
Rapport de stage individuel

5^{ème} année

Suivi de reproduction de l'aloise
feinte (*Alosa fallax*) à Taillebourg et
suivi de la pression de prédation par
le silure

EPTB Charente
5 rue Chante Caille
ZI des Charriers
17100 Saintes



EPTB Charente
Etablissement Public Territorial de Bassin Charente

Tuteur entreprise :
Audrey Postic-Puivif
Chef de projet Poissons migrateurs

Maëlle Gaudron
5A IMA
2021-2022

Tuteur académique :
Catherine Boisneau

Remerciements

Tout d'abord, un grand merci à Audrey Postic-Puivif de m'avoir permis de réaliser ce stage. Merci pour ton accueil, ta disponibilité pour mes (nombreuses) questions, ta bonne humeur et pour tout ce que tu as pu m'apprendre pendant ce stage.

Merci à Eric Buard de CAPENA et François Albert de MIGADO de m'avoir permis de découvrir les autres suivis réalisés par la Cellule Migrateurs et pour leur bonne humeur.

Je remercie également la team « Poissons » de l'EPTB. Merci Marc-Antoine et Robin pour votre bonne humeur constante que ce soit au bureau, les pieds dans l'eau (ou dans la vase !) ou lors des suivis aloses. Merci pour vos conseils pour mon rapport et un merci de plus pour toi, Marc-Antoine qui délaisse, temporairement, ton compte rendu silure pour relire mon rapport !

Merci aussi à toi Christine, ma camarade stagiaire, pour m'avoir supportée pendant ces 5 mois ensemble dans notre bureau du fond du couloir, merci pour tes conseils et l'intérêt que tu as pu porter à mon stage et « mes » aloses.

Merci à Hélias et Chloris, stagiaires de la Cellule Migrateurs, pour ces moments partagés ensemble sur le terrain. Merci d'avoir sacrifié quelques nuits de sommeil pour les aloses !

Merci également aux Services Départementaux de la Charente et de la Charente-Maritime pour leur aide dans la réalisation des comptages nocturnes.

Merci à Julien, de la fédération de pêche de Charente-Maritime pour le partage des données de température de Saint-Savinien.

Un grand merci aussi à Basile pour son soutien dans la rédaction de ce rapport !

Pour son soutien sans faille dans la rédaction de ce rapport et de tous les autres rapports pour lesquels elle m'a accompagnée, je tiens aussi à remercier chaleureusement Catherine Boisneau.

Et pour finir, un grand merci à toute l'équipe de l'EPTB qui m'a permis de réaliser ce stage dans la bonne humeur constante. Merci pour votre accueil chaleureux et pour ces repas et ces verres partagés ensemble.

Présentation EPTB

L'EPTB Charente (Etablissement Public Territorial de Bassin) est créé en 1977 par les conseils généraux de la Charente, de la Charente-Maritime, des Deux-Sèvres et de la Vienne. Cette création fait suite à la sécheresse historique qui a frappé la France en 1976. Reconnue officiellement comme un EPTB en 2007 puis transformée en Syndicat Mixte Ouvert en 2017, cette institution a plusieurs missions :

- Promouvoir la gestion de l'eau à l'échelle du bassin de la Charente en réalisant les études et les travaux nécessaires à l'amélioration du régime hydraulique en crue et à l'étiage ;
- Le maintien ou la reconquête de la qualité des eaux et des milieux aquatiques ;
- La valorisation touristique de la Charente et de ses affluents.

Une étude des potentialités piscicoles a été menée par l'EPTB Charente et réalisée par Hydroconcept en 2003 sur les bassins de la Charente et de la Seudre. Elle a permis de mettre en évidence les bonnes potentialités d'accueil pour les poissons migrateurs sur les deux bassins.

Suite aux actions préconisées par le Plan de gestion des Poissons Migrateurs (PLAGEPOMI) du bassin hydrographique Garonne-Dordogne-Charente-Seudre-Leyre, plusieurs acteurs du bassin Charente-Seudre se sont rapprochés en 2007 pour créer une cellule d'animation. C'est ainsi que la Cellule Migrateurs Charente-Seudre (CMCS) a vu le jour en 2008. Elle est aujourd'hui composée de trois acteurs : l'EPTB Charente, l'association MIGADO (Migrateurs Garonne Dordogne Charente-Seudre) et le Centre pour l'Aquaculture, la Pêche et l'Environnement de Nouvelle-Aquitaine (CAPENA). Ensemble, ils mettent en œuvre les actions des programmes d'actions pluriannuels mis en place par la CMCS pour assurer la sauvegarde et la restauration des populations de poissons migrateurs amphihalins du bassin Charente-Seudre.

L'animation et la réalisation des actions du programme d'action pluriannuel de la Cellule Migrateurs Charente-Seudre sont assurées par :

- Audrey Postic-Puivif de l'EPTB Charente ;
- François Albert de l'association MIGADO ;
- Eric Buard de CAPENA.

Ce stage a été réalisé à l'EPTB Charente sous la supervision scientifique d'Audrey Postic-Puivif.

Cellule Migrateurs Charente Seudre



Table des matières

1	Introduction.....	1
2	Matériel et méthodes.....	4
2.1	Présentation du contexte géographique.....	4
2.1.1	Le bassin de la Charente.....	4
2.1.2	L'aloise feinte (<i>Alosa fallax</i>) et la grande alose (<i>Alosa alosa</i>)	5
2.2	Estimation du nombre de géniteurs sur la frayère de Taillebourg.....	8
2.2.1	Les frayères à aloses sur le bassin	8
2.2.2	Suivi audio.....	9
2.2.3	Calibration	9
2.2.4	Acquisition des variables environnementales.....	9
2.2.5	Traitement des données.....	10
2.2.6	Suivi nocturne.....	12
2.3	Prédation par le silure	12
2.3.1	Présentation du silure	12
2.3.2	La prédation des bulls par le silure.....	12
2.3.3	Historique	13
3	Résultats	14
3.1	Estimation du nombre de géniteurs.....	14
3.1.1	Nombre de bulls en 2022 et effort d'échantillonnage	14
3.1.2	Suivi linéaire.....	14
3.1.3	Corrélation entre le nombre de bulls et les variables environnementales.....	14
3.1.4	Nombre de géniteurs sur la frayère de Taillebourg	15
3.2	Prédation par le silure	18
3.2.1	En 2022	18
3.2.2	Analyse des données historiques	20
4	Discussion	23
5	Conclusion et perspectives.....	28
6	Bibliographie.....	30
7	Annexes	32

Liste des figures

Figure 1 : Le bassin versant de la Charente (Source : EPTB Charente).....	5
Figure 2 : L’alose feinte et la grande alose	6
Figure 3 : Aire de répartition de la grande alose (gauche) et l’alose feinte (droite) (Keith et al, 2020)	6
Figure 4 : Cycle biologique de l’alose feinte (André et al., 2018).....	7
Figure 5 : Bull d’aloses (Source : MRM).....	8
Figure 6 : Les frayères à aloses du bassin de la Charente	8
Figure 7 : Enregistreur à Taillebourg (Source : Maëlle Gaudron, 07/07/2022).....	9
Figure 8 : Aire de colonisation du silure en France Métropolitaine (Keith et al, 2020)	12
Figure 9 : Attaque d’un bull visible sur Audacity.....	13
Figure 10 : Activité des frayères d’aloses en 2022	14
Figure 11 : Estimation du nombre de bulls sur les quarts d’heure non dépouillés sur le site de Taillebourg ..	17
Figure 12 : Comparaison des effectifs de géniteurs estimés sur la frayère de Taillebourg entre 2014 et 2022	18
Figure 13 : Proportion de quarts d’heure avec présence de silure observée sur la saison de suivi linéaire par site	19
Figure 14 : Pourcentage de bulls attaqués (n = nombre de bulls total).....	19
Figure 15 : Proportion de bulls attaqués pour les sites de Taillebourg et La Baine	20
Figure 16 : Historique du nombre de sorties effectuées où des silures ont été observés.....	21
Figure 17 : Comparaison du nombre d’aloses sp et de silures en montaison à la station de comptage de Crouin (Aucune information pour les années 2011 et 2016 où la station n’a pas fonctionné pour cause d’inondation et de vandalisme)	21
Figure 18 : Comparaison du nombre de géniteurs d’aloses estimés à Crouin et du nombre de silure en montaison.....	22
Figure 19 : Comparaison du nombre de bulls attaqués par les silures et du nombre de géniteurs estimé à Taillebourg.....	22
Figure 20 : Comparaison du nombre de bulls attaqués par les silures et du nombre de géniteurs estimé à La Baine	23

Liste des tableaux

Tableau 1 : Comparaison de l'aloise feinte et de la grande aloise (Baglinière et al., 2000; Keith et al., 2020).....	6
Tableau 2 : Test de corrélation de Spearman entre le nombre de bulls et les variables explicatives. Significativité : p-value <0,05=*, p-value <0.01=**, p-value<0.001=***. gTemps et gTeau : transformations gaussiennes de l'indice temporel et de la température de l'eau ; Diff_Teau : différence de température de l'eau sur 24h ; diff_deb : différence de débit sur 24h ; Pluvio : pluviométrie journalière ; Tair_moy : Température moyenne de l'air journalière ; H_moy : hauteur moyenne de l'eau à Rochefort ; Néb : Nébulosité ; Patm : Pression atmosphérique moyenne journalière ; Tend_Patm : différence de pression atmosphérique moyenne sur 24h.....	15
Tableau 3 : Calcul de l'indice VIP calculé à partir de la régression PLS de la frayère de Taillebourg. (cases vertes : indice proche ou >1).....	15
Tableau 4 : Estimation du nombre de bulls total d'aloses feintes sur la frayère de Taillebourg après extrapolation grâce à la fonction plsr() du package pls du logiciel R.	15
Tableau 5 : Equation de régression linéaire entre les bulls entendus à l'enregistreur et ceux entendus sur site	16
Tableau 6 : Nombre de bulls estimés après extrapolation et calibration	16
Tableau 7 : AICc des courbes de tendance polynomiales	16
Tableau 8 : Coefficients multiplicateurs obtenus à partir du nombre de bulls observé et du nombre de bulls théorique	17
Tableau 9 : Récapitulatif du nombre de bulls estimé à la suite des différentes étapes de calcul	17
Tableau 10 : Nombre de géniteurs d'aloses feintes estimé par la méthode de l'association MIGADO (10 pontes par femelle) pour la frayère de Taillebourg	18

Liste des annexes

Annexe 1 : Déclaration de captures d'aloses feintes par les pêcheurs professionnels fluviaux sur la Charente (données CD17)	32
Annexe 2 : Nombre d'aloses débarquées dans les criées d'Oléron et de La Rochelle (Estimation d'après le poids total)	32
Annexe 3 : Branchiospines d'une alose feinte	33
Annexe 4 : Les frayères du bassin de la Charente : de l'aval vers l'amont.....	34
Annexe 5 : Bull visible sur la bande sonore (Logiciel Audacity)	35
Annexe 6 : Construction de la courbe de Gauss	35
Annexe 7 : Calcul du Critère d'Information d'Akaike corrigé (AICc).....	35
Annexe 8 : Fiche de suivi linéaire des bulls	36
Annexe 9 : Fiche de suivi et protocole d'éclairement des silures 2022	37
Annexe 10 : Nuits réécoutées pour réaliser l'historique des bulls attaqués	38
Annexe 11 : Nombre maximal de bulls par quart d'heure et par frayère en aval de Crouin depuis 2013, avec dégradé de couleur suivant le maximum connu par frayère (vert = maximum et rouge = minimum)	38
Annexe 12 : Nombre de bulls dépouillés en fonction de la température de l'eau de nuit.....	39
Annexe 13 : Nombre de bulls dépouillés en fonction de la pluviométrie journalière	39
Annexe 14 : Tableau de corrélation de Spearman entre les différentes variables environnementales. Les cases de couleur ont une p-value < 0,05.....	40
Annexe 15 : Choix de la composante grâce aux valeurs du RMSEP et de R^2	40
Annexe 16 : Somme du nombre de bulls dépouillés par quart d'heure sur la frayère de Taillebourg.....	40
Annexe 17 : Proportion de quarts d'heure avec présence de silures observée sur la saison de suivi linéaire par site en 2021	41
Annexe 18 : Pourcentage d'attaques sur le total de bulls entendus lors du suivi linéaire par site (n est le total de bulls entendus par site sur la saison 2021)	41

Glossaire

AIC	Critère d'Information d'Akaike
AICc	Critère d'Information d'Akaike corrigé
CAPENA	Centre pour l'Aquaculture, la Pêche et l'Environnement de Nouvelle-Aquitaine
CD 17	Conseil Départemental de la Charente-Maritime
CMCS	Cellule Migrateurs Charente Seudre
COGEPOMI	Comité de Gestion des Poissons Migrateurs
EPTB	Etablissement Public Territorial de Bassin
MIGADO	Association Migrateurs Garonne Dordogne Charente-Seudre
MRM	Association Migrateurs Rhône Méditerranée
OFB	Office Français pour la Biodiversité
OMM	Organisation Météorologique Mondiale
PLAGEPOMI	Plan de Gestion des Poissons Migrateurs
PLS	Partial Least Square
RMSEP	Root Mean Square Error of the Prediction (Racine carrée de l'erreur de prédiction)
SD	Service Départemental
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SMT	Système mondial de communication
SYNOP	Données d'observations des messages internationaux
VIF	Variance Inflation Factor
VIP	Variable Importance in the Prediction

1 Introduction

Les poissons migrateurs amphihalins anadromes¹ sont des espèces au cycle biologique particulier. Contrairement aux espèces holobiotiques², ces poissons migrateurs anadromes vont être amenés à changer radicalement de milieux de vie plusieurs fois au cours de leur existence. La reproduction de ces espèces a lieu dans les cours d'eau continentaux (eau douce). Les juvéniles vont passer quelques jours à quelques semaines dans la rivière ou dans l'estuaire avant de rejoindre la mer pour effectuer leur croissance. Lorsqu'ils arrivent à maturité sexuelle, ils vont effectuer leur grande migration vers les fleuves pour pouvoir se reproduire. Cette migration peut être induite par différents paramètres environnementaux tels que le débit ou la température de l'eau.

Plusieurs espèces anadromes évoluent dans les grands fleuves français. On retrouve notamment la grande alose (*Alosa alosa*) et l'alse feinte (*Alosa fallax*). Ces espèces remontent le fleuve dès février pour rejoindre les frayères³ et effectuer ce qui constitue, pour certains individus (notamment la grande alose), leur unique reproduction. Malheureusement, la plupart des populations d'aloses françaises ont vu leurs effectifs décliner depuis le début du 21^{ème} siècle (Tentelier *et al.*, 2021) amenant la grande alose et l'alse feinte à rejoindre la liste rouge des espèces menacées en France métropolitaine (respectivement en *danger critique d'extinction* et *quasi menacée* (UICN, 2019)). Le bassin de la Charente, qui s'inscrit dans le bassin hydrographique Garonne, Dordogne, Charente, Seudre et Leyre, ne fait pas exception et observe un déclin important de ces espèces. Comme pour chacun des grands bassins hydrographiques français, des moyens de protection et d'acquisition de connaissances pour les poissons migrateurs et notamment les aloses sp. (Alose feinte et grande alose indifférenciées) sont mis en place par décision du Comité de Gestion des Poissons Migrateurs (COGEPOMI). Il va permettre l'élaboration et l'application du Plan de Gestion des Poissons Migrateurs (PLAGEPOMI) à l'échelle du bassin hydrographique. Ce plan est voté pour 6 ans et doit être en accord avec les orientations du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE). Pour répondre aux actions à mettre en place par le PLAGEPOMI et face aux enjeux « poissons migrateurs » importants à l'échelle de la Charente, trois structures se sont associées en 2009 pour former la Cellule Migrateurs Charente-Seudre : l'EPTB Charente, MIGADO (Association Migrateurs Garonne Dordogne Charente Seudre) et CAPENA (Centre pour l'Aquaculture, la Pêche et l'Environnement de Nouvelle-Aquitaine). Cette création a permis de faire du bassin de la Charente une entité de gestion à part entière. Des programmes pluriannuels de gestion des poissons migrateurs ont pu être mis en place (2009-2011, 2012-2015, 2016-2020 et 2021-2025). Ces programmes visent l'ensemble des poissons migrateurs du bassin versant de la Charente et regroupent trois grandes thématiques :

- La connaissance de l'état des populations ;
- La restauration de la continuité écologique ;
- La communication dans un but de sensibilisation et d'intégration des acteurs dans la sauvegarde des poissons migrateurs.

Au cours du troisième programme d'actions, l'EPTB Charente a porté une étude (Abdallah *et al.*, 2021), visant à dresser un bilan de l'état des espèces et de leur évolution (ci-après appelée « étude POMI »). Le précédent état des lieux réalisé en 2003 servait encore aujourd'hui de référence pour de nombreuses thématiques (HYDRO CONCEPT, 2003). De plus, elle a permis de réaliser une appréciation critique de la situation et des moyens techniques nécessaires pour y remédier. Les indicateurs et les améliorations possibles à leur apporter ont également été étudiés. L'étude POMI a aussi permis d'analyser les suivis mis en œuvre sur le territoire depuis 14 ans et d'en réorienter certains, ainsi que d'en proposer de nouveaux. Pour cette étude, de nombreux

¹ Poissons migrateurs dont la croissance se passe en mer et la reproduction se passe en rivière

² Espèces migratrices effectuant leur cycle de vie dans le même milieu (exemple : le brochet (*Esox lucius*))

³ Zones de reproduction et de dépôt des œufs

acteurs ont donc été contactés pour avoir une vision de la perception du territoire à la gestion des poissons migrateurs.

Elle a également mis en avant les différents facteurs pouvant exercer des pressions sur les poissons migrateurs et notamment les aloses sp. La libre circulation de la faune est fortement impactée par les nombreux barrages présents sur la Charente. Le taux d'étagement actuel traduit cette artificialisation de l'écoulement de la Charente (supérieur à 90%) et la rupture de la continuité écologique (Abdallah *et al.*, 2021). Des dispositifs de franchissement ont été construits pour rétablir la migration des individus mais leur efficacité n'est pas toujours optimale et ne résout pas toujours le problème de blocage. De plus, les prédateurs peuvent stagner au pied des passes à poissons ce qui peut effaroucher les poissons migrateurs ou retarder leur migration, ces derniers ne s'engageant pas dans la passe. Les aloses sp. sont alors parfois contraintes de frayer au pied de ces ouvrages, où elles sont particulièrement vulnérables. Ces frayères forcées sont notamment des zones où la prédation est accrue car les poissons s'accumulent et la rencontre prédateur / proie est donc plus probable (Boulêtreau *et al.*, 2021). De plus, les caractéristiques morpho-dynamiques de ces « frayères » ne sont pas forcément adaptées pour que les œufs puissent arriver à maturation et donner des juvéniles (Bouyssonnie & Filloux, 2021).

D'autres pressions ont été identifiées mais leur impact est moins bien perçu. Tout d'abord, les prélèvements par la pêche (volontaires ou accidentels) sur les aloses sp. ne sont pas quantifiés et l'impact sur le poisson, mal décrit. L'aloise feinte peut être pêchée par les pêcheurs professionnels et les pêcheurs de loisir (la grande alose est protégée par un moratoire depuis 2008). Il est difficile d'analyser l'impact de cette pression, l'aloise sp. étant souvent une pêche accessoire pour les pêcheurs professionnels et les données récupérées actuellement proviennent des poissons débarqués à la criée (Annexe 1 et Annexe 2). Elles ne sont donc pas exhaustives, la déclaration n'étant pas obligatoire. Il en est de même pour la pêche de loisir. Il est donc compliqué d'estimer l'impact sur les populations d'aloses sp. (Abdallah *et al.*, 2021).

La qualité de l'eau est aussi un paramètre important dont l'impact n'est pas quantifié, notamment pour le stade juvénile. En effet, la Charente et la Charente-Maritime sont des départements consommateurs de produits phytosanitaires qui pourraient avoir un impact sur les alosons (Abdallah *et al.*, 2021). A cela est combiné la présence du bouchon vaseux dans l'estuaire. Ce phénomène naturel a été amplifié par la construction du barrage de Saint-Savinien dans les années 60, par la tendance à la diminution des débits de la Charente liés aux différents usages anthropiques et la diminution de la pluviométrie (changement climatique) (Abdallah *et al.*, 2021). Dans le bouchon vaseux, les conditions d'anoxie peuvent être importantes dues à la dégradation de la matière organique. Or Schmidt & Lepage (2018) montrent que si les concentrations d'oxygène dissoutes sont trop faibles à l'automne, la survie des juvéniles des poissons migrateurs n'est pas assurée. De plus, le bouchon vaseux peut également jouer un rôle de barrière chimique ralentissant ou empêchant la montaison des grands migrateurs au printemps (Woillez & Rochard, 2003). Depuis quelques années, ce seuil a été dépassé plusieurs fois sur la Charente.

Il faut également noter que le changement climatique est une pression de plus qui s'exerce avec plusieurs impacts attendus notamment une baisse des débits mais encore des épisodes de crues ou de sécheresse plus fréquents et plus intenses ce qui pourrait se révéler très problématique pour l'attractivité de la Charente pour les aloses sp., ces dernières étant guidées par « l'attractivité hydrologique des fleuves » (Abdallah *et al.*, 2021). La hausse des températures pourrait aussi provoquer un déclenchement prématuré de la reproduction et compromettre la survie des juvéniles en été.

Pour suivre l'état de la population des aloses sp. face à ces pressions, plusieurs indicateurs ont été mis en place pour chaque espèce de poissons migrateurs et mis à jour grâce à cette étude. Ces derniers peuvent être suivis sur le tableau de bord Migrateurs Charente-Seudre⁴. L'un des indicateurs de la population d'aloses feintes est

⁴ <https://www.migrateurs-charenteseudre.fr/>

le nombre de géniteurs estimés sur certaines frayères. En 2012, des premiers résultats sur la reproduction des aloses feintes sur le bassin Charente ont été obtenus (Tallerie, 2012). Puis en 2014, un protocole de suivi de l'activité et une méthode d'estimation du nombre de géniteurs sur les principales frayères de la Charente (Taillebourg, La Baine et Crouin) ont été mis en place (Brias, 2014). Depuis, une estimation est réalisée annuellement (à l'exception de 2015 et 2019). Depuis 2021, seule la frayère de Taillebourg fait l'objet d'une estimation du nombre de géniteurs et sert d'indicateur pour la population d'aloise feinte. Cette décision fait suite au souhait d'optimiser les suivis sur la Charente et à plusieurs constatations. En effet, la frayère de Crouin n'était pas la plus adaptée car la frayère est plus ou moins forcée (au pied du barrage de Crouin) et le bruit de chute du barrage perturbait les enregistrements. Pour la frayère de La Baine, le suivi est arrêté car le site a évolué, le nombre de bulls est de moins en moins important et un projet d'aménagement pour la restauration de la continuité écologique est en cours.

D'autre part, un suivi de l'activité de reproduction des aloses sp. sur le bassin de la Charente est réalisé grâce à des suivis nocturnes sur les sites de frayères identifiés. Ces suivis ont permis d'observer l'apparition d'une nouvelle pression qui pourrait avoir des impacts importants sur les effectifs d'aloses sp.. Il s'agit de la prédation / effarouchement par le silure (*Silurus glanis*). Cette espèce, largement introduite en France, est la plus grande espèce d'eau douce d'Europe (Syväranta *et al.*, 2009). Elle est jusqu'à deux fois plus grande que les prédateurs natifs tels que le brochet (ils peuvent dépasser les 2,70 mètres) (Boulêtreau *et al.*, 2021 ; Paz-Vinas & Santoul, 2019). La taille refuge des proies s'en trouve augmentée (c'est-à-dire la taille limite à laquelle elles ne sont plus prédatées) (Paz-Vinas & Santoul, 2019). Ainsi, les espèces migratrices et notamment les aloses sp., qui n'avaient pas de prédateurs, peuvent désormais être consommées par les silures.

La question de son effet sur les populations autochtones est un sujet sensible. La bibliographie est aujourd'hui claire et concordante sur plusieurs bassins en France sur le fait que cette espèce exerce une pression de prédation significative sur les poissons migrants, ces derniers constituant une part non négligeable des proies du silure lors des périodes de migration (Belhamiti & Boisneau, 2015; Boulêtreau *et al.*, 2018, 2021; Rapet & Gaillard, 2021; Syväranta *et al.*, 2009). Un suivi réalisé en 2020 sur la Dordogne et la Garonne sur des lamproies marines a révélé que 80% des individus marqués (tag de prédation) ont été consommés par le silure (Boulêtreau *et al.*, 2020). Cette présence est donc une pression qui vient s'ajouter aux nombreuses pressions anthropiques pesant déjà sur les poissons migrants.

L'impact du silure peut se faire à plusieurs niveaux. Tout d'abord, la prédation sur les aloses sp. peut se faire autant en parcours libre qu'au droit des ouvrages (Fauvel *et al.*, 2019). En effet, lorsque les actes de reproduction sont synchronisés, il existe un risque plus important de prédation sur les reproducteurs or les aloses sp. se regroupent sur les frayères et ont tendance à frayer simultanément ce qui les rend vulnérables, même sur des parcours libres (Tentelier *et al.*, 2021).

Les structures anthropiques en place sur les cours d'eau comme les barrages et les seuils, sont suspectés d'avoir un impact sur la survie des espèces piscicoles notamment à cause de la stagnation des espèces et des prédateurs, même lorsqu'il existe des passes à poissons (Agostinho *et al.*, 2012). Dans l'étude de Boulêtreau *et al* réalisée en 2018 sur le saumon, des mouvements de silure dans la passe à poissons ont été observés en même temps que les migrations de saumon. 35 % des saumons ont alors été consommés directement dans la passe. Des rassemblements de silures ont également été observés à la sortie de la passe à poissons ce qui suggère que ces derniers se sont adaptés à cette structure anthropique et ont développé une technique de chasse particulièrement adaptée aux migrants qui ont plus tendance à utiliser les dispositifs de franchissement que les autres espèces piscicoles. La présence de ces ouvrages peut également entraîner la fraie forcée des aloses sp. qui se concentrent au droit des structures, faute de pouvoir migrer à l'amont. Elles sont alors particulièrement exposées à la prédation car l'agrégation des individus favorise la rencontre proie/prédateur mais aussi parce que les aloses sp. sont très vulnérables lors de leur reproduction. En effet, ces dernières n'ont pas encore développé de comportement « anti-prédateur » vis-à-vis des silures, leur introduction étant encore trop récente (Boulêtreau *et al.*, 2021). Ainsi, Boulêtreau *et al* ont montré en 2021

sur le bassin de la Garonne qu'un nombre non négligeable de bulls de grande alose était attaqué par les silures (12 % d'attaques entendues et 37 % d'attaques réellement comptabilisées grâce aux vidéos). Ces attaques pourraient empêcher la reproduction par effarouchement ou prédation et par conséquent impacter la production de la descendance et la dynamique de population (Boulêtreau *et al.*, 2021).

Sur la Charente, les effectifs de cette espèce sont de plus en plus conséquents et des individus sont fréquemment observés sur le terrain. Des actes de prédation ont été observés et comptabilisés depuis plusieurs années. Des questions se posent sur l'impact de cette espèce sur les aloses sp. de la Charente. Aujourd'hui, plusieurs études ont été menées sur plusieurs grands fleuves tels que la Loire ou la Garonne (Belhamiti & Boisneau, 2015 ; Boulêtreau *et al.*, 2021) mais les connaissances sur le bassin Charente sont moins avancées. Pour progresser dans les connaissances, la CMCS a commencé l'acquisition et l'analyse de données spécifiques au silure depuis 2021 et ce rapport présentera les observations réalisées pour la saison 2022.

Pour cette année 2022, le suivi de l'activité de reproduction des aloses feintes est donc poursuivi pour pouvoir estimer le nombre de géniteurs sur la frayère de Taillebourg. Cela permettra d'alimenter le tableau de bord de la CMCS et ainsi avoir l'indicateur 2022 de la population d'aloses feintes. Cependant, l'objectif de cette année est également l'acquisition de données sur la présence du silure. Pour poursuivre le suivi 2021, l'estimation des attaques de silures lors des prospections sur site est maintenue. Un suivi plus spécifique sera également réalisé sur la frayère de La Baine où la population de silures et le nombre d'attaques ces dernières années est assez important. Pour compléter ces suivis, une analyse des enregistrements et des fiches de terrain des années précédentes sera également réalisée pour connaître l'historique de la présence et des attaques de bulls par le silure.

2 Matériel et méthodes

2.1 Présentation du contexte géographique

2.1.1 Le bassin de la Charente

La Charente est située au nord de la Gironde et au sud de la Loire et du marais poitevin (Figure 1). Elle draine un bassin versant d'environ 10 550 km² (EPTB Charente). Elle prend sa source à Chéronnac (87) et s'étend sur une longueur de 360 km. Au total, 6 500 km de cours d'eau et 40 000 ha de marais sont répartis sur la région Nouvelle-Aquitaine et six départements (Charente, Charente-Maritime, Deux-Sèvres, Dordogne, Haute-Vienne et Vienne). Plus de 60% du bassin est en dessous de 100 m d'altitude. Il est soumis à un climat tempéré océanique avec une pluviométrie pouvant varier entre l'Est (900 mm par an) et l'Ouest du bassin (600 à 700 mm sur la côte) (EPTB Charente).

La localisation du bassin versant lui offre une variété importante de milieux et de paysages qui permettent d'accueillir de nombreuses espèces et notamment des espèces de poissons migrateurs telles que l'anguille (*Anguilla anguilla*), la grande alose (*Alosa alosa*), l'aloise feinte (*Alosa fallax*), la lamproie marine (*Petromyzon marinus*), la lamproie fluviatile (*Lampetra fluviatilis*), le saumon (*Salmo salar*), la truite de mer (*Salmo trutta*), le flet (*Platichthys flesus*), le mulot (*Liza ramada*), l'éperlan (*Osmerus eperlanus*) et historiquement l'esturgeon (*Acipenser sturio*).



Figure 1 : Le bassin versant de la Charente (Source : EPTB Charente)

2.1.2 L'alose feinte (*Alosa fallax*) et la grande alose (*Alosa alosa*)

2.1.2.1 Systématique

Les aloses sp. appartiennent à l'ordre des Clupéiformes et à la famille des Clupéidés qui compte 56 genres et 181 espèces. Cette famille est souvent associée à des espèces particulièrement connues notamment pour leur aspect économique. Il s'agit du hareng (*Clupea harengus*) et de la sardine (*Sardina pilchardus*).

Les clupéidés, y compris les aloses sp., sont caractérisés par un corps fusiforme qui peut parfois être comprimé latéralement, la présence de petites dents, de nombreuses branchiospines qui servent de filtres pour les branchies et la présence d'une carène ventrale formée de scutelles (Whitehead, 1985 in Baglinière et al., 2000).

On retrouve le genre *Alosa* dans tous les types de milieux aquatiques des zones littorales et pélagiques marines jusqu'aux corridors fluviaux, aux lacs et aux milieux estuariens. Ce genre compte onze espèces anadromes.

2.1.2.2 Ecologie et biologie

L'alse feinte et la grande alse sont des espèces pélagiques anadromes grégaires. Malgré leur forte ressemblance (Figure 2, (Tourenne & André, 2021)), elles se distinguent sur plusieurs points. Tout d'abord, l'alse feinte est plus petite (42 cm en moyenne) que la grande alse (52 cm en moyenne). Cette dernière possède une tâche noire à l'arrière de l'opercule tandis que l'alse feinte présente en général une rangée de plusieurs tâches noires. De plus, les écailles de la grande alse sont organisées de façon irrégulière le long de la ligne longitudinale tandis que celles de l'alse feinte sont beaucoup plus régulières. Cependant, le critère majeur de distinction reste le nombre de branchiospines. A taille adulte, la grande alse en compte plus de 90, très fines tandis que l'alse feinte en possède moins de 60, beaucoup plus larges (Annexe 3) (Keith *et al.*, 2020). Elles se distinguent également sur différents paramètres pour leur reproduction (Tableau 1).

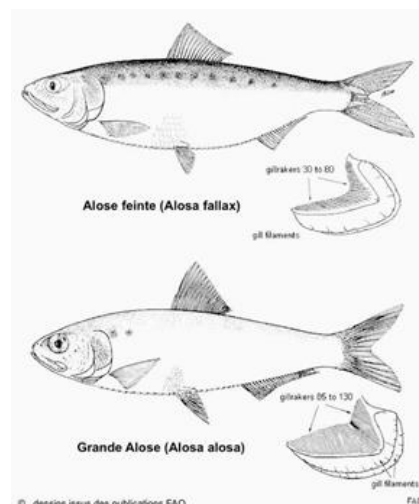


Figure 2 : L'alse feinte et la grande alse

Tableau 1 : Comparaison de l'alse feinte et de la grande alse (Baglinière *et al.*, 2000; Keith *et al.*, 2020)

	Alose feinte (<i>Alosa fallax</i>)	Grande alse (<i>Alosa alosa</i>)
Distance de migration maximale	+ de 250 km de la mer	+ de 650 km de la mer
Période de migration	Avril à Juin	Mars à Juin
Nombre de reproduction	Itéropare	Sémelpare (majoritairement)
Température optimale reproduction	18 à 22°	12 à 19°

Aujourd'hui, la grande alse n'est présente de façon significative sur la face Atlantique qu'en France et au Portugal. Il semblerait qu'elle recolonise le Rhin et la Seine mais les populations restent encore assez petites aujourd'hui. Tout comme l'alse feinte, de nombreux cours d'eau historiquement colonisés ne le sont plus aujourd'hui (Figure 3). Sur le Rhône, la population de grande alse y est même éteinte. Pour ce qui est de l'alse feinte, elle est toujours présente de manière significative sur les côtes atlantiques des îles britanniques, en Allemagne, en France, au Portugal et au Maroc. En France, la colonisation de la Seine resterait résiduelle mais elle est encore relativement abondante sur les grands fleuves et dans de plus petits fleuves du littoral Manche-Atlantique tels que l'Adour et la Charente ((Keith *et al.*, 2020)

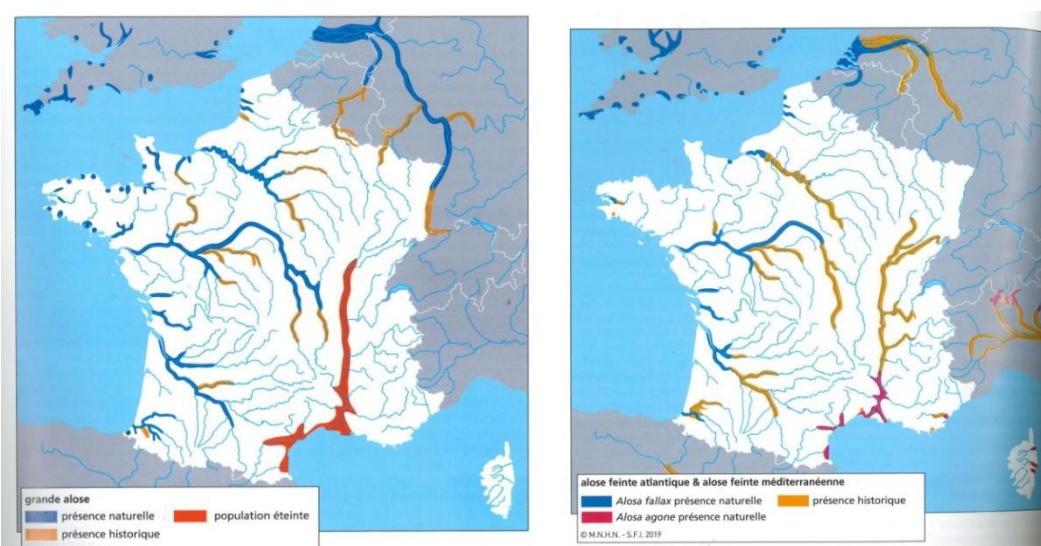


Figure 3 : Aire de répartition de la grande alse (gauche) et de l'alse feinte (droite) (Keith *et al.*, 2020)

2.1.2.3 Cycle biologique

Les aloses sp. sont des espèces migratrices anadromes. Elles passent une grande partie de leur vie en mer avant de rejoindre les rivières pour se reproduire sur des frayères « caractérisées par une plage de substrat grossier délimitée en amont par un profond et en aval par une zone peu profonde à courant rapide » (Keith *et al.*, 2020). Leur cycle de vie est globalement similaire (Figure 4, (André *et al.*, 2018)) bien qu'il existe quelques différences au niveau du temps d'incubation, de la période de séjour en estuaire et des périodes de montaison/reproduction. De plus, l'aloise feinte peut se reproduire plusieurs fois au cours de sa vie. Ce phénomène est exceptionnel chez la grande alose qui remonte plus en amont des bassins versants et n'arrive pas à regagner l'océan après la reproduction.

La grande alose utilise des frayères situées bien à l'amont de celles des aloses feinte. Cependant, il est possible que certaines frayères soient occupées par les deux espèces notamment en cas de blocages à la migration. Des cas d'hybridation peuvent alors être observés (Keith *et al.*, 2020; Mennesson-Boisneau, 1990).

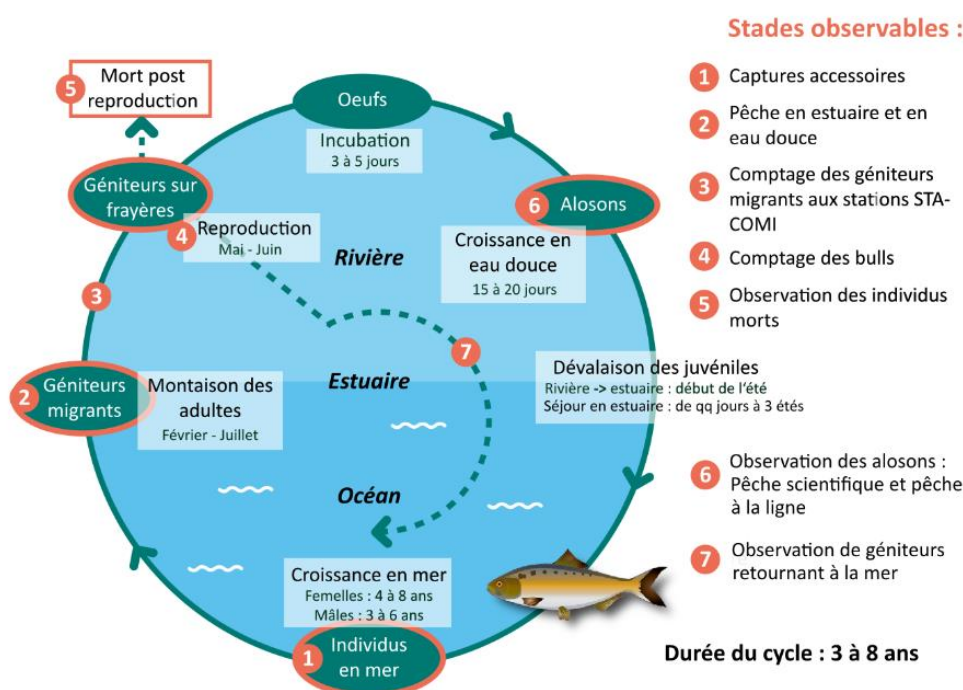


Figure 4 : Cycle biologique de l'aloise feinte (André *et al.*, 2018).

L'acte de reproduction chez l'aloise sp. est très caractéristique. Les aloses sp., mâles et femelles, vont se coller flanc contre flanc et effectuer des mouvements circulaires à la surface de l'eau pendant deux à huit secondes (selon l'espèce) (Figure 5). Ce phénomène, appelé « bull », émet un bruit particulier d'environ 35 à 50 dB (Baglinière *et al.*, 2000). Ce dernier est facilement reconnaissable et s'entend d'assez loin ce qui permet de réaliser des suivis de l'activité de reproduction des aloses sp. depuis la berge (Tentelier *et al.*, 2021).

Les bulls ont lieu la nuit, entre 23h et 5h. Le pic d'activité est généralement recensé entre 1h et 3h mais ce créneau peut être décalé en raison des horaires et des coefficients de marée.



Figure 5 : Bull d'aloses (Source : MRM)

2.2 Estimation du nombre de géniteurs sur la frayère de Taillebourg

2.2.1 Les frayères à aloses sur le bassin

Plusieurs frayères à aloses sp. ont été recensées sur le bassin de la Charente (Annexe 4) (Figure 6). Les frayères à l'amont de Crouin sont considérées comme étant principalement des frayères à grande alose (la limite amont de colonisation des aloses feintes est juste en amont de Cognac (Bagnolet)). Toutes celles à l'aval de Crouin sont des frayères à aloses feintes mais il est possible que les deux espèces s'y reproduisent notamment si les grandes aloses rencontrent des difficultés lors de leur montaison au niveau des barrages de Saint-Savinien et de Crouin.

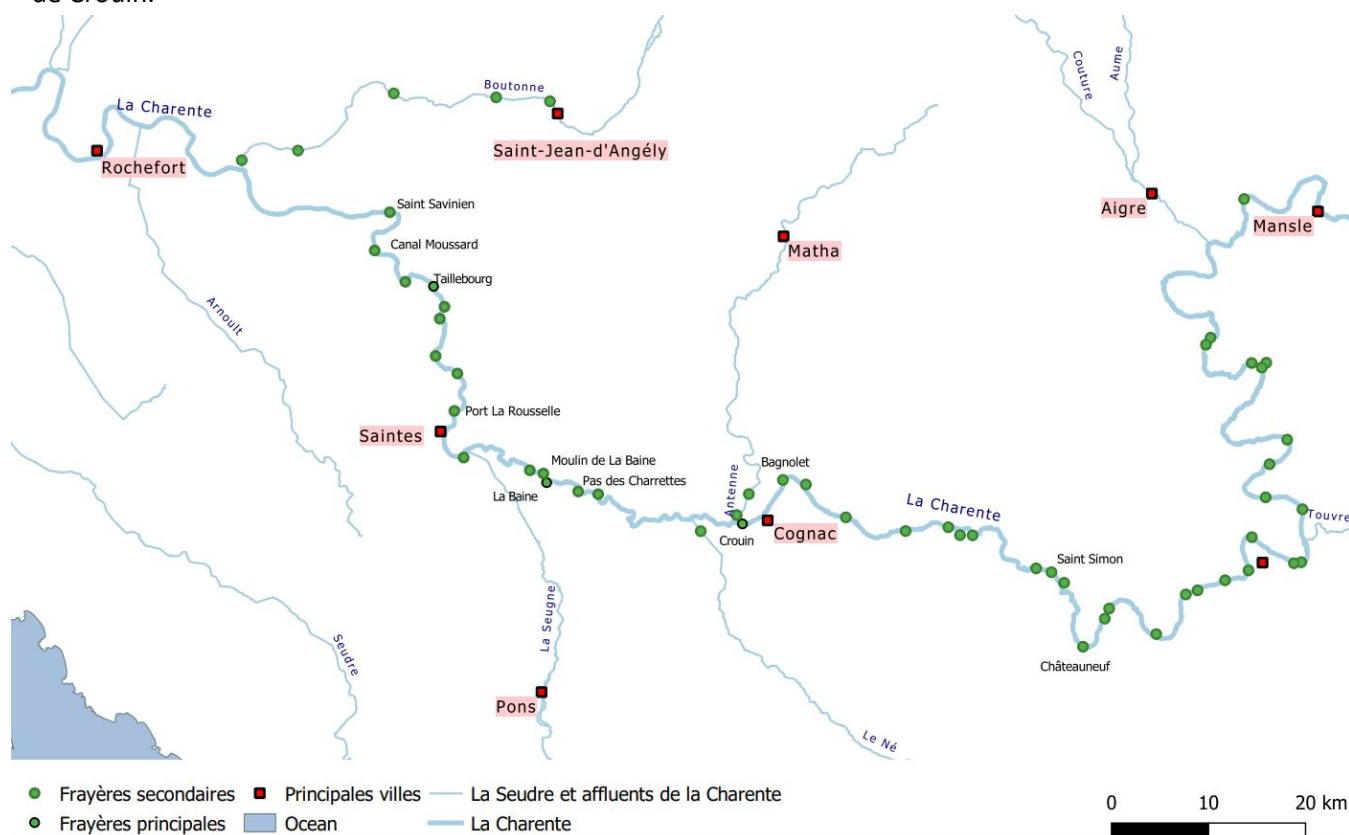


Figure 6 : Les frayères à aloses du bassin de la Charente

Ces frayères sont suivies par la Cellule Migrateurs Charente-Seudre (CMCS) pour deux objectifs. Le premier objectif est d'observer l'activité de reproduction des aloses sp.. Pour cela, des équipes de la CMCS ou du

Service Départemental (SD) de l'OFB (Office Français de la Biodiversité) de Charente ou Charente-Maritime prospectent les frayères de nuit et notent le nombre de bulls qui ont pu être entendus. Ces suivis sont réalisés dans un objectif de description de l'activité sur le territoire.

Le deuxième objectif est d'estimer le nombre de géniteurs d'aloses feintes sur une frayère précise pour alimenter un des indicateurs de la population d'aloses feintes. Cette frayère est la frayère de Taillebourg (voir Figure 6). Ce site a été choisi car c'est une des frayères les plus actives et elle est susceptible d'accueillir l'enregistreur (accès à la berge facile et normalement peu de bruits parasites). De plus, cette frayère étant suivie depuis 2010, il existe un historique de données important.

2.2.2 Suivi audio

2.2.2.1 Pose des enregistreurs à Taillebourg et dépouillement de enregistrements

Pour l'estimation du nombre de géniteurs sur la frayère de Taillebourg, le protocole mis en place en 2014 lors du stage de Tommy Brias a été suivi (Brias, 2014). Les bulls d'aloses sp. sont des événements sonores qui peuvent être enregistrés. Le dispositif d'enregistrement est composé d'un enregistreur Olympus WS-852 rattaché à un microphone Olympus mis en place sur une parabole fixée à un piquet en bois (Figure 7). L'enregistreur est placé dans une boîte hermétique fixée au dispositif soutenant la parabole. L'enregistreur est posé à Taillebourg, en rive gauche, une fois par semaine en début et fin de saison et deux fois par semaine pendant la pleine saison de reproduction (voir Figure 6).



Figure 7 : Enregistreur à Taillebourg
(Source : Maëlle Gaudron,
07/07/2022)

Les enregistrements obtenus sont ensuite dépouillés avec le logiciel Audacity. Celui-ci permet de visualiser la bande sonore et donc, pour certains bulls, de les identifier plus facilement. En effet, si le bull est assez proche de l'enregistreur, il a une forme assez spécifique sur la bande audio (Annexe 5). Cependant, tous les bulls ne sont pas aussi visibles et seuls les bulls dont la durée est supérieure à deux secondes sont comptabilisés.

L'enregistrement n'est pas entièrement écouté. Chaque nuit est dépouillée de 23h à 6h, un quart d'heure sur deux (14 quarts d'heure au total par nuit). Cette méthode, validée en 2014, permet une estimation correcte du nombre de bulls tout en réduisant le temps d'écoute.

2.2.3 Calibration

Pour la frayère de Taillebourg, le suivi est plus long et plus précis pour permettre l'estimation des géniteurs. Des calibrations sont réalisées. Pour cela, l'équipe va rester quatre fois 15 minutes sur le site et noter l'heure de chaque bull. On peut alors quantifier le pourcentage de bulls recueillis grâce à l'enregistreur comparés au nombre de bulls entendus sur site par l'oreille humaine. Huit calibrations ont été réalisées par des binômes de la CMCS.

Les enregistrements sur Taillebourg ne sont pas faits de façon continue. Il est donc nécessaire de faire une extrapolation pour les nuits manquantes qui n'ont pas été échantillonnées. Pour cela, il est important de prendre en compte les variables environnementales qui exercent une influence sur la migration et la reproduction. C'est le cas notamment de la température et du débit (Baglinière *et al.*, 2000).

2.2.4 Acquisition des variables environnementales

Les variables à prendre en compte ont été sélectionnées selon la littérature et l'expérience acquise par la CMCS grâce aux nombreuses années de suivi et d'application de ce protocole.

- La température : elle est mesurée toutes les heures par une sonde thermique placée dans la passe à poissons de Saint-Savinien ;
- Le débit journalier de la Charente à Saint-Savinien : les valeurs sont mesurées niveau de la station de Beillant sur la Charente et de la Lijardière sur la Seugne. Elles sont récupérées sur Hydroportail puis additionnées pour avoir le débit à Saint-Savinien ;
- Les différences de débit et de température en 24h sont calculées pour chaque jour ;
- La marée : elle peut avoir une influence sur la migration des individus (Baglinière *et al.*, 2000) et leur reproduction. Le site de Taillebourg est directement impacté par la marée ;
- Les données météorologiques : la pluviométrie journalière, la nébulosité totale, la pression atmosphérique ainsi que la variation de celle-ci en 24 heures. Ces données sont issues des données d'observations des messages internationaux d'observation en surface (SYNOP) circulant sur le système mondial de télécommunication (SMT) de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM). Elles sont récupérées pour la station de la Pointe de Chassiron (sur l'île d'Oléron).

La corrélation de ces variables environnementales avec le nombre de bulls sera testée grâce à une matrice de corrélation de Spearman. Ce test permet de connaître le lien entre chaque variable.

2.2.5 Traitement des données

2.2.5.1 Extrapolation des nuits manquantes

Le suivi n'étant pas réalisé de façon exhaustive, il manque des données pour les nuits non enregistrées. Ces nuits manquantes vont donc être extrapolées. Pour cela, en plus des variables environnementales, un indice temporel (Temps) a été ajouté aux données. Ainsi, le premier jour de suivi (30 Mars) correspond au jour 1 et le dernier jour de suivi (6 Juillet) correspond au jour 99.

La première étape consiste à transformer les variables explicatives dépendantes de manière non linéaire à l'activité de reproduction : l'indice temporel et la température de l'eau. En effet, la température joue un rôle très important dans la migration et la reproduction. Elle peut avoir un effet activateur ou inhibiteur. De plus, l'activité de reproduction n'est pas homogène durant la période de reproduction. Elle est théoriquement plus importante en Mai et en Juin qu'en Avril ou Juillet (Mennesson-Boisneau, 1990). Dans ce cas, l'ajustement d'une droite n'aurait pas de sens et donnerait une corrélation très faible. Il est donc nécessaire d'ajuster une courbe de Gauss à ces deux variables.

Il est d'abord nécessaire de faire une transformation en logarithmes népériens du nombre de bulls bruts par nuit ($\ln(y)=x$) puis une parabole est ajustée au nuage de points ($\ln(y)=a_2x^2+a_1x+b$) car « *ajuster une parabole à des données d'abondances d'espèces logarithmiques revient à ajuster une courbe de Gauss sur les données brutes* » (Borcard, 2000). Les coefficients a_2 , a_1 et b servent ensuite à construire la courbe de Gauss (Annexe 6).

Un modèle prédictif basé sur une régression PLS avec validation croisée 'leave-one-out' du nombre de bulls observés en fonction des variables environnementales, permet de modéliser un nombre de bulls théoriques en fonction de l'ensemble des variables, pour chacune des 99 nuits de suivi. La régression PLS est la méthode choisie car c'est la meilleure solution au problème de multicollinéarité qui existe entre les variables.

Grâce à la régression PLS réalisée avec la fonction `plsr()` du package `pls` du logiciel R, une estimation du nombre de bulls total d'aloses feintes peut ensuite être réalisée en fonction des variables environnementales suite à l'estimation du nombre de composantes. Les extrapolations sont ensuite réalisées grâce à la fonction `predict()` du logiciel R, donnant également les valeurs prédites pour les bornes supérieures et inférieures de l'intervalle de confiance à 95%.

La marge d'erreur relative est ensuite calculée pour estimer la précision des prédictions de la façon suivante :

$$\text{Marge d'erreur relative} = \frac{\text{Moyenne Borne supérieure} - \text{Moyenne théorique}}{\text{Moyenne théorique}}$$

2.2.5.2 Calibration

Grâce à XLstat du pack office, une régression linéaire est effectuée entre le nombre de bulls qui a pu être entendu par les agents sur le terrain et le nombre de bulls qui a pu être dépouillé lors de l'écoute des enregistrements. Les coefficients de l'équation de la droite de régression ($y=ax+b$) ainsi que l'intervalle de confiance obtenus seront appliqués aux résultats de l'extrapolation. Une marge d'erreur relative est également calculée pour évaluer la précision des résultats.

2.2.5.3 Interpolation des quarts d'heure manquants

Le dépouillement des nuits n'étant pas complet, il est nécessaire d'extrapoler les quarts d'heure non écoutés. Le nombre de bulls par quart d'heure dans une nuit augmente progressivement jusqu'à atteindre un pic puis rediminue progressivement. Il est donc possible d'ajuster ces valeurs à une courbe polynomiale. Des courbes polynomiales de différents degrés vont être testées à l'aide du logiciel R et de la fonction `lm()`. La comparaison des Critères d'Informations d'Akaike corrigé (AICc) permet de choisir le meilleur modèle (Annexe 7).

Lorsque la bonne équation est choisie, il est alors possible de faire une estimation du nombre de bulls pour les quarts d'heure non écoutés. Pour pouvoir prendre en compte ces résultats dans l'estimation obtenue après l'extrapolation des nuits manquantes ainsi qu'après l'ajustement de la calibration, il est nécessaire de mettre en place un coefficient multiplicateur. Il est obtenu de la façon suivante :

$$\text{Coefficient multiplicateur} = \frac{\text{estimation du nombre de bulls pour tous les quarts d'heure}}{\text{nombre de bulls observés un quart d'heure sur deux}}$$

2.2.5.4 Calcul du nombre de géniteurs

Le calcul du nombre de géniteurs sur la frayère de Taillebourg pour la saison 2022 est réalisé en utilisant « plusieurs hypothèses basées sur le fractionnement de la ponte des aloses en relation avec la maturation progressive des ovocytes dans le temps » (Baglinière *et al.*, 2000; Taverny, 1991 in Chanseau *et al.*, 2006). Plusieurs hypothèses de calcul ont été utilisées :

- Les géniteurs se reproduisent sur une seule frayère (il est possible que les aloses feintes se déplacent et changent de frayère mais par manque de connaissances sur le comportement individuel des aloses feintes, cela permet de simplifier les calculs) ;
- Un bull donne lieu à une ponte ;
- Un bull correspond à une seule femelle et un mâle ;
- Un femelle pond en moyenne dix fois au cours d'une saison de reproduction (Chanseau *et al.*, 2006).

Le nombre de dix pontes par femelle (méthode de MIGADO) a été retenu pour être en accord avec les indicateurs du PLAGEPOMI Garonne Dordogne Charente Seudre (Brias, 2014).

L'estimation du nombre de géniteurs sur la frayère de Taillebourg est finalement faite grâce à la formule suivante :

$$\text{nombre de géniteurs} = \frac{\text{nombre de bulls total estimé en 2022}}{\text{nombre de pontes (= 10)}} \times 2$$

2.2.6 Suivi nocturne

En plus du suivi régulier sur la frayère de Taillebourg et de l'estimation des géniteurs sur ce site, un suivi des frayères connues est réalisé. Pour cela, des équipes de deux personnes vont se rendre sur le terrain et écouter pendant deux fois 15 minutes l'activité sur les frayères. Pour chaque quart d'heure écouté, le nombre de bulls est noté. Cette action permet non seulement de récupérer des données sur l'activité des aloses sp. mais cela informe également sur leur présence. Cela vient ainsi communiquer des informations sur le front de migration des aloses sp.. Suivant la frayère où l'activité est recensée, cela permet aussi de récupérer des informations sur l'espèce présente.

2.3 Prédation par le silure

2.3.1 Présentation du silure

Le silure (*Silurus glanis*) est une espèce originaire d'Europe centrale. En 1956, 29 individus ont été acclimatés dans un étang de l'Ain. Quelques années plus tard, plusieurs individus de leur progéniture ont été relâchés dans la Sane morte. Ils ont ainsi pu coloniser la Saône et le Rhône. Suite à cela, de nombreux lâchés volontaires et clandestins leur ont permis de coloniser de nouveaux bassins (Keith et al., 2020). Il est aujourd'hui largement présent en France métropolitaine (Figure 8).

Le silure est une espèce carnivore opportuniste qui vit dans les eaux calmes et profondes des grands cours d'eau de plaine et des grands lacs. Il est actif principalement au crépuscule et la nuit. Le silure est une espèce opportuniste et développe rapidement des stratégies de chasse (Cucherousset et al., 2017 in Boulêtreau et al., 2021). En effet, de nombreuses adaptations comportementales en fonction des ressources disponibles ont été observées, notamment sur le Tarn où il a développé une technique de chasse pour les pigeons présents en berge bien que les proies habituelles ne manquent pas (Parlier et al., 2020).



Pour ce qui est de la prédation, elle est comptabilisée à l'oreille (Bien qu'elle ne soit pas forcément sonore) : l'attaque du silure est entendue grâce au claquement de la caudale qui met fin au bull. Il peut aussi s'agir d'une aspiration par le silure mais le bruit est moindre. Ces attaques ont été recensées par MIGADO où en 2017, notamment, jusqu'à 8% du nombre de bulls total de grande alose ont été attaqués (Carry et al., 2017). En 2021, les attaques sur bulls ont également été estimées sur la Garonne avec environ 12% de bulls attaqués (attaques entendues) (Boulêtreau et al., 2021). La problématique de l'attaque des bulls par les silures semble importante. Depuis 2021, la CMCS a commencé le recensement de ces attaques sur le terrain. En 2022, cette étude a été poursuivie et approfondie.

2.3.2 La prédation des bulls par le silure

En premier lieu, la CMCS s'est rapprochée de partenaires habitués à réaliser ce type de suivi (W.Bouyssonnie de MIGADO, F. Santoul du laboratoire Evolution et Diversité Biologique de Toulouse). Cela a permis d'en savoir plus sur ce phénomène mais également d'apprendre à reconnaître le bruit d'une attaque. Plusieurs types d'évaluation de la prédation par le silure ont été mis en place depuis 2021 et ont été poursuivis en 2022.

Tout d'abord, un suivi de la prédation sur site a été réalisé. Pour cela, les équipes réalisant les suivis d'activité de nuit sur les frayères devaient noter sur les fiches de suivi linéaire (Annexe 8) la présence de silures et le nombre d'attaques entendues/aperçues.

Sur chaque site, après les 30 minutes de comptage, un protocole d'éclairement de la frayère a été mis en place pour évaluer la présence des silures, leur nombre si possible ainsi que leurs classes de taille (Annexe 9).

Pour ce qui est du site de Taillebourg, le suivi est réalisé à la fois visuellement et grâce aux enregistrements. Les attaques sont comptabilisées par les équipes lors des suivis. Lors des calibrations, les heures précises des bulls (et des attaques) sont notées ce qui permet d'estimer, lors du dépouillement, le nombre d'attaques entendues et le nombre d'attaques enregistrées. Lors du dépouillement, les bulls sont répertoriés individuellement sur un fichier Excel et lorsqu'une attaque est entendue, cette information est notée. Le pourcentage d'attaques sur le quart d'heure est ensuite calculé. Grâce à Audacity, il est également possible que certaines attaques soient bien visibles sur la bande sonore (Figure 9).

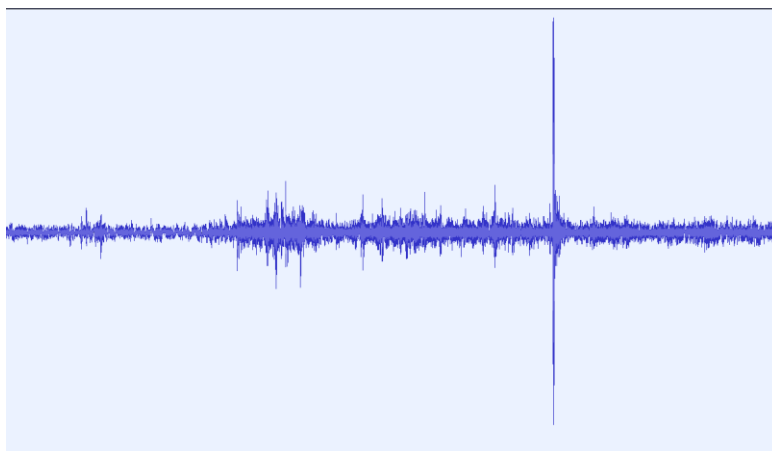


Figure 9 : Attaque d'un bull visible sur Audacity

Pour le site de la Baine, un suivi plus précis des attaques de silures a été réalisé. Lors des suivis annuels, la CMCS a constaté une présence accrue de silures depuis plusieurs années sur le site et à l'inverse une baisse dans l'activité de reproduction des aloses feintes. Il a donc été décidé de poser des enregistreurs durant quatre semaines, de mi-mai à mi-juin, correspondant à la période la plus propice de la reproduction des aloses feintes pour évaluer la prédation par les silures. En plus de la pose des enregistreurs, des calibrations ont été effectuées pour comparer le nombre d'attaques entendues par les agents sur site et les attaques enregistrées. En effet, la frayère étant assez vaste, il est possible que l'attaque soit entendue mais pas le bull.

2.3.3 Historique

Le suivi de la reproduction avec des enregistreurs étant réalisé depuis plusieurs années, une étude de l'historique des attaques de silures a pu être réalisée. Pour cela, les enregistrements de 2013 à 2021, ont été réécoutés, sur deux heures complètes correspondant au pic d'activité de la reproduction, et pour les deux dernières semaines de mai (Annexe 10).

Les fiches de terrain remplies lors des suivis linéaires de 2013 à 2021 ont également été consultées pour réaliser un historique de la présence des silures lors des nuits de suivi de reproduction des aloses sp., lorsque cela a été noté.

3 Résultats

3.1 Estimation du nombre de géniteurs

3.1.1 Nombre de bulls en 2022 et effort d'échantillonnage

En 2022, 26 nuits ont été suivies sur le site de Taillebourg entre le 30 Mars et 6 Juillet. Le premier bull a été entendu dans la nuit du 12 Avril. Au total, 696 bulls ont été comptabilisés avec un pic de 123 bulls lors de la nuit du 9 mai.

L'année 2022 est marquée par des épisodes de chaleur importants et précoces ainsi que des faibles débits. La température de l'eau a donc également augmenté rapidement dans la saison.

3.1.2 Suivi linéaire

Lors du suivi linéaire de l'année 2022, toutes les frayères d'aloses feintes se sont révélées actives. Cependant, on note une activité importante sur quatre frayères principalement : Saint-Savinien, Taillebourg, Port la Rousselle et Pas des Charettes (Figure 10). En Annexe 11, une comparaison de l'activité des différentes frayères a été réalisée.

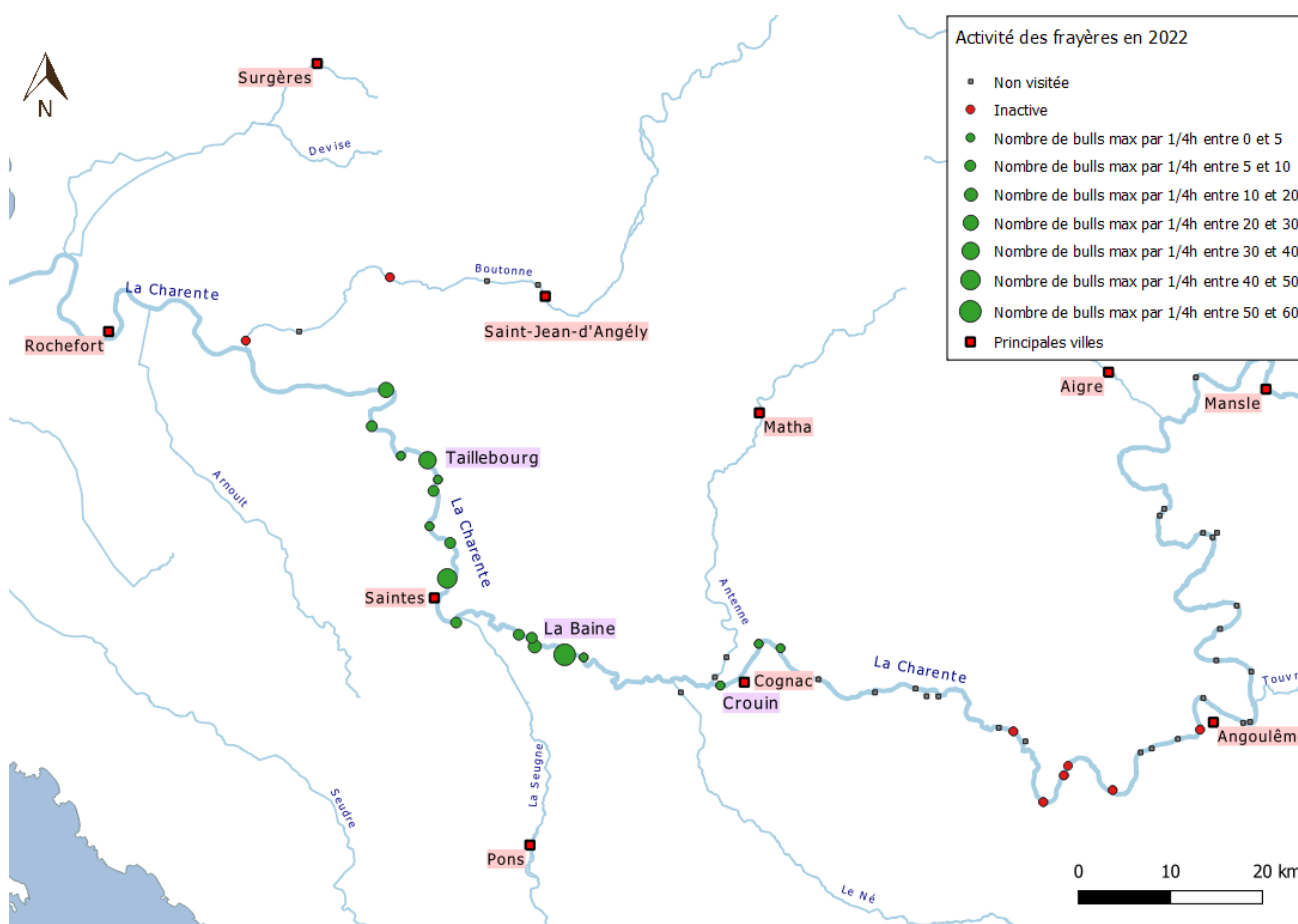


Figure 10 : Activité des frayères d'aloses en 2022

3.1.3 Corrélation entre le nombre de bulls et les variables environnementales

L'activité de reproduction est dépendante des variables environnementales. On remarquera notamment que dès que la température de l'eau a dépassé les 20°C, l'activité a fortement ralenti (autour du 23 mai) (Annexe 12). Un épisode de pluie important à cette même période a également pu entraîner une diminution du nombre

de bulls (Annexe 13). Une recherche de la corrélation entre le nombre de bulls sur la frayère de Taillebourg et les variables environnementales a été réalisée grâce à un test de corrélation de Spearman.

Pour le test de corrélation de Spearman, trois variables sont corrélées de façon significative au nombre de bulls dépouillés par nuit : la transformation gaussienne de l'indice temporel (gTemps) et de la température de l'eau (gTeau) ainsi que la pression atmosphérique (Patm) (Tableau 2).

Tableau 2 : Test de corrélation de Spearman entre le nombre de bulls et les variables explicatives. Significativité : p-value <0,05=*, p-value <0,01=**, p-value<0,001=***. gTemps et gTeau : transformations gaussiennes de l'indice temporel et de la température de l'eau ; Diff_Teau : différence de température de l'eau sur 24h ; diff_deb : différence de débit sur 24h ; Pluvio : pluviométrie journalière ; Tair_moy : Température moyenne de l'air journalière ; H_moy : hauteur moyenne de l'eau à Rochefort ; Néb : Nébulosité ; Patm : Pression atmosphérique moyenne journalière ; Tend_Patm : différence de pression atmosphérique moyenne sur 24h

tab	gTemps	gTeau	Diff_Teau	Débit	Diff_deb	Pluvio	Tair_moy	H_moy	Néb	Patm	Tend_Patm
Corrélation	0,91	0,69	0,32	0,14	0,06	-0,38	0,14	-0,11	-0,12	0,44	0,19
Significativité	***	***								*	

Cependant, il existe un problème de multicollinéarité entre les variables environnementales. En effet, certaines de ces variables sont corrélées à plusieurs autres variables environnementales (Annexe 14). Pour pallier ce problème, un modèle de régression PLS (Partial Least Square) a été utilisé. Cela permet de conserver toutes les variables en leur donnant un poids différent dans la régression linéaire.

3.1.4 Nombre de géniteurs sur la frayère de Taillebourg

3.1.4.1 Extrapolation des nuits manquantes

Pour choisir le nombre de composantes permettant d'obtenir le modèle, on regarde la valeur de RMSEP (racine carrée de l'erreur de prédiction) la plus faible ainsi que le R^2 le plus élevé (Annexe 15).

Il est ensuite possible de connaître le poids de chaque variable dans la régression grâce à l'indice VIP (Variable Importance in the Prediction) (Tableau 3). En effet, toutes les variables ayant un indice VIP supérieur ou proche de 1 ont de l'importance dans le modèle de régression.

Tableau 3 : Calcul de l'indice VIP calculé à partir de la régression PLS de la frayère de Taillebourg. (cases vertes : indice proche ou >1)

	gTemps	gTeau	Diff_Teau	Débit	Diff_deb	Pluvio	Tair_moy	H_moy	Néb	Patm	Tend_Patm
Indice VIP	2,61	1,25	0,03	0,78	0,14	0,41	0,26	0,006	0,87	0,77	0,65

Les deux variables qui ont le plus de poids dans cette régression sont les transformations gaussiennes de l'indice temporel et de la température. C'est en adéquation avec les résultats obtenus grâce à la corrélation entre le nombre de bulls et les variables explicatives.

Un total de 3 211 bulls d'aloses feintes a ainsi pu être estimé avec une marge d'erreur relativement faible de 15% (Tableau 4).

Tableau 4 : Estimation du nombre de bulls total d'aloses feintes sur la frayère de Taillebourg après extrapolation grâce à la fonction `plsr()` du package `pls` du logiciel R.

Borne inférieure	Estimation	Borne supérieure	Marge d'erreur relative
2 697	3 211	3 693	15%

3.1.4.2 Calibration de l'enregistreur

A cause de la surface de la frayère non totalement captée par l'enregistreur, des conditions météorologiques ou de la capacité de l'enregistreur, le dénombrement des bulls enregistrés n'est pas exhaustif. Il est donc

nécessaire de connaître la proportion de bulls enregistrés par rapport au nombre de bulls réel (Tableau 5). Cela permet ensuite de corriger le nombre de bulls enregistrés et ainsi limiter la sous-estimation.

Tableau 5 : Equation de régression linéaire entre les bulls entendus à l'enregistreur et ceux entendus sur site

Bulls enregistreurs	Bulls terrain	%	Nombre de ¼ d'heure	R ²	Equation de régression
162	278	58,3%	32	0,907	$Y=0,638+1,616 \cdot x$

Le nombre total de bulls peut ensuite être estimé à partir de l'équation de régression et du nombre de bulls obtenus par extrapolation (Tableau 6).

Tableau 6 : Nombre de bulls estimés après extrapolation et calibration

	Borne inférieure	Estimation	Borne supérieure	Marge d'erreur relative
Equations	$Y=1,423x-0,711$	$Y=1,615x+0,638$	$Y=1,808x+1,987$	29%
Résultats après calibration	3 890	5 227	6 758	

3.1.4.3 Extrapolation du nombre de bulls sur les quarts d'heure non dépouillés

Pour connaître le nombre de bulls sur les quarts d'heure non dépouillés, il est nécessaire de réaliser une interpolation.

L'activité de reproduction de l'aloise feinte n'est pas linéaire. Elle suit une courbe polynomiale qui présente un pic d'activité entre 0h00 et 1h45 en 2022 (Annexe 16). Pour estimer le nombre de bulls pour les quarts d'heure manquants, il est possible d'utiliser une équation polynomiale. Pour choisir le bon degré de l'équation, on choisit celui pour lequel l'AIC (Critère d'Information d'Akaike) corrigé est le plus faible (Tableau 7).

Tableau 7 : AICc des courbes de tendance polynomiales

Degré	Equation	R ²	AIC	AICc
2	$-0,307x^2+5,182x+57,507$	0,693	134,048	136,448
3	$0,0514x^3-2,466x^2+29,429x+0,093$	0,966	105,422	109,866
4	$-0,0004x^4+0,074x^3-2,883x^2+32,054x-3,752$	0,967	107,093	114,593
5	$-0,0004x^5+0,024x^4-0,546x^3+3,715x^2+4,756x+24,492$	0,992	89,095	101,095
6	$0,000008x^6-0,001x^5+0,045x^4-0,859x^3+5,978x^2-2,039x+29,98$	0,993	90,225	108,891

Ici, l'équation de degré 5 possède l'AICc le plus faible. Grâce au logiciel R et à cette équation, il est possible d'estimer le nombre de bulls pour les quarts d'heure non dépouillés ainsi que l'intervalle de confiance à 95% (Figure 11).

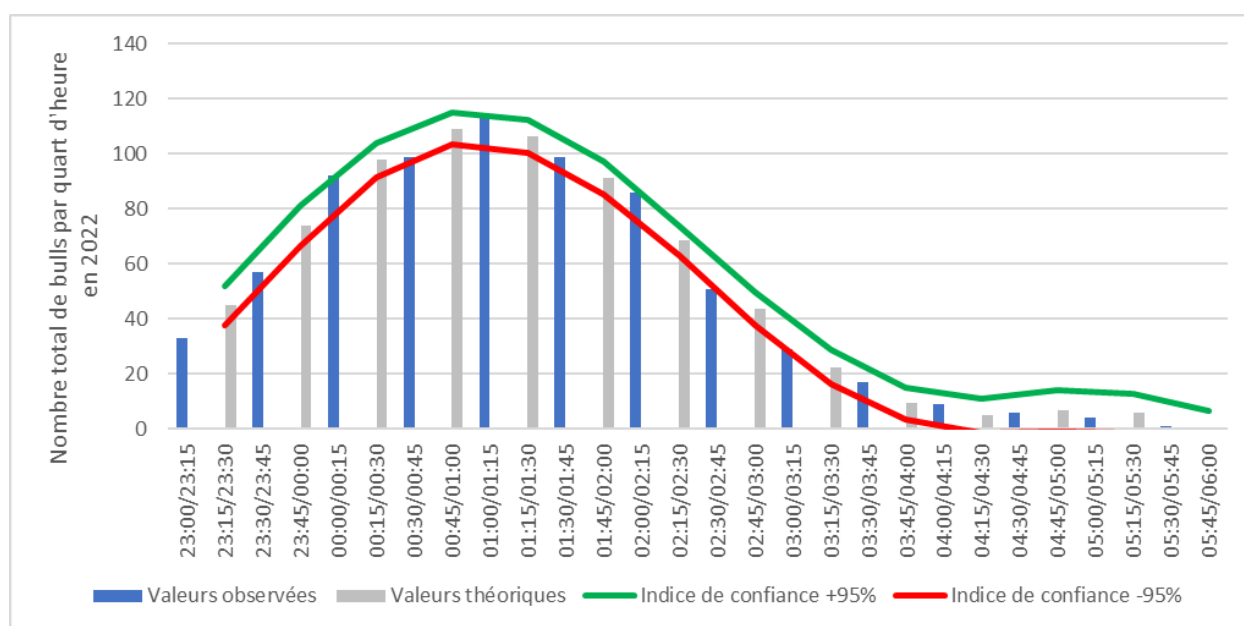


Figure 11 : Estimation du nombre de bulls sur les quarts d'heure non dépouillés sur le site de Taillebourg

Pour prendre en compte la calibration dans le nombre de bulls déjà obtenu pour les nuits manquantes, il est nécessaire de calculer un coefficient multiplicateur pour la calibration (Tableau 8).

Tableau 8 : Coefficients multiplicateurs obtenus à partir du nombre de bulls observé et du nombre de bulls théorique

Nombre de bulls observés	Nombre de bulls théoriques			Coefficients multiplicateurs			
	Borne inférieure	Estimation	Borne supérieure	Borne inférieure	Estimation	Borne supérieure	Marge d'erreur
696	1 264	1 368	1 470	1,82	1,97	2,11	7%

3.1.4.4 Nombre total de bulls dans la saison

À la suite des différentes étapes de calculs, on obtient un nombre de bulls estimés (Tableau 9). Ainsi, pour la saison 2022, il y aurait eu 10 197 bulls estimés entre le 30 Mars et le 6 Juillet sur la frayère de Taillebourg.

Tableau 9 : Récapitulatif du nombre de bulls estimé à la suite des différentes étapes de calcul

	Borne inférieure	Estimation	Borne supérieure	Marge d'erreur relative
Extrapolation des nuits manquantes	2 697	3 211	3 693	15%
Calibration	3 837	5 188	6 680	29%
Coefficient multiplicateur des ¼ d'heures manquants	1,82	1,97	2,11	7%
Nombre de bulls estimés	6 969	10 197	14 108	38%

3.1.4.5 Calcul du nombre de géniteurs

En 2022, le nombre de géniteurs d'aloses feintes sur la frayère de Taillebourg est estimé à 2 039 individus. Ce calcul ne permet pas d'avoir un intervalle de confiance à 95%. La marge d'erreur est donc identique à celle calculée pour le nombre total de bulls estimé sur la saison (Tableau 10).

Tableau 10 : Nombre de géniteurs d'aloses feintes estimé par la méthode de l'association MIGADO (10 pontes par femelle) pour la frayère de Taillebourg

Borne inférieure	Estimation	Borne supérieure	Marge d'erreur
1 394	2 039	2 822	38%

Si on se réfère aux années précédentes, 2022 est une des années avec le moins de géniteurs estimés, juste après 2020 (367 géniteurs estimés). Il faut cependant noter qu'aucune estimation du nombre de géniteurs n'a été réalisée en 2015 et 2019. Cette estimation ne permet pas de confirmer la remontée des effectifs constatée en 2021 (4 035 géniteurs estimés) (Figure 12).

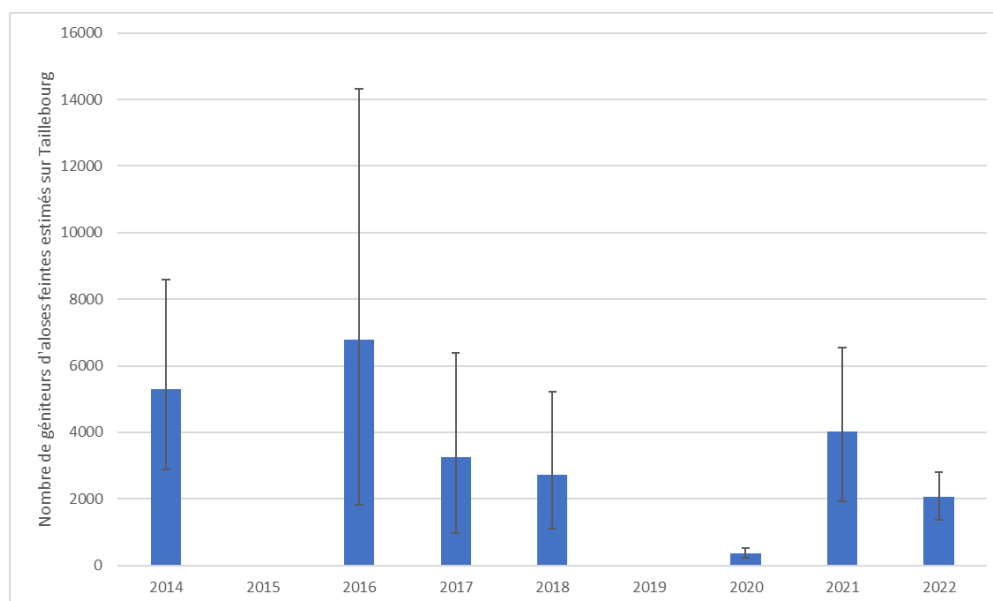


Figure 12 : Comparaison des effectifs de géniteurs estimés sur la frayère de Taillebourg entre 2014 et 2022

3.2 Prédation par le silure

3.2.1 En 2022

3.2.1.1 Suivi de la présence du silure sur les sites de suivi linéaire

En 2022, des silures ont été observés ou entendus (attaque sur les bulls) sur 9 des 26 sites prospectés dans le cadre du suivi linéaire (18 d'entre elles ont été actives durant la saison 2022) (Figure 13). Sur ces sites, le pourcentage de quart d'heure avec des silures est assez important. En effet, pour les sites de Châteauneuf, Crouin, La Baine, Saint-Savinien, Saint Simon et Taillebourg, on observe des silures pour plus de 50% des quarts d'heure suivis. Au total, 36% des quarts d'heure suivis sur toute la saison ont été marqués par la présence de silures. En 2021, ces derniers n'étaient présents que sur 29% de l'ensemble des quarts d'heure (Annexe 17).

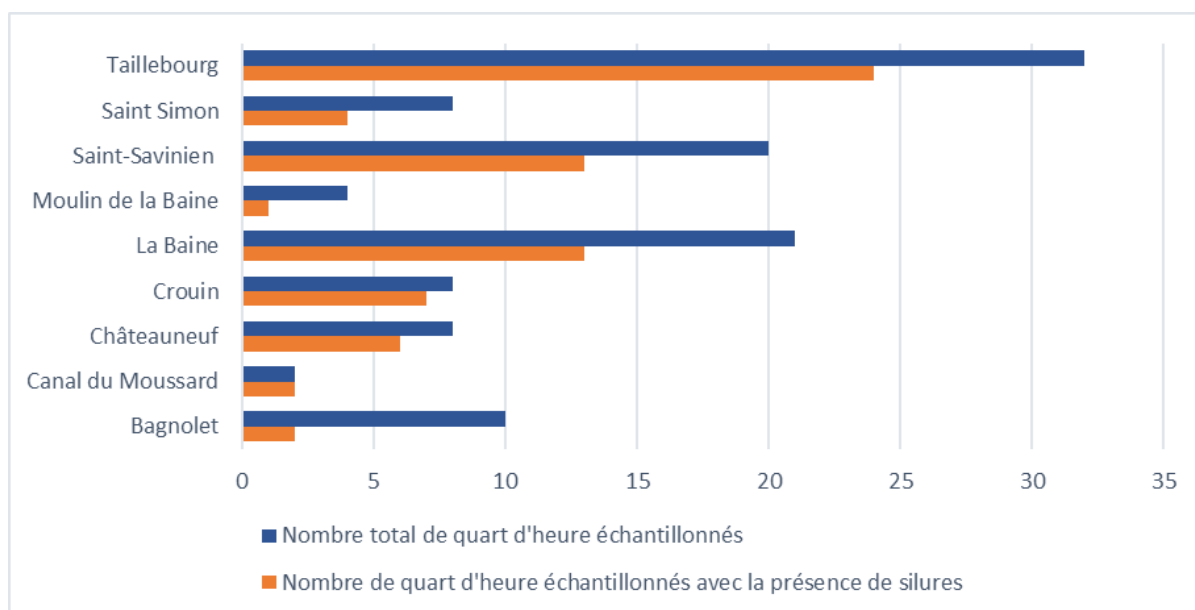


Figure 13 : Proportion de quarts d'heure avec présence de silure observée sur la saison de suivi linéaire par site

3.2.1.2 Suivi des attaques de silures

3.2.1.2.1 Suivi lors du suivi linéaire

En plus du suivi de la présence des silures, un comptage du nombre d'attaques de bulls par les silures a été réalisé lors du suivi linéaire de l'activité de reproduction des aloses feintes. Pour cela, seulement les attaques avérées ont été notées (claquement de la nageoire caudale du silure sur la surface) (Figure 14).

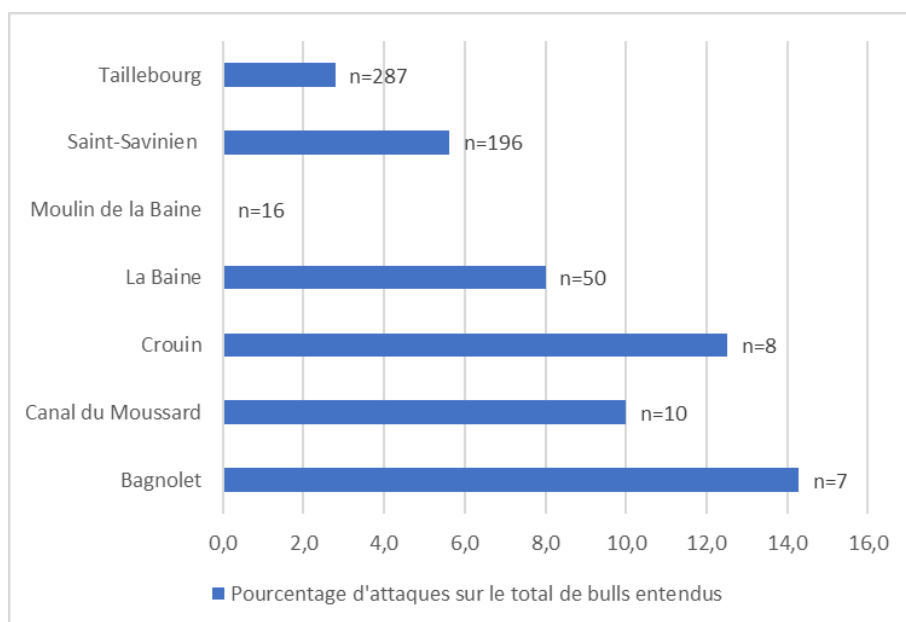


Figure 14 : Pourcentage de bulls attaqués (n = nombre de bulls total)

Pour le site de Saint-Savinien, de nombreux bulls ont pu être recensés en 2022 qui se sont accompagnés d'un nombre d'attaques assez important également (11 attaques lors des cinq heures de suivi en 2022). En 2021, des attaques de silures ont également été recensées sur ces sites avec des pourcentages plus ou moins importants (Annexe 18).

Concernant les sites de La Baine et Taillebourg, des suivis plus poussés ont été réalisés à l'aide d'enregistreurs. En effet, ce sont des sites historiques pour les aloses feintes et la présence de silures a été fortement constatée depuis plusieurs années.

3.2.1.2.2 Suivi via les enregistreurs posés à Taillebourg et La Baine

Pour le site de Taillebourg, le suivi a été réalisé sur les enregistrements pour l'estimation du nombre de géniteurs. Lors du dépouillement, les bulls attaqués ont été notés. Lorsqu'il existait un doute sur l'attaque, elle n'était pas comptabilisée mais notée tout de même dans les commentaires. Effectivement, il est possible que l'attaque soit entendue à l'enregistreur mais pas le bull ou que ce soit un bruit qui ressemble à une attaque sans en être une. Ce principe de précaution entraîne une sous-estimation.

Pour le site de La Baine, un suivi plus spécifique a été réalisé. Sept nuits ont été enregistrées entre le 17 mai et le 9 juin (deux enregistreurs posés par semaine sauf la semaine du 23 mai). Ils ont permis de compter le nombre de bulls attaqués. Quatre calibrations ont également été réalisées pour estimer la différence entre le nombre d'attaques entendues sur site et le nombre d'attaques perçues à l'enregistrement.

Au total, sur le site de Taillebourg, 23 attaques ont été entendues sur les 789 bulls enregistrés (2,9%). Pour le site de la Baine, neuf attaques ont pu être entendues sur les 65 bulls dépouillés (13,8%) (Figure 15).

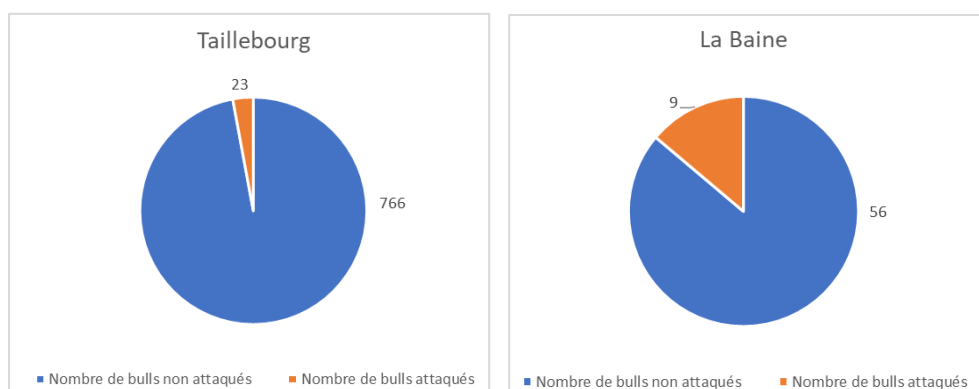


Figure 15 : Proportion de bulls attaqués pour les sites de Taillebourg et La Baine

3.2.2 Analyse des données historiques

3.2.2.1 Historique de la présence du silure

La CMCS réalisant des suivis aloses sp. depuis de nombreuses années, il existe une quantité importante de données. En analysant les fiches de terrain et les remarques qui ont pu être faites, il apparaît que le silure a été aperçu pour la première fois en 2010 à Jarnac par les équipes de terrain. A La Baine, plusieurs silures ont été observés pour la première fois en 2016 à deux reprises. Pour ce qui est de Taillebourg, bien que la présence des silures soit avérée (de nombreuses attaques ont été comptabilisées depuis 2014), ils n'ont jamais été réellement observés par les équipes sur site mais leur présence est connue car des pêcheurs en attrapent régulièrement. Depuis 2010, il est possible d'observer une augmentation du nombre de sorties effectuées où les silures ont été observés avec un pic en 2021 avec 25 sorties (Figure 16). Cependant, les observations complémentaires (et notamment de la présence du silure) ne sont pas notées par tous les opérateurs.

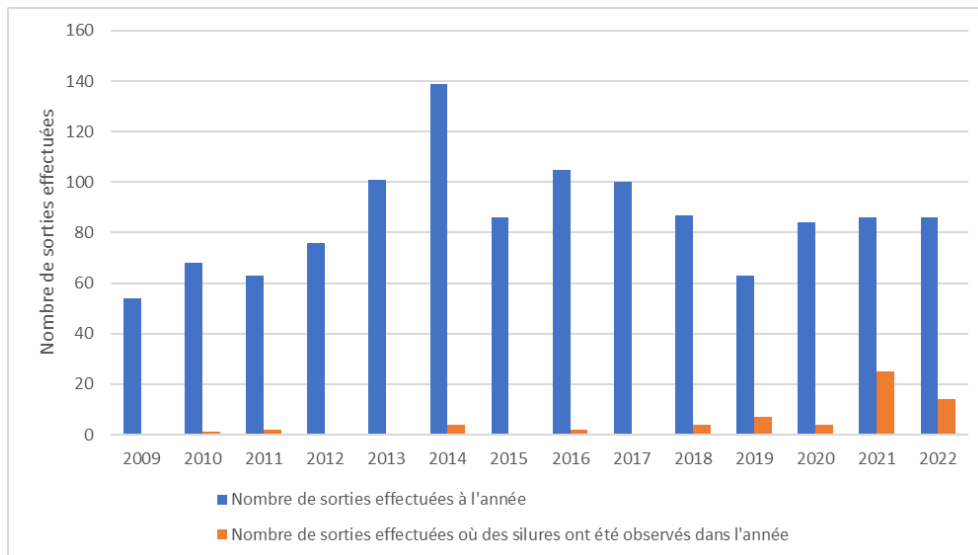


Figure 16 : Historique du nombre de sorties effectuées où des silures ont été observés

Il est également intéressant de comparer le nombre de silures et d'aloses sp. en montaison à la station de Crouin (à l'amont de Taillebourg, voir Figure 6) (Figure 17). Alors que les effectifs d'aloses sp. sont en forte diminution depuis 2015, les silures sont de plus en plus nombreux à franchir le dispositif de Crouin. Leur nombre a doublé entre 2020 et 2021 passant de 110 à 231 individus en montaison.

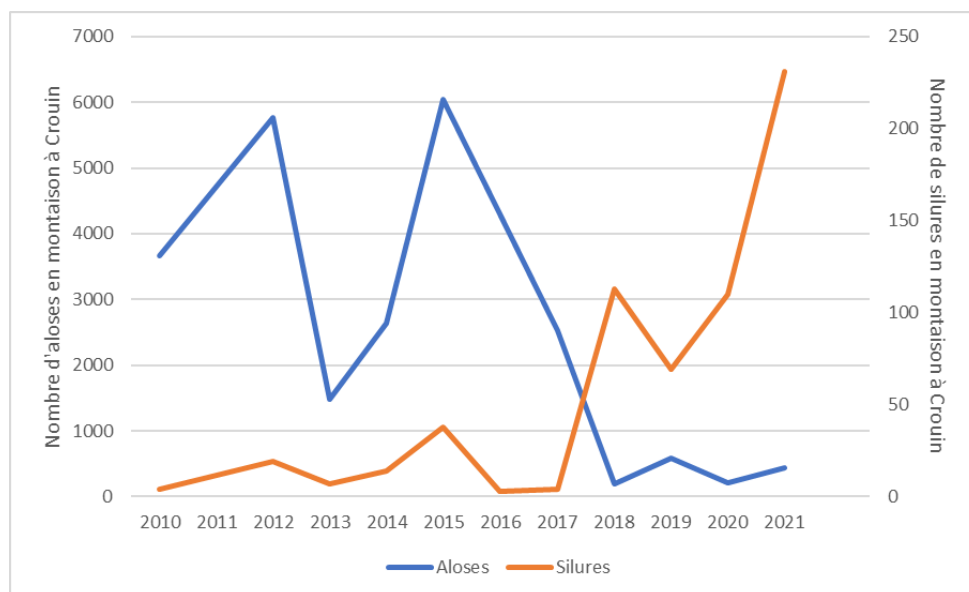


Figure 17 : Comparaison du nombre d'aloses sp et de silures en montaison à la station de comptage de Crouin (Aucune information pour les années 2011 et 2016 où la station n'a pas fonctionné pour cause d'inondation et de vandalisme)

Il est également intéressant de noter que le nombre de géniteurs estimés sur la frayère de Crouin s'effondre depuis quelques années. En 2020, une estimation de 15 géniteurs seulement a été réalisée. En comparaison, en 2014, c'est 8 099 aloses feintes (estimation) qui se reproduisaient sur cette même frayère. La frayère de Crouin étant au pied du barrage de Crouin qui possède le dispositif de franchissement, il est intéressant de voir l'évolution du nombre de géniteurs et du nombre de silures en montaison (Figure 18).

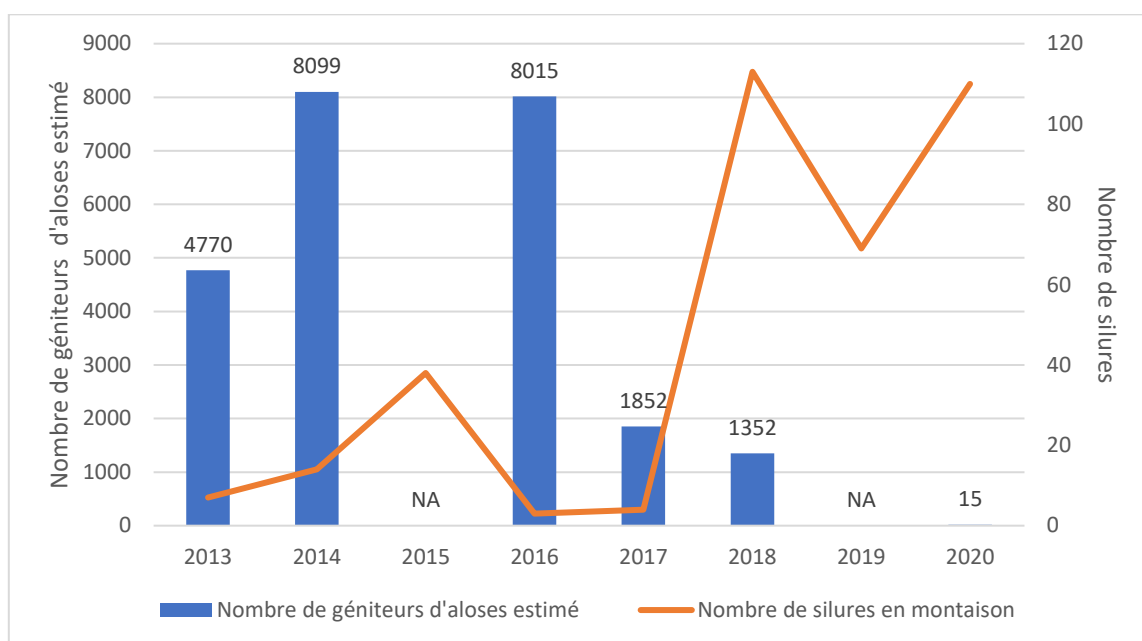


Figure 18 : Comparaison du nombre de géniteurs d'aloses estimés à Crouin et du nombre de silure en montaison

3.2.2.2 Historique des attaques de bulls par le silure

La CMCS possède des enregistrements des frayères de Taillebourg et de La Baine depuis 2013. Pour voir l'évolution de l'activité des silures (attaques des bulls), ces enregistrements ont été réécoutés. Pour la frayère de Taillebourg, la première attaque de silure sur un bull a été entendue en 2014. Depuis, des attaques ont été entendues pour toutes les années où des enregistrements étaient disponibles. 2018 est l'année où le plus d'attaques ont pu être recensées (Figure 19). Le recensement de ces attaques est sous-estimé car les nuits ne sont pas dépouillées entièrement et le dépouillement, très chronophage, n'a été réalisé que sur une partie de la saison pour chaque année (2 semaines), là où l'activité de reproduction est la plus intense. De plus, beaucoup plus d'enregistrements sont disponibles pour les dernières années de suivis que pour les premières (Voir Annexe 10).

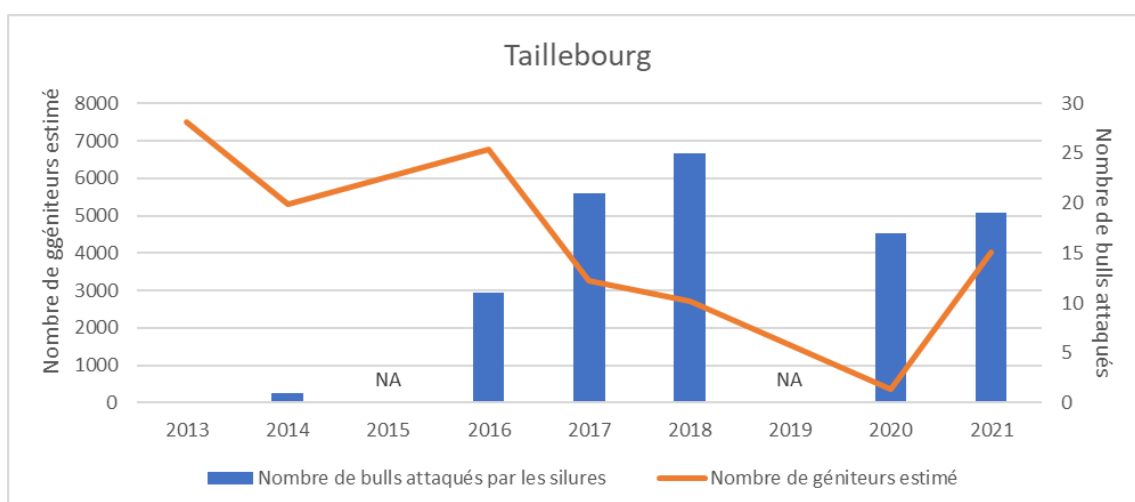


Figure 19 : Comparaison du nombre de bulls attaqués par les silures et du nombre de géniteurs estimés à Taillebourg

Pour le site de La Baine, l'année 2018 est également marquée par un nombre plus important d'attaques pour la période suivie avec 11 bulls attaqués (Figure 20) sur les 253 bulls entendus.

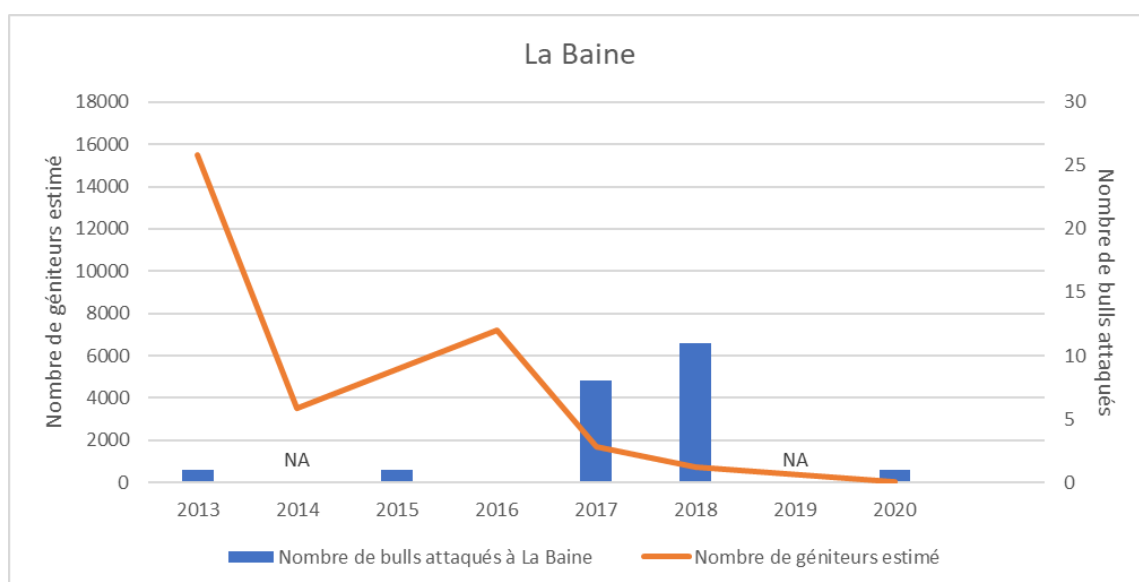


Figure 20 : Comparaison du nombre de bulls attaqués par les silures et du nombre de géniteurs estimé à La Baine

4 Discussion

Le protocole d'estimation du nombre de géniteurs d'aloses feintes sur la frayère de Taillebourg est un protocole reproductible et validé par la CMCS et son comité de pilotage depuis 2014 (Brias, 2014). Cet indicateur informe l'activité de reproduction des aloses feintes et le nombre de géniteurs sur cette frayère. En 2021, pour la première fois depuis 2016, une évaluation à la hausse de la population de géniteurs d'aloses feintes est observée (Egea, 2021). Malheureusement, avec ses 2039 géniteurs estimés, l'année 2022 est la deuxième moins bonne année depuis 2013 après l'année 2020 dont l'effectif de géniteurs estimé était particulièrement faible (367). Pourtant, les indices de présence d'aloses sp. sur le terrain étaient plutôt positifs.

Tout d'abord, au niveau du dispositif de franchissement de Saint-Savinien (premier obstacle à la migration sur la Charente), bien qu'il ne soit pas exhaustif et qu'il n'indique qu'une tendance, un nombre important d'aloses sp. a été capturé lors de leur migration (1001 aloses sp. en 2022 contre 372 en 2021). Concernant les suivis d'activités sur les frayères du bassin, toutes les frayères d'aloses feintes, à l'aval de Crouin, ont été actives (comme en 2021) (une description plus importante de ces observations sera disponible dans le rapport d'activité 2022 de la CMCS). En plus de ces informations, il faut noter que le passage d'aloses sp. à la station de comptage de Crouin est le meilleur effectif depuis 2017 (1204 aloses sp. au 5 Août 2022, 440 en 2021). Bien qu'il faille prendre cette information avec précaution vis-à-vis des effectifs d'aloses feintes (Bagnolet étant la limite amont de migration supposée des aloses feintes, la plupart des frayères après la station de comptage sont des frayères de grande alose), elle reflète potentiellement une meilleure année pour les aloses feintes.

L'année 2022 est, à l'échelle de la France et notamment à l'échelle de la Charente, assez exceptionnelle d'un point de vue météorologique. Elle est marquée par des débits faibles et des températures élevées précocement dans la saison et plusieurs épisodes caniculaires importants. Les aloses sp. sont dépendantes de la température de l'eau pour leur migration et leur reproduction. La température de l'eau optimale pour les aloses feintes est comprise entre 18 et 22°C (Cassou-Leins & Cassou-Leins, 1981). En 2022, la température de l'eau de la Charente, de nuit (période de reproduction), a dépassé les 22°C dès le 19 mai soit pendant la période d'activité habituellement la plus intense. Après cette date, le nombre de bulls a fortement diminué et l'activité n'est jamais vraiment repartie malgré des températures de l'eau inférieures à 22°C entre le 25 mai et le 11 juin. Il est alors intéressant de se demander si l'estimation du nombre de géniteurs est faible à cause de ces conditions météorologiques particulières ? En effet, les indicateurs semblent montrer que les géniteurs étaient bien présents. La période de reproduction a-t-elle été décalée ou s'est-elle arrêtée à cause des températures importantes et l'arrivée plus précoce des températures optimales ou maximales ? Si l'on

regarde l'enregistrement du premier bull en 2022, la date est similaire à celui de 2021 (12 avril en 2022 et 15 avril en 2021). Cependant, la température de l'eau n'a atteint les 22°C que le 12 juin 2021 soit presque un mois plus tard qu'en 2022. Le pic de bulls en 2021 a eu lieu le 20 mai alors que la température n'était que de 15,6°C. En 2022, à cette même date, les 22°C étaient déjà dépassés ce qui pourrait expliquer la baisse d'activité à la période qui est normalement la plus propice. Le réchauffement climatique prévoyant une augmentation des températures, il se pourrait que l'année 2022 et ses conditions exceptionnelles deviennent de plus en plus fréquentes. Les aloses peuvent-elles s'adapter à cette augmentation rapide et précoce de la température ? D'après les enregistrements mis en place en 2022, le maximum de bulls enregistrés par nuit est relativement plus précoce en 2022 qu'en 2021 (9 mai 2022 et 20 mai 2021). Cependant, cela ne veut pas forcément dire que les aloses feintes ont décalé leur période de reproduction. En effet, la reproduction a pu juste s'arrêter avec l'augmentation de la température sans pour autant que les aloses feintes aient réalisé leur reproduction plus tôt. Il faudra regarder dans les prochaines années si l'ensemble des bulls comptabilisés lors de la saison suit ce décalage. De plus, il faut rappeler les limites qui existent pour la méthode des enregistreurs.

La frayère de Taillebourg étant assez étendue et les enregistreurs n'ayant qu'une portée limitée, tous les bulls ne peuvent pas être entendus. La calibration mise en place permet de corriger cet élément. Cependant, la calibration comme le dépouillement des bulls sont très liés à l'opérateur qui dépouille/calibre. Il existe une réelle variabilité entre les opérateurs sur le dénombrement des bulls. De plus, chaque bull doit être comptabilisé lorsqu'il dure plus de deux secondes. Si lors du dépouillement, il est aisé de dire si le bull fait plus ou moins de deux secondes grâce au logiciel Audacity, sur le terrain, ce n'est pas le cas. Tout d'abord parce que parfois, l'opérateur peut surestimer le temps du bull et le comptabiliser alors qu'il n'a pas duré deux secondes. Ensuite parce que parfois le bull démarre sous l'eau et l'opérateur peut voir ce phénomène et ainsi estimer qu'il faut compter ce bull, qui ne sera pas forcément comptabilisé lors du dépouillement. La calibration sur le terrain est donc toujours indispensable pour limiter ces sous estimations. Cependant, il serait intéressant d'étudier les nouvelles techniques d'enregistrements qui existent pour tenter de mieux prendre les bulls qui démarrent sous l'eau. Cela pourrait permettre d'avoir une technique reproductible qui réduirait le biais lié aux opérateurs. Des enregistrements sous l'eau pourraient être envisagés pour pouvoir estimer le nombre de bulls qui commencent sous l'eau et se terminent en surface. Cela pourrait également permettre d'estimer le nombre réel d'attaques de silures en comptabilisant également les attaques non entendues hors de l'eau (par aspiration par exemple). La faisabilité d'un tel test pourrait être discutée avec un hydro acousticien (Communication personnelle : Catherine Boisneau).

Lors de cette année de suivi, d'autres constatations ont pu être réalisées. En effet, plusieurs frayères secondaires se sont révélées très actives lors des suivis réalisés sur ces sites. La frayère de Pas des Charrettes a notamment été particulièrement active avec un maximum de 54 bulls d'aloses feintes comptabilisés pour un quart d'heure. Pour la frayère de Port la Rousselle, le même jour que pour la frayère précédente, 44 bulls ont été comptabilisés pour un même quart d'heure. Cette activité importante pose question pour ces frayères habituellement moins actives. Il sera intéressant de voir les résultats du stage réalisé par Hélias Guiraud chez MIGADO en 2022, pour la CMCS, pour voir l'évolution du substrat de ces frayères. En effet, il se pourrait que le substrat ait évolué et que les frayères de Port la Rousselle et de Pas des Charrettes soient désormais mieux adaptées pour la reproduction des aloses feintes. Elles peuvent alors avoir été privilégiées car elles sont peut être plus adaptées que les frayères actuellement connues. Dans le cas de la frayère de Pas des Charrettes, la frayère historique de La Baine est relativement proche et n'a pas montré une activité importante en 2022. Peut-être y a-t-il une adaptation des aloses feintes à des conditions plus favorables à leur reproduction ? En effet, la Charente est un cours d'eau à très faible énergie avec une pente très faible (0,86‰ en moyenne et 0,04‰ de l'estuaire à Cognac) (Candel, 2020; Duquesne *et al.*, 2020). Les résultats obtenus par A. Duquesne montrent une certaine stabilité des chenaux et des îles depuis les deux derniers siècles sur la Charente moyenne. Seules les actions anthropiques pourraient éventuellement entraîner une modification importante des frayères (Duquesne *et al.*, 2020). Or le site de La Baine est marqué par la présence d'un barrage qui est manœuvré par le Conseil Départemental de la Charente-Maritime deux fois par an. De plus, ces dernières

années, plusieurs manœuvres inhabituelles et des travaux à l'amont du barrage ont été réalisés. Ces actions ont donc pu entraîner une modification de la frayère. Cela rend donc probable la théorie de la modification de la frayère. Une attention particulière devra être portée sur les résultats d'Hélias Guiraud pour savoir si les conditions morphologiques de la frayère peuvent expliquer ces chiffres moins importants. Une analyse de la gestion hydraulique du barrage pourrait également apporter des informations sur l'impact qu'elles ont eu sur l'activité de reproduction des aloses feintes. De plus, un suivi linéaire plus important sur les frayères de Port la Rousselle et Pas des Charrettes pour confirmer cette augmentation de l'activité lors du suivi 2023 pourrait être intéressant.

On notera également que la frayère de Saint-Savinien s'est montrée particulièrement active cette année alors qu'un dispositif de franchissement est en place depuis 2019. Le site est assez complexe, notamment soumis aux marées de façon importante et il semblerait également que l'attractivité de la passe multispécifique pour les aloses sp. dépende de la configuration de gestion du barrage de Saint-Savinien. Il serait donc intéressant de comparer les observations de reproduction en pied d'ouvrages avec les conditions de gestion du barrage pour voir s'il existe une relation entre le nombre de bulls observés et la configuration du barrage. De plus, il faut noter qu'une quantité importante d'attaques de silures a été relevée sur cette frayère en pied d'ouvrage (onze attaques sur les cinq heures de suivi dont neuf attaques le même soir).

Cette problématique du silure est de plus en plus importante à l'échelle de la France. Dès 2006, des alertes ont été lancées : « Dans le cadre d'une bonne gestion halieutique tout poisson qui s'est reproduit une fois (voir deux) entre dans le stock pêchable de la population. Il doit en être de même pour le silure. [...] Si l'on tient à garder dans le milieu des individus trophées, il ne faut pas s'étonner de leurs impacts sur le peuplement piscicole » (Proteau *et al.*, 2008 in Rapet & Gaillard, 2021). En effet, des études menées à l'échelle de la Loire ou bien encore de la Garonne ont montré que les poissons migrateurs et donc les aloses sp., constituaient une grande partie de la biomasse ingérée par les silures lors de la période de migration (Belhamiti & Boisneau, 2015; Boulêtreau *et al.*, 2018, 2021; Paz-Vinas & Santoul, 2019; Rapet & Gaillard, 2021). Cette pression a été suivie de façon plus précise à l'échelle de la Charente lors de cette année 2022. On notera l'augmentation de la présence des silures sur les frayères d'aloses sp. du bassin de la Charente. En effet, 36% des quarts d'heure suivis en 2022 ont montré la présence d'au moins un silure par observation visuelle directe ou par la comptabilisation d'au moins une attaque. Comme en 2021, des silures ont été aperçus de façon importante sur les sites de Taillebourg, Saint-Savinien, La Baine et Crouin. Ces sites semblent confirmer que les silures sont bien installés sur les sites de reproduction des aloses sp. et en pied de barrage. Cependant, le protocole appliqué pour observer les silures (déjà testé en 2021) montre des limites qui peuvent entraîner une forte sous-estimation de la présence de silures sur les frayères. En effet, les observations réalisées dépendent beaucoup des conditions météorologiques et de la situation de la frayère. L'observation étant réalisée grâce à des spots lumineux, une forte turbidité ou la présence d'une épaisseur, même fine, de brume sur l'eau réduit énormément la visibilité et empêche le dénombrement des silures. L'éclairage des silures (même rapide) peut les entraîner à plonger au fond de la Charente ce qui les rend totalement invisibles. S'ils ne remontent pas au moment de l'application du protocole (fin du quart d'heure), ils ne seront pas comptabilisés alors qu'ils sont bien présents. C'est arrivé plusieurs fois, notamment à Saint-Savinien, où des observations de silures ont été réalisées lors de l'éclairage de bulls (pour confirmation) pendant le quart d'heure. Malheureusement lors de l'application du protocole d'éclairage, aucun silure n'était observé ce qui a considérablement sous-estimé la présence du silure sur cette frayère. En outre, les silures sont fortement présents sur la frayère de Taillebourg. De nombreuses attaques ont été entendues et les pêcheurs en attrapent régulièrement. Cependant, le protocole d'éclairage n'a jamais permis d'observer des silures sur cette frayère alors que les premières attaques ont été enregistrées dès 2014. Cela s'explique par la configuration du site qui n'est pas adaptée à l'application de ce protocole. En effet, la largeur de la Charente sur cette frayère est importante (environ 80 mètres) et le point d'observation est relativement bas (au niveau de la Charente). Il est donc difficile, voire impossible, d'observer les silures s'ils ne sont pas proches de la berge. D'autre part, lorsque les silures sont visibles, il peut être difficile de les compter lorsqu'ils sont en mouvement. L'estimation de la taille

est très approximative et dépend beaucoup de l'opérateur. Une autre limite de ce protocole est qu'il est principalement appliqué par la CMCS. Pour avoir une vision sur l'ensemble de la saison, il faudrait que tous les opérateurs réalisent le protocole de façon similaire. Une formation des partenaires de la CMCS pour ce protocole et pour l'écoute des attaques des silures pourrait être réalisée au début de la saison 2023 si le suivi silure devait être reconduit. Malgré les limites évidentes de ce protocole, il est tout de même très intéressant pour observer les comportements de silures vis-à-vis des bulls et permet, lorsque les conditions d'observations sont favorables, d'avoir un aperçu de la présence forte des silures (frayère de La Baine par exemple où il existe une passerelle sur la frayère et où la largeur de la Charente est moindre). Face aux limites de ce protocole, la CMCS a tenté d'utiliser des caméras haute sensibilité pour observer les attaques de silures sur les bulls mais l'essai s'est révélé non concluant.

La réalisation de nuit des bulls par les aloses sp. est une stratégie de l'espèce pour limiter la prédation (Tentelier *et al.*, 2021). Or l'apparition des silures, qui sont principalement actifs la nuit, les rend vulnérables. De plus, les bulls sont potentiellement facilement prédatés au pied des barrages tels que Crouin ou Saint-Savinien où les individus, si la passe n'est pas assez attractive, peuvent s'agréger et être plus facilement attaqués. En outre, le bruit et le mouvement effectués lors des bulls attirent le silure qui a l'ouïe très sensible (Boulêtreau *et al.*, 2021). En 2022, des attaques ont été recensées sur six des frayères suivies. Les sites de Bagnolet et de Crouin ont des pourcentages d'attaques assez importants (12,5% et 14,3% respectivement). Bien que le nombre de bulls soit assez faible, cela montre que les silures sont bien présents sur ces sites et à l'affût de ces proies. Cela veut également dire qu'ils sont assez nombreux pour prédater un bull dans les 3-4 secondes suivant sa réalisation ce qui implique qu'ils soient placés suffisamment près du celui-ci. Plusieurs observations de la CMCS ont également montré que plusieurs silures pouvaient monter sur un même bull (trois voire quatre silures ont été observés sur un même bull). De plus, une étude de transparence migratoire portée par l'EPTB Charente réalisée sur trois ouvrages de la Charente et de la Boutonne a permis d'observer le comportement des silures en pied d'ouvrage en journée. En effet, les manipulations d'ouverture des clapets réalisés aux barrages de Crouin et de Bagnolet ont également permis d'observer que le silure développait des stratégies de captures de poissons migrateurs au pied des ouvrages (seul ou en groupe).

Pour le site de Bagnolet, des blocages importants au pied du barrage ont été observés en 2022, l'attractivité de la passe étant quasiment nulle pour les individus. En effet, le débit d'entrée de la passe est masqué par le débit du barrage. Les aloses sp. sont alors attirées vers le barrage et ne trouvent pas l'entrée du dispositif de franchissement. Elles vont alors rester au pied de l'ouvrage à chercher une voie de passage. Le suivi linéaire sur cette frayère a permis de confirmer la fraie forcée de ces individus sur le radier à l'aval de l'ouvrage. De nombreux silures ont pu être observés par différents membres de la CMCS en journée et de nombreux pêcheurs nous ont également rapporté leur présence. Les attaques de bulls observées confirment la forte vulnérabilité des aloses sp. sur ces frayères forcées. Les silures développant rapidement des stratégies opportunistes de chasse, il est possible qu'ils attendent volontairement les aloses sp. sur ces sites comme les observations d'attroupement de silures à la sortie des dispositifs de franchissement (Boulêtreau *et al.*, 2018; Cucherousset *et al.*, 2017). D'ailleurs, si on s'intéresse aux pourcentages d'attaques, ils sont plus importants sur les frayères au pied de barrages pour cette année 2022 (Bagnolet et Crouin). Cependant, comme pour le comptage des silures, il faut rappeler que tous les opérateurs ne relevaient pas les attaques.

Concernant les sites de Taillebourg et de la Baine, les suivis plus poussés ont permis d'avoir une meilleure idée du nombre d'attaques sur une période plus longue. Cependant, les calibrations réalisées sur les sites ont permis de montrer que le nombre d'attaques entendues à l'enregistreur est sous-estimé. On relèvera notamment les observations de la nuit du 30 mai où seulement 50% des attaques entendues sur le site de Taillebourg ont été enregistrées. Quant au site de la Baine, seulement le claquement de la nageoire caudale du silure a pu être enregistré, le bull ne s'entendant pas à l'enregistrement. Dans ce cas, il n'est donc pas possible de formellement identifier une attaque de silure si l'enregistrement est écouté sans calibration. Lors du dépouillement, plusieurs bruits qui s'apparentent à des attaques de silures ont été entendus. Pour

Taillebourg et La Baine, respectivement 9 et 18 attaques possibles ont été relevées. En cas de confirmation, le pourcentage d'attaques passerait donc de 2,9% à 4% pour Taillebourg et de 13,8% à 41,5% pour La Baine. Cette année, les calibrations réalisées pour le suivi de la Baine n'ont pas été suffisantes pour avoir une idée précise de la sous-estimation. En effet, sur les quatre calibrations, seulement deux d'entre elles ont permis l'observation de bulls. Ce site avait été choisi pour ce suivi ciblé sur le silure notamment car l'activité de reproduction sur ce site était importante et que la présence de silures avait été démontrée depuis plusieurs années. Or ce suivi a permis de constater que les bulls sont beaucoup moins nombreux (moins d'aloses) et que donc potentiellement il y a moins d'attaques. En revanche, au contraire du nombre de bulls qui diminue, une forte densité de silures a pu être constatée sur le site. La question d'un déplacement des aloses feintes vers des frayères où la pression est moindre peut alors se poser. Cependant, le silure étant une pression parmi d'autres, il est difficile d'affirmer avec certitude que les aloses feintes disparaissent à cause du silure malgré la forte prédation qui semble s'exercer.

Si on s'intéresse à l'historique de la présence des silures sur le bassin de la Charente, les premiers individus ont été repérés en 2010. D'après les fiches de terrain, depuis 2018, ils sont observés tous les ans sur au moins une frayère. Cependant, il faut garder à l'esprit que la présence des silures n'est pas toujours relevée par les opérateurs. En effet, différents opérateurs interviennent en complément des agents de la CMCS. Les informations notées lors de chaque sortie sont plus ou moins précises et très dépendantes de la structure qui a réalisé la sortie sur le terrain, malgré des recommandations et un protocole commun. De plus, en 2021 et 2022, des suivis spécifiques de la présence du silure ont été réalisés ce qui peut biaiser la comparaison mais uniquement sur ces deux dernières années. De plus, depuis plusieurs années, les possibles répercussions sur les aloses sp. sont de plus en plus mises en avant, il est possible que les opérateurs aient fait plus attention à la présence de cette espèce. Il se pourrait donc qu'elle soit présente en effectifs importants depuis plus longtemps que ce qui a été constaté dans les fiches terrain. Cependant, si on s'intéresse à des effectifs observés, on peut voir que le nombre de silures en montaison à Crouin tend à augmenter avec les années (Voir Figure 17).

Lorsque l'on compare le nombre de silures et d'aloses sp. en montaison à Crouin, alors que le nombre de silure augmente annuellement depuis plusieurs années, le nombre d'aloses sp. diminue fortement. Bien que les données ne soient pas corrélées ($p\text{-value}=0,08 > 0,05$), il se pourrait tout de même que la présence des silures impacte les populations ou le passage des aloses sp. par la passe, en addition aux autres pressions déjà existantes. La comparaison du nombre de géniteurs estimés sur la frayère de Crouin avec le nombre de silures en montaison à Crouin suit le même schéma. Plusieurs questions peuvent alors se poser : Est-ce que les silures étaient déjà là mais se déplacent plus maintenant car il n'y a plus assez de ressources pour eux ? Est-ce que les silures se déplacent car ils sont plus nombreux et qu'il y a une certaine pression pour les ressources au pied du barrage ? Est-ce que les passages de silures ont été observés lorsque la configuration du barrage était optimale pour leur passage ? En effet, il faut noter que l'attractivité de la passe à poissons de Crouin est fortement dépendante des modalités de gestion du barrage et du débit. Le passage des poissons n'est donc pas toujours assuré. Cependant, plusieurs silures ont été observés à l'aval de Crouin de nuit comme de jour (lors des manipulations pour l'étude de transparence migratoire en cours). Il semblerait donc que le silure soit encore bien présent à l'aval malgré l'augmentation du passage des individus. En 2021, 25 silures ont été observés lors du suivi linéaire d'activité de reproduction des aloses sp.. De plus, comme vu précédemment, le pourcentage d'attaques au pied de l'ouvrage de Crouin reste assez élevé (>12%).

Concernant l'historique des attaques observées depuis 2013, la frayère de Taillebourg a vu sa première attaque de silure enregistrée en 2014. Pour toutes les années suivies ensuite, une quantité importante d'attaques a pu être recensée grâce à la réécoute des enregistrements avec un maximum atteint en 2018. Pour le site de La Baine, la première attaque est recensée en 2013 et à l'exception de 2016, toutes les années suivies ont montré au moins une attaque sur la période écoutée (assez courte à l'échelle de la saison entière). Il se pourrait que le nombre d'attaques entendues soit sous-estimé comme vu précédemment notamment à

cause de l'étendue des deux frayères. Cependant, cela montre bien la pression de prédation qui existe depuis de nombreuses années sur ces deux frayères. Cela ne peut cependant pas être utilisé comme argument principal à la diminution du nombre de géniteurs estimés. Cependant, c'est sans aucun doute une pression significative supplémentaire qui s'exerce sur ces espèces déjà soumises à de nombreuses pressions anthropiques.

Pour tenter de réduire cette pression de prédation, des pêches de régulation ou à but d'effarouchement pourraient être réalisées sur certains sites. Plusieurs études ont été réalisées pour tenter de réguler l'impact des silures sur les aloses sp. via notamment la réalisation de pêche de régulation (les silures sont extraits du milieu). Des effets contraires à ceux attendus ont pu être observés à Saint Sixte (sur la Garonne) où il y a eu plus d'attaques après les pêches : l'effarouchement des silures a pu concentrer leur présence sur des frayères à proximité (Rapet & Gaillard, 2021). Cependant, les pêches de prélèvement de silures réalisées à Golfech (Garonne) semblent avoir eu un effet d'augmentation des passages de grandes aloses à la station de comptage. Ce résultat est encourageant et peut laisser espérer l'efficacité de ces pêches d'effarouchement sur les populations d'aloses sp.. Plusieurs techniques de pêche ont été testées ce qui pourra permettre, en cas d'application à la Charente, de choisir la méthode la plus adaptée aux conditions des sites concernés. Le protocole appliqué par Rapet et Gaillard en 2020 a été reproduit en 2021 sur la Garonne. La publication prochaine des résultats permettra de savoir si les observations réalisées en 2020 se confirment et si l'application de ce protocole a un réel intérêt pour les aloses sp.. En cas de confirmation, son application sur la Charente pourra être discutée pour la saison 2023. Le site de La Baine pourrait par exemple servir de test. En effet, la présence de silure est importante et c'est une des frayères historiques de la Charente. On peut donc espérer que l'effet de la régulation des silures soit visible par le nombre de bulls observés et une diminution des attaques. Un test sur la frayère de Crouin pourrait également être envisagé, la station de comptage étant juste à l'amont, si les réglages du barrage sont appropriés, l'impact des pêches de silures sur la migration des aloses sp. pourra alors être directement estimé comme cela a pu être fait à Golfech (Rapet & Gaillard, 2021). Pour ces pêches, si les silures sont prélevés sans remise à l'eau, il pourrait être intéressant de mettre en place un système de valorisation des poissons auprès de restaurateurs et/ou transformateurs comme cela a pu être fait dans le cadre du projet SILURUS ou de l'étude faite par Rapet et Gaillard (Belhamiti & Boisneau, 2015; Rapet & Gaillard, 2021).

5 Conclusion et perspectives

L'année 2022 s'est donc révélée être une année peu satisfaisante du point de vue du nombre de géniteurs estimés d'aloses feintes à Taillebourg. Cependant, les conditions météorologiques particulières de cette année ont entraîné une augmentation des températures importante qui pourrait avoir ralenti puis stoppé la reproduction. Pourtant, tous les autres indicateurs étant plutôt positifs vis-à-vis de l'alose feinte sur le bassin Charente en 2022 (Passes à poissons Saint-Savinien et Crouin, retours des pêcheurs de loisirs...). Ces conditions étant amenées à se reproduire plus fréquemment dans les années à venir à cause du changement climatique, cela pose de vraies questions sur le devenir de l'alose feinte sur le bassin de la Charente. La possibilité que les aloses feintes aient frayé sur d'autres frayères n'est pas à négliger et méritera de s'y intéresser lors de la prochaine saison. Les résultats de l'étude de la bathymétrie et du substrat de la Charente pourront permettre de « recentrer » les suivis et de requalifier les frayères. Cela pourra également permettre aux équipes de la CMCS de prospecter de nouvelles frayères potentielles.

Depuis quelques années, la CMCS prend part à un projet mis en place par Migrateurs Rhône Méditerranée (MRM) en fournissant des bandes audios de l'activité de reproduction à Taillebourg et en attend les résultats. Ce projet a pour objectif d'automatiser le dépouillement des nuits enregistrées. Ce dernier est très attendu car il permettrait de gagner beaucoup de temps dans le dépouillement. Avec un tel outil, plus d'enregistreurs pourraient être posés et permettraient d'en savoir plus sur le comportement des aloses feintes par rapport au réchauffement précoce de l'eau par exemple. Plus d'enregistreurs pourraient être mis en place lorsque les

températures commencent à être optimales et permettraient de voir si les aloses feintes décalent leur reproduction avec l'augmentation précoce de la température.

Concernant la pression de prédation du silure sur les aloses sp., elle est bien identifiée maintenant à l'échelle de la France et ce suivi permet de mieux visualiser la présence de ce prédateur sur le bassin de la Charente. L'étude POMI réalisée par l'EPTB Charente en 2021 avait préconisé plusieurs actions vis-à-vis du silure si son impact était avéré :

- La mise en place de réglementation de la pêche pour réaliser une régulation des populations ;
- L'enlèvement et le déplacement des individus ;
- La mise en place de dispositifs de répulsion électriques ou biochimiques.

Au vu des observations réalisées à l'échelle de la Charente depuis deux ans, cela suggère que les silures sont une pression additionnelle sur les aloses sp. à l'échelle du fleuve. Il est donc nécessaire de mettre en œuvre des actions dès à présent pour limiter cette pression. Une étude bibliographique des connaissances sur le silure et des méthodes utilisées pour tenter de limiter l'impact du silure sur les poissons migrateurs est en cours de rédaction au sein de l'EPTB Charente. Cela permettra d'y voir plus clair sur les actions existantes et celles qui peuvent être réalisées à l'échelle de la Charente pour la saison 2023. Les décisions à prendre pour la saison 2023 seront à discuter au sein d'un comité d'expert et d'un comité technique incluant les différents partenaires comme les fédérations de pêche de la Charente et de la Charente-Maritime.

Il faut aussi rajouter que, si l'estimation des géniteurs est focalisée sur les aloses feintes à Taillebourg, le suivi linéaire réalisé par la CMCS permet d'avoir un aperçu de l'activité de la grande alose. En 2022, aucune activité n'a été recensée sur les frayères connues de grandes aloses cependant les résultats des prélèvements ADNe permettront de savoir si les grandes aloses étaient tout de même présentes, même sans observation visuelle d'activité de reproduction. De plus, les silures sont également présents sur les frayères des grandes aloses (Châteauneuf et Saint Simon par exemple) et peuvent aussi avoir un impact sur leur reproduction.

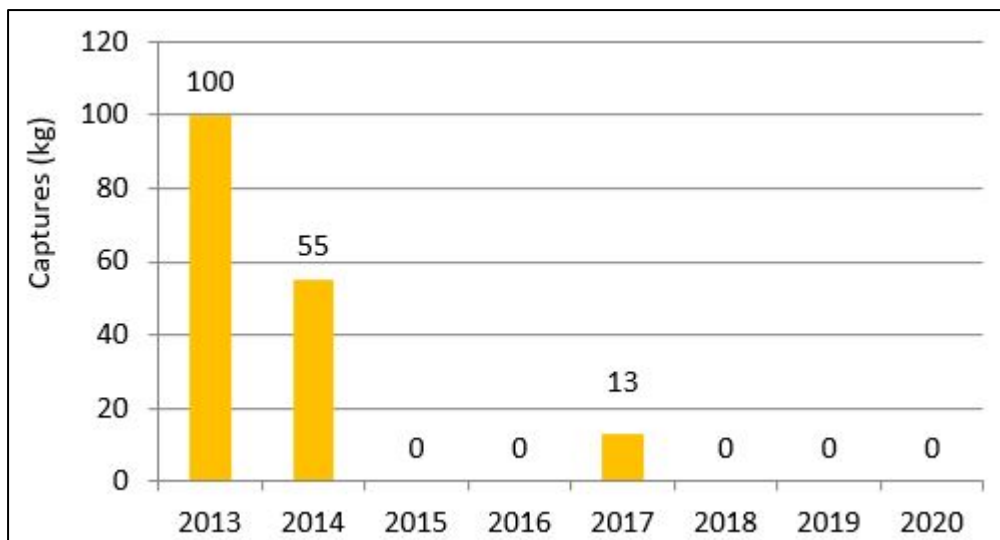
6 Bibliographie

- Abdallah, Y., Dufouil, A., Charrier, F., Berge, J., Postic-Puivif, A., Colleu, M. A., Albert, F., & Buard, E. (2021). Etude des potentialités piscicoles sur les bassins Charente et Seudre — Etats et possibilités de migration des poissons migrateurs amphihalins des bassins Charente et Seudre (Version finale; 240 p. + annexes). EPTB Charente, SCIMABIO Interface, FISH-PASS.
- Agostinho, A. A., Agostinho, C. S., Pelicice, F. M., & Marques, E. E. (2012). Fish ladders : Safe fish passage or hotspot for predation? *Neotropical Ichthyology*, 10, 687-696. <https://doi.org/10.1590/S1679-62252012000400001>
- André, G., Guillaume, N., Sauvadet, C., Diouach, O., Chapon, P.-M., & Beaulaton, L. (2018). Synthèse sur la répartition des lamproies et des aloses amphihalines en France (161 p.) [Rapport, AFB ; INRA]. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03006782>
- Baglinière, J. L., Elie, P., Alexandrino, P., Aprahamian, M., Belaud, A., Boisneau, P., Cassou-Leins, F., Cassou-Leins, J. J., Dartiguelongue, J., Larinier, M., Legall, O., Mennesson-Boisneau, C., Sabatié, M. R., Taverny, C., & Travade, F. (2000). Les aloses (*Alosa alosa* et *Alosa fallax* spp.). Ecobiologie et variabilité des populations (Cemagref Editions et INRA editions).
- Belhamiti, N., & Boisneau, C. (2015). SILURUS : Etude du silure à l'échelle de la Loire en région Pays de la Loire [Rapport de recherche]. Université de Tours.
- Borcard, D. (2000). Régression linéaire (Droites d'estimation). Département de sciences biologiques, Université de Montréal, 6.
- Boulêtreau, S., Carry, L., Meyer, E., Filloux, D., Menchi, O., Mataix, V., & Santoul, F. (2020). High predation of native sea lamprey during spawning migration. *Scientific Reports*, 10(1), 6122. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62916-w>
- Boulêtreau, S., Fauvel, T., Laventure, M., Delacour, R., Bouyssonnié, W., Azémar, F., & Santoul, F. (2021). "The giants' feast" : Predation of the large introduced European catfish on spawning migrating allis shads. *Aquatic Ecology*, 55(1), 75-83. <https://doi.org/10.1007/s10452-020-09811-8>
- Boulêtreau, S., Gaillagot, A., Carry, L., Tétard, S., Oliveira, E. D., & Santoul, F. (2018). Adult Atlantic salmon have a new freshwater predator. *PLOS ONE*, 13(4), e0196046. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196046>
- Bouyssonnie, W., & Filloux, D. (2021). Suivi de la reproduction naturelle de la grande alose sur la Dordogne (21 p.) [Rapport d'activité]. MIGADO.
- Brias, T. (2014). Suivi alose 2014 : Ajustement du protocole de suivi et du calcul d'estimation des géniteurs d'aloses sur le bassin Charente—Recherche du front de migration [Rapport de stage de M2].
- Candel, J. H. J. (2020). Ahead of the curve : Channel pattern formation of low-energy rivers [Phd, Wageningen University]. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/561509>
- Carry, L., Tardieu, P., Karasinki, C., & Delpeyroux, J. M. (2017). Etude des rythmes de migration au niveau de la station de contrôle de Golfech et de la reproduction de la grande alose sur la Garonne en aval de Golfech (63 p.). MIGADO.
- Cassou-Leins, F., & Cassou-Leins, J.-J. (1981). Recherches sur la biologie et l'halieutique des migrateurs de la Garonne et principalement de l'alose : *Alosa alosa* L. Institut national polytechnique.
- Chanseau, M., Mayeras, M., Brasier, W., Noel, Y., & Lascaux, J. M. (2006). *Suivi de la reproduction de la grande alose (Alosa alosa L.) et de la lamproie marine (Petromyzon marinus L.) sur la Dordogne en aval du barrage de Tuilières -Estimation des stocks reproducteurs 2005* (41 p.). MIGADO.
- Cucherousset, J., Horký, P., Slavík, O., Ovidio, M., Arlinghaus, R., Boulêtreau, S., Britton, R., García-Berthou, E., & Santoul, F. (2017). Ecology, behaviour and management of the European catfish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. <https://doi.org/10.1007/s11160-017-9507-9>
- Duquesne, A., Plumejeaud-Perreau, C., & Carozza, J.-M. (2020). Trajectoire d'évolution d'un cours d'eau à très faible énergie : Le cas de la Charente entre Angoulême et Saintes (Ouest de la France). *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 26(2), Article 2. <https://doi.org/10.4000/geomorphologie.14411>

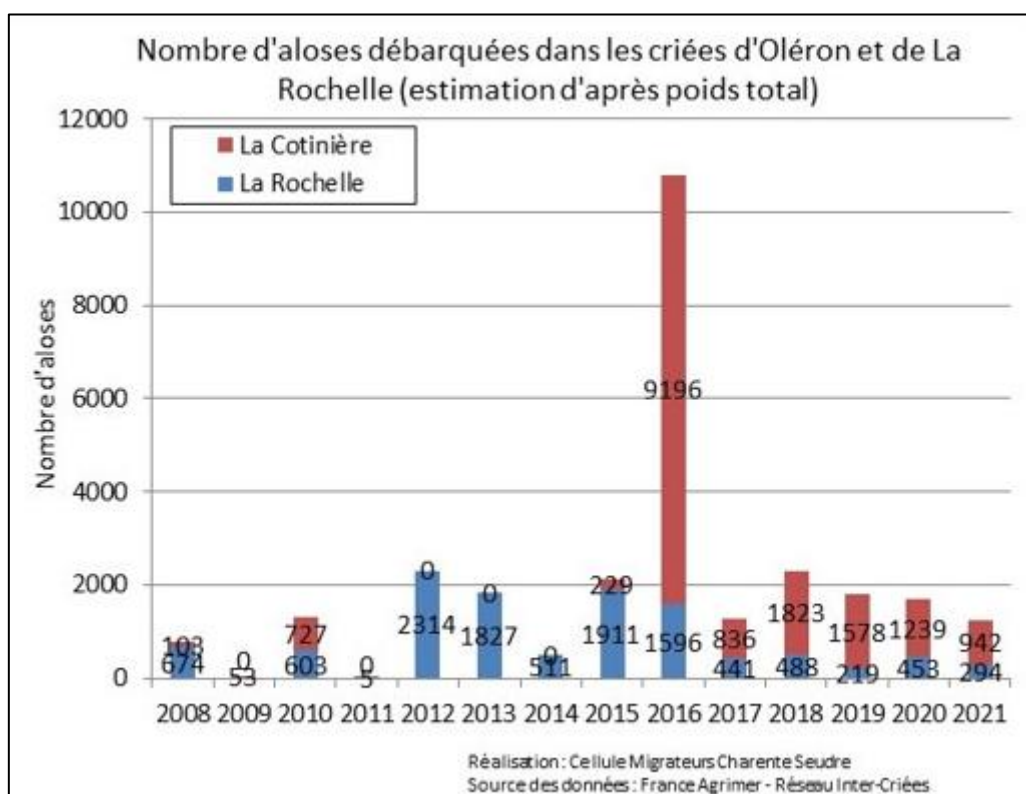
- Egea, J. (2021). Suivi de la reproduction des aloses sur le bassin versant de la Charente en 2021 : Estimation du nombre de géniteurs d'alesos feintes sur la frayère de Taillebourg (25 p.) [Rapport de stage de M2]. EPTB Charente, Université de Montpellier.
- EPTB Charente. (s. d.). Le bassin versant de la Charente. EPTB Charente. Consulté 11 juillet 2022, à l'adresse <https://www.fleuve-charente.net/notre-territoire/le-bassin-versant>
- Fauvel, T., Rapet, E., & Soulier, L. (2019). Etude de l'impact des pêches expérimentales de silure (*Silurus glanis*) dans le canal de fuite du barrage de Golfech sur les passages à la station de contrôle (49 p.) [Rapport d'étude]. Institut des Milieux Aquatiques et A.A.D.P.P.E.D. Gironde.
- HYDRO CONCEPT. (2003). Etude des potentialités piscicoles des bassins de la Charente et de la Seudre pour les poissons migrateurs. EPTB Charente.
- Keith, P., Poulet, N., Denys, G., Changeux, T., Feunteun, E., & Persat, H. (2020). Les poissons d'eau douce de France (2ème édition). Biotope Editions - Museum d'Histoire Naturelle.
- Mennesson-Boisneau, C. (1990). Migration, répartition, reproduction et caractéristiques biologiques des aloses (*Alosa sp.*) dans le bassin de la Loire [Thèse de doctorat, Rennes 1]. <http://www.theses.fr/1990REN10140>
- Parlier, E., Corolla, J.-P., & Kupfer, M. (2020, février 19). *Silurus glanis* Linnaeus 1758 [DORIS]. <https://doris.ffessm.fr/ref/specie/364>
- Paz-Vinas, I., & Santoul, F. (2019). Estimation de la biomasse de migrateurs anadromes consommée par le silure glane (*Silurus glanis* L.) dans la partie aval de la Garonne : Approche par couplage de modélisations génétiques et bio-énergétiques (37 p.) [Rapport d'étude]. Laboratoire Ecologie fonctionnelle et environnement ECOLAB.
- Proteau, J.-P., Schlumberger, O., & Elie, P. (2008). Le silure glane. Biologie, écologie, élevage (1ère édition). Editions Quae. <https://www.decitre.fr/livres/le-silure-glane-9782759200696.html>
- Rapet, E., & Gaillard, M. (2021). Amélioration de la montaison et de la reproduction des poissons migrateurs par la mise en place de régulations locales du silure glane en Garonne Dordogne. Bilan année 2021. [Rapport d'étude]. A.A.P.P.E.D. Gironde, SMEAG, CAPENA.
- Schmidt, S. (EPOC), & Lepage, M. (IRSTEA). (2018). Problème de désoxygénation dans les estuaires : Exemple des estuaires de la Loire et de la Gironde. Bilan des travaux soutenus par la Coordination inter-estuaires et perspectives de recherche à l'échelle nationale.
- Syväranta, J., Cucherousset, J., Kopp, D., Martino, A., Céréghino, R., & Santoul, F. (2009). Contribution of anadromous fish to the diet of European catfish in a large river system. *Naturwissenschaften*, 96(5), 631-635.
- Tallerie, S. (2012). Caractérisation des populations d'alesos sur le bassin versant de la Charente. (52 p.) [Rapport de stage de master en Génie Ecologique]. Université de Poitiers.
- Taverny, C. (1991). Contribution à la connaissance de la dynamique des populations d'alesos (*Alosa alosa* et *Alosa fallax*) dans le système fluvio-estuarien de la Gironde : Pêche, biologie, écologie. Etude particulière de la dévalaison et de l'impact des activités humaines [Thèse, Doctorat Biologie des populations et écosystèmes, Université de Bordeaux I]. <https://hal.inrae.fr/tel-02575207>
- Tentelier, C., Bouchard, C., Bernardin, A., Tauzin, A., Aymes, J.-C., Lange, F., Recapet, C., & Rives, J. (2021). The dynamics of spawning acts by a semelparous fish and its associated energetic costs. *Peer Community Journal*, 1. <https://doi.org/10.24072/pcjournal.56>
- Tourenne, M., & André, F. (2021, janvier 20). *Alosa alosa/fallax* (Linnaeus, 1758) / (Lacepède, 1803). DORIS. <https://doris.ffessm.fr/ref/specie/4490>
- UICN. (2019, juillet 11). Une espèce de poissons d'eau douce sur cinq menacée en France métropolitaine. *UICN France*. <https://uicn.fr/liste-rouge-poissons-d-eau-douce/>
- Whitehead, P. J. P. (1985). FAO species catalogue. 7 : Clupeoid fishes of the world (Suborder Clupeoidei). An annotated and illustrated catalogue of the Herrings, Sardines, Pilchards, Sprats, Anchovies and Wolf-Herrings. Part 1 : Chirocentridae, Clupeidae and Pristigasteridae. (FAO Fisheries Synopsis, Vol. 7).
- Woiillez, M., & Rochard, E. (2003). Tableau de bord un outil pour le suivi des poissons migrateurs : Concepts et réflexion sur le choix d'indicateurs pour la population de grande alose sur le bassin versant Gironde-Garonne-Dordogne (146 p.) [Rapport, IRSTEA]. <https://hal.inrae.fr/hal-02593868>

7 Annexes

Annexe 1 : Déclaration de captures d'aloses feintes par les pêcheurs professionnels fluviaux sur la Charente (données CD17)



Annexe 2 : Nombre d'aloses débarquées dans les criées d'Oléron et de La Rochelle (Estimation d'après le poids total)



Annexe 3 : Branchiospines d'une alose feinte



Charente :

- Saint-Savinien (17)
- Canal Moussard (17)
- Port d'Envaux (17)
- Taillebourg (17)
- Port à Clou (17)
- Port la Pierre (17)
- Saint Thomas (17)
- Prairie Courbiac (17)
- Port la Rousselle (17)
- Les Gonds (17)
- Bac de Chaniers (17)
- La Baine (17)
- Moulin de la Baine (17)
- Pas des Charettes (17)
- Bac de Dompierre (17)
- Crouin (16)
- Bagnolet (16)
- Port Boutiers (16)
- Gardemoulin (16)
- Bourg Charente (16)
- Jarnac (16)
- Bras de Mérienne (16)
- Gondeville (16)
- Juac (16)
- Saint Simon (16)
- Vibrac (16)
- Châteauneuf (16)
- Malvy (16)
- Saint Simeux (16)
- Sireuil (16)
- La Mothe (16)
- Fleurac (16)

- Basseau (16)
- Thouérat (16)
- Ile de Bourguine (16)
- Chalonne (16)
- Les Chabots (16)
- Vindelle (16)
- Coursac (16)
- Pont de Lachenaud (16)
- Moulin de Montignac (16)
- Aval clapet Montignac (16)
- Aval Bignac (16)
- Tousogne (16)
- La Terne (16)

La Boutonne :

- Carillon
- Bel Ebat
- L'Houmée
- Voissay

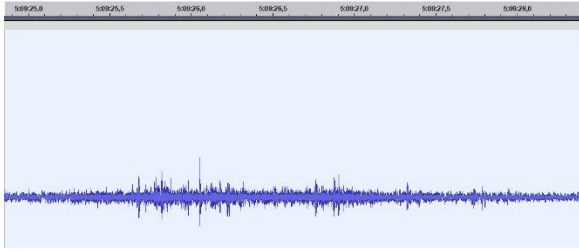
L'Antenne :

- Buisson
- Groupe aval Bgr Javrezac

Le Né :

- Aval du pont
- Site du Pérat

Annexe 5 : Bull visible sur la bande sonore (Logiciel Audacity)



Annexe 6 : Construction de la courbe de Gauss

Les coefficients de l'équation polynomiale ajustée servent à construire la courbe de Gauss de la façon suivante :

$$Z_x = c \times e^{\frac{-0.5 \times (x-u)^2}{t^2}}$$

Avec : $u = \text{optimum} = \frac{-a_1}{2a_2}$

$c = \text{sommet de la courbe} = e^{-(a_2 u^2 + a_1 u + b)}$

$t = \text{tolérance} = \frac{1}{\sqrt{-2a_2}}$

$x = \text{la valeur de la variable à ajuster}$

Annexe 7 : Calcul du Critère d'Information d'Akaike corrigé (AICc)

$$AIC = \ln(MSE) + 2k$$

$$AIC_{\text{corrigé}} = AIC + \frac{2k \times (k+1)}{n - k - 1}$$

Avec : $MSE = \text{carré moyen des erreurs} = \frac{SSE}{n} = \sum_t^{n-2} (y_t - T_t)^2$ et $k = \text{nombre de paramètres}$

Fiche de suivi linéaire de nuit - comptage bulls aloses 2022

[illegible]

Fiche de suivi et protocole d'éclairement des silures 2022

Le protocole d'éclairement permet de décrire la présence de silures sur le site et permet une description rapide de la pression potentielle qui peut être exercée sur les aloses. Ces informations seront un complément au nombre d'attaques de silures sur les bulls recensées cette même nuit.

Pour cela, **à la FIN** de la session d'écoute de bulls (juste avant de repartir du site), balayer l'entièreté de la zone de frayère à l'aide d'un spot pendant 30 secondes à 1 minute maximum : si les silures sont en surface et que l'eau est suffisamment claire, ils sont bien visibles. Il n'est donc pas nécessaire de l'éclairer plus longtemps. Si possible, estimer le nombre d'individus total observés ainsi que leurs classes de tailles.

/ ! \ Pour que l'observation soit la plus représentative possible, elle se fait à la fin pour que les silures ne soient pas dérangés à l'arrivée des observateurs. En effet, cela pourrait entraîner un déplacement des individus et ainsi biaiser l'estimation des attaques de silures ensuite. Il faut donc essayer de limiter au maximum l'éclairage de la zone quand ce n'est pas nécessaire pour ne pas perturber les bulls et l'estimation du nombre d'attaques / ! \

Date		Site		Heure du passage du spot				
Nombre de silures observés		Durée d'éclairement par le spot						
Turbidité de l'eau	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33.33%;">Faible (on voit bien sous la surface)</td> <td style="width: 33.33%;">Moyenne (on voit un peu)</td> <td style="width: 33.33%;">Forte (on ne voit rien)</td> </tr> </table>					Faible (on voit bien sous la surface)	Moyenne (on voit un peu)	Forte (on ne voit rien)
Faible (on voit bien sous la surface)	Moyenne (on voit un peu)	Forte (on ne voit rien)						
Marée	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33.33%;">Montante</td> <td style="width: 33.33%;">Descendante</td> <td style="width: 33.33%;">Non soumis à marée</td> </tr> </table>			Montante	Descendante	Non soumis à marée	Coefficient :	
Montante	Descendante	Non soumis à marée						
Phase de la Lune								

Nombre de silures observés pour chaque classe de taille :

0 à 0,5 m	0,5 à 1 m	1 m à 1m50	1m50 à 2 m	Plus de 2 m

Observations : (comportements des silures (mobiles /statiques/ proches des aloses) ...)

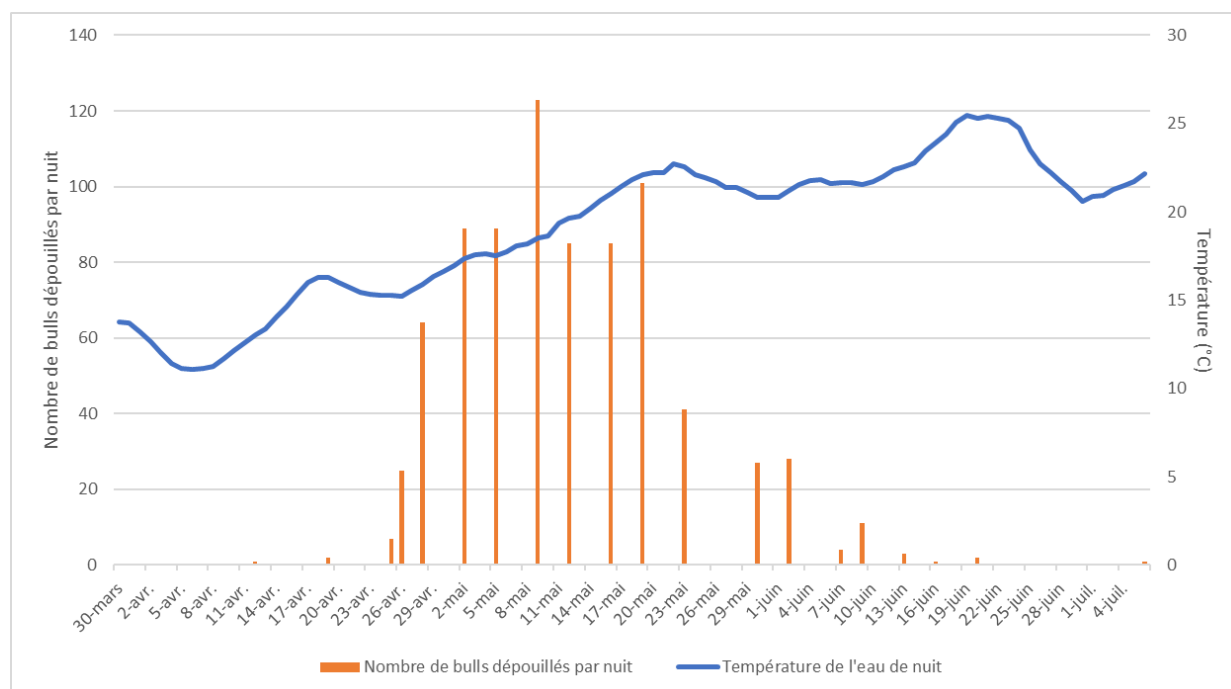
Annexe 10 : Nuits réécoutées pour réaliser l'historique des bulls attaqués

Année de suivi	Dates réécoutées à Taillebourg	Dates réécoutées à La Baine
2021	12 mai 17 mai 20 mai 25 mai 27 mai 31 mai	/
2020	19 mai 21 mai 25 mai 28 mai	14 mai 19 mai 25 mai 28 mai
2018	14 mai 17 mai 22 mai 24 mai 31 mai	14 mai 17 mai 22 mai 24 mai 31 mai
2017	15 mai 18 mai 23 mai	15 mai 18 mai 23 mai
2016	19 mai 26 mai	19 mai 26 mai
2015	21 mai	21 mai
2014	15 mai 19 mai 22 mai 26 mai 27 mai	/
2013	23 mai 30 mai	16 mai 23 mai 30 mai

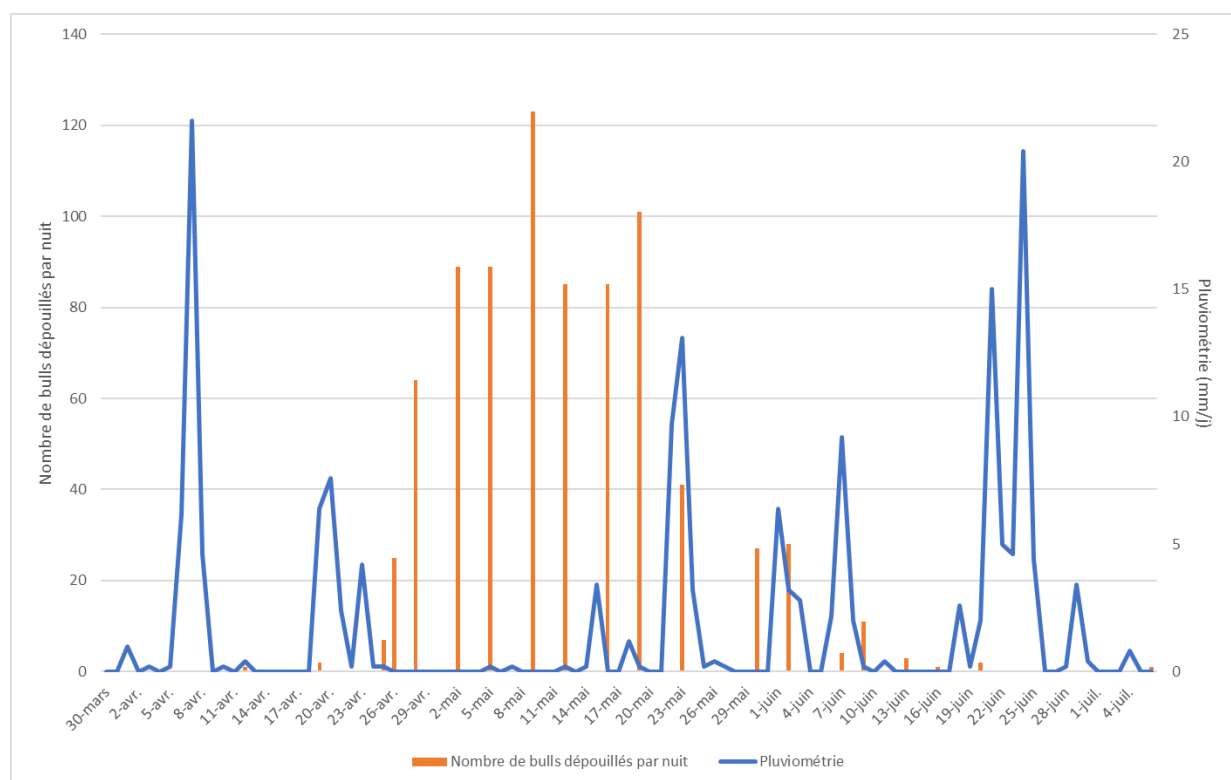
Annexe 11 : Nombre maximal de bulls par quart d'heure et par frayère en aval de Crouin depuis 2013, avec dégradé de couleur suivant le maximum connu par frayère (vert = maximum et rouge = minimum)

Site	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Saint-Savinien	6	134	47	12	32	9	23	22	7	26
Canal Moussard	6	14	7	10	1	3	2	0	4	7
Port d'Envaux	3	7	12	9	3	1	2	23	8	5
Taillebourg	84	202	94	37	69	61	25	104	52	33
Port à Clou	33	56	4	10	6	4	2	10	17	6
Port la Pierre	39	27	22	15	14	7	7	0	11	3
Saint-Thomas	51	32	5	25	4	4	11	29	9	3
Prairie Courbiac	3	14	2	39	9	3	5	6	23	7
Port la Rousselle	95	26	42	39	3	5	2	10	51	44
Les Gonds	5	4	4	3	7	4	4	0	3	6
Bac de Chaniers	18	23	7	4	4	18	6	4	3	6
La Baine	114	174	58	85	22	24	2	15	18	12
Moulin de la Baine	65	11	3	9	10	0	1	0	1	10
Pas des Charettes	24	31	2	16	14	5	12	2	17	54
Bac de Dompierre	8	0	3	NA	2	2	1	0	1	1
Crouin	122	129	32	34	27	24	16	4	7	4

Annexe 12 : Nombre de bulls dépouillés en fonction de la température de l'eau de nuit



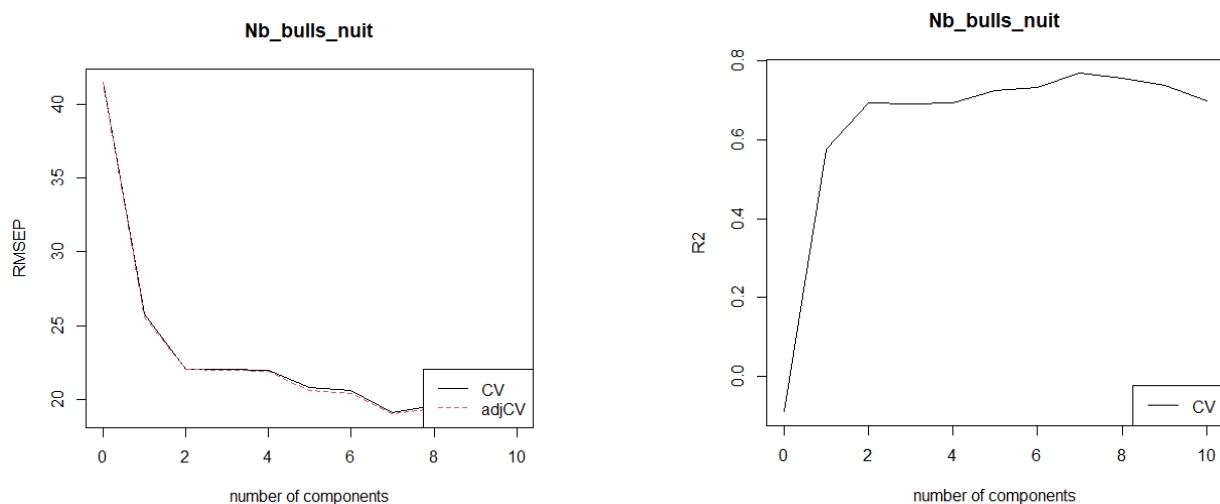
Annexe 13 : Nombre de bulls dépouillés en fonction de la pluviométrie journalière



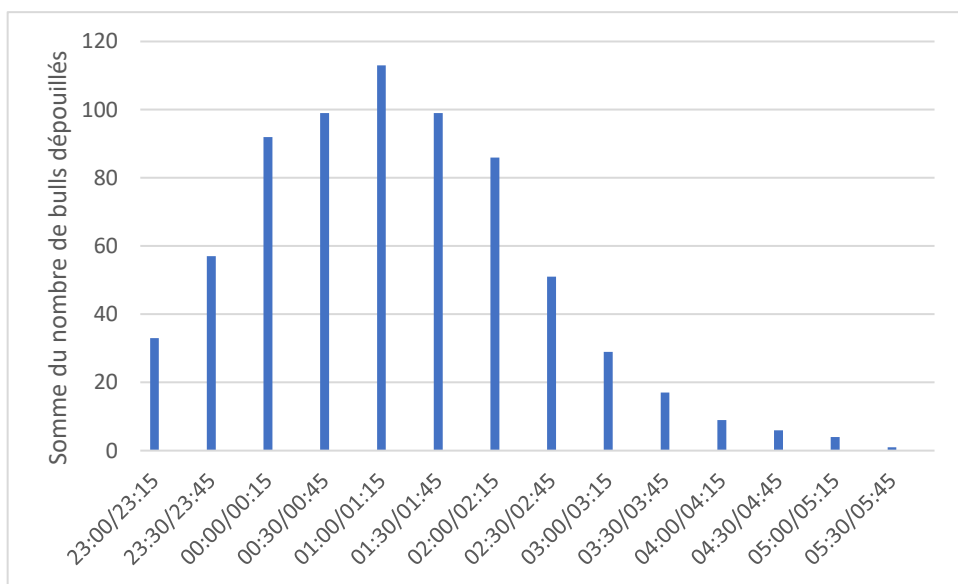
Annexe 14 : Tableau de corrélation de Spearman entre les différentes variables environnementales. Les cases de couleur ont une p -value $< 0,05$

Variables	gTemps	gTeau	Diff_Teau_24	Debit	Diff_deb_24	Pluvio_jour	Tair_moy_jour	H_moy_rochefort	Neb	Patm_moy	Tend_patm_24
gTemps	1										
gTeau	0,677	1									
Diff_Teau_24	0,243	0,071	1								
Debit	-0,179	-0,082	0,156	1							
Diff_deb_24	0,213	-0,189	-0,425	-0,387	1						
Pluvio_jour	-0,305	-0,225	-0,46	-0,083	0,356	1					
Tair_moy_jour	0,122	0,034	0,09	-0,816	0,198	-0,128	1				
H_moy_roche	-0,093	-0,229	0,193	-0,144	-0,065	0,134	0,192	1			
Neb	-0,077	-0,191	-0,067	0,102	0,118	0,477	-0,279	0,191	1		
Patm_moy	0,301	0,423	0,463	-0,108	-0,432	-0,492	0,221	-0,382	-0,407	1	
Tend_patm_24	0,154	-0,072	0,419	0,067	-0,124	-0,415	0,156	-0,085	-0,092	0,41	1

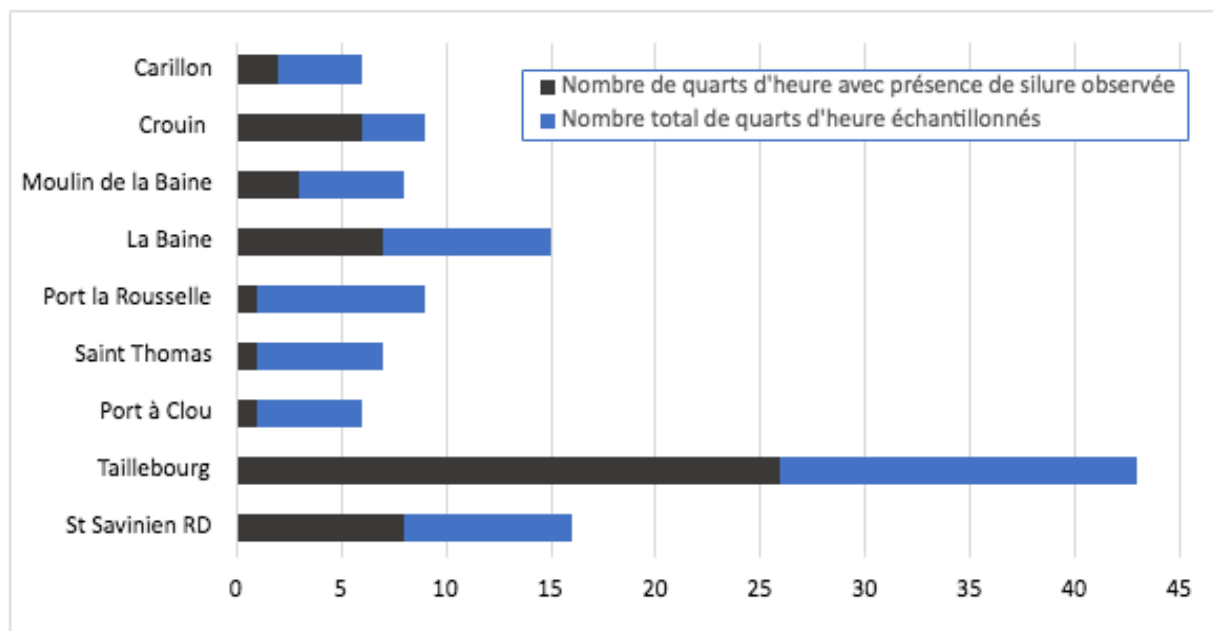
Annexe 15 : Choix de la composante grâce aux valeurs du RMSEP et de R^2



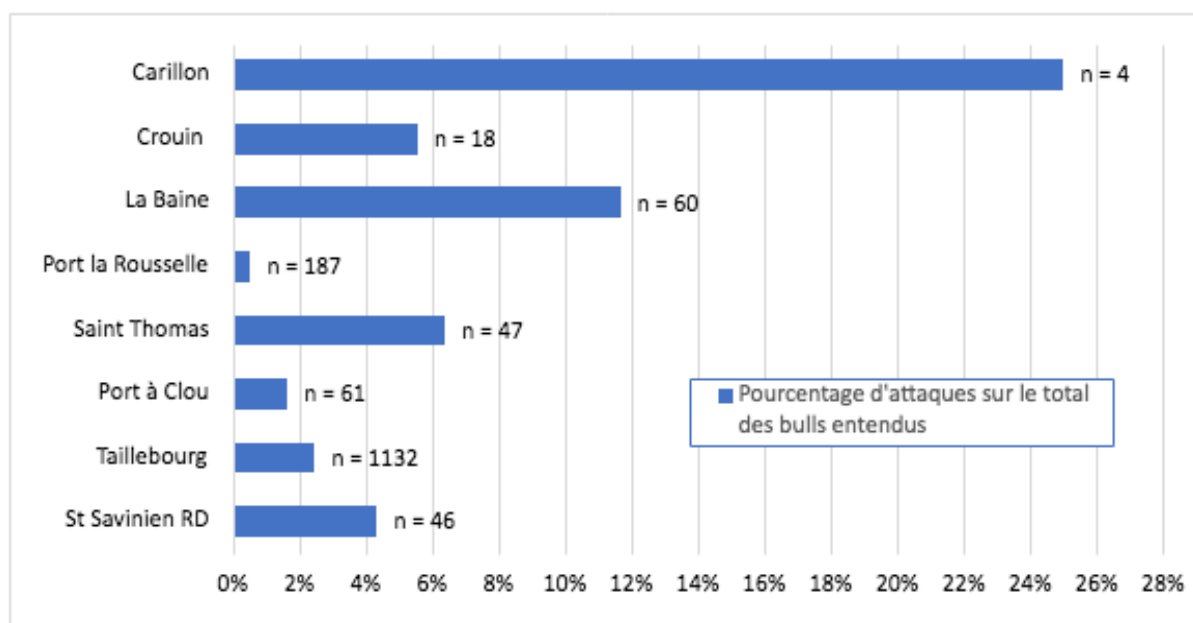
Annexe 16 : Somme du nombre de bulls dépouillés par quart d'heure sur la frayère de Taillebourg



Annexe 17 : Proportion de quarts d'heure avec présence de silures observée sur la saison de suivi linéaire par site en 2021



Annexe 18 : Pourcentage d'attaques sur le total de bulls entendus lors du suivi linéaire par site (n est le total de bulls entendus par site sur la saison 2021)





Suivi de reproduction de l'aloise feinte (*Alose fallax*) à Taillebourg et suivi de la pression de prédation par le silure

Maëlle Gaudron

5A IMA

2021-2022

L'aloise feinte (*Alosa fallax*) est classée comme espèce quasi menacée à l'échelle nationale. Sur le bassin versant de la Charente, cette espèce est suivie depuis de nombreuses années grâce à un protocole standardisé d'estimation du nombre de géniteurs d'aloses feintes réalisés à l'origine sur les trois frayères principales de la Charente à savoir Taillebourg, Crouin et La Baine. Depuis 2021, les efforts d'estimation de géniteurs se concentrent sur la frayère de Taillebourg.

Cependant, depuis plusieurs années, les indicateurs de la population d'aloses feintes sur la Charente s'effondrent tandis que les observations d'attaques de silures sur les bulls d'aloses se font plus fréquentes. Ce rapport s'intéressera à l'estimation du nombre de géniteurs sur la frayère de Taillebourg pour la saison 2022 mais également à la présence actuelle et historique de la prédation du silure (*Silurus glanis*) sur le bassin de la Charente.

Mots clés : Alose feinte – Bassin Charente – Estimation de géniteurs – Reproduction – Prédation – Silure

The twaite shad (*Alosa fallax*) is classified as Near Threatened in France. On the Charente catchment, this species has been studied for several years now thanks to a standardised protocol to estimate the breeding stock of twaite shads on the three main spawning grounds (i.e. Taillebourg, Crouin and La Baine). Since 2021, breeding stocks estimation efforts are focusing on Taillebourg.

However, for several years now, the twaite shads population indicators on the Charente river are collapsing when catfishes attacks on twaite shads spawning behaviour are increasing. This report will focus on the breeding stock estimation of twaite shads on Taillebourg spawning ground in 2022. It will also explore the current and historical situation of the European catfish (*Silurus glanis*) predation on the Charente catchment.

Key words : Twaite shade – Charente catchment – Breeding stock estimation – Breeding – Predation – European Catfish -

EPTB Charente

5 rue Chante Caille, ZI des Charriers

17100 Saintes

Tuteur académique :

Catherine Boisneau

Tuteur entreprise :

Audrey Postic-Puivif

Chef de projet Poissons Migrateurs