
Rapport de stage individuel

4^{ème} année

Etude de la dynamique migratoire des Aloses dans l'estuaire de la Loire en 2018

Entreprise : UMR 3724 Citeres

35 Allée Ferdinand de Lesseps, 37200 Tours



Tuteur entreprise :
Catherine Boisneau
Chercheuse

Tuteur académique :
Catherine Boisneau

Gaël Chéneau
Étudiant IMA
2019-2020

Table des matières

Remerciements	3
Présentation de l'entreprise.....	4
I. Introduction.....	5
II. Matériel et méthode	6
a) L'estuaire	6
b) Choix des facteurs environnementaux.....	6
c) Provenance des données	7
d) Analyse de la qualité des données et choix des variables.....	8
e) Production du jeu de données et traitements	10
III. Résultats	11
a) Contexte hydrologique.....	11
b) Captures et variables environnementales.....	12
IV. Discussion - Conclusion	14
Annexes :	16
Bibliographie :	17

Remerciements

Je remercie Catherine Boisneau pour l'aide, l'encadrement et la disponibilité à répondre à l'ensemble de mes questions, sur toute la durée du stage.

Je remercie aussi la structure GIP Loire Estuaire qui nous a fourni des jeux de données de qualité et sans quoi toute cette étude n'aurait pas été possible.

Merci aux différents pêcheurs qui ont pris le temps de réaliser des relevés de qualité des pêches d'aloses.

Présentation de l'entreprise

« L'objectif scientifique principal de l'UMR 7324 CITERES est l'analyse des dynamiques spatiales et territoriales des sociétés. Au regard du panorama français et étranger des structures de recherche travaillant sur le même objet, CITERES se distingue par la multiplicité des entrées et le croisement des champs thématiques à partir desquels, elle appréhende les relations des sociétés à leur espace, selon une large gamme d'échelles spatiales et temporelles. En effet, le bilan met en évidence le renforcement des capacités de CITERES à mobiliser autour d'un même objet de nombreuses disciplines : anthropologie, archéologie, aménagement et urbanisme, écologie, géographie, histoire, sciences politiques, sociologie, etc.

Dans cette dynamique, les productions de CITERES contribuent à cinq principaux domaines de recherche interdisciplinaire : la recherche urbaine (modes d'habiter, divisions sociales de l'espace, mobilisations urbaines, temps long de la fabrique de la ville) ; la recherche environnementale (paysages et biodiversité, risques, fleuves et bassins versants, changement climatique, relations société milieux) ; la recherche sur le patrimoine (patrimoine archéologique, patrimonialisation des paysages, activités mémorielles, protection du patrimoine urbain) ; la recherche sur les rapports au(x) territoire(s) (territoire, territorialité, territorialisation, temps long de la fabrique des territoires) et enfin, la recherche sur les effets des recompositions sociales contemporaines (transformation des pratiques sociales et des modes de vie, pratiques sociales des sociétés du passé).

Née du rapprochement en 2004 de deux UMR et d'une Équipe d'Accueil (Centre d'Études et de Recherches sur l'Urbanisation du Monde Arabe UMR 6592 URBAMA ; Laboratoire Archéologie et Territoires UMR 6575 LAT ; Centre de recherche Ville/Société/Territoire EA 2111, VST), l'UMR 7324 CITERES est aujourd'hui composée de quatre équipes qui, tout en formalisant des thématiques distinctes, font preuve de nombreuses transversalités tant en leur sein, qu'entre-elles.

- L'équipe Construction Sociale et politique des espaces, des normes et des Trajectoires (CoST)
- L'équipe Monde arabe et Méditerranée (EMAM)
- L'équipe Dynamique et Action Territoriales et Environnementales (DATE)
- Le Laboratoire Archéologie et Territoires (LAT)

L'équipe DATE (où j'ai été accueilli) regroupe des enseignants-chercheurs en écologie, en géographie, en aménagement de l'espace-urbanisme, en sociologie mais aussi des ingénieurs, des architectes, des mathématiciens et informaticiens. Elle a pour projet scientifique l'intelligibilité des transformations des milieux naturels et des espaces aménagés et construits, telles qu'elles résultent de processus soit "spontanés", soit volontaires. Ce faisant, l'équipe cherche à conjuguer approches théoriques et critiques d'une part, concrètes ou opérationnelles d'autre part. Les travaux de recherche vont des inventaires et diagnostics de terrain jusqu'aux projets prospectifs en passant par l'analyse des dynamiques territoriales (Direction : José Serrano). » (Citeres, <http://citeres.univ-tours.fr>, 21/07/2020)

I. Introduction

La Loire est un fleuve qui se situe dans le bassin Loire-Bretagne. Ce bassin s'étend sur 155 000 km². Il représente à lui seul 28% du territoire métropolitain français. La Loire a une distance de son embouchure à sa source de 1006 kilomètres. Elle prend sa source au mont Gerbier-de-Jonc, au sud-est du Massif Central et après un parcours orienté sud-nord, va se jeter dans l'Atlantique à ST Nazaire.

La Loire contient de nombreuses espèces piscicoles migratrices anadromes et catadromes. Une réduction de ces espèces y est observée depuis le milieu du XIX^{ème} siècle pour certaines d'entre elles (C. Boisneau, E. Feunteun. 2016). Dans la décennie 1980, les premiers plans de gestion des poissons migrateurs (PLAGEPOMI) voient le jour, le premier pour la Loire est approuvé le 26 décembre 1996 (PLAGEPOMI, 2014). Dans les années 1990 à 2005, d'importants aménagements ont été mis en place en faveur de la continuité piscicole à l'échelle du bassin avec, par exemple, l'arasement du barrage de Maisons-Rouges et du barrage de Blois (PLAGEPOMI, 2014).

Parmi les espèces de poissons migrateurs présentes, deux espèces d'aloses fréquentent le fleuve. *Alosa alosa* (Grande alose) et *Alosa fallax* (Alose feinte) font partie de la famille des Clupéidés et sont des espèces migratrices anadromes, c'est-à-dire qu'elles viennent se reproduire en eau douce et vont grandir dans la mer. Leur aire de répartition se situe sur les côtes Atlantique et Manche de l'Europe. Les aloses se distinguent par « un corps fusiforme légèrement comprimé latéralement, une échancrure médiane sur la mâchoire supérieure, un nombre de rayons des nageoires pelviennes égal à 8 et par un recouvrement des branchiospines inférieures et supérieures entre elles, dans l'axe médian de l'arc branchial » (Whitehead, 1985). Les poissons ont une taille maximale (de la bouche au bout de la nageoire caudale) comprise entre 60 et 70 cm. Pour différencier la grande alose de l'alose feinte, il faut regarder « le nombre de branchiospines (>90 pour la grande alose et <60 pour l'alose feinte (Baglinière & Elie, 2000) et une disposition différente des écailles » (Whitehead, 1985 in Baglinière & Elie, 2000) : la structure des écailles est désorganisée pour la grande alose contrairement à l'alose feinte où elles sont alignées.

En 1984, les premières opérations d'acquisition de connaissances et de suivi in situ des aloses sont lancées. Elles ont, ensuite, été principalement financées par le Plan Loire Grandeur Nature. C'est dans le cadre de ces opérations d'acquisition de connaissances sur les aloses que le laboratoire « Citeres » de l'Université de Tours suit la population adulte migrante des aloses de la Loire notamment à partir des pêcheries au filet barrage, technique de pêche professionnelle patrimoniale ligérienne. Le stage s'inscrit dans ce suivi et son but est de comprendre la dynamique migratoire des aloses dans l'estuaire de la Loire. En effet, depuis 2018, une sélection de pêcheries estuariennes a été intégrée au suivi réalisé en Loire fluviale.

Cette étude a pour but de répondre à 2 questions :

- A partir des captures des pêcheries au filet dérivant, peut-on comprendre comment se déroule la migration des aloses dans l'estuaire ?
- Quels sont les variables environnementales qui déterminent le déplacement des aloses dans l'estuaire ?

Une autre mission a été traitée lors de cette étude, il s'agit de l'analyse des caractéristiques biométriques des aloses échantillonnées en 2020 et l'attribution de l'âge à de Grandes aloses à partir

de l'observation de leurs écailles. Les résultats de cette mission ne sont pas présentés ici mais sont disponibles auprès du tuteur.

II. Matériel et méthode

a) L'estuaire

L'estuaire est « une masse d'eau côtière semi-fermée qui a une connexion libre avec la mer ouverte et dans laquelle l'eau de mer est diluée de manière mesurable avec de l'eau douce provenant du drainage des terres » (Cochran, 2014). Les estuaires sont des zones avec des conditions environnementales très fluctuantes qui permettent la bonne réalisation du cycle de vie de nombreuses espèces. Ils offrent aux poissons des eaux plus ou moins salées, plus ou moins oxygénées, plus ou moins turbides. De nombreuses espèces de poissons réalisent une étape de leur cycle biologique dans cette zone mais très peu d'espèces y effectuent l'ensemble de leur cycle biologique. L'estuaire est une zone permettant aux poissons de se nourrir (les vasières ou bouchons vaseux), de grandir voire pour certaines espèces de se reproduire. Dans l'estuaire de la Loire, 79 espèces de poissons ont été recensées depuis l'inventaire de 1977 (GIP Loire Estuaire). Les variations des conditions environnementales dans l'estuaire déterminent la présence et la répartition des poissons. Il y a donc plusieurs facteurs physico-chimiques à forte variabilité spatio-temporelle qui sont à prendre en compte dans la dynamique migratoire des poissons anadromes : la température, l'oxygène dissous, la turbidité et la salinité (GIP Loire Estuaire). Le débit et les coefficients de marée vont influencer ces différents facteurs physico-chimiques.

b) Choix des facteurs environnementaux

La température est un facteur structurant le flux de géniteurs dans l'estuaire, mais c'est aussi un facteur qui module ce flux de géniteurs. En effet, pour une température inférieure à 11°C, les aloses ne vont pas entamer leur migration dans l'estuaire de la Loire (Baglinière & Elie, 2000). Une étude de Leggett (1972) a montré que la température optimale pour la migration des aloses dans l'estuaire est entre 16,5 et 19°C. De plus, « le passage progressif de l'eau de 16°C à 10°C ralentit le flux de géniteur » (Sabatié, 1993 in Baglinière & Elie, 2000).

L'oxygène dissous est aussi un facteur important pour la migration puisqu'en dessous de 5 mg/l, ce facteur inhibe la migration des aloses dans l'estuaire (Maes et al., 2007 ; Dill, 2011). C'est un facteur qui est directement lié à la température, plus la température de l'eau est importante, plus la concentration en oxygène dissous dans l'eau est faible.

Une forte turbidité peut affecter la vision de l'aloise et peut donc ralentir la migration de celle-ci. De plus, si la turbidité est trop importante, cela empêche la lumière de pénétrer dans l'eau et d'atteindre les producteurs primaires. Cela inhibe donc la photosynthèse et par conséquent, l'oxygène dissous présent dans l'eau.

Le débit agit « plus comme un facteur de modulation des mouvements migratoires » (Baglinière & Elie, 2000). Il peut avoir une influence sur la température de l'eau, mais aussi sur le comportement

migratoire des aloses puisqu'elles suivent les courants pour remonter le fleuve. Un débit trop élevé les ralentit dans la migration et les épuise plus rapidement (Baglinière & Elie, 2000). Mais un débit trop faible engendre aussi des problèmes dans l'estuaire. Si le débit est trop faible, les matières organiques mélangées à des sédiments vont venir se déposer dans l'estuaire et vont former une masse de MES que l'on appelle aussi bouchon vaseux. Ces bouchons vaseux peuvent être une source d'alimentation pour certaines espèces mais surtout pour les micro-organismes qui réalisent la dégradation de ces matières organiques. Cependant, cette action de dégradation nécessite de l'oxygène. S'il y a trop de bouchons vaseux, les micro-organismes vont utiliser beaucoup d'oxygène, ce qui va créer un déficit d'oxygène dissous dans l'eau (GIP Loire Estuaire), cela peut être préjudiciable pour certaines espèces migratrices comme l'aloise qui, comme montré plus haut, n'engage pas sa migration dans l'estuaire si l'oxygène dissous est en-dessous de 5 mg/l.

Des études ont montré que les aloses entament leur migration le plus fréquemment lors des périodes de morte-eau c'est-à-dire lorsque le coefficient de marée est bas (Mennesson-Boisneau et Boisneau, 1990 in Baglinière & Elie, 2000; Prouzet et al., 1994 in Baglinière & Elie, 2000).

c) Provenance des données

Les données sur les aloses proviennent de relevés de pêcheurs professionnels sur la Loire au niveau de Couëron (Figure 1) : deux pêcheurs ont fourni leurs données de pêche des aloses en 2018 et un pêcheur a fourni ses données de pêche d'aloses en 2019. Ces deux pêcheurs utilisent le filet dérivant comme technique de pêche. Cette technique consiste à laisser dériver dans la colonne d'eau un filet. Celui-ci est maintenu à la verticale à l'aide de flotteurs attachés à la corde du haut du filet, elle-même relié au bateau. La corde du bas du filet est lestée. Deux espèces sont ciblées pour cette étude : *Alosa alosa* et *Alosa fallax*. Pour ce faire, les pêcheurs utilisent des mailles adaptées à leurs objectifs soit 60 mm pour les grandes aloses. Le nombre ainsi que le poids de ces aloses capturés sur la journée sont enregistrés. Une donnée journalière de capture est donc fournie. La pêche de l'aloise se tient entre début mars et fin juin. Néanmoins, la pratique du filet dérivant n'est pas continue et tient compte des conditions environnementales et des marchés.

Les débits de la Loire sur la station de Montjean ont été obtenus auprès de la Banque Hydro. La fréquence d'acquisition des valeurs de débits est journalière. La station de Montjean a été sélectionnée car c'est la station la plus en aval de la Loire. Le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) fournit les valeurs de coefficient de marée. La fréquence d'acquisition est de 2 fois par jour, qui correspondent aux deux valeurs de haute mer dans la journée.

La température, l'oxygène dissous ainsi que la turbidité ayant potentiellement une influence sur le comportement migratoire des aloses, ces paramètres ont été recueillis sur les stations du Pellerin et de Trentemoult, stations sélectionnées en raison de leur proximité avec les lieux de pêches. Elles sont fournies par le GIP Loire Estuaire. C'est une structure créée en 1998. Elle était d'abord la Cellule de Mesures et de Bilans (CMB) de la Loire estuarienne avant de devenir, en 2004, le Groupement d'Intérêt Public (GIP) Loire Estuaire. Cet organisme regroupe des nombreux acteurs autour de l'estuaire de la Loire tel que l'Etat, les collectivités, les établissements publics, les armateurs ou les industriels. Sa mission première est « d'améliorer la compréhension globale de la complexité du fonctionnement environnemental de la Loire, de la Maine à la mer ». Pour progresser dans cet aspect, le GIP a mis en place le SYVEL (Système de Veille dans l'Estuaire de la Loire) qui est un programme de suivi

environnemental de l'estuaire de la Loire. 6 stations de mesures ont été mises en place de Saint-Nazaire à Nantes (Figure 1). Ces stations mesurent : la salinité en g/l, la turbidité en NTU, la concentration en Matières en Suspensions en g/l, la concentration en oxygène dissous en mg/l, la température en °C ainsi que la conductivité en mS/cm. Les données sont fournies avec un pas de temps de 10 minutes.

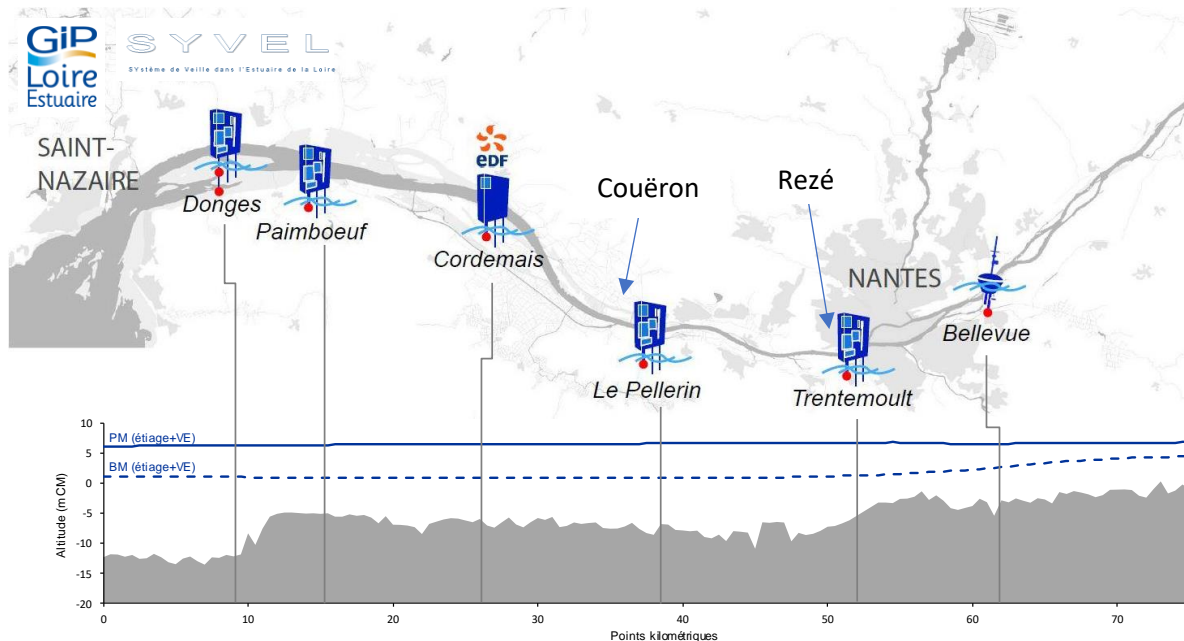


Figure 1 : Carte de l'emplacement des différentes stations du SYVEL (source : GIP Loire Estuaire)

La migration des aloses dans l'estuaire se déroulant de février à juin, les grandes aloses remontant les premières (Baglinière et Elie, 2000), et au regard des données de pêche recueillies, la période retenue pour l'analyse est celle du 1 mars au 31 mai.

d) Analyse de la qualité des données et choix des variables

Les données fournies par la banque Hydro pour les débits sont bonnes pour l'année de 2018 et provisoire pour l'année de 2019 (Banque Hydro, <http://www.hydro.eaufrance.fr>, 21/07/2020). Le SHOM n'a pas donné de référence qualité pour les données qu'il a fourni car le coefficient de marée est un calcul.

Les données fournies par le GIP Loire estuaire sont affectées d'un code de qualité.

- 1 – Donnée bonne
- 2 – Donnée hors-stat
- 3 – Donnée douteuse
- 4 – Donnée fausse
- 9 – Donnée manquante

Une analyse de la qualité des données a été réalisée pour les trois variables environnementales retenues, température (°C), oxygène dissous (mg/L), turbidité (NTU). Une première étape à consister à identifier, pour la période étudiée, le nombre de valeurs par classe de qualité pour chacune des deux stations (Tableau 1).

Tableau 1 : Tableaux de synthèse de l'ensemble des valeurs avec leurs code qualité (Qualité 1 = Bonne, Qualité 2 = Hors-stat, Qualité 3 = Douteuse, Qualité 4 = Fausse, Qualité 5 = Manquante) pour les données de Température, d'Oxygène dissous et de Turbidité

Station Le Pellerin 2019 :

Les mesures	Nombre de valeurs Année / Période étudiée		Qualité 1		Qualité 2		Qualité 3		Qualité 4		Qualité 9	
Température	38334	9417	38315	9415	0	0	1	1	17	1	0	0
Oxygène	48762	9417	47957	9406	0	0	749	10	55	1	0	0
Turbidité	48762	9417	42631	7471	0	0	22	2	6109	1944	0	0

Station Le Pellerin 2018 :

Les mesures	Nombre de valeurs Année / Période étudiée		Qualité 1		Qualité 2		Qualité 3		Qualité 4		Qualité 9	
Température	40407	12135	40406	12135	0	0	0	0	0	0	1	0
Oxygène	39957	12135	34852	12088	0	0	3577	25	1525	22	3	0
Turbidité	40133	12143	39968	12054	0	0	99	78	28	3	38	8

Station Trentemoult 2019 :

Les mesures	Nombre de valeurs Année / Période étudiée		Qualité 1		Qualité 2		Qualité 3		Qualité 4		Qualité 9	
Température	48807	11668	46527	9573	0	0	151	0	2129	2095	0	0
Oxygène	48817	11677	37470	7350	36	25	11298	4293	2	0	11	9
Turbidité	48811	11677	47537	10541	0	0	86	5	1152	1122	36	9

Station Trentemoult 2018 :

Les mesures	Nombre de valeurs Année / Période étudiée		Qualité 1		Qualité 2		Qualité 3		Qualité 4		Qualité 9	
Température	39450	7624	38298	7564	0	0	348	1	804	59	0	0
Oxygène	39450	7624	18460	4756	0	0	17706	2868	3282	0	2	0
Turbidité	39941	7625	37508	7357	0	0	94	1	2322	266	17	1

A partir de l'analyse de la qualité des données des différentes stations, une seule station est conservée, celle du Pellerin. Cette décision s'appuie sur plusieurs points. En 2018, la station Trentemoult présente une absence de données d'environ 1 mois entre début Mars et fin Mai. De plus, les jeux de données de 2018 et 2019 présentent 39374 mesures de qualité douteuse voir fausse (qualité 3 et 4), ce qui n'est pas le cas pour la station Le Pellerin sauf pour la turbidité en 2019.

Pour traiter les valeurs de qualité 3 et 4, il a été choisi de conserver les valeurs de qualités 3, qui restent proche des valeurs de qualité 1. Pour les valeurs de qualité 4, il a été décidé de ne pas les conserver et donc de supprimer les mesures. De plus, au-delà de 10% de valeurs de qualité 4 dans une journée, les données de cette journée sont considérées comme non utilisables et le jour en question n'est pas pris en compte. Il est bon de notifier qu'il y a une absence de données du 9 au 16 avril pour le mois d'avril 2018, pour la station Le Pellerin.

Après l'analyse de la qualité de ces données, un certain nombre de variables a été déterminé afin d'analyser les liens entre capture et variables environnementales. La donnée de pêche étant

journalière, il a été choisi comme pas de temps commun, le jour. Les données de la station Le Pellerin étant fournies toutes les 10 min, il a fallu faire des moyennes journalières pour chaque facteur. La sensibilité des aloses aux variations des facteurs est traduite par un delta entre le jour j et le jour précédent (j-1) et calculée pour chaque facteur (Tableau 2).

Vu que l'oxygène dissous a des valeurs inférieures à 5 mg/L, et qu'il est un facteur inhibant la migration (Maes et al., 2007 ; Dill, 2011), une variable comptabilise, quotidiennement, le nombre de valeur d'oxygène dissous inférieur à 5 mg/L (Tableau 2).

Les valeurs de turbidité étant très variables au sein d'une même journée, à la station du Pellerin en 2019, un coefficient de variation a été privilégié afin de savoir s'il y a une forte variation des valeurs de turbidité intra-journalière (Tableau 2).

Une dernière variable a été prise en compte : la période temporelle. En effet, les aloses ont une migration le plus souvent unimodale. C'est-à-dire qu'elles migrent toutes en une seule vague. Il se peut, plus rarement, que la migration soit bimodale dû aux conditions environnementales défavorables à la migration. Il peut y avoir à ce moment là deux vagues de migration pour les aloses (Rochard, 2001). Un article met en lumière le fait que lors de l'arrivée des aloses dans l'estuaire, celles-ci ont besoin d'un temps d'adaptation aux conditions fluviales. Elles restent environ 18,5 jours dans l'estuaire avant d'entamer leur migration (Tétard et al., 2015). Le choix s'est porté sur un intervalle de 15 jours à partir du 1^{er} mars (Tableau 2). En effet, les aloses possèdent des paramètres biologiques endogènes. Il y a une maturation sexuelle des aloses lors de leur approche de l'estuaire et le début de leur remontée fluviale. Il y a une remontée des mâles en premier lieu dans le fleuve puis plus tardivement des femelles (Baglinière & Elie, 2000). Sachant que les aloses préfèrent des coefficients de marée faibles lors du commencement de leur migration. Les coefficients de marée suivent un cycle d'une quinzaine de jours. C'est pour cela que l'intervalle temporel de 15 jours a été choisi.

Tableau 2 : récapitulatif des variables environnementales sélectionnées

Température (°C)	Oxygène dissous (mg/l)	Turbidité (NTU)	Débit (m ³ /s)	Coefficient de marée	Période temporelle
Moyenne journalière Delta j-(j-1)	Moyenne journalière Delta j-(j-1) Nombre de valeurs inférieures à 5mg/l dans une journée	Moyenne journalière Delta j-(j-1) Coefficient de variation	Débit journalier Delta j-(j-1)	Moyenne journalière Delta j-(j-1)	Intervalle de 15 jours à partir du 1 ^{er} mars

e) Production du jeu de données et traitements

Pour traiter l'ensemble de ces données (certains facteurs possédant plus de 40 000 valeurs), Python © a été utilisé afin d'automatiser l'obtention d'un tableau utilisable pour les modèles statistiques et mathématiques. Chaque facteur possède son propre programme Python puisque différentes métriques peuvent être utilisées selon les variables. Les programmes importent et mettent les données brutes sous forme de « dictionnaire » puis une première partie consiste à ne sélectionner que les valeurs dans la période temporelle recherchée et à analyser la donnée par son code de qualité (pour les données de GIP Loire estuaire) afin de traiter les valeurs de qualité 4 et 9. Le traitement consiste à supprimer toutes les valeurs de qualité 4 et 9. Dans un second temps, le calcul des variables est effectué avec toutes les données post analyse de qualité. En sortie de ce programme, un tableau

avec l'ensemble des variables par facteur est obtenu (annexe 1). Il n'y a donc plus qu'à changer les jeux de données afin de pouvoir réaliser ces calculs sur les différentes années.

À la suite de la production du jeu de données, la variable des valeurs inférieures à 5 mg/l d'oxygène dissous dans une journée n'a pas été retenue du fait qu'il n'y avait pratiquement aucune valeur inférieure à 5 mg/l.

Pour traiter les deux jeux de données produits à la suite de l'analyse de la qualité des données, le choix a été d'utiliser une matrice de corrélation afin de chercher des liens entre les variables. La matrice de corrélation prend en compte toutes les variables et calcule entre chaque variable un coefficient de corrélation. Ce coefficient est un nombre entre 0 et 1, sachant que plus le coefficient est proche de 1, plus les deux variables sont liées.

III. Résultats

a) Contexte hydrologique

Les contextes hydrologiques des années 2018 et 2019 dans l'estuaire de la Loire sont très contrastés (Figure 2). Le débit de l'année 2018, après l'année sèche de 2017, est supérieur au débit moyen sur les 20 dernières années (780 m³/s) avec un débit de 873 m³/s. C'est le mois de janvier qui a apporté le plus d'eau avec un débit moyen mensuel de 2300 m³/s et des crues à 3000 m³/s. Cependant la période d'étiage a été assez longue puisqu'elle s'est prolongée jusqu'à la fin du mois de novembre. L'année 2019 est beaucoup plus sèche, avec un débit moyen annuel de 554 m³/s. L'étiage est marqué par des débits très faibles, inférieurs à 130 m³/s. Des valeurs inférieures aux 100 m³/s, qui n'avait pas été mesuré depuis 1991, ont même été mesurées pendant 6 jours, fin août - début septembre (source : GIP). De plus, les mois de juillet et d'août sont les mois les plus « secs » depuis 1976. Cependant, le mois de décembre est le plus « humide » depuis 30 ans (GIP Loire Estuaire).

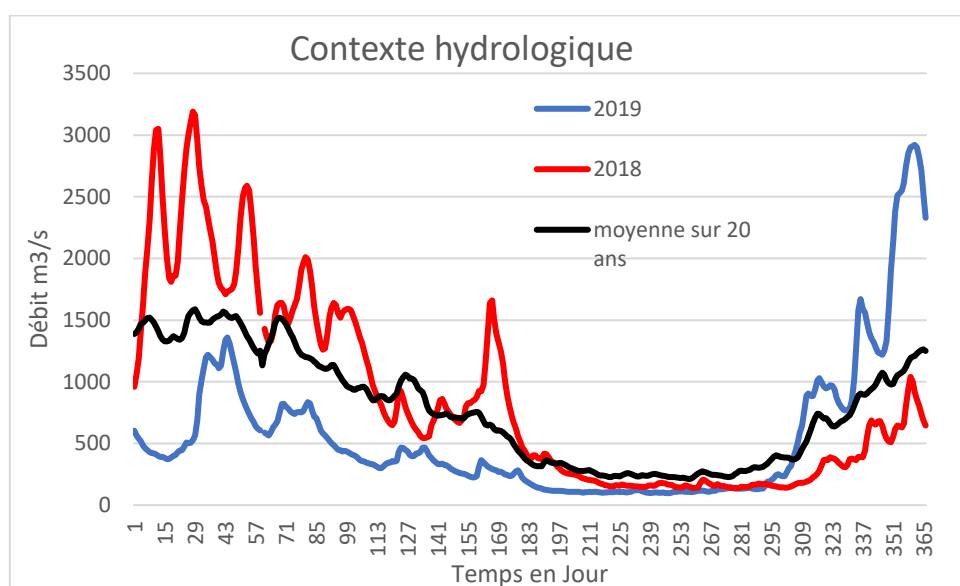


Figure 2 : Contexte hydrologique de l'estuaire de Loire pour 2018 et 2019 à partir du premier Janvier (source : Banque Hydro, station de Montjean/Loire)

b) Captures et variables environnementales

La figure 4 et la figure 5 sont les résultats de la matrice de corrélation respectivement pour 2018 et 2019. Le coefficient de marée est le facteur qui est corrélé aux pêches pour les deux années (figure 5 et 6). D'autres corrélations sont identiques entre les deux années comme la corrélation entre la période et le débit, la température et le débit.

Cependant, les deux figures montrent plusieurs corrélations différentes entre les deux années. Tout d'abord l'oxygène est corrélé à la température, le débit et la période temporelle en 2018 alors qu'en 2019, l'oxygène est simplement corrélé au coefficient de variation journalier de la turbidité. La turbidité en 2018 est corrélée au coefficient de marée alors qu'en 2019, elle est corrélée à la période temporelle. Enfin le coefficient de variation de la turbidité est corrélé au débit ainsi qu'à la période temporelle en 2018 alors qu'en 2019, celui-ci est corrélé au coefficient de marée.



Figure 3 : Matrice de corrélation de l'ensemble des variables sélectionnées pour l'année de 2018

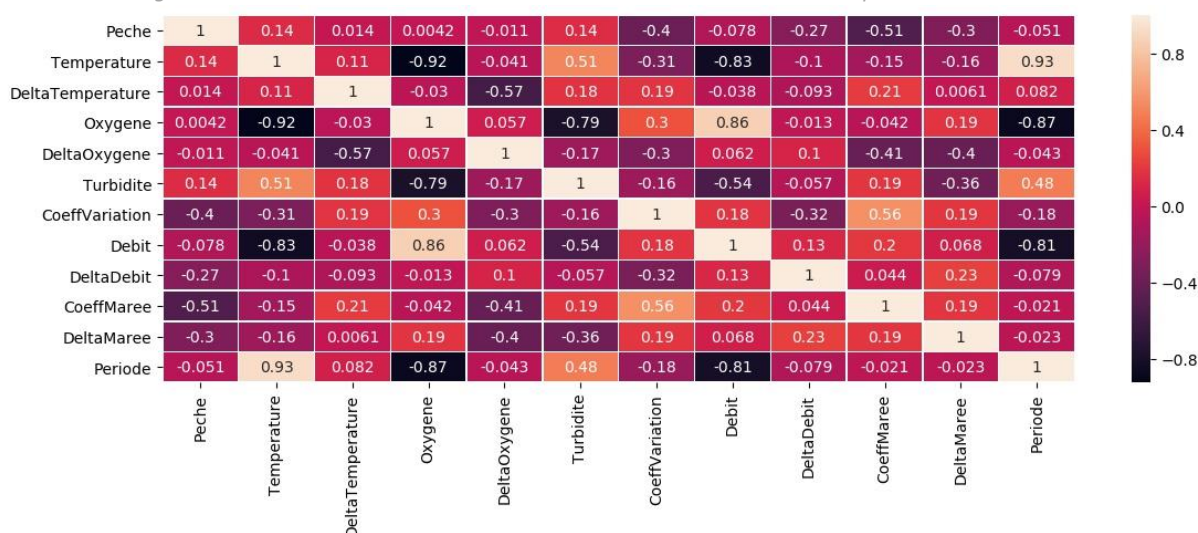


Figure 4 : Matrice de corrélation de l'ensemble des variables sélectionnées pour l'année de 2019

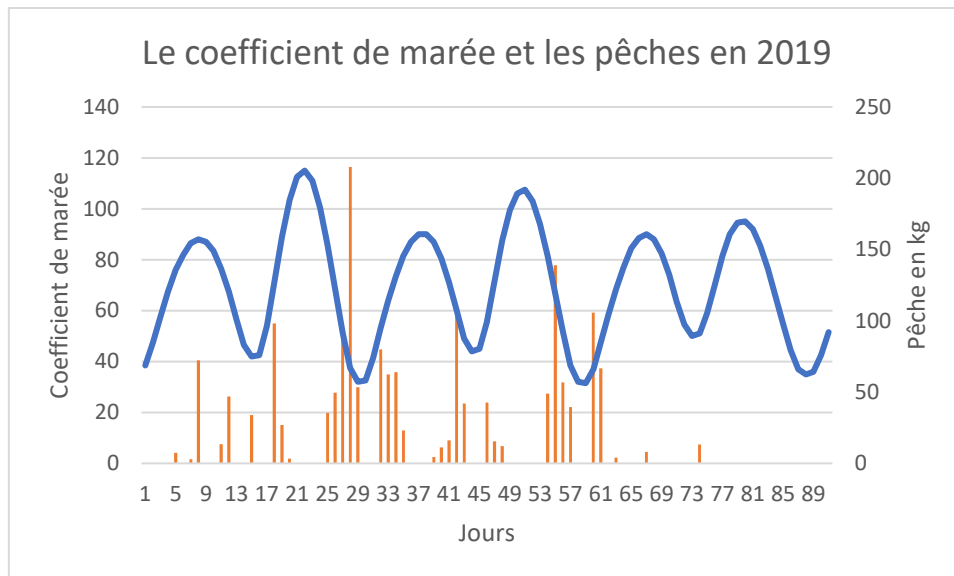


Figure 5 : Graphique représentant le coefficient de marée ainsi que les pêches du 1er mars au 31 mai en 2018

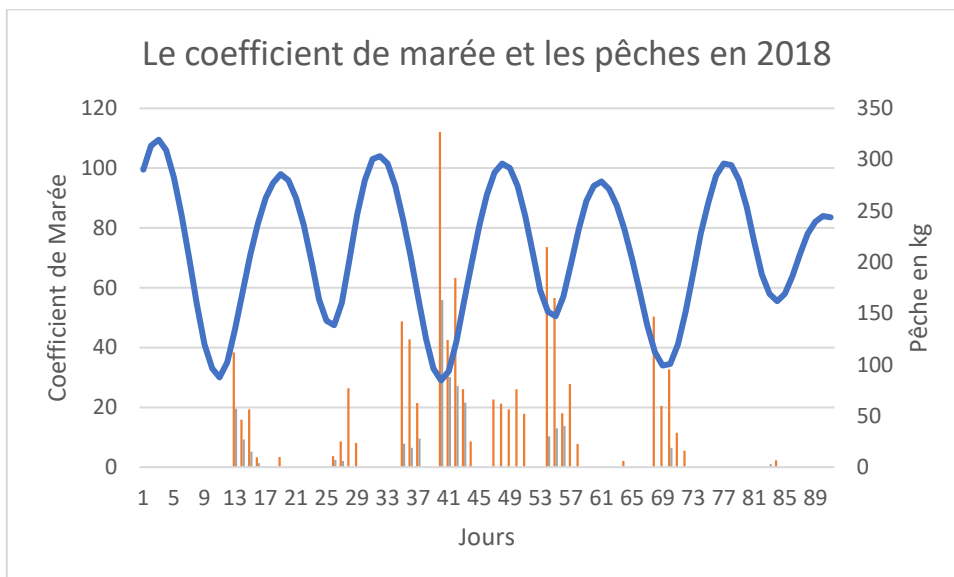


Figure 6 : Graphique représentant le coefficient de marée ainsi que les pêches du 1er mars au 31 mai en 2019

La température est normalement un facteur structurant et modulant le flux de géniteurs en migration (Baginière & Elie, 2000). Or que ce soit en 2018 ou 2019, celui-ci n'est pas corrélé ou très faiblement (coefficient de corrélation d'environ 0.10) aux pêches. Cependant, la température est très liée à d'autres facteurs comme l'oxygène dissous ou le débit (Figure 7). Le débit est lié à la turbidité ainsi qu'au coefficient de marée.

Cette analyse à l'aide de la matrice de corrélation a permis de mettre en évidence un ensemble de facteurs environnementaux interconnectés qui s'appliquent aux estuaires.

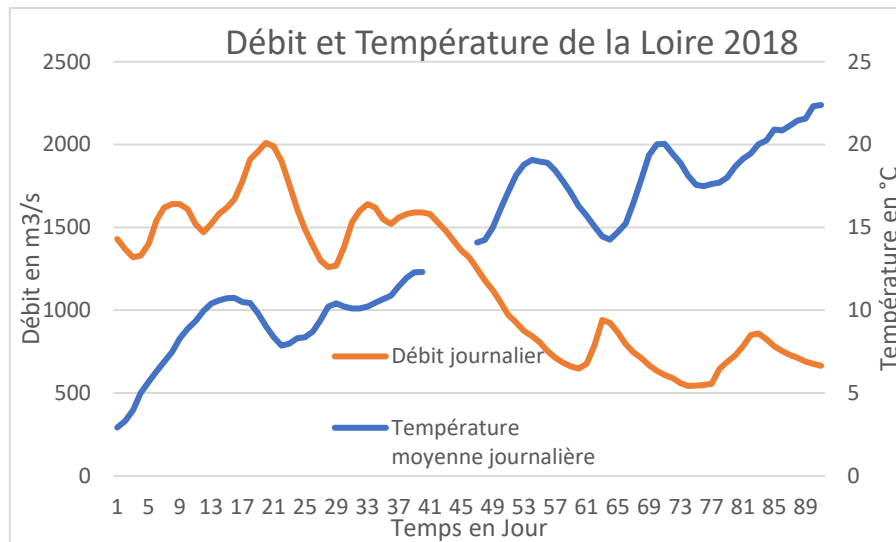


Figure 7 : Graphique représentant le débit et la température du 1er mars au 31 mai en 2018

Il a été remarqué que le delta (j-1) des différents facteurs environnementaux ont un coefficient de corrélation faible ce qui montre que la variation du jour par rapport au précédent n'a pas d'influence sur les pêches. Ces corrélations sont plus faibles que les corrélations des moyennes journalières de chaque facteur environnemental (Figure 3 et Figure 4). Les différences inter-journalières ne sont donc pas significative dans cette étude.

IV. Discussion - Conclusion

D'après les résultats, le facteur influençant majoritairement les captures de la grande alose dans l'estuaire de la Loire est le coefficient de marée. En effet, les aloses circulent plus abondamment lors des périodes de morte-eau dans l'estuaire. C'est donc bel et bien un facteur favorisant la migration des aloses. Cependant, les deux autres facteurs structurant la migration, la température > 11°C ainsi que le débit d'eau (réf) ne sont pas corrélés aux pêches. Cette absence de corrélation peut potentiellement être expliquée par une différence significative entre le contexte hydrologique de 2018 et celui de 2019.

Une différence hydrologique interannuelle importante pourrait aussi expliquer les différences de corrélation des variables entre les deux années. Comme il a été montré dans la partie « Matériel et Méthode » (cf Choix des facteurs environnementaux), tous les facteurs sont reliés. Le débit agit sur la température, l'oxygène dissous, la turbidité ... La différence significative de débit entre 2018 et 2019 pourrait expliquer ces différences de corrélation. La dynamique des débits est très importante dans la remontée fluviale des aloses. « La remontée plus tardive des femelles, en particulier chez la grande Alose, semble avoir des conséquences importantes sur le devenir de la population. En effet, au fur et à mesure que la saison s'avance, le débit d'eau diminue et les conditions de libre circulation deviennent plus précaire (difficulté, voire impossibilité à franchir les barrages). Ainsi, les femelles de grande Aloses se voient alors contraintes d'utiliser des zones de frayères atypiques de la partie aval du bassin et colonisées par les aloses feintes (qui migrent moins en amont que les grandes Aloses). Ceci facilite alors le phénomène de l'hybridation » (Baglinière & Elie, 2000). Les années avec un débit réduit comme l'année de 2018 peuvent donc avoir un impact important sur la population des grandes Aloses dans la Loire.

Cependant, les résultats ne nous mènent pas à une réponse fiable de la question de cette étude : « Quelles sont les variables environnementales qui déterminent le déplacement des aloses dans l'estuaire ? ». Le coefficient de marée est bien un facteur structurant la migration des géniteurs. Mais le manque de données de captures, relevant du choix du pêcheur pour aller pêcher la grande Alose, pose question quant à la fiabilité et la force de cette variable. De plus, à la suite du traitement de la qualité des jeux de données brut, certaines valeurs ont dû être supprimé du jeu de données final car elles risquaient de fausser l'étude. Il faut aussi prendre en compte le caractère assez particulier des contextes hydrologiques de 2018 et 2019 qui sont opposés et dont l'intensité est assez accentuée. Toutes ces absences de données ainsi que les contextes hydrologiques particuliers ne permettent pas d'assurer que les résultats sont fiables.

Les données de pêches pour cette étude provenaient de 2 pêcheurs. Il pourrait être intéressant de travailler avec plus de pêcheurs ce qui pourrait palier aux influences du caractère socio-économique de la pêche sur cette étude.

Annexes :

Annexe 1 : Code Python du traitement des données de Température

```
import datetime
import copy
import statistics

def writeResults(turbidite, qualite) :
    with open("temperature_moyenne_pellerin_2018", "w") as file :
        for key in turbidite :
            if key in qualite and qualite[key][0] <= 10 :
                file.write(key+"\t"+str(turbidite[key])+"\t"+str(qualite[key][0])+"\t"+str(qualite[key][1])+"\n")

def ReadTurbiditeValue(filename) :
    monthToRegister = ['03', '04', '05']

    turbidite = {}
    qualite = {}

    with open(filename, "r") as file :
        lastDay = ''

        tempTurbidite = []
        tempQualite = []

        for line in file :
            listInfo = line.split("\n")[0].split("\t")
            date = datetime.datetime.strptime(listInfo[1], "%d/%m/%Y %H:%M")

            if date.strftime("%m") in monthToRegister :
                if lastDay != date.strftime("%d/%m/%Y") :
                    if len(tempTurbidite) != 0 :
                        turbidite[lastDay] = copy.deepcopy(tempTurbidite)
                        qualite[lastDay] = copy.deepcopy(tempQualite)
                        tempTurbidite.clear()
                        tempQualite.clear()
                    lastDay = date.strftime("%d/%m/%Y")

                tempTurbidite.append(float(listInfo[2]))
                tempQualite.append(float(listInfo[3]))

        return turbidite, qualite

def TreatmentTurbiditeValue(data, qualite) :
    ValueOxygene = {}
    ValueTurbidite = {}

    for key in qualite :
        indexToRemove = []
        tempVal = 0
        test = 0
        for i in range(len(qualite[key])) :
            test += 1
            if qualite[key][i] == 4 or qualite[key][i] == 9 :
                tempVal += 1
            if key in data :
                indexToRemove.append(i)

        indexToRemove.reverse()
        for index in indexToRemove:
            del data[key][index]

        ValueTurbidite[key] = [tempVal, test]

    for key in data :
        if len(data[key]) != 0 :
            ValueOxygene[key] = statistics.mean(data[key])

    return ValueOxygene, ValueTurbidite

def main() :
    ListeTurbidite, QualiteTurbidite = ReadTurbiditeValue("temperature_pellerin_2018")
    CorrectTurbidite, CorrectQualite = TreatmentTurbiditeValue(ListeTurbidite, QualiteTurbidite)
    writeResults(CorrectTurbidite, CorrectQualite)

if __name__ == "__main__" :
    main()
```


Bibliographie :

- Baglinière J. L., Elie P., 2000. Les aloses (*Alosa alosa* et *Alosa fallax* spp.), INRA, Paris
- Boisneau C., Feunteun E., 2016. La faune piscicole. Chapitre 14. In *Le continuum fluvio estuarien du bassin de la Loire*, F. Moatar (univ Tours) et N. Dupont (Univ Rennes), Quae Ed. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02134961>
- Cochran J.K., 2014. Estuaries, Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences
- Dill KC., 2011. *Alosa Sapidissima* (Wilson 1811): American Shad, FISH 423 – Fall 2011
- Leggett W.C., Whitney R.R., 1972. Water temperature and the migration of American Shad, Fishery Bulletin: VOL. 70. NO. 3.
- Maes J., Stevens M., Breine J., 2007. Modelling the migration opportunities of diadromous fish species along a gradient of dissolved oxygen concentration in a European tidal watershed, Estuarine, Coastal and Shelf Science 75: 151-162
- 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 la pêche et de la pisciculture 362/363 : 853-867
- Tetard S., Feunteun E., Bultel E., Gadais R., Bégout M.L., Trancart T., Lasne E., 2015. Poor oxic conditions in a large estuary reduce connectivity from marine to freshwater habitats of diadromous fish, Estuarine, Coastal and Shelf Science 169: 216-226
- PLAGEPOMI. 2014. Plan de gestion des poissons migrateurs 2014-2019 Bassins de la Loire, de la Sèvre niortaise et des côtières vendéens, DREAL centre et pays de la Loire, 98p
- GIP Loire Estuaire. La Loire, de la Maine à la mer Observations et suivis environnementaux [en ligne]. Disponible sur : <http://www.loire-estuaire.org>
- DREAL CENTRE-VAL DE LOIRE. Plan de gestion des poissons migrateurs (PLAGEPOMI) [en ligne]. Disponible sur : <http://www.centre-val-de-loire.developpement-durable.gouv.fr/plan-de-gestion-des-poissons-migrateurs-plagepomi-a987.html>
- Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie. Banque Hydro- Eaufrance [en ligne]. Disponible sur : <http://www.hydro.eaufrance.fr/>
- UMR 7324 Citeres. UMR Cités, TERritoires, Environnement et Sociétés [en ligne]. Disponible sur : <http://citeres.univ-tours.fr/>



POLYTECH[®]
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

Gaël Chéneau

[Étudiant(s)]

2019-2020

Titre : étude de la dynamique migratoire des Aloses dans l'estuaire de la Loire en 2018

Résumé : La dynamique estuarienne est impactée par des facteurs environnementaux tel que la température, l'oxygène dissous, la turbidité, le débit ou le coefficient de marée. Cette dynamique influence la migration des Aloses dans les fleuves. Après une étude de qualité des données à partir de l'indice de qualité fourni avec les données environnementales par le GIP Loire Estuaire. Le facteur influençant le plus la migration des Aloses dans l'estuaire de la Loire a été déterminé : le coefficient de marée.

Mots Clés : grande Alose, Alose feinte, estuaire, la Loire, facteurs environnementaux, qualité, variables, statistiques

[Entreprise] : UMR 7324 Citeres

35 Allée Ferdinand de Lesseps, 37200 Tours

Tuteur entreprise :

Catherine Boisneau

Chercheuse

Tuteur académique :

Catherine Boisneau