

# - RAPPORT D'ETUDE -

Mono, 44100Hz

32 bits flottant

Muet

Solo

-

+

G

D

6k

5k

4k

3k

2k

0k

2017\_05\_2

2021 N° 4/16

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

ALIX F., RIVOALLAN D., • Mars 2022



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

#### Référence à citer

ALIX F., RIVOALLAN D., 2022. Élaboration d'un système automatique acoustique de suivi de la reproduction des aloses. Campagne d'Études 2021. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée. 13p

# 1 Contexte et objectifs

Le suivi de la reproduction de l'aloise 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 2016-2021.

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 accessibles, 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 primordiale, les équipes possèdent une connaissance des frayères précieuse et peuvent ainsi discriminer les secteurs les plus propices à la présence des aloses et confirmer la reproduction effective.

La détection automatique d'événements sonores a beaucoup progressé ces dernières années, notamment grâce aux méthodes d'apprentissage profond ou « Deep-Learning ». Ce type de méthodes a fait ses preuves dans divers domaines, dont la détection et la reconnaissance de chants d'oiseaux. Face à ces avancées scientifiques récentes, un partenariat a été mis en place avec Patrice Guyot, chercheur en informatique à l'IMT Mines Alès.

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

- Optimisation du suivi de la reproduction en démultipliant les sites de comptage sur une même nuit
- Diminution du temps d'analyse des enregistrements au bureau

Trois objectifs se sont dessinés pour la campagne d'étude 2021 :

- Améliorer les algorithmes de détections des bulls d'aloses construit en 2020
- Obtenir des enregistrements de bulls supplémentaires en mettant des enregistreurs à disposition des équipes de suivis de la reproduction
- Tester ces algorithmes sur les enregistrements issus de la campagne 2021

## 2 Rappel des investigations précédentes

MRM travaille en lien avec le monde de la recherche en informatique depuis 2019 avec l'objectif de développer un algorithme sur base de l'apprentissage profond<sup>1</sup>. L'apprentissage profond ou Deep Learning est une branche de l'intelligence artificielle. Dans notre cas, le son du bull, que l'on cherche à faire reconnaître est transformé sous forme de spectrogramme (représentation **en image** du son, le temps étant en abscisse et la fréquence en ordonnée). Les images de bulls sont ensuite introduites en tant que données d'entrées dans un réseau de neurones (structure de l'algorithme), qui grâce à la multitude d'images de bulls de différentes origines apprend à reconnaître un bull par lui-même. Il est ressorti des résultats des campagnes précédentes qu'il est **indispensable d'augmenter le nombre de données d'entrées**.

Les premiers réseaux de neurones construits permettent de détecter la majorité des bulls réellement présents sur les bandes sons bien que beaucoup d'autres bruits divers soient classés comme « bulls » par le modèle. C'est la précision du modèle qui est à affiner.

Il est nécessaire de distinguer « la précision » et « le rappel » (Tableau 1). 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 détectés 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 ?). La valeur de précision et du rappel peuvent ensuite être moyennée dans une dernière métrique nommée F1.

Tableau 1 : Matrice de confusion ; calcul de la précision et du rappel

		Détection automatique	
		Bull	Non bull
Vérité terrain	Bull	Vrai positif	Faux négatif
	Non bull	Faux positif	Vrai négatif

$$\text{Précision} = \frac{\text{Vrais positifs}}{\text{Vrais positifs} + \text{Faux positifs}} \quad \text{Rappel} = \frac{\text{Vrais positifs}}{\text{Vrais positifs} + \text{Faux négatifs}}$$

$$F1 = \frac{\text{Précision} + \text{Rappel}}{2}$$

## 3 Résultats campagne 2021

### 3.1 Travail sur les algorithmes

Pour ce projet, l'année 2021 a débuté avec le travail d'un groupe d'étudiant dans le cadre de leur projet tuteuré de dernière année d'école d'ingénieur (IMT Mines Alès). Ils avaient comme objectifs d'améliorer les algorithmes afin d'augmenter la précision des modèles et de travailler sur la découpe de la bande son.

<sup>1</sup> ALIX F., CAMPTON P., 2021. Élaboration d'un système automatique acoustique de suivi de la reproduction des aloses. Campagne d'Études 2020. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée. 21p + Annexes



A partir du travail de pré-traitement des données effectués les années précédentes ; trois modèles disponibles en open source ont été travaillé et incrémenté avec les données audios de bulls. Deux d'entre eux présentent des résultats plutôt intéressants : le modèle AlexNet qui est un modèle de réseau de neurones convolutifs. Il a permis, sur les données de tests (*i. e.* données qui n'ont pas servi à l'apprentissage de l'algorithme), d'obtenir une métrique F1 de 61,4% sur les extraits contenant des bulls. Le rappel sur les bulls s'élevait à 81,4% et la précision à 41,4%. Ces résultats montrent qu'un son de bull est bien détecté par l'algorithme, mais qu'il a tendance à considérer des sons divers comme un bull. Le modèle VGG-16 a permis d'obtenir un rappel de 92,2% et une précision plus faible de 21,3% ( $F1 = 56,8\%$ ).

L'algorithme travaille en analysant des spectrogrammes d'une longueur de 15 secondes. Il travaille donc en glissant sur la bande son par fraction de 15 secondes ; puis 15 secondes etc. Le risque de couper un bull en deux et qu'il ne soit donc pas reconnu était important (si on coupe une image contenant la représentation d'un bull en deux morceaux ; l'algorithme qui a appris à reconnaître un bull dans son entièreté n'a pas la capacité de reconnaître une moitié de bull).

Ainsi, ce groupe d'étudiant a mis en place une triple découpe de la bande son afin de limiter les risques de coupe d'un bull (*Figure 1*). L'algorithme analyse ensuite chacune des images issues de cette découpe : les résultats de cette analyse fonctionnent sous forme de présence / absence de bull. Enfin, une dernière étape permet de réunir les segments positifs qui se superposent en une seule itération.

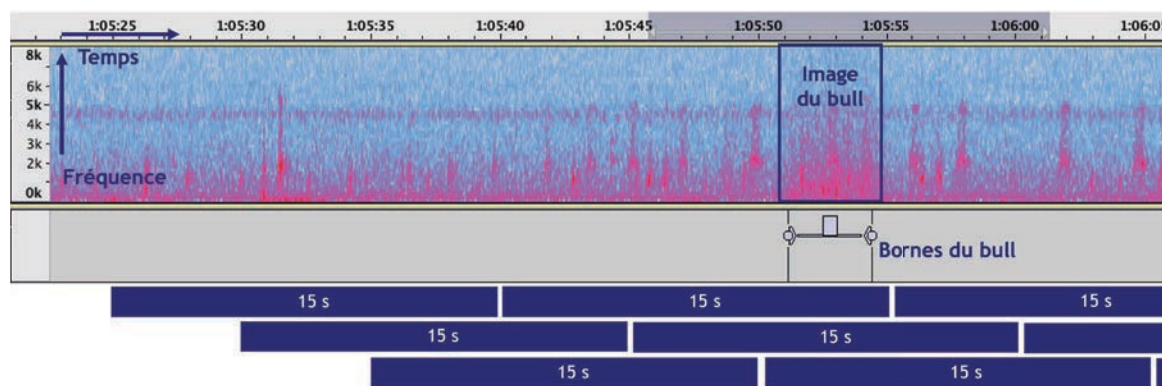


Figure 1 : Représentation de la découpe réalisée par l'algorithme

Ce travail a été valorisé au travers d'une publication scientifique<sup>2</sup> et de la participation à la conférence AudioMostly 2021. Une vidéo présentée lors de cette conférence est disponible sur youtube : <https://www.youtube.com/watch?v=nzg2qeVf9-s>.

Le code du modèle VGG16 été repris par M. Guyot avant son utilisation sur les bandes sons issues de la campagne 2021. C'est ce modèle qui a été repris car le choix a été fait de privilégier le rappel à la précision : l'objectif étant de détecter le plus de bulls possibles.

## 3.2 Enregistrements

### a) Récolte des données auprès des équipes de terrains

Deux types d'enregistreurs ont été utilisés cette année : des dictaphones ; ainsi que des enregistreurs Tascam DR-40X (*Tableau 2*).

<sup>2</sup> GUYOT P., ALIX F., GUERIN T., LAMBEAUX E., ROTUREAU A., 2021, Fish migration monitoring from audio detection with CNNs. Audiomostly 2021 - a conference on interaction with sound, Sep 2021, Trento (virtual), Italy. hal-03330991

Tableau 2 : Équipes disposant d'un enregistreur et secteurs de suivis

	Secteurs	Enregistreurs
FDAAPPMA11	Aude	Dictaphone
FDAAPPMA30	Gardon - Vidourle	Dictaphone
GECO Ingénierie	Cèze	Tascam et dictaphone
MRM	Vidourle - Aude	Tascam

Ainsi, sur les 60 nuits de suivis sur ces différents secteurs, l'enregistreur a été mis en place 31 nuits ; dont 21 nuits actives. Au total ; sur les 601 bulls observés en 2021<sup>3</sup> ; ce sont 359 bulls qui ont potentiellement été enregistrés (Tableau 3).

90h d'enregistrements ont été récupérés, dont 90% sont exploitables. La récolte de données cette année est bonne. Le nombre d'heures d'enregistrements obtenus est plus faible que les années précédentes car les sites où la reproduction est la plus courante sont privilégiés (les équipes de l'Ardèche et du Vieux Rhône de Donzère n'ont pas été équipées).

Sur 17 nuits de suivis sur l'Aude, l'enregistreur a été posé 8 nuits : cela s'explique par le fait que tous les partenaires réalisant le suivi de la reproduction des aloses feintes de Méditerranée n'étaient pas équipés d'un enregistreur.

Le manque à gagné est à souligner sur la Cèze : l'équipe disposait de deux enregistreurs dans le but de démultiplier les sites de poses et d'obtenir un maximum d'enregistrements de bulls ; la Cèze étant un site actif. Un second objectif visait à enrichir les conclusions sur la pertinence de l'achat de matériel d'enregistrement plus performant. Seul l'enregistreur Tascam a été posé et ce uniquement 7 nuits sur les 20 de suivis, malgré une présentation des enjeux liés à cette étude à l'équipe en début de saison. L'enregistreur a toutefois été posé pendant des nuits actives.

Tableau 3 : Nombre de nuits de suivis sur chaque secteur ; ainsi que le nombre de nuits de pose de l'enregistreur et de fraie observés

	Nb nuits de suivi	Nb nuits de mise en place de l'enregistreur	Nb nuits de fraie observés	Nb nuits de fraie observés et où l'enregistreur était mis en place	Nb bulls potentiellement enregistrés
Aude	17	8	13	8	254
Vidourle	15	10	5	2	23
Gardon	8	6	5	4	30
Cèze	20	7	10	7	41
<b>TOTAL</b>	<b>60</b>	<b>31</b>	<b>33</b>	<b>21</b>	<b>359</b>

<sup>3</sup> ALIX F., RIVOALLAN D., 2022. Suivi quantitatif des frayères d'aloses sur le bassin rhodanien. Campagne d'Études 2021. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée. 15p

## b) Choix du matériel

Bien que l'enregistreur Tascam nécessite plus de réglages par rapport aux dictaphones, les enregistrements qui en sont issus sont de meilleure qualité et en stéréo<sup>4</sup> : il est donc plus facile de travailler le son si le réglage du gain est mauvais (les enregistrements effectués à l'aide de dictaphone ont tendance à saturer). Le réglage du gain<sup>5</sup> est une étape clé pour obtenir un enregistrement d'excellente qualité (Tableau 4). Du temps devra être consacré en début de saison pour expliquer aux différentes équipes l'utilité de cette étude et le réglage des appareils. Un casque sera confié à chaque équipe qui disposera d'un enregistreur Tascam. L'objectif est de se rendre compte du volume<sup>6</sup> de l'enregistrement : le but d'utiliser un casque est de s'isoler du bruit ambiant et d'écouter ce que l'enregistreur enregistre.

Que ce soit les Tascams ou dictaphones, les micros ont cette année été équipés de bonnettes pour diminuer l'impact du vent sur les enregistrements.

Tableau 4 : Avantages et inconvénients de l'utilisation du dictaphone ou du tascam

	Dictaphone	Tascam
Avantages	Simple d'utilisation Peu cher	Enregistrement en stéréo Acquisition de meilleure qualité
Inconvénients	Enregistrement en mono Réglage du gain automatique (les écoutes montrent une tendance à la saturation importante) Risque de mauvais branchements Nécessite de recharger la batterie très régulièrement (après chaque nuit)	Nécessite le réglage du gain à chaque début de nuit + vérification au cours de la nuit en cas de changement des conditions météo (ex : levée du vent = environnement sonore différent) Craint la pluie Coût plus élevé

## 3.3 Premiers résultats issus du traitement des bandes sons 2021 par deux modèles

### a) Résultats bruts issus des modèles A et B

Les 90h d'enregistrements ressortant de la campagne de suivi de la reproduction des aloses feintes de Méditerranée ont été passés au travers de deux algorithmes.

<sup>4</sup> Stéréo versus Mono : un enregistrement en mono est enregistré par un seul micro ; en stéréo il y a deux sources d'enregistrements (deux micros) cela permet d'acquérir un son plus représentatif de l'espace

<sup>5</sup> Gain : niveau de l'audio entrant dans un système. Plus le gain est élevé ; plus le volume de l'enregistrement sera fort. Le réglage du gain est important car il permet dans notre cas de limiter la saturation. S'il y a une élévation du niveau sonore en cours d'enregistrement lorsque le gain est trop élevé, l'enregistrement va saturer c'est à dire qu'une partie du son est supprimée, ce qui rend l'audio très désagréable ; voir inaudible

<sup>6</sup> Le volume est le son sortant d'un appareil. Si le gain est trop faible ; il faudra mettre le volume au maximum pour entendre. Si le gain est trop élevé c'est l'inverse.

Le modèle A correspond à l'algorithme VGG16 mis en place par le groupe d'étudiant au début de l'année 2021. Le modèle B correspond au même développement algorithmique mais en ayant intégré toutes les données disponibles en apprentissage. Il devrait donc théoriquement être plus performant que le modèle A.

Au total ; 300 segments ont été identifiés par le modèle A et 609 par le modèle B. Un segment correspond à un morceau d'un enregistrement d'une durée minimale de 15 secondes, mais il peut être plus long (selon la superposition des segments positifs ; *figure 1*).

Chacun de ses segments a fait l'objet d'une écoute par un technicien ce qui a permis de valider la présence d'un bull ou non. Ainsi, 54 bulls ont été identifiés par le modèle A ; et 84 par le modèle B.

Il est intéressant de s'intéresser à la proportion de bulls identifiée par les deux modèles ou uniquement identifiée par un des modèles. Sur les 90 bulls détectés 6 ont été détectés uniquement par le modèle A ; 35 uniquement par le modèle B et 49 par les deux modèles. Bien que le modèle B sur-déclenche et identifie plus de segments contenant potentiellement un bull ; on constate qu'il identifie la majorité des bulls ; contrairement à son homologue le modèle A.

Ces résultats montrent l'importance de **multiplier les données d'entrées** pour l'apprentissage des algorithmes et encourage à se procurer de nombreux autres sons de bulls.

A cette étape, il n'est pas possible de calculer la précision ; le rappel et F1 car il faut connaître le nombre total de bull présent sur la bande son pour cela il est nécessaire d'écouter les bandes sons dans leur entièreté.

#### a) Réécoute de certains fichiers

Le travail de caractérisation des segments issus des modèles A et B a permis d'établir ce constat : sur les 359 bulls potentiellement enregistrés, nous en retrouvons seulement 90 ; soit **25%**. Il est admis qu'on ne pourra pas retrouver 100% des bulls observés sur les enregistrements ; car certaines zones de fraies disposent de plusieurs sites d'observations où la fraie est active et l'enregistreur est positionné sur seulement l'une de ces frayères.

Cette proportion reste tout de même faible et amène entre-autre deux questions :

- Est-ce que les bulls observés sont enregistrés et donc présents sur les bandes sons ?
- Est-ce que les modèles A et B ont une bonne proportion de détection des bulls enregistrés ?

Le choix a alors été fait d'écouter certaines bandes sons dans leur entièreté afin de pouvoir déterminer quel était la proportion de bulls qui ont été enregistrés et qui sont détectés par les modèles (bandes sons correspondant aux nuits les plus actives enregistrées).

11 bandes sons ont fait l'objet d'une réécoute totale. Sur ces 11 bandes sons ; 93 bulls ont été enregistrés sur 230 bulls qui auraient pu être enregistrés (soit 40%). Ce résultat souligne **l'importance d'appréhender l'aire d'enregistrement des enregistreurs et d'améliorer l'acquisition audio.**



70 bulls ont été détectés par les modèles (4 uniquement par le modèle A ; 31 uniquement par le modèle B et 35 par les deux modèles A et B) ; soit 75% des bulls enregistrés détectés (71 % par le modèle B). **Cette proportion est satisfaisante et encourage à poursuivre le développement de l'algorithme.**

Il est possible de calculer la précision ; le rappel et la métrique F1 pour ces deux modèles en prenant en compte les données des 11 bandes sons dépouillées (*Tableau 5*). Les deux modèles présentent une assez faible précision : c'est à dire qu'ils considèrent beaucoup de bruit divers comme bull. **Le modèle B présente le meilleur rappel (71%)** ; contrairement à son homologue le modèle A qui avec son rappel de 42% est inférieur à la chance (50/50). La métrique F1 s'élève à 45% pour le modèle B. L'objectif fixé est d'obtenir un rappel supérieur à 85% (ce qui correspond à une proportion satisfaisante dans le monde de la recherche en informatique), une amélioration des modèles est encore nécessaire.

*Tableau 5 : Précision ; rappel et métrique F1 des modèles A et B mis en œuvre sur les 11 bandes sons ayant fait l'objet d'une réécoute totale*

	A	B
Précision (%)	35	19
Rappel (%)	42	71
F1	38	45

## b) Analyses à approfondir

L'ensemble du travail issu du dépouillements des segments ; mais aussi des bandes sons complètes a été transmis à l'IMT Mines Alès.

Les bulls enregistrés sur la campagne 2021 ont été bornés sous Audacity ; ce qui permettra d'enrichir les données d'apprentissage et donc d'améliorer le modèle.

Une analyse des segments qui avaient été identifiés par les modèles mais qui ne contiennent pas de bulls va être réalisée : à titre d'exemple le chant des amphibiens est un élément caractéristique de nombreux segments ne contenant pas de bulls identifiés par le modèle B. Il semble donc nécessaire d'intégrer ces données de sorte que le modèle apprenne la différence entre le chant des amphibiens et les bulls d'aloses.

### Principaux éléments à retenir :

L'un des deux modèles testés semble plus efficace, c'est le modèle qui avait reçu le plus de données d'apprentissage : chaque bull intégré en apprentissage compte.

Sur les bandes sons qui ont été dépouillées en entier : 75% des bulls enregistrés sont détectés par les modèles ; et 71% par le modèle le plus efficace.

Sur ces mêmes bandes sons ; on retrouve 40 % des bulls observés enregistrés. **L'acquisition des enregistrements est une phase capitale sur laquelle repose l'ensemble du projet, à court mais aussi à long terme.**

## 4 Perspectives d'utilisation et travaux complémentaires

### 4.1 Campagne et Partenariat 2022

#### a) Campagne de terrain

Une attention sera portée lors de la visite de terrain pré-campagne à ce que les équipes de suivis se sentent investies et concernées par le développement de ce système automatique afin d'enrayer certains dysfonctionnements récurrents (panne de batterie, mauvais branchement etc...). **Une fiche récapitulative du fonctionnement de l'enregistreur sera de nouveau fournie aux équipes de terrain avec l'enregistreur.** Cette fiche sera retravaillée pour permettre d'en améliorer sa clarté et mettre en avant les éléments qui posent encore problème. **Il est nécessaire, une à deux fois pendant la saison de s'assurer du bon fonctionnement des enregistreurs auprès de chaque équipe et de recueillir les ressentis des opérateurs vis-à-vis des contraintes d'utilisation des enregistreurs.**

En 2022, il est souhaité que les frayères suivantes soient équipées :

- La frayère de Fournès sur le Gardon
- Les frayères de Chusclan sur la Cèze
- La frayère de Salavas-Ibie et de Sauze, Petite Mer et de Saint Martin d'Ardèche sur l'Ardèche
- Les frayères naturelles du Vieux Rhône de Donzère
- Les frayères de Saint-Laurent d'Aigouze et de Marsillargues sur le Vidourle
- Les frayères de Moussoulens sur l'Aude

Les deux enregistreurs Tascam utilisés pour la première fois en 2021 ont fait leurs preuves. L'acquisition d'enregistreurs supplémentaires sera réfléchi. Si possible, deux enregistreurs seront confiés à certaines équipes, le but étant de multiplier les points d'écoute (par exemple sur le Gardon où il n'est pas possible de couvrir l'ensemble de la frayère avec un seul enregistreur) mais également d'effectuer des tests : à quelle distance pouvons-nous capter un bull ? Quel est l'impact des différentes conditions météo (vent / pluie) ? Y a-t-il une différence notable de détection entre les secteurs ? En 2022 ; un stagiaire travaillant sur la stratégie du suivi de la reproduction des aloses feintes de Méditerranée pourra inclure ces problématiques à son travail.

Un élément récurrent et indépendant des équipes de terrain perturbe régulièrement l'obtention d'enregistrements de bonne qualité : le vent. Ainsi, par temps de vent, disposer de plusieurs enregistreurs permettrait de tester divers positionnements du dispositif et notamment de hauteur de pose. Classiquement, le vent est moins fort au ras du sol.

#### a) Amélioration des réseaux de neurones de détection automatique

Plusieurs voies sont envisagées pour la poursuite des travaux. L'objectif est ici d'augmenter la précision du modèle.

Un groupe d'étudiants travaillera au début de l'année 2022 sur la possibilité de lire les enregistrements à la volée. Actuellement, il y a un enregistrement des segments produits lors de chaque étape de l'algorithme, entre chaque couche. L'idée de la projection à la volée est de ne pas stocker ces segments à long terme mais seulement dans la plage de

temps où ils sont nécessaires et ainsi d'augmenter le nombre de données utilisables en libérant de la mémoire.

Avant le traitement des données 2022 ; les modèles de détections seront améliorés et les données 2021 intégrées comme données d'apprentissage.

Les bandes sons de l'année 2022 suivront le même cheminement que le traitement des bandes sons 2021 : une première étape consistera à les analyser au travers de l'algorithme qui identifiera des segments sur lesquels il considère qu'il y a des bulls. Une vérification de ces segments sera effectuée par un technicien. Quelques bandes sons seront dépouillées en entier pour déterminer la proportion de bull enregistrée et détectée par le modèle qui sera mis en place.

A moyen terme, la création d'une interface pour communiquer avec l'algorithme est à envisager pour le rendre à la portée de tous les opérateurs (importation du fichier audio / lecture des résultats etc ...).

Au plus nous disposerons de données à fournir en entrée du réseau, au plus celui-ci apprendra et augmentera sa performance. Une réunion avec les autres associations migrateurs pourra être envisagée afin de partager ce projet.

## 4.2 Perspectives à moyen terme

L'utilisation en simultanée du suivi manuel et des enregistreurs peut être envisagée si les sites de suivis sont assez proches géographiquement afin d'optimiser les déplacements et donc limiter les moyens humains. A l'heure actuelle, l'utilisation telle que décrite ci-dessous n'est pas encore envisageable pour la saison prochaine. En effet, les résultats obtenus en 2021 méritent d'être confortés et l'acquisition des enregistrements améliorée. Si les expérimentations vont dans le bon sens, l'utilisation d'enregistreur devrait se développer au cours du prochain PLAGEPOMI (2022-2027).

**La présence humaine sur les frayères reste primordiale** pour s'assurer de la présence des aloses et de la reproduction. De plus, une bonne connaissance du terrain et des zones de reproduction est indispensable pour réaliser des enregistrements représentatifs de la reproduction sur une frayère.

A l'origine du projet, l'automatisation du suivi visait à diminuer le travail de nuit pour le suivi de la reproduction. Or avec le retour d'expérience, l'objectif qui se profile est plutôt l'optimisation du suivi de la reproduction. L'automatisation, ou plutôt l'utilisation d'enregistreurs, pourrait en effet permettre de suivre un nombre plus important de frayères, mais le travail de nuit et la présence humaine sur les frayères restent indispensables.

L'utilisation future de l'algorithme peut être proposée comme suit (*Figure 2*) :

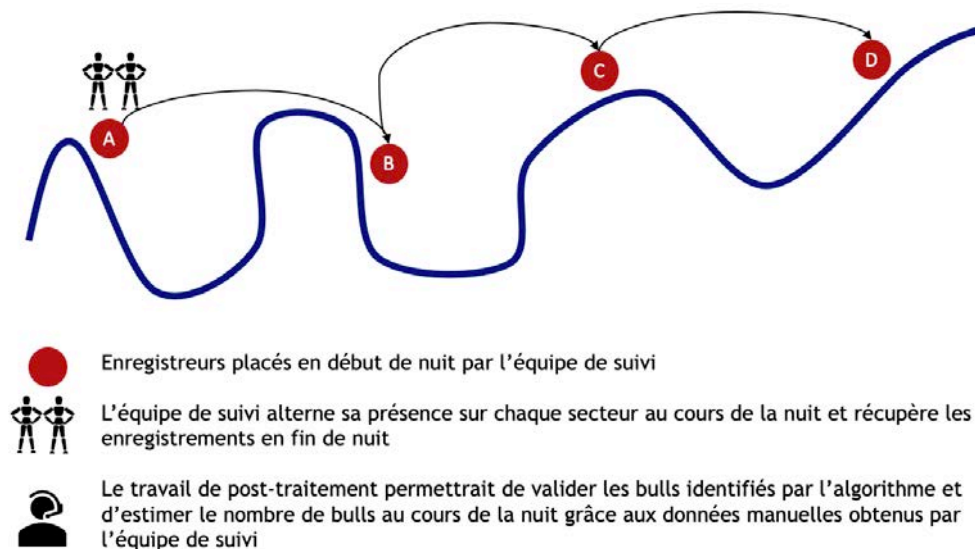
**Début de nuit :** plusieurs enregistreurs disposés par une équipe de suivi sur des secteurs qui restent géographiquement proches

**Milieu de nuit :** l'équipe de suivi alterne sa présence sur l'ensemble des frayères de sortes à passer un peu de temps sur chacune d'elles et de noter les activités qui peuvent s'y produire

**Fin de nuit :** les enregistreurs sont relevés

**A posteriori :** il s'en suit un travail de post traitement au cours duquel les bandes sons sont passées au travers de l'algorithme et un opérateur valide les bulls détectés

Bien que le travail de post-traitement soit encore difficile à estimer, ce sera toujours plus avantageux que la mobilisation de plusieurs binômes sur une saison pour un même cours d'eau. Dans le cas de notre exemple de la *figure 2*, cela nécessiterait 8 personnes de nuit sur l'ensemble de la saison au lieu d'un binôme avec utilisation d'enregistreur.



*Figure 2 : Schématisation de l'utilisation des enregistreurs & de l'algorithme à moyen terme*

A plus long terme, et selon les évolutions de l'algorithme, des systèmes indépendants pourront être envisagés avec la pose d'enregistreurs plus performants et une récolte des données hebdomadaires. Ce type de systèmes permettrait alors de déployer des stations en plus grands nombre sur le bassin Rhône Méditerranée et sur des secteurs où les moyens humains sont plus difficilement mobilisables. **Pour le moment et à moyen terme, la présence humaine et la relève quotidienne des enregistreurs restent indispensables.**

## Conclusion

L'objectif *in fine* de cette étude est de déployer des enregistreurs sur de nombreux sites potentiels de reproduction. Un tel déploiement permettrait de suivre plus de frayères et par conséquent de mieux comprendre la répartition des aloses feintes de Méditerranée sur le bassin Rhône Méditerranée.

Le travail mené lors de cette campagne a été double : il s'agissait premièrement d'obtenir des enregistrements de bonne qualité et deuxièmement de poursuivre le développement d'un nouveau système automatique du suivi de la reproduction des aloses.

90h d'enregistrements ont été obtenus dont 90% sont exploitables. Deux types d'enregistreurs ont été utilisés : des dictaphones et des tascams. Les enregistrements issus des tascams sont de meilleure qualité.

Concernant le développement de l'automatisation du suivi de la reproduction, le partenariat avec l'IMT Mines Alès se poursuit. Les enregistrements issus de la campagne 2021 ont été passés au travers de deux modèles d'algorithme. Cette étape a permis de sélectionner des tronçons sur lesquels ils considéraient une présence de bull. Ainsi sur l'ensemble des enregistrements ; 300 segments ont été identifiés par le modèle A et 609 par le modèle B contenant respectivement 57 et 86 bulls. On constate une différence notable entre les deux modèles : il y a seulement 6 bulls qui ont été détecté uniquement par le modèle A. Au total, en considérant les deux modèles 90 bulls ont été détectés, soit 25% des 359 bulls qui ont été observés sur les nuits de pose d'un enregistreur.

Face à cette faible proportion, 11 bandes sons ont fait l'objet d'une réécoute totale pour déterminer si cette faible proportion s'explique par l'absence de bulls enregistrés sur les bandes sons ou la mauvaise détection des algorithmes. Sur ces bandes sons, 230 bulls auraient potentiellement pu être enregistrés. 93 ont été détectés ; soit 40%. L'acquisition de la donnée est une problématique sur laquelle il semble essentiel de continuer de travailler : si nous ne parvenons pas à bien enregistrer les bulls ; comment pourraient-ils être détectés par l'algorithme ? La continuation de cette étude dans de bonnes conditions est dépendante de la récupération des données sur site et donc de la bonne prise en main de cet outil par les équipes de suivi : le travail de présentation des enjeux et du fonctionnement du matériel sera poursuivi.

Sur ces 93 bulls, 75% ont été détectés grâce aux deux modèles. Le modèle B confirme sa meilleure détection puisqu'il détecte 71% des bulls présents. Bien que beaucoup de bruit divers soient classés comme « bulls » par le modèle B, l'algorithme détecte une proportion satisfaisante des bulls réellement présents. C'est la précision du modèle qui est à affiner.

L'automatisation telle que définie au début du projet doit être revue. Il s'agit plutôt d'utiliser les enregistrements en complément du suivi manuel de la reproduction. Multiplier les enregistrements sur les sites potentiels pour identifier les sites les plus actifs permettrait déjà d'optimiser le suivi de la reproduction au regard de la réouverture des linéaires accessibles pour les aloses. La calibration de l'algorithme de détection pourra se faire au fur et à mesure, en fonction du nombre de bulls enregistrés.



# 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
- Région Auvergne Rhône-Alpes
- Département du Gard
- Département de la Drôme
- Fédération Nationale pour la Pêche en France
- Compagnie Nationale du Rhône

## 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, 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

- Fédérations Départementales de pêche de l'Aude, et du Gard
- Guyot Patrice (IMT Mines Alès) et ses étudiants
- Associations MIGADO et LOGRAMI

## PRESTATAIRES

- IMT Mines Alès
- Association ECATE
- GECO Ingénierie

## 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.migrateursrhonemediterranee.org](http://www.migrateursrhonemediterranee.org)

