

MASTER 2 "Dynamique des Ecosystèmes Aquatiques"
<http://master-dynea.univ-pau.fr/>

UFR Sciences & Techniques Côte Basque
Allée du Parc Montaury F-64600 Anglet



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

BRIAS Tommy

Stage effectué du 3 mars au 29 août 2014 à

EPTB Charente
Institution interdépartementale pour l'aménagement du fleuve Charente et de ses affluents
2 place Saint Pierre
17100 Saintes

sous la direction scientifique de Mme Audrey POSTIC-PUIVIF



EPTB Charente
Institution interdépartementale pour l'aménagement
du fleuve Charente et de ses affluents



**Le présent rapport est un rapport de stage.
Il doit être utilisé avec les précautions d'usage.**

Les résultats utilisés et notamment les analyses et calculs qui en découlent sont à prendre avec précaution.

Remerciements

Je tiens dans un premier temps à remercier tout particulièrement Audrey POSTIC-PUIVIF, maître de stage exemplaire à la fois pour avoir partagé ses connaissances et ses conseils avec moi, ainsi que pour ses nombreuses relectures du rapport de stage.

Je remercie également Eric Buard et François Albert, les deux autres membres de la Cellule Migrateurs pour leurs conseils et leur bonne humeur tout au long de ce stage.

Je remercie aussi mes camarades stagiaires, Ronan Gaudin pour avoir partagé avec moi la salle d'archives pendant 6 mois. Ainsi que Alexandre Schaal, pour son aide sur le terrain durant quelques longues nuits de suivi.

Un merci aux équipes de l'ONEMA 16 et 17 et des équipes de la FD de pêche 16 et 17 pour leur travail dans le suivi de reproduction d'aloses.

Un merci à Antoine Legault de FishPass pour avoir facilité les suivis avec son système d'enregistrement vidéo.

Et finalement un grand merci à toute l'équipe de l'EPTB Charente pour leur accueil et leurs pauses café.

Résumé

Le bassin Charente possède une grande diversité d'habitats qui permet l'accueil de deux espèces d'aloses, la grande alose (*Alosa alosa*) et l'alose feinte (*Alosa fallax*). Ces deux espèces sont classées comme espèces vulnérables au niveau national et européen.

Les aloses se reproduisent sur des frayères en formant un « bull », phénomène nocturne à la fois très audible et visuel. Cet acte constitue l'élément principal de suivi de cette étude. La Cellule Migrateurs, créée en 2009, a pour mission d'assurer le suivi de ces populations d'aloses. Une première étude en 2012 a mis en avant la nécessité de réaliser des suivis plus poussés des reproductions pour aboutir à une estimation fiable du nombre de géniteurs.

Un important effort d'échantillonnage a été mis en place en 2014. L'objectif de cette étude est d'utiliser ces résultats pour définir un protocole normalisé de suivi, permettant une comparaison des résultats d'années en années.

Des méthodes de suivis automatisés des reproductions à l'aide d'enregistreurs audio et d'une caméra ont permis d'augmenter l'effort d'échantillonnage tout en réduisant l'effort humain. Nos résultats montrent la difficulté d'estimer le nombre global de géniteurs sur le bassin versant, à cause du manque de précision des estimations et de la grande variabilité dans la reproduction. Nous concluons qu'il est plus efficace de suivre seulement trois sites même si cela revient à ne pas pouvoir donner une estimation globale du nombre de géniteurs. Ces résultats permettraient d'avoir un chiffre plus robuste du nombre d'aloses sur les trois frayères. Le nombre de géniteurs estimés pourrait donc plus facilement être comparé d'année en année et donnerait une tendance sur l'évolution de la population d'aloses.

Le front de migration a été déterminé à Châteauneuf. Malgré l'importance de l'effort d'échantillonnage, peu d'aloses ont été retrouvées en amont de Crouin. L'utilisation d'enregistreurs pourrait aider à faciliter ce suivi.

Mots clés : Grande alose – Alose feinte – Bassin Charente – Cellule Migrateurs – Stratégie d'échantillonnage – Reproduction - Bulls

Abstract

The Charente watershed possesses a great diversity of habitat that allows it to be home of two shad fish species, the allis shad (*Alosa alosa*) and the twait shad (*Alosa fallax*). These two species are classified as vulnerable in France and in Europe.

Shad fish use to reproduce in spawning grounds by making a "bull", nocturnal phenomenon that is both audible and visual. This act is the major element of the monitoring of this study. The Cellule Migrateurs, created in 2009, has the task of monitoring shad fish. In 2012, an initial study was carried out and it pointed out the need of providing a reproduction's quality monitoring to get a reliable estimate of the number of spawning fish.

A great sampling effort has been set up this year. The purpose of this study is to use the results that we get in order to set up a standardized protocol of monitoring, which will allow us to be able to compare the results from year to year.

Automated monitoring of shad fish reproduction, with the help of audio and video recorder has allowed us to increase the sampling effort whilst minimizing human effort. Our results show the difficulty to provide an estimation of the number of spawning shad fish, because of both the lack of accuracy of the estimate and the high variability in the fish reproduction. We conclude that this is more efficient to only make a survey on three spawning grounds, even if it would leave out the global estimation of the number of shad fish in the Charente watershed. These results will give us a more reliable and accurate number of spawning fish in those three spawning grounds. This number would be compared more easily over the years and it would give us a trend of the shad fish population.

The migration front has been determined to Châteauneuf this year. Despite an important sampling effort, few shad fish have been found upstream section of Crouin. The use of recorders would probably make the monitoring easier.

Key words : Allis shad– Twait shad – Charente watershed – Cellule Migrateurs – Sampling strategy – Reproduction - Bulls

Table des matières

1.	Introduction	1
1.1.	Contexte	1
1.1.1.	Les aloses	2
1.1.1.1.	Grande alose (Alosa Alosa)	2
1.1.1.2.	Alose feinte (Alosa Fallax)	2
1.1.1.3.	L'acte de reproduction	2
1.1.2.	Problématique de l'étude	3
2.	Matériels et Méthode	4
2.1.	Suivi automatique	4
2.1.1.	Méthodes et sites suivis	4
2.1.1.1.	Caractérisation d'un bull	4
2.1.1.2.	Suivi Audio	4
2.1.1.3.	Suivi vidéo	5
2.1.1.4.	Suivi terrain	5
2.1.2.	Traitement des données	5
2.1.2.1.	Dépouillement des enregistrements	5
2.1.2.2.	Acquisition des variables environnementales	6
2.1.2.3.	Extrapolation des nuits manquantes	6
2.1.2.4.	Calibration des enregistreurs	7
2.1.2.5.	Interpolation des $\frac{1}{4}$ d'heure manquants	7
2.1.2.6.	Calcul du nombre de géniteurs	8
2.1.2.7.	Optimisation de l'échantillonnage	8
2.2.	Suivis Linéaires	9
2.3.	Recherche du front de migration	10
2.3.1.	Suivi diurne	10
2.3.2.	Suivi nocturne	10
2.4.	Caractéristique des bulls	11
3.	Résultats et Discussion	11
3.1.	Suivi automatique	11
3.1.1.	Résultats bruts pour la saison 2014	11
3.1.2.	Extrapolation des nuits manquantes	13
3.1.2.1.	Corrélation entre les sites	13
3.1.2.2.	Crouin	13
3.1.2.3.	Taillebourg	14
3.1.2.4.	Bilan extrapolation des nuits manquantes	14
3.1.3.	Calibration des enregistreurs	15
3.1.4.	Estimation des $\frac{1}{4}$ d'heures manquants	15
3.1.5.	Bilan et calcul du nombre de géniteurs	17
3.1.5.1.	Bilan Bulls	17
3.1.5.2.	Calcul du nombre de géniteurs	18
3.1.6.	Optimisation de l'échantillonnage	19
3.1.6.1.	Optimisation de la Calibration	19
3.1.6.2.	Nombre de nuits échantillonnées	21
3.1.6.3.	Nombre de $\frac{1}{4}$ d'heure à échantillonner	22
3.1.6.4.	Calcul du temps nécessaire pour la saison prochaine	23
3.1.7.	Préconisation de suivi	24
3.2.	Suivis Linéaires	25
3.3.	Front de migration	26
3.3.1.1.	Comparaison aux années précédentes	28
3.4.	Caractéristiques des bulls	29
3.4.1.	Durée des bulls	29
3.4.2.	Caractéristiques des bulls à La Baine	31
4.	Conclusion et perspectives	33
5.	Bibliographie	35

Sommaire des tables

Tableau 1 Moyenne de bulls, écart-type et coefficient de variation des trois sites	12
Tableau 2 Moyenne de bulls, écart-type et coefficient de variation des trois sites seulement pour les nuits communes.....	12
Tableau 3 Test de corrélation de spearman entre les trois sites. Significativité : p-value<0.05=*, <0.001=*** .	13
Tableau 4 Test de corrélation de Spearman entre le nombre de bulls à Crouin et les variables. Significativité : p-value<0.05=*, <0.01=**, <0.001=***. LB représente le nombre de bulls à La Baine, pap représente la passe à poisson, gTemps et gTeau sont les transformations gaussiennes de l'indice temporel et de la température de l'eau. aDébit est le taux d'accroissement du débit.	13
Tableau 5 Calcul de l'AICc pour différents modèles, ainsi que le nombre de bulls total estimé pour le site de Crouin.....	13
Tableau 6 Test de corrélation de Spearman entre le nombre de bulls à Taillebourg et les différentes variables.	14
Tableau 7 Calcul de l'AICc pour différents modèles, ainsi que le nombre de bulls total estimé pour le site de Taillebourg	14
Tableau 8 Estimation du nombre de bulls total avec les bornes de confiance	14
Tableau 9 Résultats calibration entre total de bulls capturé par les enregistreurs et les agents sur le terrain. ..	15
Tableau 10 Bilan bulls estimé pour la saison en fonction de la calibration avec l'intervalle de confiance à 95%	15
Tableau 11 AICc des modèles des courbes de tendance polynomiales de La Baine.....	16
Tableau 12 Meilleurs modèles trouvés pour Taillebourg et Crouin.....	16
Tableau 13 Bulls totaux estimés avec les modèles d'interpolation des nuits complètes, sur les nuits échantillonnées.....	17
Tableau 14 Résultats Bruts pour les nuits échantillonnées	17
Tableau 15 Résultats en incorporant l'estimation des nuits extrapolées grâce aux modèles	17
Tableau 16 Résultats en incorporant l'intervalle de confiance de la calibration des enregistreurs	17
Tableau 17 Résultats en incorporant l'intervalle de confiance des ¼ d'heure manquants	17
Tableau 18 Nombre de géniteurs estimé en utilisant la méthode de Migado, avec 10 pontes par femelles.	18
Tableau 19 Effort de suivi année par année	18
Tableau 20 Marge d'erreur relative obtenue en extrapolant les données pour les trois sites.....	20
Tableau 21 Marge d'erreur relative en fonction du type d'échantillonnage et du nombre de nuits échantillonnées pour le site de La Baine, les moyennes sont indiquées en gras.	21
Tableau 22 Erreur de l'estimation en fonction du nombre de 1/4h échantillonnés sur La Baine.....	23
Tableau 23 Estimation du temps nécessaire pour chaque type de suivi	23
Tableau 24 Maximum de bulls par ¼ d'heure par sites et par prospections	25
Tableau 25 Effort humain pour le suivi linéaire en 2014	25
Tableau 26 Effort humain pour le front de migration en 2014.....	27
Tableau 27 Comparaison de l'effort humain : estimation de géniteurs et front de migration cumulés	28
Tableau 28 Estimation de la répartition des deux espèces en fonction de la durée du bull	29
Tableau 29 Répartition des deux espèces suivant les sites.....	30
Tableau 30 Répartition des deux espèces en fonction de la taille	30
Tableau 31 Sens de rotation des bulls à la Baine	31

Sommaire des figures

Figure 1 Bassin versant de la Charente	1
Figure 2 Grande Alose (<i>Alosa Alosa</i>)	2
Figure 3 Alose Feinte (<i>Alosa Fallax</i>).....	2
Figure 4 Enregistreur audio sur le site de Crouin	4
Figure 5 Schéma des trois frayères suivis sur la Charente	4
Figure 6 Caméra et son projecteur sur le site de La Baine.....	5
Figure 7 Aperçu de l'enregistrement sonore d'un bull.....	5
Figure 8 Aperçu d'un bull capté par la caméra vidéo de La Baine	5
Figure 9 Frayères prospectées en suivi linéaire	9
Figure 10 Frayères prospectées en suivi de migration nocturne	10
Figure 11 Nombre de bulls par nuits pour les trois sites avec l'évolution du débit et de la température de l'eau	11
Figure 12 Pourcentage d'activité par 1/4 d'heure en fonction du temps pour les trois sites	12
Figure 13 Somme du nombre de bulls de la saison par 1/4h sur le site de La Baine	15
Figure 14 Estimation du nombre de bulls pour les ¼ d'heure manquants sur La Baine. Les barres verticales représentent l'intervalle de confiance de l'estimation à 95%. La courbe représente le polynôme de degré 4.	16
Figure 15 Evolution du nombre estimé de géniteurs, il n'y a pas eu de données en 2012	18
Figure 16 Marge d'erreur relative (échelle logarithmique) en fonction du nombre de 1/4 d'heure de calibration pour les trois sites	19
Figure 17 Précision de l'échantillonnage aléatoire en fonction du nombre de nuits. La droite bleu présente la moyenne du nombre total de bull estimé, les deux courbes rouges sont les bornes de confiance inférieure et supérieure.....	21
Figure 18 Schéma bilan des préconisations de suivi pour les trois sites.....	24
Figure 19 Activités des sites lors des prospections de jours	26
Figure 20 Activité des sites lors des prospections de nuits et front de migration 2014 sur la Boutonne et la Charente.....	26
Figure 21 Front de migration des années précédentes sur la Charente	28
Figure 22 Répartition des bulls en fonction de la durée	29
Figure 23 Comparaison des résultats de la répartition suivant la méthode utilisée	30
Figure 24 Zone d'apparition de bulls sur la caméra	31
Figure 25 Vue aérienne du site de la Baine. En bleu la superficie estimée de la frayère, en rouge la zone que la caméra enregistre.....	31

1. Introduction

1.1. Contexte

Le bassin de la Charente (Figure 1) se situe au nord de la Gironde et au sud de la Loire et s'étend sur 10 000 km². Long de 360 km, le fleuve prend sa source à Chéronac et se jette dans l'océan au niveau de la baie d'Oléron. Le bassin charentais offre une grande diversité d'habitats (marais, zones humides) et est propice à la reproduction et au développement de poissons migrateurs amphihalins. On retrouve ainsi principalement les anguilles, les lamproies, les truites de mer, les saumons atlantiques et les grandes aloses et aloses feintes.



Figure 1 Bassin versant de la Charente

En 2003 a eu lieu une étude des potentialités piscicoles (Hydro Concept, 2003), initié par l'EPTB Charente, qui a mis en exergue de forts enjeux liés aux bonnes potentialités d'accueil des poissons migrateurs amphihalins, malgré une grande perturbation de la libre circulation des espèces, due à la présence de très nombreux ouvrages sur la Charente et ses affluents. C'est dans ce contexte qu'a été créée en 2008 la Cellule Migrateurs, issue de l'action commune de deux structures : l'EPTB Charente (Etablissement Public Territorial de Bassin) et le Groupement des Fédérations de Pêche de Poitou-Charentes, rejoint ensuite par le CREA (Centre Régional et d'Expérimentation et d'Application Aquacole). Ces trois structures assurent un rôle d'animation et de réalisation des actions en concertation avec les acteurs du bassin et le Comité de Pilotage. Un premier programme d'actions de trois ans (2009-2011) a été effectué et est actuellement poursuivi par un deuxième programme 2012-2015. Ce programme est articulé autour de trois thématiques : connaissance de l'état de population des poissons migrateurs, continuité écologique et actions de communication.

1.1.1. Les aloses

Les aloses appartiennent à la famille des Clupéidés et au genre *Alosa*. Seules deux espèces sont présentes en France, la grande alose (*Alosa Alosa*, Linné 1758) et l'alose feinte (*Alosa Fallax*, Lacépède 1803). Ces deux espèces anadromes présentent un corps fusiforme et comprimé, avec une queue nettement échancrée. Il existe un léger dimorphisme sexuel avec une taille plus importante pour les femelles à âge égal.

Malgré leur ressemblance, quelques caractéristiques permettent de différencier la grande alose de l'alose feinte

1.1.1.1. Grande alose (*Alosa Alosa*)

Les grandes aloses sont plus grandes avec une taille comprise entre 40 et 80cm. D'une durée de vie de 3 à 7 ans, elles présentent une unique large tache noire en arrière de l'opercule plus ou moins marquée. Les écailles sont présentes sur le corps de façon désordonnée.

L'aire de répartition historique de la grande alose s'étendait originellement du Maroc jusqu'à la Norvège en passant par la côte Atlantique. Elle serait aujourd'hui présente du Portugal jusqu'au bassin Seine Normandie et également dans le Rhin (Lochet, 2006). Les grandes aloses meurent en général après la reproduction en eau douce.



Figure 2 Grande Alose (*Alosa Alosa*)

1.1.1.2. Alose feinte (*Alosa Fallax*)

Les aloses feintes sont légèrement plus petites (30 à 50cm) avec un corps moins compact. D'une durée de vie de 3 à 7 ans, leur tête est moins latéralement comprimée et on trouve la présence de 4 à 8 petites taches noires en arrière de l'opercule, jusqu'à environ la moitié du corps.

L'aire de répartition de l'alose feinte est relativement similaire à celle de la grande alose, mais plus étendue au nord. On trouve également la présence d'une sous espèce de l'alose feinte, l'alose du Rhone (*Alosa Fallax rhodanensis*) sur le pourtour méditerranéen (Lochet, 2006).

Les aloses feintes ont une chance de survie plus importante après la reproduction et peuvent donc retourner dans l'estuaire à la fin de la saison. On trouve en effet une proportion d'individus itéropares d'en moyenne 30%. Il existe également une ségrégation spatiale dans les zones de reproduction entre les deux espèces, l'alose feinte se reproduisant plus en aval même si on retrouve certain cas de reproduction de cette espèce à plus de 300 km dans la Loire (Menesson-Boisneau, 1990).



Figure 3 Alose Feinte (*Alosa Fallax*)

Le principal critère de différenciation entre ces deux espèces reste le nombre de branchiospines sur le premier arc branchial (Lochet, 2006). Il en existe un nombre inférieur à 60 pour l'alose feinte et supérieur à 90 pour la grande alose.

1.1.1.3. L'acte de reproduction

L'acte de reproduction de ces deux espèces est caractéristique, et est un élément important dans le suivi des populations d'aloses, c'est la phase du cycle biologique la plus étudiée (Baglinière, 2000). Après la migration en eau douce et l'arrivée sur les frayères aux alentours du mois d'avril, les géniteurs se regroupent au crépuscule. Les déplacements dans l'eau de ces groupes permettent de former des couples. Le mâle et la femelle montent ensuite à la

surface en nageant en rond flanc contre flanc tout en frappant intensément la surface de l'eau avec leur nageoire caudale. La fécondation avec libération des produits génitaux a lieu pendant cette phase pouvant durer de deux à huit secondes (Boisneau, 1990). Cette acte de reproduction, appelé « Bull » est particulièrement bruyant, 35 à 50 dB (Baglinière, 2000), et permet donc une détection à distance de la zone de frayère.

La reproduction des aloses se terminent souvent avant fin juillet (Boisneau, 1990).

Cet acte de reproduction visuel et audible est un moyen simple de suivre les populations d'aloses.

1.1.2. Problématique de l'étude

En Europe et en France, les populations d'aloses sont en régression. Les deux espèces sont classées dans l'annexe II de la Directive Habitat-Faune-Flore CEE 92/43. Elles sont sur la liste rouge au niveau mondiale et ont un statut de vulnérable au niveau nationale, elles sont donc protégées en France. Malgré ce statut et une récente colonisation sur les cours d'eau bretons et normands, les stocks se sont effondrés sur le bassin Garonne-Dordogne, bassin qui était considéré comme le plus important en France au niveau du stock d'aloses. Une des causes serait l'augmentation de la température de l'eau. Une raréfaction des populations de poissons migrateurs pourrait avoir lieu au sud de la France (Rochard, 2010). Les poissons verraient alors leur aire de distribution se contracter vers le nord, avec un impact un peu moindre pour l'alose feinte. Les autres menaces sont les différents impacts anthropiques tels que la dégradation de l'habitat, la pollution de l'eau ou encore la présence importante de barrages (Baglinière, 2000).

Au niveau de la Charente, le programme d'actions sur les poissons migrateurs étant récent (2009), il est difficile d'avoir assez de recul pour évaluer précisément le déclin des populations d'aloses. En 2012 a eu lieu une première analyse des résultats des reproductions d'aloses (Tallerie, 2012). Cette étude a mis en avant la nécessité de réaliser des suivis approfondis des reproductions pour mettre en place une méthode d'estimation, fiable et robuste, du nombre de géniteurs. L'année 2013 a permis d'effectuer des premiers essais, en utilisant des nouvelles méthodes de suivi avec du matériel de type enregistreur, afin de faciliter le suivi. Ces enregistreurs permettent de réduire l'effort humain tout en augmentant l'effort d'échantillonnage. L'objectif de 2014 et du présent rapport est donc de fiabiliser un protocole de suivi.

Etablir une stratégie d'échantillonnage reproductible doit permettre de faciliter le suivi alose, et d'avoir des résultats permettant d'être comparés d'année en année. Cela afin d'estimer l'évolution de la population dans le temps. Et donc de finalement voir le résultat des autres actions effectués par la Cellule Migrateurs et des différents acteurs, notamment au niveau de la continuité écologique et de l'amélioration de l'habitat.

Une autre partie du travail a été effectuée sur la recherche du front de migration. Cet indice permet de voir l'endroit le plus en amont où ont migré les aloses. Ce front dépend à la fois de la quantité d'aloses présentes, plus il y en a, plus on a des chances d'en retrouver plus en amont, mais aussi de la qualité de la continuité écologique.

2. Matériels et Méthode

2.1. Suivi automatique

2.1.1. Méthodes et sites suivis

2.1.1.1. Caractérisation d'un bull

Seuls les bulls d'une durée supérieure à deux secondes ont été comptabilisés durant cette étude. Les autres sont considérés comme incomplets et ne sont donc pas comptés (BOISNEAU et al, 1990). Traditionnellement, les actes de reproduction des aloses sont comptés directement sur le terrain, la nuit par des agents présents sur place. Afin de faciliter le comptage pour cette saison, deux méthodes automatiques de suivi ont été utilisées.



Figure 4 Enregistreur audio sur le site de Crouin

2.1.1.2. Suivi Audio

L'acte de reproduction de l'aloise étant sonore, il peut facilement être enregistré par un micro. Deux kits d'enregistrement ont été utilisés et sont composés d'un enregistreur Olympus VN-712PC, relié à un microphone Olympus ME 52 et une parabole en résine fixée à un piquet en bois (Figure 4). Ces kits ont été utilisés sur deux sites : Taillebourg et Crouin (Figure 5). D'après les résultats des années précédentes (voir annexe 1), ce sont deux sites considérés comme de grosses frayères et susceptibles d'accueillir des enregistreurs (facilité d'accès et de pose d'enregistreurs).

L'enregistreur est placé directement en bord de frayères le soir, et est récupéré le lendemain matin. Au total, 22 poses pour Taillebourg et 18 poses pour Crouin ont été effectués.

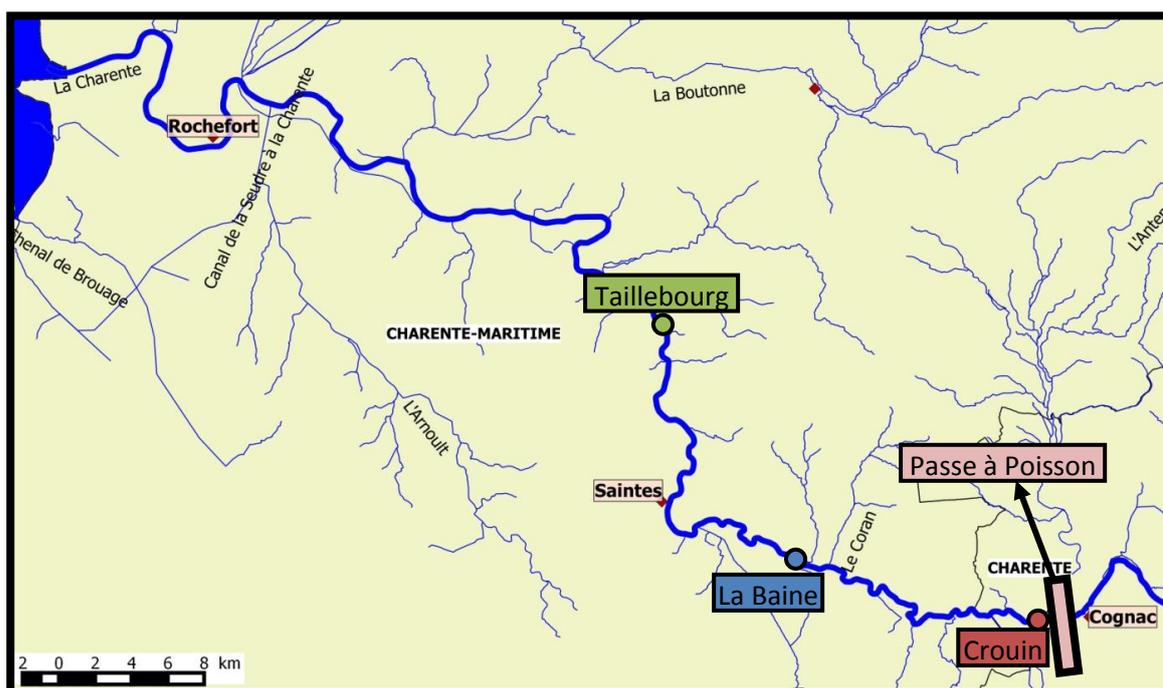


Figure 5 Schéma des trois frayères suivis sur la Charente

2.1.1.3. Suivi vidéo

L'acte de reproduction étant également visuel, un suivi vidéo a été mis en place sur le site du barrage de La Baine (Figure 5). Le matériel utilisé est composé d'une caméra Samsung 2080, couplé à un spot d'éclairage (Figure 6). Ils sont automatisés pour être actif de 23h à 5h du matin chaque nuit. Le premier enregistrement a eu lieu le 7 avril soir, et la dernière nuit a été celle du 3 au 4 juillet. Ainsi, un total de 88 nuits a été enregistré. Les données vidéo ont directement été stockées sur un disque dur. Un ou deux passages par semaine sur le site ont été effectués afin de transférer les données. Ce dispositif a été établi en collaboration avec le bureau d'étude FishPass afin de tester la mise au point d'une méthodologie d'évaluation de l'activité reproductrice d'alose par système vidéo.



Figure 6 Caméra et son projecteur sur le site de La Baine

2.1.1.4. Suivi terrain

En plus de ces enregistrements, des suivis terrains ont été réalisés sur ces mêmes trois sites (La Baine, Crouin et Taillebourg). Ces suivis permettent de faire une calibration des différents enregistreurs. L'objectif est de quantifier le pourcentage de bulls recueilli par les appareils comparé aux nombre de bulls réellement entendus sur le terrain par l'oreille humaine. Quatre sorties d'une heure, le même jour pour les trois sites, ont été réalisées sur une plage horaire correspondant au pic d'activité des aloses. Un binôme de deux personnes était présent pour chaque calibration afin de recenser chaque acte de reproduction vu ou entendu. Ces calibrations ont été réalisées avec l'aide des Fédérations de Pêche 16 et 17.

2.1.2. Traitement des données

Tous les traitements statistiques ont été réalisés avec les logiciel R et Excel. Les intervalles de confiance ont également tous été calculés avec un risque α de 5%.

2.1.2.1. Dépouillement des enregistrements

Les bandes sonores enregistrées sont chargées sur le logiciel Audacity. Il permet de visualiser la bande sonore et de rechercher les bulls qui présentent une forme d'onde particulière (Figure 7). Chaque présomption de bulls est ensuite écoutée, et le bull et sa durée sont comptabilisés (seulement s'il est supérieur à deux secondes).

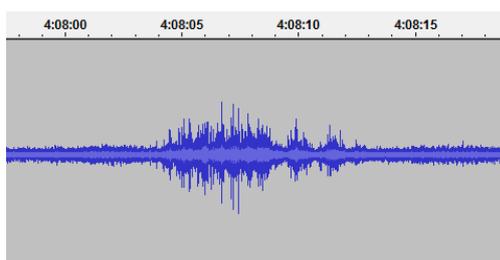


Figure 7 Aperçu de l'enregistrement sonore d'un bull



Figure 8 Aperçu d'un bull capté par la caméra vidéo de La Baine

Les vidéos de La Baine sont visionnées en accéléré (x8) à la recherche de bulls (Figure 8). Seuls les bulls d'une durée supérieure à deux secondes sont comptabilisés. Leur heure d'apparition, position à l'écran, sens de rotation et durée sont relevés.

Pour ces deux types de suivi, il a été choisi d'analyser les nuits de 23h à 4h45 du matin, à raison d'un quart d'heure sur deux dépouillé, afin d'accélérer la vitesse de dépouillement. Douze quarts d'heure sont ainsi dépouillés par nuit.

2.1.2.2. Acquisition des variables environnementales

Excepté pour le site de La Baine avec la caméra vidéo, il n'y a pas d'échantillonnage continu sur les autres sites. En vue de l'extrapolation des nuits manquantes, des modèles biologiques comprenant différents paramètres ont été testés. Les variables environnementales peuvent influencer ou être corrélées à l'activité de reproduction des aloses. La température de l'eau, le débit sont généralement considérés comme des facteurs prépondérants initiant la reproduction (Baglinière, 2000).

Des sondes thermiques présentes sur les sites de Taillebourg et Crouin ont permis d'avoir un relevé horaire des températures de l'eau. L'activité de reproduction serait optimale pour des températures comprises entre 12 et 19°C pour la grande alose (Cassou-Leins, 1981) et entre 18 et 22°C pour l'alose feinte

Le débit a été fourni par la DREAL Poitou-Charente (Direction Régional de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement), il correspond au débit moyen journalier enregistré à la station de Beillant. La reproduction s'arrêterait en période de crue avec un débit supérieur à 2.5 m³/s (Baglinière, 2000). L'augmentation du débit aurait donc une influence négative sur la reproduction. Pour la régression linéaire, le taux d'accroissement du débit a donc été calculé.

La luminosité de la Lune a également été prise en compte en fonction du pourcentage de visibilité. Une pleine Lune correspond à 100% de visibilité contre 0% pour une nouvelle Lune, une luminosité excessive pouvant défavoriser la reproduction des poissons (Puivif, 2012).

Les coefficients de marée sont calculés par le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine. De gros coefficients pourraient permettre à plus de poissons d'entrer dans l'estuaire. L'influence de la marée peut se faire ressentir jusqu'à Crouin (≈ 100km de l'océan).

Une passe à poisson équipée d'une station de comptage est aménagée sur la Charente au barrage de Crouin, 100 mètres en amont de la frayère. La station de contrôle permet de comptabiliser précisément les espèces empruntant le dispositif en montaison. L'attrait de la passe est beaucoup moins fort pour la dévalaison, où les poissons passent plus naturellement par le barrage. Les données de la passe à poisson de Crouin, ont permis de voir s'il existait une corrélation entre le nombre de poisson traversant la passe et l'activité de reproduction. Ce suivi est assuré par un prestataire (SCEA D'Artiguelongue).

2.1.2.3. Extrapolation des nuits manquantes

Afin d'interpoler les nuits manquantes, une régression linéaire multiple a été effectuée. Nous disposons en effet de plusieurs variables environnementales pouvant influencer ou être corrélées à l'activité de reproduction.

Des tests de corrélation ont ainsi été réalisés entre les résultats du nombre de bulls obtenus par site avec les variables environnementales, mais également des corrélations inter-site. Les tests de corrélations utilisés sont celui de Pearson, dans le cadre d'une distribution Normale des variables, et le test non paramétrique de Spearman, si la distribution n'est pas Normale. Ce test est également plus robuste en cas de valeurs aberrantes (Chok, 2008).

La première étape consiste donc à transformer les variables explicatives dépendantes de manière non linéaire à l'activité de reproduction. Par exemple pour la température de l'eau, nous savons qu'elle va faire office d'activateur de la reproduction. Mais lorsque des températures trop hautes seront atteintes, elle va avoir un effet inhibiteur. Dans ce cas là, l'ajustement d'une droite n'aurait aucun sens et la corrélation serait très faible. Il faut donc ajuster une courbe de Gauss aux valeurs de température.

Premièrement, une transformation en logarithmes naturels est faite sur le nombre de bulls par nuit ($\ln(y)=x$). Puis une parabole est ajustée au nuage de points ($\ln(y)= a_2x^2 + a_1x + b$). En effet, « *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 de la manière suivante.

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

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

$$c = \text{sommet de la courbe} = e^{-(a_2u^2 + a_1u + b)}$$

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

x = la valeur de la variable à ajuster

Deux variables sont concernées ; la température de l'eau ainsi que l'indice temporel (voir exemple avec la température en annexe 2).

Ensuite différents modèles ont été testés en utilisant la fonction « lm » (Linear Model) du logiciel R. Afin de choisir le meilleur modèle, leur Critère d'Informations d'Akaike corrigé (AICc) a été comparé, le plus faible représentant le meilleur modèle. Il se calcule de la manière suivante :

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

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

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

Les extrapolations sont ensuite réalisées avec la fonction « predict » du logiciel R, procurant également les valeurs prédites aux bornes supérieures et inférieures de l'intervalle de confiance à 95%. Afin de se rendre compte de la précision du modèle, une marge d'erreur relative est finalement calculée comme suit :

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

2.1.2.4. Calibration des enregistreurs

Une régression linéaire a été effectuée entre les actes de reproduction observés par les agents sur le terrain et les données recueillies par les enregistreurs. Elle a été réalisée avec l'utilitaire d'analyse présent dans Microsoft Excel. Il en ressort l'équation de la droite de régression ($y=ax+b$) avec en plus, les différents coefficients correspondants aux bornes de l'intervalle de confiance à 95%, supérieurs et inférieurs. Ensuite, on applique ces formules aux résultats bruts du total de bulls enregistré par saison. Une marge d'erreur relative est en plus calculée afin de voir la précision des résultats.

2.1.2.5. Interpolation des ¼ d'heure manquants

L'interpolation des ¼ d'heure manquants a permis d'avoir une estimation du nombre de bull total pour la nuit entière. Les courbes polynomiales de différents degrés offertes par Excel ont été utilisées. Afin de choisir la meilleure courbe, on compare leur Critère d'Informations d'Akaike corrigé (AICc), le plus faible représentant le meilleur modèle. L'équation de la meilleure courbe a ensuite permis d'interpoler les ¼ d'heure manquants. Une régression

linéaire a également été réalisée entre données observées et théoriques afin de voir la corrélation avec le modèle, et de fournir les bornes supérieures et inférieures de l'intervalle de confiance à 95% grâce à l'utilitaire d'analyse d'Excel.

2.1.2.6. Calcul du nombre de géniteurs

Le nombre de géniteurs est estimé à partir du nombre de bulls comptabilisé en utilisant plusieurs hypothèses basées sur le fractionnement de la ponte des aloses en relation avec la maturation progressive des ovocytes dans le temps (Cassou-Leins, 2000 in Chanseau et al, 2006). Les hypothèses de calcul utilisées sont :

- Les géniteurs ne se reproduisent que sur une seule frayère,
- Un bull donne lieu à une ponte
- A un bull correspond une seule femelle et un mâle,
- Une femelle pond 5 à 7 fois au cours d'une saison de reproduction.

Cependant, les auteurs ne s'accordent pas sur le dernier point en émettant l'hypothèse qu'une femelle pond en moyenne 10 fois au cours d'une saison de reproduction (Chanseau, 2005 in Carry, 2011). Selon les conclusions du travail de Tallerie en 2012 et afin d'être en concordance avec les indicateurs du PLAGEPOMI Garonne-Dordogne-Charente-Seudre-Leyre, l'estimation du nombre de géniteurs pour 2014 sur la Charente sera faite selon la méthode de MiGaDo (Migrateurs Garonne Dordogne) avec 10 pontes par femelle.

Le nombre de géniteurs est finalement calculé d'après la formule :

$$\text{Géniteurs sur le site} = \frac{\text{Nombre de bulls total}}{\text{Nombre de ponte}} \times 2$$

2.1.2.7. Optimisation de l'échantillonnage

L'objectif de cette étude étant d'élaborer le plan d'échantillonnage de la saison prochaine, un compromis doit être proposé de manière à avoir un temps d'échantillonnage et de dépouillement relativement faible, tout en ayant des chiffres précis et reproductible. Une partie du travail est donc de trouver la variation de la marge d'erreur relative du nombre de bulls en fonction de l'effort d'échantillonnage.

Afin de déterminer le nombre de quart d'heure de calibration nécessaire par saison, un sous échantillonnage des résultats est effectué pour chaque site. Cette saison, quatre sorties d'une heure ont été effectuées. On peut se demander quel aurait été l'intervalle de confiance si trois, deux ou une sortie avaient été effectuées. Le calcul de la marge d'erreur relative est le même que précédemment. Cela dans le but d'établir une courbe « marge d'erreur à 95% en fonction du nombre de sortie. Ces résultats serviront à faire une extrapolation afin de voir quelle serait la précision si plus de 1/4h avaient été calibrés.

L'échantillonnage continu effectué sur le site de La Baine, a permis d'établir une courbe « précision de l'échantillonnage en fonction du nombre de nuits dépouillées ». Une méthode de sous échantillonnage a posteriori a été réalisée pour répondre à la question, « quel aurait été l'intervalle de confiance si seulement n nuits avaient été échantillonnées de manière aléatoire ou systématique? ».

Pour l'échantillonnage aléatoire, pour chaque nombre n de nuits choisi, 10000 tirages au sort ont été effectués de manière aléatoire. Ainsi, pour chaque tirage au sort, le résultat de n nuits a été utilisé afin de calculer les bornes de l'intervalle de confiance à 95% autour de la moyenne. Comme nous sommes dans le cadre d'un échantillonnage exhaustif, le calcul est le suivant :

$$IC_{95\%} = t_{\alpha} \times \sqrt{\frac{\sigma^2}{n} \times \frac{N-n}{N-1}}$$

Avec $t_{\alpha} = 1.96$ pour un risque d'erreur à 95%

σ = écart type

N = nombre de nuits totales de la saison (88)

n = nombre de nuits échantillonnées

Ces calculs ont été effectués avec les fonctions « sample » et « bootstrap » de R, en utilisant 10000 itérations et un tirage aléatoire sans remise.

Différents sous échantillonnage systématique ont également été effectués grâce aux résultats a posteriori du nombre de bulls sur le site de La Baine.

Une autre façon d'accélérer le dépouillement vidéo, est de réduire le nombre de ¼ d'heure à visionner. Sachant que reproduction des aloses suit une courbe en cloche présentant un pic d'activité au milieu de la nuit (Baglinière, 2000), le but est de modéliser cette même courbe en réduisant le nombre de ¼ d'heure dépouillé.

Une régression linéaire est ensuite effectuée entre le nombre de bulls observé et celui estimé. Cela afin de trouver le coefficient de corrélation et l'intervalle de confiance à 95%.

2.2. Suivis Linéaires

En plus des trois principales frayères que sont Taillebourg, La Baine et Crouin, de nombreux suivis linéaires ont été effectués sur d'autres frayères afin de voir leur activité.

Le principe est de rester deux fois quinze minutes sur chaque site. Dans un but de faciliter l'analyse des résultats, chaque quart d'heure de comptage devait commencer par un quart d'heure plein (xxh00, xxh15, xxh30, xxh45). En restant ainsi 30 minutes sur chaque site, il a été possible de prospecter entre cinq à six sites par nuit et par équipe. Une fiche terrain est remplie pour chaque site. Le nombre de bulls, l'heure d'écoute, la température de l'eau et de l'air ainsi que d'éventuelles remarques (bruits parasites...) sont précisés.

Au total neuf sorties de ce type ont été effectuées cette saison. Durant quatre de ces sorties ont été réalisés les heures de calibration pour les sites de Taillebourg, La Baine et Crouin.

La Fédération de Pêche de Charente Maritime a participé à ces suivis linéaires.



Figure 9 Frayères prospectées en suivi linéaire

2.3. Recherche du front de migration

Deux types de recherches sont effectués, les suivis diurnes et ceux nocturnes.

2.3.1. Suivi diurne

Le suivi diurne s'effectue principalement en pied de barrage afin de voir des bancs d'aloses essayer de franchir des ouvrages. Lors de ces journées de prospection, une recherche de cadavres est également effectuée. Les cadavres d'aloses indiquent, en effet, que les poissons ont réussi au minimum à remonter la rivière jusqu'au point d'observation du cadavre. Les cadavres sont en général retrouvés en bordure de rives, ou bloqué dans les grilles en amont des ouvrages.

Une fiche de saisie est remplie à chaque sortie terrain. Différentes conditions environnementales sont indiqués (température de l'eau, météo, turbidité), ainsi que la localisation précise des poissons observés.

Sept journées de prospection ont été réalisées, sur un total de 15 sites différents (1 sur le Né, 2 sur la Boutonne et 12 sur la Charente). Ce suivi a été réalisé avec l'aide des Onema 16 et 17.

2.3.2. Suivi nocturne

Un autre moyen efficace de déterminer la migration des aloses est de faire des suivis de reproduction. Le même principe des suivis linéaires pour l'estimation du nombre de géniteurs est utilisé. Les agents, par équipe de deux personnes, restent donc deux fois quinze minutes sur chaque site.

Des enregistreurs audio, les mêmes que ceux utilisés sur les sites de Crouin et Taillebourg, ont également été utilisés cette saison.

Au total, huit sorties nocturnes ont été réalisées pour une prospection sur 20 sites différents (4 sur la Boutonne et 16 sur la Charente). Ce suivi a été réalisé avec l'aide des Onema 16 et 17 ainsi que de la Fédération de Pêche de Charente.

Ces deux types de suivi sont effectués d'amont en aval. Dès que la présence d'aloses est validée sur un site, la prospection suivante commence alors en amont de ce site. Le but est de remonter de plus en plus en amont pour voir le point maximal de migration.

Les sites à prospecter ont été choisis en fonction des résultats de l'étude des potentialités piscicoles (Hydro Concept, 2003), et aussi des résultats des années précédentes.

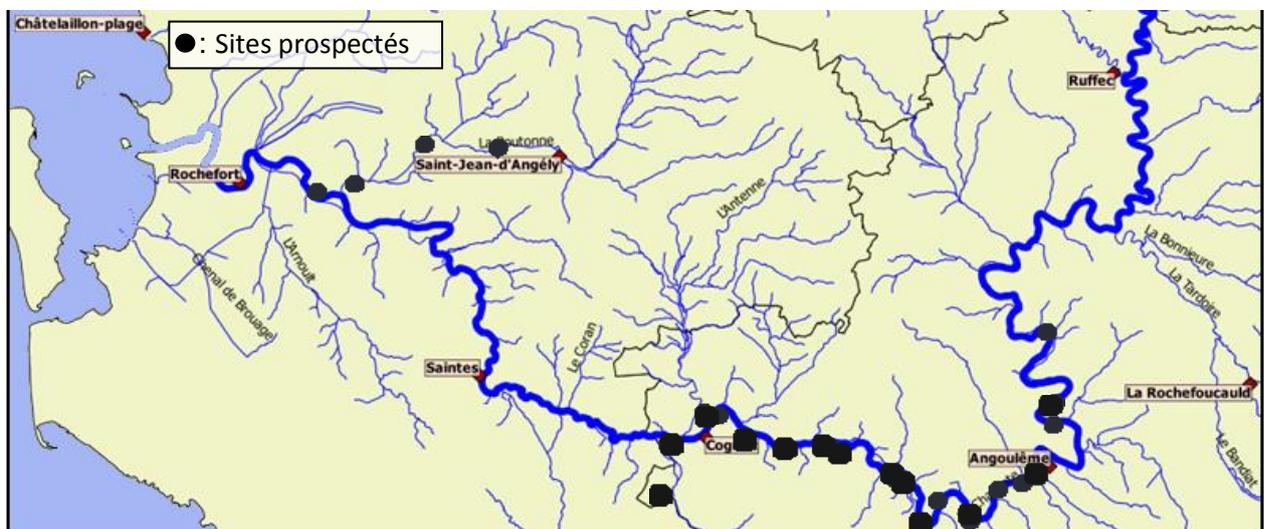


Figure 10 Frayères prospectées en suivi de migration nocturne

La recherche du front de migration permet de rendre compte de la continuité écologique. C'est un critère important sur la libre circulation des poissons. Cela permet de voir l'évolution de ce front d'années en années, afin de constater l'efficacité des différents aménagements effectués.

2.4. Caractéristique des bulls

Les enregistreurs audio et la caméra vidéo ont permis de caractériser les bulls vus et entendus. La durée des bulls a donc pu être estimée pour les trois sites. Selon Cassou-Leins, 1995, il y a une variation de la durée du bull selon les espèces. Les grandes aloses auraient un acte de reproduction plus long (> 4 secondes), alors qu'il serait plutôt entre deux et trois secondes pour l'aloise feinte. Cette caractéristique permettrait à priori d'identifier l'espèce qui se reproduit.

Deux autres caractéristiques ont pu être quantifiées pour le site de La Baine ; le sens de rotation des bulls, ainsi que le positionnement des bulls sur la frayère. Ce dernier point sera utile pour voir si la caméra est bien positionnée pour capter le maximum de bulls.

3. Résultats et Discussion

3.1. Suivi automatique

3.1.1. Résultats bruts pour la saison 2014

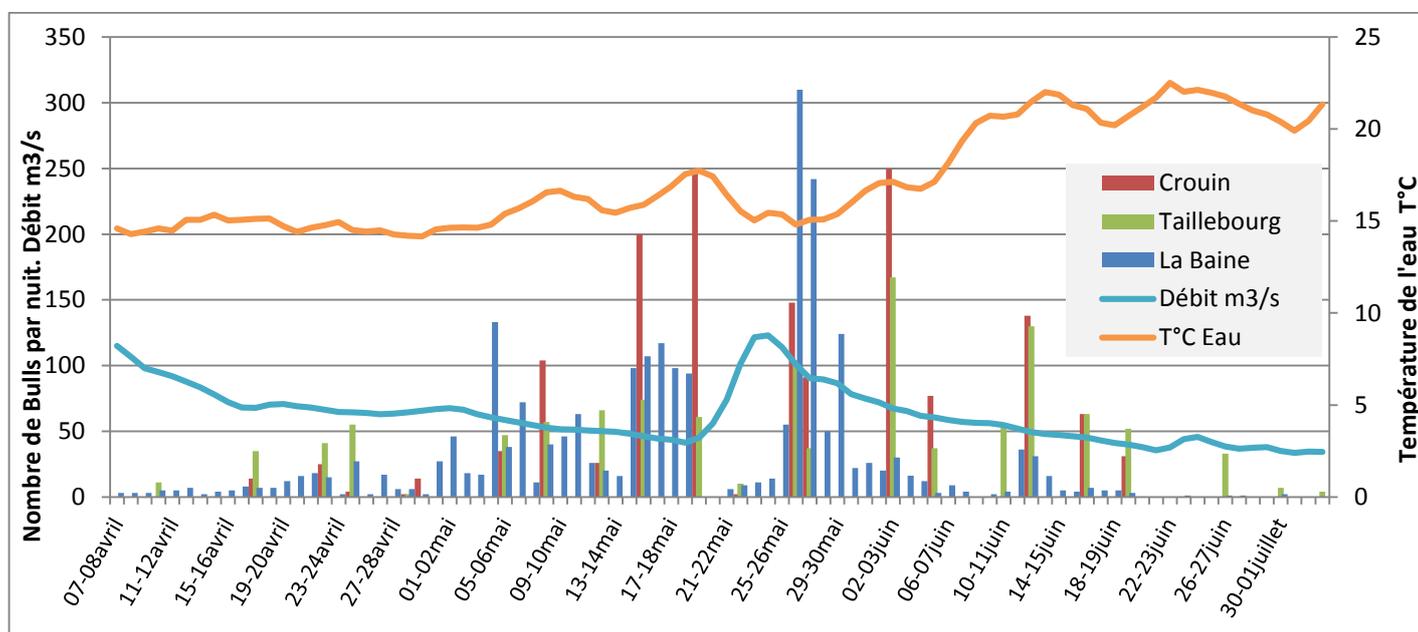


Figure 11 Nombre de bulls par nuits pour les trois sites avec l'évolution du débit et de la température de l'eau

Les premiers bulls (Figure 9) ont été observés dès la première nuit (07-08 avril) de mise en service de la caméra à La Baine. Au total, 88 nuits ont été échantillonnées pour la Baine, 22 pour Taillebourg et 18 pour Crouin (suite à un vol de l'enregistreur le 22 juin). La période intense d'activité a principalement eu lieu de début mai à mi-juin. L'augmentation très importante du débit entre le 19 et 24 mai a eu un effet très négatif sur la reproduction.

Voir Annexe pour résultats détaillés nuits par nuits.

Tableau 1 Moyenne de bulls, écart-type et coefficient de variation des trois sites

Site	Nombre de nuits	Nombre de bulls moyen	Ecart type	Coefficient de variation
La Baine	88	27	49.26	1.84
Crouin	18	82	82.89	1.015
Taillebourg	22	52	40.51	0.776

Le coefficient de variation est très différent entre les sites (Tableau 1), le site de Taillebourg semble être plus constant, moins sujet aux grosses variations dans l'activité de reproduction. On le remarque également dans la figure 9, le nombre de bulls par nuit est plus important en début et fin de saison sur Taillebourg que sur les autres sites. La proximité de ce site avec l'océan permet aux premières aloses migratrices de rapidement frayer sur ce site.

A cause du vol d'un enregistreur audio sur le site de Crouin en fin de saison, cette dernière période ou l'activité de reproduction est plus faible n'a pas pu être échantillonnée, la moyenne de bulls est donc biaisée en étant surestimée.

Afin de pouvoir comparer plus facilement les sites, ces estimateurs statistiques sont calculés seulement pour les nuits qu'ils ont en commun (Tableau 2).

Tableau 2 Moyenne de bulls, écart-type et coefficient de variation des trois sites seulement pour les nuits communes.

Site	Nombre de nuits	Nombre de bulls moyen	Ecart type	Coefficient de variation
La Baine	17	53	88.56	1.68
Crouin	17	86	83.65	0.98
Taillebourg	17	41	40.83	0.67

La Baine est toujours le site où la variation est la plus importante. Les résultats pour les moyennes des 17 nuits sur la Baine, sont très différents (du simple au double) de la moyenne de bulls réellement obtenue sur toute la saison. Cette première approche montre que l'échantillonnage ne donne pas un résultat représentatif de l'activité de reproduction sur la saison. Le nombre de bulls moyen par nuit semble être biaisé avec une surestimation.

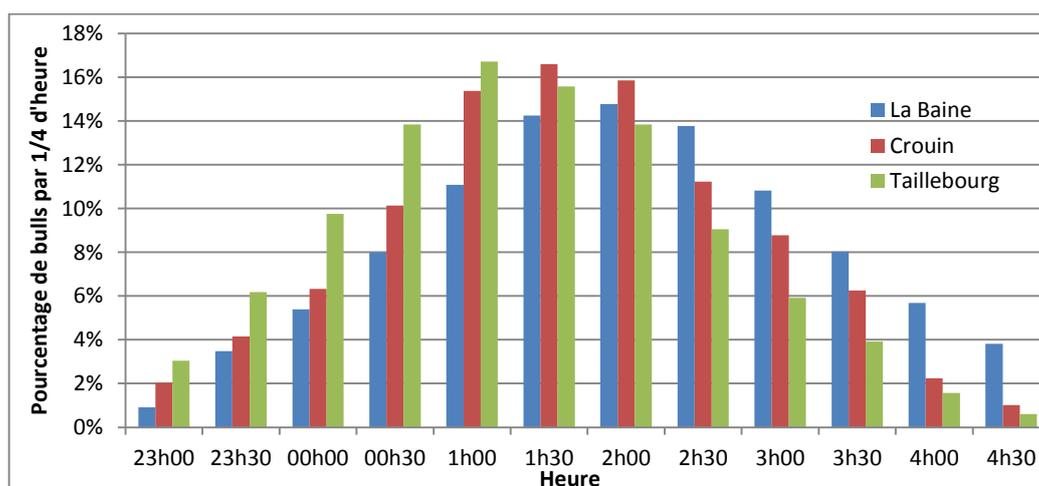


Figure 12 Pourcentage d'activité par 1/4 d'heure en fonction du temps pour les trois sites

L'évolution de l'activité de reproduction au cours de la nuit diffère entre les sites (Figure 10). Les aloses ont un pic d'activité plus précoce sur le site de Taillebourg, entre 1h et 1h30 du matin. Ce pic d'activité est présent respectivement pour les sites de Crouin et La Baine aux alentours d'1h30 et de 2h.

3.1.2. Extrapolation des nuits manquantes

3.1.2.1. Corrélation entre les sites

Tableau 3 Test de corrélation de spearman entre les trois sites. Significativité : p-value<0.05=*, <0.001=***

Test de corrélation de Spearman	Crouin-Taillebourg	Crouin-La Baine	Taillebourg-La Baine
rho	0.775	0.465	0.508
Significativité	***	*	*

On retrouve une corrélation pour l'activité de reproduction entre Crouin et Taillebourg, très significative (Tableau 3). La corrélation qui existe entre le site de La Baine et les deux autres avec des enregistreurs audio est plus faible et moins significative. Les résultats retrouvés pour le suivi continu à La Baine ne seront donc pas très efficace dans l'estimation de l'activité de reproduction sur les autres sites.

3.1.2.2. Crouin

Tableau 4 Test de corrélation de Spearman entre le nombre de bulls à Crouin et les variables. Significativité : p-value<0.05=*, <0.01=**, <0.001=***. LB représente le nombre de bulls à La Baine, pap représente la passe à poisson, gTemps et gTeau sont les transformations gaussiennes de l'indice temporel et de la température de l'eau. aDébit est le taux d'accroissement du débit.

	LB	Pap	gTemps	gTeau	Lune	aDébit	Marée
Corrélation	0.47	0.88	0.65	0.53	0.26	-0.66	0.024
Significativité	*	***	**	*		**	

La variable « Passe à poisson » est nettement plus corrélée au nombre de bulls à Crouin que les autres variables (rho=0.88 et une p-value<0.001). On remarque que les transformations gaussiennes de la température de l'eau et de l'indice temporel ont une bonne corrélation avec Crouin. Cependant, ce dernier est également très corrélé à la variable « Passe à Poisson » (0.74, p-value<0.001, voir annexe 3), ce qui peut engendrer des problèmes de colinéarité lors de la régression linéaire.

Tableau 5 Calcul de l'AICc pour différents modèles, ainsi que le nombre de bulls total estimé pour le site de Crouin

Modèle Crouin	R ²	p-value	AIC	Paramètres	AICc	Bulls totaux estimés	Marge d'erreur relative
pap + Marée + gTeau + adébit	0.767	4.28e-05	200.19	4	203.1	6080	0.48
LB+pap+Marée+gTeau+adébit	0.769	0.00011	200.59	5	205.2	5778	0.54
LB+pap+gtemps+gTeau+Lune+adébit+Marée	0.735	0.00130	204.07	7	214.3	5867	0.82
pap+gtemps+gTeau+Marée+adébit	0.757	0.00037	202.08	6	209.1	5877	0.69
pap+adébit+gTeau:Marée	0.807	3.32e-06	195.94	3	197.5	6504	0.36
LB+pap+Marée:gTeau+adébit	0.814	8.96e-06	195.85	4	198.7	6190	0.41
LB*pap*gTeau*adébit	0.983	0.00238	143.03	15	303.0	1732	14.61

Le modèle choisi est donc Crouin~pap+adébit+gTeau:Marée (Tableau5).

Les estimations du nombre de bulls à Crouin sont donc réalisées à partir du nombre d'aloses traversant la passe à poisson (coefficient=0.64), de la valeur d'accroissement du débit (-4.61) et du facteur croisé Température de l'eau / Marée (0.013). Les coefficients montrent la corrélation positive entre le nombre de bulls et le nombre de poissons traversant la passe. La valeur très élevée et négative du coefficient de l'accroissement du débit s'explique par le fait que le débit subit une diminution constante tout au long de la saison (accroissement faiblement négatif) sauf durant les périodes de crues ou l'activité de reproduction est diminué (accroissement fortement positif), ce coefficient permet donc de prendre en compte ces périodes de crue en donnant une estimation moindre du nombre de bulls.

Ce modèle a permis d'estimer un total de 6504 bulls sur toute la saison. Il présente une marge d'erreur relative de 36% autour total de bulls estimé.

Il existe une corrélation assez forte entre l'activité de reproduction à Crouin et à Taillebourg ($\rho=0.77$, $p\text{-value}=9.84e-05$). Ces résultats ont permis d'estimer les résultats pour le site de Taillebourg.

3.1.2.3. Taillebourg

Tableau 6 Test de corrélation de Spearman entre le nombre de bulls à Taillebourg et les différentes variables.

	LB	Pàp	gTemps	gTeau	Lune	aDébit	Marée
Corrélation	0.60	0.69	0.52	0.50	0.54	-0.44	0.07
Significativité	**	***	**	*	**	*	

Encore une fois, on trouve une corrélation significative avec la passe à poisson de Crouin (Tableau 6), même si celle-ci est située bien plus en amont de Taillebourg.

Tableau 7 Calcul de l'AICc pour différents modèles, ainsi que le nombre de bulls total estimé pour le site de Taillebourg

Modèle Taillebourg	R ²	p-value	AIC	Paramètres	AICc	Bulls totaux estimés	Marge d'erreur relative
Crouin+pap+gtemps+gTeau+Lune+Marée	0.6819	0.000140	227.09	6	232.0	4260	56%
Crouin+gtemps+pap:gTeau+Lune+Marée	0.688	5.247e-05	225.99	5	229.3	4189	52%
Crouin:gtemps+pap:gTeau+Lune+Marée	0.6837	2.328e-05	225.62	4	227.7	4016	49%
Crouin:gtemps+pap:gTeau+ Lune	0.6795	9.034e-06	225.17	3	226.4	4035	32%

Le modèle choisi est donc Crouin:gtemps+pap:gTeau+Lune (Tableau 7).

Toutes les variables présentes dans le modèle ont des coefficients positifs. Cela peut sembler surprenant pour la variable Lune, d'après le modèle, le nombre de bulls serait plus important lorsque la Lune est pleine, ce qui est contraire au fait qu'une luminosité excessive pourrait diminuer les activités de reproduction.

4035 bulls sont estimés sur l'ensemble de la saison grâce à ce modèle. La marge d'erreur relative autour de ce chiffre est de 32%.

3.1.2.4. Bilan extrapolation des nuits manquantes

Tableau 8 Estimation du nombre de bulls total avec les bornes de confiance

Site	Borne inférieure	Total des bulls estimé	Borne supérieure	Marge d'erreur relative
La Baine	2355	2355	2355	0%
Crouin	4137	6503	8870	36%
Taillebourg	2738	4035	5333	32%

Les résultats des estimations pour les sites de Taillebourg et Crouin sont assez peu précis (Tableau 8), avec une marge d'erreur élevée. Il semble difficile de créer un modèle robuste et précis pour l'extrapolation des données manquantes. Cela peut être expliqué par le fait que l'activité de reproduction n'est pas uniquement influencée par des facteurs environnementaux, mais également par des facteurs d'ordre physiologiques.

Le phénomène de maturation fractionnée permettrait initialement aux aloses d'attendre pour se reproduire lorsque les conditions sont les plus favorables et ainsi éviter les nuits avec des mauvaises conditions. Cependant, on peut penser qu'ils ne leur seraient pas possible d'attendre indéfiniment et elles donc finiraient par se reproduire quelques soient les conditions. Ceci pourrait expliquer certains grands pics d'activité alors que les conditions ne semblaient pas favorables. La présence de ces grandes périodes d'activité de reproduction avec des conditions environnementales médiocres pourraient donc fausser les modèles, et augmenter l'incertitude autour du nombre de bulls estimés.

3.1.3. Calibration des enregistreurs

Tableau 9 Résultats calibration entre total de bulls capturé par les enregistreurs et les agents sur le terrain.

Site	Bulls Enregistreurs	Bulls Terrain	%	Nombre de ¼ d'heure	R ²	Equation de régression
La Baine	278	1004	28%	16	0.968	3.7521x – 2.4431
Crouin	337	1120	30%	16	0.941	3.1187x + 4.3123
Taillebourg	240	1040	23%	16	0.929	3.3308x + 15.038

Le pourcentage de bulls réellement capturé par les différents enregistreurs est proche entre le site de La Baine et celui de Crouin (28 et 30%). Il est cependant légèrement inférieur pour Taillebourg (23%).

Tableau 10 Bilan bulls estimé pour la saison en fonction de la calibration avec l'intervalle de confiance à 95%

Site	Borne inférieur	Moyenne Estimée	Borne supérieure	Marge d'erreur relative
La Baine	7728	8634	9540	10.49%
Crouin	3921	4588	5256	14.55%
Taillebourg	3227	3842	4456	15.99%

Les deux sites avec enregistreurs audio ont une marge d'erreur relative similaire autour de 15% (Tableau 10). La caméra vidéo semble être un type de suivi plus reproductible, avec un intervalle de confiance plus faible.

Il peut être assez surprenant de voir une différence dans le pourcentage de bulls entre Crouin et Taillebourg, alors que le même type d'enregistreur est utilisé. De plus, le site de Crouin est situé à 100m en aval du barrage, source de bruit importante, on pouvait s'attendre à ce que le pourcentage d'enregistrement soit plutôt faible. Cependant, le site de Taillebourg est plus sensible aux bruits ambiants (autoroute, circulation, bruit de la ville), et également plus sensible au vent. La position de l'enregistreur est peut être à revoir. En effet, la parabole est placée sur un ponton, perpendiculairement au milieu de la frayère. L'ouverture n'est peut être pas assez grande pour bien enregistrer les sons provenant des deux extrémités de la frayère. Sur le site de Crouin, l'enregistreur n'est pas placé perpendiculairement à la berge, mais dirigé vers l'aval de façon à capter une plus grande superficie de frayère.

3.1.4. Estimation des ¼ d'heures manquants

Comme seule la moitié des ¼ d'heures sont dépouillés par nuit (soit 12 ¼ d'heure sur 23), une interpolation est effectuée afin d'avoir une estimation de nombre total de bulls par nuit.

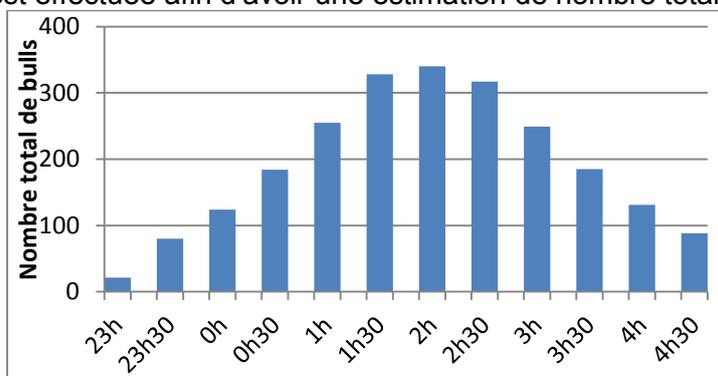


Figure 13 Somme du nombre de bulls de la saison par 1/4h sur le site de La Baine

L'activité de reproduction suit une courbe en cloche présentant un pic d'activité entre 1h30 et 2h30 (Figure 11).

Tableau 11 AICc des modèles des courbes de tendance polynomiales de La Baine

Degré	Equation	R ²	n	k	SSE	AIC	AICc
2	$-2.2321x^2 + 57.323x - 68.217$	0.9207	12	3	9851.6	86.53	89.53
3	$-0.0342x^3 - 1.0025x^2 + 45.471x - 44.035$	0.9277	12	4	8987.3	87.42	93.14
4	$0.0174x^4 - 0.8692x^3 + 11.945x^2 - 24.789x + 45.587$	0.9864	12	5	1694.7	69.40	79.40
5	$0.0008x^5 - 0.0334x^4 + 0.2219x^3 + 1.9477x^2 + 11.081x + 12.708$	0.9906	12	6	139574.1	124.34	141.14

L'équation de degré 4 présentant l'AICc le plus faible est donc choisie (Tableau 11). C'est celle qui représente le meilleur compromis entre le coefficient de corrélation et le nombre de paramètres.

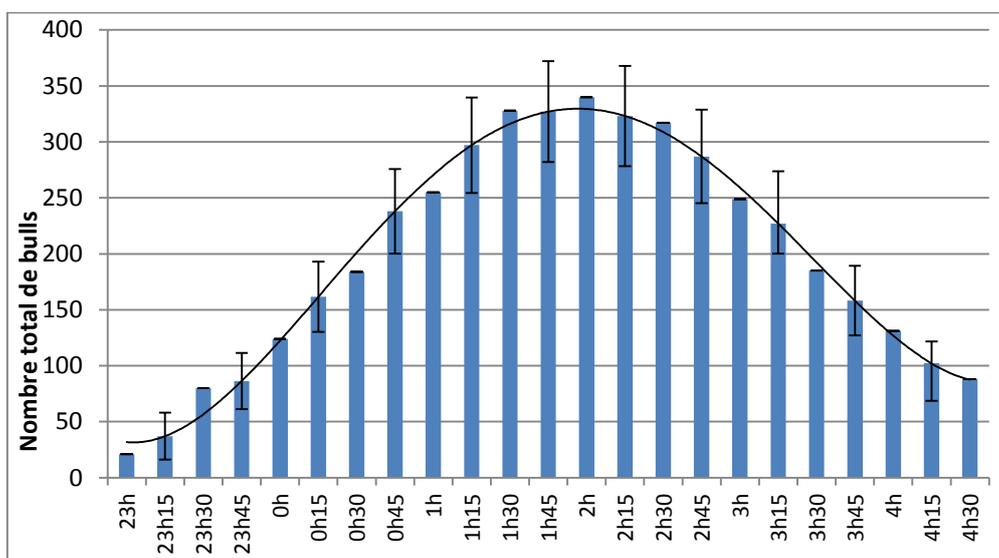


Figure 14 Estimation du nombre de bulls pour les 1/4 d'heure manquants sur La Baine. Les barres verticales représentent l'intervalle de confiance de l'estimation à 95%. La courbe représente le polynôme de degré 4.

Grace à cette interpolation, les bulls estimés des 1/4 d'heure manquants ont pu être ajoutés aux 1/4 d'heure échantillonnés pour ainsi avoir une estimation du nombre total de bulls (Figure 12).

Le même processus est effectué pour les deux autres sites (voir annexe 5).

Tableau 12 Meilleurs modèles trouvés pour Taillebourg et Crouin.

Site	Degré	Equation	R ²	n	k	SSE	AIC	AICc
Crouin	4	$0.0166x^4 - 0.7732x^3 + 9.8105x^2 - 19.006x + 40.555$	0.9734	12	5	2183.1	72.4	82.4
Taillebourg	4	$0.0008x^4 - 0.346x^3 + 2.5733x^2 + 16.868x + 10.937$	0.9778	12	5	1025.2	63.3	73.3

L'équation polynomiale de degré 4 présente toujours l'AICc le plus faible pour les trois sites (Tableau 12). Le coefficient de détermination (R²) est très proche pour ces deux courbes, et légèrement plus élevé pour La Baine (0.986), probablement dû au nombre plus important de nuits échantillonnées.

Tableau 13 Bulls totaux estimés avec les modèles d'interpolation des nuits complètes, sur les nuits échantillonnées

Site	Borne Inférieure	Nombres de bulls	Borne Supérieure	Marge d'erreur relative (%)	Nombre de nuits
La Baine	4162	4546	4929	8.45	88
Crouin	2534	2934	3286	13.6	18
Taillebourg	2015	2264	2512	11.0	22

Pour l'estimation du nombre de bulls des nuits complètes, le site de La Baine présente toujours la marge d'erreur relative la plus faible (Tableau 13).

Echantillonner le plus de nuits possibles permet donc de réduire l'intervalle de confiance autour du nombre de bulls total grâce à une meilleure représentation des bulls au cours de la nuit.

3.1.5. Bilan et calcul du nombre de géniteurs

3.1.5.1. Bilan Bulls

Le but de ce bilan est d'utiliser les résultats précédemment obtenus pour arriver à l'estimation du nombre de bull total pour la saison sur les trois sites (Tableau 14, 15, 16, 17).

Tableau 14 Résultats Bruts pour les nuits échantillonnées

Site	Borne inférieure	Bulls totaux	Borne supérieure	Nombre de nuits
La Baine	/	2355	/	88
Crouin	/	1470	/	18
Taillebourg	/	1149	/	24

Tableau 15 Résultats en incorporant l'estimation des nuits extrapolées grâce aux modèles

Site	Borne inférieure	Bulls totaux	Borne supérieure	Marge d'erreur (%)
La Baine	2355	2355	2355	0%
Crouin	4137	6503	8870	36%
Taillebourg	2738	4035	5333	32%

Tableau 16 Résultats en incorporant l'intervalle de confiance de la calibration des enregistreurs

Site	Borne inférieure	Bulls totaux	Borne supérieure	Marge d'erreur (%)
La Baine	8087	8834	9580	8%
Crouin	11148	20285	31438	50%
Taillebourg	8195	13455	19609	42%

Tableau 17 Résultats en incorporant l'intervalle de confiance des ¼ d'heure manquants

Site	Borne inférieure	Bulls totaux	Borne supérieure	Marge d'erreur (%)
La Baine	14624	17448	20522	17%
Crouin	19220	40494	71312	64%
Taillebourg	14376	26520	42901	54%

On remarque que la précision est nettement plus importante pour le site de la Baine, principalement à cause du nombre de nuits échantillonnées beaucoup plus élevé.

3.1.5.2. Calcul du nombre de géniteurs

Tableau 18 Nombre de géniteurs estimé en utilisant la méthode de Migado, avec 10 pontes par femelles.

Site	Borne inférieure	Nombre de géniteurs estimé	Borne supérieure	Marge d'erreur (%)
La Baine	2925	3490	4104	18%
Crouin	3844	8099	14262	64%
Taillebourg	2875	5304	8580	54%

Selon les estimations, le site de Crouin serait celui où les aloses auraient été les plus nombreuses, avec un peu plus de 8000 individus (Tableau 18). Cependant, l'intervalle de confiance autour de la moyenne est très élevé pour ce site et celui de Taillebourg. Cette différence avec le site de La Baine est principalement due au plus faible nombre de nuits échantillonnées, augmentant l'incertitude. Le suivi continu à La Baine est donc une technique très appréciable pour facilement suivre la reproduction d'alose. Il est peu contraignant puisque le système enregistre automatiquement les vidéos, il n'y a donc pas besoin de se déplacer tous les soirs pour récupérer les enregistrements.

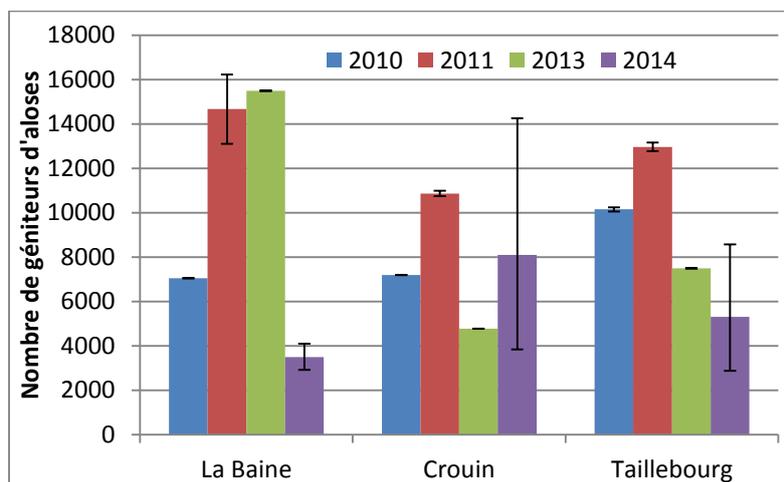


Figure 15 Evolution du nombre estimé de géniteurs, il n'y a pas eu de données en 2012

Au niveau de l'état de la population par rapport aux saisons précédentes, contrairement aux autres années, Crouin est le site présentant le plus grand nombre estimé d'aloses (Figure 13). La population présente à La Baine a subi une chute drastique par rapport à 2013.

Toutefois, la comparaison d'année en année est délicate car les méthodes de suivi ne sont pas similaires.

Tableau 19 Effort de suivi année par année

Sites	2010	2011	2013	2014
La Baine		2	7	88
Crouin	3	3	7	18
Taillebourg	5	4	7	22
Durée du suivi			60 nuits	88 nuits

L'effort d'échantillonnage a été très important cette année (Tableau 20). Pourtant c'est cette saison que les stocks estimés d'aloses ont été les plus faibles pour ces trois sites. Si la comparaison du nombre de géniteurs peut paraître hasardeuse avec les années 2010 et 2011, l'échantillonnage effectué lors de l'année 2013 était relativement conséquents. De

plus, il faut prendre en compte le fait que la saison de reproduction était près d'un tiers plus courte cette année là. Le stock de géniteurs semble donc être bien en diminution par rapport à l'année dernière, principalement sur les deux sites Taillebourg et La Baine, plus en aval.

L'objectif de cette étude étant d'élaborer le plan d'échantillonnage de la saison prochaine, le meilleur compromis doit être trouvé de manière à avoir un temps d'échantillonnage et de dépouillement relativement faible, tout en ayant des chiffres précis et reproductible. Une partie du travail est donc de trouver la variation de la marge d'erreur relative du nombre de bulls en fonction de l'effort d'échantillonnage. Et d'essayer la diminuer principalement pour les sites de Taillebourg et de Crouin.

3.1.6. Optimisation de l'échantillonnage

3.1.6.1. Optimisation de la Calibration

La première approche consiste à voir comment améliorer la précision de l'échantillonnage sur le processus de la calibration.

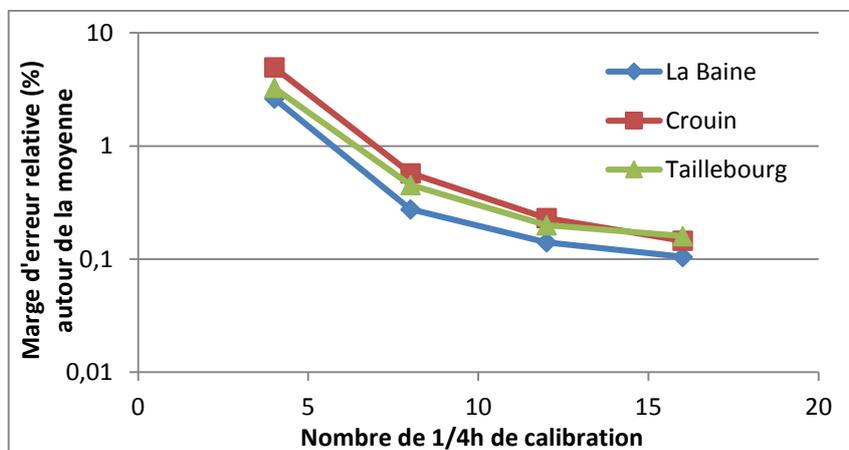


Figure 16 Marge d'erreur relative (échelle logarithmique) en fonction du nombre de 1/4 d'heure de calibration pour les trois sites

Pour un même nombre de ¼ d'heure de calibration, la précision est plus faible pour le site de La Baine (Figure 14). Les enregistrements vidéos semblent donner des résultats plus robustes, moins sensible aux variations de l'environnement.

Tableau 20 Marge d'erreur relative obtenue en extrapolant les données pour les trois sites

Nombre de 1/4h calibrés	La Baine	Crouin	Taillebourg
8	0.277	0.479	0.414
10	0.194	0.308	0.290
12	0.149	0.227	0.223
14	0.121	0.180	0.182
16	0.102	0.149	0.153
18	0.088	0.127	0.132
20	0.078	0.111	0.116
22	0.069	0.098	0.104
24	0.063	0.088	0.094
26	0.057	0.080	0.085
28	0.052	0.073	0.079
30	0.048	0.068	0.073
32	0.045	0.063	0.068

Afin d'avoir une incertitude autour de 10%, 16 $\frac{1}{4}$ d'heure devraient suffire pour La Baine, alors qu'il en faudrait environ huit de plus pour les sites avec enregistreurs audio (Tableau 21).

Un autre paramètre important est le nombre de bulls par $\frac{1}{4}$ d'heure. Plus le nombre total de bulls comptés pour la calibration est élevé, plus l'incertitude sera diminuée. Cependant, il est très difficile de prévoir si l'activité de reproduction va être importante lors des sorties prévues. Il est donc important que la calibration ait lieu autour du pic d'activité au milieu de la nuit, et plutôt en milieu de saison. Cette saison, la première heure de calibration a été effectuée tôt dans la saison (nuit 28-29 avril) avec entre 0 et 2 bulls par $\frac{1}{4}$ d'heure. Cette première heure n'a donc quasiment pas eu d'apport pour la calibration.

Au niveau de la fréquence et de la durée des sorties de calibration, on peut se demander s'il est plus efficace de faire de nombreuses sorties de 15 minutes, ou au contraire, faire une calibration pendant une seule nuit entière ? Techniquement, faire de nombreuses petites sorties est dur à gérer au niveau de l'emploi du temps des différents agents. Et effectuer une seule nuit complète de calibration ne serait être représentatif de la saison entière, de plus, il y aurait un risque de tomber sur une nuit avec une faible activité, et donc une calibration moins efficace. Les sorties d'une heure semblent donc être un bon compromis, l'autre avantage est que cette durée permet de faire plusieurs sites par nuit.

Au final, faire 16 quarts d'heure de calibration ou 4 sorties d'une heure par site permet d'avoir une marge d'erreur assez faible, cependant il serait préconisé de faire deux sorties d'une heure en plus sur les sites de Taillebourg et La Baine, avec enregistreurs vidéos. Il est important pour ces sites de réduire la marge d'erreur, car elle est initialement élevée due au plus faible nombre de nuits échantillonnées.

3.1.6.2. Nombre de nuits échantillonnées

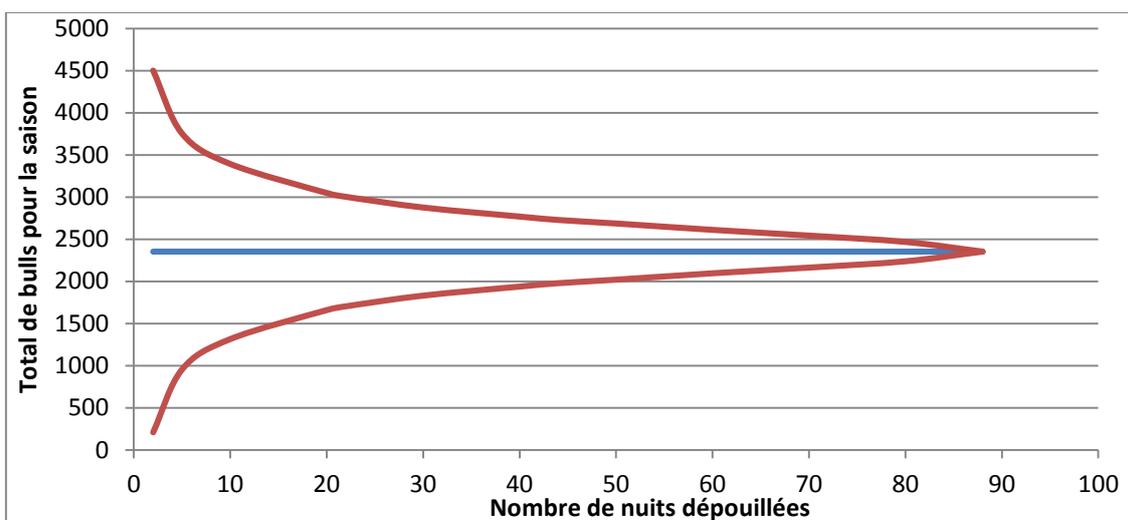


Figure 17 Précision de l'échantillonnage aléatoire en fonction du nombre de nuits. La droite bleu présente la moyenne du nombre total de bull estimé, les deux courbes rouges sont les bornes de confiance inférieure et supérieure.

Les bornes de confiance à 95% s'éloignent rapidement de la moyenne quand le nombre de nuits échantillonnées diminue (Figure 15). Il ne semble donc pas possible de faire seulement quelques enregistrements par saison et par site pour avoir un chiffre moyen robuste et un intervalle de confiance faible.

Tableau 21 Marge d'erreur relative en fonction du type d'échantillonnage et du nombre de nuits échantillonnées pour le site de La Baine, les moyennes sont indiquées en gras.

Echantillonnage	Type	Nombre de nuits	Total de bulls estimé pour la saison	Marge d'erreur relative (%)	
Aléatoire	50% aléatoire	44	2355	16%	
	30% aléatoire	29	2355	23%	
	25% aléatoire	22	2355	28%	
	10 nuits aléatoires	10	2355	44%	
Systématique	1 sur deux	44	2074	12%	12%
	1 sur deux	44	2616	12%	
	1 sur trois	29	1890	19%	13%
	1 sur trois	29	2671	14%	
	1 sur trois	29	2477	6%	
	1 sur quatre	22	2054	12%	19%
	1 sur quatre	22	3255	39%	
	1 sur quatre	22	2078	11%	
	1 sur quatre	21	1962	16%	
	Tous les Lundis	13	3085	31%	26%
	Tous les Mardis	13	2720	15%	
	Tous les Mercredis	13	1646	30%	
	Tous les Jeudis	13	3110	32%	
	Tous les vendredis	12	1483	37%	
Tous les Samedis	12	1829	22%		
Tous les Dimanches	12	2611	11%		
Mêmes dates que Taillebourg	22	4135	76%		
Mêmes dates que Crouin	18	3610	54%		

Un échantillonnage aléatoire de la moitié des nuits permet d'avoir une marge d'erreur de 16% (Tableau 22). On remarque que cette marge est plus faible lorsque l'échantillonnage est fait de manière systématique. Cela peut s'expliquer par le fait que la reproduction des aloses

n'est ni aléatoire et ni répartie de manière homogène tout au long de la saison. L'activité est plus intense en milieu de saison qu'en début ou en fin. L'échantillonnage doit donc avoir lieu durant toute la saison et un échantillonnage systématique doit être effectué.

Ces résultats peuvent servir à la mise en place du suivi de la reproduction sur les sites de Taillebourg et Crouin avec les enregistreurs audio. Les poses et les relèves d'enregistreurs s'effectuent généralement en dehors des horaires de bureau. Effectuer un échantillonnage systématique plutôt qu'aléatoire serait bien plus simple d'un point de vue administratif (impossibilité de travailler le weekend et les jours fériés, temps de récupération...) et d'un point de vue du planning. Il est en effet plus simple d'avoir à faire des sorties si elles sont régulièrement espacées dans la saison.

Nous avons pu voir précédemment la difficulté de créer un modèle précis pour effectuer une extrapolation du nombre de bulls des nuits manquantes. La précision des modèles est assez faible avec une marge d'erreur obtenue importante, de 36 et 32% respectivement pour Crouin et Taillebourg. De plus, il est difficile de fournir une explication biologique sur le rôle réel des paramètres utilisés dans les modèles. Enfin, la création de modèles demande un certain temps dans l'analyse des données. Cela ne semble pas être la meilleure stratégie à adopter tant au niveau du temps d'analyse que de la reproductibilité.

Effectuer un suivi continu sur le site de La Baine permet donc de calculer les marges d'erreurs pour l'échantillonnage systématique voulu. Ainsi, en admettant que le comportement de reproduction global sur la saison des aloses est constant au niveau des sites, on peut transférer la marge d'erreur calculée à partir des résultats du site de La Baine sur l'estimation du nombre total de bulls sur les sites de Taillebourg et Crouin.

Si les nuits dépouillées à La Baine avaient été effectuées aux mêmes dates que les nuits de pose d'enregistreurs sur les sites de Taillebourg et Crouin, le total de bulls estimés aurait été fortement surestimé. On explique ce résultat par le fait que le suivi audio a été plus intense en milieu de saison, là où l'activité de reproduction est plus forte. Ces résultats ont donc été légèrement biaisés pour les sites de Taillebourg et Crouin. Il est donc difficile d'utiliser les résultats de La Baine pour estimer une marge d'erreur pour les deux sites avec enregistreurs audio. Il sera important pour la saison prochaine de faire un échantillonnage systématique régulièrement réparti du début du suivi à la Baine jusqu'à la fin de la saison de reproduction.

Cependant, il est difficile de savoir si ces résultats peuvent être considérés comme étant stable d'année en année. Il serait donc utile de réitérer ce suivi continu la saison prochaine. Le but sera de voir si la variabilité dans le nombre de reproduction reste sensiblement la même.

3.1.6.3. Nombre de ¼ d'heure à échantillonner

Les résultats du suivi continu sur le site de La Baine seront donc utiles dans la détermination de la marge d'erreur pour les sites de Taillebourg et Crouin. Le désavantage de ce suivi continu est le long temps de dépouillement. La méthode de dépouillement de cette saison, en notant les caractéristiques de chaque bull (sens de rotation, durée, position, heure précise) est très chronophage. Certaines nuits ont ainsi demandé plus de 2h30 d'analyse, avec une moyenne située autour d'une heure de dépouillement par nuit. En notant simplement le nombre de bulls par ¼ d'heure, le temps de dépouillement d'un quart d'heure sur deux pour chaque nuit est d'une vingtaine de minutes.

Pour encore diminuer ce temps d'analyse, nous avons pu voir quelle serait la précision de l'estimation du nombre total de bulls, si moins de quart d'heure avait été échantillonnés par nuit.

Tableau 22 Erreur de l'estimation en fonction du nombre de 1/4h échantillonnés sur La Baine

Echantillonnage	Nombre de 1/4 d'heure dépouillés	Total Bulls estimés	Marge d'erreur (%)
1/4h sur deux	12	4546.9	8%
1/4h sur quatre en partant du premier	6	5107.1	22%
1/4h sur quatre en partant du deuxième	6	5120.2	22%
1/4h sur quatre + pic	8	4520.3	10%

La méthode d'échantillonnage utilisée cette saison, un ¼ d'heure sur deux a permis de donner une estimation du nombre de bulls pour une marge d'erreur de 8%. Diviser par deux l'échantillonnage, et donc faire un dépouillement de six ¼ d'heure au lieu de douze, donne une surestimation du nombre total de bulls, avec une marge d'erreur plus importante, 22% contre 8% (Tableau 23). Un bon compromis semble donc de compter un ¼ d'heure sur quatre sauf durant le pic d'activité estimé, en comptant un ¼ d'heure sur deux. Cela permet de diminuer de quatre, le nombre de ¼ d'heure échantillonné par nuit, et d'avoir une marge d'erreur légèrement plus importante (10 contre 8%).

3.1.6.4. Calcul du temps nécessaire pour la saison prochaine

Tableau 23 Estimation du temps nécessaire pour chaque type de suivi

Type de suivi	Nombre de sorties	Temps par sortie	Nombre de nuits à dépouiller	Temps de dépouillement	Temps par saison
Suivi continu La Baine avec 12 1/4h dépouillés par nuit	12	2h30	90	20min par nuit	≈ 30h de dépouillement + 30h de transfert de données = 60h
Suivi continu La Baine avec huit 1/4h dépouillés par nuit	12	2h	90	15min par nuit	≈ 22h de dépouillement + 24h de transfert de données = 46h
Pose d'enregistreurs Taillebourg et Crouin avec une pose par semaine	12	1h30	12 par site	1h par site	24h de dépouillement + 18h de pose des enregistreurs = 42h
Pose d'enregistreurs Taillebourg et Crouin avec deux poses par semaine	24	1h30	24 par site	1h par site	48h de dépouillement + 36h de pose des enregistreurs = 84h
Calibration avec 16 ¼h	4	4h30	4h par site	1h30 par site	4h30 de dépouillement + 18h de trajet/écoute = 22h30
Calibration avec 24 ¼h	6	4h30	6h par site	2h par site	6h de dépouillement + 27h de trajet/écoute = 33h

Il n'a pas été inclus dans le Tableau 24, le temps de déplacement au site de la Baine pour la récupération des données vidéo. La Baine étant situé entre Taillebourg et Crouin, il est facile de faire un arrêt pour récupérer les données vidéo lors de la pose des enregistreurs audio. Le transfert des données pour la saison prochaine pourra facilement être diminué grâce à l'acquisition d'un nouveau disque dur, réduisant le temps de transfert (pas utilisé cette année à cause d'un problème technique). Suivant le type de suivi proposé, le temps imparti au suivi aloses peut varier de 110h à 177h pour un suivi plus précis et robuste. La Cellule Migrateurs est composé de trois personnes, il ne leur est pas possible d'effectuer ce suivi par eux-mêmes en plus de leurs activités journalières. De plus, par mesure de sécurité, les sorties nocturnes doivent obligatoirement être réalisées par des équipes de deux personnes. L'aide d'une personne tiers est donc indispensable.

Le coût d'un employé en CDD au SMIC est 1445€ bruts par mois auquel il faut ajouter les charges patronales (13% du salaire) plus divers compléments de rémunération. On estime le cout moyen à environ 2200€ par mois, soit 6600€ pour 3 mois de CDD.

Ces trois mois d'embauche permettraient également d'aider à la réalisation des autres missions de la Cellule Migrateurs tels que la recherche du front de migration pour les lamproies et aloses ou encore le suivi anguille.

L'option de prendre un stagiaire pour trois ou six mois (licence pro ou master) serait évidemment plus accessible (1308 ou 2616€ en ne comptant que le salaire). Un stagiaire de six mois pourrait également approfondir les connaissances sur d'autres missions telles que la mise en place d'un protocole afin de différencier les aires de répartition des grandes aloses et aloses feintes, et aussi un protocole pour le suivi des alosons.

3.1.7. Préconisation de suivi

Le schéma suivant (Figure 16) résume les préconisations de suivi pour les saisons prochaines en fonction des résultats obtenus cette année. La date de début de suivi sera déterminée saison par saison, en fonction des observations des pêcheurs et des premières aloses traversant la passe à poisson afin de voir quand débute la migration.

La date de fin de suivi est déterminée lorsque la reproduction est très faible, voir nulle, généralement fin juin ou début juillet.

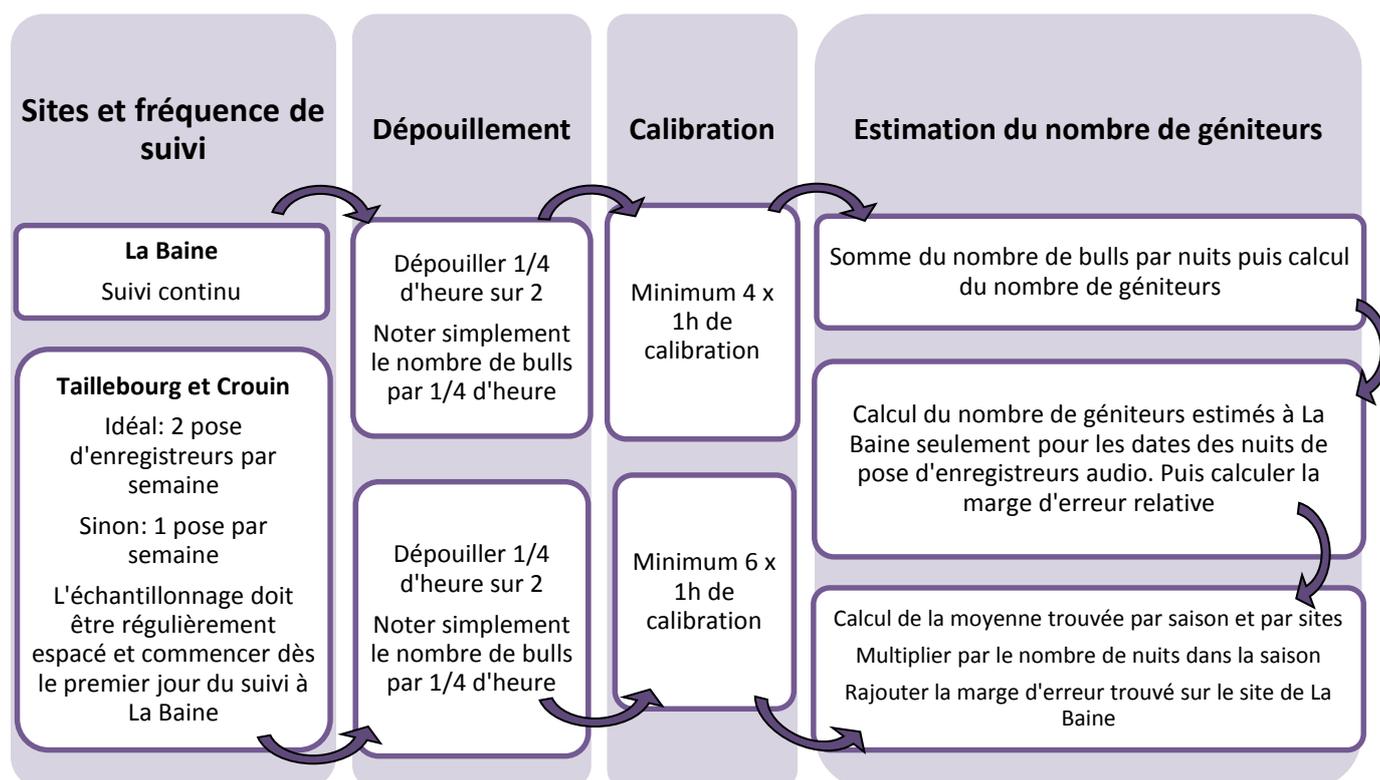


Figure 18 Schéma bilan des préconisations de suivi pour les trois sites

3.2. Suivis Linéaires

En plus des trois principales frayères que sont Taillebourg, La Baine et Crouin, de nombreux suivis linéaires ont été effectués sur d'autres frayères afin de voir leur activité.

Tableau 24 Maximum de bulls par % d'heure par sites et par prospections

Site	24-25 avril	28-29 avril	5-6 mai	15-16 mai	22-23 mai	26-27 mai	5-6 juin	12-13 juin	19-20 juin	Nombre de prospection	Moyenne	Max
St Savinien		0				67	134	0		4	40.8	134
Canal Moussard		0								1	7.0	14
Port d'Envaux	3	1	4	7	1					5	3.2	7
Taillebourg		1		76		73		202		4	75.3	202
Port La Pierre	0	0	25	22	1	56	11	3	5	9	13.7	56
Port Clou	2	2	15	27	3	17	22	17	2	9	11.9	27
Saint Thomas	12	0	21	32	13	15	16	18	2	9	14.3	32
Prairie Courbiac				6	9	14	7		9	5	9.0	14
Port la Rousselle	25	5	26	12	17	17	12	16	16	9	16.2	26
Les Gonds				4						1	4.0	4
Bac de Chaniers						23		5		2	14.0	23
La Baine		5		85		174		42		4	76.5	174
Moulin de la Baine		2						11		2	6.5	11
Pas des Charettes						31		0		2	15.5	31
Bac de Dompierre				0						1	0.0	0
Crouin		2		129		96		87		4	78.5	129

9 sorties ont eu lieu lors de cette saison. Au total, 16 sites ont été visités pour une activité retrouvée sur 15 sites. L'heure de passage sur les est variable et influence donc ces résultats (Voir Annexe 7 et 8 pour les résultats détaillés)

Taillebourg, La Baine et Crouin se détachent nettement des autres avec une activité de reproduction beaucoup plus intense. On retrouve toutefois quelques pics importants d'activité sur la frayère de Saint Savinien. Mais le comportement des aloses sur ce site semble grandement varié en fonction de l'ouverture du barrage et donc de la marée.

Tableau 25 Effort humain pour le suivi linéaire en 2014

	Sites Prospectés	Sites Actifs	Nombre de sorties	Moyen Humain
Suivi linéaire	16	15	9	26

Si les sites suivis automatiquement par enregistreurs l'avaient été par des agents sur le terrain, il aurait fallu un effort humain de 256 personnes supplémentaires, pour suivre un total de 128 nuits complètes. Ce chiffre très élevé montre l'importance des enregistreurs dans les suivis aloses, ainsi que l'avantage conséquent qu'ils procurent dans la réduction de l'effort humain.

3.3. Front de migration

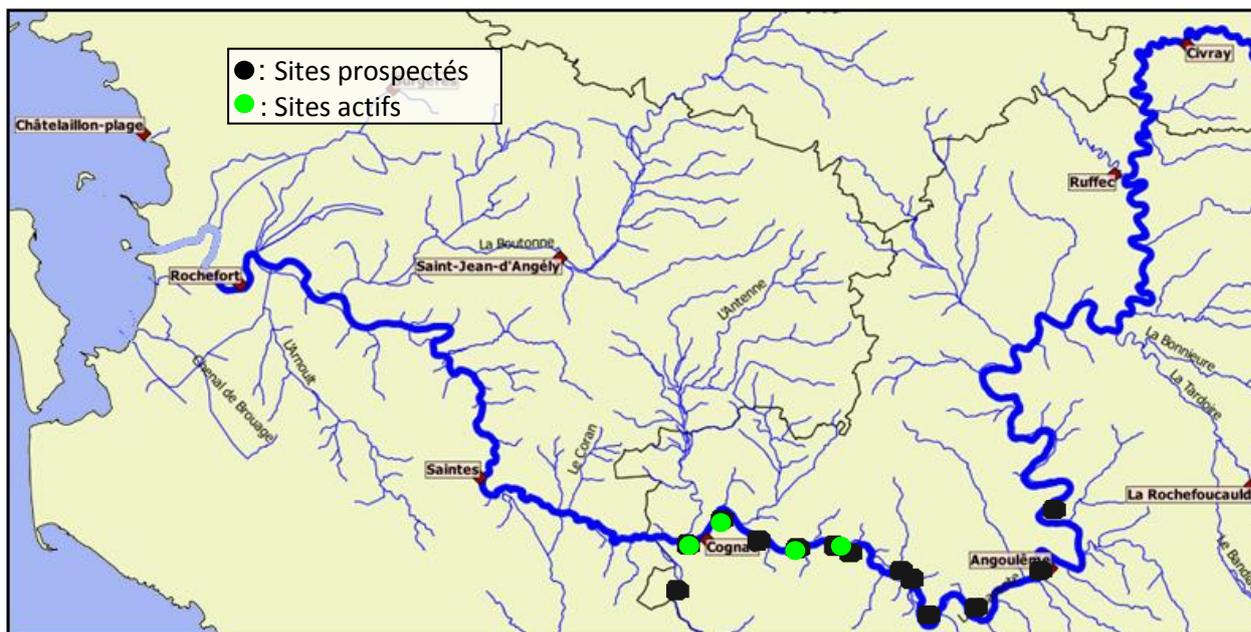


Figure 19 Activités des sites lors des prospections de jours

Les prospections diurnes (recherche de cadavres et de bancs d'aloses) ont été importante cette saison avec un fort effort d'échantillonnage. Cependant, peu de bancs ou de cadavres d'aloses ont été aperçues. La recherche du front de migration des aloses cette saison a été rendu compliquée par des conditions hydroclimatiques difficiles (Turbidité importante de l'eau, faible luminosité) et peu de site ont permis l'observation des espèces. Seuls quatre sites ont été déclarés grâce à ce suivi : Crouin, Bagnolet, Bourg-Charente et Jarnac plus en amont.

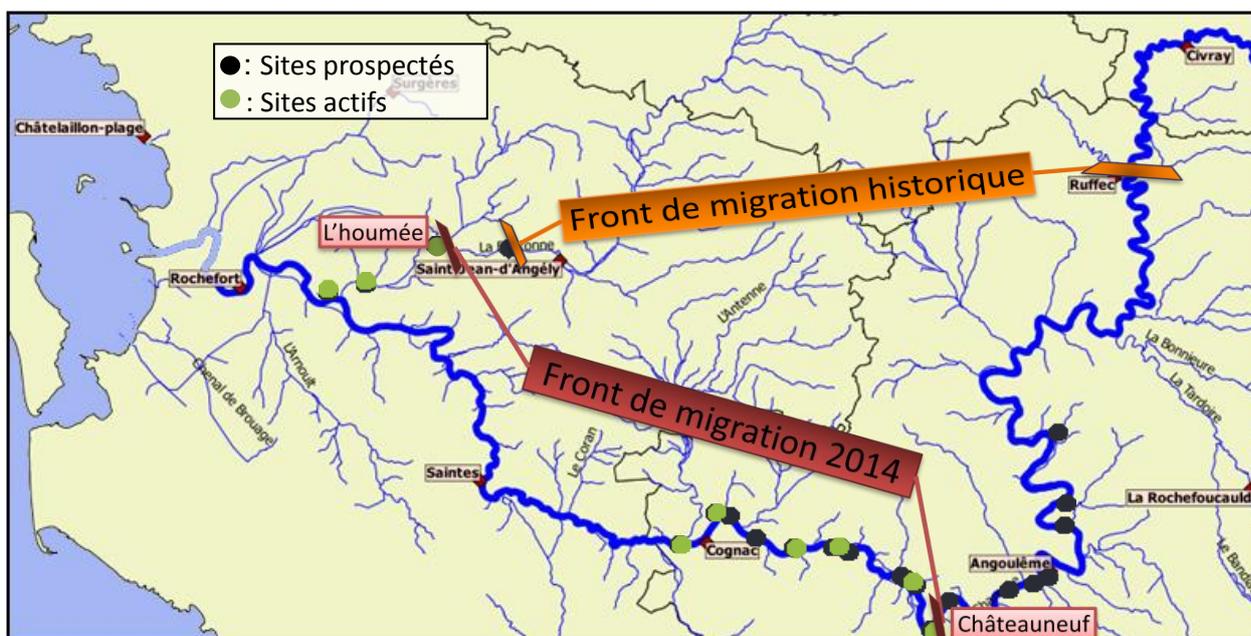


Figure 20 Activité des sites lors des prospections de nuits et front de migration 2014 sur la Boutonne et la Charente.

Le front de migration sur la Boutonne s'établi cette saison à l'houmée grâce à l'écoute de bulls lors des nuits de suivi linéaire.

Le front de migration des aloses sur la Charente a été trouvé à Châteauneuf cette saison. Il a été déterminé grâce aux données d'un enregistreur audio et aux écoutes de « bulls » depuis la berge par des agents.

Ce site se situe à 140 km de l'océan ce qui indique que les aloses ont parcouru 55% du linéaire total potentiellement colonisable, le front de migration historique étant Ruffec à 255km de l'océan.

Tableau 26 Effort humain pour le front de migration en 2014

	Front de migration		Total
	Jour	Nuit	
Sites Prospectés	15	20	43 sites différents
Sites Actifs	3	6	21 sites différents
Nombre de sorties	7	8	24
Moyen Humain	23	31	80

Des moyens très importants ont été mis en œuvre cette année pour le front de migration avec un effort de prospection élevé. Pourtant très peu d'aloses ont été retrouvées en amont de Crouin, malgré un passage de 2643 individus par la passe à poisson.

Plusieurs facteurs pourraient expliquer ce phénomène. Tout d'abord, sur les 2643 aloses comptabilisées à Crouin, la majeure partie serait des aloses feintes. Ces aloses sont généralement inféodées à des frayères plus en aval que les grandes aloses. Elles ne migreraient donc naturellement pas beaucoup plus haut que la station de Crouin. Les chances de retrouver des aloses plus en amont seraient alors fortement diminuées.

Un autre obstacle à la migration serait le barrage de Bourg-Charente. A l'origine, une passe à poisson aurait dû être érigée avant le début de la saison. Mais différents problèmes météorologiques ont retardé les travaux. Au final la passe n'a été mise en eau que début juillet. L'obstacle semblait être difficile à franchir pour les aloses du fait de leur incapacité de saut. Un faible pourcentage de poissons aurait alors été capable de franchir ce seuil.

Au vu des résultats obtenus pour l'estimation du nombre de géniteurs sur le site de la Baine. On peut se rendre compte de la grande variabilité des résultats d'une nuit à l'autre. Les suivis linéaires étant d'une durée de deux fois quinze minutes par site, la probabilité de rater des bulls semble élevée. Il pourrait donc être plus pertinent de rester une heure par site. Même si cela nous amènerait à faire une prospection moins importante du nombre de sites, les chances de comptabiliser des bulls sur les sites visités seraient plus importantes. L'utilisation d'enregistreur audio dans la recherche du front de migration est intéressante et à donner de bons résultats cette saison puisqu'elle a permis de placer le front de migration à Châteauneuf cette année. Même si les suivis linéaires sont indispensables, l'enregistreur audio peut être utilisé comme une technique de suivi complémentaire. En effet, la pose d'un enregistreur audio ne nécessite pas une grosse organisation, au contraire des suivis linéaires, cette pose peut être décidée la journée pour le soir. Cela permet de choisir plus facilement les dates de suivi (par exemple lorsque les conditions s'améliorent après plusieurs jours très défavorables) en fonction de la météo pour augmenter les chances d'enregistrer des bulls. Pour la saison prochaine, des poses d'enregistreurs pourrait se faire assez tôt dans la saison sur les sites de Jarnac puis de Châteauneuf et enfin de Vindelle, afin d'essayer de rapidement valider la présence d'aloses, pour ensuite se concentrer sur des sites plus en amont.

La recherche de cadavres n'a pas été très fructueuse cette année. 13 cadavres ont pu être récupérés, les plus en amont ont été retrouvés à Bourg Charente.

3.3.1.1. Comparaison aux années précédentes

Front de migration

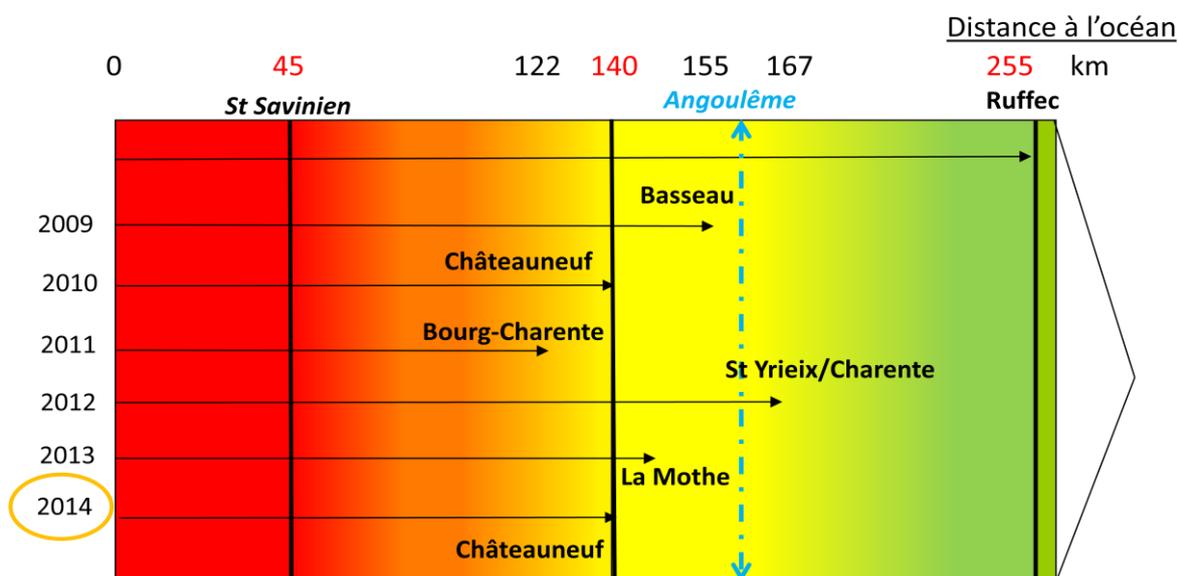


Figure 21 Front de migration des années précédentes sur la Charente

Par rapport à l'année dernière, le front de migration recule de quelques kilomètres, on se retrouve au même niveau que pour l'année 2010. Le recul du nombre de géniteurs estimés sur Taillebourg, La Baine et Crouin par rapport aux années précédentes se reflète ici dans le recul du front de migration.

Effort humain

Tableau 27 Comparaison de l'effort humain : estimation de géniteurs et front de migration cumulés

Année	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Sites prospectés	46	40	31	33	34	43
Moyen Humain	29	54	65	32	68	80

Cette année, l'effort humain a été le plus important des six dernières années. L'utilisation d'un enregistreur audio pourrait permettre de réduire cet effort, tout en augmentant la probabilité de capter des aloses se reproduisant.

3.4. Caractéristiques des bulls

3.4.1. Durée des bulls

Les enregistreurs audio et la caméra vidéo ont permis de caractériser les bulls vus et entendus. La durée des bulls a donc pu être estimée pour les trois sites.

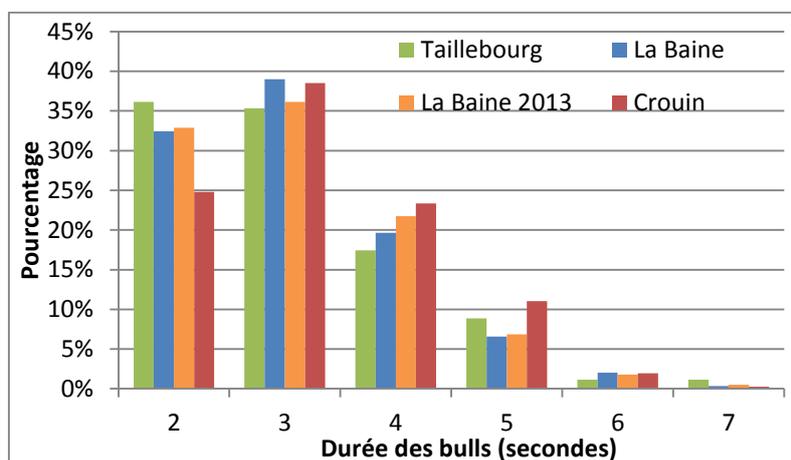


Figure 22 Répartition des bulls en fonction de la durée

La répartition en pourcentage de durée des bulls semble être corrélée à la distance de la frayère à l'océan.

Ainsi la durée trouvée des bulls est plus courte sur la frayère de Taillebourg que sur celle de Crouin. Alors que La Baine a une position intermédiaire, tant géographiquement qu'au niveau de la durée des bulls.

Tableau 28 Estimation de la répartition des deux espèces en fonction de la durée du bull

Durée (sec)	Grande Alose (%)	Alose Feinte (%)	Grande Alose	Alose Feinte
2	0	45	0	100
3	5	50	9	91
4	15	5	75	25
5	20	0	100	0
6	20	0	100	0
>7	40	0	100	0

Selon Cassou-Leins, 1995, 95% des bulls de grandes aloses seraient supérieurs à trois secondes, et 95% des bulls d'aloses feintes seraient inférieurs ou égaux à trois secondes. Ainsi, lorsque l'on retrouve un bull d'une durée de trois secondes, il aurait 91% de chance d'être le fruit de la reproduction d'aloses feintes.

Tableau 29 Répartition des deux espèces suivant les sites

Sites	Taillebourg		La Baine		La Baine 2013		Crouin	
Espèces	Grande Alose	Alose Feinte	Grande Alose	Alose Feinte	Grande Alose	Alose Feinte	Grande Alose	Alose Feinte
% des deux espèces	27%	73%	27%	73%	29%	71%	34%	66%
Nombre estimé	1454	3850	949	2541	4454	11044	2777	5322

En utilisant le tableau 29, et le nombre de géniteurs estimé, on peut aboutir à un nombre de grande alose par rapport aux aloses feintes pour la saison 2014.

Le pourcentage de grande alose augmenteraient donc lorsque la frayère est éloignée de l'océan.

Cependant il faut prendre ces résultats avec précautions. Déterminer la durée d'un bull est difficile et manque de précision. Comme les enregistreurs audio capture plus facilement les bulls longs et bien audible, on aurait peut être tendance à les surestimer. Aussi, certains bulls semblent commencer plus en profondeur dans l'eau, et seraient donc silencieux pendant la première partie du bull, jusqu'à ce que les aloses remontent en surface et rendent alors celui-ci audible. Des bulls comptabilisés comme prémices seraient alors simplement des bulls plus long, mais moins bruyant.

Les données de la passe à poisson de Crouin ont également fournit des indications sur la différenciation entre les deux espèces, en fonction de la taille des individus traversant la passe.

Tableau 30 Répartition des deux espèces en fonction de la taille

	Total	%
Grande Alose	398	15%
Alose Feinte	1463	55%
Indéterminé	780	30%
Total	2642	100%

En ne prenant pas en compte la part d'alose indéterminée, on trouve une proportion de 21% de grande alose et de 79% d'alose feinte.

Ces résultats diffèrent un peu de la différenciation obtenue grâce a la durée des bulls.

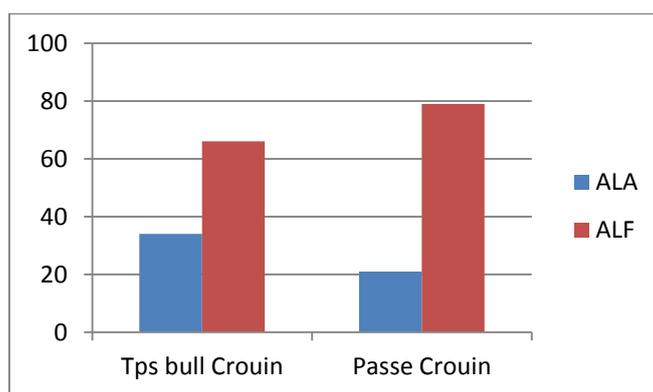


Figure 23 Comparaison des résultats de la répartition suivant la méthode utilisée

On considère toutefois que les données obtenues de la passe à poisson de Crouin donne une méthode de différenciation plus efficace. La taille des individus est caractéristique entre les deux espèces, même si le taux de d'alose indéterminé est important.

3.4.2. Caractéristiques des bulls à La Baine

Pour ce site, deux autres caractéristiques ont pu être quantifiées : le sens de rotation des bulls ainsi que la zone d'apparition des bulls à la caméra.

Tableau 31 Sens de rotation des bulls à la Baine

Sens de rotation	Horaire	Antihoraire
Pourcentage	47%	53%

Le sens de rotation est équilibré et semble donc être aléatoire. Cette donnée apporte très peu d'informations sur le comportement de reproduction.

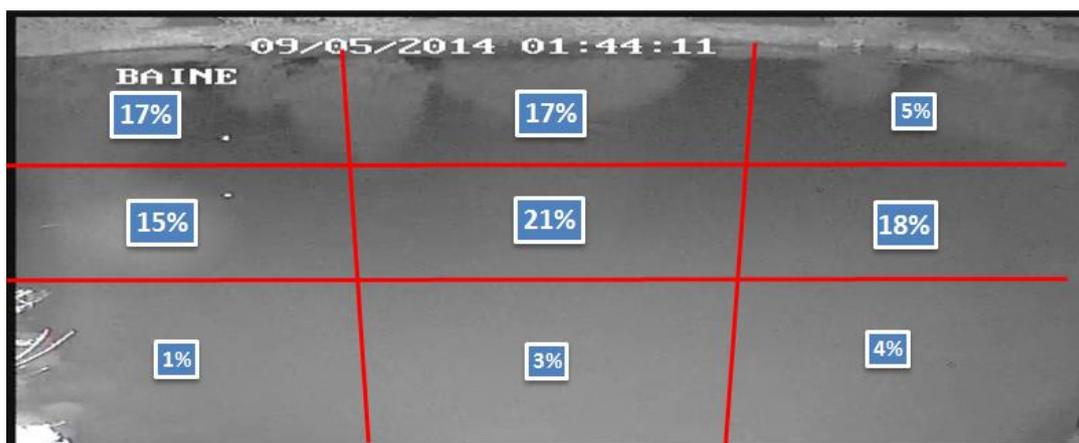


Figure 24 Zone d'apparition de bulls sur la caméra

La partie inférieure de la caméra est celle où le moins de bulls ont été recensés. La proximité du barrage ainsi que la luminosité importante due au projecteur dans cette zone peut être considérée comme des conditions de pontes peu attractives pour les aloses. De plus cette zone couvre une surface moins importante, car plus proche de la caméra.

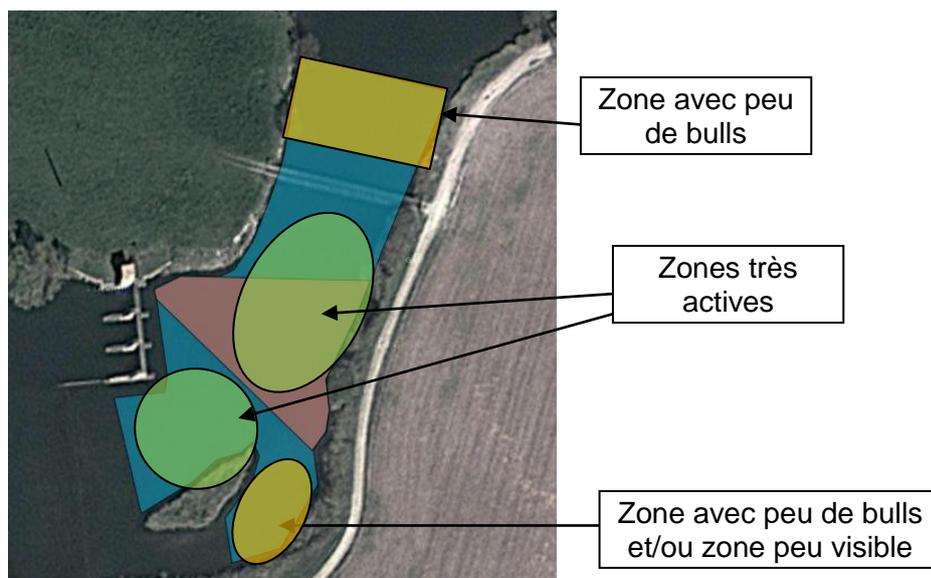


Figure 25 Vue aérienne du site de la Baine. En bleu la superficie estimée de la frayère, en rouge la zone que la caméra enregistre.

La caméra semble donc être bien positionnée. Avoir un objectif grand angle permettrait cependant de suivre une plus grande partie de la frayère, et donc de réduire l'incertitude dans le nombre de bulls estimés.

On remarque que la surface suivi par la caméra correspond à environ un tiers de la taille estimée de la frayère. Ce chiffre correspond au pourcentage de bulls capturé par la caméra par rapport aux nombres de bulls réellement entendu sur le terrain lors des différentes calibrations, qui est de 28%. Cela montre que la majorité des bulls présent dans la zone d'enregistrement sont bien visibles lors de la lecture des vidéos.

4. Conclusion et perspectives

Cette année, un effort d'échantillonnage très important a été mis en place dans le suivi de la reproduction des aloses. Le but de cette étude était d'utiliser ces résultats pour déterminer et pour mettre en place une stratégie d'échantillonnage qui soit fiable et reproductible pour la saison prochaine. L'objectif est d'avoir une idée précise du nombre de géniteurs et de pouvoir faire des comparaisons d'année en année. Ainsi, un total de 16893 géniteurs a été estimé sur les sites de La Baine, Taillebourg et Crouin.

Ce rapport a principalement mis en avant le suivi effectué sur les trois plus grosses frayères que sont Taillebourg, Crouin et La Baine. Cependant, cette année et les années précédentes, l'estimation du stock de géniteurs s'est aussi basée sur d'autres frayères sur le bassin Charente, considérées comme moins importantes. Le but est d'évaluer le stock d'aloses sur tout le bassin Charente. Ainsi, quelques fois dans la saison, des suivis dits « linéaire » consistaient à s'arrêter sur différentes frayères deux fois quinze minutes pour compter le nombre de bulls. Après une reconstitution de la nuit et des extrapolations, ces résultats permettaient de donner une estimation du nombre de géniteurs sur ces plus petites frayères. Des suivis ponctuels ont donc été réalisés sur une dizaine d'autres frayères.

Au vu des résultats de cette année, faire seulement quelques sorties sur certains sites et extrapoler ensuite les données ne paraît pas satisfaisant dans l'estimation d'un chiffre robuste. La précision d'échantillonnage diminue très rapidement avec la diminution des nuits dépouillées. Il paraît donc judicieux de concentrer l'effort d'échantillonnage seulement sur Taillebourg, Crouin et La Baine.

Ces trois sites ont toujours eu un pourcentage d'activité cumulé supérieur à cinquante pourcents et représentent donc une part importante du stock d'aloses estimé sur le bassin Charente.

Même si suivre seulement trois sites reviendrait à ne pas pouvoir donner une estimation globale du nombre de géniteurs, cela permettrait d'avoir un chiffre plus robuste du nombre d'aloses sur ces trois grosses frayères. Ces résultats pourraient donc plus facilement être comparés d'année en année et donneraient une tendance sur l'évolution de la population d'aloses. Cette préconisation de suivi devra cependant être validée en CoPil par rapport aux objectifs des partenaires techniques et financiers.

Comparé aux autres bassins, en 2012 l'association MiGaDo aurait suivi 17 nuits intégralement sur la Garonne (Carry, 2013), et de 13 nuits suivies au total sur la Dordogne (Canto, 2013). L'association MRM (Migrateurs Rhône Méditerranée) quant à elle, suit trois sites en continu et un site une nuit sur deux (MRM, 2013). Cet effort d'échantillonnage très important sur le bassin versant du Rhône est certes très efficace mais demande des moyens conséquents en termes de ressources humaines. Un effort de cette envergure n'est pas concevable pour le suivi alose sur bassin Charente à cause de moyens plus limités.

En perspective, différentes techniques de suivi de reproduction devraient voir le jour dans les années qui viennent. Le bureau d'étude FishPass, partenaire technique pour le suivi vidéo à La Baine, a commencé dès cette année à tester des méthodes de suivi automatique dbulls. Ainsi, avec une caméra vidéo haute définition et un programme informatique, il serait possible de compter automatiquement le nombre de bulls capté par la caméra. Cela faciliterait très grandement le suivi, en réduisant le temps de dépouillement.

En outre, sur le bassin Rhône Méditerranée, MRM développe depuis 2004 un suivi automatisé de la reproduction à partir d'enregistreurs audio reliés à un smartphone. Celui-ci

serait alors capable, de manière autonome, de compter les bulls entendus (Diep, 2013). Ce suivi pourrait être opérationnel pour 2015. En fonction des résultats et de la fiabilité de ce système, il pourrait être intéressant d'envisager une collaboration avec MRM, toujours dans le but de réduire les moyens humains et d'accélérer le temps de dépouillement.

Le plan d'échantillonnage déterminé cette année, permettra donc d'avoir un indice quantitatif d'un nombre de géniteurs sur trois sites, permettant de mesurer l'évolution de la population d'aloses et sa tendance, ainsi que le bénéfice des aménagements en termes de continuité écologique. Deux autres axes de travail devraient être développés dans le futur : la différenciation grande Alose / Alose feinte, ainsi que l'estimation de l'efficacité de reproduction. Pour le premier axe, réaliser la différenciation entre les deux espèces d'aloses, permettrait d'estimer le stock de géniteurs espèce par espèce. Le but serait d'estimer l'évolution de ces deux populations distinctement et non plus globalement. Afin de voir si une des deux espèces semble en déclin, et donc orienter des actions spécifiques à l'espèce. L'estimation de taille des poissons avec la passe à poisson, ainsi que la caractérisation de l'espèce à l'aide de la durée du bull indique une présence importante d'aloses feinte. Il sera donc important de voir s'il y a une évolution du pourcentage des deux espèces. Le deuxième axe de travail, l'efficacité de la reproduction, serait effectué dans la continuité de l'estimation du stock de géniteurs. Mesurer cette efficacité permettrait de préciser l'évolution de la population d'aloses. En effet, avoir une saison ou le nombre de géniteurs estimé est très élevé, n'est pas forcément synonyme d'un bon état de la population si le succès reproducteur est mauvais. Avoir ces deux indices donnerait une information supplémentaire dans la gestion des deux espèces d'aloses sur le Bassin Charente.

Au vu des résultats obtenus pour l'estimation du nombre de géniteurs sur le site de la Baine. On peut se rendre compte de la grande variabilité des résultats d'une nuit à l'autre. Les suivis linéaires étant d'une durée de deux fois quinze minutes par site, la probabilité de rater des bulls semble élevée. Il pourrait donc être plus pertinent de rester une heure par site. Même si cela nous amènerait à faire une prospection moins importante du nombre de site, les chances de comptabiliser des bulls sur les sites visités seraient plus importantes. L'utilisation d'enregistreur audio dans la recherche du front de migration est intéressante et à donner de bons résultats cette saison puisqu'elle a permis de placer le front de migration à Châteauneuf cette année. Même si les suivis linéaires sont indispensables, l'enregistreur audio peut être utilisé comme une technique de suivi complémentaire. En effet, la pose d'un enregistreur audio ne nécessite pas une grosse organisation, au contraire des suivis linéaires, cette pose peut être décidée la journée pour le soir. Cela permet de choisir plus facilement les dates de suivi (par exemple lorsque les conditions s'améliorent après plusieurs jours très défavorables) en fonction de la météo pour augmenter les chances d'enregistrer des bulls. Pour la saison prochaine, des poses d'enregistreurs pourrait se faire assez tôt dans la saison sur les sites de Jarnac puis de Châteauneuf et enfin de Vindelle, afin d'essayer de rapidement valider la présence d'aloses, pour ensuite se concentrer sur des sites plus en amont.

L'estimation du nombre de géniteurs montre donc un effectif qui semble en déclin par rapport à l'année 2013 sur les trois sites Taillebourg, La Baine et Crouin. Ce déclin est également ressenti dans la recherche du front de migration. Ce front situé à Châteauneuf cette année est en recul par rapport aux deux années précédentes. La mise en eau de la passe à poisson au niveau du barrage de Bourg-Charente est cependant de bon augure et facilitera le passage de plus de poissons, plus en amont.

5. Bibliographie

Y.ABDALLAH, P.CAMPTON, J.DELHOM, et al, 2012. Rapport d'activités 2012 Travaux, études et coordination. MRM. 26p.

D.BORCARD, 2000. Régression linéaire (droites d'estimation). Département de sciences biologiques. Université de Montréal. 6p.

J.L.BAGLINIERE, P.ELIE, 2000. Les aloses (*Alosa alosa* et *Alosa fallax* spp.). Ecobiologie et variabilité des populations. INRA-Cemagref Editions, 275p.

N.CANTO & I.CAUT, 2013. Suivi de la population d'alose feinte sur la Dordogne et la Garonne 2012. MiGaDo

L.CARRY & R.JO, 2012. Suivi de la reproduction de la Grande Alose sur la Garonne en 2011. MiGaDo. 21p.

L.CARRY, G.BORIE, 2013. Suivi de la reproduction de la grande alose sur la Garonne en 2012. MiGaDo. 21p.

F.CASSOU-LEINS & J.J.CASSOU-LEINS, 1981. Recherches sur la biologie et l'halieutique des migrateurs de la Garonne et principalement de l'alose : *Alosa alosa*. Thèse de doctorat en ichtyologie appliquée. Institut National Polytechnique de Toulouse. 382p.

N.S.CHOK, 2010. Pearson's versus Spearman's and Kendall's correlation coefficients for continuous data. Master of science in Public Health. University of Pittsburg. 43p.

D.DIEP, H.NONON, I.MARC, et al, 2013. Acoustic counting and monitoring of shad fish populations. International AmiBio Workshop: Recent Progress in Computational Bioacoustics for Assessing Biodiversity, Bonn : Germany (2013). 5p.

HYDRO CONCEPT, 2003. Etude des potentialités piscicoles des bassins de la Charente et de la Seudre pour les poissons migrateurs. EPTB Charente, 182p.

A.LOCHET, 2006. Dévalaison des juvéniles et tactiques gagnantes chez la grande alose *Alosa alosa* et l'alose feinte *Alosa fallax*. Thèse de doctorat en océanographie. Université de Bordeaux I. 208p.

C.MENNESSON-BOISNEAU & P.BOISNEAU, 1990. Migration, répartition, reproduction et caractéristiques biologiques des aloses (*Alosa* sp.) dans le bassin de la Loire. Thèse de Doctorat, université de Rennes 1, 105p.

A.POSTIC-PUIVIF, F.ALBERT & E.BUARD, 2012. Programme d'Actions 2012-2015. Rapport technique 2012. Cellule Migrateurs Charente Seudre. 145p.

É.ROCHARD & G.LASSALLE, 2010. Conservation de la biodiversité et changement climatique : un nécessaire changement de paradigme - Le cas des poissons migrateurs amphihalins, [en ligne], *Revue SET*, 2010, p. 104-109. URL: <http://www.set-revue.fr/conservation-de-la-biodiversite-et-changement-climatique-un-necessaire-changement-de-paradigme-le-ca>

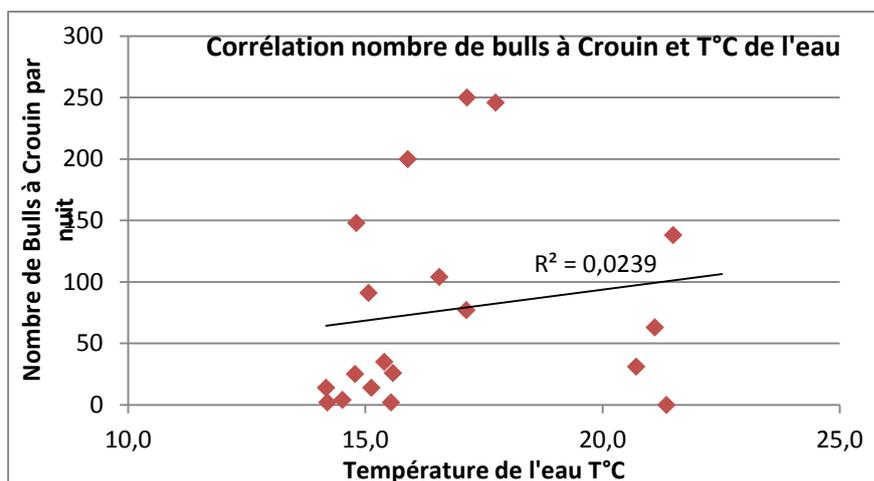
S.TALLERIE, 2012. Caractérisation des populations d'aloses sur le bassin versant de la Charente. Rapport de stage de master en génie écologique. Université de Poitiers. 52p.

Annexes

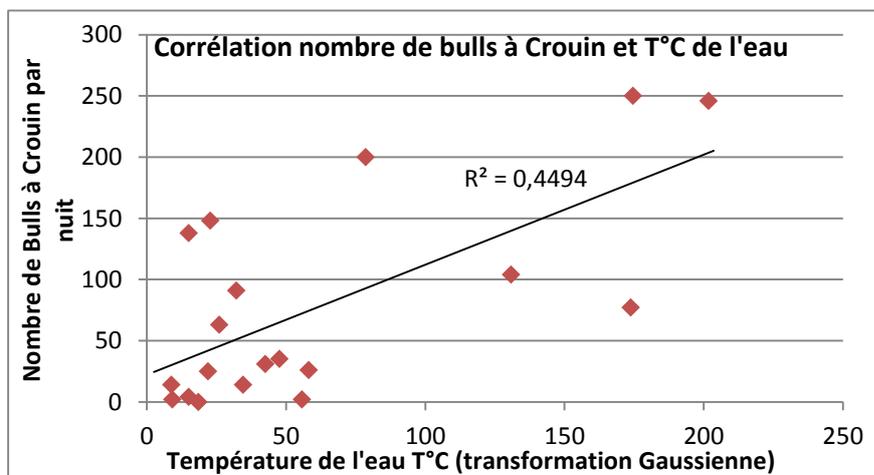
Annexe 1 : Pourcentage de bulls estimé par site et par année

Sites	2010	2011	2013
Canal du moussard	13.8	5.3	2
Taillebourg	24.8	19.4	14
Port la pierre	3.4	8.1	8
Port a clou	6.8	13.9	8
Saint Thomas	5.9	10.7	7
Port la rouselle	10.5	4.1	21
la Baine	17.2	22.0	30
Crouin	17.6	16.4	9

Annexe 2 : Exemple résultats de la transformation gaussienne de la température de l'eau



Résultats bruts, nombre de bulls à Crouin en fonction de la température de l'eau.



Résultats après transformations gaussienne, le coefficient de corrélation est bien plus élevé.

Annexe 2 : Résultats bulls des enregistreurs par nuit avec variables environnementales

Date	Crouin	Taillebourg	La Baine	Passé à Poisson	Température eau °C	Lune (% de visibilité)	Debit (m3/s)	Marée Rochefort
07-08avril			3	0	14.59	50	115.0	38
08-09avril			3	0	14.29	56	106.8	33
09-10avril			3	0	14.43	65	97.9	33.5
10-11avril		11	5	1	14.59	74	95.1	42
11-12avril			5	0	14.48	82	91.9	54
12-13avril			7	1	15.06	89	87.7	65
13-14avril			2	25	15.07	94	83.4	76.5
14-15avril			4	2	15.35	98	78.1	85
15-16avril			Brume	5	15.04	100	72.1	92
16-17avril			8	2	15.08	99	68.1	95.5
17-18avril	14	35	7	4	15.12	97	67.9	95.5
18-19avril			7	9	15.14	92	70.3	91.5
19-20avril			12	5	14.72	84	70.7	84.5
20-21avril			16	2	14.41	75	69.1	74
21-22avril			18	4	14.63	65	68.0	63
22-23avril	25	41	Brume	3	14.78	50	66.3	56
23-24avril			2	17	14.95	42	64.6	53
24-25avril	4	55	27	3	14.51	31	64.5	56
25-26avril			2	0	14.43	21	63.9	66
26-27avril			17	0	14.49	13	62.9	78
27-28avril			6	6	14.27	6	63.5	88.5
28-29avril	2	2	6	2	14.19	2	64.4	95.5
29-30avril	14	0	2	5	14.17	0	65.6	98.5
30-01mai			27	0	14.56	1	66.8	97
01-02mai			46	9	14.63	3	67.7	92.5
02-03mai			18	14	14.65	8	66.4	84
03-04mai			17	4	14.64	14	62.9	74
04-05mai			133	8	14.80	22	60.6	63
05-06mai	35	47	38	18	15.40	30	58.7	51.5
06-07mai			72	31	15.69	39	56.7	42
07-08mai			11	59	16.08	50	54.6	37
08-09mai	104	57	40	105	16.56	58	52.7	36
09-10mai			46	119	16.65	67	51.7	40
10-11mai			63	57	16.32	76	51.3	49
11-12mai			26	33	16.19	84	50.6	60
12-13mai	26	66	20	13	15.58	91	50.0	71
13-14mai			16	6	15.45	96	49.5	81.5
14-15mai			98	12	15.72	100	48.1	89.5
15-16mai	200	74	107	88	15.89	99	46.1	95
16-17mai			117	124	16.37	98	44.6	97
17-18mai			98	97	16.89	94	43.6	95
18-19mai			94	84	17.55	87	41.5	89
19-20mai	246	61	Coupure	124	17.74	78	44.9	80.5
20-21mai			Coupure	74	17.43	68	56.0	70.5
21-22mai			Coupure	55	16.42	55	74.0	64
22-23mai	2	10	Coupure	8	15.54	45	101.5	60
23-24mai			11	1	15.04	34	121.5	59.5
24-25mai			14	0	15.46	24	123.0	63.5

Suivi Alose 2014 sur le bassin Charente

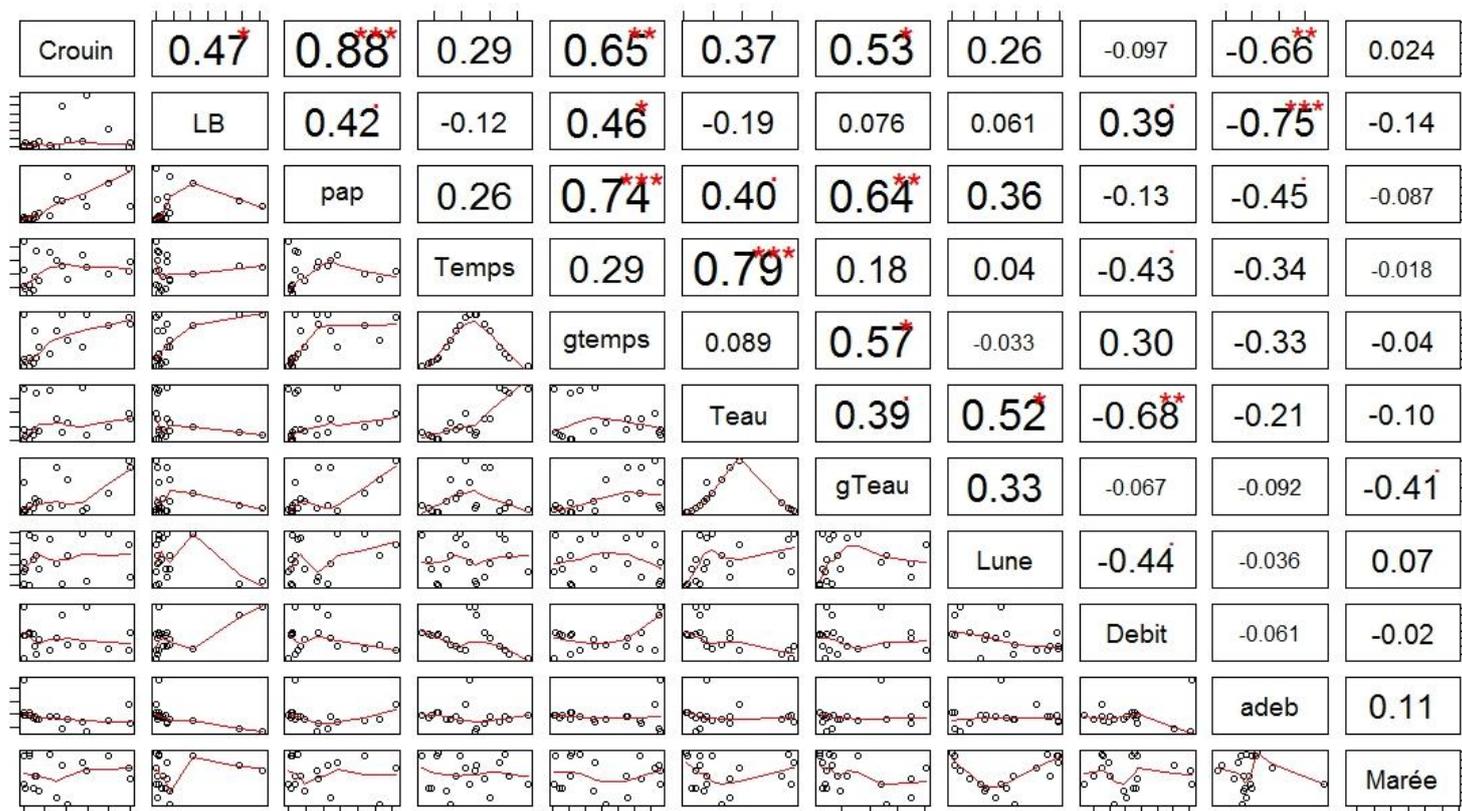
25-26mai			55	2	15.36	15	114.0	70.5
26-27mai	148	104	310	32	14.80	8	100.8	77.5
27-28mai	91	37	242	45	15.06	3	90.5	83
28-29mai			50	41	15.09	0	89.5	86
29-30mai			124	19	15.37	1	86.5	86.5
30-31mai			22	46	15.98	2	78.2	84.5
31-01juin			26	84	16.66	5	74.8	80
01-02juin			20	32	17.06	10	72.0	74
02-03juin	250	167	30	34	17.14	16	67.4	67
03-04juin			Coupure	117	16.84	24	65.3	59
04-05juin			12	108	16.75	33	61.7	51
05-06juin	77	37	3	48	17.13	41	60.5	44.5
06-07juin			9	146	18.16	51	58.5	42
07-08juin			4	119	19.35	61	57.1	41.5
08-09juin			0	184	20.33	71	56.3	45.5
09-10juin			Coupure	78	20.72	79	56.1	54.5
10-11juin		56	4	32	20.68	87	54.8	65
11-12juin			36	53	20.79	94	52.0	76
12-13juin	138	130	31	57	21.49	98	49.3	86.5
13-14juin			16	37	22.01	100	47.9	94.5
14-15juin			5	19	21.87	99	47.1	99
15-16juin			4	7	21.30	95	46.2	99.5
16-17juin	63	63	7	11	21.10	89	45.3	96.5
17-18juin			5	7	20.35	80	43.2	89.5
18-19juin			5	4	20.21	70	41.1	80.5
19-20juin	31	52	3	7	20.71	57	39.8	70.5
20-21juin			0	5	21.20	48	37.9	64
21-22juin			0	4	21.71	37	35.6	59
22-23juin			0	5	22.52	27	37.8	57.5
23-24juin		0	1	4	22.03	18	43.9	60
24-25juin			0	4	22.14	11	45.8	65.5
25-26juin			0	0	21.97	5	41.9	71
26-27juin		33	1	3	21.77	2	38.4	76
27-28juin			1	4	21.37	0	36.7	78.5
28-29juin			0	0	21.00	1	37.6	80
29-30juin			0	0	20.80	3	37.9	79
30-01 juillet		7	2	1	20.40	6	34.9	76.5
01-02 juillet			0	1	19.92	12	33.7	72
02-03 juillet			0	0	20.45	19	34.5	66.5
03-04 juillet		4	0	0	21.35	27	34.3	60

Annexe 4 : Corrélation entre les différentes variables pour le site de Crouin.

Test de corrélation de Spearman entre le nombre de bulls à Crouin et les variables.

Significativité : $p\text{-value} < 0.05 = *$, $< 0.01 = **$, $< 0.001 = ***$.

LB représente le nombre de bulls à La Baine, *pap* représente la passe à poisson, *gTemps* et *gTeau* sont les transformations gaussiennes de l'indice temporel et de la température de l'eau. *aDébit* est le taux d'accroissement du débit.

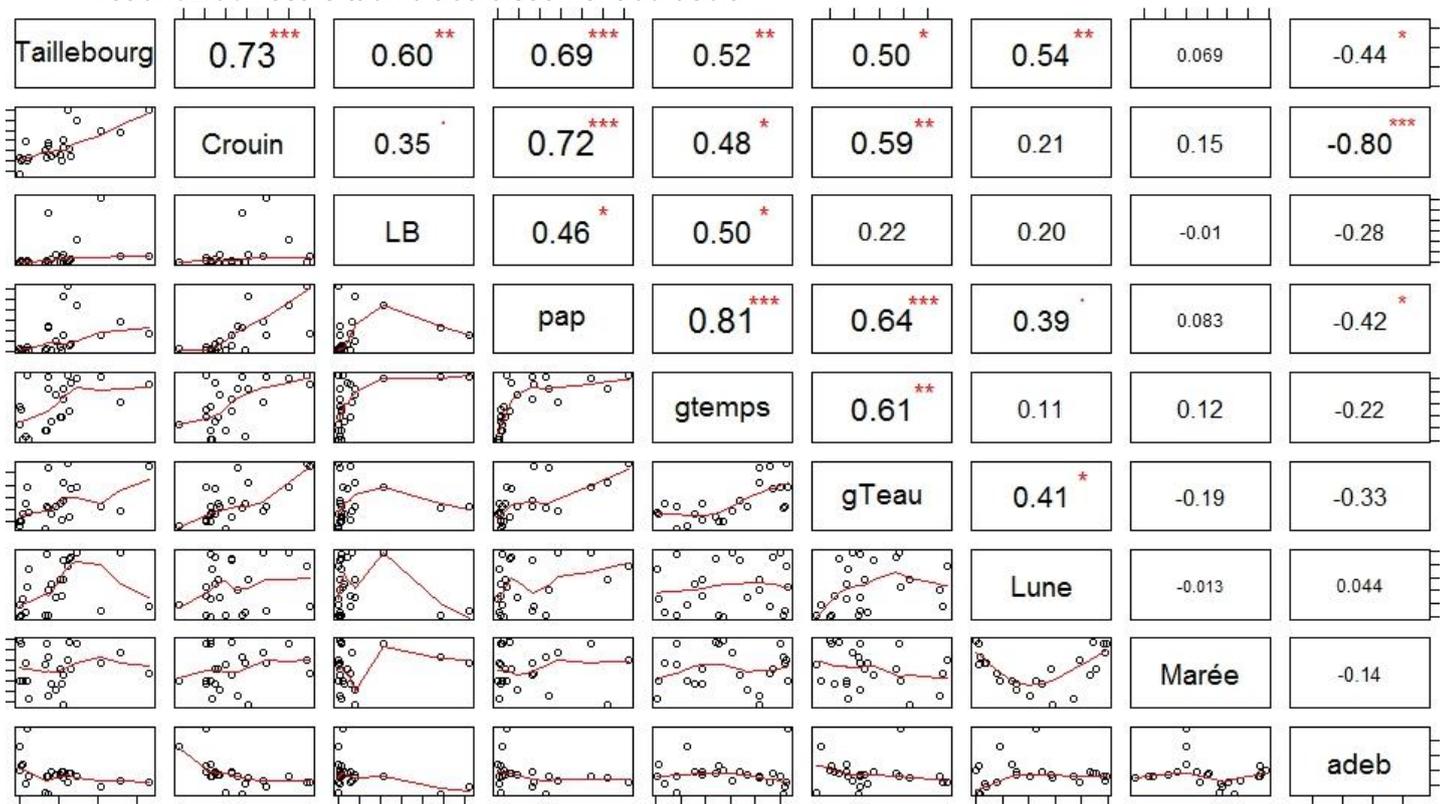


Annexe 5 : Corrélation entre les différentes variables pour le site de Taillebourg.

Test de corrélation de Spearman entre le nombre de bulls à Taillebourg et les variables.

Significativité : $p\text{-value} < 0.05 = *$, $< 0.01 = **$, $< 0.001 = ***$.

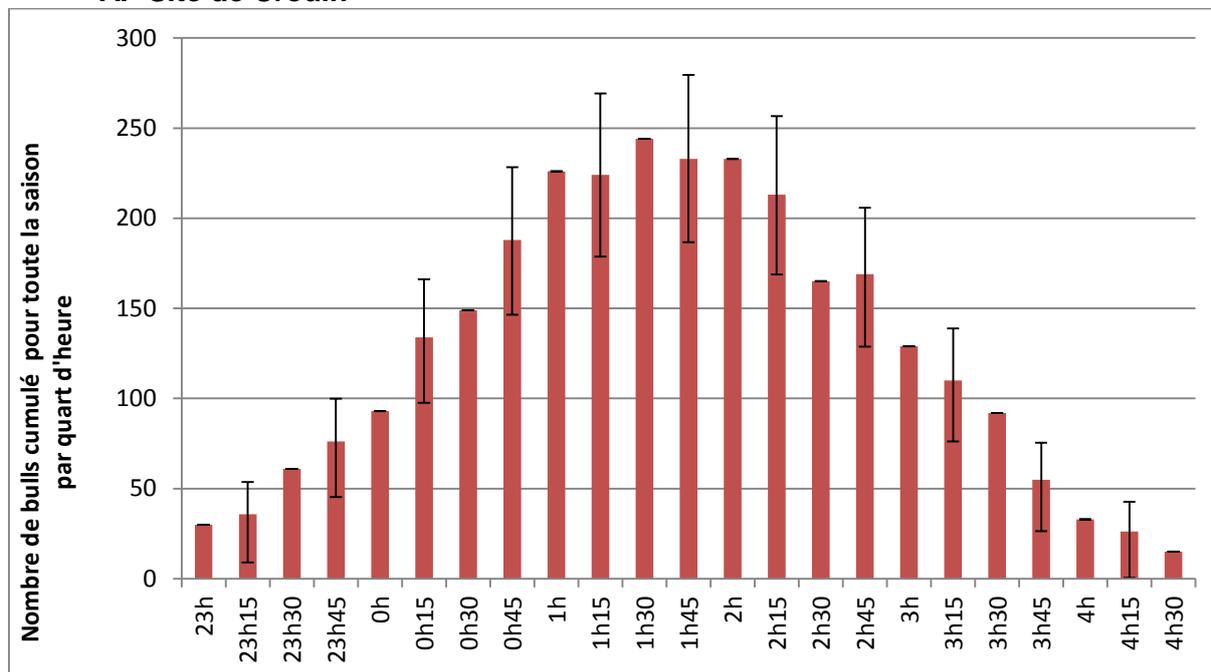
LB représente le nombre de bulls à La Baine, *pap* représente la passe à poisson, *gTemps* et *gTeau* sont les transformations gaussiennes de l'indice temporel et de la température de l'eau. *aDébit* est le taux d'accroissement du débit.



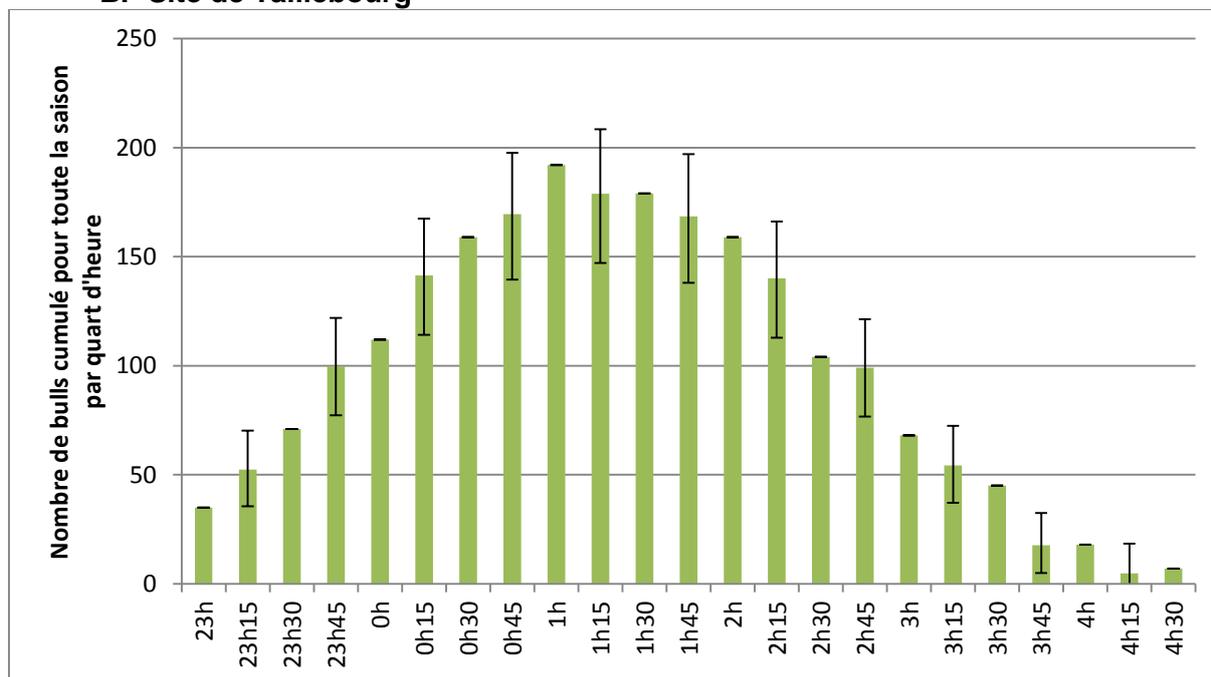
Annexe 6 Interpolation des ¼ d'heure manquants

Les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance à 95%

A. Site de Crouin



B. Site de Taillebourg



Annexe 7 : Résumé de l'activité des sites

Activités Frayères	Date	Nuit	Nuit	Nuit	Mercredi	Nuit	Nuit	Mercredi	Nuit	Nuit	Nuit	Mardi	Nuit	Mercredi	Nuit	Nuit	Mercredi	Nuit	Mercredi	Nombre de fois prospecté	Activité	Site
		Jeudi 24-25 avril	Lundi 28-29 avril	Lundi 5-6 mai	14 mai	Jeudi 15-16 mai	Lundi 19-20 mai	21 mai	Jeudi 22-23 mai	Lundi 26-27 mai	Lundi 2-3 juin	3 juin	Jeudi 5-6 juin	11 juin	Jeudi 12-13 juin	Lundi 16-17 juin	18 juin	Jeudi 19-20 juin	2 juillet			
Nombre max de bulls / 15min	Structure	CM	CM-FD17-FD16	CM-SD16-FD17	CM	CM-FD17-FD16	CM-SD16-SD17	SD16	CM	CM-FD17-FD16	CM-SD16-SD17	CM + SD16	FD17	CM-SD16-SD17	CM-FD17-FD16	CM-SD16-SD17	CM	CM	CM			
Site	Frayère	Type	Linéaire	Linéaire-Cali-FM	FM - Linéaire	FM	Linéaire-Cali-FM	FM	FM	Linéaire	Linéaire-Cali-FM	FM	FM	Linéaire	FM	Linéaire-Cali-FM	FM	FM	Linéaire	FM		
St Savinien	<5%		0			8			67	3		134		0						6	Oui	St Savinien
Canal Moussard	<5%		0												14					2	Oui	Canal Moussard
Port d'Envaux	>5%		3	1	4		7		1											5	Oui	Port d'Envaux
Taillebourg	T			1			76			73	93				202	7				6	Oui	Taillebourg
Port La Pierre	>5%		0	0	25		22		1	56			11							9	Oui	Port La Pierre
Port Clou	>5%		2	2	15		27		3	17			22							9	Oui	Port Clou
Saint Thomas	>5%		12	0	21		32		13	15			16							9	Oui	Saint Thomas
Prairie Courbiac	<5%						6		9	14			7							5	Oui	Prairie Courbiac
Port la Rousselle	>5%		25	5	26		12		17	17			12							9	Oui	Port la Rousselle
Les Gonds	<5%						4													1	Oui	Les Gonds
Bac de Chaniers	<5%														5					2	Oui	Bac de Chaniers
La Baine	B		5				85			174					42					4	Oui	La Baine
Moulin de la Baine	<5%		2												11					2	Oui	Moulin de la Baine
Pas des Charettes	<5%									31					0					2	Oui	Pas des Charettes
Bac de Dompierre	<5%						0													1	Non	Bac de Dompierre
Crouin	C		2				Cadavre 129		4			14		Cadavre	87		0		0	10	Oui	Crouin
Bagnolet	<5%		1	1?			Ind		1					0	0					9	Oui	Bagnolet
Port Bouthiers	<5%		0	0			0							0						4	Non	Port Bouthiers
Gademoulin	<5%		0	0			0	0						0	0					6	Non	Gademoulin
Bourg-Charente	<5%		0	0			0	0	7					0	0					11	Oui	Bourg-Charente
Jarnac (barrage)	<5%						0	2						0	0	0	4			10	Oui	Jarnac (barrage)
Jarnac (pétanque)	<5%						0							0						2	Non	Jarnac (pétanque)
Bras de Mérienne	<5%													0						1	Non	Bras de Mérienne
Gondeville	<5%			0	0															2	Non	Gondeville
Juac	<5%			0	0															2	Non	Juac
Saint Simon	<5%			0			0	0						0	1					6	Oui	Saint Simon
Vibrac (barrage)	<5%			0			0	0						0	0					8	Non	Vibrac (barrage)
Vibrac (écluse)	<5%						0							0						2	Non	Vibrac (terre neuve)
Chateauneuf	<5%			0	0	0	0							0	1	0	0			12	Oui	Chateauneuf
Malvy	<5%																			0	Non	Malvy
Saint Simeux	<5%						0													1	Non	Saint Simeux
Sireuil	<5%						0							0	0	0	0			6	Non	Sireuil
La Motte	<5%														0					1	Non	La Motte
Fleurac	<5%							0												1	Non	Fleurac
Basseau	<5%						0							0						3	Non	Basseau
Thouérat	<5%																			0	Non	Thouérat
Bourginès	<5%																			0	Non	Bourginès
Chalonne	<5%																			0	Non	Chalonne
Les Chabots	<5%														0					1	Non	Les Chabots
Château de Balzac	<5%																			0	Non	Château de Balzac
Bras de Méronne	<5%													0	0					3	Non	Bras de Méronne
Vindelle	<5%													0						3	Non	Vindelle
La côte	<5%																			0	Non	La côte
Coursac	<5%																			0	Non	Coursac
Marsac	<5%																			0	Non	Marsac
Le pont de Lachenaud (Montignac)	<5%																			0	Non	Le pont de Lachenaud (Montignac)
Montignac (Moulin)	<5%														0					1	Non	Montignac (Moulin)
Toussogne (Vouharte)	<5%																			0	Non	Toussogne (Vouharte)
Vouharte (Moulin)	<5%																			0	Non	Vouharte (Moulin)
Moulin de la Grave (Luxé)	<5%																			0	Non	Moulin de la Grave (Luxé)
Bras de l'Etouyer (St Groux)	<5%																			0	Non	Bras de l'Etouyer (St Groux)
Chez Festin (Mouton)	<5%																			0	Non	Chez Festin (Mouton)
Aunac (pont D27)	<5%																			0	Non	Aunac (pont D27)
Verteuil	<5%																			0	Non	Verteuil
Les Forges (Taizé-Aizie)	<5%																			0	Non	Les Forges (Taizé-Aizie)
Carillon	<5%							1												2	Oui	Carillon
Bel Ebat	<5%							0												3	Oui	Bel Ebat
L'Houmée	<5%							0							1					4	Oui	L'Houmée
Voissay	<5%							0							0					3	Non	Voissay
Les 3 Pelles	<5%						0													3	Non	Les 3 Pelles

Suivi Alose 2014 sur le bassin Charente

Date	Frayères	23h	23h	23h	23h	00h	00h	00h	00h	1h	1h15	1h	1h	2h	2h	2h	2h	3h	3h	3h	3h	4h	4h	4h	T°C	T°C	Météo	Observation	Observateurs	Equipe
		15	30	45	00h	15	30	45	1h	15	30	45	2h	15	30	45	3h	15	30	45	4h	15	30	Eau	Air					
26-27 mai	Port à Clou		12	17																				14.1	11	Dégagé		MR + JN	FD17	
	Port la Pierre					56	56																	15.3	10.7	Dégagé		MR + JN	FD17	
	Taillebourg									35	73	69	64											15.2	8.3	Dégagé		MR + JN	FD17	
	Saint Savinien															50	69	76	67					15.2	8.3	Dégagé		MR + JN	FD17	
	Saint Thomas																							15.1	8.1	Dégagé		MR + JN	FD17	
26-27 mai	La Roussele	11	17																					15.8		Dégagé		AS + TB	CM	
	Prairie Courbiac					10	14																	15.8	12	Dégagé		AS + TB	CM	
	Bac de Chaniers									11	23													15.7	12	Dégagé	Bruit crapauds	AS + TB	CM	
	La Baine														133	134	174	172						15.5	8	Dégagé		AS + TB	CM	
	Pas des Charettes																		31	25				15.5		Dégagé		AS + TB	CM	
02-03 juin	Mérienne	0	0																					14.5	12	Dégagé		JPD + VH	FD16	
	Jarnac					0	0																	14.3	10	Dégagé		JPD + VH	FD16	
	Crouin									62	96	80	85											14.6	10	Dégagé		JPD + VH	FD16	
	Saint Simon															0	0							14.5	9	Dégagé		JPD + VH	FD16	
	Chateaneuf																				0	0		14.5	9	Dégagé		JPD + VH	FD16	
02-03 juin	Taillebourg		67	93																				17	14	Dégagé		NC + MF	SD17	
	Saint Savinien					3	2																	17	14	Dégagé		NC + MF	SD17	
	Carillon									8	5													16	12.5	Dégagé		NC + MF	SD17	
	Bel Ebat													1	1									16	12.5	Dégagé		NC + MF	SD17	
	L'houmée																				0	0		16	12	Dégagé	Fort débit	NC + MF	SD17	
02-03 juin	Bagnolet		0	0																				17.5	13.7	Couvert	Bruit	CR + OC	SD16	
	Port Bouthiers					0	0																	17.3	13.1	Dégagé	Bruit	CR + OC	SD16	
	GardeMoulin									0	0													17.2	13	Dégagé	Bruit	CR + OC	SD16	
	Bourg-Charente													0	0									16.2	12.5	Dégagé		CR + OC	SD16	
	Jarnac															0	1							16	13	Dégagé		CR + OC	SD16	
02-03 juin	Vindelle	0	0																					14		Dégagé		FA + TD	CM + SD16	
	Vindelle moulin	0	0																					14		Dégagé		FA + TD	CM + SD16	
	Basseau			0	0	0																		14		Dégagé	Bruit	FA + TD	CM + SD16	
	Chateaneuf								0	0														12		Dégagé	Silure	FA + TD	CM + SD16	
	Vibrac (écluse)											0	0											11		Dégagé		FA + TD	CM + SD16	
05-06 juin	Vibrac (barrage)											0	0											11		Dégagé		FA + TD	CM + SD16	
	Saint Simon													0	1									11		Dégagé	Silure	FA + TD	CM + SD16	
	La Roussele	8	12																					17.7	15	Dégagé		EP + DC	FD17	
	Prairie Courbiac					4	7																	17.7	14.3	Dégagé		EP + DC	FD17	
	Saint Thomas							5	16															17.5	11.8	Dégagé		EP + DC	FD17	
12-13 juin	Port à Clou																							16.9	16.9	Dégagé		EP + DC	FD17	
	Saint Savinien																							17.6	13.5	Dégagé		EP + DC	FD17	
	Port la Pierre																							17.5	13.1	Dégagé		EP + DC	FD17	
	Saint Thomas		13	18																				21.4	20	Dégagé		JN + DC	FD17	
	Saint Savinien						0	0																21.5	18.8	Dégagé	Courant trop fort	JN + DC	FD17	
12-13 juin	Taillebourg									202	148	113	80											21.1	17.8	Dégagé		JN + DC	FD17	
	Port à Clou															17	5							20.4	17.7	Dégagé		JN + DC	FD17	
	Port la Pierre																							21.2	19.9	Dégagé		JN + DC	FD17	
	La Roussele		6	16																				21.7		Dégagé		EB + TB + Denis	CM	
	Bac de Chaniers						4	5																22.1		Dégagé	Prémices	EB + TB	CM	
16-17 juin	Moulin la Baine									11	11													21.2		Dégagé	Bruit barrage	EB + TB	CM	
	La Baine														42	34	27	12								Dégagé		EB + TB	CM	
	Pas des Charettes																							21.7		Dégagé		EB + TB	CM	
	Jarnac	0	0																					21	25	Dégagé	Pleine Lune (PL)	VH + SC	FD16	
	Crouin									82	87	80	70											20.8	22	Dégagé	PL	VH + SC	FD16	
16-17 juin	Chateaneuf															1	0							20.4	21	Dégagé	PL	VH + SC	FD16	
	Sireuil																							20.1	20	Dégagé	PL	VH + SC	FD16	
	Taillebourg	2	7																					20	18	Dégagé		PJA + EM	SD17	
	Canal Moussard					5	14																	20	16	Dégagé		PJA + EM	SD17	
	Bel Ebat									0	0													20	15	Dégagé		PJA + EM	SD17	
19-20 juin	L'houmée													0	1									19	15	Dégagé		PJA + EM	SD17	
	Voissay																							18	13	Dégagé		PJA + EM	SD17	
	Sireuil	0	0																					19.1	19.4	Dégagé		GB CR	SD16	
	La Mothe					0	0																	19.1	18.3	Dégagé	Bruit barrage	GB CR	SD16	
	Les Chabots											0	0											15		Dégagé	Vent	GB CR	SD16	
19-20 juin	Vindelle															0	0							20.6	16.2	Dégagé	Bruit barrage	GB CR	SD16	
	Montignac																							20.4	13.7	Dégagé	Bruit moulin	GB CR	SD16	
	Port la Pierre		2	0																				21.3		Dégagé		APP TB	CM	
	Port à Clou					2	1																	21		Dégagé	Bruit STEP ?	APP TB	CM	
	Saint Thomas									5																				