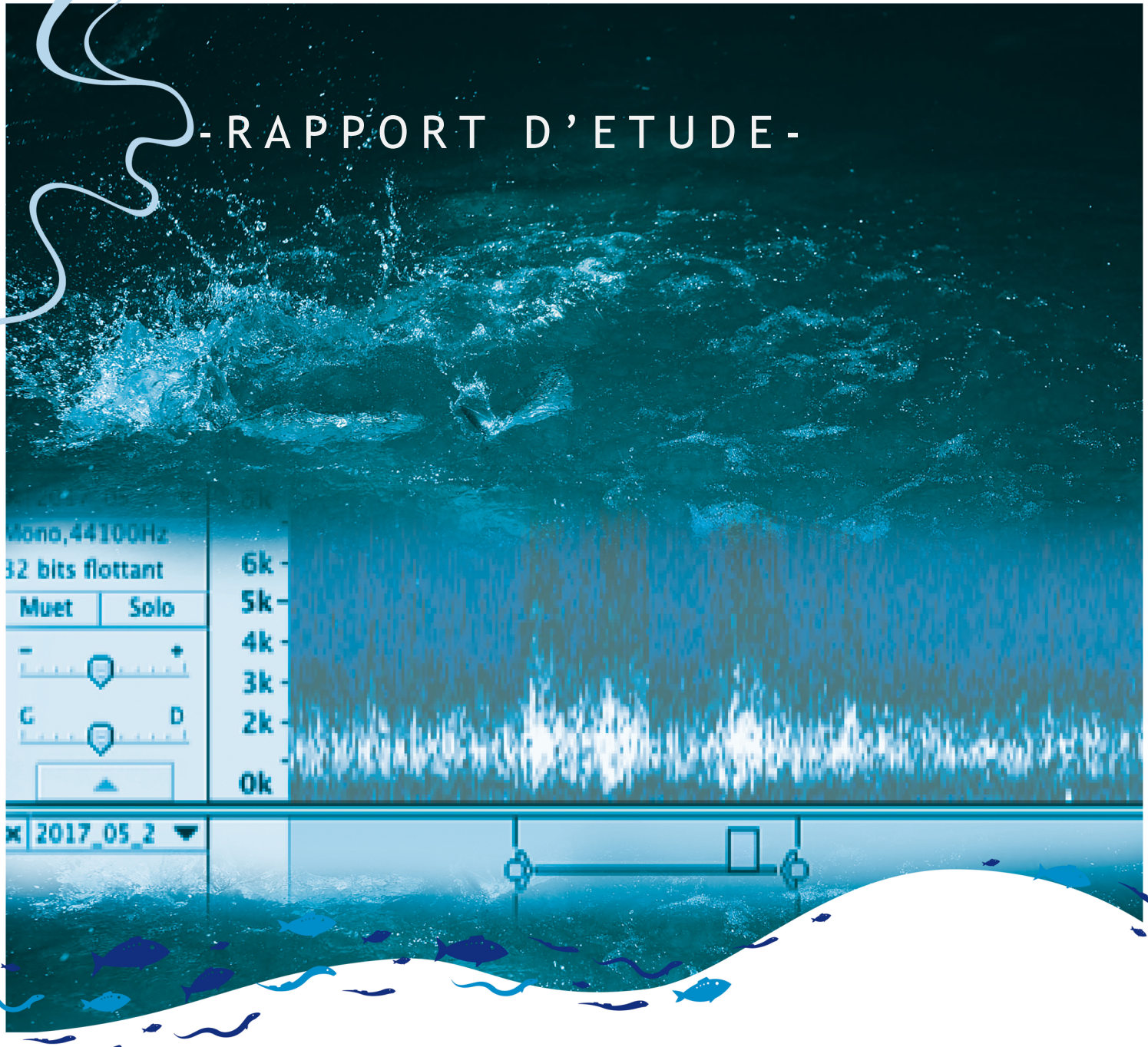

-RAPPORT D'ETUDE-

2024 N°4/18

Élaboration d'un système automatique acoustique de suivi de la reproduction des aloses

ALIX F., RIVOALLAN D., • Avril 2025

MIGRATEURS RHÔNE-MÉDITERRANÉE

FÉDÉRATION NATIONALE PÊCHE

Photo de couverture
(© MRM / F. Gardin 2007)

Référence à citer

ALIX F., RIVOALLAN D., TOULOUSE L., 2025. Élaboration d'un système automatique acoustique de suivi de la reproduction des aloses. Campagne d'Études 2024. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée. 15p

MIGRATEURS
RHÔNE-MÉDITERRANÉE

1 Contexte et objectifs

Le suivi de la reproduction de l'alose vise à caractériser l'évolution de la population et à apporter des informations sur la migration de cette espèce (front de colonisation, franchissement d'ouvrages). Ce suivi est actuellement réalisé par des équipes qui comptent manuellement (de manière auditive et visuelle) les actes de reproduction sur certaines frayères identifiées au dispositif de suivi du PLAGEPOMI 2022-2027.

Le suivi de reproduction est un suivi qui nécessite un investissement humain très important (2 personnes par site suivi et par nuit). Étant donné le nombre de frayères accessible, il est difficile d'assurer une présence sur chacune. **L'automatisation du suivi permettrait donc un gain d'information en multipliant les stations de suivis sans augmenter significativement les besoins de suivis manuels.** Pour autant, la présence humaine au bord de l'eau reste importante, les équipes possèdent une connaissance des frayères précieuse et peuvent ainsi discriminer les secteurs les plus propices à la présence des aloses de ceux qui ne le sont pas et confirmer la reproduction effective.

La détection automatique d'événements sonores a beaucoup progressé ces dernières années, et est couramment utilisée en biologie (ornithologie ; chiroptérologie). MRM travaille en lien avec l'école des Mines d'Alès dans le but de développer un outil capable de détecter de manière automatique les bulls d'aloses.

La mise en place de stations de comptage fonctionnelles permettrait d'optimiser le suivi saisonnier de l'alose en lien avec la réouverture des axes migratoires. Les objectifs finaux sont :

- Optimiser le suivi de la reproduction
- Diminuer le temps d'analyse des enregistrements au bureau

Plusieurs objectifs sont identifiés pour la campagne d'étude 2024 et seront étayés dans ce rapport :

- Obtenir des enregistrements de bulls supplémentaires en équipant plusieurs frayères d'enregistreurs passifs
- Traiter les enregistrements produits sur la Cèze lors de la campagne 2023 à l'aide de l'algorithme
- Traiter les enregistrements produits sur la Cèze et le Vidourle lors de la campagne 2024 à l'aide de l'algorithme

2 Acquisition des enregistrements et méthode de traitement des bandes sons

2.1 Développement de l'algorithme et présentation des modèles à disposition

a) Développement de l'outil de détection automatique des bulls d'aloses

Depuis quelques années, MRM cherche à développer un outil d'aide à la détection de la présence de bull dans des enregistrements audios produit au bord de frayères actives. Pour cela, l'association MRM est accompagnée par l'école des Mines qui développe un outil basé sur l'intelligence artificielle. Dans notre cas, le son du bull, est transformé sous forme de spectrogramme (représentation en image du son). Nous sommes maintenant en possession d'un important cortège de son de bulls annotés provenant de frayères du territoire couvert par le PLAGEPOMI ainsi que sur d'autre territoire (notamment sur la Charente, la Loire, la Creuse et la Dordogne). Ces données annotées sont transformées en images. Ce pool de données est séparé en deux groupes : le **cortège d'apprentissage** (introduit en tant que données d'entrées dans la structure de l'algorithme (*appelée réseau de neurones*)) et les **données tests** sur lesquelles le modèle développé teste ses performances. C'est grâce à la multitude d'images de bulls de différentes origines que le modèle apprend à reconnaître un bull par lui-même.

Pour comprendre les résultats issus des investigations de construction d'un algorithme performant, **il est nécessaire de distinguer « la précision »** et **« le rappel ». La précision permet d'identifier la proportion de vrais positifs parmi tous les bulls détectés par l'algorithme** *(est ce que le bull identifié par l'algorithme est bien un bull ?)*. **Le rappel correspond à la proportion de bulls détectée par l'algorithme parmi tous les bulls présents sur l'enregistrement** *(parmi tous les bulls présents sur la bande son, combien ont été identifiés correctement ?)*. Une dernière métrique, nommée F1 moyenne ces deux paramètres. En parallèle, une nouvelle métrique F1 pondérée a été créée (weighted_harmonic_f1_bull), elle permet d'obtenir un résultat global en favorisant le rappel (poids de 0,8) à la précision (poids de 0,2), ce qui qui favorise la détection des bulls présents sur la bande son.

Le travail mené conjointement ces dernières années par MRM et l'école des Mines d'Alès, vise à améliorer la performance de l'algorithme.

b) Différents modèles employés sur les enregistrements 2023 et 2024

Trois modèles ont été employés pour analyser les données 2023 et 2024 : les modèles vgg16_2023, CRNN et vgg16_2024. Le cortège d'apprentissage a fait l'objet en 2023 d'une réécoute complète afin de valider les données intégrées en apprentissages et de retirer les incohérences. En effet au cours de l'année 2023 nous nous sommes interrogés sur les résultats peu satisfaisant des modèles jusqu'alors produits sur les données tests.

Un travail de réécoute des données disponibles entre 2009 et 2021 a alors permis de nettoyer et mieux prendre en compte les commentaires effectués par le premier opérateur ayant dépouillé les bandes sons (bulls lointain, doute etc.…)[1].

[1] ALIX F., RIVOALLAN D., 2024. Élaboration d'un système automatique acoustique de suivi de la reproduction des aloses. Campagne d'Études 2023. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée. 12p

Ces données nettoyées ont été intégrées dans les modèles produits en 2024 (CRNN et vgg16_2024). Cela pourrait expliquer la hausse de la métrique F1 pondérée pour les modèles CRNN et vgg16_2024 sur les données tests. (*Tableau 1*).

Tableau 1 : Caractéristiques des modèles mis en œuvre pour le traitement des données 2023 et 2024

	Vgg16_2023	Intégration du cortège d' apprentissage nettoyé	CRNN	Vgg16_2024
Année de développement du modèle	2023		2024	2024
Provenance du cortège des données tests	2022		2022	2022
Rappel	52,62		59,16	58,02
Précision	32,85		48,59	40,75
F1	40,45		53,36	47,87
F1 Pondérée	46,97		56,69	53,48

2.2 Bull Predict

En 2023, l'école des Mines a développé une interface logicielle utilisable par tout opérateur nommé Bull Predict (*Figure 1*). Il est possible d'y charger le modèle souhaité. En sortie, ce sont des fichiers textes avec les marqueurs temporels des segments identifiés qui sont disponibles. Ces fichiers textes peuvent ensuite être importés sous un logiciel de traitement du son, avec la bande son associée et les segments d'intérêts peuvent être réécoutés.

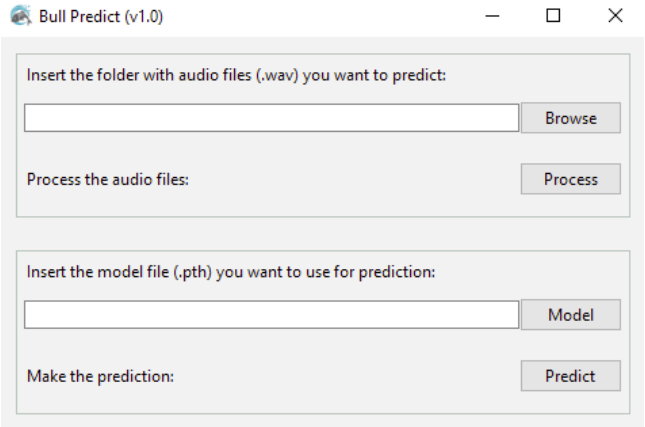

Figure 1 : Interface du logiciel "Bull-predict"

Les audios issus de la saison sur la Cèze en 2023 et en provenance de l'EPTB Charente et de LOGRAMI ont été pré-traitées dans les locaux de MRM grâce à Bull-Predict. L'analyse des bandes sons par Bull Predict est longue lorsque l'ordinateur utilisé n'est pas performant. Bull Predict tolère 10 bandes sons en simultanée et maximum 5h30 d'enregistrement par bande. Sur le PC utilisé par MRM, environ 3 heures étaient nécessaires pour le traitement de 10 bandes sons d'une heure. Devant la quantité d'enregistrement accumulée en 2024 et le retard pris dans le traitement des données, MRM a demandé à l'école des Mines de réaliser cette étape sur leurs machines. L'école des Mines à la possibilité de se passer de l'interface Bull-Predict en interrogeant directement le code source.

2.3 Enregistreurs

Depuis 2023, MRM déploie des enregistreurs passifs sur des frayères tests (mise en place sur la frayère de Chusclan sur la Cèze en 2023 & 2024, mise en place sur les frayères de Saint Laurent d'Aigouze et de Villetelle sur le Vidourle en 2024). L'enregistreur passif choisi est le Song Meter Micro, vendu par wildlife (*Figure 2*). En 2023, ces appareils ont été déployés avec des piles rechargeables. Malheureusement cela n'a pas très bien fonctionné puisque ces piles ont une faible durée de vie et ont tenu en moyenne une dizaine de nuits avant de ne plus alimenter l'enregistreur. Après échanges avec LOGRAMI et l'EPTB Charente qui utilisent le même modèle d'enregistreur, l'utilisation de piles lithium changées au moins une fois au cours de la saison a été mise en œuvre avec succès en 2024.

Figure 2 : Song Meter micro disposé sur la Cèze

Les enregistreurs passifs ont été réglés pour se déclencher entre 22h00 et 05h00 en 2023, et entre 23h00 et 4h00 chaque nuit en 2024. Ils peuvent être configurés lors de l'installation grâce à une connexion Bluetooth. La fréquence d'échantillonnage sélectionnée est de 44 100 KHz, le gain est quant à lui réglé en fonction de l'environnement de l'enregistreur sur site.

2.4 Déploiement du matériel

a) Déploiement des enregistreurs sur la Cèze en 2023

14 enregistreurs passifs ont été déployés sur la Cèze en 2023. La portée des enregistreurs étant encore mal définie, le choix a été fait d'en placer tout au long de la frayère. Un regard sera porté sur d'éventuels détections en doublon entre les enregistreurs. Un de ces enregistreurs n'a pas été retrouvé en fin de saison (vol).

Aucun enregistreur n'a fonctionné entre le 12 mai et le 1er juin. En effet, les piles rechargeables se sont déchargées plus vite que prévues et les enregistreurs se sont éteints un à un entre le 8 mai et le 12 mai. **Au total, 1 631 heures d'enregistrements ont été obtenues sur la saison**. Au vu de cet important volume horaire, nous avons fait le choix de trier ces enregistrements et de traiter les données issues de la première période d'enregistrement (du 22 avril au 11 mai 2023).

En effet, le site de Chusclan a bénéficié d'un suivi de la reproduction classique en 2023 et les observations allaient dans le sens d'une fin de saison précoce sur ce secteur[2]. En complément, la plage horaire des enregistrements a été réduite (exclusion des heures d'enregistrement entre 22h et 23h et entre 4h et 5h). **Finalement, 551 heures d'enregistrements ont donc été considérées.**

b) Déploiement des enregistreurs sur la Cèze en 2024

Jusqu'à **5 enregistreurs en simultané ont été disposés sur la Cèze** (*Figure 3*). Le nombre d'enregistreur a été diminué grâce aux retours d'expériences des autres associations migrateurs utilisant cet outil. En effet, ils nous ont fait part d'une bonne portée des enregistreurs dans les conditions environnementales peu bruyantes. De plus, au printemps 2024, la Cèze présentait de haut débits, l'accès au bord de l'eau était plus difficile. Deux visites en cours de saison ont permis de s'assurer que les enregistrements se déroulaient bien. Au cours de l'une de ces visites, les enregistreurs ont été récupérés au profit d'enregistreurs ayant des piles neuves.

915 heures d'enregistrements ont été obtenues entre le 13 mai et le 18 juin 2024. Grâce à la rotation des enregistreurs organisée en milieu de période et une vigilance accrue des niveaux de piles, un seul enregistreur s'est arrêté avant la fin de la période le 12 juin 2024. Tout comme l'année 2023, un tri a été effectué parmi ces données et les périodes correspondants aux diverses crues ayant eu lieu sur la Cèze au printemps 2024 ont été exclues (entre le 15 et le 23 mai 2024), le choix a également été fait d'exclure les enregistrements ayant eu lieu après le 15 juin 2024. **831 heures d'enregistrements ont donc été considérées.** Le suivi de la reproduction mené au printemps 2024 n'a pas permis l'observation de bulls sur le secteur. A noter que les conditions de suivis étaient plus difficiles qu'à l'accoutumée à cause d'une forte hydrologie au printemps 2024.

Figure 3: Emplacement des enregistreurs sur la Cèze en 2024

[2] ALIX F., RIVOALLAN D., 2024. Suivi quantitatif des frayères d'aloses sur le bassin rhodanien. Campagne d'Études 2023. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée. 16p

c) Déploiement des enregistreurs sur le Vidourle en 2024

Sur le Vidourle, 3 enregistreurs en simultané ont été posés sur la frayère de Saint Laurent d'Aigouze et deux sur la frayère de Villetelle (*Figure 4*).

Figure 4 : Emplacement des enregistreurs sur le Vidourle à Saint Laurent d'Aigouze (gauche) et Villetelle (droite)

Certains enregistreurs étaient accrochés sur un point assez bas et ont été immergés lors de pic de crue. Les boîtiers étanches des enregistreurs se sont révélés efficaces car ils fonctionnent encore. Les enregistreurs ont été disposés entre le 30 avril 2024 et le 18 juin 2024. Comme sur la Cèze, les efforts sur le suivi des enregistreurs au cours de la saison ont porté leurs fruits car un seul enregistreur s'est éteint avant la fin de la période, le 16 juin 2024. Comme sur la Cèze, certaines périodes ont été exclues du traitement des données en raison de la forte hydrologie rencontrée sur le Vidourle lors du printemps 2024. Les périodes exclues sont les suivantes : du 30 avril au 10 mai, du 15 au 23 mai et au-delà du 15 juin. **Ce sont donc 470 heures à Saint Laurent d'Aigouze et 300 heures d'enregistrements à Villetelle qui ont été considérées.**

d) Bandes sons issues d'autres structures

En parallèle, un lien a été fait avec deux autres structures déployant des Song Meter Micro pour les enregistrements du suivi de la reproduction d'aloses. Des enregistrements confiés par l'EPTB Charente (14h provenant de diverses nuits au cours de la saison) et par LOGRAMI (5 bandes sons d'environ 7 heures chacune). Ces bandes sons avaient fait l'objet d'écoute par le personnel de ces structures en amont qui nous ont fournis les marqueurs associés.

3 Résultats

3.1 Résultats obtenus grâce au modèle CRNN

Les enregistrements issus de la saison 2023 sur la Cèze ont été traitées à l'aide du modèle CRNN, modèle donnant les meilleurs résultats sur les données tests. Les enregistrements de l'EPTB Charente ont également été traitée par ce modèle.

a) Résultats sur la Cèze (saison 2023)

Le traitement algorithmique a permis d'éditer 551 fichiers textes contenant un ou des marqueurs entourant un potentiel bull. Au total, 556 segments repartis dans 206 fichiers ont été identifiés par le modèle CRNN. 81 étaient réellement des bulls soit une **précision de 16,37%. Ce chiffre est peu élevé et peu satisfaisant**.

Deux bulls sont en doublons, portant le **nombre de bulls détectés à 79**. Trouver aussi peu de doublons s'est révélé étonnant. L'exercice d'écouter des bandes sons en associant les marqueurs détectés par l'enregistreur voisin a donc été effectué sur quelques bandes sons issues des enregistreurs 1,2,3 et 4 (*Figure 5*). Il se trouve que des bulls présents sur la bande son ne sont pas répertoriés par l'algorithme, bien qu'il soit entendu par l'enregistreur voisin : c'est le cas sur les exemples trouvés sur les enregistreurs 1, 2 et 3. **Cette observation met en doute les capacités du modèle CRNN et laisse sous-entendre que le rappel est mauvais dans le cas décrit.** En revanche, les bulls n'ont pas été retrouvés sur les enregistrements issus de l'enregistreur 4. L'enregistreur 4 est situé après un changement de configuration de la Cèze. A l'avenir, les enregistreurs pourront donc être espacés en prenant garde à la configuration du cours d'eau.

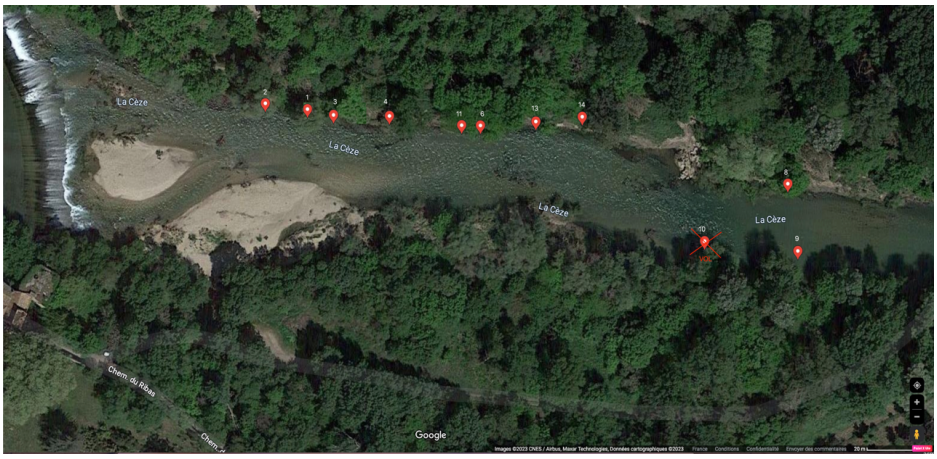

Figure 5 : Disposition des enregistreurs passifs sur la Cèze

Entre le 29 avril (date de la première activité de reproduction observée par l'équipe de suivi) et le 8 mai 2023 (date à laquelle le dernier bull a été détecté par le modèle) 21 bulls certains ont été observés par l'équipe de suivi lors de 5 nuits. Le modèle CRNN a quant à lui permis de détecter 79 bulls entre le 20 avril et le 08 mai, dont 60 entre le 29 avril et le 8 mai (10 nuits d'enregistrements). **Les informations acquises grâce au modèle CRNN vont déjà au-delà des informations recueillies par le suivi de la reproduction**, et ce malgré le fait que le modèle ne semble pas détecter tous les bulls présents sur les bandes sons.

b) Résultats sur la Charente

14 fichiers ont été confiés par l'EPTB Charente provenant d'enregistrements produits au cours de la saison 2024 sur la frayère de Taillebourg. Parmi les 14 heures d'enregistrements, l'équipe de l'EPTB a dépouillé 6h30 d'audios où 269 bulls ont été marqués. Sur ces mêmes créneaux, 109 marqueurs ont été identifiés par le modèle CRNN, 57 de ces marqueurs contenaient des bulls. Ces résultats nous permettent de calculer le rappel, la précision, F1 et F1 pondérée (*Tableau 2*).

Bien que le modèle ait permis de détecter quelques bulls, ces valeurs ne sont pas satisfaisantes, en effet le rappel décrit le fait que le modèle a été en capacité de détecter que 21,19% des bulls présents sur les parties dépouillées par l'EPTB, notre objectif étant que l'outil développé détecte le plus possible de bulls présents sur un audio.

Tableau 2 : Valeurs obtenues grâce au modèle CRNN sur les audios provenant de la Charente dépouillé dans leur entièreté

Métrique	Valeur
Nombre de bull présents sur les parties dépouillées	269
Nombre de segment identifiés par le modèle	109
Nombre de segment contenant au moins un bull	57
Rappel	**21,19**
Précision	**52,3**
F1	**36,75**
F1 pondérée	**27,20**

Sur l'ensemble des 14 heures d'enregistrements audio, ceux sont au total 213 segments qui ont été identifiés par le modèle CRNN, 102 contenaient véritablement un bull, **soit une précision de 47,89 %**.

3.2 Résultats obtenus grâce au modèle vgg16-2023

Sur les données 2024, pré-traitées par l'école des Mines, les trois modèles ont pu être utilisés. Sous leurs conseils, la réécoute des segments issus du modèle vgg16-2023 ont été privilégiées pour la saison 2024 (production de segments moindre par rapport aux autres modèles, quelques segments ont été réécoutés en sortie du modèle vgg16-2023 où des bulls semblaient présents).

De plus, les données traitées au travers du modèle CRNN décrite ci-dessus n'était pas à la hauteur des ambitions (mauvais rappel). En complément du fichier texte par bande son, l'école des Mines nous a fourni l'ensemble des segments sous formats audios, ce qui a permis de faciliter la logistique de réécoute des segments (les fichiers ont pu être manipulés sans l'utilisation d'Audacity).

a) Résultats obtenus sur la Cèze (saison 2024)

Le suivi de la reproduction effectué sur la Cèze n'a pas permis l'observation de bull. La Cèze a présenté une forte hydrologie tout au long de la saison de suivi qui rend les conditions de suivis plus complexes. Les retours de pêches et d'observations nous confirment néanmoins la présence des géniteurs sur site.

Au total, 831 heures sont passés au travers du modèle vgg16-2023. Ce modèle a sélectionné 30 segments représentant 11 minutes d'audios. Parmi ces 30 segments, **9 contiennent un bull**, soit une précision de 30%. Cette valeur de précision est faible, les autres bruits détectés étant souvent de la pluie. Aucun doublon entre les segments n'a été identifié. **Il faut noter que la présence des enregistreurs ici permet de démontrer la présence de l'activité de reproduction des aloses sur la frayère malgré des conditions hydrologiques plus importantes.**

Les données obtenues sur ces enregistrements sont très positives. D'une part, car le traitement par le modèle a permis de très fortement diminuer le travail de réécoute (de 831 heures à 11 minutes). D'autre part, l'activité de reproduction sur la frayère a été prouvée grâce aux enregistreurs, alors que les équipes de suivi n'ont pas observé de bull.

A ce jour, aucune bande son n'a été réécoutée en entier, nous ne connaissons donc pas le rappel.

b) Résultats obtenus sur le Vidourle (saison 2024)

Sur le Vidourle, le suivi de la reproduction menée par la FDAAPPMA30 a permis de comptabiliser 9 bulls à Saint Laurent d'Aigouze en 4 nuits et 11 bulls à Villetelle en 17 nuits.

Les enregistreurs installés en paralelle, ont permis de récolter plusieurs centaines d'heures d'enregistrements sur ce fleuve côtier dont 470 sur le site de Saint Laurent d'Aigouze et 300 sur le site de Villetelle. Tout comme sur les enregistrements de la Cèze, **l'utilisation du modèle vgg16-2023 a permis de diminuer drastiquement la quantité d'enregistrements à écouter** (13 minutes à Saint Laurent d'Aigouze et 106 à Villetelle). 33 segments dont **24 vrais positifs** ont été repérés sur les enregistreurs de Saint Laurent d'Aigouze et 257 segments dont **120 vrais positifs à Villetelle**.

Ainsi, malgré une forte présence humaine au bord de l'eau, notamment à Villetelle, le nombre de bulls détectés grâce aux enregistreurs est bien supérieur à ceux comptabilisés par les équipes.

On notera par ailleurs, que le secteur de Villetelle a produit beaucoup de faux-positifs lors de deux nuits particulièrement pluvieuses qui ont provoqué un sur déclanchement du modèle. En retirant ces nuits, **la précision atteint 87%**. Aucun enregistrement n'a été écouté en entier, ce qui ne permet pas de calculer le rappel.

Tableau 3 : Résultats obtenus sur le Vidourle grâce au modèle vgg16-2023

	Saint Laurent d'Aigouze	Villetelle
Nombre de segments	33	257
Durée (minutes)	13	106
Vrai bull	24	120
Précision	**72,73**	**46,70**

Ces résultats sont très encourageants et viennent compléter les observations du suivi de la reproduction. Quelques faits sont intéressants : par exemple, des bulls ont été observés lors des nuits de suivis du 15 et 19 avril à Saint Laurent d'Aigouze sans qu'un bull n'ai été détecté par le modèle. Que ce soit au travers du suivi de la reproduction ou de la détection des bulls au travers du modèle vgg16-2023, il semblerait que l'on ne soit pas exhaustifs.

L'analyse de la répartition horaire des 146 bulls enregistrés sur le Vidourle, permet de constater une répartition homogène du nombre de bull entre minuit et 04h avec toutefois un nombre un plus important d'acte en fin de nuit (*Figure 6*). Cela vient en complément du suivi de la reproduction où la plupart des nuits sur le terrain se sont achevées avant 2h00 du matin (départ des équipes plus tôt en cas de faible activité de reproduction observée).

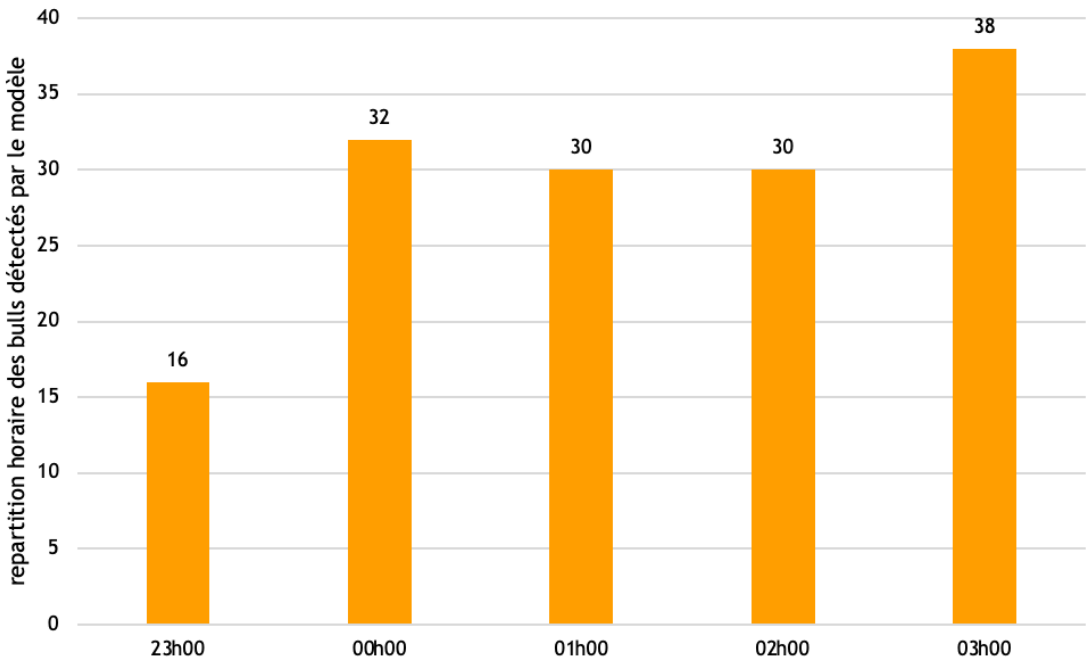

Figure 6 : Répartition des bulls selon l'heure du début d'enregistrement

c) Résultats obtenus sur la Charente

Les données de la Charente décrites au paragraphe 3.1.b ont également été traitées au travers du modèle vgg16-2023. 232 segments ont été identifiés par l'algorithme, dont 228 ce sont révélés être des bulls (*Tableau 4*), la précision est ici excellente car elle dépasse 98%, le rappel s'élève lui à 84,76 % ce qui peut être considéré comme satisfaisant.

Tableau 4 : Valeurs obtenues grâce au modèle vgg16-2023 sur les audios provenant de la Charente dépouillé dans leur entièreté

Métrique	Valeur
Nombre de bull présents sur les parties dépouillées	269
Nombre de segment identifiés par le modèle	232
Nombre de segment contenant au moins un bull	228
Rappel	**84,76**
Précision	**98,28**
F1	**91,51**
F1 pondérée	**87,46**

Il faut noter que le site de Taillebourg souffre de moins de bruit parasite que ce que l'on peut rencontrer sur la Cèze ou le Vidourle ce qui peut faciliter le niveau de la précision. Dans le cadre de la poursuite de l'utilisation de l'outil de détection automatique des bulls, **ces résultats sont excellents et encourageants.** Sur l'entièreté des bandes sons, 483 segments ont été identifiés, pour 416 vrais positifs, la précision s'élève à 86% ce qui est un bon score. Les résultats sont bien meilleurs que ceux obtenus à travers du modèle CRNN.

d) Résultats obtenus sur la Loire

L'association LOGRAMI a confié 4 bandes sons issus de la saison de reproduction des aloses en 2024 et ayant été enregistrées sur 3 frayères différentes (Avril-sur-Loire sur la Loire, Leugny et Les Plauderies sur la Creuse). Les bandes sons ont été dépouillées par leur soin et fournies avec un fichier de marqueurs associés. Ces quatre enregistrements ont été passés au travers du modèle vgg16-2023.

377 bulls ont été notifiés par LOGRAMI, et 367 ont été détecté par l'algorithme. Le rappel est de **97,35 %**, ce qui est excellent.

Sur ces bandes sons, 658 segments ont été détectés par le modèle vgg16-2023, 256 segments contenaient au moins un bull (481 bulls ont été retrouvés). **La précision est de 39%.** Les segments identifiés par le modèle étaient parfois très longs (entre 10 et 15 minutes) et contenaient plusieurs bulls (jusqu'à 35 bulls sur un segment d'un quart d'heure).

3.3 Résultats obtenus grâce au modèle vgg16-2024

Bien que conscient que l'utilisation de ce modèle ait généré beaucoup de segments, nous avons souhaités traiter les données sur un secteur afin de se faire une idée du fonctionnement de ce modèle. De plus, tout comme le modèle CRNN, il intègre les données d'apprentissage nettoyées. Les 831 heures d'enregistrements triées provenant des enregistrements sur la Cèze en 2024 (§ 3.2.a) sont passées au travers du modèle vgg16-2024.

368 segments ont été sélectionnés par le modèle vgg16-2024. L'opérateur en charge de la réécoute des segments n'a pas réécouté l'entièreté des segments. En effet, certaines nuits ont produit beaucoup de segments, une première analyse a été effectuée pour réécouter une partie de ces segments et après avoir constaté de nombreux bruits divers, nous avons fait le choix de ne pas considérer les segments issus de ces nuits.

Au total, 170 segments ont été réécouté, 5 bulls ont été détectés convenablement, soit une précision s'élevant à **2,94%** ce qui n'est pas satisfaisant. Ces résultats sont bien moindres par rapport à ceux obtenus grâce au modèle vgg16-2023 sur ces mêmes bandes audios.

3.4 Bilan de la fonctionnalité des modèles

a) Mis en vis à vis des trois modèles

En 2024, trois modèles ont été mis en œuvre sur les enregistrements disponibles et certains cortèges d'audios ont fait l'objet de traitement par deux modèles différents (*Tableau 5*). Finalement, plus de 3 000 heures d'enregistrements ont été traitées. Idéalement, il serait pertinent de traiter l'ensemble des enregistrements par les trois modèles pour pouvoir mieux comparer les résultats.

Tableau 5 : Récapitulatif du nombre d'heures d'enregistrements passés au travers des différents modèles

	Vgg16-2023	Vgg16-2024	CRNN
Cèze 2023			551
Cèze 2024	831	831	
Vidourle 2024	770		
EPTB Charente	14		14
LOGRAMI	30		

TOTAL = 3 041 heures

Cependant, au travers des analyses effectuées, un des modèles, **le modèle vgg16-2023 ressort**. En effet, il semble produire moins de faux positifs et avoir une meilleure précision. Les modèles CRNN et vgg16-2024 qui ont normalement intégrés le cortège d'apprentissage nettoyé présentent de moins bons résultats à l'usage (plus de faux positifs, rappel moins bon) (*Tableau 6*). Il est alors possible que les données tests utilisées soient peu diversifiées. Dès lors les résultats issus des tests (*tableau 1*) ne sont peut-être pas représentatifs, comme on peut le supposer à l'issue de l'utilisation des trois modèles cette année.

Tableau 6 : Récapitulatif par modèle des segments identifiés, des vrais positifs et de leur précision

	Vgg16_2023	Vgg16_2024	CRNN
Nombre de segments	1401	170	769
Vrais positifs	824	5	183
Précision	58,82	2,94	23,8

Le rappel a uniquement pu être calculé à partir des données de l'EPTB Charente et LOGRAMI. Il était dans les deux cas très bon lors de l'utilisation du modèle vgg16-2023 (près de 85% sur la Charente et près de 98% sur les audios de chez LOGRAMI.

b) Retours d'expérience sur le temps nécessaire à ces analyses

Au total, 16 jours homme (112 heures) ont été nécessaires pour l'écoute des segments tout modèle confondu. A cela s'ajoute le temps de gestion des audios, environ 1 journée, de pré-traitement des bandes sons par Bull-Predict (fait en parallèle d'autres activités mais qui nécessite un temps de suivi par un opérateur), environ 2 jours, ainsi que du temps pour le traitement des résultats (environ 2 jours). **Finalement en 2024, 140 heures de travail auront été nécessaires pour réaliser le traitement de données, soit 20 jours/homme.**

Le temps de traitement qui a été nécessaire pour l'exploitation des résultats issus des trois modèles représente 4,6% du temps total d'enregistrement (3 041 heures), soit une réduction drastique grâce à l'utilisation de l'intelligence artificielle.

En comparaison, d'après les préconisations du PLAGEPOMI 2022-2027 (16 nuits de suivi avec 4 h de présence en moyenne à 2 agents), **le suivi quantitatif d'une seule frayère représente 128 heures soit environ 18 jours/homme.** Les heures passées au bord de l'eau décrites ci-dessus n'incluent pas le temps de trajets des équipes. A cela s'ajoute le fait que le suivi de la reproduction des aloses est nocturne alors que le suivi des enregistreurs et le traitement des bandes audios est réalisé en journée.

Ainsi, l'utilisation d'enregistreurs acoustiques permet d'obtenir des informations intéressantes sur la reproduction des aloses avec des moyens associés relativement limités. Rappelons également qu'en 2024, les enregistreurs ont permis de recueillir plus d'information en moins de temps qu'un suivi de la reproduction en présentiel (détection de bulls sur la Cèze, plus de bulls détectés sur le Vidourle).

4 Perspectives d'utilisation et travaux complémentaires

4.1 Campagne et partenariat 2025

Les frayères de Chusclan sur la Cèze et deux frayères sur le Vidourle pourraient être équipés d'enregistreurs autonomes, l'objectif sera de consolidée le retour d'expérience positif obtenu sur les données 2024.

Des tests de portée en milieu naturel mériteraient d'être mis en place. A noter que cette dernière dépend du bruit ambiant du site et des conditions météos (pluie / vent). Il serait alors pertinent de mettre en place des doublons entre un opérateur et un enregistreur sur des plages de suivis afin de comparer le nombre de bulls comptabilisés par l'opérateur et le nombre de bulls enregistrés, puis détectés.

En 2025, le travail d'amélioration de l'algorithme de détection automatique de bulls d'aloses concernera l'implémentation des segments traités en 2024 en apprentissage. Des demandes seront adressées à l'école des Mines pour permettre à Bull Predict de traiter les bandes sons de plus de 5h30 ; de travailler sur la réduction de type de faux positifs qui reviennent régulièrement (cas des nuits pluvieuses) et de contraindre les modèles à ne pas produire des segments trop long.

Les échanges avec LOGRAMI et l'EPTB Charente pourront de nouveau être mis en œuvre selon la volonté de ces organismes.

4.2 Perspectives à moyen terme

L'objectif à terme est d'équiper plusieurs frayères à l'aide de dispositifs d'enregistrements passifs qui permettront de suivre des frayères non suivies de manière régulière par des opérateurs et de valider leur utilisation par les aloses. A plus long terme et selon les améliorations que les enregistreurs et modèles pourraient avoir ; un indicateur quantitatif du nombre de bull entendu sur la frayère pourrait être envisagé.

Les bandes sons issues des enregistrements seront traitées au travers de l'algorithme et les segments identifiés seront réécoutés. Cela ne permettra pas d'obtenir un nombre de bulls précis sur une frayère mais pourrait prouver l'utilisation plus ou moins importante de cette dernière par les aloses tout au long de la saison. En complément, d'autres types de suivis pourrait être mis en place à proximité pour montrer la présence de l'espèce sur le secteur. En ce sens, le retour de capture d'un pêcheur, ou encore la mise en place d'un prélèvement ADNe sont envisageables.

De plus, la présence d'opérateurs sur les frayères restera indispensable pour placer les enregistreurs correctement (identification du secteur le plus propice à la reproduction, identification du bruit ambiant à considérer, etc…).

Conclusion

Les objectifs en 2024 ont été de travailler sur le déploiement des enregistreurs passifs en résolvants les soucis techniques décrits en 2023 (batterie, mémoire...), et en parallèle de travailler à l'amélioration de l'outil de détection des bulls d'aloses.

L'ensemble des enregistrements issus de l'année 2023 sur la Cèze et en 2024 sur la Cèze et le Vidourle ont été traités au travers de 3 différents modèles de détection automatique de bulls d'aloses. En complément, quelques bandes sons issues de la saison 2024 ont été confiées par l'EPTB Charente et LOGRAMI afin de tester également au travers de ces modèles, des bandes sons contenants de nombreux bulls. Après un tri des enregistrements pour retirer les périodes de fortes hydrologies, ou les périodes dont les aloses étaient supposées absentes, **ce sont 2 196 heures d'enregistrements qui ont été traitées, parfois au travers de plusieurs modèles** (ce qui conduit le nombre d'heure traitées à 3041).

Un des modèles utilisés se dégage au travers de ces résultats en présentant un bon rappel sur les bandes sons qui avaient été dépouillées dans leur entièreté (entre 85% et 100% des bulls présents sur la bande son ont été identifiés par l'algorithme) et une meilleure précision que ses concurrents. La précision (c'est à dire parmi tous les segments identifiés, combien contiennent bien un bull) reste dépendante du bruit ambiant (pluie, vent, amphibien, voiture...).

En parallèle de ces bons résultats, l'outil a permis d'acquérir des informations supplémentaires sur le suivi de la reproduction des aloses, **avec 9 bulls détectés à Chusclan alors que le suivi de la reproduction mis en place n'avait pas permis l'observation de bulls d'aloses. 24 bulls à Saint Laurent d'Aigouze et 120 à Villetelle ont également pu être détectés grâce au modèle employé**, soit des valeurs plus hautes que ce qu'a permis de comptabiliser le suivi de la reproduction des aloses.

L'automatisation du suivi de la reproduction des aloses ne peut pour le moment pas se substituer à un suivi de terrain quantitatif, il subsiste en effet encore plusieurs inconnues, notamment la proportion de bull enregistrée par rapport à celle présente sur la frayère. De plus, une présence humaine au bord de l'eau reste indispensable pour observer le milieu. **L'utilisation de l'outil de détection automatique des bulls d'alose pourrait en revanche permettre de : 1) mieux connaître la répartition des aloses sur l'ensemble du territoire d'action, 2) identifier les frayères actives et 3) évaluer l'importance de l'utilisation des frayères équipées**. Les données qui pourraient être obtenues sur des secteurs non suivis devront être validées par l'observation de la présence de l'Alose feinte de Méditerranée au travers d'un autre suivi (observation / capture par pêche à la ligne / prélèvement ADNe ...). A noter que bien que l'utilisation de l'outil soit moins chronophage et contraignant qu'un suivi de la reproduction manuel, les enregistrements audios nécessitent un temps de traitement qu'il ne faut pas négliger.

Remerciements

L'Association Migrateurs Rhône-Méditerranée (MRM) tient à remercier vivement tous ceux qui, par leur collaboration technique ou financière, ont contribué à la réalisation de cette étude.

PARTENAIRES FINANCIERS

- Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse
- Région : Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur, Auvergne Rhône-Alpes et Occitanie / Pyrénées-Méditerranée
- Département des Bouches du Rhône et du Gard
- Fédération Nationale pour la Pêche en France
- Compagnie Nationale du Rhône dans le cadre de ses Plans 5Rhône
- SNCF Réseau

MEMBRES MRM

- Fédérations Départementales des Associations Agréées de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique (FDAAPPMA) de l'Ain, des Alpes de Haute Provence, des Hautes-Alpes, des Alpes-Maritimes, de l'Ardèche, de l'Aude, des Bouches-du-Rhône, de la Corse, de la Drôme, du Gard, de l'Hérault, de l'Isère, du Jura, de la Loire, des Pyrénées-Orientales, du Rhône, de la Savoie, de Haute-Savoie, de Haute-Saône, de la Saône et Loire, du Var et du Vaucluse
- Association Régionale des Fédérations de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique PACA (ARFPPMA PACA)
- Association Régionale des Fédérations de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique Auvergne-Rhône-Alpes (ARPARA)

PARTENAIRES TECHNIQUES

- Fédération Départementale de pêche du Gard
- Associations EPTB Charente ; MIGADO et LOGRAMI

PRESTATAIRES

- IMT Mines Alès

Financeurs

L'Association Migrateurs Rhône-Méditerranée ne pourrait agir sans l'engagement durable de ses partenaires financiers

Membres de l'Association Migrateurs Rhône-Méditerranée

Fédérations Départementales des Associations Agréées de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique :

- Ain
- Alpes de Haute-Provence
- Hautes-Alpes
- Alpes-Maritimes
- Ardèche
- Aude
- Bouches-du-Rhône
- Corse
- Drôme
- Gard
- Hérault
- Isère
- Loire
- Pyrénées-Orientales
- Rhône
- Haute-Saône
- Saône et Loire
- Savoie
- Haute-Savoie
- Var
- Vaucluse

Association Régionale des Fédérations de Pêche de PACA (ARFPPMA PACA)

Association Régionale des Fédérations de Pêche Auvergne Rhône-Alpes (ARPARA).

ASSOCIATION MIGRATEURS RHÔNE-MÉDITERRANÉE

ZI Nord, rue André Chamson, 13200 Arles
contact@migrateursrhonemediterranee.org
Tél. : 04 90 93 39 32
www.migrateursrhonemediterranée.org

MIGRATEURS RHÔNE-MÉDITERRANÉE