

## **Voies de dévalaison des anguilles argentées à travers un aménagement hydroélectrique sur le bas Rhône**

Downstream migration routes of European silver eels through a hydroelectric scheme in the Rhône River

CAPRA hervé<sup>1</sup>, PELLA hervé<sup>2</sup> & PRESSIAT Franck<sup>3</sup>

1- INRAE, RiverLy, Villeurbanne - [herve.capra@inrae.fr](mailto:herve.capra@inrae.fr) ; 2- INRAE, RiverLy, Villeurbanne - [herve.pella@inrae.fr](mailto:herve.pella@inrae.fr) ; 3- CNR, DIGP, Lyon - [f.pressiat@cnr.tm.fr](mailto:f.pressiat@cnr.tm.fr)

### **RÉSUMÉ**

L'objectif de l'étude présentée ici était de mieux comprendre le cheminement des anguilles argentées en phase de dévalaison au travers de l'aménagement hydro-électrique CNR de Caderousse ainsi que la répartition des individus entre les deux bras du delta de Camargue (Grand Rhône / Petit Rhône). Des portes de détection acoustiques ont été installées sur le linéaire des différentes voies de dévalaison possibles (l'usine, le vieux Rhône ou l'écluse) ainsi qu'en Arles et à Fourques. Sur un total de n= 234 anguilles marquées, n=73 anguilles ont été détectées en dévalaison, principalement la nuit. La majorité des anguilles marquées (n=59) ont franchi l'aménagement de Caderousse par l'usine et n=14 ont emprunté le vieux Rhône (barrage). Aucune anguille n'a été détectée en dévalaison via l'écluse. Seulement n=16 anguilles ont été détectées en Arles, aucune à Fourques.

### **ABSTRACT**

The objective of the study presented here was to better understand the routes of silver eels downstream migration through the CNR hydroelectric scheme in Caderousse as well as the distribution of individuals between the two arms of the Camargue delta (Grand Rhône / Petit Rhône). Acoustic detection gates were deployed along the different possible migration routes (the power plant, the bypass section or the lock) as well as in Arles and Fourques. Out of a total of n= 234 tagged eels, n=73 eels were detected during the downstream migration, mainly at night. The majority of the tagged eels (n=59) crossed the Caderousse hydroelectric scheme via the power plant route and n=14 used the bypass section route. No eels were detected during the downstream migration via the lock. Only n=16 eels were detected in Arles, none in Fourques.

### **MOTS CLES**

Aménagement, Anguilles, Dévalaison, Rhône, Télémétrie

## 1 INTRODUCTION

L'objectif de l'étude présentée ici était de mieux connaître le cheminement des anguilles argentées en phase de dévalaison au travers de l'aménagement hydro-électrique de Caderousse (Compagnie Nationale du Rhône – CNR) ainsi que la répartition des individus entre les deux bras du delta de Camargue (Grand Rhône / Petit Rhône). L'approche mise en œuvre repose sur 4 actions : (1) capturer et marquer (implantation chirurgicale d'un émetteur acoustique) des anguilles, préalablement identifiées comme argentées (stade Durif  $\geq$  III – Durif et al., 2005) en amont de l'aménagement de Caderousse (Pk214.0), (2) relâcher les individus marqués au centre de la zone de capture (Pk200.5) (3) enregistrer leur passage dans les voies de dévalaison possibles à travers l'aménagement hydroélectrique (écluse, canal d'amenée - usine et canal de fuite, barrage - Rhône court-circuité-RCC) et (4) savoir si les individus dévalant qui arrivent en amont de la diffluence (début du delta) utilisent soit le Petit Rhône (Fourques- PK281.0) soit le Grand Rhône (Arles -Pk282.5) ; proxy d'une arrivée en mer Méditerranée par l'un des deux bras du delta). Cette expérimentation a été menée sur trois ans pour intégrer différentes conditions environnementales en termes de débit, de température de l'eau ou de fonctionnement de l'usine par exemple.

## 2 METHODES

Des portes de détection, composées d'un hydrophone installé sur chaque rive du Rhône permettant de détecter les émissions sonores des marques, ont été installées sur le linéaire des différentes voies de dévalaison possibles ainsi qu'en Arles et à Fourques. A noter qu'après l'aménagement de Caderousse, deux autres aménagements doivent être franchis par les anguilles avant d'arriver en Arles : l'aménagement d'Avignon (Pk233.0) et l'Aménagement de Beaucaire (Pk263.0). Les portes de détection (Pk218.0, Pk220.0 et Pk282.5) sont des passages « obligés » pour les anguilles marquées ayant entamé une dévalaison. Des tests de la qualité d'écoute des portes de détection ont montré qu'il est peu probable de ne pas entendre une marque passant par la porte (télémétrie passive). Pour mieux évaluer le comportement des anguilles entre le marquage et leur dévalaison, des campagnes de suivi mobile (télémétrie active) ont été organisées pour tenter de localiser les individus marqués n'ayant pas encore dévalé.

L'équipe opérationnelle de l'étude était constituée par des personnels d'INRAE, renforcés par des personnels de CNR, MRM, OFB, Fédérations de pêche locales et des pêcheurs professionnels.

## 3 RESULTATS

Un total de  $n= 234$  anguilles ont été marquées (masse minimum = 600 g) lors des 3 années de capture marquage (2018 à 2020).  $N=73$  anguilles ont été détectées en dévalaison, principalement la nuit. La majorité des anguilles marquées qui franchissent l'aménagement de Caderousse,  $n=59$  utilisent la voie de l'usine et  $n=14$  la voie du RCC (Tableau I). Aucune anguille n'a été détectée dans le Petit Rhône (Fourques). Seulement  $n=16$  anguilles sont arrivées en Arles (Grand Rhône) et 20 % des anguilles détectées à l'aval de l'aménagement (Pk218) n'arrivent pas au Pk220. Un effet marquage était observé avec  $n=20$  individus ayant dévalé au cours des 10 j après leur remise à l'eau. Les anguilles dévalaient en se déplaçant assez vite (1 à 3 m s<sup>-1</sup> sur deux km) et 2/3 de celles qui arrivent en Arles ont mis moins de 45h (0.4 m/s) pour parcourir 62 km dont le franchissement de deux aménagements. Une augmentation forte de débit et une température de l'eau basse semblent être un couple de facteurs environnementaux très influant dans le déclenchement de la dévalaison (Figure 1). Enfin,  $n=93$  individus marqués n'ayant pas encore dévalé ont été détectés au moins une fois au cours d'un suivi mobile et  $n= 68$  n'ont jamais été contactés.

Tableau I : Effectif d'anguilles argentées ayant traversé l'aménagement hydroélectrique de Caderousse au cours des trois premières années de l'étude. Une année de suivi s'écoulait du 1<sup>o</sup> mai d'une année au 30 avril de l'année suivante. Le suivi a démarré le 1<sup>o</sup> mai 2018. Les effectifs sont présentés par voie de dévalaison (RCC ou Usine ; pas de dévalaison enregistrée par l'écluse) et par stade d'argenture des anguilles marquées (FII à FV pour les femelles et MD pour les mâles).

Année de suivi	Route du RCC						Route de l'Usine						Total
	FII	FIII	FIV	FV	MD	Total	FII	FIII	FIV	FV	MD	Total	
<b>An#1</b>		<b>1</b>		<b>3</b>		<b>4</b>	<b>1</b>	<b>13</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>20</b>	<b>24</b>
<b>An#2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>		<b>7</b>	<b>19</b>	<b>4</b>	<b>2</b>		<b>25</b>	<b>32</b>	
<b>An#3</b>	<b>3</b>					<b>3</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>1</b>		<b>14</b>	<b>17</b>

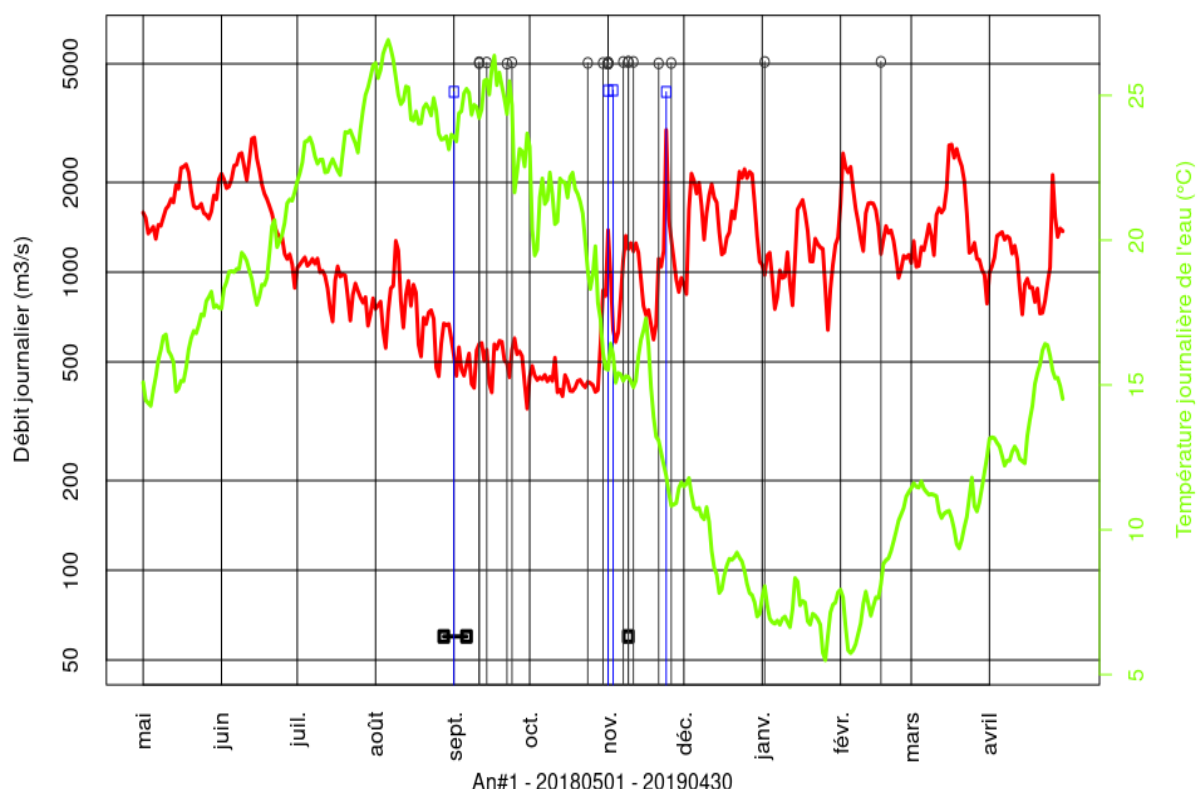


Figure 1 : Chronique de débit moyen journalier à Chusclan (Pk208.06 – zone de marquage des anguilles) en rouge (échelle log) et de température de l'eau moyenne journalière à l'usine de Bollène (Pk189 – zone de marquage des anguilles) en vert pour la première année de suivi (An#1). Les dates de marquage des anguilles sont représentées par des carrés, joints par une ligne si plusieurs jours consécutifs. Les premières détections des anguilles argentées en dévalaison sont représentées par des ronds noirs pour celles qui ont emprunté la voie de l'Usine et par des carrés bleus pour celles qui ont emprunté la voie du RCC.

## 4 DISCUSSION

Sur n=234 anguilles argentées marquées et relâchées en amont de l'aménagement hydroélectrique de Caderousse (CNR) 31 % ont dévalé au cours des trois premières années du suivi. La majorité (80%) franchissent l'aménagement par la voie de l'Usine et 20 % par la voie du RCC. Le passage par l'usine implique un passage par les turbines (prise d'eau sous la surface) ou par un déchargeur (en surface). Le passage par le RCC implique un passage par l'ouverture des portes du barrage dimensionnée en fonction du débit en amont de l'aménagement et du fonctionnement de l'usine. Aucune anguille n'a dévalé par l'écluse. Seulement 22 % (13 % à 29 % selon les années de suivi) d'entre elles arrivent en Arles (via le Grand Rhône uniquement).

Parmi les anguilles argentées qui ont déclenché un comportement de dévalaison presque 80% s'arrêtent avant Arles. Mais, selon la voie de dévalaison empruntée, 15% des anguilles en dévalaison n'arrivent pas au Pk220 (2 km après leur dernière détection à l'aval de l'aménagement) après un franchissement de l'aménagement par l'Usine (n=9) et 21 % après un franchissement par le RCC (n=3).

Le déclenchement de la dévalaison semble conditionné principalement par une forte montée du débit. La durée du jour (< 12h), le stade Durif (les proportions de FIV et FV par rapport aux effectifs marqués sont plus importantes que pour les FIII), le marquage (n=20 (27% des détections) individus dévalent dans les 10 jours qui suivent le marquage) et la phase lunaire (autour de la nouvelle lune) semblent aussi jouer un rôle qu'il faudra quantifier.

Parmi les individus n'ayant pas dévalé, les suivis mobiles ont permis de contacter 40 % des individus marqués et 29 % des anguilles marquées n'ont jamais été contactées (ni en dévalaison, ni en mobile).

L'étude présentée ici est la première expérience d'évaluation de la voie de dévalaison privilégiée par les anguilles argentées pour franchir un aménagement hydroélectrique type du Rhône. Nous avons pu montrer que plus de 80 % des anguilles en dévalaison passent par l'Usine. Les prochaines étapes à réaliser pour mieux comprendre la dévalaison des anguilles argentées du Rhône sont :

- la quantification des flux d'anguilles argentées dévalantes ;
- la caractérisation de l'état sanitaire des anguilles dévalantes et l'estimation de leur potentiel de fertilité/fécondité ;
- la recherche des facteurs environnementaux qui pourraient stimuler la dévalaison ;
- l'évaluation de l'effet du cumul des aménagements sur le taux d'échappement des anguilles sur le Rhône ;
- la quantification des effets potentiels de la prédation, par le silure notamment, sur la population d'anguilles dévalantes.

## BIBLIOGRAPHIE

Durif, C., Dufour, S. and Elie, P. 2005. The silvering process of *Anguilla anguilla*: a new classification from the yellow resident to the silver migrating stage. *J. Fish. Biol.*, 66 (4), 1025–1043.