

- RAPPORT D'ETUDE -

2023 N° 9/16

# Dévalaison des anguilles sur les fleuves côtiers méditerranéens

Suivi 2022-2023 par RFID sur la Cagne & résultats préliminaires de 2023-2024

PERRIER C., BOCCHINO J., RIVOALLAN D., CAMPTON P. • Mai 2024



Photo de couverture  
(© *MRM*)

Référence à citer

PERRIER C., BOCCHINO J., RIVOALLAN D., CAMPTON P., 2023. Dévalaison des anguilles sur les fleuves côtiers méditerranéens : Suivi 2022-2023 par RFID sur la Cagne et résultats préliminaires 2023-2024, 15p.

# 1. Contexte et objectifs de l'étude

## 1. 1. Les enjeux de la dévalaison

L'Anguille européenne est un migrateur amphihalien soumis à de multiples pressions, qui ont conduit à une forte régression de cette espèce, aujourd'hui classée en danger critique d'extinction (réduction de plus de 95% des effectifs en 40 ans)<sup>1</sup>.

Parmi ces différentes pressions, plusieurs études ont montré un retard à la migration ou une surmortalité significative des futurs reproducteurs, en lien avec la présence d'aménagements hydroélectriques<sup>2 3</sup>.

Cette migration, appelée « dévalaison » des anguilles argentées, constitue la première étape de leur voyage vers leur aire de reproduction dans la Mer des Sargasses<sup>4</sup>. Il est donc indispensable de faciliter le bon déroulement de cette étape clef de leur cycle de vie, en adaptant la gestion des ouvrages hydroélectriques au moment des pics de migration.

Pour mettre en place une gestion efficace, il faut donc prédire rapidement et le plus précisément possible les périodes « critiques » où cette migration se produit. L'expérimentation conduite par MRM depuis 2017 sur la Cagne, petit fleuve côtier des Alpes-Maritimes, vise à répondre à cette problématique, pour laquelle très peu de données sont disponibles en Méditerranée.

L'étude repose sur une approche *in situ*, consistant à suivre les déplacements d'anguilles européennes, *via* la technologie RFID, pour :

- Identifier les principales fenêtres de migration ;
- Déterminer les paramètres impulsant la dévalaison ;
- Étudier l'argenture et les déplacements des anguilles en contexte méditerranéen.

Ce suivi a permis d'acquérir un retour d'expérience sur 6 saisons de dévalaison (2017 à 2023). De même, l'étude a également permis d'apporter de solides arguments vis-à-vis de la fiabilité de la technologie RFID pour un suivi sur un petit fleuve côtier. Le matériel a permis d'acquérir des données précieuses, malgré les conditions hydrologiques particulières rencontrées en Méditerranée (épisodes cévenols imprévisibles, brefs et intenses).

Ce rapport présente les résultats finaux de la saison de migration 2022-2023, ainsi que les premiers retours de la saison 2023-2024 encore en cours.

Les résultats obtenus seront ensuite mis en perspective par une approche basée sur deux modèles prédictifs de dévalaison :

- **2x le module** : méthode développée par MRM consistant à prédire des migrations dès lors que le débit dépasse 2x le module du cours d'eau
- **SylvRpeak** : développé par le *MNHN et EDF R&D*<sup>5</sup>. Cette approche déjà expérimentée avec succès depuis 3 ans, permet de tester la fiabilité de ce modèle, tout en confortant ou non les tendances qui semblent se dégager du suivi Cagne après plusieurs saisons

<sup>1</sup> : Dekker W., 2003. Worldwide decline of eel resources necessitates immediate action. *Fisheries*, 28(12): 28-30.

<sup>2</sup> : Winter H. V., Jansen H. M., Breukelaar A., 2007. Silver eel mortality during downstream migration in the River Meuse, from a population perspective. *ICES Journal of Marine Science*, 64: 1444-1449.

<sup>3</sup> : Dainys, J., Staknas, S., Gorfine, H., Ložys, L. 2018. Mortality of silver eels migrating through different types of hydropower turbines in Lithuania. *River Research and Applications*, 34(1): 52-59.

<sup>4</sup> : Wright, R.M., Piper, A.T., Aarestrup, K. *et al.*, 2022. First direct evidence of adult European eels migrating to their breeding place in the Sargasso Sea. *Sci Rep* 12, 15362.

<sup>5</sup> : Teichert N., Tétard S., Trancart T., De Oliveira E., Acou A., Carpentier A., Bourillon B., Feunteun E., 2020. Towards transferability in fish migration models: A generic operational tool for predicting silver eel migration in rivers, *Science of The Total Environment*, Vol. 739: 140069.

## 1.2. Les systèmes de détection RFID

Une présentation détaillée de l'étude et du fonctionnement du RFID est disponible [via ce lien](#) ou directement sur le site internet de MRM. Le suivi sur la Cagne mobilise deux types d'antenne RFID :

→ **2 paires d'antennes fixes** : le dispositif de Bugadières installé à 1,5km de l'embouchure avec la mer Méditerranée, et le dispositif de Pont-des-Salles situé à 4,7 km à l'amont de Bugadières (*Figure 1 et 2*). Ces antennes sont destinées à détecter les anguilles en cours de dévalaison et à étudier leur vitesse de déplacement.

→ **Tracking mobile** : il s'agit d'une déclinaison portable du modèle fixe, utilisé pour des prospections à pied et destiné à dénombrer les anguilles à l'intérieur du site d'étude.



Figure 1 : A gauche, une des antennes fixes installée dans le lit de la Cagne. A droite, les antennes mobiles utilisées lors des prospections à pied.

## 1.3 Le marquage des anguilles par Pit-Tag



Depuis 2017, après réalisation de la biométrie (*Figure 2*), **577 anguilles ont été marquées** à l'aide d'un transpondeur RFID. 3 sites de marquage ont été sélectionnés (Simbille, Poutaoutchou et Pont-des-Salles).

Quatre campagnes de marquage ont été conduites depuis 5 ans (2017, 2018, 2019 et 2022). Les deux premières ont ciblé exclusivement des anguilles prêtes ou quasiment prêtes à dévaler, tandis que les suivantes ont également ciblé les stades immatures (*Figure 3*).

Figure 2 : Biométrie des anguilles

Pour rappel, les anguilles sont classées par stade de développement selon plusieurs critères (taille/poids, diamètre oculaire, taille de la nageoire pectorale) attestant d'une préparation à la migration de dévalaison. On distingue plusieurs stades :

- FI : Individu immature et aucune distinction mâle ou femelle
- FII et FIII : Femelle immature ou en transition
- FIV et FV : Femelle pré-dévalante
- MD : Mâle dévalant

Une extension du protocole de marquage à des individus immatures a été validée en COGEPOMI en 2019, dans le but d'inscrire l'étude sur le long terme, et d'étudier la croissance et les déplacements des anguilles dans la Cagne.

La procédure est réalisée par du personnel habilité et formé aux techniques de marquage. L'association MRM a obtenu en 2022 un agrément lui permettant de réaliser ce genre d'expérimentation *in situ* de façon autonome, sous le contrôle d'un comité d'éthique spécialisé (CEEA 71).

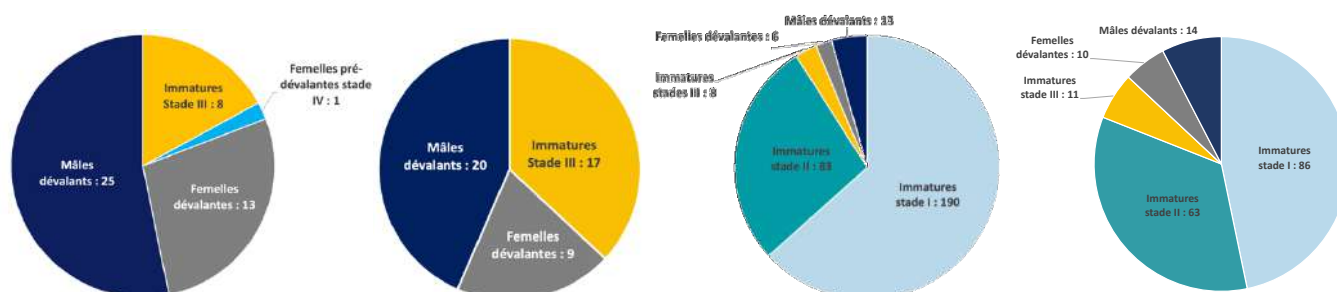


Figure 3 : Bilan des marquages d'anguilles réalisés sur la Cagne respectivement en 2017, 2018, 2019 et 2022

## 2. Résultats de la saison 2022-2023

### 2.1. Détections 2022 - 2023

Le prérequis à tout lancement d'une nouvelle saison d'étude de la dévalaison est simple : connaître, de la façon la plus précise possible, le nombre d'anguilles marquées encore présentes dans le système d'étude. Cette variable est estimée grâce à des prospections avec du matériel RFID portatif : on parle de « Tracking mobile ».

#### a) Les détections réalisées via le Tracking-mobile

En 2023, deux sessions de Tracking successives ont été menées en juillet puis en août. Réaliser deux passages lors d'une même année, permet de maximiser les chances de détection des individus toujours présents sur la Cagne. En effet, la session d'août a permis de détecter 21% de nouvelles anguilles par rapport à celle de juillet (Tableau 1). Ceux sont ainsi finalement 293 anguilles qui ont été détectées grâce aux antennes mobiles.

Le doublement des sessions permet donc d'augmenter sensiblement l'efficacité des prospections, et doit être pérennisé.

Tableau 1 : Bilan des détections des campagnes de Tracking-mobile

Année du tracking	2018		2019		2020		2021		2022		2023	
	Juil	Août	Sept	Juin	Sept	Juin	Août	Juil	Août			
Nombre de détections	4	18	131	157	147	143	128	244	196			
% de nouvelles détections lors de la 2 <sup>ème</sup> session	-	-	-	34%		38%		21%				
Nombre de 1 <sup>ère</sup> détections pour les anguilles de 2017 et 2018	4	17	2	3	0	0	1	0	0			

Par ailleurs, il est également possible de calculer un **nombre théorique d'anguilles toujours présentes dans la Cagne** (Figure 4). Pour ce faire, au nombre total d'anguilles marquées, sont soustraites les anguilles considérées comme mortes (tag retrouvé dans les assecs) et celles qui ont déjà dévalé.

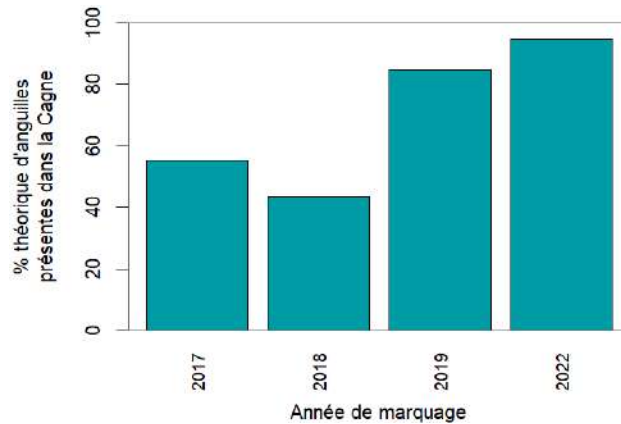


Figure 4 : Résumé des anguilles théoriquement dans la Cagne

De plus, si l'on compare ce nombre théorique aux détections du tracking mobile, il est alors possible de calculer un **taux d'efficacité de redétections** de ce dernier (Figure 5). On observe ainsi que 80% des individus théoriquement présents dans la Cagne et issues du marquage 2022 ont été détectés.

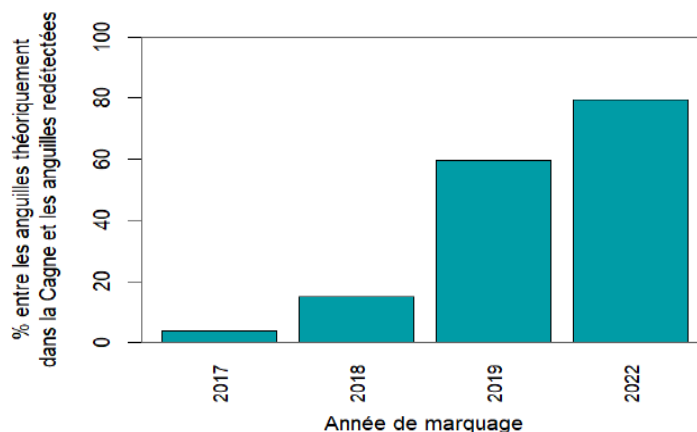


Figure 5 : Efficacité de détection du Tracking-Mobile

Il est intéressant de noter que théoriquement, il reste environ 50% des anguilles de 2017 et de 2018 (Figure 4). Cependant, seulement 3% à 15% de ces anguilles sont détectées lors du Tracking-Mobile (Figure 5). Nous savons par ailleurs, que l'efficacité des prospections à pied est relativement bonne puisque 80% des anguilles marquées en 2022 sont redétectées.

Ainsi, il est fort probable qu'un nombre significatif d'anguilles de 2017 et 2018 ait été perdues. Plusieurs hypothèses peuvent être formulées à ce sujet : soit elles sont mortes, soit elles se trouvent sur des zones non prospectées au Tracking-Mobile, soit elles n'ont pas été détectées lors de leur dévalaison.

Il est possible que la dernière hypothèse soit la plus probable puisque les grosses crues et les pannes survenues notamment en 2019 ont probablement réduit l'efficacité de détection des antennes fixes. De plus, les zones en assecs à l'aval de Pont-des-Salles n'ont pas été prospectées à pied ces dernières années. Il serait donc pertinent de prospecter une nouvelle fois les assecs, afin de mettre à jour d'éventuels tags présents dans le substrat.

**b) Un comportement sédentaire des anguilles**

Le Tracking de 2023 a majoritairement permis de détecter des anguilles issues du marquage de 2019 ou de 2022, respectivement 130 et 138 individus. Les individus immatures FI et FII représentent la plus grande majorité des détections. Seuls 25 individus correspondent à des stades considérés comme pré-dévalants (MD, FIV et FV).

Les sessions de Tracking menées depuis 2020 ont permis de mettre en évidence une forte sédentarité des anguilles (Figure 6). En effet, plus de 85 % des individus se déplacent de seulement quelques dizaines de mètres.

Il est intéressant de noter que la densité de détection augmente à mesure qu'on se rapproche d'un point de relâche. Plus on s'éloigne de ce dernier, plus la densité diminue que ce soit à la montaison ou à la dévalaison.

Une version interactive de cette carte, retraçant les détections effectuées lors des Tracking-mobiles 2019-2020-2021-2022 est disponible en libre accès sur le [site Umap](#).

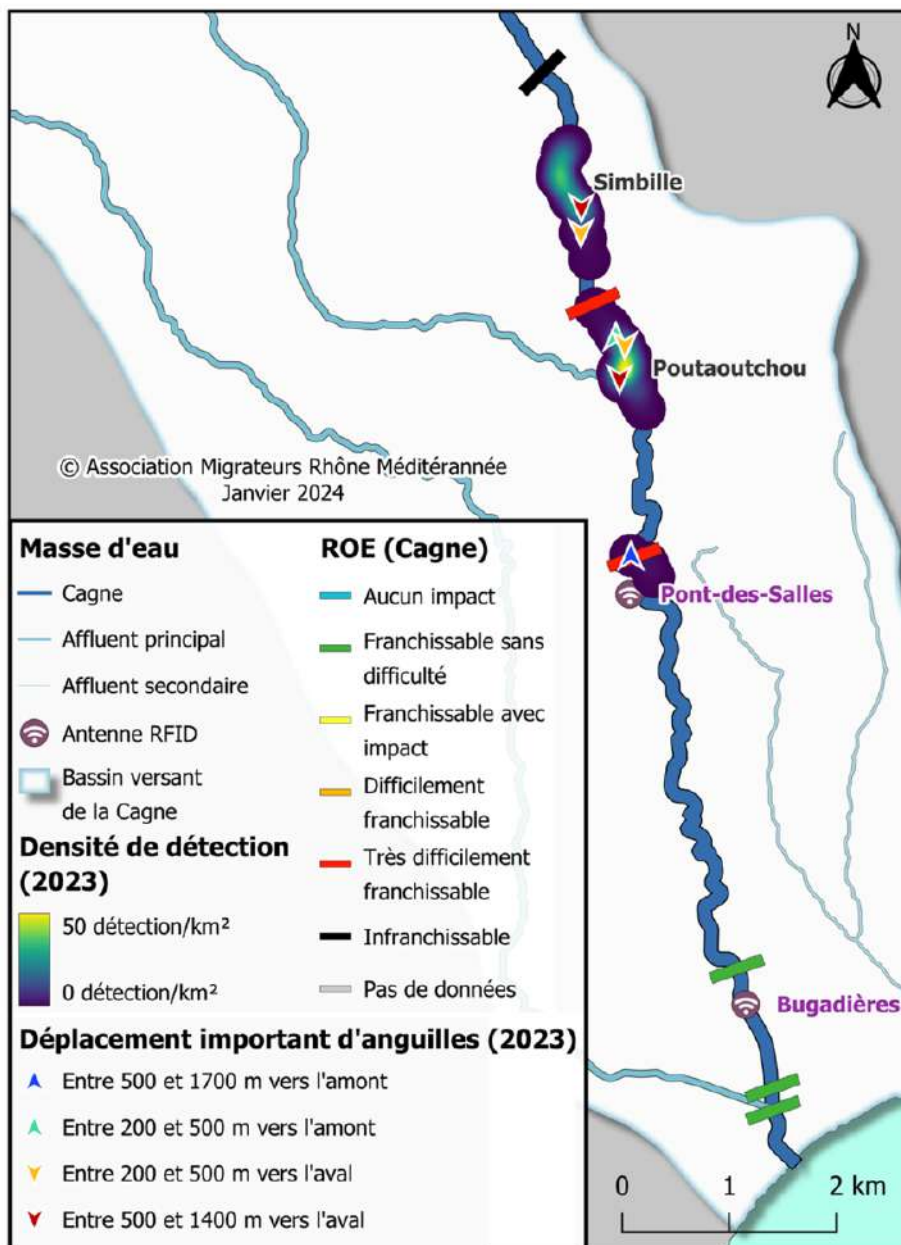


Figure 6 : Résultat du Tracking-mobile de 2023

La précision du GPS utilisé est d'une cinquantaine de mètres, ainsi il est délicat d'évaluer avec précision les déplacements des anguilles. L'investissement dans des modèles d'antennes mobiles pourvus d'un système GPS intégré pourrait permettre de gagner en précision. Cependant, malgré ce manque de précision, il est tout de même possible d'observer des comportements atypiques dans les migrations internes de la Cagne. En effet, **chaque année, quelques individus ont entrepris une montaison ou une dévalaison « importante »**. Une valeur seuil arbitraire de 200m a été fixée pour séparer les déplacements des anguilles sédentaires avec celles qui ont changé d'habitats.

Dans l'ensemble, les anguilles qui effectuent un déplacement important sont peu nombreuses (6 individus) et restent dans leur secteur de relâche initial (*Figure 6*). Les comportements de montaison ou de dévalaison semblent aléatoires selon les individus. De plus, le stade de développement des anguilles ne semble pas avoir d'impact sur ce type de déplacement.

Cependant, on notera quelques déplacements qui semblent liés à la présence d'assecs qui reviennent chaque année au niveau de Pont-des-Salles. Ainsi, en 2022 et en 2023, deux individus différents ont entrepris une migration importante vers l'amont (observation entre Bugadières et Pont des Salles puis sur le secteur de Poutaoutchou.

### c) Schéma des dévalaisons des anguilles argentées lors de la saison 2022-2023

Le suivi a été complet cette saison, avec un fonctionnement sans interruption des antennes fixes du 01/09/2022 au 30/04/2023. Au total, **16 dévalaisons ont été observées sur le site aval de Bugadières** (*Figure 7*).



Figure 7 : Débit de la Cagne en lien avec le nombre de détections d'anguilles pour la saison 2022 - 2023.  
Donnée de débit : SMIAGE

Néanmoins, cette saison est particulière car 8 anguilles ont été détections à Pont-des-Salles, entre le 1<sup>er</sup> et le 4 novembre 2022, mais aucune d'entre elles n'a été détectionnée par les antennes de Bugadières. Sur la *Figure 7*, il est possible de voir une très faible montée des débits lors de ce même événement. Parmi les 8 anguilles détectionnées, certaines étaient des individus identifiés comme dévalants (MD et FV), relâchées à Poutaoutchou, et aucune d'entre elles n'ont été redétectionnées par le Tracking-mobile de 2023.

Ainsi, deux hypothèses peuvent être formulées. Soit, ces anguilles ont eu un comportement de dévalaison et non pas été détectionnées à Bugadières. Soit les individus se sont arrêtés entre les antennes fixes. Afin de répondre à ces hypothèses, il sera nécessaire de remettre en place les prospections sur l'intégralité du secteur lors de la prochaine campagne de tracking-mobile.



Pour le reste de l'analyse, nous nous concentrerons exclusivement sur les 16 dévalaisons validées. Le schéma de migration observé durant la saison 2022-2023 (Figure 7) est alors comparable à celui des autres saisons (Figure 8), et toutes les dévalaisons ont été observées lors d'une augmentation des débits (ou crue).

Les premières dévalaisons arrivent le 09 décembre avec un pic de 13 individus, suivi par 3 autres individus quelques jours plus tard.

On notera également que la saison 2022-2023 est caractérisée par une période d'étiage qui s'est étalée jusqu'à début décembre, avec l'absence de variation hydraulique significative entre septembre et novembre. Dans ce contexte, on notera que la de débits qui a permis d'enclencher ces migrations est une variation inférieure au module de la Cagne, 0,6 m<sup>3</sup>/s. Comparée aux autres saisons, cette hausse est relativement faible.

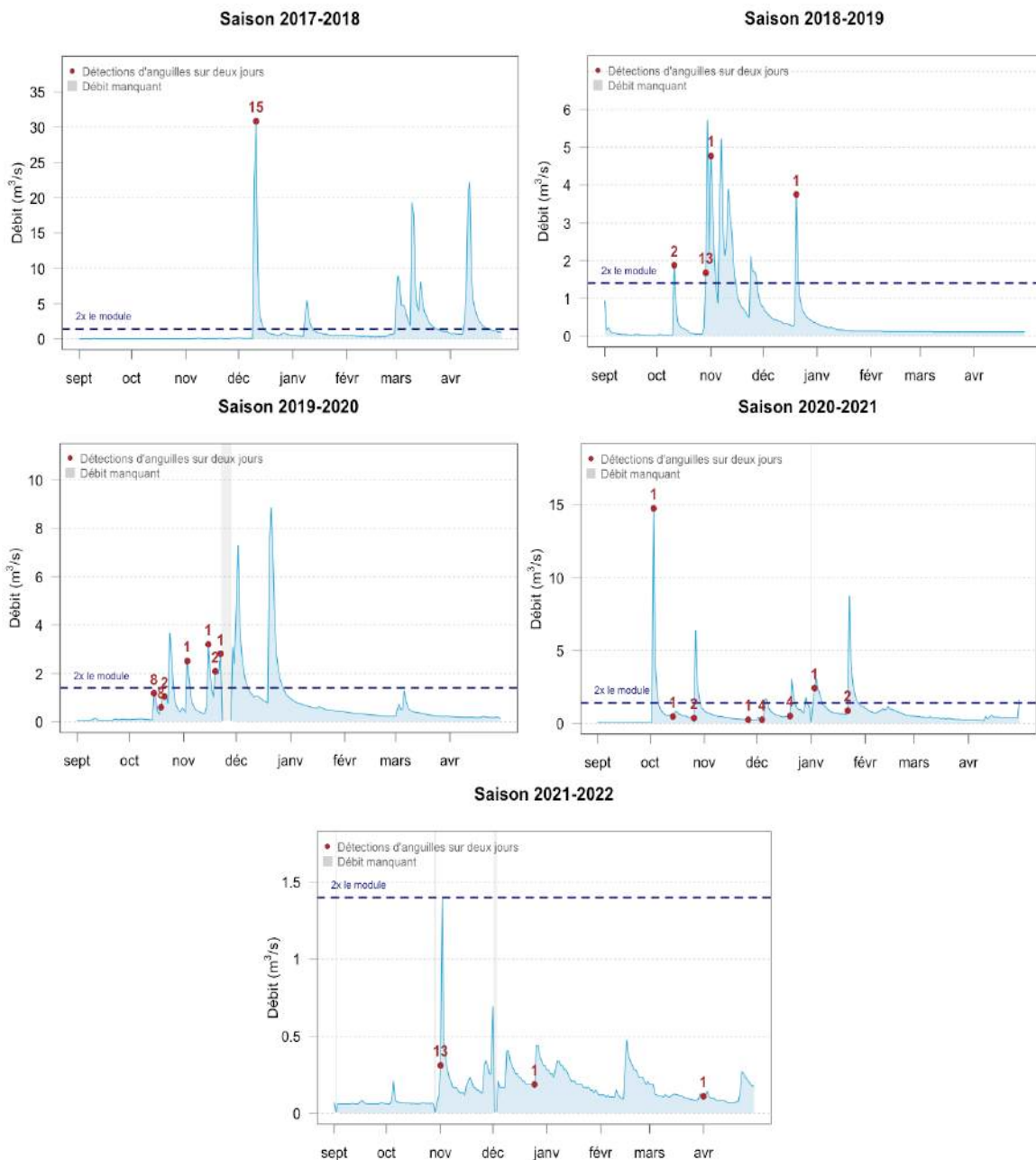


Figure 8 : Débit de la Cagne en lien avec le nombre de détections d'anguilles, pour chaque saison étudiée. Donnée de débit : SMIAGE

Ainsi, il semblerait que pour des années particulièrement sèches les anguilles commencent leur migration pour de faibles variations des débits, surtout si la période de sécheresse s'étale dans le temps.

La majorité des anguilles détectées cette saison sont identifiées comme des stades matures. Toutefois, on retrouve aussi des anguilles FI à FIII marquées en 2022 ou 2019.

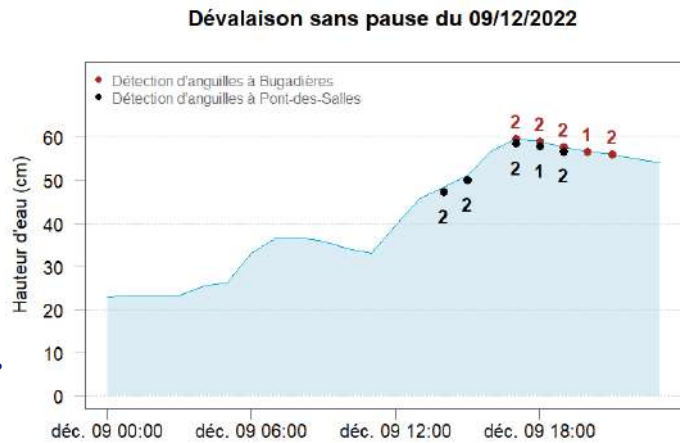
Les recaptures réalisées dans le cadre du marquage de 2022, avaient notamment permis d'actualiser les stades de développement de plusieurs anguilles, comme CA19\_300, dont le stade FII (2019) a évolué en FV en 2022, et qui a dévalé cette saison.

#### d) Analyse de la cinétique de dévalaison

La vitesse de dévalaison sur la Cagne, correspond au temps qu'une anguille met pour effectuer la distance de 4,7km entre Pont-des-Salles et Bugadières. Elle est calculée seulement pour les anguilles qui n'ont pas fait de pause dans leur dévalaison. On considère une pause dans les dévalaisons, une anguille qui a mis plus de 1,5 jour pour rejoindre les deux sites équipés d'antennes.

Durant la saison 2022-2023, 9 anguilles ont complété leur dévalaison en une seule fois (Figure 9). Une seule anguille n'a été détectée que par les antennes de Bugadières. Elle a donc été exclue pour le reste de l'analyse.

Figure 9 : Migration des anguilles dans une même journée. Donnée de hauteur d'eau : Nice Métropole



Grâce aux données horaires des hauteurs d'eau de la métropole de Nice, on remarque que les dévalaisons se font quasi-exclusivement durant la hausse des débits, et plus rarement durant une décrue. Ainsi, la hausse rapide du niveau de l'eau stimule le départ des anguilles, comme le montre les détections enregistrées dès 13h le 09 décembre (Figure 9). Ce phénomène illustre le caractère opportuniste de la dévalaison, qui s'amorce très rapidement dès lors que les conditions deviennent favorables<sup>6</sup>.

Les vitesses de nage sont variables selon les individus, mais depuis 2017, elles sont comprises entre 0,2km/h et 6,5km/h. Il leur a donc fallu entre 0,7h et 24h pour rejoindre les deux antennes. Pour cette saison, elles ont mis en moyenne 7,5h (2km/h) pour arriver jusqu'à Bugadières, contre 9,4h (1,6km/h) par rapport aux autres saisons.

Il est difficile de discerner les critères qui influencent les vitesses de déplacement. L'intensité des débits et le stade de développement ne semblent pas avoir d'impact. Cependant, d'autres études, sur de plus grands systèmes que la Cagne, ont montré que les forts débits favorisaient une vitesse de nage rapide.

Des analyses statistiques plus poussées pourraient permettre d'expliquer les variations dans les vitesses de nage mais nécessiterai une chronique de données plus complète.

<sup>6</sup> Behrmann-Godel, J., Eckmann, R., 2003. A preliminary telemetry study of the migration of Silver European eel (*anguilla Anguilla* L.) in the River Mosel, Germany. Ecology of Freshwater Fish 12, 196-202.

Entre 2022 et 2023, 5 anguilles ont fractionné leur dévalaison en deux étapes (anguilles qui ont mis plus d'un 1,5 jour pour rejoindre Bugadières) (Figure 10).

Sur ces 5 individus, 2 ont débuté leur migration pour des variations de débit faiblement attractives, ce qui peut expliquer qu'elles aient attendu le coup d'eau du 9 décembre pour rejoindre la mer. Les 3 autres anguilles ont commencé à dévaler le 9 décembre et ont fait une pause pour attendre la crue suivante, survenue quelques jours après.

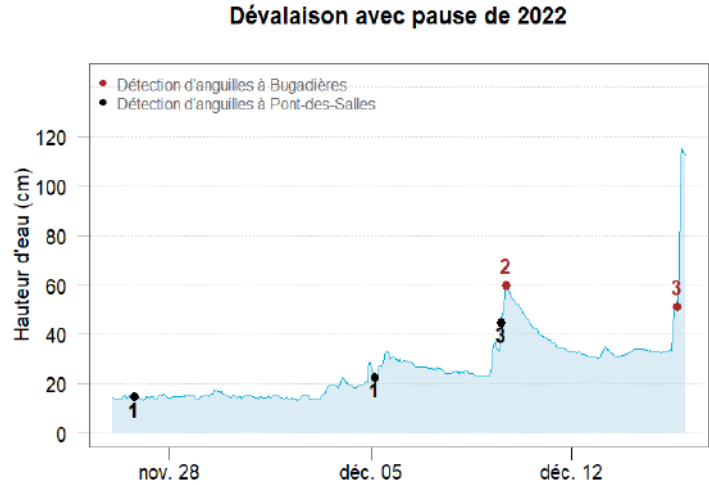


Figure 10 : Migration fractionnée des anguilles sur plusieurs jours. Donnée de hauteur d'eau : Nice Métropole

Ce schéma de migration fractionné est observé la plupart des années, mais reste difficilement compréhensible dans un système aussi petit que la Cagne.

L'intensité des débits ne semble pas avoir d'impact sur ce phénomène (Wilcoxon : p-value = 0,972), bien que cette affirmation soit contradictoire avec les pauses des 2 premières anguilles de cette année (Figure 10). La date de la saison ne semble pas non plus avoir d'impact dans le fractionnement des dévalaisons (Wilcoxon : p-value = 0,212).

On remarquera toutefois que ce phénomène de fractionnement est moins observé chez les individus mâles (25% des MD contre 42% pour les FI à FV). Il est possible d'émettre l'hypothèse que les mâles ont une volonté plus importante de rejoindre la mer tôt dans la saison et ils seraient donc moins enclin à faire une pause. D'autres raisons pourraient expliquer une pause dans les dévalaisons mais cela nécessite plus de données.

Concernant les paternes de migration en fonction du sexe de l'anguille, on observe également une différence entre les individus mâles et femelles. En effet, comme le montre la figure 11, près de 90% des mâles dévalent en octobre s'il y a une première crue à cette période contre 50% pour les femelles. La plupart des études menées à ce sujet, même pour celles en milieu lagunaire, tendent à montrer que les individus mâles dévalent plus tôt, tandis que certaines femelles dévalent jusqu'à fin avril.

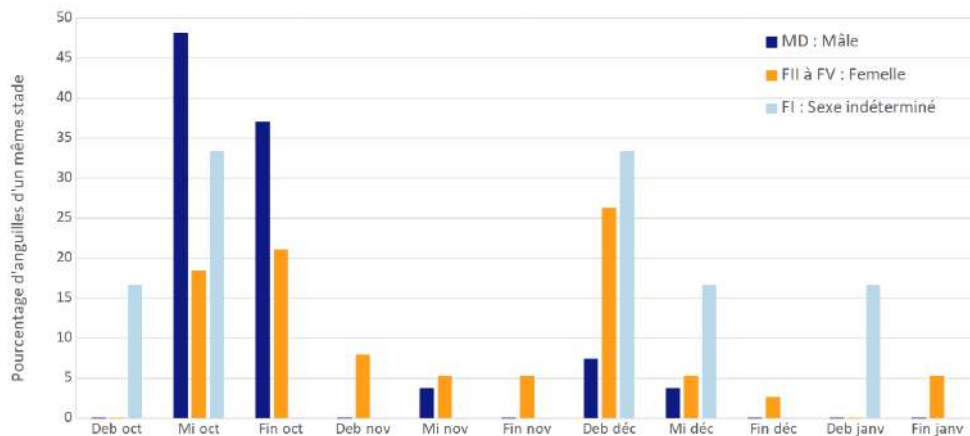


Figure 11: Période de migration des anguilles argentées en fonction de leur stade de développement. Calculé sur les années avec une ou plusieurs variations attractives des débits en octobre (2018, 2019 et 2020)

## 2.2. Données préliminaires pour la saison 2023-2024

Lors de la saison 2023-2024, 15 dévalaisons ont été observées (Figure 12). On notera toutefois que les données de débits ne sont pas encore disponibles pour la plupart de la période et ne permettent pas d'analyser les dévalaisons et notamment le principal pic survenu en décembre (10 dévalaisons).

On remarque toutefois que les résultats préliminaires de la saison 2023-2024 mettent en avant des dévalaisons qui s'opèrent dans des hausses de débits faibles bien inférieures à 2\* le module. Ainsi, comme pour la saison 2022-2023, des dévalaisons sont observées lors de petites hausses de débits. Ce cas de figure semble notamment s'observer dans des années où les assecs ont été importants. Ainsi, quelques anguilles ont dévalé en octobre, lors de la première variation des débits comprise entre 0,1 à 0,5 m<sup>3</sup>/s.



Figure 12 : Débit de la Cagne en lien avec le nombre de détections d'anguilles pour la saison 2023 - 2024

## 3. Quelle application concrète pour ces résultats ?

### 3.1. Vers une meilleure gestion de la dévalaison des anguilles

Pour rappel, il est aujourd'hui admis que la présence sur les axes de migration d'ouvrages hydroélectriques est susceptible d'engendrer un retard à la migration, ou une surmortalité significative des futurs reproducteurs d'anguilles européennes ; la mortalité intervenant principalement lors du passage des poissons par les turbines.

MRM développe donc depuis 2019 une méthode pour identifier les pics de débit susceptibles d'engendrer une dévalaison. Une synthèse bibliographique, associée à l'étude Cagne <sup>7</sup> a montré que des pics de dévalaison étaient souvent observés pour des débits très inférieurs au seuil de crue biennal, plus faible valeur de référence accessible sur Hydroportail.

<sup>7</sup> : Perrier C., Campton P., 2021. Dévalaison des anguilles sur les fleuves côtiers méditerranéens : Suivi 2019/2020 RFID sur la Cagne & Caractérisation du fonctionnement hydrologique des côtiers de grande envergure. 52p. + Annexes.

MRM a donc expérimenté des simulations de dévalaison avec une valeur seuil inférieure à la crue biennal, correspondant à **2x le module** d'un cours d'eau étudié.

Jusqu'à récemment, la plupart des dévalaisons s'opéraient au-dessus du seuil 2x le module. Cependant, les résultats de 2021-2022, 2022-2023 et les résultats préliminaires de 2023-2024, montrent que les premières dévalaisons se sont enclenchées pour une hausse des débits inférieure au module de la Cagne. Les conditions de sécheresse de ces dernières 3 années, couplées avec des assecs importants au niveau de Pont-des-Salles, ont sûrement encouragé les anguilles à migrer dans des conditions de débits moins favorables.

Ainsi, la méthode 2x le module n'est pas à remettre en cause dans sa globalité, mais semble sous-estimer l'attractivité des variations hydrauliques faibles. Ainsi, lors d'une saison particulièrement sèche avec un premier coup d'eau tardif, les dévalaisons observées montrent que les anguilles tirent parti du moindre pic de débit pour dévaler. Quoiqu'il en soit, il pourrait être intéressant d'affiner cette méthode, afin d'identifier au mieux les périodes clefs dans la dévalaison notamment dans un contexte de changement climatique.

### 3.2. Comparaison des résultats 2022-2023 avec les prédictions du modèle *SilvRpeak*

#### a) Présentation rapide de l'outil et rappel des résultats précédents

*SilvRpeak* est un outil de modélisation qui peut être utilisé sous forme de « package » via le logiciel de statistique R, et il permet de visualiser des périodes probables pour la dévalaison. Les prédictions de ce modèle sont sous forme de probabilité et elles se fondent exclusivement sur des variations de débit. Il a été développé conjointement par le MNHN, EDF R&D et l'OFB.

L'utilisation de ce modèle permet de confronter des dévalaisons « théoriques », à celles observées in situ sur la Cagne. Cette approche permet de tester la fiabilité du modèle du MNHN pour les petits fleuves côtiers méditerranéens.

Pour rappel, les essais réalisés lors des saisons précédentes se sont montrés très encourageants. **Une forte concordance avait été observée entre les observations *in situ* et les prédictions du modèle.** En effet, pour toutes les dévalaisons observées sur la Cagne, le modèle prédisant une forte probabilité de migration (même si *SilvRpeak* prédit plus d'évènements que ce qui est réellement observé grâce aux anguilles marquées).

Enfin, les essais avaient aussi mis en évidence la prédisposition de *SilvRpeak* à « surestimer » le nombre d'évènements potentiellement intéressants sur les petits cours d'eau méditerranéens, où des variations mineures de débit (de l'ordre de 0,1 → 0,5 l/s) pouvaient parfois « affoler » le modèle.

#### b) Prédiction de dévalaison entre 2022 et 2023 par le modèle *SilvRpeak*

Les données de débit de la Cagne disponibles pour la saison de migration 2022-2023 ont été analysées via le package *SilvRpeak*. Le résultat est présenté dans la *Figure 13* ci-dessous. Les dévalaisons d'anguilles marquées observées in situ sont symbolisées par un astérisque. Toutes les dévalaisons validées lors de cette campagne sont corrélées à une forte probabilité de migration.

Ainsi, les résultats du modèle sont toujours intéressants bien qu'ils ne correspondent pas totalement aux observations de la saison 2022-2023. En effet, le modèle prédit une forte probabilité de dévalaison à P50 début septembre, lors d'une infime variation des débits, illustrant la tendance du modèle à surestimer le nombre d'événements intéressants lors de variations mineures de débits.

Par ailleurs, il est également intéressant de noter que le modèle indique une forte probabilité de dévalaison le 1<sup>er</sup> novembre. Or, nous avons vu qu'il y avait un doute sur la dévalaison de 8 anguilles à cette même date, car elles ont été détectées seulement par les antennes de Pont-des-Salles. La mise en place de tracking-mobile sur le linéaire entre les antennes est donc primordiale afin de statuer sur le devenir de ces individus.

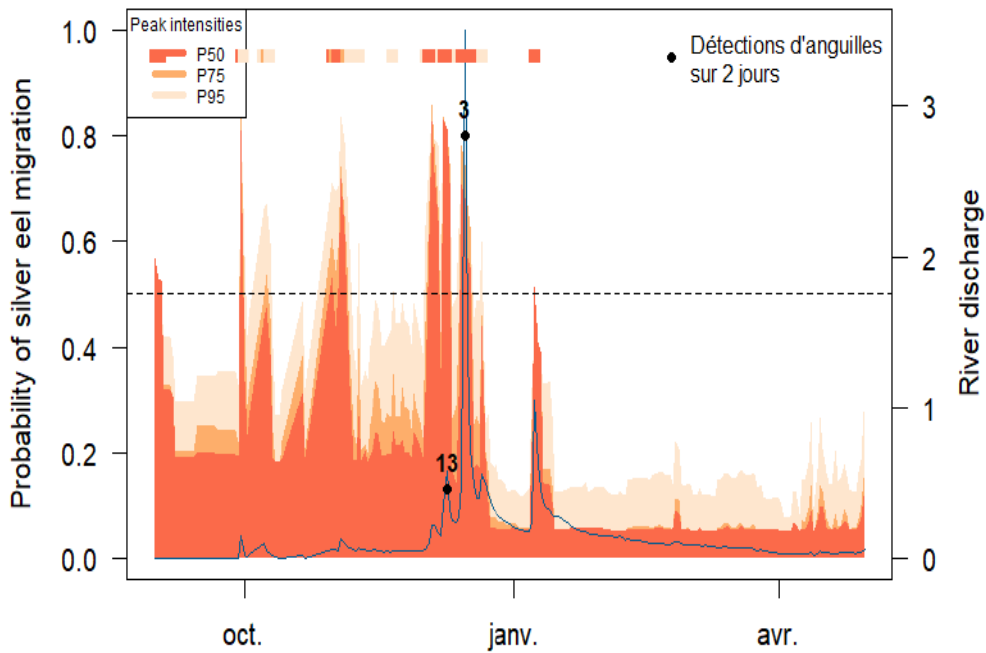


Figure 13 : Prédications des périodes de dévalaison entre 2022-2023 par le modèle Silvrpeak.  
Données de débit : SMIAGE

## Conclusion

Grâce à cette étude, la thématique de l'Anguille européenne et de sa préservation s'est implantée au niveau local, grâce notamment à des actions ciblées de la part de MRM, mais aussi par les multiples collaborations mises en place dans le cadre des opérations de Tracking-Mobile (Agence de l'eau Rhône-Méditerranée Corse, FDAAPPMA 06, DDTM06, Mairie de Cagnes-sur-Mer, Nice-Métropole, Service départemental 06 de l'OFB, SMIAGE Maralpin, Association Cagnes Zéro Déchet).

Le dédoublement de la campagne de Tracking (une session en juillet, puis une autre en août) a permis de détecter 21% d'anguilles supplémentaires. L'application de cette méthodologie pour les saisons à venir sera poursuivie. Cette double campagne a permis de détecter 293 anguilles, avec principalement des individus marqués en 2019 et en 2022.

Le Tracking-mobile permet également de montrer un comportement des anguilles sédentaires mais quelques rares individus peuvent entreprendre des déplacements plus importants afin de changer d'habitat ou éviter les assèchs de la Cagne.

L'étude RFID du comportement migratoire à l'aide des antennes fixes permet quant à lui de mieux comprendre les facteurs environnementaux régissant la dévalaison des anguilles argentées sur les petits fleuves côtiers de Méditerranée. Les résultats 2022-2023 sont similaires à ceux des autres saisons.

Ainsi, depuis 7 ans maintenant, les principaux pics de migration observés ont eu lieu au moment des premiers pics de débits qui surviennent après les étiages estivaux. Le retour d'expérience montre aussi que lors des saisons très sèches comme en 2022-2023 et avec des premiers coups d'eau très tardifs, même des hausses de débits largement inférieures au seuil de crue biennal (et à la valeur seuil 2x le module) sont suffisantes pour déclencher la dévalaison.

Les analyses horaires des dévalaisons enregistrées montrent clairement que la hausse de débit va entraîner une réponse comportementale quasi-instantanée des individus migrants.

Ces observations de dévalaison sont globalement corroborées par des prévisions réalisées *ex-situ* via le modèle prédictif *SilvRpeak* développé par le MNHN. La combinaison des deux approches permet donc d'apporter des propositions très concrètes en matière de gestion. Ces deux méthodes *in* et *ex situ* confirment aussi la pertinence de l'approche « 2x le module » développée par MRM depuis 2019.

La mise à disposition et l'utilisation conjointe de ces différents outils de modélisation, associée à la viabilité éprouvée par des retours de terrain, offre aujourd'hui la possibilité de prévoir de façon relativement efficace les mouvements de dévalaison des anguilles en Méditerranée.

# Remerciements

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

## PARTENAIRES FINANCIERS

- Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse
- Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur
- Département des Alpes-Maritimes et SMIAGE
- Département des Bouches du Rhône
- Fédération Nationale pour la Pêche en France
- Électricité de France

## 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 des Associations Agréées de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique (FDAAPPMA) des Alpes Maritimes
- EDF R&D et Unité production Rhône Méditerranée
- OFB pôle écohydraulique ;
- OFB DiR Sud PACA, Service départemental 06
- SMIAGE Maralpin
- Agence de l'Eau
- Propriétaires Riverains
- Association Nice Météo 06
- INRAe Unité RiverLy de Lyon Grenoble



## 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
- Jura
- 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)

