

Bilan des connaissances et propositions d'actions visant à restaurer la population de saumons atlantiques (*Salmo salar* L.) sur le gave de Pau



Stage effectué du 4 mars au 4 juin 2013 au sein de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne (délégation de Pau) sous la direction scientifique de M. Stéphane BONNEFON et M. Matthieu CHANSEAU (Onema).

« Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la responsabilité de l'organisme d'accueil »

Elorri AREVALO

M1 Dynamique des Ecosystèmes Aquatiques
Année universitaire 2012/2013

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier toute les personnes qui ont participé de près ou de loin à la rédaction de ce rapport.

Un grand merci à David BARRACOU, de l'association Migradour, pour toutes les données fournies, pour toutes ses explications, ses conseils et pour m'avoir fait découvrir une partie de son travail. Merci également à Julien SANTAL, Benoit DARTAU et Samuel MARTY, de Migradour, pour m'avoir initiée au rafting !

Je tiens également à remercier Jean-Jacques BARREAU pour m'avoir accueillie au sein de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne ainsi que toute l'équipe de la délégation de Pau pour leur accueil chaleureux, leur disponibilité et leur sympathie à mon égard tout au long de mon stage.

Je remercie également Nicolas BORDES, de l'Onema, pour toutes les informations fournies, pour sa collaboration à ce projet et également pour sa visite guidée du gave de Pau.

Je remercie particulièrement mes maîtres de stage. Je remercie tout d'abord Matthieu CHANSEAU (Onema) pour sa disponibilité, ses conseils, sa clairvoyance, ses remarques toujours constructives et son suivi tout au long de ce projet. Enfin, je remercie Stéphane BONNEFON (Agence de l'Eau Adour-Garonne) pour sa disponibilité, ses (nombreuses) explications, ses conseils, sa sympathie et sa bonne humeur.

AVANT PROPOS

Six agences de l'eau ont été créées en France par la loi sur l'eau de 1964. Ce sont des établissements publics de l'état sous tutelle du Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie. Le siège de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne (AEAG) se situe à Toulouse et cinq délégations régionales la représentent à travers tout le bassin hydrographique (Pau, Bordeaux, Brive, Rodez et Toulouse).

Les agences perçoivent des redevances pour pollution ou prélèvement d'eau (principe du « pollueur/payeur » et « préleveur/payeur ») pour ensuite attribuer des aides financières aux maîtres d'ouvrages et aux acteurs de l'eau. Les principaux axes d'action de l'Agence sont l'amélioration de la qualité et de la gestion durable de l'eau et des milieux aquatiques tout en réduisant l'impact des activités humaines. Elle contribue également à la production et à la gestion des données sur l'eau, informe, sensibilise et conduit des études prospectives.

L'Agence est, entre autres, investie dans le PLAN de GEstion des POissons MIGrateurs, PLAGEPOMI, qui a permis de dresser un bilan précis des situations des différentes espèces amphihalines (poissons migrateurs vivant alternativement en eau douce et en eau salée) dans le bassin de l'Adour. Ce programme, défini pour 5 ans, fournit des mesures qui devront être déployées pour préserver les poissons migrateurs et sauver les espèces en situation critique.

Ce plan de gestion reflète la nécessité de poursuivre et d'accroître les efforts de manière simultanée et équilibrée sur plusieurs champs tels que la préservation des frayères ou des zones de nourrissage et le rétablissement de la libre circulation.

L'Agence de l'Eau Adour-Garonne finance également des actions visant à rétablir la continuité écologique sur de nombreux cours d'eau. C'est dans ce contexte qu'une réflexion autour de la situation du saumon atlantique dans le gave de Pau a été initiée. Aujourd'hui, il apparaît nécessaire de synthétiser les informations disponibles à ce sujet pour pouvoir orienter convenablement la prise de décision.

SOMMAIRE

1. Introduction	1
2. Quelques rappels historiques et objectifs du stage	1
3. Le Gave de Pau	3
3.1. Présentation générale	3
3.2. Le régime hydrologique.....	3
3.3. Les éclusées.....	4
3.4. Qualité des eaux.....	4
3.5. Les extractions de granulats	5
3.6. Régime thermique	6
3.7. Obstacles à la libre circulation.....	7
4. Etat de la population	8
4.1. Etat actuel des stocks	8
4.2. Caractérisation de la population	8
4.3. Reproduction et colonisation	10
4.4. Comparaison avec le gave d'Oloron.....	10
5. Les habitats favorables à l'espèce, les objectifs de restauration et les stratégies à mettre en œuvre	11
5.1. Quantité et qualité des habitats.....	11
5.2. Potentiel en termes de remontées d'adultes.....	11
5.3. Objectifs et stratégies.....	12
6. La circulation piscicole	13
6.1. Faciliter l'accès aux zones de grossissement.....	13
6.2. Limiter les mortalités à la dévalaison	15
6.3. La situation sur l'Ouzom.....	16
6.4. Les stratégies d'intervention	17
7. Repeuplement	18
7.1. Pratiques actuelles	18
7.2. Propositions d'amélioration	21
8. Les suivis permettant d'améliorer les connaissances, d'appréhender l'efficacité des actions entreprises et de contrôler l'évolution de la population	22
8.1. Contrôle des migrations	22
8.2. Poursuite et amélioration du suivi de l'efficacité des opérations de repeuplement	22
8.3. Suivi de la reproduction naturelle	23
8.4. Amélioration des connaissances sur les habitats	23
9. Prendre en compte les autres espèces migratrices	23
10. Conclusion.....	24

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Sculptures de la cathédrale d'Oloron représentant le boucanage du saumon par les paysans.	2
Figure 2 : Nasse, constituée de fascines et de pieux en bois, piégeant les saumons atlantiques.	2
Figure 3 : Sorte de moulins avec des filets, les baros permettaient une capture plus facile des saumons.	2
Figure 4 : Situation géographique du gave de Pau.	3
Figure 5 : Variations de débits dues aux éclusées à Rieulhès pendant le mois de décembre 2008.	4
Figure 6 : Evolution de la concentration en Carbone Organique Dissous (COD) en mg/L de l'amont du gave (Rieulhès) à l'aval (Orthez).	4
Figure 7 : Evolution des résultats IBGN de l'amont du gave (Assat) à l'aval (Orthez).	4
Figure 8 : Evolution des températures (en °C) à Artix depuis 2004.	6
Figure 9 : Evolution de la température (°C) de l'amont (Rieulhès) à l'aval (Orthez) du gave.	6
Figure 10 : Usage, distance à l'océan et dispositif(s) de franchissement de chaque ouvrage répertorié sur le gave de Pau.	7
Figure 11 : Répartition des ouvrages sur le gave de Pau.	7
Figure 12 : Nombre de saumons atlantiques enregistrés à Artix de 2005 à 2012.	8
Figure 13 : Répartition par classes de taille des saumons 1HM et 2HM du gave de Pau.	9
Figure 14 : Nombre de saumons 1HM et PHM constituant la population du gave de Pau depuis 2005.	9
Figure 15 : Passages cumulés des saumons à Artix de 2005 à 2012.	9
Figure 16 : Répartition en classes de taille de la population de saumons enregistrés à Masseys et à Artix en 2011 et 2012.	10
Figure 17 : Pourcentages cumulés mensuels des passages de saumons à Artix et à Masseys en 2011 et 2012.	10
Figure 18 : Répartition des ERR sur le gave de Pau.	11
Figure 19 : Densités de truites fario 0+ par hectare en fonction de différents secteurs sur le gave de Pau depuis 2001 (<i>logiciel R</i>).	11
Figure 20 : Impacts des ouvrages sur la migration de montaison du saumon atlantique.	14
Figure 21 : Impact à la dévalaison de chaque ouvrage.	16
Figure 22 : Situation des ouvrages exerçant un impact à la dévalaison.	17
Figure 23 : Répartition des ERR et proportion de saumons progressant sur l'axe actuellement et en prenant en compte les aménagements des ouvrages P1.	17
Figure 24 : Quantités d'alevins précoces et estivaux déversés dans le gave de Pau depuis 2004.	19
Figure 25 : Débits (en m ³ /s) à la station de Rieulhès d'avril à juillet de 2004 à 2012.	19
Figure 26 : Nombre d'alevins déversés dans le gave de Pau depuis 1983.	19
Figure 27 : Densités de tacons 0+ (nbre/ha) obtenues grâce aux pêches électriques réalisées sur le gave de Pau et sur l'Ouzom depuis 2006.	20
Figure 28 : Densités de tacons 0+ par hectare des stations alevinées avec des estivaux et des stations alevinées avec des précoces.	20
Tableau I : Débits moyens mensuels en m ³ /s de 1955 à 2013 pour la station de Rieulhès et de 1923 à 2013 pour Bérenx.	3
Tableau II : Evolution de l'hydrologie de 1971 à 2010 à Bérenx (en m ³ /s).	3
Tableau III : Températures (°C) minimales, moyennes et maximales enregistrées à Artix de 2004 à 2012.	6
Tableau IV : Captures réalisées à Puyoo depuis 1995 et passages enregistrés à Artix depuis 2005.	8

Tableau V : Tailles moyenne, minimale et maximale des 1 HM, 2 HM et 3 HM des saumons du gave de Pau.	8
Tableau VI : Comptage des frayères en 2013 sur le gave de Pau, l'Ouzom et le Nééz.	10
Tableau VII: Répartition des Equivalents Radiers Rapides (ERR) sur le gave de Pau.	11
Tableau VIII : Taux de franchissement de chaque ouvrage et retards médians à la migration de montaison.	14
Tableau IX : Mortalités des smolts dévalants occasionnées par chaque ouvrage hydroélectriques.	16
Tableau X : Effectifs et poids moyens (en kg) des femelles F1 de 2004 à 2012.	18
Tableau XI : Densités d'alevins (précoces+estivaux) déversés sur 4 secteurs du gave de Pau de 2004 à 2012.	20
Tableau XII : Densités d'alevins estivaux déversés sur 4 secteurs du gave de Pau de 2004 à 2012.	20
Tableau XIII : Densités d'alevins précoces déversés sur 4 secteurs du gave de Pau de 2004 à 2012.	20

1. INTRODUCTION

Le saumon atlantique (*Salmo salar* L.) est une espèce diadrome de type anadrome, c'est-à-dire que sa phase de croissance a lieu en mer et que les adultes remontent en rivière pour se reproduire (annexe 2). La reproduction des adultes ayant séjourné en mer se passe en automne, la femelle creuse le substrat pour y déposer les œufs qui y sont fécondés par le mâle puis les recouvre de gravier. La plupart des adultes s'étant reproduits vont mourir mais certains peuvent survivre, ces derniers vont alors recommencer un cycle. Une fois les œufs éclos, les juvéniles vont rester une à huit années en rivière (Klemetsen *et al.*, 2003) et généralement un à trois ans dans les cours d'eau français (Boeuf, 1994). Au printemps, après avoir subi de profondes transformations morphologiques et physiologiques (Thorstad *et al.*, 2012) qui vont leur permettre de s'adapter à l'eau salée (smoltification), ils vont entamé leur migration vers la mer afin de rejoindre des zones de grossissement situées dans l'Atlantique nord. Après avoir séjourné un à trois ans dans l'océan, les adultes vont regagner leur rivière d'origine pour se reproduire : c'est le comportement de « homing ».

Au niveau mondial, le saumon atlantique est un symbole fort, il a un impact culturel et économique important. Les populations sont toutefois en forte régression : en 2005, 15% des stocks s'étaient complètement éteints et 42% étaient vulnérables ou en danger critique. Au final, seuls 43% des stocks étaient en bonne santé et la quasi-totalité de ces populations se concentraient en Irlande, en Ecosse, en Norvège et en Islande (Tentelier, 2011).

Au niveau national, le saumon était autrefois abondant sur de très nombreux cours d'eau de la façade atlantique (Valadou et Vecchio, 2009) mais à l'heure actuelle, seuls une cinquantaine de bassins fluviaux sont fréquentés par l'espèce. Son aire de répartition s'étend du bassin rhénan à l'extrême Nord-Est jusqu'à la Bidassoa à l'extrême Sud-Ouest. Seules certaines populations colonisant les petits fleuves côtiers de Bretagne, certains cours d'eau normands ou picards et les gaves Pyrénéens Atlantiques semblent se situer actuellement dans une situation plus ou moins satisfaisante.

Cette diminution drastique des effectifs de saumons a entraîné la protection de cette espèce. A ce titre, elle figure actuellement en annexe II et V de la Directive Habitats Faune Flore, en annexe III de la convention de Bern et en annexe V de la convention OSPAR. Elle figure également dans la liste rouge des espèces menacées de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN). Malgré ce statut de protection, il reste très difficile d'agir en mer et il est plus facile d'intervenir sur les phases de vie en rivière : la North Atlantic Salmon Conservation Organization (NASCO) met en avant l'importance du stade smolt et la nécessité de le protéger.

2. QUELQUES RAPPELS HISTORIQUES ET OBJECTIFS DU STAGE

Le bassin des Gaves abritent depuis très longtemps des populations de saumons. Ainsi, par exemple, les sculptures de la cathédrale d'Oloron (figure 1) datant du XII^{ème} siècle décrivent la pêche et le boucanage du saumon pratiqués à cette époque par les paysans (Lachadenede, 1931).

Le « Livre vert de Bénac » datant de 1384 évoque déjà des pêcheries de saumons à Juncalas à 4 km de Lourdes. En 1640 encore, Pierre de Marca, président du parlement de Navarre, dit du gave de Pau que ses eaux « sont poissonneuses et portent des truites et brochets en assés grande abondance et des saumons qui pour la plus grande partie sont arrêtés par le moyen des écluses ou paisselles à Peyrehorade [...] nonobstant ces difficultés on en prend jusqu'à Ortés » (www.centrecultureldupaysdorthe.com).

La grande abondance de saumons a entraîné une exploitation très importante de cette ressource. Dès 1513, le Seigneur abbé de Sorde a construit des nasses à Sorde et à Cauneille (Bouchet, 1995). Constituées de pieux et de fascines (figure 2), les nasses bloquaient les saumons et permettaient de les pêcher à l'aide de filets. A partir de cette époque, le saumon a été exploité de façon intensive et vendu à prix fort sur les marchés de Pau ; une partie des saumons pêchés étaient même envoyés en Espagne. Les Etats du Béarn ont intenté plusieurs procès contre les



Figure 1 : Sculptures de la cathédrale d'Oloron représentant le boucanage du saumon par les paysans.



Figure 2 : Nasse, constituée de fascines et de pieux en bois, piégeant les saumons atlantiques.

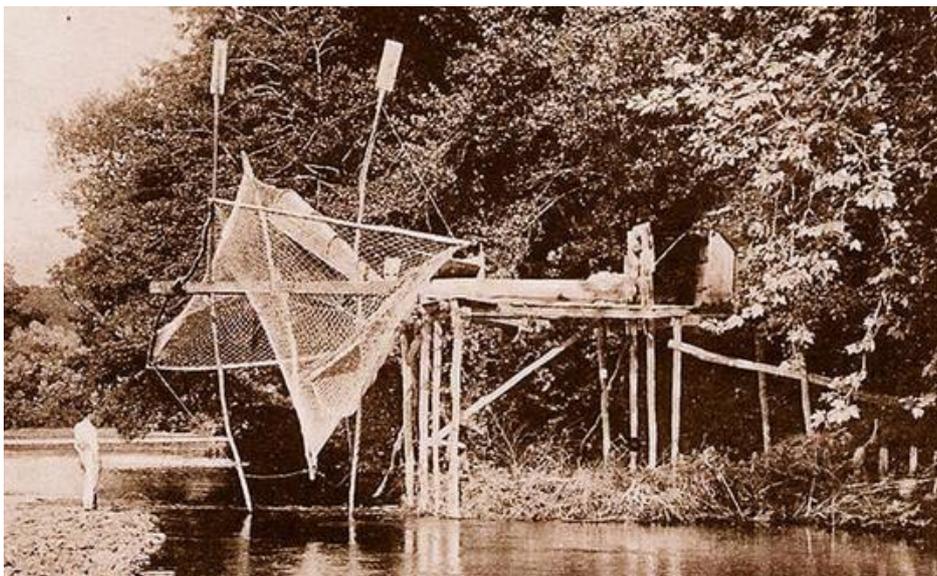


Figure 3 : Sorte de moulins avec des filets, les baros permettaient une capture plus facile des saumons.

propriétaires de nasses, ces derniers empêchant les poissons de remonter en amont. Le saumon, auparavant accessible à la population, est alors devenu un signe extérieur de richesse et de bon goût. La Révolution française et l'abolition des privilèges a permis la démocratisation de la pêche et le peuple se livre alors à une pêche incontrôlée de 1789 à 1850 : c'est l'apogée des baros. Ces « moulins à eaux » dont les ailes étaient en fait des filets (figure 3) versaient directement les poissons dans des coffres, il fallait donc moins de main d'œuvre pour beaucoup plus de rendement. Très peu de données chiffrées sur les captures sont disponibles mais déjà en 1862, une diminution du stock causée par les pêcheries et les baros est observable. Néanmoins, au début du XX^{ème} siècle, le gave de Pau reste prisé pour la pêche et des colonies étrangères s'établissent dans la région (Dunouau, 1929) : les bénéfices générés par le tourisme et la pêche du saumon dans la région sont alors très importants.

La présence de barrages sur les gaves est ancienne. La plupart d'entre eux ont été construits à partir du XIV^{ème} siècle. Ils présentaient toutefois des « passe-lits » pour la navigation et le flottage du bois qui permettaient plus ou moins efficacement le passage des saumons (Lachadenede, 1939 ; Lachadenede, 1958).

En ce qui concerne le gave de Pau, la disparition du saumon coïncide avec la construction des barrages imperméables d'Orthez et de Castetarbe en 1917 (Lachadenede, 1935). Dès cette époque, la libre circulation du saumon est entravée et il ne peut plus rejoindre les zones favorables à la reproduction alors que Dunouau évoque encore un nombre important de frayères en aval de Lourdes en 1916. Une échelle a été construite à Castetarbe en 1928 mais elle a aussitôt été détruite par une crue. Il faudra attendre 1934 pour qu'elle soit reconstruite et pour constater, malgré une efficacité *a priori* faible, la réapparition de quelques saumons.

Comme le souligne Dumas *et al.* en 1979, les contraintes au maintien de la population de saumon sur le gave de Pau se sont multipliées, les principales étant la multiplication des entraves à la migration des smolts, une pollution urbaine et industrielle importante et une surexploitation de la ressource.

Un plan de restauration a été initié sur le gave de Pau il y a une vingtaine d'années. Il s'est notamment traduit par la construction de nombreux dispositifs de franchissement piscicole. Cependant, le nombre élevé d'obstacles érigés sur le cours d'eau et l'efficacité parfois faible des passes à poissons ne permettent qu'à une faible fraction de la population de coloniser les parties moyennes et amont du bassin.

Toutefois, il a souffert d'un manque certain d'intérêts, l'essentiel des préoccupations des différents acteurs locaux se focalisant sur le bassin du Gave d'Oloron en raison notamment de la présence continue d'une population de saumon.

Ce n'est qu'à partir des années 2000, à la suite notamment d'une étude d'envergure destinée à appréhender les impacts à la montaison des ouvrages, que l'attention des différents acteurs s'est portée sur le gave de Pau. Cela s'est traduit en particulier par l'amélioration du franchissement à la montaison d'un certain nombre d'obstacles, la détermination des impacts à la dévalaison des ouvrages hydroélectriques et la mise en place d'un programme de repeuplement.

L'objectif de ce rapport est de réaliser un bilan des connaissances de l'espèce sur le bassin du gave de Pau, d'analyser l'efficacité des différentes actions engagées, d'identifier les principaux freins qui pèsent encore sur la restauration de l'espèce et de proposer une stratégie permettant à court-moyen terme de recouvrer une population de saumon auto-suffisante.

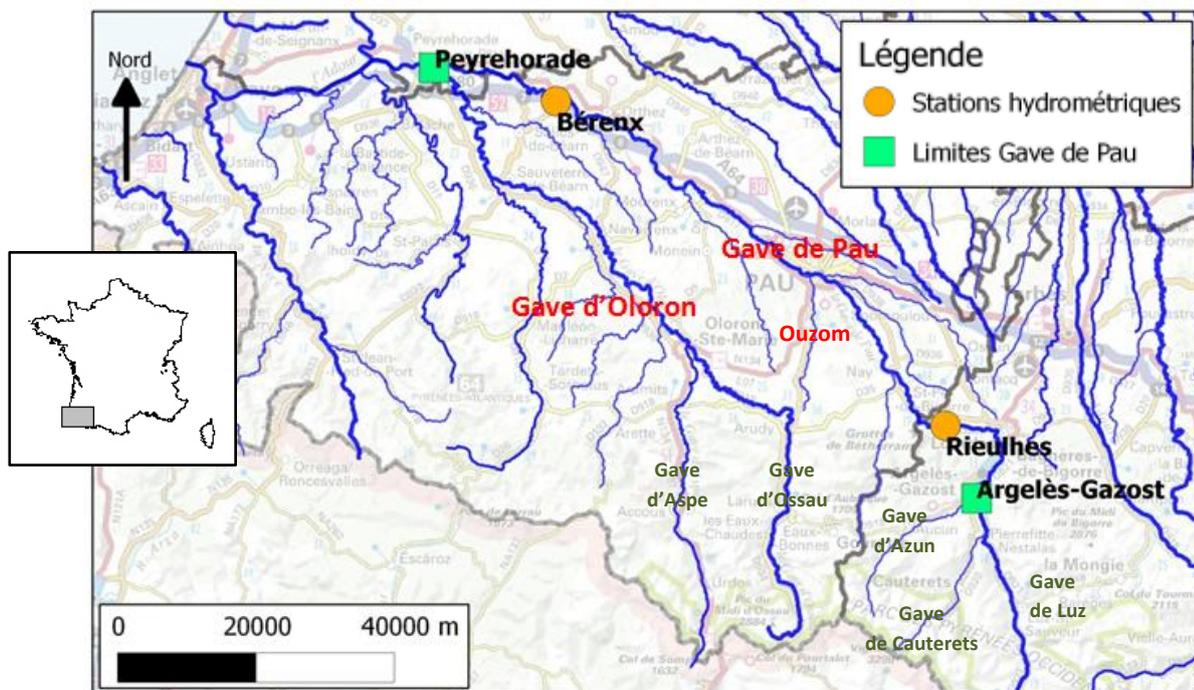


Figure 4 : Situation géographique du gave de Pau.
(QGIS v1.8.0)

Tableau I : Débits moyens mensuels en m^3/s de 1955 à 2013 pour la station de Rieulhès et de 1923 à 2013 pour Bérenx.
(www.hydro.eaufrance.fr)

Débits moyens mensuels (en m^3/s)												
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Module
Station hydrométrique de Saint-Pé-de-Bigorre (Rieulhès - BV = 1 120 km^2) - 1955-2013												
36,9	36,9	39,2	52,2	77,5	78,2	49,7	29	25,6	34,1	38,3	38,4	44,7
Station hydrométrique de Bérenx (BV = 2 575 km^2) - 1923-2013												
90,2	90,9	84,8	101	122	116	69,4	42,1	40,1	55,4	75	94	81,6

Tableau II : Evolution de l'hydrologie de 1971 à 2010 à Bérenx (en m^3/s).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Module
1971-1990	93,99	113,43	99,56	119,96	137,88	127,50	82,39	53,97	45,15	66,68	75,05	90,33	92,62
1991-2010	91,04	83,79	78,72	96,25	127,50	102,07	56,66	36,74	38,55	57,38	86,67	90,86	78,83

3. LE GAVE DE PAU

3.1. Présentation générale

Le gave de Gavarnie qui naît du cirque du même nom (Hautes-Pyrénées) est grossi notamment par les gaves de Cauterets, de Luz et d'Azun pour devenir le gave de Pau à hauteur d'Argelès-Gazost. Il traverse ensuite successivement les départements des Hautes-Pyrénées, des Pyrénées Atlantiques et des Landes sur près de 175 km. Il va confluer avec le gave d'Oloron à hauteur de Peyrehorade pour former les gaves réunis jusqu'à l'Adour pour finalement se jeter dans l'océan Atlantique à Bayonne (figure 4). Le bassin versant du gave de Pau s'étend sur quelques 2 800 km² et subit la double influence d'un climat océanique mais également des massifs pyrénéens.

Depuis le début du XX^{ème} siècle, le gave de Pau subit des pressions anthropiques croissantes à cause du développement des villes, de l'industrialisation et de l'augmentation des surfaces agricoles. Toutes ces activités ont des répercussions sur la qualité et la morphologie du cours d'eau.

3.2. Le régime hydrologique

Le bassin du Gave de Pau est soumis à la double influence du climat océanique et de la proximité du massif pyrénéen. Le régime du cours d'eau, de type nivo-pluvial, est marqué par des précipitations annuelles importantes et l'apport prononcé de fonte des neiges : une période d'étiage en fin d'été (août et septembre), d'eaux de fonte d'avril à juin et de fortes précipitations pluviales en décembre.

Les affluents des coteaux rive gauche et rive droite se caractérisent par un régime de type essentiellement pluvial, avec des crues violentes et des étiages estivaux très sévères.

Il existe sur le Gave de Pau deux stations de mesure des débits : l'une située au pont de Rieulhès, dans les Hautes-Pyrénées, un peu à l'aval de Lourdes, et l'autre au pont de Bérenx, dans les Pyrénées Atlantiques à l'aval immédiat de Baigts de Béarn. Les superficies des bassins versants au niveau des stations sont respectivement de 1 120 km² et 2 575 km². Les modules interannuels sont respectivement de 44,7 m³/s (période 1955-2013) et 81,6 m³/s (période 1923-2013). Le tableau I présente les débits moyens mensuels au niveau des deux stations.

Il est important de préciser que le débit du Gave de Pau dans le secteur colonisable par le saumon est influencé par de nombreux facteurs parmi lesquels on peut distinguer :

- Les influences naturelles, le haut du bassin étant recouvert de neige une grande partie de l'année ce qui peut engendrer des variations journalières de débit en fonction du gradient très fort de température diurne et nocturne,
- L'influence du fonctionnement de nombreuses centrales hydroélectriques dont les installations les plus en amont fonctionnent par éclusées.

Ces aménagements engendrent des variations significatives des débits au cours de la journée. Si certaines oscillations de débit sont étroitement corrélées au fonctionnement par éclusée des usines EDF, il semblerait que les aménagements aval fonctionnant au fil de l'eau amplifient ces fluctuations en rajoutant des oscillations de plus faibles périodes (MTC EDF/AEAG, 1993).

Une comparaison des régimes hydrologiques au niveau de la station de Bérenx sur les périodes 1971–1990 et 1991–2010 (tableau II) mettent en évidence des changements conséquents.

Il apparaît en particulier une diminution globale du module de l'ordre de 15% et une diminution de plus de 30% du débit moyen mensuel en juillet et août. Ces évolutions pourraient être mises en relation avec le développement des activités anthropiques sur le bassin depuis les années 70 (industrie, agriculture) même si, dans le cadre de ce rapport, il n'a pas été possible d'aller plus loin dans l'analyse.

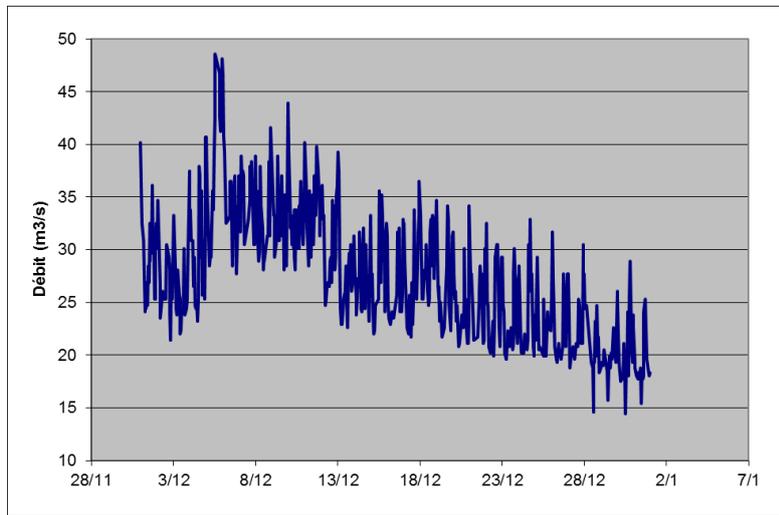


Figure 5 : Variations de débits dues aux éclusées à Rieulhès pendant le mois de décembre 2008.

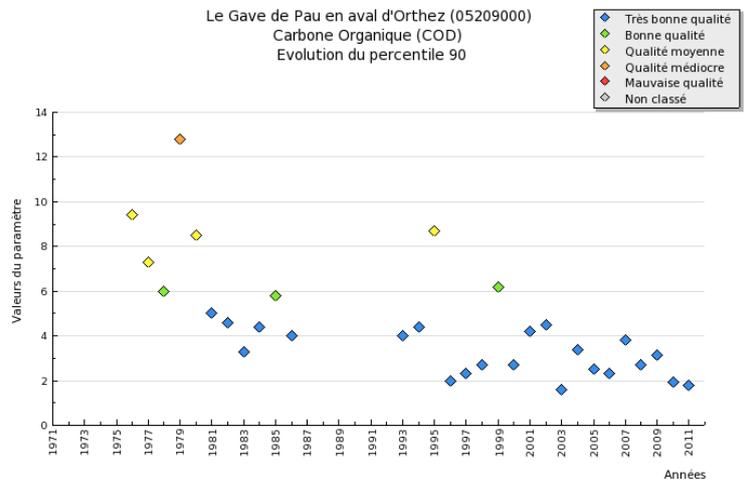
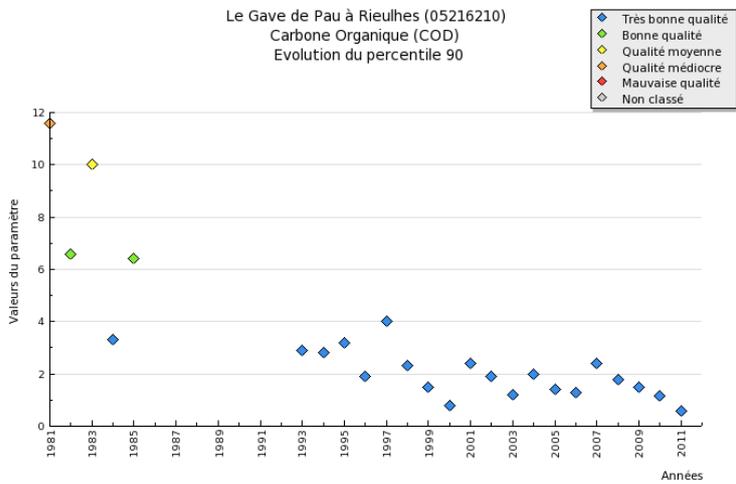


Figure 6 : Evolution de la concentration en Carbone Organique Dissous (COD) en mg/L de l'amont du gave (Rieulhès) à l'aval (Orthez).
(SIE - <http://adour-garonne.eaufrance.fr/>)

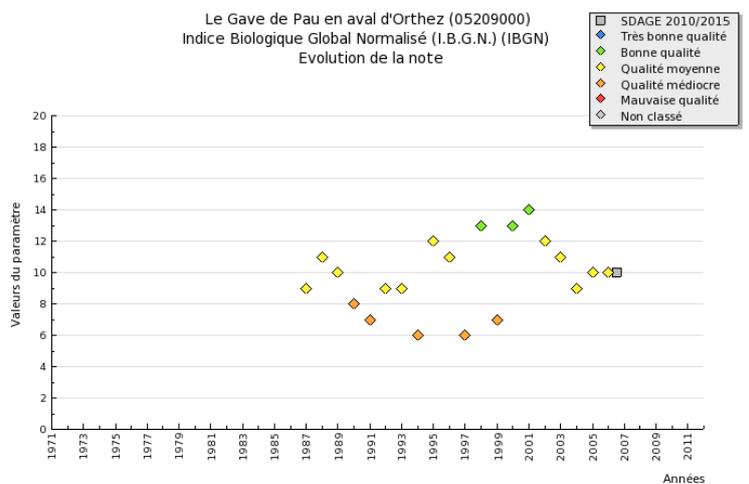
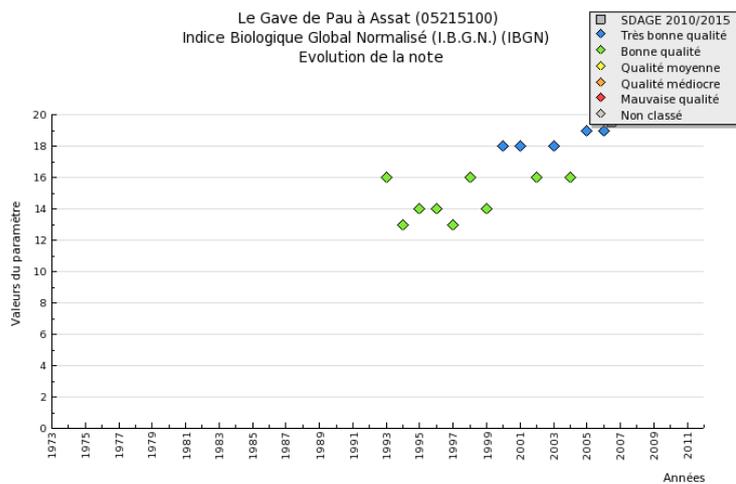


Figure 7 : Evolution des résultats IBGN de l'amont du gave (Assat) à l'aval (Orthez).

3.3. Les éclusées

La multiplication des aménagements hydroélectriques sur le gave n'est pas sans conséquences. Les ouvrages situés sur la partie la plus amont du bassin fonctionnent par éclusées et leurs effets se font ressentir sur tout le cours d'eau (Courret et Larinier, 2008). Les impacts des variations plus ou moins brutales de débit (figure 5) engendrées par ces ouvrages n'ont pas été appréhendés sur le bassin. Sur d'autres cours d'eau, ils sont mieux connus et apparaissent parfois très importants : changement de la structuration des communautés de poissons (Valentin *et al.*, 1994) ; redistribution des classes granulométriques (Agence de l'Eau Adour-Garonne, 2007) ; exondation des frayères (Vandewalle *et al.*, 2008) ou de sites potentiellement favorables à la reproduction (Maudou et Courret, 2012) ; mortalités d'alevins par piégeage, échouage et dérive (Liebig *et al.*, 1998 ; Scruton *et al.*, 2005 ; Saltveit *et al.*, 2001 ; Saltveit, 1990).

Les peuplements d'invertébrés benthiques, sources d'alimentation de certains stades salmonidés, sont également très sensibles à ces changements brutaux (Céréghino *et al.*, 2002 ; Moog, 1993).

3.4. Qualité des eaux

3.4.1. Rejets urbains et industriels

Sur l'ensemble de son cours, le gave de Pau est l'exutoire de rejets d'assainissements tant urbains qu'industriels. Au total, 60 stations d'épurations urbaines et 29 industrielles rejettent leurs effluents dans le gave soit à peu près un rejet tous les 2 km.

L'épuration des eaux est un domaine fortement encadré réglementairement et de nombreux suivis et contrôles sont réalisés pour s'assurer du bon fonctionnement des ouvrages. A ce jour aucun problème de pollution chronique n'est constaté compte tenu de la qualité des traitements en place et du fort pouvoir d'autoépuration du gave (oxygénation + débit).

○ Rejets urbains :

Les deux grosses agglomérations rejetant dans le gave sont Lourdes et Pau avec respectivement 51 000 équivalents/habitants pour 8 communes et 138 000 équivalents/habitants pour 12 communes.

A l'appui des résultats de suivis, la qualité des eaux, sur le paramètre oxygène (annexe 3), n'est pas un facteur limitant pour la vie piscicole et elle est en constante amélioration sur les 30 dernières années (figure 6).

○ Rejets industriels :

La spécialisation industrielle du site de Lacq est historiquement liée à l'implantation d'ELF pour l'exploitation du gisement de gaz naturel. Actuellement 16 industries rejettent leurs effluents, après traitement, dans le gave.

Si, sur les rejets organiques et azotés il semble que l'activité industrielle n'a pas d'impact fort sur le cours d'eau (rejet maximum en azote 360 kg/j par YARA ; annexe 4), il est difficile d'appréhender l'impact du rejet des substances qui ne sont pas suivies (substances médicamenteuses, phénols, métaux ...). Il semble toutefois, que l'impact ne soit pas neutre au regard de l'évolution des Indices Biologiques Globaux Normalisés (IBGN) : la note est de 19 à Assat (amont de Pau) alors qu'elle n'est plus que de 10 à Orthez (aval du gave ; figure 7).

○ Rejets accidentels :

A la situation présentée ci-dessus, il convient de préciser que les événements accidentels ne sont pas pris en compte. En effet, des pics de pollutions peuvent être enregistrés lors de forts épisodes pluvieux générant des surverses au niveau des réseaux d'assainissements urbains ou des by-pass de stations d'épurations. Sur les sites

industriels des rejets accidentels peuvent être liés aux stockages d'importants volumes de produits dangereux, à des erreurs de manipulations, à des arrêts/mises en routes de process ...

3.4.2. Contamination métallique

La présence d'Elements Traces Métalliques (ETM) est indéniable au niveau des eaux et des sédiments du bassin. Leurs origines sont à la fois anthropiques mais également naturelles. La fin de l'exploitation des sites de Penarroya (notamment la Digue d'Uz et La Galène) a engendré l'abandon de stériles miniers et de déchets contaminés qui, par infiltration et ruissellement, relarguent des métaux dans le gave de Cauterets tels que du zinc, du cadmium et du plomb. L'arsenic est quant à lui d'origine naturelle et se retrouve surtout au niveau du gave d'Azun lorsque les conditions géochimiques et géothermales sont favorables (SMDRA, 2011). Au niveau du gave de Pau, ces pressions métalliques sont diluées de façon importante grâce aux divers autres gaves (Gavarnie, Azun) et aux rivières de piémont. D'autre part, le fonctionnement géochimique du gave de Pau permet une « épuration » des eaux par immobilisation des métaux et transport vers l'aval par les substrats solides et les matières en suspension (AEAG, 2008).

Au final, ces processus permettent une atténuation de la pression métallique des apports du gave de Cauterets, limitant la propagation vers l'aval des fortes teneurs en zinc et cadmium dissous de ce gave.

3.4.3. Développement de l'agriculture

L'activité en amont du gave est surtout pastorale avec la présence de quelques élevages extensifs (SMDRA, 2011). L'agriculture s'est surtout développée au Nord-Est du gave de Pau, espace dominé par les coteaux et les plaines. Aujourd'hui dans cette zone la Surface Agricole Utile atteint 70% du territoire des communes, l'activité principale étant la culture du maïs. De 1979 à 1988, la maïsiculture a augmenté de 25% et elle s'est stabilisée depuis les années 2000.

Selon les surfaces cultivées et la météorologie, et au regard de ses besoins en eau, cela peut entraîner des diminutions du débit des cours d'eau, en particulier lors des mois d'été. De plus, les terres laissées nues en hiver (Barbut et Poux, 2000) peuvent entraîner, lors d'épisodes pluvieux, une érosion des sols et provoquer ainsi un colmatage par des fines des habitats aquatiques (Gayrand *et al.*, 2001) se traduisant en particulier par une diminution d'abondance des macro-invertébrés et une baisse de la survie des œufs de salmonidés par une diminution de leur oxygénation (Dumas *et al.*, 2007).

3.5. Les extractions de granulats

L'extraction de matériaux alluvionnaires sur le gave de Pau s'est faite dans les années 1970 guidée par des critères essentiellement économiques (construction de routes et de bâtiments). A ce moment là, l'extraction se fait dans le lit mineur du cours d'eau et des nuisances apparaissent rapidement à cause de la modification du transport sédimentaire et du fonctionnement géomorphologique du cours d'eau : érosions régressives (Dambre, 1996), enfouissement du lit et des nappes d'accompagnement, effondrement des berges ...

L'extraction de granulats a pour conséquences la destruction des zones graveleuses initialement favorables à la reproduction des adultes et au grossissement des juvéniles (Croze, 2008 ; Julien et Bergeron, 2006 ; Kondolf, 2000) mais aussi la fragmentation des habitats (notamment les fonds naturels) les rendant inhospitaliers pour la faune et la flore (Les Agences de l'eau, 2000).

L'exploitation du lit mineur est aujourd'hui interdite (Observatoire de l'Eau des Pays de l'Adour, 2006) mais de nombreux seuils de stabilisation ont été construits sur le gave de Pau afin de limiter les problèmes. Actuellement, certains d'entre eux posent de sérieux problèmes de franchissabilité à la montaison des espèces migratrices, du saumon en particulier.

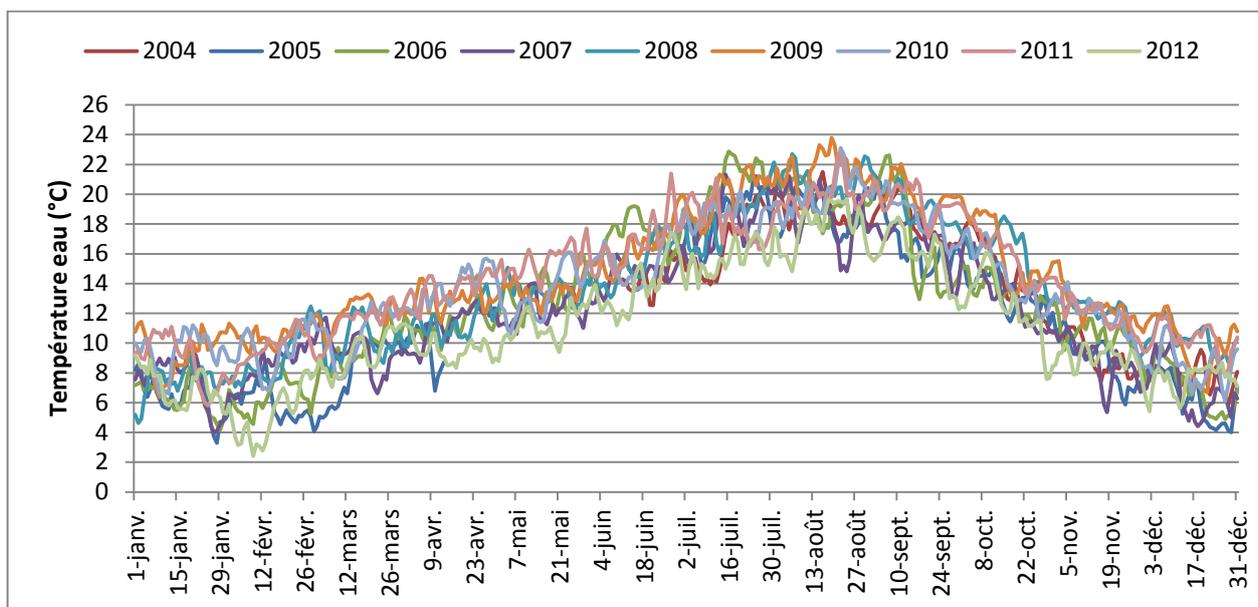


Figure 8 : Evolution des températures (en °C) à Artix depuis 2004.

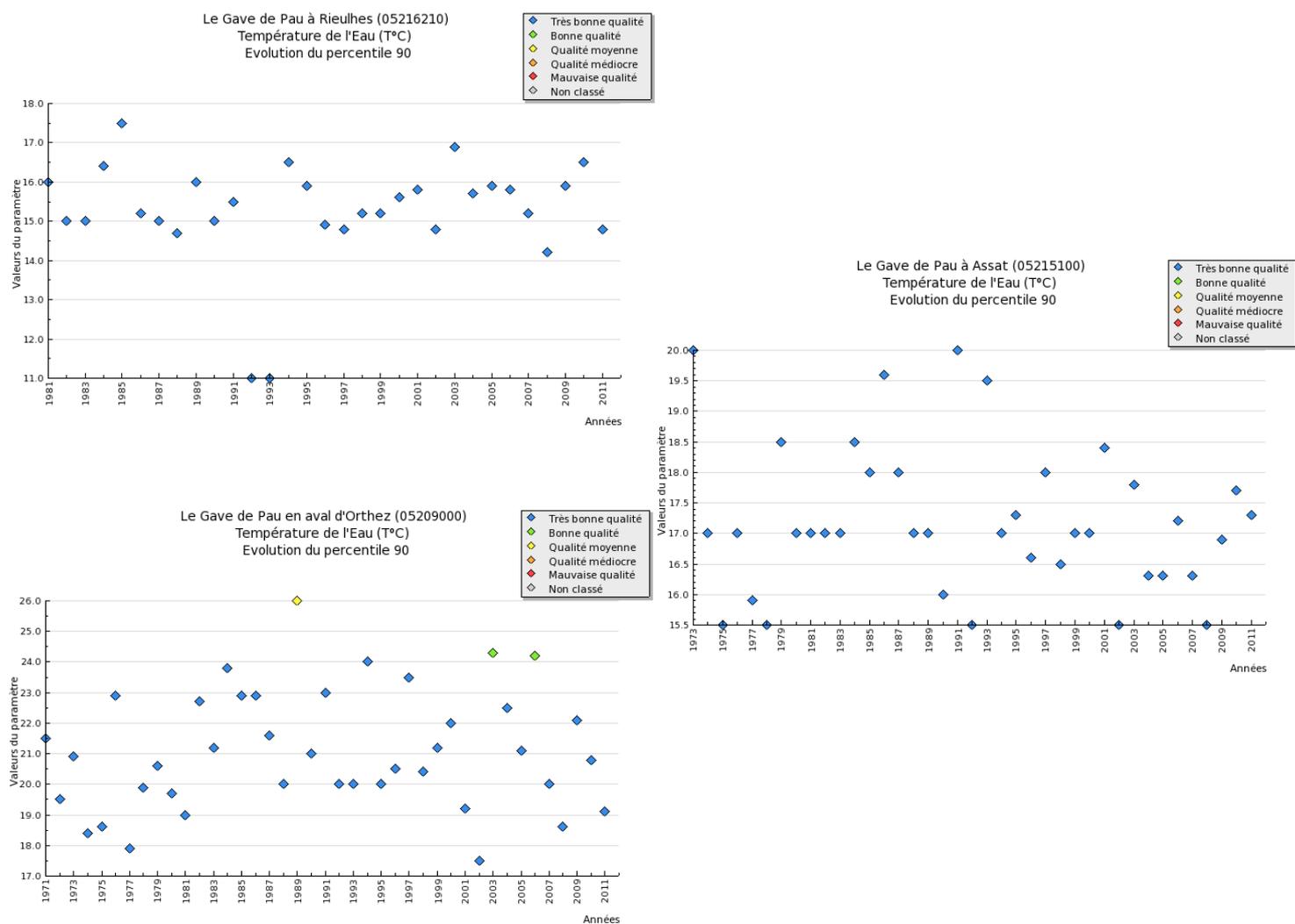


Figure 9 : Evolution de la température (°C) de l'amont (Rieulhès) à l'aval (Orthez) du gave.

3.6. Régime thermique

La température est un facteur important dans la dynamique des populations de salmonidés. Une exposition à des températures trop hautes va altérer sérieusement la gamétogénèse (Pankhurst et King, 2010) voire inhiber complètement l'ovulation. L'ovulation va se faire à des températures comprises entre 9 et 12°C (COSEPAC, 2010) et la chute des températures en automne va achever la maturation des gonades. La fertilisation des œufs et leur incubation se font préférentiellement à des températures avoisinant les 6°C. En été, les tacons tolèrent les eaux chaudes mais des eaux à 20-22°C ne permettent pas une bonne survie (ressources trophiques insuffisantes ...).

Les températures enregistrées à Artix semblent trop élevées pour le saumon atlantique (figure 8 ; tableau III). En revanche, les températures des zones plus amont sont plus basses et conviennent mieux aux exigences écologiques du saumon (figure 9).

Tableau III : Températures (°C) minimales, moyennes et maximales enregistrées à Artix de 2004 à 2012.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Min	3,30	2,41	4,07	6,78	8,79	11,19	13,62	14,81	12,25	7,57	5,35	4,01
Moy	7,80	8,05	10,10	11,82	13,26	15,53	18,34	19,57	18,09	14,42	10,48	8,28
Max	11,45	12,48	13,28	15,70	17,70	21,40	22,87	23,79	22,62	19,76	15,52	12,50

Obstacles	Usage	Pk (km) depuis océan	Type de dispositif de franchissement
Cauneille	aucun	43.9	-
Lahontan	stabilisation	51.1	RIV
Puyoo ⁽¹⁾	hydroélectricité	59.4	PAB + PAR
Baigts ⁽²⁾	hydroélectricité	67.4	ASC + PANG
Castetarbe	hydroélectricité	73.2	PAB
Sapso	hydroélectricité	75.9	PAR
Biron	hydroélectricité	77.9	RIV
Lacq	stabilisation	95	-
Artix	hydroélectricité	100.2	PAB
Denguin ⁽³⁾	stabilisation	108.2	PAR
Artiguelouve	stabilisation	113.6	PAB
Lescar 2	stabilisation	114.4	RIV
Lescar 1	stabilisation	116.2	-
Marsan	hydroélectricité	124.8	préB
Heid	hydroélectricité	126.6	PAB + PAR
Meillon ⁽⁴⁾	stabilisation	130.4	RIV
Narcastet	stabilisation	131.3	PAR
Assat	stabilisation	132.7	PAB
Baudreix	stabilisation	140.7	PAB
Mirepeix	stabilisation	142.4	PAR
Nay	stabilisation	143.3	PAR
Digue du Rey	hydroélectricité	143.9	préB
Loustau	hydroélectricité	145	préB
Pous Tournier	hydroélectricité	146.4	préB
Navarre	hydroélectricité	151.4	préB
Lacaze	hydroélectricité	152	préB
Montaut ⁽⁵⁾	hydroélectricité	153	PAB
De Lauture	hydroélectricité	154.4	-
Toustard	hydroélectricité	158	-
Peyrouse	hydroélectricité	161.4	PAB
Vizens	hydroélectricité	166.3	PAB
La Grotte	hydroélectricité	168.5	PAB
Latour	hydroélectricité	171.2	PAB rustique
Agos	hydroélectricité	179.1	PAB
Lac des Gaves	hydroélectricité	184.1	RIV
Couscouillets	hydroélectricité	188.2	PAB
Pont de la Reine	hydroélectricité	195.4	PAB

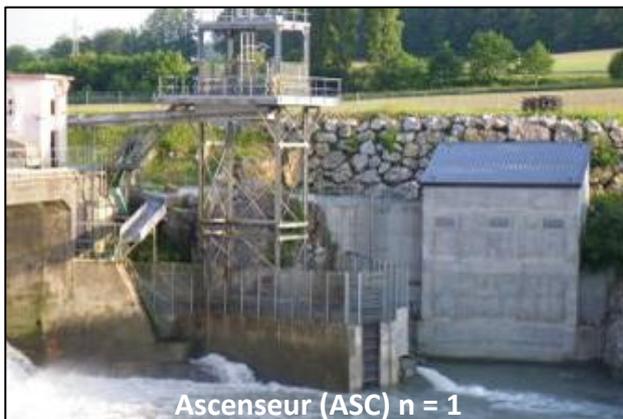


Figure 10 : Usage, distance à l'océan et dispositif(s) de franchissement de chaque ouvrage répertorié sur le gave de Pau.
(Photos : Onema)

3.7. Obstacles à la libre circulation

Sur les 175 km du gave de Pau, 37 obstacles sont recensés sur le cours d'eau principal (figure 10 et 11), soit un ouvrage tous les 4,7 km. Leurs vocations sont de plusieurs natures, 24 sont destinés à l'hydroélectricité, 12 sont des seuils de stabilisation qui ont été construits dans les années 1980 suite à des extractions massives de granulats dans le lit du cours d'eau et un dernier est sans usage spécifique.

Depuis une vingtaine d'années, la plupart des obstacles ont été équipés d'un ou plusieurs dispositif(s) de franchissement piscicole. A ce jour, 42 dispositifs plus ou moins adaptés aux poissons ont été répertoriés : 5 rivières artificielles, un ascenseur, 15 passes à ralentisseurs, 6 pré-barrages et 15 passes à bassins ont été aménagés sur l'ensemble du gave. La très grande majorité des passes à ralentisseurs sont des passes mixtes poissons-canoës à chevrons qui sont susceptibles de faire passer les poissons dans certaines conditions de débit.

L'étude de la dévalaison de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer 64 (DDTM64) de 2008 a mis en évidence que très peu d'ouvrages hydroélectriques sont équipés de dispositifs permettant de limiter les passages de poissons dans les turbines.

Sur l'Ouzom, 5 ouvrages sont érigés jusqu'à Arbéost : 2 ouvrages à vocation hydroélectrique (Igon et Arthez d'Asson), un ouvrage d'alimentation en eau potable (Arthez), un ouvrage de stabilisation (Asson) et un ouvrage sans usage. Sur ces 5 ouvrages, 3 passes à poissons ont été aménagées (un pré-barrage et 2 passes à ralentisseurs) dont une construite en 2012.

Quant à la dévalaison, l'ouvrage d'Igon possède un système de dévalaison plus ou moins performant et l'usine d'Arthez d'Asson est en cours de mise en conformité.

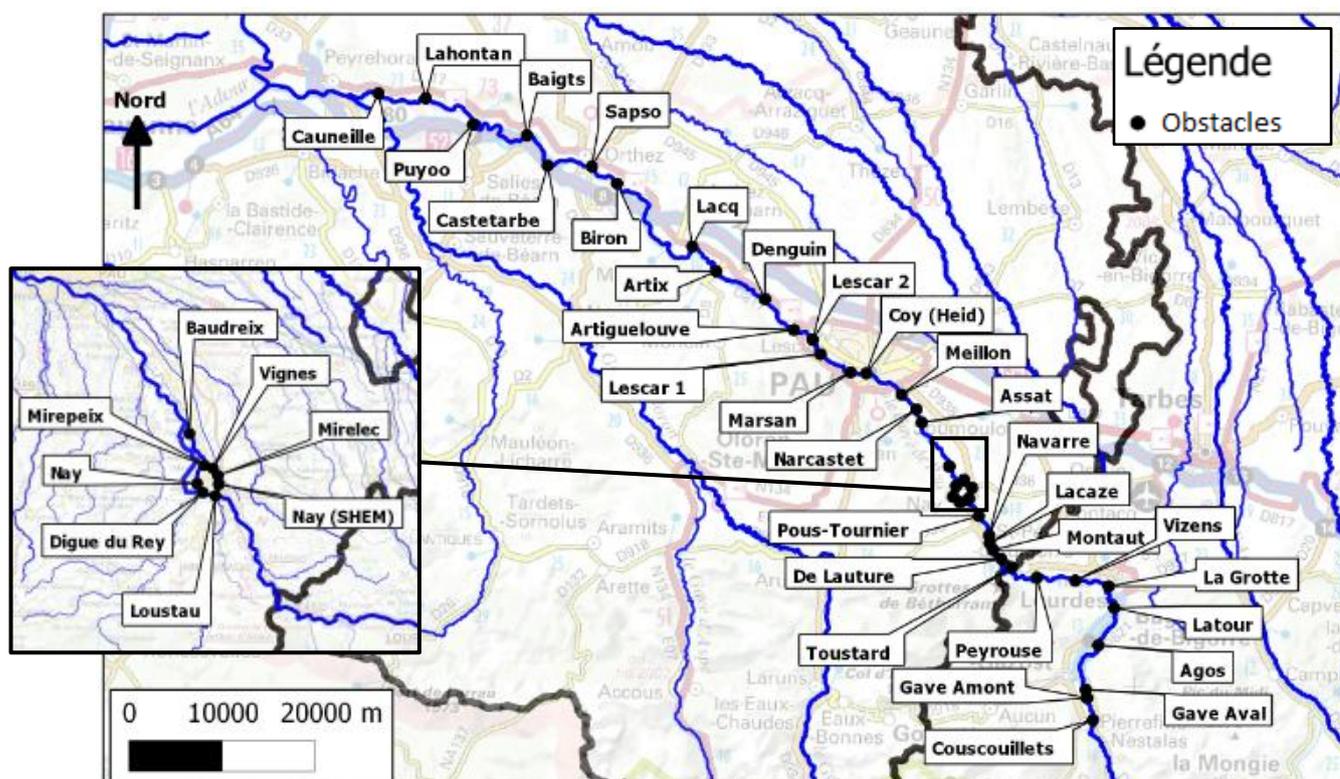


Figure 11 : Répartition des ouvrages sur le gave de Pau.

Tableau IV : Captures réalisées à Puyoo depuis 1995 et passages enregistrés à Artix depuis 2005.

Année	Nbre de SAT Puyoo	Date	Arrêt significatif	Destination	Nbre SAT Artix
1995	163	19 juin - 18 déc	-	Aval Artix	-
1995	17	20 juin - 18 déc	-	Amont Pau	-
1996	88	28 juin - 31 oct	-	Amont Nay	36
1997	37	15 mai - 12 nov	15 aou - 22 sept	Amont Nay	-
1997	19	15 mai - 12 nov	-	Amont Puyoo	44
1998	80	15 avril - 27 nov	-	Amont Nay	49
1999	114	10 mai - 13 oct	-	Amont Nay	-
2000	70	05 juin - 30 nov	-	Amont Nay	123
2001	67	07 juin - 31 oct	-	Amont Nay	-
2002	8	02 mai - 30 juin	-	Amont Nay	-
2002	101	01 juil - 31 oct	-	Amont Puyoo	-
2004	-	-	-	-	61
2005	101	21 juil - 29 aou	-	Amont Orthez	216
2005	9	21 juil - 29 aou	-	Amont Puyoo	217
2006	-	-	-	-	216
2007	229	13 juillet - 16 oct	-	Amont Orthez	236
2008	-	-	-	-	298
2009	-	-	-	-	178
2010	-	-	-	-	350
2011	-	-	-	-	426
2012	-	-	-	-	416

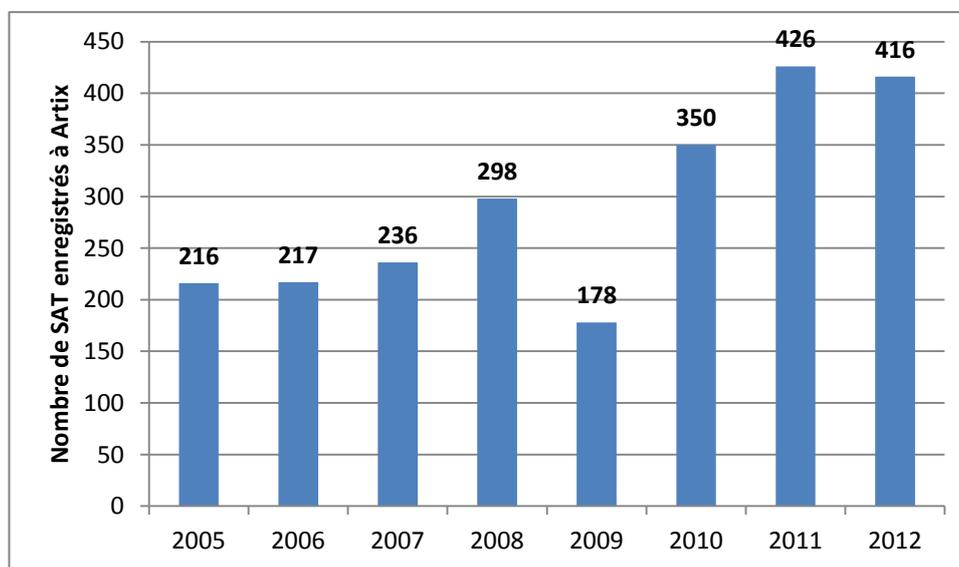


Figure 12 : Nombre de saumons atlantiques enregistrés à Artix de 2005 à 2012.

4. ETAT DE LA POPULATION

4.1. Etat actuel des stocks

Peu d'informations sont disponibles sur l'effectif de la population avant 2005 et elles proviennent de piégeages/transport réalisés à Puyoo et à Baigts de 1995 à 2002 puis en 2005 et en 2007 (tableau IV).

Depuis 2005, une caméra installée à Artix permet de filmer en continu les poissons franchissant la passe à travers une vitre située sous le niveau de l'eau. Le système est en fonction toute l'année et les enregistrements sont ensuite dépouillés par Migradour (Minvielle, 2010).

La centrale hydroélectrique d'Artix est le neuvième obstacle sur l'axe migratoire du saumon atlantique. Le comptage à Artix ne permet donc pas de connaître précisément le nombre total de poissons s'engageant dans le gave. De même, il n'est pas possible de distinguer dans les prélèvements de la pêche professionnelle les poissons provenant du gave de Pau (et donc susceptible de remonter sur le cours d'eau au regard du phénomène de homing). Ainsi, le nombre total de saumons susceptibles de remonter annuellement sur le gave de Pau n'est pas précisément connu.

Sur la base des comptages réalisés à Artix depuis 2005 (figure 12), ce sont en moyenne 292 saumons qui remontent le gave chaque année. Globalement, il peut être observé une augmentation progressive et continue (malgré une baisse en 2009) des effectifs contrôlés. Les deux dernières années de suivi ont permis de comptabiliser plus de 400 poissons.

Les effectifs des autres espèces migratrices suivent globalement la même tendance. L'évolution des effectifs de truite de mer est très comparable à celle du saumon. La première alose a été observée en 2009. S'agissant de la lamproie marine, les effectifs ont augmenté de manière significative en 2009 et se maintiennent depuis à des valeurs comprises entre 400 et 500 individus. Quant à l'anguille, même si la station ne permet pas de contrôler tous les individus, les effectifs semblent plus fluctuants. L'année 2012 constitue la migration la plus importante depuis le début des suivis (annexe 5).

4.2. Caractérisation de la population

4.2.1. Age en mer, âge de rivière, taille et sexe

Les piégeages réalisés à Puyoo et à Baigts de 1996 à 2002 associés à des analyses scalimétriques et au sexage des poissons ont permis de déterminer en particulier les âges de mer des poissons en fonction de leur taille (Baglinière *et al.*, 1985 ; Mahé *et al.*, 2012) et d'appréhender les différences éventuelles entre les mâles et les femelles.

En ce qui concerne l'âge de mer et la taille des individus, le tableau V et la figure 13 présente une synthèse des résultats.

Tableau V : Tailles moyenne, minimale et maximale des 1 HM, 2 HM et 3 HM des saumons du gave de Pau.

	Effectif	Taille (cm)		
		Moy.	Min.	Max.
1 HM	1239	66.3	50.5	83.0
2 HM	154	78.7	70.0	92.0
3 HM	8	90.6	81.0	97.0

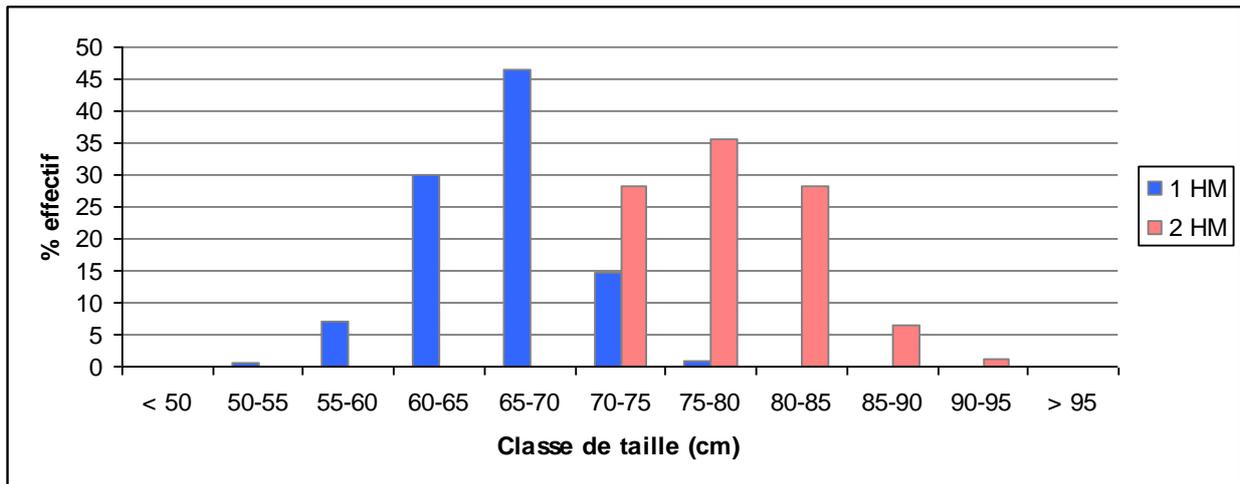


Figure 13 : Répartition par classes de taille des saumons 1HM et 2HM du gavage de Pau.

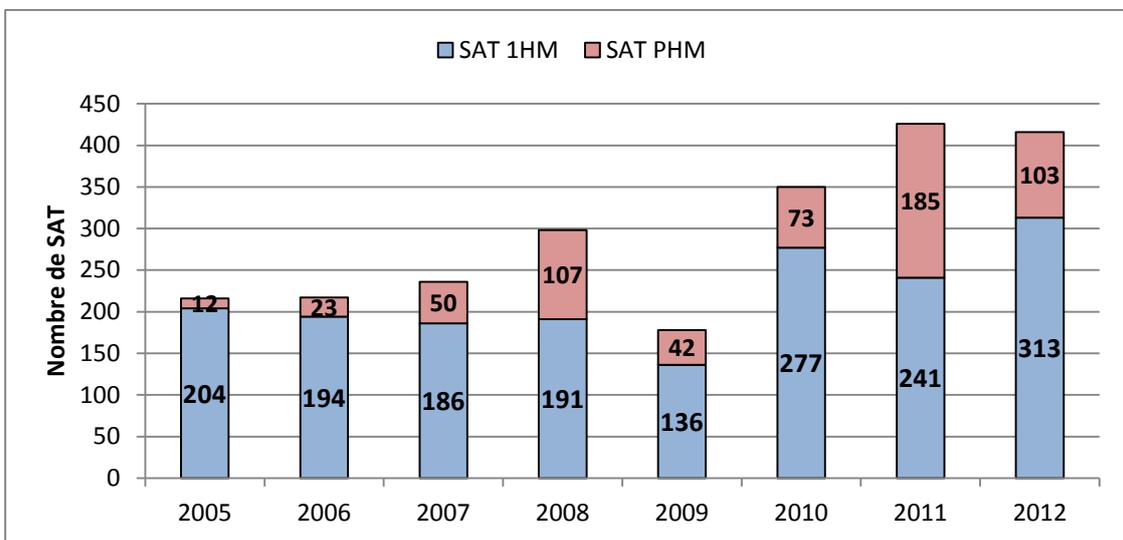


Figure 14 : Nombre de saumons 1HM et PHM constituant la population du gavage de Pau depuis 2005.

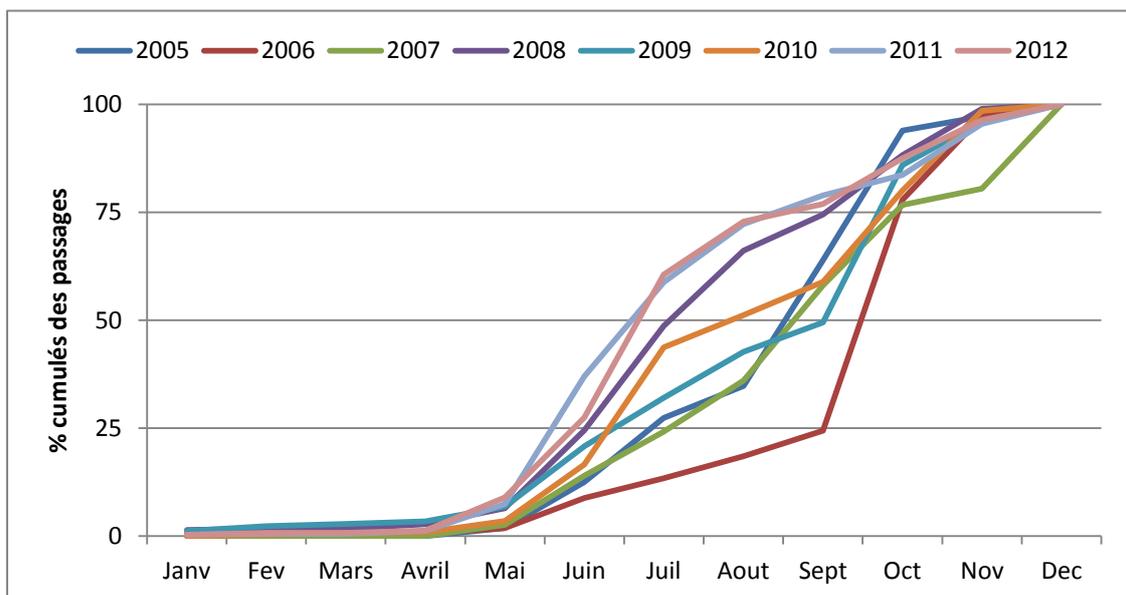


Figure 15 : Passages cumulés des saumons à Artix de 2005 à 2012.

Il apparaît en particulier que les tailles moyennes des 1 HM, 2 HM et 3 HM sont respectivement de 66,3 cm, 78,7 cm et 90,6 cm. De plus, les poissons dont la taille est inférieure à 70 cm sont tous des castillons (1 HM) n'ayant séjourné qu'une année en mer alors que les poissons dont la taille est supérieure à 75 cm ont passé plusieurs années en mer. La classe de taille 70–75 cm est composée à la fois de 1 HM et de 2 HM. Il est possible d'avancer, en l'état actuel des connaissances, que 2/3 environ des poissons appartenant à cette classe de taille sont des 2 HM et 1/3 des 1 HM.

En ce qui concerne l'âge de rivière, 82% des poissons n'ont séjourné qu'une seule année sur le bassin. 16% seulement des 1HM séjournent plusieurs années dans les cours d'eau contre 32% pour les PHM.

Le sex ratio est équilibré et comparable selon la durée passée en mer sur la base des données disponibles sur le gave de Pau alors qu'à l'échelle du bassin, en prenant en compte le gave d'Oloron et la Nive, il apparaît des différences notables : la population de PHM est composée à près de 60% de femelles alors que les mâles constituent environ 55% des individus 1 HM.

Enfin, des données recueillies sur le bassin du gave d'Oloron et la Nive permettent d'avancer des poids moyens de 4,9 kg et 2,5 kg respectivement pour les femelles 2 HM et 1 HM (Migradour, *com. pers.*).

4.2.2. Castillons et rédibermarins

Sur la base des comptages réalisés à Artix, il apparaît que la population du gave de Pau est largement dominée par des individus ayant séjourné une seule année en mer (75% de 1HM sur la période 2005–2012). Il semble toutefois apparaître une augmentation de la proportion de PHM ces dernières années (13% sur la période 2005–2007 contre 31% sur la période 2008–2012 ; figure 14).

4.2.3. Rythmes de migration

Les rythmes de migration ont été analysés à Artix sur la période 2005–2012. Il convient d'avoir à l'esprit qu'il s'agit du 9^{ème} obstacle érigé sur l'axe et qu'il se situe à environ 100 km de l'océan. Il est ainsi hautement probable que les résultats qui vont être présentés ne reflètent que partiellement les migrations « naturelles » et intègrent en particulier les retards induits par les ouvrages situés à l'aval.

La figure 15 présente les pourcentages cumulés mensuels des passages pour chaque année de suivi. La population étant composée en grande partie de castillons remontant à la fin du printemps et au début de l'été, il paraît logique de constater que les migrations deviennent importantes à partir du mois de juin. Plus de 50% des passages ont lieu en juin–juillet et près de 30% se déroulent à partir du mois de septembre

A l'analyse des graphiques présentant les passages de poissons et l'hydrologie du gave (annexe 6), il semblerait toutefois qu'il faille attendre des « coups d'eau » à partir du mois de juin ou de juillet pour observer des passages conséquents à Artix dans les jours ou semaines suivants. Ainsi, en 2006 par exemple, année durant laquelle les débits ont été stables et faibles de mai à septembre, le pic de migration a eu lieu à l'automne après une augmentation des débits en octobre.

Un tel constat pourrait s'expliquer par la présence, à l'aval d'Artix, d'ouvrages dont la franchissabilité pourrait être directement liée à l'hydrologie du cours d'eau. Il s'agit en particulier de l'obstacle d'Orthez au niveau duquel les poissons doivent s'engager dans le tronçon court-circuité, alimenté par un débit réservé, afin de trouver l'entrée du dispositif de franchissement piscicole et de poursuivre leur migration vers l'amont.

Il est enfin à noter que les migrations ont été plus précoces les deux dernières années de suivi. Au-delà de l'hydrologie, cela pourrait être également mis en relation avec les améliorations de circulation piscicole au niveau de deux ouvrages aval en 2010 : débit d'attrait de l'ascenseur à poissons de Baigts et amélioration du fonctionnement hydraulique de la passe d'Orthez.

Tableau VI : Comptage des frayères en 2013 sur le gave de Pau, l'Ouzom et le Nééz.

Cours d'eau	Secteur	Nombre de nids	
		Grands salmonidés	TRF
Gave de Pau	Argelès - Lourdes	19	123
Gave de Pau	Lourdes - Nay	32	127
Gave de Pau	Nay - Pau	33	96
Gave de Pau	Pau - Artix	40	31
Ouzom		30	59
Nééz		1	19

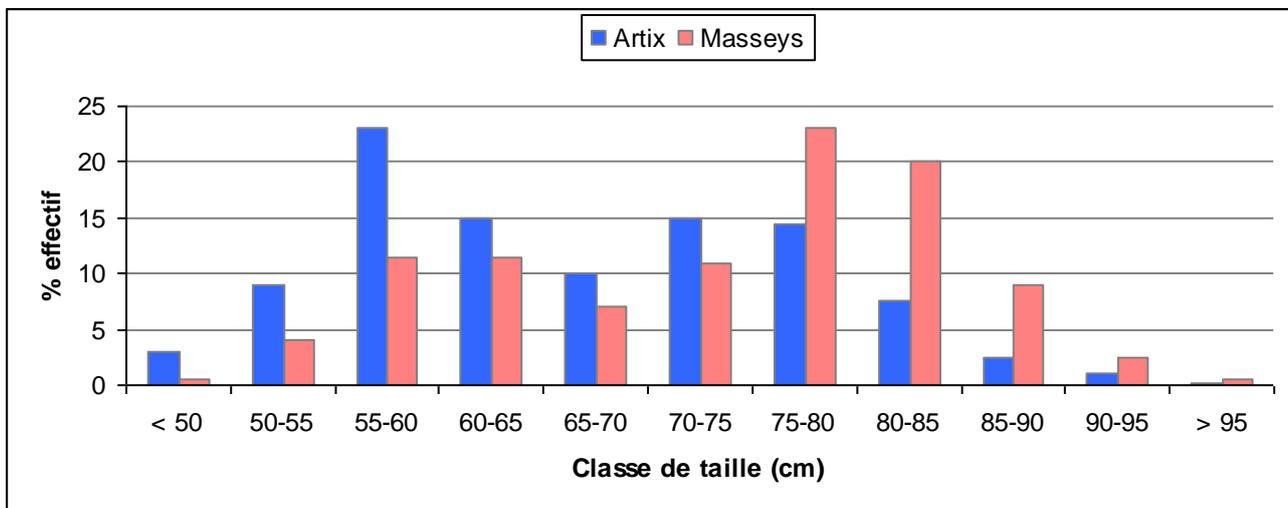


Figure 16 : Répartition en classes de taille de la population de saumons enregistrés à Maseys et à Artix en 2011 et 2012.

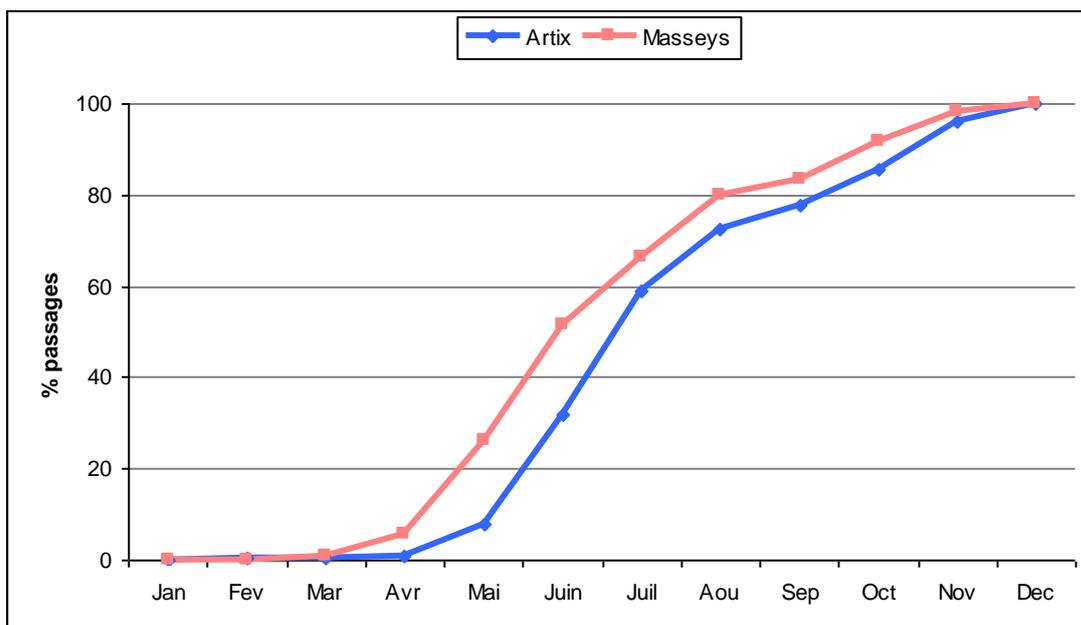


Figure 17 : Pourcentages cumulés mensuels des passages de saumons à Artix et à Maseys en 2011 et 2012.

4.3. Reproduction et colonisation

Un suivi complet de l'activité de reproduction des salmonidés a été mis en place lors de l'hiver 2012/2013 sur le gave de Pau. Même si les conditions hydrologiques ne permettent pas une bonne visibilité, un comptage est toutefois possible et permet d'appréhender l'aire de colonisation des géniteurs.

Le tableau VI présente le nombre total de nids de grands salmonidés et de truites comptabilisés ainsi que leur répartition sur le bassin.

Il apparaît en particulier que des nids de grands salmonidés sont retrouvés d'Artix à Argeles-Gazost et sur les deux principaux affluents du gave (Ouzom et Nééz) et révèlent qu'en l'état actuel, le saumon est capable de coloniser la plus grande partie du territoire disponible. Toutefois, et en ce qui concerne les grands salmonidés :

- le secteur le plus amont, au-delà de Lourdes, paraît peu utilisé, en relation très probablement avec les difficultés d'accès qui demeurent encore sur l'axe.
- près de 50% des frayères comptabilisées sont situées à l'aval de Nay.
- la portion de gave située à l'aval de Pau paraît fortement colonisée alors que l'activité de reproduction des truites y est faible, en relation très probablement avec un habitat peu fonctionnel pour l'espèce.
- l'activité de reproduction paraît conséquente sur l'Ouzom, laissant à penser qu'un nombre non négligeable de poissons parviennent en amont de Nay.

4.4. Comparaison avec le gave d'Oloron

Une station de contrôle vidéo ayant été installée en 2011 à Maseys (Navarrenx) sur le gave d'Oloron (Minvielle et Moulia, 2011), il paraissait intéressant de comparer les résultats obtenus avec ceux d'Artix sur les deux années 2011 et 2012. En outre, les deux ouvrages se situent à des distances comparables de l'océan. Deux principales différences peuvent toutefois être mises en avant :

- seuls 2 aménagements, susceptibles de perturber plus ou moins fortement les migrations, sont érigés à l'aval de Maseys alors qu'il y en a 8 (dont 7 peuvent constituer des obstacles) à l'aval d'Artix.
- la population de saumon remontant le gave d'Oloron est *a priori* en grande partie issue de la reproduction naturelle, les efforts de repeuplement étant faibles depuis 2006 (aucun repeuplement depuis 2011) alors que la population du gave de Pau est fortement soutenue par l'alevinage.

4.4.1. Caractéristiques des individus

La figure 16 présente la répartition par classes de tailles des saumons comptabilisés à Maseys et à Artix.

Il apparaît en particulier que :

- plus de 60% des saumons comptabilisés à Maseys sont des PHM contre 35% à Artix.
- plus de 30% des poissons présentent une taille supérieure à 80 cm sur le gave d'Oloron contre environ 10% sur le gave de Pau.
- 27% des individus présentent une taille inférieure à 65 cm sur le gave d'Oloron contre 50% environ sur le gave de Pau.

Il apparaît ainsi des différences très marquées entre les populations colonisant les deux gaves alors que pourtant les cours d'eau sont de dimensions comparables et possèdent le même estuaire.

4.4.2. Rythmes de migration

La figure 17 présente les pourcentages cumulés mensuels des passages au niveau des deux stations.

Tableau VII: Répartition des Equivalents Radiers Rapides (ERR) sur le gave de Pau.

Secteurs (Gave de Pau)	Linéaire (km)	ERR (ha)	% ERR
Aval Pau	10,2	16,6	15,1
Amont Pau	73,4	62,5	56,8
Ouzom	22,8	30,9	28,1
Amont Pau + Ouzom	96,2	93,4	84,9
Total	106,4	110,0	100,0

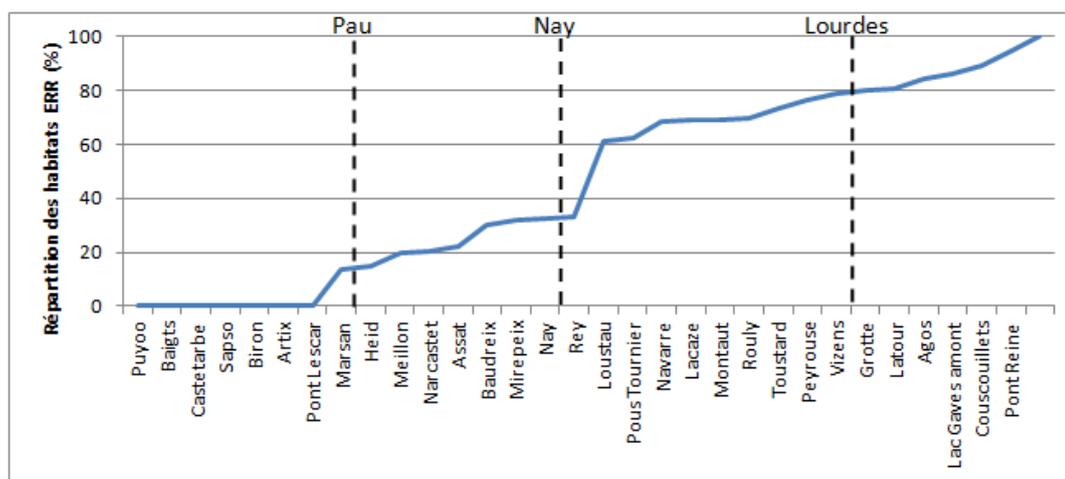


Figure 18 : Répartition des ERR sur le gave de Pau.

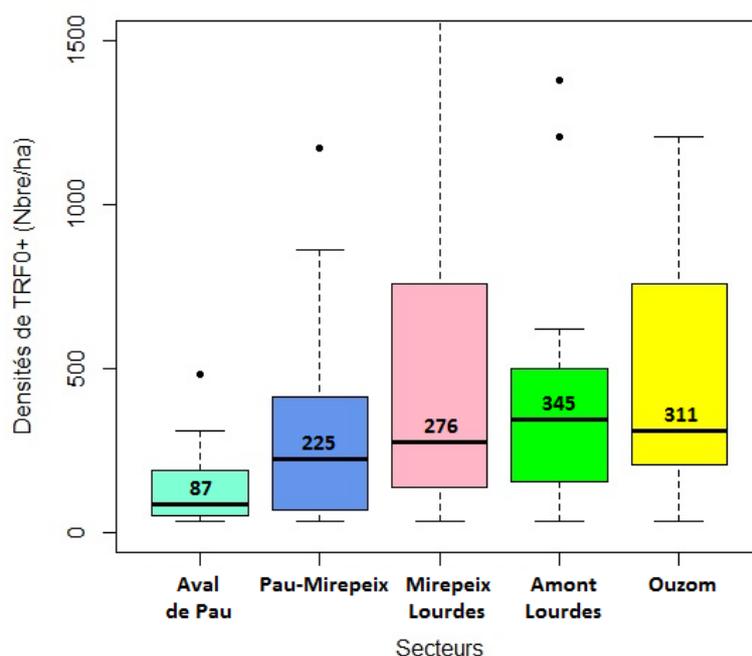


Figure 19 : Densités de truites fario 0+ par hectare en fonction de différents secteurs sur le gave de Pau depuis 2001 (logiciel R).

Il paraît toutefois difficile, au regard de la fraction beaucoup plus importante de PHM sur le gave d'Oloron, de tirer de réelles conclusions. Le fort décalage observé entre les deux stations en début de saison, qui ne se réduit qu'en partie par la suite, pourrait signifier des problèmes de libre circulation plus importants sur le gave de Pau que sur le gave d'Oloron.

5. LES HABITATS FAVORABLES À L'ESPÈCE, LES OBJECTIFS DE RESTAURATION ET LES STRATÉGIES À METTRE EN ŒUVRE

5.1. Quantité et qualité des habitats

Les habitats favorables à la fraie et au grossissement des juvéniles sont les « ERR », ils sont caractérisés par des eaux rapides et bien oxygénées (Gibson, 1993) avec un fond tapissé en grande partie de petits et de gros galets (20-150 mm ; article R. 432-1 du code de l'environnement). De plus, la température de l'eau apparaît comme étant un critère primordial dans la maturation des gonades et le déclenchement de la reproduction (Beall et de Gaudemar, 1999 ; Danie *et al.*, 1984).

La surface d'« Equivalent Radiers Rapides » (ERR) est généralement considérée comme un élément de toute première importance afin de définir des objectifs quantitatifs en termes de production de smolts et ainsi de retours d'adultes sur un bassin.

En ne prenant en compte que le gave de Pau et son affluent principal l'Ouzom, les habitats plus ou moins fonctionnels pour l'espèce sont répartis sur environ 106 km de cours d'eau et représentent des surfaces de grossissement pour les juvéniles de l'ordre de 110 ha (tableau VII). La figure 18 présente la répartition des ERR sur le linéaire du gave de Pau. Une forte augmentation apparaît à l'amont immédiat de Nay et correspond à l'Ouzom qui conflue avec le cours d'eau principal à ce niveau du bassin.

Toutefois, ces habitats ne présentent pas tous la même fonctionnalité. Sur la base des connaissances sur le régime thermique du cours d'eau, des résultats des tests de survie d'œufs de saumon sous graviers réalisés récemment par Migradour et des abondances des truites 0+ (leurs exigences écologiques sont proches de celles des juvéniles de saumon) observées depuis plusieurs années dans le cadre de pêches électriques (figure 19), il est possible d'avancer que :

- la partie située à l'aval de Pau est peu fonctionnelle. Elle assure toutefois une production d'individus mais elle est nettement plus faible que celles des territoires situés plus en amont.
- la partie située en amont de Pau est globalement fonctionnelle pour l'espèce. Les habitats situés en amont de Nay (gave de Pau et Ouzom) semblent toutefois présenter la meilleure fonctionnalité pour les salmonidés.

Ainsi, il peut être avancé que les habitats fonctionnels sur le bassin du gave de Pau représentent un linéaire de cours d'eau de l'ordre de 96 km et 93 ha d'ERR.

5.2. Potentiel en termes de remontées d'adultes

Tous les plans de restauration exigent en particulier de définir des objectifs quantitatifs en terme de remonter d'adultes. La définition de ces objectifs s'appuie sur les surfaces d'ERR fonctionnels qui constituent le plus souvent le principal paramètre limitant les capacités de production des cours d'eau. Il est à noter que les analyses ne prendront en compte que le gave de Pau et l'Ouzom. D'autres cours d'eau comme par exemple le Nééz dans les Pyrénées-Atlantiques ou le Nez dans les Hautes-Pyrénées présentent un potentiel pour l'espèce qu'il conviendra de déterminer.

Deux types d'approches peuvent être développés :

- au regard des données disponibles sur d'autres bassins, il est possible de considérer que les ERR fonctionnels du gave de Pau (93 ha) sont capables d'assurer la production *a minima* de 3 à 5 smolts / 100 m² (Voegtle et Larinier, 2008 ; Symons, 1979). Ramené à la surface totale, la production serait alors comprise entre 30 000 et 45 000 smolts. En appliquant les taux de retour (2% à 5%) définis par Migradour sur le bassin du gave d'Oloron, qui présente de nombreuses similitudes avec celui du gave de Pau, il est possible d'avancer des remontées possibles d'adultes pouvant atteindre des effectifs de l'ordre de 2 500 individus.
- la deuxième approche consiste à déterminer une dépose d'œufs optimale, c'est-à-dire permettant d'optimiser la production de juvéniles, en relation avec les ERR fonctionnels disponibles pour l'espèce. Cette dépose d'œufs optimale est directement liée, pour une même surface d'habitat, à la fonctionnalité des milieux : plus les milieux seront fonctionnels et plus la dépose d'œufs pourra être importante. Sur la base des données disponibles sur le bassin du gave d'Oloron et sur d'autres bassins français ou européens (Jonsson *et al.*, 1998 ; Dumas et Prouzet, 2003), il est possible d'avancer des valeurs comprises entre 700 et 1000 œufs / 100 m² ERR. Ainsi, à l'échelle du gave de Pau, la dépose d'œufs optimale serait comprise entre 6,5 millions d'œufs et 9,3 millions d'œufs. La fécondité moyenne d'une femelle étant de l'ordre de 1700 œufs / kg (Moffett *et al.*, 2006 ; Biernaczyk *et al.*, 2012) et le poids moyen des individus 1HM et PHM étant respectivement de l'ordre de 2.5 kg et 4.9 kg (Migradour, *com. pers.*), il est alors possible de déterminer un nombre de femelles correspondant à la dépose optimale et un effectif total de géniteurs. Sur la base des dernières années de remontées à Artix (70% de 1HM et 30% de PHM) et du sex-ratio (55% de mâles chez les 1HM et 40% chez les PHM), il est alors possible d'avancer des remontées d'adultes comprises entre 2 000 et 3 000 individus.

Remarque : sur le Rhin, la Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR, 2004) a considéré qu' « un hectare ERR permet d'obtenir une population de 10 à 30 adultes de retour par an ». Appliqué au gave de Pau, cela correspondrait à des remontées possibles proches de 3 000 individus.

Ainsi, au regard des habitats fonctionnels disponibles pour l'espèce, il est possible d'avancer un potentiel en terme de remontées d'adultes sur le gave de Pau pouvant atteindre 3 000 individus.

5.3. Objectifs et stratégies

5.3.1. Objectifs du plan de restauration

L'objectif du plan de restauration est de rétablir, à moyen terme, une population auto-suffisante sur le gave de Pau présentant des effectifs proches des capacités de production maximales du bassin *i.e.* de l'ordre de 3 000 poissons.

5.3.2. Stratégies

Il convient tout d'abord de **ne pas dégrader la situation actuelle**, aussi bien en ce qui concerne la qualité générale des milieux, les zones de frayères et les zones de grossissement, l'hydrologie des principaux cours d'eau et la continuité écologique. En ce qui concerne en particulier la continuité écologique, au regard notamment du nombre important d'ouvrages érigés sur les principaux axes, il paraît difficile d'envisager la mise en place d'obstacles supplémentaires, à la montaison ou à la dévalaison, même s'ils présentent des impacts *a priori* faibles.

Il paraît important, incontournable même, de mettre en place **une stratégie à court terme afin de permettre très rapidement à un maximum de géniteurs de parvenir sur des habitats pleinement fonctionnels pour l'espèce**. Le retour d'expérience des différents plans de restauration lancés dans le monde révèle en effet que dans tous les

cas, le succès des opérations passe inéluctablement par l'existence rapide d'une reproduction naturelle efficace et conséquente (Chanseau, *com. pers.*). Il convient ainsi :

- 1) au regard de la répartition des territoires sur le bassin, **d'assurer très rapidement l'accès au plus grand nombre de poissons à la partie du bassin située en amont de Nay** afin de rejoindre d'importantes surfaces d'habitat pleinement fonctionnel sur le gave de Pau amont et sur l'Ouzom (voir § 6)
- 2) de **limiter autant que possible les mortalités des juvéniles** cherchant à regagner l'océan (voir § 6).

En parallèle, il convient également :

- 3) d'aider la population actuelle à se reconstituer en **poursuivant et améliorant les opérations de repeuplement** (voir § 7).
- 4) de **poursuivre, adapter ou mettre en place des suivis** permettant d'appréhender l'efficacité des actions et, le cas échéant, de les réorienter (voir § 8).

6. LA CIRCULATION PISCICOLE

6.1. Faciliter l'accès aux zones de grossissement

6.1.1. La migration de montaison

Sur les gaves, la migration des saumons pour rejoindre les frayères s'engage en mars-avril pour les saumons ayant séjourné plusieurs hivers en mer (PHM) alors que les saumons ayant passé un seul hiver en mer (1HM) remontent plutôt durant les premiers mois de l'été. L'édification d'obstacles sur les cours d'eau est susceptible d'empêcher la totalité ou une partie des géniteurs d'atteindre à temps leur zone de reproduction, situées généralement sur les parties amont des bassins (Thibault, 1994 ; Rivinoja *et al.*, 2001 ; Lundqvist *et al.*, 2008). La disparition des populations de saumons consécutivement à la construction de barrages a été très fréquemment observée alors que la reproduction est généralement maintenue sur les cours d'eau sans construction (Croze, 2008).

Le franchissement des ouvrages dépend de très nombreux facteurs : configuration de l'obstacle, hauteur de chute, hydrologie mais aussi caractéristiques biologiques des poissons (capacité de nage, de saut, réserves énergétiques, etc. ; Croze, 2008).

Lorsque les ouvrages sont équipés de dispositifs de franchissement, il convient en particulier que **i)** les poissons soient capables de trouver l'entrée des dispositifs. Ces derniers doivent être ainsi correctement positionnés et suffisamment alimentés pour être attractifs **ii)** les poissons puissent transiter dans le dispositif. Les conditions hydrauliques (vitesses, tirants d'eau, chutes) doivent être compatibles avec les capacités biologiques des individus.

Dans de nombreux cas, il est apparu que les dispositifs ne présentent pas une efficacité optimale (Thorstad *et al.*, 2005 ; Rivinoja, 2005). Les poissons peuvent fréquenter longuement le site et se présenter plusieurs fois à aval de l'obstacle s'il ne trouve pas l'entrée de la passe (Larinier *et al.*, 2005 ; Gowans *et al.*, 1999) et des retards à la migration vont alors être observés. Une fraction plus ou moins importante de poissons sera alors condamnée à frayer à l'aval de l'obstacle, dans des habitats parfois peu ou pas fonctionnels pour l'espèce. Dans le pire des cas, certains d'entre eux ne survivront pas jusqu'à la reproduction en raison d'un stationnement prolongé sur des territoires de mauvaise qualité. Certains pourront enfin faire demi-tour pour aller frayer dans une autre rivière qui, elle, leur sera accessible (Webb, 1990 ; Chanseau et Larinier, 2000 ; Thorstad *et al.*, 2007).

Tableau VIII : Taux de franchissement de chaque ouvrage et retards médians à la migration de montaison.

Obstacles	% franchissement	Retard médian (en jours)	% Cumul franchissement	
Cauneille	-	-		
Lahontan	100	-		
Puyoo ⁽¹⁾	100	-		
Baigts ⁽²⁾	97,5	-		
Castetarbe	97,5	2		
Sapso	70	4,2		
Biron	100	0,1		
Lacq	100	1,1		
Artix	97,5	2		
Denguin ⁽³⁾	85	4		
Artiguelouve	100	1,4		
Lescar 2	100	0		
Lescar 1	100	1		
Marsan	97,5	1,3		
Stade eaux vives	?	?		
Heid	65	0,7		
Amont de Pau				34
Meillon ⁽⁴⁾	-	2,4		
Narcastet	75	2,8		
Assat	90	1,5		
Baudreix	100	2		
Mirepeix	75	4,5		
Nay	85	1,9		
Digue du Rey	85	2		
Confluence Ouzom			12	
Loustau	80	3,3		
Pous Tournier	85	1,6		
Navarre	100	0,4		
Lacaze	85	3,3		
Montaut ⁽⁵⁾	90	5,9		
De Lauture	100	0,6		
Toustard	95	1,2		
Peyrouse	80	2,1		
Vizens	70	3,6		
La Grotte	85	2,1		
Latour	90	1,5		
Agos	50	2,9		
Lac des Gaves	100	0,2		
Couscouillets	-	-		1

Puyoo⁽¹⁾ : *a priori* très bonne efficacité dès lors que la PAP à l'usine sera construite et que la PAR au seuil sera optimisée.

Baigts⁽²⁾ : chiffre estimé en relation avec les travaux prévus en 2013 (pincement de l'écoulement côté barrage + optimisation du fonctionnement de l'ascenseur) - 87% de franchissement sans cela.

Denguin⁽³⁾ : affaissement de la ligne d'eau aval, passe non fonctionnelle.

Meillon⁽⁴⁾ : rivière artificielle sous-alimentée (atterrissement). En condition normale de fonctionnement, 100% de franchissement

Montaut⁽⁵⁾ : amélioration de l'entrée piscicole depuis les études de radiotéléométrie

6.1.2. Les impacts à la montaison des obstacles Sur le gave de Pau

Des études radiotéléométriques menées de 1995 à 1997 puis de 2000 à 2001 (Chanseau *et al.*, 1998 ; Chanseau et Larinier, 2001) ont permis d'appréhender les impacts des différents ouvrages érigés sur le gave de Pau (figure 20), aussi bien en ce qui concerne la proportion de poissons parvenant à passer en amont que les retards à la migration.

Le tableau VIII reprend les principaux résultats des différentes études et présente en particulier pour chaque ouvrage les pourcentages moyens de franchissement observés lors des différentes études ainsi que les retards médians.

Des améliorations ont été apportées (ou sont en cours) depuis les études de radiotélémetrie au niveau d'un certain nombre d'ouvrages. Celles susceptibles d'influencer de façon significative la franchissabilité des ouvrages ont été prises en compte et les impacts des ouvrages ont été redéfinis par expertise.

Aucune information n'est disponible sur certains ouvrages et il paraît difficile d'en déterminer les impacts éventuels par expertise. Il s'agit en particulier du seuil de Cauneille et du stade d'eaux vives de Pau. S'agissant de Cauneille, des relevés réalisés par les services de l'Onema laissent toutefois à penser qu'il est susceptible de perturber significativement la migration du saumon.

Enfin, certains ouvrages ont été profondément modifiés par les crues et leur franchissabilité a très probablement évolué (seuils de Meillon et de Denguin en particulier). En ce qui concerne l'ouvrage de Meillon, la rivière artificielle est actuellement sous-alimentée et ne présente assurément pas la même efficacité que celle observée lors des études.

Ainsi, en l'état actuel des connaissances, et sans prendre en compte l'ouvrage de Cauneille, il est possible d'avancer qu'actuellement **35% des saumons entrant dans le gave rejoignent les habitats les plus fonctionnels en amont de Pau**. Seuls 15% des individus parviennent sur les meilleurs habitats, en amont de Nay et 6% à peine sont susceptibles d'atteindre la partie du gave de Pau située en amont de Montaut.

Remarque : les passages comptabilisés à Artix représentent environ 65% des poissons se présentant sur la partie aval de l'axe (sans prendre en compte Cauneille) ce qui permet d'avancer que sur ces deux dernières années (2011 et 2012), environ 600 poissons *a minima* seraient remontés sur le gave de Pau. Un peu plus de 200 individus seraient parvenus à l'amont de Pau et une petite centaine en amont de Nay.

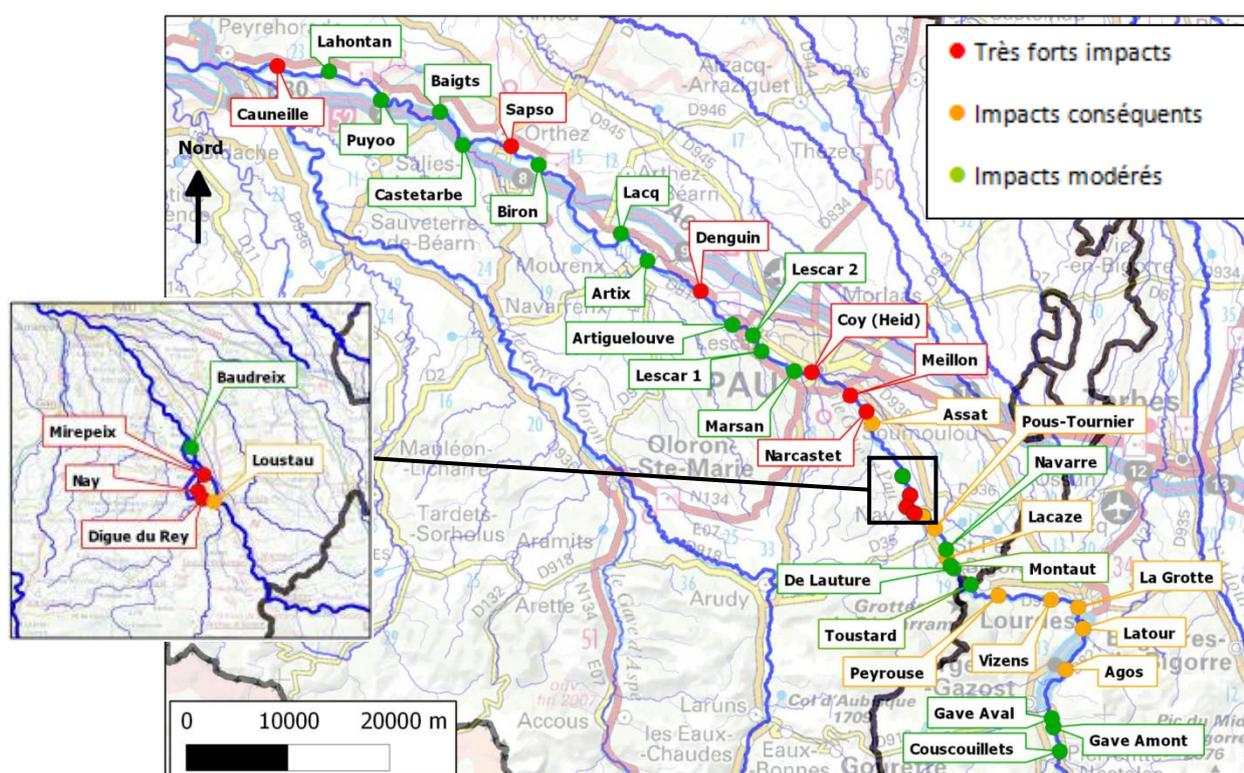


Figure 20 : Impacts des ouvrages sur la migration de montaison du saumon atlantique.

6.2. Limiter les mortalités à la dévalaison

6.2.1. La migration de dévalaison

Deux stades différents sont amenés à dévaler les rivières :

- les « ravalés », c'est-à-dire les adultes qui ont participé et survécus à la reproduction. Ces poissons vont dévaler quelques mois après la reproduction, en général de décembre à mai (Bardonnnet et Baglinière, 2000 ; Hubley *et al.*, 2008 ; Halttunen *et al.*, 2009).
- les jeunes saumons (smolts), qui après de profonds changements morphologiques, physiologiques et comportementaux les préparant à vie marine (McCormick *et al.*, 1998), vont migrer après une ou deux année(s) passées en rivière en fonction de leur taille et de leur état énergétique (Thorstad *et al.*, 2012). La dévalaison à proprement parler sera induite par des facteurs environnementaux tels que la photopériode, la température de l'eau, la turbidité, etc. (Chanseau *et al.*, 2012). Ces poissons sont particulièrement vulnérables et sont susceptibles de subir des mortalités importantes (ouvrages hydroélectriques, prédation ... - Jepsen *et al.*, 1998 ; Hvidsten et Johnson, 1997 ; Rivinoja, 2005). Ce stade est d'autant plus important que le nombre de géniteurs qui reviendront se reproduire dépend directement du nombre de smolts ayant atteint la mer (Jonsson et Jonsson, 2004 ; Thorstad *et al.*, 2012).

Le principal problème sur le gave de Pau est lié à la présence de nombreux ouvrages hydroélectriques. Selon la configuration des ouvrages, leur débit d'équipement, les caractéristiques des turbines, les mortalités peuvent être très variables (Larinier, 1998). Lorsque les poissons ne meurent pas sur le coup, ils peuvent toutefois subir des dommages (blessures, stress physiologique, altération du comportement, vulnérabilité aux maladies (Cooke *et al.*, 2011)) qui sont souvent fatals (Ruggles, 1980 ; Hesthagen et Garnas, 1986 ; Larinier et Travade, 2002). En outre, l'étourdissement ou le choc dû au passage à travers les turbines peuvent les rendre plus vulnérables aux oiseaux et aux poissons piscivores (Rasmussen *et al.*, 1996).

Lorsque la décision de réduire l'impact à la dévalaison est prise, un diagnostic complet au cas par cas doit être fait de manière à déterminer les aménagements les plus adaptés (voir note de positionnement technique de l'ONEMA de Chanseau *et al.*, 2012). La solution la plus répandue actuellement consiste en l'installation d'un plan de grilles fines en amont des turbines de façon à arrêter le poisson. Des espacements maximum inter barreaux de 25 mm permettent généralement de repousser la majorité des poissons (Larinier et Travade, 2002). Une fois les poissons arrêtés, il convient de les guider vers des dispositifs (exutoires) leur permettant de rejoindre l'aval sans dommage. Ces dispositifs doivent être positionnés à proximité des grilles, dans les zones d'accumulation potentielle de poissons. Si le plan de grille est large, plusieurs exutoires doivent être aménagés. Le débit d'alimentation des dispositifs représente généralement 2% à 10% du débit maximum turbiné par les ouvrages.

D'autres solutions alternatives peuvent être envisagées pour le saumon comme le remplacement des turbines par des turbines ichtyocompatibles. Des tests sont actuellement en cours afin d'appréhender plus en détails l'innocuité de ces machines. Enfin, les barrières comportementales (écran lumineux, écran à bulle, écran sonore ...) ne présentent pas in situ les gages d'efficacité suffisants (Chanseau *et al.*, 2012 ; Environment Agency, 2011 ; Hefti, 2011).

Remarque : l'anguille est présente sur la totalité du linéaire du gave de Pau et sur ses affluents. Il convient ainsi de la prendre en compte lors des mises en conformité des ouvrages. Son comportement au niveau des grilles de prise d'eau étant très différent de celui de ses smolts et les mortalités dans les turbines étant très nettement supérieures en relation avec la taille des individus dévalants, des espacements inter barreaux maximum de 20 mm sont généralement préconisés (Courret et Larinier, 2008 ; Chanseau *et al.*, 2012).

Tableau IX : Mortalités des smolts dévalants occasionnées par chaque ouvrage hydroélectriques.

Obstacles	km	Mortalité moyenne au niveau des ouvrages (%)	Répartition des mortalités (% des mortalités totales)
Puyoo ⁽¹⁾	0	0,5	2,1
Baigts ⁽²⁾	8	1,3	6,1
Castetarbe	13,8	0,1	0,5
Sapso	16,5	4,1	18,1
Biron	18,5	2,9	14,9
Artix	40,8	2,4	12,1
Marsan	65,4	1,4	4,7
Heid	67,2	1,2	4,4
Digue du Rey	84,5	0,2	0,2
Nay (SHEM) - Mirelec - Vignes	85,6	7,6	6,3
Pous Tournier	87	0,3	0,5
Navarre	92	0,5	0,7
Lacaze	92,6	0,5	0,8
Montaut ⁽⁵⁾	93,6	4,4	8,6
De Lauture	95	0,1	0,2
Toustard	98,4	1,8	2,6
Peyrouse	102	1,5	1,9
Vizens	106,9	1,6	1,8
La Grotte	109,1	1,8	1,6
Latour	111,8	2,9	3
Agos	119,7	1,6	1,2
Lac des Gaves aval	124,7	5,2	3,6
Lac des Gaves amont	125,8	2,5	1,7
Couscouillets	128,8	5	2,4

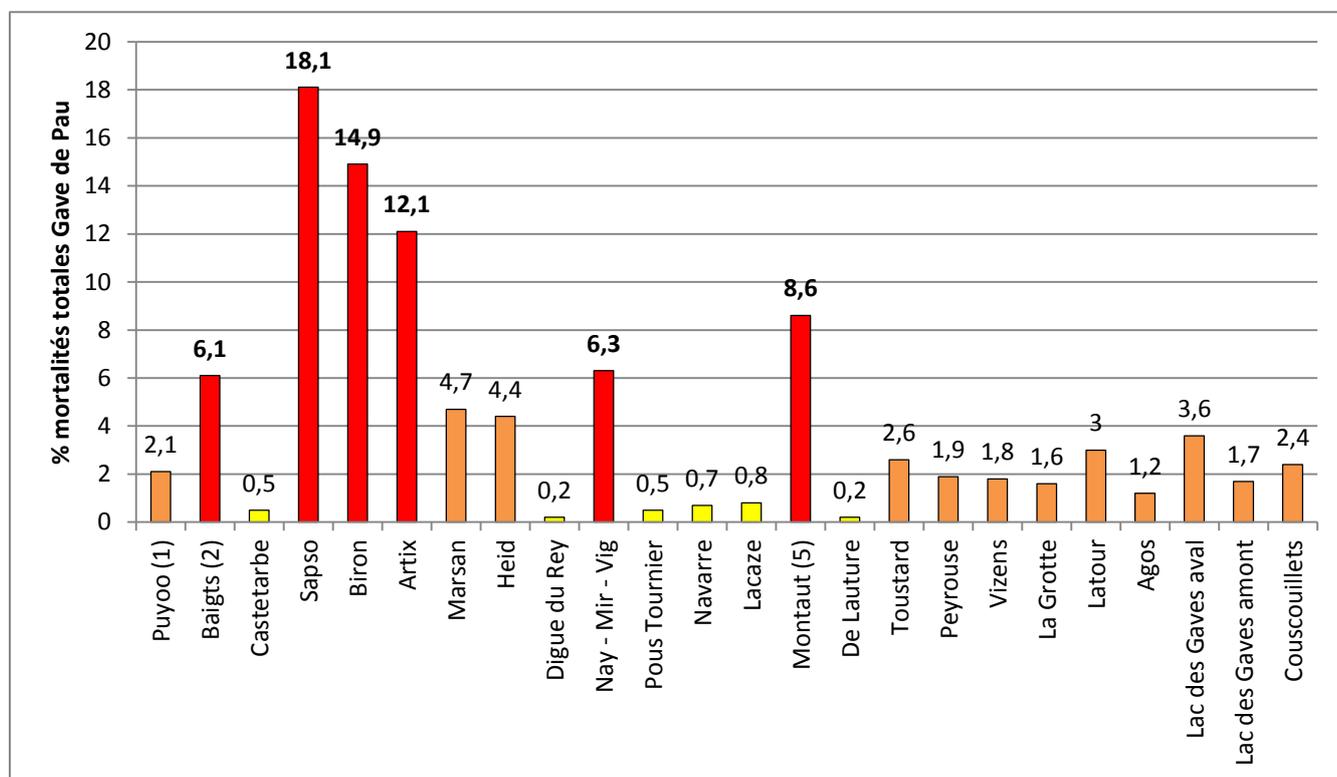


Figure 21 : Impact à la dévalaison de chaque ouvrage.

6.2.2. Les impacts des ouvrages hydroélectriques à la dévalaison sur le gave de Pau

L'étude de la DDTM64 (Voegtler et Larinier, 2008) permet de dresser un état complet de la situation sur le gave de Pau. Il apparaît en premier lieu que la très grande majorité des ouvrages hydroélectriques ne possèdent pas de systèmes performants permettant de limiter les passages des poissons dans les turbines. Il est en effet avancé par expertise que 75% des ouvrages (20 sur 27) présentent des dispositifs dont l'efficacité est inférieure à 35%.

Les impacts cumulés des différents ouvrages sont conséquents. A l'échelle de l'axe, sans prendre en compte l'Ouzom et en considérant une répartition homogène des poissons sur les différents habitats, il est avancé des mortalités moyenne et médiane de l'ordre de 18-19%, pouvant varier de 10% environ (année humide) à plus de 27% (année sèche). Ainsi, par exemple, la probabilité de survie d'un poisson dévalant depuis l'amont immédiat d'Argelès, de Lourdes, de Montaut, de Nay et de l'aval de Mirepeix sont respectivement en moyenne de 66%, 76%, 80%, 84% et 87%.

Le tableau IX présente les mortalités des smolts à la dévalaison pour chaque ouvrage hydroélectrique en prenant en compte une répartition des poissons sur les différents tronçons de cours d'eau au pro rata des habitats ERR disponibles. Les ouvrages présents sur les Pyrénées Atlantiques sont responsables de 85% des mortalités totales et 6 engendrent à eux seuls 66% des mortalités (figure 21).

La figure 22 représente les différents ouvrages hydroélectriques classés selon leur niveau d'impact, en l'état actuel des connaissances, et pour une répartition homogène des poissons sur les habitats. Cette répartition homogène des poissons sur le territoire ne reflète pas la réalité actuelle, les parties les plus amont étant en effet aujourd'hui peu ou pas peuplées (sans prendre en compte les opérations de repeuplement) au regard des impacts encore conséquents des ouvrages sur la montaison. Cela a ainsi tendance à minimiser les impacts des ouvrages situés sur les parties plus aval.

Les 6 ouvrages représentés en rouge sont responsables de 6% à plus de 18% des mortalités totales à l'échelle du bassin pour un total cumulé de 66%.

Les 12 ouvrages représentés en orange entraînent des mortalités *a priori* moins importantes mais elles demeurent toutefois conséquentes. Leurs impacts cumulés représentent 31% des mortalités à l'échelle de l'axe.

Enfin, les 6 ouvrages en jaune entraînent des mortalités modérées, inférieures à 1%. Leurs impacts cumulés représentent moins de 3% des mortalités à l'échelle de l'axe.

Remarque : la non prise en compte de l'Ouzom dans l'étude se traduit directement par une minimisation de l'impact des ouvrages situés à l'aval de la confluence du cours d'eau avec le gave de Pau (c'est-à-dire l'aval de Nay).

6.3. La situation sur l'Ouzom

Au total, 5 ouvrages sont érigés sur l'Ouzom. De l'aval à l'amont, les problèmes rencontrés sur chaque ouvrage sont les suivants :

- Ouvrage hydroélectrique d'Igon : il dispose d'une passe à bassins au seuil mais le canal de fuite est long et son attractivité est significative (des poissons ont été observés lors des différentes études de radiotéléométrie).
- Seuil d'Asson : il est équipé d'une passe à ralentisseurs de fond qui n'est pas pleinement opérationnelle présentant des difficultés.
- Seuil en amont d'Asson : la faible chute ne pose pas *a priori* de problèmes pour les grands salmonidés.
- Ouvrage hydroélectrique d'Arthez d'Asson : il a été équipé en 2012 d'une passe à poissons au barrage qui devrait permettre le franchissement des salmonidés. Un dispositif de dévalaison performant devrait être mis en place à l'été 2013.

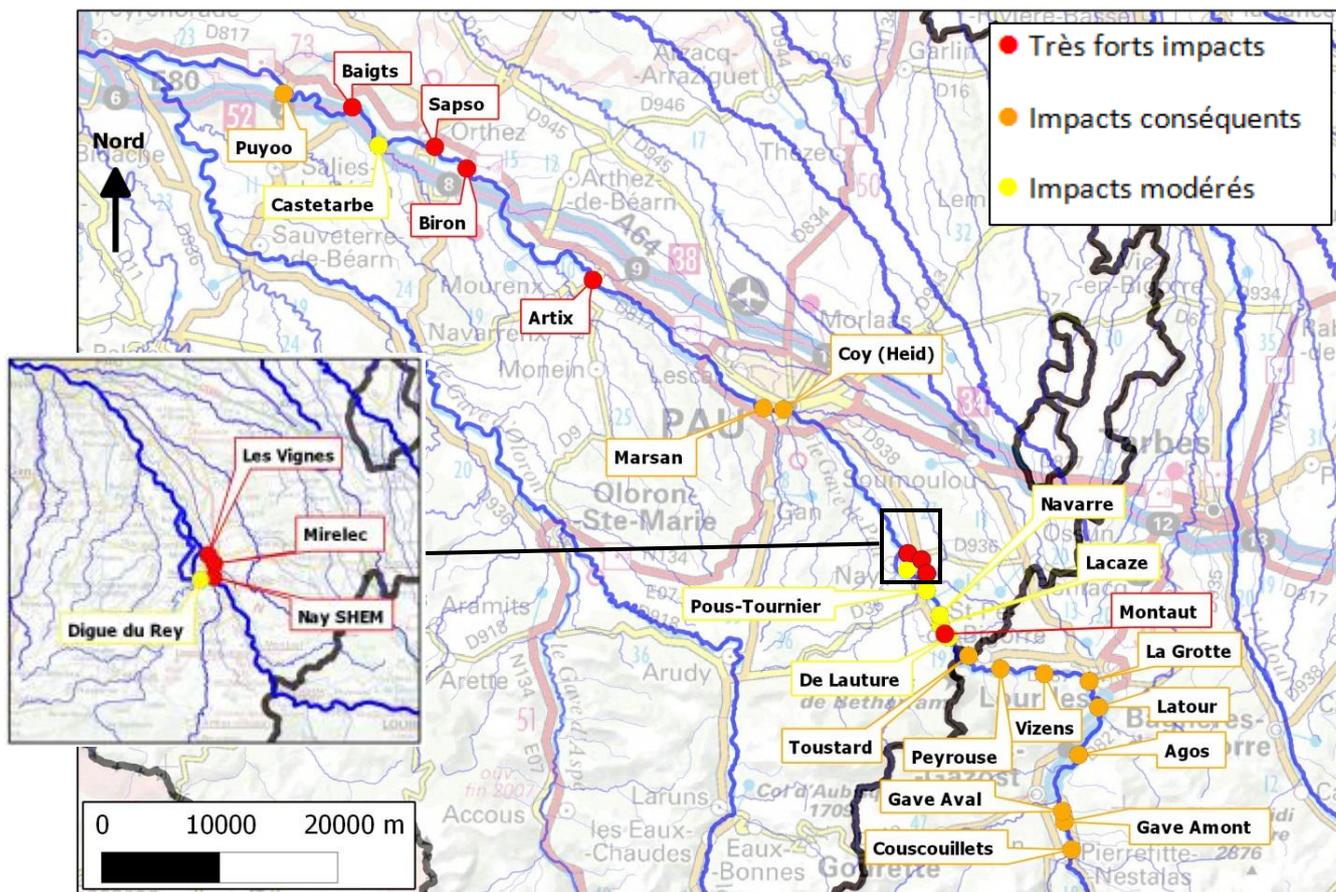


Figure 22 : Situation des ouvrages exerçant un impact à la dévalaison.

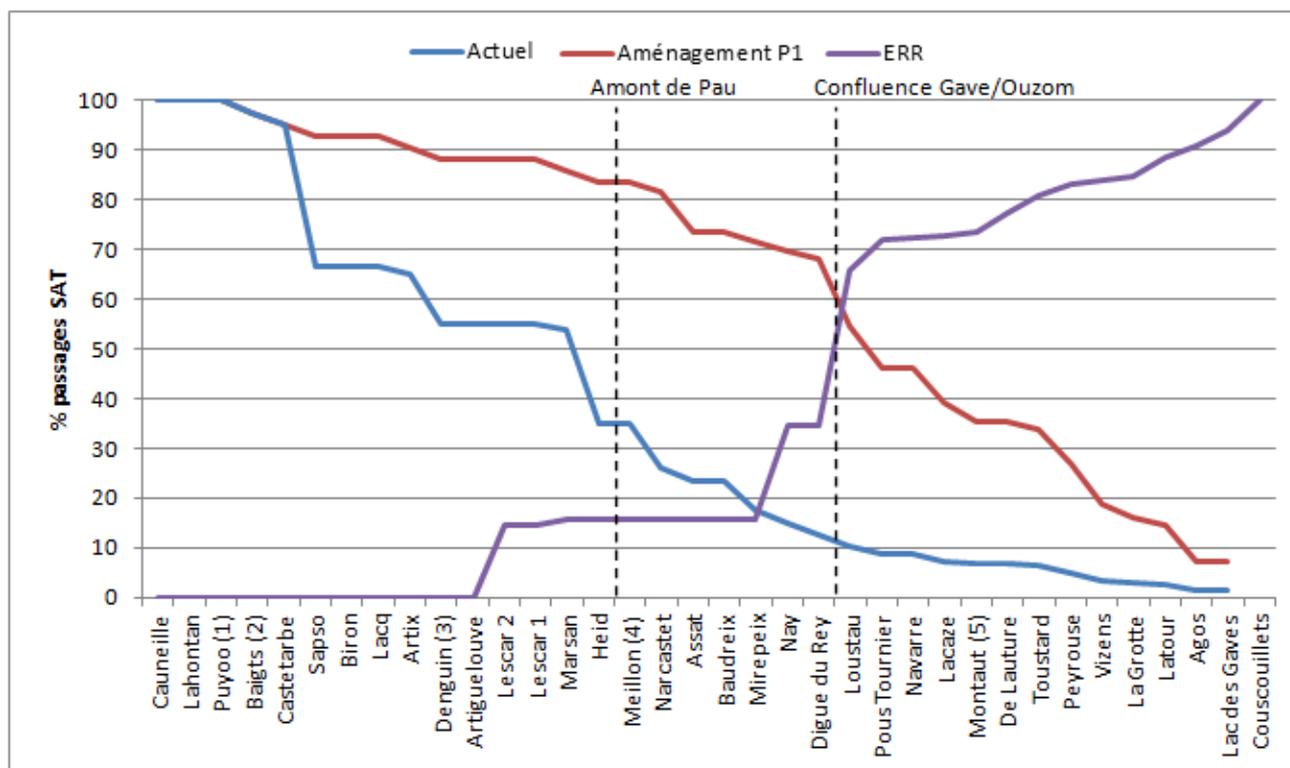


Figure 23 : Répartition des ERR et proportion de saumons progressant sur l'axe actuellement et en prenant en compte les aménagements des ouvrages P1

- Seuil d'Herrère : il ne dispose pas de dispositif de franchissement et pose *a priori* des problèmes de franchissement.

6.4. Les stratégies d'intervention

La totalité du territoire colonisable doit pouvoir être utilisée à moyen terme par l'espèce. Pour cela, et au regard notamment du nombre important d'obstacles érigés sur le bassin, il convient d'optimiser la franchissabilité à la montaison et à la dévalaison de tous les aménagements. Dans le respect de la réglementation, tous les propriétaires et pétitionnaires sont tenus de se mettre en conformité et de réduire autant que faire se peut les impacts de leur(s) ouvrage(s).

Au regard de la stratégie à court terme retenue au § 5, il est possible d'identifier, à la montaison et à la dévalaison, les ouvrages au niveau desquels il convient d'améliorer très rapidement la franchissabilité.

6.4.1. Montaison

Sur la base de leur niveau d'impact et de leur position sur le bassin, la montaison doit être améliorée très rapidement au niveau de **10 ouvrages** :

- 8 sont situés sur le gave de Pau : Cauneille, Sapso, Denguin, Heid, Narcastet, Mirepeix, Nay et Rey (tout en veillant à rétablir la pleine fonctionnalité du dispositif de franchissement de Meillon).
- 2 sont situés sur l'Ouzom : Igon et seuil d'Asson.

En supposant que les dispositifs qui seront mis en place présentent une efficacité optimale (il a été pris en compte un taux de franchissement de 97,5%), l'aménagement de ces 10 ouvrages permettrait à 85% des poissons de parvenir à l'amont de Pau (contre 35% actuellement) et à 60% d'entre eux de parvenir à l'amont de Nay (contre 15% actuellement ; figure 23).

Le stade de vives eaux de Pau qui utilise de l'eau détournée par le barrage de Coy a été construit *a posteriori* des études radio-téléométriques. De ce fait, son impact n'est pas connu à ce jour mais il est probable que cette installation ne soit pas anodine pour les saumons.

Certains ouvrages ne présentent pas de difficulté à la montaison pour le saumon. Ils doivent toutefois être optimisés pour d'autres espèces à enjeux sur le territoire. En particulier, les obstacles de Biron, Lacq, Lescar I, Loustau, Pous-Tournier, Lacaze et De Lauture peuvent poser des problèmes pour l'alose et/ou la lamproie et/ou l'anguille et/ou la truite fario.

6.4.2. Dévalaison

Une survie maximale des smolts doit être recherchée à l'échelle du bassin. Les mortalités de poissons sont en effet directes et ne peuvent pas être compensées par d'autres phénomènes car il s'agit de la dernière phase de vie continentale (NASCO). Les poissons concernés sont bien sûr ceux issus de la reproduction naturelle mais également ceux provenant du repeuplement (voir § 7).

Sur la base de leur niveau d'impact, de la stratégie retenue à la montaison, de leur situation sur le bassin et de la localisation des opérations de repeuplement (voir § 7), **13 ouvrages** doivent être améliorés très rapidement à la dévalaison :

- 12 sur le gave de Pau : Vizens, Peyrouse, Toustard, Montaut, Nay-Mirelec-Vignes, Heid, Marsan, Artix, Biron, Sapso, Baigts et Puyoo.
- 1 sur l'Ouzom : Igon.

Tableau X : Effectifs et poids moyens (en kg) des femelles F1 de 2004 à 2012.

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Nbre de femelles	856	1 157	878	547	454	310	171	326	282
Poids (kg) des femelles	933	835	904	702	600	525	195	315	230

Dans ces conditions, il est possible d'avancer un taux de survie global à l'échelle de l'axe de proche de 90% contre environ 80% actuellement.

Remarque : des améliorations au niveau de tous les aménagements hydroélectriques se traduiraient par une survie moyenne à l'échelle de l'axe de l'ordre de 92–93 % (Voegtle et Larinier, 2008).

Au-delà du saumon, il existe également des enjeux particulièrement importants pour l'anguille sur le territoire. L'espèce devra donc être systématiquement prise en compte au niveau de chaque ouvrage dès lors qu'il s'agira de réduire les impacts à la dévalaison. En outre, 13 ouvrages ont été identifiés comme prioritaires (ouvrages ZAP) dans le plan de gestion français. Ces ouvrages doivent être mis en conformité (montaison et dévalaison) d'ici 2015. Parmi ces ouvrages, 7 sont des ouvrages hydroélectriques dont 6 (Marsan, Artix, Biron, Sapso, Baigts et Puyoo) font également partie des ouvrages prioritaires pour le saumon.

Qu'il s'agisse de la montaison ou de la dévalaison, il convient de s'assurer de l'entretien régulier des dispositifs de franchissement piscicoles. Des dysfonctionnements aux périodes stratégiques de migration peuvent en effet réduire à néant l'efficacité de toutes ou d'une grande partie des actions de restauration engagées.

7. REPEUPLEMENT

7.1. Pratiques actuelles

Sur le gave de Pau, les opérations de repeuplement ont débuté dès 1983 mais ce n'est qu'à partir de 2004 que des efforts conséquents ont été mis en œuvre (tableau X).

Les entraves à la libre circulation ne permettant pas à un nombre suffisant de géniteurs de rejoindre les zones propices à la reproduction, l'alevinage est en effet apparu indispensable afin de restaurer une population.

7.1.1. Origine et qualité des reproducteurs

Dans les années 80, des œufs de souches étrangères étaient importés (souches écossaises, irlandaises ...) et déversés quelques mois après l'éclosion. C'est dans les années 1990 que le rempoissonnement s'est fait exclusivement à partir de souches autochtones.

Par la suite, plusieurs techniques ont été adoptées pour constituer le stock de géniteurs F0. Des adultes sauvages remontant le gave d'Oloron étaient capturés dans des pièges aménagés à l'intérieur de dispositifs de franchissement. Ces géniteurs ne pouvant plus participer à la reproduction naturelle sur le bassin du gave d'Oloron, cette pratique a donc été abandonnée. L'approvisionnement en géniteurs s'est alors fait en récupérant des adultes trop faibles (« moribonds ») pour participer à la reproduction.

Des questionnements en lien avec la génétique des moribonds sont apparus ces dernières années. De plus, l'audit GENESALM, destiné à diagnostiquer les pratiques de production de salmonidés de repeuplement, a mis en évidence un faible nombre de F0 susceptible d'entraîner des problèmes de perte de variabilité génétique en F1 en lien avec des croisements non optimaux (Vespoor, 1988). D'après Haffray et Rault (2008), une bonne variabilité génétique est indispensable à la bonne santé des populations et nécessite un pool minimum d'une cinquantaine de géniteurs.

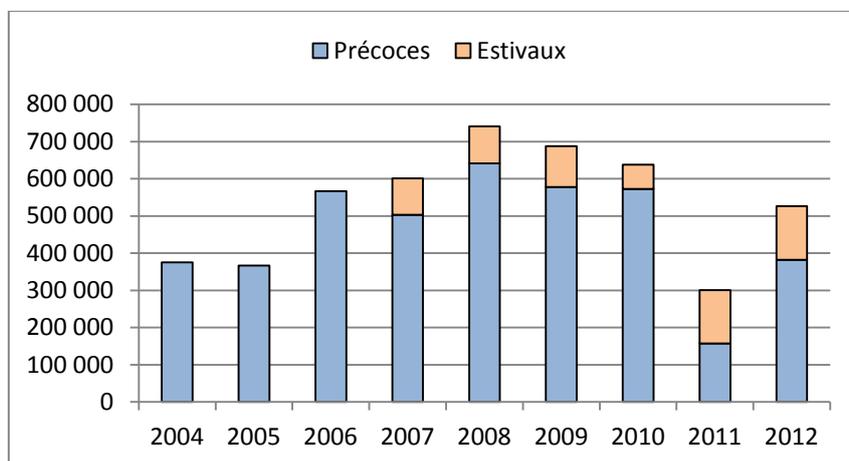


Figure 24 : Quantités d'alevins précoces et estivaux déversés dans le gave de Pau depuis 2004.

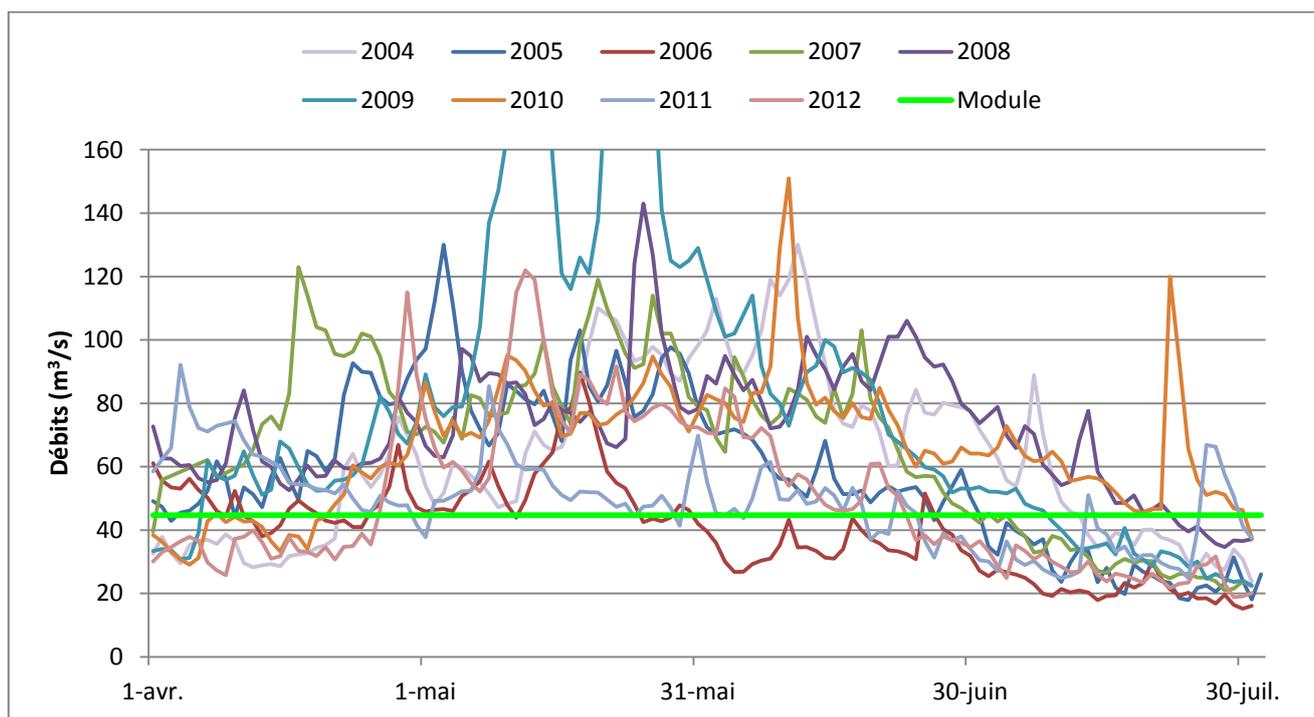


Figure 25 : Débits (en m³/s) à la station de Rieulhès d'avril à juillet de 2004 à 2012.

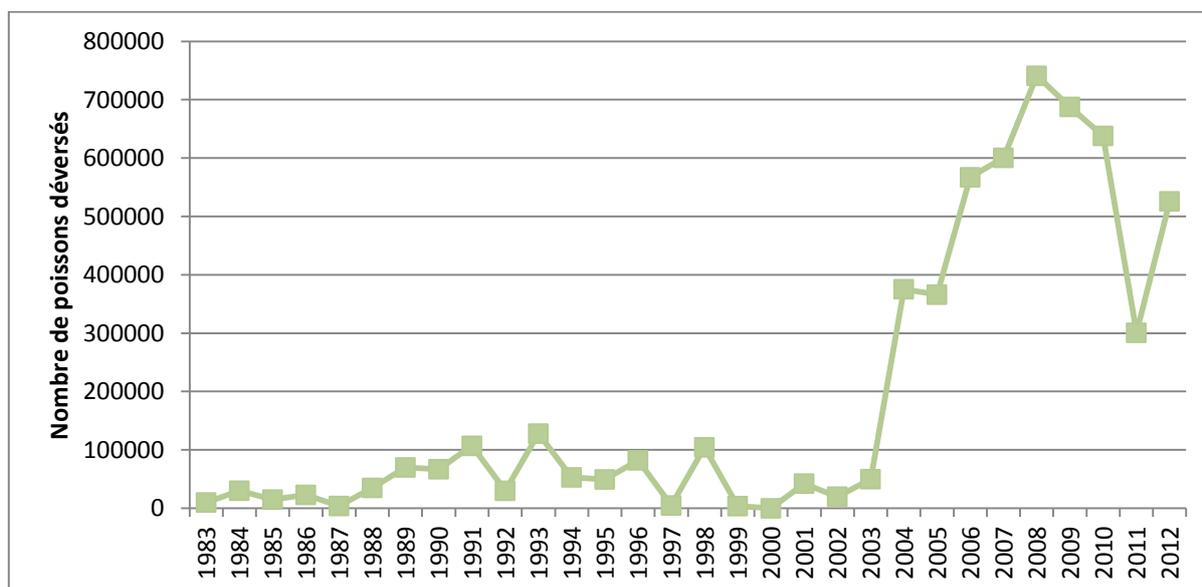


Figure 26 : Nombre d'alevins déversés dans le gave de Pau depuis 1983.

En 2011, il a été décidé de capturer des tacons sauvages sur le bassin du gave d'Oloron afin de reconstituer la génération F0. Sur les 2 000 poissons capturés, il n'en reste plus aujourd'hui que 400 environ en raison des mortalités importantes de ces poissons sauvages en pisciculture (Lymbery, 2002). Le pool de F0 devrait toutefois être suffisant dans les toutes prochaines années afin d'assurer la production d'un nombre suffisant d'alevins possédant une variété génétique intéressante.

7.1.2. Stades, périodes et hydrologie

Trois structures de production sont actuellement mobilisées sur le bassin.

La pisciculture de Cauterets s'occupe de l'élevage des géniteurs, de la production de la totalité des œufs et de l'élevage d'une partie des juvéniles. Les piscicultures d'Arcizans et de Sassis assurent une partie de l'éclosion des œufs et de l'élevage des juvéniles. La première est destinée à la production des stades précoces et la seconde assure la production des estivaux.

Les capacités d'élevage limitées des piscicultures mobilisées ont pour conséquence des déversements en grande majorité d'alevins précoces en avril-mai dont la taille est comprise entre 2 et 4 centimètres pour un poids aux alentours de 0,5 grammes. Jusqu'en 2007, la totalité des alevins déversés étaient des précoces mais un changement de stratégie s'est opéré avec une augmentation de la production d'alevins estivaux (figure 24).

Au stade précoce, les poissons sont juste nourris et ont passé peu de temps en pisciculture. De ce fait, ils sont plus « rustiques » mais ils sont aussi très fragiles.

Le régime hydrologique de type pluvio-nival du gave de Pau est caractérisé par des débits conséquents d'avril à juin en relation avec la fonte des neiges (figure 25). Les déversements des poissons à cette période se pratiquent ainsi le plus souvent avec de fortes eaux, à un moment où les ressources trophiques ne sont pas forcément optimales, ce qui peut avoir une forte influence sur la survie des individus (Scrimgeour et Winterbourn, 1989 ; Jensen et Johnsen, 1999 ; Letcher, 2004 ; Ingram, 2008).

Tous les poissons « précoces » déversés sur le gave en avril-mai l'ont été pour des débits supérieurs au module et plus de 55% pour des débits supérieurs à 1,5 fois le module. Seuls les repeuplements réalisés en 2010 ont été réalisés pour des débits inférieurs au module.

Depuis 2007, des alevins estivaux sont également déversés en juin-juillet. Ils sont plus grands et plus robustes, avoisinant les 2 g. Les conditions trophiques sont *a priori* plus favorables et les débits plus faibles. Ces bonnes conditions lors des périodes de déversements induisent la plupart du temps une meilleure survie des alevins estivaux par rapport aux alevins précoces (Fisheries Research Service, 2003 ; Kennedy *et al.*, 2012). Cependant, ils séjournent plus longtemps en pisciculture et sont donc *a priori* moins « rustiques » que les alevins précoces.

7.1.3. Quantités déversées, densités, techniques et secteurs

Une réunion du comité technique saumon du COGEPOMI est organisée chaque année afin de déterminer en détails le plan de repeuplement. Les objectifs quantitatifs ont quant à eux été déterminés il y a plusieurs années et se situent aux alentours de 600 à 700 000 alevins par an (figure 26).

Depuis 2004, près de 4.8 millions de poissons ont été déversés sur le bassin pour une moyenne annuelle de 530 000 poissons (min. : 300 000 ; max. : 740 000). 85% de l'effort est réalisé sur le gave lui-même et 15% sur l'Ouzom (annexe 10).

Remarque : l'effort de repeuplement pratiqué sur le bassin du gave de Pau est du même ordre de grandeur que ceux de la Garonne ou de la Dordogne.

Tableau XI : Densités d'alevins (précoces+estivaux) déversés sur 4 secteurs du gave de Pau de 2004 à 2012.

	Densités (nbre d'alevins/ha)								
	2004 -> 2006			2007 -> 2009			2010 -> 2012		
	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max
Agos-Lourdes	0	13 454	24 574	0	17 248	28 511	0	5 333	10 128
Lourdes-Mirepeix	5 435	7 509	9 052	12 038	12 469	12 728	3 760	7 858	12 457
Mirepeix-Pau	0	0	0	0	0	0	0	4 078	8 861
Ouzom	3 320	4 591	5 667	5 667	6 022	6 333	4 320	5 149	5 733

Tableau XII : Densités d'alevins estivaux déversés sur 4 secteurs du gave de Pau de 2004 à 2012.

	Densités (nbre d'estivaux/ha)								
	2004 -> 2006			2007 -> 2009			2010 -> 2012		
	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max
Agos-Lourdes	0	0	0	0	0	0	0	1 078	1 617
Lourdes-Mirepeix	0	0	0	2 222	2 399	2 577	1 274	1 824	2 812
Mirepeix-Pau	0	0	0	0	0	0	0	1 490	2 892
Ouzom	0	0	0	0	356	667	267	929	2 120

Tableau XIII : Densités d'alevins précoces déversés sur 4 secteurs du gave de Pau de 2004 à 2012.

	Densités (nbre de précoces/ha)								
	2004 -> 2006			2007 -> 2009			2010 -> 2012		
	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max
Agos-Lourdes	0	13 454	24 574	0	17 248	28 511	0	4 255	8 511
Lourdes-Mirepeix	5 435	7 509	9 052	9 462	10 071	10 420	2 375	6 034	11 183
Mirepeix-Pau	0	0	0	0	0	0	0	2 588	7 283
Ouzom	3 320	4 591	5 667	5 667	5 667	5 667	2 200	4 220	5 333

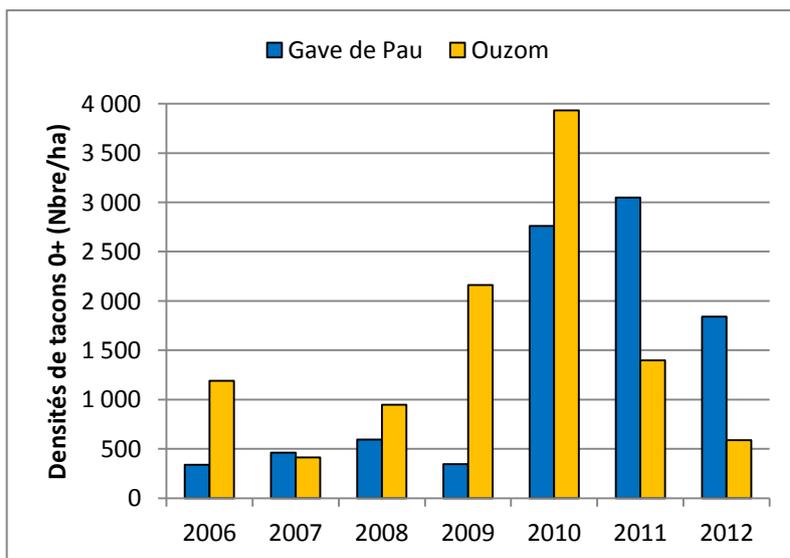


Figure 27 : Densités de tacons 0+ (nbre/ha) obtenues grâce aux pêches électriques réalisées sur le gave de Pau et sur l'Ouzom depuis 2006.

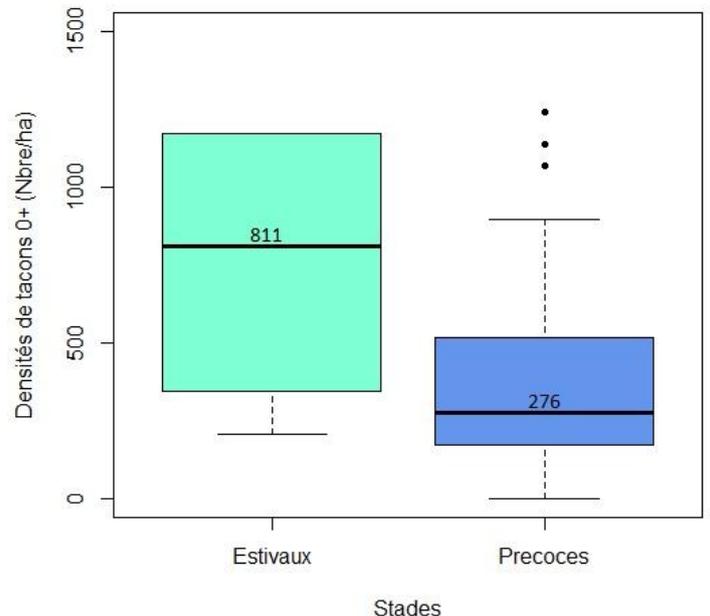


Figure 28 : Densités de tacons 0+ par hectare des stations alevinées avec des estivaux et des stations alevinées avec des précoces.

De 2004 à 2009, les repeuplements étaient pratiqués exclusivement sur l'Ouzom et sur le gave de Pau en amont de Nay. A partir de 2010, il a été décidé de réaliser des déversements sur le secteur Mirepeix–Pau qui présente *a priori* une bonne fonctionnalité pour l'espèce.

Ainsi, aujourd'hui, le secteur aleviné s'étend d'Agos-Vidalos jusqu'à Pau sur le gave de Pau et à l'aval d'Arthez d'Asson sur l'Ouzom, soit au total près de 77 ha d'ERR sur les 93 ha fonctionnels recensés.

Cela a permis de réduire les densités de mise en charge des habitats pratiquées les premières années qui étaient très nettement supérieures à celles préconisées dans la littérature (100 à 150 juvéniles au maximum pour 100 m² (Orciari *et al.*, 1994) et 80 à 100 estivaux pour 100 m² ; tableaux XI, XII et XIII).

Concernant enfin les techniques de repeuplement, les alevins précoces sont transportés dans des poches gonflées à l'oxygène puis déversés dans le milieu à l'aide d'embarcations (raft). Cette technique permet une bonne dissémination des individus mais rend plus difficile un contrôle précis des densités de mise en charge sur les différents habitats. Les estivaux sont eux transportés dans des cuves et déversés depuis la berge.

7.1.4. Efficacité des repeuplements

L'efficacité des opérations de repeuplement est appréhendée chaque année grâce à des prospections par pêches électriques réalisées par Migradour, les Fédérations de Pêche et l'Onema.

Sont systématiquement pratiquées des prospections de type « 5 minutes » qui permettent de définir des indices d'abondance et des densités à l'hectare, sur la base d'un protocole standardisé. Par rapport aux méthodes par épuisement, elles présentent l'avantage d'être rapides et permettent ainsi de multiplier les stations d'échantillonnage.

Le manque de précision dans le contrôle des densités de mise en charge sur le gave de Pau ne permet de pratiquer que des analyses grossières, à l'échelle de tronçons. De plus, il est particulièrement difficile, malgré les marquages réalisés (voir § 7.1.5), de distinguer les poissons sauvages et ceux issus du repeuplement.

Les figures 27 et 28 (voir également annexes 11 et 12) révèlent en particulier que les densités sur les stations repeuplées du gave de Pau sont très nettement supérieures à partir de 2010. En 2010, un tel résultat peut s'expliquer par les conditions hydrologiques, les faibles débits lors des déversements ayant très probablement permis une meilleure survie. En 2011 et 2012, cela peut être mis en relation avec l'augmentation des déversements d'estivaux, qui présentent *a priori* une bien meilleure survie que les précoces.

Sur l'Ouzom, les résultats sont plus fluctuants. Des densités maximales ont toutefois également été observées en 2010.

7.1.5. Opérations de marquage

Deux types de marquage sont utilisés sur le bassin :

- le marquage à l'aide de pigments fluorescents. Des pigments de peinture broyés et mélangés à une solution aqueuse sont projetés à l'aide de matériels dédiés sur le corps des poissons à une pression comprise entre 5 et 6 bars. Cette méthode a été mise au point sur le bassin de la Dordogne et a permis de constater que près de 90% des poissons étaient encore marqués 298 jours après (Chanseau, *com. pers.*). Cette technique a été utilisée en 2010 et 2011 sur le gave de Pau afin d'une part de distinguer les poissons issus du repeuplement et ceux provenant de la reproduction naturelle et d'autre part, d'appréhender les stratégies d'occupation des habitats par les poissons de pisciculture (maintien sur les zones de repeuplement ou déplacements...). C'est en moyenne 40 000 poissons qui ont été marqués avec cette technique en 2010-2011. L'utilisation de cette technique sur le gave s'est révélée délicate et a été abandonnée.

- le marquage par ablation de la nageoire adipeuse. Seuls les estivaux peuvent être marqués facilement avec cette technique sans qu'elle n'entraîne de mortalités significatives. Des marquages ont eu lieu en 2011 et 2012 (55 400 en 2011 et 60 800 en 2012). Ils sont avant tout destinés à déterminer des taux de retour, c'est-à-dire la probabilité d'un jeune poisson déversé sur le bassin de revenir au stade adulte. Ce taux de retour, qui constitue un élément de connaissance particulièrement important dans tous les plans de restauration, sera déterminé au niveau de la station vidéo d'Artix au niveau de laquelle il est possible de dénombrer les saumons dépourvus de nageoire adipeuse. Les premiers poissons marqués ayant été lâchés en 2011, les premiers retours devraient être enregistrés dès 2013. Ces marquages permettront également de déterminer des taux d'égaré des poissons entre le gave de Pau et le gave d'Oloron.

7.2. Propositions d'amélioration

- 1) La qualité génétique de la génération F1 doit être améliorée ce qui passera obligatoirement par une augmentation du nombre de géniteurs F0. Il convient tout d'abord, sur la base du principe de précaution, de stopper définitivement la production à partir de moribonds. La poursuite de la capture de tacons sauvages dans le milieu naturel doit être poursuivie mais au regard des mortalités importantes observées, les effectifs doivent être réduits et une nouvelle méthode d'approvisionnement doit être recherchée. La capture de 20 à 30 géniteurs adultes par an dans le milieu naturel juste avant la reproduction permettrait probablement d'atteindre les objectifs et d'arrêter, si cela fonctionne, les prélèvements de juvéniles. Des réflexions sont déjà engagées dans ce sens.
- 2) L'efficacité des opérations de repeuplement doit être améliorée. Les réorientations des pratiques mises en œuvre ces toutes dernières années semblent déjà porter leur fruit. L'augmentation des quantités d'estivaux, qui présentent *a priori* des survies nettement supérieures à celles des précoces, doit être poursuivie et accentuée. Il convient toutefois d'adapter les capacités d'élevage des sites de production existants (Moradyan *et al.*, 2012) voire de mobiliser un ou plusieurs sites supplémentaires afin d'être en mesure de produire une quantité significative d'individus. Pour de multiples raisons, il paraît toutefois préférable de conserver une production de précoces, qui présentent une « rusticité » plus importante. Ainsi, de façon pragmatique et en l'état actuel des connaissances, il peut être avancé des objectifs de l'ordre de 50% de précoces et 50% d'estivaux, soit environ 250 000 à 300 000 poissons pour chaque stade.
- 3) Il convient de réfléchir à une meilleure répartition de l'effort de repeuplement prenant notamment en compte les réalités hydrologiques des cours d'eau. Ainsi, par exemple, l'Ouzom est moins concerné par la fonte des neiges que le gave de Pau et pourrait recevoir les premiers poissons. Dans une le même ordre d'idée, les premiers déversements sur la gave de Pau pourraient s'effectuer sur la partie aval de la zone repeuplée, sur des territoires où la pente du cours d'eau est moins importante, ce qui permettrait probablement aux jeunes individus de s'adapter plus facilement.
- 4) Il convient de poursuivre, voire d'intensifier les marquages par ablation d'adipeuse afin d'appréhender plus précisément les taux de retour des individus déversés.
- 5) Il paraît également important de laisser des secteurs vierges de tout repeuplement afin d'appréhender la recolonisation du bassin par les géniteurs de retour. En première analyse, il est possible de proposer les parties amont du gave de Pau et de l'Ouzom.

8. LES SUIVIS PERMETTANT D'AMÉLIORER LES CONNAISSANCES, D'APPRÉHENDER L'EFFICACITÉ DES ACTIONS ENTREPRISES ET DE CONTRÔLER L'ÉVOLUTION DE LA POPULATION

8.1. Contrôle des migrations

La caméra disposée à Artix, 9^{ème} ouvrage érigé sur l'axe, ne permet pas de comptabiliser la totalité des poissons s'engageant dans le gave. Il apparaît ainsi particulièrement intéressant pour le saumon mais aussi pour les autres espèces migratrices, de disposer d'une station de contrôle située plus à l'aval sur l'axe. Une étude va ainsi être lancée prochainement par l'Agence de l'Eau Adour-Garonne au niveau de l'ouvrage de Castetarbe (5^{ème} ouvrage), en accord avec le pétitionnaire EDF.

Il conviendra également de veiller, lors de l'amélioration de la franchissabilité des ouvrages problématiques, à la mise en place d'une station vidéo permettant de déterminer les effectifs parvenant en amont de Nay, sur les meilleurs habitats.

8.2. Poursuite et amélioration du suivi de l'efficacité des opérations de repeuplement

8.2.1. Pêches électriques

Il est nécessaire de poursuivre les pêches électriques pour appréhender l'efficacité des opérations de repeuplement et de les optimiser en augmentant leur nombre et en améliorant leur répartition tout en veillant à bien prospecter les secteurs alevinés les plus aval.

8.2.2. Utilisation de l'outil « otolithes »

Les otolithes sont de petites concrétions présentes dans l'oreille interne de tous les poissons ostéichthyens (www.marinebiodiversity.ca). Ils incorporent un certain nombre d'éléments chimiques issus du milieu ambiant et leur dosage renseigne sur les déplacements et les milieux traversés par les individus (Panfili, 2007 ; Martin, 2013).

Les travaux engagés par Bareille (Bareille, 2013) sont intéressants dans le sens où il est apparu possible *a priori* de distinguer les poissons issus de la reproduction naturelle et ceux issus du repeuplement. De même, l'influence des stades de repeuplement devrait également pouvoir être appréhendée dans la mesure où les piscicultures d'élevage peuvent être distinguées. Enfin, cela pourrait également permettre d'appréhender dans les captures des pêcheurs professionnels, sur un stock mélangé dans l'estuaire, les parts respectives des poissons provenant des bassins Oloron, Nive et Pau. Il convient pour cela de développer des actions spécifiques permettant, en relation avec les pêcheurs professionnels, de récupérer un nombre significatif d'otolithes sur des poissons pêchés. Le faible échantillon collecté sur le gave de Pau ne permet pas toutefois d'aller très loin dans les analyses actuellement.

Le principal inconvénient de cette technique réside dans le fait qu'elle nécessite le sacrifice de l'animal. En l'état actuel des choses, il ne paraît pas envisageable de sacrifier des saumons du gave de Pau. Des tests permettant de déterminer la faisabilité de réaliser, à partir de rayons de nageoires, des analyses comparables à celles pratiquées sur les otolithes vont être lancés cette année (Bareille, *com. pers.*).

8.2.3. Poursuite du marquage des alevins

Les premiers poissons marqués par ablation de l'adipeuse ont été lâchés en 2011, les premiers retours auront lieu en 2013. La poursuite des opérations de marquage permettra, grâce aux suivis vidéo, d'obtenir des taux de retour. Cela permettra également d'appréhender le taux d'égaré des poissons entre Pau et Oloron.

8.3. Suivi de la reproduction naturelle

8.3.1. Activité de reproduction

Le suivi de la reproduction naturelle mise en place depuis 2012 sur l'axe afin d'appréhender les limites de colonisation actuelle et de mettre en évidence d'éventuels blocages en aval d'obstacles doit être poursuivi.

8.3.2. Fonctionnalité des sites de fraie

Il paraîtrait intéressant de compléter les observations de l'activité de fraie par des opérations permettant de déterminer la composition granulométrique de différents sites afin d'en appréhender leur fonctionnalité.

8.4. Amélioration des connaissances sur les habitats

Seuls les habitats du gave de Pau et de l'Ouzom sont connus. Il paraîtrait intéressant de compléter les connaissances sur d'autres cours d'eau comme le Nééz dans les Pyrénées Atlantiques ou le Nez dans les Hautes Pyrénées, qui présentent *a priori* des caractéristiques favorables au saumon.

9. PRENDRE EN COMPTE LES AUTRES ESPÈCES MIGRATRICES

Le saumon atlantique n'est pas la seule espèce migratrice à fréquenter le gave. D'autres espèces comme l'alose vraie (*Alosa alosa*), la lamproie marine (*Petromyzon marinus*) et l'anguille d'Europe (*Anguilla anguilla*) sont également présentes et doivent être prises en compte.

Au regard de la répartition à la fois des obstacles sur l'axe migratoire et du régime thermique du gave, il peut être avancé des enjeux aloses *a minima* jusqu'à Pau, des enjeux lamproies *a minima* sur tout le territoire des Pyrénées Atlantiques et des enjeux anguilles sur la totalité du linéaire du gave de Pau.

Sur la partie aval de l'axe, il convient de ne pas oublier l'alose feinte (*Alosa fallax*) et la lamproie fluviatile (*Lampetra fluviatilis*).

En ce qui concerne en particulier la circulation piscicole, il conviendra de veiller à ce que les exigences de ces différentes espèces soient systématiquement prises en compte, aussi bien à la montaison qu'à la dévalaison.

10. CONCLUSION

Le gave de Pau présente des habitats de qualité pour le saumon atlantique permettant d'assurer le maintien d'une population de l'ordre de 3 000 individus.

Actuellement, et pourtant après la construction de nombreux dispositifs de franchissement et la mise en place d'opérations de repeuplement conséquentes depuis près d'une dizaine d'années, à peine 400 géniteurs les meilleures années parviennent sur des secteurs plus ou moins fonctionnels pour l'espèce. Les meilleurs habitats ne sont colonisés que par environ 15% des individus et les mortalités à la dévalaison des juvéniles, de l'ordre de 20%, sont encore très importantes.

Le succès du plan de restauration ne pourra passer que par une amélioration importante et rapide de la circulation piscicole. Ont été identifiés 10 ouvrages prioritaires à court terme pour la montaison et 13 ouvrages pour la dévalaison.

Les opérations de repeuplement doivent être poursuivies et optimisées. Les recommandations formulées dans le présent rapport, qui s'appuie notamment sur l'efficacité du changement des pratiques mis en œuvre ces toutes dernières années, doivent être appliquées. Ces opérations de repeuplement ne devront pas durer plus d'une dizaine d'années. En effet, le retour d'expérience de tous les plans de restauration du saumon en France, en Europe et dans le monde révèle que si la reproduction naturelle ne prend pas rapidement le pas sur le repeuplement, les chances de succès sont quasi nulles. Cela serait d'autant plus regrettable que le plan engagé sur le gave de Pau constitue assurément une des rares opérations en Europe qui présente de réelles chances de succès.

Enfin, les suivis actuels doivent être améliorés et de nouvelles opérations doivent être mises en place afin d'améliorer les connaissances sur la population, son fonctionnement et son évolution, et d'appréhender, afin de les réorienter si besoin, l'efficacité des différentes actions.

BIBLIOGRAPHIE

- Agence de l'Eau Adour-Garonne, 2007.** Etude de faisabilité de scénarios gagnants-gagnants du double point de vue de l'eau et de l'énergie sur le bassin de la Dordogne – Rapport principal. Rapport n°06F-097 RP02 Rev02. 86p.
- Agence de l'Eau Adour-Garonne, 2008.** Quantification de la pression polymétallique sur le Gave de Pau : origine et variabilité (approche flux). Rapport technique 930 64 0006, 77p.
- Baglinière J.L., Bomassi P., Bousquet B., Chancerel F., De Pontual H., Dumas J., Euzenat G., Fontenelle G., Fournel F., Gayou F., Luquet J.F., Maisse G., Martin Ventura J.A., Marty A., Nihouarn A., Porcher J.P., Prevost E., Prouzet P., Pustelnik G., Richard A. et Troadec H., 1985.** La détermination de l'âge par scalimétrie chez le saumon atlantique (*Salmo salar*) dans son aire de répartition méridionale : utilisation pratique et difficultés de la méthode. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* **298**, 69-105.
- Barbut L. et Poux X., 2000.** Impact environnemental de la culture du maïs dans l'Union Européenne – Etude de cas sur le bassin de l'Adour. Rapport, 81 p.
- Bardonnet A. et Baglinière J. L., 2000.** Freshwater habitat of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **57**, 497-506.
- Bareille G., 2013.** Contribution de l'Alevinage des Rivières pyrénéennes au retour de Poissons Migrateurs (saumon, alose) dans le Bassin de l'Adour : application et amélioration de l'outil géochimie des otolithes (CARPOMIBA). Présentation de projet, 15 p.
- Beall E. et de Gaudemar B., 1999.** Plasticité des comportements de reproduction chez le saumon atlantique (*Salmo salar*) en fonction des conditions environnementales. *Cybiurn* **23**, 9-28.
- Biernaczyk M., Formicki K., Bartel R. et Mongiato Z., 2012.** Characteristics of gametes of the Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) restored in northern Poland. *Journal of Applied Ichthyology* **28**, 66-74.
- Boeuf G., 1994.** La phase de préadaptation à la vie en mer: la smoltification. In: J.C. Guéguen et P. Prouzet (eds), *Le saumon atlantique*. Plouzané: IFREMER, p. 47-63.
- Bouchet, J.C., 1995.** Histoire de la pêche au saumon dans l'Adour, les gaves et la Bidassoa du XIVème au XXème siècle. Ed. Marrimpouey. 186 p.
- Céréghino R., Cugny P. et Lavandier P., 2002.** Influence of intermittent hydropeaking on the longitudinal zonation patterns of benthic invertebrates in a mountain stream. *International Review of Hydrobiology* **87**, 47-60.
- Chanseau M. et Larinier M., 2000.** The behaviour of returning adult Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the vicinity of a hydroelectric plant on the Gave de Pau river (France) as determined by radiotelemetry. Moore A. et Russell I. (eds), *Advances in Fish Telemetry*, 257-264.
- Chanseau M. et Larinier M., 2001.** Etude de l'efficacité du futur ascenseur à poissons de l'aménagement hydroélectrique EDF de Baigts de Bearn sur le Gave de Pau. Rapport GHAAPPE RA01.03, 17 p.
- Chanseau M., Croze O., Galiay E. et Larinier M., 1998.** Suivi par radiopistage de la migration anadrome du saumon atlantique sur le gave de Pau. Rapport GHAAPPE RA98.02, 52 p. + annexes.
- Chanseau M., Larinier M., Courret D. et Bordes N., 2012.** La dévalaison des migrateurs amphihalins au niveau des petites centrales hydroélectriques – Note de positionnement technique de la délégation interrégionale Sud-Ouest de l'Onema. Rapport, 49p.
- Comission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR), 2004.** Rhin Saumon 2020. Rapport 31 p.
- Cooke S.J., Hatry C., Hasler C.T. et Smokorowski K.E., 2011.** Literature review, synthesis and proposed guidelines related to the biological evaluation of "fish friendly" Very Low Head turbine technology in Canada. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2931, 27 p.
- COSEPAC, 2010.** Evaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le Saumon atlantique *Salmo salar* au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. 162 p.
- Courret D. et Larinier M., 2008.** Etude pour la définition d'indicateurs pour la caractérisation des éclusées hydroélectriques, application au bassin Adour-Garonne. Rapport GHAAPPE RA. 07. 09. 68p.
- Courret D. et Larinier M., 2008.** Guide pour la conception de prise d'eau "ichtyocompatibles" pour les petites centrales hydroélectriques. Rapport ADEME – GHAAPPE, 60 p. + annexes)

- Croze O., 2008.** Impact des seuils et barrages sur la migration anadrome du saumon atlantique (*Salmo salar* L.) : caractérisation et modélisation des processus de franchissement. Document de thèse, 270 p.+ annexes.
- Dambre J.L., 1996.** Les extractions de matériaux dans le lit mineur et le lit majeur de la Loire et de ses affluents. *La Houille Blanche* **6/7**, 108-113.
- Dumas J. et Prouzet P., 2002.** Variability of demographic parameters and population dynamics of Atlantic salmon *Salmo salar* L. in a south-west French river. *ICES Journal of Marine Science* **60**, 356-370.
- Dumas J. et Prouzet P., 2003.** Variability of demographic parameters and population dynamics of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a southwest French river. *ICES Journal of Marine Science* **60**, 356-370.
- Dumas J., Olaizola M. et Barriere L., 2007.** Survie embryonnaire du saumon atlantique (*Salmo salar* L.) dans un cours d'eau du sud de son aire de répartition, la Nivelle. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* **384**, 36-60.
- Dumas J., Prouzet P., Porcher J.P., Davaine P., 1979.** Etat des connaissances sur le saumon en France. CNEXO, Actes de Colloques n°12, 153-170.
- Dunouau O., 1929.** Le saumon dans le gave de Pau. Rapport 16p.
- Environment Agency, 2011.** Screening at intakes and outfalls : measures to protect eel. The Eel Manual – GEHO0411BTQD-E-E. Environment Agency, 108 p. + annexes.
- Fisheries Research Services, 2003.** Salmon and sea trout, to stock or not ? Scottish Fisheries Information Pamphlet No. 22 2003, 24 p.
- Gayraud S., Hérouin E. et Philippe M., 2002.** Le colmatage minéral du lit des cours d'eau : revue bibliographique des mécanismes et des conséquences sur les habitats et les peuplements de macroinvertébrés. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* **365-366**, 339-355.
- Gibson R.J., 1993.** The Atlantic salmon in fresh water : spawning, rearing and production. *Fish Biology and Fisheries* **3**, 39-73.
- Gowans A.R.D., Armstrong J.D. et Priede I.G., 1999.** Movements of adult Atlantic salmon in relation to a hydroelectric dam and fish ladder. *Journal of Fish Biology* **54**, 713-726.
- Haffray P. et Rault P., 2008.** GENESALM, Audit des pratiques génétiques et de reproduction des piscicultures pratiquant la multiplication de salmonidés sauvages, 58p.
- Halttunen E., Rikardsen A.H., Davidsen J.G., Thorstad E.B. et Dempson J.B., 2009.** Survival, migration speed and swimming depth of Atlantic salmon kelts during sea entry and fjord migration. Nielsen J.L., Arrizabalaga H., Fragoso N., Hobday A., Lutcavage M. et Sibert J. (eds) *Tagging and Tracking of Marine Animals with Electronic Devices*, p. 35-49.
- Hefti D., 2011.** Rétablissement de la migration du poisson vers l'amont et vers l'aval au droit des ouvrages hydroélectriques. Check-list. Best Practice. Projet : version de juin 2011, 40 p. + annexes.
- Hesthagen T. et Garnås E., 1986.** Migration of Atlantic salmon smolts in river Orkla of central Norway in relation to management of a hydroelectric station. *North American Journal of Fisheries Management* **6**, 376-382.
- Hubleby P.B., Amiro P.G., Gibson A.J.F., Lacroix G.L. et Redden A.M., 2008.** Survival and behavior of migrating Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) kelts in river, estuarine and costal habitat. *ICES Journal of Marine Science* **65**, 1626-1634.
- Hvidsten N.A. et Johnsen B.O., 1997.** Screening of descending Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts from a hydropower intake in the river Orkla, Norway. *Nordic Journal of Freshwater Research* **73**, 44-49.
- Ingram S.R., 2008.** Ecological implications of flow-mediated scour events for sockeye salmon alevins (*Oncorhynchus nerka*). Document de thèse, 51p.
- Jensen A.J. et Johnsen B.O., 1999.** The functional relationship between peak spring floods and survival and growth of juvenile Atlantic Salmon (*Salmo salar*) and Brown Trout (*Salmo trutta*). *Functional Ecology* **13**, 778-785.
- Jepsen N., Aarestrup K., Økland F. et Rasmussen G., 1998.** Survival of radiotagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and trout (*Salmo trutta* L.) smolts passing a reservoir during seaward migration. *Hydrobiologia* **371/372**, 347-353.
- Jonsson B. et Jonsson N., 2004.** Factors affecting marine production of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **61**, 2369-2383.
- Jonsson N., Jonsson B. et Hansen L.P., 1998.** The relative role of density-dependent and density-independent survival in the life cycle of Atlantic salmon *Salmo salar*. *Journal of Animal Ecology* **67**, 751-762.

- Julien H.P. et Bergeron N.E., 2006.** Effect of fine sediment infiltration during the incubation period on Atlantic salmon (*Salmo salar*) embryo survival. *Hydrobiologia* **563**, 61-71
- Kennedy J.R., Crozier W.W. et Allen M., 2012.** The effect of stocking with 0+ year age-class Atlantic salmon *Salmo salar* fry : a case study from the River Bush, Northern Ireland. *Journal of Fish Biology* **81**, 1730-1746.
- Klemetsen A., Amundsen P.-A., Dempson J.B., Jonsson B., Jonsson N., O'Connell M.F. et Mortensen E., 2003.** Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. *Ecology of Freshwater Fish* **12**, 1-59.
- Kondolf G.M., 2000.** Assessing salmonid spawning gravel quality. *Transactions of the American Fisheries Society* **129**, 262-281.
- Lachadenede S., 1931.** Le saumon dans les gaves et les échelles à poissons. *Bulletin Français de Pisciculture* **40**, 98-102.
- Lachadenede S., 1935.** Echelles à saumons et résultats obtenus sur les gaves. *Bulletin Français de Pisciculture* **85**, 5-10.
- Lachadenede S., 1939.** Travaux piscicoles dans le bassin des gaves. *Bulletin Français de Pisciculture* **116**, 97-109.
- Lachadenede S., 1958.** Les gaves – Les saumons – Les échelles. *Bulletin Français de Pisciculture* **190**, 14-24.
- Larinier M. et Travade F., 2002.** Downstream migration : problems and facilities. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* **364**, 181-207.
- Larinier M., 1998.** Upstream and downstream fish passage experience in France. Jungwirth M., Schmutz S. et Weiss S. (eds) Fish migration and fish bypasses, p. 127-145.
- Larinier M., Chanseau M., Bau F. et Croze O., 2005.** The use of radiotelemetry for optimizing fish pass design. In Spedicato M.T., Lembo G. et Marmulla G. (eds), Aquatic Telemetry: Advances and Applications. Rome: FAO/COISPA, p. 53-60.
- Les Agences de l'Eau, 2000.** Effets de l'extraction des granulats alluvionnaires sur les milieux aquatiques, bilan et alternatives. *Les études des Agences de l'Eau* **71**, 47p.
- Letcher B.H., O'Donnell T.D.M.J., Obedzinski M., Grismold K. et Nislow K.H., 2004.** Long-term consequences of variation in timing and manner of fry introduction on juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) growth, survival and life-history expression. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences* **61**, 2288-2301.
- Liebig H., Lim P. et Belaud A., 1998.** Influence du débit de base et de la durée des éclusées sur la dérive d'alevins de truite commune : expérimentations en canal semi-naturel. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* **350-351**, 337-347.
- Lundqvist H., Rivinoja P., Leonardsson K. et McKinnell S., 2008.** Upstream passage problems for wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a regulated river and its effect on the population. *Hydrobiologia* **602**, 111-127.
- Lymbery P., 2002.** In too deep – Why fish farming needs urgent welfare reform. Rapport, 6 p.
- Mahé K., Deschamps D., Elleboode R. et Goragner H., 2012.** Saumon (*Salmo salar*) d'Atlantique Nord-Ouest : Calibration Franco-Canadienne de l'estimation de l'âge. Rapport final du contrat SALMOCODAGE, 36 p. + annexes.
- Martin J., 2013.** Développement de la microchimie élémentaire et isotopique ($^{87}\text{Sr} : ^{86}\text{Sr}$) des otolithes de saumon Atlantique : évaluation du potentiel pour un appui à la gestion piscicole dans le bassin de l'Adour. Document de thèse, 222 p.
- Maudou S. et Courret D., 2012.** Compte rendu du suivi de la fraie des salmonidés sur le Gave d'Aspe durant l'hiver 2011-2012 – Tronçon court-circuité entre le barrage de Bedous et la restitution de la centrale d'Asasp. Rapport Pole RA.12.01. 20p + annexes.
- McCormick S.D., Hansen L.P., Quinn T.P. et Saunders R.L., 1998.** Movement, migration and smolting of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **55**, 77-92.
- Minvielle G. et Moulia Y., 2011.** 2011 – Connaissance des stocks : Suivi de la station de contrôle des migrations de poissons de Masseys (Susmiou). Rapport MIGRADOUR, 12 p. + annexes.
- Minvielle G., 2010.** 2010 - Connaissance des stocks : Suivi de la station de contrôle des migrations de poissons d'Artix-Pardies. Rapport MIGRADOUR, 14 p. + annexes.
- Moffett I.J.J., Allen M., Flanagan C., Crozier W.W. et Kennedy J.A., 2006.** Fecundity, egg size and early hatchery survival for wild Atlantic salmon, from the River Bush. *Fisheries Management and Ecology* **13**, 73-79.
- Moog O., 1993.** Quantification of daily peak hydropower effects on aquatic fauna and management to minimize environmental impacts. *Regulated Rivers Research and Management* **8**, 5-14.

- Moradyan H., Karimi H., Gandomkar H.A., Sahraeian M.R., Ertefaat S. et Sahafi H.H., 2012.** The effect of stocking density on growth parameters and survival rate of rainbow trout alevins (*Oncorhynchus mykiss*). *World Journal of Fish and Marine Sciences* **4**, 480-485.
- Observatoire de l'Eau des Pays de l'Adour, 2006.** Les matériaux alluvionnaires dans le bassin de l'Adour. Rapport 21p.
- Orciari R.D., Leonard G.H., Mysling D.J. et Schluntz E.C., 1994.** Survival growth and smolt production of Atlantic salmon stocked as fry in a southern New England stream. *North American Journal of Fisheries Management* **14**, 588-606.
- Panfili J., 2007.** Les otolithes, intégrateurs de l'histoire individuelle des poissons. Mémoire de recherche, 55 p.
- Pankhurst N.W. et King H.R., 2010.** Temperature and salmonid reproduction : Implications for aquaculture. Rapport 20 p.
- Rasmussen G., Aarestrup K., Jepsen N., 1996.** Mortality of Sea Trout and Atlantic Salmon smolts during seaward migration through rivers and lakes in Denmark. ICES C.M., AnaCat Fish Committee. Theme session on anadromous and catadromous fish restoration programmes: A Time for Evaluation, 14 p.
- Rivinoja P., McKinnell S. et Lundqvist H., 2001.** Hindrances to upstream migration of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in a northern Swedish river caused by a hydroelectric power-station. *Regulated Rivers Research and Management* **17**, 101-115.
- Rivinoja, P. 2005.** Migration Problems of Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) in Flow Regulated Rivers. Document de thèse. ISSS: 1652-6880. ISBN: 91-576-6913-9.
- Ruggles C.P., 1980.** A review of the downstream migration of Atlantic salmon. *Can. Tech. Rep. of Fisheries and Aquatic Sci.* **952**. Halifax, Nova Scotia: Freshwater and Anadromous Div., Resource Branch Dept. of Fisheries and Oceans, 39 p.
- Saltveit S.J., 1990.** Effect of decreased temperature on growth and smoltification of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) in a Norwegian regulated river. *Regulated Rivers Research and Management* **5**, 295-303.
- Saltveit S.J., Halleraker J.H., Arnekleiv J.V. et Harby A., 2001.** Field experiments on stranding in juvenile Atlantic salmon and brown trout during rapid flow decreases caused by hydropeaking. *Regulated Rivers Research and Management* **17**, 609-622
- Scruton D.A., Pennell C.J., Robertson M.J., Ollerhead L.M.N., Clarke K.D., Alfredsen K., Harby A. et McKinley R.S., 2005.** Seasonal response of juvenile Atlantic salmon to experimental hydropeaking power generation in Newfoundland, Canada. *North American Journal of Fisheries Management* **25**, 964-974.
- Scrimgeour J.G. et Winterbourn M.J., 1989.** Effects of floods on epilithon and benthic macroinvertebrate populations in an unstable New Zealand river. *Hydrobiologia* **171**, 33-44.
- Symons P.E.K., 1979.** Estimated escapement of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) for maximum smolt production in rivers of different productivity. *Journal de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada* **36**, 132-140.
- Syndicat Mixte pour le Développement Rural de l'Arrondissement d'Argelès-Gazost (SMDRA), 2011.** Bilan du contrat de rivière gavage de Pau 2002-2010 et perspectives d'avenir dans le cadre d'un avenant 2011-2012. Rapport 62p. + annexes.
- Tentelier C., 2011.** Unité d'enseignement « Ecologie de terrain – Disponibilité et utilisation de l'habitat de reproduction par le saumon » en deuxième année de licence de Biologie (Université de Pau et des Pays de l'Adour).
- Thibault M., 1994.** Aperçu historique sur l'évolution des captures et des stocks. In: J.C. Guéguen & P.Prouzet (eds), Le saumon atlantique. Plouzané: IFREMER, pp. 175-183.
- Thorstad E.B., Fiske P., Aarestrup K., Hvidsten N.A., Hårsaker K., Heggberget T.G. et Økland F., 2005.** Upstream migration of Atlantic salmon in three regulated rivers. In Spedicato M.T., Lembo G., Marmulla G. (eds). Aquatic telemetry : advances and applications. Rome: FAO/COISPA, 111-121.
- Thorstad E.B., Økland F., Aarestrup K. et Heggberget T.G., 2008.** Factors affecting the within-river spawning migration of Atlantic salmon, with emphasis on human impacts. *Fish Biology and Fisheries* **18**, 345-371.
- Thorstad E.B., Whoriskey F., Uglem I., Moore A., Rikardsen A.H. et Finstad B., 2012.** A critical life stage of the Atlantic salmon *Salmo salar* : behavior and survival during the smolt and initial post-smolt migration. *Journal of Fish Biology* **81**, 500-542.
- Valadou B. et Vecchio Y., 2009.** Protection, restauration et amélioration de l'habitat du saumon. Rapport ONEMA, 29 p. + annexes.
- Valentin S., Souchon Y. et Wasson J.G., 1994.** Evaluation of hydropeaking effects on fish community and habitat. Rehabilitation of Freshwater Fisheries, Cowx I (ed.). Fishing News Books, Blackwell: Oxford; 138–151.

Vandewalle F., Lascaux J.M., Cazeneuve L. et Larrigue T., 2008. Suivi de la reproduction naturelle des grands salmonidés migrateurs sur le bassin de la Dordogne en aval du sablier (département de la Corrèze et du Lot), automne-hiver 2007/2008. Rapport MI.GA.DO/ECOGEA 12D-08RT. 28p. + annexes cartographiques.

Vespoor E., 1988. Reduced genetic variability in first-generation hatchery populations of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences* **45**, 1686-1690.

Voegtle B. et Larinier M., 2008. Simulation des mortalités induites par les aménagements hydroélectriques lors de la migration de dévalaison des smolts de saumon atlantique – Cours d'eau du Gave de Pau. Rapport DDTM64, 46 p.

Webb J., 1990. The Behaviour of Adult Atlantic Salmon Ascending the Rivers Tay and Tummel to Pitlochry Dam. Scottish Fisheries Research, Rapport 48, 27 p.

SITES INTERNET CONSULTES :

Banque Hydro : <http://www.hydro.eaufrance.fr>

Centre Culturel du Pays d'Orthe : <http://www.centrecultureldupaysdorthe.com/l-eau-en-pays-d-orthe/la-peche/>

Institut Océanographique de Bedford (Dartmouth, Canada) : <http://www.marinebiodiversity.ca/otolith/french/index.htm>

Système d'Information sur l'Eau : <http://adour-garonne.eaufrance.fr/>

ANNEXES

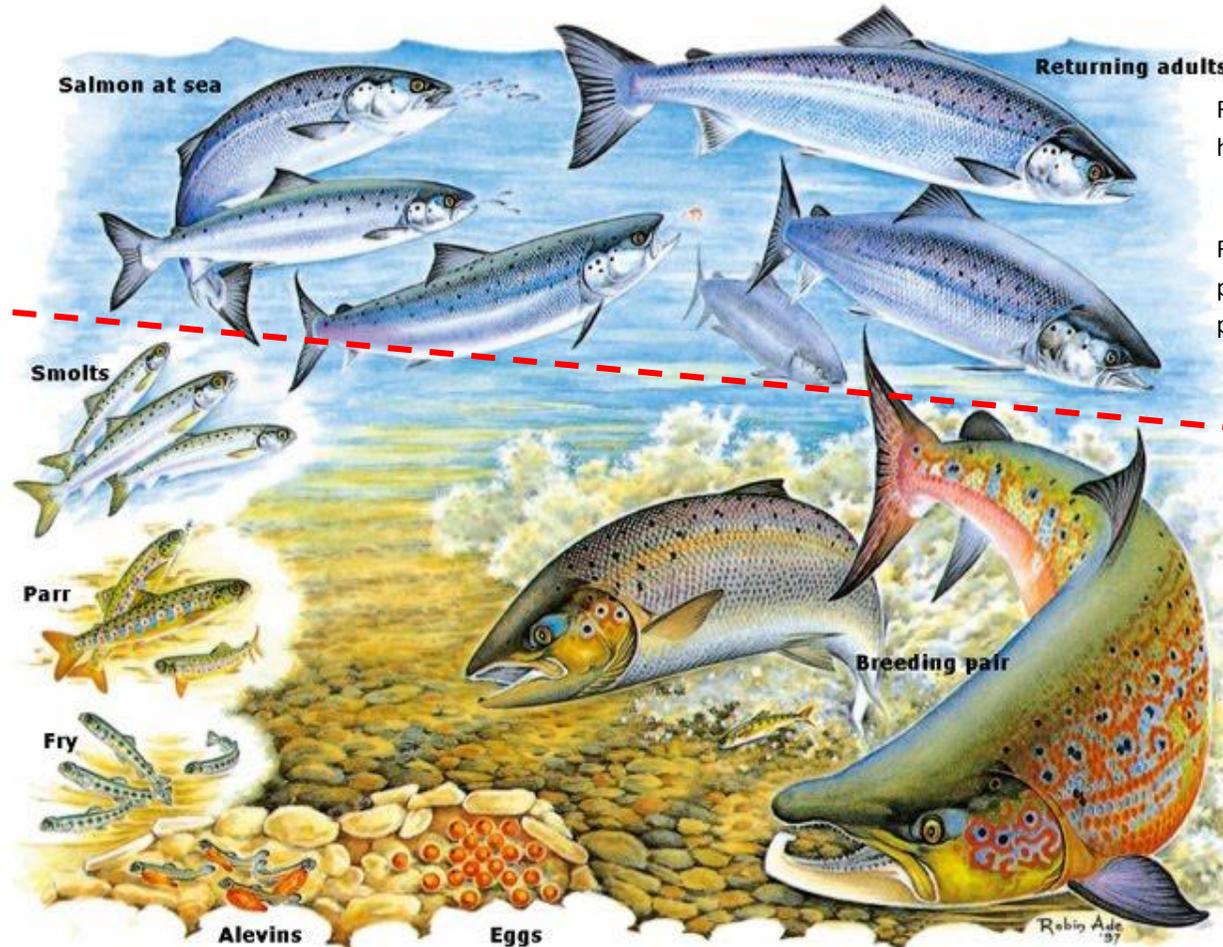
<u>Annexe 1</u> : Déroulement du stage.....	31
<u>Annexe 2</u> : Cycle de vie du saumon atlantique (<i>Salmo salar</i> L.).....	32
<u>Annexe 3</u> : Evolution de la quantité d'oxygène dissous (mg O ₂ /L) de Rieulhès (amont de Pau) à Orthez (aval du gave).....	33
<u>Annexe 4</u> : Evolution des concentrations de nitrates dans l'eau (mg/L) de l'amont du gave (Rieulhès) à l'aval (Orthez).....	34
<u>Annexe 5</u> : Comptage des espèces migratrices par piégeage jusqu'en 2004 et à Artix (vidéo) à partir de 2005.	35
<u>Annexe 6</u> : Passages journaliers des saumons atlantiques à la montaison et hydrologie à Artix de 2005 à 2012.....	36
<u>Annexe 7</u> : Répartition des Equivalents Radiers Rapides.	38
<u>Annexe 8</u> : Classement des obstacles dits « ZAP » (DDTM64).	39
<u>Annexe 9</u> : Mortalité des anguilles à chaque ouvrage à la dévalaison (DDTM64).....	40
<u>Annexe 10</u> : Détail de l'alevinage par stade et par secteur de 2004 à 2012.....	41
<u>Annexe 11</u> : Résultats des pêches électriques par stations sur le gave de Pau.....	42
<u>Annexe 12</u> : Résultats des pêches électriques par stations sur l'Ouzom.....	43

Annexe 1 : Déroulement du stage.

	Mars				Avril				Mai					Juin
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14
Familiarisation avec le sujet	■	■	■											
Terrain		■	■				■				■			
Bibliographie				■	■	■	■	■						
Traitement des données							■	■	■	■	■			
Rédaction									■	■	■	■	■	
Préparation de l'oral														■

Annexe 2 : Cycle de vie du saumon atlantique (*Salmo salar* L.).

Grossissement en mer,
proche du Groenland.



Préparation à la vie en mer :
transformation en « **smolt** ».

Descente au printemps.

Les jeunes saumons, appelés
« **tacons** » ou « **parr** », vont rester
un à deux ans en rivière.

Les alevins vont restés enfouis dans
la frayère jusqu'en février-mars.

Remontée des adultes ayant séjournés un
hiver en mer (**1HM** ou **castillon**) en été.

Remontée des adultes ayant séjournés
plusieurs hivers en mer (**PHM**) au
printemps.

Phase de vie en mer

Phase de vie en rivière

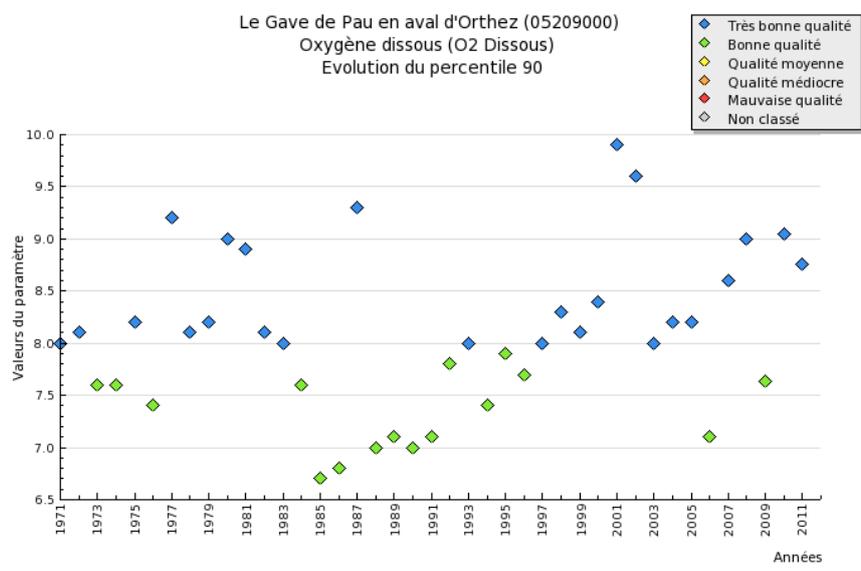
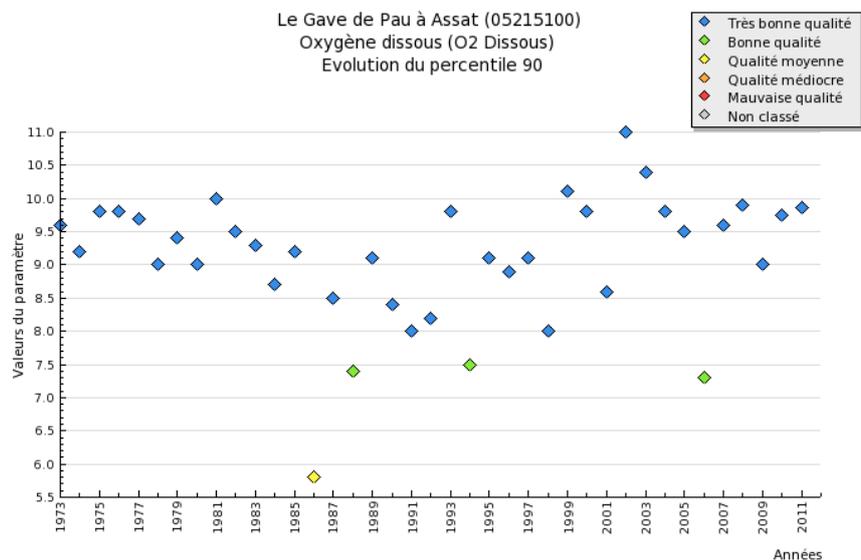
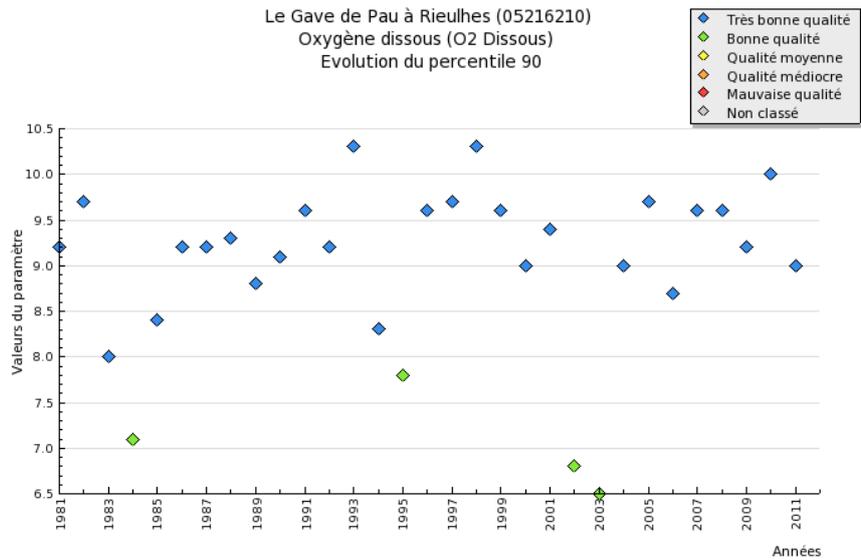
Maturation sexuelle et
transformation physique.

Reproduction en
novembre/décembre

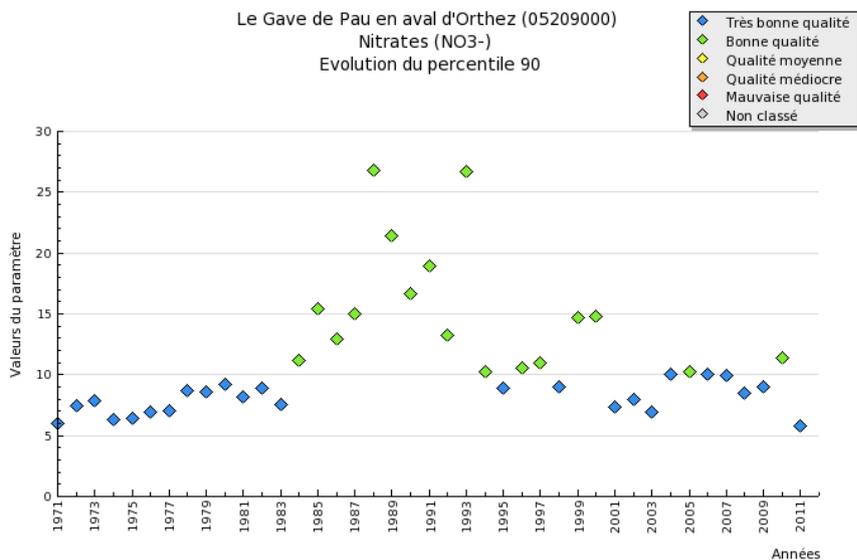
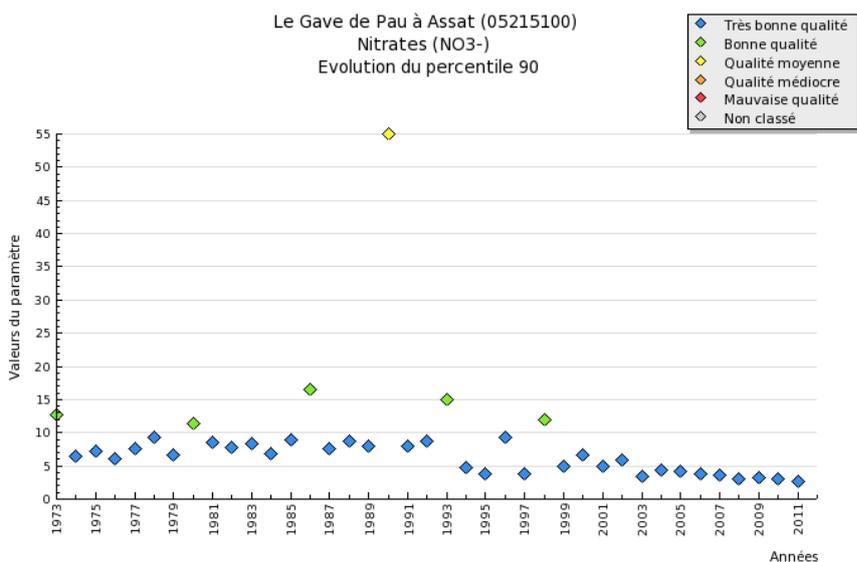
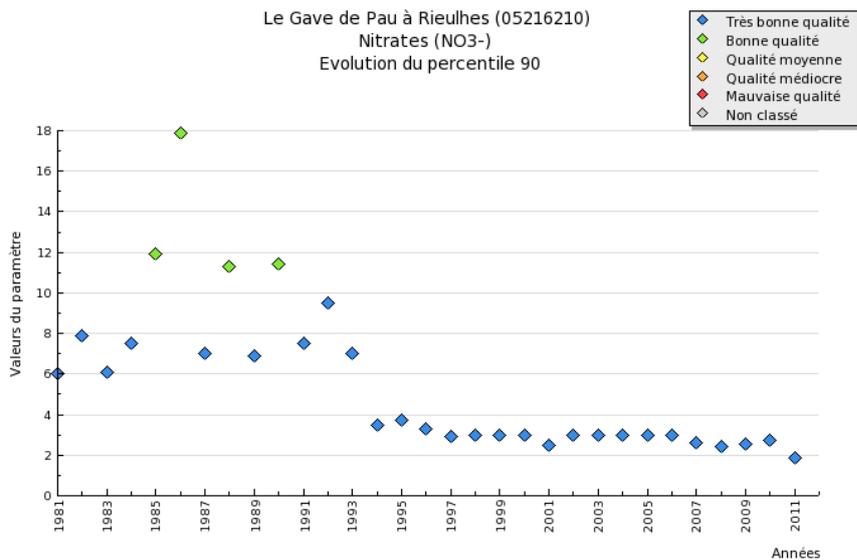
Après la reproduction, les adultes meurent.

Certains survivent (à peine 1%) et vont enclencher un
second cycle, ce sont les « **kelts** » ou les « **ravalés** ».

Annexe 3 : Evolution de la quantité d'oxygène dissous (mg O₂/L) de Rieulhès (amont de Pau) à Orthez (aval du gave).



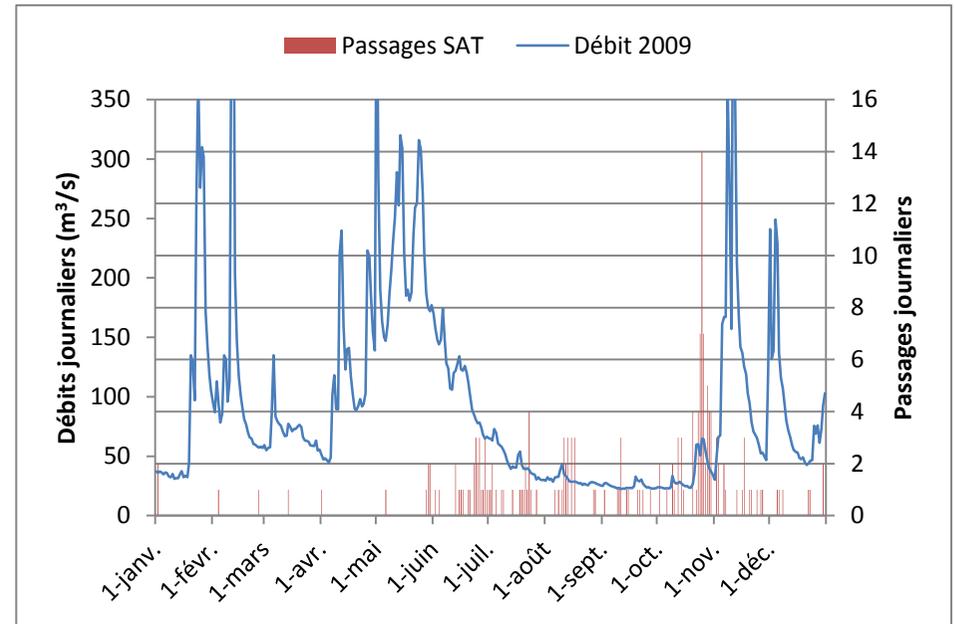
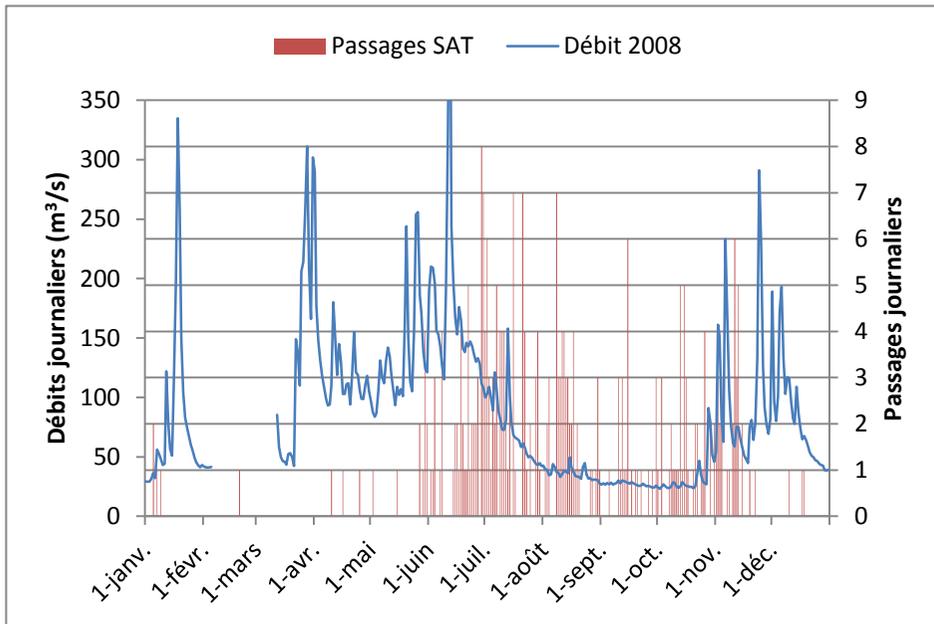
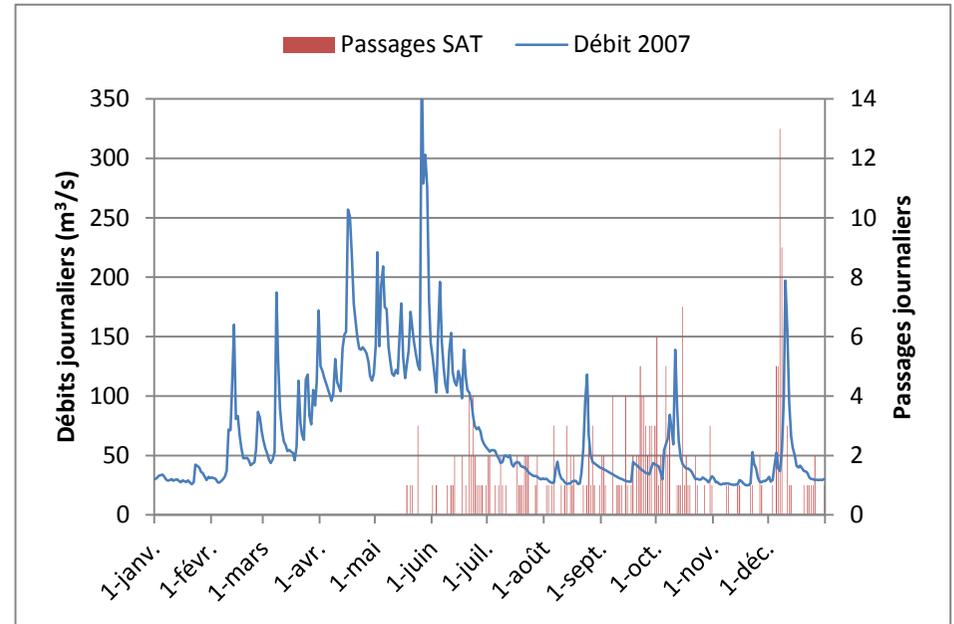
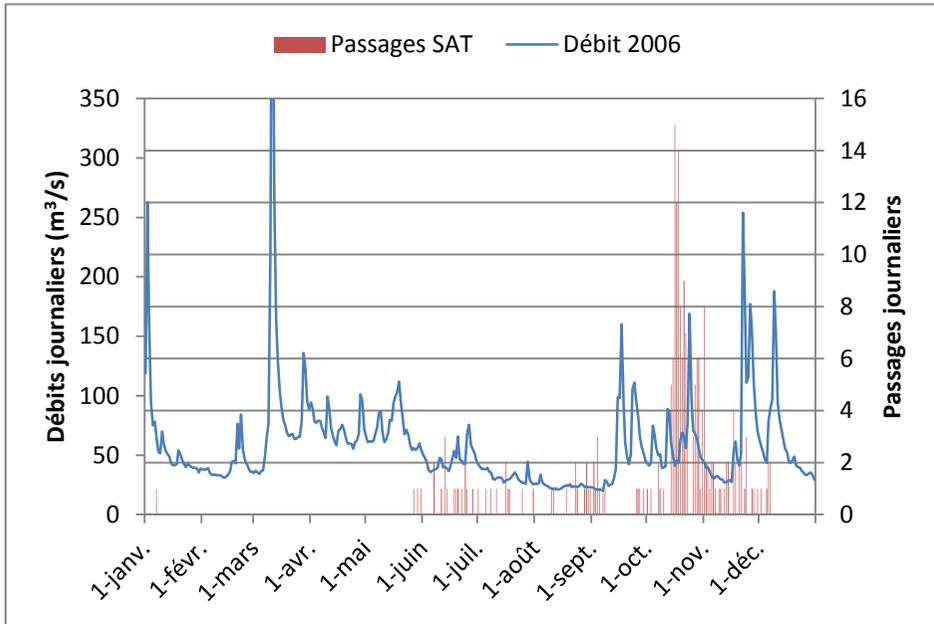
Annexe 4 : Evolution des concentrations de nitrates dans l'eau (mg/L) de l'amont du gave (Rieulhès) à l'aval (Orthez).

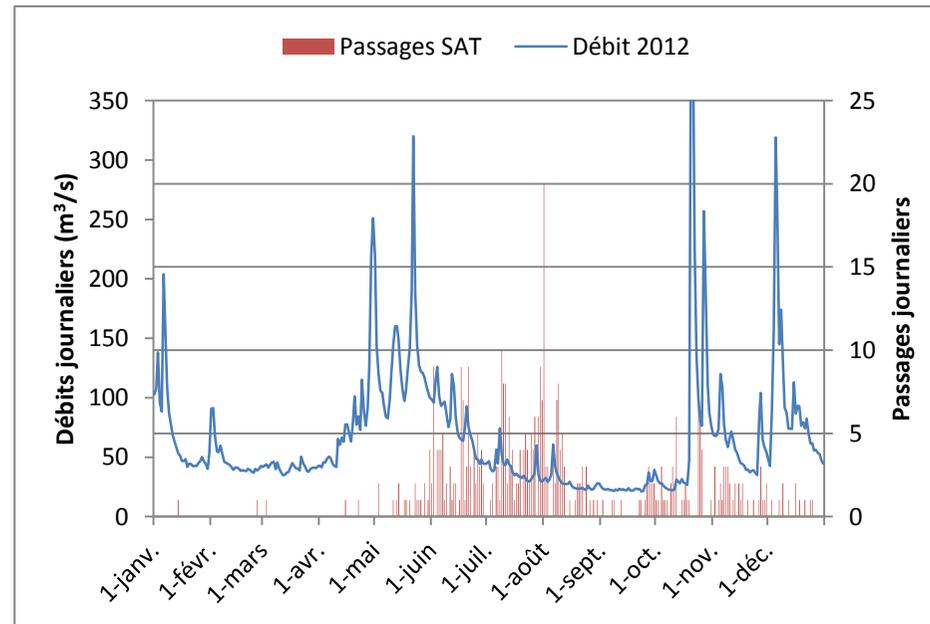
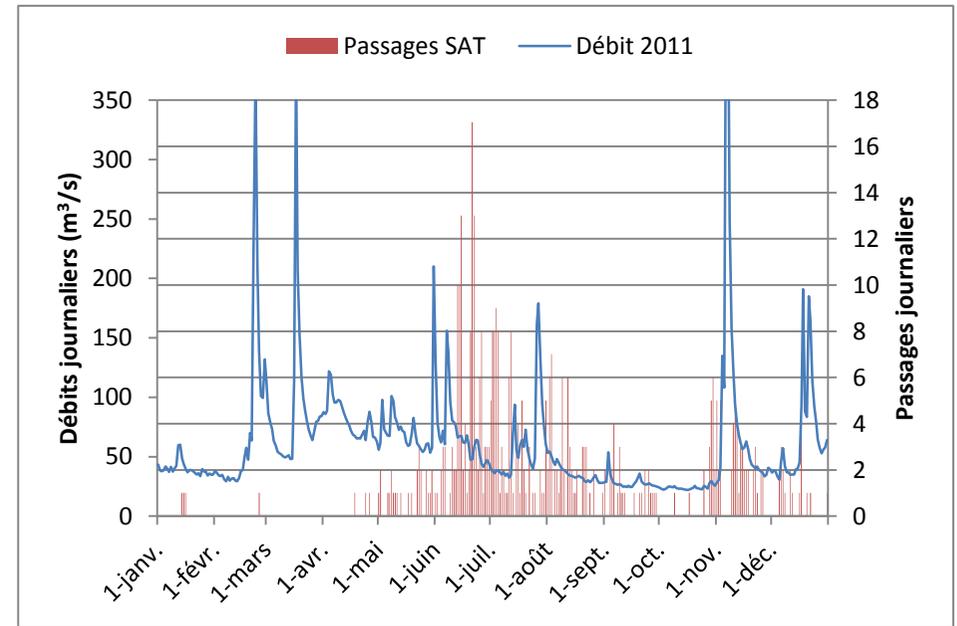
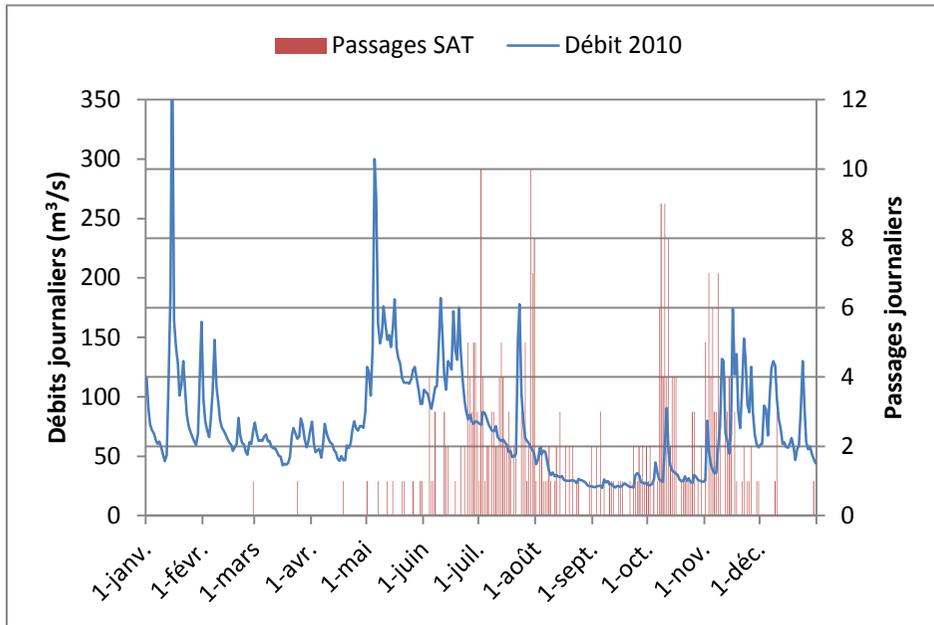


Annexe 5 : Comptage des espèces migratrices par piégeage jusqu'en 2004 et à Artix (vidéo) à partir de 2005.

	1996	1997	1998	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
ESPECES	10 juil. au 28 nov.	29 avr. au 31 déc.	29 avr. au 31 déc.	14 juin au 15 nov.	4 juin au 31 déc.	1er janv au 31 déc.							
GRANDS MIGRATEURS													
ANGUILLE (<i>Anguilla anguilla</i>)	92				2114	899	1850	308	450	993	91	512	2176
GRANDE ALOSE (<i>Alosa alosa</i>)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	12
LAMPROIE MARINE (<i>Petromyzon marinus</i>)	0	0	0	0	0	0	0	13	10	62	483	536	393
SAUMON ATLANTIQUE (<i>Salmo salar</i>)	36	44	49	123	61	216	217	236	298	178	350	426	416
TRUITE DE MER (<i>Salmo trutta f. trutta</i>)	48	65	58	35	20	41	33	45	85	77	142	217	327
Saumon ou Truite de mer	1	0	0	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0

Annexe 6 : Passages journaliers des saumons atlantiques à la montaison (en nombre de SAT/jours) et hydrologie à Artix de 2005 à 2012.





Annexe 7 : Répartition des Equivalents Radiers Rapides.

Limite aval	ERR (ha)	Linéaire (km)
Pont Lescar	15,3	8,40
Marsan	1,3	1,8
Heid	5	4,1
Meillon	0,75	0,9
Narcastet	2	1,4
Assat	8,8	7,1
Baudreix	2	2,2
Mirepeix	0,9	1
Nay	0,27	0,6
Rey	0,15	1,1
Loustau	1,3	1,3
Pous Tournier	6,6	5,1
Navarre	0,55	0,6
Lacaze	0,05	1
Montaut	0,9	1,6
De Lauture	4,2	3,6
Toustard	3,4	3,8
Peyrouse	2,6	4,8
Vizens	0,95	2,1
Grotte	0,8	2,8
Latour	3,9	8
Agos	2,3	4,9
Lac Gaves amont	3,2	3,2
Couscouillets	6,4	7,1
Pont Reine	5,5	5,1

Annexe 8 : Classement des obstacles dits « ZAP » (DDTM64).

CENTRALES	PRIORITE SMOLT	PRIORITE ANGUIILLE	PRIORITE GENERALE
Rouly	4	/	4
Montaut	1	/	2
Lacaze	4	4	4
Navarre	4	4	4
SNC Tournier	4	4	4
Nay	2	2	2
SRA (digue du Rey)	4	3	3
Coy	2	3	2
Marsan	2	3	2
Pardies	1	1	1
Biron	1	1	1
Sapso	1	1	1
Castetarbe	/	/	/
Baigts	2	1	1
Puyoo	3	2	2

Zone d'action prioritaire sur l'axe

Annexe 9 : Mortalité des anguilles à chaque ouvrage à la dévalaison (DDTM64).

Obstacles	Mortalité moyenne au niveau des ouvrages (%)	Répartition des mortalités (% des mortalités totales)	BV amont
Puyoo ⁽¹⁾	4	3	31
Baigts ⁽²⁾	12,2	11	96
Castetarbe	2,1	2	14
Sapso	9,9	9	16
Biron	7,2	7	425
Artix	12,4	9	220
Marsan	4,6	3	168
Heid	4,8	2	159
Digue du Rey	3,5	1	102
Nay	7	2	165
Mirelec	48	2	-
Vignes	40	1	-
Pous Tournier	6,9	1	2
Navarre	6,1	1	9
Lacaze	8,7	2	23
Montaut ⁽⁵⁾	14,5	4	4
De Lauture	2,5	1	9
Toustard	6,8	2	41
Peyrouse	20,8	6	28
Vizens	19,7	7	20
La Grotte	10,9	4	10
Latour	13	6	77
Agos	7,9	3	282
Lac des Gaves aval	11,8	2	0
Lac des Gaves amont	22,5	6	241
Couscouillets	15,2	1	62

Annexe 10 : Alevinage par stade et par secteur de 2004 à 2012.

Secteurs alevinés		Agos-Lourdes	Lourdes-Mirepeix	Mirepeix-Pau	Gave de Pau	Ouzom	Total	
ERR (ha)		4,7	40,5	16,6	61,8	15	76,8	
2012	Alevinage	Précoces	0	184 000	120 900	304 900	76 900	381 800
		Estivaux	0	113 900	26 200	140 100	4 000	144 100
		Total	0	297 900	147 100	445 000	80 900	525 900
2011	Alevinage	Précoces	20 000	96 200	8 000	124 200	33 000	157 200
		Estivaux	7 600	56 100	48 000	111 700	31 800	143 500
		Total	27 600	152 300	56 000	235 900	64 800	300 700
2010	Alevinage	Précoces	40 000	452 900	0	492 900	80 000	572 900
		Estivaux	7 600	51 600	0	59 200	6 000	65 200
		Total	47 600	504 500	0	552 100	86 000	638 100
2009	Alevinage	Précoces	109 200	383 200	0	492 400	85 000	577 400
		Estivaux	0	104 350	0	104 350	6 000	110 350
		Total	109 200	487 550	0	596 750	91 000	687 750
2008	Alevinage	Précoces	134 000	422 000	0	556 000	85 000	641 000
		Estivaux	0	90 000	0	90 000	10 000	100 000
		Total	134 000	512 000	0	646 000	95 000	741 000
2007	Alevinage	Précoces	0	418 400	0	418 400	85 000	503 400
		Estivaux	0	97 100	0	97 100	0	97 100
		Total	0	515 500	0	515 500	85 000	600 500
2006	Alevinage précoce	115 500	366 600	0	482 100	85 000	567 100	
2005	Alevinage précoce	74 200	220 100	0	294 300	71 800	366 100	
2004	Alevinage précoce	0	325 600	0	325 600	49 800	375 400	

Annexe 11 : Résultats des pêches électriques par stations sur le gave de Pau.

Année	NOMCOMMUNE	Stades déversés	Densités (nbre tacons 0+/ha)	Densités (nbre tacons 0+/ha)		
				Min	Moy	Max
2012	NARCASTET	Précoces + Estivaux	863	242	1 841	4 382
	BAUDREIX	Précoces	1 139			
	MIREPEIX	Précoces + Estivaux	932			
	COARRAZE	Précoces + Estivaux	4 002			
	LESTELLE-BETHARRAM	Estivaux	4 382			
	SAINT-PE-DE-BIGORRE	Précoces + Estivaux	242			
	PEYROUSE	Précoces	897			
	LOURDES	Précoces + Estivaux	2 277			
2011	COARRAZE	Précoces + Estivaux	5 624	242	3 050	6 141
	SAINT-PE-DE-BIGORRE	Précoces + Estivaux	6 141			
	SAINT-PE-DE-BIGORRE	Précoces	242			
	LOURDES	Précoces	449			
	LUGAGNAN	Précoces + Estivaux	2 795			
2010	MIREPEIX	Précoces	1 070	69	2 760	7 659
	COARRAZE	Précoces + Estivaux	3 692			
	SAINT-PE-DE-BIGORRE	Précoces + Estivaux	7 659			
	SAINT-PE-DE-BIGORRE	Précoces + Estivaux	5 762			
	PEYROUSE	Précoces + Estivaux	69			
	LOURDES	Précoces	69			
	LUGAGNAN	Précoces + Estivaux	1 001			
2009	MIREPEIX	Estivaux	621	0	345	1 001
	COARRAZE	Estivaux	1 001			
	SAINT-PE-DE-BIGORRE	Précoces	104			
	PEYROUSE	Précoces	0			
	LOURDES	Précoces	0			
2008	COARRAZE	Estivaux	345	69	593	1 242
	SAINT-PE-DE-BIGORRE	Précoces	1 070			
	SAINT-PE-DE-BIGORRE	Précoces	1 242			
	PEYROUSE	Précoces	242			
	LOURDES	Précoces	69			
2007	MIREPEIX	Estivaux	207	207	462	1 173
	COARRAZE	Estivaux	1 173			
	SAINT-PE-DE-BIGORRE	Précoces	449			
	LOURDES	Précoces	207			
	LOURDES	Précoces	276			
2006	MIREPEIX	Précoces	518	173	338	518
	COARRAZE	Précoces	276			
	SAINT-PE-DE-BIGORRE	Précoces	380			
	LOURDES	Précoces	173			
	LOURDES	Précoces	345			

Annexe 12 : Résultats des pêches électriques par stations sur l'Ouzom.

Année	NOMCOMMUNE	Période d'alevinage	Densités (nbre tacon 0+/ha)	Densités (nbre de tacons 0+/ha)		
				Min	Moy	Max
2012	IGON	Estivaux	1 553	69	587	1 553
	ASSON	Précoces	138			
	ARTHEZ-D'ASSON	Précoces	69			
2011	IGON	Estivaux	1 967	828	1 397	1 967
	ARTHEZ-D'ASSON	Précoces + Estivaux	828			
2010	IGON	Estivaux	6 866	1 001	3 933	6 866
	ARTHEZ-D'ASSON	Précoces	1 001			
2009	IGON	Estivaux	5 555	345	2 162	5 555
	ASSON	Précoces	345			
	ARTHEZ-D'ASSON	Précoces	587			
2008	ASSON	Précoces	932	932	949	966
	ARTHEZ-D'ASSON	Précoces	966			
2007	ASSON	Précoces	345	345	414	483
	ARTHEZ-D'ASSON	Précoces	483			
2006	ASSON	Précoces	2 174	207	1 190	2 174
	ARTHEZ-D'ASSON	Précoces	207			

RESUME

Le saumon atlantique (*Salmo salar* L.) a toujours été présent sur le bassin de l'Adour et plus particulièrement sur le gave de Pau mais les pressions anthropiques croissantes tout au long du XX^{ème} siècle ont entraîné sa disparition. Pourtant, le gave de Pau et son principal affluent, l'Ouzom, présentent des habitats favorables à la reproduction et au grossissement des juvéniles : jusqu'à 3 000 géniteurs pourraient remonter sur le gave alors que seulement 400 adultes sont comptabilisés les meilleures années. Pour permettre l'établissement d'une population auto-suffisante sur le gave, le rétablissement de la continuité écologique se fait de plus en plus urgent : un maximum d'adultes doit pouvoir remonter jusqu'aux zones favorables à la reproduction et les mortalités sur les smolts recherchant à rejoindre l'océan doivent être réduites. La reconquête du gave de Pau par le saumon passera par des opérations de repeuplement de façon à obtenir un potentiel de géniteurs qui permettra l'installation d'une population autonome. La qualité génétique des géniteurs domestiques doit être améliorée en prélevant des tacons et des adultes sauvages. Il est également nécessaire de limiter la production à 500 000 alevins dont autant de précoces que d'estivaux.

L'amélioration de la libre circulation du saumon ainsi que la réorientation des plans d'alevinage devraient permettre le rétablissement d'une population auto-suffisante sur le gave de Pau dans les 15 ans à venir.

Mots-clés : Saumon Atlantique, gave de Pau, Ouzom, continuité écologique, montaison, dévalaison, repeuplement.

ABSTRACT

The Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) has always been in the Adour river basin and especially in the Pau mountain stream but the anthropic pressures throughout the XXth century have led to its extinction. However, the Pau river and its main tributary, the Ouzom, offer favorable habitats for the reproduction and the juveniles growth : until 3 000 genitors could go up on the river while only 400 adults were countered the best years. To allow the establishment of a self-sufficient population in the mountain stream, the recovery of the ecological continuity is more and more urgent : the utmost of adults must go up to the reproduction favorable habitats and the mortality of the smolts trying to reach the sea must be reduced. The Pau river retrieval by the salmon will succeed with stocking in order to get a genitor potential which enable the installation of an independent population. The genetic quality of the genitors must be improved by taking parrs and wild adults off. It is also necessary (to restrict) the production to 500 000 fry of which as many un-fed fry as fed-fry.

The enhancement of the salmon free movement as well as the stock orientation must allow the re-establishment of a self-sufficient population on the Pau mountain stream in the coming 15 years.

Key words : Atlantic salmon, Pau mountain stream, Ouzom, Ecological continuity, upstream, downstream, stock.

RESUMEN

El salmón atlántico (*Salmo salar* L.) a sido siempre presente en el cuenca del Adour y particularmente en el torrente pirenaico de Pau pero las presiones antrópicas crecientes a lo largo del siglo 20 han ocasionado su desaparición. Por lo tanto, el torrente pirenaico de Pau y su principal afluente, el Ouzom, tienen medios favorables para la reproducción y el desarrollo de los juveniles : hasta 3 000 genitores podrían subir el torrente pero solo 400 adultos están contabilizados en los mejores años. Para permitir el establecimiento de una población auto-suficiente sobre el rio, el restablecimiento de la continuidad ecológica es de mas en mas urgente : un máximo de adultos deben poder subir hasta los medios favorables a la reproducción y la mortalidad de los smolts que buscan el océano debe de ser reducido. La reconquista del torrente pirenaico de Pau por el salmón pasa por la repoblación de manera a obtener un potencial de genitores que permitirá la instalación de una población autónoma. La calidad genética de los genitores domésticos tiene que ser mejorada con una muestra de esguines y de adultos salvajes. Es también necesario limitar la producción a 500 000 alevines tantos precoces como estivales.

La mejoría de la libre circulación del salmón así como la reorientación de los planes de repoblación tendría que restablecer una población auto-suficiente en el torrente pirenaico de Pau en un futuro de 15 años.

Palabras claves : Salmon atlántico, el torrente pirenaico de Pau, Ouzom, continuidad ecológica, subida, bajada, repoblación.