Institut des Sciences Analytiques et de Physico-Chimie pour l'Environnement et les Matériaux (IPREM) – UMR 5254 CNRS/UPPA.
Université de Pau et des Pays de l'Adour
Hélioparc Pau Pyrénées, 2 avenue du Président Pierre Angot
64053 PAU Cedex 9
Tél : 05 40 17 50 00 – Fax : 05 40 17 50 07

Contribution de l'Alevinage et des Rivières pyrénéennes au retour de POissons Migrateurs (saumon, alose) dans le Bassin de l'Adour et la Nivelle : application et amélioration de l'outil microchimie des otolithes (CARPOMIBA).

Responsable scientifique du projet et rédacteur :

Gilles BAREILLE (gilles.bareille@univ-pau.fr; 05 59 40 77 61)

N° de dossier AEAG : 240 64 2157 / Décision d'attribution d'aide N° : 2013/6232
Date de démarrage : 11/10/2013
Date de fin : 10/10/2017

Cette étude a été réalisée par le **laboratoire des « Sciences chimiques et de physico-chimie pour l'environnement et les matériaux (IPREM, UMR5254 CNRS/UPPA) » de l'université de Pau et des Pays de l'Adour:**

- Participants IPREM: G. Bareille, A. Holub, H. Tabouret, C. Pécheyran, S. Bérail.

Avec le concours de l'unité mixte de recherche INRA/UPPA « Ecologie Comportementale et Biologie des Populations de Poissons (ECOBIOP) »

- Participants ECOBIOP (UMR 1224 INRA-UPPA -) : M. Vignon.

Ainsi que le concours technique de l'association MIGRADOUR pour la collecte des échantillons et l'analyse de l'âge des saumons par scalimétrie.

Participants: B. Dartau, S. Marty, K. Picoulet, D. Barracou, V. Mullet, Y. Moulia.

Ce projet a été financé par :

- ✓ L'Agence de l'Eau Adour-Garonne
- ✓ Le Conseil Départemental des Pyrénées Atlantiques
- ✓ Le CNRS et l'Université de Pau et des Pays de l'Adour

100 µm

Ce projet a pu être réalisé pour la récupération des otolithes de saumons et grande aloses sur le bassin de l'Adour grâce à l'aide et au soutien:

- Des AAPPMA du Gave d'Oloron, de la Nive, de la Nivelle et de la Bidassoa.
- De l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB ex-ONEMA).
- Des Fédérations de Pêche départementale 64 et 65.
- Des établissements Barthouil à Peyrehorade et Casteigt à Pau.
- De nombreux pêcheurs amateurs du bassin de l'Adour.
- De l'association MIGADO pour la récupération d'otolithes de saumons Garonne-Dordogne.
- De la fédération de Pêche 29 pour la récupération d'otolithes de saumons de rivières du Finistère.
- De l'Université de Saint-Jacques de Compostelle pour la récupération d'otolithes de saumons de la Galice
- Du gouvernement des Asturies pour la récupération d'otolithes de saumons des Asturies.
- De l'unité de management de la pêche de la Navarre pour la récupération d'otolithes de saumons de la Bidassoa.

Ce projet a également fait l'objet d'une collaboration avec l'IRSTEA Bordeaux (F. Daverat) sur la grande alose afin d'établir les taux de dispersion à l'échelle du Golfe de Gascogne et jusqu'au Portugal.

SOMMAIRE

ILLUSTRATIONS ET TABLES 4

SYNTHESE COURTE DU PROJET CARPOMIBA 7

1 – CONTEXTE ET OBJECTIFS 13

1.1 – Contexte de l'étude. 13

1.2 – La microchimie des otolithes comme indicateur de l'origine natale du saumon atlantique et de la grande alose du bassin de l'Adour: 17

1.3 – Objectifs du projet: 19

2 – METHODES DE DETERMINATION DE L'ORIGINE 20

2.1 – Saumon Atlantique. 20

2.2 – Grande alose 28

3 – ORIGINE NATALE DES SAUMONS DU BASSIN DE L'ADOUR 35

3.1 – Fidélité au bassin de l'Adour. 35

3.2 – Proportion de saumons originaires des trois sous-bassins Oloron, Pau et Nives et des différentes rivières de chaque sous-bassins 38

3.3 – Contribution du soutien aux effectifs dans le bassin de l'Adour. 43

4 – ORIGINE DES GRANDES ALOSES DU BASSIN DE L'ADOUR 49

4.1 – Fidélité au bassin de l'Adour : dimension Golfe de Gascogne 49

4.2 – Contribution des différents sous-bassins de l'Adour. 50

5 – CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES 53

5.1 – Origine des saumons PHM de l'Adour : fidélité / errance. 53

5.2 – Contribution des sous-bassins et rivières de l'Adour - relation avec les indicateurs de suivis des stocks (comptage de géniteurs et production annuelle de juvéniles 0+). 53

5.3 – Efficacité du soutien aux effectifs dans le sous-bassin Pau. 54

6 – COMMUNICATIONS LIEES AU PROJET 56

ILLUSTRATIONS ET TABLES

Figure 1: exemple de profils de la composition chimique d'un otolithe de saumon adulte sur lequel sont présentées les périodes de vie utilisées pour la détermination des origines.
Figure 2 : Localisation des différents bassins hydrographiques échantillonnés et effectifs de saumons collectés pour établir le « modèle bassins ».
Figure 3 : exemple de représentation 2D des individus du « modèle bassins » selon leurs coordonnées obtenues pour les deux composantes principales (MDS1 et MDS2) de l'analyse discriminante.
Figure 4 : Comparaison des signatures en Sr:Ca pour des juvéniles nés en rivières (naissance naturelle) et des juvéniles nés en pisciculture de Cauterets et élevés jusqu'au printemps (Médous-Arcizans : alevinage précoce) ou jusqu'à l'été (Sassis : alevinage tardif).
Figure 5 : Effectifs de saumons adultes collectés dans l'estuaire et les différentes rivières du bassin de l'Adour entre 2009 et 2015.
Figure 6 : Pourcentage des saumons âgés de 2 à 6 ans en fonction des années de collecte entre 2011 et 2015.
Figure 7: représentation de l'analyse demi-couronne sur les otolithes de grande alose.
Figure 8: représentation 2D du modèle de discrimination de 17 rivières échantillonnées en 2013 pour la grande alose et l'eau sur la base des analyses des isotopes (^{87}Sr:^{86}Sr) et élémentaire (Sr:Ca and Ba:Ca) par analyse discriminante canonique.
Figure 9: ^{87}Sr :^{86}Sr vs Sr/Ba dans les eaux de rivières dans le bassin de l'Adour. Il est à noter que les signatures du Saison sont celles préalablement réalisées pour le saumon donc relativement en amont par rapport à la zone à grande alose.
Figure 10 : identification de 3 clusters à partir de l'analyse hiérarchique en clusters des signatures Sr:Ca, Ba:Ca, Sr:Ba et ^{87}Sr:^{86}Sr mesurées sur la partie juste après l'influence maternelle des otolithes de grandes aloses collectées en 2013, 2014 et 2015 dans le bassin de l'Adour.
Figure 11 : Différenciation de la signature en Ba de la rivière Adour de celle du gave de Pau dans la partie aval de l'Adour.
Figure 12 : a) individu avec forte augmentation du Ba :Ca lors de la dévalaison ; b) individu sans changement de Ba :Ca lors de la dévalaison.
Figure 13: contribution des saumons fidèles au bassin de l'Adour, des errants et des indécis (%).
Figure 14: variabilité dans la contribution (%) en saumons fidèles au bassin de l'Adour, errants et avec une origine indécise entre 2009 et 2015.
Figure 15: Contribution (%) et origine des saumons errants dans l'estuaire et le bassin versant de l'Adour.
Figure 16: variabilité inter-annuelle (%) et origine des saumons errants entre 2009 et 2015.
Figure 17: origine des saumons collectés dans le sous-bassin du gave d'Oloron
Figure 18: contribution moyenne des sous-bassins Oloron, Pau et Nives au retour de géniteurs PHM entre 2009 et 2015.
Figure 19: variabilité dans la contribution des 3 sous-bassins Oloron, Pau et Nives par années de montaison entre 2011 et 2015.
Figure 20: variabilité dans la contribution des 3 sous-bassins Oloron, Pau et Nives pour les 4 cohortes de 2008, 2009, 2010 et 2011.
Figure 21: contribution (%) de chaque rivière ou groupe de rivières au retour de géniteurs PHM dans le bassin de l'Adour entre 2009 et 2015.
Figure 22 : comparaison du rapport Oloron (sans le Saison) / Pau obtenu à partir des otolithes et des stations de contrôle vidéo de Masseys et d'Artix.

Figure 23: contribution (%) des saumons PHM issus d'alevinage et de reproduction naturelle dans le bassin de l'Adour entre 2009 et 2015.
Figure 24: variabilité inter-annuelle (2011-2015) de la contribution des saumons issus d'alevinage Adour en fonction des rivières de déversement.
Figure 25: contribution moyenne de saumons de retour entre 2009 et 2015 nés de reproduction naturelle (en bleu) dans le bassin du gave de Pau (Pau et Ouzom) et déversés (en rouge) dans ce sous-bassin.
Figure 26: a) variabilité des déversements d'alevins dans ce sous-bassin entre 1993 et 2014. b) variabilité des comptages de saumons comptabilisés à Artix sur le gave de Pau entre 1996 et 2015. Un décalage de 3 ans a été opéré sur le graphique du haut pour que l'année de déversement corresponde à l'année moyenne de retour des alevins déversés. Données Migradour 2016.
Figure 27: a) variabilité dans la contribution des saumons issus de la reproduction naturelle dans le gave de Pau pour les cohortes 2008 à 2012. b) nombre d'alevins déversés dans le sous-bassin du gave de Pau lors des mêmes années. c) nombre de géniteurs comptabilisés à Artix l'année précédant l'année de naissance des alevins. Effectifs annuels : 2008 (N=14), 2009 (N=13), 2010 (N=15), 2011 (N=14) et 2012 (N=15).
Figure 28: a) proportion des déversements précoce (printemps – Médous/Arcizans) et estivaux (été – Sassis) entre 2007 et 2014 d'après Migradour; b) proportion de saumons déversés aux stades précoce et estival parmi les géniteurs de retour dans l'Adour (effectifs : N=45 à 58).
Figure 29 : contribution moyenne (2013-2015) des 3 groupes d'aloses différenciés dans le bassin de l'Adour par analyse statistique HAC (Analyse hiérarchique en cluster). Seules les captures dans l'estuaire ont été utilisées afin de ne pas engendrer un biais lié à un échantillonnage non homogène selon les sous-bassins.
Figure 30 : évolution des captures de grandes aloses par les pêcheurs fluviaux stricts sur le bassin de l'Adour entre 2013 et 2016.

Tableau 1 : performance du « modèle bassins » en termes de % de reclassement correct (en gris) des individus dans leur groupe bassin d'origine et de mauvaise attribution à un autre bassin (en jaune).
Tableau 2 : performance du modèle « Adour » en termes de pourcentage de reclassement correct (en gris) des individus dans leur rivière d'origine dans le bassin de l'Adour. Pourcentage de mauvaise attribution à d'autres rivières du bassin (en jaune).
Tableau 3 : distribution des cohortes (en nombre) en fonction des années de collecte entre 2009 et 2015. 3 ans et 4 ans surlignés en jaune et mauve respectivement.
Tableau 4 : effectifs de grandes aloses en fonction des années (2013, 2014 et 2015) et des sites de collecte.
Tableau 5: contributions (%) des saumons fidèles au bassin de l'Adour, des errants et d'individus d'origine indécise.
Tableau 6: comparaison des proportions dans les déversements et retours d'alevins précoces et estivaux pour les années 2008 (N=9), 2009 (N=11), 2010 (N=11) et 2012 (N=9).
Tableau 7 : Fidélité au bassin ou la rivière de naissance et taux de homing à l'échelle du Golfe de Gascogne.
Tableau 8 : proportion d'aloses adultes nées dans le gave d'Oloron, dans le Saison (+ Nive) et dans les sous-bassins indifférenciés du gave de Pau et de la rivière Adour au cours de 3 années successives de collectes (2013 à 2015) sur la base des aloses capturées dans l'estuaire de l'Adour.

Remerciements

Merci à tous les partenaires du réseau de collecte de têtes de saumons et aloses (associations, pêcheurs amateurs, professionnels) :

AAPPMA du Gave d'Oloron
AAPPMA des Nives
AAPPMA Nivelle
La Maille Landaise, FDAAPPMA 40
Biotope

.....
Aux magasins de pêche
.....
Aux pêcheurs amateurs et professionnels
.....
Université de Galice
Unité gestion pêche de Navarre (Bidasoa)
Association pêche fluviale Asturies

P. Balesta

Merci aux partenaires financeurs:

Synthèse courte du Projet CARPOMIBA

Contexte :

Dans le cadre du plan de gestion des poissons migrateurs du bassin de l'adour (PLAGEPOMI Adour), l'estimation et le suivi de la dynamique des stocks de poissons migrateurs (SB04) et l'évaluation de l'efficacité des alevinages (SS03), sont des actions prioritaires.

En ce qui concerne le saumon, les comptages annuels d'adultes en montaison (via les stations de contrôle vidéo) et l'estimation de la production annuelle de juvéniles 0+ (pêches d'automne) mis en œuvre par l'association MIGRADOUR, permettent d'avoir une bonne idée de la dynamique inter-annuelle du stock de saumons Adour. Pour la grande alose, l'estimation du stock et de sa variabilité restait très peu documentée.

La combinaison de ces deux indicateurs de stock pour le saumon permettait de supposer l'origine des géniteurs de retour, i.e. les rivières caractérisées par les plus fortes productions de juvéniles devaient correspondre au plus grand nombre de géniteurs de retour dans leur rivière natale. Cependant, **cette hypothèse bien que fort plausible n'avait pas été vérifiée.**

De plus, il n'était pas possible d'estimer **le rôle de bassins hydrographiques adjacents** sur le renouvellement du stock Adour **via la contribution de poissons errants**.

D'autre part, en l'absence de station de contrôle vidéo, l**a contribution du sous-bassin des Nives au retour de géniteur était mal connue**.

Enfin, l'estimation de **l'efficacité du programme du soutien au stock de saumons dans le sous-bassin du gave de Pau reposait sur des informations très fragmentaires** : marquage partiel et en cours de lots d'alevins déversés au stade estival, pas de marquage des alevins déversés au printemps (pourtant majoritaire en quantité), peu d'informations quantitative sur la contribution de la reproduction naturelle dans le gave de Pau.

En ce qui concerne la grande alose, **les contributions de l'Adour et du bassin des gaves au renouvellement du stock de géniteurs étaient inconnues**.

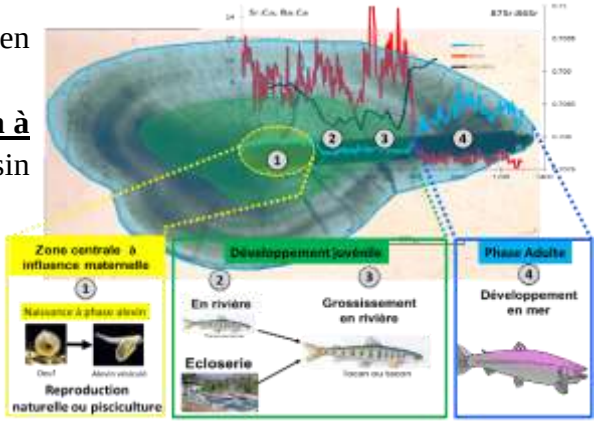
Un nouvel outil mis en œuvre pour déterminer l'origine des migrateurs anadromes: la microchimie des otolithes :

Un outil, **la microchimie des otolithes**, testé à l'Université de Pau et des Pays de l'Adour dans le laboratoire des Sciences analytiques et de physico-chimie pour l'environnement et les matériaux (IPREM – UMR5254) entre 2009-2013, a montré qu'il avait le potentiel d'apporter des informations sur l'origine des saumons de l'Adour. L'**otolithe**, situé dans l'oreille interne du poisson, c'est :

- une **pierre** formée de **couches successives** de carbonate de calcium **déposées tout au long de la vie du poisson** de manières journalières (accès à la chronologie de l'histoire de vie).
- des couches journalières qui contiennent des **éléments chimiques** dont certains (Sr:Ca, Ba:Ca et ^{87}Sr:^{86}Sr) sont **représentatifs** des milieux de vie occupés par le poisson au cours de son développement.

Sous réserve que les milieux occupés par les saumons et les aloses, aient des compositions chimiques distinctes**, la microchimie des otolithes pouvait donc permettre de déterminer**:

- **L'origine natale** : reproduction naturelle en rivière ou bien en pisciculture (Saumon).
- **Le milieu de grossissement du stade alevin à juvénile :** bassin hydrographique, sous-bassin et jusqu'à la rivière (Saumon, Alose).
- **Déplacements** : entre des rivières ou bien entre le milieu continental et l'océan.



Objectifs du projet :

Le projet CARPOMIBA avait donc pour objectif de mettre en œuvre la microchimie des otolithes sur des saumons adultes, **essentiellement des saumons de plusieurs hivers de mer (PHM) en raison de leur capture préférentielle via la pêche amateur et professionnelle qui ont été nos sources principales d'échantillonnage**, et des grandes aloses adultes collectés dans le bassin de l'Adour entre 2011 et 2015, afin de déterminer leur origine pour apporter des connaissances sur:

- La proportion des saumons fidèles au bassin l'Adour et sa variabilité inter-annuelle (2011 – 2015).
- La proportion et l'origine de saumons errants potentiels et le rôle de l'errance dans le renouvellement du stock Adour.
- La proportion de saumons originaires des trois sous-bassins Oloron, Pau et Nive et sa variabilité temporelle (2011 – 2015), ainsi que celle des rivières de ces sous-bassins si possible.
- Les contributions du soutien au stock (alevinage via la pisciculture de Cauterets et écloserie associées) et de la reproduction naturelle au retour de géniteurs dont le développement post-émergence s'est déroulé dans le sous-bassin du gave de Pau et leur variabilité inter-annuelle.
- La proportion de grandes aloses fidèles au bassin de l'Adour et, dans la mesure du réalisable, la contribution des différentes rivières du bassin de l'Adour (Adour, Pau, Oloron, Saison, Nives) pour trois années successives de retour (2013, 2014, 2015).

Synthèse des résultats majeurs du projet CARPOMIBA:

- MICROCHIMIE DES OTOLITHES :

L'otolithe constitue **un outil complémentaire** aux indicateurs de suivis des stocks. En effet, l'ordre d'importance des rivières soutenant les retours de saumons est globalement comparable à celui des productions annuelles de juvéniles 0+ estimées par l'association MIGRADOUR. Ceci suggère que les **rivières caractérisées par les plus fortes productions de juvéniles génèrent bien le plus grand nombre de géniteurs de retour** dans leur rivière natale. **L'influence des facteurs affectant la survie des juvéniles ne**

serait donc pas significativement différente d'une rivière à une autre dans le bassin de l'Adour.

L'otolithe permet également **de repérer des saumons errants remontant dans l'Adour à l'échelle du Golfe de Gascogne** en raison de la bonne différenciation géochimique du bassin de l'Adour par rapport aux principaux autres bassins hydrographiques (Nivelle, Bidassoa, Garonne, Dordogne, Bretagne Sud, Allier, Galice), avec une exception les Asturies en Espagne.

Enfin, l'otolithe permet de **discriminer l'origine natale anadrome (reproduction naturelle) de celles de la pisciculture de Cauterets et des écloseries associées**, permettant ainsi d'évaluer **l'efficacité du plan de soutien au stock dans le bassin du gave de Pau**.

- ORIGINES DES SAUMONS COLLECTES DANS L'ADOUR :

  - ✓ **74%** des saumons de retour de plusieurs hivers de mer sont des **3 ans** (72.5% sont des 1 hiver de rivière et 2 hivers de mer ; 1.5% des castillons) et **24%** des **4 ans** (20% sont des 2 hivers de rivière et 2 hivers de mer et 4% des 1 hiver de rivière et 3 hivers de mer)**.**

  - ✓ **Forte fidélité au bassin de l'Adour** des reproducteurs potentiels entrant dans le bassin de l'Adour (**n=732, captures estuaires + collecte bassins versants**) mais relativement variable selon les années (85 – 99%). Saumons errants certifiés **principalement retrouvés dans l'estuaire** (28/453= 6%) **mais peu dans les bassins versants amonts** (10/279, 3%), suggérant une faible contribution de l'errance au renouvellement du stock Adour. Les saumons errants régulièrement retrouvés sont originaires surtout de bassins adjacents (Bidassoa, Nivelle), cependant ils peuvent parfois provenir de plus loin (l'Allier par exemple en 2011).

  - ✓ **Sur la base des saumons capturés uniquement dans l'estuaire et certifiés Adour** (n=397), la contribution 2011-2015 des saumons nés dans le sous-bassin Oloron est logiquement majoritaire (≈**70%**), avec une variabilité inter-annuelle de l'ordre de 6%.
    - ➢ **Le gave d'Ossau principale rivière pépinière (>25%) de saumons issus de la reproduction naturelle,** suivi de Saison-Verts (14%) et de gave d'Aspe-Lourdios (10%). L'ordre d'importance de chaque rivière de ce sous-bassin dans les retours de géniteurs est assez comparable aux données de production annuelle de juvéniles 0+ estimées par MIGRADOUR.
    - ➢ 19% des saumons appartenant au sous-bassin Oloron ne peuvent pas être précisément affectés à une rivière unique (limite actuelle de l'outil). Sur la base de l'évaluation annuelle de la production de juvéniles 0+ réalisée par MIGRADOUR, il est fort probable qu'une grande partie de ces 19% corresponde à des saumons nés dans la partie aval du gave d'Ossau où la

signature chimique pourrait être moins discriminante par rapport aux autres affluents de ce sous-bassin.

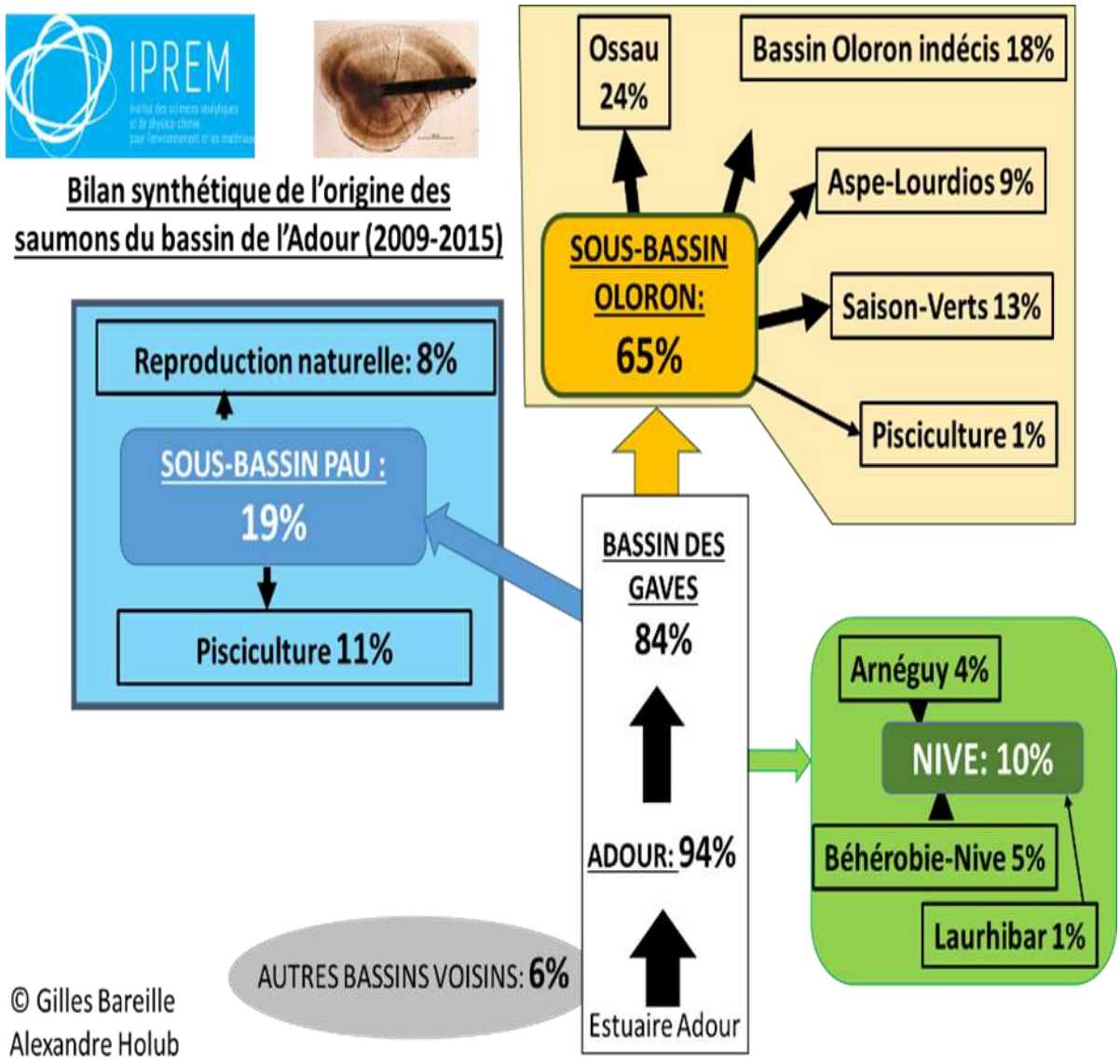
- ✓ **Sur la même base des saumons capturés dans l'estuaire et certifiés Adour** (n=397), la contribution du sous-bassin des **Nives a été estimée à environ 10%**. Elle pourrait être cependant relativement variable selon les années, de 8% à 21%. Béhérobie (+grande Nive) et Arnéguy sont les fournisseurs principaux de ce sous-bassin conformément à l'évaluation de la production annuelle de juvénile 0+ par MIGRADOUR.

- ✓ **Sur la même base des saumons capturés dans l'estuaire et certifiés Adour** (n=397), la contribution du sous-bassin de **Pau serait de l'ordre de 20%** en moyenne au niveau des géniteurs de retour entre 2009 et 2015, dont 15% le gave de Pau et 5% l'Ouzom. Le soutien au stock dans le gave de Pau et l'Ouzom (déversements issus de la reproduction artificielle à la pisciculture de Cauterets) représente en moyenne **70% des retours de saumons originaires du sous-bassin Pau** avec une importante variabilité selon les années 36% à 83%.

- ✓ **Sur la base de tous les saumons collectés (Estuaire + bassins versants) et certifiés originaires du sous-bassin de Pau:**
  - ➢ Entre 2009 et 2015 **(n=88)**, **≈ 64% en moyenne** sont directement **issus du soutien aux effectifs (Alevinage) et 36% de la reproduction naturelle**.
  - ➢ Tendance par années de naissance : sur la base d'effectifs annuels compris entre 13 à 15 saumons certifiés Pau entre 2008 et 2012 (n=71 sur cette période), il semblerait qu'il y ait une tendance **à l'augmentation de la contribution de la reproduction naturelle (de 30% à 40%)**. Ces résultats doivent être cependant pris avec une grande précaution au regard des faibles effectifs annuels. Néanmoins, cette tendance coïncide avec une tendance à l'augmentation du nombre de géniteurs de retour comptabilisés à la station de contrôle vidéo d'Artix (MIGRADOUR) avec conjointement une tendance à la diminution des déversements d'alevins produits artificiellement à Cauterets, suggérant que les retours dans ce sous-bassin ne reposent pas exclusivement sur l'alevinage mais sur une augmentation de la reproduction naturelle et/ou de la survie des alevins issus de cette reproduction naturelle.
  - ➢ **Le stade de déversement précoce** (Avril) **ou estival** (juillet-août) ne semble **pas jouer un rôle significatif sur la proportion des retours d'alevinage (n=58) puisque la même proportion a été retrouvée dans les retours que dans les déversements**. Les résultats obtenus à partir des comptages de saumons avec adipeuse coupée (marquages des tacons déversés au stade estival) au niveau des stations de contrôle de Castétarbe et d'Artix pourront donc être transposé aisément aux tacons précoces afin **d'estimer la proportion de saumons issus de l'alevinage** remontant dans le bassin du gave de Pau.

- ✓ **Sur la base des saumons capturés uniquement dans le sous-bassin d'Oloron** entre 2009 et 2015 (n=240), le taux de fidélité à ce sous-bassin est de **minimum 82%** avec un **taux d'errance** d'environ **3% pour des saumons originaires d'autres bassins hydrographiques** et **5% pour des saumons originaires des sous-bassins Pau et Nive** (10% ne pouvant pas être attribués avec certitude). On peut raisonnablement penser que le taux d'errance dans les autres sous-bassins de l'Adour, Pau et Nive, devrait être du même ordre de grandeur (≈ 8%).

Au bilan, l'origine des saumons PHM capturés dans le bassin de l'Adour peut être résumée comme suit sur la figure ci-dessous :



- ORIGINES DES GRANDES ALOSES COLLECTES DANS L'ADOUR :

  - ✓ Une majorité d'individus (>89%) retournent fidèlement dans le bassin versant de l'Adour.
  - ✓ Errants originaires bien souvent d'un bassin proche de celui où ils ont été capturés.
  - ✓ En moyenne, entre 2013 et 2015 le sous-bassin d'Oloron (Oloron + Saison) + la Nive ont contribué pour moitié (50%) au retour de la grande alose, l'autre moitié provenant des deux sous-bassins Adour et Pau qui sont difficilement différenciables avec certitude. Il est raisonnable de considérer que la contribution du sous-bassin Nive est minime par rapport à celle du sous-bassin d'Oloron au regard du nombre d'alose enregistrée au niveau du piégeage sur la Nive. Il est par contre plus délicat de se prononcer pour le gave de Pau. Néanmoins, le recensement récent des grandes aloses au niveau de la station de contrôle de Castétarbe, en service depuis 2017, laisse à penser qu'une grande quantité d'alose colonise cet axe.
  - ✓ Variabilité inter-annuelle : légèrement plus forte contribution du sous-bassin d'Oloron (+ Nive) en 2015 avec 61%, contre 41-54% en 2013-2014 qui correspondent à des moins bonnes années de remontée de l'alose. La proportion des deux affluents Oloron et Saison est relativement variable selon les années, 9% et 45% pour le gave d'Oloron en 2014 et 2015 respectivement contre 33% et 16% pour le Saison.
  - ✓ La fidélité au sous-bassin de naissance (homing) n'a pu être regardée que pour le Saison en raison d'un effectif de 37 aloses pour la période des 3 années d'étude. Cette approche était impossible pour les aloses capturées dans la rivière Adour dans la mesure où il est difficile de les différencier de celles du gave de Pau. Seulement 49% des aloses capturées dans le Saison présentaient à priori une signature typique de cette rivière, 22% du gave d'Oloron et 30% Gave de Pau ou Adour. Ceci suggère une relativement grande errance à l'intérieur du bassin de l'Adour en comparaison au saumon.

1 – CONTEXTE ET OBJECTIFS

1.1 – Contexte de l'étude.

Les populations de saumon atlantique et de grande alose ont connu de fortes baisses d'effectif depuis quelques décennies dans les différentes parties de leurs aires de distribution (ICES 2006, International Council for the Exploration of the Sea), en particulier au sud (Dumas et Prouzet, 2003) en liaison avec des effets anthropiques (surexploitation sur les aires marines d'engraissement, réduction de la connectivité limitant l'accès aux zones de frayères, dégradation de la qualité des eaux et des substrats de croissance et de reproduction, …) ou environnementaux (augmentation de la température et des évènements extrêmes en relation avec le changement climatique) (Baglinière et al., 2004).

La restauration des poissons migrateurs est devenue un enjeu d'amélioration du milieu (bonne santé des rivières) auquel s'est ajoutée une valeur sociale et économique. Le saumon atlantique est inscrit dans le patrimoine régional Aquitain tant sur le plan écologique, économique (pêche professionnelle de très longue histoire et pêche de loisir à la fois locale et touristique), social que culturel (le saumon marque l'histoire, la gastronomie, les traditions de la région Aquitaine). Les activités socio-économiques que représentent ou qu'occasionnent indirectement la pêche professionnelle et amateur sont loin d'être négligeables pour le saumon et l'alose dans le bassin de l'Adour. Néanmoins, la pêche est dépendante du bon état des populations et de la pérennisation de celles-ci. Bien que situé au sud de leurs aires de répartition, le bassin de l'Adour compte encore aujourd'hui une population s'auto-entretenant naturellement pour ces deux espèces, et ce malgré un effondrement des stocks depuis la fin des années 1980 comme partout en Atlantique Nord (Limburg and Waldman, 2009). Le saumon constitue de plus un stock mixte dans ce bassin avec de la reproduction naturelle essentiellement dans les sous-bassins Oloron et Nive et un important soutien au stock (alevinage) dans le sous-bassin du gave de Pau.

Pour tenter de remédier à cette situation de chute des stocks, des efforts considérables ont été consentis par les différents organismes publics ou associatifs chargés de la gestion et du suivi des populations de migrateurs. Par exemple, en limitant ou interdisant les captures sur certaines aires d'engraissement, en facilitant le franchissement des obstacles à la migration (construction d'échelles à poissons), en luttant contre la pollution (construction de stations d'épuration…), ou en organisant des opérations de repeuplement avec des sujets d'origine étrangère ou autochtone. Depuis 1994, des plans de gestion quinquennaux des poissons migrateurs (PLAGEPOMI) ont été établis, traitant de l'exploitation et de la protection des espèces migratrices et de leur habitat autour de cinq thèmes : libre circulation, restauration d'habitat, suivis biologiques, déversement de juvéniles et information-communication.

L'efficacité des différentes actions n'est cependant pas toujours aisée à évaluer en raison de la multitude de facteurs contrôlant le devenir des migrateurs au cours des différents stades de leur développement. L'acquisition de nouveaux outils permettant d'apporter des connaissances complémentaires pour aider les gestionnaires à mieux comprendre la dynamique

des stocks, en particulier via l'acquisition de connaissances de leur origine, leurs déplacements au sein des bassins versants et les caractéristiques particulières de leur cycle vital, s'avèrait nécessaire.

Le saumon atlantique (*Salmo salar*) et la grande alose sont des espèces diadromes, qui vivent dans les eaux froides à tempérées d'Europe occidentale. Elles se reproduisent dans les eaux rapides et bien oxygénées des cours d'eau, entre l'automne et le début de l'hiver (Novembre à janvier) pour le saumon et entre la fin de printemps et le début d'été (Avril à juillet) pour la grande alose. Les œufs déposés sous graviers pour le saumon se développent au cours de l'hiver et les alevins émergent au printemps, passant ainsi plusieurs semaines enfouis. En ce qui concerne la grande alose, la ponte se déroule plus en aval que pour le saumon et en pleine eau, les œufs se déposant entre les interstices des matériaux constituant le lit de la rivière et y restant une à deux semaines. Après émergence, les juvéniles de saumons vont rester en eau douce pendant une ou deux années sous nos latitudes, puis arrivés à une certaine taille, les juvéniles ou saumoneaux entreprennent la migration vers les zones marines d'engraissement. Pour l'alose, les juvéniles vont rapidement dévaler vers l'estuaire où ils vont rester de la fin de l'été jusqu'à l'hiver ou le début du printemps puis migrer en mer. Au bout d'une à plusieurs années passées en mer où ils ont considérablement grossi, ces deux espèces reviennent vers leur rivière d'origine (homing) ou pas (straying) après un périple plus ou moins long (plusieurs milliers de km pour le saumon mais beaucoup moins pour l'alose qui resterait le long des régions côtières), pour se reproduire et boucler leur cycle.

Dans le cadre du PLAGEPOMI Adour, deux objectifs majeurs visaient à estimer du mieux possible l'évolution inter-annuelle de la dynamique des stocks (Priorité SB04 : suivre la dynamique de stock de grands salmonidés) et à évaluer l'efficacité des alevinages (SS03 : évaluer les plans de repeuplement). Pour ce faire, des indicateurs font l'objet d'un suivi régulier par l'association MIGRADOUR en partenariat avec les Fédérations départementales de pêche 64 et 65, des AAPPMA, de l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB): 1) comptage des géniteurs à la montaison au niveau de stations vidéo permettant un contrôle des migrations , 2) estimation du recrutement annuel naturel en juvéniles sur l'aire actuellement colonisable par le saumon, 3) évaluation du nombre de frayères et leur taux d'occupation à partir de sites témoins et enfin 4) suivi des captures par les pêcheurs professionnels et amateurs. Parmi ces indicateurs, le nombre de géniteurs en montaison et la production annuelle de juvéniles 0+ fournissent des informations très précieuses sur la variabilité du stock Adour et l'efficacité de la reproduction chaque année. Les efforts consentis depuis plusieurs années sur le bassin de l'Adour montrent que :

- certaines rivières comme le gave d'Ossau, le Saison et les Nives de Béhérobie et d'Arnéguy ont vu leur recrutement naturel augmenter grâce à l'amélioration de l'accès vers les zones amont des bassins les plus favorables à la reproduction;
- le nombre de géniteurs remontant dans l'axe gave de Pau a augmenté régulièrement depuis 2004 suite à l'amélioration de la continuité écologique et au soutien aux effectifs.

La combinaison des comptages de géniteurs en montaison (stations de contrôles) et de l'évaluation de la production de juvéniles 0+ sur chaque rivière, permettait **de supposer indirectement de l'origine des géniteurs de retour**. **Les rivières caractérisées par les plus fortes productions de juvéniles devaient correspondre à priori au plus grand nombre de des géniteurs de retour dans leur rivière natale.** Une nouvelle approche**, la microchimie des otolithes, pouvait permettre de confirmer ce lien indirect.** De plus, cette technique pouvait également apporter **de nouvelles informations sur la contribution du sous-bassin des Nives au retour de saumon dans l'Adour et sur la contribution de l'alevinage/reproduction naturelle sur les géniteurs originaires du gave de Pau.**

Sur la base de la bonne structuration génétique des populations de saumons en France (Perrier, 2011), on peut penser qu'une grande partie des saumons adultes remontant dans le bassin de l'Adour en sont originaires (prépondérance du homing). Dans la mesure où la génétique porte sur un héritage parental pouvant remonter à plusieurs générations, on ne pouvait pas exclure l'émergence de changements récents dans le comportement d'errance en relation avec les perturbations anthropiques et le changement climatique. Une analyse génétique permettrait de déterminer si un saumon remontant dans le bassin de l'Adour provient des autres populations françaises (Haute Normandie, Basse Normandie, Bretagne, Allier, Adour-Nivelle), mais cet outil n'a pas été mis en œuvre dans ce bassin. Dans tous les cas, on ne connait pas véritablement la proportion de saumons fidèles au bassin de l'Adour et sa variabilité inter-annuelle. Enfin, déterminer le rôle joué par les différents sous-bassins et les rivières colonisées par le saumon au retour de géniteurs est important si l'on veut favoriser l'accès aux zones soutenant les meilleurs retours ainsi que leurs préservations. Même si on peut penser intuitivement que c'est le cas, il était nécessaire de démontrer que les zones les plus productives favorisent les meilleurs retours. Les effets des multiples facteurs pouvant entrainer un mauvais recrutement (évènements hydrauliques, température excessives, impact anthropiques local, …) sont susceptibles de varier d'une rivière à une autre. De plus, peu de données étaient disponibles sur le devenir des saumons au cours de leur périple en mer. On sait néanmoins que les conditions environnementales rencontrées pendant les premières semaines en mer sont essentielles pour la survie, ainsi que la disponibilité des ressources trophiques et la compétition pour ces ressources vis-à-vis d'autres espèces de poissons. La détermination de l'origine (sous-bassin, rivière) permettrait d'évaluer si ces différents sous-bassins et rivières subissent une pression comparable en milieux continental comme en mer. Cependant, aucune méthode n'était disponible pour évaluer ces origines.

En ce qui concerne la restauration du saumon dans l'axe gave de Pau, des efforts substantiels d'alevinage ont été réalisés depuis 2004 avec entre 200 000 à 700 000 alevins déversés selon les années. Par suite, le nombre de géniteurs en montaison, observé au niveau de la station de comptage d'Artix, est passé en moyenne d'environ 200 à 400. Bien que le soutien aux effectifs ait sensiblement diminué depuis 2009 (Migradour, 2016), le nombre de géniteurs comptabilisés à Artix semble progresser de façon régulière depuis 2004. Ces constatations suggèrent que la quantité de géniteurs potentiels colonisant l'axe gave de Pau ne repose plus exclusivement sur le soutien aux effectifs. Les questions suivantes étaient alors

posées : est-ce que ce soutien aux effectifs a relancé la reproduction naturelle d'un stock gave de Pau et son retour ? Est-ce lié à de l'errance depuis le sous-bassin du gave d'Oloron ? La réponse à la première question passe par la **détermination de la proportion des géniteurs de retour originaires du sous-bassin de Pau qui sont nés en captivité (= reproduction en pisciculture) par rapport à ceux nés en rivière (= reproduction naturelle)**. Cette évaluation est possible par des méthodes de marquage des alevins, méthode qui est en court sur le gave de Pau par ablation de l'adipeuse mais essentiellement sur des quantités limités de poissons déversés exclusivement au stade estival (Migradour, 2016). La microchimie des otolithes devait permettre quant à elle de comptabiliser les retours de reproduction naturelle, d'alevinages précoces et estivaux et donc d'évaluer les taux de retour de ces différents stades. L'évaluation des retours des déversements d'estivaux est en cours, l'apport des otolithes ne pouvait être qu'un plus dans la mesure où elle amènerait **des informations manquantes sur les taux de retour de l'alevinage précoce**. En ce qui concerne la possibilité d'une alimentation du gave de Pau par de l'errance par des saumons natifs du sous-bassin d'Oloron ou des Nives, seule la détermination de l'origine sur des saumons récupérés dans l'axe gave de Pau pourrait amener des éléments de réponse. Néanmoins, la détermination des taux d'errance dans le sous-bassin d'Oloron (sur la base de captures à la ligne) devait permettre d'avoir une idée sur le taux d'errance attendu entre sous-bassins.

En ce qui concerne la grande alose, les connaissances étaient très fragmentaires. L'existence d'une structuration génétique beaucoup moins différenciée à l'échelle du Golfe de Gascogne suggérait des échanges significatifs entre les grands bassins versants (Alexandrino et al., 2006). Pourtant, aucune donnée n'était disponible pour évaluer la proportion de grandes aloses remontant dans le bassin de l'Adour mais nées dans un bassin hydrographique différent.

Historiquement, dans ce bassin cette espèce était principalement pêchée dans la rivière Adour et dans la partie estuarienne. Cependant, les captures dans la rivière Adour ont subi un réduction importante depuis plusieurs années. Les rares informations qualitatives disponibles entre 1990-2000 suggéraient que la grande Alose colonisait principalement le cours moyen de l'Adour (frayères de Saint-Maurice, Toulouzette, Onard). Néanmoins, des grandes aloses remontaient également dans le bassin aval du gave d'Oloron, du gave de Pau et de la grande Nive selon des témoignages de pêcheurs, de gardes-pêche et les observations sur des stations de contrôle des remontées de Sorde-l'Abbaye sur le gave d'Oloron et de Baigts-de-Béarn sur le gave de Pau.

La quantification du stock migrant n'est actuellement pas possible dans le bassin de l'Adour en raison de l'absence de station de contrôle sur l'axe Adour et de stations trop en amont sur le gave d'Oloron (Masseys) et de Pau (Artix). Cependant la baisse importante des captures aux engins dans la rivière Adour depuis quelques années laissait à penser que le stock rivière Adour était en déclin. Plus récemment, entre 2010-2012, la réalisation d'une cartographie des zones favorables à la reproduction de la grande alose sur les principaux axes du bassin de l'Adour laissait entrevoir l'existence d'un nombre de sites potentiels important dans le sous-bassin des gaves avec 53% contre 29% seulement dans l'axe Adour et 12% dans la grande Nive (PLAGEPOMI Adour-2015-2019).

Largement exploitée depuis de nombreuses années par la pêche professionnelle estuarienne et en eau douce, l'estimation du nombre des captures annuelles a varié très largement d'une année sur l'autre avec de 3000 à 15 000 grandes aloses entre les années 2000 et 2013 dans ce bassin, suggérant une très grande variabilité du stock de grandes aloses sans que l'on sache dans quelles proportions contribuent les différents sous-bassins de l'Adour au renouvellement du stock. La perspective d'une estimation de la population d'alose par sous-bassin demeurait cependant difficile par un suivi de la reproduction. De ce fait, il n'était pas possible de savoir qu'elle était, la contribution des différents sous-bassins (Oloron, Pau, Adour, Nives) au renouvellement du stock Adour au regard de la potentialité des zones de frayères. Même si la station de comptage de Masseys sur le gave d'Oloron est localisée très en amont, les données de 2011 indiquaient un passage substantiel de grande alose dans le gave d'Oloron. Il semble par contre qu'il y ait une faible abondance de géniteurs dans la rivière Adour sur la base des captures aux engins, peut-être en relation avec la perte de substrat grossier indispensable à la reproduction et des débits estivaux impropres à la survie des œufs et alevins (PLAGEPOMI Adour-2015-2019).

Néanmoins, aucune donnée tangible n'était disponible pour étayer un changement du renouvellement du stock de grandes aloses de l'axe Adour vers l'axe gaves dans le bassin de l'Adour.

Au regard du constat dressé ci-dessus, il apparaissait opportun de développer de nouveaux outils capables de confirmer des hypothèses et d'apporter des informations nouvelles et complémentaires des indicateurs actuellement suivis dans le cadre du PLAGEPOMI, en particulier sur l'origine des individus en montaison dans le bassin de l'Adour.

1.2 – La microchimie des otolithes comme indicateur de l'origine natale du saumon atlantique et de la grande alose du bassin de l'Adour:

Dans le cadre de projets précédents (OTOLITHES - 2009-2012 et HIVISABA (2012-2013) soutenus financièrement par le Conseil Général 64, l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, le Centre national de la Recherche Scientifique (CNRS), l'INRA (Saint-Pée-sur-Nivelle) et l'Université de Pau (UPPA), nous avons développé l'analyse microchimique des otolithes (contenu en éléments chimiques d'une pièce calcifiée de l'oreille interne du poisson) dans le but de déterminer l'origine natale des saumons.

Cet outil, basé sur des méthodes de pointe en chimie analytique [ablation laser couplé à des spectromètres de masses quadripolaire (Sr, Ba) et multicollection (isotopes du strontium)], a été testé sur des saumons juvéniles de 12 rivières appartenant aux trois sous-bassins gave de Pau, gave d'Oloron et Nives. La méthodologie utilisée a été largement explicitée dans la thèse de J. Martin (2013) et dans les rapports précédents (OTOLITHES et HIVISABA), aussi elle ne sera pas détaillée dans ce document. Seules les nouveautés seront présentées.

Les résultats obtenus quant à la calibration de l'outil dans le bassin de l'Adour indiquaient qu'il était possible de déterminer à l'aide de la composition chimique des otolithes l'origine natale de pisciculture (naissance artificielle) ou naturelle (naissance en rivière) des saumons ainsi que leur sous-bassin et dans de nombreux cas leur rivière de développement au stade juvénile grâce à trois indicateurs géochimiques, Sr:Ca, Ba:Ca et $^{87}Sr/^{86}Sr$.

La microchimie des otolithes a été par la suite appliquée à un lot de 180 saumons adultes de retour entre 2009 et 2011. Les résultats majeurs apportés par cette nouvelle approche suggéraient que :

- environ 10% des saumons de retour seraient issus de déversements entre 2004 et 2008 d'alevins issus de la pisciculture de Cauterets,
- environ 62% des saumons seraient originaires du bassin du gave d'Oloron (dont au moins 21% du gave d'Ossau, soit plus d'1/3 des retours du sous-bassin Oloron),
- 9% sont natifs du bassin des Nives,
- et enfin 13% sont issus de poissons errants originaires d'autres bassins hydrographiques qui n'ont pas encore été déterminés (Nivelle ?, Bidassoa ?, Garonne-Dordogne ?, Allier ?, Bretagne ?, …).

L'utilisation de l'outil « microchimie de l'otolithe » a donc permis d'apporter des premiers éléments d'informations sur l'origine des saumons de retour dans le bassin de l'Adour.

Ces premiers travaux n'ont cependant abordé la variabilité inter-annuelle des origines que très succinctement en raison d'un échantillonnage trop disparate. La répartition des échantillons dans les sous-bassins et rivières (pêche + poissons morts post-reproduction) était trop aléatoire selon les années et les échantillons en estuaire trop variables (2009 : 36 ; 2010 : 10 et 2011 : 86) pour espérer aborder correctement la question de cette variabilité et apporter des informations robustes sur la contribution de l'alevinage.

Certaines questions restaient donc encore peu documentées. Les retours d'alevinage sont-ils stables chaque année ? Est-ce uniquement l'alevinage qui soutient le retour d'environ 400 saumons au-dessus d'Artix dans le gave de Pau ces dernières années? La contribution des trois sous-bassins (Oloron, Pau, Nives) est-elle stable ? Le gave d'Ossau pèse-t-il un poids important dans les retours tous les ans ? Qu'elle est la contribution de la Nive ?

Nous avons également pu montrer que pour certains individus, il n'existait pas d'analogues dans le bassin de l'Adour suggérant l'existence de saumons errants. D'où viennent ces saumons ? De bassins hydrographiques proches comme la Nivelle ou la Bidassoa, ou de bassins plus éloignés comme la Garonne-Dordogne, l'Allier, la Bretagne, les Asturies, la Galice, … Quelle est leur proportion ? Participent-ils activement à la reproduction ?

Enfin, le potentiel de l'outil microchimie des otolithes va au-delà de l'espèce saumon. Peut-on raisonnablement l'appliquer à d'autres espèces migratrices comme la grande alose par exemple, espèce pour laquelle peu d'informations sont disponibles à ce jour sur la dynamique du stock Adour ?

1.3 – Objectifs du projet:

L'objectif principal du projet CARPOMIBA (2013-2017) étaient d'améliorer et d'appliquer la microchimie des otolithes à des lots plus conséquents d'otolithes afin **d'examiner la variabilité inter-annuelle (2013-2015) dans l'origine des saumons et des grandes aloses en montaison dans le bassin de l'Adour**. L'origine des poissons devait nous permettre d'aborder les points suivants :

(1) Evaluation de la proportion des individus fidèles à leur bassin d'origine (Adour) et sa variabilité inter-annuelle pour le saumon. Contribution des bassins hydrographiques adjacents (Nivelle, Bidassoa, Garonne-Dordogne, Allier, Bretagne-Sud) sur le stock de migrateurs en montaison dans l'Adour. Rôle de l'errance dans le renouvellement du stock.

(2) Evaluation de la proportion de saumons de retour originaires des trois sous-bassins Oloron, Pau et Nives et variabilité inter-annuelle. Contribution des différentes rivières de chaque sous-bassin.

(3) Evaluation de la contribution du soutien aux effectifs et de la reproduction naturelle parmi les retours de saumons dont le développement post-émergence s'est déroulé dans le sous-bassin du gave de Pau. Estimation des taux de retour des déversements précoces (printemps) et estivaux.

(4) Evaluation de la proportion des individus fidèles à leur bassin d'origine (Adour) pour la grande alose. Contribution des bassins hydrographiques adjacents (Nivelle, Garonne-Dordogne, Loire, Bretagne, Galice) sur le stock de migrateurs en montaison dans l'Adour.

(5) Estimation de la proportion de grande alose originaires, si possible, des quatre sous-bassins Adour, Oloron, Pau et Nive et variabilité inter-annuelle.

Nous avons également testé la pertinence des rayons de nageoires comme analogue non-létal des otolithes. Les résultats ne s'avérant pas concluant cette approche a été abandonnée.

2 – METHODES DE DETERMINATION DE L'ORIGINE

2.1 – Saumon Atlantique.

La détermination des origines naturelle/alevinage et bassin/sous-bassin/rivières de développement juvénile des saumons adultes a été réalisée via l'analyse de la composition chimique de l'otolithe, notamment en examinant les profils géochimiques continus et trois périodes précises de la vie du saumons.

La première période correspond à la **zone centrale de l'otolithe** dont la composition chimique est sous l'influence de la mère via le sac vitellin. Représentée par la **zone 1** en jaune sur la figure 1, elle va nous permettre de déterminer **si l'individu est issu de la reproduction naturelle ou artificielle par naissance dans la pisciculture de Cauterets.**

La deuxième période correspond à **la période juste après l'émergence** (**Zone 2** en vert sur la figure 1). Pour les alevins, c'est la période de début de développement en rivière pour ceux nés de reproduction naturelle ou dans une des trois écloseries (Médous, Arcizans, Sassis) pour ceux nés à la pisciculture de Cauterets. Cette portion de l'otolithe nous permettra de **déterminer plus particulièrement l'origine alevinage précoce ou estival des saumons issus de la pisciculture**.

Enfin, la troisième période correspond au **développement des alevins dans leur rivière de naissance ou de déversement** jusqu'à leur départ en mer. Elle est représentée par la **zone 3**, deuxième partie de la zone en vert sur la figure 1. C'est à partir de cette dernière portion de l'otolithe que nous avons établi une base de données nécessaire à la détermination de l'origine pour déterminer le bassin hydrographique, le sous-bassin et la rivière de développement dans le bassin de l'Adour.

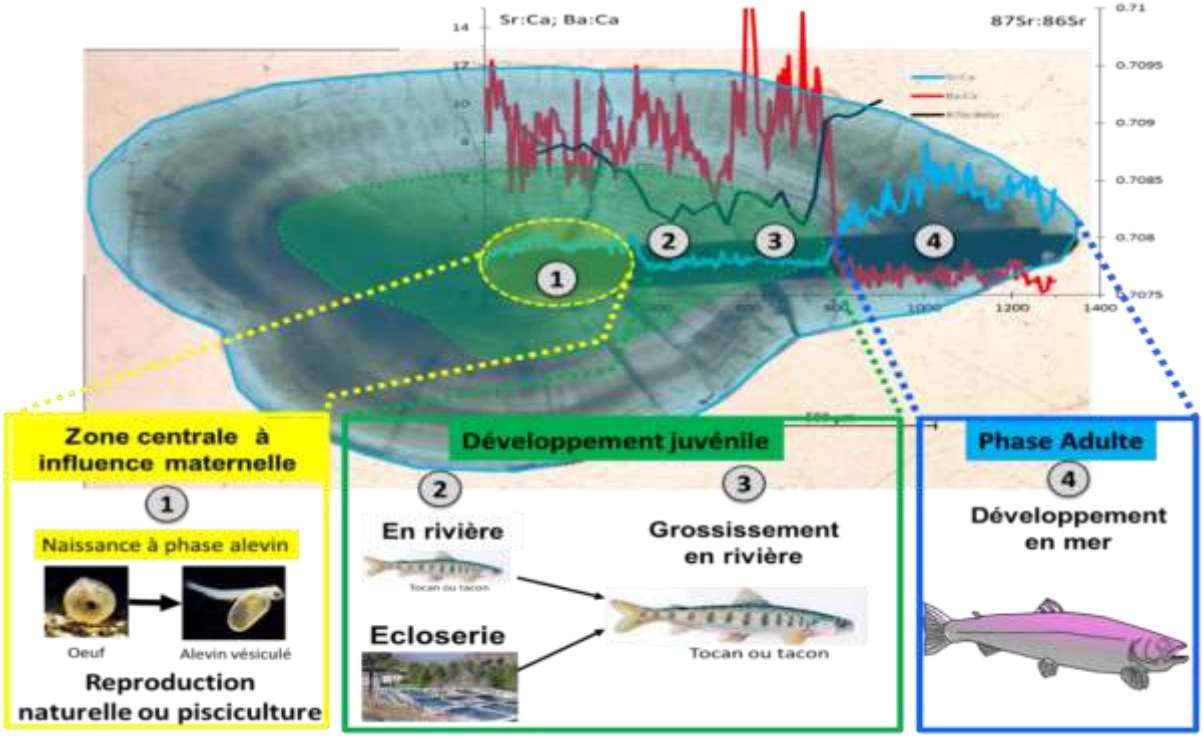


Figure 1: exemple de profils de la composition chimique d'un otolithe de saumon adulte sur lequel sont présentées les périodes de vie utilisées pour la détermination des origines.

Pour chacun des otolithes d'adultes dont on recherche l'origine, un équivalent dans la signature chimique de l'otolithe sera cherché dans la base modèle de données établie selon les critères précisés ci-avant. La discrimination de différents bassins hydrographiques, de rivières d'un bassin hydrographique, implique que ces bassins et ces rivières colonisées par le saumon ont des signatures différentes. Nous avons déjà démontré que c'est le cas pour la plupart des rivières du bassin de l'Adour (projets OTOLITHES).

Deux modèles ont été construits en collaboration avec M. Vignon de l'UMR INRA/UPPA ECOBIOP, l'un pour l'attribution d'un bassin hydrographique d'origine (« modèle bassins ») et l'autre pour l'attribution d'un sous-bassin et rivière d'origine dans le bassin de l'Adour (« modèle Adour »). Ces modèles ont été construits grâce un outil bio-statistique de type RANDOM FOREST dont le principe général est de comparer un à un tous les individus de la base afin de les regrouper dans des sous-groupes présentant des signatures élémentaires (Sr :Ca, Ba :Ca, Sr :Ba) et isotopique (^{87}Sr :^{86}Sr) comparables.

2.1.1 – Bassin hydrographique d'origine.

Dans le but de déterminer le niveau de fidélité au bassin de l'Adour et l'origine de saumons potentiellement errants dans le bassin de l'Adour, nous avons récolté des otolithes de saumons adultes en montaison dans des bassins hydrographiques adjacents tels que la Nivelle, la Bidassoa, la Garonne, la Dordogne, l'Allier, la Galice, les Asturies et quelques rivières du Finistère Sud (Fig. 2). Ces otolithes ont été ajoutés à la base préalablement établie sur le bassin de l'Adour à partir de juvéniles des différentes rivières colonisées par le saumon.

Afin de certifier que les saumons collectés en dehors de l'Adour appartenaient bien aux différents bassins hydrographiques échantillonnés, de l'eau a été également collectée. Seuls les individus dont les signatures élémentaires et isotopiques du strontium étaient en accord avec les données des eaux de ces bassins ont été retenus pour établir un modèle élargi, nécessaire pour déterminer le bassin hydrographique d'origine.

Le modèle établi pour discriminer le bassin hydrographique d'origine (« modèle bassins ») contient:

- 202 otolithes de juvéniles du bassin de l'Adour,
- 8 juvéniles de la Nivelle,
- 50 otolithes d'adultes de 4 rivières de Galice (Ulla, Mihno, Tambre, Lerez),
- 19 otolithes d'adultes de 2 rivières des Asturies (Sella, Deva-Carres),
- 18 otolithes d'adultes de la Bidassoa,
- 43 otolithes d'adultes de la Garonne,
- 38 otolithes d'adultes de la Dordogne,
- 49 otolithes de juvéniles et d'adultes de l'Allier,
- 58 otolithes d'adultes de 6 rivières du Finistère Sud (Ellé, Odet, Scorff, Blavet, Aven, Jet).

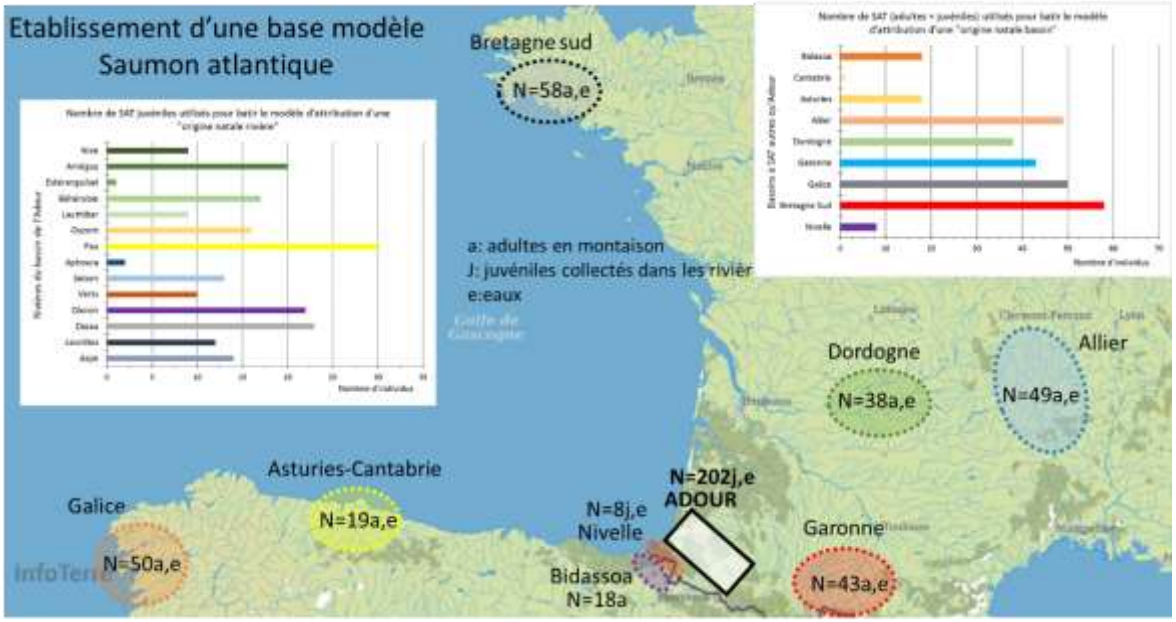


Figure 2 : Localisation des différents bassins hydrographiques échantillonnés et effectifs de saumons collectés pour établir le « modèle bassins ».

L'analyse bio-statistique menée au niveau du « modèle bassins » a permis de discriminer 6 entités représentant des bassins hydrographiques spécifiques (Allier, Garonne, Nivelle) ou des groupes de bassins (Adour-Asturies, Bidassoa-Dordogne, Bretagne-Galice), représentés par des couleurs différentes sur la figure 3.

On peut noter que le bassin de l'Adour est bien discriminé de la plupart des autres bassins hydrographiques français colonisés par le saumon (Nivelle, Garonne, Dordogne, Allier et Finistère Sud), ainsi que les bassins de la Bidasoa et de la Galice. Il est cependant difficilement différenciable de celui des Asturies situé au Nord-Ouest de l'Espagne. Nous reviendrons sur cet aspect un peu plus tard.

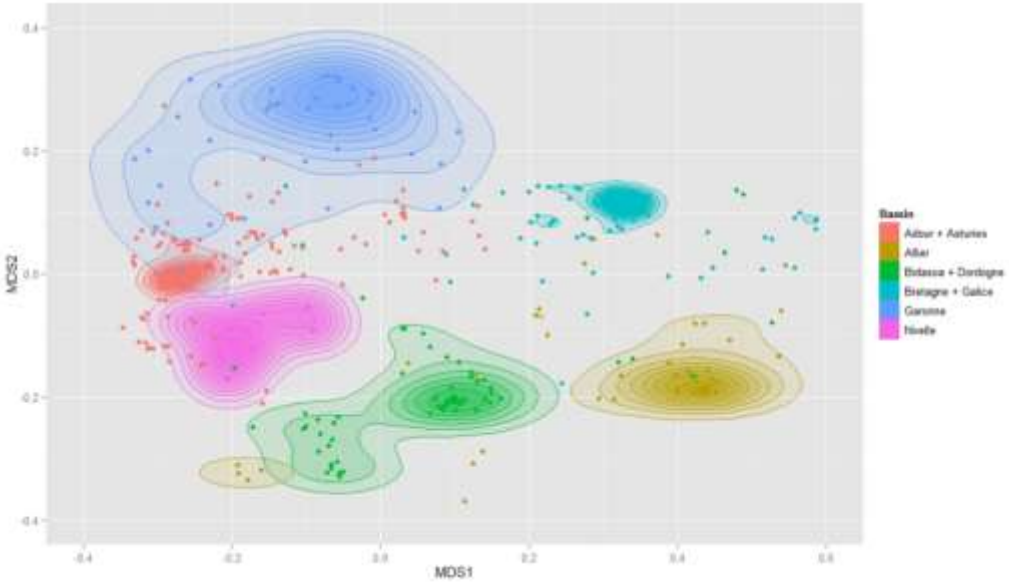


Figure 3 : exemple de représentation 2D des individus du « modèle bassins » selon leurs coordonnées obtenues pour les deux composantes principales (MDS1 et MDS2) de l'analyse discriminante.

Les performances du « modèle bassins » (Tableau 1) sont relativement bonnes pour le groupe Adour-Asturies avec >97% des individus correctement reclassés dans leur groupe d'origine. Seulement 3% des individus de ce groupe sont attribués à des bassins dont ils ne sont pas originaires (Bidassoa-Dordogne : 0.5% et Garonne : 2%).

Le taux de reclassement correct est en général élevé pour l'ensemble des autres bassins ou groupes de bassins, variant de 75% pour la Nivelle à 93.5% pour le groupe Bidassoa-Dordogne. Le taux de mauvaise attribution reste donc <10% pour les groupes Bidassoa-Dordogne (BD : 7.5%) et Bretagne-Galice (BG : 6.5%), mais >14% pour l'Allier (14.3%), la Garonne (18.6%) et la Nivelle (25%). Pour ces deux derniers bassins, les erreurs de reclassement se font principalement avec le groupe Adour-Asturies, ce qui signifie que la contribution Adour pourrait être surestimée lors de mauvaise attribution de saumons de la Nivelle ou de la Garonne principalement. Pour l'Allier les erreurs de reclassement se produisent avec les bassins Bidassoa-Dordogne et Bretagne Galice essentiellement.

Tableau 1 : performance du « modèle bassins » en termes de % de reclassement correct (en gris) des individus dans leur groupe bassin d'origine et de mauvaise attribution à un autre bassin (en jaune).

Bassin hydrographique d'origine	Individus (nombre)	% d'individus attribué à chaque groupe de bassins par le modèle					
		AA	AL	BD	BG	G	N
Adour - Asturies (AA)	***220***	**97.3%**		0.5%		1.8%	
Allier (AL)	***49***		**85.7%**	6.1%	8.2%		
Bidassoa - Dordogne (BD)	***67***	1.5%	1.5%	**92.5%**	3.0%		*1.5%*
Bretagne - Galice (BG)	***108***	1.9%	2.8%		**93.5%**	1.9%	
Garonne (G)	***43***	16.3%			2.3%	**81.4%**	
Nivelle N)	***8***	25.0%					**75.0%**

% de poissons correctement reclassés
% de poissons attribués de façon erroné à d'autres bassins

2.1.2 – Sous-bassins et rivières d'origine dans le bassin de l'Adour

Le « modèle Adour » avait été préalablement établi à partir de 12 rivières régulièrement colonisées par le saumon dans le bassin de l'Adour (projet OTOLITHES-HIVISABA). Nous avons complété la base du modèle servant à donner une origine à chaque adulte de retour en échantillonnant des eaux et/ou des saumons juvéniles lorsque cela était possible sur les rivières pour lesquelles nous n'avions pas beaucoup d'individus (Bassin des Nives, Saison) ainsi que sur d'autres rivières pouvant abriter des saumons (Aldudes, Esterenguibel, Bastan, Joos, Lausset, Aphoura).

Nous venons de voir que la discrimination des saumons de l'Adour et des Asturies était délicate. Néanmoins, comme nous le verrons plus loin en détail, le pourcentage d'individus capturés dans le bassin de l'Adour et attribué à un bassin hydrographique d'origine autre qu'Adour-Asturies est en général relativement faible (<1-3%), même pour des bassins proches

comme la Nivelle et la Bidassoa. Au regard de la localisation assez lointaine du bassin des Asturies, il est donc raisonnable de penser que la contribution de ce bassin dans le groupe Adour-Asturies est marginale (<3%). Nous avons décidé de la négliger, l'ensemble des individus attribués à ce groupe a donc été assimilé comme appartenant au bassin de l'Adour.

Le reclassement des individus du « modèle Adour » (**202 individus juvéniles**) dans chacune des 13 rivières échantillonnées est représenté sur le tableau 2. Pour les rivières gave de Pau, gave d'Ossau (zone médiane et amont), Nive d'Arnéguy et Aphoura les individus qui y ont été collectés sont correctement reclassés à 100%. Pour les autres rivières, le taux de bon reclassement varie de 61.5% pour le Saison à 90.9% pour le gave d'Oloron.

Néanmoins pour les Verts, le gave d'Oloron et le gave d'Aspe, les mauvais reclassements se font avec des rivières proches appartenant au même sous-bassin d'Oloron.

Des reclassements erronés entre rivières de sous-bassins différents existent en particulier entre le sous-bassin Oloron (Saison, Lourdios) et le sous-bassin des Nives (Nive, Laurhibar) et entre le sous-bassin de Pau (Ouzom) et le sous-bassin des Nives (Béhérobie).

Cependant, les données de MIGRADOUR suggèrent que la production de 0+ du Laurhibar et de la Nive représente en moyenne seulement 6% (1-18%) et 13% (4-30%) respectivement de celle du Saison entre 2005 et 2012. En présence d'attribution indécise entre le Saison et ces deux rivières du sous-bassin des Nives, un classement préférentiel dans le Saison devrait donc être plus probable.

Par contre, le Laurhibar représente en moyenne 25% de la production du Lourdios. Il sera par conséquent plus aléatoire de trancher.

En raison d'alevinage dans l'Ouzom, il est difficile d'estimer correctement la production de cette rivière en 0+ et la comparer à la Nive de Béhérobie. Le choix de l'une ou l'autre des rivières sera donc très incertain en cas d'attribution indécise sauf si l'individu aura pu être certifié comme issu de l'alevinage car aucun alevinage n'est mené dans la Nive de Béhérobie.

Tableau 2 : performance du modèle « Adour » en termes de pourcentage de reclassement correct (en gris) des individus dans leur rivière d'origine dans le bassin de l'Adour. Pourcentage de mauvaise attribution à d'autres rivières du bassin (en jaune).

Rivière d'origine	Individus (nombre)	*% d'individus attribué à chaque rivière du bassin de l'Adour par le modèle*												
		Ap	Sa	Ve	As	Lo	Os	Ol	Pa	Ou	Ar	Be	Ni	La
Aphoura (Ap)	*2*	100.0%												
Saison (Sa)	*13*		61.5%	15.4%				7.7%					7.7%	7.7%
Verts (Ve)	*10*		10.0%	80.0%			10.0%							
Aspe (As)	*14*				85.7%			14.3%						
Lourdios (Lo)	*12*					83.3%								16.7%
Ossau (Os)	*27*						100.0%							
Oloron (Ol)	*22*			4.5%			4.5%	90.9%						
Pau (Pa)	*30*								100.0%					
Ouzom (Ou)	*16*									81.3%		18.8%		
Arnéguy (Ar)	*20*										100.0%			
Béhérobie (Be)	*18*								5.6%	16.7%		66.7%	11.1%	
Nive (Ni)	*9*											33.3%	66.7%	
Laurhibar (La)	*9*		22.2%			11.1%								66.7%

% de poissons correctement reclassés dans leur rivière d'origine
% de poissons attribués de façon erroné à d'autres rivières

2.1.3 – Origine alevinage ou reproduction naturelle dans le bassin de l'Adour

La population du bassin de l'Adour comprend des saumons issus de la reproduction naturelle dans les sous-bassins du gave d'Oloron et des Nives ainsi que d'un soutien au stock exclusivement dans le sous-bassin de Pau (Gave de Pau, Ouzom) depuis 2011. Nous avons comparé la signature élémentaire (Sr :Ca, Ba :Ca, Sr :Ba) et isotopique (^{87}Sr :^{86}Sr) de juvéniles nés de reproduction naturelle et de ceux nés dans la pisciculture de Cauterets.

Le rapport Sr :Ca du début de vie (zone centrale ou premier mois après émergence) permet en particulier de discriminer 3 types d'individus (Fig. 4) : des tacons issus de la reproduction naturelle avec des valeurs élevées en Sr :Ca en zone centrale, des tacons élevés jusqu'à un stade « précoce » (printemps) en écloserie de Médous et Arcizans avec des valeurs très faibles en Sr :Ca en zone centrale, et enfin des tacons élevés jusqu'en été dans l'écloserie de Sassis (« tardifs ») avec de très fortes valeurs en Sr :Ca post-émergence.

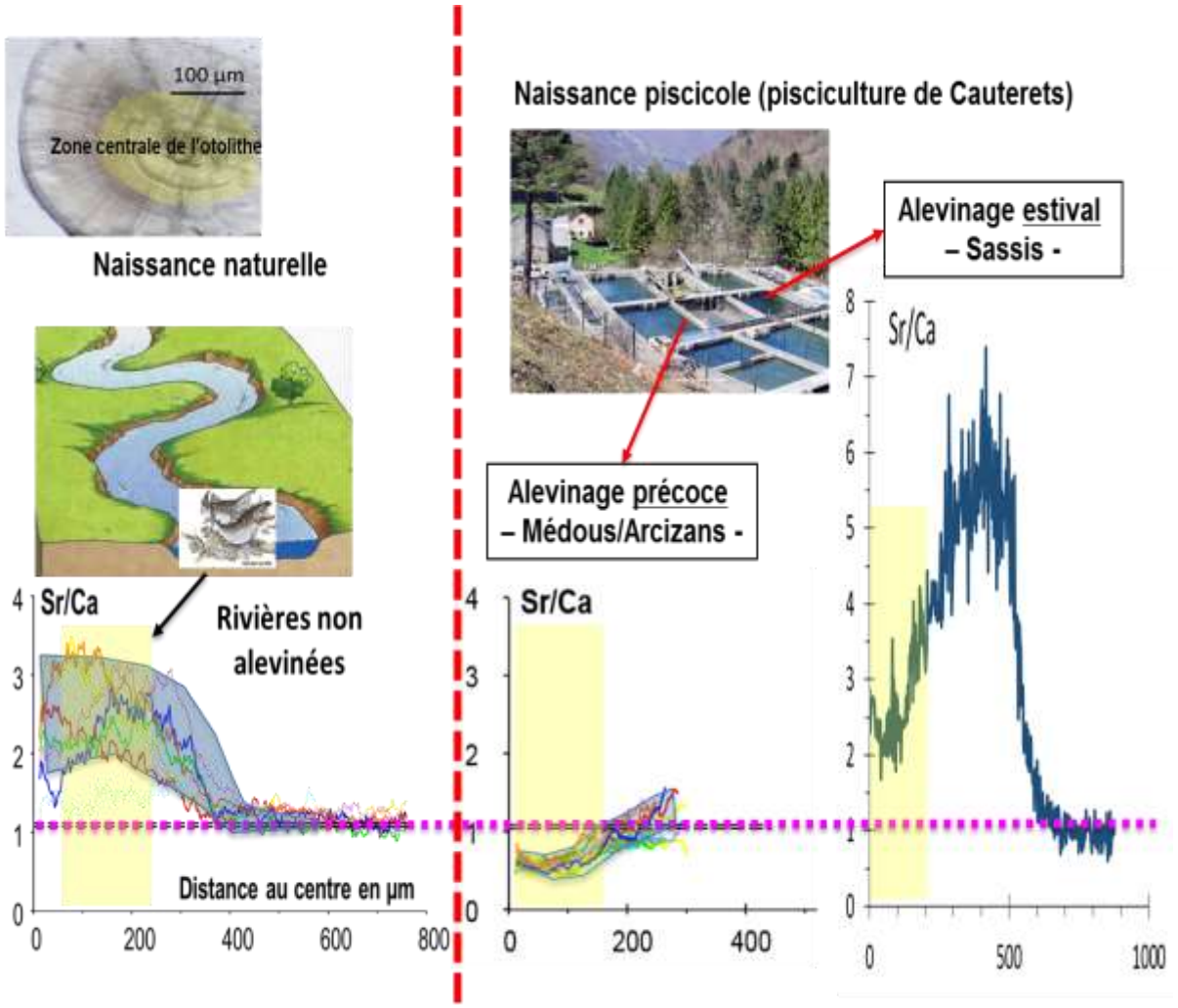


Figure 4 : Comparaison des signatures en Sr:Ca pour des juvéniles nés en rivières (naissance naturelle) et des juvéniles nés en pisciculture de Cauterets et élevés jusqu'au printemps (Médous-Arcizans : alevinage précoce) ou jusqu'à l'été (Sassis : alevinage tardif).

2.1.4 – Collecte et caractéristiques des saumons adultes en montaison dans le bassin de l'Adour

2.1.4.1 – Collecte des individus

Les deux modèles « Bassins » et « Adour » ont été appliqués à 732 otolithes de saumons adultes collectés dans le bassin de l'Adour entre 2009 et 2015 (Fig. 5).

453 individus proviennent de captures par la pêche professionnelle au filet dans l'estuaire de l'Adour au printemps. Une très large majorité consiste dans des saumons ayant passé 2 hivers en mer (« saumon de printemps »).

178 individus sont issus de la pêche amateur à la ligne ou de poissons morts pendant la montaison de mars à juillet (principalement des saumons de printemps aussi) essentiellement dans le gave d'Oloron (N=122), les autres rivières Saison (N=32), Nive (N=16), gave d'Aspe (N=3), gave de Pau (N=4) et Verts (N=1) étant représentées à des degrés très variables.

101 individus ont été récupérés dans les différentes rivières post-reproduction (gave d'Aspe : N=7 ; gave de Pau : N=7 ; gave d'Oloron N=17 ; gave d'Ossau : N=34 ; Nive : N=12 ; Saison : N=16 ; Verts : N=8).

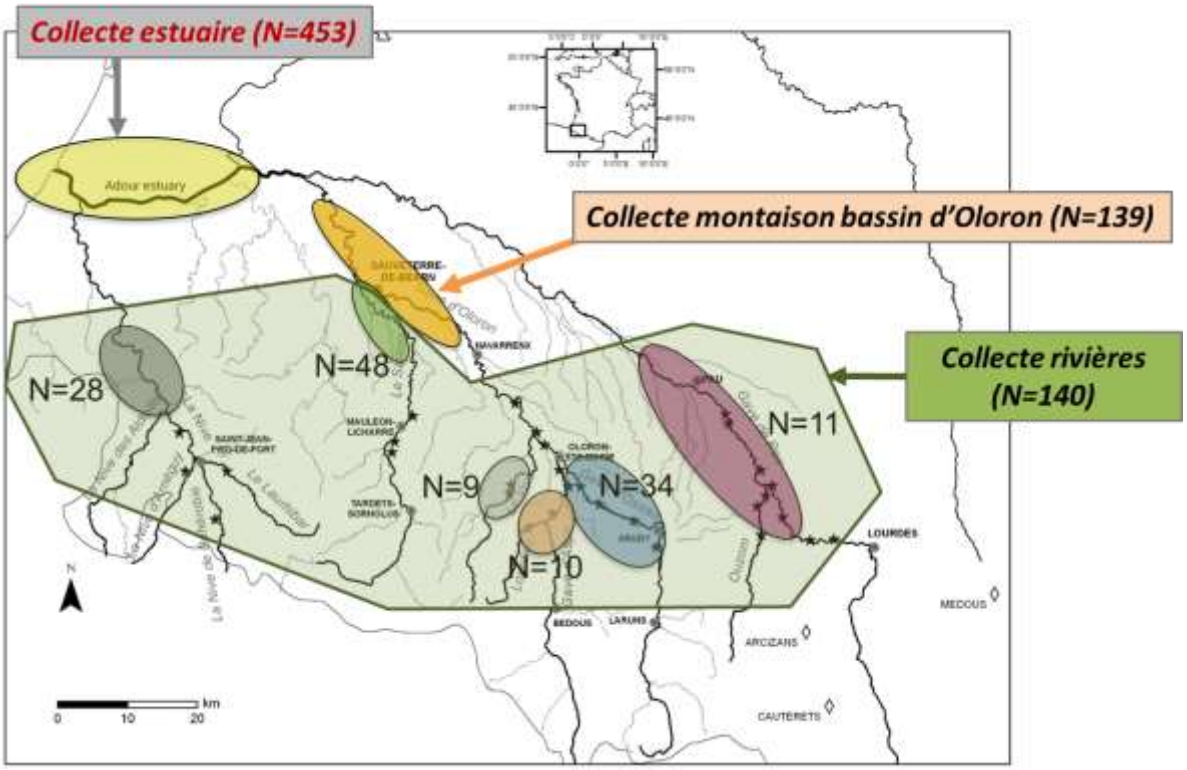


Figure 5 : Effectifs de saumons adultes collectés dans l'estuaire et les différentes rivières du bassin de l'Adour entre 2009 et 2015.

2.1.4.1 – Age des individus

L'âge des saumons adultes a été estimé par analyse des écailles par MIGRADOUR lorsque celles-ci ont été fournies avec les têtes de poissons (méthode détaillée dans le rapport

HIVISABA). Une cohorte de naissance a pu être déterminée pour 432 des 453 saumons capturés dans l'estuaire. Par contre, seulement 186 individus sur 279 collectés dans les rivières du bassin hydrographique ont pu être âgés.

Sur la période de 2011 à 2015 (2011 : n=79 ; 2012 : n=47 ; 2013 : n=96 ; 2014 : n=88 ; 2015 : n=77), soit 5 années de montaison, une très large majorité des saumons de printemps collectés dans l'estuaire sont âgés de 3 ans (73%) et de 4 ans (25%) (Fig. 6). La majorité des 3 ans sont des 2 hivers de mer (= plusieurs hivers de mer, PHM) et 1 hiver de rivière (>99% des 3 ans), donc avec très peu de « castillons (= saumons ayant passé 1 hiver en mer, 1HM). Bien que les « castillons (1HM) » puissent représenter une partie importante des saumons de retour dans l'Adour (30-75%, Migradour 2016), leur faible présence (1%) dans notre échantillonnage provient du fait que : premièrement, la pêche professionnelle cible essentiellement les PHM et deuxièmement, la maison Barthouil qui nous a fournie en têtes de saumons achète préférentiellement des gros poissons de type PHM. Les saumons de 4 ans sont majoritairement représentés par des 2 HM et 2 hivers de rivière (85% des 4 ans). Les 3HM et 1H de rivière représentent environ 15% des 4 ans. La proportion de saumons plus âgés (5 et 6 ans) est marginale : 0.2-2%.

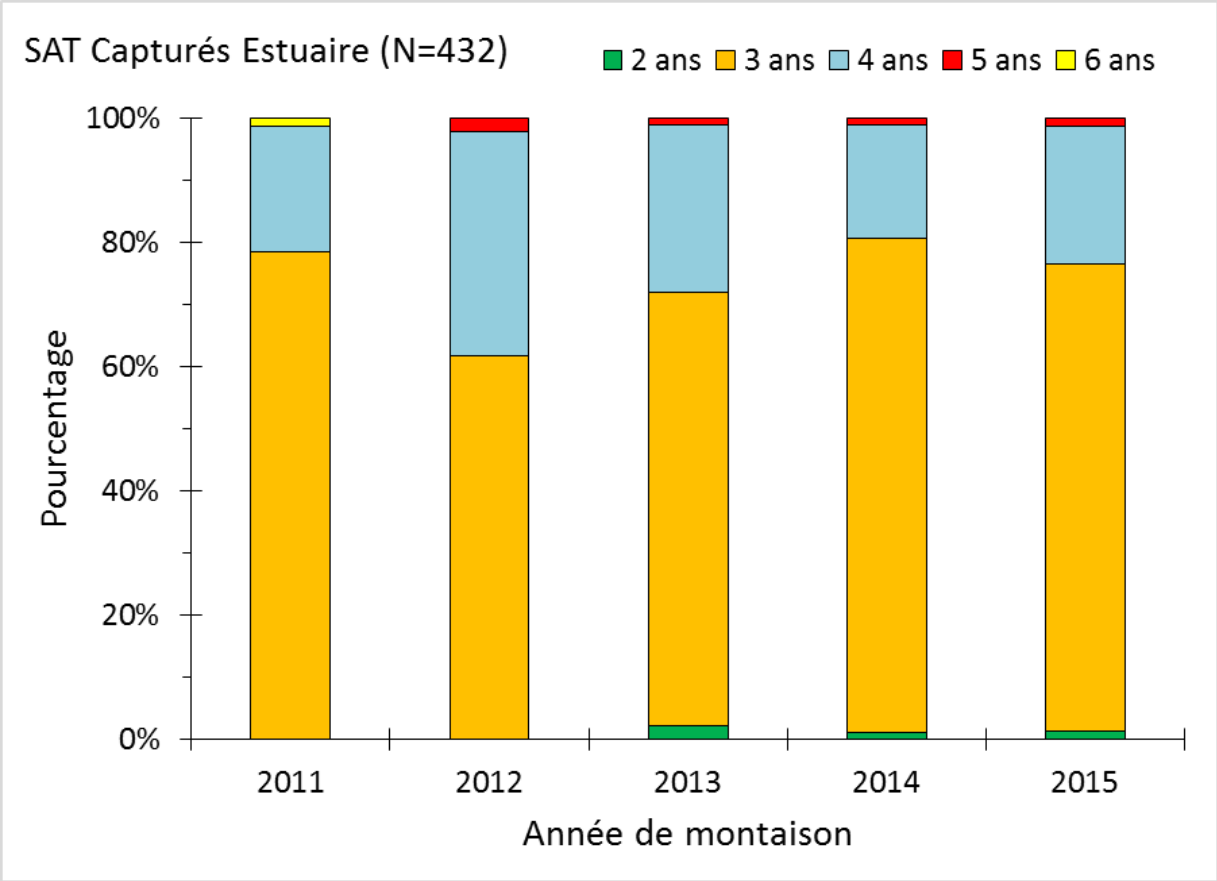


Figure 6 : Pourcentage des saumons âgés de 2 à 6 ans en fonction des années de collecte entre 2011 et 2015.

Quatre cohortes avec un effectif suffisamment conséquent (2008 N=82, 2009 N=56, 2010 N=83, 2011 N=90, 2012 N=59) étaient disponibles dans la base de saumons capturés dans l'estuaire (Tableau 3). Il faut signaler que la cohorte 2012 n'est pas complète, les retours des 4 ans étant prévus en 2016. La comparaison des proportions des sous-bassins d'origine et des rivières de naissance a pu être réalisée selon les années de montaison des adultes ou leur année de naissance. D'autre part, une approche cohorte semblait plus appropriée pour évaluer les retours du soutien aux effectifs du sous-bassin Pau car elle permettait de confronter directement les données microchimiques aux données de déversements annuels et de montaison des adultes comptabilisés par vidéo à Artix.

Tableau 3 : distribution des cohortes (en nombre) en fonction des années de collecte entre 2009 et 2015. 3 ans et 4 ans surlignés en jaune et mauve respectivement.

Estuaire (N=432)	**Cohorte**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
Année de montaison	***N***	***25***	***12***	***24***	***82***	***56***	***83***	***90***	***59***	***1***
2009	**35**	24	11							
2010	**10**		1	7	2					
2011	**79**	1		16	62					
2012	**47**			1	17	29				
2013	**96**				1	26	67	2		
2014	**88**					1	15	71	1	
2015	**77**						1	17	58	1

Par contre, aucune cohorte comportant un effectif suffisant (>50 individus) n'était disponible pour le sous-bassin du gave d'Oloron. Aussi, la distribution en fonction des cohortes n'a pas été abordée sur ce jeu de données. Seules les fidélités au bassin d'origine et au sous-bassin du gave d'Oloron ont alors été examinées sur ces derniers échantillons.

2.2 – Grande alose

Dans le cas de la grande alose, il a d'abord fallu tester la capacité de la microchimie à différencier des origines différentes à l'échelle inter et intra-bassins hydrographiques. Pour cette espèce, il est compliqué de construire une base modèle en raison de la difficulté à récupérer des juvéniles (« alosons ») dans les différentes rivières des bassins hydrographiques de naissance. La faible structuration génétique constatée au niveau du Golfe de Gascogne laissait supposer que des individus errants colonisent des bassins hydrographiques différents de leur bassin de naissance. Aussi, nous avons réalisé une approche en deux temps.

Les **premières investigations avaient pour objectif de déterminer si la microchimie des otolithes était capable de discriminer les grandes aloses originaires des principaux bassins hydrographiques du Golfe de Gascogne** (Bretagne, Charente, Garonne-Dordogne, Loire, Adour, Nivelle, Mondego, Minho, Lima). Cette étape a été réalisée lors d'une collaboration avec l'IRSTEA Bordeaux et l'INRA de Rennes et fait l'objet du post-doc de Jean Martin avec les échantillons collectés en 2013 sur le bassin de l'Adour.

La deuxième étape s'est focalisée **sur le bassin de l'Adour afin d'essayer de différencier les différents sous-bassins et/ou rivières colonisés par la grande alose**, le gave d'Oloron, le Saison, le gave de Pau, l'Adour et les Nives, pour deux années successives de montaison (2014 et 2015).

Dans les deux cas, la discrimination de l'origine des individus a été principalement basée sur la comparaison de données géochimiques des eaux et des signatures (Sr:Ca, Ba:Ca, ^{87}Sr :^{86}Sr) enregistrées dans les otolithes de grandes aloses préalablement collectées dans les rivières des bassins hydrographiques listés ci-avant, et lorsque disponible sur des alosons.

2.2.1 – Fidélité au niveau du Golfe de Gascogne

Les signatures élémentaire (Sr:Ca, Ba:Ca et Sr:Ba) et isotopique (^{87}Sr:^{86}Sr) des otolithes de grandes aloses correspondant à la rivière d'origine ont été obtenues par l'analyse de deux demi-couronnes symétriques de 60µm de large (Fig. 7) situées à 40µm du centre de l'otolithe afin de s'affranchir de l'influence maternelle, une pour l'acquisition de la signature élémentaire et l'autre pour l'isotopie du strontium. La zone couverte par les demi-couronnes correspond au premiers mois de vie post-éclosion lors du développement larvaire dans la rivière de naissance.

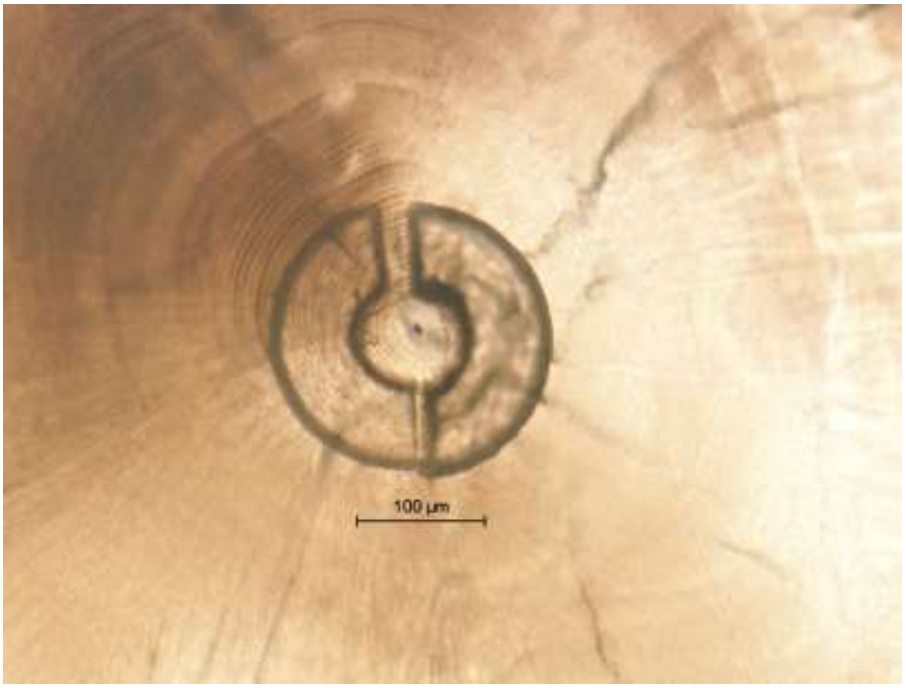


Figure 7: représentation de l'analyse demi-couronne sur les otolithes de grande alose.

Un modèle bayésien (bayesian hierarchical mixture model) a ensuite été construit sur la base de quelques alosons récupérés sur quelques rivières, des analyses d'eaux des rivières colonisées par l'alose et des individus adultes collectés dans tous les bassins étudiés.

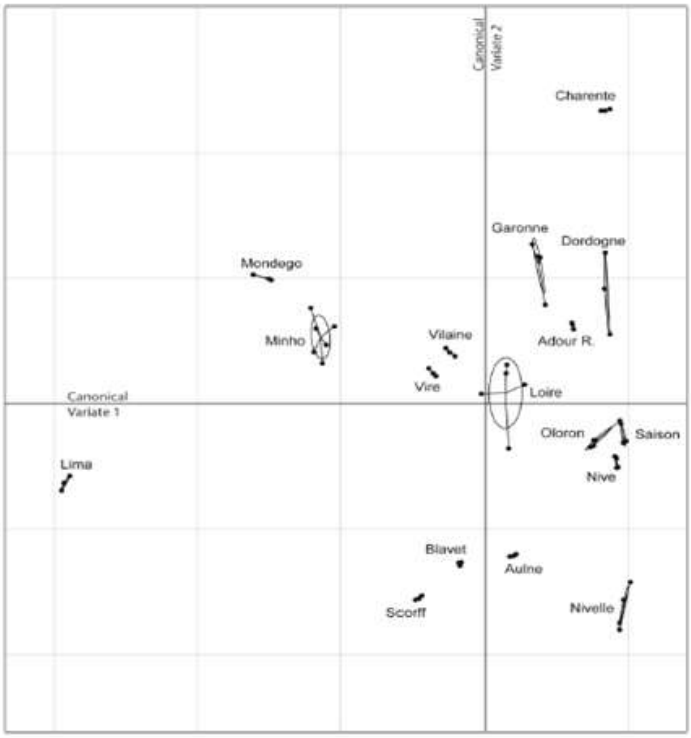


Figure 8: représentation 2D du modèle de discrimination de 17 rivières échantillonnées en 2013 pour la grande alose et l'eau sur la base des analyses des isotopes (^{87}Sr:^{86}Sr) et élémentaire (Sr:Ca and Ba:Ca) par analyse discriminante canonique.

L'analyse discriminante canonique (CDA) combinant otolithes de juvéniles (alosons) et données géochimiques des aires de reproduction des 17 rivières, suggère que la plupart des rivières natales seraient correctement discriminées (Fig. 8). Quelques recouvrements peuvent néanmoins exister entre rivières du bassin de l'Adour (Oloron, Saison et Nive), entre la Vire et la Vilaine, ainsi qu'entre la rivière Adour, la Garonne et la Dordogne.

Le modèle bayésien a été utilisé pour estimer la proportion d'individus fidèles à leur bassin et rivière natale de ceux se reproduisant à l'extérieur de leur bassin versant d'origine. Sur les échantillons de 2013 du bassin de l'Adour, la probabilité d'assignation à la rivière natale de ce bassin est supérieure à 0,8 pour 85% des poissons, indiquant que la majorité des adultes ont été assignés à une rivière spécifique d'origine avec un fort degré de confiance.

2.2.2 – Origine Adour, Gave de Pau, Oloron ou Saison-Nive

Par la suite, nous avons focalisé nos efforts sur la détermination de l'origine du sous-bassin et/ou rivières de naissance des grandes aloses récupérées dans le bassin de l'Adour via la pêche professionnelle dans l'estuaire (N=155, 28 en 2013, 78 en 2014 et 49 en 2015). Les grandes aloses récupérées via la pêche amateur dans l'Adour, le Saison et le gave d'Oloron ont été quant à elles utilisées pour évaluer le taux de homing et d'errance entre sous-bassins lorsque possible.

En préalable, les différentes rivières colonisées par la grande alose (Adour, gave de Pau, gave d'Oloron, Saison, Nive) et quelques-uns de leurs affluents (Midouze, Luy, Gabas, Saleys) ont été échantillonnées 1 à 2 fois entre la fin du printemps et le début de l'été pour l'analyse des traceurs Sr:Ca, Ba:Ca et ^{87}Sr:^{86}Sr dans les eaux. Dans la mesure où les jeunes alosons sont susceptibles de dévaler rapidement vers l'aval après éclosion des œufs, nous avons aussi prélevé et analysé des eaux à l'aval des zones potentielles de reproduction dans les systèmes rivière Adour, le gave d'Oloron et le gave de Pau.

Les résultats sur les eaux (Fig. 9) ont permis de montrer que gave d'Oloron, Saison et Adour-Pau pouvaient potentiellement être discriminés les uns des autres. Par contre, le gave de Pau et l'Adour présentent des signatures très proches dans les zones de reproduction de la grande alose limitant leurs discriminations respectives. Une signature élevée en baryum (Ba) a toutefois été observée dans la zone de dévalaison sur le cours de la rivière Adour. Cependant, cette singularité pourrait être enregistrée dans les otolithes des alosons en dévalaison à condition que 1) ces derniers restent suffisamment de temps entre la confluence de l'Adour avec la Midouze et la confluence de l'Adour avec les gaves réunis (= dévalaison pas trop rapide, i.e. durant plusieurs jours), et 2) cette zone enrichie soit présente tous les ans sans grand changement d'intensité pendant la période de dévalaison des alosons du moins.

Ceci nous a donc conduit à modifier l'approche analytique au niveau de l'analyse élémentaire pour les individus collectés en 2014 et 2015 afin de vérifier si des aloses présentaient de fortes valeurs en Ba en s'éloignant de la zone centrale de l'otolithe. En place de la demi-couronne, nous avons donc fait des profils continus du centre de l'otolithe jusqu'au début de la période de vie en eaux salées (entre 600 et 800 µm) permettant d'acquérir l'évolution temporelle du Ba:Ca et du Sr:Ca au court du temps et donc de la dévalaison des individus.

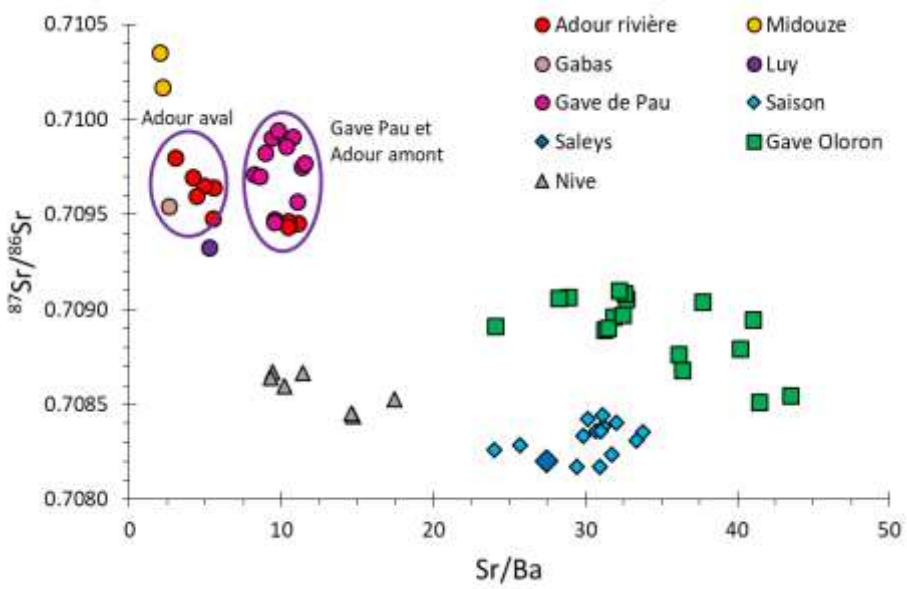


Figure 9: ^{87}Sr :^{86}Sr vs Sr/Ba dans les eaux de rivières dans le bassin de l'Adour. Il est à noter que les signatures du Saison sont celles préalablement réalisées pour le saumon donc relativement en amont par rapport à la zone à grande alose.

A partir des signatures Sr:Ca, Ba:Ca, Sr:Ba et ^{87}Sr:^{86}Sr obtenues sur les otolithes en début de vie des individus (60 µm post-émergence), une analyse statistique de type « analyse hiérarchique en clusters » a été menée afin de déterminer combien de groupes d'aloses sont discriminés dans le bassin de l'Adour. Cette analyse suggère l'existence de trois groupes distincts (Fig. 10).

Dans la mesure où une grande majorité des individus collectés dans la rivière Adour est retrouvée dans le cluster rouge représenté sur la figure 10 et que sur cette rivière n'est pas discernable du gave de Pau au niveau de cette zone de l'otolithe, ce cluster correspond par conséquent aux individus issus de ces deux rivières, **Adour et gave de Pau** (rouge).

De la même façon, les individus collectés dans le **Saison et le gave d'Oloron** se retrouvant dans le **cluster bleu et vert** respectivement, ces deux groupes ont été assimilés comme représentatif de ces deux rivières, **Saison** (bleu) et **Oloron** (vert).

La similitude avec la distribution des données eaux figure 9 conforte cette analyse. Il est à noter toutefois que le sous-bassin de la Nive pourtant discriminé avec les données eaux pourrait ne pas être franchement différencié de celui du Saison. Il n'est pas exclu que les prélèvements d'eaux ponctuels réalisés sur le gave d'Oloron, le Saison et la Nive ne soient pas significatifs des signatures chimiques rencontrées dans les zones à grande alose de ces rivières. En effet, ces données obtenues dans le cadre des travaux sur le saumon proviennent d'une zone plus en amont. Saison et Nive serait alors peut-être plus difficilement différenciables. Le cluster bleu serait alors composé du **Saison et de la Nive**.

Enfin, quelques individus s'écartent sensiblement des 3 groupes. Ils représentent probablement des individus non originaires du bassin de l'Adour.

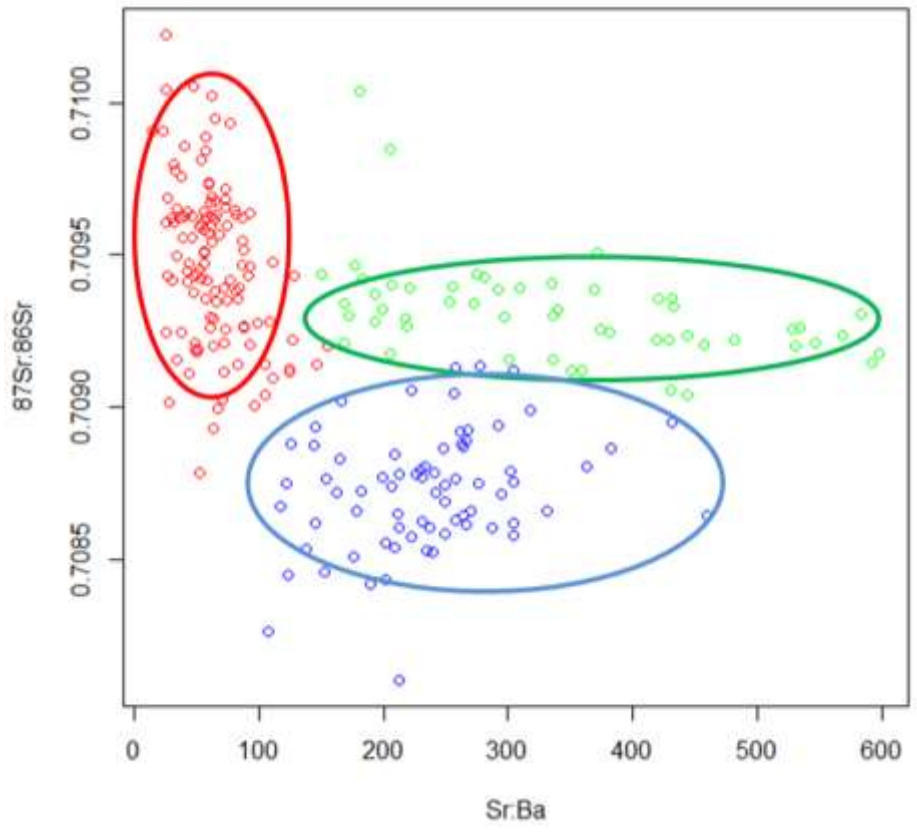


Figure 10 : identification de 3 clusters à partir de l'analyse hiérarchique en clusters des signatures Sr:Ca, Ba:Ca, Sr:Ba et $^{87}Sr:^{86}Sr$ mesurées sur la partie juste après l'influence maternelle des otolithes de grandes aloses collectées en 2013, 2014 et 2015 dans le bassin de l'Adour.

Un des enjeux était d'évaluer le rôle de la rivière Adour dans le renouvellement de la population du bassin de l'Adour. Nous avons alors regardé l'évolution de la signature en Ba (sur les profils en continus) dans les aloses attribuées par l'analyse en cluster au groupe Adour-

Gave de Pau. Ceux nés dans la rivière Adour ont probablement traversé des eaux enrichies en Ba par rapport celles du gave de Pau aval, en particulier à partir de l'aval de la confluence avec la Midouze qui est très chargée en Ba (Fig. 11).

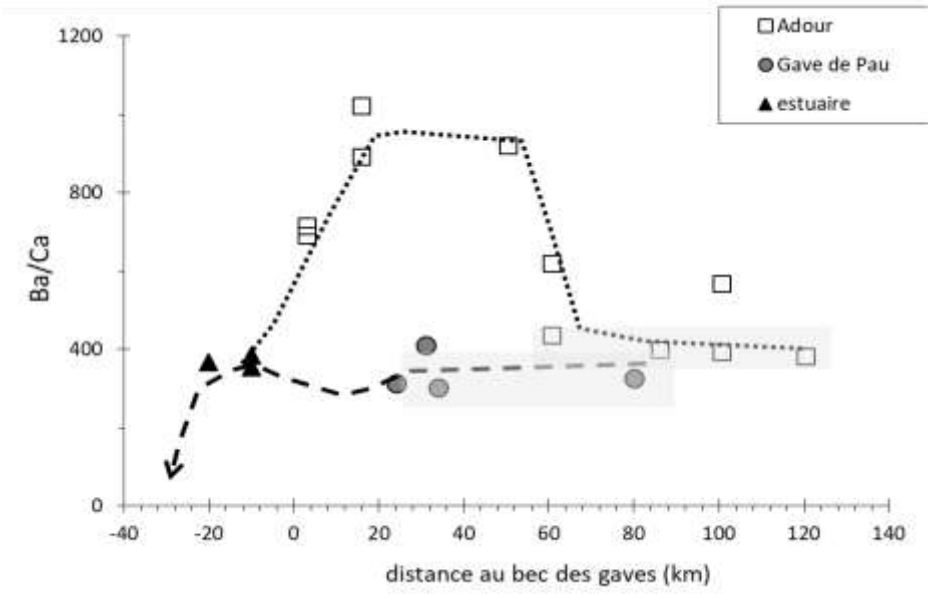


Figure 11 : Différenciation de la signature en Ba de la rivière Adour de celle du gave de Pau dans la partie aval de l'Adour.

Néanmoins, cette particularité a pu ne pas être enregistrée dans l'otolithe si la dévalaison s'est produite trop rapidement ou si la zone enrichie en Ba n'est pas permanente. Compte tenu d'une forte incertitude, certains profils présentant une forte augmentation du Ba (Fig. 12a), d'autres une augmentation beaucoup moins marquée et enfin d'autres sans augmentation (Fig. 12b), il nous a été difficile de conclure de façon quantitative à l'origine de ces individus avec un fort taux de certitude. Aussi, nous n'avons pas pu pousser plus loin la discrimination Adour – Gave de Pau pour le moment.

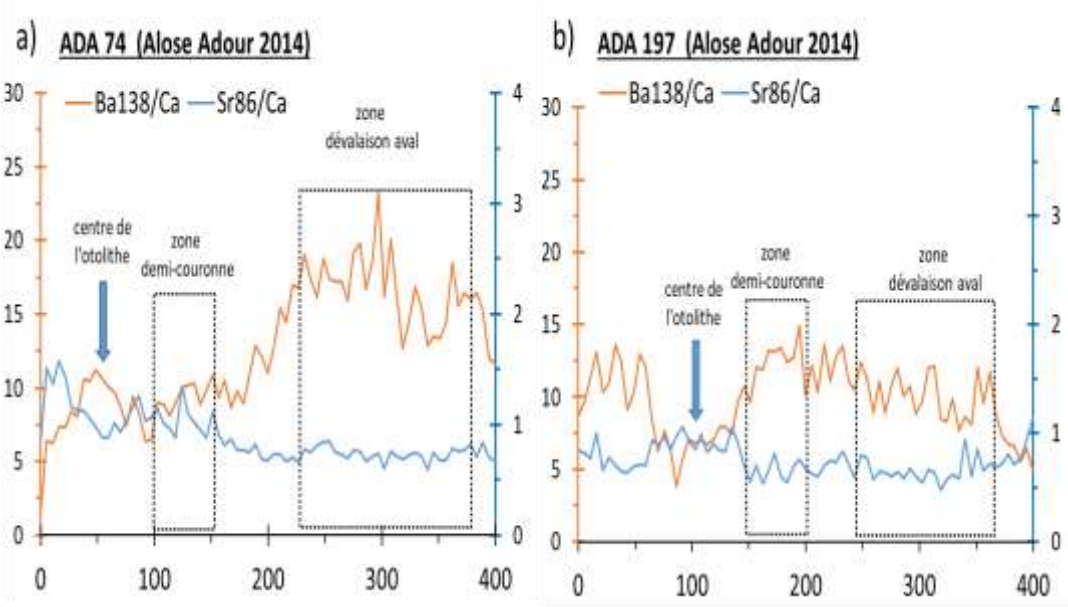


Figure 12 : a) individu avec forte augmentation du Ba:Ca lors de la dévalaison ; b) individu sans changement de Ba :Ca lors de la dévalaison.

2.2.3 – Effectifs des grandes aloses collectées dans le bassin de l'Adour

Au total, 302 aloses adultes ont été collectées en 2013, 2014 et 2015 par le biais de pêcheurs professionnels ou amateurs. La collecte de l'année 2014 représente 61% de l'échantillon, suivi par l'année 2015 (25%) et l'année 2013 (15%).

Sur la base des tonnages pêchés par les pêcheurs fluviaux, les deux années 2013 et 2014 correspondent à des bonnes années de retour (8-12 tonnes, Migradour 2014), alors que l'année 2015 était plutôt moyenne avec 3.3 tonnes (Migradour, 2016).

La très grande majorité des échantillons provient de captures dans l'estuaire (Tab. 3) avec 68% des individus et du Saison (15%). Les autres rivières, gave d'Oloron (4%), Nive (1%), rivière Adour (7%) et gaves réunis (6%), sont relativement peu représentées. Aucun échantillon n'a pu être récupéré dans le gave de Pau car nous n'avons pas trouvé à ce jour de pêcheur pouvant nous fournir des têtes de grandes aloses sur cette rivière.

Rivière de capture	2013	2014	2015	Total général
Adour estuaire	31	121	53	205
Gaves réunis		12	5	17
Adour rivière	7	13	1	21
Gave d'Oloron		10	3	13
Saison	6	25	13	44
Nive		2		2
Total général	**44**	**183**	**75**	**302**

Tableau 4 : effectifs de grandes aloses en fonction des années (2013, 2014 et 2015) et des sites de collecte.

3 – ORIGINE NATALE DES SAUMONS DU BASSIN DE L'ADOUR

3.1 – Fidélité au bassin de l'Adour.

3.1.1 – Proportion dans l'estuaire et dans les secteurs amont (2009-2015)

Afin d'évaluer la fidélité des saumons au bassin de l'Adour, les **732 individus collectés entre 2009 et 2015** ont été utilisés. Cette base a été également séparée en deux sous-ensembles, les individus provenant de capture dans l'estuaire (**N=453**) et ceux provenant de captures dans le bassin versant de l'Adour (**N=279**). Ces deux sous-ensembles permettront d'apprécier si des saumons errants ayant pénétrés dans la zone estuarienne sont susceptibles de rejoindre des zones plus en amont dans le bassin versant pour éventuellement s'y reproduire.

Les résultats montrent qu'en **grande majorité les saumons capturés dans ce bassin en sont originaires** (Fig.13; Tab. 5). De plus, la **contribution des fidèles à l'Adour est plus importante dans le groupe issus du bassin versant (>95%)** que dans l'estuaire (>**88%**). D'autre part, la proportion de saumons certifiés errants (*probabilité d'assignation à un bassin autre que l'Adour >75%*) varie entre 4% et 6% minimum, respectivement dans le bassin versant et dans l'estuaire. Une incertitude réside quant à la proportion réelle d'errants et de fidèles à l'Adour car 2-6% d'individus ont une origine indécise en raison d'une probabilité d'assignation à un bassin <75% et n'ont, par conséquent, pas pu être assignées avec certitude à l'Adour ou un autre bassin (Tab. 5).

Cependant, dans tous les cas, la plus grande proportion d'errants dans l'estuaire que dans le bassin versant suggère que tous les saumons errants pénétrant dans la zone estuarienne n'atteignent pas forcément les zones de reproduction plus en amont. Cette suggestion est confortée par une étude menée par l'IFREMER en 1999 et 2001 (Bégout Anras, 2001). Celle-ci a en effet montré que parmi 26 saumons capturés dans l'estuaire et équipés de capteurs acoustiques, 8 sont repartis en mer et ne sont pas revenus dans l'Adour. Aussi, il est envisageable que des errants ayant empruntés l'Adour fassent demi-tour pour retourner en mer afin de rejoindre leur bassin d'origine.

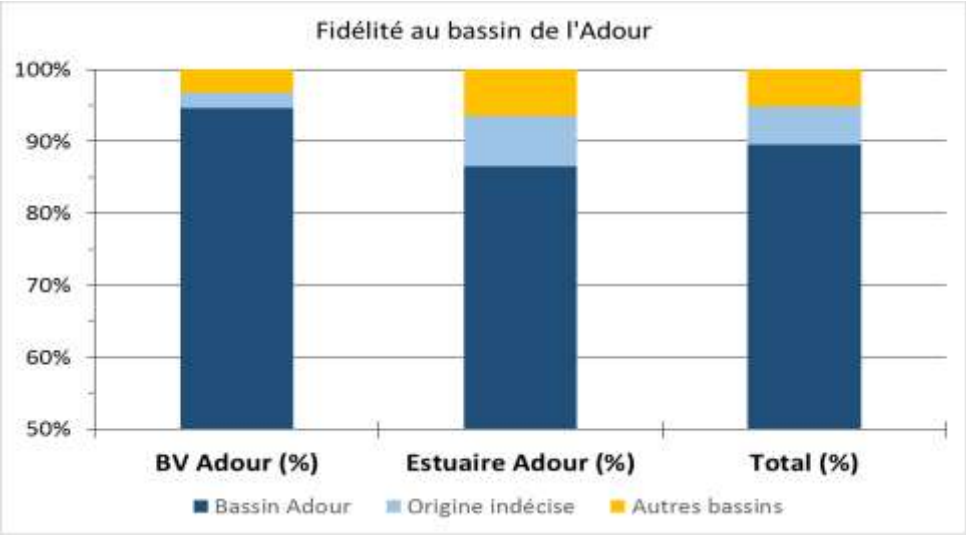


Figure 13: contribution des saumons fidèles au bassin de l'Adour, des errants et des indécis (%).

Tableau 5: contributions (%) des saumons fidèles au bassin de l'Adour, des errants et d'individus d'origine indécise.

Origine	Estuaire	Bassin versant
Adour	87.6%	94.6%
Errants	6.2%	3.6%
Indécis	6.2%	1.8%

3.1.2 – Variabilité inter-annuelle

Nous avons aussi examiné la variabilité inter-annuelle de la proportion de saumons fidèles à l'Adour entre 2009 et 2015. La **contribution de saumons originaires de l'Adour est assez variable selon les années** (Fig. 14), variant de 72% en 2011 à 98% en 2009. Il est à noter que les deux années successives 2010 (9%) et 2011 (15%) présentaient les plus fortes contributions en saumons errants certifiés, suivi de 2014 (6%) alors que pour les années 2009, 2012, 2013 et 2015 celles-ci étaient faible à nulle (0-2%). De tels taux d'errance sont dans la gamme donnée dans la littérature (2-8 %, Baglinière communication orale, 2013).

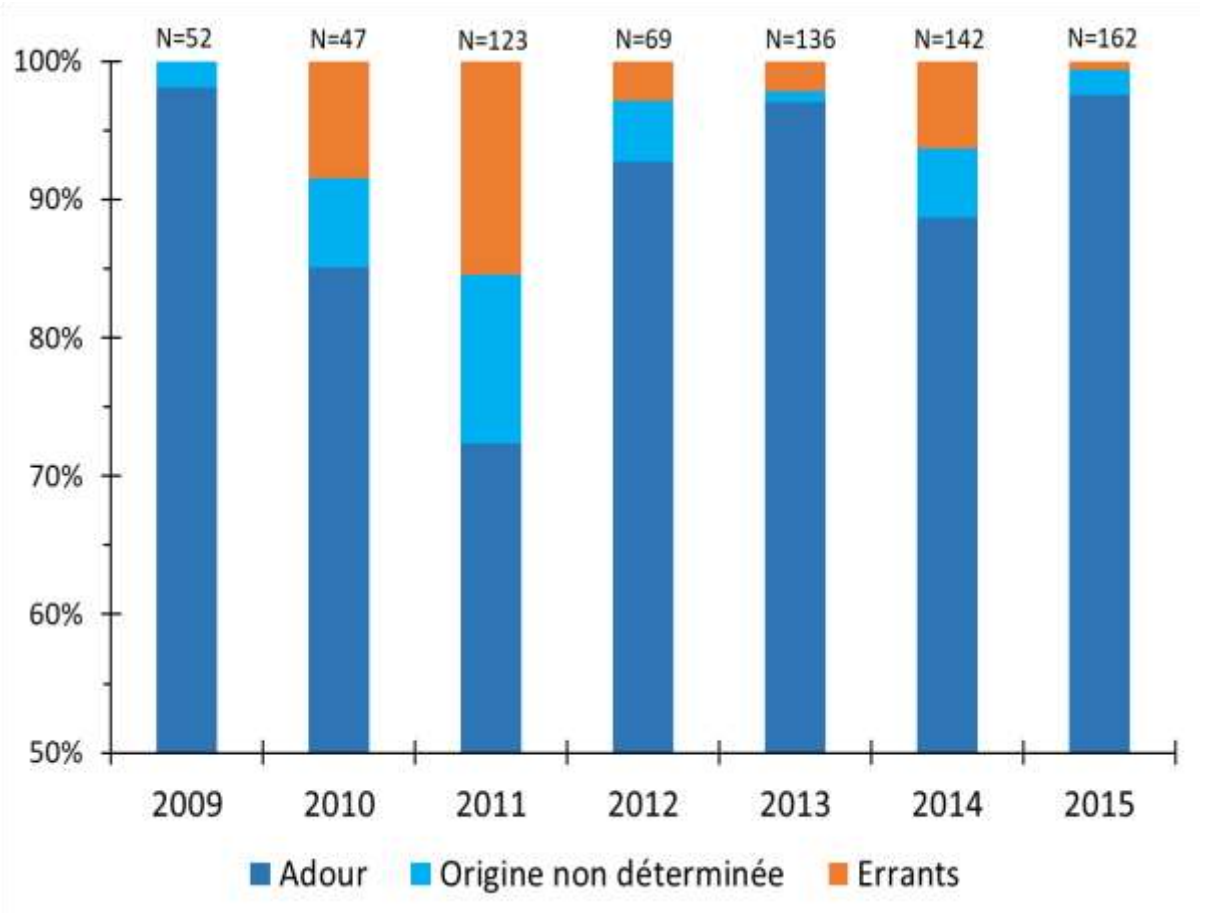


Figure 14: variabilité dans la contribution (%) en saumons fidèles au bassin de l'Adour, errants et avec une origine indécise entre 2009 et 2015.

3.1.3 – Origine des saumons errants

L'ajout de signatures propres à d'autres bassins colonisés par le saumon dans notre modèle d'assignation a permis d'identifier une origine pour la plupart des saumons errants certifiés. Le **bassin de l'Allier est le plus représenté (1.8%) suivi du bassin de la Bidassoa (1.5%)**, les autres bassins (Bretagne-Galice, Garonne, Nivelle) contribuant pour moins de 1% (Fig. 15). Les errants certifiés Allier n'ont cependant été retrouvé que dans les collectes réalisées dans l'estuaire, alors que les errants originaires de la Bidassoa sont retrouvés aussi bien dans l'estuaire que dans le bassin versant de l'Adour.

Les deux années 2010 et 2011, caractérisées par les plus fortes proportions en saumons errants collectés dans l'Adour, sont associées principalement à un arrivage plus important de saumons de la Bidassoa en 2010 et de l'Allier en 2011 (Fig. 16). Des saumons errants de l'allier n'ont d'ailleurs été observés pratiquement que cette année-là (Fig. 16). L'année 2011 a été une bonne année de remontée dans le bassin de l'Allier (LOGRAMI, 2014).

Il est intéressant de constater que les deux bassins fournissant des errants de façon régulière (Fig. 16) sont les bassins de proximité que sont la Bidassoa (0-6%), la Nivelle (0-1.5%) et la Garonne (0-2%).

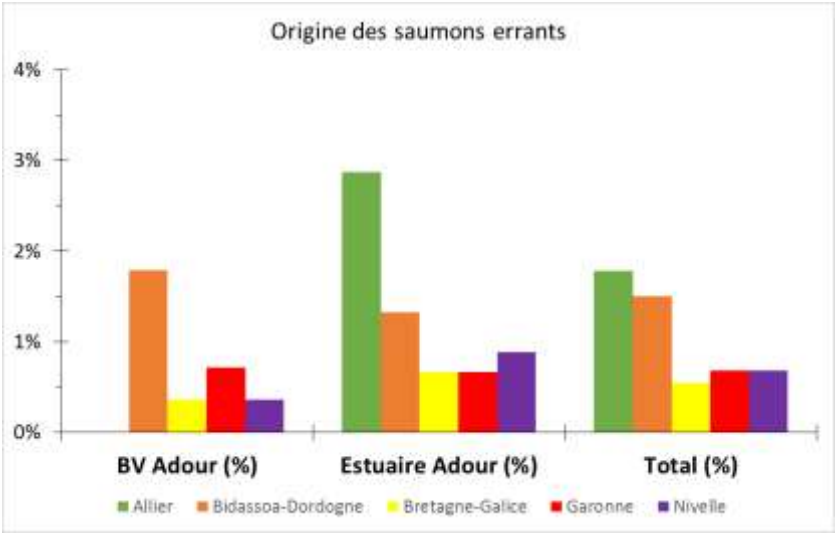


Figure 15: Contribution (%) et origine des saumons errants dans l'estuaire et le bassin versant de l'Adour.

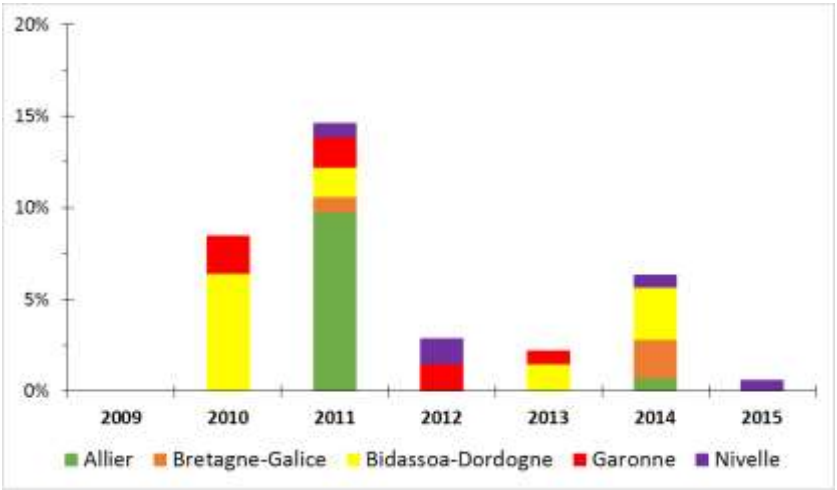


Figure 16: variabilité inter-annuelle (%) et origine des saumons errants entre 2009 et 2015.

3.1.4 – Taux d'errance dans le sous-bassin d'Oloron

Dans la mesure où pour l'ensemble des bassins versants de l'Adour, seul l'échantillonnage du gave d'Oloron (collecte via les pêcheurs amateurs à la ligne) s'est révélé suffisant, nous avons examiné le taux et l'origine des errants exclusivement sur ce dernier (Fig. 17). Entre 2009 et 2015, cela représentait 240 individus. Parmi ceux-ci, 87% sont de retour dans leur sous-bassin d'origine (Oloron) à coup sûr, alors que seulement 2% proviendraient de la Bidassoa et 1% de la Garonne. 10% n'ont pu être attribués de façon fiable au bassin de l'Adour ou à un autre bassin (indécis), mais plus de la moitié de ces indécis (6%) ont une probabilité >50% d'être originaires du bassin de l'Adour. Le taux d'errance dans les têtes de bassin semble donc relativement faible. D'autre part, le taux d'errance depuis les sous-bassins Nive et Pau serait de l'ordre de 5%.

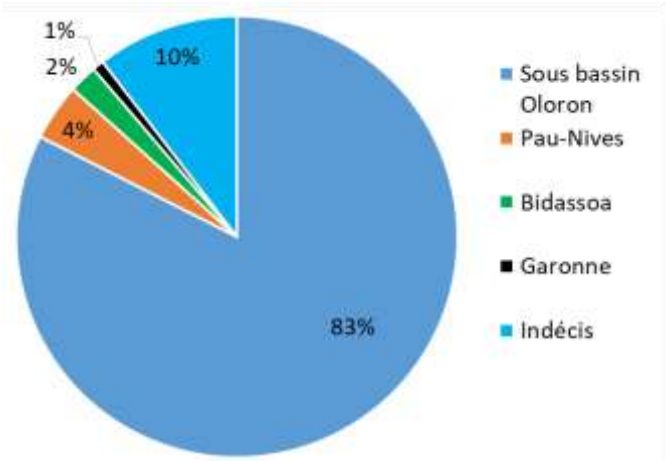


Figure 17: origine des saumons collectés dans le sous-bassin du gave d'Oloron

3.2 – Proportion de saumons originaires des trois sous-bassins Oloron, Pau et Nive et des différentes rivières de chaque sous-bassins.

3.2.1 – Proportion moyenne (2009-2015) de saumons issus des trois sous-bassins

L'évaluation de la proportion de saumons issus des trois sous-bassins (Oloron, Pau, Nives) du bassin de l'Adour a été réalisée sur la base des **individus capturés exclusivement dans l'estuaire par la pêche professionnelle et assignés à une origine Adour (N=397)**. Les individus récoltés en montaison dans le bassin versant n'ont pas été utilisés en raison d'un échantillonnage trop spécifique avec principalement des individus du gave d'Oloron via la pêche amateur à la ligne. D'autre part, les individus collectés dans l'estuaire provenaient de captures en aval (N= 219) et en amont (N= 86) de la confluence de l'Adour avec la Nive, ainsi que de poissons sans localisation précise du site de capture (N= 92). Un problème de sous-estimation de la contribution Nive pouvait alors se poser pour les échantillons collectés à l'amont de la confluence. Nous avons par conséquent déterminé la contribution des trois sous-bassins Oloron, Pau, Nive sur ces trois groupes d'échantillons. Dans la mesure où les résultats

obtenus sont peu différents pour la Nive (12% avec les captures de l'aval et les sans site connu ; 9% avec les captures de l'amont), **nous avons décidé d'utiliser la totalité des 397 individus pour estimer les différentes contributions**.

Globalement, sur la période 2009 à 2015 et pour notre échantillon principalement constitué de PHM, le sous-bassin d'Oloron contribue majoritairement (68%, Fig. 18) au retour de géniteurs en accord avec la place de ce sous-bassin en termes de production annuelle d'alevins 0+ (Migradour, 2016) et de géniteurs en montaison (stations de contrôle).

Dans la mesure où le sous-bassin du gave de Pau est aleviné, aucune estimation fiable de la production annuelle d'alevins 0+ n'était réalisable. Il est intéressant de voir que via l'approche otolithe nous avons été en mesure de confirmer les observations de la station de contrôle d'Artix en indiquant une contribution moyenne de ce sous-bassin à 20% (Fig. 18) des retours de géniteurs de plusieurs hivers de mer (PHM).

Enfin, si la production annuelle d'alevins 0+ du sous-bassin des Nives est connue (en moyenne 8% de celle d'Oloron), le nombre de géniteurs en montaison n'est pas à l'heure actuelle évalué de façon fiable. Nos résultats suggèrent qu'en moyenne 11% (Fig. 18) des géniteurs PHM sont originaires de ce sous-bassin.

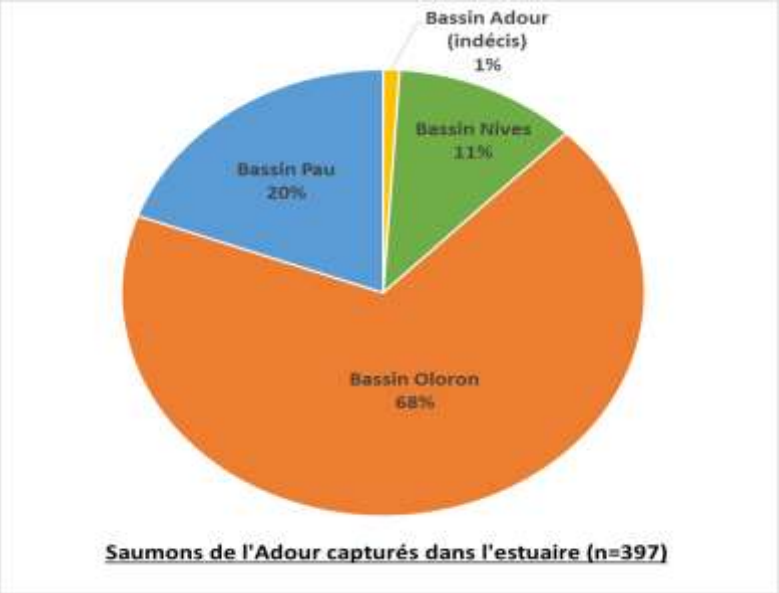


Figure 18: contribution moyenne des sous-bassins Oloron, Pau et Nives au retour de géniteurs PHM entre 2009 et 2015.

3.2.2 – Variabilité inter-annuelle : années de montaison et cohortes

La contribution annuelle des 3 sous-bassins pour 5 années de montaison consécutives, montre qu'il existe une variabilité inter-annuelle (Fig. 19). Celle-ci semble plus prononcée pour le sous-bassin des Nives avec une contribution oscillant entre 8% (2012, 2013, 2015), 18% en 2014 et 22% en 2011. Celle du gave de Pau reste relativement stable, variant modérément entre 16% et 21%. Dans tous les cas, le sous-bassin d'Oloron reste très majoritairement le fournisseur principal de géniteurs, oscillant de 66% à 72%.

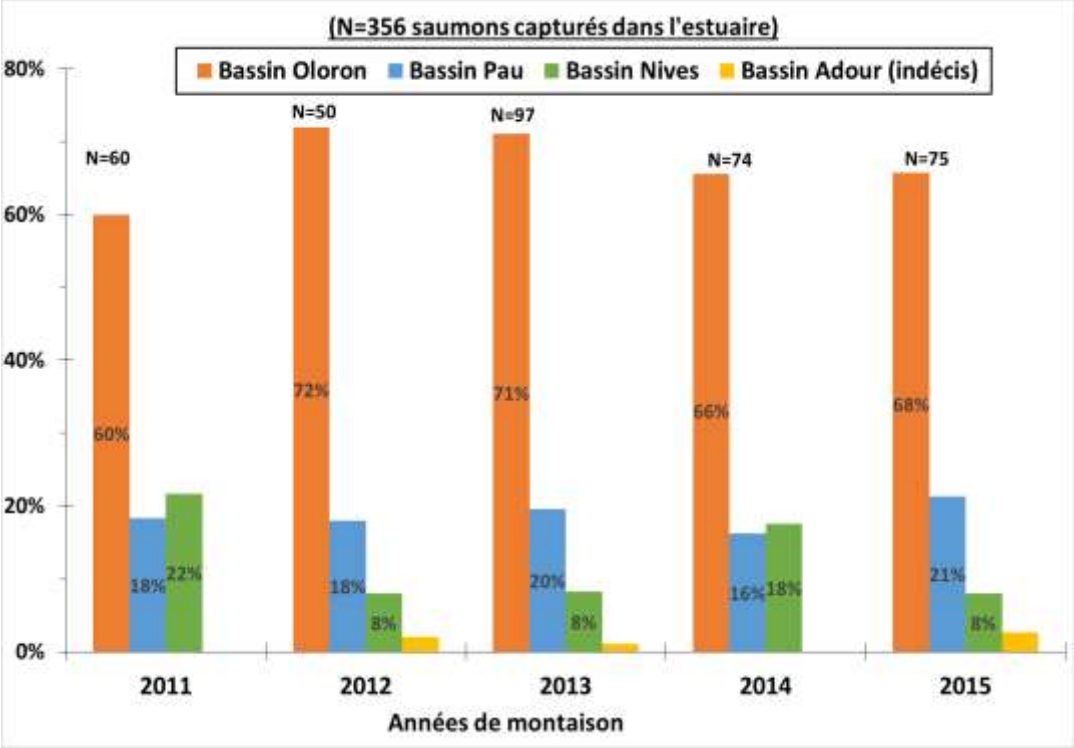


Figure 19: variabilité dans la contribution des 3 sous-bassins Oloron, Pau et Nives par années de montaison entre 2011 et 2015.

Nous avons aussi regardé la proportion des 3 sous-bassins sous l'angle de retour des cohortes (saumons issus de la même année de naissance, Fig. 20). Les 4 cohortes consécutives 2008-2011 présentent des résultats très similaires à ceux présentés pour les années de montaison que ce soit pour le rang de chaque sous-bassin, l'ordre de grandeur de la contribution et la variabilité inter-annuelle.

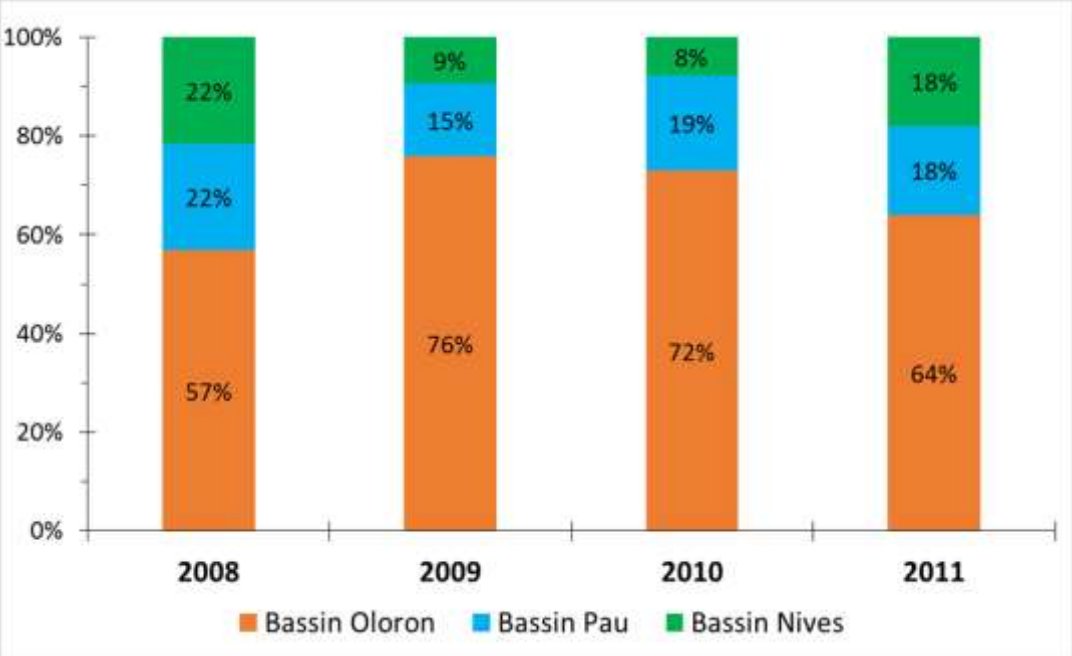


Figure 20: variabilité dans la contribution des 3 sous-bassins Oloron, Pau et Nives pour les 4 cohortes de 2008, 2009, 2010 et 2011.

3.2.3 – Proportion de saumons issus des différentes rivières (Fig. 21)

Afin d'attribuer une origine plus précise que le sous-bassin, nous avons tenté de déterminer, lorsque c'était possible, la rivière d'origine dans les trois sous-bassins. Quatre rivières présentent un taux de reclassement optimum (100%) : l'Aphoura (affluent du Saison), le gave d'Ossau (zone amont et intermédiaire), le gave de Pau et la Nive d'Arnéguy. Trois rivières ont des taux de reclassement avec une fiabilité > à 80% : les Verts, le gave d'Aspe, le Lourdios, le gave d'Oloron et l'Ouzom. Par contre, le reclassement dans les rivières Saison, Nive de Béhérobie, grande Nive et Laurhibar, est plus incertain avec une probabilité de bon reclassement de seulement 60-67%.

Sur la base des 397 individus capturés dans l'estuaire entre 2009 et 2015 et originaires du bassin de l'Adour, la plus grande proportion de saumons sont nés avec certitude dans le gave d'Ossau amont et intermédiaire (25%). La contribution de ce gave apparait cependant faible au regard de sa contribution en termes de production d'alevins 0+ (56% en moyenne entre 2001 et 2014 mais sans la contribution du sous-bassin Pau, MIGRADOUR 2016). Néanmoins, pour 19% des individus originaires du sous-bassin d'Oloron il n'a pas été possible de déterminer une rivière d'origine précise. Il est possible qu'une partie de ces indécis proviennent du gave d'Ossau aval, mais cela reste à démontrer. Les autres rivières du sous-bassin Oloron ont contribué à 14% (Saison-Verts) et 10% (Aspe-Lourdios). Au regard des probabilités de bon reclassement dans les rivières de ce sous-bassin, le niveau de contribution des rivières du sous-bassin d'Oloron estimé via les otolithes est globalement du même ordre de grandeur que celui évalué par MIGRADOUR entre 2001 et 2014 sur la base des productions d'alevins 0+, avec par ordre d'importance le gave d'Ossau (63%), Saison-Verts (21%), le gave d'Oloron (10%) et Aspe-Lourdios (6%).

En ce qui concerne le sous-bassin de Pau, le gave de Pau a contribué en moyenne à 15% et son affluent l'Ouzom à 5% environ durant la même période (2009-2015).

Dans le sous-bassin des Nives, la Nive de Béhérobie n'a pas pu être discriminée de la grande Nive. Ces deux rivières ont contribué le plus dans ce sous-bassin avec 6%, suivi de la Nive d'Arnéguy (3%) et marginalement le Laurhibar (<1%). Ces résultats sont relativement en accord avec l'ordre de grandeur dans la production d'alevins 0+ estimée par MIGRADOUR entre 2001 et 2014, 50% Béhérobie/grande Nive, 45% Nive d'Arnéguy et 4% Laurhibar.

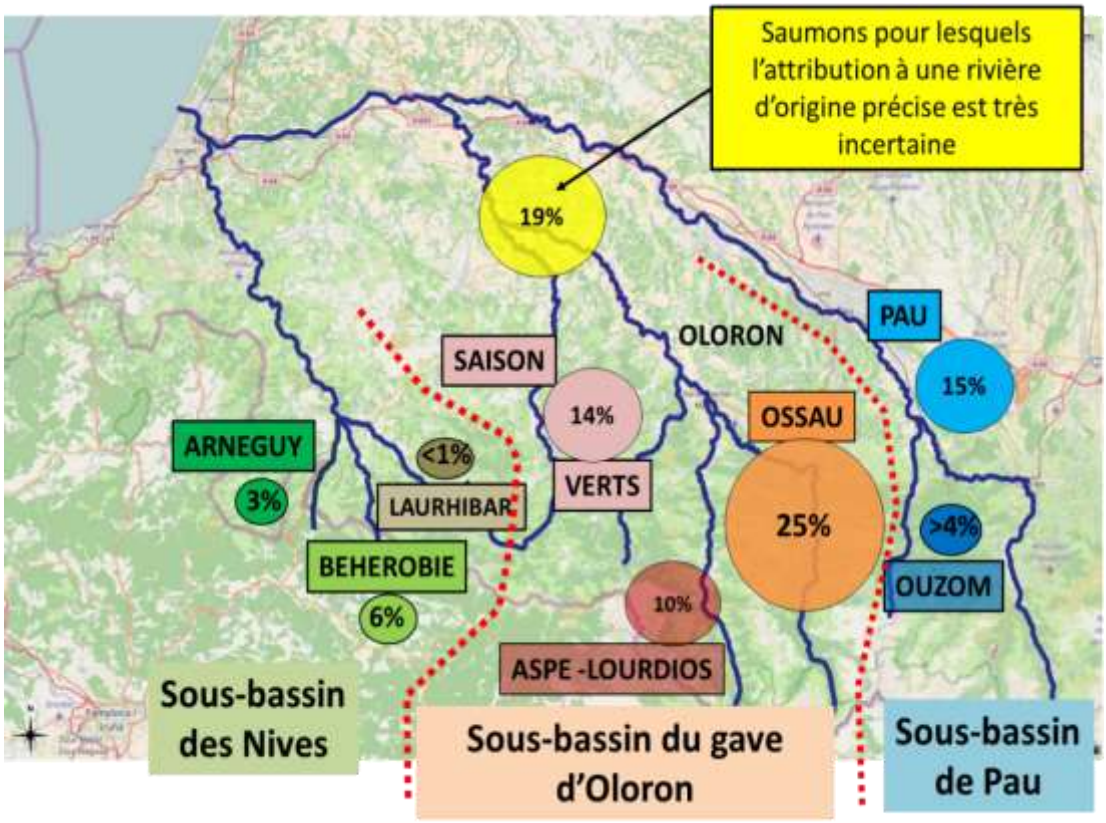


Figure 21: contribution (%) de chaque rivière ou groupe de rivières au retour de géniteurs PHM dans le bassin de l'Adour entre 2009 et 2015.

Enfin, nous avons comparé les résultats obtenus avec les otolithes à ceux des stations de contrôle vidéo du gave de Pau (Artix) et du gave d'Oloron (Masseys) pour les années 2011 à 2015. La station de Masseys ne prend pas en compte les géniteurs remontant dans son affluent le Saison. Aussi, nous n'avons pas pris en compte les individus attribués à cet affluent avec les otolithes. Le **rapport Pau/Oloron (sans le Saison) obtenu via les otolithes varie de 2,6 à 3,1 entre 2011 et 2015** (Fig. 22). Ce rapport est **relativement cohérent avec celui** obtenu à partir **des stations de contrôle d'Artix (gave de Pau) et de Masseys (gave d'Oloron sans le Saison) durant la même période, 2,9 à 4,0,** même si pour les années 2011 et 2012 il était sensiblement plus faible.

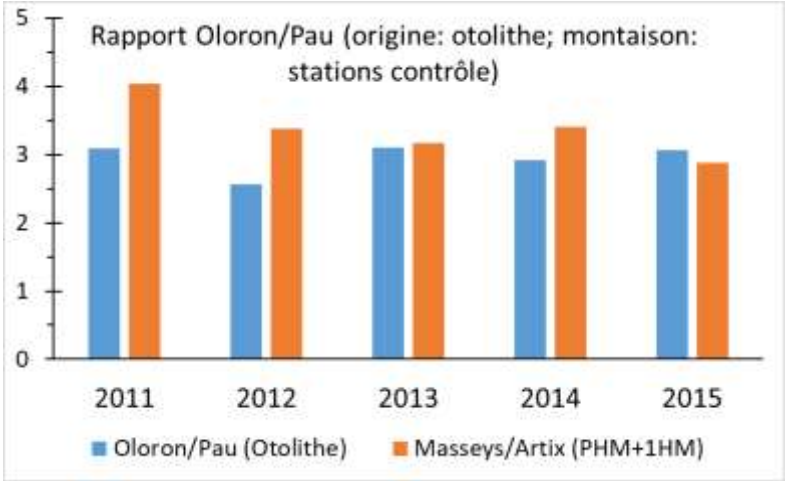


Figure 22 : comparaison du rapport Oloron (sans le Saison) / Pau obtenu à partir des otolithes et des stations de contrôle vidéo de Masseys et d'Artix.

3.3 – Contribution du soutien aux effectifs dans le bassin de l'Adour.

3.3.1 – Proportion de saumons issus de l'alevinage.

L'évaluation de la proportion de saumons issus d'un retour d'alevinage dans le bassin de l'Adour a été également évaluée sur la base des individus capturés dans l'estuaire par la pêche professionnelle et assignés à une origine Adour (N=397).

En moyenne, au cours de la période 2009-2015 (Fig. 23), 86% des saumons PHM capturés dans l'estuaire sont nés de reproduction naturelle dans les rivières du bassin de l'Adour. 14% sont quant à eux des saumons qui sont nés dans la pisciculture de Cauterets et ont été déversés principalement dans le sous-bassin du gave de Pau.

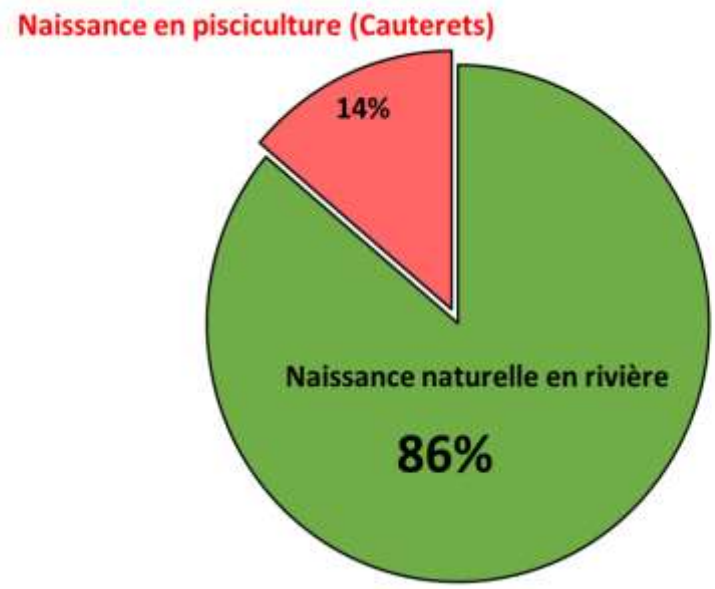


Figure 23: contribution (%) des saumons PHM issus d'alevinage et de reproduction naturelle dans le bassin de l'Adour entre 2009 et 2015.

Les retours d'alevinage dans le bassin de l'Adour montrent une variabilité inter-annuelle assez marqué entre 2011 et 2015 (Fig. 24). En effet, le pourcentage de saumons nés à la pisciculture de Cauterets varie de 5% en 2014 à 23% en 2012. La faible proportion de saumons d'alevinage parmi les retours de 2014 (5%) correspond aux faibles déversements (≈300 000 alevins) réalisés trois années auparavant (2011) en comparaison aux autres années (>500 000).

La grande majorité des saumons issus de l'alevinage sont originaires du gave de Pau, en accord avec l'effort effectué dans cette rivière depuis 2004.

L'absence de retour d'alevinage des rivières Lourdios, Verts et Aspe du sous-bassin d'Oloron en 2014 est en accord avec la fin des déversements en 2010 dans ce sous-bassin. La présence d'un individu de retour d'alevinage dans le gave d'Ossau est également cohérente avec la dernière année d'alevinage dans cette rivière en 2007 (données Migradour).

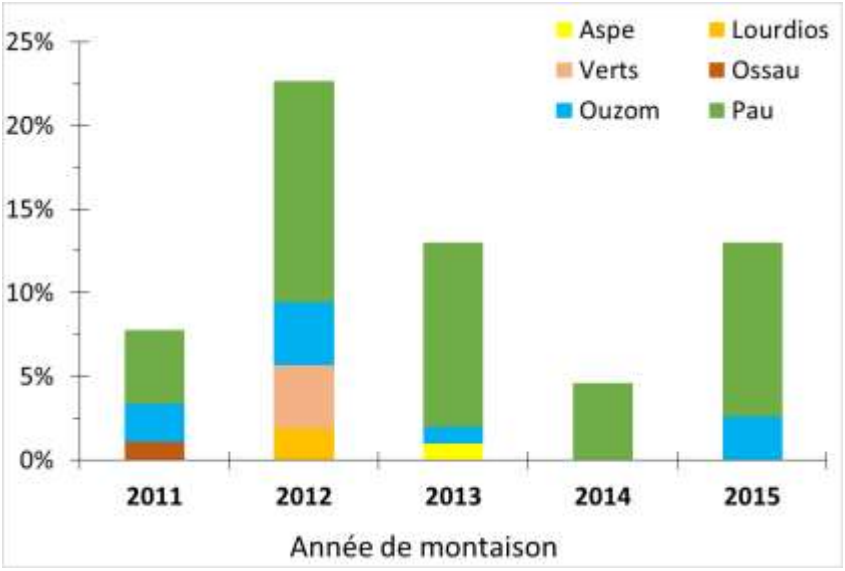


Figure 24: variabilité inter-annuelle (2011-2015) de la contribution des saumons issus d'alevinage Adour en fonction des rivières de déversement.

3.3.2 – Soutien aux effectifs vs reproduction naturelle dans le gave de Pau.

Parmi les saumons récupérés dans l'estuaire de l'Adour entre 2009 et 2015 (n=397) et ceux collectés dans le gave de Pau (n=11), nous avons recensé **88 individus originaires du sous-bassin du gave de Pau**. La **contribution de l'alevinage a été estimée à environ 64%** en moyenne sur cette période, suggérant qu'un peu moins de **36% des saumons de retours sont nés dans ce sous-bassin de reproduction naturelle** (Fig. 25). La même tendance est observée dans les deux affluents de ce sous-bassin, le gave de Pau et l'Ouzom.

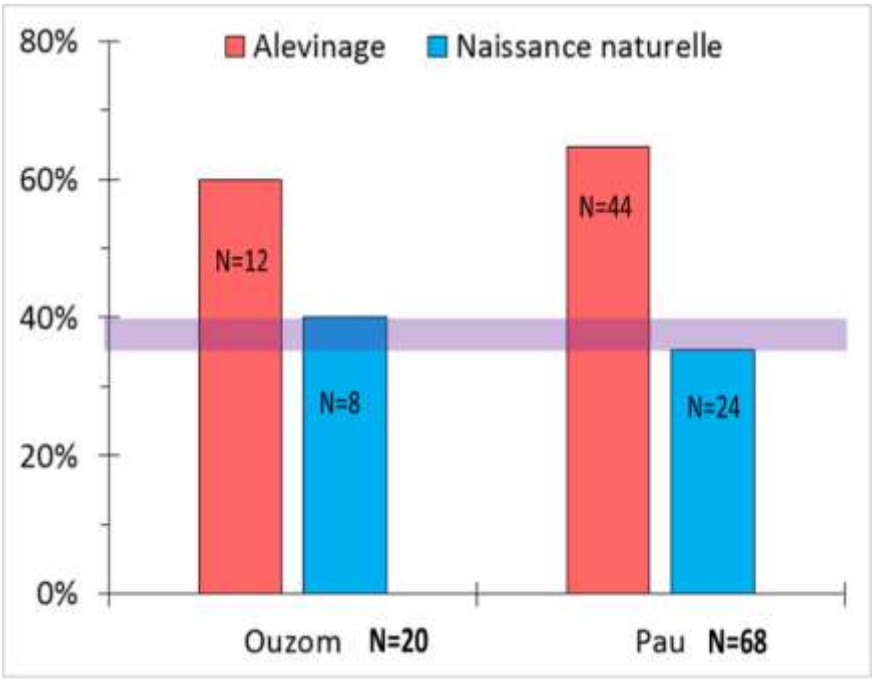


Figure 25: contribution moyenne de saumons de retour entre 2009 et 2015 nés de reproduction naturelle (en bleu) dans le bassin du gave de Pau (Pau et Ouzom) et déversés (en rouge) dans ce sous-bassin.

Alors que le soutien aux effectifs diminue depuis 2008 (Migradour, 2016 ; Fig. 26a), le nombre de géniteurs comptabilisés à Artix semble augmenter régulièrement depuis 2004 (Fig. 26b). Ce constat pourrait suggérer que le stock de ce sous-bassin ne repose plus exclusivement que sur l'alevinage.

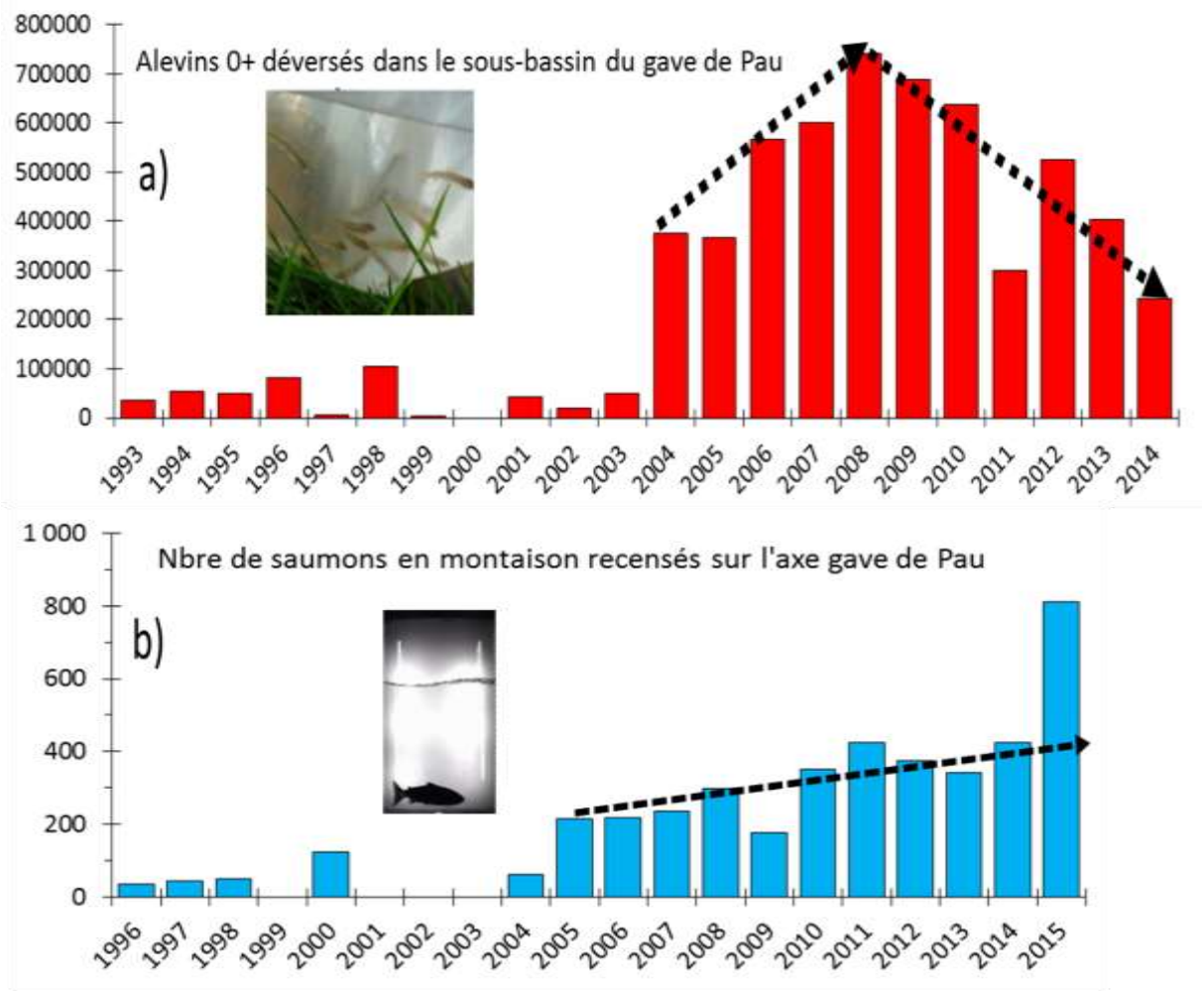


Figure 26: a) variabilité des déversements d'alevins dans ce sous-bassin entre 1993 et 2014. b) variabilité des comptages de saumons comptabilisés à Artix sur le gave de Pau entre 1996 et 2015. Un décalage de 3 ans a été opéré sur le graphique du haut pour que l'année de déversement corresponde à l'année moyenne de retour des alevins déversés. Données Migradour 2016.

Aussi, nous avons examiné la contribution de la reproduction naturelle dans le gave de Pau sur les retours de ce sous-bassin pour 5 années consécutives en s'intéressant plus particulièrement aux années de naissance 2008 à 2012. Travailler sur les années de naissance était plus intéressant car cela permettait de comparer la reproduction naturelle d'une année directement aux déversements de tacons de l'année en question.

Les cohortes 2008 à 2012 représentent un total de **68 saumons attribués au sous-bassin de Pau** avec des effectifs annuels compris entre 10 à 15 saumons. Il faut noter que la cohorte 2012 n'est pas complète car les saumons issus de cette cohorte et âgés de 4 ans sont revenus en

2016, année qui n'a pas été analysé dans le cadre de cette étude. Sur la base de ces faibles effectifs, il est toutefois possible d'observer **une légère tendance à l'augmentation de la contribution de la reproduction naturelle entre les années de naissance 2008 à 2012** (Fig. 27a : 30% à 40%). Si l'on intègre les résultats des années 2006 et 2007 qui présentaient des effectifs plus faibles (N=5 à 6), cette tendance à l'augmentation est encore plus nette : de 20% en 2006 à 40% en 2012. Ces résultats doivent être cependant pris **avec la plus grande prudence au regard des faibles effectifs annuels**.

Il est cependant intéressant de noter que cette tendance à l'augmentation de la reproduction naturelle dans le gave de Pau **s'accompagne**, premièrement d'une **tendance à la diminution des déversements** (Fig. 27b) et, deuxièmement, **d'une tendance à l'augmentation du nombre de géniteurs observés au niveau de la station de contrôle vidéo d'Artix** (Fig. 27c). Un décalage d'un an entre déversements et comptage de géniteurs en montaison a été opéré sur la figure 26 pour tenir compte du fait que les géniteurs remontés en amont d'Artix génèrent des alevins l'année suivante.

D'autre part, l'année 2011 caractérisée par une contribution de la reproduction naturelle remarquablement élevée (58%, Fig. 27a) correspond clairement à une année où les déversements d'alevins nés à Cauterets étaient particulièrement faibles (<300 000 alevins contre >600 000 les années antérieures, Fig27. b).

Dans la mesure où nombre de géniteurs comptabilisés à Artix et la contribution de la reproduction naturelle ont augmenté conjointement alors que parallèlement les déversements ont diminué régulièrement durant la même période, l'augmentation de la proportion de saumons sauvages originaires du sous-bassin de Pau ne pouvait pas seulement résulter d'une diminution du retour d'individus issus de l'alevinage. Il est fort probable que cette augmentation provienne d'une meilleure reproduction naturelle dans ce sous-bassin ainsi que d'autres facteurs comme l'amélioration de la libre circulation, de la survie des alevins sauvages en rivière comme en mer, ….

Il sera nécessaire de vérifier si ce résultat s'est confirmé pour les années suivantes (2013, 2014, 2015, 2016 et 2017) qui ont vues ou verront remonter les géniteurs PHM généralement entre 2016 et 2021. En effet, les années de montaison de géniteurs 2012, 2013, 2014, 2015 et 2016 ont été caractérisées au niveau de la station de contrôle d'Artix par des effectifs similaires à 2010-2011 (2012 : N=374; 2013 : N=342) voire meilleurs (2014 : N=421 ; 2015 : N=813 ; 2016 : N=423). Dans le même temps, les déversements ont été relativement moyens pour les années 2013, 2016 et 2017 (360 000 à 450 000) et un peu plus faibles en 2014 (<250 000) et 2015 (<300 000). Il faut ajouter à cela les possibles effets négatifs de la crue de juin 2013 sur la cohorte de la même année qui a pu impacter négativement l'alevinage précoce déversé au mois d'avril.

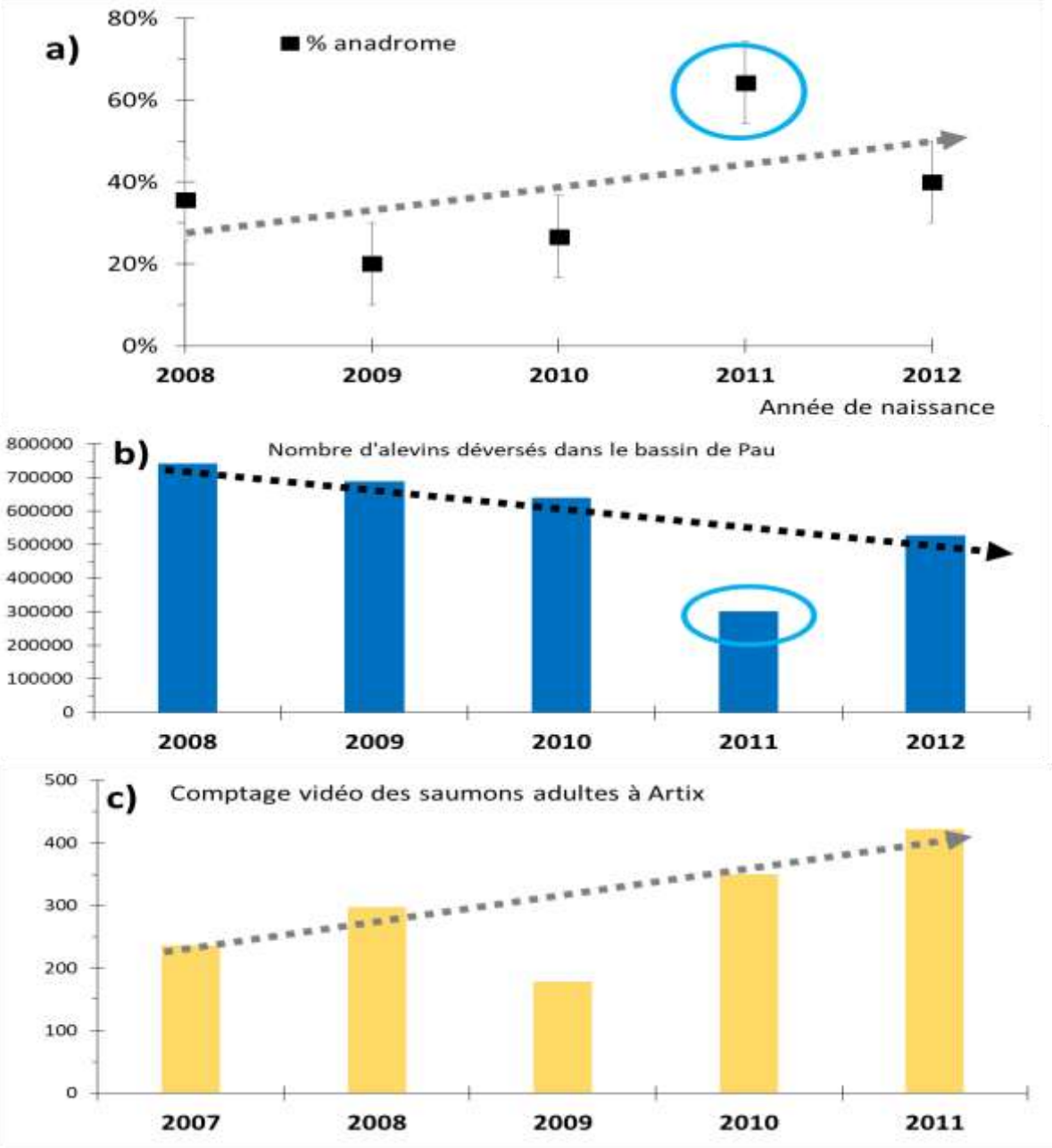


Figure 27: a) variabilité dans la contribution des saumons issus de la reproduction naturelle dans le gave de Pau pour les cohortes 2008 à 2012. b) nombre d'alevins déversés dans le sous-bassin du gave de Pau lors des mêmes années. c) nombre de géniteurs comptabilisés à Artix l'année précédant l'année de naissance des alevins. Effectifs annuels : 2008 (N=14), 2009 (N=13), 2010 (N=15), 2011 (N=14) et 2012 (N=15).

3.3.3 – Alevinage précoce vs estival.

Grâce aux signatures chimiques distinctes des écloseries utilisées dans ce bassin, nous avons pu estimer la contribution des retours d'alevinage précoces et estivaux réalisés respectivement au printemps à partir des écloseries de Médous et Arcizans et en été à partir de l'écloserie de Sassis.

Sur la base des alevinages réalisés par Migradour, en moyenne **81% des déversements consistaient dans des alevins précoces et 19% des alevins estivaux** (Fig. 28a) entre 2007 et 2014. Cette proportion était de **83% et 17% sur la période 2008-2012**.

A partir d'un effectif de **45 (naissance 2008-2012) ou 58 (tous les otolithes sans distinction de cohorte) individus** issus d'alevinage dans le sous-bassin de Pau, nous avons recensé grâce aux otolithes en moyenne **84-89% de saumons déversés au stade précoce contre 11-16% au stade estival** (Fig. 28b).

On peut donc considérer que la proportion entre les deux stades dans les retours de géniteurs n'est pas significativement différente de celle des déversements menés durant la même période.

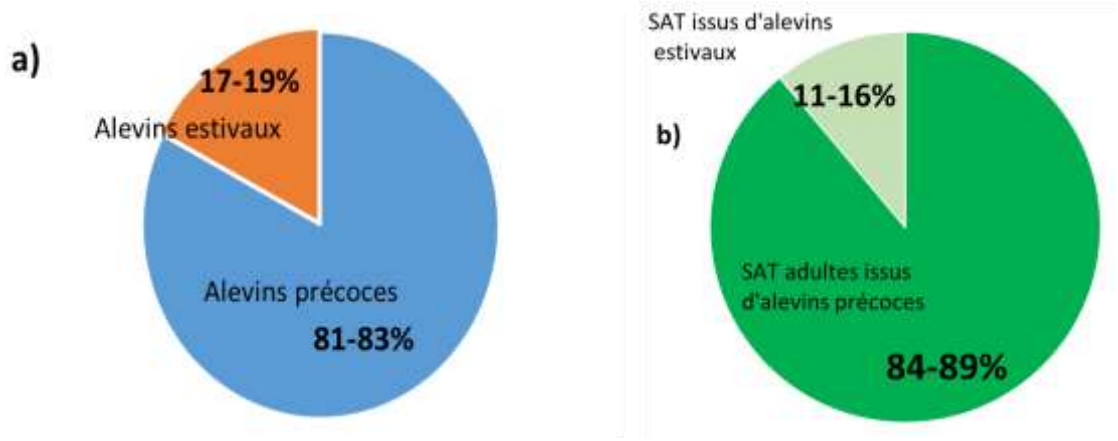


Figure 28: a) proportion des déversements précoce (printemps – Médous/Arcizans) et estivaux (été – Sassis) entre 2007 et 2014 d'après Migradour; b) proportion de saumons déversés aux stades précoce et estival parmi les géniteurs de retour dans l'Adour (effectifs : N=45 à 58).

Nous avons regardé de plus près les années 2008, 2009, 2010 et 2012. Compte tenu d'effectifs annuels faibles, il est difficile d'en conclure une tendance annuelle significative (voir tableau 6).

Il est donc judicieux de considérer que le stade de déversement n'influe pas significativement sur la survie des saumons alevinés dans le bassin de l'Adour ainsi qu'en mer. Les deux stades de déversement semblent donner des résultats comparables en termes de retour.

Maintenir la production du stade estival afin de palier à de mauvaises années de survie printanière peut donc paraître adaptée. En effet, une partie importante des alevins déversés dans le gave de Pau en avril 2013 n'a pas été retrouvée lors des pêches d'automne (Migradour, 2013), probablement en réponse à la crue intense de juin 2013.

Déversements Migradour	2008	2009	2010	2012
Précoces	88%	86%	91%	73%
Estivaux	12%	14%	9%	27%
Adultes de retour				
Précoces	89%	73%	100%	89%
Estivaux	11%	27%	0%	11%

Tableau 6: comparaison des proportions dans les déversements et retours d'alevins précoces et estivaux pour les années 2008 (N=9), 2009 (N=11), 2010 (N=11) et 2012 (N=9).

4 – ORIGINE DES GRANDES ALOSES DU BASSIN DE L'ADOUR

En ce qui concerne la partie application à l'alose, ce projet a été mené dans une approche à plus grande échelle (au-delà du bassin Adour-Garonne) en collaboration avec l'IRSTEA de Bordeaux avec un souci de cohérence géographique et scientifique. Le but était d'appréhender la dynamique des populations d'alose (proportion d'errants et de fidèles au site de naissance) à une échelle régionale plus large intégrant les bassins de la Garonne-Dordogne au Nord et de l'Adour-Nivelle au sud, ainsi que leurs connections potentielle avec d'autres bassins proches (Loire, Charente, Bretagne, …). Les méthodologies mises en œuvre ont été rigoureusement les mêmes (préparation des otolithes, analyses microchimiques) pour l'ensemble des échantillons collectés (UPPA et IRSTEA) même si nous avons dû procéder à des modifications pour l'Adour (demi-couronne et profils continus).

4.1 – Fidélité au bassin de l'Adour : dimension Golfe de Gascogne

Lorsque l'on regarde la fidélité au bassin d'origine, globalement les résultats du modèle bayésien semblent indiquer qu'une majorité d'individus (>86%) retournent dans leur bassin versant de naissance (Tableau 7).

Tableau 7 : Fidélité au bassin ou la rivière de naissance et taux de homing à l'échelle du Golfe de Gascogne.

Sites	Effectif	Aulne	Blavet	Scorff	Vilaine	Loire	Dordogne	Garonne	Adour	Nivelle	Minho	Indéterminés
Aulne	17	11 (92%)										1
Blavet	7		7 (100%)									
Scorff	10			9 (90%)								1
Vilaine	19		2	1	16 (86%)							
Loire	28				3	24 (86%)						1
Dordogne	71						61 (86%)					10
Garonne	64						46	??	11	3		4
Adour	43								38 (89%)			5
Nivelle	16									16 (100%)		0
Minho	87				1						86 (99%)	0

Seul le cas de la Garonne reste problématique. Le modèle attribue en effet une grande partie des individus collectés dans cette rivière à son affluent la Dordogne (72%), ainsi qu'une autre partie au bassin de l'Adour (28%). Il est probable que le modèle ne soit pas performant pour la Garonne en raison de signatures chimiques proches de la Dordogne et de l'Adour comme explicité ci-avant.

En ce qui concerne le bassin de l'Adour, le taux de reclassement au bassin d'origine est également important avec 89% suggérant qu'une très large proportion des aloses remontant dans ce bassin y est née plusieurs années auparavant.

Il est également à noter que dans bon nombre de cas un taux de homing <90% est lié au fait que quelques individus n'ont pas pu être attribués à un bassin d'origine. Cela ne veut pas dire pour autant qu'ils ne sont pas originaires du bassin de capture. On peut donc considérer que le taux de homing affiché est une valeur minimum. Dans le cas de l'Adour, parmi les 5 errants 3 pourraient provenir de la Nivelle et 2 de bassins inconnus. Dans la mesure où la Nivelle

présente une signature proche du Saison et de la Nive, il n'est pas sûr que ces 3 individus soient des errants, ce résultat dépendant fortement de la fiabilité de réattribution par le modèle bayésien.

D'autre part, lorsque des individus sont déterminés comme errants avec certitude, leur bassin de naissance est bien souvent une rivière proche de celui où ils ont été capturés.

4.2 – Contribution des différents sous-bassins de l'Adour.

Comme nous l'avons indiqué dans la partie 2.2.2, l'analyse hiérarchique en clusters des grandes aloses collectées dans le bassin de l'Adour permet d'assigner avec une bonne probabilité chaque individu à un des trois groupes différenciés par cette approche statistique (clusters). Le groupe 2 comprend des aloses originaires du Saison et des Nives, alors que le groupe 3 contient les aloses du gave d'Oloron. Ces deux groupent rassemblent donc les aloses issues principalement du sous-bassin d'Oloron, la Nive pouvant être considérées comme minoritaire au regard des faibles recensements d'aloses enregistrés au niveau des pièges sur la Nive (données MIGRADOUR). Le cluster 1 correspond quant à lui au groupe d'individus contenant un mélange des deux rivières indifférenciées Adour et gave de Pau (Tableau 8).

En moyenne (Fig. 29), entre 2013 et 2015 le sous-bassin d'Oloron (Oloron + Saison) + la Nive ont contribué pour moitié (50%) au retour de la grande alose, l'autre moitié provenant des deux sous-bassins Adour et Pau qui sont difficilement différenciables avec certitude. Néanmoins, le recensement récent des grandes aloses au niveau de la station de contrôle de Castetarbe, en service depuis 2017, laisse à penser qu'une grande quantité d'alose colonise cet axe.

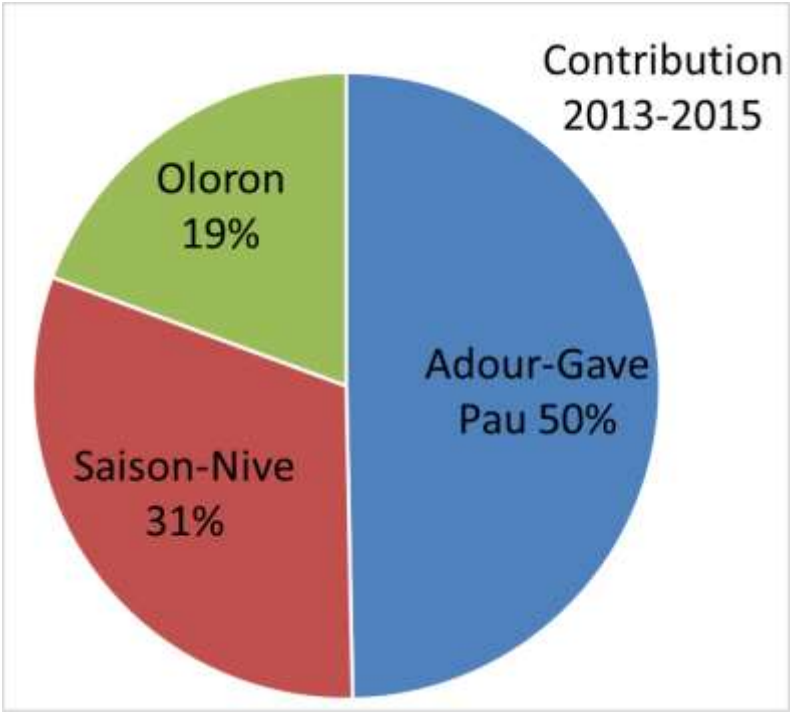


Figure 29 : contribution moyenne (2013-2015) des 3 groupes d'aloses différenciés dans le bassin de l'Adour par analyse statistique HAC (Analyse hiérarchique en cluster). Seules les captures dans l'estuaire ont été utilisées afin de ne pas engendrer un biais lié à un échantillonnage non homogène selon les sous-bassins.

Tableau 8 : proportion d'aloses adultes nées dans le gave d'Oloron, dans le Saison (+ Nive) et dans les sous-bassins indifférenciés du gave de Pau et de la rivière Adour au cours de 3 années successives de collectes (2013 à 2015) sur la base des aloses capturées dans l'estuaire de l'Adour.

		Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
Alose estuaire		**Adour-Gave Pau**	**Saison-Nive**	**Oloron**
année	N	**%**		
2013	28	46%	50%	4%
2014	78	58%	33%	9%
2015	49	39%	16%	45%
2013-2015	**155**	**50%**	**31%**	**19%**

Au niveau de la variabilité inter-annuelle, une légèrement plus forte contribution du sous-bassin d'Oloron (+ Nive) est observée en 2015 avec 61%, contre 41-54% en 2013-2014. La proportion des deux affluents Oloron et Saison est relativement variable (Tableau 8) selon les années, 9% et 45% pour le gave d'Oloron en 2014 et 2015 respectivement, contre 33% et 16% pour le Saison.

Il est intéressant de noter que les années 2013 et 2014 étaient caractérisées par 8-12 tonnes de capture de grandes aloses par les pêcheurs professionnels fluviaux (Fig. 30). Vu l'importance des captures on peut supposer qu'il s'agissait de bonnes années de retour. L'année 2015 s'inscrivait quant à elle comme une année pas très bonne (faible tonnage des captures, 3.5 tonnes). Nos résultats suggèreraient donc une plus large contribution du sous-bassin d'Oloron la mauvaise année de retour (2015), alors que les contributions sous-bassin Oloron et Adour-Pau serait plus équilibrée les bonnes années de retours (2013-2014). Cette tendance mériterait d'être vérifiée d'autant plus que l'année 2016 a été collectée alors qu'elle n'était pas une bonne année de retour (4.7 tonnes de capture par les pêcheurs fluviaux, Fig. 29). L'analyse de cette dernière année sera programmée dans le cadre du projet FAUNA-SHAD'EAU porté par l'IRSTEA Bordeaux.

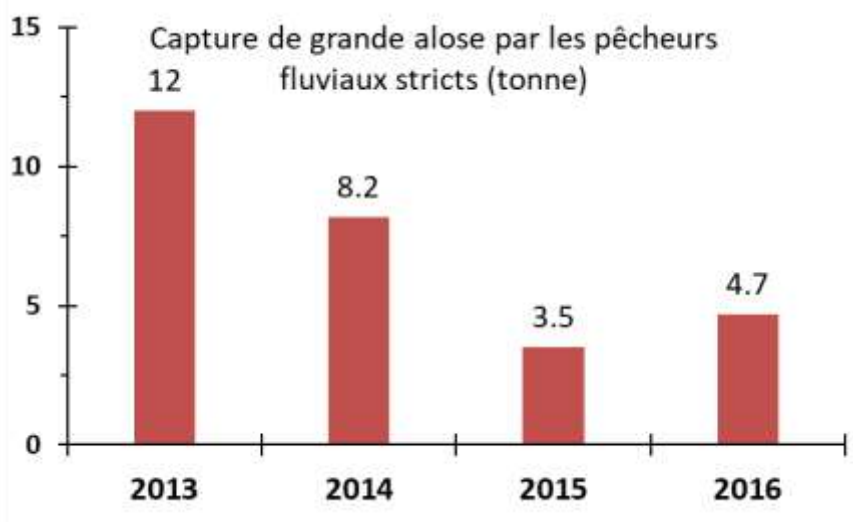


Figure 30 : évolution des captures de grandes aloses par les pêcheurs fluviaux stricts sur le bassin de l'Adour entre 2013 et 2016.

Un des objectifs était d'évaluer la contribution de la rivière Adour, historiquement le site de pêche de la grande alose dans le bassin de l'Adour, mais dont les captures par pêche aux engins ont très fortement chutées depuis quelques années. L'analyse de la zone de l'otolithe définie comme celle permettant de déterminer la rivière d'origine de l'alose (zone de 60µm démarrant à 40-50µm du centre de l'otolithe), n'a pas permis de discriminer la rivière Adour du gave de Pau. La particularité de la rivière Adour aval avec un enrichissement en Ba est apparue trop incertaine pour discriminer de façon fiable l'Adour du Gave de Pau pour le moment. D'autres investigations dans le cadre du projet SHAD'EAU seront réalisée pour affiner la fiabilité de cette nouvelle approche.

La fidélité au sous-bassin de naissance (homing) n'a pu être regardée que pour le Saison en raison d'un effectif suffisant d'aloses (n=37) pour la période des 3 années d'étude. Cette approche était impossible pour les aloses capturées dans la rivière Adour dans la mesure où il est difficile de les différencier de celles du gave de Pau. Enfin seulement 10 individus ont été collectés dans le gave d'Oloron.

Seulement 49% des aloses capturées dans le Saison présentaient à priori une signature typique de cette rivière, 22% du gave d'Oloron et 30% Gave de Pau ou Adour. Ceci suggère une relativement grande errance à l'intérieur du bassin de l'Adour

5 – CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

5.1 – Origine des saumons PHM de l'Adour : fidélité / errance.

La fidélité des saumons PHM capturés dans les bassins versants de l'Adour (zone fluviale amont) est importante, au minimum de 95%. Le taux d'errance ou d'égarement observé dans les têtes de bassins de l'Adour est relativement faible (<4% car environ 2% d'individus restent indécis quant à leur origine Adour ou autre). Un tel taux d'errance est en accord avec les données présentées par Baglinière (2013) pour d'autres bassins hydrographiques, en moyenne de 3,9% (3,1% à 8,2%). Il est d'autre part cohérent avec la forte structuration génétique enregistrée par Perrier et al. (2011) qui ont souligné l'existence de 5 populations génétiquement différenciées en France, l'Adour, l'Allier, la Bretagne, la Basse Normandie et la Haute Normandie.

Les taux d'égarement entre sous-bassins de l'Adour, évalués exclusivement sur le sous-bassin d'Oloron (N=240), seraient **de l'ordre de 5%** ou légèrement plus au regard d'individus dont l'attribution reste indécise.

Un plus fort taux d'égarement est néanmoins observé dans l'estuaire (6 à 12% en fonction des individus indécis). **Il témoigne de l'entrée d'un plus grand nombre d'égarés dans la partie aval. La différence amont/aval dans le taux d'égarement pourrait s'expliquer si une grande partie des individus égarés entrant dans l'estuaire font demi-tour et repartent en mer** quand ils ne sont pas capturés par la pêche. Cette hypothèse est en accord avec les résultats de l'étude réalisée par Bégout-Anras en 2001 dans l'estuaire de l'Adour qui a observé des comportements de retour en mer (8 poissons sur 26).

Les égarés d'autres bassins hydrographiquesparticipent donc probablement peu au renouvellement du stock Adour.

En ce qui concerne la grande alose, une relativement bonne fidélité au bassin de l'Adour a été observée (>89%). Elle apparait cependant moins prononcée que pour le saumon et pourrait expliquer en partie la faible structuration génétique observée pour cette espèce à l'échelle du Golfe de gascogne.

5.2 – Contribution des sous-bassins et rivières de l'Adour - relation avec les indicateurs de suivis des stocks (comptage de géniteurs et production annuelle de juvéniles 0+).

L'approche otolithes a permis **d'évaluer la contribution des trois sous-bassins**, et donc **de chiffrer celle du sous-bassin des Nives pour lequel les données étaient très fragmentaires.** Même s'il existe une variabilité inter-annuelle de l'ordre de ±3 à 6% pour les 3 sous-bassins, **la contribution des Nives était en moyenne d'environ 11% sur la période 2009-2015**.

En accord avec les données de montaison d'adultes et de production de juvéniles 0+ (Migradour, 2016), **le sous-bassin d'Oloron se positionne comme le fournisseur principal**

de géniteurs avec plus des 2/3 des retours (69%) sur la période 2009-2015. Même si une incertitude persiste dans le sous-bassin d'Oloron (parmi les 70% de ce sous-bassin, 19% des individus impossibles à attribuer à une rivière spécifique), le gave d'Ossau, Saison-Verts et Aspe-Lourdios représentent **par ordre d'importance les fournisseurs de saumons de retours**. Nos résultats montrent ainsi qu'il existe une relativement bonne analogie entre le niveau de « production de juvéniles 0+ de l'année des différentes rivières » et leur contribution au retour de géniteurs PHM 3 ou 4 ans plus tard. **Ceci suggèrerai que l'indicateur « production de juvéniles 0+ » peut être considéré comme bon indicateur de suivi du potentiel de chaque rivière au renouvellement du stock Adour**.

En ce qui concerne **le sous-bassin de Pau**, nous avons pu chiffrer **sa participation à en moyenne 1/5 des retours (≈ 20%) de PHM sur la période 2009-2015**.

Le **rapport Pau/Oloron (sans le Saison) obtenu via les otolithes varie de 2,6 à 3,1 entre 2011 et 2015**. Ce rapport est **relativement cohérent avec celui** obtenu à partir **des stations de contrôle d'Artix (gave de Pau) et de Masseys (gave d'Oloron sans le Saison) durant la même période, 2,9 à 4,0,** même si pour les années 2011 et 2012 il était sensiblement plus faible.

En ce qui concerne **la grande alose** pour laquelle peu de données étaient disponibles, l'otolithe nous a permis d'évaluer **la contribution du sous-bassin Oloron**, **mais pas de différencier les sous-bassins de Pau et de l'Adour**. La **contribution du sous-bassin d'Oloron a représenté environ la moitié (50%) des retours de géniteurs de grande alose** les bonnes années de remontée comme 2013 et 2014 (sur la base des captures par les pêcheurs fluviaux) et **plus de 60% la moins bonne année de 2015**. Le gave de Pau et l'Adour n'ont pas pu être différenciés avec certitude pour le moment. Cependant, les comptages vidéo réalisés en 2017 au niveau de Castétarbe sur le gave de Pau suggèrent que ce cours d'eau est un axe important pour cette espèce dans le bassin de l'Adour. Si l'on considère que gave de Pau et Adour contribuent tous deux, alors l'Adour ne représentait plus entre 2013 et 2015 le site prépondérant de production de grande alose dans le bassin de l'Adour.

5.3 – Efficacité du soutien aux effectifs dans le sous-bassin Pau.

Le sous-bassin du gave de Pau est l'objet d'un programme de soutien aux effectifs avec 250 000 à 700 000 alevins de saumons déversés selon les années. La microchimie des otolithes a permis d'identifier les saumons adultes originaires de ce sous-bassin, ainsi que leur origine natale de pisciculture ou de reproduction naturelle.

Sur la période 2011-2015 (N=88 individus sous-bassin de Pau), en moyenne **70% résultent du programme d'alevinage** et **30% de reproduction naturelle dans le gave de Pau et l'Ouzom**.

Un autre résultat intéressant de cette étude, même s'il repose sur un nombre faible de saumons par année de naissance, est la **mise en évidence d'une tendance à l'augmentation de la part de la reproduction naturelle entre 2008-2012** (de 30% à 40%). Cette augmentation résulte probablement à la fois **de plus faibles déversements** pendant cette période, mais aussi **d'une plus importante reproduction naturelle et/ou survie des alevins issus de cette reproduction** au regard de l'augmentation régulière du nombre de saumons en montaison sur l'axe gave de Pau. Ce résultat, bien que très préliminaire, est encourageant et nécessitera d'être confirmé, d'autant plus que les années 2013 à 2017 ont été caractérisées par des quantités déversées moyennes à faibles (240 à 450 000), mais par des recensements de géniteurs en montaison au niveau de la station de contrôle vidéo d'Artix similaires aux années 2010 et 2011 en 2012, 2013, 2014 ou en progression en 2015 et 2017.

Enfin, un **résultat majeur de l'approche otolithe** a été la capacité à **différencier les saumons issus des déversements aux stades précoce et estival.** Nous avons pu ainsi évaluer que **le stade de déversement n'influait pas significativement sur les taux de retours.** Ce résultat est important car **il va permettre d'évaluer la contribution globale des retours d'alevinage au niveau des stations de contrôle vidéo d'Artix et de Castétarbe** en combinant les comptages de saumons marqués (adipeuse coupée), la proportion d'alevins marqués parmi les alevins déversés au stade estival et la proportion d'alevins déversés au stade estival par rapport au stade précoce.

6 – COMMUNICATIONS LIEES AU PROJET

Ce projet a mobilisé les Fédérations départementales de pêche et de protection du milieu aquatique du 64, 65 et 29, des associations de pêche et de protection du milieu aquatique (AAPPMA Oloron, Nives, …), de pêcheurs amateurs et professionnels, des professionnels dans le produit de base est le saumon (Maison Barthouil, Maison casteigt), ….

Aussi, nous avons mené diverses actions de communication sur les résultats de ce projet au travers de rendus ouvert au public sous la forme de conférences, articles de presse ou participation à des vidéos qui sont listés ci-après.

Nous avons également établi un diplôme de l'origine des saumons capturés par les pêcheurs amateurs et une fiche résumé du projet distribué au public lors des conférences.

Enfin, deux articles scientifiques ont été publiés plus particulièrement sur la grande alose dans le cadre de la collaboration IRSTEA/IPREM. Les résultats sur le saumon sont en cours de valorisation scientifique, plusieurs articles scientifiques sont actuellement en préparation.

Conférences grands public :

Bareille G., Pécheyran C., Berail S., Martin J., Beall E., Aymes J.C., Gueraud F., Lange F., Barracou D. et Donard O.F.X., 2013. Saumons et truites, donnez-moi vos otolithes et je vous raconterai votre histoire? *Colloque sur les rivières du Piémont Pyrénéen (7ième édition)*, Oloron Sainte Marie (64), 2 mars. (CO invitée).

Bareille G., Holub A, 2015. Quelles informations utiles sont contenues dans les pierres d'oreille (otolithes) de migrateurs (saumon, alose) colonisant nos rivières pyrénéennes? *Conférence Pau et l'Eau (Pau Pyrénées 2017)*, Pau (64), 3 juin. *(CO* invitée*).*

Bareille G., Holub A, 2015. Les otolithes : outil d'étude de la dynamique des populations de grande alose dans le bassin de l'Adour (projet CARPOMIBA). *Assemblée générale de la Maille Landaise*, Tartas (40), 31 janvier. *(CO* invitée*).*

Bareille G., Holub A, Tabouret H., Bérail S., Pécheyran C., 2016. Origine natale (anadrome, piscicole) et rivière de développement des saumons adultes géniteurs dans le bassin de l'Adour via la microchimie des otolithes: test sur quelques rivières de Bretagne. *Journée Bretagne Grand migrateurs (BGM),* Rennes (35), 7 mars. (CO invitée).

Bareille G., Holub A, Vignon M., Tabouret H., Marty S., Dartau B., Barracou D., Bérail S., Pécheyran C., 2016. Histoire de vie des poissons migrateurs par la microchimie de leurs otolithes (projet CARPOMIBA). *Journée d'information « Restauration et développement des populations de poissons migrateurs Adour et côtiers»,* Salies de Béarn (64), 13 octobre. (CO invitée).

Bareille G., Holub A, Vignon M., Tabouret H., Marty S., Dartau B., Barracou D., Picoulet K., Bérail S., Pécheyran C., Barbotin G., 2017. Origine natale des saumons de l'Adour par leurs otolithes. *Journée de restitution du projet CARPOMIBA*, Autevielle-Saint-Martin-Bideren (64), 18 janvier. (CO).

Bareille G., Holub A, Vignon M., Tabouret H., Marty S., Dartau B., Barracou D., Picoulet K, Bérail S., Pécheyran C., Barbotin G., 2017. Otolithes : la carte d'identité des saumons de l'Adour (projet CARPOMIBA). *Journée annuelle d'information Saumon de l'Adour*, Athos (64), 4 mars. (CO invitée).

Bareille G., Holub A, Vignon M., Tabouret H., Marty S., Dartau B., Barracou D., Picoulet K, Bérail S., Pécheyran C., Barbotin G., 2017. L'otolithe: un recueil de l'histoire de vie et de l'origine des poissons migrateurs (Saumons, Aloses, Anguilles) de l'Adour. *Fête du bois Guilhou*, Boucau (64), 19 Mai. (CO invitée).

Bareille G., Holub A, Vignon M., Tabouret H., Marty S., Dartau B., Barracou D., Picoulet K, Bérail S., Pécheyran C., Barbotin G., 2017. Otolithes: la carte d'identité des saumons de l'Adour (projet CARPOMIBA 2013-2017). *Session du conseil scientifique de l'Agence de l'eau Adour-Garonne*, Toulouse, 23 Mars. (CO invitée)

Bareille G., Holub A, Vignon M., Tabouret H., Marty S., Dartau B., Barracou D., Picoulet K, Bérail S., Pécheyran C., Barbotin G., 2017. L'otolithe: un recueil de l'histoire de vie et de l'origine des poissons migrateurs (Saumons, Aloses, Anguilles) de l'Adour. *Journée annuelle des souffleurs de verre*, Pau, 1 Juin. (CO invitée)

Bareille G., Holub A, Vignon M., Tabouret H., Marty S., Dartau B., Barracou D., Picoulet K, Bérail S., Pécheyran C., Barbotin G., 2017. L'histoire de vie et l'origine des Saumons de l'Adour grâce à leur pierre d'oreille: l'otolithe. *Conférence grand public dans le musée du saumon de l'établissement Barthouil*, Peyrehorade, 7 Septembre. (CO invitée)

Article de presse, vidéos :

Presse

Etude des otolithes des saumons de l'Adour : Interview par E. Fleuran. ***Predators Magazine***, 68, Avril/Mai/Juin 2017, pp 70-71.

Pyrénées-Atlantiques

Comment voyagent les saumons

Les saumons suivis à la trace

SCIENCES En examinant l'oreille interne des saumons, les chercheurs peuvent identifier les lieux d'origine

Où vont les saumons du bassin de l'Adour

Gilles Bareille (au premier plan) et Alexandre Lobus signent sept ans d'études.

Un voyage dans l'otolithe pour remonter le temps

EN COULISSES Il a fallu découper environ 800 têtes de saumons pour faire parler les otolithes, l'oreille interne des poissons. Elles ont été coulés dans une résine pour permettre l'examen au microscope laser

Chaque jour de la vie d'un saumon forme les stries de l'otolithe dans lequel sont piégés les éléments chimiques de l'eau.

La République des pyrénées
Lundi 30 Janvier 2017

Une étude pour comprendre la migration des saumons de l'Adour

80 pêcheurs se sont retrouvés samedi à Autevielle pour les conclusions d'une étude de deux chercheurs palois sur la migration des saumons.

95 à 98 % des saumons prélevés, à leur retour de leur périple océanique, dans le bassin de l'Adour, sont nés dans les rivières de ce même bassin. La majorité d'entre eux (70 %) proviennent du sous-bassin du Gave d'Oloron. Dans ce même bassin, le gave d'Ossau constitue la principale pépinière.

14 % des alevins spécialement élevés pour le soutien des stocks dans le bassin du Gave de Pau, reviennent dans le bassin de l'Adour, après leur périple.

Ce sont là les principales conclusions d'une étude menée ces dernières années par deux chercheurs palois, Gilles Bareille et Alexandre Holub d'un laboratoire de l'Université de Pau (Iprem). Ce travail réalisé entre 2009 et 2013 et qui se prolonge aujourd'hui, a été présenté samedi à environ 80 passionnés de pêche réunis à Autevielle.

André Dartau, président de la Fédération des pêcheurs des Pyrénées-Atlantiques s'est félicité de cette étude cofinancée par l'Agence de l'eau Adour-Garonne et le département du 64 : « Elle donne aux gestionnaires les outils qui vont leur permettre d'apporter les arguments scientifiques pour étayer leurs actions ».

Parmi celles-ci, il a annoncé, pour 2017, la destruction de 8 à 9 barrages sur les rivières du département. Reste qu'il se dit plus inquiet du manque de volumes d'eau dans les rivières et de l'élévation chronique de leurs températures.

JEAN-MARC FAURE

Gilles Bareille, chercheur au CNRS, présent samedi à Autevielle.

Sud-Ouest – Mardi 31 Janvier 2017

AUTEVIELLE SAINT-MARTIN-BIDEREN

Saumon, la bonne pêche

Les chercheurs de l'Iprem – laboratoire de recherche dépendant de l'Université de Pau – Gilles Bareille et son collègue Alexandre Holub ont dévoilé, samedi matin, dans la salle communale d'Autevielle à la communauté des pêcheurs à la ligne le fruit de leurs travaux. Une recherche menée avec l'appui technique des organismes institutionnels comme Migradour, la Fédération 64 et la collaboration des associations locales de pêcheurs. « Sud Ouest » s'est déjà fait l'écho dans son édition de jeudi de la démarche scientifique et des résultats obtenus.

François-Xavier Cuende, membre de l'Institution Adour, avec à ses côtés Alexandre Holub et Gilles Bareille.

Une chaîne d'acteurs

Lors de la restitution orale, Gilles Bareille, chercheur à l'Iprem, a expliqué la genèse de la recherche : « Le projet a été lancé par l'Université de Pau dont l'Iprem est une composante en collaboration avec Migradour et grâce aux financements de l'Agence de l'eau, du Conseil départemental et aussi du CNRS qui contribue à travers les salaires qui nous sont versés. Nous avons essayé de monter un projet complémentaire des suivis du Logrami et de Migradour, non pas pour le plaisir de dépenser de l'argent public mais pour aboutir à quelque chose qui soit utile… »

Le débat qui a suivi avec le public a donné lieu à des interventions pertinentes. Des inquiétudes ont émergé sur la fragilité du migrateur. Notamment si une catastrophe survenait un jour sur le gave d'Ossau qui d'après l'étude est de loin le principal site de reproduction. André Dartau, président de la fédération départementale, a répondu en partie à cette crainte en soulignant l'intérêt de ces recherches « Les outils que vous nous offrez vont nous donner des arguments et nous permettre de peser davantage pour la sauvegarde du saumon. »

En aparté, Gilles Bareille se veut optimiste : « Contrairement à d'autres bassins, ce n'est pas trop tard en ce qui concerne le saumon du bassin de l'Adour. Il y a quand même en moyenne 5000 saumons qui remontent chaque année. Mais il faut bien gérer ce patrimoine… »

Jean-Paul Tuya

CARPOMIBA (2013-2017) – Origines des saumons et grandes aloses entrant dans le bassin de l'Adour.
Université de Pau et des Pays de l'Adour – IPREM UMR 5254 – (gilles.bareille@univ-pau.fr)

La République des Pyrénées
Mardi 21 Février 2017

INNOVATION
Il suit les saumons à la trace

Il a l'oreille des saumons

Chercheur au CNRS dans un laboratoire de l'IPREM de l'université de Pau, Gilles Bareille fait parler l'oreille interne des saumons pour reconstituer leurs parcours de migration.

Gilles Bareille scrute les otolithes des saumons au microscope

PORTRAIT

Dénicher les otolithes, petits cailloux de pas plus de 2 à 3 millimètres de longueur, constituants de l'oreille interne des poissons et faire parler ces « disques durs », c'est le quotidien de Gilles Bareille.

A partir du décryptage des données chimiques enregistrées dans les otolithes, ce chercheur du CNRS au sein de l'Institut des sciences analytiques et de physico-chimie pour l'environnement et les matériaux (IPREM) de Pau, est capable de reconstituer la vie des saumons du bassin de l'Adour.

C'est par hasard qu'il découvre les otolithes dans une étude américaine en 2008.

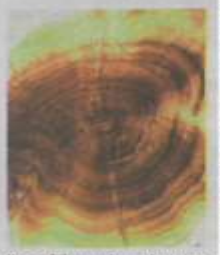
7 années de migrations auscultées

A la fois géologue, océanologue, géochimiste et pêcheur amateur, ce Moneinchon d'origine (53 ans), de retour à Pau en 1999, après sa thèse (notamment sur l'océan indien austral) et son début de carrière à Bordeaux, travaille une dizaine d'années sur la pollution de l'estuaire de l'Adour puis du gave de Pau. « Ce qui m'a intéressé, c'était d'étudier aussi des organismes vivants », confie Gilles Bareille, qui supervise alors une première étude sur les otolithes d'anguilles du bassin de l'Adour.

Les otolithes des saumons adultes sont formées de milliers de stries successives (une par jour de vie) qui incorporent les éléments chimiques des milieux occupés par le poisson au cours de sa vie. On peut ainsi, après collecte et analyse des données, connaître précisément l'origine des poissons revenus pondre.

Gilles Bareille et ses collaborateurs s'attachent d'abord à vérifier que les différentes rivières du bassin de l'Adour ont des caractéristiques chimiques bien différenciées (2010-2013). Ce qui permet de valider la pertinence des marqueurs d'habitats enregistrés dans les otolithes.

L'étude Carpomiba, cofinancée notamment par l'Agence de l'eau Adour-Garonne, le Département 64 et le CNRS peut débuter. Elle concerne 7 années de migrations des saumons (2009-2015) et s'appuie sur le recueil d'un peu plus d'un millier de saumons, dont 732 issus du bassin de l'Adour.



Une otolithe grossie au microscope

Un modèle bio statistique

La collecte a été réalisée avec le concours de l'association Migradour, de la fédération de pêche 64, de l'agence nationale de la biodiversité, des associations de pêcheurs, des professionnels et de nombreux pêcheurs amateurs.

Après leurs extractions des têtes des saumons collectés, les otolithes préalablement incluses dans de la résine sont préparées à la main. Un travail titanesque qui a largement mobilisé Alexandre Holub, l'assistant ingénieur recruté pour le projet. Des fragments d'otolithes sont extraits grâce à un laser et transportés dans un spectromètre de masse. Cette machine permet de traduire en courbes la composition chimique de l'otolithe. Après interprétation, les chercheurs peuvent retrouver les milieux occupés par les saumons au cours de leur vie. Ils ont pu identifier en particulier la rivière de naissance des saumons dans le bassin (Pau, Ossau, Aspe, Saison, Nive) ou la pisciculture de Cauterets pour ceux issus de déversements dans le gave de Pau.

« Nous avons attribué une origine natale aux saumons grâce à un modèle bio statistique développé avec Matthias Vignon de l'INRA de Saint-Pée-sur-Nivelle. Ce qui nous a permis de répondre aux principales questions sur les migrations des saumons que se posaient les commanditaires de l'étude », note Gilles Bareille.

Les truites et les aloses

Il s'agissait notamment de savoir qui revient dans le bassin de l'Adour, quelle est la proportion des saumons originaires des différentes rivières, combien sont issus de la pisciculture de Cauterets ou combien de saumons du gave de Pau sont issus de reproduction naturelle.

Cette banque de données ainsi constituée va aussi permettre à Gilles Bareille de rebondir sur des recherches plus fondamentales. Tout en menant de nouveaux projets sur les truites en Haute-Garonne ou sur les aloses du bassin de l'Adour.

JEAN-MARC FAURE

À DÉCOUVRIR 2.0

PAU

Près de 200 chercheurs à l'IPREM

L'Institut des sciences analytiques et de physico-chimie pour l'environnement et les matériaux associe l'Université de Pau et des pays de l'Adour (UPPA) et le CNRS. Il groupe au centre technologique Hélioparc de Pau 120 permanents (63 enseignants-chercheurs, 21 chercheurs, 35 ingénieurs-administratifs-techniciens), 84 doctorants et post doctorants et 19 contractuels ingénieurs. Ils travaillent dans les secteurs suivants: chimie analytique, chimie théorique, chimie et physique des matériaux, chimie physique et biogéochimie.

L'IPREM est partenaire des pôles de compétitivité AESE (aéronautique, espace et systèmes embarqués) et Avenia (Avenir énergie environnement)

larepubliquedespyrenees.fr
A LIRE AUSSI
Retrouvez l'innovation sur notre portail économique Pyrénées eco

Pyrénées-Atlantiques

Pyrénées-Atlantiques

SAUMON de L'ADOUR, des GAVES et des NIVES

On sait désormais presque tout de lui, de sa vie, ses origines, sa filiation grâce aux données livrées par ses otolithes !

C'est quoi l'otolithe ?

Souche "Adour" confortée

Ceux du Gave de Pau

Bientôt l'alose...

PÊCHES en

PÊCHES en

Vidéos

Bareille G., 2016 : « Aux origines des poissons migrateurs du bassin de l'Adour grâce à leurs pierres d'oreilles, les otolithes », *Coupe du monde de kayak à Pau*. Service audio-visuel de l'UPPA. http://recherche.univ-pau.fr/fr/vulgarisation-scientifique/les-chercheurs-de-l-uppa-et-l-eau.html

Bareille G., 2017 : participation à un reportage sur le saumon de l'Adour dans le 19-20 de France 3 national le 2 septembre 2017. https://www.france.tv/france-3/19-20-journal-national/234005-edition-du-samedi-2-septembre-2017.html

Bareille G., 2017 : participation à un reportage sur le saumon de l'Adour sur TVPi (télévision du Pays basque et des Landes) le 7 septembre 2017. Reportage diffusé la semaine 16 octobre 2017.

Conférences internationales, nationales et articles scientifiques :

Conférences

Bareille G., Martin J., Pécheyran C., Berail S., Aymes J.-C., Tabouret H., Daverat F. and Holub A., 2014. Does Ba:Ca and Sr:Ca ratios always reflect ambient water composition where Atlantic salmon (Salmo salar) inhabits? *5th International Otolith Symposium*, Mallorca (Spain), 20-24 octobre. CO Bareille

Martin J., Jatteau P., **Bareille G.**, Berail S., Pécheyran C., Feunteun E., Clavet D., Mota M. and Daverat F., 2014. Dispersal capacities of Allis Shad (*Alosa alosa*) under global change: insights of innovative otolith microchemistry analysis. *5th International Otolith Symposium*, Mallorca (Spain), 20-24 octobre. CO Martin

Bareille G., Martin J., Tabouret H., Holub A., Berail S., Pécheyran C., 2014. Les otolithes de salmonidés comme indicateurs de la géochimie du Sr :Ca, Ba :Ca et ^{87}Sr :^{86}Sr dans les rivières pyrénéennes. Quels intérêts ? *24ème Réunion des Sciences de la Terre*, Pau (France), 27-31 octobre. CO Bareille

Martin J., Launey S., Drouineau H., Rougemon Q., Jatteau P., **Bareille G.**, Berail S., Pécheyran C., Feunteun E., Roques S., Clavé D., Nachón D. J., Mota M., Réveillac E. and Daverat F., 2015. Dispersal capacities of Allis Shad (*Alosa alosa*) under global change: insights of innovative otolith microchemistry analysis. *ICES Workshop on Lampreys and Shads*, Lisbon (Portugal), 26-28 novembre. CO Martin

Bareille G., 2016. Application of femtosecond LA-MC ICP-MS to otolith chemistry. *MetramassTwin workshop*, IPREM Pau (France), 1 décembre 2016. CO Bareille

Publications

Martin J., Quentin Rougemont Q., Drouineau1 H., Launey S., Jatteau P., **Bareille G.**, Berail S., Pécheyran C., Feunteun E., Roques S., Clavé D., Nachón D.J., Antunes C., Mota M., Réveillac E.and Daverat F., 2015. Dispersal capacities of anadromous Allis shad population inferred from a couple genetic and otolith approach. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 72: 1-13. dx.doi.org/10.1139/cjfas-2014-0510.

Randon M., Daverat F., **Bareille G.,** Jatteau P., Martin J., Pécheyran C. and Drouineau H., 2017. Quantifying exchanges of Allis shads between river catchments by combining otolith microchemistry and abundance indices in a Bayesian model. *ICES Journal of Marine Science*s, fsx148, https://doi.org/10.1093/icesjms/fsx148

Bareille G., Holub A, Vignon M., Tabouret H., Bérail S., Pécheyran C., Barbotin G., 2017. Discrimination of Atlantic salmon stocks of the Bay of Biscaye via otolith trace elements and ^{87}Sr:^{86}Sr: inter-annual variability in the contribution to the Adour stock. (En préparation)

Bareille G., Holub A, Vignon M., Tabouret H., Bérail S., Pécheyran C., Barbotin G., 2017. Assessing Atlantic salmon stocking efficiency in Adour watersheds using otolith trace elements and ^{87}Sr:^{86}Sr: comparison to Allier and Garonne-Dordogne (En préparation)

Bareille G., Holub A, Vignon M., Tabouret H., Bérail S., Pécheyran C., Barbotin G., 2017. Unusual straying of Atlantic salmon in the Nivelle watershed using otolith trace elements and ^{87}Sr:^{86}Sr. (En préparation)

……

Fiche synthétique CARPOMIBA

BAREILLE G. et HOLUB A.
VIGNON M., TABOURET H., MARTY S., DARTAU B., BARRACOU D., PICOULET K., BERAIL S., PECHEYRAN C., BARBOTIN G.
Laboratoire de chimie analytique bio-inorganique et environnement (LCABIE), UMR 5254 IPREM CNRS/UPPA, Université de Pau et des Pays de l'Adour, Helioparc Pau Pyrénées, 2 avenue du Président Angot, F-64053 PAU Cedex 9, France. gilles.bareille@univ-pau.fr

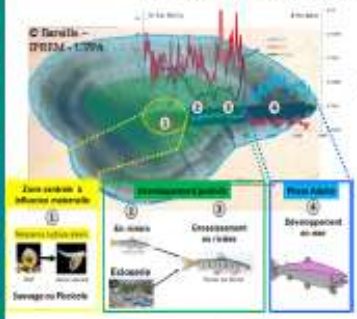
LCABIE – IPREM UMR 5254 CNRS - UPPA

L'origine natale des saumons du bassin de l'Adour retracée par l'étude de leurs otolithes (projet CARPOMIBA 2013-2017)

CARPOMIBA = Contribution de l'Alevinage et des Rivières pyrénéennes au retour de Poissons Migrateurs (saumon atlantique) dans le Bassin de l'Adour

C'est quoi un otolithe et pourquoi l'utiliser?

- C'est une **pierre** formée de **couches successives** de carbonate de calcium **déposées tout au long de la vie du poisson** (comme les stries d'un arbre) de manières journalières.
- Un otolithe permet au poisson de **maintenir son équilibre dans l'eau**
- Il contient des **éléments chimiques** qui sont **représentatifs** du milieu de vie du poisson.
- **Avantages des otolithes** : il est possible de déterminer une « carte d'identité du poisson » :
  - **Origine natale** : poisson né naturellement en rivière ou bien en pisciculture
  - **Rivière(s) de grossissement** : pendant la phase alevin – tacon
  - **Déplacements** : entre des rivières de signatures chimiques différentes ou bien la dévalaison dans l'océan pour le passage à l'état adulte



Contexte et objectifs de cette étude

- L'étude consiste à utiliser la **microchimie de l'otolithe sur 732 saumons adultes** récupérés dans le **bassin de l'Adour** entre 2009 et 2015.
- Cette méthode permet de **déterminer l'origine natale des saumons adultes** qui rentrent dans le bassin Adour pour se reproduire, c'est-à-dire reconnaitre :
  - leur **bassin de naissance** (Adour ou autres),
  - leur **sous-bassin** voire leur **rivière de développement** au stade tacon (juvéniles),
  - leur **origine de naissance** (sauvage ou naissance en pisciculture)

Carte du bassin de l'Adour colonisé par le saumon atlantique (LCABIE)

Station vitrée de Charritte, MIGRADOUR

Alevins nés dans la pisciculture de Castetnau

Tacon de saumon atlantique (source : MIGRADOUR)

(source : T. VANDERLEIDE)

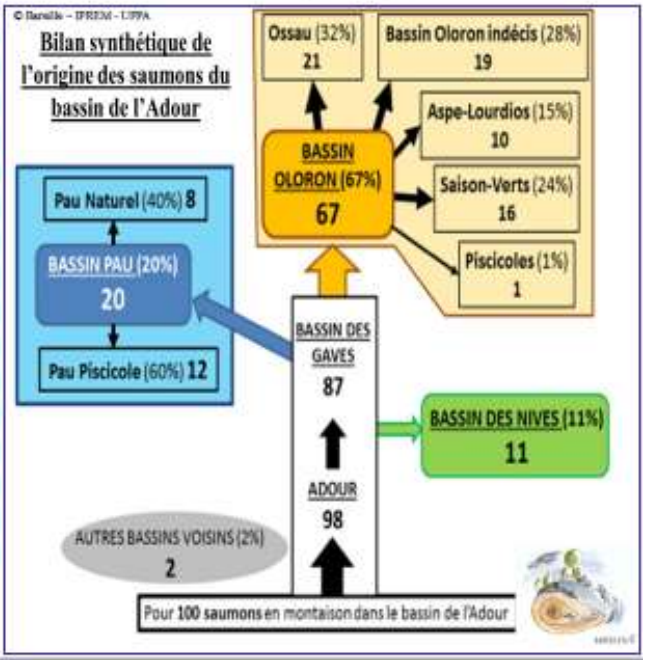
Résultats obtenus par l'étude des otolithes

- **OTOLITHES** = **un outil complémentaire** aux indicateurs de suivis pour évaluer l'évolution des stocks de saumons adultes de retour dans le bassin de l'Adour.
- **Forte fidélité** des saumons adultes nés dans le bassin de l'Adour.
- **Contribution majoritaire du sous-bassin Oloron** pour produire les futurs saumons reproducteurs.
  - **Gave d'Ossau = la principale rivière pépinière**
  - **Difficile de déterminer de manière précise certaines rivières** de naissance (bassin Oloron indécis)
- **Soutien au stock (Alevinage)** sur le bassin de l'Adour :
  - Représente 13-14% des retours et sont **originaires du sous-bassin PAU en accord avec les déversements.**
- **Un peu moins de la moitié** des saumons qui ont grandis **dans le sous-bassin Pau sont nés de reproduction naturelle**.

Un grand merci à toutes les personnes qui ont permis la collecte des têtes de saumons : Associations (AAPPMA, MIGRADOUR, FDAAPPMA…), dépositaires permis saumons (BALESTA…), établissements BARTHOUIL et Jean-Marc CASTEIGT, pêcheurs amateurs, ONEMA, Biotope, etc.

© Bareille – IPREM – UPPA

Bilan synthétique de l'origine des saumons du bassin de l'Adour



Exemple d'attestation d'origine établie pour des saumons pêchés à la ligne :