dans les 12 premières heures anormalement faibles (respectivement 28, 46, 63 et 29 % des effectifs recapturés). Ces lots ont donc été écartés du traitement des données.

L'ensemble des lots retenus présente des passages peu étalés dans le temps (figure 22).

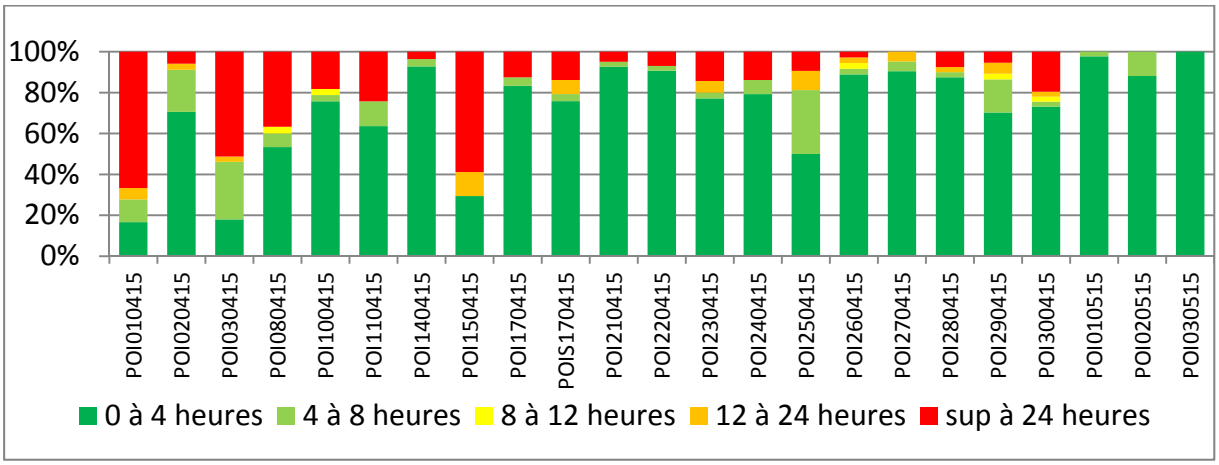


Figure 22 : Répartition dans le temps des recaptures de smolts marqués pour chaque lot lâché dans le canal de Pointis

- Temps de transit des lots retenus pour l'étude

La sélection des lots marqués, en utilisant les critères cités auparavant, permet d'obtenir des données qui ne sont pas affectées par l'état biologique (stress, smoltification) des individus marqués.

En ne prenant en compte que les lots sélectionnés, on constate que 82 % des smolts ont été recapturés dans les quatre premières heures (figure 23). Le poisson le plus rapide a transité, entre le point de lâcher du canal d'amenée et l'exutoire de Pointis, en 4 minutes alors que le plus lent a transité en 30 jours et 5 heures.

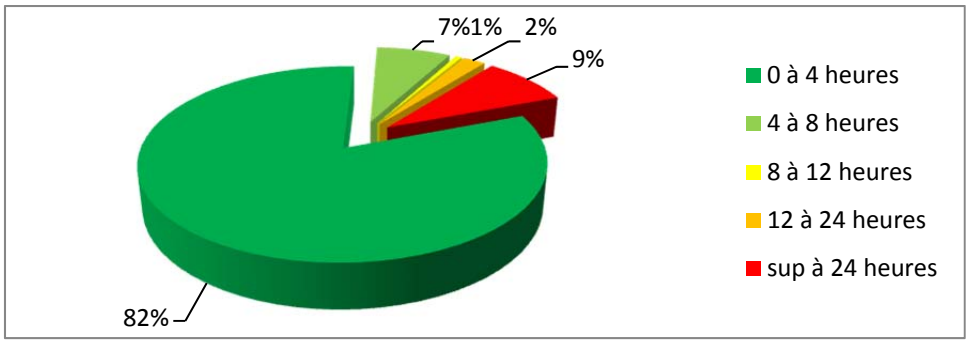


Figure 23 : Répartition dans le temps des recaptures des smolts marqués des lots retenus pour estimer l'efficacité de l'exutoire de Pointis

4.2.1.3 Efficacité des exutoires de Pointis (tests 2015)

Globalement, à partir de l'ensemble des smolts appartenant aux 19 lots retenus, soit 949 smolts lâchés en amont de l'exutoire de Pointis, 503 smolts ont été recapturés, ce qui représente une efficacité moyenne de 53 %.

Plus précisément, entre le 2 et le 23 avril, 9 lâchers (tableau 14) se sont déroulés avec un fonctionnement des groupes 1 et 2 de l'usine pour un débit turbiné total moyen de 38 m3/s. Dans ces conditions, l'efficacité moyenne obtenue pour l'exutoire est de 52,3 % mais cette efficacité varie beaucoup suivant les lots de 40 à 74 %.

Du 24 avril au 3 mai, 10 lots de poissons ont pu être lâchés dans les conditions de fonctionnement maximum de la centrale à savoir un débit proche de 60 m3/s avec les 3 groupes en marche. Les efficacités de l'exutoire obtenues dans ces conditions varient aussi beaucoup de 36 à 76 % et donne une efficacité moyenne de 53,6 %.

D'une manière générale, les efficacités mesurées en 2015 pour l'exutoire de Pointis semblent donner un résultat moyen proche de 55 %, quel que soit le type de fonctionnement de l'usine.

Etant donné que ces résultats présentent plus de 40% de variabilité (figure 24) pour les deux conditions de fonctionnement de l'usine testées, il est difficile de conclure quant à l'efficacité réelle du dispositif de franchissement de Pointis. Les conditions hydrauliques (débit turbiné, courantologie de surface observée), les caractéristiques physico chimiques de l'eau (turbidité, température, conductivité …) ainsi que les caractéristiques des poissons (taille, poids, origine des poissons, nombre de jours de stabulation…) de chaque lâcher ont été plutôt stables et de même ordre de grandeur pour l'ensemble des lâchers ; ces éléments n'expliquent en aucun cas des réponses aussi variables.

Lot n°	Date de lâcher	Heure de lâcher	Origine du lot S= sauvage P= pisciculture	Taille moy. (Lt mm)	Nombre de smolts lâchers	Nb smolts recapturés à Pointis	Débit turbiné à Pointis pendant les 12 h après le lâcher (m^3/s)	Groupes en marche à Pointis	Efficacité du piège pour le lot	Efficacité moyenne par type de fonctionnement de l'usine
POI010415	01/04/2015	23:04:00	P	154,0	50	13	39,21	G2G1	26%	lots écartés
POI020415	02/04/2015	22:39:00	S	160,7	50	20	39,34	G2G1	40%	
POI080415	08/04/2015	22:29:00	P	154,7	48	20	39,82	G2G1	42%	
POI150415	15/04/2015	23:26:00	S	165,1	50	12	39,46	G2G1	24%	
POI030415	03/04/2015	22:17:00	S	163,5	50	29	39,45	G2G1	58%	**54,3%**
POI100415	10/04/2015	22:39:00	P	155,1	49	24	39,81	G2G1	49%	
POI110415	11/04/2015	22:47:00	P	156,1	50	21	39,88	G2G1	42%	
POI140415	14/04/2015	23:16:00	P	155,4	50	24	39,45	G2G1	48%	
POI170415	17/04/2015	23:14:00	P	154,3	50	21	37,58	G2G1	42%	
POI170415	17/04/2015	23:14:00	S	154,3	50	29	37,58	G2G1	58%	
POI210415	21/04/2015	23:10:00	P	155,5	50	33	39,46	G2G1	66%	
POI220415	22/04/2015	23:16:00	P	153,3	50	37	39,6	G2G1	74%	
POI230415	23/04/2015	23:04:00	P	156,1	50	26	39,58	G2G1	52%	
POI240415	24/04/2015	22:54:00	P	159,6	50	23	58,68	G3G2G1	46%	**53,6%**
POI250415	25/04/2015	23:06:00	P	159,1	50	18	58,69	G3G2G1	36%	
POI260415	26/04/2015	23:11:00	P	160,7	50	32	58,37	G3G2G1	64%	
POI270415	27/04/2015	23:59:00	P	158,7	50	20	54,16	G3G2G1	40%	
POI280415	28/04/2015	23:22:00	P	162,4	50	38	58,16	G3G2G1	76%	
POI290415	29/04/2015	23:10:00	P	162,7	50	25	58,61	G3G2G1	50%	
POI300415	30/04/2015	23:12:00	P	158,9	50	29	58,85	G3G2G1	58%	
POI010515	01/05/2015	23:12:00	P	159,7	50	34	58,32	G3G2G1	68%	
POI020515	02/05/2015	23:22:00	P	159,8	50	29	58,07	G3G2G1	58%	
POI030515	03/05/2015	23:20:00	P	163,8	50	20	57,3	G3G2G1	40%	
				Total	949	512				

Tableau 14 : Résultats d'efficacité pour les lots lâchés dans le canal de Pointis et recapturés à Pointis en 2015

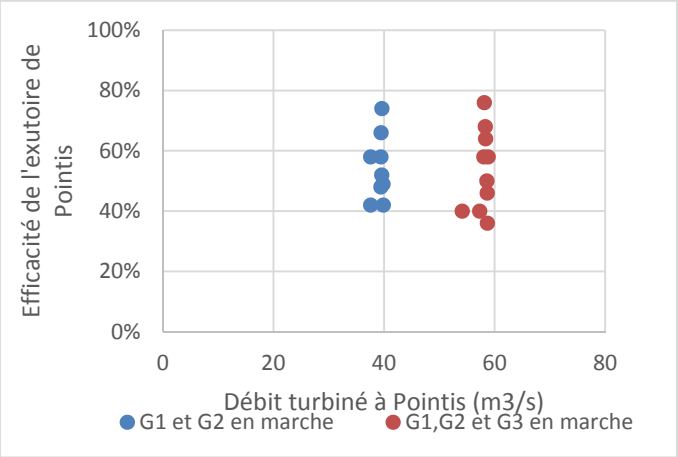


Figure 24 : Résultats d'efficacité des exutoires de Pointis pour chaque lot de smolts marqués en fonction des débits turbinés et des groupes en fonctionnement à l'usine.

4.2.2 Test de l'exutoire de Camon

De la même manière qu'à Pointis, 23 lots de 50 smolts marqués au total ont pu être réalisés cette année sur le site de Camon. Parmi ces lots, 4 ont été constitués avec des smolts sauvages et 19 avec des individus issus de la pisciculture de Pont Crouzet.

4.2.2.1 Fonctionnement du système de détection des marques

Sur l'ensemble de la campagne de marquage recapture, 949 poissons marqués ont été détectés par l'antenne de détection des marques disposée dans la goulotte du piège de Camon. De plus, 33 poissons à Camon ont pu être recensés par lecture manuelle lors des

biométries journalières. Le dispositif d'enregistrement de Camon a eu une efficacité de détection de 97,4%.

Les individus marqués non détectés par les antennes ont été comptabilisés dans les résultats des tests d'efficacité des exutoires avec une heure de passage correspondant au créneau horaire le plus utilisé par les smolts appartenant au même lot.

4.2.2.2 Comportement de dévalaison

- Sélection des lots selon des critères comportementaux

Comme pour la sélection des lots à Pointis, seuls les lots présentant un effectif d'individus recapturés majoritairement dans les 12 premières heures sont retenus (plus de 70 % de l'effectif recapturé dans les 12 premières heures suivant le lâcher).

Les lots des 3, 15, 17 (lot sauvage CAMS170415), 23 et 24 avril (Figure 25) ont donc été écartés du traitement des données.

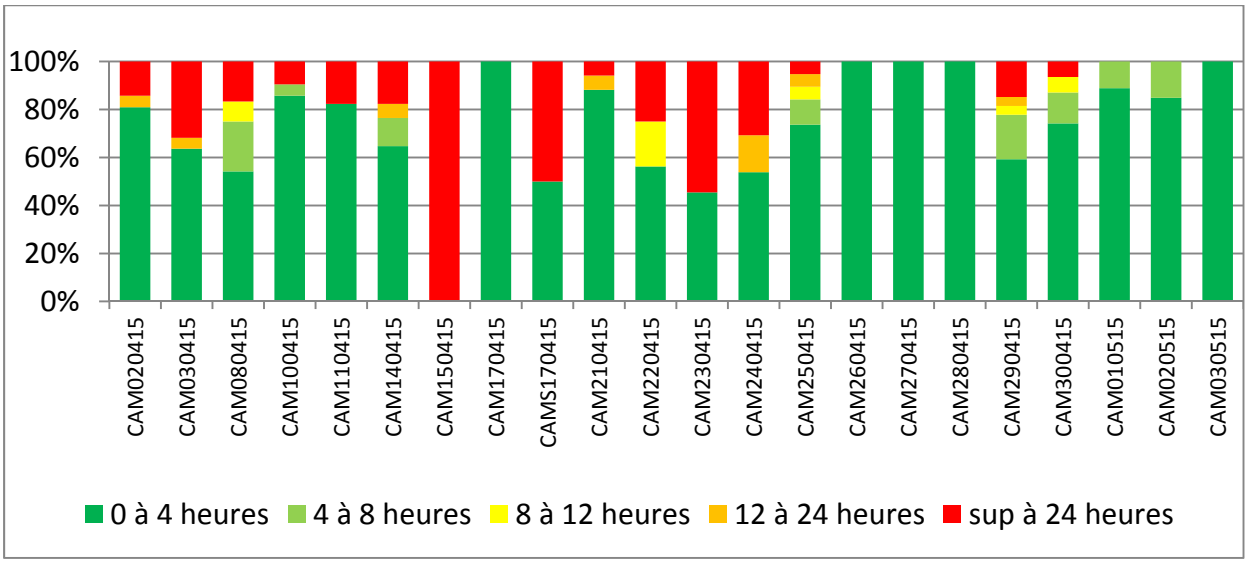


Figure 25 : Répartition dans le temps des recaptures de smolts marqués pour chaque lot lâché dans le canal de Camon

- Temps de transit des lots retenus pour l'étude

La sélection des lots marqués, en utilisant les critères cités auparavant, permet d'obtenir des données qui en théorie ne sont affectées ni par les conditions environnementales ni par l'état biologique (stress, état de smoltification) des individus marqués.

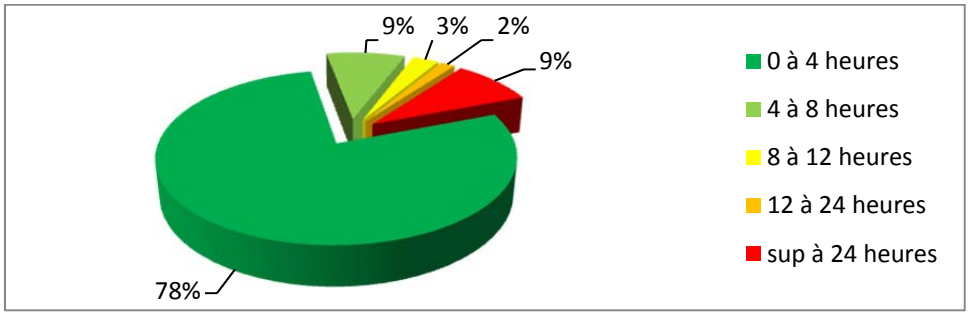


Figure 26: Répartition dans le temps des recaptures des smolts marqués des lots lâchés à Camon pour estimer l'efficacité de l'exutoire de Camon

En ne prenant en compte que les lots retenus et déversés dans le canal de Camon, le pourcentage de poissons ayant transité entre le lieu de lâcher et l'exutoire de l'usine de Camon dans les quatre premières heures suivant le lâcher est de 78 % (figure 26). Le poisson le plus rapide a transité entre le point de lâcher du canal d'amenée de Camon et l'exutoire de Camon a mis 6 minutes alors que le plus lent a transité en 8 jours et 10 heures.

4.2.2.3 Efficacité de l'exutoire de Camon

Les conditions hydrologiques de 2015 ont permis de tester l'efficacité du piège de Camon avec des débits turbinés compris entre 60 et 80 m3/s. Les résultats obtenus dans ces conditions révèlent une efficacité moyenne de 37 % mais comprise suivant les lots entre 4 et 66 % (tableau 15 et figure 27). Quatre lots ont donné des résultats inférieurs à 15% (ce qui parait vraiment trop faible pour être pertinent). Les 14 autres lots donnent des efficacités comprises entre 32 et 66 % et une efficacité moyenne de près de 45 %.

Ces résultats présentent une grande variabilité (plus de 30%) et ne semblent pas, comme pour les résultats obtenus à Pointis, être le reflet de la réelle efficacité du dispositif. Aussi l'analyse des conditions de réalisation de ces tests (fonctionnement de l'usine, caractéristiques physico chimique de l'eau, caractéristiques des poissons) n'expliquent pas une telle variabilité. Seules des observations ponctuelles de la courantologie, réalisées au niveau du bassin de mise en charge (direction et vitesse des écoulements, présence de courants ascendants devant l'exutoire), témoignent de la grande instabilité du plan d'eau.

Cette instabilité apparait d'autant plus marquée que l'usine fonctionne à pleine puissance. Cependant, il n'est pas possible de connaitre pour chaque poisson ou lot de poissons se présentant devant le plan de grille quelles ont été réellement les conditions d'écoulement qu'ils ont rencontrées.

Lot n°	Date de lâcher	Heure de lâcher	Origine du lot S= sauvage P= pisciculture	Taille moy. (Lt mm)	Nombre de smolts lâchers	Nb smolts recapturés à Camon	Débit turbiné àCamon pendant les 12 h après le lâcher (m^3/s)	Groupes en marche à Camon	Efficacité du piège pour le lot	Efficacité moyenne par type de fonctionnement de l'usine
CAM030415	03/04/2015	22:45:00	S	163,5	50	22	79,37	G3G2G1	44%	lots écartés
CAM150415	15/04/2015	00:08:00	S	164,1	50	16	79,29	G3G2G1	32%	
CAM230415	23/04/2015	23:32:00	P	157,6	50	11	73,95	G3G2G1	22%	
CAM240415	24/04/2015	23:26:00	P	159,6	50	13	72,59	G3G2G1	26%	
CAM170415	17/04/2015	22:46:00	S	154,9	50	2	76,04	G3G2G1	4%	
CAM010415	01/04/2015	23:43:00	P	154,4	50	23	59,93	G3G2G1	46%	**37,1%**
CAM020415	02/04/2015	22:12:00	S	160,6	50	21	77,08	G3G2G1	42%	
CAM080415	08/04/2015	22:49:00	P	154,6	50	24	70,47	G3G2G1	48%	
CAM100415	10/04/2015	23:10:00	P	156,1	50	21	67,78	G3G2G1	42%	
CAM110415	11/04/2015	23:12:00	P	152,8	50	17	66,71	G3G2G1	34%	
CAM140415	14/04/2015	22:39:00	P	155,4	50	17	79,23	G3G2G1	34%	
CAM170415	17/04/2015	22:46:00	P	154,9	50	6	76,04	G3G2G1	12%	
CAM210415	21/04/2015	23:46:00	P	152,6	50	17	73,82	G3G2G1	34%	
CAM220415	22/04/2015	23:44:00	P	155,4	50	16	73,78	G3G2G1	32%	
CAM250415	25/04/2015	23:41:00	P	160,3	50	19	72,95	G3G2G1	38%	
CAM260415	26/04/2015	23:37:00	P	160,0	50	7	72,22	G3G2G1	14%	
CAM270415	27/04/2015	23:16:00	P	157,0	50	2	71,19	G3G2G1	4%	
CAM280415	28/04/2015	23:50:00	P	162,9	50	21	69,99	G3G2G1	42%	
CAM290415	29/04/2015	23:36:00	P	161,0	50	27	75,37	G3G2G1	54%	
CAM300415	30/04/2015	23:36:00	P	159,7	50	31	76,18	G3G2G1	62%	
CAM010515	01/05/2015	23:28:00	P	162,5	50	27	78,92	G3G2G1	54%	
CAM020515	02/05/2015	23:46:00	P	164,1	50	33	78,56	G3G2G1	66%	
CAM030515	03/05/2015	23:44:00	P	162,2	50	5	78,35	G3G2G1	10%	
				Total	900	334				

Tableau 15 : Résultats d'efficacité pour les lots lâchés dans le canal de Camon et piégés à Camon en 2015

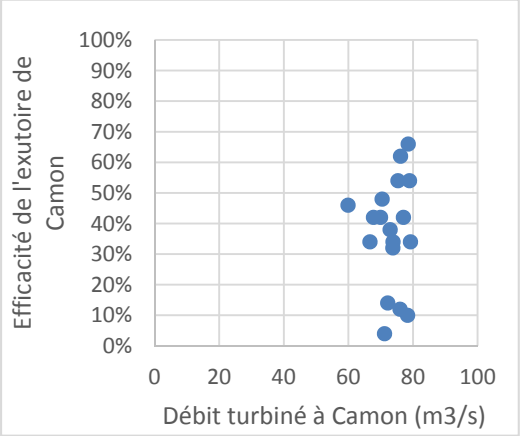


Figure 27 : Résultats d'efficacité de l'exutoire de Camon pour chaque lot de smolts marqués en fonction des débits turbinés à l'usine.

4.2.3 Evaluation du passage des smolts par surverse au niveau des barrages de Ausson et Rodère

Les résultats obtenus à partir des lots de smolts marqués libérés dans les retenues d'Ausson et de Rodère, comme pour les lots de poissons lâchers dans les canaux d'amenée des deux centrales, ne permettent pas d'évaluer de manière précise un niveau d'efficacité en relation avec les conditions de surverse et de fonctionnement des usines.

Les informations obtenues au travers de ces lâchers confirment le caractère aléatoire des réponses enregistrées globalement sur les opérations de marquage recapture réalisées au cours de la saison en 2015.

De nouvelles expérimentations seront nécessaires pour mieux comprendre la répartition des smolts entre les canaux d'amenée et leur passage par surverse au niveau des barrages.

4.2.4 Conclusion évaluation de l'efficacité des exutoires 2015

Pour les deux sites, les résultats obtenus lors de la saison 2015 présentent des très grandes variabilités dans les niveaux d'efficacité. Les valeurs obtenues pour certains lots sont très faibles.

Ces observations ne paraissent pas donner une bonne évaluation de l'efficacité réelle des dispositifs de dévalaison associés à des plans de grille de protection des usines de 2 cm d'espace entre les barreaux et notamment dans des situation où le débit turbiné est limité (cas de la centrale de Pointis dans la première partie des tests). Il semblerait que les conditions environnementales et l'état biologique de certains poissons utilisés aient influencé le comportement de dévalaison des smolts lors des opérations de marquage recapture.

La seule analyse du nombre de smolts dévalant naturellement la Garonne et ayant été capturés dans des conditions de forte hydrologie montrent tout de même des résultats intéressants. Avec près de 12 000 smolts de saumons piégés, l'effectif de saumons capturés cette saison est très supérieur aux effectifs enregistrés sur ces pièges lors des années d'hydrologie comparable (cf. figure 28).

Aussi le nombre de smolts de truites capturé en 2015, près de 4000, est bien supérieur à ceux capturés les autres années depuis 2000 (1 300 en moyenne, tableau 9).

Les informations apportées par les dévalants naturels nous permettent quand même de percevoir une tendance plutôt positive quant aux bénéfices apportés par les nouveaux plans de grilles des deux usines pour optimiser l'efficacité des exutoires de dévalaison.

De nouveaux tests d'efficacités devront être réalisés dans les saisons futures pour évaluer réellement les gains obtenus par le changement des grilles des deux centrales.

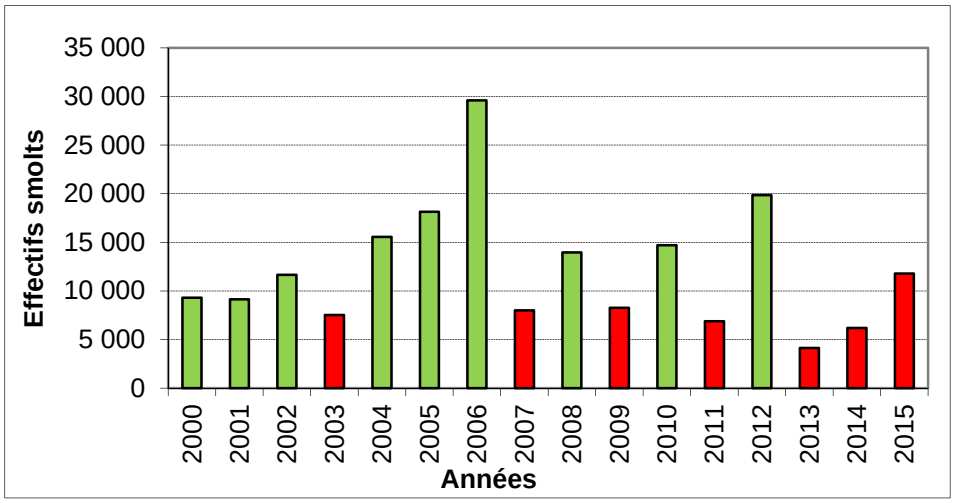


Figure 28 : Comparaison des effectifs de smolts de saumon capturés à Camon et Pointis chaque année (histogrammes rouges années de forte hydrologie, histogrammes verts années ou avec une hydrologie faible à moyenne).

5 CONCLUSIONS

La campagne de piégeage en dévalaison sur les sites de Camon et de Pointis de Rivière s'est déroulée du 5 mars au 18 mai 2016. 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 stabulation pour être contrôlés (biométrie, état sanitaire, présence de marque). Au total, 3 850 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, **16 125 poissons** ont été piégés sur l'ensemble des deux sites (6 805 à Camon et 9 320 à Pointis) : parmi eux, **11 792 étaient des saumons** (5 150 à Camon et 6 642 à Pointis), 4 198 truites fario dont 3 131 smoltifiées ont aussi été piégées et 135 individus appartenant à d'autres espèces.

Au total : **18 121 poissons dont 13 843 saumons,** 4 145 truites et 133 individus appartenant à d'autres espèces ont été transportés lors de **13 transports en camion** depuis les sites de Camon et de Pointis jusqu'à Lamagistère (aval de Golfech) et lors d'un premier transport à l'aval de Pointis.

Ces effectifs sont parmi les plus faibles observés depuis 2000 sur les deux stations de piégeage. La campagne 2015 a été marquée par une forte hydrologie de la Garonne. Les importants débits rencontrés pendant toute la saison de piégeage ont engendré comme en 2013 de fortes surverses au niveau des barrages. Cette situation a permis à une grande proportion de smolts dévalants d'éviter les dispositifs de piégeage.

Les repeuplements en saumons réalisés sur la Garonne amont de 1999 à 2014 et sur la Neste de 2002 à 2014 s'élèvent au total à près de 4 624 677 individus déversés aux stades alevin et pré-estival pour une recapture de 193 192 smolts piégés à Camon et à Pointis de Rivière.

Ainsi, à partir des informations collectées lors du piégeage à Pointis et à Camon, il est possible de connaître le déroulement de la migration de dévalaison sur la Garonne et de 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.

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 08 mars en 2013 au 8 avril en 2004). La durée moyenne de la période de migration observée est de 43 jours (la plus longue étant de 58 jours et la plus courte de 30 jours).

La proportion d'individus qui smoltifient et dévalent à 1 an est en moyenne de 73%. On peut estimer une survie moyenne minimum proche de 4,5 % des stades repeuplés (alevin/pré-estival) jusqu'au stade smolt. Globalement, avec une moyenne estimée à 6 smolts produits par 100m² d'équivalents radier/rapide alevinés, la productivité moyenne des habitats du haut bassin de la Garonne est considérée comme très bonne.

Des opérations de marquage-détection pour évalue l'efficacité des exutoires des stations de piégeage transport de Camon et de Pointis ont été réalisée en 2015. Les résultats de ces tests montrent une trop grande variabilité et présentent des niveaux d'efficacité trop faibles pour être réaliste. Ces tests ne permettent pas d'évaluer correctement le niveau d'efficacité des deux exutoires de dévalaison et de conclure quant au bénéfice obtenu par la pose des nouveaux plans de grilles. De nouvelles expérimentations devront être réalisées les prochaines saisons pour mieux évaluer ces dispositifs.

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 écophysiologique des juvéniles migrants et sédentaires sur un petit affluent de l'Oir (Basse Normandie) ; Test d'une méthode d'étude en physiologie. 47 p.

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.

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

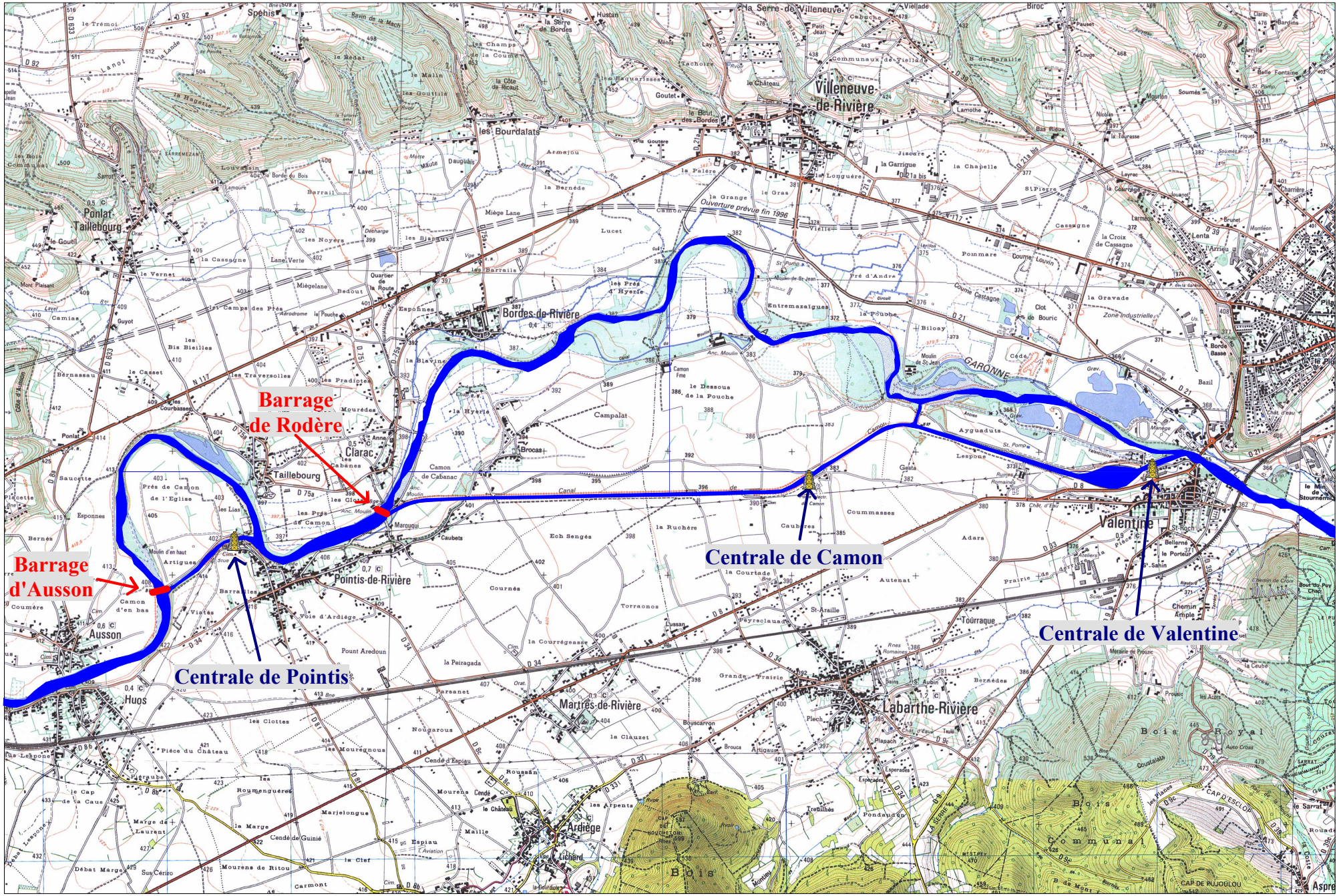
CROZE O., CHANSEAU M., LARINIER M., 1999. Efficacité d'un exutoire de dévalaison pour smolts de saumon Atlantique (*Salmo salar L.*) et comportement des poissons au niveau de l'aménagement hydroélectrique de Camon sur la Garonne. *Bull. Fr. Pêche Piscic*. (1999) 353/354 : 121-140.

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.

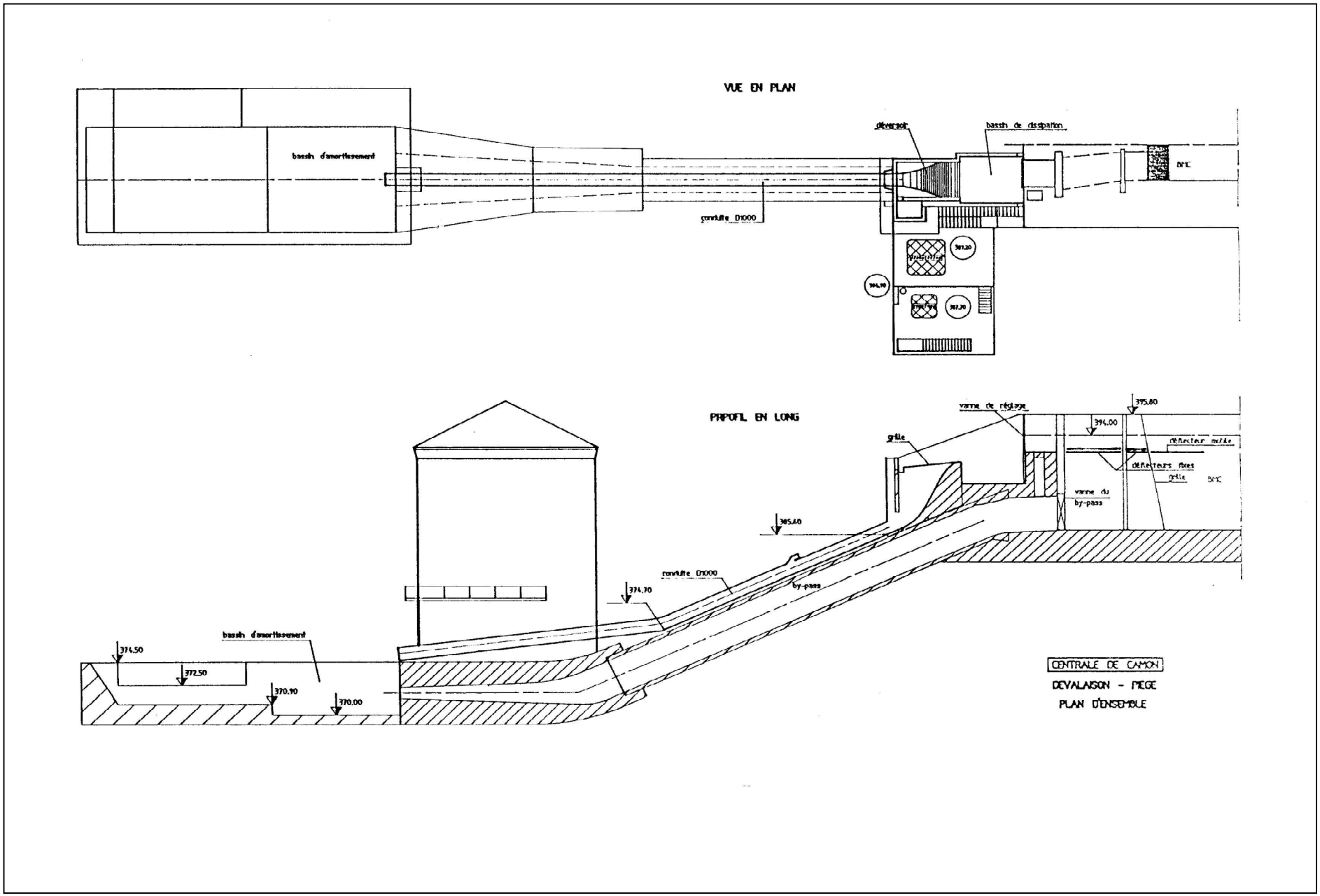
JUTILA E., 2008. From the river to the open sea – a critical life phase of young Atlantic salmon migrating from the Simojoki River. 26 p.

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.

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 2015

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
05/03/2015	16h00	Ensoleillé	186,0	10,6	83,4	40	9,0	6,7	151,0
06/03/2015	8h10	Ensoleillé	188,0	11,0	84,6	60	1,0	6,7	136,0
07/03/2015	9h00	Ensoleillé	188,8	10,6	84,6	70	2,0	7,6	125,0
08/03/2015	9h00	Ensoleillé	189,6	10,8	88,2	70	4,0	8,3	120,0
09/03/2015	9h00	Ensoleillé	188,4	10,6	86,5	120	2,0	8,3	104,0
10/03/2015	9h00	Ensoleillé	183,4	10,7	87,9	110	4,0	8,6	97,0
11/03/2015	9h00	Ensoleillé	180,7	10,3	85,3	130	4,0	8,8	103,0
12/03/2015	9h00	Ensoleillé	175,8	10,0	84,2	110	8,0	9,3	107,0
13/03/2015	9h00	Couvert	174,4	10,2	86,7	100	6,0	8,9	107,0
14/03/2015	9h00	Neige	171,5	10,8	87,2	100	1,0	7,5	102,0
15/03/2015	9h00	Ensoleillé	176,3	10,4	83,8	110	5,0	7,3	91,0
16/03/2015	9h00	Couvert	176,2	10,4	84,7	190	8,0	7,6	84,0
17/03/2015	9h00	Ensoleillé	189,0	10,5	84,9	200	2,0	8,2	80,0
18/03/2015	9h00	Couvert	180,0	10,0	82,7	190	7,0	8,4	80,0
19/03/2015	9h00	Couvert	187,0	9,0	83,3	200	9,0	9,2	66,0
20/03/2015	9h00	Couvert	185,1	9,7	84,4	180	11,0	9,4	71,0
21/03/2015	9h00	Couvert	185,5	10,0	85,4	180	7,0	8,6	77,0
22/03/2015	9h00	Pluie	182,9	8,5	73,0	190	8,0	8,4	81,0
23/03/2015	8h30	Couvert	190,8	9,6	81,4	160	8,0	8,7	88,0
24/03/2015	8h30	Couvert	195,3	9,3	81,9	150	10,0	9,1	82,0
25/03/2015	12h20	Couvert	181,4	9,6	80,7	140	8,0	8,0	91,0
26/03/2015	9h00	Ensoleillé	193,5	10,2	82,3	190	6,0	7,5	78,0
27/03/2015	12h20	Ensoleillé	194,7	9,6	81,7	170	11,0	8,6	90,0
28/03/2015	9h30	Pluie	176,7	9,4	82,9	160	11,0	9,6	103,0
29/03/2015	9h00	Couvert	155,8	9,3	80,2	60	11,0	9,4	121,0
30/03/2015	9h00	Couvert	161,0	9,5	81,9	100	10,0	9,5	112,0
31/03/2015	9h00	Couvert	154,5	9,7	83,3	80	12,0	9,5	124,0
01/04/2015	9h00	Couvert	140,7	9,9	83,7	40	11,0	8,9	135,0
02/04/2015	8h50	Ensoleillé	145,7	10,3	84,0	60	7,0	8,3	120,0
03/04/2015	8h40	Ensoleillé	152,6	10,0	83,2	120	8,0	8,9	113,0
04/04/2015	9h00	Couvert	155,4	9,5	82,7	120	8,0	9,3	109,0
05/04/2015	9h30	Couvert	153,1	9,7	83,5	120	8,0	9,4	107,0
06/04/2015	9h00	Ensoleillé	156,5	9,9	83,6	140	7,0	9,3	95,0
07/04/2015	9h00	Ensoleillé	158,4	10,3	85,7	180	7,0	9,3	90,0
08/04/2015	8h40	Ensoleillé	153,4	9,9	82,5	180	7,0	9,7	89,0
09/04/2015	9h00	Ensoleillé	155,0	9,8	83,3	170	8,0	9,8	97,0
10/04/2015	9h00	Couvert	154,9	9,5	82,1	170	11,0	10,1	87,0
11/04/2015	9h00	Ensoleillé	162,4	9,8	85,0	160	12,0	10,3	83,0
12/04/2015	8h47	Ensoleillé	157,4	10,0	86,3	160	9,0	10,8	89,0
13/04/2015	9h00	Ensoleillé	155,0	9,8	84,2	200	12,0	11,1	88,0
14/04/2015	8h45	Ensoleillé	146,5	9,7	84,0	200	11,0	11,2	91,0
15/04/2015	8h45	Ensoleillé	139,0	9,7	84,7	100	11,0	10,5	91,0
16/04/2015	8h25	Couvert	139,3	9,5	83,2	120	11,0	10,3	107,0
17/04/2015	9h00	Couvert	133,7	10,3	89,9	60	13,0	10,1	111,0
18/04/2015	9h00	Couvert	137,1	9,9	86,1	70	10,0	10,0	111,0
19/04/2015	10h30	Couvert	140,2	9,7	84,9	20	11,0	9,8	111,0
20/04/2015	9h00	Ensoleillé	143,6	10,2	87,2	50	10,0	9,6	142,0
21/04/2015	8h25	Ensoleillé	151,3	9,9	85,6	80	10,0	10,6	119,0
22/04/2015	9h00	Couvert	149,6	9,7	86,5	100	11,0	10,6	115,0
23/04/2015	9h00	Couvert	145,5	9,9	86,3	80	13,0	10,2	109,0
24/04/2015	9h00	Ensoleillé	146,0	10,5	91,2	120	11,0	10,4	105,0
25/04/2015	9h00	Ensoleillé	147,2	9,6	86,4	120	14,0	11,1	104,0
26/04/2015	9h00	Couvert	140,5	9,6	89,7	120	15,0	10,4	112,0
27/04/2015	8h30	Pluie	129,7	9,4	83,6	60	11,0	9,6	125,0
28/04/2015	8h10	Couvert	148,7	10,1	86,4	40	10,0	9,2	148,0
29/04/2015	8h05	Couvert	155,1	10,2	88,4	60	9,0	9,5	120,0
30/04/2015	8h30	Ensoleillé	153,0	9,9	85,4	120	10,0	10,1	104,0
01/05/2015	9h05	Pluie	150,0	9,6	85,6	140	15,0	10,9	92,0
02/05/2015	8h40	Couvert	134,3	9,5	85,9	140	15,0	11,1	119,0
03/05/2015	9h00	Couvert	125,3	9,8	85,1	40	18,0	10,8	147,0
04/05/2015	9h00	Couvert	116,4	9,6	85,7	30	16,0	10,4	192,0
05/05/2015	8h30	couvert	116,0	8,7	81,0	10	11,0	9,8	232,0
06/05/2015	8h30	couvert	116,0	9,8	85,1	10	12,0	9,3	232,0
07/05/2015	8h30	Ensoleillé	118,0	9,6	85,7	20	12,0	9,8	180,0
08/05/2015	10h00	Couvert	122,0	8,5	85,3	20	12,0	10,5	120,0
09/05/2015	9h10	Couvert	129,1	10,1	87,9	60	13,0	10,5	130,0
10/05/2015	9h22	Ensoleillé	131,9	9,5	86,5	40	13,0	11,6	122,0
11/05/2015	9h20	Ensoleillé	128,0	9,8	88,1	40	16,0	12,1	117,0
12/05/2015	8h30	Ensoleillé	124,1	9,4	86,4	40	16,0	12,4	127,0
13/05/2015	9h00	Couvert	122,0	9,3	83,6	40	19,0	12,2	123,0
14/05/2015	9h30	Couvert	119,4	9,1	84,0	40	17,0	11,3	130,0
15/05/2015	9h30	Pluie	111,6	9,6	84,0	40	11,0	9,8	134,0
16/05/2015	10h00	Couvert	125,0	10,2	87,5	50	12,0	9,4	111,0
17/05/2015	10h00	Ensoleillé	133,2	9,5	83,0	50	14,0	10,6	100,0
18/05/2015	8h45	Ensoleillé	134,0	10,1	91,5	60	13,0	12,0	97,0
		MOYENNE	154,6	9,8	84,8	104	9,9	9,6	112,0
		MINIMUM	111,6	8,5	73,0	10	1,0	6,7	66,0
		MAXIMUM	195,3	11,0	91,5	200	19,0	12,4	232,0

ANNEXE 4 : Débits moyens mensuels (m3/s) et coefficients d'hydraulicité pour la période de dévalaison mesurés de 1986 à 2015 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	1998	1999
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	47,24	48,45
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	68,66	60,36
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	97,00	127,32
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	70,97	78,71

Débits mensuels	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Moyenne 1986-2014
Mars	34,06	62,48	51,91	111,61	56,07	58,06	46,58	35,25	41,34	66,3	42,38	59,90	45,00	120,40	90,00	103,00	56,44
Avril	52,39	69,34	54,97	98,16	74,03	85,47	50,51	110,07	82,11	96,4	54,03	74,50	58,00	123,00	119,00	104,00	76,55
Mai	91,17	107,24	120,68	122,23	122,39	131,44	56,76	116,15	96,94	195,00	119,63	58,00	101,50	132,70	110,00	104,00	107,22
Moyenne dévalaison	59,21	79,69	75,85	110,67	84,16	91,66	51,28	87,16	73,46	119,23	72,01	64,13	68,17	125,37	106,33	103,67	80,07

Coef. hydraulicité	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Coef hydrau mars	1,02	1,08	1,46	0,58	0,42	1,31	0,35	0,45	1,34	1,21	0,95	0,79	0,84	0,86
Coef hydrau avril	0,93	1,30	1,36	0,76	0,52	1,13	1,22	0,61	1,40	0,80	0,98	0,61	0,90	0,79
Coef hydrau mai	1,37	0,77	1,01	0,76	0,68	1,32	0,96	0,72	1,42	0,79	0,88	0,55	0,90	1,19
Coef hydrau déval.	1,11	1,05	1,27	0,70	0,54	1,25	0,84	0,60	1,39	0,93	0,94	0,65	0,88	0,94

Coef. hydraulicité	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Coef hydrau mars	0,60	1,11	0,92	1,98	0,99	1,03	0,83	0,62	0,73	1,17	0,75	1,06	0,80	2,13	1,59	1,82
Coef hydrau avril	0,68	0,91	0,72	1,28	0,97	1,12	0,66	1,44	1,07	1,26	0,71	0,97	0,76	1,61	1,55	1,84
Coef hydrau mai	0,85	1,00	1,13	1,14	1,14	1,23	0,53	1,08	0,90	1,82	1,12	0,54	0,95	1,24	1,03	1,84
Coef hydrau déval.	0,71	1,00	0,92	1,47	1,03	1,12	0,67	1,05	0,90	1,42	0,86	0,86	0,83	1,66	1,39	1,84

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.