



**UFR SCIENCES & TECHNIQUES COTE BASQUE**

Université de Pau et des Pays de l'Adour

**Licence Professionnelle Espaces Naturels**

Option Biologie Appliquée aux Ecosystèmes Exploités

# **La reconquête partielle du Gardon par *Alosa fallax rhodanensis***

MORANDI Charline

Stage effectué du 02 Mars au 26 Juin 2015 au sein de l'association  
Migrateurs Rhône Méditerranée à Arles sous la direction de  
M.MUTEL

*"Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la  
responsabilité de l'Entreprise ou du Laboratoire d'accueil"*







**UFR SCIENCES & TECHNIQUES COTE BASQUE**

Université de Pau et des Pays de l'Adour

**Licence Professionnelle Espaces Naturels**

Option Biologie Appliquée aux Ecosystèmes Exploités

# **La reconquête partielle du Gardon par *Alosa fallax rhodanensis***

MORANDI Charline

Stage effectué du 02 Mars au 26 Juin 2015 au sein de l'association  
Migrateurs Rhône Méditerranée à Arles sous la direction de  
M.MUTEL

*"Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la  
responsabilité de l'Entreprise ou du Laboratoire d'accueil"*



## Remerciements

Tout d'abord je tiens à remercier M. Jean-Claude MONNET, président de l'association Migrateurs Rhône-Méditerranée (MRM) ainsi qu'Isabelle LEBEL, directrice générale pour m'avoir accueillie au sein de la structure.

Je remercie également mon maître de stage Marius MUTEL, technicien hydrobiologiste en charge des affluents rive droite du Rhône, pour sa disponibilité, son aide et ses conseils tout au long du stage.

Merci à tous les autres membres de l'équipe MRM ; Joëlle OLIVE assistante administrative et comptable, Géraldine VERDOT chargée de communication, Yann ABDALLAH chargé d'études, Damien RIVOALLAN, Mathieu GEORGEON et Pierre CAMPTON techniciens hydrobiologistes, pour leur accueil, leur convivialité mais surtout leur partage de connaissances. Une pensée aux autres stagiaires de l'association Noémie, Camille et Alexandre.

J'adresse toute ma gratitude aux partenaires techniques de l'étude :

-Vincent MARTY ; Délégation Interrégionale de l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques Languedoc-Roussillon, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Corse

-Mathieu ROBIN, Patrick FOURCAUT, Philippe BAILLY et David GIRARD ; Service Départemental de l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques du Gard (SD ONEMA 30)

-Jean-Philippe REYGROBELLET, Hugo COULON, François JOURDAIN et Kévin PAJON ; Syndicat d'Aménagement et de Gestion Equilibrée des Gardons (SMAGE)

-Aude TREMIER et Jason CREBASSA; Fédération du Gard pour la pêche et la Protection du Milieu Aquatique (FDAAPPMA 30)

-Charlotte PARENT et Aurore DRUELLES ; Direction Départementale des Territoires et de la Mer (DDTM Gard)

-Bruno MAESTRI et Olivier OBELCOURT ; GSM-Italcementi Group





## Avant-propos

L'association Migrateurs Rhône-Méditerranée est une association de type loi 1901, créée en 1993 et située à Arles. Son but est d'atteindre les objectifs fixés par le PLAN de Gestion des Poissons MIGrateurs (PLAGEPOMI) sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse. L'association agit sous le contrôle du Comité de Gestion des Poissons MIGrateurs (COGEPOMI) du bassin en collaboration étroite avec l'Agence de l'eau, la Délégation de Bassin de la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Rhône-Alpes (DREAL) et l'Office Nationale de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA). Elle assure la coordination technique des actions du PLAGEPOMI, qui s'articulent autour de 6 axes :

- Le suivi de la reproduction et de la migration ;
- L'acquisition de connaissances sur les espèces, les milieux et les usages ;
- Le développement d'outils ;
- L'expertise technique ;
- L'élaboration de tableaux de bord ;
- L'information et la sensibilisation du public.

L'association, présidée par Jean-Claude MONNET Vice Président de la Fédération de Pêche de la Drôme, est dirigée par deux instances :

- Le Conseil d'Administration (23 membres) composé des 20 présidents des fédérations de pêches adhérentes, d'un président, d'un trésorier et d'un secrétaire.
- Un bureau (8 membres décisionnaires) composé d'un président, d'un trésorier, d'un secrétaire et de 5 vice-présidents.

L'équipe opérationnelle est composée de 8 salariés permanents dont la directrice générale, Isabelle LEBEL.

Cette association est financée en 2015 par l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, la Fédération Nationale de Pêche, le Département du Gard, la Région Provence-Alpes-Côte D'Azur, la Région Rhône-Alpes, le Département des Bouches-du-Rhône, le Département de Vaucluse, le Département de la Drôme, la DREAL Rhône-Alpes, l'Europe, la ville d'Arles, la Compagnie Nationale du Rhône, EDF ainsi que par la ville d'Arles. Actuellement, 21 fédérations de pêches et 2 unions régionales sont adhérentes à l'association Migrateurs Rhône-Méditerranée.



## Sommaire

Introduction.....	3
I. Contexte .....	5
I.1. L’Alose feinte du Rhône.....	5
I.2. Conditions de migration et de reproduction.....	7
I.3. Le Gardon .....	8
I.3.1. Caractéristiques générales .....	8
I.3.2. Zone d’étude .....	9
I.3.3. Zoom sur les ouvrages.....	11
II. Méthodes .....	14
II.1. Approche environnementale .....	14
II.1.1. Suivi hydrométrique .....	14
II.1.2. Suivi thermique .....	16
II.1.3. Suivi des ouvrages .....	16
II.2. Approche biologique .....	16
II.2.1. Suivi de la montaison.....	16
II.2.2. Suivi de la reproduction.....	17
II.2.3. Suivis complémentaires.....	17
III. Résultats .....	19
III.1. Approche environnementale .....	19
III.1.1. Suivi hydrométrique .....	19
III.1.2. Suivi thermique .....	23
III.1.3. Suivi des ouvrages .....	24
III.2. Approche biologique .....	27
III.2.1. Suivi de la montaison.....	27
III.2.2. Suivi de la reproduction.....	27
III.2.3. Suivis complémentaires.....	28
IV. Discussions .....	29
IV.1. Analyse de la campagne 2015.....	29
IV.2. Comparaison interannuelle .....	29
IV.3. Intégration des données du Gardon à l’échelle du bassin versant du Rhône.....	31
IV.4. Critique de la méthode.....	33
IV.5. Perspectives.....	34

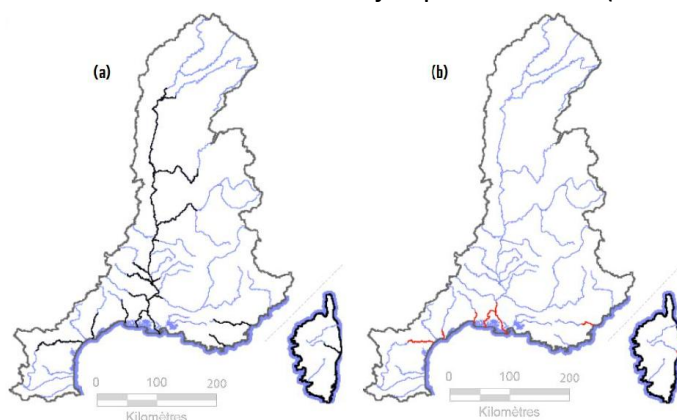
Conclusions.....	38
Bibliographie.....	39
Tables des illustrations .....	42
Liste des annexes.....	43

## Introduction

L'Alose feinte du Rhône (*Alosa fallax rhodanensis* ; Roule, 1924) est une espèce migratrice amphihaline<sup>1</sup>, appartenant à la famille des Clupéidés et au genre *Alosa*. *Alosa fallax rhodanensis* possède de nombreux intérêts tant économique (pêche), scientifique (phénomènes de spéciation et d'hybridation), écologique (diversité des habitats) que patrimonial. Plusieurs paramètres désignent cette espèce comme un indicateur privilégié de la qualité biologique et physique (intégrité du fonctionnement longitudinal) des cours moyens des fleuves (Baglinière et Elie, 2000).

Historiquement, *Alosa fallax rhodanensis* était présente sur une vaste partie du territoire, notamment sur le Rhône (jusqu'au lac du Bourget, soit 600-700 km) et quelques-uns de ses affluents (Keith *et al*, 2011). Le développement des activités anthropiques a progressivement conduit à une artificialisation et à une fragmentation des hydrosystèmes. En effet, l'essor démographique, agricole et industriel au cours du 19<sup>ème</sup> siècle a engendré un accroissement conséquent du nombre de barrages, sous forme d'ouvrages hydrauliques industriels ou de seuils pour l'irrigation. L'altération physique du milieu naturel a ainsi engendré une forte diminution de l'aire de colonisation et d'abondance des aloses, lors de cette période (LeGurun et Lebel, 2010). Cependant, d'autres facteurs sont également responsables du recul des populations, comme les pollutions organiques et chimiques. Les impacts des activités humaines, directs et indirects, se sont cumulés sur une échelle temporelle et spatiale, et leurs actions simultanées ont induit des effets néfastes quant au maintien de ces populations (Baglinière et Elie, 2000).

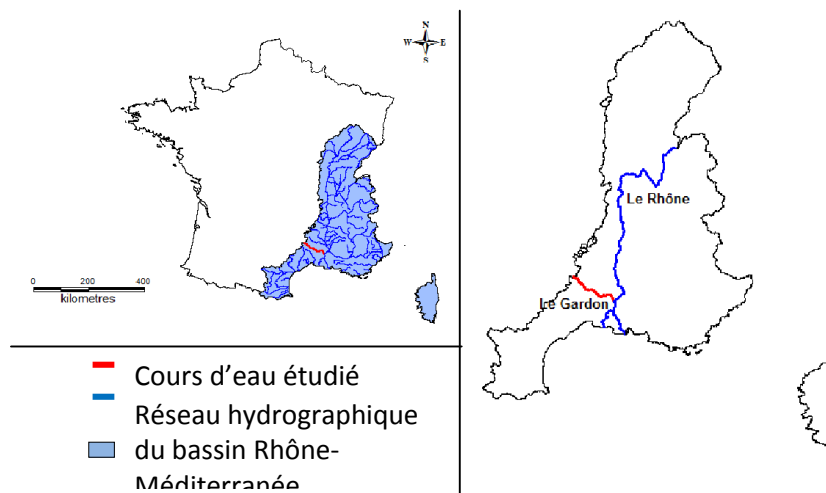
Suite à une prise de conscience de la régression de la population (Fig. 1), un Plan de Gestion des Poissons Migrateurs (PLAGEPOMI) a été instauré en 1993 sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse. Ce PLAGEPOMI avait pour objectif de permettre la remontée d'*Alosa fallax rhodanensis* jusque sur l'Ardèche. Le plan a ensuite été renouvelé en 2004/2009 et les objectifs élargis à d'autres espèces (actions en faveur de l'Anguille, des Lamproies, des Esturgeons) et à d'autres secteurs géographiques (affluents de rive gauche du Rhône et fleuves côtiers). L'actuel PLAGEPOMI 2010-2014, prolongé d'un an, ambitionne le retour des aloses sur le bassin du Rhône jusqu'à la Drôme (DREAL Rhône-Alpes, 2011).



**Figure 1. Aire de migration d'*Alosa fallax rhodanensis* à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle (a) et en 1993 (b). (Source : MRM)**

<sup>1</sup> Espèce migratrice dont le cycle de vie alterne entre le milieu marin et l'eau douce.

Le Gardon, premier affluent du Rhône en rive droite depuis la mer (Fig. 2), a vu ses populations d'aloses considérablement régresser suite à la mise en place de nombreux seuils. Sur tout le linéaire d'étude, du Rhône jusqu'à Remoulins (soit 18 km), sept seuils sont recensés et désormais classés en liste 2 au titre de l'article L214-17 de la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) du 30 décembre 2006 (Légifrance (a)), afin de rétablir le flux migratoire originel jusqu'aux sites historiques de frayères d' *Alosa fallax rhodanensis* et notamment aux gorges du Gardon. La forte mobilisation des acteurs locaux privés et du Syndicat Mixte d'Aménagement et de Gestion Equilibrée (SMAGE) des Gardons depuis 2001 a ainsi permis l'équipement de ces ouvrages et le décroisement effectif de l'axe en 2011 (équipement du seuil aval de la confluence).



**Figure 2. Localisation du Gardon et des bassins Rhône-Méditerranée et Corse (Source : MRM)**

Suite au décroisement de l'axe en 2011, l'association Migrateurs Rhône-Méditerranée (MRM) en collaboration avec l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA) a engagé en 2012, un suivi de la recolonisation du Gardon par *Alosa fallax rhodanensis* sur trois ans. Cependant, des résultats très contrastés ont été observés, en lien avec des conditions abiotiques diverses et une modification du contexte migratoire (augmentation des débits réservés au 1er janvier 2014 (article L214-18 de la LEMA)).

L'objectif de la campagne 2015 est de compléter les données démontrant la reconquête, la reconquête partielle ou l'absence de reconquête du bas Gardon par *Alosa fallax rhodanensis*.

Cette étude se base sur deux approches ; une approche environnementale au cours de laquelle les facteurs influençant la migration (le débit, la température et la fonctionnalité des ouvrages), sont suivis afin d'estimer si les conditions de migration sont optimales pour la reconquête théorique du Gardon. Puis, une approche biologique où est réalisée un suivi d'*Alosa fallax rhodanensis* lors de la montaison diurne, la reproduction nocturne ainsi que par des données complémentaires, afin de vérifier si, pour les conditions de migration observées, la reconquête est effective.

## I. Contexte

### I.1. L'Alose feinte du Rhône

L'Alose feinte du Rhône (*Alosa fallax rhodanensis*; Roule, 1924) est une espèce migratrice amphihaline potamotoque<sup>2</sup> appartenant à la famille des Clupéidés et au genre *Alosa*, même si la systématique et la taxonomie des Clupéidés reste incertaine (Baglinière et Elie, 2000). Cette espèce est inféodée au bassin méditerranéen français et notamment au bassin du Rhône.

Au niveau morphologique, l'Alose feinte (*Alosa fallax*) possède un « corps fusiforme, une tête étroite latéralement comprimée et une coloration bleue brillante sur le dos » (Keith *et al.*, 2011). *Alosa fallax* a aussi une dorsale courte et est dépourvue de ligne latérale (Carry, 2006). *Alosa fallax rhodanensis* a la particularité de posséder une tache noire au dessus de l'opercule, suivie de 5-6 autres plus petites sur la partie supérieure des flancs (Fig.3), et est légèrement plus grande qu'*Alosa fallax fallax* (Adam et Geniez, 2011).



Figure 3. *Alosa fallax rhodanensis* (Source : MRM)

Le cycle de vie d'*Alosa fallax rhodanensis* alterne entre l'eau douce et l'eau salée (Fig. 4). Son cycle est séparé en quatre phases :

- La migration anadrome des adultes de mars à juin
- La reproduction d'avril à juin
- La dévalaison des juvéniles durant l'été et l'automne
- La croissance en mer des alosons durant 3 à 5 ans

---

<sup>2</sup> L'individu vit en mer mais naît et se reproduit en eau douce

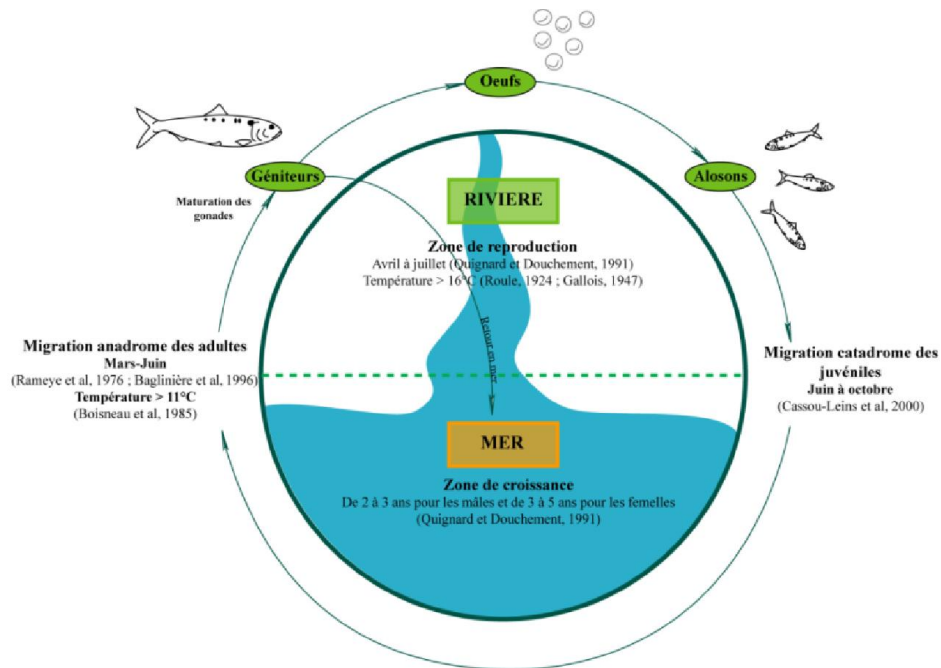


Figure 4. Cycle de vie de l'Alose feinte du Rhône (Source : MRM)

La migration anadrome des adultes est rythmée par une phase de montaison diurne et une phase de reproduction nocturne. Le caractère itéropart<sup>3</sup> de cette espèce lui permet de se reproduire plusieurs fois : 5 à 6 fois en moyenne (Baglinière et Elie, 2000). L'acte de reproduction est appelé un « bull » (Fig.5). A la surface de l'eau, les mâles et les femelles, flanc contre flanc, frappent violemment l'eau avec leur nageoire caudale, tout en effectuant un déplacement circulaire (diamètre de 1 à 1,2m). Lors de cette phase, les gamètes sont libérés et la fécondation a lieu par le vortex ainsi créé. Les poissons, par leurs mouvements, projettent des gerbes d'eau et émettent un bruit particulier rendant cette phase bruyante. Cette action dure de deux à dix secondes.



Figure 5. Acte de reproduction (Source : MRM)

<sup>3</sup> Organisme possédant la capacité de se reproduire plusieurs fois



Cette espèce possède plusieurs statuts de protection à l'échelle internationale, européenne et nationale (Fig. 6).

<p style="text-align: center;"><u>A l'échelle Internationale</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Annexe III de la Convention de Berne (Council Of Europe, 2015)</li> <li>• Annexe III de la Convention de Barcelone (MedPan, 2015)</li> <li>• Préoccupation mineure sur la liste rouge mondiale (INPN, 2015)</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><u>A l'échelle Nationale</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Liste des espèces de poissons protégées (arrêté du 8 décembre 1988) (INPN, 2015).</li> <li>• Arrêté préfectoral de protection de biotope (circulaire n° 90-95 (92-2115) du 27 juillet 1990 relative à la protection des biotopes nécessaires aux espèces vivant dans les milieux aquatiques (Légifrance (b))</li> <li>• Vulnérable sur la liste rouge des poissons d'eau douce de France métropolitaine (INPN, 2015).</li> <li>• PLAGEPOMI pour la conservation et la restauration de leurs populations.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><u>A l'échelle Européenne</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Préoccupation mineure sur la liste rouge européenne (INPN, 2015)</li> <li>• Annexe II et Annexe V de la Directive Habitats-Faune-Flore (92/43/CEE) (INPN.MNHN, 2015)</li> </ul>	

**Figure 6. Statuts de protection de l'espèce**

## **I.2. Conditions de migration et de reproduction**

De nombreux facteurs influencent la migration anadrome d'*Alosa fallax rhodanensis*. Cependant, trois facteurs ont un rôle particulièrement important :

### ***Le débit***

Les conditions hydrologiques influent fortement sur la migration de l'Alose feinte du Rhône. Son comportement migratoire est caractérisé, en partie, par une attraction vis-à-vis du courant principal (rhéotactisme positif). En effet, une hausse du débit incite les aloses à débiter leur migration. Cependant une trop brusque hausse du débit peut quant à elle l'inhiber (Baglinière et Elie, 2000).

### ***La température de l'eau***

Une température supérieure à 11°C est nécessaire pour permettre l'activité migratoire. En effet, il s'agit du seuil thermique minimal en deçà duquel l'activité migratoire est faible ou inexistante. De plus, une température supérieure à 16°C permet l'activité de reproduction (Baglinière et Elie, 2000).

## Les ouvrages

La présence d'ouvrages sur l'axe migratoire influence fortement la migration. En effet, *Alosa fallax rhodanensis* a une très faible aptitude au saut et donc une faible capacité de franchissement des obstacles. On estime que la chute d'eau d'un ouvrage ne doit pas dépasser vingt centimètres pour être franchissable. Enfin, cette espèce est grégaire, elle se déplace en bancs. Un dispositif trop étroit désorganise les poissons et entraîne un comportement dit de « fall-back activity » (Larinier et Travade, 1992). Les aloses font alors des allers et retours fréquents, ce qui renforce la difficulté de franchissement. D'après l'étude de Larinier et Travade de 1992, une efficacité de 50 % des passes à poissons est considérée comme excellente pour les aloses.

**Dans certaines conditions, ces trois facteurs peuvent limiter le comportement migratoire et reproducteur des aloses. Le retard qu'ils causent peut amener les géniteurs à choisir des frayères de moins bonne qualité dites de « substitutions» (Baglinière et Elie, 2000).**

### I.3. Le Gardon

#### I.3.1. Caractéristiques générales

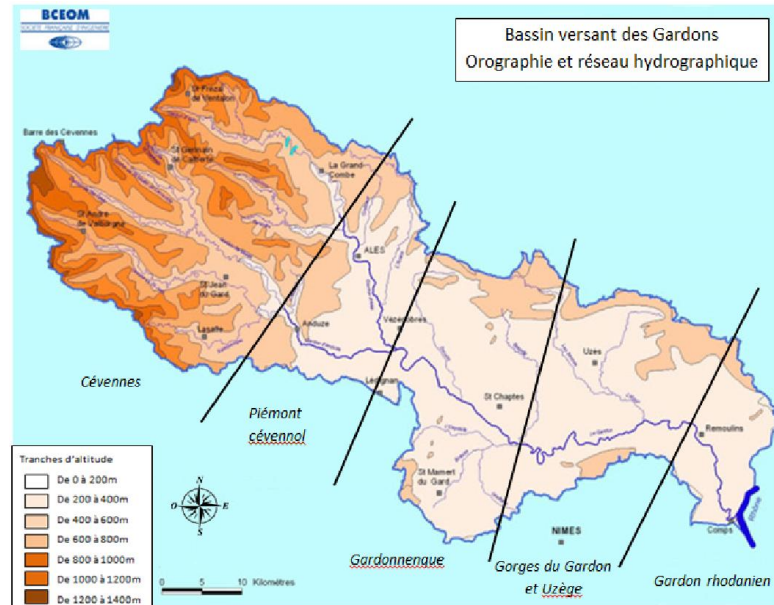
Le Gardon est le premier affluent du Rhône en rive droite depuis la mer. Il prend sa source au niveau des crêtes des Cévennes, en Lozère, sur la ligne de partage des eaux atlantiques et méditerranéennes. Son bassin versant s'étend sur plus de 2 000 km<sup>2</sup>, majoritairement (80%) dans le Gard.

La diversité hydroclimatique du bassin du Rhône entraîne une grande variabilité de conditions hydrologiques, notamment durant la période de migration des aloses (Bravard, 1987). Le régime hydraulique du Gardon est, de ce fait, très variable (Tableau 1). En effet, les pluies violentes et soudaines des Cévennes peuvent entraîner des crues importantes (Qix<sup>4</sup>: 6 700 m<sup>3</sup>/s) en automne, tandis que des assècs peuvent toucher certains secteurs durant plusieurs mois en été.

**Tableau 1. Liste des QMM (m<sup>3</sup>/s) à Ners (Source : banque hydro)**

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
<b>2008</b>					54,25	38,36	5,06	1,73	0,91	25,32	93,48	56,02
<b>2009</b>	42,87	95,45	13,95	27,9	13,35	3,92	1,03	0,69	0,63	6,72	1,74	8,78
<b>2010</b>	21,01	55,02	40,34	28,83	24,95	8,09	1,45	0,97	8,1	20,61	34,33	66,84
<b>2011</b>	42,11	19,45	84,53	16,07	5,12	2,35	1,08	1,43	1,67	3,16	126,36	13,15
<b>2012</b>	5,98	3,64	2,12	9,71	22,24	6,19	2,16	1,09	1,55	7,12	14,58	15,58
<b>2013</b>	16,83	11,03	79,52	25,73	31,63	11,11	3,42	2,1	5,54	19,43	9,23	12,02
<b>2014</b>	58,89	59,78	17,16	7,14	4,51	2	4,84	1,48	41,96	73,4	114,57	45,25

<sup>4</sup> Valeur du débit instantané maximal



**Figure 7. Localisation des unités hydrogéographiques du Gardon (Source : BCEOM)**

Le Gardon est composé de cinq unités hydrogéographiques (Fig.7) :

- Les Cévennes
- Le Piémont Cévenol
- La Gardonnenque
- Les Gorges du Gardon et l'Uzège
- Le Gardon Rhodanien ou Bas Gardon

De plus, ce cours d'eau possède plusieurs statuts réglementaires :

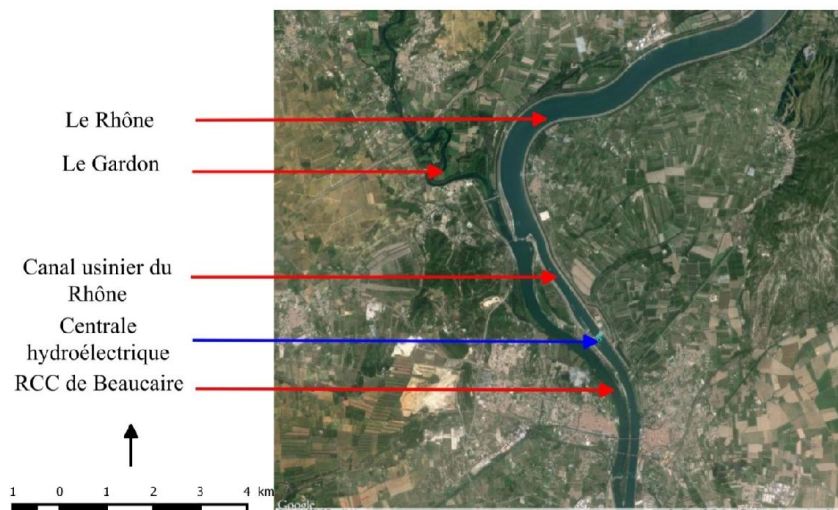
- Classé en « bon état » écologique et chimique (SMAGE des Gardons, 2012)
- Classé comme « cours d'eau à migrateurs » depuis 1990 (décret n°90-260)
- Classé Liste 1 et 2 (selon la zone) par l'article L214-17 du Code de l'environnement introduit par la LEMA (Légifrance (a))
- La loi Grenelle 1 (2009) + la loi Grenelle 2 (2010) : Mise en place d'une trame bleue en 2012 constituée des cours d'eau classés au titre des listes définies à l'article L.214-17 (Légifrance (c)). Ainsi, les ouvrages étudiés sur le Gardon sont considérés comme ouvrages prioritaires.

### 1.3.2. Zone d'étude

L'étude est réalisée sur le Bas Gardon, entre Remoulins et la confluence avec le Rhône (18 km). Sur ce secteur, la pente est faible à très faible (inférieure à 1‰) permettant ainsi le développement des activités agricoles et touristiques. Malgré des activités anthropiques très présentes sur ce secteur, le cours d'eau a été classé en « bon état » écologique et chimique et comme « cours d'eau à migrateurs » comme mentionné ci-dessus. La portion étudiée est classée liste 2 par la LEMA, ce qui signifie que « *tous les ouvrages doivent être aménagés, gérés et entretenus selon les prescriptions de l'autorité administrative, en collaboration avec le propriétaire* » (Légifrance (a)).

L'étude de l'axe de migration que représente le Gardon, est indissociable du Rhône Court-Circuité (RCC) de Beaucaire (Fig. 8). En effet, l'atteinte du Gardon par les aloses n'est possible que si elles empruntent le RCC aux dépens du canal usinier. Or, les aloses sont attirées par le courant principal (rhéotactisme positif) délivré par la centrale hydroélectrique, qui concentre le débit du Rhône dans le bras usinier au détriment du débit dans le RCC (débit d'équipement : 1 800 m<sup>3</sup>/s). Cependant, il est considéré que le couple RCC-Gardon peut devenir une voie de migration pour les aloses si le débit surversé par le barrage est supérieur à 300 m<sup>3</sup>/s (fixée empiriquement). Autrement dit, le couple RCC-Gardon commence à être attractif seulement si le débit du Rhône est suffisamment élevé (supérieur à 2 100 m<sup>3</sup>/s) pour entraîner une surverse au niveau du RCC de Beaucaire.

En janvier 2014, l'application de la Loi sur l'Eaux et les Milieux Aquatiques (LEMA) a entraîné une augmentation du débit réservé, passant de 5 m<sup>3</sup>/s à 80 m<sup>3</sup>/s. Ce changement du contexte migratoire devait *a priori* favoriser l'attractivité du couple RCC-Gardon.



**Figure 8. Zoom sur la confluence du Gardon avec le Rhône**

### I.3.3. Zoom sur les ouvrages

Sept seuils sont présents dans la zone d'étude (Fig. 9). Néanmoins, des travaux entrepris depuis 2001 ont amélioré la franchissabilité des seuils et ont ainsi contribué au rétablissement théorique du flux migratoire sur près de 25 km du Gardon. En effet, les seuils de Comps, Callet et Bonicoli ont été aménagés afin de permettre le franchissement piscicole. De même, la désolidarisation des blocs du seuil de Fournès lors de la crue de 2003 a rendu ce seuil potentiellement franchissable. Cependant quelques seuils sont encore problématiques malgré les aménagements réalisés. Des difficultés de franchissement des seuils de Beaucaire (le plus en aval), Lafoux et Remoulins sont constatées (Douillard *et al.*, 2014).

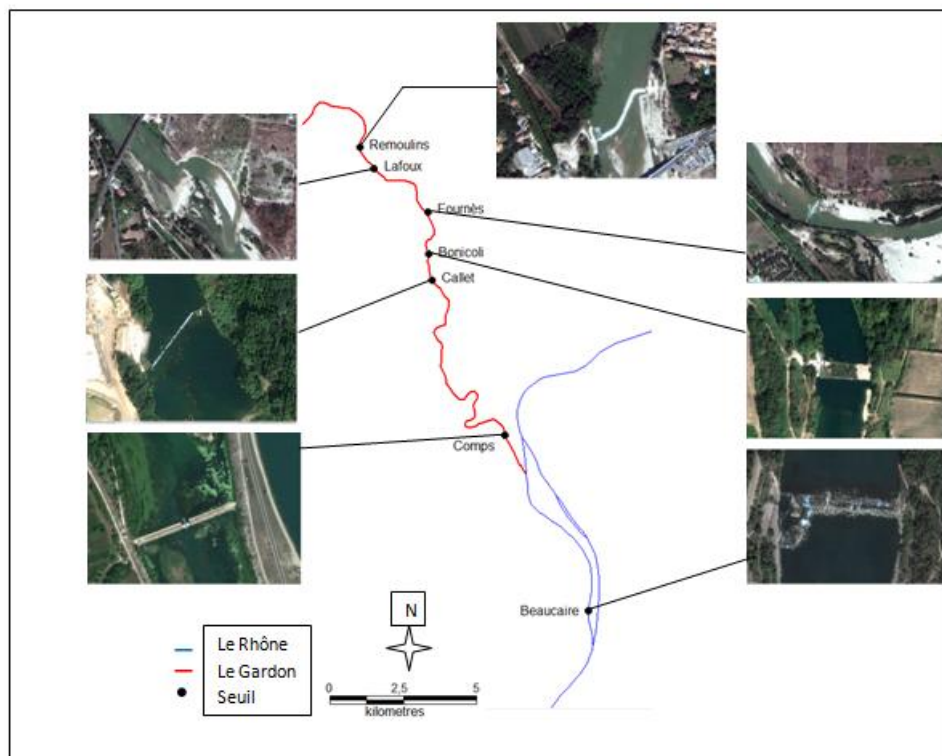


Figure 9. Localisation des seuils sur la zone d'étude (Réalisé à partir de : Google Earth ; MRM)

#### **Seuil de Beaucaire**

Le seuil de Beaucaire, le plus en aval de la zone d'étude, est situé sur le Rhône court-circuité. Il détermine l'accès d'*Alosa fallax rhodanensis* dans le Gardon. De par sa localisation (Fig. 9 et Tableau 2), il est fortement influencé par les débits du Rhône. Lorsque les débits dans le RCC sont inférieurs à  $300\text{m}^3/\text{s}$  (valeur fixée empiriquement), la hauteur de la lame d'eau au niveau de l'entrée piscicole est faible et l'essentiel des écoulements s'effectuent par la passe « à bassins » (pré-barrages). L'absence de rugosité entraîne des vitesses d'écoulements potentiellement limitantes pour l'Alose feinte du Rhône. L'application de la LEMA au 1<sup>er</sup> janvier 2014 a engendré une hausse du débit dans le RCC de Beaucaire (passage de  $5\text{ m}^3/\text{s}$  à  $80\text{ m}^3/\text{s}$ ). Cette modification a provoqué une élévation du plan d'eau amont (Douillard *et al.*, 2014) du seuil de Beaucaire et peut avoir renforcé la difficulté de franchissement de la passe à poissons. De plus, la chute en aval est trop importante.

Tableau 2. Les sept seuils de l'aval à l'amont (Sources : ONEMA ; MRM)

Code ROE	Nom	Date de création de la passe	Date création du seuil	Distance à la mer	Fonction	Propriétaire	Passe à poissons	Photos
30973	Beaucaire	2002	1977	66 km	Maintenir la ligne d'eau et le profil	Compagnie Nationale du Rhône (CNR)	Passe à bassins/pré-barrages	
33873	Comps	2011	1970	70km	Stabiliser le lit	CNR	Passe à bassins à cloisons déversantes	
33894	Callet	2009	1980	78,3km	Stabiliser le lit près d'une carrière	GSM Italcementi Group	Passe de type rustique à macro-rugosités	
33917	Bonicoli	2008	1975	79,2km	Relever le niveau du lit mineur	SMAGE des Gardons	Passe à bassins successifs à fentes verticales	
33947	Fournès		1970	83km	aucune	SMAGE des Gardons	Aucune mais franchissable (séparation des blocs suite aux crues de 2002-2003)	
33955	Lafoux	1988	1865	83,4km	Maintenir le niveau d'eau en amont et permettre la prise d'eau du canal	ASA	Passe à bassins successifs (abandonnée)	
33959	Remoulins	2007	2007	84,3km	Capter l'eau potable des communes de Castillon et de Remoulins	SMAGE des Gardons	Passe de type rustique à macro-rugosités	

## ***Seuil de Lafoux et de Remoulins***

Les seuils de Lafoux et de Remoulins, distants de 700m, sont étroitement liés au niveau de leur fonctionnement et de leur franchissabilité.

- **Seuil de Lafoux**

Le seuil de Lafoux a été partiellement détruit lors des crues (2002-2003) et un contournement en rive gauche s'est naturellement créé. Un seuil fusible a été mis en place pour limiter l'écoulement par le contournement et maintenir la cote du plan d'eau amont. Le seuil fusible en enrochement n'est pas franchissable.

- **Seuil de Remoulins**

L'ouvrage de Remoulins a été aménagé en 2007 par une passe à macrorugosités qui est fonctionnelle dans les conditions hydraulique normale.

Ainsi, le fonctionnement de la passe de Remoulins est conditionné par la cote du plan d'eau du seuil de Lafoux. Si le seuil fusible de Lafoux est détruit, la cote du plan d'eau amont est abaissée d'environ 30 cm, ce qui provoque un décrochement de la passe de Remoulins. En revanche, si le seuil fusible est maintenu, le seuil de Lafoux n'est pas franchissable. En conclusion, lorsqu'un des seuils est franchissable, l'autre ne l'est pas (SMAGE des Gardons, 2012).

Pour résoudre ce dysfonctionnement, plusieurs scénarios ont été envisagés, dont le maintien ou la suppression du contournement du seuil de Lafoux (SMAGE des Gardons, 2012). Une évolution du devenir de ces deux seuils est envisagée puisque le seuil de Lafoux a été construit pour alimenter le Canal de Beaucaire, qui sert à l'irrigation principalement et qu'actuellement, l'Association Syndicale Autorisée (ASA) propriétaire de l'ouvrage envisage d'abandonner son droit d'eau.

## II. Méthodes

La stratégie méthodologique de cette étude se base sur l'expérience menée par MRM sur le Vidourle depuis 2005 (Abdallah, 2005), ainsi que sur le déroulement des campagnes précédentes sur le Gardon (Abadie *et al.*, 2012 ; Joyeux *et al.*, 2013 ; Douillard *et al.*, 2014). Elle repose sur une approche environnementale (température, débit, ouvrage) et sur une approche biologique (observations diurnes, nocturnes et complémentaires).

### II.1. Approche environnementale

Afin de vérifier que les conditions du milieu, tant naturelles (température, débit) qu'anthropiques (ouvrages) ne soient pas limitantes, ces trois derniers paramètres ont été suivis.

#### II.1.1. Suivi hydrométrique

Le comportement migratoire d'*Alosa fallax rhodanensis* est caractérisé, en partie, par une attraction vis-à-vis du courant principal (rhéotactisme positif). Les valeurs de débit du RCC de Beaucaire, par rapport aux valeurs de débit du canal usinier du Rhône, conditionnent la remontée des aloses dans le Gardon.

Afin de prendre en compte ce paramètre, quatre stations sont suivies :

- Le Gardon à Remoulins
- Le Rhône (union RCC et canal usinier à Tarascon)
- Le RCC de Beaucaire
- Le canal usinier du Rhône

Les valeurs de débit quart d'heure par quart d'heure des 2 premières stations sont obtenues directement sur le site du Ministère de l'Environnement ([www.vigicrues.gouv.fr](http://www.vigicrues.gouv.fr)), du 12 mars au 25 juin pour le Gardon et du 1 mars au 9 juin pour le Rhône. Les valeurs de débit journalier du RCC sont obtenues sur [www.banque.hydro.fr](http://www.banque.hydro.fr) du 1 mars au 30 juin. Enfin les débits journaliers du canal usinier du Rhône sont calculés :  $Q_{\text{Rhône}} = Q_{\text{RCC}} + Q_{\text{Gardon}}$ .

Le traitement statistique des données interannuelles est réalisé à partir des valeurs de débits moyens journaliers du RCC de 2012 à 2015 sur la période du 1 mars au 30 juin, à l'aide du logiciel R. Une analyse de variance (ANOVA) est réalisée pour déterminer les éventuelles différences hydrométriques entre année. Au préalable, l'indépendance, la normalité (test de Shapiro-Wilk) et l'homogénéité des variances (test de Bartlett ou Levene si la normalité n'est pas respectée) sont vérifiées. L'ANOVA est suivie d'un test *a posteriori* HSD de Tukey pour identifier les années qui diffèrent. Cependant, si les conditions d'applications du test ANOVA ne sont pas respectées, un test non paramétrique de Kruskal Wallis est réalisé, suivi d'un test post-hoc des comparaisons multiples.



FICHE SYNTHÈSE OUVRAGE DU GARDON AVAL

Paramètres généraux :				
Nom de l'observateur :	Météo:	Ensoleillé/Couvert/Pluie		
Date :	Vent :	Absent/Faible/Moyen/Fort		
Nom de la passe :	Hydrologie :	Basses eaux/Moyennes eaux/Hautes eaux		
Cours d'eau :	Température :			
	Débit :			
Environnement proche de la passe :				
Mouvement des atterrissements de sédiments :				
Changement dans les veines de courants :				
Remarque :				
Etat de la passe :				
Obstruction de la passe :	Oui/Non Faible/Moyenne/Elevé			
Nature de l'embâcle :	Nombre : Matériaux : Difficulté d'évacuation	Faible/Moyenne/Elevé		
Colmatage de la passe :	Nul /faible/moyen/élevé Matériaux :			
Remarque :				
Etat d'encombrement:	Absent	Faible	Moyen	Elevé
Observation de la migration :				
Présence de poissons :	Entrée d'ouvrage piscicole : Dans l'ouvrage : Sortie d'ouvrage piscicole :	Oui/non Oui/non Oui/non	Espèces :	
Franchissabilité :	Mauvaise/Moyenne/Bonne Hauteur de chute aval:	Adapté/Inadapté		
	Hauteur de chute max : Difficultés de passage :	Hauteur si inadapté Adapté/Inadapté		
	Espèces rare :			
Attractivité :	Faible/Moyenne/Bonne			
Remarque :				
Difficulté de migration :	Très faible	Faible	Moyenne	Evidente
Photos :				
Etat global de l'ouvrage :	Très faible	Faible	Moyenne	Evidente

Figure 10. Fiche de suivi de l'état des ouvrages (Source : MRM)

### II.1.2. Suivi thermique

Le suivi thermique est réalisé sur le Gardon à l'aide d'une sonde enregistreuse de type Prosensor HOBO U22-001 afin de vérifier que ce facteur n'est pas limitant pour la migration et la reproduction. Elle est positionnée dans la passe à poissons du seuil de Bonicoli par MRM (période du 18 mars 16 juin 2015). La sonde enregistre quotidiennement la température, à raison d'une mesure par heure. Les données thermiques du Rhône sont transmises par EDF Aramon.

Le traitement statistique des données est réalisé à partir des valeurs de températures moyennes journalières du 17 avril au 16 juin pour les années de 2012 à 2015, à l'aide du logiciel R, de la même manière que pour le traitement des données hydrométriques.

### II.1.3. Suivi des ouvrages

Un suivi de l'état physique général des passes à poissons est réalisé afin de vérifier que l'ouvrage fonctionne dans les conditions pour lesquelles il a été dimensionné.

Ce suivi est basé sur le renseignement d'une fiche de synthèse pour chaque ouvrage (Fig.10). Plusieurs paramètres sont précisés, à la fois sur l'état global de l'ouvrage que ponctuel (embâcle nécessitant une intervention humaine), ainsi que sur le fonctionnement et l'environnement de celui-ci. Le croisement des observations (dans un barème qualitatif) permet de noter l'état global de l'ouvrage (excellent, bon, moyen, mauvais). Un suivi photographique vient compléter les fiches.

Une visite hebdomadaire sur chacun des seuils a été effectuée, sur la période du 16 avril au 1<sup>er</sup> juin 2015.

## II.2. Approche biologique

Afin de confirmer la présence d'*Alosa fallax rhodanensis* sur le Gardon et sa reproduction, des observations diurnes et nocturnes ont été réalisées.

### II.2.1. Suivi de la montaison

Le suivi de la montaison s'était déroulé les années précédentes par des observations diurnes et par la mise en place d'un piège à l'intérieur des passes à poissons. Ce suivi avait mis en exergue un lien étroit entre l'observation d'*Alosa fallax rhodanensis* en aval d'une passe à poissons et son franchissement peu de temps après (Joyeux *et al.*, 2013). Le suivi de la montaison des aloses sur le Gardon est ainsi réalisé cette année par de simples observations diurnes en pieds d'ouvrages.

Entre le 16 avril et le 1 juin, 8 sorties d'observations ont été réparties de manière hebdomadaire. Les observations se sont déroulées en pieds d'ouvrages des seuils de Callet et de Bonicoli à l'aide de lunettes polarisantes. La durée d'observation a été fixée à 15 minutes sur chaque site.

Les sites de Callet et Bonicoli ont été sélectionnés car la clarté de l'eau facilite les observations, ils se trouvent juste en aval de la frayère naturelle de Fournès et ils constituent les deux sites de frayère de substitution du Gardon.

### II.2.2. Suivi de la reproduction

Le suivi de la reproduction permet d'obtenir un indice de présence de l'espèce sur les différentes frayères et d'évaluer ainsi la reconquête des aloses dans l'espace et le temps. De manière indirecte, il renseigne aussi sur la franchissabilité des ouvrages en aval.

La méthode repose sur le comptage des signes auditifs de la reproduction des aloses (bulls). En effet, l'acte de reproduction est perceptible à l'oreille puisque les bulls peuvent atteindre une intensité sonore de 50 dB (Baglinière et Elie, 2000). Le nombre de bulls effectués sur la frayère et leur localisation sont transcrites sur un schéma. Il est également possible d'apercevoir les remous en surface.

Si un bull dure au minimum deux secondes (Le Corre *et al.*, 1999) et qu'un tour entier est réalisé par les géniteurs (Marchand *et al.*, 2009), il est considéré comme complet. Sinon, il s'agit d'une amorce de bull, qualifiée de parade pré-nuptiale. Si les conditions sont favorables le sens de rotation et/ou le diamètre du bull est noté.

Une fiche est renseignée pour chaque site de frayère suivi (Annexe 1). Elle indique :

- Le nombre et les noms des observateurs
- L'heure de début et de fin du suivi
- L'heure et la durée du bull
- La localisation d'un bull
- Conditions abiotiques : vent, température, couverture nuageuse, Lune...

Pour des raisons de sécurité, le suivi d'une frayère nécessite la présence de deux observateurs. Le nombre de binômes a déterminé le nombre de sites suivis. En effet, ce suivi a sollicité l'aide de nombreux partenaires (ONEMA 30, SMAGE, DDTM, FD30).

La campagne de suivi théorique de 2015 s'est déroulée du 27 avril au 4 juin entre 23h et 4h, de manière à recouvrir la fenêtre d'activité de reproduction des aloses (Quignard et Douchement, 1991 ; Aprahamian *et al.*, 2002). 10 visites réparties sur 3 sites (Fournès, Bonicoli, Callet) ont été réalisées (Annexe 2).

### II.2.3. Suivis complémentaires

#### ***Prospection canoë-plongée***

Une prospection a été réalisée en canoë et en plongée (masque et tuba) le 20 mai. La prospection en canoë permet notamment d'identifier de nouvelles frayères potentielles. Les plongées effectuées en aval des ouvrages contribuent à la localisation de bancs d'aloses et permettent d'estimer, si un ouvrage représente un obstacle à la migration qui pourrait entraîner un retard voire un blocage des aloses.

### ***Données de pêche à la ligne***

Depuis 1997, l'association MRM distribue des carnets de pêche sur le Rhône, ses affluents et les fleuves côtiers. Les carnets sont envoyés par voie postale ou directement donnés sur le terrain. Chaque pêcheur y renseigne des informations sur :

- Le lieu
- La date
- Le temps de pêche
- La technique de pêche
- Le nombre d'aloses capturées et le sexe

L'analyse des carnets retournés en fin de campagne fournit des informations sur la période de migration, l'abondance relative des populations, et/ou le front de colonisation dans les différents axes migratoires.

**De manière générale, les données issues des suivis complémentaires permettront d'étayer celles des suivis de la montaison et de la reproduction, notamment en intégrant les résultats du Gardon par rapport à l'ensemble du Rhône et de ses autres affluents.**

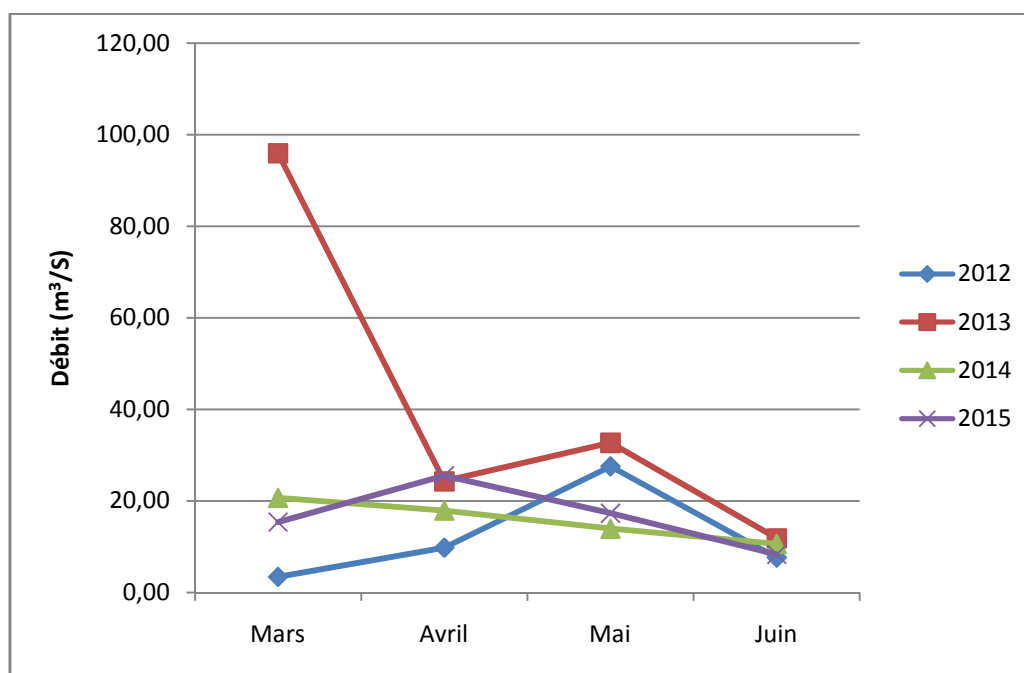
### III. Résultats

#### III.1. Approche environnementale

##### III.1.1. Suivi hydrométrique

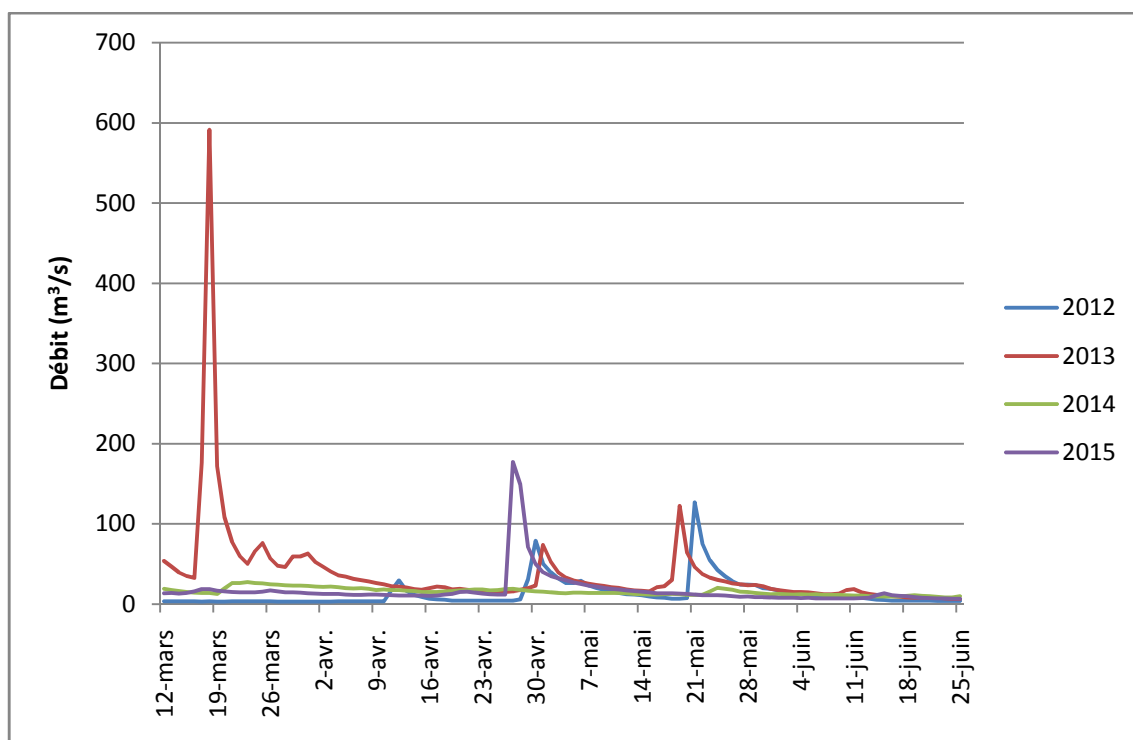
#### Hydrologie du Gardon

Les débits moyens du 12 au 31 mars, d'avril, de mai et du 1 au 25 juin 2015 sont respectivement de  $15,37 \pm 1,60 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $25,50 \pm 39,70 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $17,30 \pm 8,40 \text{ m}^3/\text{s}$  et  $8,32 \pm 1,70 \text{ m}^3/\text{s}$  (Fig.11). Hormis juin, ces valeurs moyennes sont relativement homogènes au cours de la saison. L'analyse des débits journaliers (Fig.12), montre que la valeur des débits moyens mensuels est influencée par les épisodes de crues et non pas par des débits journaliers globalement plus hauts ou plus faibles. Ainsi, la valeur (et l'écart-type) relativement grande du débit d'avril 2015, est engendrée par une crue du 27 au 29 avril (Qix :  $507 \text{ m}^3/\text{s}$  ; Qjmax :  $177 \text{ m}^3/\text{s}$ ).



**Figure 11. Débits moyens mensuels du 12 mars au 25 juin du Gardon des années 2012 à 2015 (Réalisé à partir de : Vigicrue)**

Les conditions hydrologiques du Gardon sont hétérogènes selon les années. En effet l'année 2013 est caractérisée par un très important débit mensuel en mars, tandis que l'année 2014 n'a été impactée par aucune crue printanière durant la saison. Comparativement aux tendances de 2012 et 2013, le débit moyen mensuel d'avril 2015 est légèrement supérieur à celui de mai. Ceci s'explique comme mentionné précédemment, par les débits journaliers. Une crue est survenue fin avril en 2015 tandis que des crues ont eu lieu du 30 avril au 2 mai et du 21 au 25 mai en 2012 et du 1<sup>er</sup> mai au 3 mai et du 18 au 24 mai en 2013 avec des débits journaliers maximums respectivement de  $177 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $79 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $126 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $74 \text{ m}^3/\text{s}$  et  $122 \text{ m}^3/\text{s}$ .



**Figure 12. Débits moyens journaliers du Gardon à Remoulins du 12 mars au 25 juin de 2012 à 2015 (Réalisé à partir de : Vigicrue)**

Cette année 2015 est donc caractérisée par une première crue printanière légèrement plus précoce et plus intense que les années précédentes (excluant 2014) mais également par l'absence de coup d'eau courant mai.

### Hydrologie du Rhône

Les débits moyens de mars, avril, mai et du 1<sup>er</sup> au 9 juin 2015 sont respectivement de  $1\,843 \pm 606 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $1\,785 \pm 624 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $2\,161 \pm 1098 \text{ m}^3/\text{s}$  et  $1\,007 \pm 111 \text{ m}^3/\text{s}$  (Tableau 3). L'analyse des débits journaliers (Fig.13) révèle deux épisodes de crues, un du 31 mars au 8 avril et un second du 29 avril au 12 mai avec des débits maximums instantanés respectivement de  $3\,529 \text{ m}^3/\text{s}$  et de  $4\,452 \text{ m}^3/\text{s}$ .

**Tableau 3. Débits moyens mensuels du Rhône à Beaucaire du 1<sup>er</sup> mars au 9 juin des années 2012 à 2015 (Source : banque hydro)**

Année	Mars	Avril	Mai	1-9 Juin	Moyenne
2012	1 050	1 659	2 286	1846	1 645
2013	2 151	2 608	3 974	2704	2 876
2014	2 115	1 411	1 337	961	1 416
2015	1 843	1 785	2 161	1007	1 699

Le tableau 3 montre que de manière similaire au Gardon, les débits du Rhône en 2013 étaient particulièrement élevés, tandis que ceux de 2014 étaient relativement bas. L'année 2012 est rythmée par 5 épisodes de crues régulières et peu intenses ( $Q_{\max}$  :  $3\,120\text{ m}^3/\text{s}$ ) tandis que l'année 2013 est caractérisée par une période de crue en continue avec un débit journalier maximum de  $6\,600\text{ m}^3/\text{s}$  le 19 mai.

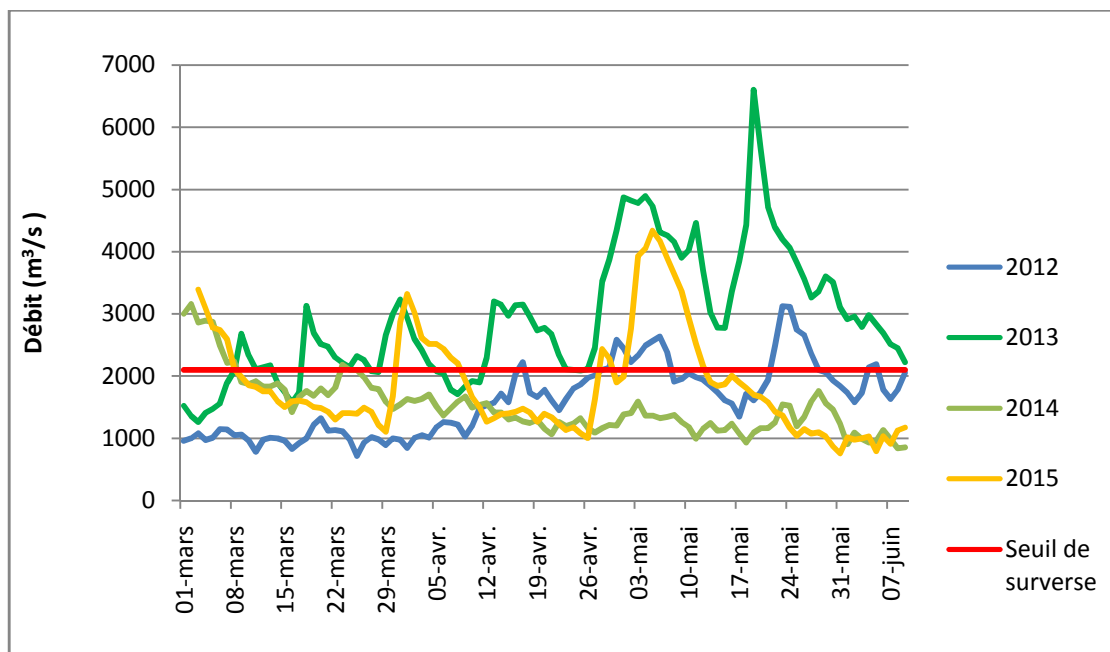
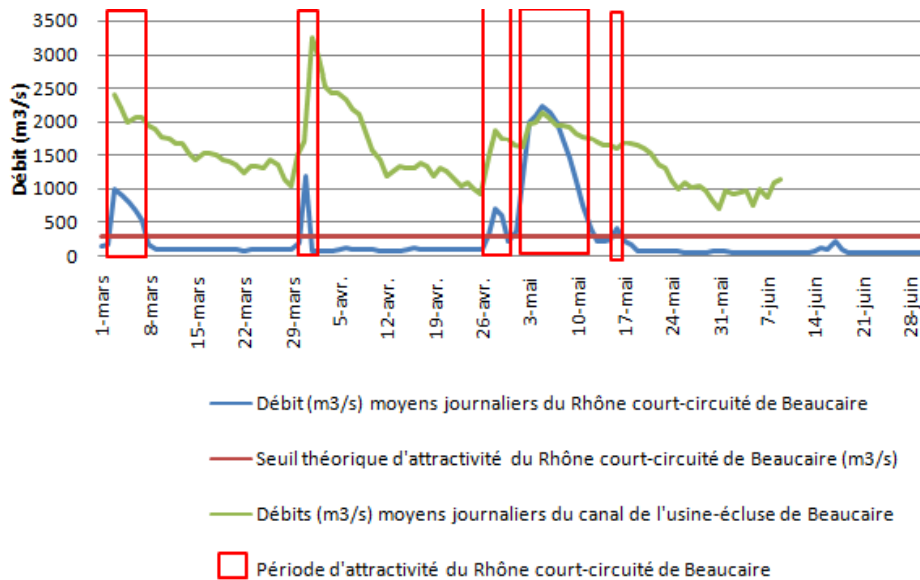


Figure 13. Débits moyens journaliers du Rhône à Beaucaire du 1<sup>er</sup> mars au 9 juin de 2012 à 2015 (Réalisé à partir de : Vigicrue)

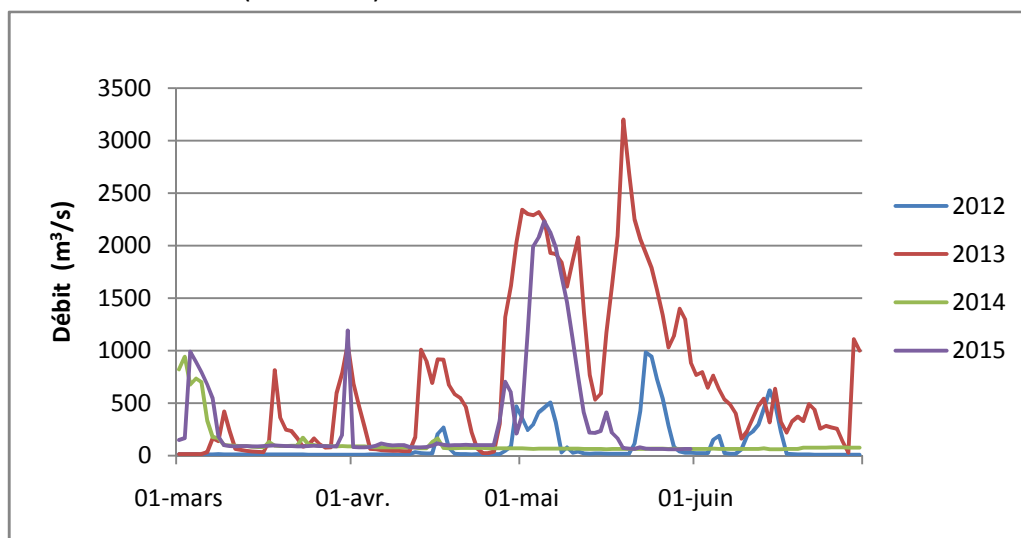
### Hydrologie du RCC

Le RCC en 2015 a été attractif cinq fois durant la saison (Fig.14). La première période d'attractivité s'est déroulée du 3 au 7 mars avec un pic à  $989\text{ m}^3/\text{s}$ . Ce coup d'eau est causé par une crue du Rhône. La deuxième période d'attractivité du 31 mars avec un débit de  $1\,190\text{ m}^3/\text{s}$  est de la même manière, due au Rhône. Cependant, la période n'a duré qu'une seule journée. Une période plus intéressante est observée du 27 avril au 16 mai avec trois plages d'attractivité (interruption le 30 avril et du 13 au 15 mai). Les trois premiers jours d'attractivité sont causés par une crue du Gardon, la seconde grande période par une crue du Rhône (pic à  $2\,230\text{ m}^3/\text{s}$  dans le RCC). Enfin, la journée attractive du 16 mai ( $411\text{ m}^3/\text{s}$ ) est le résultat d'une très légère hausse du Gardon et du Rhône à la fois. Cette longue période (16 jours) est *a priori* particulièrement intéressante pour la migration des aloses dans le Gardon.



**Figure 14. Débits moyens journaliers du RCC à Beaucaire du 1<sup>er</sup> mars au 30 juin et du canal usinier du 1<sup>er</sup> mars au 9 juin en lien avec le seuil d'attractivité (Réalisé à partir de : banque hydro)**

Les débits du RCC en 2015 sont à l'image de la forte variabilité entre les années (Fig.15). L'hydrologie en 2012 est caractérisée par une succession de petits coups d'eau sans évènement exceptionnel, contrairement à 2013 où l'on observe un pic à 3 200 m<sup>3</sup>/s le 19 mai. De manière logique, l'absence de crues du Rhône et du Gardon en 2014 a engendré une absence de coup d'eau dans le RCC. De plus, les tests statistiques confirment la forte variabilité des conditions hydrométriques puisque le test de Kruskal Wallis prouve qu'au moins une année diffère des autres ( $p$ -value < 2.2e-16), et le test des comparaisons multiples précise ce résultat en indiquant que toutes les années sont significativement différentes des autres (Annexe 3).



**Figure 15. Débits moyens journaliers du RCC à Beaucaire du 1<sup>er</sup> mars au 30 juin de 2012 à 2015 (Réalisé à partir de : banque hydro)**

**L'année 2015 est donc caractérisée par 5 plages d'attractivité dont une début mars favorisant la remontée des aloses en mer et une de fin avril à mi-mai durant la période de migration dans le Rhône.**



### III.1.2. Suivi thermique

Pour 2015, la température du Gardon a augmenté au cours de la saison avec une température moyenne pour les périodes du 19 au 31 mars, avril, mai et du 1 au 16 juin des valeurs respectivement de  $13,66 \pm 0,76^{\circ}\text{C}$ ,  $15,85 \pm 1,45^{\circ}\text{C}$ ,  $18,42 \pm 1,20^{\circ}\text{C}$  et  $21,83 \pm 0,86^{\circ}\text{C}$ .

Le seuil théorique de migration est atteint sur le Gardon dès le début du suivi, c'est-à-dire dès le 19 mars, et perdure tout au long de la saison (Fig. 16). Le seuil théorique de reproduction est dépassé sur le Gardon du 13 avril au 16 juin avec une période d'interruption du 27 avril au 1<sup>er</sup> mai. Cette période de baisse des températures correspond à la période de crue du Gardon.

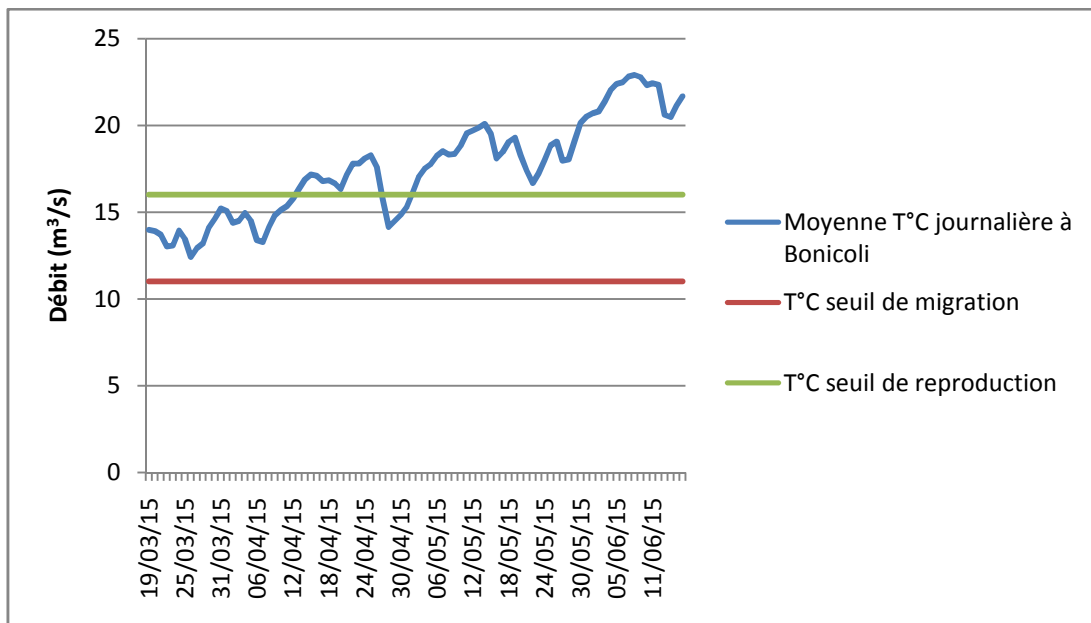


Figure 16. Températures moyennes journalières du Gardon à Bonicoli du 19 mars au 16 juin 2015

La température moyenne du Gardon à Bonicoli du 19 avril au 16 juin 2012, 2013, 2014 et 2015 est respectivement de  $18,22 \pm 2,57^{\circ}\text{C}$ ,  $16,73 \pm 2,15^{\circ}\text{C}$ ,  $18,41 \pm 2,17^{\circ}\text{C}$  et  $18,90 \pm 2,22^{\circ}\text{C}$ . Les données thermiques de 2013 semblent plus faibles que celles des autres années. De plus, le test de Kruskal Wallis révèle qu'au moins une année diffère des autres années ( $p\text{-value} = 3.53\text{e-}06$ ) et le test des comparaisons multiples précise que l'année 2013 est significativement différente des autres années (Annexe 4). Cette relative faible température peut s'expliquer notamment par les crues exceptionnelles.

Les données températures du Rhône n'ont pas été transmises par EDF Aramon malgré demande, l'analyse précise de la température journalière du Rhône n'a donc pas pu être réalisée. Cependant lors des suivis ouvrages la température était relevée (suivi hebdomadaire). Le seuil de migration semble atteint dès le 16 avril (Fig.17). Au pic de crue du Rhône, le 4 mai (température la plus basse), la température était de  $14,8^{\circ}\text{C}$ .

**La saison 2015 est caractérisée par des températures supérieures aux seuils de migration et de reproduction d'*Alosa fallax rhodanensis*.**

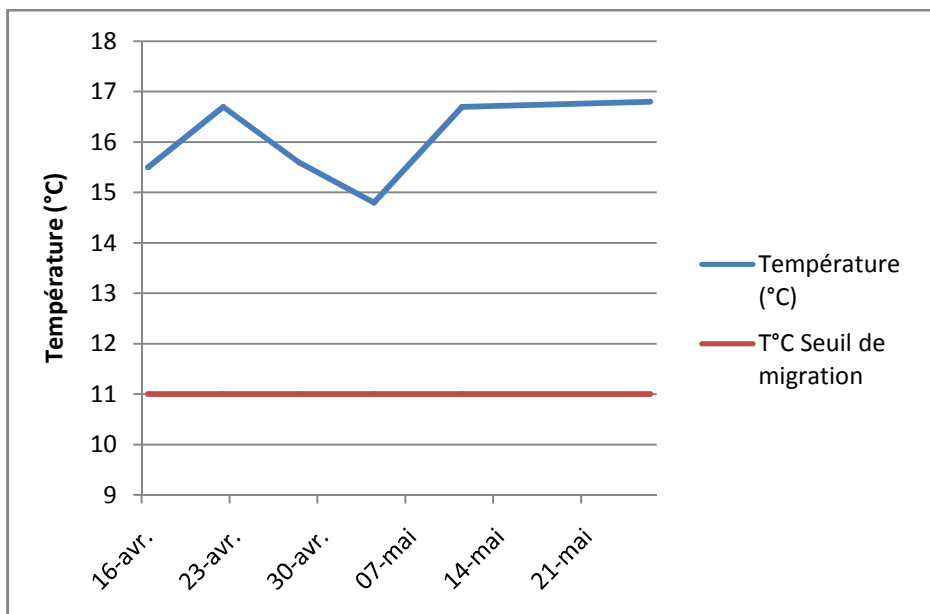


Figure 17. Température du Rhône à Beaucaire relevée hebdomadairement du 16 avril au 26 mai 2015

### III.1.3. Suivi des ouvrages

Selon les conditions hydrologiques au cours de la saison 2015, les différents ouvrages ont été plus ou moins fonctionnels (Tableau 4).

Tableau 4. Récapitulatif de l'état global des ouvrages. Barème : mauvais, moyen, bon et excellent.

	16/04/15	22/04/15	28/04/15	04/05/15	11/05/15	20/05/15	26/05/15	01/06/15
Débit journalier Gardon (m <sup>3</sup> /s)	10	14	149	30	18	13	10	8
Débit journalier Rhône (m <sup>3</sup> /s)	1423	1229	2431	4049	2513	1665	1148	1012
Beaucaire	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen
Comps	Bon	Bon	Bon	Excellent	Moyen	Bon	Bon	Bon
Callet	Excellent	Excellent	Excellent	Bon	Bon	Bon	Bon	Bon
Bonicoli	Excellent	Excellent	Moyen	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent
Lafoux	Mauvais	Mauvais	Mauvais	Mauvais	Mauvais	Mauvais	Mauvais	Mauvais
Remoulins	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent

### **Seuil de Beaucaire**

Malgré des débits variables (de 102 à 2 080 m<sup>3</sup>/s), le seuil de Beaucaire semble difficilement franchissable par les aloses. Lors des plus faibles débits, le seuil de Beaucaire paraît infranchissable, un passage en rive droite dans la passe est possible, cependant les vitesses de courants sont très élevées. Il est probable que cette vitesse retarde la migration des aloses et laisse seulement passer les aloses les plus robustes (passe sélective). Lors des plus forts débits rencontrés, le seuil était noyé, mais d'importants ressauts et remous en aval compromettent le franchissement du seuil (Tableau 5).

### **Seuil de Comps**

La passe à poissons du seuil de Comps ne présente pas de problèmes apparents de franchissabilité. Cependant, à la sortie piscicole de la passe, un atterrissement de plus de 15 m complique la connexion au plan d'eau amont (Tableau 5). Cet atterrissement n'est pas bloquant en soi, mais peut provoquer un léger retard. De manière plus spécifique, lors de la crue du Rhône du 31 avril au 12 mai, la zone d'influence de la hausse du niveau du Rhône a atteint le Gardon et notamment le seuil de Comps. La hausse du niveau d'eau le 11 mai (Qj RCC = 1 785 m<sup>3</sup>/s) a entraîné une modification des veines d'eaux, notamment à l'aval de la passe où le courant décrivait une forme circulaire et a ainsi réduit l'attractivité de la passe.

### **Seuil de Callet**

Dans les conditions hydrologiques de cette année, la passe à poissons du seuil n'a pas présenté de défaut de franchissabilité. Néanmoins, à la suite de la crue du Gardon du 27 au 29 avril un tronç est resté dans la passe du 4 mai au 1 juin (Tableau 5), sans pour autant avoir entraîné, *a priori*, de difficulté pour la migration (bordure rive droite).

### **Seuil de Bonicoli**

Hormis le coup d'eau du 28 avril (144 m<sup>3</sup>/s) qui a engendré un déplacement de la veine d'eau principale au milieu du seuil entraînant une difficulté non négligeable pour les aloses pour trouver l'entrée de l'ouvrage, la passe à poissons semble fonctionnelle. En effet, l'ouvrage n'était pas encombré, il n'y avait pas de chute en aval et la passe était attractive. De plus la fonctionnalité de la passe a été validée en 2013 puisqu'un piège positionné dans celle-ci avait permis de capturer 85 aloses le 6 juin (Joyeux *et al.*, 2013). Néanmoins, une réserve peut-être faite quant au caractère optimal de cette passe. En effet, la passe à poissons est de type passe à bassins successifs à fentes verticales. Il est à envisager que ce type de passe, bien que non bloquante, ne soit pas parfaitement adaptée pour la montaison d'*Alosa fallax rhodanensis* (la fente entraînant une désorganisation du banc). Cependant, elle permet d'équiper des seuils dont la chute est trop importante pour mettre en place des rampes à macrorugosités (faible pente).

### **Seuil de Fournès**

Le seuil de Fournès est devenu potentiellement franchissable depuis les crues de 2003, néanmoins le déplacement de quelques blocs faciliterait d'avantage la migration, notamment lors des faibles débits. Cette action est d'ailleurs prévue par le SMAGE.

Tableau 5. Suivi des sept ouvrages de la zone d'étude

A wide river with a rocky bank in the foreground. The water is calm and reflects the sky. A bridge is visible in the distance.	A wide river with a rocky bank in the foreground. The water is turbulent and white with foam, indicating high flow.
Seuil de Beaucaire (basses eaux)	Seuil de Beaucaire (hautes eaux)
A wide river with a rocky bank in the foreground. The water is calm and reflects the sky. A bridge is visible in the distance.	A close-up view of a weir structure with many circular concrete blocks. Water is flowing over the blocks, creating white foam.
Seuil de Comps	Seuil Callet
A wide river with a rocky bank in the foreground. The water is turbulent and white with foam, indicating high flow.	A wide river with a rocky bank in the foreground. The water is turbulent and white with foam, indicating high flow.
Seuil de Bonicoli	Seuil de Fournès
A wide river with a rocky bank in the foreground. The water is calm and reflects the sky. A bridge is visible in the distance.	A close-up view of a weir structure with many circular concrete blocks. Water is flowing over the blocks, creating white foam.
Seuil fusible de Lafoux	Seuil de Remoulins

## **Seuil de Lafoux**

Le seuil de Lafoux est infranchissable, aussi bien au niveau du seuil fusible qu'au niveau du bras originel aménagé d'une passe à poissons non fonctionnelle. Comme mentionné précédemment, l'aménagement du seuil de Lafoux doit être réalisé en prenant en compte l'ouvrage de Remoulins plus en amont pour maintenir la cote du plan d'eau et ne pas déconnecter l'aval de la passe de Remoulins.

## **Seuil de Remoulins**

Dans toutes les conditions hydrologiques des jours de suivi, la passe à poissons de Remoulins est fonctionnelle et n'est pas un obstacle à la migration des aloses.

**Les seuils sont tous franchissables à l'exception de Beaucaire (selon les conditions hydrologiques) et de Lafoux qui constitue en 2015 la limite de colonisation amont du Gardon.**

### **III.2. Approche biologique**

#### **III.2.1. Suivi de la montaison**

Durant les huit sorties d'observations diurnes en pieds d'ouvrages du 16 avril au 1<sup>er</sup> juin, répartis de manière hebdomadaire, *Alosa fallax rhodanensis* a été aperçue exclusivement en aval du seuil de Bonicoli :

- 5 individus le 11 mai
- 9 individus le 20 mai
- 2 individus le 26 mai

**Ces observations confirment premièrement la présence d'*Alosa fallax rhodanensis* sur le Gardon, mais en relative faible quantité.**

#### **III.2.2. Suivi de la reproduction**

Le suivi nocturne de la reproduction s'est déroulé du 4 mai au 4 juin, durant 10 nuits (Tableau 6). Les deux premières nuits ont été annulées pour cause de crue du Gardon ( $Q_{\text{journalier}} : 177 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Selon les effectifs, variant de deux à cinq personnes, une ou deux frayères ont été suivies par nuit. Le site de Fournès a été suivi chaque nuit puisqu'il s'agit de la frayère optimale. Le site de Callet a été suivi une nuit et le site de Bonicoli 3 nuits. A partir du 21 mai, le second site de Bonicoli a été privilégié car les observations diurnes confirmaient la présence d'individus sur ce site, sans entendre de bulls les nuits sur la frayère de Fournès, juste à l'amont. Les sites ont été surveillés de 120 à 240 minutes suivant l'activité et les conditions (température, vent...). Au total, 40h30 ont été effectuées.

Lors de ce suivi, 5 bulls ont été comptabilisés sur la frayère de Fournès le 1<sup>er</sup> juin. La présence de bulls confirme la présence d'*Alosa fallax rhodanensis* sur le Gardon et sa capacité à trouver des frayères adaptées. Ce résultat confirme également le fait que Fournès constitue la frayère référence sur le Gardon.

**Tableau 6. Récapitulatif des nuits réalisées en 2015**

Date	Site	Nombre de bulls complets	Observations	Nombre d'agents	Heure d'arrivée	Heure de départ	Durée (min)
27/04/2015 30/04/2015	Annulées pour cause de crue						
04/05/2015	Fournès	0	/	3	23h30	3h	210
06/05/2015	Fournès	0	/	4	23h	1h30	150
11/05/2015	Fournès	0	/	3	23h	3h	240
	Callet	0	/	2	23h30	3h	210
12/05/2015	Fournès	0	/	2	23h	1h30	150
18/05/2015	Fournès	0	/	3	23h	1h30	150
21/05/2015	Fournès	0	/	2	23h	1h30	150
	Bonicoli	0	/	2	23h	1h30	150
26/05/2015	Fournès	0	/	3	23h	2h	180
	Bonicoli	0	/	2	23h	2h	180
28/05/2015	Fournès	0	/	2	23h	1h	120
	Bonicoli	0	/	2	23h	2h	180
01/06/2015	Fournès	5	/	2	23h	2h	180
04/06/2015	Fournès	0	/	5	23h	2h	180

### III.2.3. Suivis complémentaires

#### ***Prospection canoë-plongée***

La prospection en canoë du 20 mai n'a permis d'identifier aucune nouvelle frayère potentielle sur le Gardon. La plongée en aval de chaque seuil a, une fois de plus, confirmé la présence de l'Alose feinte du Rhône (4 individus en aval du seuil de Bonicoli).

#### ***Données pêcheries***

Au cours de la saison, les contacts réguliers avec les pêcheurs ont permis d'être informé des premières aloses capturées dans le RCC de Beaucaire et sur le Gardon. Dès la fin avril, près de 80 kg d'aloses ont été capturées par un pêcheur professionnel aux engins dans le RCC de Beaucaire. Sur le Gardon, les premières aloses ont été capturées au niveau du seuil de Bonicoli à partir du 10 mai. Ces deux dates correspondent aux périodes d'attractivité du RCC (crues du Gardon fin avril et crue du Rhône en mai).

Cependant, à l'heure de la rédaction du présent document, seulement 29 carnets ont été retournés et ils n'ont pas encore été analysés.

**De manière générale, les suivis complémentaires ont permis de confirmer les données du suivi de la montaison et de la reproduction, autrement dit, de confirmer la présence d'*Alosa fallax rhodanensis* mais en faible nombre.**

## IV. Discussions

### IV.1. Analyse de la campagne 2015

Les conditions environnementales suivies cette année ont été *a priori* favorables à la reconquête du Gardon par *Alosa fallax rhodanensis*. En effet, en termes de débits, le RCC a été attractif 5 fois. La première période d'attractivité début mars a probablement favorisée la remontée des aloses en mer dans le Rhône. De plus, la longue période de 16 jours du 27 avril au 16 mai était très intéressante pour la reconquête du cours d'eau puisqu'elle correspondait à la période de migration des aloses. Ainsi, les débits de 2015 ne semblent pas avoir été limitants pour la migration de l'Alose dans le Gardon. Concernant les données thermiques, il semblerait que les températures cette année n'aient pas, non plus, été limitantes, ni pour la migration sur le Rhône et sur le Gardon ni pour la reproduction sur le Gardon des individus. Enfin, les seuils sont tous franchissables à l'exception de Beaucaire (selon les conditions hydrologiques) et de Lafoux qui constitue en 2015 la limite de colonisation amont du Gardon.

Cependant, malgré des conditions du milieu favorables, la reconquête du Gardon par les aloses a été faible cette année. Les observations diurnes n'ont permis d'observer que 16 individus et aucun gros banc n'a été identifié. Le faible nombre de bulls comptés cette année (en fin de saison) laisse aussi penser que la reconquête du Gardon par *Alosa fallax rhodanensis* fut dérisoire. Néanmoins, ce nombre est simplement indicatif et ne révèle pas précisément la quantité d'actes de reproduction. En effet, le nombre de participants a eu un impact sur le nombre de frayères suivies simultanément d'une part, et d'autre part, seulement 2 nuits par semaine ont été suivies. De plus dans le cas où il y a relativement peu d'aloses sur le Gardon, comme en 2015 *a priori*, la probabilité d'être présent la nuit de reproduction est assez faible. Enfin, les données complémentaires ont confirmés la présence des aloses sur le Gardon.

La relative faible reconquête de cette année malgré des conditions plutôt favorable reste surprenante.

### IV.2. Comparaison interannuelle

Tableau 7. Récapitulatif interannuelle (Abadie *et al.*, 2012 ; Joyeux *et al.*, 2013 ; Douillard *et al.*, 2014)

	2012	2013	2014	2015
Débit	Favorable	Favorable	Non favorable	Favorable
Température	Favorable	Moyen	Favorable	Favorable
Ouvrages	Moyen (Beaucaire : sélectif ; Lafoux : blocage)		Moyen (Beaucaire : sélectif (++) ? ; Lafoux : blocage)	
Jours de surverse	14	74	0	16
Nombre de bulls	27	62	0	5

D'après le tableau 7, il a été constaté que durant les années 2012 à 2014, le nombre de jours de surverse à particulièrement déterminé la reconquête du Gardon par *Alosa fallax rhodanensis*. En effet les conditions thermiques n'ont pas été limitantes pour la migration et la reproduction hormis au début de la saison 2013. Ces températures plus faibles avaient engendré un décalage de la saison de migration et de reproduction d'*Alosa fallax rhodanensis*. De même, les ouvrages n'ont pas été modifiés depuis le début de l'étude, les conditions de franchissabilité sont donc les mêmes, du moins sur le Gardon. Suite à ce constat, le faible nombre de bulls en 2015 reste étonnant au vu du nombre de jours de surverse. Pour expliquer ce résultat on peut envisager la combinaison de 2 facteurs : la turbidité et le seuil de Beaucaire.

En effet, de manière empirique, on peut supposer qu'une turbidité élevée affecte la migration d'*Alosa fallax rhodanensis*, bien qu'aucune étude bibliographique n'ait été trouvée à ce sujet. Cependant, cette hypothèse pourrait expliquer pourquoi en 2013 avec des débits très importants (et en considérant qu'un débit trop fort inhibe la migration) il y a eu des bulls sur le Gardon alors qu'en 2015 avec une bonne attractivité au bon moment, il y en a eu peu. Il est avéré qu'en 2013, la crue du Rhône était sous l'influence des crues de quasiment tous ses affluents, tandis qu'en 2015 il s'agit simplement d'une crue de l'Isère, connue pour sa turbidité particulièrement élevée. Selon des communications personnelles, l'eau du Rhône en 2013 était donc beaucoup moins trouble (MES Isère diluées), tandis qu'en 2015 elle était très turbide (action de transparence des ouvrages<sup>5</sup> de l'Isère par EDF). Autrement dit, les aloses n'auraient pas profité de la plage des débits favorables car la migration était inhibée par la turbidité.

Enfin, en 2014, la modification du débit réservé par l'application de la LEMA a engendré une augmentation du plan d'eau amont (Joyeux *et al.*, 2013). En 2014, ce changement n'a pas eu d'impact notable sur la migration des aloses dans le Gardon puisque les débits naturels étaient très faibles et non propices à la reconquête du Gardon. Or cette année, cette modification semble impactée la migration des aloses. En effet, le seuil de Beaucaire était déjà considéré comme partiellement franchissable et sélectif, l'augmentation du plan d'eau amont à probablement renforcée cette sélectivité, d'où le faible nombre de bulls.

Autrement dit, la reconquête relativement faible du Gardon par d'*Alosa fallax rhodanensis* pourrait s'expliquer par l'alternance de ces 2 facteurs : lorsque le seuil était noyé et donc franchissable par les aloses, la turbidité très élevée a inhibé la migration et lors de la décrue, les individus qui avaient été attirés dans le RCC n'ont pas réussi (ou en faible quantité) à passer le seuil de Beaucaire rendu plus sélectif.

---

<sup>5</sup> Action de transparence : relargage des sédiments



### IV.3. Intégration des données du Gardon à l'échelle du bassin versant du Rhône

Il est peu pertinent d'analyser les données du Gardon sans prendre en compte l'ensemble des données du bassin versant du Rhône. Des suivis de la reproduction d'*Alosa fallax rhodanensis* sont réalisés sur différents sites du bassin du Rhône sous maîtrise d'ouvrage MRM (Cèze, Ardèche, Rhône à Donzère), ou EDF (Durance), avec un protocole homogénéisé. Durant la saison de reproduction, les frayères sont suivies une nuit sur deux depuis 2014 sur le Rhône et ses affluents (hormis Durance). Le nombre de bulls est ensuite multiplié par 2 pour être comparé aux valeurs des précédentes années où toutes les nuits étaient suivies. Les données du Gardon ne peuvent pas être intégrées de manière directe puisqu'il ne s'agit pas précisément d'un suivi quantitatif de la reproduction mais d'une étude qualitative concernant la reconquête et la reproduction potentielle. L'ensemble des données peut tout de même être analysé (avec précaution) afin de comprendre les mécanismes de migration et les tendances annuelles.

**Tableau 8. Récapitulatif du suivi de la reproduction d'*Alosa fallax* rhodanensis sur les différents affluents du Rhône depuis 1998. \*données jusqu'au 9 juin (Sources : EDF, MRM)**

	RCC-Donzère	Ardèche	Cèze-Ardoise	Gardon	Durance
1998	123				
1999	209				
2000	626	71			
2001	0	233			
2002	377	112	429		
2003	1219	62	114		
2004	222	71	2018		
2005	513	150	1817		
2006	445	16	2018		
2007	192	1107	4410		
2008	0	104	1971		
2009	69	415	2709		
2010	20	434	3844		
2011	0	84	670		
2012	0	13	259	27	
2013	0	0	50	62	
2014	18	28	1082	0	(0)
2015	40*	18*	404*	5	2431*

Il est ainsi possible d'étudier la répartition des bulls sur les diverses frayères au cours des années (Tableau 8) et ce qui influence les aloses dans leur schéma de migration :

- **Le débit** semble jouer un rôle particulièrement important au premier étage (Fig. 18), dans le choix d'un schéma de migration dit aval (Rhône court-circuité de Beaucaire/Gardon) ou d'un schéma dit amont (au dessus de l'usine de Beaucaire). En effet comme mentionné précédemment, le RCC peut être attractif si le débit est supérieur à 300m<sup>3</sup>/s. Le débit conditionne donc fortement la remontée des aloses dans le Gardon ou sur les autres frayères.

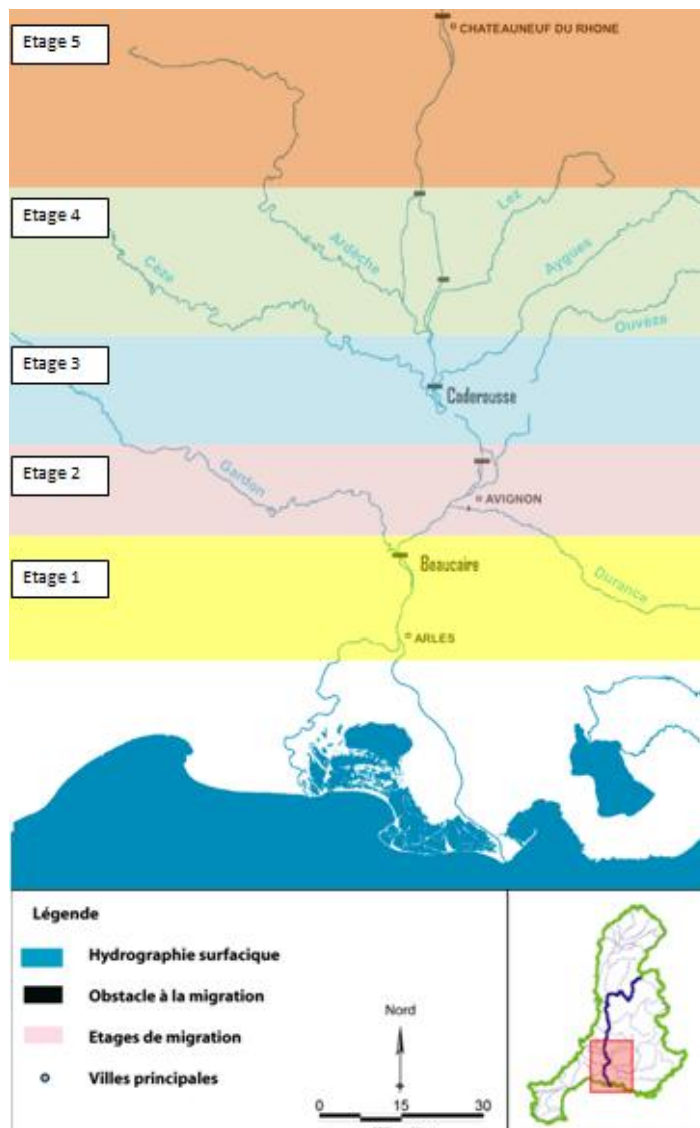


Figure 18. Bassin du Rhône et ses affluents (Source : MRM)

- Le **nombre d'éclusages à poissons** des usines de Beaucaire, Avignon et Caderousse semble influencer la migration des aloses et donc l'accès et le choix des frayères. En effet, les ouvrages du Rhône ne sont pas équipés de passe à poissons. Cette hypothèse paraît plausible puisque le seul moyen de franchissement des ouvrages par les aloses, et de passer ainsi aux étages supérieurs, réside alors dans les éclusages spécifiques.
- La **turbidité** peut, de manière empirique, affecter la migration d'*Alosa fallax rhodanensis* comme expliqué précédemment pour le Gardon en 2015. De même, malgré des débits normalement attractifs pour la colonisation amont du Rhône, la majorité des bulls ont eu lieu sur la Durance aux dépens des étages supérieurs cette année. L'arrivée des aloses sur la Durance concorde en effet avec le début de la crue de l'Isère, qui ne semble pas avoir été suffisamment intense pour inhiber la migration par ses valeurs de débits.

- Le dernier facteur est très compliqué à quantifier, c'est un facteur **physiologique**. Ce facteur est une conséquence des autres paramètres influençant la migration et la reproduction des aloses. Un retard important dans la migration (origines naturelles ou anthropiques) peut engendrer un stress chez les géniteurs. Ils sont effectivement guidés par leur horloge biologique et vont alors stopper leur migration pour favoriser la reproduction. Cette hypothèse correspond notamment à l'année 2013 durant laquelle les aloses ont pu privilégier des frayères sur le Bas Gardon et ce, tard dans la saison (pic de bulls le 11 juin).

**De manière générale, l'intensité de la reproduction a été faible à l'échelle du Rhône cette année, sauf sur la Durance. Il pourrait s'agir d'un effet du débit, ou de la turbidité, mais le manque de recul ne permet pas d'avoir des certitudes. D'autant plus, que le site de la Durance est réellement suivi pour la première fois cette année.**

#### **IV.4. Critique de la méthode**

##### ***Suivi de la montaison***

L'observation en rive droite à l'aval des passes à poissons doit indiquer la présence ou l'absence d'aloses. Cependant, dans notre cas, observer 8 fois 15 minutes sur 2 sites, autrement dit, 4h pour toute une saison de migration, nous renseigne surtout sur la présence d'*Alosa fallax rhodanensis*. L'absence d'observation sur une si courte durée n'aurait en aucun cas pu être considérée, ou envisagée, comme une absence d'aloses sur le Gardon. De plus les observations ont été réalisées en parallèle des suivis ouvrages qui ont, pour des raisons d'organisations, surtout lieu le matin. Or, le déplacement des individus est généralement plus important l'après-midi que le matin (Dautrey et Lartigue, 1983).

##### ***Suivi de la reproduction***

L'objectif de cette étude est de démontrer la reconquête ou non d'*Alosa fallax rhodanensis* dans le Gardon. Cette étude a une portée qualitative. Le suivi de la reproduction permet d'obtenir un indice de présence de l'espèce sur les différentes frayères. Actuellement, la frayère de Fournès semble être la plus favorable à la reproduction des aloses, tant sur le plan structural que par les retours d'expériences. Cependant, il s'agit aussi de la frayère la plus suivie. Pour affirmer le caractère particulièrement optimal de ce site, il aurait fallu que les différents sites soient suivis autant de fois. Néanmoins, le suivi manuel de la reproduction est lourd à mettre en œuvre et nécessite la participation des partenaires sur du long terme. De plus, le renforcement des efforts de suivis sur les mêmes sites au cours des différentes années d'études à tout de même permis d'apprendre plus qu'avec une simple donnée présence/absence.

Cependant, lorsque les seuils de Lafoux et Remoulins seront ouverts à la libre circulation piscicole, le nombre de frayères naturelles en amont ne permettra pas de suivre l'ensemble des frayères potentielles. Dans ces conditions, il est envisageable de mettre en place une même étude qualitative de la reconquête du Gardon par *Alosa fallax rhodanensis*, mais en amont de Remoulins et jusqu'aux Gorges du Gardon (32km). Afin de pallier à la lourde mise en œuvre de ce suivi, le comptage bull pourrait être arrêté dès lors qu'un bull serait

entendu, puisque celui-ci témoignerait de la présence d'aloses. Cette réduction d'effort de suivi sur le plan temporel permettrait de renforcer l'effort de suivi sur le plan spatial. En outre, l'idée d'arrêter le comptage dès le premier bull sur un site et d'aller écouter dans une autre zone est à réfléchir (simple donnée présence/absence), cela correspondrait peut-être mieux à l'objectif premier, concernant l'étude qualitative de la reconquête spatiale du Gardon.

### ***Prospection canoë-plongée***

La journée prospection en canoë et plongée ne semble pas utile. En effet, les frayères sur ce linéaire d'étude sont bien connues et peu nombreuses. La découverte d'une nouvelle frayère paraît peu envisageable, surtout au vu des résultats apportés aux cours des quatre années d'études (0 frayère découverte). De plus, la prospection plongée a permis, pour la première fois, d'observer 4 aloses en aval de Bonicoli. Cela n'apporte pas d'informations supplémentaires, puisque les observations diurnes en pieds d'ouvrages ont le même objectif (et sont plus aisées à réaliser).

### ***Données pêcheries***

Les données de pêcheries à la ligne permettent d'avoir une vision plus large de la migration des aloses sur l'ensemble du bassin du Rhône. En effet, le comportement migratoire des pêcheurs est caractéristique de la migration des aloses. La répartition des pêcheurs pourrait presque être envisagée comme un indicateur de la répartition des aloses.

Cependant, la répartition des pêcheurs informe sur le schéma de migration privilégié par *Alosa fallax rhodanensis* au cours d'une année, mais ne renseigne pas de manière fine sur les remontées d'aloses plus atypiques. En effet, les pêcheurs vont là où il y a le plus d'aloses, donc l'effort de pêche est hétérogène selon les cours d'eau. L'absence de pêcheurs sur un cours d'eau ne signifie donc pas une absence d'aloses mais une quantité moindre. Un biais est tout de même à prendre en compte : l'adaptation de l'activité de pêche selon les conditions hydrologiques. Si le Rhône ou un affluent est en crue, les pêcheurs se déplacent sur des spots de repli, ce qui n'est pas forcément représentatif du front de colonisation des aloses au cours de la saison.

## **IV.5. Perspectives**

### ***Aménagement des seuils***

Actuellement deux seuils sont encore problématiques :

-Le seuil de Beaucaire : Pour améliorer le franchissement, il est nécessaire à court terme de procéder à un réaménagement tenant compte des constats réalisés. Il est possible de mettre en place des pré-barrages pour ralentir la vitesse ou de rajouter de la rugosité dans la passe, puisque aujourd'hui, il s'agit seulement de béton lissé. Ce seuil constitue un enjeu majeur puisque l'arrivée des aloses dans le Gardon est en partie conditionnée par le franchissement de ce seuil. Une étude commanditée par la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) propriétaire du seuil, a été réalisée afin d'estimer le degré de franchissabilité. Cependant, les résultats n'ont pas encore été diffusés.

-Le seuil de Lafoux : Actuellement, l'ASA envisage d'arrêter la prise d'eau. Afin de répondre aux obligations réglementaires, la situation devrait évoluer dans les années à venir. Cet aménagement serait d'autant plus bénéfique, qu'à l'amont de Remoulins, le linéaire du cours d'eau possède de très nombreuses frayères naturelles pour les aloses.

### ***Reconquête de Collias***

La reconquête des aloses jusqu'à Collias est tout à fait envisageable à moyen terme. Le seuil de Collias est à 24,6 km de la confluence Gardon/Rhône. Ce seuil est l'ultime blocage avant les Gorges du Gardon, il se trouve juste après Remoulins et il ne possède aucun usage avéré, si ce n'est un intérêt patrimonial puisqu'il est couplé à un ancien moulin. Des discussions sont en cours afin de trouver un accord pour l'aménagement du seuil entre le propriétaire et les services de l'Etat. A terme, un linéaire de 50 km serait colonisable par les aloses sur le Gardon, ce qui correspond au linéaire colonisable historique. Cet objectif peut sembler ambitieux, néanmoins le seuil de Collias est classé dans le Lot 2 des « ouvrages grenelles », ce qui implique une obligation de réaliser des travaux pour rétablir la continuité écologique avant fin 2012. Des études ont déjà été menées, cependant le propriétaire du seuil ne souhaite pas le supprimer en argumentant que l'ouvrage est en zone classée au niveau du patrimoine, et que tout aménagement doit avoir l'avis de l'architecte des bâtiments de France.

### ***Inventaire cartographique en amont***

La prospection à l'aval de Remoulins n'était pas utile puisque, comme mentionné précédemment, les frayères naturelles (Fournès) ou de substitutions en pieds d'ouvrages (Bonicoli, Callet) sont connues. Cependant, règlementairement, d'ici 2018 l'ensemble du Bas Gardon et des Gorges du Gardon doit être ouvert à la libre circulation piscicole (ceci justifie notamment l'intérêt de l'aménagement du seuil de Lafoux et de Collias). Ce secteur (50 km) est particulièrement intéressant, puisque d'une part, il s'agit du linéaire historiquement colonisé par *Alosa fallax rhodanensis* et d'autre part, la quantité et la qualité des sites d'accueils dans les Gorges est très importante. Si un tel linéaire est ré-ouvert, il est donc nécessaire de réaliser un inventaire cartographique des frayères. Une étude réalisée par MRM en 1996 avait cartographié les frayères sur le Gardonnenque, les Gorges du Gardon et le Bas Gardon (de l'amont à l'aval). 135 frayères avaient été répertoriées dont 10,4% sur le Bas Gardon et 61% dans les Gorges du Gardon (Champalbert E., 1996). Cela confirme la potentialité d'accueil des Gorges. Néanmoins, 20 ans après, la localisation des frayères a pu être modifiée, surtout suite aux crues de 2002, d'où la nécessité de réaliser de nouveau un inventaire.

### ***Protocoles de veille des dispositifs***

A long terme, l'étude ne peut pas être maintenue, puisque son objectif était de vérifier la reconquête du Gardon par les aloses. Or, au cours des années, il a été constaté que lorsque certaines conditions sont réunies, la recolonisation du Gardon par *Alosa fallax rhodanensis* est, en effet, effective. De plus, l'étude a permis d'apporter des informations sur la fonctionnalité des ouvrages mis en place et sur la nécessité d'être réactif pour l'entretien de ces derniers.

Cependant, l'arrêt de l'étude peut aboutir à une perte d'intérêt par les partenaires ou du moins, à un changement de priorités. Or, si les passes sont présentes mais non entretenues, elles ne sont d'aucune utilité. Il serait donc nécessaire de mettre en place une stratégie dans le but d'assurer une bonne fonctionnalité des passes à poissons. Plusieurs questions découlent de cette constatation : qui doit entretenir les passes à poissons ? Comment ? Par quels moyens ?

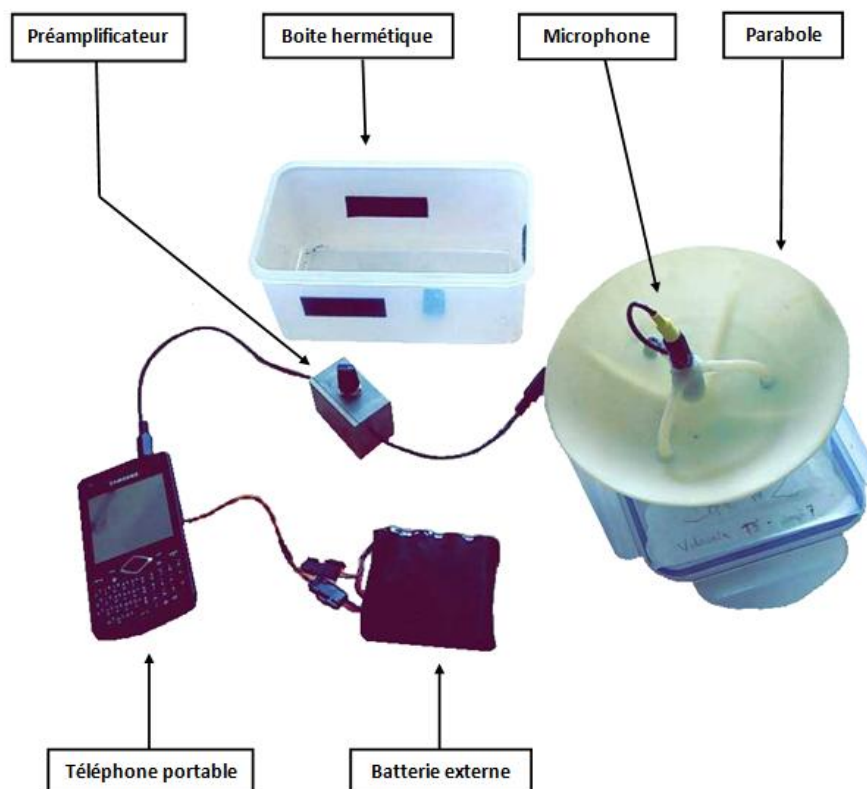
Conformément à l'article L214-17 du Code de l'environnement qui indique que « *tout ouvrages faisant obstacle doit y être géré, entretenu et équipé selon des règles définies par l'autorisation administrative, en concertation avec le propriétaire ou, à défaut, l'exploitant* », l'entretien des passes à poissons revient aux propriétaires d'ouvrages. Cependant, bien que les propriétaires soient légitimes pour entretenir les seuils, ils ne sont pas forcément les plus impliqués ou les plus formés techniquement. De plus, le bon entretien des passes nécessite une bonne réactivité, comme mentionnée ci-dessus. L'attribution de la gestion des ouvrages à des structures publiques (MRM, SMAGE) n'est néanmoins pas envisageable puisque cela impliquerait d'utiliser de l'argent public pour des seuils privés. Ce protocole de veille sur les seuils du Gardon doit donc être mis en place en collaboration avec l'ensemble des propriétaires, sous la dynamique de MRM et du SMAGE.

Afin de pérenniser l'entretien des ouvrages, la création d'indicateurs quantitatifs et reproductibles dans le temps et dans l'espace permettrait d'établir le dialogue entre tous les partenaires. Le modèle des indicateurs Pression/Etat/Réponse établi par l'Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) en premier lieu semble parfaitement s'y prêter (OECD., 2003). En effet, la création d'un indicateur de réponse, c'est-à-dire un indicateur présentant les réponses apportées par les sociétés humaines, permettrait de valoriser l'action des acteurs. Un indicateur simple comme le nombre de jours moyen d'entretien des ouvrages par semaine serait utile. En effet, on pourrait le comparer à une valeur optimale déterminée au préalable pour chaque ouvrage et ainsi quantifier l'implication des acteurs au cours de la saison et au fil des années.

Enfin, il est tout aussi nécessaire de quantifier l'efficacité des réponses, en faisant un suivi de la reproduction d'*Alosa fallax rhodanensis* sur le Gardon une nuit sur deux, comme pour les autres frayères clef à l'échelle du bassin du Rhône. Il s'agit par ailleurs d'un des objectifs de l'axe II du PLAGEPOMI : « *engager les discussions avec des partenaires locaux pour mettre en place d'ici 2014 des suivis sur les cours d'eau suivants : Gardon, Cèze, Ardèche* » (DREAL Rhône-Alpes, 2011). Ce suivi de la reproduction va être proposé pour le PLAGEPOMI 2016-2021.

### ***Suivi acoustique de la reproduction***

Idéalement, le suivi de la reproduction d'*Alosa fallax rhodanensis* pourrait s'effectuer de manière automatique, afin d'une part, réduire les coûts et d'autre part, de vérifier, ou non, qu'une frayère jugée potentiellement adaptée à la reproduction est active. Depuis 2004, un prototype (Fig.19) de station acoustique a été développé par MRM et des partenaires, puis testé sur le terrain à partir de 2012. Cette automatisation repose notamment sur la détection d'un signal spectral caractéristique du bull. L'étude 2015, a montré que 50 à 100 % des bulls sont détectés selon les frayères et les conditions d'enregistrements (Barles A., 2015). Actuellement, le système n'est pas transposable directement sur tous les sites puisqu'il nécessite au préalable de réaliser deux études en parallèle (manuelle et automatique) pour chaque frayère, afin de quantifier le taux de détection spécifique à chaque site. Ce suivi acoustique est néanmoins très prometteur, sur le plan prospection qualitative en premier lieu.



**Figure 19. Station d'enregistrement (Source : MRM)**

## Conclusions

Cette dernière campagne de suivi de la reconquête du Gardon par *Alosa fallax rhodanensis* a été caractérisée par des conditions de débit et de température a priori favorables à la migration des aloses. En effet, une crue du Rhône début mars a facilité l'appel en mer, et deux crues fin avril et les quinze premiers jours de mai ont rendu le couple Rhône court-circuité/Gardon attractif. Ces crues n'ont pas eu d'impact négatif sur la température puisque la température optimale de migration (11°C) a été atteinte dès le 19 mars et la température optimale de reproduction (16°C) a été atteinte sur le Gardon dès le 13 avril.

Si le débit et la température ne semblent pas avoir perturbé la migration, le bilan du suivi des ouvrages est quant à lui plus mitigé. En effet sur les sept seuils présents dans la zone d'étude, le seuil de Beaucaire le plus en aval semble sélectif et les seuils de Lafoux et Remoulins sont actuellement bloquants.

Avec de telles conditions *Alosa fallax rhodanensis* a tout de même été aperçue mi-mai sur le Gardon lors des observations diurnes. La présence des aloses sur le Gardon a par ailleurs été confirmée par le suivi de la reproduction puisque des bulls ont été comptabilisés. En effet, au cours des dix nuits réalisées sur trois frayères potentielles (Fournès, Bonicoli et Callet), cinq bulls ont été entendus à Fournès le 1<sup>er</sup> juin. Enfin, les suivis complémentaires ont appuyé ces résultats.

Au vu des résultats des années précédentes (27 bulls en 2012, 62 bulls en 2013, 0 bull en 2014) la reconquête du Gardon par *Alosa fallax rhodanensis* semble donc partielle tant sur le plan temporel que spatial. En effet, les aloses ne sont pas présentes chaque année ni sur l'ensemble de la zone d'étude.

La reconquête du Gardon par les aloses paraît être particulièrement influencée par les valeurs de débit, rendant le RCC attractif ou non. Il est possible qu'un autre paramètre joue un rôle dans le schéma de migration d'*Alosa fallax rhodanensis* aussi bien sur le Gardon qu'à l'échelle du Rhône et de ses affluents : la turbidité, en lien avec l'origine des crues (Isère). Ce dernier paramètre pourrait notamment expliquer pourquoi malgré des conditions favorables, le Gardon fut relativement peu colonisé par les aloses cette année (tout comme les autres frayères clef du bassin).

Néanmoins, la fin de cette étude montre que lorsque certaines conditions sont réunies la colonisation et la reproduction d'*Alosa fallax rhodanensis* sur le Gardon est effective. Une des priorités actuellement est l'aménagement du seuil de Beaucaire, Lafoux et Collias dans la perspective de rouvrir l'accès jusqu'aux Gorges du Gardon. Si les moyens le permettent il serait intéressant de lancer un suivi en routine de la reproduction d'*Alosa fallax rhodanensis* sur le Gardon qui s'inscrive dans la continuité de ce que l'association MRM fait déjà sur le Rhône et ses affluents (Cèze, Rhône à Donzère et Ardèche). Ce suivi permettrait d'une part, d'obtenir un indicateur annuel de colonisation du 1<sup>er</sup> affluent rive droite du Rhône et d'autre part, d'avoir une vision plus globale de sa migration à l'échelle du Rhône. De plus, le maintien de telles études sur une longue durée pourrait permettre d'obtenir suffisamment de données pour traiter les résultats statistiquement, et améliorer ainsi les connaissances biologiques existantes sur l'influence de certains paramètres dans la migration de cette espèce.



## Bibliographie

Abadie J., Delhom J., Abdallah Y., Marty V., 2012. Suivi de la reconquête du Gardon par l'Alose feinte du Rhône (*Alosa fallaxrhodanensis*) – Campagne 2012. Association Migrateurs Rhône Méditerranée. 38 p. + annexes.

Abdallah, Y. (2005). Suivi expérimental des passes à poissons du Vidourle. Amélioration des connaissances sur la circulation piscicole. Campagne d'études 2005. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée. 25p. + annexes.

Adam, B. et Geniez, M. (2011). Les poissons d'eau douce de France. Cahier d'identification. Biotope. 31 p.

Aprahamian, M.W., Aprahamian, C.D., Baglinière, J. L. *et al.* (2002). Synopsis of Biological Data on *Alosa alosa* and *Alosa fallax*spp – Literature Review and Bibliography. Agency R&D Technical Report W1-014. Environment Agency, UMR INRA-ENSA, ENSAR, University of Porto. 332 p. + annexes

Baglinière, J.L. et Elie, P. (2000). Les aloses (*Alosa alosa* et *Alosa fallax*spp.) - Ecologie et variabilité des populations. Hydrobiologie et Aquaculture. CEMAGREF et INRA Editions, Paris. 275p.

Barles A., Mutel M., 2015. Installation d'équipements acoustiques expérimentaux pour le comptage de poissons migrateurs. 47p. + annexes.

Bravard, J.P. (1987). Le Rhône. Lyon, Edition La Manufacture. 451p.

Carry, L. (2006). Suivi de la reproduction de la Grande Alose sur la moyenne Garonne en 2005. Association Migrateurs Garonne Dordogne. 26p.

Champalbert E., 1998. Les frayères potentielles d'Aloses sur les bas et moyens Gardons. Association Migrateurs Rhône Méditerranée. 54p. + annexes

Council of Europe Convention de Berne [en ligne], (page consultée le 11/03/2015) <[http://www.coe.int/t/dg4/cultureheritage/nature/bern/Institutions/Documents/2014/Misc\\_2014\\_34eCP\\_F\\_final\\_adopted%20\(2\).pdf](http://www.coe.int/t/dg4/cultureheritage/nature/bern/Institutions/Documents/2014/Misc_2014_34eCP_F_final_adopted%20(2).pdf)>

Dautrey, R. et Lartigue, P. (1983). Remontée migratoire des adultes. *In* : Baglinière, J.L. et Elie, P. (Eds). Les aloses (*Alosa alosa* et *Alosa fallax*spp.) – Ecologie et variabilité des populations. Hydrobiologie et Aquaculture. CEMAGREF et INRA Editions, 2000, p. 55-72.

DREAL Rhône-Alpes. (2011). Plan de gestion des poissons migrateurs – PLAGEPOMI2010-2014, Bassin Rhône-Méditerranée. 38 p.

Douillard M., Delhom J., Abdallah Y., Marty V., 2014. Suivi de la reconquête du Gardon par l'Alose feinte du Rhône (*Alosa fallaxrhodanensis*) – Campagne 2014. Association Migrateurs Rhône Méditerranée. 65 p. + annexes.

INPN. Statut Alose feinte [en ligne]. (page consultée le 11/03/15).  
<[http://inpn.mnhn.fr/espece/cd\\_nom/66996/tab/statut](http://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/66996/tab/statut)>

INPN.MNHN Directive Habitat Faune Flore [en ligne], (page consultée le 11/03/2015).  
<[http://inpn.mnhn.fr/docs/natura2000/Directive\\_habitats\\_version\\_consolidee\\_2007.pdf](http://inpn.mnhn.fr/docs/natura2000/Directive_habitats_version_consolidee_2007.pdf)>

Joyeux, A., Delhom, J., Abdallah, Y. *et al.* (2013). Etude de la recolonisation du Gardon par l'Alose feinte du Rhône – Campagne d'études 2013. Association Migrateurs Rhône Méditerranée. 65 p. + annexes.

Larinier, M. et Travade, F. (1992). La conception des dispositifs de franchissement pour les aloses. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, n° 326-327, p. 125-133.

Légifrance (a). Code de l'environnement – Article L214-17 [en ligne]. (page consultée le 11/03/15).

<<http://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?idArticle=LEGIARTI000006833151&cidTexte=LEGITEXT000006074220&dateTexte=20140327&oldAction=rechCodeArticle>>

Légifrance (b). Code de l'environnement – sous-section 1 : Protection des frayères, des zones de croissance et d'alimentation [en ligne]. (page consultée le 17/03/15).

<[http://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do;jsessionid=F2049787258955C29AB02D4A863CB79A.tpdjo04v\\_1?idSectionTA=LEGISCTA000018440417&cidTexte=LEGITEXT000006074220&dateTexte=20100202](http://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do;jsessionid=F2049787258955C29AB02D4A863CB79A.tpdjo04v_1?idSectionTA=LEGISCTA000018440417&cidTexte=LEGITEXT000006074220&dateTexte=20100202)>

Légifrance (c). LOI n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement [en ligne]. (page consultée le 17/03/15).

<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000020949548>

Keith, P., Persat, H., Feunteun, E. *et al.* (coords). (2011). Les poisons d'eau douce de France. Biotope, Mèze ; Muséum national d'histoire naturelle, Paris (collection Inventaires et biodiversité). 552 p.

Le Corre, M., Moulin, L., Sabatie, R. *et al.* (1999). La reproduction de l'Alose feinte du Rhône (*Alosa fallax rhodanensis*, ROULE 1924) en aval du barrage de Vallabrègues - Campagne d'Études 1997. Laboratoire Halieutique ENSA Rennes, Laboratoire Ecologie aquatique INRA Rennes et Association Migrateurs Rhône-Méditerranée, 21 p.

LeGurun, L. et Lebel I. (2010). Synthèse des actions en faveur des poissons migrateurs sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse (1993-2009) – Bilan de la mise en œuvre du Plan de Gestion des Poissons Migrateurs 2004-2009. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée. 82 p. + annexes.

MedPan Convention de Barcelone [en ligne], (page consultée le 11/03/2015)

<[http://www.rac-spa.org/sites/default/files/annex/annex\\_3\\_fr\\_2013.pdf](http://www.rac-spa.org/sites/default/files/annex/annex_3_fr_2013.pdf)>

Marchand, I., Fourier, A., LeGurun, L. *et al.* (2009). Suivi quantitatif de la reproduction de l'Alose feinte du Rhône (*Alosa fallaxrhodanensis*, Roule, 1924) sur le Bas Vidourle – Campagne d'études 2009. Association Migrateurs Rhône-Méditerranée. 42 p. + annexes.

OECD (2003), OECD – Environmental Indicators : development, measurement and use.

Quignard, J.P. et Douchement, C. (1991). *Alosa fallaxfallax* (Lacépède, 1803). *In* : Hoestlandt, H. (Ed.). *The freshwater Fishes of Europe*, vol. 2. Clupeidae, Anguillidae, Wiesbaden : Aula-Verlag, 448p.

SMAGE des Gardons. (2012). Etude de la continuité écologique sur le bassin versant des Gardons-Phase 1. 154p.

## Tables des illustrations

### Liste des Figures

Figure 1. Aire de migration d' <i>Alosa fallax rhodanensis</i> à la fin du XIX <sup>ème</sup> siècle (a) et en 1993 (b). (Source : MRM).....	3
Figure 2. Localisation du Gardon et des bassins Rhône-Méditerranée et Corse (Source : MRM) .....	4
Figure 3. <i>Alosa fallax rhodanensis</i> .....	4
Figure 4. Cycle de vie de l'Alose feinte du Rhône (Source : MRM) .....	6
Figure 5. Acte de reproduction (Source : MRM) .....	6
Figure 6. Statuts de protection de l'espèce.....	7
Figure 7. Localisation des unités hydrogéographiques du Gardon (Source : BCEOM) .....	9
Figure 8. Zoom sur la confluence du Gardon avec le Rhône.....	10
Figure 9. Localisation des seuils sur la zone d'étude (Réalisé à partir de : Google Earth ; MRM) .....	11
Figure 10. Fiche de suivi de l'état des ouvrages (Source : MRM).....	15
Figure 11. Débits moyens mensuels du 12 mars au 25 juin du Gardon des années 2012 à 2015 (Réalisé à partir de : Vigicrue) .....	19
Figure 12. Débits moyens journaliers du Gardon à Remoulins du 12 mars au 25 juin de 2012 à 2015 (Réalisé à partir de : Vigicrue) .....	20
Figure 13. Débits moyens journaliers du Rhône à Beaucaire du 1 <sup>er</sup> mars au 9 juin de 2012 à 2015 (Réalisé à partir de : Vigicrue) .....	21
Figure 14. Débits moyens journaliers du RCC à Beaucaire du 1 <sup>er</sup> mars au 30 juin et du canal usinier du 1 <sup>er</sup> mars au 9 juin en lien avec le seuil d'attractivité (Réalisé à partir de : banque hydro) .....	22
Figure 15. Débits moyens journaliers du RCC à Beaucaire du 1 <sup>er</sup> mars au 30 juin de 2012 à 2015 (Réalisé à partir de : banque hydro).....	22
Figure 16. Températures moyennes journalières du Gardon à Bonicoli du 19 mars au 16 juin 2015..	23
Figure 17. Température du Rhône à Beaucaire relevée hebdomadairement du 16 avril au 26 mai 2015 .....	24
Figure 18. Bassin du Rhône et ses affluents (Source : MRM).....	32
Figure 19. Station d'enregistrement (Source : MRM) .....	37

### Liste des Tableaux

Tableau 1. Liste des QMM (m <sup>3</sup> /s) à Ners (Source : banque hydro) .....	8
Tableau 2. Les sept seuils de l'aval à l'amont (Sources : ONEMA ; MRM) .....	12
Tableau 3. Débits moyens mensuels du Rhône à Beaucaire du 1 <sup>er</sup> mars au 9 juin des années 2012 à 2015 (Source : banque hydro).....	20
Tableau 4. Récapitulatif de l'état global des ouvrages. Barème : mauvais, moyen, bon et excellent..	24
Tableau 5. Suivi des sept ouvrages de la zone d'étude .....	26
Tableau 6. Récapitulatif des nuits réalisées en 2015 .....	28
Tableau 7. Récapitulatif interannuelle (Abadie <i>et al.</i> , 2012 ; Joyeux <i>et al.</i> , 2013 ; Douillard <i>et al.</i> , 2014) .....	29
Tableau 8. Récapitulatif du suivi de la reproduction d' <i>Alosa fallaxrhodanensis</i> sur les différents affluents du Rhône depuis 1998. *données jusqu'au 9 juin (Sources : EDF, MRM) .....	31

## Liste des annexes

Annexe 1. Fiche de suivi de l'activité de reproduction .....	44
Annexe 2. Organisation du suivi de la reproduction sur le Gardon .....	45
Annexe 3. Tests statistiques sur les données hydrométriques .....	46
Annexe 4. Tests statistiques sur les données thermiques .....	47
Annexe 5. Organisation du stage .....	48

## Annexe 1. Fiche de suivi de l'activité de reproduction



### Fiche terrain : SUIVI DE LA REPRODUCTION

Site :  Date :

Nom/Structure des observateurs :

Température eau (°C) :  Début :  Fin :

Température air (°C) :  Début :  Fin :

Vent (force) :  Nul, faible, modéré, fort Nord (mistral), sud, est, ouest

Pluie :  Nulle, faible, modérée, forte

Observations :

Déroulement activité :  
 Changement météo/nuit :  
 Heure de levée lune :  
 Fréquentation (perturbations sonores) :

**ATTENTION : Bien stipuler ID Bull sur la carte jointe**

ID Bull (initiales + nombre)	Heure	Durée approximative (seconde)	Attaque silure	Observations

## Annexe 2. Organisation du suivi de la reproduction sur le Gardon

12 participants	avril 2015		mai 2015		mar. 12		jun 2015		juin 2015			
	lun. 27	jeu. 30	lun. 4	mar. 6	lun. 11	mar. 12	lun. 18	jeu. 21	mar. 26	jeu. 28	lun. 1	jeu. 4
	23:00 – 03:00+1	23:00 – 03:00+1	23:00 – 03:00+1	23:00 – 03:00+1	23:00 – 03:00+1	23:00 – 03:00+1	23:00 – 03:00+1	23:00 – 03:00+1	23:00 – 03:00+1	23:00 – 03:00+1	23:00 – 03:00+1	23:00 – 03:00+1
Onema 30 (1 ou 2 aç	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓			✓
SMAGE (H. COULOT												✓
SMAGE (F. JOURDAI								✓		✓		
DDTM (C. Parent)									✓			
Fédépêche 30 (J. Crn		✓			✓				✓			
Fédépêche 30 (A. Tr		✓			✓				✓			
SMAGE - REYGROE				✓			✓				✓	
A. DRUELLES DDTM					✓							
MRM (C. Morandi)	✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓
MRM (M. Mutel)	✓		✓					✓				✓
Marty Vincent			✓						✓			
SMAGE (K. Pajon)							✓					✓
Voire nom	Oui (Oui) Non	Oui (Oui) Non	Oui (Oui) Non	Oui (Oui) Non	Oui (Oui) Non	Oui (Oui) Non	Oui (Oui) Non	Oui (Oui) Non	Oui (Oui) Non	Oui (Oui) Non	Oui (Oui) Non	Oui (Oui) Non

### Annexe 3. Tests statistiques sur les données hydrométriques

- 2012 Shapiro-Wilk normality test  
data: Débit  
W = 0.5503, p-value < 2.2e-16 : ne suit pas une loi normale
- 2013 Shapiro-Wilk normality test  
data: Débit  
W = 0.8427, p-value = 4.577e-10 : ne suit pas une loi normale
- 2014 Shapiro-Wilk normality test  
data: Débit  
W = 0.3182, p-value < 2.2e-16 : ne suit pas une loi normale
- 2015 Shapiro-Wilk normality test  
data: Débit  
W = 0.6035, p-value < 2.2e-16 : ne suit pas une loi normale
- leveneTest(Débit ~ Année, data=Dataset, center="mean")  
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "mean")

Df F value Pr(>F)

group 3 81.926 < 2.2e-16 \*\*\* : pas d'égalité des variances

- kruskal.test(Débit ~ Année, data=Dataset)  
Kruskal-Wallis rank sum test  
data: Débit by Année  
Kruskal-Wallis chi-squared = 161.0259, df = 3, p-value < 2.2e-16 : il existe au moins une année différente
- kruskalmc(debit ~ annee, data=Dataset, probs=0.05)  
Multiple comparison test after Kruskal-Wallis  
p.value: 0.05  
Comparisons  
obs.dif critical.dif difference  
A-B 220.44262 47.63498 TRUE  
A-C 102.05328 47.63498 TRUE  
A-D 157.89754 47.63498 TRUE  
B-C 118.38934 47.63498 TRUE  
B-D 62.54508 47.63498 TRUE  
C-D 55.84426 47.63498 TRUE



#### Annexe 4. Tests statistiques sur les données thermiques

- 2012 Shapiro-Wilk normality test  
data: Température  
W = 0.9265, p-value = 0.001275 : ne suit pas une loi normale
- 2013with(B, shapiro.test(Température))  
Shapiro-Wilk normality test  
  
data: Température  
W = 0.9704, p-value = 0.1463 : suit une loi normale
- 2014 Shapiro-Wilk normality test  
data: Température  
W = 0.9328, p-value = 0.002386 : ne suit pas une loi normale
- 2015Shapiro-Wilk normality test  
data: Température  
W = 0.9718, p-value = 0.1705 : suit une loi normale
- > leveneTest(Température ~ Date, data=Dataset, center="mean")  
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "mean")  
Df F value Pr(>F)  
group 3 2.8436 0.03843 \* : pas d'égalité des variances  
240  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
- kruskal.test(Température ~ Date, data=Dataset)  
Kruskal-Wallis rank sum test  
data: Température by Date  
Kruskal-Wallis chi-squared = 28.0592, df = 3, p-value = 3.53e-06 : il existe au moins  
une années différente.
- kruskalmc(Température, Date, probs=0.05)  
Multiple comparison test after Kruskal-Wallis  
p.value: 0.05  
Comparisons  
obs.dif critical.dif difference  
A-B 42.590164 33.71744 TRUE  
  
A-C 6.295082 33.71744 FALSE  
A-D 22.098361 33.71744 FALSE  
B-C 48.885246 33.71744 TRUE  
B-D 64.688525 33.71744 TRUE  
C-D 15.803279 33.71744 FALSE

## Annexe 5. Organisation du stage

	Mars				Avril					Mai				Juin			
	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26
Bibliographie																	
Organisation de la campagne																	
Rédaction																	
Collecte des données																	
Statistiques																	

	Idée originale	Bibliographie	Mise en place du protocole	Organisation de la campagne 2015	Collecte des données	Analyses statistiques
Charline		X		X	X	X
MRM	X	X	X	X		
Partenaires (ONEMA, Fédérations de pêche, DDT...)	X (ONEMA)		X		X	



## Résumé

Le Gardon est le premier affluent rive droite du Rhône, historiquement colonisé par *Alosa fallax rhodanensis*. Suite à la réglementation, les ouvrages présents sur le bas Gardon ont été aménagés de 2001 à 2011. En 2012, une étude sur la reconquête du Gardon par l'Alose a été engagée pour 3 ans. Malgré des signes de reproduction en 2012 et 2013, aucun acte de reproduction n'a été identifié en 2014. Afin de compléter les résultats contrastés, l'étude a été prolongée en 2015.

Comme les années précédentes, les facteurs influençant la migration et la reproduction des aloses ont été suivis, autrement dit, un suivi du débit, de la température et de la fonctionnalité des ouvrages. Cette année, les débits et la température ont été *a priori* favorables à la migration et à la reproduction. Concernant la fonctionnalité des ouvrages, il a été constaté que le seuil le plus en aval est sélectif et les deux seuils les plus en amont sont infranchissables. Globalement, les conditions étaient favorables à la colonisation et à la reproduction d'*Alosa fallax rhodanensis* sur le Gardon.

Au cours des 10 nuits de suivi, seulement 5 bulls ont été comptabilisés. Une des hypothèses de cette faible présence est que la turbidité rencontrée lors de la crue du Rhône, sous l'influence de l'Isère, a inhibé la migration. En outre, la reconquête du Gardon par *Alosa fallax rhodanensis* est partielle, tant sur le plan spatial que temporel. Néanmoins, au cours des quatre années de suivis, il est constaté que lorsque les conditions sont réunies, la reconquête du Gardon est effective. Il serait intéressant de mettre en place une étude sur le suivi de la reproduction d'*Alosa fallax rhodanensis* dans le Gardon dans la continuité des suivis déjà réalisés sur d'autres affluents du Rhône, pour avoir une vision plus globale du schéma de migration des aloses annuellement et de son déterminisme.

Mots clés : Alose feinte du Rhône –recolonisation – passe à poissons - frayer – Gard – facteurs de migration.