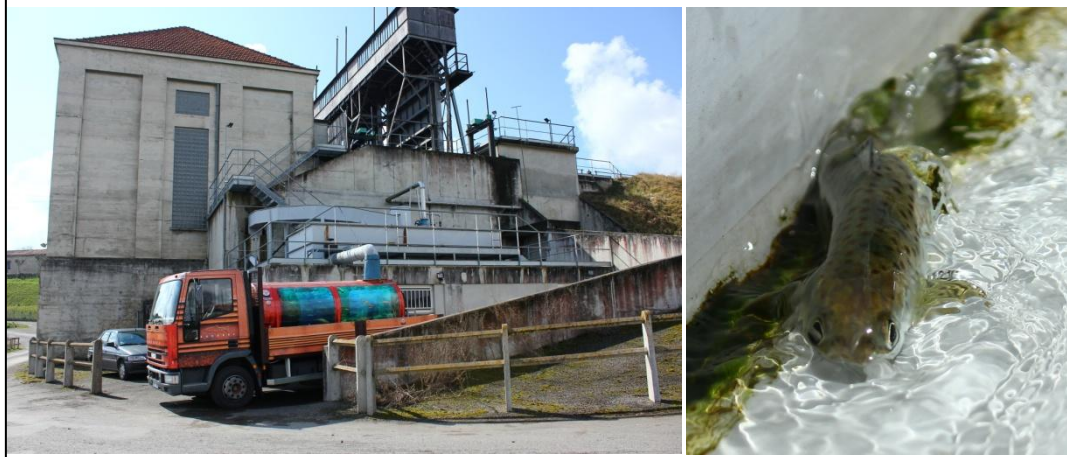


**Suivi de la migration des smolts de Saumons Atlantique (*Salmo salar*)
sur la Garonne au niveau des stations de piégeages de Pointis et Camon.**



Robert Emma

Stage effectué du 01/03 au 31/05/2012 à

MIGADO

Sous la direction scientifique de Mr Stéphane Bosc

*"Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la responsabilité de
l'Entreprise ou du Laboratoire d'accueil"*



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



REMERCIEMENTS

Je remercie :

L'association MI.GA.DO de m'avoir fait confiance pour participer à cette étude ainsi que l'ensemble de son personnel pour le bon déroulement de mon stage dans leur structure.

Plus particulièrement Sylvie Boyer, la directrice de l'association, pour m'avoir acceptée en stage. Mon maître de stage Stéphane Bosc, chargé de missions avec qui j'ai travaillé en étroite collaboration durant l'élaboration de ce rapport, notamment, et Alexandre Nars, technicien avec qui j'ai travaillé presque tous les jours sur le site et avec qui j'ai passé de très bons moments. Sans oublier le personnel présent sur le site d'étude, Olivier Menchi, Pierre Mesnier et Caroline Gayet qui m'ont apporté une aide technique importante, m'ont très vite intégrée à leur équipe et ont fait en sorte que le travail de terrain se déroule dans une ambiance très agréable.

L'ensemble du personnel de l'usine EDF de Camon, pour m'avoir facilité l'accès à un grand nombre de données, pour leur aide et pour avoir répondu à beaucoup de mes interrogations sur le fonctionnement des ouvrages hydroélectriques.

Enfin je tiens à remercier tous les organismes qui ont participé financièrement aux opérations : l'Union Européenne, l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, Electricité De France et la Fédération Nationale de la Pêche en France.

Avant Propos :

Dans les années 1970, les pouvoirs publics s'alarment de la situation critique des effectifs des populations de saumons en France, ils lancent alors un premier plan SAUMON qui s'étendra, en 1981, à l'ensemble des espèces migratrices.

En 1989, le regroupement associatif des dix fédérations départementales de pêche et des trois associations de pêcheurs professionnels des bassins de la Garonne et de la Dordogne conduit à la création de l'association Migrateurs Garonne Dordogne (MIGADO).

L'association MIGADO s'occupe de la restauration et la gestion des poissons migrateurs du Bassin Garonne-Dordogne.

Dans le cadre de la convention EDF-Garonne signée en 1996 entre l'Etat, la Région Midi Pyrénées et L'Agence de L'Eau Adour Garonne, la stratégie adoptée pour la recolonisation par le saumon du haut bassin de la Garonne correspond à un double système de piégeage-transport pour assurer la montaison des géniteurs et la dévalaison des smolts. Ce choix a été orienté suite aux travaux du GHAAPPE/MIGADO/EDF au travers des études menées sur la dévalaison à l'échelle du bassin. La Garonne de Toulouse au Plan d'Arem comporte 18 barrages permettant d'alimenter 21 usines hydroélectriques ainsi que le canal de St Martory (BOSC et LARINIER, 2000). Ces aménagements induisent divers problèmes pour les poissons migrateurs (mortalité dans les turbines lors de la dévalaison, blocage de la montaison...).

La stratégie de piégeage-transport présente le triple avantage de limiter dans un premier temps les coûts d'équipement en dispositif de franchissement des barrages par les poissons, d'accélérer la reconquête du haut bassin et de permettre un suivi et une évaluation du programme de restauration en quantifiant l'impact des repeuplements par une maîtrise des entrées et sorties.

Les repeuplements en saumons, réalisés dans le cadre du programme de restauration du saumon atlantique, sont effectués sur la Garonne entre St Béat et la retenue d'Ausson et sur la Neste en aval de Rebouc. Ces déversements concernent les stades alevin et pré-estival et sont réalisés tous les ans à l'échelle des potentiels d'accueil en juvéniles des secteurs de la Garonne et de la Neste situés en amont des pièges de dévalaison. Les alevinages ont lieu du mois de mai à juillet. Les poissons proviennent de la pisciculture de Pont-Crouzet (81) et peuvent être issus soit de géniteurs sauvages de souche Dordogne ou Garonne, piégés aux dispositifs de franchissements de Golfech (Garonne) ou de Tuilières (Dordogne) lors de la montaison, soit de géniteurs de 1^{ère} génération enfermés en pisciculture d'eau douce.

Les saumons adultes capturés à la station de piégeage-transport à la montaison de Carbonne sont quant à eux déversés sur la Pique.

1999 a été la première année où cette stratégie de piégeage-transport a démarré mais avec un seul piège de dévalaison à la station de Camon. Ce n'est qu'en 2003 que le piégeage à la dévalaison a été mis en service au niveau de la centrale de Pointis afin de pouvoir intercepter un maximum de smolts dévalants.

Cette stratégie a conféré au programme Garonne un caractère pilote et provisoire dont la durée d'expérimentation devait couvrir une période d'au moins 10 ans afin de disposer d'un retour d'informations suffisant. Depuis 2008, elle se substitue à l'équipement en passes à poissons et exutoires de dévalaison sur la Garonne « hydroélectrique » entre Montréjeau et Toulouse.

Sommaire

Avant Propos :	3
Introduction :	5
1. MATERIEL ET METHODE :	6
1.1. Le Saumon Atlantique (<i>Salmo salar</i>) :	6
1.1.1. Le cycle biologique :	6
1.1.2. La migration de dévalaison :	6
1.2. Site d'étude :	8
1.2.1. Localisation des aménagements :	8
1.2.2. Les aménagements hydroélectriques :	8
1.3. Paramètres du milieu :	8
1.4. Suivi de l'activité de dévalaison :	9
1.4.1. Dispositifs de piégeage :	9
1.4.2. Comptage vidéo :	9
1.4.3. Relevé des paramètres biologiques et comptage manuel :	9
1.4.4. Transport des poissons capturés :	10
1.5. Contrôle de l'efficacité de l'exutoire de dévalaison de Camon :	10
1.5.1. Le marquage :	11
1.5.2. Fonctionnement du dispositif de détection des marques :	12
2. RESULTATS et DISCUSSION :	13
2.1. Suivi de l'activité de dévalaison :	13
2.1.1. Poissons piégés :	13
2.1.2. Paramètres du milieu :	15
2.1.3. Passage des poissons sur 24h :	17
2.1.4. Périodes à fort effectifs :	17
1.1.1. Biométrie :	21
1.1.1.1. Etat sanitaire :	21
1.1.1.2. Caractéristiques biométriques :	23
1.1. Efficacité de l'exutoire de dévalaison à Camon :	25
1.1.1. Comportement de dévalaison :	25
1.1.2. Résultats d'efficacité des tests :	27
1.1.2.1. Type de fonctionnement de l'usine de Camon :	27
1.1.2.2. Efficacité de l'exutoire de Camon :	27

Introduction :

Le saumon atlantique (*Salmo salar*) est un poisson migrateur amphibiotique, potamotoque et thalassotrophe. Celui-ci migre en mer après un à deux étés passés en eaux douces c'est la dévalaison, puis remonte se reproduire dans la rivière d'où il provient après un, deux ou trois hivers en mer.

La continuité des cours d'eau est essentielle pour cette espèce migratrice afin que les individus puissent accomplir leur cycle de développement, malheureusement les grands fleuves comme la Garonne sont des milieux qui ont été très fragmentés, en particulier par l'édification de barrages pour la production d'électricité.

La population naturelle de saumons du bassin de la Garonne a totalement disparu depuis plus de 200 ans, de par le fait d'une incessante dégradation du milieu et de la multiplication des grands barrages. Il s'avère alors indispensable, afin de recréer une population, de repeupler en juvéniles à l'échelle des potentiels d'accueil en amont des cours d'eau et de rétablir la libre circulation pour les poissons.

Les centrales hydroélectriques présentent un obstacle important à la migration de dévalaison des jeunes saumons (smolts) car les poissons suivent les courants et passent alors avec l'eau dans les turbines ce qui induit des mortalités plus ou moins importantes selon leurs caractéristiques. Sur la Garonne, le nombre d'ouvrages induit un taux de mortalité cumulée très important. C'est pour cela que des stations de piégeage transport au niveau des centrales hydroélectriques EDF de Pointis et Camon ont été mises en place.

Ces stations permettent, lors de la dévalaison, de compléter un premier suivi biologique réalisé par pêche électrique, en septembre, sur les saumons implantés au stade alevin. En effet un comptage et un échantillonnage des smolts capturés sont effectués avant qu'ils soient transportés en aval des dernières turbines de la Garonne (usine hydro-électrique de Golfech) afin qu'ils puissent atteindre librement l'océan. Ce système s'avère à l'heure actuelle le plus efficace et le moins onéreux.

Il est donc primordial que les exutoires associés aux pièges de Camon et Pointis aient une efficacité maximale. En effet, les smolts piégés sont captés par ces exutoires et ceux qui n'y entrent pas passent par les turbines des centrales situées plus en aval. C'est pourquoi des études de l'efficacité des exutoires sont menées afin de tester leur fonctionnement et de l'améliorer au maximum.

Les résultats ainsi obtenus par ce travail doivent apporter une meilleure connaissance de l'efficacité du système de piégeage-transport pour permettre aux gestionnaires une estimation quantitative de la population dévalante à partir des effectifs de smolts piégés lors de la migration en fonction des conditions hydrologiques et du fonctionnement des aménagements hydroélectriques.

Ce rapport présente en premier lieu l'espèce, le milieu, la méthode de suivi ainsi que les conditions de réalisation de l'étude d'efficacité des exutoires. L'ensemble des résultats du suivi biologique et des tests d'efficacité de l'exutoire font l'objet de la deuxième partie.

1. MATERIEL ET METHODE :

1.1. Le Saumon Atlantique (*Salmo salar*) :

1.1.1. Le cycle biologique :

Le Saumon Atlantique est un poisson de la famille des Salmonidés, c'est un poisson migrateur amphibiotique, potamotouque et thalassotoupe.

Son cycle biologique est particulier (Annexe 1), il comprend deux phases distinctes. La première concerne le juvénile et se situe en eau douce, le saumon passe alors par plusieurs stades :

- Le stade **alevin** débute à l'émergence en mars-avril et se termine à la fin du printemps ou au début de l'été,
- Le stade **tacon** dure du premier été jusqu'au début de la smoltification. En fonction de la vitesse de croissance qui dépend fortement de la température et de la latitude. En France la majorité des tacons smoltifient à 1 an et le reste à 2 ans,
- Le stade **smolt** apparaît au printemps juste avant le départ vers la mer. En effet, il se transforme, afin de s'adapter à la vie marine. Les jeunes rejoignent ainsi les zones de grossissement en pleine mer pour constituer des réserves nécessaires à la fraie en eaux douces.

La deuxième phase se déroule en mer et concerne l'adulte qui peut y séjourner de 1 à 3 ans. A maturité, les géniteurs quittent les aires marines d'engraissement et remontent en eaux douces dans les zones où ils sont nés afin de s'y reproduire. Dès leur retour en eaux douces, ils cessent de s'alimenter et investissent leur énergie dans la reproduction. Du fait de l'épuisement après la fraie, les saumons meurent presque tous, il est rare qu'ils survivent, surtout les mâles (PORCHER et BAGLINIERE, 1994).

Sur la Garonne, la reproduction s'effectue sur le haut des bassins de mi-novembre à mi-janvier. Les frayères sont choisies selon la qualité du substrat, car celui-ci permettra la circulation de l'eau et donc l'oxygénation des œufs.

1.1.2. La migration de dévalaison :

A un moment précis de sa vie, le jeune poisson, dénommé tacon, parfaitement adapté à l'eau douce, va subir en rivière un ensemble de modifications internes et externes et devenir un smolt. Cette phase de smoltification le pré-adapte à la vie dans le milieu marin. A l'issue de cette transformation, véritable métamorphose, il déclenchera sa migration vers l'estuaire puis, après une phase transitoire d'adaptation à la salinité, il partira vers les zones d'engraissement en mer où la croissance sera très rapide (GUEGUEN et PROUZET 1993).

Cela se traduit par différentes modifications physiques : son corps devient plus allongé, ses flancs argentés son dos plus sombre et son ventre blanc. Ainsi il sera moins visible pour les prédateurs dans son nouvel environnement. Les tacons acquièrent la capacité à réguler leur pression osmotique en milieu salé et le comportement des jeunes saumons se modifie radicalement : de territoriaux et benthiques, ils deviennent grégaires et pélagiques.

La dévalaison sur la Garonne a lieu au printemps de la fin du mois de mars à la fin du mois de mai (BOSC et LARINIER, 2000). La taille minimale nécessaire doit être de 8-10 cm à la fin de l'été pour que les tacons puissent dévaler au printemps suivant, (HELAND et DUMAS 1994).



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

Le comportement de dévalaison des smolts est lié aux facteurs du milieu qui ont un rôle très important pour la smoltification. En effet, celle-ci est dépendante d'un rythme interne sous contrôle endocrinien et nerveux mais apparaît synchronisée par des facteurs abiotiques du milieu (GUEGUEN et PROUZET, 1994).

Dans beaucoup de rivières ils commencent leur voyage vers la mer lorsque la température dépasse 10°C (GREENHALGH, 2005)

La photopériode et l'intensité lumineuse sont aussi des facteurs ainsi que l'hydrologie de la rivière. Les épisodes de crues montrent des pics de migration (GREENSTREET, 1992)

1.2.Site d'étude

1.2.1. Localisation des aménagements

Les aménagements hydroélectriques EDF de Pointis et Camon (figure 1) se trouvent dans le sud Ouest de la France sur la Garonne, dans les communes de Pointis-sur-Rivière et de Labarthe-de-Rivière, proche de St-Gaudens (31). La Garonne prend sa source en Espagne à 3308 m d'altitude, elle rejoint la Dordogne au bec d'Ambès pour former l'estuaire de la Gironde. Dans sa partie haute, la Garonne est un torrent de montagne dans lequel se jettent d'autres torrents, dont les principaux sont la Pique et la Neste. C'est dans ces rivières que se trouvent les habitats les plus favorables à la reproduction du saumon.

Les aménagements hydroélectriques sont situés à environ 90km de la source de la Garonne, 115km en amont de Toulouse. Ces stations se trouvent donc en aval des secteurs de grossissement des juvéniles issus du repeuplement. Lorsque les smolts dévalent au printemps, le piégeage au niveau de ces centrales et le transport à la dévalaison permettent aux smolts d'éviter les aménagements non équipés pour la dévalaison situés plus en aval sur la Garonne. Les saumons adultes sont eux capturés à Carbonne lors de la montaison pour être transportés sur la Pique.

1.2.2. Les aménagements hydroélectriques :

Chacune des deux usines comprend un barrage mobile (les barrages d'Ausson pour Pointis et de Rodère pour Camon). Ces barrages permettent ainsi d'alimenter en eau, par l'intermédiaire de canaux, chacune des centrales hydroélectriques. Les centrales sont chacune équipées de trois turbines, ce sont elles qui permettent la création d'électricité. Des grilles de protection longues d'environ 8,5m (sur toute la largeur du canal) constituées de barreaux rectangulaires espacés de 5cm, sont placées devant les turbines. Celles-ci permettent de bloquer l'arrivée de débris végétaux ou de tout objet flottant tout en laissant passer l'eau.

1.3.Paramètres du milieu

Les paramètres physico-chimiques ne sont relevés que sur la station de Camon car les deux stations sont très proches et par conséquent les différences de valeurs très faibles.

Les paramètres relevés quotidiennement sont la météo, la température de l'air, celle de l'eau de la Garonne, la turbidité, le taux d'oxygène, la conductivité de l'eau, ainsi que le fonctionnement hydraulique des aménagements.

La Garonne et ses affluents en amont de Toulouse sont soumis à un régime hydrologique de type pluvio-nival caractérisé par des étiages en hiver et en été et des fortes crues au printemps. Les débits du haut bassin garonnais sont particulièrement influencés par les éclusées des équipements hydroélectriques situés en Espagne.

1.4. Suivi de l'activité de dévalaison :

Le contrôle des populations dévalantes par piégeage existe depuis 2000 à Camon et 2003 à Pointis. Cette année, la campagne de piégeage-transport à la dévalaison a débuté le 5 mars pour se terminer le 11 mai. Ce contrôle permet de vérifier le fonctionnement des habitats et de valider la réussite du programme, mais aussi de mieux comprendre l'activité migratoire des smolts.

1.4.1. Dispositifs de piégeage

Des dispositifs de piégeages ont été intégrés aux exutoires de dévalaison lors de leur conception. Ils sont constitués d'une grille inclinée (annexe 2) qui filtre le débit entrant dans l'exutoire et permet de guider les poissons vers une goulotte (annexe 3) qui elle-même les guide vers un bassin de piégeage (annexe 4) où ils sont stockés jusqu'à ce qu'ils soient transportés.

Le débit dans les pièges doit rester constant le plus possible, même lors de variations du débit de la Garonne ou des quantités d'eau turbinées. Pour cela les vannes de chaque exutoire (deux exutoires à Pointis) sont automatiquement asservies aux variations du niveau de la surface de l'eau à l'amont. Le débit dans les deux pièges est d'environ $3\text{m}^3/\text{s}$.

1.4.2. Comptage vidéo

Des caméras sont placées au-dessus de chaque goulotte de récupération des poissons de chacun des deux pièges afin d'enregistrer le passage de chaque poisson. Elles fonctionnent de jour comme de nuit. Le passage des poissons est enregistré sur fichier vidéo par un logiciel d'analyse d'image. Un autre logiciel permet de dépouiller les fichiers manuellement. Cette méthode ne différencie pas les espèces mais permet de connaître le nombre de poissons filmés par jour ainsi que la date et l'heure de passage de chaque poisson.

Les smolts de saumon dévalent principalement la nuit, ainsi, pour faciliter les traitements de données, la période considérée comme le jour est de 8h31 à 20h30 et la nuit de 20h31 à 8h30. Dans les traitements qui suivront, une journée commence donc à 8h31 et non à 00h00.

1.4.3. Relevé des paramètres biologiques et comptage manuel

Chaque jour, sur les deux sites, un échantillon de poissons est prélevé au hasard dans le bassin de stabulation afin d'effectuer un relevé de paramètres biologiques. Le nombre de poissons sur lequel est faite la biométrie dépend du nombre de poissons piégés ; s'il est inférieur à 150, la totalité jusqu'à 75 poissons sont analysés, et s'il est supérieur à 150 l'échantillon représentera 30% de la population. Les poissons sont endormis à l'eugénol (extrait de clous de girofle), ils sont pesés, mesurés et leur état sanitaire est contrôlé (écaillage, atteinte aux nageoires, blessures, parasites, pathologies...). Lorsque les effectifs piégés ne sont pas trop importants, les poissons non échantillonnés qui restent dans le bassin sont comptés manuellement afin de connaître le nombre réel et de déterminer la marge d'erreur avec le nombre compté sur les vidéos. Cette manipulation permet aussi de vérifier la proportion de chaque espèce dans les bassins.

1.4.4. Transport des poissons capturés :

Les poissons sont transportés en aval de Golfech, ils passent ainsi tous les obstacles à leur migration par voie routière, en camion. Le camion est équipé d'une citerne et d'un système d'oxygénation. La température de l'eau et la concentration en oxygène peuvent être surveillées depuis la cabine.

Le piégeage au niveau des deux sites et le transport permet ainsi aux smolts dévalants d'éviter les nombreux aménagements situés plus en aval et non équipés pour la dévalaison. Ces aménagements hydroélectriques ont des conséquences non négligeables sur les poissons, ils induisent des retards dans la migration, des dommages et des mortalités directes ou non aux poissons lors du passage dans les turbines.

L'étude réalisée par BOSC et LARINIER en 2000 montre que :

- sans aucun aménagement pour la dévalaison, la mortalité moyenne des smolts provenant des secteurs amont de la Garonne (amont de Ausson) jusqu'à Toulouse est évaluée à 64%,
- la mortalité moyenne des smolts issus des secteurs amont serait de 37% jusqu'à Toulouse, dans le cas où toutes les usines sont équipées d'un dispositif de dévalaison à 50% d'efficacité,
- le pourcentage de mortalité n'est plus que de 10% dans le cas d'un piégeage-transport aux centrales de Pointis et Camon (efficacité de 70% des exutoires), sans qu'il y ait d'équipement à la dévalaison au niveau des autres usines.

1.5. Contrôle de l'efficacité de l'exutoire de dévalaison de Camon.

Dans les cours d'eau ou parties de cours d'eau et canaux dont la liste est fixée par décret, après avis des conseils généraux rendus dans un délai de six mois, tout ouvrage doit comporter des dispositifs assurant la circulation des poissons migrateurs. L'exploitant de l'ouvrage est tenu d'assurer le fonctionnement et l'entretien de ces dispositifs, (Article L432-6, *Loi n° 2006-1772 du 30 décembre 2006 art. 6 II Journal Officiel du 31 décembre 2006*).

Les ouvrages existants doivent être mis en conformité, sans indemnité, avec les dispositions du présent article dans un délai de cinq ans à compter de la publication d'une liste d'espèces migratrices par bassin ou sous-bassin fixée par le ministre chargé de la pêche en eau douce et, le cas échéant, par le ministre chargé de la mer. Les smolts ne passent pas tous par l'exutoire, certains passent avec l'eau turbinée par la centrale, notamment lors de forte hydrologie. Des tests d'efficacités sont donc réalisés depuis 2005, afin d'essayer d'améliorer la proportion de poissons piégés.

L'efficacité de chaque station de piégeage a été évaluée grâce à des opérations de marquage-recapture de smolts de saumon atlantique. Depuis 2008, différentes solutions pour améliorer l'efficacité des exutoires de Pointis ont été testées. La solution qui a permis d'obtenir les meilleurs résultats a été la pose d'un masque de surface (plan de grille s'intercalant avec celui de la centrale) permettant de réaliser une barrière physique pour les poissons jusqu'à 2 m sous la surface de l'eau. Cet aménagement testé en 2010 a été remis en place pour la campagne 2012 car il permettait d'obtenir à la fois un gain important sur les poissons piégés et un fonctionnement normal des turbines (absence de perte de charge).

En effet, une nette augmentation de l'efficacité du piège de Pointis a été observée avec la mise en place de cette solution quels que soient les débits turbinés par l'usine (de 17% à près de 48% pour des forts débits et de 32% à 51% avec des débits correspondant à 2 groupes en marche) (Bosc *et al*, 2011).

Pour améliorer l'efficacité de l'exutoire de Camon un masque du même type que celui de Pointis a été installé au niveau du plan de grille de la centrale devant le groupe 3 situé près de l'exutoire en rive gauche. Le groupe 3 fonctionne en priorité pendant la campagne de piégeage (plus de courant à son niveau lorsque l'eau y est turbinée). L'objectif de l'expérimentation de cette année, réalisée à l'aide de lots de smolts marqués, était de tester ce masque. Le but de la mise en place du masque est ici de prolonger les courants transversaux qui parcourent l'amont immédiat du plan de grille de la centrale depuis la rive droite vers la rive gauche jusque devant l'entrée de l'exutoire. Ce masque permet comme à Pointis de diminuer l'espace entre chaque barreau du plan de grille de la centrale à 2cm au lieu de 5cm.

Pour ce test, des poissons marqués sont déversés dans le canal d'amenée de la centrale à environ 500m en amont de celle-ci, puis sont capturés au piège associé. La comparaison du nombre de poissons lâchés et recapturés par le piège, dans des conditions environnementales normales, permet de déterminer l'efficacité de l'exutoire. Les valeurs ainsi obtenues permettent de comparer l'efficacité de l'exutoire avec les années précédentes et en fonction du débit turbiné par l'usine.

1.5.1. Le marquage :

Les smolts utilisés pour l'opération de marquage peuvent être des poissons sauvages piégés au niveau des stations de Pointis ou Camon ou des smolts provenant de la pisciculture de Pont-Crouzet. Ces smolts sont stockés dans deux bassins différents selon leur provenance.

Les smolts sont marqués pendant la biométrie du matin et placés dans les bacs pour les lâchers le soir.

Pour tester l'efficacité d'un exutoire, un total de 50 smolts par lot semble être le nombre minimal nécessaire à l'obtention d'une approximation correcte (CROZE O *et al*, 1999).

Le marquage (annexe 4) est effectué au minimum 5h avant le lâcher. Les smolts présentant la moindre anomalie (mycose, blessure, déformation...) sont écartés du marquage. La taille minimale des poissons pouvant être marqués est fixée à 145mm, afin d'éviter des mortalités sur les individus de trop petite taille lors de l'introduction du transpondeur.

Pour le marquage, les smolts sont capturés à l'épuisette et plongés dans un bain anesthésiant d'huile de clou de girofle (Eugénol) de concentration $2.10^{-4} \text{ mol.l}^{-1}$ (concentration optimale pour la manipulation de smolt de saumon atlantique selon CHANSEAU *et al*, 2002).

Les marques utilisées sont des PIT-Tags (Passive Integrated Transpondeur) cylindrique (11mm de long, 2mm de diamètre), elles fonctionnent grâce au champ électromagnétique produit par la plaque de détection. Chaque marque possède un code alpha numérique unique qui est relevé par un lecteur portable avant sa mise en place dans le poisson.

Les transpondeurs sont disposés dans des aiguilles creuses stériles et sont introduits dans la cavité générale de l'animal, légèrement au dessus de la ligne médio-ventrale, à l'arrière de la nageoire pectorale droite.

Lâchers des lots marqués :

La dévalaison des smolts s'effectue principalement la nuit ; c'est pourquoi, les lâchers des poissons marqués ont lieu vers 22h en amont de la centrale de Camon. Tous les poissons d'un même lot sont lâchés en même temps car les smolts dévalants présentent un comportement grégaire.

1.5.2. Fonctionnement du dispositif de détection des marques :

Les smolts marqués sont détectés lors de leur recapture dans les stations de piégeage par une antenne dans la goulotte de récupération. Elle est reliée à un enregistreur qui permet de connaître le code, le jour et l'heure du passage de chaque poisson marqué.

2. RESULTATS et DISCUSSION

2.1. Suivi de l'activité de dévalaison

2.1.1. Poissons piégés :

14 840 poissons ont été capturés à Pointis et 7 143 à Camon, soit un total de 21 983 poissons sur les deux sites dont 19 879 smolts sauvages de saumon (90,5%), 2071 truites (9,4%) et 34 poissons d'autres espèces (0,1%).

Parmi les autres espèces capturées on trouve : le Barbeau fluviatile (*Barbus barbus*), la Perche commune (*Perca fluviatilis*), le Goujon (*Gobio gobio*), la Tanche (*Tinca tinca*), le Carassin (*Carassius carassius*), le Rotengle (*Scardinius erythrophthalmus*), la Lamproie de Planer (*Lampetra planeri*), l'Ombre de fontaine (*Salvelinus fontinalis*), le Chevesne (*Leuciscus cephalus*), la Loche franche (*Barbatula barbatula*), l'Ecrevisse signal (*Pacifastacus leniusculus*).

Parmi les truites fario, deux phénotypes sont identifiés (d'après BAGLINIERE *et al*, 2001) :

- Truites fario : 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 caudales et l'adipeuse bordée de rouge et l'anale avec un liseré blanc et noir.
- Truites blanchissantes ou Truites pré-smolts (terminologie de BAGLINIERE *et al*, 2001) possédant 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). Les truites blanchissantes sont des truites qui smoltifient puis migrent vers la mer tout comme les smolts de saumons.

Sur les 2071 truites capturées 1829 étaient des truites blanchissantes soit 88%. Ce sont des poissons migrateurs donc le piégeage transport à la dévalaison leur permet, comme pour les smolts de passer les obstacles à la migration.

Il est important de savoir que l'effectif théorique de smolts de saumons qui devait être produit par les habitats de la Garonne et de la Neste, à partir de l'effort de repeuplement, était de l'ordre de 22 000 individus pour 2012. On est donc, cette année, très proche du nombre théorique.

Cette année a été la deuxième meilleure année depuis la mise en service des stations de piégeage, en termes de smolts capturés. En effet, l'année où le plus grand nombre de poissons a été capturé était en 2006 avec presque 30 000 smolts piégés mais ce résultat est à mettre en relation avec l'effort de repeuplement important réalisé en 2004 et 2005 et la faible hydrologie rencontrée lors de ce printemps là. Les débits bas de la Garonne pendant la saison de piégeage 2006 n'ont pas induit d'échappement par surverse au niveau des barrages ni d'arrêt des pièges.

Cette année, le nombre de poissons piégés était très faible jusqu'au 22 mars, à cette date les poissons sont passés en très grand nombre, puis un deuxième pic de poissons, le plus important, a eu lieu le 26, 27 et 28 avril. Entre ces deux pics les poissons sont passés de façon assez homogène malgré un petit pic le 16 avril. (Cf figure 2).

	Conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$	O ₂ en mg/l	%O ₂	Turbidité en cm	T°C air	T°C eau
Moyenne	175,6	10,0	86,9	216,0	7,2	8,3
Min	108,9	6	82,6	4	2	5,1
Max	201,0	11,1	90,9	360	11	10,5

Tableau 1 : résultats moyens des paramètres du milieu relevés quotidiennement sur le site de Camon.

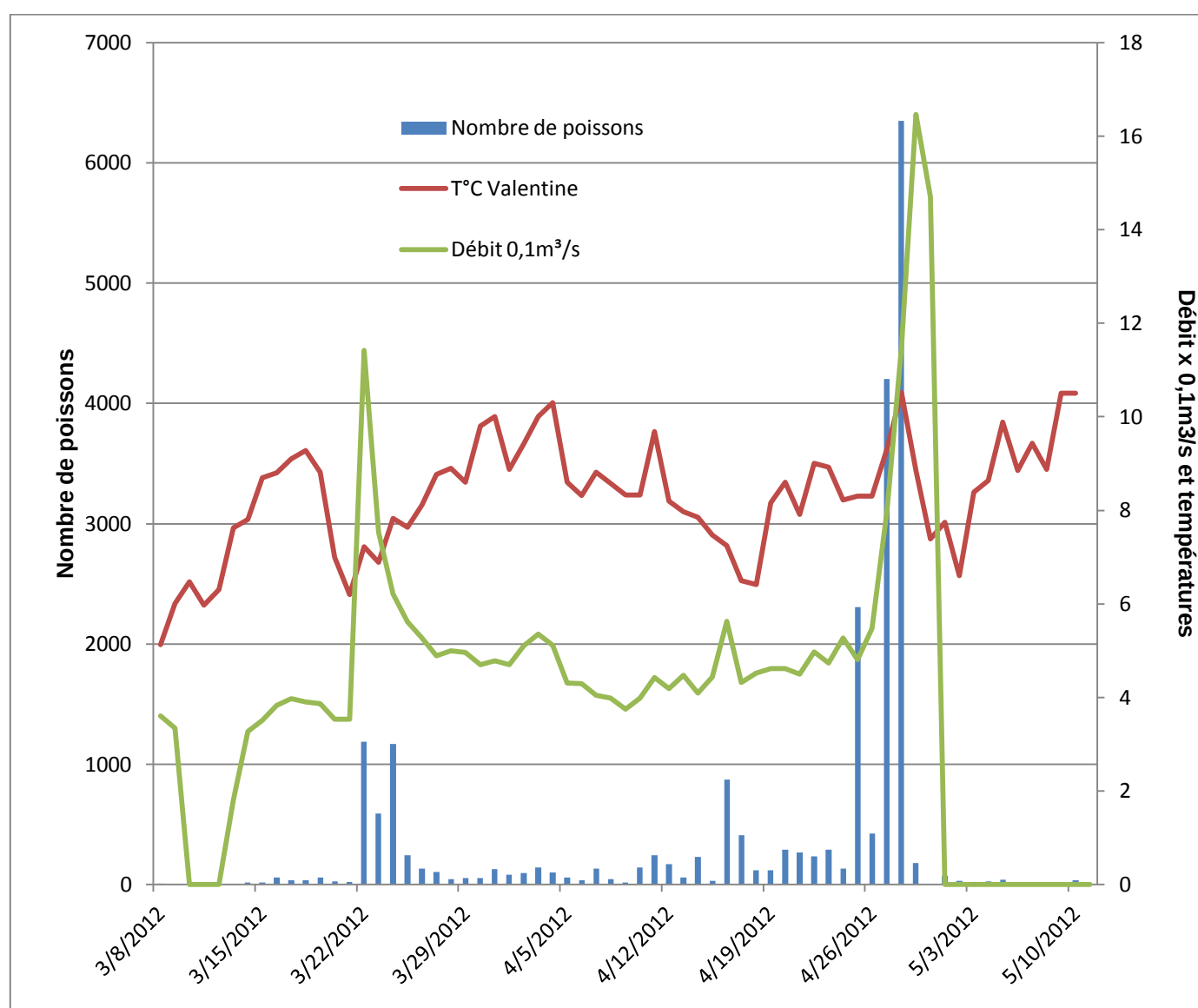


Figure 2 : Evolution des passages journaliers de poissons dévalant au cours de la période de piégeage à Camon et Pointis en fonction de la température de l'eau (° C) mesurée à Loures-Barousse et du débit de la Garonne ($0,1\text{m}^3.\text{s}^{-1}$) mesuré à Valentine

Un saumon adulte a aussi été capturé, c'est un phénomène rare car après avoir frayé ceux-ci ne survivent pas en rivière. L'individu piégé était une femelle qui avait été capturée à Carbonne puis remontée sur les zone de fraie par MIGADO en juillet 2011. Elle a été amenée au centre de reconditionnement de Bergerac afin qu'elle réapprenne à s'alimenter et qu'elle puisse se reproduire à nouveau. Les alevins qu'elle produira pourront alors être lâchés sur la Garonne.

Au total 12 transports ont été effectués, 11 à Lamagistère en aval de Golfech, et un en aval de Camon car aucun smolts n'était présent dans le lot. Ainsi l'ensemble des poissons migrateurs (99% des poissons piégés) pourront continuer leur migration vers l'océan.

2.1.2. Paramètres du milieu.

Les paramètres ont été relevés quotidiennement pendant l'ensemble de la campagne (tableau 1).

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 à la survie des jeunes saumons, soit 6 mg.L^{-1} (concentration en oxygène létale en dessous de 3 mg.L^{-1} , Kinkelin *et al*, 1981). Ces résultats n'indiquent pas de problèmes particuliers.

Les paramètres du milieu influencent la smoltification et ainsi la dévalaison. Les températures qui augmentent à la fin de l'hiver déclenchent l'avalaison, puis à la fin de la saison les températures élevées deviennent inhibitrices de la migration. (C.GUEGUEN et P.PROUZET 1994). Un autre facteur qui à un rôle majeur pour l'initiation de la dévalaison est le débit de la rivière. Chacun de ces deux facteurs a une importance variable et ils stimulent la migration de façon différente selon les populations. L'augmentation du débit pendant le printemps initie la migration dans certaines rivières tandis que dans d'autres, la migration sera doucement initiée par l'augmentation de la température (AAS *et al*. 2011)

Le graphique de la figure 2 représente pour l'ensemble de la campagne les passages de poissons de Camon et Pointis chaque jour avec la température et le débit sur cette même période. On peut ainsi évaluer l'effet de chacun de ces facteurs sur les effectifs de poissons.

La campagne de piégeage a connu principalement 2 grandes périodes d'affluence, chacune liée à une augmentation du débit de la Garonne, centrée autour des 22 mars et 27 avril. Lors de ces épisodes, les captures se sont succédé sur 2 à 3 jours autour des pics avec des effectifs journaliers supérieurs à 1000 poissons. Ces périodes majeures d'affluences seront détaillées dans la partie suivante.

Les premiers effectifs significatifs de poissons sont arrivés consécutivement à une variation importante des débits de la Garonne survenue entre le 22 et le 25 mars (élévation des débits moyens journaliers de la Garonne de 30 à $170 \text{ m}^3/\text{s}$). Un pic important de poissons s'est produit le 27 avril, suite à une forte augmentation du débit.

Il y a aussi eu un pic plus restreint qui n'a pas dépassé les 1000 individus autour du 16 avril qui correspond aussi à une augmentation ponctuelle du débit de la rivière mais de moins grande amplitude (de $44,3 \text{ m}^3/\text{s}$ à $56,25 \text{ m}^3/\text{s}$).

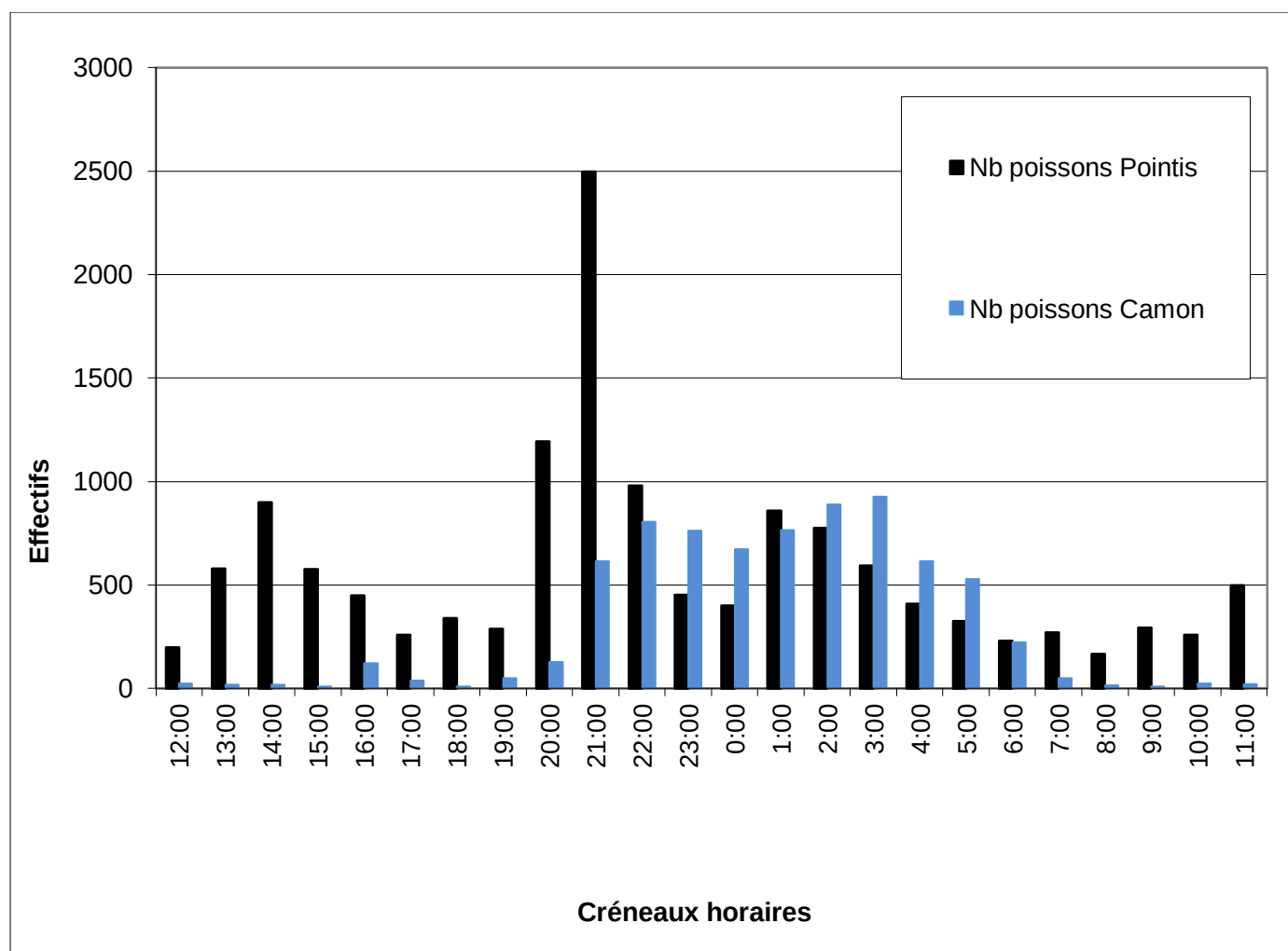


Figure 3 : Effectifs piégés par créneaux horaires d'1 heure à Camon et à Pointis en 2012

Les passages des poissons se sont déroulés avec des températures moyennes journalières comprises entre 5,1 et 10,5°C. Tout au long de la période de dévalaison la température a très rarement dépassé les 10°C. La température, comme la photopériode, synchronise le processus de smoltification mais celui-ci est initié par des facteurs du milieu comme le débit de la rivière.

2.1.3. Passage des poissons sur 24h :

La figure 3 montre qu'en général les smolts de saumons migrent davantage la nuit, comme beaucoup d'espèces animales. Migrer la nuit permet d'éviter au maximum la prédation par les espèces diurnes (oiseaux, autres poissons...). Au total 15 963 poissons sur l'ensemble de la saison sont passés la nuit contre 5 162 la journée.

Ils passent en majorité entre 20h00 et 23h00 à Pointis et entre 1h00 et 4h00 à Camon. On remarque aussi de forts effectifs en plein milieu de journée : comme à 14h à Pointis, ce sont très majoritairement les poissons du pic du 16 avril.

On observe qu'à Camon les poissons passent très majoritairement la nuit. La journée ce ne sont que des effectifs très faibles. A Pointis, la proportion d'individus qui passe le jour est plus importante (67% de jour et 33% de nuit).

2.1.4. Périodes à fort effectifs :

Un maximum de poissons a été capturé lors des deux principaux pics d'affluence de la campagne. Une analyse plus ciblée sur ces périodes a été faite afin de mieux comprendre le comportement de dévalaison des smolts de saumon atlantique au niveau des aménagements hydroélectriques de Camon et Pointis et en fonction du fonctionnement des usines et de l'hydrologie de la Garonne.

La centrale de Pointis est située à 5,4 km en amont de celle de Camon.

Les poissons qui passent à Camon peuvent être issus du même banc de poissons qui passe préalablement à Pointis mais ils peuvent aussi provenir de poissons qui se trouvaient dans la Garonne, entre les deux stations, dans la retenue de Rodère ou le canal d'amenée de l'usine de Camon. C'est à dire qu'ils sont passés plus tôt dans la période et qu'ils ont arrêté leur migration dans cette zone.

Il faut savoir que, quand les débits sont trop importants, toute l'eau ne passe pas dans les canaux et n'est donc pas turbinée, mais les barrages ouvrent leurs vannes afin d'en laisser passer une partie, c'est ce qu'on appelle une surverse. Les barrages sont constitués de trois vannes qu'EDF peut choisir d'ouvrir. On appelle une chasse un arrêt brutal des turbines pour créer une vague en sens inverse dans le canal ce qui permet, par surverse, d'évacuer les embâcles accumulés à l'entrée du canal d'amenée.

- Première période de pic (figure 4) :

Le premier pic a lieu le 22 mars entre 1h et 4h du matin. Le débit de la Garonne augmente soudainement et de façon considérable (de 35 à 170m³/s) 607 poissons ont été capturés à Pointis et 422 à Camon soit au total 1029 poissons en 3 heures.

Le passage des smolts est décalé d'une usine à l'autre, on observe, logiquement, que les poissons passent en premier à Pointis puis arrivent avec environ une heure de décalage à Camon. Etant donné la quasi absence de smolts piégés avant cet événement, il semblerait que les poissons capturés à Camon fassent parti du même banc de poissons qui sont passés une heure avant à Pointis. Les poissons capturés à Camon ont soit échappé aux pièges et aux turbines de Pointis soit transité par surverse au niveau du barrage d'Ausson.

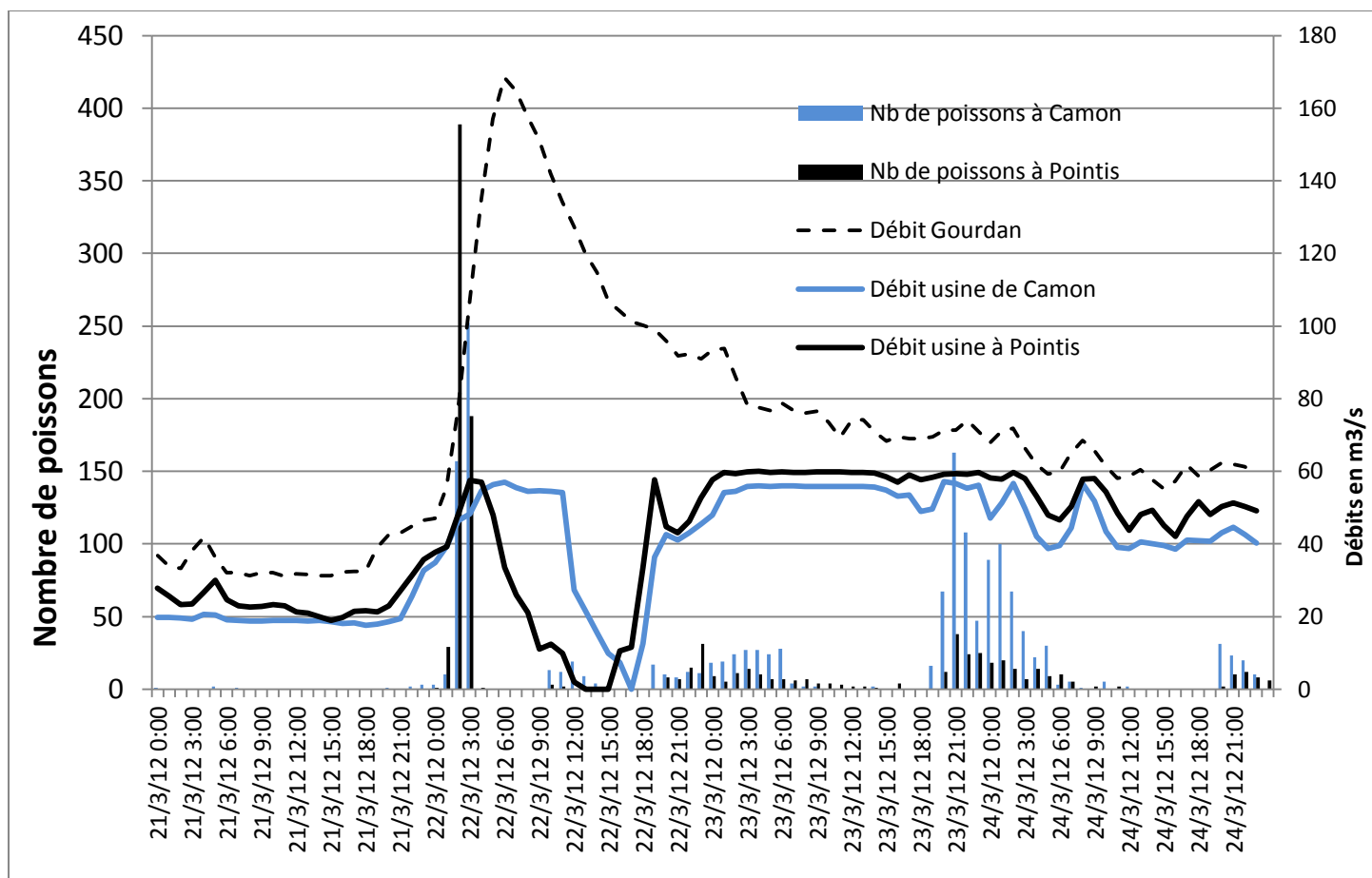


Figure 4 : Graphe du pic de poissons du 22, 23, 24/03/12 à Pointis et Camon avec les débits turbinés et le débit de la Garonne.

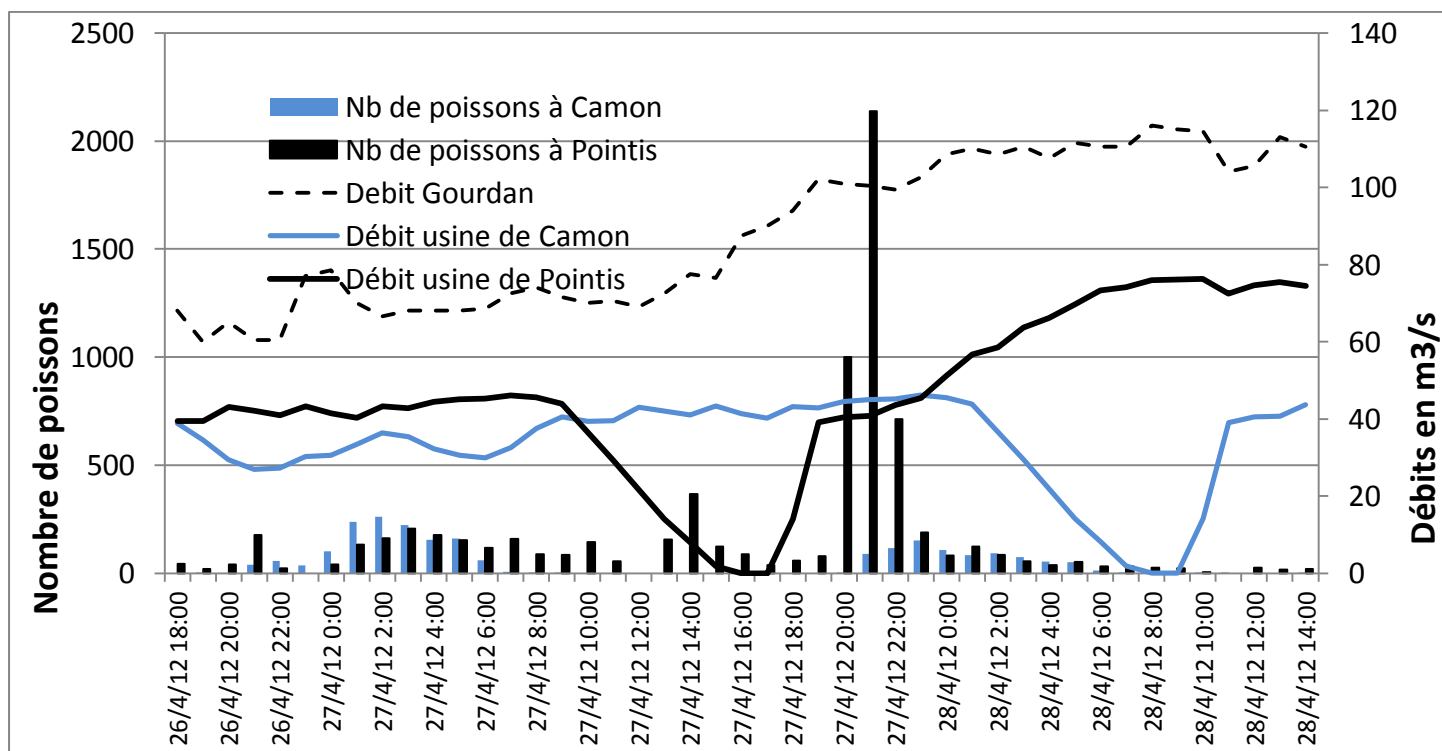


Figure 5 : Graphe du pic de poisson des 26, 27 et 28 avril à Pointis et Camon avec les débits turbinés et le débit de la Garonne.

D'après la figure 4, l'augmentation brutale du débit de la Garonne apparaîtrait comme le facteur environnemental le plus influent dans l'origine de ce pic. Il est aussi possible que la turbidité ait joué un rôle important car elle a augmenté du 21 au 22 mars, la transparence de l'eau (mesurée au disque de Secchi) passant de 290 cm à 5 cm (annexe 7). La température en revanche ne semble pas avoir joué un rôle important car elle n'a pas augmenté lors de cette période et elle avait même diminué juste avant (Cf annexe 8).

On a ensuite un autre pic important du 23 mars à 20h au 24/03 à 7h00. 196 poissons sont passés à Pointis et 752 à Camon. On observe ici que le débit de la Garonne est revenu à une valeur normale, et ce pic n'est donc pas lié à son augmentation, de plus la turbidité est en diminution (annexe 7). Il est frappant de voir qu'il y a plus de poissons piégés à Camon qu'à Pointis alors que lors du pic précédent le nombre de poissons à Pointis dépassait largement celui de Camon.

Il est très probable qu'une arrivée de poissons ait eu lieu cette nuit là. Ils se sont répartis sur les deux pièges. Mais à Camon ont aussi pu être capturés des poissons issus du passage du 22 mars qui ont échappé au piège de Pointis (par les turbines ou la surverse qui a été importante) et se sont retrouvés bloqués entre les deux pièges. Comme la saison de dévalaison n'était pas encore assez avancée, il est possible que la smoltification n'ait pas été assez avancée, ils ont donc pu rester entre les usines pendant 2 jours avant de finalement continuer leur chemin.

On observe sur l'ensemble de cette période un passage des smolts de saumons uniquement nocturne dans les deux pièges. Cela confirme le fait qu'en général les smolts de saumon atlantique migrent en majorité la nuit (figure 3).

La deuxième période de pic migratoire s'est déroulée vers la fin de la campagne, c'est à ce moment-là que le plus grand nombre de poissons ont été capturés. Elle s'étend du 26 au 28 avril.

- Deuxième période de pic (figure 5) :

Une quantité importante de poissons est passée autour du 27 avril. Ils sont passés à Pointis, aussi bien de jour que de nuit ; Un pic a pu être observé à 14h le 27/04 avec 365 poissons. En revanche, à Camon, aucun poisson n'est passé en pleine journée.

Ces passages réguliers à Pointis s'expliquent par le débit de la Garonne, qui sur cette période, n'a cessé d'augmenter en continu, ce qui a probablement déclenché le départ des poissons à différents moments de la journée. La turbidité de l'eau, qui peut aussi être un facteur déclenchant le départ des migrations, a fortement diminué sur cette période du 26/04 au 28/04 passant de 260cm à 30cm. Il est probable qu'elle joue aussi un rôle dans le fait que les smolts migrent de jour. Il est difficile de savoir si leur départ dépend de l'augmentation de la turbidité ou de celle du débit car ces deux facteurs sont étroitement liés. Les conditions de franchissement des aménagements hydroélectriques et de piégeage peuvent donc différer d'un site à l'autre (passage uniquement de nuit sur le site de Camon et la journée et la nuit à Pointis). Ce phénomène indique la difficulté de caractériser les migrations naturelles à partir d'observations enregistrées sur des sites artificiels (Autre exemple : les saumons adultes migrent en rivière généralement la nuit, on les contrôle dans les passes à poissons plutôt en journée, L. Carry communication personnelle).

Du 26 avril à 21h au 27/04 à 7h on observe un pic de poissons à Camon avec 1 340 poissons. A Pointis il y a aussi un pic cette nuit-là, mais les poissons continuent de passer au matin sont piégés.

	Ecaillage inférieur à 30%	Ecaillage supérieur à 30%	Nageoires	Stries	Mâchoire	Mycose	Blessures	Blessure œil
Toutes espèces	1,9%	0,5%	1,3%	0,4%	0,3%	0,9%	0,8%	0,1
Smolts Saumon Atlantique	2,0%	0,6%	0,8%	0,4%	0,2%	0,7%	0,7%	0,1

Tableau 2 : Proportion en pourcentage des poissons atteints d'un problème de santé.

dans la journée. Il faut noter que la température, a augmenté de 9,5°C le 25/04 à 11°C le 27/04 (annexe 8) ce qui peut avoir joué un rôle dans le départ de ces poissons. A partir de 13h, on observe une augmentation du nombre de poissons (correspondant à une hausse importante du débit) capturés puis une diminution correspondant à l'arrêt du piège pour cause de chasse. A sa remise en marche, à partir de 17h le nombre de poissons augmente à nouveau, et c'est la nuit qui suit qu'a lieu le pic le plus important.

Le pic le plus important a eu lieu le 27/04 entre 20h00 et 23h00 avec 4 041 poissons piégés à Pointis et 360 à Camon. Il suit une forte hausse du débit (de 70 à 100 m³/s) entre 13h et 21h. On observe une différence importante du nombre de poissons piégés dans chaque piège.

On aurait pourtant pu s'attendre à ce que les poissons soient passés par la surverse à Ausson et qu'ils soient donc capturés en plus grande quantité à Camon.

Il est possible qu'il y ait eu une courantologie très favorable au niveau du barrage d'Ausson à laquelle se serait rajouté un effet de banc, l'ensemble ayant conduit une majorité des poissons dans le canal puis dans le piège de Pointis. On peut imaginer, vu le plus faible nombre de poissons capturés à Camon, que peu de poissons soient passés par la surverse du barrage d'Ausson. De plus, peu de poissons devaient encore se trouver entre les deux usines à ce moment-là.

De plus, nous n'avons pas les informations sur les vannes ouvertes au barrage. Le barrage possède trois vannes, si les trois sont ouvertes faiblement, les poissons ont beaucoup moins tendance à y passer que si une seule est ouverte avec une lame d'eau déversante importante. Il y avait aussi une surverse au barrage de Rodère, induisant un potentiel échappatoire pour les poissons.

Contrairement à la première période de pic, ici, les poissons migrent de jour, mais seulement à Pointis. Ceci confirme les données de la figure 5. Il semblerait donc que les smolts stagnent au barrage de Rodère et/ou dans le canal d'amenée de Camon en attendant la nuit pour continuer leur chemin. Aussi la configuration au niveau du bassin de mise en charge de l'usine de Camon provoque un contre-courant à l'amont immédiat de l'entrée de l'exutoire ce qui pourrait avoir pour effet de stocker les smolts à ce niveau. Les poissons étant alors guidés dans le piège uniquement la nuit par l'éclairage d'attrait, (ces conditions n'existent pas au niveau de l'entrée des exutoires de Pointis).

Il est aussi possible que les poissons stagnent dans le canal de Camon car celui-ci est beaucoup plus long que celui de Pointis. De plus, il est probable que certains poissons, ceux qui passent par les turbines de Pointis, aient subi un stress causant le ralentissement de leur migration.

1.1.1. Biométrie

1.1.1.1. Etat sanitaire :

Lors des biométries sur des échantillons de poissons capturés, leur état sanitaire est relevé, afin d'évaluer l'état de la population et ainsi voir si le repeuplement a bien fonctionné.

Les poissons piégés cette année présentent, en majorité, un bon état de santé, notamment concernant les smolts de saumons.

Le tableau 2 récapitule l'état sanitaire des poissons échantillonnés en biométrie. L'atteinte la plus fréquente aux smolts est l'écaillage inférieur à 30% de la surface du corps. Les smolts perdent facilement leurs écailles.

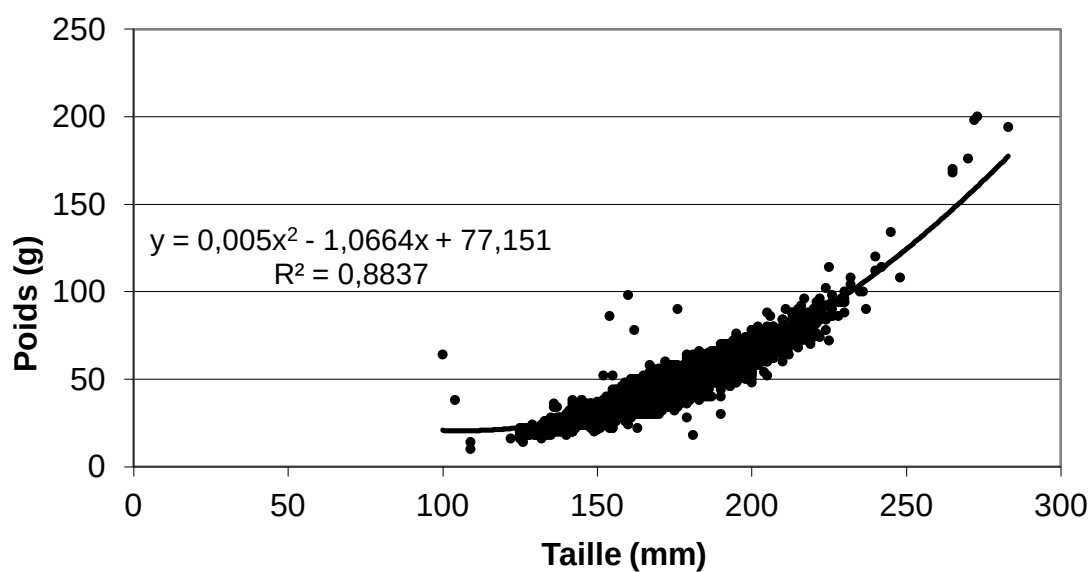


Figure 6 : Relation taille/poids des saumons atlantique échantillonnés

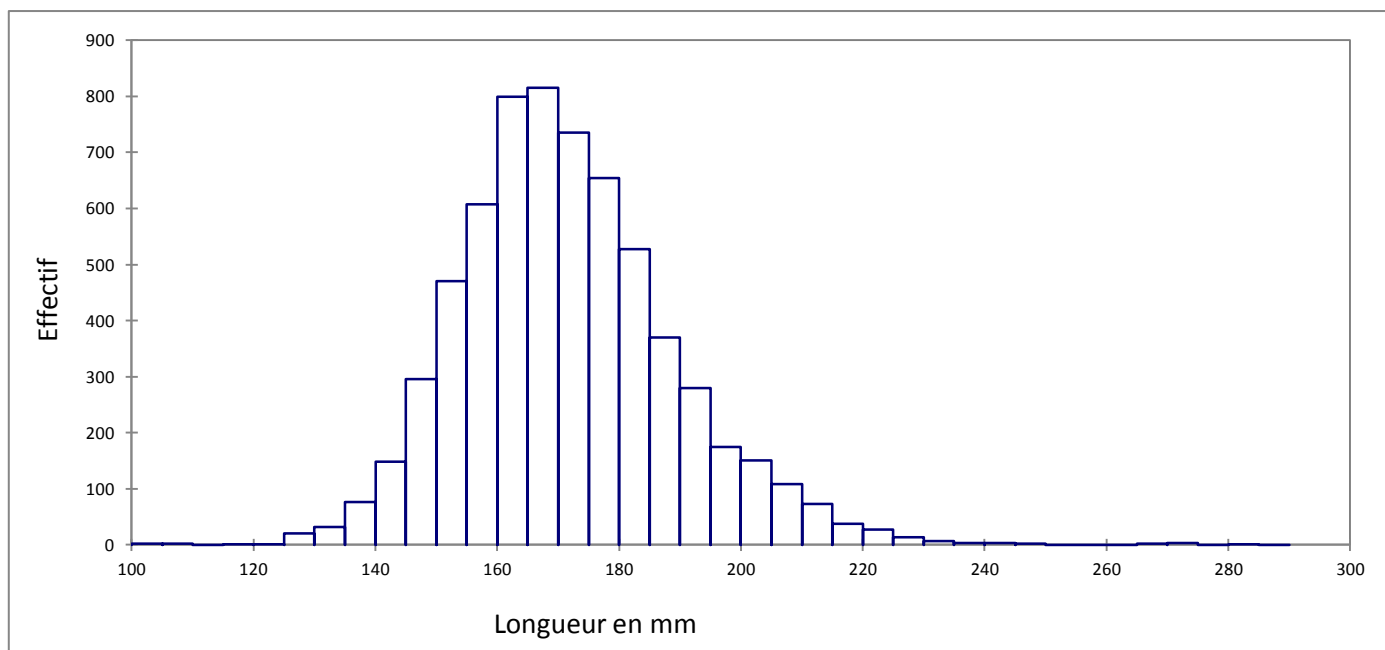


Figure 7 : Structure du peuplement des smolts de saumon atlantique (classes de tailles en mm) d'après l'échantillonnage effectué sur les 2 sites (Camon et Pointis de Rivière).

Ces pertes d'écaillés peuvent être causées par le simple fait des manipulations, des captures avec l'épuisette dans le bassin de stabulation ou lors de contact avec les organes du piège.

Dans l'ensemble des espèces, la deuxième atteinte sanitaire est due aux nécroses de nageoires en particulier sur les truites issues de lâchers. En effet, en pisciculture, leurs nageoires sont malformées ou blessées du fait de la promiscuité.

Une proportion infime de saumons présentait des marques de prédation ainsi que des parasites, le seul parasite trouvé était une sangsue (*Piscicola geometra*).

1.1.1.2. Caractéristiques biométriques :

- Relation taille poids :

Outre leur état sanitaire, la relation entre la taille et le poids est importante et permet de voir si dans l'ensemble, les smolts de saumons capturés ne sont pas trop maigres, et trop faibles.

Les smolts de saumons échantillonnés présentent une taille moyenne (Longueur totale) de 171,73 mm et un poids moyen de 46,12g. La taille des smolts varie de 109 mm à 255mm et leur poids est compris entre 10g et 200g.

La courbe de corrélation et son équation permettent de prédire le poids des individus en fonction de leur taille ($R^2 = 0,883$). $R (=0,94)$ est très proche de 1 donc la corrélation entre les variables taille et poids est forte.

Les individus ont donc un poids correspondant à leur taille et sont donc parfaitement proportionnés. On a quelques rares exceptions avec des individus un peu plus lourds que la normale (ceci peut aussi être dû à une erreur de saisie lors de la biométrie ou de l'enregistrement des données dans l'ordinateur).

- Répartition en classes de taille :

Sur la Garonne, les smolts dévalants sont âgés d'un an (1+) ou de deux ans (2+) ce sont des poissons qui ont passé un à deux étés en rivière. D'après les suivis réalisés les années précédentes à partir de saumons marqués, on sait (avec une probabilité de se tromper inférieure à 5%) que les smolts 1+ ont une taille inférieure à 180mm (BOSC et al, 2011).

L'histogramme de la figure 7 montre la répartition en classe de taille de l'ensemble des smolts de saumons mesurés lors des échantillonnages sur les deux stations (annexe 5).

Les individus présentant une taille entre 145 et 180 mm sont les mieux représentés, avec 14 313 des smolts capturés et passés en biométrie cette année. Ils sont issus de l'alevinage de 2011. On observe donc une majorité de smolts 1+ pour cette campagne ; c'est le cas chaque année, les individus dévalent majoritairement à un an. Les smolts 2+ représentent 5 566 individus, et ils sont issus de l'alevinage 2010.

En analysant les données recueillies en 2011, on peut donc connaître pour les saumons alevinés en 2010 le nombre de smolts 1+ et 2+ qu'a produit ce contingent (52,58% de smolts 1+) (Annexe 6).

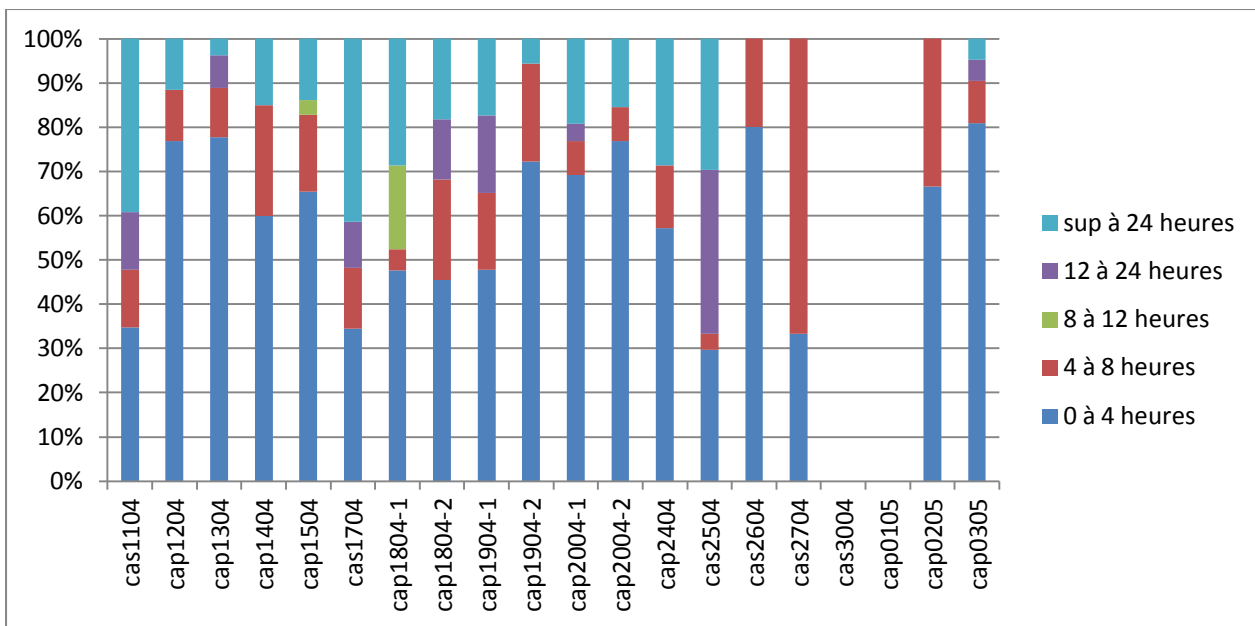


Figure 8: Répartition dans le temps des recaptures de smolts marqués pour chaque lot lâché dans le canal de Camon

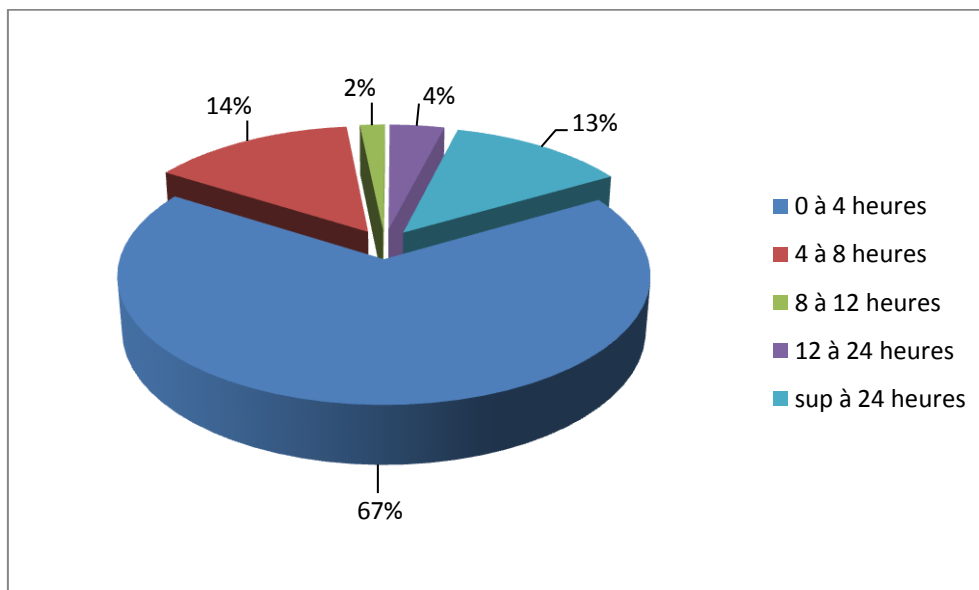


Figure 9 : Répartition dans le temps des recaptures des smolts marqués des lots lâchés à Camon retenus pour estimer l'efficacité de l'exutoire.

Les proportions de smolts 1+ et 2+ sont cycliques. Les années précédentes, on observe des différences importantes entre les contingents de 53,5% à 87,2% répartis ou de façon cyclique : un contingent à plus forte proportion de smolts 1+ (plus de 72%) suivi par un contingent à plus faible proportion de smolts 1+ l'année suivante (de moins de 72%).

1.1. Efficacité de l'exutoire de dévalaison à Camon :

L'opération de marquage réalisée en 2012 avait pour objectif de tester l'efficacité de l'exutoire de dévalaison de Camon afin d'évaluer l'efficacité du nouveau masque de surface positionné devant le groupe 3.

Au total, 20 lots soit 995 poissons marqués ont été lâchés à environ 500m en amont du piège dans le canal d'amenée de l'usine hydroélectrique EDF de Camon. Parmi eux, 379 poissons marqués ont été récupérés dans le piège de Camon.

14 lots ont été créés avec des smolts de saumons issus de la pisciculture de Pont-Crouzet et 6 avec smolts sauvages capturés dans les pièges lors de leur migration.

1.1.1. Comportement de dévalaison.

Les délais de dévalaison des smolts lâchés entre le lieu de lâché et le piège de Camon ont été calculés à partir de la date et l'heure de lâché et des données enregistrées par l'antenne de détection dans le piège qui permet de connaître la date et l'heure de passage de chaque poisson marqué dans le piège.

- Sélection des lots selon des critères comportementaux :

Afin d'éviter des 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. Il est possible qu'un certain nombre de smolts de pisciculture utilisés n'étaient pas assez smoltifiés pour avoir un bon comportement migratoire. Des biais comportementaux peuvent aussi avoir eu lieu, dû à la manipulation des poissons ou à des conditions environnementales défavorables.

Les lots qui n'ont pas été retenus (figure 8) sont ceux où il y a eu moins de 65% de recapture dans les 12 premières heures (lots du 11/04, 17/04 et 25/04) et ceux dont l'efficacité de recapture est trop faible (lots du 24/04, 27/04 et 02/05), voir nulle (lots du 30/04 et 01/05) et paraît de ce fait invraisemblable. Il semble logique que les poissons sauvages aient mieux dévalé que ceux de pisciculture ; pourtant les trois lots où il y a eu moins de 65% de recaptures dans les 12 premières heures sont des lots de poissons sauvages. En revanche l'efficacité totale pour ces lots avec 46%, 58% et 54% est plutôt bonne et du même ordre que les autres lots. Deux des lots dont l'efficacité de recapture est trop faible sont aussi des lots de poissons sauvages.

Pour les lâchers du 24 et du 27 avril les taux de récupération (5 et 3 poissons) sont très étonnants car il n'y a eu aucun problème particulier après les lâchers (ni chasse, ni arrêt du piège pour crue).

Il n'y a pas eu de lâchers les 28 et 29/04 car le piège était arrêté pour cause de crue. Les poissons qui avaient été marqués le 28/04 au matin sont restés jusqu'au 30/04 dans le bac de lâché, afin d'être libérés le 30 :04.

Date de lâcher	Heure de lâcher	Lot n°	Nombre de poissons lâchers	Nombre de poissons recapturés	Efficacité du piège	Débit turbiné pendant les 6 h après le lâché (m³/s)	Groupe en fonctionnement	Type de fonctionnement de l'usine	Efficacité moyenne par type de fonctionnement de l'usine	G3	G2	G1
11/04/2012	22:20	cas1104	50	23	46%	29,93	G3 G2	1	48%	50%	50%	0%
12/04/2012	22:25	cap1204	50	26	52%	30,23	G3 G2			50%	50%	0%
13/04/2012	22:25	cap1304	50	27	54%	29,34	G3 G2			50%	50%	0%
14/04/2012	22:20	cap1404	50	20	40%	25,22	G3 G2			50%	50%	0%
15/04/2012	22:20	cap1504	50	29	58%	37,38	G3 G2			50%	50%	0%
17/04/2012	22:35	cas1704	50	29	58%	28,38	G3 G2			50%	50%	0%
18/04/2012	22:31	cap1804-1	50	21	42%	30,11	G3 G2			70%	30%	0%
18/04/2012	22:29	cap1804-2	50	22	44%	30,11	G3 G2			70%	30%	0%
19/04/2012	22:37	cap1904-1	50	23	46%	30,55	G3 G2			50%	50%	0%
19/04/2012	22:35	cap1904-2	50	18	36%	30,55	G3 G2			50%	50%	0%
20/04/2012	22:29	cap2004-1	50	26	52%	28,86	G3 G2			50%	50%	0%
20/04/2012	22:31	cap2004-2	50	26	52%	28,86	G3 G2			50%	50%	0%
24/04/2012	22:55	cap2404	50	7	14%	34,44	G3 G2			50%	50%	0%
25/04/2012	22:31	cas2504	50	27	54%	35,75	G3 G2			50%	50%	0%
26/04/2012	22:00	cas2604	50	25	50%	42,58	G3 G2			50%	50%	0%
27/04/2012	22:45	cas2704	49	3	6%	56,95	G3 G2	2	6%	50%	50%	0%
30/04/2012	20:30	cas3004	45	0	0%	72,32	G3 G2 G1	3		33%	33%	33%
01/05/2012	22:40	cap0105	50	0	0%	71,7	G3 G2 G1	3		33%	33%	33%
02/05/2012	22:42	cap0205	49	6	12%	65,75	G3 G2 G1	3	12%	33%	33%	33%
03/05/2012	22:30	cap0305	50	21	42%	64,09	G3 G2 G1	2	42%	33%	33%	33%

En rose : lots dont l'efficacité de recapture semble trop faible et/ou moins de 65% des smolts recapturés ont été piégés dans les 12 premières heures suivant le lâchés.

Tableau 3 : Résultats d'efficacité et types de fonctionnement de l'usine pour des lots lâchés dans le canal de Camon et piégés à Camon en 2012 avec en rose les lots écartés pour un taux de recapture trop faible

Aucun poisson n'a été recapturé pour les lâchers du 30/04 et du 1^{er}/05 et seulement 6 pour celui du 2/05. La cause la plus probable est que ces poissons n'aient pas été conservés dans des bonnes conditions, car les lâchers prévus pour les jours d'avant avaient été annulés : les poissons sont donc restés plus longtemps que prévu en stabulation. Parmi les 12 lots sélectionnés, seuls les deux lots du 18 avril et celui du 19/04 présentent des effectifs de poissons passés entre 0 et 4h après le lâché inférieur à 50%. Aucun des lots ne dépasse les 80% pour ce critère.

- Temps de transit des lots retenus

Les données obtenues avec ces lots ne sont pas affectés par l'état biologique des individus marqués car ils ont été triés.

On constate que 67% des smolts ont été recapturés dans les 4 premières heures (figure 9). Il est logique qu'un maximum de poissons soient passés dans les 4 premières heures car le lieu de lâché ne se trouve qu'à 500m du piège et les lâchés ont été effectués en pleine période de dévalaison. Les lots faits avec des poissons sauvages, présentaient des poissons bien smoltifiés car ils avaient déjà commencé leur descente vers la mer. Et les lots de poissons de pisciculture ont été faits en prenant en compte de manière visuelle le critère de smoltification (coloration très argentée de la robe du poisson) et en écartant les poissons jugés trop petits par rapport à la population migrant naturellement.

Le poisson le plus rapide a transité en 12 minutes et le plus lent en 16 jours et 17 heures.

Les poissons étant passés tardivement ont dû stagner dans le canal, peut être certains n'étaient tout de même pas assez smoltifiés ; notamment ceux venant de pisciculture (située sur un autre bassin versant) et/ou l'environnement est différent de celui de la Garonne. En revanchant, ils smoltifient quand même grâce aux mécanismes internes hormonaux mais n'ont peut-être pas le même degré de smoltification que les poissons sauvages de la Garonne. Certains ont pu avoir un stress lié aux conditions de stabulation et de marquage.

1.1.2. Résultats d'efficacité des tests :

1.1.2.1. Type de fonctionnement de l'usine de Camon :

Quatre types de fonctionnement ont été définis afin de caractériser le fonctionnement de l'usine de Camon lors des précédentes campagnes de marquage sur le même site :

- Type 1 ($20 < Q_t < 55 \text{ m}^3/\text{s}$) : un à deux groupes fonctionnent. La vitesse d'écoulement de l'eau en surface dans le canal est inférieure à 0,6 m/s.
- Type 2 ($55 < Q_t < 65 \text{ m}^3/\text{s}$) : Les trois groupes fonctionnent, mais l'usine n'est qu'à 70% de sa capacité. La vitesse d'écoulement de l'eau en surface dans le canal est proche 1 m/s.
- Type 3 ($Q_t > 65 \text{ m}^3/\text{s}$) : Les trois groupes fonctionnent, et l'usine est à plus de 80% de sa capacité. La vitesse d'écoulement de l'eau en surface dans le canal est proche de 1,25 m/s.

1.1.2.2. Efficacité de l'exutoire de Camon :

Le type de fonctionnement 3 n'a pas pu être testé cette année.

Le fonctionnement 2 a pu être testé qu'à une seule reprise avec le lâché du 3 mai et donne un résultat de 42%.

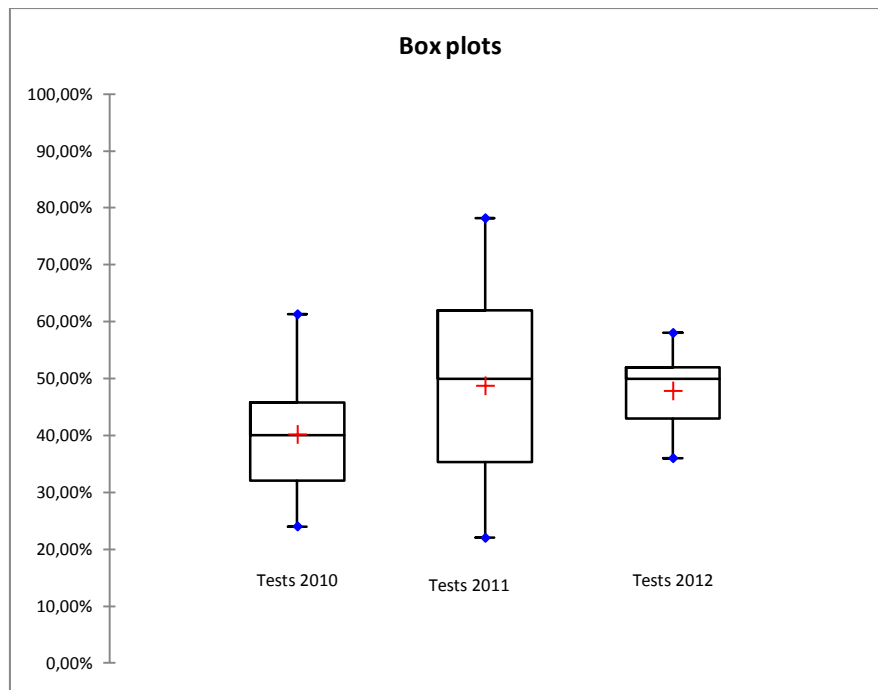


Figure 10 : Comparaison de l'efficacité de l'exutoire de Camon obtenue en 2010, 2011 et 2012 avec un fonctionnement de l'usine en type 1

Le fonctionnement 1 (groupe 3 et groupe 2 turbinant chacun 50% du débit total turbiné par l'usine et à deux reprises turbinant 70% pour le G3 et 30% pour le G2 du débit total) a pu être testé avec un nombre suffisant de répétition (14 tests) pour permettre une évaluation fiable de l'efficacité du piège. Dans ces conditions l'efficacité moyenne du piège de Camon obtenue est de 48%.

L'efficacité moyenne de l'exutoire de Camon obtenue cette année avec le type de fonctionnement 1 peut être comparée avec les résultats obtenus pour ce même type de fonctionnement de l'usine en 2010 et 2011.

En 2010, l'usine avait fonctionné avec les groupes 3 et 2, comme en 2012, mais aucun masque de surface n'avait été mis en place devant les groupes. En 2011, un masque avait été positionné devant le groupe 3 mais pour des raisons techniques seulement les groupes 1 et 2 ont pu fonctionner pendant les tests d'efficacité.

Si on compare les résultats de 2010 et 2012, il semblerait que l'on obtienne une légère amélioration de l'efficacité du piège (de 40% à 48%) liée à la présence du masque devant le groupe 3 (Figure 10)

Le fonctionnement de l'usine avec une priorité sur les groupes 1 et 2 (tests 2011) ou avec une priorité pour les groupes 2 et 3 avec un masque de surface devant le groupe 3 (test 2012) donne une efficacité comparable (48%). Cependant, le fait de faire fonctionner les groupes 1 et 2, située en rive opposée de l'entrée de l'exutoire, donne une très grande variabilité dans les résultats. Cette différence avec les résultats de 2012, peut s'expliquer par l'instabilité de la courantologie présente en amont du plan de grille de l'usine et qui est d'autant plus marquée lorsque les groupes 1 et 2 sont en fonctionnement (S. Bosc communication personnelle).

Pour améliorer le guidage des poissons dans le piège, il semble plus judicieux de préconiser, auprès de l'exploitant de la centrale, une priorité au fonctionnement des groupes 2 et 3. La pose d'un masque de surface devant le groupe 3 n'améliore pas de façon significative l'efficacité du piège. D'autres solutions doivent être mises en place pour espérer capturer davantage de poissons sur ce site. Le remplacement du plan de grille de avec un écartement entre barreaux n'exédant pas 2 cm constituant une véritable barrière comportementale, est une solution envisagée pour le futur par les gestionnaires du programme de restauration du saumon.

Conclusion :

La campagne de piégeage en dévalaison sur les sites de Camon et de Pointis-de-Rivière s'est déroulée du 8 mars au 11 mai 2012. Cette année a été la deuxième meilleure année depuis l'ouverture des stations de piégeage. En effet, le nombre de poissons capturés est considérable avec au total 21 983 poissons piégés sur l'ensemble des deux sites (14 840 à Pointis et 7 143 à Camon) : parmi eux, 19 879 étaient des saumons, 2071 des truites dont 1 829 des truites smoltifiées.

Le suivi biologique des poissons capturés, réalisé au niveau des deux stations chaque jour, a permis d'observer, de mesurer et peser 7 145 poissons. Ce suivi permet de mieux caractériser les populations migrantes et de valider le travail de repeuplement réalisé en amont.

Lors de cette campagne, ces poissons ont été transportés lors de 11 transports en camion depuis les sites de Camon et de Pointis jusqu'à Lamagistère (aval de Golfech) pour leur permettre de continuer leur migration vers la mer.

Les résultats issus de la vidéo montrent que le passage des smolts s'effectue principalement la nuit. Toutefois une proportion non négligeable est aussi piégée en journée sur le site de Pointis. C'est pourquoi il est important que le piège reste ouvert 24h sur 24.

Les événements marquant la campagne ont été les pics de migration du 22 et du 27 avril où 17 110 smolts (soit 86% de la population dévalante contrôlée) ont été capturés. Il est difficile de comprendre le comportement des smolts lors de ces phénomènes mais il apparaît nettement que sur la Garonne l'augmentation des débits initie leur migration.

Un autre fait marquant a été la capture d'un saumon adulte dévalant issu du piégeage transport à la montaison.

L'efficacité de l'exutoire de dévalaison a été testée, cette année, à Camon, par rapport à l'installation du nouveau masque (semblable à celui de Pointis). L'efficacité moyenne obtenue est de l'ordre de 50% lorsque les débits turbinés par la centrale n'excèdent pas 55 m³/s. L'objectif pour le programme étant de capturer sur chacun des pièges 70% de la population dévalante.

De nouvelles solutions devront être mises en œuvre pour améliorer radicalement cet exutoire.

Bibliographie :

- AAS O., EINUM S., KLEMETSEN A., SKURDAL J., 2011.** Atlantic salmon Ecology. Ed. WILEY BLACKWEL.
- BAGLINIÈRE JL., OMBREDANE D et MARCHAND F, 2001.** Critères morphologiques pour l'identification des deux formes (rivière et mer) de truites (*Salmo trutta*) présentes sur un même bassin. Bull. Fr. Pêche Piscic. 357/360 : 375-383.
- 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 GHAPPE/MIGADO, 53 p + annexes.
- BOSC S., NARS A., MENCHI O., CAZAUBON D. 2011.** Contrôle de la migration des smolts de saumon Atlantique en dévalaison au niveau des dispositifs de piégeage et de transport de Camon et de Pointis sur la Garonne. Campagne 2005. Rapport MI.GA.DO 1G-12-RT, 56p + annexes.
- CHANSEAU M., BOSC S., GALIAY E., OULES G. 2002.** L'utilisation de l'huile de clou de girofle comme anesthésique pour les smolts de saumon atlantique (*Salmo salar*) et comparaison de ses effets avec ceux du 2-phénoxyéthanol. BFPP (365-366) : 579-589.
- 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.
- GREENHALGH M., 2005.** Le Saumon Atlantique, histoire naturelle illustrée. 134p
- GREENSTREET S.P.R. 1992.** Migration of hatchery reared juvenil Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts down a release ladder. 1. Environmental effects on migratory activity. Journal of Fish Biology, 40 : 655-666.
- GUEGEN J., PROUZET P. 1994.** Le saumon atlantique. Biologie et gestion de la ressource Ed. IFREMER. 330p.
- HELAND M., DUMAS J. 1994.** Ecologie et comportement des juvéniles. In : « Le saumon atlantique : biologie et gestion de la ressource », GUEGEN J.C. et PROUZET P. (Eds), IFREMER, Brest, 29-46.
- KINKELIN, GERARD. 1981.** Prélèvements d'échantillons de poissons à destinés aux examens de laboratoire. Note technique n°08bis. BFPP (280) : 117-121.

Résumé :

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 qu'en dévalaison.

Le suivi biologique des poissons capturés a permis de comptabiliser, cette année, au total 21983 poissons dévalants piégés (7143 à Camon et 14840 à Pointis) qui ont été transportés à l'aval de Lamagistère (12 transports).

Les espèces dominantes sont les Salmonidés avec le saumon atlantique (*Salmo salar*) et les truites fario (*Salmo trutta fario*) : 19879 smolts de saumon, 2071 truites fario dont 1829 smolts en migration de dévalaison ont été comptabilisés. Les saumons dévalants piégés proviennent principalement des déversements d'alevins pré-estivaux effectués sur la Garonne amont et la Neste en juillet 2011 (smolts 1+) et juillet 2010 (smolts 2+).

Les phénomènes de migration sous forme de pic de poissons ont été analysés afin de comprendre le comportement des smolts durant ces périodes en fonction des paramètres du milieu et du fonctionnement des usines. Il est évident que certains paramètres du milieu comme le débit de la rivière ou la turbidité jouent un rôle dans le déclenchement de la migration et les pics de poissons correspondent toujours à une augmentation du débit. Les smolts n'ont pas les mêmes comportements à Pointis et Camon, ils semblent stagner dans le canal et ne passer qu'à la nuit à Camon.

Afin d'estimer le niveau d'efficacité des systèmes de capture en fonction de l'hydrologie, des opérations de marquage-détection sont réalisées depuis 2005. Les résultats obtenus ont révélé un niveau d'efficacité très faible pour chacune des deux stations de piégeage lorsque les usines sont à leur maximum de puissance.

En 2012, les opérations de marquage/détection ont permis de tester un masque de surface sur la totalité du groupe 3 de l'usine de Camon. Ce masque permet de réaliser une barrière physique pour les poissons jusqu'à 2 m sous la surface de l'eau et leur éviter ainsi de passer par les turbines. L'efficacité obtenue est de l'ordre de 50%, elle doit encore être améliorée pour atteindre au moins 70%.

Mots clés :

Smolt : Salmonidé juvénile au moment de sa pré-adaptation physiologique et physique à la vie en milieu marin. Se rencontre en cours de migration d'avalaison vers la mer.

Amphibiotique : Un organisme est dit amphibiotique lorsque son cycle de vie se déroule dans deux milieux différents, en partie en eau marine et en partie en eau douce.

Thalassotrophe : Organisme qui effectue sa croissance en mer

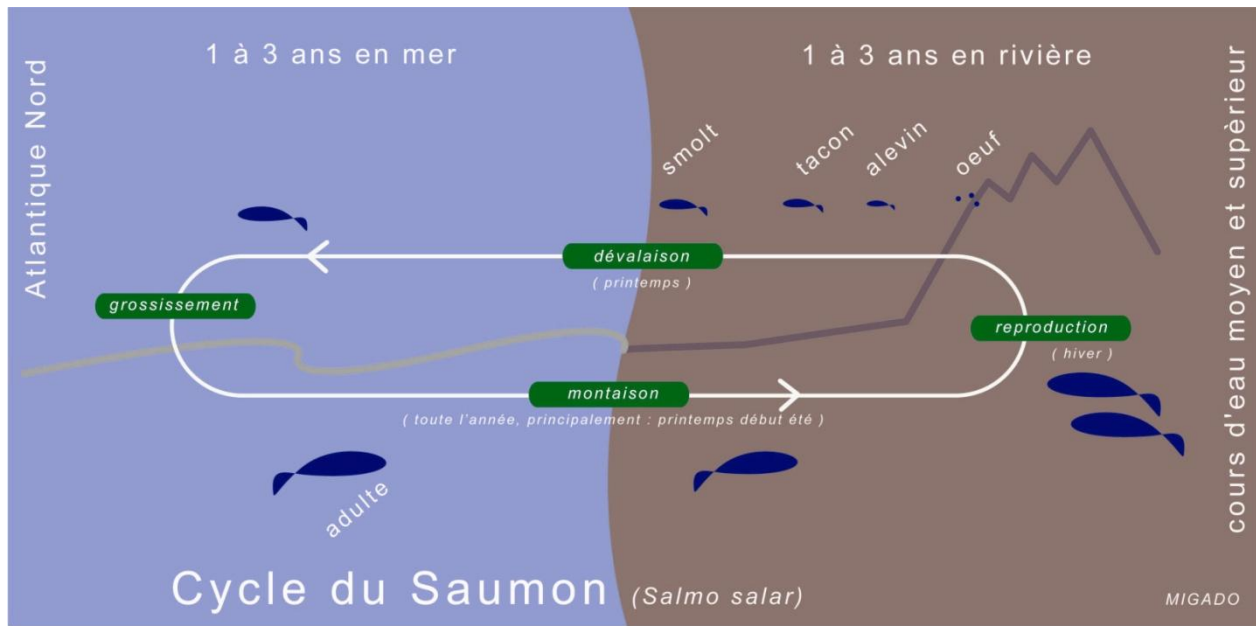
Potamotome : Organisme qui, provenant de la mer, remonte les rivières pour s'y reproduire.

Dévalaison : Chez un poisson, action de descendre un cours d'eau

Turbidité : Teneur d'un liquide en matières qui le troublent

Transpondeur : Les transpondeurs utilisés dans cette étude sont des marques de type PIT tags qui n'ont aucune source d'énergie propre. Elles utilisent pour fonctionner, l'énergie du champ électromagnétique produit par la plaque de détection.

Annexes :



Annexe 1 : Cycle biologique du Saumon Atlantique (*Salmo Salar*)



Annexe 2 : Grille inclinée filtrant le débit entrant



Annexe 3 : Goulotte de récupération des poissons :



Annexe 4 : Bassin de piégeage :

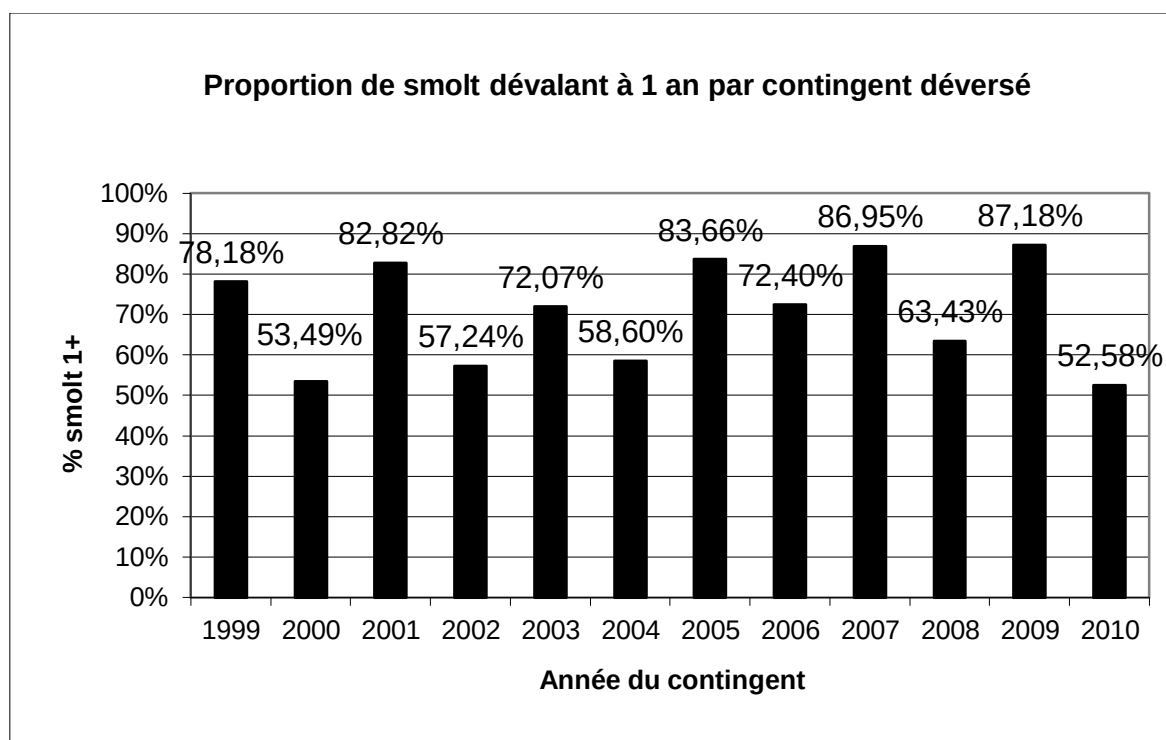


Annexe 5 : Marquage d'un smolt.

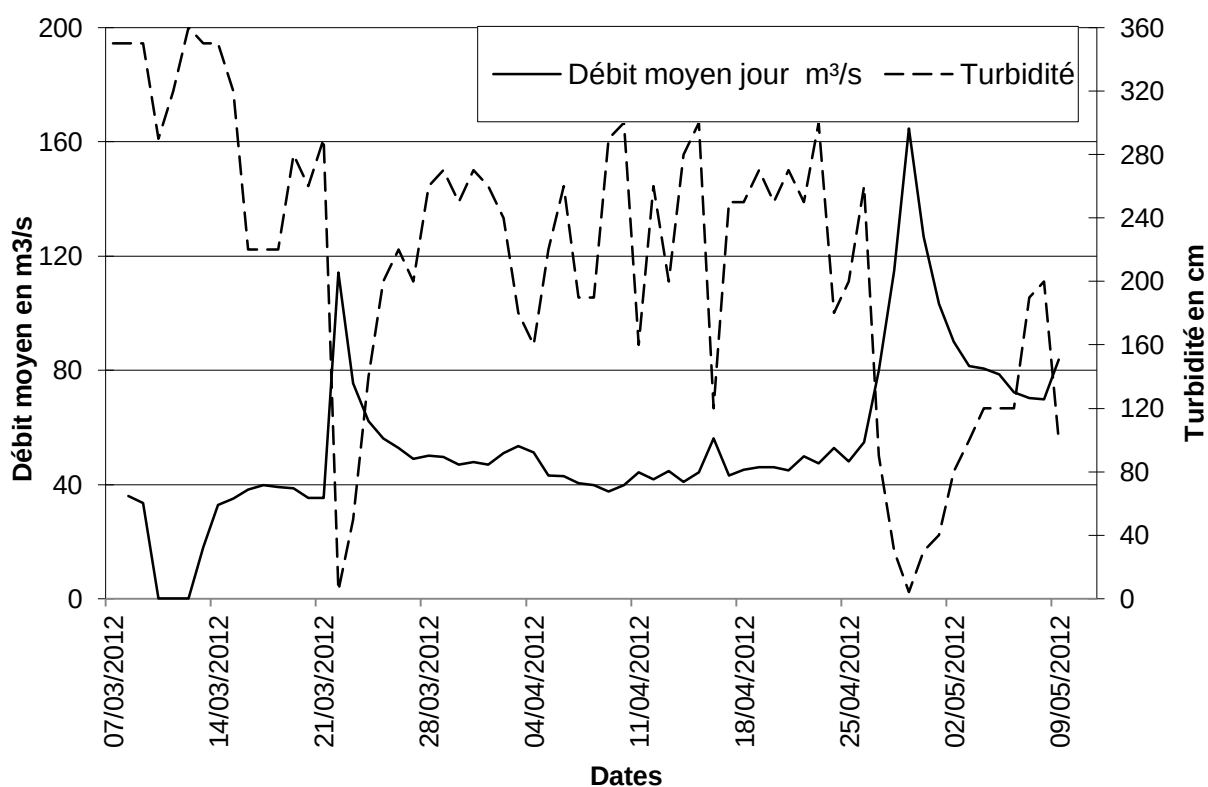
Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Lt	6442	0	6442	100,000	283,000	170,431	17,554

Borne inférieure [	Borne supérieure [	Effectif	Fréquence	Densité
100	105	2	0,000	0,000
105	110	2	0,000	0,000
110	115	0	0,000	0,000
115	120	1	0,000	0,000
120	125	1	0,000	0,000
125	130	20	0,003	0,001
130	135	32	0,005	0,001
135	140	76	0,012	0,002
140	145	148	0,023	0,005
145	150	296	0,046	0,009
150	155	470	0,073	0,015
155	160	607	0,094	0,019
160	165	799	0,124	0,025
165	170	815	0,127	0,025
170	175	735	0,114	0,023
175	180	654	0,102	0,020
180	185	528	0,082	0,016
185	190	370	0,057	0,011
190	195	280	0,043	0,009
195	200	175	0,027	0,005
200	205	150	0,023	0,005
205	210	108	0,017	0,003
210	215	73	0,011	0,002
215	220	38	0,006	0,001
220	225	27	0,004	0,001
225	230	14	0,002	0,000
230	235	7	0,001	0,000
235	240	3	0,000	0,000
240	245	3	0,000	0,000
245	250	2	0,000	0,000
250	255	0	0,000	0,000
255	260	0	0,000	0,000
260	265	0	0,000	0,000
265	270	2	0,000	0,000
270	275	3	0,000	0,000
275	280	0	0,000	0,000
280	285	1	0,000	0,000
285	290	0	0,000	0,000

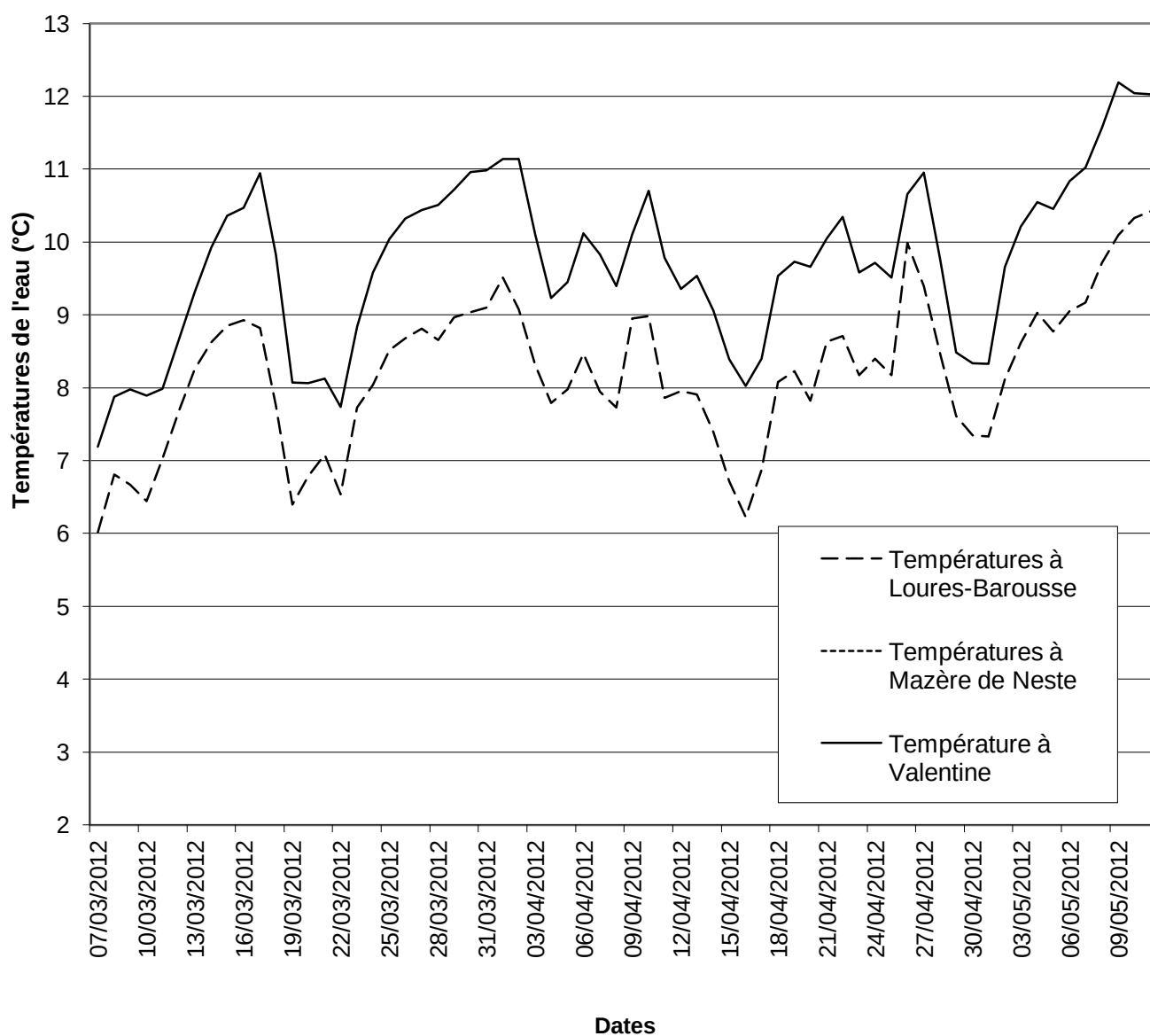
Annexe 5 : Tableau de données pour la construction de l'histogramme des classes de tailles des smolts.



Annexe 6 : Figure 23: Proportion de smolts dévalant à 1 an par contingent déversé



Annexe 7 : Evolution de la turbidité (en cm, mesurée au disque de secchi) et des débits moyens journaliers de la Garonne à Gourdan-Polignan



Annexe 8 : Températures journalières moyennes relevées à Loures-Barousse et sur la Neste à Mazère de Neste pendant la période de l'étude.

Sources :
Schéma et tableaux : MIGADO
Graphiques : Emma Robert et MIGADO
Photos : Emma Robert