

ALOSA 2018-19

SUIVI DES ALOSES EN LOIRE MOYENNE ET BASSE LOIRE

C BOISNEAU
Université de Tours
CITERES DATE
Juillet 2020



Direction Régionale de l'Environnement
CENTRE
Bassin Loire-Bretagne



ALOSA 2018-19

SUIVI DES ALOSES EN BASSE LOIRE ET LOIRE MOYENNE 2018 et 2019

CONVENTION FEDER 2018 EX 003418

CONVENTION AELB 170548501

Catherine Boisneau

Université de Tours, CITERES DATE

JUILLET 2020

Catherine Boisneau, 2020. Suivi des aloses en basse Loire et Loire moyenne 2018 et 2019. Rapport de l'université de Tours, 57p.

Cette étude a été réalisée par l'université de Tours, Laboratoire CITERES, équipe DEEP, 33 Allée F. de Lesseps, 37200 TOURS. Elle a été financée dans le cadre du Plan Loire grandeur Nature.

Résumé

Les années 2018 et 2019 se caractérisent par des années contrastées hydrologiquement et un étiage prononcé se prolongeant au-delà de la mi-octobre. Les géniteurs d'aloses ont rencontré des conditions hydrologiques favorables de migration au printemps 2018 et sans doute plus difficiles en 2019.

Les aloses ont été échantillonnées à l'aide d'un filet-barrage et de filets maillants, de l'estuaire à la Loire moyenne (amont de Blois). Pour le filet-barrage, les CPUE de 2018 sont moins élevées que celles de 2017 tandis que celles de 2019 sont près du double de celles de 2018. Néanmoins, l'indice d'abondance annuel qui en résulte reste dans des valeurs supérieures à celles de la période 1984-1998.

Les 538 individus échantillonnés pour les analyses biométriques sont à plus de 98 % des grandes aloses. 8,7% n'ont pu être âgés majoritairement pour cause de régénération des écailles. Classiquement, plus de 98% sont des primipares, les classes d'âge s'étalent de 3 à 7 ans et les tailles et masses des individus diminuent de mars à mai.

L'échantillonnage au filet maillant à maille de 60mm et l'outil le plus couramment utilisé en estuaire mais aussi en Loire moyenne. Le rapport des sexes des poissons échantillonnés ainsi est identique à celui observé au filet barrage qui n'est pas sélectif. Par contre, les tailles et les masses des poissons sont susceptibles d'être différentes, le filet maillant privilégiant les poissons un peu plus gros.

L'analyse à long terme de l'abondance des cohortes montre que la situation s'est dégradée en basse Loire mais est tout de même plus favorable que dans les années 80-90. Les cohortes 2010, 2011 et 2013 présente des niveaux d'abondance proche de la médiane de ceux observés sur la période 1998-2005.

Quelle que soit l'année, la présence d'aloson n'a été détectée que sur le site le plus en amont, avec la technique du filet dérivant. La CPUE de 2019 est trois fois plus élevée que celle de 2018.

Mots clefs : Aloses, migration, âge, estuaire, Loire moyenne, abondance

Remerciements

Ce travail est le fruit d'une longue et étroite collaboration entre les pêcheurs professionnels du bassin de la Loire et l'Université de Tours. Que soient remerciées ceux qui participent depuis plusieurs années à l'échantillonnage des adultes et des juvéniles d'aloses, au filet-barrage et à la senne, et ceux qui, plus récemment fournissent les données en basse Loire et dans l'estuaire.

Que soient également remerciés :

Les cofinanceurs de cette étude, l'Agence de l'eau Loire Bretagne, les fonds FEDER, la région Centre Val de Loire dans le cadre du PLGN4, les chargés de mission de l'AAIPPBLB, Antoine Proust, pour son assiduité à la collecte des données, et Alice Lemonnier pour sa prise en charge du rapport 2019, R. Guillod pour le suivi des alosons, le personnel de la cellule valorisation et les gestionnaires des projets de l'université de Tours.

Table des matières

Résumé	2
Remerciements	3
Table des matières	4
Liste des illustrations	5
Liste des Tableaux	7
Liste des annexes.....	7
 1. Contexte et objectifs	8
 2. Suivi des adultes d'aloses en migration de montaison.....	9
2.1. Localisation des pêcheries d'étude et pratiques.....	9
2.2. Caractéristiques des engins de pêche	10
2.3. Données recueillies et traitements	11
2.4. Résultats	16
2.4.1. Conditions hydrologiques.....	16
2.4.2. Calendriers de captures et CPUE.....	17
2.4.3. Caractérisation des adultes	25
2.4.4. Indice d'abondance des cohortes.....	40
 3. Suivi des juvéniles en migration de dévalaison	42
3.1. Sites d'étude	42
3.2. Matériels et méthodes	43
Techniques d'échantillonnage.....	43
Protocole d'échantillonnage	44
CPUE	45
Mesures biométriques	45
3.3. Résultats	45
3.3.1. Conditions hydrologiques.....	45
3.3.2. Calendrier d'échantillonnage des juvéniles et CPUE.....	46
3.3.3. Caractéristiques biométriques	49
 4. Discussion - Conclusion	50
 Références bibliographiques	53
Gouvernance et valorisation du projet ALOSA 2018-19	54

Liste des illustrations

Figure 1 Localisation des pêcheries en 2018 et 2019 collectant des données la phase des géniteurs d'alose	9
Figure 2 Filet-barrage en Loire moyenne (photo M Bodin AAIPPBLB, 2009)	11
Figure 3 Localisation de la zone de prélèvement d'écaillés des géniteurs d'alose	12
Figure 4 Écaille de grande alose (<i>Alosa alosa</i>) (source : C. Boisneau).....	13
Figure 5 Principe de répartition des individus dans une cohorte	14
Figure 6 Principe de répartition des proportions des individus, observées lors de la migration, dans une cohorte de grande Alose de Loire	14
Figure 7 Débits de la Loire à Blois et à Montjean en 2018 et 2019 et moyennes interannuelles, 2000-2019.....	16
Figure 8 Débits de la Loire à Blois en 2018 et 2019 et moyenne interannuelle, 2000-2019	17
Figure 9 Hydrologie printanière 2018 à Saumur et CPUE quotidiennes exprimées en % de la plus forte CPUE au filet-barrage	18
Figure 10 Distribution des CPUE des grandes aloses capturées au filet-barrage en 2018.....	18
Figure 11 Hydrologie printanière à Montjean-sur-Loire, Blois et CPUE quotidiennes des grandes aloses exprimées en % de la plus forte CPUE au filet maillant	20
Figure 12 Captures par unité d'effort par rapport à la capture par unité d'effort maximale de 2019 du lot K4 au filet-barrage et hydrologie (m ³ /s) journalière à Saumur. Histogramme vert = CPUE/CPUE max	22
Figure 13 Captures par unité d'effort par rapport à la capture par unité d'effort maximal de 2019 pour le filet maillant (filets fixes et dérivants ; a, b et c) et hydrologie (m ³ /s) journalière à Montjean-sur-Loire (b) et Blois (c). 5a = lot 15 en estuaire 5b = lot L6 en basse Loire, 5c = lot I2 en amont de la confluence Loire-Vienne	24
Figure 14 Evolution de l'indice d'abondance des pêcheries au filet-barrage à l'aval de la confluence Vienne-Loire. Les barres correspondent à l'écart-type.....	25
Figure 15 Age des adultes de grande alose échantillonnées au filet-barrage et au filet maillant.....	27
Figure 16 Taille des différentes classes d'âge pour les aloses de 2018	28
Figure 17 Relation taille-masse des grandes aloses échantillonnées au filet-barrage	29
Figure 18 Evolution temporelle des tailles (LF) et masses (PT) des grandes aloses mâles et femelles échantillonnées au filet-barrage en 2019	30
Figure 19 Distribution aval/amont des tailles, poids et embonpoints des grandes aloses mâles et femelles échantillonnées au filet maillant à maille de 60mm en 2018.....	31
Figure 20 Comparaison de la taille (a), de la masse (b) et de l'embonpoint (c) des individus à l'amont (Lots G7 et G8, n=166) et à l'aval (Lots 15, n=162) en 2019 selon le sexe pour une même taille de maille (filet maillant, 60mm). Tests t de Student (taille mâle et embonpoint femelle) et Tests de Mann-Whitney Wilcoxon selon le sexe (mâles : n= 161 ; femelles : n=167). Groupes significativement différents : A<B.....	32
Figure 21 Distribution des tailles, poids et embonpoints des grandes aloses mâles et femelles échantillonnées au filet maillant à maille de 60 et 70mm à Couëron en 2018.....	33
Figure 22 Distribution des tailles, poids et embonpoints répartis sur trois plages temporelles des grandes aloses mâles et femelles échantillonnées à Muides-sur-Loire en 2018	34
Figure 23 Evolution temporelle de la taille (a), de la masse (b) et de l'embonpoint (c) répartis sur les plages temporelles des mâles (n=65) et femelles (n=75) de Grande alose échantillonnés sur les lots H (Loire moyenne). Tests de Kruskal-Wallis. 16/03-31/03 : n=15 ; 01/04-15/04 : n=46 ; 16/04-30/04 : n=54 ; 01/05-15/05 : n=13 ; 16/05-31/05 : n=7. Groupes significativement différents (p<0,05) : a>b>c.	36
Figure 24 Evolution temporelle de la taille (a), de la masse (b) et de l'embonpoint (c) répartis sur les plages temporelles des mâles (n=75) et femelles (n=87) de Grande alose échantillonnées sur le lot 15	

(estuaire) au filet maillant. Tests de Kruskal-Wallis et tests de Dunn. 16/03-31/03 : n=26 ; 01/04-15/04 : n=74 ; 16/04-30/04 : n=62. Groupes significativement différents ($p<0,05$) : $a>b>c$	37
Figure 25 Relation taille (LF en mm) masse (PT en g) des grandes aloses échantillonnées au filet barrage (FB) et au filet dérivant en estuaire (FD1) et en Loire moyenne (FD2).....	38
Figure 26 Distribution des classes d'âge 4, 5 et 6 ans pour chaque technique en 2019 (FB filet-barrage, FD1 filet dérivant estuaire et FD2 filet dérivant Loire moyenne).....	39
Figure 27 Hydrologie printanière à Montjean-sur-Loire et CPUE quotidiennes des aloses feintes et hybrides exprimées en % de la plus forte CPUE au filet maillant en 2018	39
Figure 28 Distribution des tailles, poids et embonpoints des aloses feintes échantillonnées en 2018	40
Figure 29 Indice d'abondance des cohortes de grande alose en Loire à l'aval de la confluence avec la Vienne.....	41
Figure 30 Evolution de l'indice d'abondance des cohortes d'aloses en fonction du coefficient de variation du débit de la Loire à Blois (source débit : Banque hydro).....	42
Figure 31 Localisation des sites d'échantillonnage des alosons en 2018 et 2019	43
Figure 32 Maniement de la senne de plage	44
Figure 33 Débits estivaux à Montjean-sur-Loire et Orléans en 2018 (source: Banque Hydro)	46
Figure 34 Débits estivaux à Orléans en 2019, période historique (1964-2019) (source : Banque Hydro)	46
Figure 35 Hydrologie estivale à Montjean-sur-Loire, Orléans et CPUE quotidienne de la friture exprimée en % de la plus forte CPUE échantillonnée à la senne en 2018	47
Figure 36 Captures par unité d'effort par rapport à la capture par unité d'effort maximal de 2019 des lots G et H et nombre d'alosons observés sur ces sessions de pêches. Histogramme rose : CPUE/CPUE maximale des lots G ; Histogramme bleu : CPUE/CPUE maximale des lots H ; Points noirs : Nombre d'alosons capturés sur les lots G.	48
Figure 37 CPUE des alosons échantillonnés de 2007 à 2019	49
Figure 38: Distribution des tailles, poids et embonpoints des alosons échantillonnés en 2018	49
Figure 39 Evolution des effectifs d'aloses aux passes à poissons gérées par LOGRAMI (consultation le 8/04/2020)	51

Liste des Tableaux

Tableau 1 Conditions d'attribution ou de non attribution d'un âge chez <i>A. alosa</i>	13
Tableau 2: Déroulement de la saison de pêche des grandes aloses capturées au filet maillant en 2018	19
Tableau 3 Déroulement de la saison de pêche des individus de Grande alose capturés en 2019 (lots de l'aval vers l'amont)	21
Tableau 4 CPUE des grandes aloses depuis 2017 pour les différentes techniques de capture	24
Tableau 5 Taxons d'aloses échantillonnés et technique associée (FB = filet-barrage, FM = filet maillant)	26
Tableau 6 Risque d'erreur (R) d'attribution d'un âge pour les aloses en 2018 et 2019	26
Tableau 7 Nombre de multipares et âge de première reproduction.....	27
Tableau 8 Valeurs des tests et des p value des comparaisons de taille et de masse des mâles et des femelles de grandes aloses	28
Tableau 9 Caractéristiques générales des grandes aloses capturées au filet-barrage	29
Tableau 10 Résultats des tests de comparaison des longueurs et des masses des géniteurs d'aloses échantillonnées au filet barrage (FB) et au filet dérivant en estuaire (FD1) et en Loire moyenne (FD2). Les valeurs entre () sont les écarts types. Les lettres montrent des groupes significativement différents	38
Tableau 11 Niveau d'abondance des cohortes de grande alose en Loire à l'aval de la confluence de la Vienne.....	41
Tableau 12 Synthèse des échantillonnages aux engins des alosons en 2018 et 2019.....	48
Tableau 13 Moyennes et écarts-type des caractéristiques biométriques des juvéniles d'Aloses mesurés lors de la campagne 2019. n=47, lots G.....	50

Liste des annexes

Annexe 1 : Variables thermiques et hydrologiques

Annexe 2: Caractéristiques des aloses hybrides et feintes

1. Contexte et objectifs

Le bassin de la Loire compte diverses espèces de poissons migrateurs anadromes, saumon atlantique, aloses grande et feinte, lamproies marine et fluviatile, et truite de mer, espèces patrimoniales, qui sont le support de différents types de prélèvements par pêche, de loisirs, amateurs ou professionnelles, à l'exception du saumon atlantique et de la truite de mer pour lesquels toute pêche est interdite. Ces espèces ont, toutes, vu leurs effectifs se réduire depuis le milieu du 19^e siècle avec des vitesses et sur des linéaires de cours d'eau variables, liés à leurs traits d'histoire de vie, à l'histoire des usages dans les différents bassins versants et au changement global.

Le Plan de Gestion des Poissons Migrateurs (PLAGEPOMI) 2014-2019 des bassins de la Loire, de la Sèvre niortaise et des côtiers vendéens, pour les espèces saumon, aloses, lamproies, truite de mer, anguille, mulot porc, flet commun, éperlan et esturgeon européen, a été arrêté le 20 février 2014. Il définit trois orientations fondamentales techniques : Préserver et ne pas dégrader l'existant aussi bien les espèces que les habitats, Reconquérir et restaurer les milieux favorables aux espèces amphihalines et Améliorer les connaissances et le suivi des populations dans un contexte de changement global.

Le Plan Loire Grandeur Nature 4, sur l'enjeu « retrouver un fonctionnement plus naturel des milieux aquatiques », comporte un volet « poissons grands migrateurs », et reprend également les dispositions du PLAGEPOMI pour le bassin de la Loire. Le Contrat de Projet Interrégional Loire 2014-2020 et le Programme Opérationnel Interrégional Feder Loire 2014-2020 en constituent les outils opérationnels et financiers.

C'est dans ce contexte, que des opérations d'acquisition de connaissances et de suivi in situ des populations d'aloses, poissons migrateurs anadromes de la famille des Clupeidae, sont financées depuis le début du Plan Loire Grandeur Nature. Parmi les deux espèces fréquentant la façade atlantique (*Alosa alosa* L. et *Alosa fallax* Lacépède), la grande alose est la plus abondante, celle qui remonte le plus en amont sur le bassin. Les principaux habitats de reproduction se localisent en amont des barrages de Vichy sur l'Allier, Decize sur la Loire, Descartes sur la Creuse et Châtellerault sur la Vienne. Si depuis les aménagements en faveur de la continuité piscicole de la fin des années 1990, les abondances de cette espèce ont augmenté, les observations récentes des opérateurs, Logrami, l'AAPPBLB (Association Agréée des Pêcheurs Professionnels du bassin de la Loire et des cours d'eau Bretons) et l'université de Tours, chargés de sa veille, montrent l'entrée dans une nouvelle phase de diminution.

Dans le cadre du projet proposé pour 2018 et 2019, il s'agit d'assurer la pérennité du suivi des aloses en Loire moyenne, débuté en 1984,

1) Pour la **phase adulte**,

Indications sur la population migrante d'aloses (espèce, taille, poids, sexe, âge, calendrier de migration) en parcours libre d'obstacle en Loire moyenne tronçon auquel sera ajouté un suivi en basse Loire afin d'avoir une meilleure vision des calendriers de migration dans cette partie du fleuve.

2) Pour les **juvéniles**, d'acquérir des données sur la période de dévalaison à partir d'un suivi d'échantillonnage par pêche, sur leurs caractéristiques biologiques et de connaître les habitats fréquentés lors de cette phase migratoire.

2. Suivi des adultes d'aloses en migration de montaison

2.1. Localisation des pêcheries d'étude et pratiques

En 2018 et 2019, les captures printanières des géniteurs d'aloses sont suivies sur sept pêcheries réparties entre Couëron (44) à l'aval et Muides-sur-Loire (41) à l'amont (Figure 1).

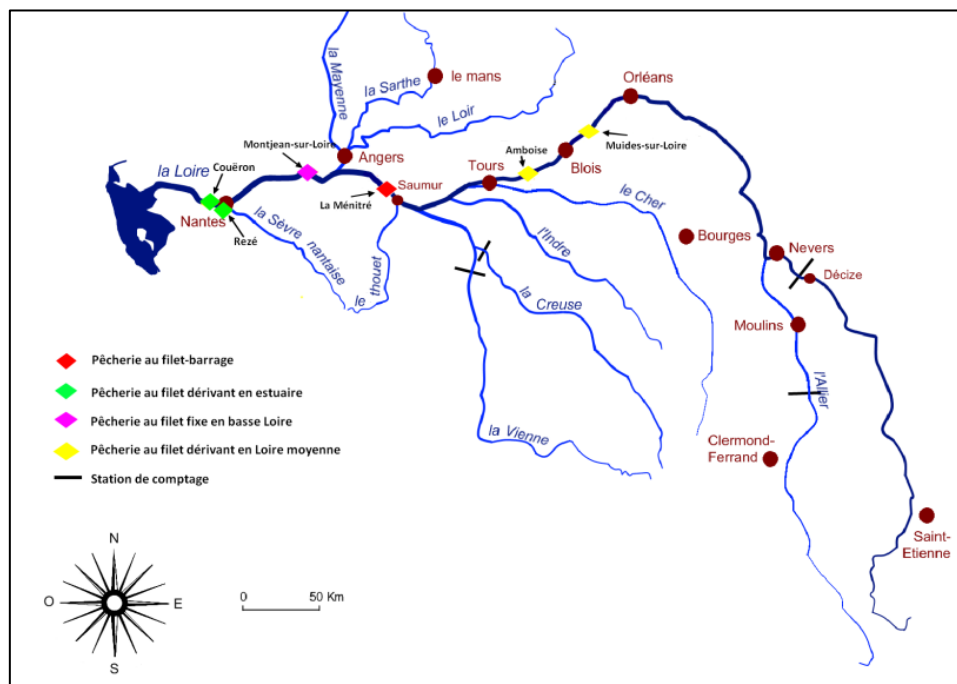


Figure 1 Localisation des pêcheries en 2018 et 2019 collectant des données la phase des géniteurs d'alse

Pour la première fois, des captures au filet dérivant sont suivies en Loire-Atlantique sur les sites de Couëron pour trois pêcheries (lot 15) et une autre à Rezé (lot 14). Ces deux lots sont caractérisés par une largeur mouillée inférieure à 300 mètres et un chenal profond supérieur à 8 m mais surtout par un marnage pouvant aller jusqu'à 6 mètres. La pêche s'effectue donc avec un tramail dérivant avec des hauteurs de chute allant de 6 à 7,5 m et des mailles de 60 à 70 mm suivant les coefficients de marée, entre la fin de la marée basse et le début de la marée montante.

Plus à l'amont, au niveau de Montjean-sur-Loire (lot L6 – dépt 49), les engins utilisés sont des filets tramails fixes, mis en place le soir derrière les épis puis relevés au petit matin. La Loire est ici d'un plus large gabarit (> 500m), avec un chenal navigable et de vastes zones de faibles profondeurs formées par des barres sédimentaires. La taille de la maille est 60 mm.

La pêcherie historique au filet barrage est à nouveau positionnée cette année sur la commune de la Ménitrie (lot K4 – dépt 49). La Loire est ici au plus large avec une largeur mouillée pouvant aller jusqu'à 1 kilomètre en hautes eaux mais avec des profondeurs moindres ne dépassant généralement pas 2 mètres.

Les deux dernières pêcheries sont situées de Veuves à Amboise (lot H2 – dépt 41, H3 et H4 – dépt 37) et Muides-sur-Loire (lot G7 – dépt 41). La technique employée en Loire moyenne est la même que celle utilisée à l'estuaire mais avec des chutes de filet plus faibles en rapport avec la hauteur d'eau (2 à 3,5m) et des tailles de maille de 55 et 60 mm.

2.2. Caractéristiques des engins de pêche

Le filet-barrage

Le filet-barrage est composé d'un long filet (ou nappe de 2 à 2,5m de haut pour 100m de long) disposé transversalement au courant (Figure 2). Cette structure est composée de puissants pieux métalliques, appelés pieux d'alignement, ancrés à l'aide de pieux de fond. De longues perches en bois, nommées fourchettes, servent à tendre le filet, ainsi la ralingue basse du filet est maintenue au fond par l'encoche située à la base des fourchettes et le verdon (cordage situé hors d'eau sur la fourchette) sert à attacher la ralingue haute du filet. La nappe du filet est ainsi tendue. **Ce filet ne capture pas de poissons, mais crée un obstacle sensoriel que les aloses cherchent à contourner.** Le long du filet-barrage, à son aval immédiat, est installée une toue cabanée munie d'un carrelet. La toue est amarrée à deux pieux d'alignement et stabilisée à l'aide de 4 pieux de chevrage. Le carrelet de maille de 40 à 50mm est situé à l'avant ou sur le côté de la toue. De nombreux fils fins appelés sonnettes sont reliés au carrelet. Ces fils transmettent les touches aux pêcheurs par le biais d'une cordelette. Le pêcheur libère alors un contre poids qui permet un relevage rapide du carrelet.

Le filet-barrage est un système fixe, passif qui, lorsqu'il est utilisé en continu, permet de suivre les déplacements des poissons en montaison. Il est déclenché de la même manière par des poissons de grande taille comme les aloses ou les mulets et par des individus de petite taille comme les ablettes. Néanmoins, les poissons de longueur inférieure à 20 cm passent au travers des mailles du carrelet, les autres sont retenus et peuvent être capturés ou remis à l'eau. Cette technique présente également l'avantage de ne pas sélectionner les aloses par la taille.



Figure 2 Filet-barrage en Loire moyenne (photo M Bodin AAIPPBLB, 2009)

Le tramail

Les tramails ou filets emmêlant sont constitués de trois nappes de filets, d'une ralingue flottante et d'une ralingue plombée. Les deux nappes externes sont de mailles très importantes (200mm à 500mm). Au centre, la flue, plus haute, est caractérisée par un maillage plus faible (55 mm à 70 mm). Les filets emmêlant sont utilisés soit en dérivant soit posés. Pour employer le filet dérivant, le pêcheur doit au préalable contrôler minutieusement l'absence de croches sur le secteur de dérive. Cette action nécessite du temps et les zones sans accroches restent rares. Ils sont utilisés le plus souvent dans le chenal principal de la Loire. Leur positionnement, lorsqu'ils sont fixes, doit tenir compte des débris véhiculés par les eaux. Les filets fixes sont généralement placés dans des zones abritées.

Les filets emmêlant dérivants ou fixes sélectionnent les espèces en fonction de leurs lieux et heures d'utilisation. La taille des mailles de la flue sélectionne également la taille des individus capturés. Pour la capture des aloses, des mailles de taille 50 à 70mm sont utilisées. Cette gamme de taille sélectionne les gros individus. Les caractéristiques biométriques des aloses capturées au filet emmêlant ne reflètent donc pas les caractéristiques des géniteurs migrant comme le font les captures au filet barrage. De plus, les captures au filet emmêlant sous-estimeront voire occulteront les aloses feintes et les hybrides.

2.3. Données recueillies et traitements

Quel que soit le mode de capture des aloses, chaque pêcheur note au quotidien la présence ou l'absence d'action de pêche, la durée ainsi que le nombre de poissons capturés. Le nombre de captures peut ainsi être rapporté à une unité commune d'effort de pêche, la Capture Par Unité d'Effort (CPUE) exprimée ici en nombre d'aloses capturées par heure de travail effectif :

$$CPUE = \frac{\text{Nb. aloses pêchées}}{\text{Nb. heures de pêche}}$$

Les mesures biométriques ne sont pratiquées que sur les individus faisant l'objet d'un échantillonnage particulier. Les poissons sont identifiés à l'espèce, sexés, pesés ($\pm 10g$), et mesurés depuis l'extrémité de la tête jusqu'à l'échancrure de la nageoire caudale, longueur à la fourche (mm). En cas de doute sur le statut d'hybride, l'identification spécifique se fait à partir du comptage des branchiospines (Br) sur le premier arc branchial gauche.

Si **Br > 84**, alors grande alose (*Alosa alosa*), notée **ALA**

Si **Br < 60**, alors alose feinte (*Alosa fallax*), notée **ALF**

Si **60 < Br < 84**, alors alose hybride, notée **ALH**

Le coefficient de condition (K) est un rapport entre la longueur et la masse d'un individu. C'est un indicateur de l'état d'embonpoint d'un individu. Son calcul est le suivant :

$$K = \frac{100 \cdot \text{Masse}}{(\text{Longueur Fourche} / 10)^3}$$

en gramme
en millimètre

Le prélèvement d'écailles (15 environ) s'effectue après avoir enlevé le mucus sur la zone de prélèvement, en arrière de la nageoire dorsale et au-dessus de la ligne médiane (Figure 3). Cette zone commune aux deux espèces, est considérée comme optimale pour la lecture d'écailles (cette zone de prélèvement des écailles est plus vaste chez l'aloise feinte). Les écailles sont ensuite déposées dans une enveloppe individuelle contenant les caractéristiques de taille, de masse, de sexe et le site de capture.

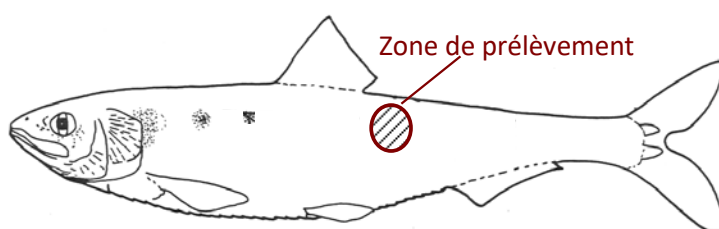


Figure 3 Localisation de la zone de prélèvement d'écailles des géniteurs d'aloise

L'attribution de l'âge est faite sur un sous échantillon des individus échantillonnés pour la biométrie. Tous les poissons échantillonnés au filet barrage sont analysés tandis que pour les autres pêcheries les critères suivants ont été appliqués : sélection des individus capturés en mars et après le 15 mai, des plus grands et des plus courts, et des classes de taille sur lesquelles deux classes d'âge sont observées. L'observation se fait au moyen d'un lecteur de microfiches avec un grossissement

de 30 fois. Six écailles sont déposées sur une lame et observées. Les marques d'arrêt de croissance, de reproduction sont recherchées sur chacune des six écailles en veillant à ce que chacune des structures apparaissent dans chacun des champs de l'écaille (Figure 4) (Mennesson-Boisneau et Baglinière, 1992 ; Baglinière *et al.*, 2000 ; Panfili *et al.*, 2002). Si un individu ne peut recevoir d'âge à la première lecture, il sera repris lors d'une deuxième séance en utilisant un second lot de 6 écailles. Lors de cette deuxième séance, il n'est pas toujours possible d'attribuer un âge à partir des écailles. Trois cas se présentent alors (Tableau 1).

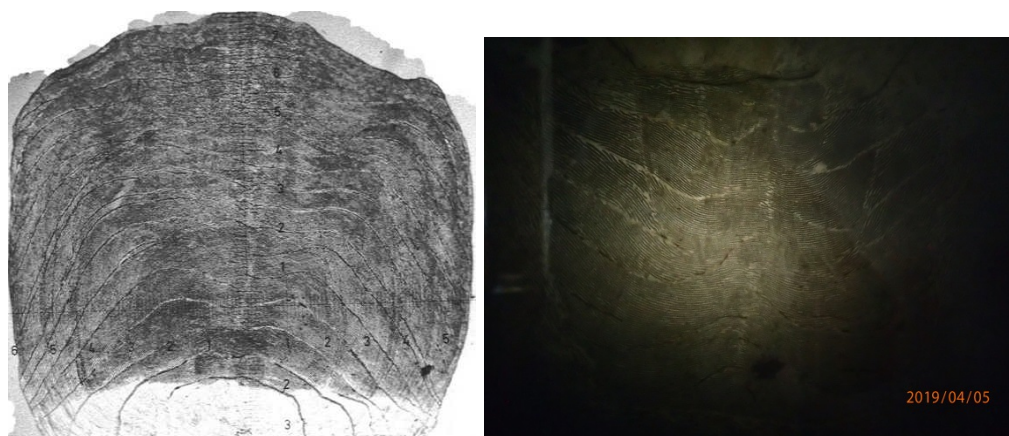


Figure 4 Écaille de grande alose (*Alosa alosa*) (source : C. Boisneau)

Tableau 1 Conditions d'attribution ou de non attribution d'un âge chez *A. alosa*

Etat de l'attribution	Condition	Attribution de l'âge
Ecailles entièrement régénérées	-	NON
Hésitation entre 2 classes d'âge	L'individu appartient à une classe de taille pour laquelle la probabilité d'appartenir à une classe d'âge est >0.9	OUI
Hésitation entre 2 classes d'âge	L'individu appartient à une classe de taille pour laquelle la probabilité d'appartenir à une classe d'âge est <0.9	NON

Le risque d'erreur d'attribution d'un âge, pour une classe d'âge, est R le rapport du nombre d'individu affecté à une classe d'âge après la seconde lecture sur le nombre d'individu affecté à cette classe d'âge.

Un indice d'abondance des captures réalisées au filet-barrage et des cohortes de grande alose avait été mis au point en 2011 en dissociant deux portions de Loire, l'une à l'amont de la confluence

Loire-Vienne et l'autre à l'aval (Boisneau et al, 2011). Ces indices ont été recalculés jusqu'à l'année 2019 pour les captures et en intégrant la cohorte 2013, uniquement sur la partie aval puisque le filet-barrage du Maine et Loire est le seul actuellement opérationnel.

L'indice d'abondance des captures (IACapt) est la moyenne arithmétique des $\ln(\text{CPUE}+1)$ pour chaque année et chaque zone. La CPUE est le nombre de poisson par heure de pêche pour chaque journée. La transformation logarithmique a pour fonction de réduire l'hétéroscédasticité des données. L'ajout de 1 à la CPUE permet d'intégrer les jours de captures nulles qui sont aussi informatives que celles avec des captures non nulles.

Après attribution d'un âge, chaque individu est intégré à une cohorte ou année de naissance (Figure 5, Figure 6) en posant le postulat suivant : la structure d'âge observée lors de la migration anadrome une année donnée, pour chaque sexe, correspond à la distribution des classes des individus matures d'une cohorte. Pour une année n , les individus âgés de 3 ans sont issus de la cohorte $n-3$, ceux de 4 ans de la cohorte $n-4$ et ceux de 5 ans de la cohorte $n-5$.

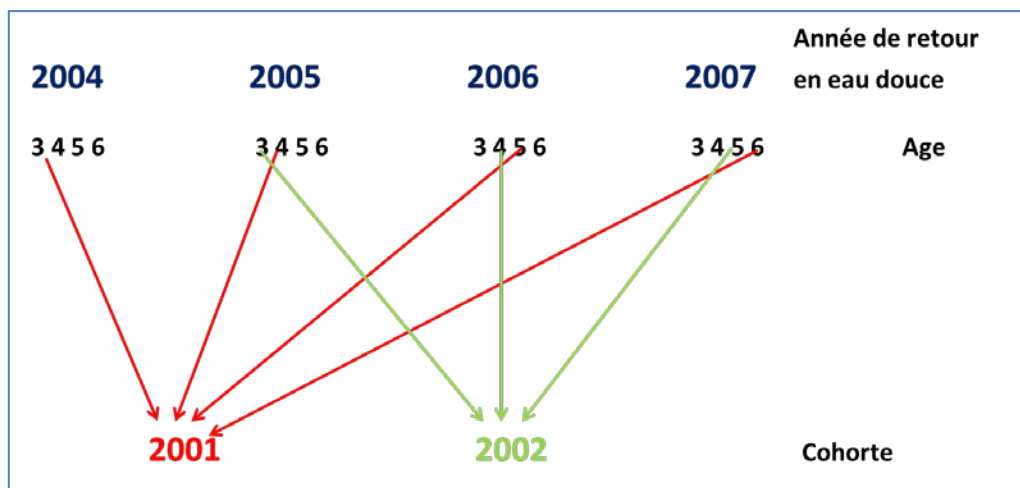


Figure 5 Principe de répartition des individus dans une cohorte

Figure 6 Principe de répartition des proportions des individus, observées lors de la migration, dans une cohorte de grande Alose de Loire

Proportion d'individus lors de la migration Année n		Proportion d'individus matures d'une cohorte				
Age	%	n-3	n-4	n-5	n-6	n-7
3	0	0				
4	0,35	0,35				
5	0,4		0,4			
6	0,2			0,2		
7	0,05				0,05	

L'indice d'abondance des cohortes (IACoh), calculé pour les années de naissance 1980 à 2013, découle de l'indice de capture des adultes reproducteurs âgés de 4, 5 et 6 ans, les classes 3 ans et 7 ans comptant, respectivement, pour 2.8% et 1.2%. L'hypothèse d'une influence constante du milieu marin sur les poissons est posée. La proportion de survie d'une classe d'âge, pour chaque sexe, est considérée comme constante d'une cohorte à l'autre tout comme la proportion d'individus matures pour un âge donné, pour chaque sexe.

IACoh : somme des proportions de chaque classe d'âge (4 à 6 ans) multiplié par l'indice d'abondance de capture correspondant soit :

IA coh brut x = %de 4ans $x+4$ * IA capt $x+4$ + % de 5ans $x+5$ * IA capt $x+5$ + % de 6ans $x+6$ * IA capt $x+6$, avec « x » l'année de naissance.

La contribution de chaque classe d'âge à l'abondance des cohortes prend en compte le rapport des sexes.

Des liens entre des variables thermiques et hydrologiques en milieux fluvial sont recherchés pour expliquer l'évolution de l'indice d'abondance des cohortes. Les variables environnementales sont de deux types thermiques et hydrologiques. Les variables thermiques ont été choisies en tenant compte des seuils de température reconnus pour cette espèce et de sa phénologie (Mennesson-Boisneau et al., 2000b ; Lochet et al. 2008 ; Charles et Jatteau, 2010 ; Boisneau et al. 2011, cf annexe 1). L'hydrologie agissant directement sur l'activité migratoire des géniteurs en tant que facteur stimulant ou bloquant la migration, différentes composantes hydrologiques ont été retenues (cf annexe 1). Pour l'indice à l'aval de la confluence avec la Vienne qui est analysé ci-après, les paramètres hydrologiques des stations de Nouatre (Vienne), Blois (Loire) et Montjean sur Loire (Loire à l'aval de la confluence avec la Vienne) ont été testés. Ces variables thermiques (9) et hydrologiques (12) sont calculées à partir des données journalières, en distinguant deux périodes. La période 1 (PER1), du 15 février au 15 juin correspond, à la période de montaison de géniteurs et la période 2 (PER2), du 16 juin au 16 juillet, correspond aux phases post ponte, de survie des larves et de croissance des juvéniles.

La normalité des données a été vérifiée avec le test de Shapiro-Wilk. Lorsque celles-ci ne suivent pas une loi normale, des tests non paramétriques ont été employés ainsi que la corrélation de Spearman. Dans le cas contraire, des tests paramétriques de comparaison de variances, moyennes ont été utilisés. Les traitements statistiques ont été réalisés avec le logiciel XLstat ou le logiciel R.

Une analyse de l'évolution des caractéristiques des individus au cours de la saison a été conduite en différenciant 5 plages temporelles, du 16/03 au 31/03, du 01/04 au 15/04, du 16/04 au 30/04, du 01/05 au 15/05 et du 16/05 au 31/05.

2.4. Résultats

2.4.1. Conditions hydrologiques

Les deux années 2018 et 2019 contrastent fortement entre elles par le débit moyen annuel qui est plus élevé en 2018, 370 m³/s pour 209 m³/s à Blois et 873 m³/s pour 554 m³/s à Montjean, et par deux phases hydrologiques. La phase printanière présente des débits nettement supérieurs en 2018 tandis que la phase automnale montre des débits plus importants en 2019 (Figure 7). Ces deux années ont en commun un étiage faible, prolongé mais néanmoins interrompu le 27 octobre 2019 alors qu'il n'est rompu qu'en fin janvier 2019 pour l'année 2018.

Entre le 1er mars et le 15 juin 2018, période de migration de reproduction des adultes, les débits moyens observés aux stations de Blois (468 m³/s) et Montjean-sur-Loire (1092 m³/s) sont similaires à la moyenne interannuelle calculée depuis 1900 (respectivement 430 m³/s et 1007 m³/s). Sur cette période, les débits moyens sont restés élevés et l'augmentation des débits journaliers des deux stations est marquée par une première crue à la mi-mars suivie de deux autres montées d'eau en mai et juin (Figure 8). Entre le 1er mars et le 30 juin 2019, les débits moyens observés aux stations de Blois (186 m³/s) et Montjean-sur-Loire (421 m³/s) sont significativement inférieurs à la moyenne interannuelle calculée sur la période 1900-2019 (cf. ci-dessus). On notera également une montée d'eau en mars suivie d'une seconde fin avril mais ces variations de débits restent en dessous du débit interannuel (Figure 8).

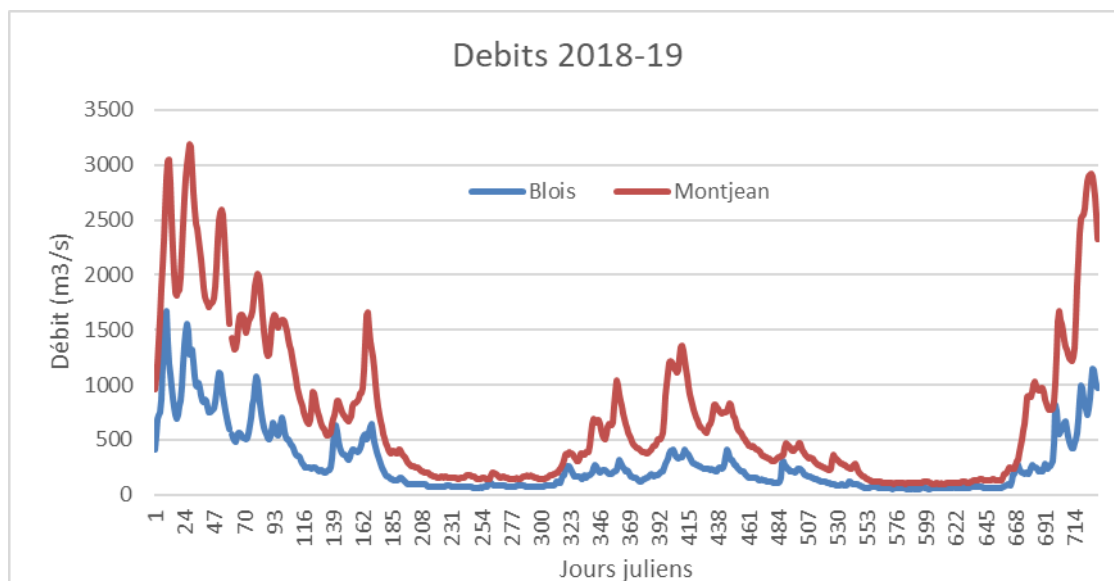


Figure 7 Débits de la Loire à Blois et à Montjean en 2018 et 2019 et moyennes interannuelles, 2000-2019
(Source : Banque Hydro au 23/03/2020)

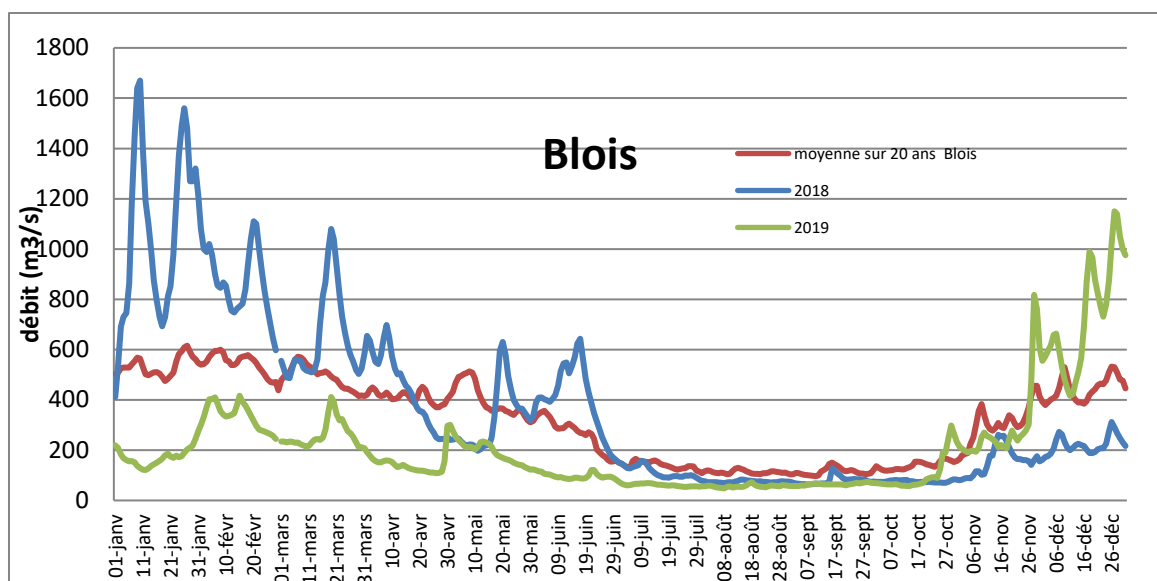


Figure 8 Débits de la Loire à Blois en 2018 et 2019 et moyenne interannuelle, 2000-2019
(Source : Banque Hydro au 23/03/2020)

2.4.2. Calendriers de captures et CPUE

Année 2018: Calendrier des captures au filet barrage

En raison des forts débits en début de saison, le filet-barrage n'a pu être installé que le 4 avril, lorsque le débit à Saumur était de l'ordre de 1200 m³/s (Figure 9). Les conditions de pêche n'étant pas favorables, le filet mis en place ne s'étend que sur une cinquantaine de mètre. Cependant les captures interviennent dès l'installation de la pêcherie et ce jusqu'au 15 mai. Sur cette période, l'effort de pêche est continu avec en moyenne 5 jours de pêche par semaine. Au total, l'effort de pêche a été mis en œuvre pendant 26 journées dont 3 (12%) sans capture. La diminution constante du débit (de 1200 à 500m³/s) durant le mois d'avril a contraint le pêcheur à réinstaller son filet-barrage sur un second site plus propice eu égard au débit. Les CPUE maximales seront alors effectuées sur ce site à la fin du mois d'avril. Début mai, l'élévation du débit contraint de nouveau le pêcheur à rabattre son filet-barrage pour qu'il ne soit pas emporté. Il sera remis en pêche quelques jours avant qu'une nouvelle élévation du débit à la mi-mai mette un terme à la saison.

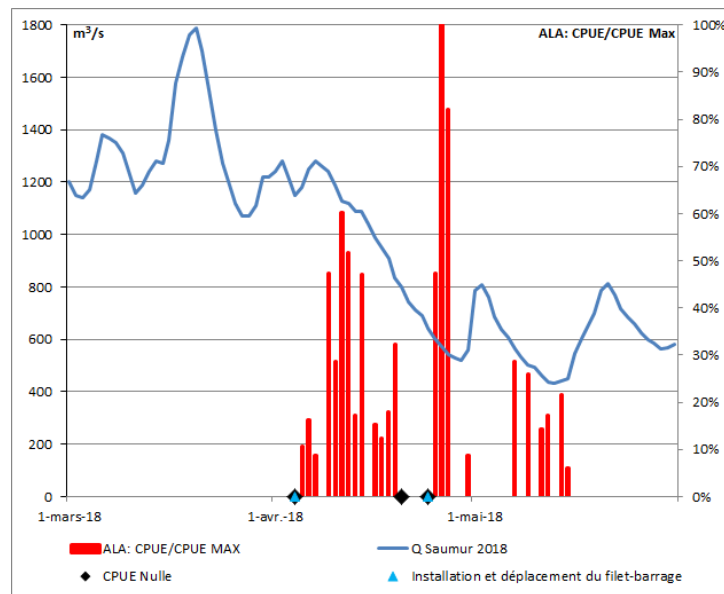


Figure 9 Hydrologie printanière 2018 à Saumur et CPUE quotidiennes exprimées en % de la plus forte CPUE au filet-barrage

Sur 26 journées avec effort de pêche, la CPUE moyenne est de 0,64 soit une alose capturée toutes les 1h30. La CPUE maximale est de 2,32 tandis que la minimale est de 0 (Figure 10).

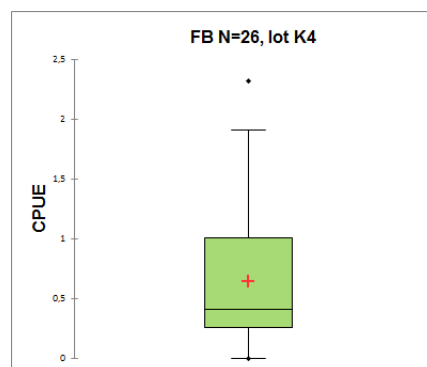


Figure 10 Distribution des CPUE des grandes aloses capturées au filet-barrage en 2018

Année 2018: Calendrier des captures au filet maillant

La saison de pêche au filet maillant a débuté le 12 mars et s'est achevée le 29 juin (Figure 11, Tableau 2). La mise en œuvre du filet maillant étant moins contrainte par l'hydrologie, le début de saison de pêche est plus précoce pour ce type d'engin que pour le filet-barrage. Les captures de grandes aloses s'échelonnent sur trois mois et demi, de la mi-mars à la fin juin. Sur cette période, au moins une des six pêcheries étaient en action de pêche et ce dans 74% des jours (hors dimanche). Suivant les pêcheries, le nombre de jour de pêche diffère nettement (19 à 51 jours), tout comme le nombre de jour avec CPUE nulle (0 à 8 jours). Les CPUE maximales de cinq pêcheries marquent une

cohérence d'un point de vue temporel et géographique, à l'exception de celle située à 99 km de l'océan pour laquelle des maxima interviennent plus tard que celles localisées respectivement à 265 et 312 km. Cette pêcherie utilise des filets maillants fixes contrairement aux autres, qui fonctionnent en dérivant, ce qui pourrait expliquer cette discordance.

Tableau 2: Déroulement de la saison de pêche des grandes aloses capturées au filet maillant en 2018

	Distance à l'océan: 16km	Distance à l'océan: 17km	Distance à l'océan: 30km	Distance à l'océan: 99km	Distance à l'océan: 265km	Distance à l'océan: 312km
Début de pêche	12/03/2018	13/03/2018	28/03/2018	14/03/2018	03/04/2018	24/03/2018
Première capture	12/03/2018	13/03/2018	28/03/2018	14/03/2018	04/04/2018	24/03/2018
Dernière capture	22/05/2018	23/05/2018	28/04/2018	29/06/2018	24/05/2018	31/05/2018
Fin de pêche	22/05/2018	23/05/2018	28/04/2018	29/06/2018	08/06/2018	31/05/2018
CPUE Max	09/04/2018	09/04/2018	10/04/2018	24/04/2018	16/04/2018	23/04/2018
Nb jours CPUE nulle	0	0	0	3 (6%)	8 (35%)	5 (12%)
Nb jours de pêche	19	34	22	51	23	41
Engins de pêche	Filet maillant	Filet maillant	Filet maillant	Filet maillant	Filet maillant	Filet maillant

UNIV TOURS ALOSA 2018-19

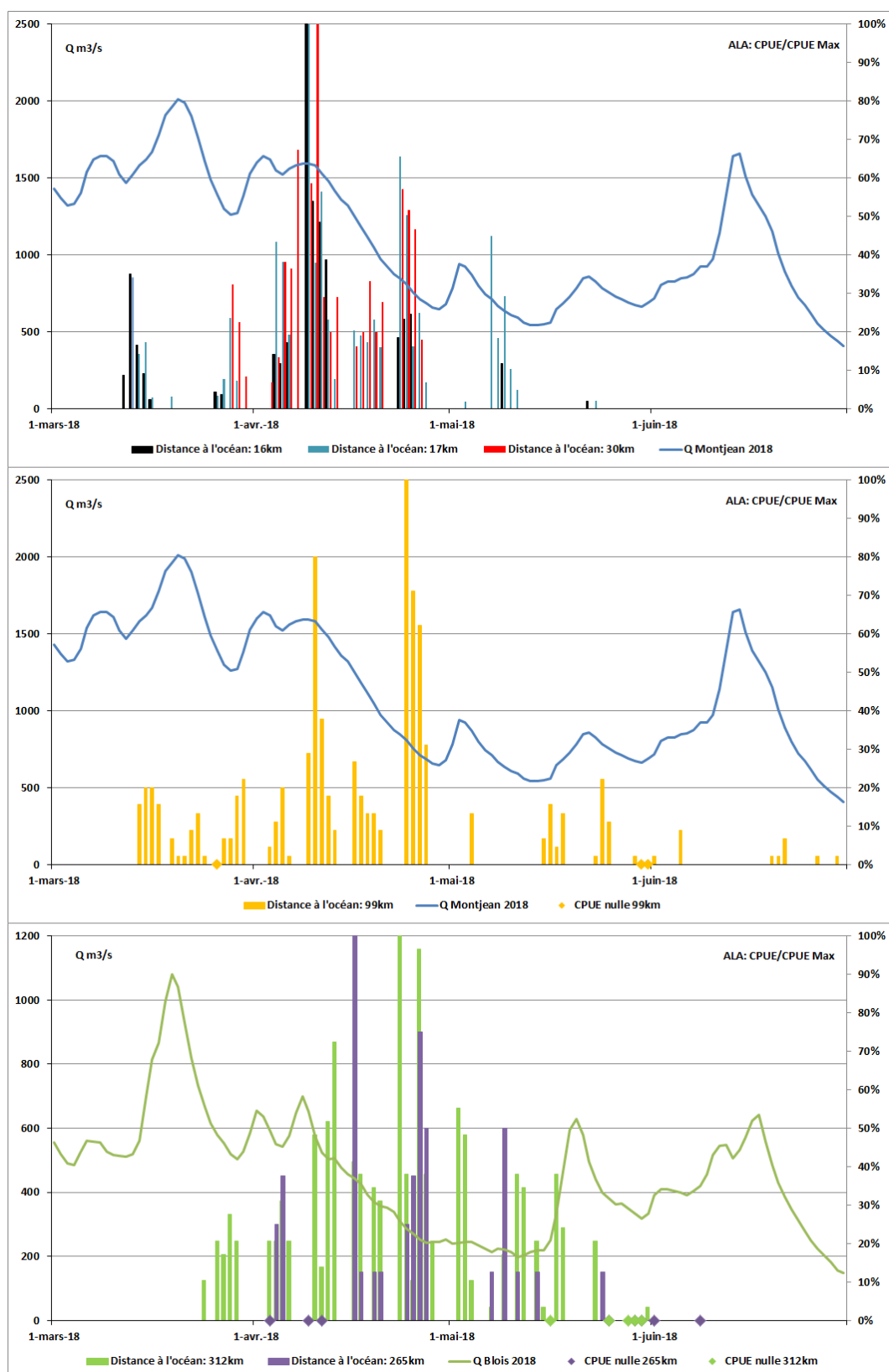


Figure 11 Hydrologie printanière à Montjean-sur-Loire, Blois et CPUE quotidiennes des grandes aloses exprimées en % de la plus forte CPUE au filet maillant

Année 2019

La saison de pêche a débuté le 05 mars et s'est achevée le 27 juin (Tableau 3). La mise en œuvre du filet maillant étant moins contrainte par l'hydrologie, le début de saison de pêche est plus précoce pour ce type d'engin que pour le filet-barrage. Les captures de grandes aloses s'échelonnent sur trois mois et demi, de début mars à fin juin. Sur cette période, au moins une des six pêcheries était en action de pêche et ce dans 74% des jours (hors dimanche). Suivant les pêcheries, le nombre de jours de pêche varie, 16 à 70 jours, tout comme le nombre de jours avec CPUE nulle, 0 à 11 jours. Vis-à-vis de la date où les captures ont été les plus élevées, un décalage de l'aval vers l'amont semble intervenir (du 28 mars au 30 avril, Tableau 3). Cependant, aucun gradient temporel ou spatial ne peut être avancé ici.

Tableau 3 Déroulement de la saison de pêche des individus de Grande alose capturés en 2019 (lots de l'aval vers l'amont)

	Lots						
	15	14	L6	K4	I2	H	G
Engins de pêche	Filet maillant	Filet maillant	Filet maillant	Filet-barrage	Filet maillant	Filet maillant	Filet maillant
Période de pêche	05/03-13/05	18/03-03/05	19/03-27/05	31/03-23/05	14/03-27/03	08/03-27/05	09/03-10/05
Première capture	05/03/2019	18/03/2019	19/03/2019	01/04/2019	14/03/2019	08/03/2019	09/03/2019
Dernière capture	13/05/2019	03/05/2019	31/05/2019	21/05/2019	27/06/2019	27/05/2019	10/05/2019
Date de CPUE Max	28/03/2019	29/03/2019	01/04/2019	25/04/2019-30/04/2019	02/05/2019	30/04/2019	30/04/2019
Nb jours CPUE nulle	0	2	11	6	0	3	0
Nb jours de pêche	70	22	28	28	17	28	16

Calendrier des captures au filet-barrage 2019

Cette année, le filet-barrage (lot K4) a été installé au 31 mars, lorsque le débit à Saumur est descendu à 400m³/s environ après une première crue à plus de 600m³/s vers le 20 mars, (Figure 12). La longueur de filet mise en place était plus importante que l'année dernière 66 m contre 50 m environ en 2018. La première capture se fait le lendemain de l'installation du filet, soit le 1er avril (Tableau 3). La fin de

la saison de pêche au filet-barrage arrive le 23 mai, avec la dernière capture, pour l'année 2019, le 21 mai (Tableau 3). Sur cette période, l'effort de pêche est continu avec en moyenne 5 jours de pêche par semaine (Figure 12). L'effort de pêche a été mis en œuvre pendant 28 journées sur cette période dont 6 sans captures, ce qui représente près de 21% de l'effort de pêche avec un taux de capture nul. Un phénomène de gelée est survenu le 04 avril et de vents forts s'en sont suivis les jours suivants, pouvant en partie expliquer l'absence de capture entre le 06 et le 11 avril (Figure 12). Deux dates de captures représentent le taux maximal de pêche sur cette année : le 25 et le 30 avril (Tableau 3). Sur ces deux dates, la CPUE est de 4,72 soit près de 5 aloses par heure de pêche. Par comparaison, sur les 28 journées de pêche, la CPUE moyenne est de 1,12 soit plus d'une alose capturée par heure de pêche (Tableau 3, Figure 12). L'année 2019 est meilleure que l'année 2018, où la CPUE moyenne avoisinait 0,66 soit moins d'une alose par heure de pêche avec une CPUE maximale à 2,32.

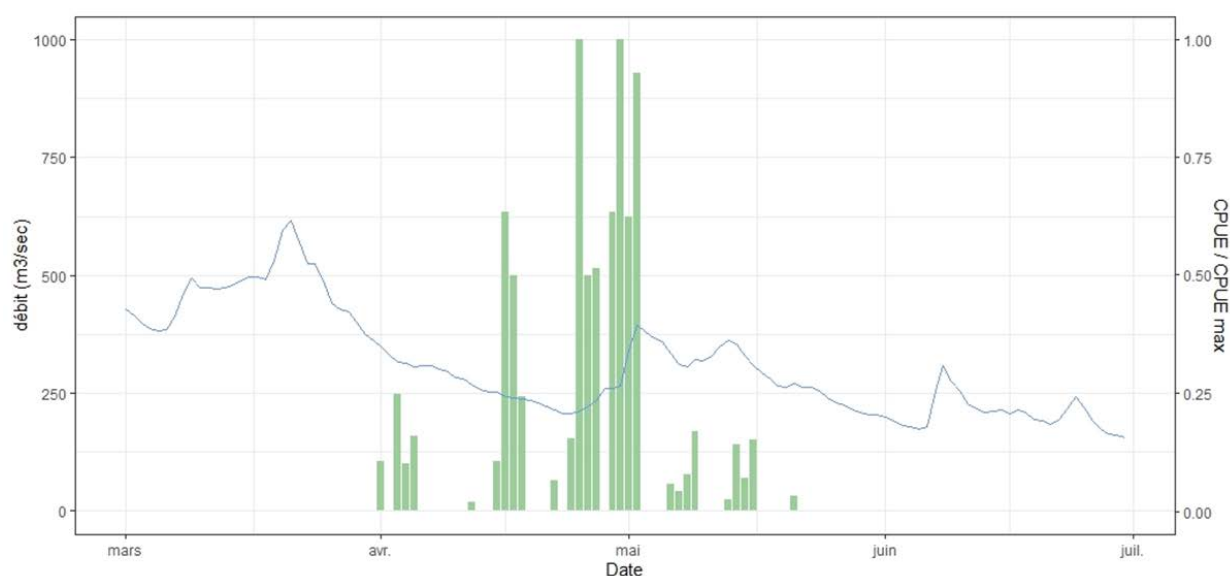


Figure 12 Captures par unité d'effort par rapport à la capture par unité d'effort maximale de 2019 du lot K4 au filet-barrage et hydrologie (m³/s) journalière à Saumur. Histogramme vert = CPUE/CPUE max

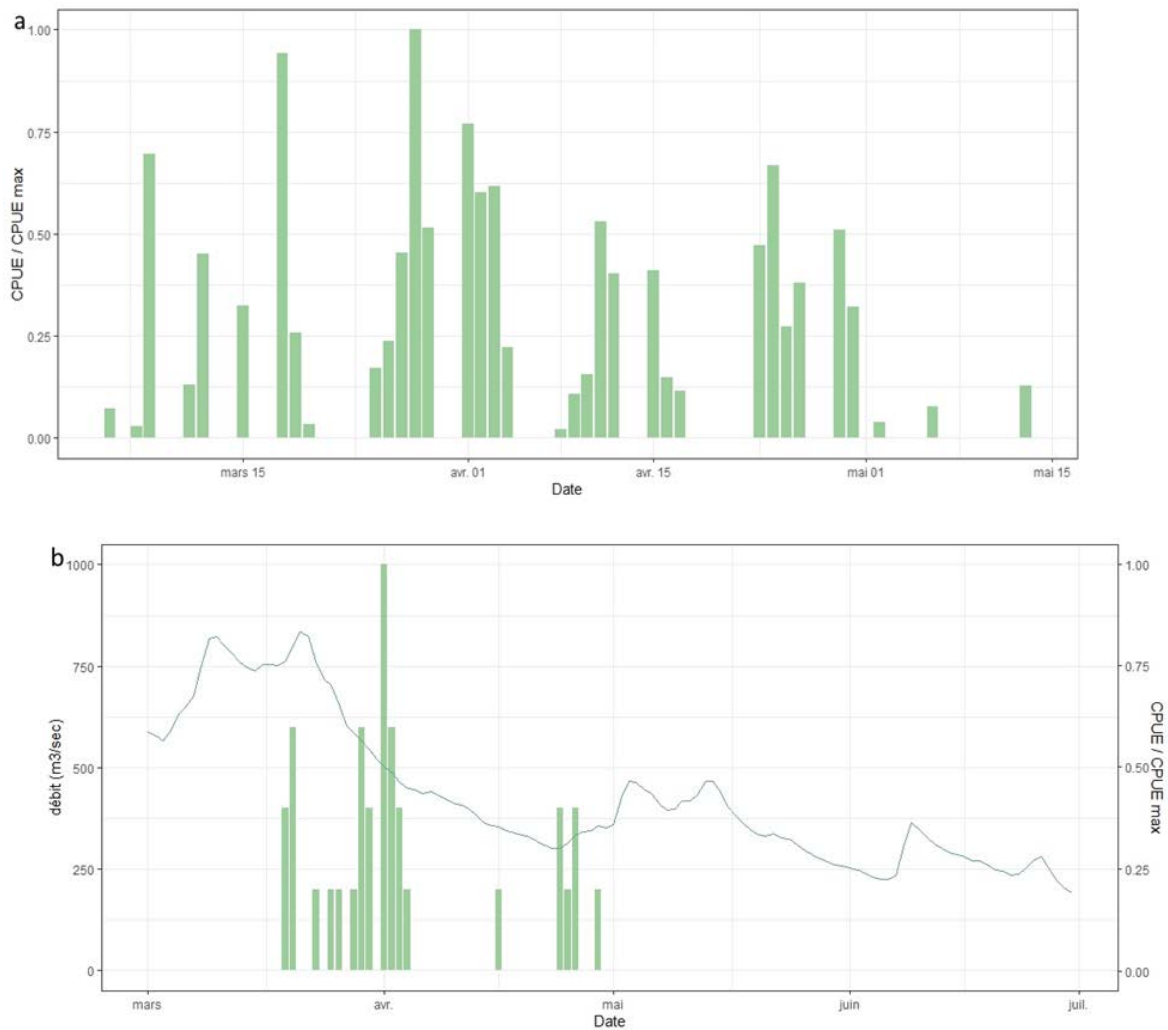
Année 2019 : Calendrier des captures au filet maillant

Les captures au filet maillant de Grande alose ont débuté le 05 mars et ont terminé le 27 juin (Figure 13, Tableau 3). En estuaire (lots 14 et 15, Figure 13a), la pêche a démarré dès le 5 mars et s'est terminée le 13 mai, avec un taux de captures maximal entre le 28 et le 29 mars pour les deux pêcheries. C'est en estuaire que le nombre de jours de pêche est le plus fort, avec 70 jours de pêche sans capture nulle pour la pêcherie du lot 15 (Tableau 3). En moyenne sur les jours avec effort de pêche, le taux de capture avoisinait pour les deux pêcheries un taux respectif de 12,16 et de 18,44 pour les lots 15 et 14, et une CPUE maximale à 34,63 et 56 entre le 28 et le 29 mars. Ainsi, durant les jours de pêche, entre 12 et 18 aloses étaient capturées par heure en moyenne, avec un pic de captures entre 34 et 56 aloses par heure, le meilleur jour de pêche. Sur les temps de pêche, peu ou pas de captures nulles ont été comptabilisés (0 ou 2 jours, Tableau 3).

Concernant la pêcherie localisée en basse Loire (lot L6), la période de pêche pour la Grande alose a débuté le 19 mars et s'est terminée le 31 mai (Figure 13 b, Tableau 3). Sur 28 journées de pêche, 11 ont été sans aucune capture, soit près de 40% de l'effort. Le 1er avril a été la journée avec le plus fort

taux de captures avec un taux de 0,42 et un taux moyen de capture de 0,1 par heure. Une alose toutes les 10 heures était capturée en moyenne avec cette pêcherie, soit une fréquence de captures plus de 100 fois moindre aux pêcheries en estuaire. Les plus fortes CPUE ont été retrouvées pour ce lot entre fin mars et début avril, à la suite de la crue arrivée vers mi-mars (environ 800 m³/s Figure 13 b).

Concernant les pêcheries situées en Loire moyenne (lots I, H et G), la période de pêche s'est étendue du 08 mars au 27 juin pêcheries confondues (Figure 13 c, Tableau 3). Entre 16 et 28 journées de pêche ont été réalisées par pêcherie, avec un taux de capture nulle de 0 à 10%. Les dates où la CPUE a été maximale sur ces pêcheries ont été le 02 mai pour le lot I2 (le plus aval) et le 30 avril pour les deux dernières (Figure 13 c). Ces dates correspondent à la période de crue de Blois avec un passage de 200 à 300 m³/s (Figure 13 c). En moyenne sur ces lots, plus de 12 aloses étaient capturées à l'heure pendant les jours de pêche, avec une CPUE s'élevant à 228 aloses en une heure au maximum (Tableau 3).



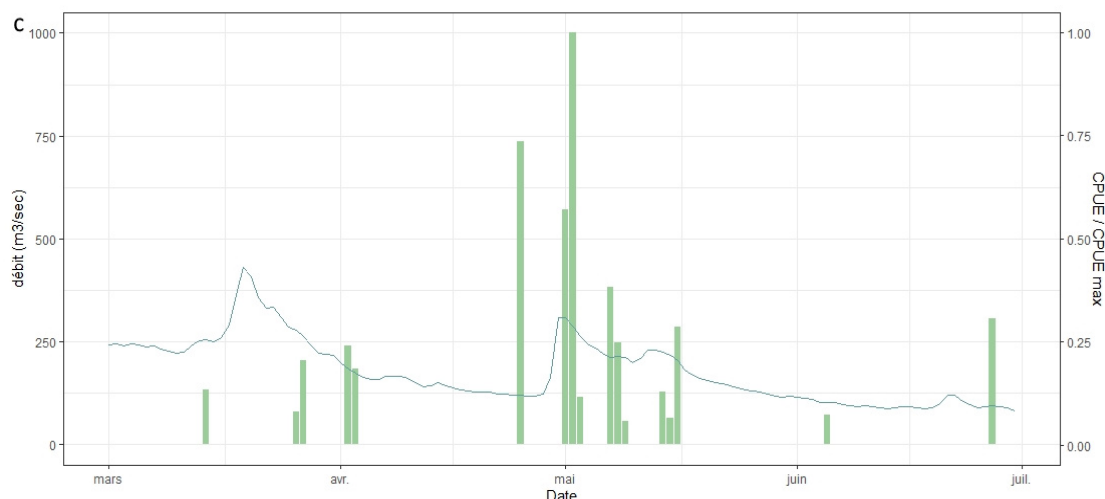


Figure 13 Captures par unité d'effort par rapport à la capture par unité d'effort maximal de 2019 pour le filet maillant (filets fixes et dérivants ; a, b et c) et hydrologie (m^3/s) journalière à Montjean-sur-Loire (b) et Blois (c). 5a = lot 15 en estuaire 5b = lot L6 en basse Loire, 5c = lot I2 en amont de la confluence Loire-Vienne

CPUE au filet-barrage et CPUE au filet dérivant

Depuis 2017, la série de données acquise sur le filet barrage depuis 1984 est complétée par une série de CPUE au filet dérivant. En effet, la biomasse importante d'algues filamenteuses dans la masse d'eau réduit considérablement l'utilisation de cette technique par ailleurs très chronophage. Des techniques peu employées jusque dans les années 2010 sont désormais utilisées pour la capture des aloses par les pêcheries professionnelles. Bien qu'il soit difficile de comparer une technique passive et une technique active, les valeurs de CPUE sont fournies Tableau 4. Afin de mieux intégrer la dimension longitudinale de l'axe, et pour compenser une absence d'information en estuaire, des pêcheries estuariennes ont été intégrées à partir de 2018. Vu le petit nombre d'années de suivi, il n'est pas possible de dégager une tendance quelconque.

Tableau 4 CPUE des grandes aloses depuis 2017 pour les différentes techniques de capture

	FB CPUE (n/h)	FD estuaire (n/sortie)	FD Loire moyenne (n/sortie)
N pêcheries	1	0 en 2017 et 2 en 2018 et 2019	2
2017	0,82	-	3,16
2018	0,64	44, 2	8,07
2019	1,33	14,5	16,6

Evolution à long terme des CPUE au filet-barrage

L'acquisition des données de pêcheries au filet-barrage permet d'obtenir une CPUE moyenne annuelle. Cependant, tout comme lors des suivis des passes à poissons, ces CPUE sont partiellement dépendantes des conditions hydrologiques et donc de la circulation des poissons le long de l'axe Loire. Néanmoins, malgré une absence d'activité en 2000, 2001 et 2003, une série de 33 années est disponible. Les CPUE montrent une très grande variabilité interannuelle (Figure 14) parmi lesquelles trois phases sont distinguées. De 1984 à 1998, les niveaux moyens sont de $0,19 (\pm 0,17)$ avec des variations interannuelles de faible amplitude parmi lesquelles l'année 1988 fait figure d'exception avec une CPUE moyenne de 0,74. De 1999 à 2012, une deuxième période se dégage avec une CPUE moyenne plus de 4 fois plus élevée ($0,82 \pm 0,51$). La CPUE unitaire est dépassée à 4 reprises notamment en 2007 avec une valeur de 1,7. Enfin, la troisième phase, de 2013 à 2019, présente une réduction de la CPUE moyenne qui reste cependant supérieure à celle observée lors de la première période ($0,51 \pm 0,59$). Pour être complet et disposer d'éléments de compréhension, ces CPUE, associées à la structure d'âge et au sex ratio des géniteurs permettront de reconstituer l'abondance des cohortes de poissons.

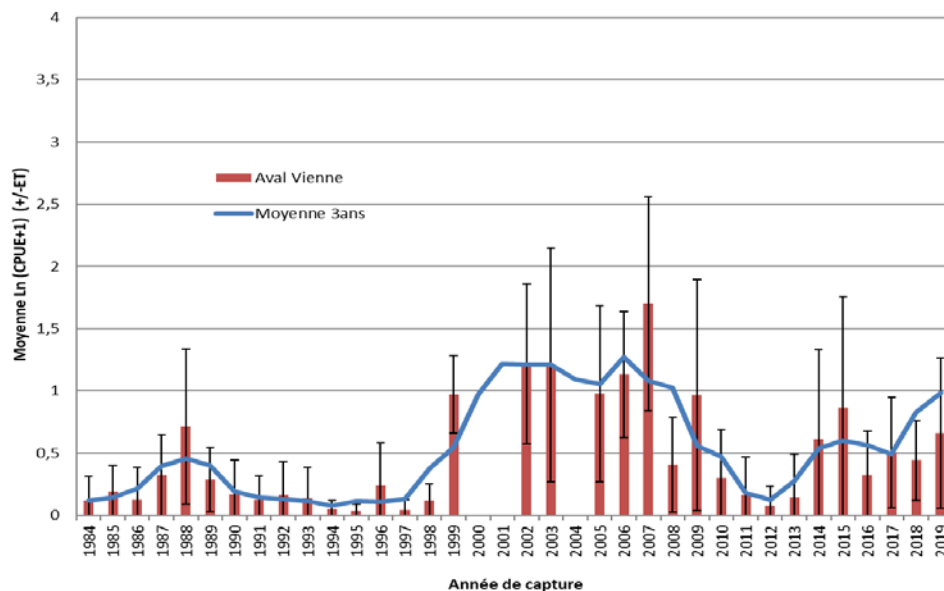


Figure 14 Evolution de l'indice d'abondance des pêcheries au filet-barrage à l'aval de la confluence Vienne-Loire. Les barres correspondent à l'écart-type

2.4.3. Caractérisation des adultes

Espèces présentes

Les grandes aloses sont très majoritairement présentes. Quelle que soit la technique d'échantillonnage, elles représentent 98 % des individus en 2018 et 99 % en 2019 (Tableau 5). Les aloses feintes ont été échantillonnées au filet barrage et sur le lot L6, au filet dérivant en 2018. Aucun

hybride n'a été capturé en 2018 alors que 5 ont été capturés en 2019 au filet dérivant sur ce même lot.

Tableau 5 Taxons d'aloses échantillonnés et technique associée (FB = filet-barrage, FM = filet maillant)

TAXON	2018		2019	
	FB	FM	FB	FM
GRANDE ALOSE	83	474	144	532
HYBRIDES	0	0	0	5
ALOSE FEINTE	4	7	0	0

Attribution de l'âge pour la grande alose

L'attribution de l'âge a été réalisée sur 224 individus de grande alose en 2018 et 314 en 2019. L'âge n'a pu être attribué à 19 individus en 2018, soit 8,5 %, et 28 individus soit 8,9 % en 2019. La cause majeure est la régénération des écailles, 12 individus sur 19 en 2018, et 18 sur 28 en 2019. Les autres individus présentaient des écailles dont la structure n'a pas permis de trancher entre deux classes d'âge. Le risque d'erreur d'attribution d'un âge est très variable d'un sexe à l'autre et d'une année à l'autre mais est moins hétérogène en 2019 (Tableau 6).

Tableau 6 Risque d'erreur (R) d'attribution d'un âge pour les aloses en 2018 et 2019

	2018			
AGE	N MALES	R	N FEMELLES	R
3 ANS	4	0,25	0	-
4 ANS	69	0,12	22	0,05
5 ANS	21	0,19	38	0,13
6 ANS	15	0,20	20	0,10
7 ANS	3	0,33	13	0,23
Total	112		93	
	2019			
AGE	N MALES	R	N FEMELLES	R
3 ANS	2	-	0	-
4 ANS	102	0,04	34	0,06
5 ANS	25	0,04	78	0,09
6 ANS	16	0,19	29	0,03
7 ANS	0	-	0	-
Total	145		141	

Les géniteurs de grandes aloses sont à très grande majorité primipare. En 2018, 4 individus, deux mâles et deux femelles s'étaient reproduits l'année antérieure (1,8%) tandis qu'en 2019, deux mâles de 4 et 5 ans s'étaient reproduit un an auparavant (Tableau 7).

Tableau 7 Nombre de multipares et âge de première reproduction

Année	Males			Femelles		
	Age	Age première reproduction	Nombre	Age	Age première reproduction	Nombre
2018	4	3	2	6	5	2
2019	4	3	1	-	-	-
	5	4	1	-	-	-

Comme observé les années antérieures, les classes d'âge varient de 3 à 6 ans pour les mâles et 4 à 7 ans pour les femelles (Figure 15), avec des distributions différentes entre les deux années liées d'une part à l'absence des 7 ans en 2019 mais aussi à une plus grande proportion des 5 ans en 2019.

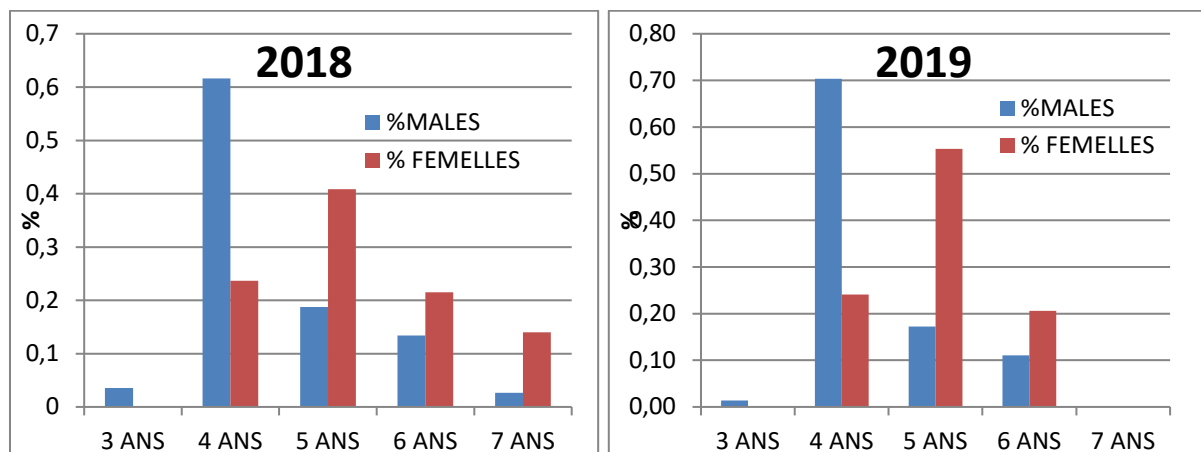


Figure 15 Age des adultes de grande alose échantillonnées au filet-barrage et au filet maillant

Classiquement des différences de taille et de masse sont observées entre les mâles et les femelles pour une même classe d'âge (Figure 16, Tableau 8). A âge égal, les mâles sont plus petits et moins lourds que les femelles. Ne sont illustrés ici que les poissons de 2018.

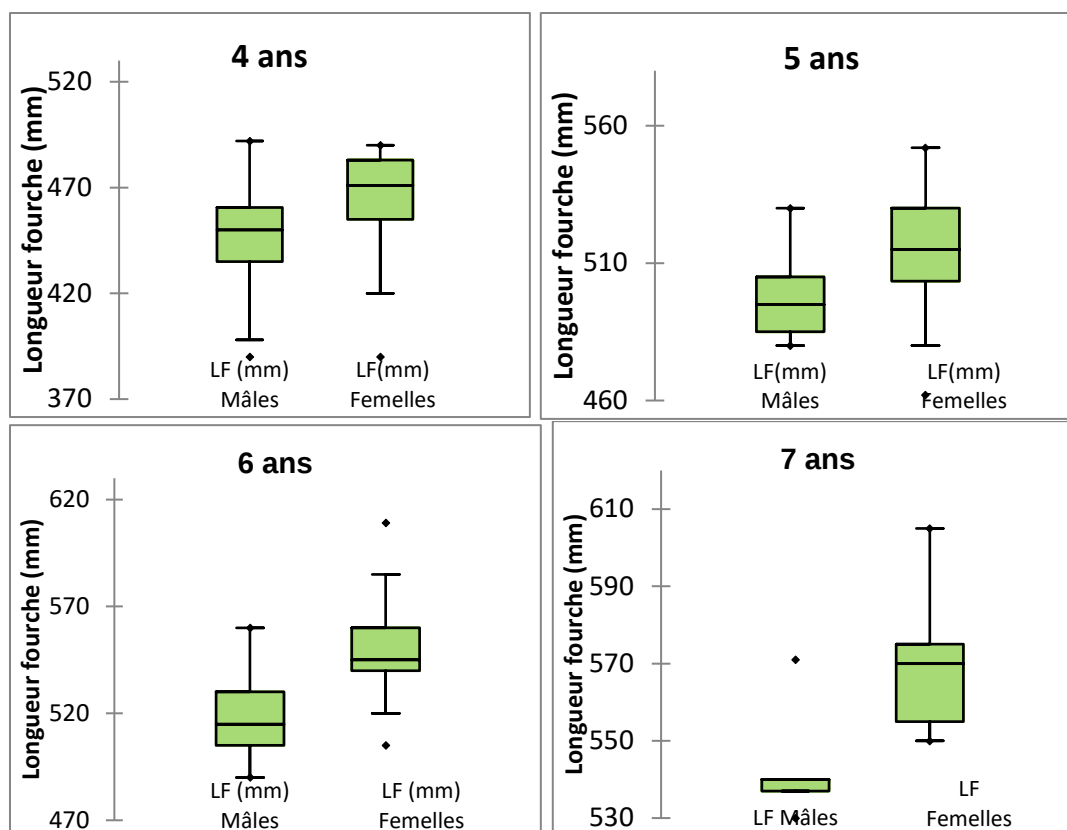


Figure 16 Taille des différentes classes d'âge pour les aloses de 2018

Tableau 8 Valeurs des tests et des p value des comparaisons de taille et de masse des mâles et des femelles de grandes aloses

	2018			
	N	test	Valeur	p value
4 ans	203			
LF (mm)		TEST T	t = -5,386	p < 0,0001
PT (g)		TEST T	t = -6,36	p < 0,0001
5 ans	172			
LF (mm)		TEST F	F = 0,634	p = 0,043
PT (g)		TEST F	F = 0,314	p < 0,0001
6 ans	83			
LF (mm)		TEST T	t = -6,31	p < 0,0001
PT (g)		TEST T	t = -6,48	p < 0,0001
7 ans	24			
LF (mm)		TEST F	F = 11,27	p < 0,0001
PT (g)		TEST F	F = 2,99	p = 0,029

Caractéristiques des individus de grande alose issus de l'échantillonnage au filet-barrage

Les grandes aloses capturées au filet-barrage en 2018 et 2019 montrent des caractéristiques de taille et de poids habituelles pour cette espèce avec des différences entre les mâles et les femelles (Tableau 9, Figure 17) les premiers étant plus jeunes et à âge égal, moins lourds que les femelles.

Tableau 9 Caractéristiques générales des grandes aloses capturées au filet-barrage

	2018		2019	
	MALES	FEMELLES	MALES	FEMELLES
LF (mm)	460 (39)	521 (33)	447 (37)	513 (34)
PT (g)	1384 (356)	2045 (450)	1299 (394)	2090 (443)
k	1,39 (0,12)	1,43 (0,15)	1,4 (0,1)	1,54 (0,2)
N	40	39	74	70

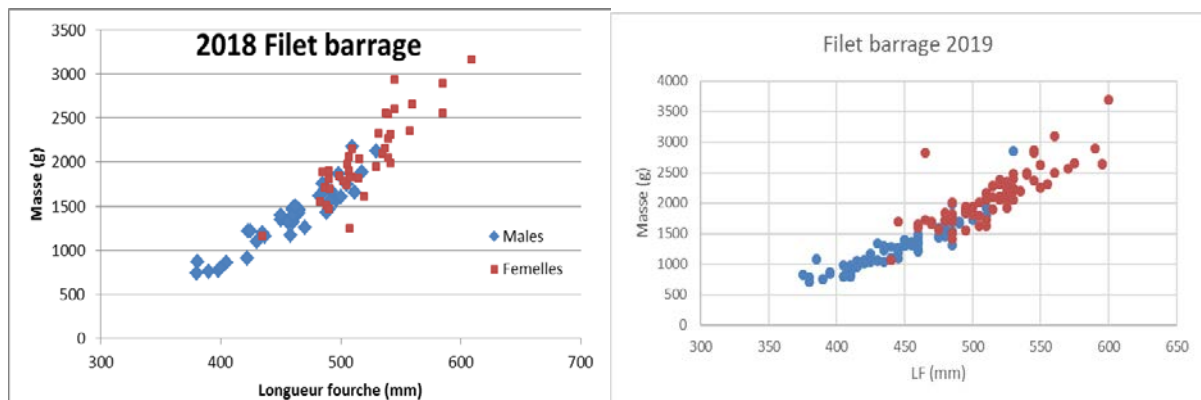


Figure 17 Relation taille-masse des grandes aloses échantillonnées au filet-barrage

L'échantillonnage au filet barrage de 2018 n'a pas permis une exploitation temporelle des données comme en 2017. En 2019, les échantillons pour la biométrie ont été enregistrés du 1 avril au 16 mai couvrant ainsi 3 périodes permettant une analyse temporelle de leurs caractéristiques. Quel que soit le sexe, il existe une différence significative des tailles et des masses entre les trois plages temporelles (Tests de Kruskal-Wallis, taille $p < 0.0001$, masse $p < 0.0001$) (Figure 18), la taille et la masse moyenne des individus diminuent au cours de la saison de migration.

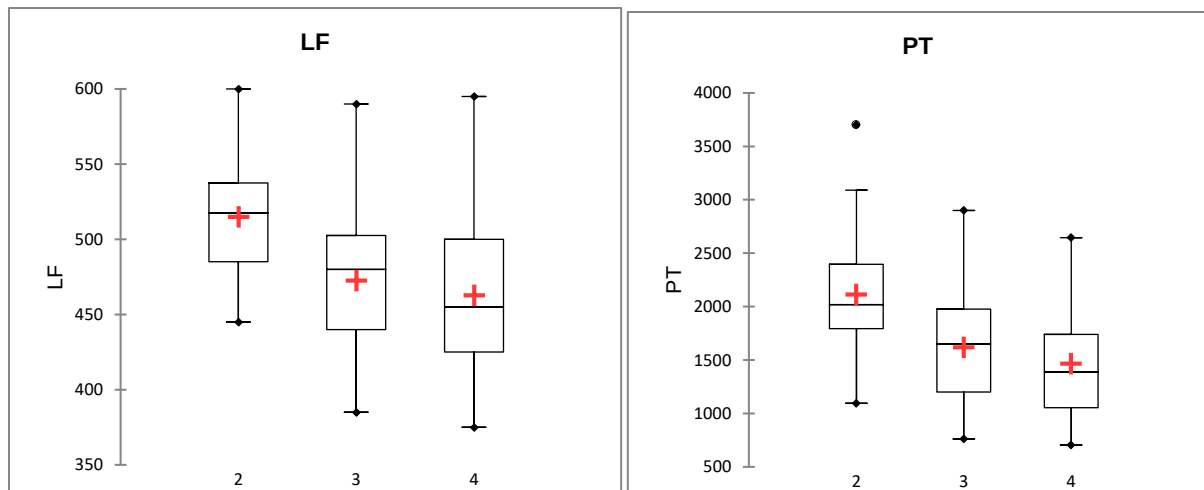


Figure 18 Evolution temporelle des tailles (LF) et masses (PT) des grandes aloses mâles et femelles échantillonnées au filet-barrage en 2019

Caractéristiques des individus de grande alose issus de l'échantillonnage au filet-dérivant

- Comparaison aval/amont pour les filets maillants à maille de 60mm

Les filets maillants employés pour la capture des aloses possédaient des tailles de maille de 55, 60 et 70 mm.

La maille de 60 mm est utilisée sur différents sites de l'estuaire au Loir et Cher et la seule à avoir été utilisée en 2019. Aussi, une comparaison des tailles des poissons capturés sur les 4 sites utilisant cette maille a-t-elle été conduite. Quel que soit le sexe des individus, il n'existe pas de différence significative des tailles entre des grandes aloses échantillonnées au filet à maille de 60 mm en 2018 (Tests de Kruskal-Wallis, p-values = 0,075 et 0,856) tout comme pour le poids des mâles (Figure 19). A l'inverse, l'embonpoint des deux sexes (Tests de Kruskal-Wallis, Mâles $p < 0,0001$; femelles $p < 0,0001$) ainsi que le poids des femelles démontrent des différences significatives entre l'ensemble des lots (Tests de Kruskal-Wallis, $p = 0,039$). De plus, pour les femelles un gradient aval/amont est visible. A mesure que l'on s'éloigne de l'estuaire, le poids moyen des individus est plus faible. En revanche, les comparaisons multiples par paires attestent que les différences ne sont pas toutes significatives entre lots (méthode de Steel-Dwass-Critchlow-Fligner). C'est par exemple le cas pour le poids des femelles sur les lots 14, L6 et G7 (Figure 19).

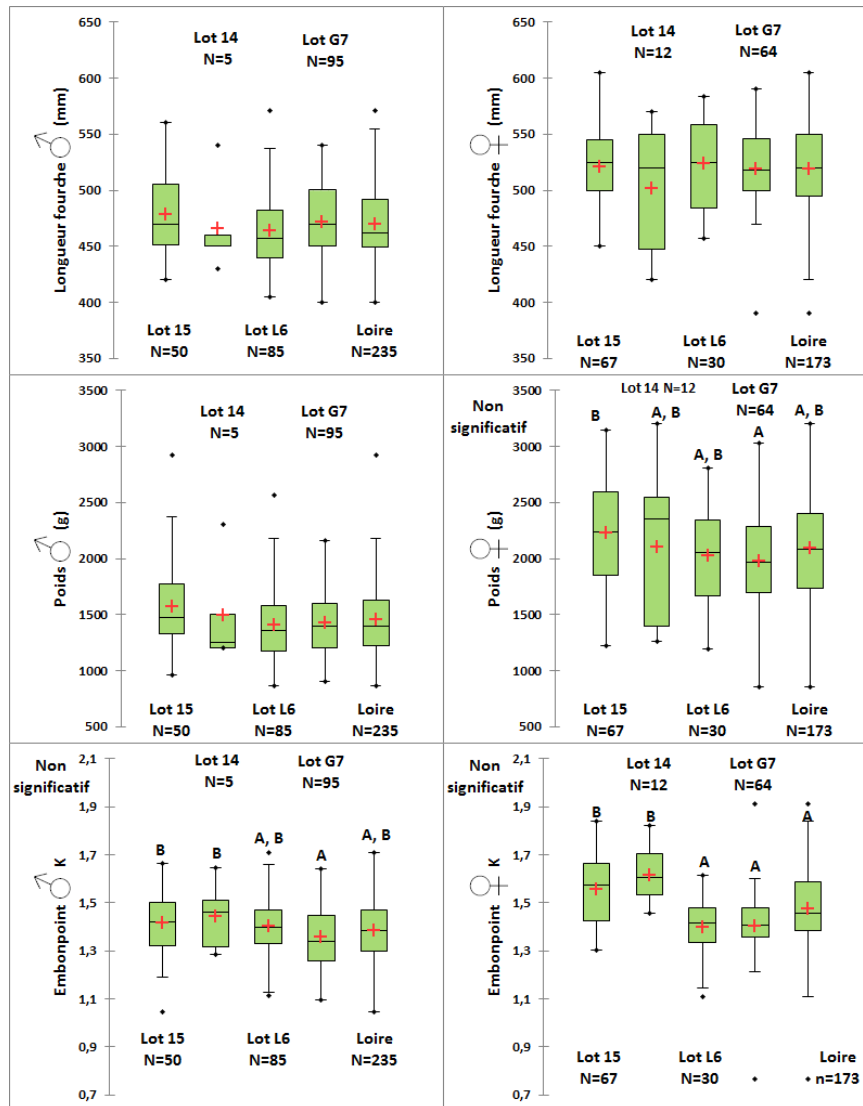


Figure 19 Distribution aval/amont des tailles, poids et embonpoints des grandes aloses mâles et femelles échantillonnées au filet maillant à maille de 60mm en 2018

En 2019, les comparaisons ont été conduites entre les sites extrêmes, l'estuaire et le site le plus en amont. La masse (Tests de Wilcoxon, $2185.5 < W < 2262.5$; $p < 0,001$ dans les deux cas) et le coefficient de condition (mâles : Test de Mann-Whitney Wilcoxon, $W = 686.5$, $p < 0,0001$; femelles : Test t de Student, $t = -11.1$, $df = 159,57$, $p < 0,0001$) des individus sont plus forts en aval de la Loire qu'en amont pour les deux sexes (Figure 20b et c). En revanche, la taille des individus est retrouvée inférieure en aval de la Loire pour les mâles (Test t de Student, $t = 2,55$, $df = 157,79$, $p = 0,01$) comme pour les femelles (Test de Mann-Whitney Wilcoxon, $W = 4353.5$, $p = 0,005$) (Figure 20a).

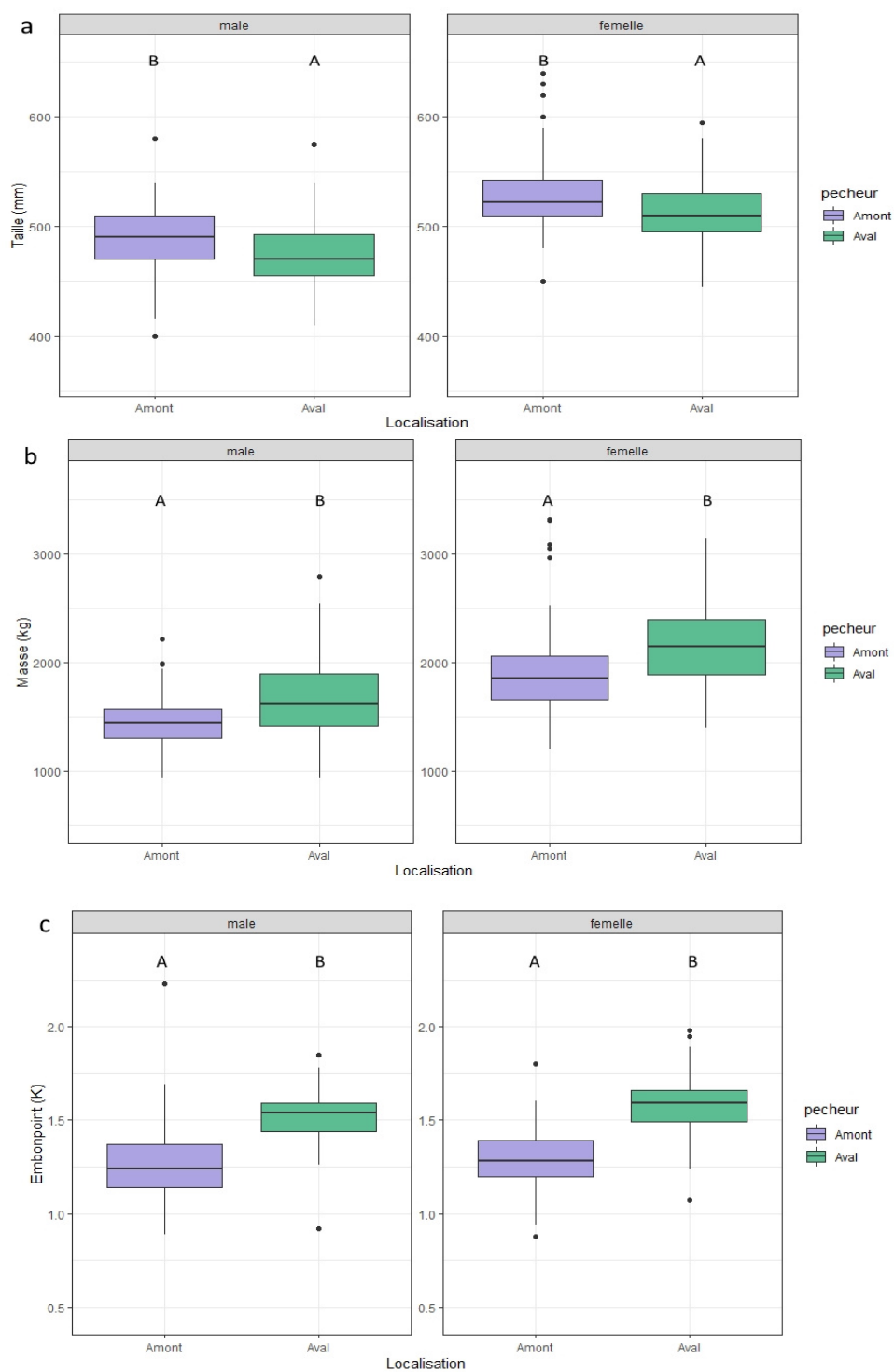


Figure 20 Comparaison de la taille (a), de la masse (b) et de l'embonpoint (c) des individus à l'amont (Lots G7 et G8, n=166) et à l'aval (Lots 15, n=162) en 2019 selon le sexe pour une même taille de maille (filet maillant, 60mm). Tests t de Student (taille mâle et embonpoint femelle) et Tests de Mann-Whitney Wilcoxon selon le sexe (mâles : n= 161 ; femelles : n=167). Groupes significativement différents : A<B.

- Comparaison entre les mailles de 60 et 70mm en estuaire

En estuaire (Couëron), si la maille de 60 mm est la plus couramment employée, la maille de 70 mm est utilisée lorsqu'il y a beaucoup de poissons et que le pêcheur souhaite valoriser au mieux sa pêche par la capture de gros individus. Aussi, une comparaison des tailles des poissons capturés avec ces deux tailles de maille a-t-elle été conduite sur les poissons de 2018 uniquement puisque cette taille de maille n'a pas été employée en 2019.

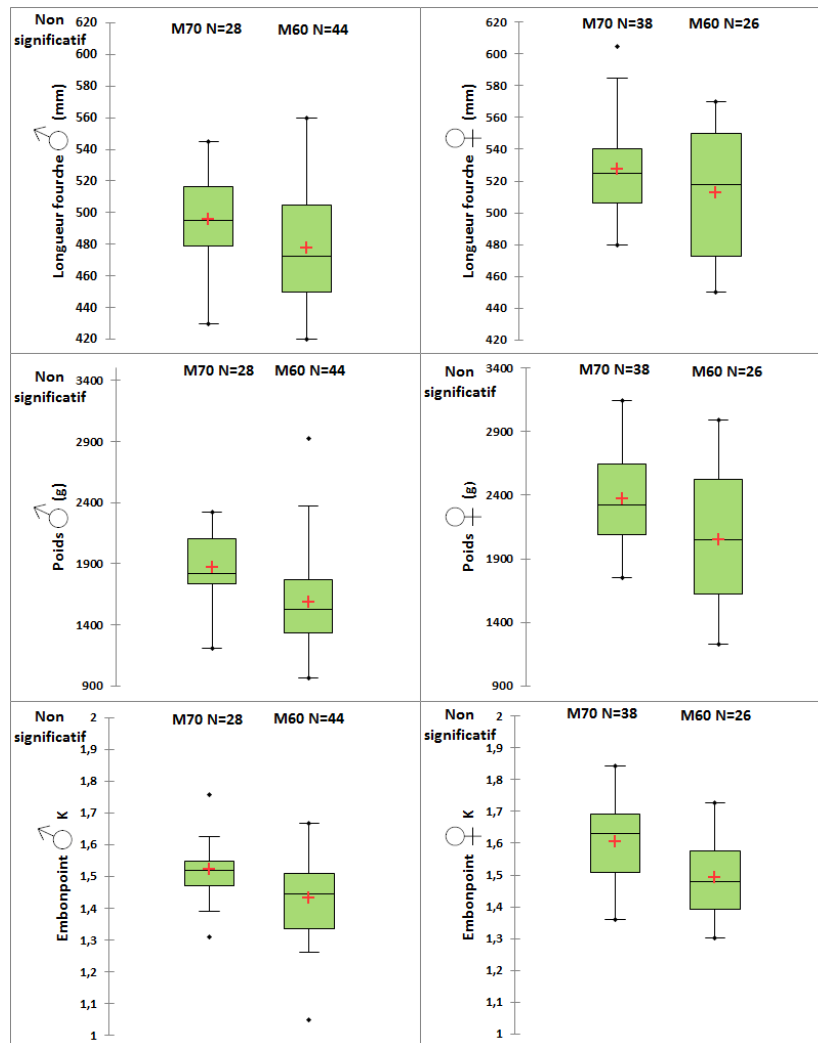


Figure 21 Distribution des tailles, poids et embonpoints des grandes aloses mâles et femelles échantillonnées au filet maillant à maille de 60 et 70mm à Couëron en 2018

Il existe une différence significative des tailles, poids et embonpoints des mâles entre le filet maillant à maille de 60 et 70mm (Tests de Mann-Whitney, $p = 0,0003$ et $p = 0,02$; Figure 21). Chez les femelles, des différences significatives sont aussi observées pour le poids et l'embonpoint des individus (Test de Mann-Whitney, p -value= 0,02 et 0,001) à l'inverse de la taille (Test de Mann-Whitney, p -value= 0,328).

- Comparaison temporelle pour le filet maillant

La pêche au filet maillant, n'étant pas conduite de manière systématique comme le filet barrage, nous avons cherché s'il était possible d'observer l'évolution temporelle des tailles habituellement observée chez les grandes aloses lors de leur migration de reproduction, à savoir, une décroissance en taille et en âge des poissons au fil du temps. En 2018, le site dans le Loir et Cher a été testé, les captures se font avec des mailles de 60 mm. Quel que soit le sexe, il n'existe pas de différence significative des tailles et poids des individus entre les trois plages temporelles (Tests de Kruskal-Wallis, p-values=0,261 et 0,583) à l'inverse des embonpoints (Test de Kruskal-Wallis, p-values= 0,001 et 0,014) (Figure 22).

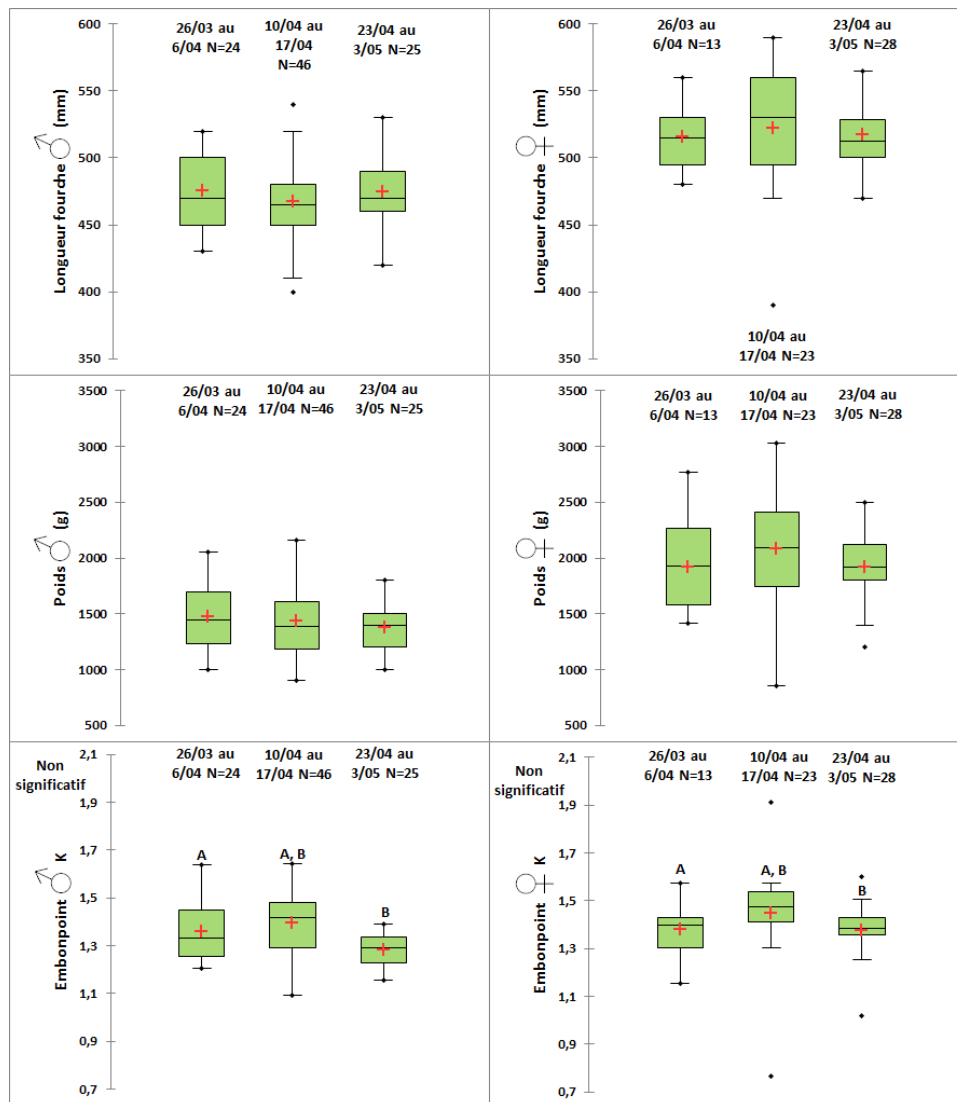
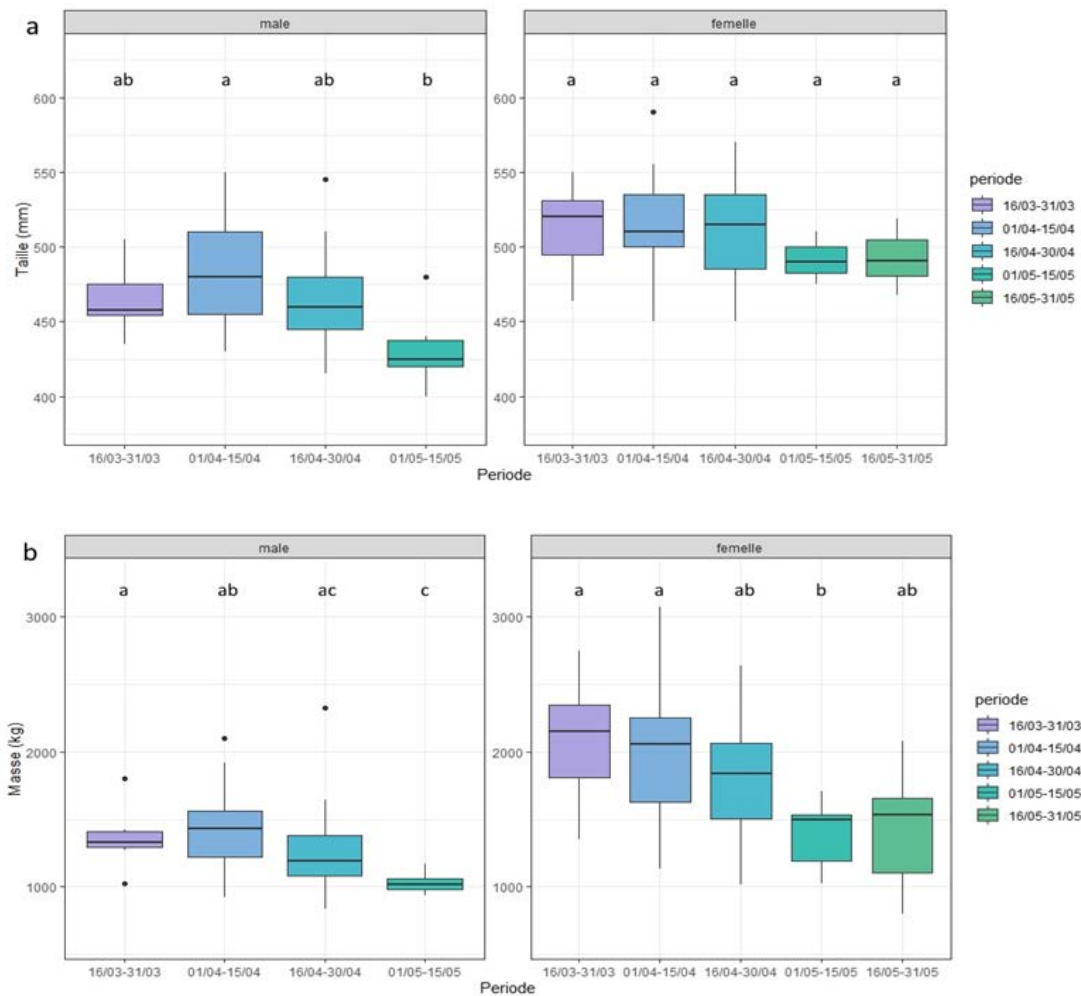


Figure 22 Distribution des tailles, poids et embonpoints répartis sur trois plages temporelles des grandes aloses mâles et femelles échantillonnées à Muides-sur-Loire en 2018

En 2019, le travail a été reconduit sur les sites où l'échantillonnage permettait ce type d'analyse, en Loire moyenne (lots H) et dans l'estuaire.

En Loire moyenne, aucun mâle n'a été capturé entre le 16/05 et le 31/05/2019. Des différences significatives apparaissent sur la taille et la masse des mâles selon les différentes périodes (Tests de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$, Figure 23a et b). Celles-ci sont retrouvées au plus fort sur les individus capturés entre le 01/04 et le 15/04 et au plus faible sur ceux capturés entre 01/05 et le 15/05 (Tests de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Concernant les femelles, la masse et l'embonpoint diffèrent significativement selon les périodes de capture (Tests de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$, Figure 23a et c). Globalement, les femelles ont une masse et un embonpoint plus forts en début de période de capture (du 16/03 au 15/04), et plus faibles entre le 01/05 et le 15/05 (Tests de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$).



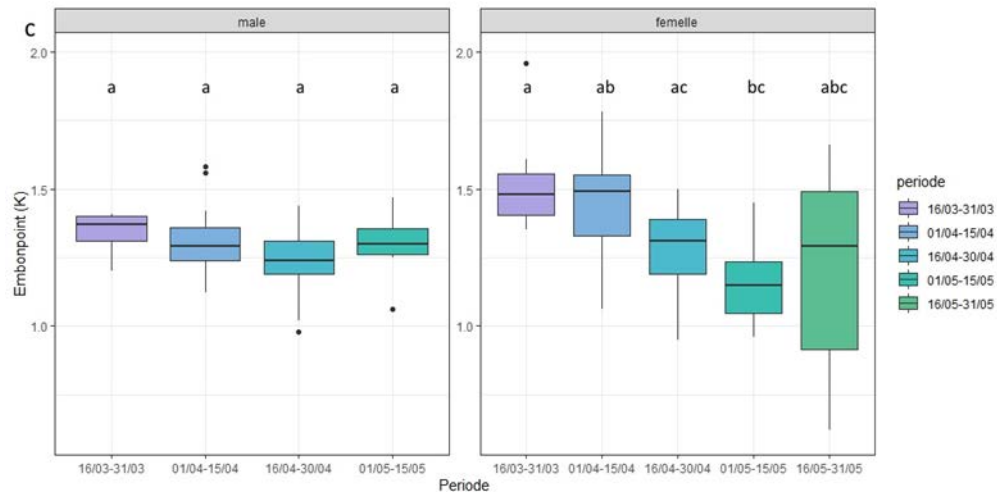
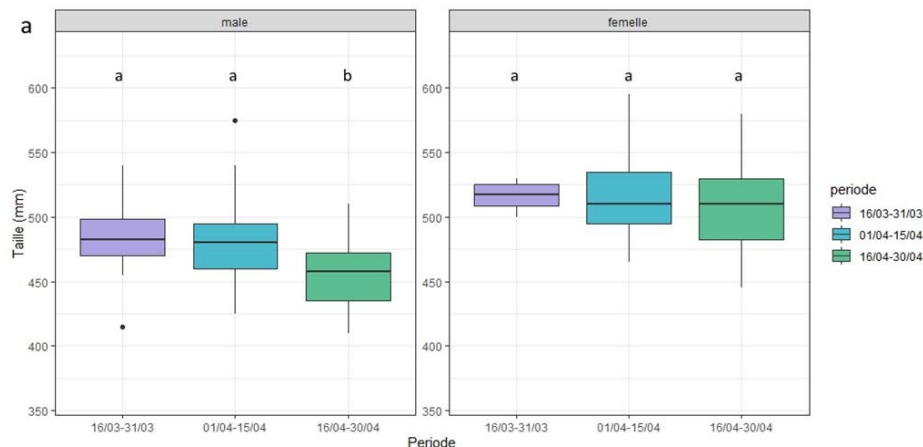


Figure 23 Evolution temporelle de la taille (a), de la masse (b) et de l'embonpoint (c) répartis sur les plages temporelles des mâles (n=65) et femelles (n=75) de Grande alose échantillonnés sur les lots H (Loire moyenne). Tests de Kruskal-Wallis. 16/03-31/03 : n=15 ; 01/04-15/04 : n=46 ; 16/04-30/04 : n=54 ; 01/05-15/05 : n=13 ; 16/05-31/05 : n=7. Groupes significativement différents (p<0,05) : a>b>c.

La pêche en estuaire, sur le lot 15, ne comporte que 3 plages temporelles (du 16/03 au 31/03, du 01/04 au 15/04 et du 16/04 au 30/04). Peu de différences sur les caractéristiques biométriques sont retrouvées (Tests de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$, Figure 24). En effet, sur l'ensemble des individus capturés, seules la taille et la masse des mâles sont significativement inférieures sur la période 16/04-30/04 par rapport aux deux autres périodes. Aucune différence n'a été retrouvée pour les caractéristiques biométriques des femelles entre les périodes de capture sur ce lot (Tests de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$, Figure 24).



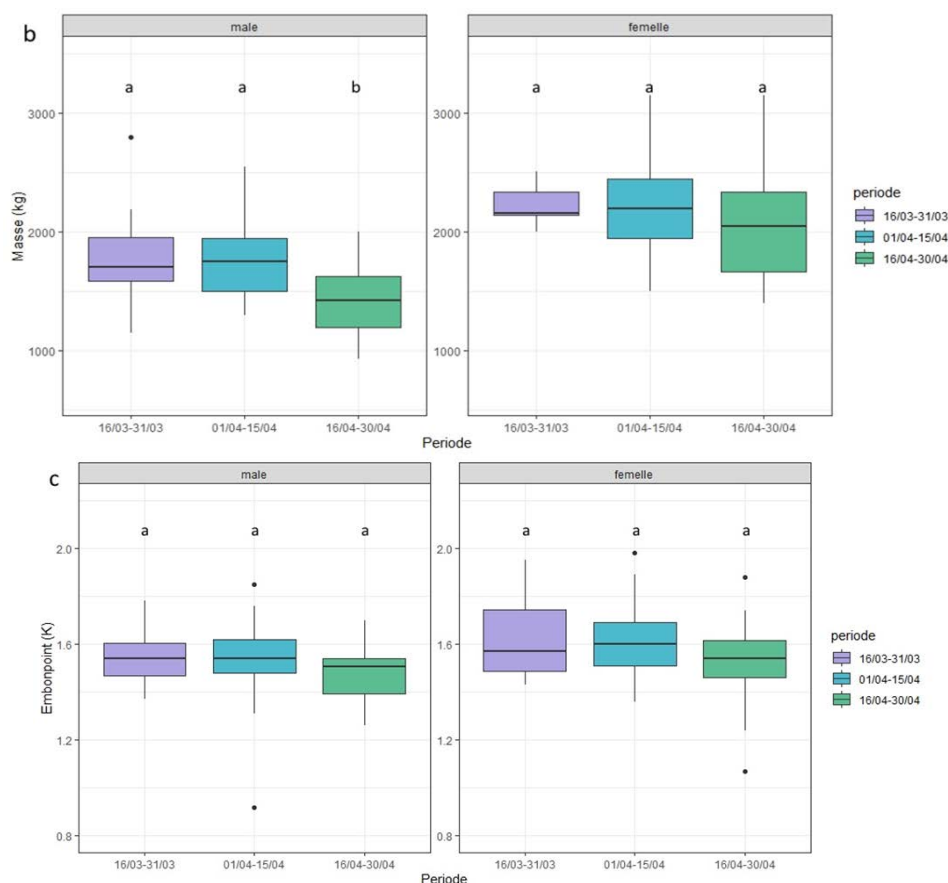


Figure 24 Evolution temporelle de la taille (a), de la masse (b) et de l'embonpoint (c) répartis sur les plages temporelles des mâles (n=75) et femelles (n=87) de Grande alose échantillonnées sur le lot 15 (estuaire) au filet maillant. Tests de Kruskal-Wallis et tests de Dunn. 16/03-31/03 : n=26 ; 01/04-15/04 : n=74 ; 16/04-30/04 : n=62. Groupes significativement différents ($p < 0,05$) : a>b>c

Comparaison des caractéristiques des grandes aloses échantillonnées au filet barrage et au filet-dérivant

Le filet barrage est une technique passive, qui si elle est pratiquée très régulièrement, permet un suivi très fin de la migration et des caractéristiques des poissons. Le filet dérivant est une technique active dont les résultats sont très dépendants des pratiquants. De plus, le filet barrage n'est pas sélectif quant à la taille et à la masse des poissons capturés, ce qui n'est pas le cas du filet dérivant. Néanmoins, nous avons cherché à savoir, pour les deux années pour lesquelles nous disposons de données :

- 1) Si le sex ratio obtenu au filet barrage est le même que celui des filets dérivants dans l'estuaire et en Loire moyenne,
- 2) Si, en global, les tailles et masses, pour l'ensemble de la saison, sont identiques,
- 3) Si, pour chaque sexe, les classes d'âge sont les mêmes pour ces deux techniques.

Pour les deux années, la technique de pêche n'a pas d'influence sur le sex ratio des poissons échantillonnés (2018 : $\chi^2 = 5,98$, ddl=2, $p = 0,715$; 2019 : $\chi^2 = 6,044$, ddl=2, $p = 0,363$).

La technique influe sur la taille et la masse des poissons capturés en 2019 seulement (Tableau 10). La comparaison des valeurs médianes montrent que le filet barrage est la technique qui capture des individus de plus petites tailles et masses que le filet dérivant à maille de 60 mm mais les différences observées sur les deux années sont minimales (Figure 25).

Tableau 10 Résultats des tests de comparaison des longueurs et des masses des géniteurs d'aloses échantillonnées au filet barrage (FB) et au filet dérivant en estuaire (FD1) et en Loire moyenne (FD2). Les valeurs entre () sont les écarts types. Les lettres montrent des groupes significativement différents

ANOVA		F	ddl	P value
2018	LF(mm)	0,727	297	0,484
	PT (g)	1,933	297	0,147
2019	LF(mm)	20,45	470	< 0,0001
	PT (g)	12,265	470	< 0,0001
TEST DE MOOD		FB	FD1	FD2
2018	LF(mm)	484 (48)	490 (42)	491 (47)
	Groupe	A	A	A
	PT (g)	1651 (528)	1776 (521)	1657 (427)
	Groupe	A	A	A
2019	LF(mm)	476 (40)	495 (48)	508 (37)
	Groupe	A	A	B
	PT (g)	1662 (424)	1901 (571)	1683 (463)
	Groupe	A	B	A

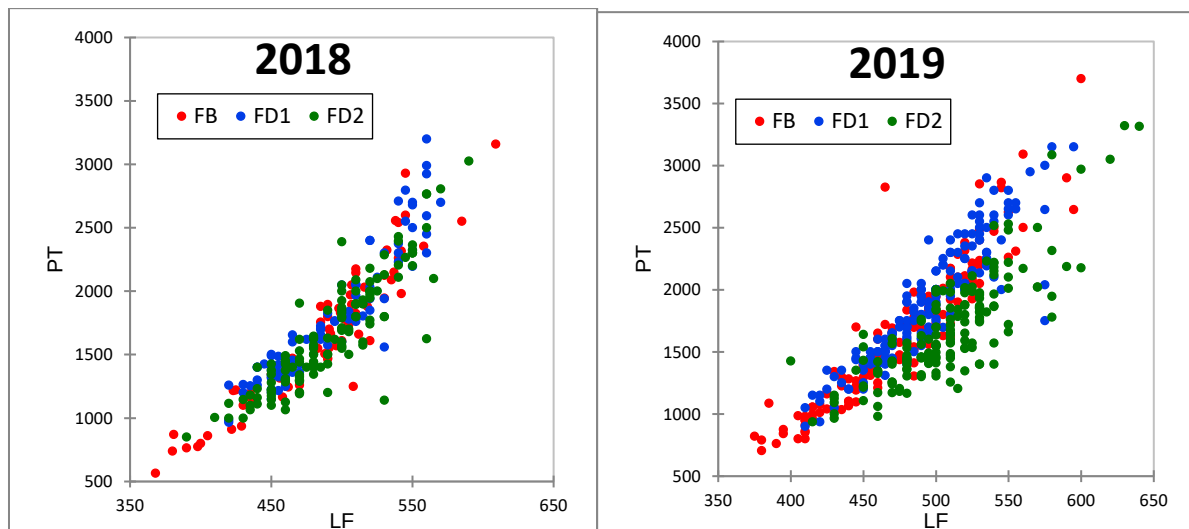


Figure 25 Relation taille (LF en mm) masse (PT en g) des grandes aloses échantillonnées au filet barrage (FB) et au filet dérivant en estuaire (FD1) et en Loire moyenne (FD2).

En 2018, la classe 3 ans est présente au filet barrage et au filet dérivant dans l'estuaire (FD1) tandis que la classe 7 ans n'est pas présente au filet barrage. Les proportions des 3 classes, 4, 5 et 6 ans sont similaires quelle que soit la technique ($X^2 = 6,044$, ddl = 2, $p = 0,363$, $N = 282$). En 2019, la classe 7 ans n'est pas observée et la classe 3 ans n'est observée qu'au filet barrage. Les proportions des 4, 5 et 6 ans diffèrent significativement ($X^2 = 30,63$, ddl = 2, $p < 0,0001$, $N = 471$; Figure 26).

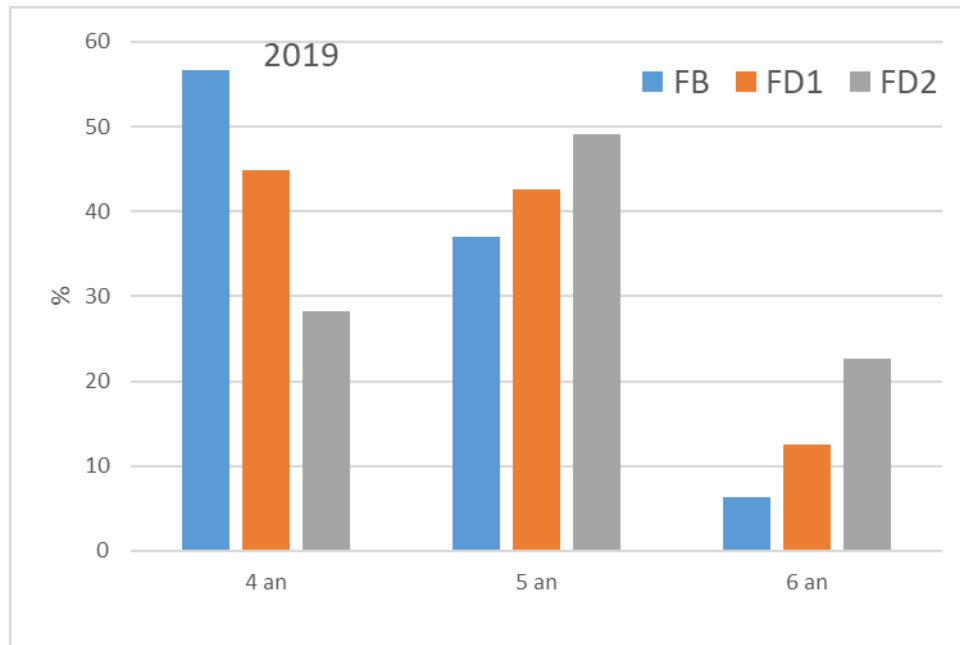


Figure 26 Distribution des classes d'âge 4, 5 et 6 ans pour chaque technique en 2019 (FB filet-barrage, FD1 filet dérivant estuaire et FD2 filet dérivant Loire moyenne)

Caractéristiques des individus hybrides et feintes

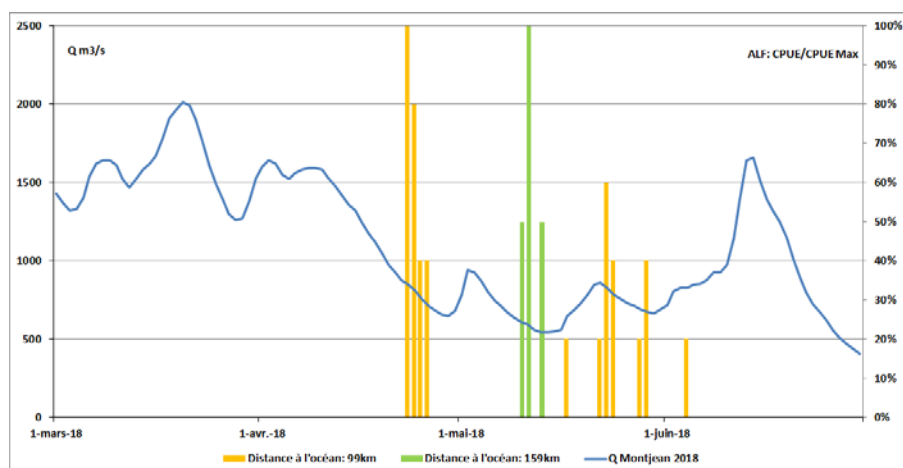


Figure 27 Hydrologie printanière à Montjean-sur-Loire et CPUE quotidiennes des aloses feintes et hybrides exprimées en % de la plus forte CPUE au filet maillant en 2018

En 2018, aucune alose hybride n'a été capturée et seulement deux pêcheries ont pu échantillonner des aloses feintes mais en faibles quantités. Les captures de feintes s'échelonnent de la fin avril à début juin sur la pêcherie de Montjean (Figure 27). Plus en amont à la Ménitré, les rares individus ont été capturés à la mi-mai, date pour laquelle la pêcherie au filet-barrage s'est arrêtée en raison des trop mauvaises conditions de pêche.

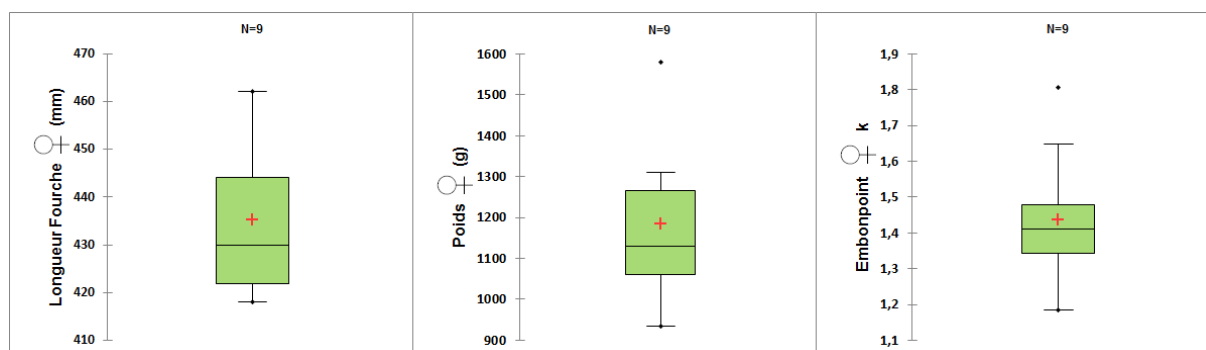


Figure 28 Distribution des tailles, poids et embonpoints des aloses feintes échantillonnées en 2018

11 individus d'aloses feintes ont fait l'objet de mesures biométriques et d'attribution de l'âge. 9 individus femelles présentent une taille moyenne de 435mm pour un poids de 1200g (Figure 28, annexe 2), soit environ 150mm et 800g de moins que pour les grandes aloses. A noter que les deux seules aloses feintes mâles ont été échantillonnées au filet-barrage (LF : 368mm pour 565g et 375mm pour 615g).

Parmi ces poissons, seul un mâle a pu être âgé, le second disposant d'écailles régénérées. Chez les femelles, une seule a été considérée comme illisible, 4 sont des individus itéropares et 6/9 sont nées en 2013.

En 2019, 5 hybrides ont été échantillonnés à des fins de biométrie, 2 femelles et trois mâles. Ils sont tous âgés de 4 ans et deux d'entre eux (un mâle, une femelle) s'étaient reproduits à l'âge de 3 ans (annexe 2).

2.4.4. Indice d'abondance des cohortes

L'évolution de l'indice d'abondance des cohortes de grandes aloses échantillonnées au filet-barrage sur la Loire à l'aval de la confluence avec la Vienne est calculée pour la période 1980 à 2013, pour laquelle l'ensemble des données est disponible (Figure 29). En lien avec ce qui est observé avec l'indice d'abondance des captures, l'évolution temporelle des abondances des aloses présentent trois phases. La première correspond aux cohortes nées de 1980 à 1997 où la cohorte 1983 est particulièrement élevée. De 1998 à 2005, les cohortes présentent une abondance 4 fois plus importante que celle de la période précédente (Tableau 11, test de Kruskal-Wallis avec correction de Bonferroni, $K=17,01$, $p<0,0001$) où les cohortes 1998 et 2002 ont un indice supérieur à 1. Les cohortes 2006-2013, voient

leur abondance diminuer avec cependant des valeurs plus élevées mais non significativement différentes de celles de la première période (Tableau 11).

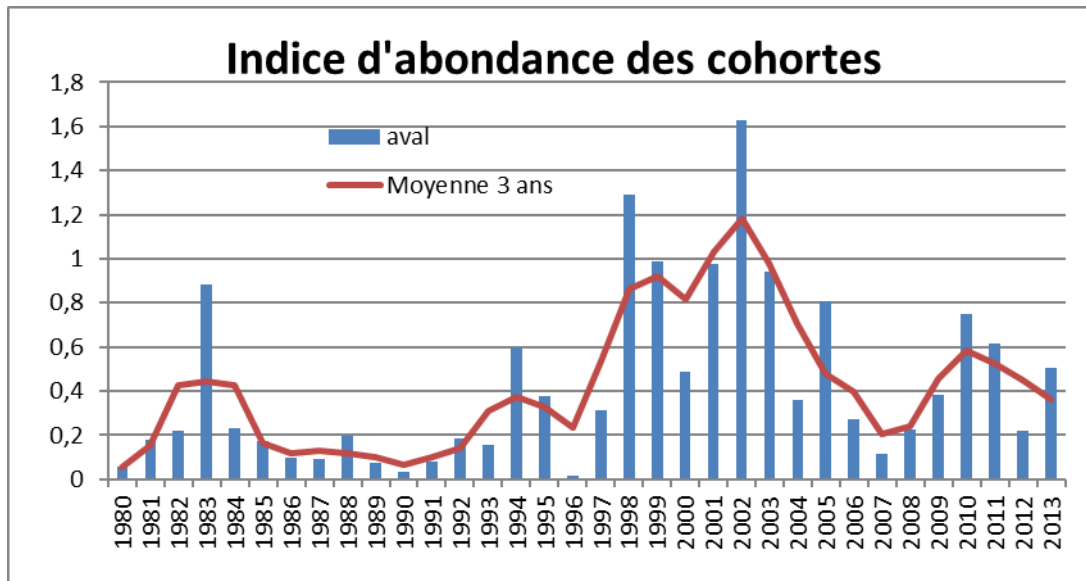


Figure 29 Indice d'abondance des cohortes de grande alose en Loire à l'aval de la confluence avec la Vienne

Tableau 11 Niveau d'abondance des cohortes de grande alose en Loire à l'aval de la confluence de la Vienne.

PERIODE	Loire aval Vienne
1980 - 1997	0,21 (A)
1998 - 2005	0,93 (B)
2006 - 2013	0,39 (A)

La recherche de liens entre l'indice d'abondance des cohortes, sur la période 206 – 2013, et les variables environnementales (cf. annexe 1) ne montre aucune liaison avec les variables thermiques. Par contre, il existe une liaison avec le coefficient de variation du débit de la Loire à Blois et de la Vienne à Nouâtre (Blois : $r_s = -0,714$, $p=0,046$; Nouâtre : $r_s = -0,738$, $p=0,046$). Les niveaux des cohortes 2010, 2011 2013 se rapprochent des valeurs médianes de la période antérieure (Figure 30).

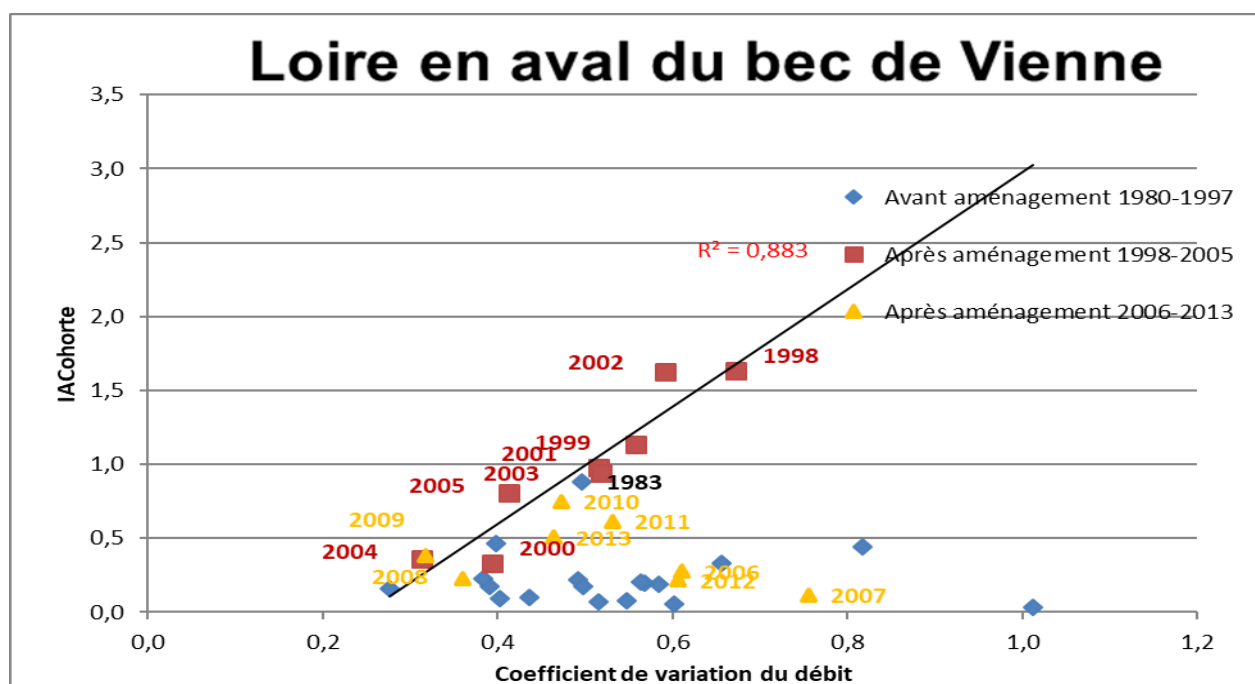


Figure 30 Evolution de l'indice d'abondance des cohortes d'aloses en fonction du coefficient de variation du débit de la Loire à Blois (source débit : Banque hydro)

3. Suivi des juvéniles en migration de dévalaison

3.1. Sites d'étude

En 2018 et 2019, l'échantillonnage estival des juvéniles d'aloses a été suivi sur trois sites dont deux identiques à l'année 2017 (Figure 31). Un premier en Loire moyenne sur le secteur de Mareau-aux-Prés dans le Loiret (lots G1 à G5), un second à Amboise en Indre-et-Loire (lots H3 et H4). Le dernier, plus à l'aval du bassin, à la Ménitré dans le Maine-et-Loire (lots K4 et K5) a été suivi en 2018 uniquement en raison de la dérive des algues vertes filamenteuses qui ont généré un abandon du suivi car demandant trop de temps de nettoyage du matériel.

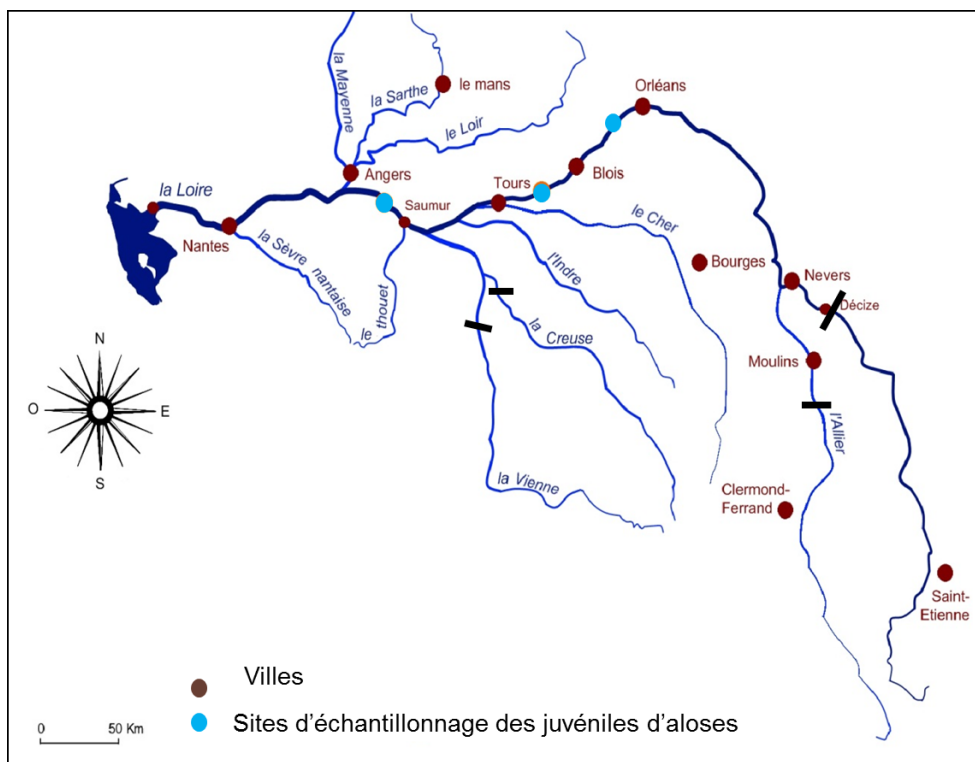


Figure 31 Localisation des sites d'échantillonnage des alosons en 2018 et 2019

3.2. Matériels et méthodes

L'étude de la phase juvénile, complémentaire au suivi des géniteurs d'aloses, est réalisée pendant la saison estivale. Cet échantillonnage débute aussitôt celui des géniteurs terminé, généralement au mois de juin, selon les conditions hydrologiques. Les alosons, lors de leur migration d'avalaison, sont actifs et se nourrissent. Ils ont des comportements tels qu'ils peuvent être retrouvés, en début de soirée, en compagnie des ablettes, goujons et gardons, poissons formant le cortège typique, en Loire, de la friture. Le protocole d'échantillonnage, contenant trois niveaux d'intervention, s'appuie sur ces comportements. Le matériel permettant l'observation des alosons correspond à celui de la pêche de la friture.

Techniques d'échantillonnage

La senne de plage est un filet non maillant constitué d'une seule nappe de maille (10 mm), de longueur 50 m, de hauteur 2 m, équipé d'une poche centrale où se concentrent les poissons (Figure 32). Le filet est lesté en bas et dispose d'une ralingue flottante en haut. Sa hauteur doit être égale à deux ou trois fois la hauteur d'eau. Cette pêche s'effectue à pied avec deux opérateurs, l'un sur la berge et le second parcourant, à pied, le coup de pêche pour encercler les poissons et les ramener au bord. La senne permet de prospecter rapidement d'importantes surfaces dans des hauts-fonds où la hauteur d'eau ne dépasse pas 1,30m, entre la berge et le chenal. Il est nécessaire que les fonds soient propres, accessibles et sans végétation et sans colonies de cyanobactéries benthiques. Les sujets pêchés avec cet outil restent généralement vivants. Les alosons sont alors comptabilisés et remis à l'eau le plus rapidement possible avec un minimum de manipulation.

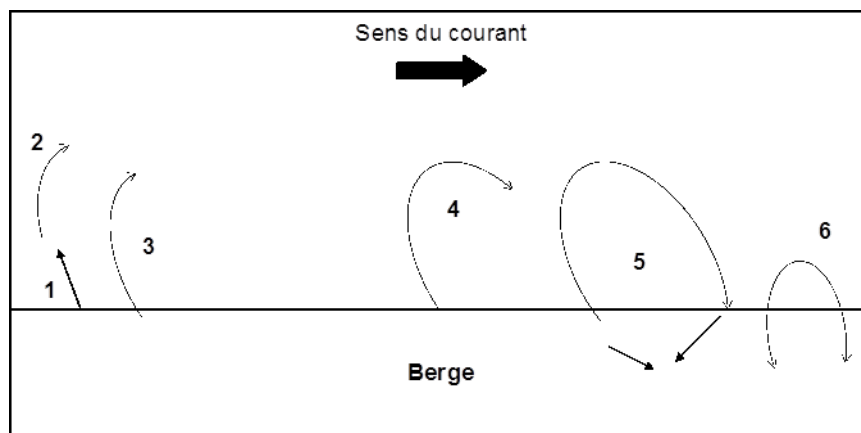


Figure 32 Maniement de la senne de plage

La seconde technique est celle de l'araignée, filet maillant constitué d'une seule nappe en nylon de maille 10 mm, de 30 à 60m de longueur et d'un mètre de hauteur qui est également utilisé pour la capture de la friture. Le filet est lesté en bas et dispose d'une ralingue flottante en haut. Cette pêche peut s'effectuer de deux manières, une première avec un filet fixe accroché au bord dans un endroit dépourvu de courant. Le filet est ainsi laissé en pêche deux heures de temps puis relevé. La seconde technique consiste à dériver une vingtaine de minutes dans le chenal en bateau à l'instar de la pêche des géniteurs au printemps. Dans les deux cas, il est nécessaire que les fonds soient propres, accessibles et sans végétation et qu'il n'y ait pas d'algues vertes filamenteuses à dériver.

Protocole d'échantillonnage

Niveau 1

Ce niveau constitue celui des opérations de repérage.

Des pêches à la senne de plage sont réalisées plusieurs fois par semaine, en fin de journée, sur des sites où la hauteur d'eau n'excède pas 1,30m, et où la vitesse de courant et la granularité du substrat permettent le passage de cet engin.

Deux à quatre passages sont réalisés au cours d'une même soirée sur des habitats différents par au moins l'un des trois paramètres, hauteur d'eau, vitesse du courant et granularité du substrat. Les poissons capturés sont identifiés et ne sont conservés que les individus nécessaires à la constitution d'un échantillon de taille suffisante pour les traitements statistiques. Si lors d'une soirée, le nombre d'alosons capturés est supérieur à 30 individus, la deuxième phase du protocole d'échantillonnage peut être appliquée.

Niveau 2

Au plus tard dans les 24 heures qui suivent ces captures, des pêches destinées à définir plus précisément les habitats fréquentés par les alosons et leurs rythmes de fréquentation seront conduites

sur le site même et sur des habitats qui le jouxtent. Celles-ci s'effectueront sur une durée de 24 heures. En fonction des caractéristiques hydromorphologiques des habitats, les engins utilisés seront choisis parmi la senne de plage ou la pêche électrique avec du matériel portatif. Les individus capturés seront conservés à des fins de biométrie et d'analyse du régime alimentaire. Si, dans un des habitats échantillonnés, le nombre de captures est supérieur à 30 individus, la troisième phase du protocole peut être appliquée.

Niveau 3

Ce dernier niveau consiste à réaliser les mesures nécessaires à l'établissement de cartes caractérisant les habitats. Les mesures porteront sur la hauteur d'eau, la vitesse du courant, la granularité du substrat, la présence ou non de végétaux ou de matière organique. Des filets Surber pourront être employés pour la collecte d'invertébrés.

CPUE

De 2007 à 2019, les techniques d'échantillonnage utilisées furent la senne de plage et le filet dérivant. L'unité d'effort de pêche commune est le jour d'échantillonnage et la Capture par unité d'effort (CPUE) est le logarithme décimal du nombre de poissons par jour de pêche +1.

Mesures biométriques

Les alosons conservés sont pesés ($\pm 0,1g$), mesurés (longueur fourche $\pm 1mm$). Le nombre de branchiospines sur le premier arc branchial gauche est compté afin de définir l'appartenance spécifique. Au-delà de 30 branchiospines, il est considéré que l'individu est une Grande alose. Le coefficient de condition de Fulton (cf. définition pour les adultes), indiquant l'état physique du poisson (gros, maigre ...), est alors calculé.

3.3. Résultats

3.3.1. Conditions hydrologiques

Les débits estivaux moyens observés en 2018 à Montjean-sur-Loire ($194 \text{ m}^3/\text{s}$) et à Orléans en 2018 et 2019 (respectivement $63 \text{ m}^3/\text{s}$ et $50 \text{ m}^3/\text{s}$) sont nettement inférieurs aux moyennes interannuelles calculées depuis 1863 à Montjean-sur-Loire ($323 \text{ m}^3/\text{s}$ soit $\Delta = -40\%$) et 1964 à Orléans ($132 \text{ m}^3/\text{s}$ soit $\Delta = -52\%$ en 2018 et $\Delta = -65\%$ en 2019) (Figure 33 et Figure 34).

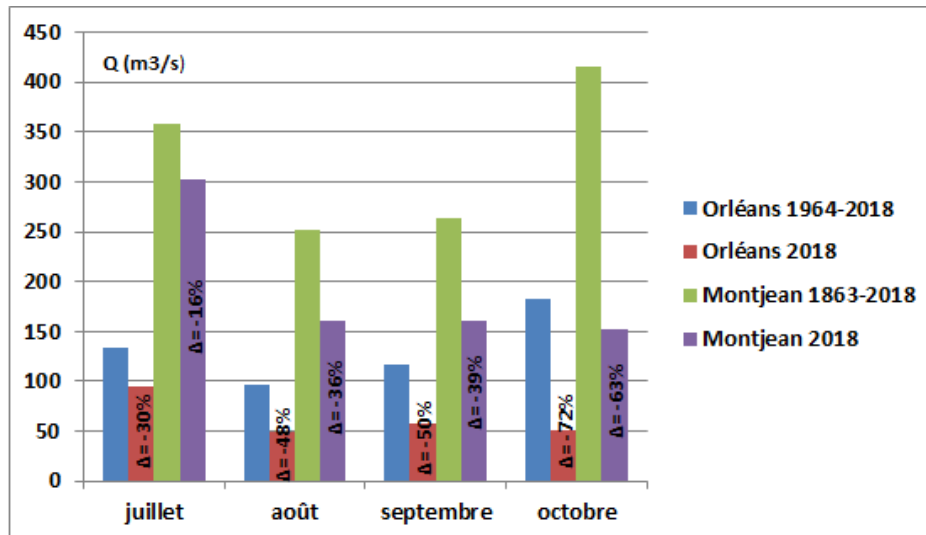


Figure 33 Débits estivaux à Montjean-sur-Loire et Orléans en 2018 (source: Banque Hydro)

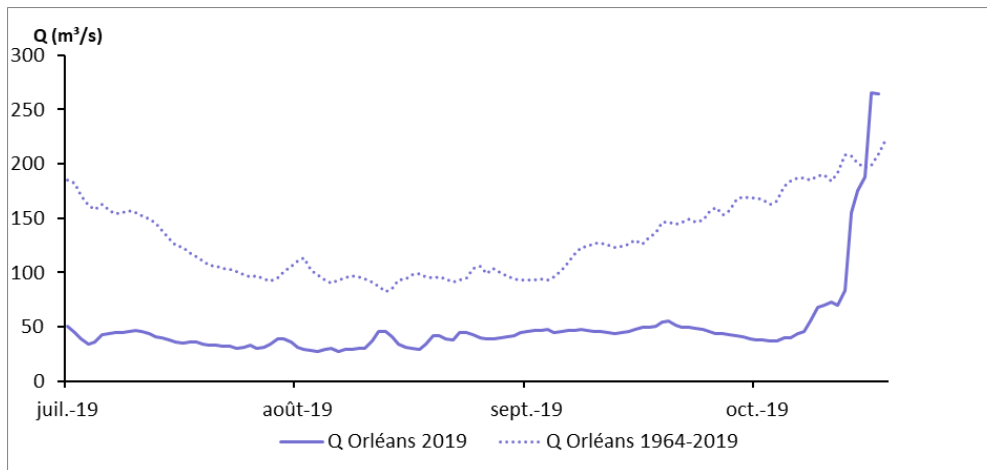


Figure 34 Débits estivaux à Orléans en 2019, période historique (1964-2019) (source : Banque Hydro)

Pour Orléans, les mois d'octobre montrent des situations différentes. En 2018, le débit est inférieur de 72% à la moyenne interannuelle. En 2019, ce très faible étiage est rompu à partir de la mi-octobre pour arriver en fin de mois au niveau de la moyenne historique (Figure 34).

3.3.2. Calendrier d'échantillonnage des juvéniles et CPUE

En 2018 et 2019, seule la phase 1 du protocole a été appliquée.

2018

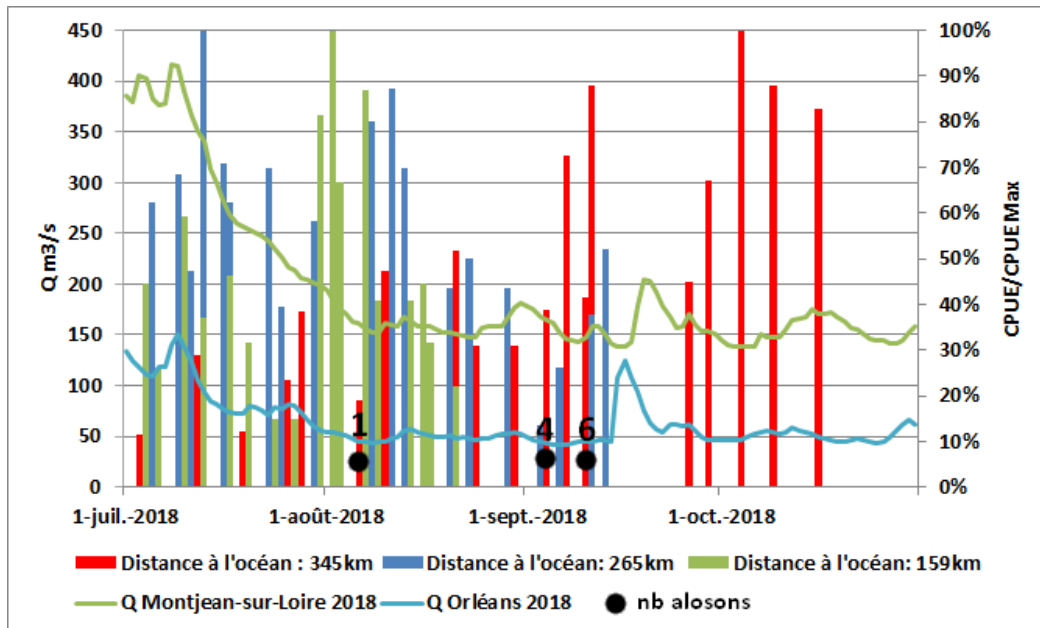


Figure 35 Hydrologie estivale à Montjean-sur-Loire, Orléans et CPUE quotidienne de la friture exprimée en % de la plus forte CPUE échantillonnée à la senne en 2018

En 2018, l'échantillonnage à la senne s'est échelonné durant trois mois et demi du 3 juillet au 16 octobre à Mareau-aux-Prés avec 28 soirées de pêche (Figure 35, Tableau 12). Sur le secteur d'Amboise, en moyenne deux sorties par semaine ont été mises en œuvre du 5 juillet au 13 septembre. A la Ménitry, la période de pêche a été plus courte, du 4 juillet au 21 août pour un total de 17 soirées. L'omniprésence d'algues filamenteuses dans le Maine-et-Loire a contraint le pêcheur à écourter sa saison car l'utilisation de la senne était impossible. Seuls 11 alosons ont pu être échantillonnés et ce uniquement sur le secteur le plus en amont (Tableau 12). Cette observation fait écho aux années précédentes ou généralement les alosons ne sont observés que sur ce secteur.

A noter que des alosons ont été observés lors de la pêche des anguilles d'avalaison au guideau à Montjean-sur-Loire les 15 et 18 novembre. C'est la première fois que de telles observations sont conduites.

2019

La période de capture de friture s'est déroulée du 1er juillet au 31 octobre à Mareau-aux-Prés (lots G) avec 53 soirées de pêche ; le meilleur jour de captures de friture a été le 12 juillet et dans une moindre mesure le 07 août (Figure 36). Sur le secteur d'Amboise (lots H), 12 soirées de pêche ont été mises en œuvre entre le 3 juillet au 3 septembre (Figure 36), ce moindre effort est dû à la technique de pêche (senne) et à la quantité très importante d'algues filamenteuses présentes dans les eaux. Le meilleur jour de pêche de friture a été le 16 juillet suivi d'un pic de captures au 14 août (Figure 36).

Sur l'ensemble de la période de pêche, 62 alosons ont été échantillonnés et ce uniquement sur le secteur amont (lots G). Cette observation est similaire à celles des années précédentes.

Le taux de captures est meilleur que celui de 2018, avec près de 6 fois plus d'individus (Tableau 12). Sur les 62 individus, le premier a été observé le 23 août et le dernier le 11 septembre, avec une

UNIV TOURS ALOSA 2018-19

moyenne de capture de 1 aloson par session de pêche sur les lots G et 0,25 aloson capturé par session de pêche sur l'ensemble des lots en 2019. Le nombre maximal d'alosons capturés sur une session a été de 15 individus le 28 août (Figure 36). Cette période correspond à une période où le taux de capture de la friture (0,22 de CPUE/CPUE max) et le débit (42 m³/s) étaient légèrement inférieurs par rapport à la moyenne sur la période de pêche (0,26 en CPUE/CPUE max et 50 m³/s).

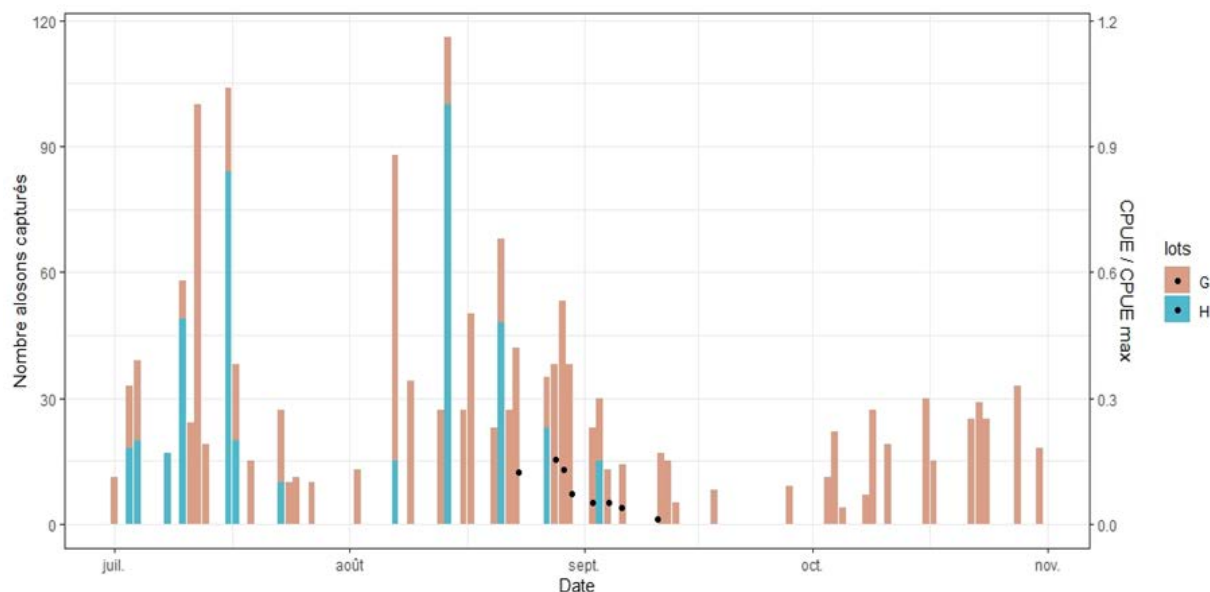


Figure 36 Captures par unité d'effort par rapport à la capture par unité d'effort maximale de 2019 des lots G et H et nombre d'alosons observés sur ces sessions de pêches. Histogramme rose : CPUE/CPUE maximale des lots G ; Histogramme bleu : CPUE/CPUE maximale des lots H ; Points noirs : Nombre d'alosons capturés sur les lots G.

Tableau 12 Synthèse des échantillonnages aux engins des alosons en 2018 et 2019

		2018					2019				
		Loiret Lots F13 à G6			Indre et Loire Lots H3 à H7	Maine et Loire	Loiret Lots F13 à G6			Indre et Loire Lots H3 à H7	Maine et Loire
Engin de pêche	F (fixe) ; D (dérivant) ; S (senne)	F	D	S	S	S	F	D	S	S	S
	Maille en mm (pour F et D)	10	10	-	-	10	10	10	-	-	10
Effort de pêche	Date de début de pêche	-	03-juil	-	15-juil	04-juil	-	01-juil	-	03-juil	pas de pêche
	Date de fin de pêche	-	16-oct	-	13-sept	21-août	-	31-oct	-	03-sept	
	Nombre de jours de pêche	-	28	-	20	17	-	57	-	12	
Observation d'alosons	Première observation	-	02-août	-	-	-	-	23 août	-	-	
	Dernière observation	-	16-oct	-	-	-	-	11-sept	-	-	
	Nb de jours avec observation nulle	-	25	-	20	17	-	49	-	-	
	Nombre d'alosons observés	-	11	-	0	0	-	62	-	-	

Les CPUE d'alosons, pour les deux techniques, depuis 2007, présentent de grandes fluctuations interannuelles avec un maximum en 2011 pour la senne et en 2015 pour le filet dérivant (Figure 37). Les années 2007, 2018 et 2019 présentent des niveaux intermédiaires. On notera qu'il n'y a pas de lien entre les valeurs obtenues par les deux techniques sans doute en raison de leur très différentes conditions d'utilisation.

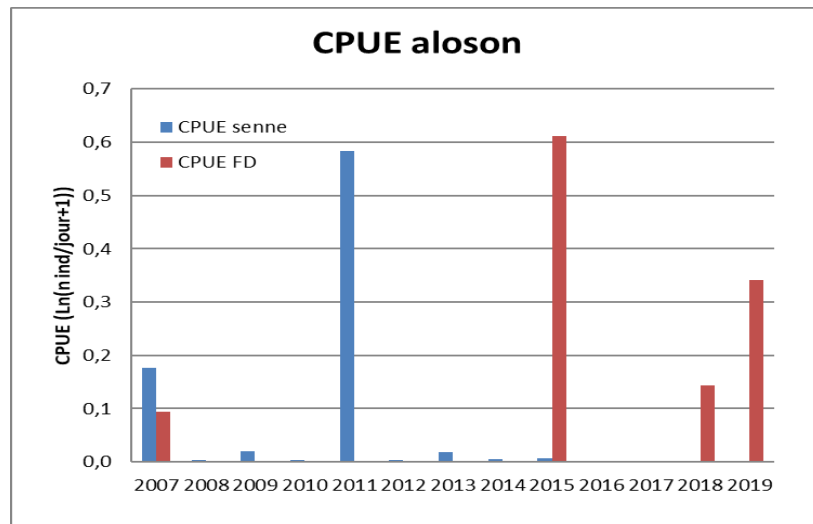


Figure 37 CPUE des alosons échantillonnés de 2007 à 2019

3.3.3. Caractéristiques biométriques

2018

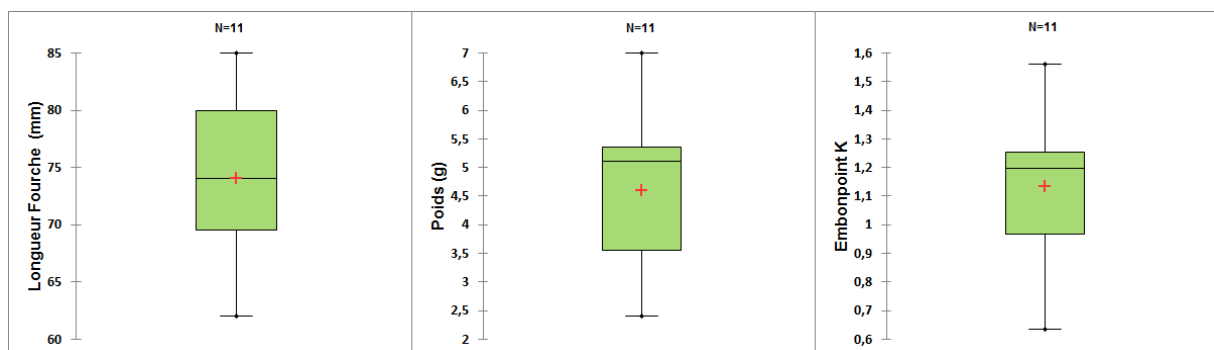


Figure 38: Distribution des tailles, poids et embonpoints des alosons échantillonnés en 2018

Les 11 individus échantillonnés présentent une taille comprise entre 62 mm et 85 mm pour une masse variant de 2,4 à 7g (Figure 38). Le sexe des alosons n'a pu être déterminé mais le comptage des branchiospines a permis d'établir qu'il s'agit de grandes aloses.

2019

Les 47 individus échantillonnés présentent une taille comprise entre 65 et 87 mm pour une masse de 3,19 à 8,23 g (Tableau 13). Le sexe des alosons n'a pu être déterminé mais le comptage des branchiospines a permis de confirmer la présence à 100 % d'individus de Grande alose dans cet échantillon. En effet, chaque individu échantillonné avait en moyenne 52 branchiospines sur le premier arc branchial. Le coefficient de condition est en moyenne de $1,10 \pm 0,32$.

Tableau 13 Moyennes et écarts-type des caractéristiques biométriques des juvéniles d'Aloses mesurés lors de la campagne 2019. n=47, lots G.

Mesure	Moyenne $\pm$ Ecart-type
Longueur fourche (mm)	77,27 $\pm$ 5,46
Masse (g)	5,4 $\pm$ 1,06
N branchiospines	52 $\pm$ 3
Embonpoint (k)	1,1 $\pm$ 0,32

4. Discussion - Conclusion

Géniteurs

Les débits printaniers de la saison 2018 ont été semblables à la moyenne interannuelle calculée depuis 1900. Contrairement à 2017, les niveaux sont restés hauts avec notamment une première crue à la mi-mars, puis une seconde à la mi-juin pour la station Montjean-sur-Loire, du aux apports des bassins de la Vienne et de la Maine. Par contre, les débits printaniers de la saison 2019 ont été inférieurs à la moyenne interannuelle calculée depuis 1900 avec toutefois une rupture d'étiage plus précoce qu'en 2018. Ces niveaux élevés ont facilité la montaison des géniteurs d'alse en 2018 mais sont susceptibles de les avoir ralentis en 2019.

Pour la première fois le suivi des géniteurs d'alosés s'est étendu au département de Loire-Atlantique, ceci dans le but d'obtenir des données plus exhaustives sur leur migration et sur les caractéristiques biométriques. Ainsi, l'échantillonnage biométrique réalisé par les pêcheurs et l'AAPPBLB a permis d'obtenir différentes données issues de la population migrante sur plus de 500 individus.

Le filet-barrage n'a pu être installé que début avril en 2018 comme en 2019. Malgré cela, l'effort de pêche mis en œuvre a été conséquent avec 26 et 28 journées réparties sur un peu plus d'un mois. Les journées avec CPUE nulles sont minoritaires (12 et 21%), mais la CPUE moyenne est faible, avec une alose capturée toutes les heures en 2018 et 1 alose toutes les 1h30 en 2019.

Moins impactée par les événements hydrologiques, les deux saisons de pêche au filet maillant se sont déroulées sur une période de trois mois et demi entre la mi-mars et la fin juin. Les captures d'alosés interviennent tout au long de cette période et au moins une des six pêcheries étaient en action de pêche dans les trois quarts du temps.

D'un point de vue temporel et géographique, les CPUE maximales des pêcheries (filets maillants et filet-barrage) semblent marquer une certaine cohérence. En effet, un décalage de dates de CPUE maximales est visible entre l'aval (fin mars) et l'amont (fin avril-début mai). Ce décalage pourrait coïncider avec le temps de parcours des géniteurs. En effet, la pêche la plus en amont se situe à une distance de l'océan de près de 312 km. La pêche la plus en aval se situe à environ 16 km de l'océan. D'après les dates de CPUE maximales en 2019, il faut autour de 34 jours aux aloses pour atteindre la dernière pêche sur un parcours de 296 km, correspondant à une vitesse de migration d'environ 8,71 km/jour. En conditions hydrologiques favorables, les individus peuvent avoir une vitesse de migration nettement supérieure sur l'axe ligérien, autour de 20 km/jour (Steinbach et al., 1986). Par comparaison, en estuaire de la Gironde, la vitesse de migration des individus de Grande alose était deux fois supérieure en 2001 (entre 17 et 23 km/jour) (Rochard, 2001). L'arasement d'un seuil majeur (Golfech) sur la route migratoire des aloses a fait par ailleurs doubler la vitesse de migration sur le bassin girondin (de 7,7 km/jour à 14,8 km/jour) (Bellariva, 1998).

Malgré les conditions hydrologiques basses en 2019, la saison de pêche est jugée bonne pour la plupart des pêcheurs, aussi bien dans l'estuaire qu'en Loire moyenne, la CPUE au filet barrage (1,33) est légèrement supérieure à la moyenne interannuelle depuis 1984 (1,14). Cependant, cette abondance d'aloses contraste avec les comptages des géniteurs au niveau des passes à poissons (Figure 39). En effet, sur les quatre stations de comptage en Loire, Allier, Vienne et Creuse, les effectifs comptabilisés restent très faibles, bien inférieurs aux observations de la période 1997-2003. Ces différences posent questions et peuvent être dues à une moindre quantité de géniteurs entrant dans le bassin, à des difficultés de circulation, à des non atteintes des sites de comptage en raison des modifications hydroclimatiques ou de prédation supplémentaire, à des problèmes au moment de la reproduction et/ou de la vie larvaire et juvénile. Parmi toutes ces hypothèses, la non atteinte des sites de comptage mériterait d'être analysée.

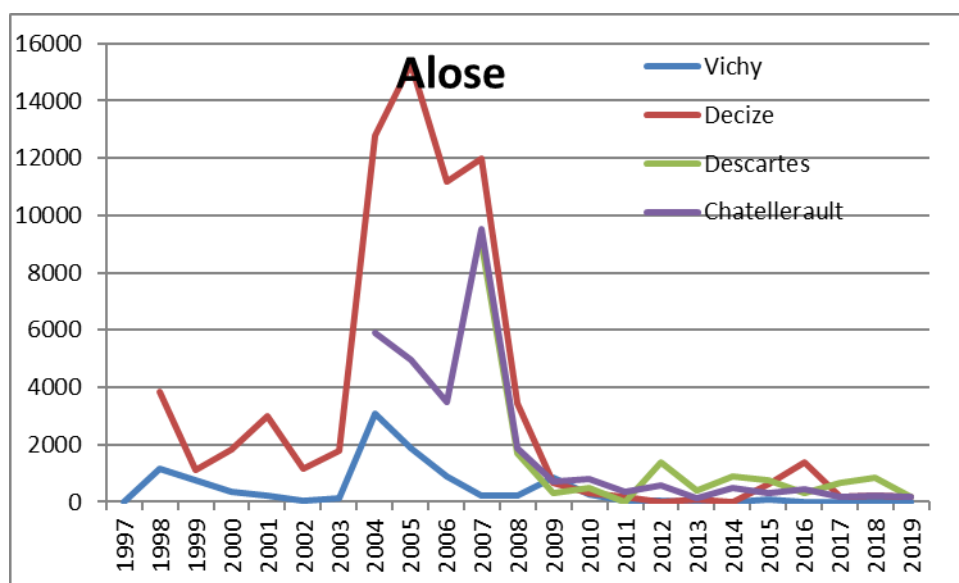


Figure 39 Evolution des effectifs d'aloses aux passes à poissons gérées par LOGRAMI (consultation le 8/04/2020)

Les individus échantillonnés pour les analyses biométriques sont à plus de 98 % des grandes aloses. Parmi les 538 individus, 8,7 % n'ont pu être âgés principalement en raison d'écaillés régénérées. Classiquement, les classes d'âge s'étalent de 3 à 7 ans et les tailles et masses des individus diminuent de mars à mai.

La comparaison des tailles des poissons échantillonnés au filet-barrage et aux filets maillants à maille de 60mm montre que l'étendue des tailles est plus grande au filet-barrage mais que les valeurs médianes diffèrent en 2019 uniquement. Des études complémentaires restent à conduire sur ce sujet.

Les petits effectifs d'aloses feintes et hybrides observés sur ces deux années peuvent s'expliquer principalement par la technique de pêche employée. En effet, les filets maillants à mailles de 60mm ciblent la grande alose. Les aloses feintes et hybrides possédant des tailles et masses moyennes inférieures, elles peuvent passer au travers des filets. De plus, chez l'alose feinte, la migration est plus tardive et le filet-barrage, qui ne sélectionne pas la taille des individus, a été retiré dès la mi-mai donc en pleine période de migration de cette espèce.

L'analyse à long terme de l'abondance des cohortes de géniteurs montre que depuis 2006, leur abondance est moindre que lors de la période 1998-2005 mais néanmoins supérieure à celle de la période 1980-1997. Les niveaux d'abondance des cohortes 2010, 2011 et 2013 se rapprochent de ceux des années 2000 et un lien entre abondance et coefficient de variation du débit est à nouveau retrouvé. Il reste à comprendre ce qui peut expliquer la chute de certaines cohortes notamment celles de 2006, 2007 et 2012.

Juvéniles

Les débits estivaux de 2018 et 2019 ont été extrêmement bas et se sont prolongés au-delà du 1 octobre notamment en 2018. Quelle que soit l'année, la présence d'aloson n'a été détectée que sur le site le plus en amont, avec la technique du filet dérivant. La CPUE de 2019 est trois fois plus élevée que celle de 2018. Une très grande variabilité des CPUE est observée depuis 2007.

Cette variabilité ne semble pas pouvoir être expliquée par des facteurs tels que la CPUE des géniteurs en montaison sur la même année ($r = -0,027$, $n = 13$) ou l'hydrologie estivale ($r = -0,269$, $n = 13$). En revanche, elle peut s'expliquer par la méthodologie. Les méthodes de capture varient d'un site à l'autre et parfois sur un même site (filet dérivant, senne) et apparaissent très fortement liées aux conditions environnementales telles que le débit et la densité d'algues filamenteuses. Elles ne se compensent pas non plus. Néanmoins, bien que cette étude ne soit pas exhaustive, elle reste la seule en France à l'heure actuelle depuis 1991 à fournir des informations et des prélèvements réguliers de juvéniles d'aloses à l'échelle d'un bassin comme la Loire. Une solution pour établir un suivi quantitatif du stade juvénile serait un suivi par ADNe, quand cette technique permettra de disposer d'une dimension quantitative, à l'échelle du bassin versant. En effet, les alosons ne séjournant que quelques semaines en eau douce, il n'est pas possible de les échantillonner comme cela est fait pour le saumon ou les anguillettes. Enfin, à noter, la présence d'alosons dans les pêches d'anguilles d'avalaison en 2018. Ce fait, exceptionnel, interroge à nouveau sur la période de dévalaison de cette espèce en lien avec les conditions environnementales spéciales observées depuis quelques années, température de l'eau élevée et débit d'étiage bas et prolongés.

Conclusion

La reconduite du suivi des adultes et des juvéniles d'aloses, permettra de compléter les données sur le cycle de vie de cette espèce migratrice anadrome en parcours libre d'obstacle et dans les parties moyenne et aval du bassin puisque les stations de comptage, liées aux passes à poissons sur des ouvrages sont localisées loin de la mer. Elle permettra également d'évaluer le succès de la reproduction des adultes dans des conditions hydro climatiques évolutives et à moyen terme, l'impact de la pression de prédation par le silure. En effet, celles-ci semblent modifier les modalités de migration et de reproduction de cette espèce au moins en Loire moyenne.

Références bibliographiques

Baglinière JL, Sabatie MR, Aprahamian MW, Alexandrino P, Aprahamian DC., Assis CA., Cassou-Leins JJ, Le Corre M, Mennesson-Boisneau C, Martin Vamdembulcke D, Rochard E, Teixeira C. 2000. Guide pour l'interprétation des écailles et estimation de l'âge chez les aloses (*Alosa sp*) de la façade atlantique Ouest et de la Méditerranée Est. B.F.P.P., N spécial, 357-60, 485-530.

Bellariva G., 1998. Contribution à l'étude du déroulement de la migration et de la reproduction de la Grande alose (*Alosa alosa* L.) en Garonne : étude prospective de la dévalaison des juvéniles. Thèse de doctorat, Université de Toulouse INPT.

Boisneau C, Ruaux B, Boisneau Ph. 2011. Reconstitution des cohortes de grande alose (*Alosa alosa* L.) en Loire de 1980 à 2005, liens entre indice d'abondance et facteurs environnementaux. Rapport PLGN, Université de Tours, 100p.

Charles K., Jatteau P. 2010. Analyse de la sensibilité des jeunes stades de grande aloses *Alosa alosa* aux facteurs de l'environnement. Résultats 2009/ synthèse 2008-2009. Rapport final Cemagref Bordeaux-Onema, 48 p.

Lochet A., Jatteau P., Tomas J., Rochard E. 2008. Retrospective approach to investigating the early life history of a diadromous fish, Allis shad *Alosa alosa* (L.) in the Gironde Garonne Dordogne watershed. Journal of Fish biology, 78 : 946-960.

Mennesson-Boisneau C, Baglinière JL, 1992. Mise au point d'une méthode de détermination de l'âge de la grande alose (*Alosa alosa*) à partir des écailles. In «Tissus durs et âge individuel des vertébrés. J.L.BAGLINIERE, J. CASTANET, F. CONAND, F.J. MEUNIER (Eds), ORSTOM-INRA, Paris, pp. 221-231.

Panfili J., De Pontual H., Troadec H., Wright P.J., 2002. Manuel de sclérochronologie des poissons. Edition Quae. 463p.

Rochard E., 2001. Migration anadrome estuarienne des géniteurs de Grande alose *Alosa alosa*, allure du phénomène et influence du rythme des marées. Bulletin Français de Pêche Piscicole. 362/363 : 853–867.

Steinbach P., Gueneau P., Autuoro A. & D. Broussard, 1986. Radio-pistage de Grandes aloses adultes en Loire. Bulletin Français de Pêche Piscicole. 302 : 106–117.

Gouvernance et valorisation du projet

ALOSA 2018-19

C. BOISNEAU, Université de Tours, Laboratoire CITERES

CONVENTION FEDER 2018 EX 003418

CONVENTION AELB 170548501

Gouvernance :

Des réunions de lancement puis de suivi du projet avec l'AAPPBLB , prestataire pour la partie suivi des pêcheries et collecte des données biologiques ont eu lieu aux dates suivantes :

12/02/2018 : réunion de lancement 2018

18/06/2018 : bilan suivi des adultes et démarrage suivi des juvéniles

14/11/2018 : bilan suivi des juvéniles et planning du retour du premier rapport

26/02/2019 : réunion de lancement 2019

30/04/2019 : bilan suivi des adultes et démarrage suivi des juvéniles

23/09/2019 : bilan suivi des juvéniles et planning du retour du second rapport

En présence de C Boisneau porteuse du projet, M Bodin, A Proust puis de A Lemmonier

Valorisation:

Ce projet a été présenté, outre les journées de présentation de l'appel à projet poissons migrateurs du bassin de la Loire à :

- Groupe d'appui du COGEPOMI en 2018 et 2019
- Assemblée générale de l'AAPBLB en 2019 et 2020

Annexe 1 : Variables thermiques et hydrologiques

Variable		Période 1	Période 2
Température moyenne journalière	: Tmoy	X	X
Nombre de degrés-jours	: NB °J	X	X
Nombre de jour où T>10 °C	: NB jour T>10°C	X	
Numéro du jour T>10°C	: N° jour T>10°C	X	
Nombre de jour où T>18 °C	: NB jour T>18°C	X	X
Numéro du jour T>18 °C	: N° jour T>18°C	X	X
Nombre de degrés-jours T>18°C	: NB °J T>18°C	X	X
Nombre de jour où 10<T<18 °C	: NB jour 10<T<18°C	X	X
Nombre de degrés-jours où 10<T<18 °C	: NB °J 10<T<18°C	X	X

Variable	Période 1	Période 2
Débit moyen et son coefficient de variation	X	X
Débit moyen quand 10°C<T eau<18°C	X	
Variations quotidiennes de débit quand 10°C<T eau<18°C	X	
Centiles, 90, 95 et 99	X	
Dates des centiles 90, 95,99	X	
Rapport des débits moyens journaliers de l'année i sur le débit moyen journalier de l'ensemble des années	X	X
Débit moyen quand Teau<18°C		X

Annexe 2 : Caractéristiques des aloses hybrides échantillonnées en 2018 et 2019

JJ	MM	AA	SP	BR	SX	AG	LF	PT	REM		
11	5	2018	ALF		1	3	368	565		FB	
12	5	2018	ALF		2	5	462	1245	MF4	FB	
12	5	2018	ALF		1	R	375	615		FB	
14	5	2018	ALF		2	4	429	935		FB	
24	4	2018	ALF		2	4	418	1080	MF3	FF (60mm, 20*3m)	
24	4	2018	ALF		2	?	444	1580		FF (60mm, 20*3m)	
24	4	2018	ALF		2	5	436	1130		FF (60mm, 20*3m)	
24	4	2018	ALF		2	5	421	1060	MF4	FF (60mm, 20*3m)	
17	5	2018	ALF		2	5	430	1310	MF4	FF (60mm, 20*3m)	
25	5	2018	ALF		2	5	422	1060		FF (60mm, 20*3m)	
5	6	2018	ALF		2	5	455	1265		FF (60mm, 20*3m)	

JJ	MM	AA	SP	BR	SX	AG	LF	PT	REM	
2	5	2019	ALH		2	4	442	1325	MF3	FF (60mm, 20*3m)
16	5	2019	ALH		1	4	445	1255		FF (60mm, 20*3m)
16	5	2019	ALH		1	4	442	1230	MF3	FF (60mm, 20*3m)
16	5	2019	ALH		2	4	446	1355		FF (60mm, 20*3m)
20	5	2019	ALH		1	4	447	1165		FF (60mm, 20*3m)