

#### 4.4.2.1. L'acte de ponte

La ponte se déroulerait entre mars et juillet selon certains, toute l'année selon d'autres (Mc Leave *et al.*, 1998 ; Tesch et Wegner, 1990), à une profondeur entre 400 et 600 mètres et à un isotherme de 15°C. Pour d'autres encore, la ponte pourrait avoir lieu bien plus profondément, aux environs de 2 000 mètres (Robins *et al.*, 1979 ; Dufour, 1996). La physiologie des reproducteurs (peau épaisse, pupilles dilatées, ligne latérale marquée) et la nécessité de fortes pressions pour déclencher la libération des gamètes en milieu expérimental laissent supposer que la reproduction s'effectue en effet à des profondeurs importantes (plusieurs centaines de mètres) dans la zone épipélagique (Klecker *et al.*, 1983).

L'endroit exact de cette reproduction n'est pas connu, mais se localiserait dans la mer des Sargasses. Il est communément admis que cette aire de ponte est unique et que l'ensemble des anguilles européennes appartient au même stock, formant ainsi une population panmictique (Wirth & Bernatchez, 2001 ; Als *et al.*, 2011), autrement dit une population où tous les géniteurs sont susceptibles de se croiser et de se reproduire au hasard.

On ignore ce que deviennent les adultes après la reproduction, l'hypothèse la plus vraisemblable étant qu'ils meurent tous et donc, que ce poisson ne se reproduira qu'une seule fois dans sa vie (espèce semelpare) (Tesch, 1977 ; Westerberg, 1979 *in* Acou, 2006).

#### 4.4.2.2. Stade leptocéphale

On suppose que les œufs pondus sont pélagiques, qu'après éclosion, les leptocéphales, en forme de feuille de saule (Figure 14), se nourrissent de plancton et sont portées par les courants océaniques (Gulf-Stream) de manière passive tout en effectuant des migrations verticales dans la colonne d'eau (Tesch et Wegner, 1990).

La dispersion des larves se fait aléatoirement (par les courants océaniques atlantiques venant longer les côtes européennes). Cependant, d'après l'analyse de l'ADN nucléaire, il pourrait exister plusieurs groupes. Il se distinguerait un groupe « mer du Nord », un « groupe atlantique » et un « groupe méditerranéen » (Wirth et Bernatchez, 2001).



Figure 14 : Leptocéphale

Ces milliers de larves leptocéphales accomplissent ainsi un voyage de 6 000 km pendant 200 jours selon les uns et 470 à 560 jours selon les autres (Tesch et Niermann, 1992 ; Lecomte Finiger, 1994 ; Antunes et Tesch, 1997 ; Mc Leave *et al.*, 1998 ; Tesch, 1998).

Le courant des Açores (composante Nord de la convergence subtropicale) conduit alors une partie des larves vers la Méditerranée. Cette phase de migration océanique reste cependant floue puisque des particules inertes situées dans le Golf Stream mettent 3 ans à effectuer la même traversée (Kettle et Haines, 2006).

#### 4.4.2.3. Stade civelle

À l'approche du plateau continental et à une longueur moyenne de 6 cm, les leptocéphales subissent leur première métamorphose. Leur corps s'allonge et devient cylindrique, c'est le stade civelle (Figure 15). D'abord transparentes, elles entament une migration anadrome influencée par plusieurs facteurs environnementaux (température, dessalure, lune...) et cessent de s'alimenter.

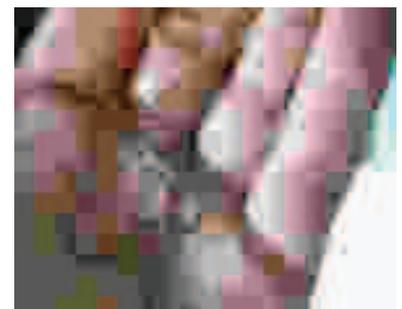


Figure 15 : Civelles. MRM

Cette migration est passive dans un premier temps, utilisant les courants de marée (transport tidal sélectif) puis active par la suite. Elle a lieu essentiellement de janvier à juin sur la façade méditerranéenne française (Finiger, 1976). Le pic d'abondance en civelles au niveau des Saintes-Maries-de-la-Mer (commune de l'estuaire du petit Rhône) est observé entre janvier et mars (Crivelli *et al.*, 2012). Les civelles se pigmentent progressivement jusqu'à atteindre le stade anguille jaune.

La totalité des individus ne migre pas vers des zones de croissance plus en amont. En effet, certains d'entre eux (sous l'influence de multiples facteurs) se sédentarisent dans les estuaires ou les eaux de transitions littorales (Daverat *et al.*, 2005), alors que d'autres migrent vers des zones de croissance plus en amont (jusqu'à 1 000 m d'altitude), ou alternent entre les secteurs d'eau douce et d'eau salés.

#### 4.4.2.4. Stade anguille jaune



En général, on parle d'anguille jaune (Figure 16) lorsque l'individu en question atteint une certaine taille (au-delà de 30-40 cm) (Tesch, 2003). En deçà, on parle d'« anguillettes ». Le stade « anguille jaune » correspond à la phase au cours de laquelle l'anguille se différencie sexuellement, qu'elle acquiert la taille et les réserves nécessaires à la migration de ponte et à la maturation des gonades (Van den Thillart *et al.*, 2004 ;).

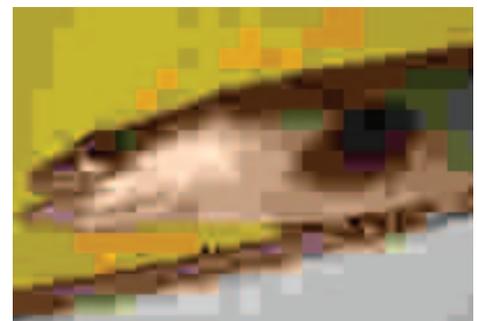
**Figure 16 : Anguille jaune. MRM**

Les anguilles jaunes sont généralement sédentarisées, mais des conditions hydroclimatiques particulières (obligeant les anguilles à changer de territoire) peuvent provoquer des mouvements migratoires. Elles effectuent leur croissance aussi bien dans les milieux côtiers que dans les estuaires, marais, fleuves, rivières et ruisseaux.

#### 4.4.2.5. Stade anguille argentée

Au terme de sa période continentale, l'Anguille subit une métamorphose (l'argenture) qui accompagne l'acquisition de la maturité sexuelle (Figure 17). Cette métamorphose intervient à un moment particulier, déterminé notamment par la croissance des individus (plus la croissance est rapide plus cette métamorphose intervient tôt) (Adam *et al.*, 2008). L'argenture marque la fin de la phase de croissance.

Des changements physiologiques (changement de couleur, augmentation de la taille des yeux, de la taille des nageoires pectorales et de l'épaisseur de la peau...) préparent l'Anguille à son retour vers la mer des Sargasses. Il s'effectue à l'âge de 4 à 20 ans pour les femelles et 2 à 15 ans pour les mâles, ce qui correspond à des tailles comprises entre 50 et 100 cm pour les femelles et 35 à 46 cm pour les mâles.



**Figure 17 : Anguille argentée. MRM**

La dévalaison des anguilles débute généralement à l'automne et se poursuit jusqu'au début du printemps. Les anguilles dévalent en se laissant porter par le courant de l'eau. Elles l'utilisent comme stimulus à leur dévalaison, on parle de rhéotaxie (Bruijs et Durif, 2009 ; Crivelli, 1998). Le pic de dévalaison est différent selon la situation de la zone de croissance des individus au niveau de l'aire de répartition de l'espèce. Ainsi, pour les individus se situant au centre de l'aire de répartition et sur les côtes méditerranéennes, ce pic de migration de dévalaison interviendrait entre l'automne et l'hiver (Amilhat *et al.*, 2009).

## 5. L'Esturgeon européen

### 5.1. Taxonomie

#### Embranchement

**Classe :** Actinopterygii

**Ordre :** Acipenseriformes

**Famille :** Acipenseridae

**Genre :** Acipenser



Figure 18 : *Acipenser sturio* (Maurin et Keith, 1994)

### 5.2. Statuts & intérêt général de conservation de l'espèce

Statut de Protection	
Directive Habitats/Oiseaux	Annexes II et V
Convention de Berne	Annexe III
Convention de Washington	Annexe I
Protection nationale	Arrêté ministériel de 1982 spécifique à l'espèce

Tableau 9 : Statut de protection de *Acipenser sturio*. INPN, MNHN

Statut de Conservation (Livres rouges)	
International	Gravement menacé d'extinction
France	En danger
PACA	Eteint

Tableau 10 : Statut de conservation de *Acipenser sturio*. IUCN, INPN, MNHN

Toutes les espèces vivantes d'esturgeons sont listées dans les annexes I et II de la CITES (Convention on International Trade of Endangered Species). La totalité des espèces sont menacées ou en danger d'extinction dans le monde (Birstein *et al.*, 1997).

L'Esturgeon européen est notamment inscrit aux annexes II et IV de la Directive européenne "Habitats" (1992) et à l'annexe I de la Convention de Washington sur le commerce international des espèces menacées (1973). Il fait l'objet en France d'un plan national d'action incluant en particulier la sensibilisation des pêcheurs professionnels pour les encourager à remettre à l'eau ces poissons en cas de capture accidentelle, et la mise au point de méthodes de reproduction en captivité. Développées par l'IRSTEA (ex-CEMAGREF), ces méthodes visent à favoriser le repeuplement de l'espèce grâce au relâcher de jeunes poissons en milieu naturel.

### 5.3. Description de l'espèce

Le corps de l'esturgeon européen, allongé, est recouvert de 5 rangées longitudinales de plaques osseuses. Son squelette cartilagineux est partiellement ossifié. La nageoire caudale est hétérocerque (asymétrique).

Le dos gris brun présente des reflets verts, et le ventre porte une coloration jaunâtre avec des reflets argentés. La bouche se présente comme un tube protractile ; elle est précédée de 4 barbillons sensitifs, sous un museau pointu. L'esturgeon européen peut atteindre une longueur totale de 3,5 m pour un poids supérieur à 170 kg (Source : sturio.eu).

## 5.4. Biologie de l'espèce

### 5.4.1. Habitats

Poisson migrateur amphihalín, l'Esturgeon européen réalise son cycle de vie successivement en eaux douces, saumâtres puis marines. L'esturgeon évolue essentiellement sur le fond, à la recherche de sa nourriture composée principalement d'invertébrés benthiques.

Les habitats d'eau douce de l'espèce se situent sur les parties basses des fleuves et se limitent aux zones de frayères des géniteurs, présents le temps de la reproduction, et aux zones de nourricerie, encore mal connues, des larves, alevins et juvéniles de l'année, progressivement attirés vers la zone estuarienne.

Les eaux saumâtres des estuaires sont principalement fréquentées par les juvéniles et les esturgeons immatures au cours de leur phase de croissance. Elles constituent en outre une voie de passage obligé des adultes vers les zones de reproduction.

Les travaux scientifiques menés sur l'estuaire de la Gironde ont montré l'existence de plusieurs zones de nourricerie (Rochard *et al.*, 2001 ; Brosse, 2003) sur lesquelles les jeunes esturgeons se concentrent pour satisfaire leurs besoins alimentaires (Brosse *et al.*, 2000a et b). Ces zones vaseuses ou sablo-vaseuses de salinités différentes (5‰ à 25‰) se situent à une profondeur moyenne comprise entre 4 et 8 mètres (Brosse, 2003).

En mer, après avoir quitté les abords des estuaires (adultes et juvéniles de plus de 8 à 10 ans), les esturgeons se cantonnent aux eaux côtières du plateau continental de moins de 100 mètres de profondeur et principalement sur des fonds de moins de 40 mètres (Rochard *et al.*, 1997).

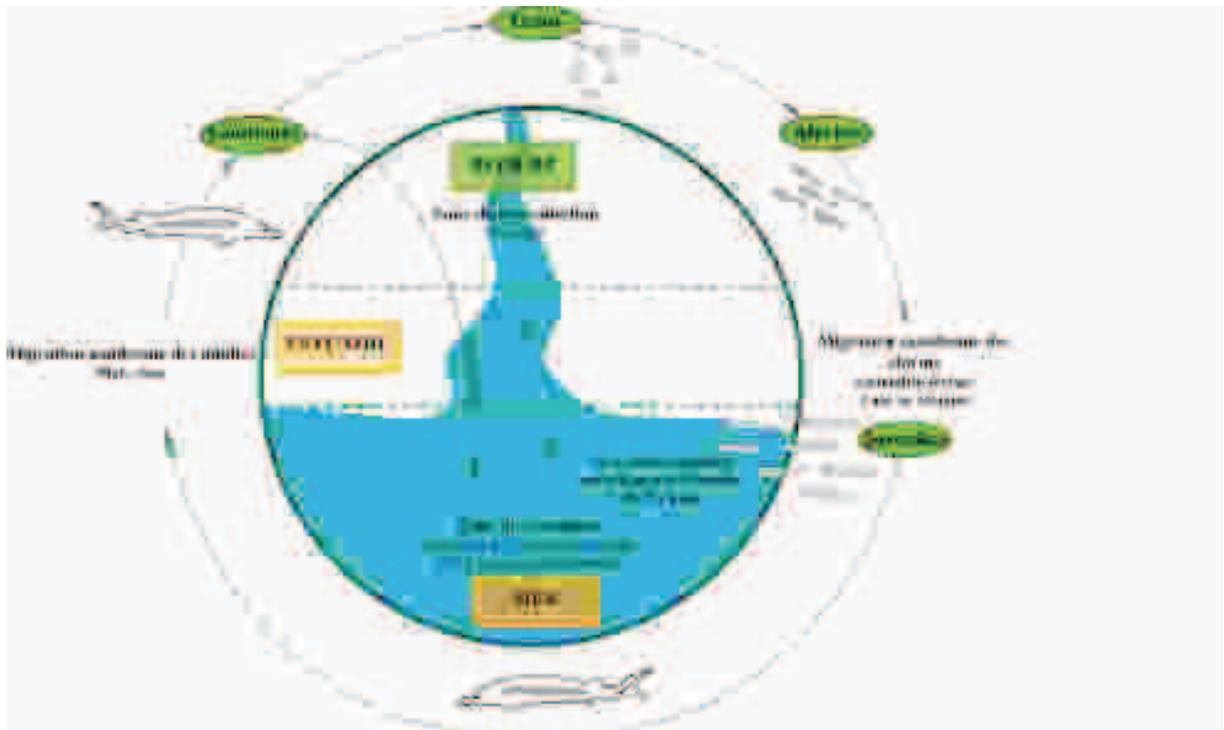


Figure 19 : Cycle biologique de *Acipenser sturio*. MRM

#### **5.4.2. Alimentation**

Les esturgeons consomment préférentiellement des invertébrés benthiques mais leur régime alimentaire varie selon l'espèce, le lieu et l'écophase dans laquelle ils se trouvent (Zolotarev *et al.*, 1996).

Les habitudes alimentaires d'*Acipenser sturio* sont quant à elles très peu connues quelle que soit l'écophase considérée. Cependant, les informations apportées par Brosse (2003) montrent que les juvéniles se nourrissent essentiellement de petits crustacés et de polychètes. Il semble que le régime alimentaire des juvéniles soit plus spécialiste qu'opportuniste, par conséquent il est possible que l'aspect trophique soit déterminant dans le choix des habitats préférentiels de l'esturgeon (Brosse, 2003). Des hypothèses sur le régime alimentaire d'*Acipenser sturio* peuvent être formulées à partir de l'étude d'une espèce génétiquement et morphologiquement très proche, l'esturgeon noir *Acipenser oxyrinchus* (Birstein *et al.*, 1997 ; Birstein et De Salle 1998).

Les résultats de Guilbard (2002) et Brosse (2003) montrent que l'Esturgeon noir comme l'Esturgeon européen semblent affectionner les proies de petites tailles, benthiques, de préférence « molles » et vivant en colonies denses tels les oligochètes pour le milieu dulçaquicole et les polychètes pour le milieu saumâtre.

#### **5.4.3. Reproduction**

L'esturgeon se reproduit exclusivement en eau douce. Les zones de frayères sont généralement situées dans les parties profondes des fleuves dans l'extérieur des méandres ou près des berges (Hall *et al.*, 1991).

Les différentes études effectuées sur la caractérisation des frayères d'esturgeons ont mis en valeur trois paramètres principaux : la nature du substrat, la vitesse du courant et la bathymétrie.

Les substrats sont de nature fortement hétérogène constitués de blocs et graviers. Les substrats uniformes types limon, sable et argile ne sont pas utilisés (Lahaye *et al.*, 1992).

La profondeur des sites de fraie varie entre 4 et 27 mètres, ce qui est important. Les vitesses de courant se situent entre 0,5 et 2m par seconde (Jego *et al.*, 2002).

Pour synthétiser, les travaux de Jego *et al.* (*ibidem*) indiquent que l'Esturgeon européen préfère les fosses profondes de plusieurs mètres avec un courant vide et un fond tapissé de galets et cailloux.

## Localisation des espèces sur le site

---

### 1. L'Alose feinte du Rhône

Le fleuve Rhône constitue, par l'importance de son bassin versant et de son débit moyen, le fleuve de l'arc méditerranéen français le plus attractif pour l'Alose feinte du Rhône. En effet, lorsque les adultes, à la fin de l'hiver, se regroupent et se rapprochent du littoral, ils sont guidés par les apports d'eau douce pénétrants dans la mer Méditerranée. Il semblerait alors que plus les apports d'un fleuve sont importants, plus le nombre de géniteurs colonisant celui-ci est conséquent.

Historiquement, l'Alose possédait une aire de colonisation très largement étendue sur le bassin rhodanien. Des documents anciens révèlent que l'Alose remontait en abondance sur la Saône et on la retrouvait jusque dans certains affluents comme le Doubs, l'Ognon ou l'Allan (Collectif, 1956). Sur le Rhône, les aloses remontaient jusqu'au lac du Bourget, aux environs de Seyssel (Lunel, 1874).

L'aménagement du Rhône engagé à partir des années 1950 va considérablement modifier l'aire de répartition de cette espèce. Dès 1952, à la construction de l'aménagement hydroélectrique de Donzère, les géniteurs se retrouvent bloqués à moins de 150 km de la mer. La situation s'aggrave d'avantage à partir de 1976 et la finalisation de la construction de l'aménagement de Beaucaire-Vallabrègues (Rameye *et al.*, 1976). Dès lors, les aloses n'ont plus accès aux affluents et notamment ceux où se trouvent les frayères les plus intéressantes (Ardèche, Cèze et Gardon). L'aire de colonisation des aloses sur le bassin rhodanien est ainsi limitée à 68 km de fleuve contre plus de 700 km avant aménagement.

Privés de leurs habitats de reproduction, les géniteurs vont néanmoins trouver des habitats de substitution sur la partie aval du Rhône. La connaissance desdits habitats n'est probablement pas exhaustive mais il semblerait que certains radiers localisés dans les caissons de Saxy en rive gauche du Rhône, à l'amont immédiat d'Arles, aient permis aux géniteurs de se reproduire (Nicolas et Pont, 1996 ; Mazens, 1997). L'utilisation d'habitats atypiques et la pérennité de l'espèce malgré l'aménagement du fleuve mettent en évidence la plasticité écologique de l'Alose feinte du Rhône.

Il faut attendre la fin des années 1990 pour voir cette situation évoluée (Anonyme, 1991). Différents travaux de restauration de la continuité piscicole vont ainsi voir le jour dans le cadre du 1<sup>er</sup> Plan de Gestion des Poissons Migrateurs. En particulier, le fonctionnement des écluses de navigation des 3 aménagements aval (Beaucaire, Avignon et Caderousse) va être modifié et adapté aux exigences de franchissement des aloses. En parallèle, l'accès au Gardon est réouvert (construction du seuil de Beaucaire sur le Vieux Rhône homonyme) et les seuils localisés à la confluence de la Cèze et de l'Ardèche sont équipés de passes à poissons.

Grâce à la plasticité écologique de l'Alose et aux caractéristiques de son cycle biologique (itéroparité, cycle court), les effets bénéfiques de ces actions vont rapidement être observables. A l'issue du 1<sup>er</sup> Plan Migrateurs en 2003, les aloses sont ainsi de retour sur un certain nombre de leurs frayères historiques. Par la suite, les efforts de restauration des axes de migration se maintiennent et s'intensifient même sur les affluents, en particulier sur le Gardon et l'Ardèche. Ainsi, en 2013, on considère que les aloses colonisent chaque année 167 km sur l'axe Rhône (la limite amont admise étant l'aménagement hydroélectrique de Montélimar) et 65 km sur les affluents (rive droite essentiellement). Entre les années 1990 et 2013, l'aire de répartition de l'Alose sur le bassin rhodanien a donc progressé de 164 km.

Au-delà de l'allongement des linéaires colonisés, il semblerait également que l'abondance des aloses soit en augmentation sur le bassin. Deux types d'indicateurs permettent de suivre les abondances annuelles des aloses sur le bassin rhodanien : le suivi de la pêche et le suivi des frayères.

Le suivi de la pêcherie, mené depuis 1997 par l'Association MRM, est basé sur la participation volontaire des pêcheurs qui remplissent un carnet de captures lors de chacune de leurs sorties. Chaque année, une centaine de pêcheurs participent au suivi et fournissent ainsi une quantité de données importante à l'Association MRM qui les analyse et produit un rapport d'étude (Rivoallan *et al.*, 2013).

L'activité des pêcheurs à la ligne est répandue sur l'ensemble du bassin Rhône aval avec en moyenne 25 à 30 sites de pêche fréquentés annuellement dont près de 15 localisés sur le Rhône. A partir des données fournies par les pêcheurs, il est ainsi possible de caractériser et de suivre l'évolution de cette activité mais surtout d'obtenir des indices de présence et d'abondance de la population d'aloses. Ce suivi étant mené sur d'autres fleuves du bassin Rhône-Méditerranée, il est également possible de comparer les indicateurs entre les cours d'eau.

A l'analyse des indicateurs obtenus entre 1997 et 2012, on constate une tendance globale positive d'évolution de la CPUE moyenne (Captures Par Unité d'Effort – indicateur exprimé en nombre d'alose(s) capturée(s) par heure de pêche). Cet indicateur d'abondance nous montre qu'entre 1997 et 2012, l'efficacité de la pêche à la ligne aux aloses s'est améliorée (Figure 20). Grâce au nombre important de retours des pêcheurs et à la bonne connaissance des caractéristiques de cette activité, il peut être admis que l'augmentation d'efficacité de la pêche traduit une augmentation de la présence des aloses sur les sites de pêche.

A la lecture de la Figure 20, on peut néanmoins dégager 3 périodes (Rivoallan *et al.*, 2013) :

- 1997-2010 : on observe une augmentation nette des CPUE moyennes avec un maximum atteint en 2008 (1,36 alose/heure)
- 2011: après 3 années durant lesquelles les CPUE se sont révélées très élevées, on observe une chute nette de l'indicateur, en deçà de la moyenne inter-annuelle. Cette chute d'abondance des aloses est alors liée directement aux conditions hydrologiques exceptionnellement basses
- 2012 : la CPUE moyenne remonte et retrouve un niveau supérieur à la moyenne inter-annuelle (0,66 alose/h).

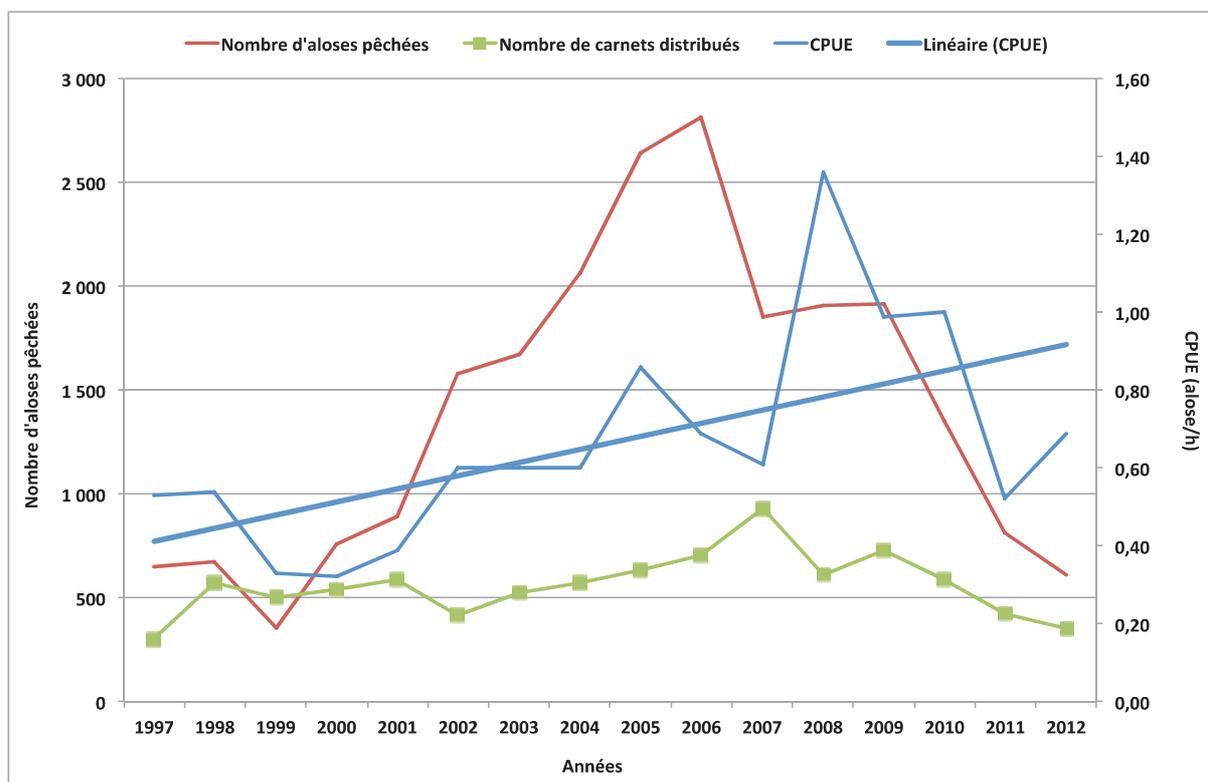


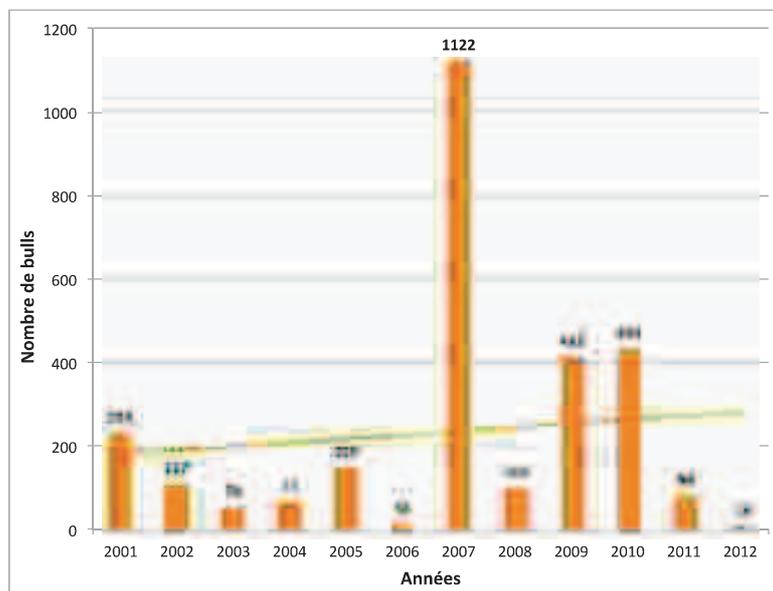
Figure 20 : Evolution inter-annuelle de la CPUE moyenne, du nombre d'aloses capturées et du nombre de carnets distribués sur le bassin rhodanien entre 1997 et 2012. MRM

Il est également intéressant d'observer la courbe d'évolution du nombre de carnets distribués. On observe une baisse assez sensible entre 2007 et 2012. Cette baisse traduit effectivement une chute du nombre de pêcheurs à ligne aux aloses sur le bassin rhodanien, en corrélation avec la tombée des arrêtés préfectoraux d'interdiction de consommation ou de commercialisation des aloses pêchées dans le Rhône du fait de leur contamination au pyralène (PCB). La baisse de participation des pêcheurs est également liée au vieillissement de cette population de pêcheurs qui pour la plupart pratique la pêche de l'Alose comme une activité culturelle locale ancestrale autrefois très répandue sur les rives du Rhône. Cette chute d'activité a été ressentie encore plus nettement chez les pêcheurs amateurs aux engins qui pratiquaient avec leur carrelet sous l'aménagement de Beaucaire-Vallabrègues. D'une vingtaine d'embarcations au début des années 2000, ils ne sont aujourd'hui plus que deux.

En complément du suivi de la pêcherie, l'Association MRM mène également depuis 1997 des suivis sur certaines frayères d'aloses. Ces suivis ont lieu la nuit et ont pour objectif de comptabiliser de façon exhaustive les actes de reproduction des géniteurs dénommés « bulls ». A partir du nombre de bulls, il est possible d'estimer un nombre de géniteurs présent sur les différentes frayères. Sur le bassin rhodanien, ces suivis sont menés :

- depuis 1997 sur la frayère du port de l'Ardoise (RCC de Caderousse) et sur la Cèze,
- depuis 2000 sur les frayères de l'Ardèche,
- depuis 1998 sur la frayère de Saint Montan (RCC de Donzère).

Ces suivis ont d'abord mis en évidence une recolonisation effective des frayères suite à la mise en place des éclusages spécifiques aux poissons sur les ouvrages de Beaucaire, Avignon et Caderousse. Ces suivis ont ainsi permis de valider l'atteinte des objectifs du 1<sup>er</sup> Plan Migrateurs qui prévoyait le retour de l'Alose sur l'Ardèche. En termes d'évolution des abondances, la lecture des résultats est moins claire que celle obtenue par l'indicateur « pêcherie » mais on constate tout de même que les résultats obtenus depuis 2007 sont sensiblement supérieurs à ceux de la période 2001-2006 (Figure 21) . On observe par ailleurs une variabilité inter-annuelle marquée qui s'explique par le déterminisme de migration de l'Alose.



**Figure 21 : Evolution inter-annuelle du nombre bulls comptabilisé sur les frayères de l'Ardèche de 2001 à 2012. MRM**

En effet, l'Alose feinte du Rhône n'est pas fidèle à la frayère où elle est née (absence de homing) et détermine ses voies de migration anadrome en fonction des conditions hydroclimatiques du moment. Le bassin Rhône-Méditerranée étant caractérisé par des influences climatiques extrêmement variables dans le temps et l'espace, les aloses rencontrent des conditions migratoires très différentes d'une année sur l'autre.

Ces différences se traduisent *in fine* par des schémas de migration variables conditionnés par les débits et la thermie des fleuves et par la franchissabilité des différents ouvrages rencontrés sur leurs chemins. Ce phénomène explique ainsi les variations de l'indicateur « bulls » observé sur l'Ardèche, indépendamment de la dynamique globale de l'espèce. Cet état de fait nécessite de déployer des efforts de suivi sur plusieurs fleuves et cours d'eau simultanément afin d'obtenir une image juste des schémas de migration annuels et de la dynamique de l'espèce.

La variabilité des schémas de migration met également en exergue l'importance de mener des efforts de restauration des axes de migration sur l'ensemble de l'aire de répartition, de sorte que quelque soit les conditions hydroclimatiques, les aloses puissent migrer et atteindre des habitats favorables à leur reproduction. Dans cette optique, le PLAGEPOMI 2010-2014 prévoit l'ouverture de l'axe Rhône jusqu'à la Drôme et la poursuite des efforts sur les autres fleuves côtiers méditerranéens.

## **2. La Lamproie marine**

Les données historiques concernant la Lamproie marine sur le bassin méditerranéen abondent beaucoup moins que pour l'Alose. Peu recherchée par les pêcheurs professionnels, peu appréciée de la gastronomie régionale (notamment en comparaison de la Gironde), cette espèce est restée discrète dans l'histoire halieutique et piscicole de l'arc méditerranéen. Au 19<sup>ème</sup> siècle, la Lamproie marine semble très commune sur le bassin rhodanien, et notamment dans la partie estuarienne (Bouchon-Brandely, 1876).

On admet une limite historique de répartition similaire à celle de l'Alose feinte du Rhône (Moreau, 1881). D'après Olivier en 1882, la Lamproie était signalée à Besançon comme une espèce « abondante certaines années » (Gresser, 2009). Olivier ajoutait « puis on peut rester longtemps sans en voir ». A la même époque, Ogerien (1863) écrit qu'à Dole « on en pêche des quantités considérables » (Gresser, *ibidem*).

Mais près d'un siècle plus tard, d'après Quignard et Douchement (1991), cette même Lamproie a disparu de la Saône. Durant cette même période, Kreitmann (1932) localisait trois zones de reproduction actives près de Vienne (Isère), à l'embouchure du Gardon et près de Tarascon. Avec l'édification des grands barrages sur le Rhône, les populations sont alors confinées sur la partie basse du bassin.

Quelques communications orales permettent de dater la présence des lamproies sur quelques affluents du Rhône jusqu'au début des années 1960 : sur l'Ardèche, jusqu'à hauteur de Salavas (+/- 40 km de la confluence avec le Rhône), sur la Cèze, à l'aval des cascades du Sautadet (+/- 25 km de la confluence avec le Rhône) ou encore sur le Gardon, jusqu'au niveau de Montfrin (+/- 15 km de la confluence avec le Rhône).

Les populations s'écroulent et les données de captures sont dès lors anecdotiques. Le Suivi National de la Pêche aux Engins (SNPE) initié en 1988 par l'ancien Conseil Supérieur de la Pêche (actuellement Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques) a permis d'obtenir quelques données qualitatives (CSP, 1998a et 1998b). Les déclarations annuelles s'élèvent en moyenne à une dizaine d'individus, capturés en totalité par les pêcheurs au carrelet à l'aval de l'usine-écluse de Beaucaire-Vallabrègues.

En 2001, la découverte d'une frayère active sur le Gardon a motivé la recherche d'autres frayères, mais aucun indice de présence n'a été relevé (Pantarotto, 2002). En 2002, la frayère n'était plus active.

Depuis 2006, l'Association Migrateurs Rhône-Méditerranée mène un travail important pour améliorer les connaissances sur cette espèce et tenter de recueillir des données de présence. Un réseau de surveillance a ainsi été mis en place. Celui se base sur la sensibilisation des pêcheurs à la ligne et sur la réalisation d'enquêtes téléphoniques auprès des prud'homies, des mareyeurs, des criées...

Grâce à ce réseau, plus de 45 données de présence ont pu être collectées, permettant ainsi de mieux cibler les zones à enjeux (Figure 22). On constatera néanmoins que globalement, le retour d'informations est très faible, *a fortiori* pour les géniteurs (Le Gurun *et al.*, 2012). Des juvéniles de lamproies se pêchent occasionnellement sur les lagunes chaque année, mais l'activité de pêche plus élevée sur ces milieux augmente leur probabilité de capture, en comparaison du bassin rhodanien. Ces observations révèlent une reproduction effective il y a 5 à 8 ans mais dénotent *in fine* la situation alarmante de ces populations sur les bassins RM et C. Les observations de lamproies (Figure 22) se situent systématiquement sur la partie basse des fleuves, généralement en aval des premiers obstacles à la migration.

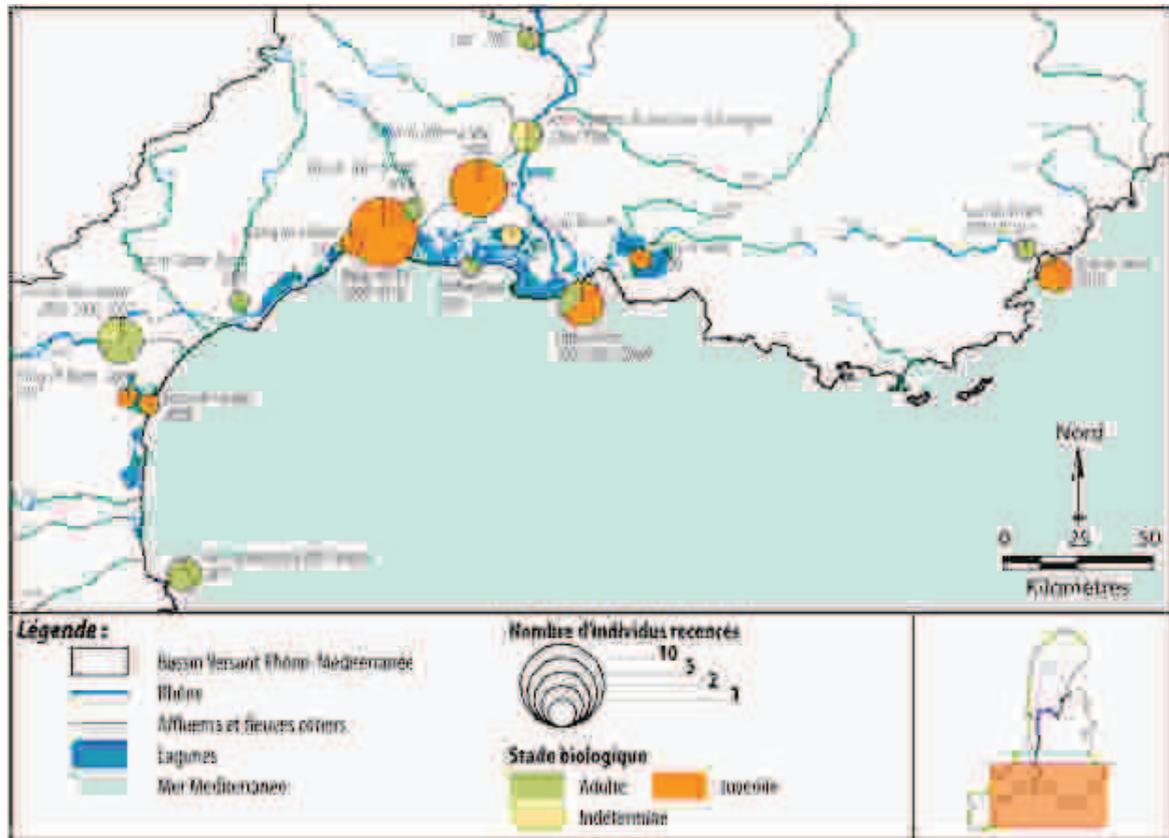


Figure 22 : Observations de lamproies sur les bassins RM et C entre 2005 et 2010 (MRM)

En parallèle du réseau de surveillance, MRM a lancé en 2008 un programme d'études visant à améliorer les connaissances sur l'écobiologie des Lamproies. Une campagne de pêche d'échantillonnages a été mise en place sur le RCC de Beaucaire. Plusieurs engins de pêche spécifiques ont été calés à l'aval du seuil de Beaucaire durant toute la fenêtre théorique de migration. Mais ces efforts ont été vains puisque aucun individu n'a été capturé (Denoeux et Delhom, 2008). Suite à cet échec et aux difficultés techniques posées par ce type d'échantillonnages, les investigations menées par MRM consistent à effectuer chaque année des prospections terrain sur les zones offrant les habitats potentiels de reproduction les plus favorables, en particulier sur le bas Gardon et la basse Cèze.

Malheureusement la dernière frayère active de Lamproie marine observée sur le Rhône aval remonte à 2001. Les dernières observations d'individus recensées remontent quant à elles à l'hiver 2009 (adulte capturé par un pêcheur professionnel dans l'embouchure du grand Rhône) et plus récemment au printemps 2012 avec la capture d'un subadulte en dévalaison au niveau du delta de Camargue. Ces quelques observations montrent que l'espèce n'est pas éteinte. Avec tous les efforts menés sur le bassin pour restaurer les voies de migration, il reste un espoir que cette population trouve les ressources pour se développer à un niveau de stock pérenne. En particulier, sur l'axe Rhône, la Compagnie Nationale du Rhône effectue depuis 2011 des éclusages spécifiques nocturnes durant la période des remontées. La Lamproie ne migrant que la nuit, ces opérations devraient augmenter les effectifs franchissant l'ouvrage et de fait les probabilités d'observations d'individus ou de frayères sur les affluents amont.

### 3. La Lamproie fluviatile

A l'échelle du bassin Rhône-Méditerranée (RM), le statut de l'espèce est particulièrement flou. Il n'existe aucune étude spécifique à l'espèce sur le bassin méditerranéen et les quelques signalements de présence ne sont pas vérifiables (Keith, comm.pers.).

En 1979, Autem, lors d'un travail sur les estuaires languedociens cite la présence de la Lamproie fluviatile sur le Petit Rhône. Tirée d'une communication orale (probablement de la part d'un pêcheur professionnel), l'auteur ne confirme pas cette citation. Quelques années plus tard, en Camargue, Baroux (1984) cite l'espèce lors d'observations faunistiques sur les étangs du Domaine de La Palissade. Mais cette donnée n'a également pas pu être vérifiée.

A notre connaissance, ces deux citations sont les seules à attester la présence de l'espèce sur le bassin RM. Nous considérons que ces deux documents sont insuffisants pour justifier la présence de *Lampetra fluviatilis* dans le Formulaire Standard de Données du site Natura 2000 « Rhône aval ». Nous préconisons ainsi de retirer cette espèce du FSD et de ne pas l'intégrer aux réflexions qui suivent.

### 4. L'Anguille européenne

L'Anguille est longtemps apparue comme une espèce commune, représentative de l'ichtyofaune des milieux littoraux comme des eaux continentales. Sa réputation de poisson résistant était telle qu'elle paraissait peu sensible aux diverses dégradations de la qualité des eaux et des milieux aquatiques induites par les différentes activités anthropiques.

Cependant, depuis ces vingt dernières années, on observe dans toute l'Europe, une préoccupante diminution de l'abondance des anguilles, remettant en cause l'avenir même de l'espèce.

Les causes avancées pour expliquer cette régression de l'Anguille européenne sont multiples :

- Dégradation des milieux aquatiques continentaux (pollution, disparition de la diversité des habitats),
- Multiplication des obstacles à la migration (réduction de l'aire de colonisation),
- Problèmes parasitologiques (*Anguillicola crassus*), etc.

L'évolution des tonnages de la pêche à la civelle sur le bassin de la Gironde publiée par l'ICES (International Council for the Exploration of the Sea) montre que les captures se sont effondrées depuis les années 1970 (Figure 23) et ont tendance à se stabiliser à un *minimum* critique depuis 2003 (ICES, 2008). À plus grande échelle, les informations disponibles sur l'ensemble de l'aire de distribution de l'Anguille indiquent aussi que le stock diminue (EIFAC et ICES, 2009).

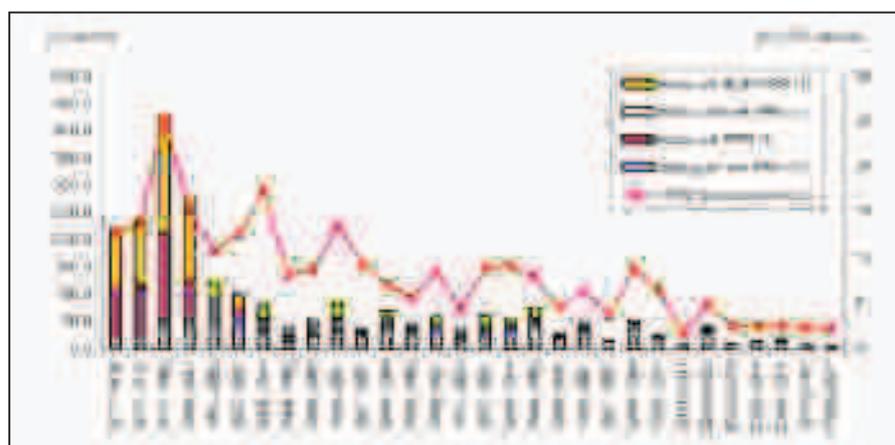
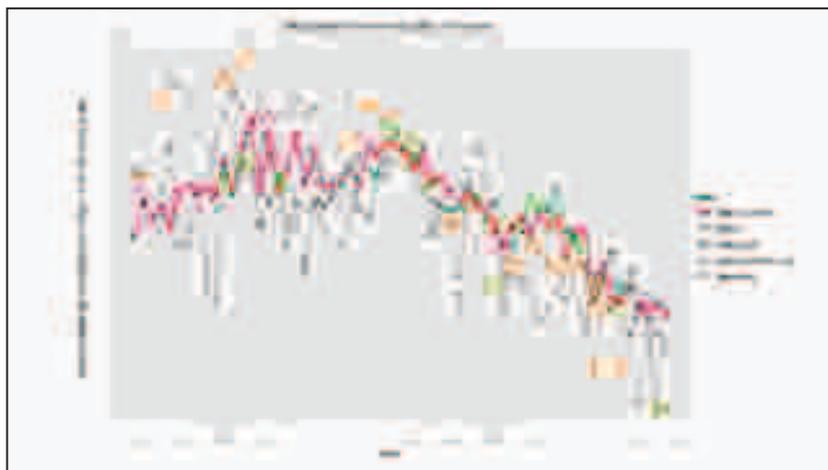


Figure 23 : Evolution des tonnages et des CPUE de civelles des pêcheurs professionnels et amateurs sur le bassin de la Gironde de 1978 à 2007 (CEMAGREF in ICES, 2008)



**Figure 24 : Estimation du recrutement moyen (GLM) en civelles pour chaque aire de répartition en Europe (EIFAC & ICES, 2009)**

En juin 2007, l'Anguille européenne a ainsi été ajoutée à l'Annexe II de la Convention sur le Commerce International des Espèces de faunes et de flores Sauvages (CITES), mesure qui a pris effet en mars 2009. L'importation et l'exportation d'anguilles hors de l'Union Européenne sont par conséquent contrôlées par l'élaboration de permis afin d'éviter une utilisation incompatible avec la survie de l'espèce (ICES Advice, 2008).

En septembre 2007, un règlement européen instituant des mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes a par ailleurs été adopté (règlement CE 1100/2007). Afin d'atteindre l'objectif de protection et d'exploitation durable de l'Anguille européenne, les Etats-membres ont mis en place des plans de gestion pour leurs bassins hydrographiques.

Enfin, en 2008, face aux diminutions drastiques du stock et du recrutement en civelles (diminution de 95 à 99 % du recrutement entre 1980 et 2000) et au vu des différentes menaces qui pèsent sur l'espèce (pêche intensive, parasitisme, obstacles à la migration, pollution, réchauffement climatique...), l'Anguille européenne a été classée comme espèce en danger critique d'extinction sur la liste rouge des espèces menacées de l'IUCN (International Union for Conservation of Nature) (IUCN, 2008).

Historiquement, sur le bassin Rhône-Méditerranée, l'Anguille européenne colonisait tous les hydrosystèmes accessibles saumâtres et dulçaquicoles dont l'altitude est inférieure à environ 1 000 m (Figure 25). Contrairement aux autres espèces amphihalines présentes sur le bassin, l'Anguille est présente toute l'année en eau douce, en tenant compte des différentes écophases qui constituent sa vie en eaux continentales.

A l'opposé de la façade Atlantique, la pêche à la civelle est interdite depuis plus d'un siècle sur le bassin Rhône-Méditerranée. De ce fait, nous ne disposons pas des indicateurs de suivi d'abondance disponibles sur la façade Atlantique. Nous n'avons donc pas le recul ni la capacité de dire aujourd'hui si le recrutement en civelles de ce bassin suit la même tendance dramatique que celle décrite sur l'Atlantique. En tout état de cause et s'agissant d'une espèce panmictique, les mesures de gestion engagées en Rhône-Méditerranée suivent la même logique qu'en Atlantique.

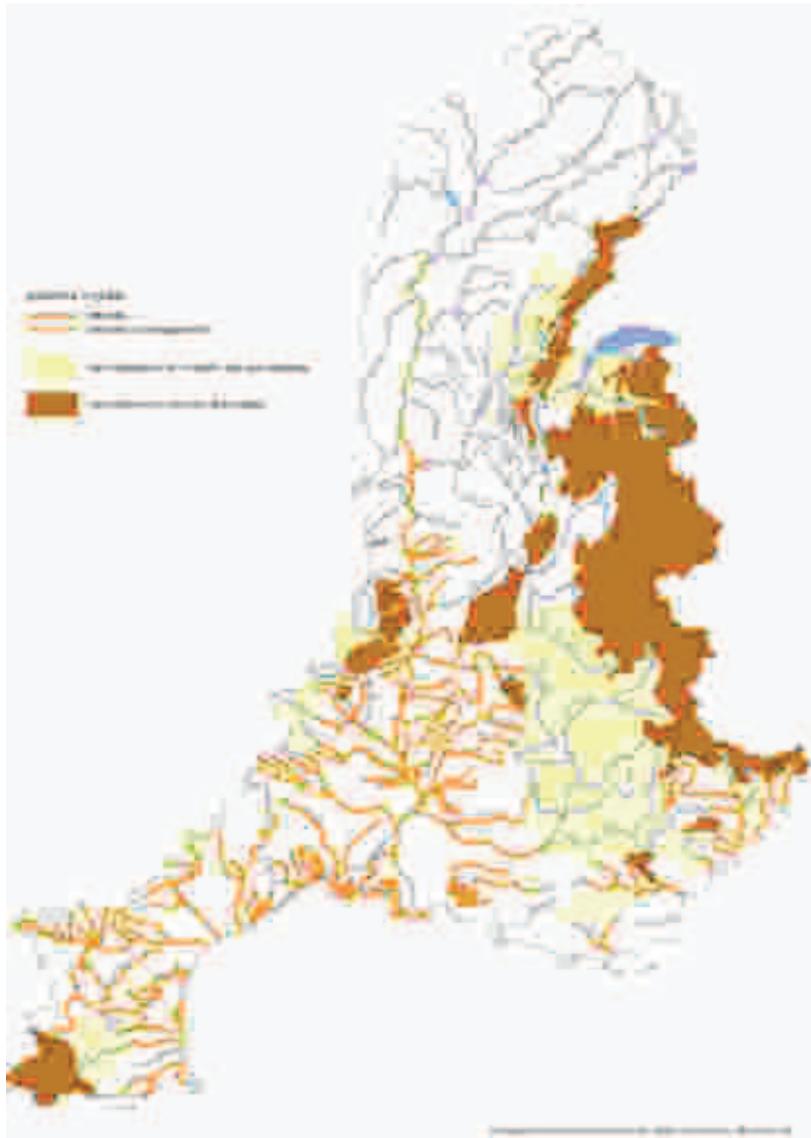


**Figure 25 : Répartition historique de l'Anguille européenne sur le bassin RM (Délégation de Bassin Rhône-Méditerranée - DREAL Rhône-Alpes)**

La répartition actuelle de l'espèce confirme la grande diversité de milieux aquatiques colonisés - Rhône et affluents, fleuves côtiers, lagunes -, répartis dans diverses zones géographiques (Pyrénées-Orientales, Alpes du Sud, contreforts du Massif Central, basses plaines méridionales...).

En dehors des zones naturellement inaccessibles et des repeuplements, l'absence de l'Anguille, que ce soit sur le bassin du Rhône ou les fleuves côtiers, a pour origine la présence d'ouvrages transversaux, infranchissables ou difficilement franchissables qui arrêtent ou érodent sa migration d'amont vers les habitats plus en amont (Figure 26).

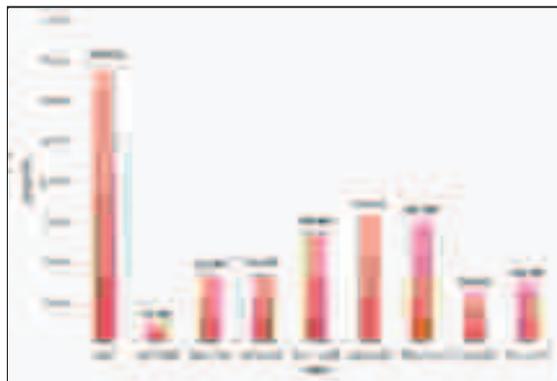
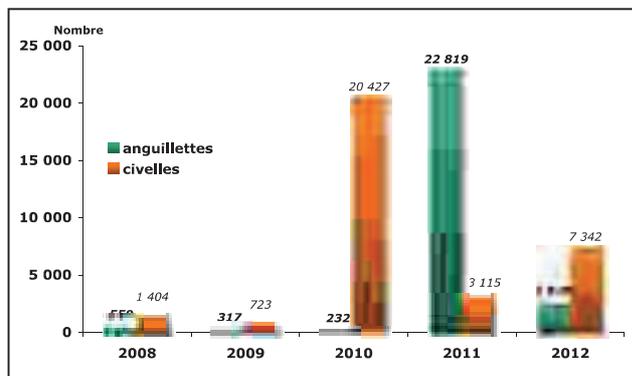
La comparaison des répartitions historique et contemporaine révèle une diminution moins forte des linéaires colonisés que pour l'Alose feinte du Rhône ou la Lamproie marine. Cet état de fait est directement lié aux capacités de franchissement de l'Anguille (notamment aux stades civelles et anguilletes) et à son déterminisme ubiquiste en matière de colonisation d'habitats. Mais la carte de répartition contemporaine de l'espèce masque des difficultés plus profondes liées aux ouvrages transversaux qui ont notamment pour conséquences de sélectionner et d'éroder les front de colonisation de l'aval vers l'amont.



**Figure 26 : Répartition actuelle de l'Anguille européenne sur le bassin RM (Délégation de Bassin Rhône-Méditerranée - DREAL Rhône-Alpes)**

Nous disposons néanmoins depuis 2004 d'une station de piégeage des civelles colonisant le Delta de Camargue (grau de la Fourcade). Plus récemment, une autre station a vu le jour au niveau du barrage anti-sel de Fos sur Mer. Cette dernière disposant d'une faible attractivité (liée en grande partie à son isolement), on observe de grandes disparités entre les effectifs piégés sur ce dispositif et ceux piégés au grau de la Fourcade (Figure 27) (Campton *et al.*, 2012). Sur cette station, les effectifs sont très variables d'une année sur l'autre. Indépendamment des fluctuations inconnues de stock de civelles en mer, les principaux facteurs qui expliquent ces variations sont : (1) l'appel en mer (ouverture des vannes au niveau du grau) et (2) la température de l'eau. Concernant les résultats de la Fourcade, les chroniques 2010/2011 et 2011/2012 sont incomplètes du fait de problèmes techniques qui ont entraîné des arrêts de fonctionnement de la station. La chronique 2012/2013 a, elle, pu être complète et les résultats ont révélé un recrutement exceptionnel avec près de 1 300 000 civelles capturées (Crivelli *et al.*, 2013).

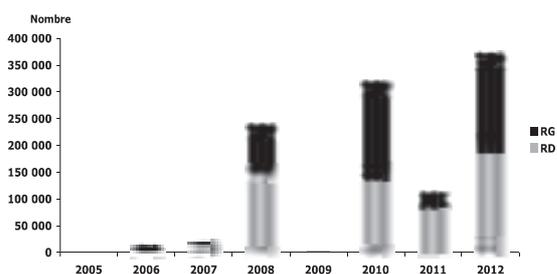
Le recrutement en civelles observé au niveau du delta de Camargue se révèle particulièrement important avec près de 6 000 000 de civelles capturées de 2004 à 2013. A titre de comparaison, sur la façade Atlantique, dans les marais Poitevin, le recrutement observé entre 1984 et 2012 sur une station de même type qu'en Camargue est inférieur à 5 000 000 de civelles (Lechevalier et Der Mikaellan, 2012). Bien sûr, chaque indicateur doit être replacé dans son contexte local mais cela montre que le recrutement observé en Méditerranée est important.



**Figure 27 : Effectifs d'anguilles capturées aux stations du barrage anti-sel de Fos-sur-Mer (à gauche) et du grau de la Fourcade. MRM**

Sur l'axe Rhône, deux stations de suivi de la migration anadrome des anguilles ont été installées en 2005 et 2006 sur l'usine-écluse de Beaucaire et quatre nouvelles stations ont été installées en 2012 sur les usines-écluses d'Avignon et de Caderousse. Leur suivi permet d'estimer partiellement le recrutement en anguillettes - certaines peuvent passer par les écluses de navigation - dans le bassin versant rhodanien, linéaire aval et Gardon exceptés. Les caractéristiques biométriques (taille et poids) de la population migrante, majoritairement des anguillettes, complètent cet indicateur.

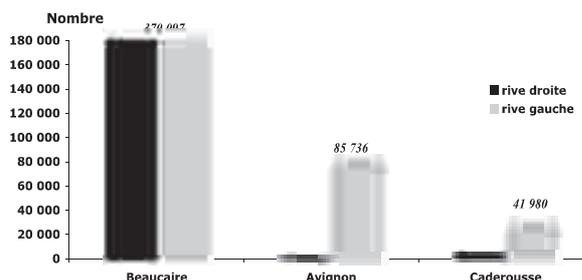
Comme au niveau du delta, les effectifs piégés sur les deux dispositifs de Beaucaire fluctuent de façon très significative entre les années. Cette variabilité reste pour l'instant inexplicée.



Les connaissances actuelles montrent que le débit et la température - voire la phase lunaire - sont corrélés à la dynamique migratoire de l'Anguille. Cependant, ces deux paramètres n'expliquent que partiellement les mécanismes régissant la colonisation du bassin versant, les autres variables n'étant pas ou peu étudiées (Crivelli *et al.*, 2013 ; Campton et Lebel, 2013).

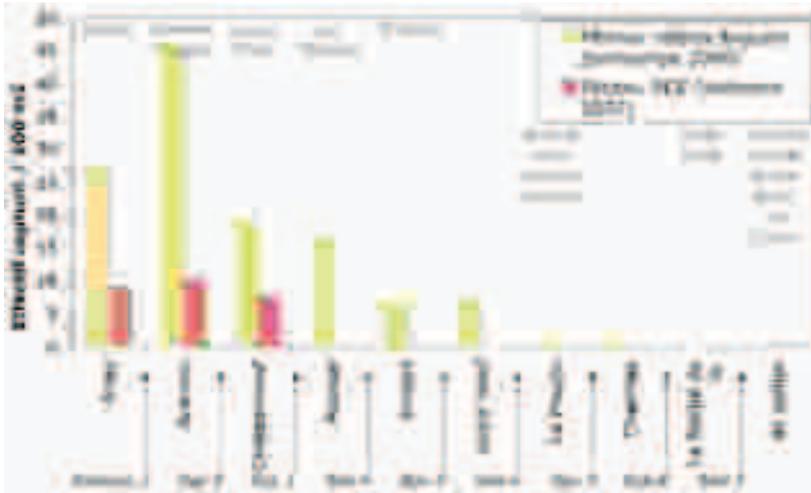
**Figure 28 : Effectifs annuels d'anguilles capturées aux stations de l'usine-écluse de Beaucaire. MRM**

Il est également intéressant d'observer les résultats 2012 des captures d'anguilles au niveau des 3 aménagements CNR (Campton et Lebel, *ibidem*). On constate ainsi qu'il existe une érosion importante des captures de l'aval vers l'amont, *a fortiori* entre Beaucaire et Avignon (Figure 29).



**Figure 29 : Effectifs annuels d'anguilles capturées aux stations des 3 aménagements du Rhône aval en 2012. MRM**

En revanche, les données biométriques révèlent que les fronts de colonisation se déplacent rapidement entre les ouvrages, les individus capturés ayant une taille très homogène (129 mm à Beaucaire ; 130 mm à Avignon et Caderousse). En l'état des connaissances, il est difficile d'expliquer les origines de l'érosion des effectifs entre aménagement. Il peut s'agir de l'impact même des ouvrages mais aussi d'une sédentarisation d'une partie des effectifs sur des habitats intermédiaires (dont affluents du Rhône). Des études spécifiques devraient être engagées dans les années à venir par la CNR et MRM.



**Figure 30 : Densités d'anguilles capturées par 100 m<sup>2</sup> dans le Rhône canalisé entre Arles et Saint-Vallier (ONEMA, 2008)**

En parallèle, le réseau de pêches électriques ONEMA - réseau DCE toutes espèces et réseau spécifique Anguille - constitue un outil de suivi des densités et des abondances relatives de l'Anguille ce qui permet d'affiner l'estimation de sa population à l'échelle du bassin et par ailleurs d'évaluer l'impact des ouvrages transversaux sur sa répartition (Figure 30).

L'analyse des données obtenues confirme les observations obtenues par le suivi des passes-pièges :

- Les usines-écluses du Rhône sont franchissables par une partie des anguilles en phase de colonisation, *via* les écluses ou les stations de piégeage,
- La baisse de densité de l'aval vers l'amont est vraisemblablement liée à un effet filtre de chaque aménagement, mais aussi à la colonisation progressive des habitats entre ces aménagements, leur part respective restant difficile à évaluer.

Sur les affluents du Rhône aval, les densités d'Anguille sont plus faibles que celles du Rhône (rapport de 1 à 10). Elles ont tendance à s'équilibrer en allant vers l'amont du bassin rhodanien pour être du même ordre au niveau de l'Ardèche. La faible colonisation de certains affluents du Rhône aval est en grande partie liée à leur artificialisation que ce soit en termes de continuité amont/aval ou du fonctionnement hydrologique (cas de la Durance). L'Ardèche, qui dispose d'un débit plus attractif et dont la confluence est facilement franchissable (seuil en enrochement aménagé pour la circulation piscicole), est mieux colonisée que la Durance alors qu'elle se situe en amont (2 obstacles supplémentaires sur le Rhône) dans un secteur où la densité dans le fleuve est nettement plus faible qu'au niveau de la confluence de la Durance (ONEMA, 2008).

## 5. L'Esturgeon européen

Autrefois, l'esturgeon européen (*Acipenser sturio*) peuplait la plupart des eaux européennes (Figure 31). Au 19<sup>ème</sup> siècle, la France comptait plusieurs populations d'esturgeons sur sa façade Atlantique et Méditerranéenne. D'après certains écrits, les esturgeons étaient ainsi abondants sur le Rhône et les captures par les pêcheurs étaient nombreuses (Tabardel, 1994). D'après Fournet (1853), ce poissons « constituait une durée si commune en Provence, que la livre pesant de sa chair ne coûtait que 1 sol ».



Figure 31 : Evolution de l'aire de répartition d'*Acipenser sturio* entre 1850 et 2008 (Holcik *et al.*, 1989)

Les limites historiques de colonisation de l'Esturgeon sont délicates à déterminer sur le bassin rhodanien. D'après M. Moreau qui fut président du comité central d'agriculture de Dijon, un esturgeon a été capturé dans le Doubs dans les années 1830 (Vallot, 1837). D'autres auteurs témoignent de la présence de l'Esturgeon sur le Rhône au niveau de Lyon (Fortis, 1821 ; Fournet, 1853 ; Vallot, 1837).

La chute des effectifs de la population d'esturgeons du Rhône a été amorcée au début du XX<sup>ème</sup> siècle avec une forte réduction des captures déclarées par les pêcheurs qui passent de 600-700 individus par an (fin 19<sup>ème</sup>) à quelques dizaines (Marion, 1897 ; Roule, 1904). Les raisons de cette chute de population ne sont pas très claires mais il est fort probable que l'aménagement du Rhône et la surpêche soient directement impliqués.

Les dernières données disponibles sur les esturgeons dans le Rhône remontent aux années 1970-1975. En 1972 notamment, Tabardel (1994) nous relate la capture d'une femelle de 50 kg pour 1,82 m à la limite estuarienne du Grand Rhône. En 1974, un autre individu de 2 mètres est capturé en amont d'Arles par un pêcheur fluvial (au filet maillant dérivant). Il s'agirait là peut-être du dernier esturgeon autochtone au bassin rhodanien observé.

Aujourd'hui la seule population viable d'*Acipenser sturio* en Europe occupe le bassin versant Gironde-Garonne-Dordogne (De Groot, 2002). Du fait de son statut IUCN, l'espèce fait aujourd'hui l'objet d'un plan national d'actions (2011-2015) qui s'articule autour de quatre axes : la conservation *in situ* de l'espèce, la protection des habitats estuariens et fluviaux et la libre circulation de l'espèce ; la conservation du stock de géniteurs *ex situ* et l'élevage des alevins jusqu'aux stades nécessaires pour être aptes à être remis dans le milieu naturel ; la poursuite des efforts de recherche et la coopération internationale.

Sur le Rhône, un projet de réintroduction de l'espèce a vu le jour en 2005. La première étape de ce projet a consisté à identifier quelle(s) espèce(s) étai(en)t historiquement présente(s) sur le bassin rhodanien. Pour ce faire, une étude pluridisciplinaire a été engagée par l'Association MRM en 2006 (Lebel *et al.*, 2007). Cette étude s'est basée sur la recherche d'individus naturalisés ou conservés provenant du Rhône. Douze spécimens d'esturgeon ont ainsi été recensés dans des muséums français et un muséum suisse. Plusieurs prélèvements ont pu être effectués pour dix d'entre eux.

L'analyse morphométrique de ces spécimens semble indiquer la présence des deux espèces. Toutefois, les analyses génétiques des échantillons n'ont pu être réalisées (cf. conservation dans du formol). En revanche, les premiers travaux de génétique réalisés au Canada sur des restes osseux issus de la collection d'archéozoologie sont prometteurs car ils ont permis d'extraire et d'amplifier de l'ADN. L'analyse de cet ADN montre par ailleurs que ces restes semblent appartenir au seul *Acipenser sturio*.

Les travaux ostéomorphométriques réalisés sur deux spécimens complets congelés d'esturgeon de l'Adriatique d'origine sauvage (provenant d'une pisciculture au sud de Milan, Azienda Agricola V.I.P) et un spécimen complet d'esturgeon européen (provenant du CEMAGREF de Bordeaux, actuel IRSTEA) ont permis de lister des caractéristiques spécifiques discriminantes (pièces osseuses du splanchnocrâne et écussons dermiques). La comparaison des spécimens modernes avec les restes osseux archéozoologiques du Jardin d'Hiver d'Arles semble indiquer que ces restes ont appartenu au seul

Si les résultats des travaux de génétique et d'archéozoologie convergent vers la présence historique certaine de l'esturgeon européen *Acipenser sturio* sur le Rhône, en l'absence d'éléments contradictoires, la présence de l'esturgeon de l'Adriatique (*Acipenser naccarii*) reste toutefois possible.

Aujourd'hui, le projet de réintroduction est en suspens et dans l'attente du retour d'expérience développé sur le bassin de la Gironde où des opérations de soutien de la population en place sont réalisées depuis 3 ans. Ces opérations consistent à introduire dans la Garonne et la Dordogne plusieurs milliers de juvéniles nés en captivité et marqués individuellement pour permettre un suivi de l'efficacité. Il faut désormais attendre plusieurs années pour savoir si ces opérations vont réussir et permettre à ces individus provenant de captivité de survivre et de se reproduire.

En parallèle, il reste à mener sur le Rhône aval un travail de fond sur les capacités d'accueil des milieux vis-à-vis de cette espèce disparue il y a 40 ans. Ce travail doit notamment s'attacher à produire une caractérisation fine des frayères potentielles et des zones d'alimentation, et évaluer l'influence et/ou les impacts de la qualité de l'eau et des sédiments.

## Définition des enjeux locaux : approche par écophase

---

### 1. Migration (montaison / dévalaison)

#### 1.1. Montaison

L'Alose feinte du Rhône et la Lamproie marine sont des poissons migrateurs amphihalins potamotoques. Leur cycle de vie est basé sur une reproduction en eau douce et une vie adulte en eau salée. Ces deux espèces possèdent des exigences écologiques importantes, en particulier pour leurs habitats de reproduction.

Tout programme de conservation ou de restauration des populations de ces espèces se focalise en priorité sur la possibilité physique pour les géniteurs de rejoindre des frayères de qualité dans les meilleures conditions possibles (sans retard de migration, sans dommage physique). Le SIC « Rhône aval » n'échappe pas à cette règle, bien au contraire, dans la mesure où il constitue le principal axe de migration de l'ensemble du bassin Rhône-Méditerranée. L'enjeu fort pour les deux espèces ciblées est de leur garantir un accès de qualité aux habitats favorables pour la reproduction.

Aujourd'hui, cet enjeu et plus globalement celui du rétablissement de la continuité écologique aquatique, font l'objet d'importants efforts motivés par un contexte institutionnel et réglementaire ambitieux. En effet, la continuité écologique est depuis la Directive Cadre Européenne sur l'Eau (2000) considérée comme un élément déterminant et par conséquent un indicateur de la bonne qualité des fleuves et cours d'eau du point de vue fonctionnel. Au niveau national et de bassin, la restauration de la continuité écologique est désormais une priorité exprimée au travers de la Loi sur l'Eau et des Milieux Aquatiques (LEMA, 1996), des Lois Grenelle (et du plan national de restauration de la continuité écologique des cours d'eau qui en découle) et des Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE).

Il faut rajouter à cela le plan national de gestion de l'Anguille européenne, rédigé par la France suite au règlement européen visant la reconstitution des stocks de l'espèce et institué en 2007. Enfin, le Plan de Gestion des Poissons Migrateurs (PLAGEPOMI) en place au niveau du bassin synthétise l'ensemble des enjeux et des objectifs ciblés en matière de restauration de la continuité écologique et de gestion des poissons amphihalins.

Sur l'axe Rhône en particulier, une démarche pluripartite a été engagée avec l'Agence de l'Eau, la Compagnie Nationale du Rhône, la DREAL, l'ONEMA et l'Association MRM. Cette démarche a été initiée dans le cadre du volet Qualité Ressource et Biodiversité du Plan Rhône et a pour objet la mise en place d'une « stratégie Migrateurs » s'appuyant sur l'expertise du pôle écohydraulique de l'ONEMA (Larinier et Chanseau, 2009).

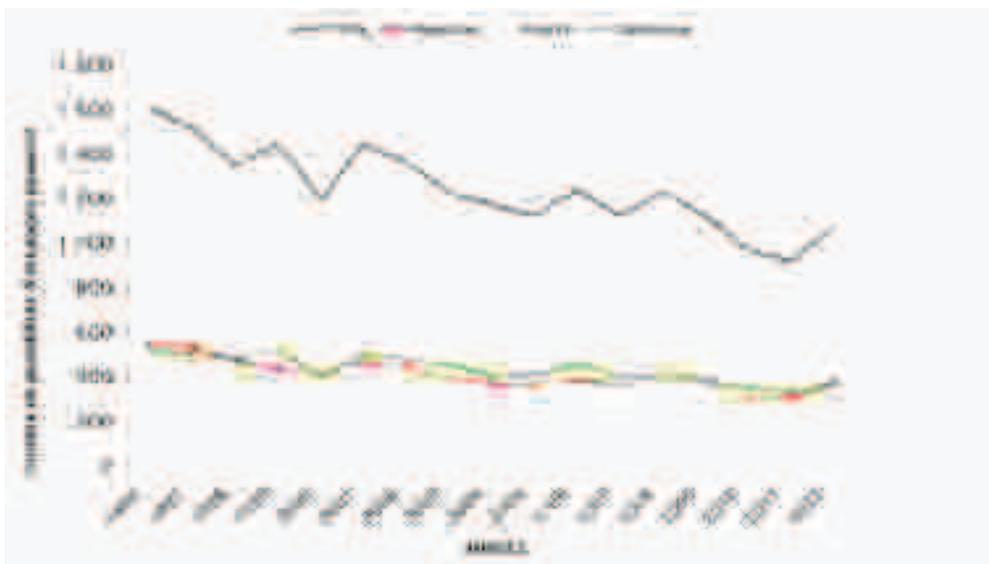
Le contexte ambiant est ainsi largement favorable à la prise en compte des enjeux et devrait permettre d'améliorer encore d'avantage le contexte migratoire qui évolue positivement depuis le début des années 1990 et la mise en place du 1<sup>er</sup> Plan Migrateurs Rhône-Méditerranée.

Au sein du SIC « Rhône aval », le principal enjeu lié à la migration anadrome est le franchissement des aménagements hydroélectriques de la Compagnie Nationale du Rhône, au nombre de 3 : Beaucaire-Vallabrègues, Avignon et Caderousse. Depuis la fin des années 1990, le fonctionnement des écluses de ces 3 aménagements a été adapté et optimisé pour permettre la réalisation d'éclusages spécifiques à poissons (avec des attraits aval et amont des sas) et d'éclusages mixtes (poissons et bateaux) (Ruchon *et al.*, 1994).

Chaque année, la CNR réalise quotidiennement des éclusages poissons du 15 mars au 30 juin afin de couvrir la fenêtre théorique de migration de l'Alose. En tenant compte des contraintes liées au trafic fluvial, un cahier des charges a été rédigé et prévoit la réalisation d'au minimum deux manœuvres d'éclusages poissons par jour. Depuis 2011, dans le cadre de sa politique d'amélioration et de sécurisation du trafic fluvial rhodanien, la Compagnie Nationale du Rhône a automatisé le fonctionnement des écluses. Désormais, l'ensemble des écluses est contrôlé depuis un Centre de Gestion de la Navigation basé à Châteauneuf du Rhône. Cette automatisation permet d'optimiser l'utilisation des écluses, notamment pour les éclusages à poissons, mais également de réaliser des éclusages nocturnes permettant à des espèces comme l'Anguille ou la Lamproie marine de profiter également de cette voie de passage.

Pour valider l'efficacité du système d'éclusages spécifiques aux poissons, différentes études ont été mises en place. En particulier, un suivi des migrations d'aloses a été réalisé de 2004 à 2006 avec le marquage individuel de 150 aloses (Roche *et al.*, 2007). Des récepteurs ont été disposés à l'usine ainsi qu'à l'entrée et à la sortie de chaque écluse. Les résultats ont montré que les éclusages permettaient de faire passer respectivement 46%, 44% et 82% des aloses se présentant à l'aval des usines-écluses de Beaucaire, Avignon et Caderousse. Malgré ces améliorations, plus de la moitié des aloses reste bloquée à chacune des deux premières usines, ce qui est peu satisfaisant mais à relativiser par le coût d'une passe à poissons dimensionnée pour les aloses sur un grand barrage (chiffré à 23M€ en 2006 pour Beaucaire) et son efficacité (au maximum 70% pour l'Alose).

Dans l'avenir, l'enjeu est de maintenir les fréquences journalières des éclusages poissons (*a minima* 2 par jour), seules garantes d'une bonne progression des flux de géniteurs. Nous devons donc rester particulièrement vigilant sur ce point, *a fortiori* dans un contexte d'augmentation continue du trafic fluvial qui engendre indubitablement une diminution de la disponibilité des écluses pour la réalisation des manœuvres « poissons » (Figure 32). Dans cette perspective, il pourrait être envisagé d'augmenter la fréquence de réalisation d'éclusages mixtes, bien que leur efficacité soit inférieure à celle des éclusages poissons.



**Figure 32 : Evolution inter-annuelle de la disponibilité des écluses du Rhône aval pour la réalisation des éclusages poissons. CNR-MRM**

Pour l'Anguille, des dispositifs spécifiques ont été mis en place par la CNR sur les 3 usines-écluses de Beaucaire (installation 2005-2006), Avignon (installation 2011-2012) et Caderousse (2012). Ces dispositifs, nommés « passes-pièges » ne fonctionnent pas à ce jour de façon autonome. L'équipe de l'Association MRM a en charge le suivi de ces dispositifs et intervient plusieurs fois par semaine pour vidanger les dispositifs, récupérer les anguilles piégées et les relâcher en amont des aménagements.

Le fonctionnement des passes-pièges est calé sur la fenêtre théorique de migration anadrome soit d'avril à novembre. En plus du franchissement via ces dispositifs, les anguilles ont la possibilité de franchir les aménagements *via* les écluses, a fortiori depuis 2011 et la mise en place par la CNR de manœuvre d'éclusages nocturnes spécifiques. A l'heure actuelle, nous ne disposons pas des moyens techniques pour évaluer les taux de passages par les écluses ou par les passes-pièges. En tout état de cause, ces dispositions améliorent de façon significative les conditions de migration anadrome des anguilles sur le Rhône aval. A noter toutefois que seuls les canaux usiniers sont à ce jour équipés pour le franchissement des anguilles (absence d'équipement adapté aux barrages de retenue).

A l'échelle d'un aménagement hydroélectrique, il convient également de considérer l'importante des bras court-circuités (appelés aussi « Vieux Rhône ») dans l'amélioration des conditions de migration et dans l'accès aux affluents. Ceci est particulièrement vrai au sein du SIC « Rhône aval » puisque les affluents les plus intéressants en termes d'habitats pour l'Alose et la Lamproie se situent tous en rive droite du Rhône (Gardon, Cèze et Ardèche) et confluent dans les Vieux Rhône.

L'orientation des aloses ou des lamproies à l'aval d'un aménagement est directement liée à l'attractivité hydrologique de chacun des bras (canaux usiniers ou Vieux Rhône). En se référant aux débits classés pour la période théorique de montaison, les migrateurs empruntent préférentiellement les canaux usiniers qui concentrent la majorité du débit. En moyenne sur le Rhône aval, le débit maximum turbinable des usines est compris entre 1 700 et 2 000 m<sup>3</sup>/s. En deçà de cette fourchette, seul le débit réservé est restitué dans les Vieux Rhône au niveau du barrage de retenue. De Beaucaire à Caderousse, le débit réservé est compris entre 5 et 10 m<sup>3</sup>/s. On comprend alors que dans ces conditions, l'attractivité hydrologique des Vieux Rhône est très réduite, bien que celle-ci reçoive en complément le débit des affluents. En revanche, le débit réservé à Donzère est plus conséquent, avec 60 m<sup>3</sup>/s. L'étude radiopistage a montré que ce débit avait une influence positive en termes d'attractivité puisque le pourcentage d'individus pénétrant dans le Vieux Rhône de Donzère s'est révélé sensiblement supérieur à celui observé aux 3 aménagements aval (67% pour Donzère, 25 à 32 % pour Beaucaire, Avignon et Caderousse).

Ces résultats révèlent ainsi 2 enjeux sur les Vieux Rhône :

- l'augmentation des débits réservés influence positivement l'attractivité hydrologique vis-à-vis de l'Alose,
- l'intérêt d'équiper les barrages de retenue de dispositif de montaison (écluses Borland de Beaucaire, Avignon, Caderousse et passe à poissons de Donzère inefficaces).

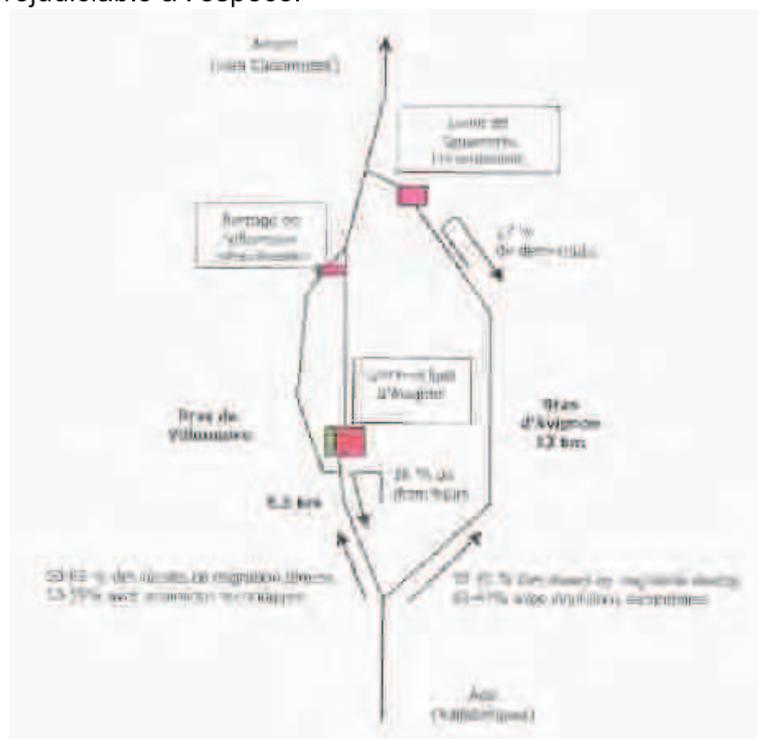
Concernant les débits réservés, leur augmentation est prévue à l'horizon 2014 dans le cadre de l'application de l'article L. 214-18 du Code de l'Environnement. A partir du 1<sup>er</sup> janvier 2014, pour chaque Vieux Rhône, le débit réservé passera au 1/20<sup>ème</sup> du module soit à une valeur proche de 90 m<sup>3</sup>/s. Dans un avenir proche, l'attractivité hydrologique des Vieux Rhône va ainsi considérablement augmenter et devrait augmenter les remontées de migrateurs sur ces derniers et par conséquent sur les affluents de rive droite.

En termes d'équipement à la montaison, différents projets devraient voir le jour à moyen terme et ce dans le cadre de l'installation de Petites Centrales Hydroélectriques (PCH) au droit des barrages de retenue de Beaucaire-Vallabrègues et Donzère-Mondragon et dont l'objet sera de turbiner les débits réservés. A ce jour, l'échéancier n'est pas fixé, bien que des réflexions avancées aient été effectuées concernant les orientations techniques. L'équipement des barrages de Caderousse et de Villeneuve-Lès-Avignon n'est lui pas prévu dans la mesure où l'installation de PCH n'est pas envisagée du fait de l'influence du remous des aménagements aval (lié directement à la proximité entre les aménagements). De fait, pour Avignon et Caderousse, les efforts devront se concentrer sur la bonne réalisation des éclusages poissons (Larinier et Chanseau, 2009).

Arrêtons-nous enfin sur le cas particulier du Rhône aval, l'aménagement d'Avignon et plus particulièrement le bras d'Avignon (ponctué à l'amont par le barrage-usine de Sauveterre) qui constitue aujourd'hui encore le point noir du contexte migratoire.

Le barrage-usine de Sauveterre est situé sur la partie aval de l'axe migratoire et constitue le second obstacle rencontré par les poissons sur le Rhône depuis la mer. Il est ainsi situé à l'aval des principales frayères à aloses et lamproies du bassin. Si des frayères existent à l'aval de l'ouvrage (135 frayères potentielles sur le Gardon (Champalbert, 1998), 69 sur la Durance (Abdallah *et al.*, 2012)), la plupart des sites favorables se situe en amont : 52 frayères potentielles sur la Cèze (Roure, 1997), 203 sur l'Ardèche (Ladet, 1996) et 23 sur le RCC de Donzère ; ces 23 dernières représentant une surface supérieure à celle de plusieurs affluents.

Au-delà de sa position géographique, le barrage-usine de Sauveterre se révèle particulièrement bloquant pour la faune piscicole du fait de l'absence de système efficace (pas d'écluse de navigation, écluse Borland non fonctionnelle) permettant d'assurer leur passage et de la longueur du bras (13 km) sur lequel il est situé. Du fait de cette longueur, il semblerait que les aloses n'arrivent pas à trouver d'autres voies de migration en dévalant le bras après une première incursion (contrairement aux Vieux Rhône de Beaucaire ou de Caderousse). Lors de l'étude radiopistage, il a pu être montré que 40% des aloses qui se présentaient à l'aval de l'aménagement d'Avignon empruntaient directement le bras d'Avignon (Roche *et al.*, 2007). En ajoutant à cela les remontées en seconde incursion (après un demi-tour à l'usine-écluse d'Avignon ou au barrage de Villeneuve), il ressort que 45% des aloses en montaison se sont présentées au pied du barrage-usine de Sauveterre et y sont restées bloquées (Figure 33). Dans la mesure où les aloses ne trouvent aucun habitat favorable à la reproduction sur le bras d'Avignon, le verrou créé par le barrage se révèle particulièrement préjudiciable à l'espèce.



**Figure 33 : Répartition des aloses à l'étage d'Avignon simulée à partir des résultats de l'étude radiopistage (Roche *et al.*, 2007 ; Larinier et Chanseau, 2009)**

C'est donc logiquement que l'équipement du barrage usine de Sauveterre a été identifié comme prioritaire dans la Stratégie Migrateurs. Sur un tel ouvrage, l'installation d'une passe à poissons ciblant une espèce aussi exigeante que l'Alose est un véritable défi. En quelques mots, le projet prévoit la construction d'une passe à bassins à doubles fentes verticales associée à une galerie collectrice comportant 3 entrées. Le dimensionnement et la conception de ce dispositif bénéficie des retours d'expérience développés sur la Garonne, la Dordogne et le Rhin. Les travaux commenceront fin 2013 et la mise en eau de la passe à poissons est prévue pour début 2015.

L'objectif affiché est d'obtenir une efficacité de l'ordre de 70-75% pour l'Alose, et ainsi une efficacité globale au niveau de l'étage d'Avignon supérieure à 60%, soit près du double par rapport à la situation actuelle. Cela permettra à près de 25% (12% actuellement) des individus de franchir les trois ouvrages aval (Beaucaire, Avignon et Caderousse) et de rejoindre les zones de fraie situées notamment dans le RCC de Donzère et dans l'Ardèche.

Il est également prévu d'équiper le dispositif de franchissement d'un système de vidéocomptage. A l'heure actuelle, ce type de dispositif manque cruellement sur l'axe Rhône pour obtenir des données quantitatives sur les migrations. Dès 2015, le dépouillement des images réalisées à Sauveterre viendra donc solidement conforter les données « migration » obtenues à partir des suivis de la pêche et de la reproduction.

A noter que la Lamproie marine bénéficiera également de cette amélioration des conditions de franchissement (Taverny et Elie, 2010). Quant à l'Anguille, les caractéristiques de la passe à poissons envisagée (fentes verticales, chutes interbassins modérées et rugosités de fond) devraient permettre à une large gamme d'individus de franchir l'ouvrage et ainsi favoriser la colonisation amont du bassin.

Si beaucoup d'efforts sont déployés sur le Rhône, des actions ont également été menées pour améliorer l'accès aux affluents. Ainsi, depuis 2011, tous les ouvrages transversaux situés au niveau des confluences sont équipés de passes à poissons. Certaines, comme sur le Gardon et l'Ardèche, ont été bien conçues et montrent une réelle efficacité. Pour d'autres, tout n'a pas été réglé avec la construction de la passe, en particulier sur l'Ouvèze et sur la Cèze. Sur ces 2 affluents, les dispositifs conçus il y a plusieurs années se révèlent aujourd'hui limitant pour les exigences de franchissement de l'Alose (hauteurs de chutes trop élevées sur la Cèze, positionnement et attractivité défaillants sur l'Ouvèze). Des réflexions ont été initiées et devraient aboutir à moyen terme à la réalisation de travaux complémentaires.

Au-delà des problèmes de montaison posés par la présence des ouvrages transversaux, il peut exister d'autres types d'obstacles physiques sur le fleuve susceptibles de perturber les remontées des géniteurs. L'objectif est donc de conserver à l'idée qu'en période de migration, tout usage ou toute activité doit tenir compte de cette nécessité de libre circulation et penser l'impact en termes d'emprise physique sur les voies de migration.

La pose des filets maillants par les pêcheurs professionnels dans l'embouchure peut être pris à titre d'exemple. En effet, même si à l'heure actuelle ni l'Alose ni la Lamproie ne sont ciblées par la pêche professionnelle, la pose d'engins de pêche ciblant d'autres espèces (sandres, mulots, loupes notamment) à l'intérieur du fleuve Rhône et en période de migration, peut créer un impact sur ces espèces en les capturant de façon accidentelle. Ceci est particulièrement vrai sur la zone d'embouchure du Grand Rhône où des pêcheurs professionnels pratiquent régulièrement à l'aide de filets maillants (appelés localement filets « à courir »). Cette problématique n'a pu être étudiée plus précisément dans le cadre de cette étude, mais il conviendrait de caractériser cette activité halieutique afin de s'assurer que celle-ci n'ait pas un impact négatif sur les populations.

Tous travaux dans le fleuve (gestion des ouvrages longitudinaux, dragage) doivent également tenir compte des enjeux de migration. L'attention doit particulièrement être portée sur les matières en suspension (MES) générées par lesdits travaux, *a fortiori* lorsqu'ils sont réalisés sur des secteurs à enjeux (frayères, amont/aval des usines-écluses). En effet, au-delà d'une certaine concentration, les MES peuvent créer de véritables barrières physiques ou engendrer un stress, tous deux susceptibles de perturber le déroulement des migrations (Servizi et Martens, 1987). Autant que possible, les travaux devront éviter les périodes à enjeu fort pour les différentes espèces cibles (Tableau 11).

		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
ALOSE	Migration adultes				■								
	Repro adultes				■								
	Présence juvéniles								■				
LAMPROIE	Migration adultes			■									
	Repro adultes				■								
	Dévalaison Subadultes	■										■	
ANGUILLE	Montaison					■				■			
	Dévalaison								■				

**Tableau 11 : Synthèse des périodes à enjeux pour les poissons amphihalins présents sur le SIC « Rhône aval ». MRM**

## 1.2. Dévalaison

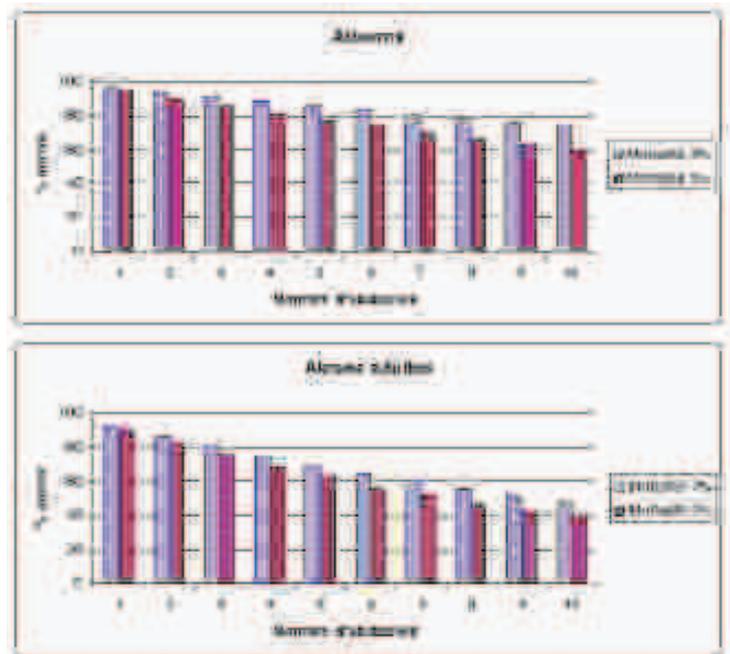
Longtemps, la question de la libre circulation piscicole s'est limitée au besoin pour les poissons de remonter les fleuves et rivières (migration anadrome). Il est probable que cela soit lié au fait que cette question se soit d'abord longuement intéressée au Saumon, grand migrateur hautement symbolique, celui qui remonte courageusement les rivières pour s'y reproduire avant de mourir d'épuisement.

Un demi-siècle plus tard, le contexte a sensiblement évolué et lorsqu'on parle aujourd'hui de continuité piscicole, il n'est plus possible de dissocier la montaison de la dévalaison. L'Anguille européenne, migratrice catadrome, a cette fois-ci été le sujet déclencheur.

Comme pour la montaison, les enjeux liés à la migration catadrome des espèces amphihalines présentes sur le Rhône aval varient en fonction des périodes de l'année, de l'espèce considérée et des différents stades de développement. En revanche, le niveau de connaissance disponible est sensiblement inférieur pour la dévalaison.

Au sein du SIC Rhône aval, l'enjeu dévalaison est en priorité lié aux passages des poissons aux différents aménagements de la Compagnie Nationale du Rhône. A l'heure actuelle, les impacts de ces aménagements sur la dévalaison sont complexes à évaluer dans la mesure où ne disposons pas d'informations sur les voies de migration catadrome empruntées par les différentes espèces. De même, nous ne disposons pas d'études permettant d'identifier les périodes et les conditions hydroclimatiques pour lesquelles les dévalaisons sont les plus importantes.

Pour l'Alose toutefois, une estimation de l'impact cumulé des obstacles a été réalisée dans le cadre de la Stratégie Migrateurs (Larinier et Chanseau, 2009) : « En raison des forts débits d'équipement des usines implantées sur le Rhône et de la faible hydrologie du cours d'eau au moment des périodes de dévalaison (début d'été pour les adultes et fin d'été-début automne pour les juvéniles), il peut être considéré que tous les individus en dévalaison transitent par les turbines (même s'il est apparu, lors des opérations de radiotélémetrie, que certaines aloses adultes pouvaient utiliser les écluses). Il apparaît par exemple, pour des individus devant dévaler les ouvrages de Caderousse, Avignon et Beaucaire, des survies de l'ordre de 75-80% pour les adultes et 85-90% pour les alosons (Figure 34).



**Figure 34 : Estimation de l'impact cumulé à la dévalaison sur le fleuve Rhône sur les adultes et les juvéniles d'alesos en fonction du nombre d'obstacles (Larinier et Chanseau, 2009)**

Les impacts cumulés sur l'axe Rhône ne sont donc pas négligeables pour l'Alose. Il est toutefois très hautement probable, à l'image de ce qui a pu être observé sur d'autres bassins pour des espèces comparables (Columbia aux USA, Garonne-Dordogne en France) que le gain en terme de recrutement fluvial liée à l'augmentation de la reproduction sur des secteurs plus favorables compense très largement les mortalités induites par les ouvrages hydroélectriques. »

Aucune estimation n'est disponible pour les subadultes de Lamproie marine. Et contrairement à la montaison, il ne peut y avoir de parallèle de fait entre cette espèce et l'Alose feinte du Rhône dans la mesure où les périodes et le déterminisme de dévalaison sont différents. Un travail spécifique serait donc nécessaire pour apporter des informations sur cette espèce, probablement à partir de simulations dans la mesure où le nombre d'individus migrants est *a priori* très réduit.

Pour l'Anguille européenne, un travail important a été initié par la Compagnie Nationale du Rhône, en collaboration avec l'ensemble des partenaires techniques et financiers concerné par cette problématique (Europe, Agence de l'Eau, ONEMA, Association MRM, IRSTEA, ...) dans le cadre d'un programme national de recherche et développement. Ce travail s'axe autour de plusieurs trames d'investigations :

- estimation des mortalités d'anguilles argentées au passage dans une turbine,
- évaluation des voies de dévalaison à l'échelle d'un aménagement,
- définition du déterminisme de dévalaison.

En 2010, les probabilités de survie (à 1 et 48 h) des anguilles européennes adultes, ont été estimées lors du passage à travers une turbine à 4 pales, de type bulbe, de l'usine hydroélectrique de Beaucaire, sur le Rhône aval. Les anguilles avaient une taille comprise entre 570 mm et 1 040 mm pour une moyenne de 686 mm. L'étude a utilisé le système de marquage à ballons HI-Z (HI-Z tag). 275 anguilles ont été marquées puis injectées dans le groupe n°3 de l'usine à deux profondeurs différentes. Le taux de survie au bout d'une heure était de 95,5% en haut de pale et 95,7% en milieu de pale avec une valeur moyenne de 95,6%. Le taux de survie au bout de 48 h était respectivement de 93,7 et 91,4% pour le haut et le milieu de pale, la valeur moyenne était de 92,3% (Collectif, 2011).

Ces résultats, à l'échelle de l'ouvrage, doivent maintenant être replacés à l'échelle de l'aménagement en tenant compte des différentes voies de dévalaison possibles (barrage de retenue, écluse de navigation). Pour ce faire, une étude est en cours de lancement avec des premiers essais terrain prévus à l'automne 2013, sous maîtrise d'ouvrage CNR. L'étude prévoit de marquer individuellement plusieurs centaines d'anguilles argentées et de suivre leur cheminement à l'échelle d'un aménagement grâce à la technologie HTI, utilisant la fréquence acoustique.

L'Association MRM engage quant à elle en 2013 une étude visant à mieux connaître le déterminisme de dévalaison des anguilles argentées. Cette étude, basée sur un échantillonnage continu sur toute la fenêtre théorique de migration catadrome devrait permettre d'identifier des pics de dévalaison et par conséquent les conditions hydroclimatiques auxquels ils répondent.

Cet important travail de connaissance est un préalable indispensable à la définition d'une stratégie d'actions en faveur de la dévalaison des anguilles argentées sur le Rhône. Il doit fournir des informations précises qui permettront d'identifier clairement les enjeux et de proposer des actions efficaces qui sauront tenir compte des contraintes liées à la gestion des ouvrages et à la production hydroélectrique. Il faut savoir qu'à l'heure actuelle, et du fait de la dimension des ouvrages présents sur le Rhône, les seules solutions envisageables seraient les arrêts ciblés de turbinage.

En parallèle de ce vaste programme d'études, des équipements sont en projet sur le Rhône aval, au niveau des barrages de Vallabrègues et de Donzère, dans le cadre de l'installation des PCH qui turbineront les futurs nouveaux débits réservés.

Ces équipements répondent aux recommandations émises par le Comité National Anguille (créé dans le cadre du Plan National) qui préconisent de ne pas dégrader les conditions de dévalaison de l'Anguille au niveau des nouveaux aménagements situés dans les Zones d'Actions Prioritaires (ZAP). Les équipements sont aujourd'hui à l'état de projet mais il semblerait que la solution la plus efficace soit l'installation de plans de grilles fines couplés à un exutoire de dévalaison implantés au droit des futures prises d'eau.

La bonne prise en compte des enjeux liés à la dévalaison des différentes espèces amphihalines sur le Rhône passe donc pas un important travail préalable d'acquisition de connaissances. Nous l'avons vu, du fait de la taille des ouvrages concernés et des enjeux liés à la production hydroélectrique, les marges de manœuvre sont faibles et nécessitent donc une analyse coût-bénéfice poussée. Sur l'Anguille, ce travail est impulsé par le programme national recherche et développement et par les recommandations du Plan National en faveur de l'Anguille. En revanche, il n'existe pas aujourd'hui de dynamique en place sur le bassin pour lancer un travail sur l'Alose et la Lamproie, malgré les enjeux clairement identifiés.

## Synthèse des enjeux & objectifs

### Mission

- **Axe majeur de migration pour les espèces amphihalines** : voie incontournable pour accéder aux affluents
- Nécessité pour les espèces d'atteindre les habitats de reproduction (ou de croissance) dans les **meilleures conditions** sans dommage physique et sans retard
- Forte dynamique d'intervention en place du fait d'un **contexte institutionnel et réglementaire** précis
- Favoriser l'échange de savoirs techniques & pratiques répondant aux contraintes grandissantes liées à l'augmentation du **trafic fluvial**
- Amélioration des **débits réservés** dans les Vlan Rhône à l'horizon 2014 = augmentation de leur **attractivité** et par conséquent celle des **affluents de rive droite**
- Equipement du **dernier verrou** du Rhône aval : le barrage de **Sauveterre**  
Acquisition de données quantitatives sur les migrations grâce au **vidéocomptage**
- Intégration de l'enjeu « migration » à l'ensemble des autres activités : opérations de travaux, zone de flots (curage), **pêche professionnelle en zone morte**

### Objectifs

- Nécessité de compléter les connaissances sur l'impact des passages d'obstacles (adultes et juvéniles) dans les turbines
- Programme ambitieux en cours sur l'**Anguille européenne** avec priorité donnée à la connaissance : voies de dévalaison, mortalité liée aux turbines, déterminants de migration
- Importance de **ne pas dégrader les conditions actuelles**, notamment dans le cadre de l'installation des Petites Centrales Hydroélectriques

## 2. Reproduction

### 2.1. Aspects méthodologiques

#### 2.1.1. Cartographies des habitats

Chez les migrateurs amphihalins potamotoques, les potentialités écologiques d'un cours d'eau sont évaluées en premier lieu par sa capacité d'accueil en termes d'habitats favorables à la reproduction (frayères, zones de stabulation pour les géniteurs). En fonction des connaissances sur les autres phases biologiques, il est également possible d'évaluer la qualité des supports de ponte pour le bon développement des œufs et des larves et d'identifier les zones favorables au refuge et au grossissement des juvéniles.

Les données disponibles sur les habitats de reproduction pour l'Alose sur le périmètre du SIC sont relativement nombreuses. Toutefois, sur certains secteurs, ces données sont anciennes (Gendre *et al.*, 1997a ; Genoud, 1997 ; Ladet, 1996) et il apparaît nécessaire de les réactualiser du fait de l'évolution naturelle des habitats (comblement des caissons, modification des débits restitués sur les Vieux Rhône...) et des modifications récentes du contexte migratoire (réouverture de certains axes offrant un potentiel d'accueil fort).

Les secteurs de Saxy et du Vieux Rhône de Donzère ont ainsi été prospectés à l'aide d'une embarcation (Figure 35). 4 journées de prospections (2 personnes) ont été nécessaires pour couvrir le linéaire du Vieux Rhône de Donzère (6 au 9 août 2012) et une journée a été consacrée à l'exploration des caissons de Saxy (10 août 2012).



**Figure 35 : Localisation des secteurs prospectés en 2012 par MRM sur le SIC « Rhône aval ».**  
MRM

Lors de ces prospections, les habitats potentiellement favorables à la reproduction de l'Alose ont été géolocalisés et sommairement décrits (estimation surfacique, description générale des paramètres physiques : hauteurs d'eau, vitesses d'écoulement, granulométrie). Toutes les données récoltées sur le terrain ont été bancarisées et transmises au responsable du groupement de bureaux d'études.

A partir de ces données, des classes de qualité ont été attribuées aux différents paramètres observés ou relevés sur chacune des frayères potentielles. Le croisement des différentes classes aboutissent ainsi à une classification des potentialités des différentes frayères : mauvaise / moyenne / bonne. L'attribution des classes par paramètre s'est basée sur un système de notation mis en place par l'Association MRM et utilisé sur de nombreux cours d'eau du bassin Rhône-Méditerranée (Tableau 12).

Paramètres	Limitant / Note 0	Moyen / Note 1	Optimum / Note 2
Vitesse (cm/s)	< 50 ou >150	(50 - 80) et (120 - 150)	80 - 120
Profondeur (cm)	< 50 ou >150	(50 - 80) et (120 - 150)	80 - 120
Granulométrie	Dalle, Argiles, Lims, Sables	Graviers, Blocs	Cailloux, Pierres

**Tableau 12 : Notation des paramètres vitesse, profondeur et granulométrie. MRM**

Les résultats obtenus en 2012 ont enfin été comparés à la bibliographie afin de répondre aux interrogations suivantes :

- Sur le plan biologique : y a-t-il adéquation entre les paramètres physiques relevés *in situ* et les *preferenda* de l'Alose ? Si les conditions ne sont pas optimales, quel serait le degré de fonctionnalité de la ou les frayères ?
- Sur le plan géographique : les frayères potentielles recensées sont-elles celles historiquement narrées et schématisées dans la bibliographie ? Si non, pourquoi certaines frayères ont-elles « disparu » et pourquoi d'autres sont-elles apparues ? Quelle est la tendance d'évolution de l'utilisation des frayères sur le Rhône entre 1996 (date des premières observations) et aujourd'hui ?

### 2.1.2. Prospections nocturnes

L'acte de reproduction chez les aloses se singularise par un comportement nocturne des géniteurs appelé « bull ». Cet acte se définit comme un rapide mouvement circulaire d'au minimum deux géniteurs flanc contre flanc, frappant violemment la surface de l'eau à l'aide de leur nageoire caudale. Le diamètre d'un bull avoisine 1 à 1,2 m et sa durée varie entre 2 à 10 s (Boisneau *et al.*, 1990). Les bulls peuvent atteindre une intensité sonore de 50 dB et sont visibles à distance en raison de la projection de gerbes d'eau (Cassou-Leins *et al.*, 2000). Ces caractéristiques permettent de repérer facilement les zones de frai.

La mise en place d'un suivi nocturne des zones de frai potentielles a ainsi pour objectif de repérer des zones actives de reproduction et d'évaluer un nombre de géniteurs présents sur les sites. Indirectement et en fonction de la localisation des sites par rapport à celle des ouvrages, un tel suivi permet également d'appréhender de manière qualitative l'efficacité du ou des dispositifs de franchissement piscicole. Cela nécessite la présence sur chaque site de 2 personnes de 22h30 à 3h00 pour couvrir la plage horaire d'activité des géniteurs et ce durant plusieurs nuits réparties dans la fenêtre théorique de reproduction des aloses. Cette méthodologie est identique à celle utilisée depuis plus de 15 ans sur différentes frayères du bassin rhodanien (Port de l'Ardoise et aval du barrage de Donzère sur le Rhône, Cèze et Ardèche).

A l'instar de la description des habitats, les prospections nocturnes ont ciblé en les caissons de Saxy en amont d'Arles et le Vieux Rhône de Donzère. Des investigations menées en 1996 et 1997 par l'Association MRM avaient permis d'identifier une activité de reproduction sur plusieurs frayères (Blanchet *et al.*, 1997 ; Gendre *et al.*, 1997 ; Genoud, 1996 ; Genoud, 1997 ; Le Corre *et al.*, 1997 ; Mazens, 1997).

Malheureusement, les conditions hydrologiques rencontrées au printemps 2012 n'ont pas permis d'effectuer le suivi sur les caissons de Saxy (débit trop élevé, faciès lotiques intéressants noyés).

Sur le Vieux Rhône de Donzère, une journée de prospection a été réalisée le 19 avril 2012 afin de repérer les accès et de localiser les points d'écoute sur les sites potentiels de frai identifiés lors des investigations de 1996-1997. 3 nuits de suivi ont été effectuées les 29, 30 et 31 mai 2012. Le suivi a nécessité la présence de 3 personnes de 22h à 4h. Les observations se sont concentrées sur 6 sites (Figure 36). Les conditions hydroclimatiques étaient favorables à l'observation et à la reproduction des géniteurs (débit moyen journalier = 60 m<sup>3</sup>/s ; température moyenne de l'eau = 19°C).



Figure 36 : Localisation des sites de suivi de la reproduction de l’Alose sur le Vieux Rhône de Donzère. MRM

## 2.2. Résultats

### 2.2.1. Cartographies des habitats

En préambule de l’analyse des informations recueillies lors des prospections 2012, il est intéressant de s’arrêter sur la capacité d’accueil globale du Rhône aval vis-à-vis de l’Alose feinte du Rhône et de la Lamproie marine. A noter que l’ensemble de cette partie ne traite pas de l’espèce Anguille européenne dans la mesure où ses exigences en termes d’habitats sont beaucoup moins ciblées. Il s’agit en effet d’une espèce très ubiquiste capable de coloniser tous types de milieux.

Au regard de notre expertise et de la bibliographie consultée, on constate que les zones d’habitats favorables à ces espèces rhéophiles et litophiles sont très peu représentées à l’échelle du SIC et que les zones existantes sont très morcelées. Au-delà des deux secteurs préalablement identifiés (RCC Donzère et Saxy), on ne recense quasi aucun habitat lotique offrant en parallèle une granulométrie intéressante. Nous pouvons citer de façon anecdotique :

- le radier de l’île des sables, localisés sur le Grand Rhône dans la traversée d’Arles,
- un secteur d’écoulements lotiques en aval du seuil de l’Oiselet (bras des Améniers) sur le Rhône (bras d’Avignon).

Ce constat s'explique en grande partie par l'anthropisation du fleuve, et *in fine*, par toutes les modifications fonctionnelles qui ont directement impacté les habitats, que ce soit en termes d'accessibilité, de disponibilité ou encore de qualité. Les travaux les plus lourds, le recalibrage et l'édification des aménagements hydroélectriques, ont transformé la morphologie fluviale du Rhône. Ces travaux ont provoqué une contraction des lits fluviaux, une réduction du nombre de chenaux, une modification de la pente naturelle et un appauvrissement de la dynamique sédimentaire.

Au sein du SIC Rhône aval, ces bouleversements sont particulièrement importants du fait de la succession rapprochée des ouvrages de Caderousse, Avignon et Beaucaire. En effet, l'influence du remous de Beaucaire remonte jusqu'au pied d'Avignon et celui d'Avignon jusqu'au pied de Caderousse. Sur l'ensemble de ce secteur, la pente entre les ouvrages est très faible et les écoulements parfaitement homogènes. De fait, aucun habitat favorable à la reproduction des amphihalins n'est disponible sur l'ensemble de ce secteur.

Néanmoins et du fait d'un contexte migratoire perturbé par la présence d'obstacles, les aloses utilisent certains habitats atypiques pour leur reproduction que l'on nomme alors frayères de substitution. L'exemple le plus éloquent sur « Rhône aval » est la frayère de substitution du port de l'Ardoise sur laquelle une forte activité de géniteurs est observée depuis plusieurs années (Monnier *et al.*, 2013). Dans une volonté de préserver cette espèce sur le long terme, on ne peut se satisfaire d'une reproduction effectuée dans de telles conditions (absence d'écoulements favorables, colmatage total des supports de pont).

Sur le Rhône, les marges de manœuvre pour améliorer cette situation sont extrêmement faibles au regard des enjeux et du niveau d'aménagement du fleuve. Dans ce contexte, l'amélioration des conditions d'accès aux affluents est un enjeu prioritaire.

#### 2.2.1.1. Le Vieux Rhône de Donzère

##### **Etat des lieux réalisés en 2012**

Premier élément de contexte important, le Vieux Rhône de Donzère n'est pas inscrit en totalité dans le Site d'Intérêt Communautaire « Rhône aval », la limite amont étant matérialisée par la limite départementale entre Gard et Ardèche (Figure 37). Ainsi, 15 km du Vieux Rhône font partie du SIC « Rhône aval » et 13 km sont localisés sur le SIC « Moyenne vallée du Rhône ».



Les prospections « habitats » ont été réalisées depuis le barrage de dérivation de Donzère jusqu'à Pont-Saint-Esprit, soit un linéaire parcouru de 22 km dont 9 situés sur le SIC Rhône aval. Nous n'avons volontairement pas effectué de prospections en aval de Pont-Saint-Esprit du fait de l'influence du remous de l'aménagement de Caderousse (absence d'écoulements lotiques).

Sur les 22 km de cours d'eau parcourus, 23 frayères potentielles ont été identifiées (Figure 38). La surface totale occupée s'élève à près de 25 000 m<sup>2</sup>.

Les divers paramètres relevés ou estimés (Tableau 13) permettent, comparativement aux données bibliographiques, de dresser un état des lieux de la qualité des zones de reproduction.

Le Vieux Rhône de Donzère																				
Numéro N = 23	Code schéma	Rive		Coordonnées géographiques		Surface estimée (m <sup>2</sup> )			Hauteur d'eau moyenne (cm)			Vitesse de courant moyenne (m/s)			Granulométrie dominante				Qualité supposée de la frayère potentielle	
		Gauche	Droite	X	Y	< 1000	1000 - 2000	> 2000	< 80	80-120	> 120	< 80	80-120	> 120	Dalles / Argile / Limons / Sables	Graviers / Cailloux "fins"	Cailloux "grosiers" / Pierres	Affleurement(s) rocheux		
1	A		+	44°25'29,1"	004°39'53,7"	+				+			+				+			Bonne
2	B		+	44°24'44,9"	004°39'52,2"	+				+			+				+		+	Bonne
3	C	+		44°24'03,1"	004°39'52,0"	+				+			+				+			Bonne
4	D	+		44°23'59,6"	004°39'51,2"			+					+				+			Bonne
5	E	+		44°23'55,0"	004°39'51,4"			+					+				+			Bonne
6	F	+		44°23'15,5"	004°39'24,1"			+					+				+		+	Bonne
7	G	+		44°22'49,4"	004°39'10,9"		+						+				+			Bonne
8	H	+		44°22'45,3"	004°39'06,2"	+				+			+				+			Bonne
9	I	+		44°22'38,8"	004°39'02,1"	+				+			+				+			Bonne
10	J		+	44°21'50,2"	004°38'50,8"			+					+				+			Bonne
11	K		+	44°21'00,8"	004°38'45,4"	+							+				+			Bonne
12	L		+	44°20'55,5"	004°38'46,0"	+							+				+			Bonne
13	M	+		44°20'21,5"	004°38'57,5"	+							+				+		+	Bonne
14	N	+		44°20'11,4"	004°38'59,6"	+							+				+		+	Bonne
15	O	+		44°19'51,0"	004°39'03,6"	+							+				+			Bonne
16	P	+		44°19'42,5"	004°39'02,4"	+							+				+		+	Bonne
17	Q1		+	44°18'58,8"	004°38'58,6"	+							+				+			Bonne
18	Q2	+				+							+		+		+			Bonne
19	R1		+				+						+				+		+	Bonne
20	R2	+		44°18'20,7"	004°39'07,4"		+						+				+		+	Bonne
21	S	+		44°16'35,9"	004°39'01,5"	+							+				+		+	Bonne
22	T		+	44°15'41,2"	004°38'55,1"	+							+				+		+	Bonne
23	U		+	44°15'30,2"	004°39'07,2"		+						+				+			Bonne

Tableau 13 : Caractéristiques des frayères potentielles sur le Vieux Rhône de Donzère. MRM

Parmi ces 23 frayères potentielles, et aux regards des préférentiels de l'Alose, 6 sont estimées comme étant de « bonne qualité », 13 de qualité « moyenne » et 4 de qualité « faible » (Figure 38). Plus de 65% des frayères identifiées sont situées en dehors du périmètre concerné par le DOCOB Rhône aval. Près de 27% d'entre elles appartiennent à la classe de qualité « Bonne », et occupent une surface totale inférieure à 4 000 m<sup>2</sup>.

Les 8 frayères situées sur le SIC « Rhône aval » occupent quant à elles près de 7 500 m<sup>2</sup> et toutes les classes de qualité sont représentées.

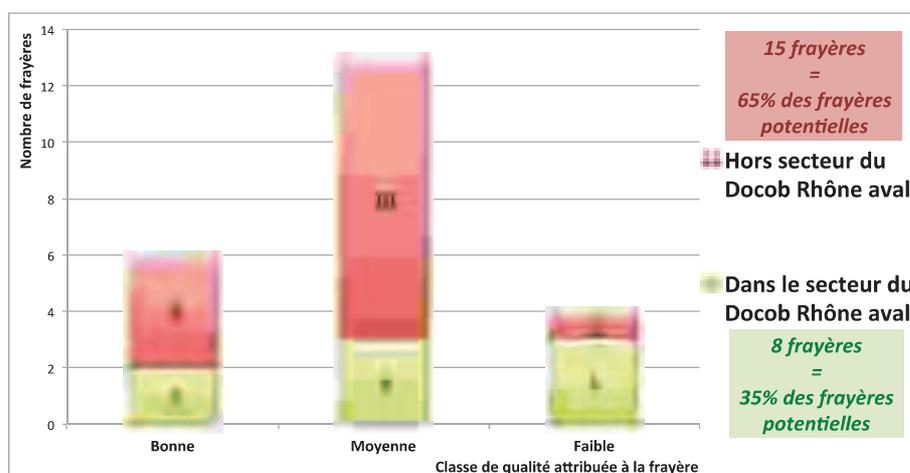
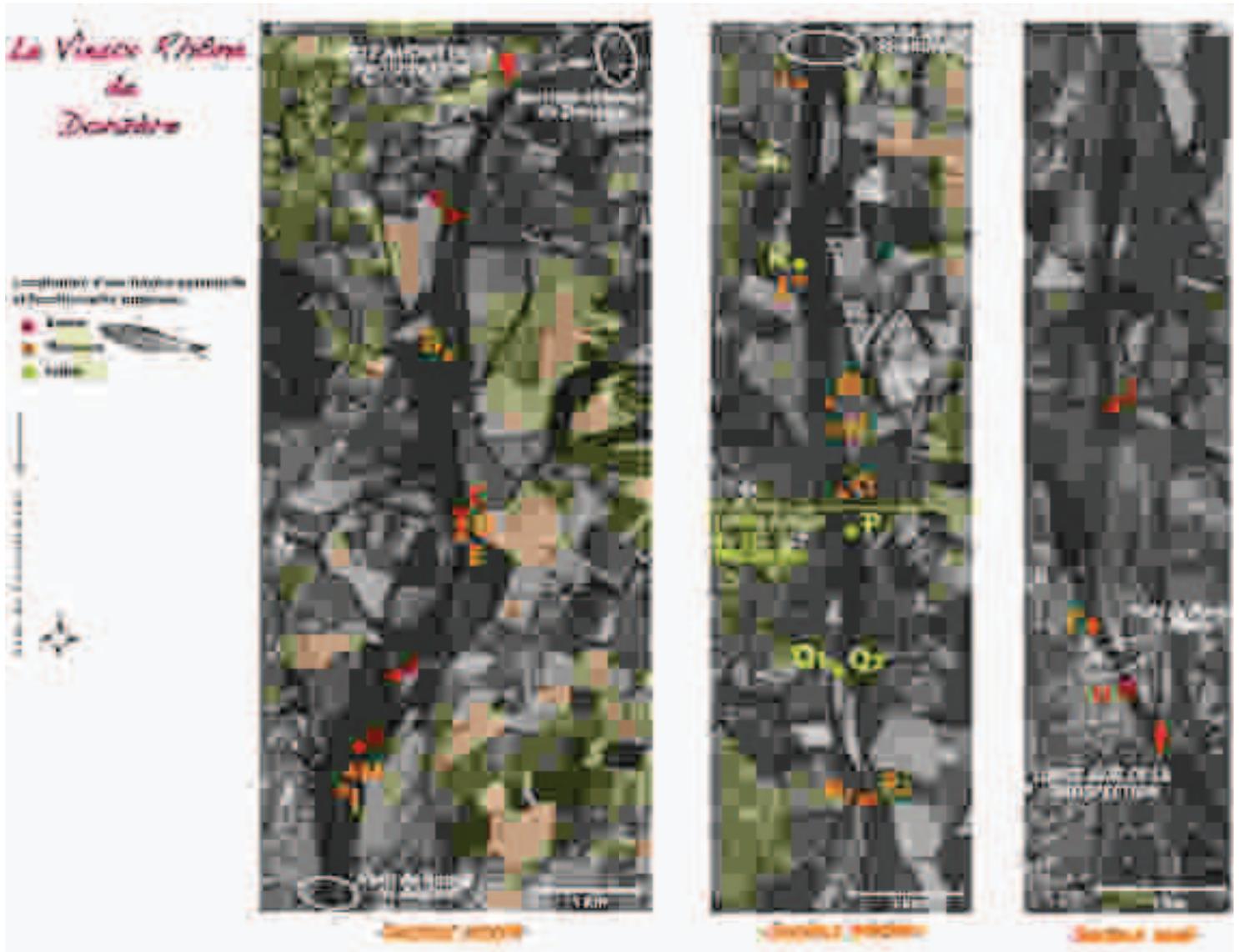


Figure 38 Répartition des frayères potentielles sur le Vieux Rhône de Donzère entre les linéaires inclus et non inclus dans le SIC « Rhône aval ». MRM



**Figure 39 : Localisation des frayères potentielles et classes de qualité attribuées sur le Vieux Rhône de Donzère. MRM/Google Earth**

Lors des prospections, les paramètres limitants sur les frayères potentielles concernent majoritairement les hauteurs d'eau et à plus forte raison la granulométrie. Les vitesses moyennes d'écoulement, durant la période de prospections, nous ont apparues particulièrement favorables. En effet, dans l'air de reproduction, la vitesse optimale est de l'ordre de 1 m/s, et à l'exception d'une frayère (N° 18, Q2 – rive gauche), toutes présentaient des vitesses comprises entre 0,8 et 1,2 m/s. Les classes de qualité attribuées à chaque frayère dépendent également des vitesses moyennes observées sur la zone aval d'incubation des oeufs où celles-ci doivent s'accroître pour atteindre près de 2 m/s.

La frayère « Q2 » (Figure 40) présente en effet des vitesses de courant trop élevées, supérieures à 120 cm/s, en raison de la configuration du site (nette concentration des écoulements en rive droite). Autre paramètre limitant, la granulométrie, caractérisée en majorité sur cette frayère par l'affleurement du substrat.

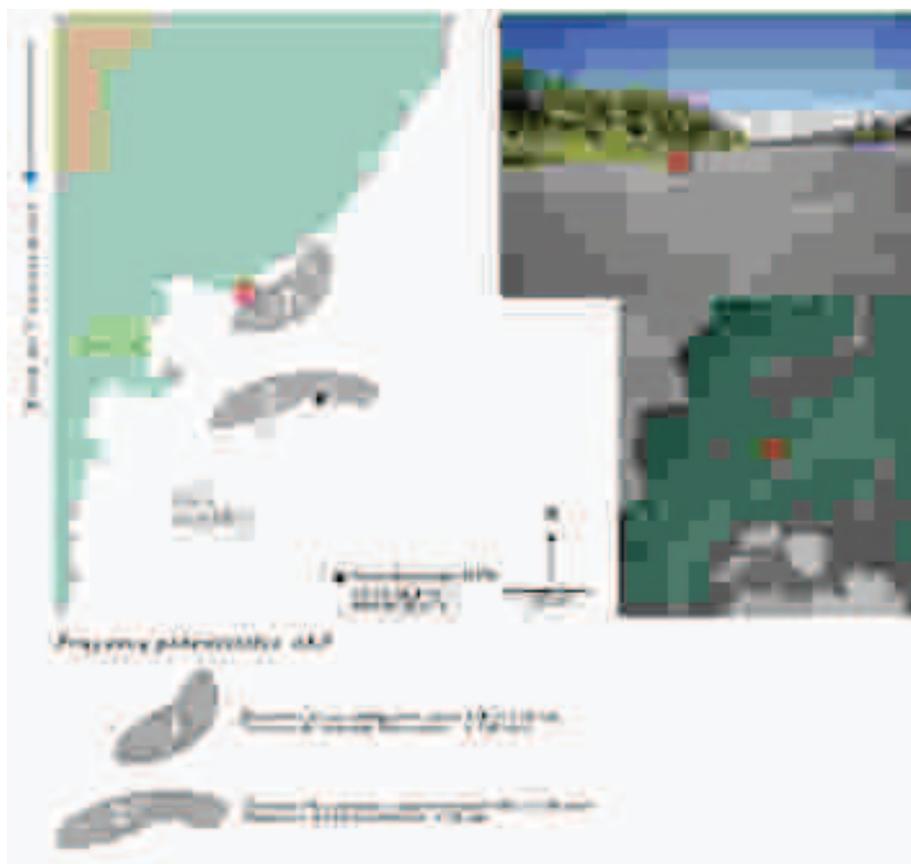


Figure 40 : Schéma des frayères potentielles "Q1 – rive droite" et "Q2 – rive gauche" sur le Vieux Rhône de Donzère. MRM

Les hauteurs d'eau sont, au même titre que les vitesses de courant, susceptibles de varier dans le temps et dans l'espace en fonction de l'hydrologie naturel et de la gestion des ouvrages par la CNR. Sur le secteur prospecté, deux cas de figures se sont révélés être limitant par rapport aux *preferenda* de l'Alose. Sur certaines frayères, les hauteurs d'eau moyennes se sont révélées supérieures aux valeurs optimales théoriques, en particulier sur des zones d'érosion liées à la présence d'ouvrages latéraux « durs » (épis) ; c'est notamment le cas sur les frayères « D » et « E » (Figure 41).

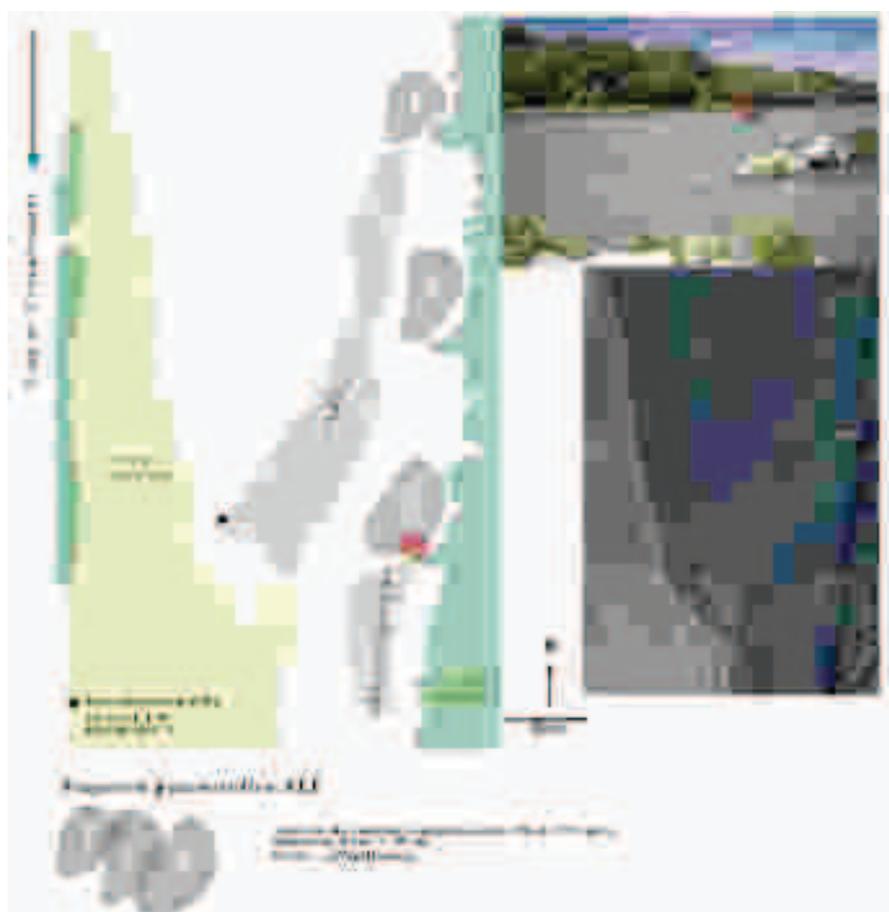
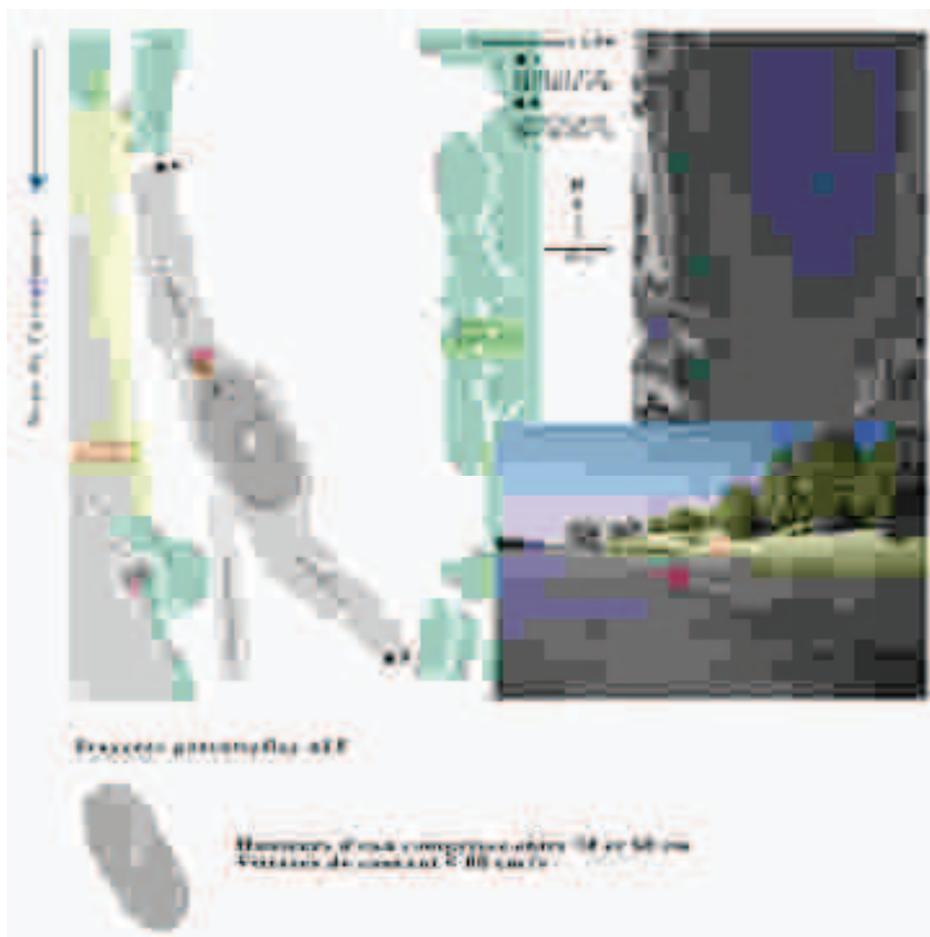


Figure 41 : Schéma des frayères potentielles « C », « D » et « E » sur le Vieux Rhône de Donzère. MRM

A l'inverse, sur d'autres frayères où on observe des profils en travers très larges et étalés, les hauteurs d'eau mesurées se sont révélées faibles, inférieures à 80 cm. On peut observer ce cas de figure sur la frayère « J » (Figure 42). Il est toutefois probable qu'à des débits supérieurs au débit réservé, ces hauteurs deviennent moins limitantes et offrent alors une large zone potentielle favorable pour la reproduction.



**Figure 42 : Schéma de la frayère potentielle "J" sur le Vieux Rhône de Donzère. MRM**

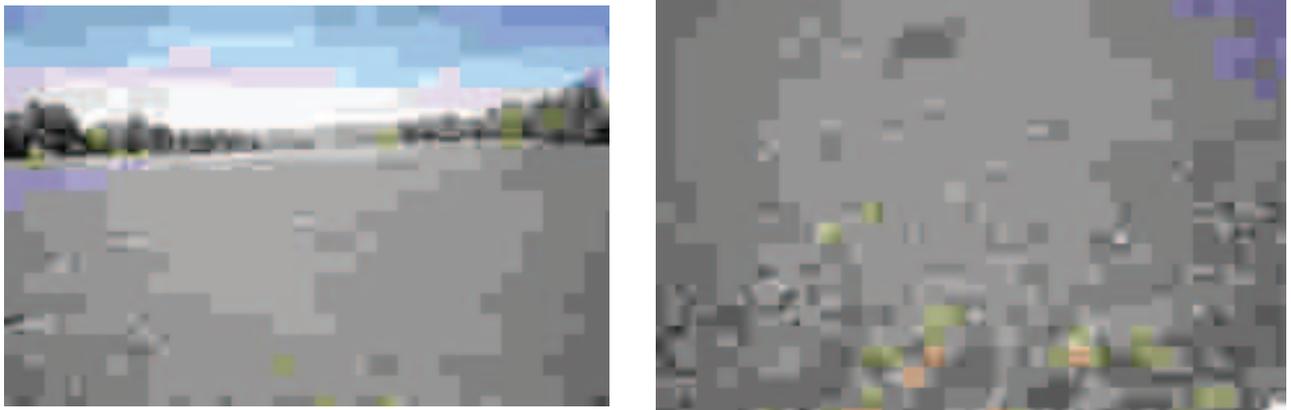
L'état des lieux réalisé en août 2012 nous offre une photographie à un instant « T » des potentialités d'accueil du Vieux Rhône de Donzère. Dans les conditions hydrologiques rencontrées durant les prospections, le potentiel d'accueil du Vieux Rhône s'est largement confirmé et un nombre important de frayères potentielles a pu être observé. Cet état des lieux ne tient toutefois pas compte du régime hydrologique du Vieux Rhône, soumis à des variations régulières et importantes des déversements au barrage, y compris durant la fenêtre de reproduction de l'Alose ou de la Lamproie. En effet, au-delà du contexte climatique à l'origine d'années plus ou moins humides, la gestion hydroélectrique actuelle entraîne des variations de débit importantes, sur des laps de temps parfois très courts. Ainsi, lorsque le débit turbiné maximal au niveau de l'usine-écluse est atteint, le « surplus » est envoyé dans le Vieux Rhône.

Les réflexions lancées sur l'augmentation du débit réservé, à l'horizon 2014, présentent un enjeu majeur, puisque d'elles dépend en partie la qualité physique future des habitats pour l'espèce. L'augmentation de ce débit aura en effet une influence directe sur les couples hauteurs d'eau/vitesses d'écoulements, couples déterminants dans la fonctionnalité des frayères.

Comme dit précédemment, il est probable qu'une augmentation de débit de plusieurs dizaines de m<sup>3</sup>/s permette d'améliorer les conditions physiques sur certaines frayères potentielles et donc d'augmenter le potentiel d'accueil du Vieux Rhône. Il apparaît toutefois important de vérifier dans le futur qu'une augmentation de débit n'engendre pas des hauteurs d'eau ou des vitesses limitantes sur d'autres frayères. Des modélisations hydrauliques simples permettraient de vérifier ce type d'informations.

Au-delà des caractéristiques physiques intrinsèques des frayères, l'enjeu de l'augmentation du débit réservé est d'optimiser encore d'avantage l'attractivité du couple Vieux Rhône/Ardèche au dépens du canal usinier de Bollène. Aussi, une modulation saisonnière du débit réservé pourrait être réfléchi afin d'obtenir un débit réservé supérieur durant la fenêtre de migration (avril à juin).

Arrêtons-nous enfin sur le principal facteur limitant du Vieux Rhône de Donzère vis-à-vis de la qualité des supports de ponte : la granulométrie. Il est vrai que globalement, les granulométries dominantes observées sur les frayères sont représentées par les cailloux grossiers et les pierres (selon l'échelle de Wentworth modifiée), ce qui correspond à des tailles d'éléments favorables *a priori* au bon développement des œufs (Figure 43). Cependant, les conditions ne sont pas optimales sur chaque frayère observée, et, compte tenu du fonctionnement hydromorphologique du Vieux Rhône, la tendance d'évolution est à la dégradation.



**Figure 43 : Granulométrie dominante sur le Vieux Rhône de Donzère**

En raison d'un déficit sédimentaire dans le Vieux Rhône de Donzère, causé en partie par un blocage de la charge sédimentaire en amont des ouvrages transversaux qui jalonnent les cours d'eau sur le bassin versant amont, on observe un net phénomène d'érosion du lit qui se traduit par une augmentation progressive des zones d'affleurement rocheux. La couche originelle du substrat, composé d'éléments de tailles variées (cailloux, galets, blocs) a progressivement été décapée par les crues successives du fleuve jusqu'à atteindre la roche mère. Or, la nature de cette roche mère n'offre plus les interstices indispensables à des conditions favorables de dépôt et d'incubation des œufs. Parallèlement, sur d'autres secteurs, un phénomène de pavage du substrat grossier a pu être observé. Celui-ci est directement lié à l'absence de recharge d'éléments grossiers depuis l'amont et par conséquent à l'absence de dynamique sédimentaire. Lentement, les éléments du substrat vont se solidariser et créer une couche superficielle de plus en plus compact. Sur ces secteurs, malgré la présence d'éléments grossiers, les interstices sont très limités et les conditions de bon développement des œufs puis des larves ne sont alors plus remplies.

## Comparaison aux données historiques



Figure 44 : Répartition des frayères potentielles identifiées sur le Vieux Rhône de Donzère en 1995/1996 et 2012 (Ladet, 1996 ; Genoud, 1996). MRM/Google Earth

La comparaison des données historiques et contemporaines met en exergue la grande stabilité des milieux et des habitats disponibles sur le Vieux Rhône de Donzère. S'il est indéniable que ce Vieux Rhône constitue l'enjeu majeur au sein du SIC « Rhône aval » pour les habitats de reproduction de l'Alose et de la Lamproie, l'étude a révélé une dégradation des potentialités d'accueil du fait de ladite stabilité des habitats et plus globalement de la gestion hydrologique et hydromorphologique de ce secteur.

Les zones de frai potentielles ou actives observées sur le Vieux Rhône de Donzère en 1995 (Ladet, 1996) et 1996 (Genoud, 1996) sont au nombre de 7. Il a ainsi été recensé 3 fois plus de frayères potentielles en 2012 que dans les années 1990 (Figure 44).

Les conditions hydrologiques étant sensiblement identiques lors des prospections actuelles et passées, ce constat est principalement lié à la subjectivité des opérateurs, dont l'estimation ou la mesure des différents paramètres peut varier.

Les critères de fonctionnalité des frayères se sont également assouplis, et considérer une frayère comme « potentielle » n'est plus aussi strict. L'Alose a montré une adaptabilité, plus ou moins marquée, aux variations de milieu.

La comparaison entre l'état des lieux dans les années 1990 et aujourd'hui a permis de confirmer les tendances déjà évoquées il y a une quinzaine d'années. La faiblesse de la dynamique hydromorphologique déjà relevée par le passé (Ladet, 1996 ; Genoud, 1996) est à l'origine du pavage du substrat et de la dégradation de la qualité générale des supports de ponte.

Il semble aujourd'hui important de profiter du cadre Natura2000 mais également des nouvelles dispositions réglementaires pour repenser cette gestion et recréer une dynamique fluviale plus importante, seul garant de la préservation voire de l'amélioration des habitats. La priorité doit être de redonner une dynamique sédimentaire pour limiter l'érosion et remettre en mouvement le substrat. Le débit réservé doit être repensé sur l'année avec une modulation saisonnière qui permettrait d'augmenter l'attractivité hydrologique du Vieux Rhône et peut-être d'augmenter encore les capacités d'accueil.

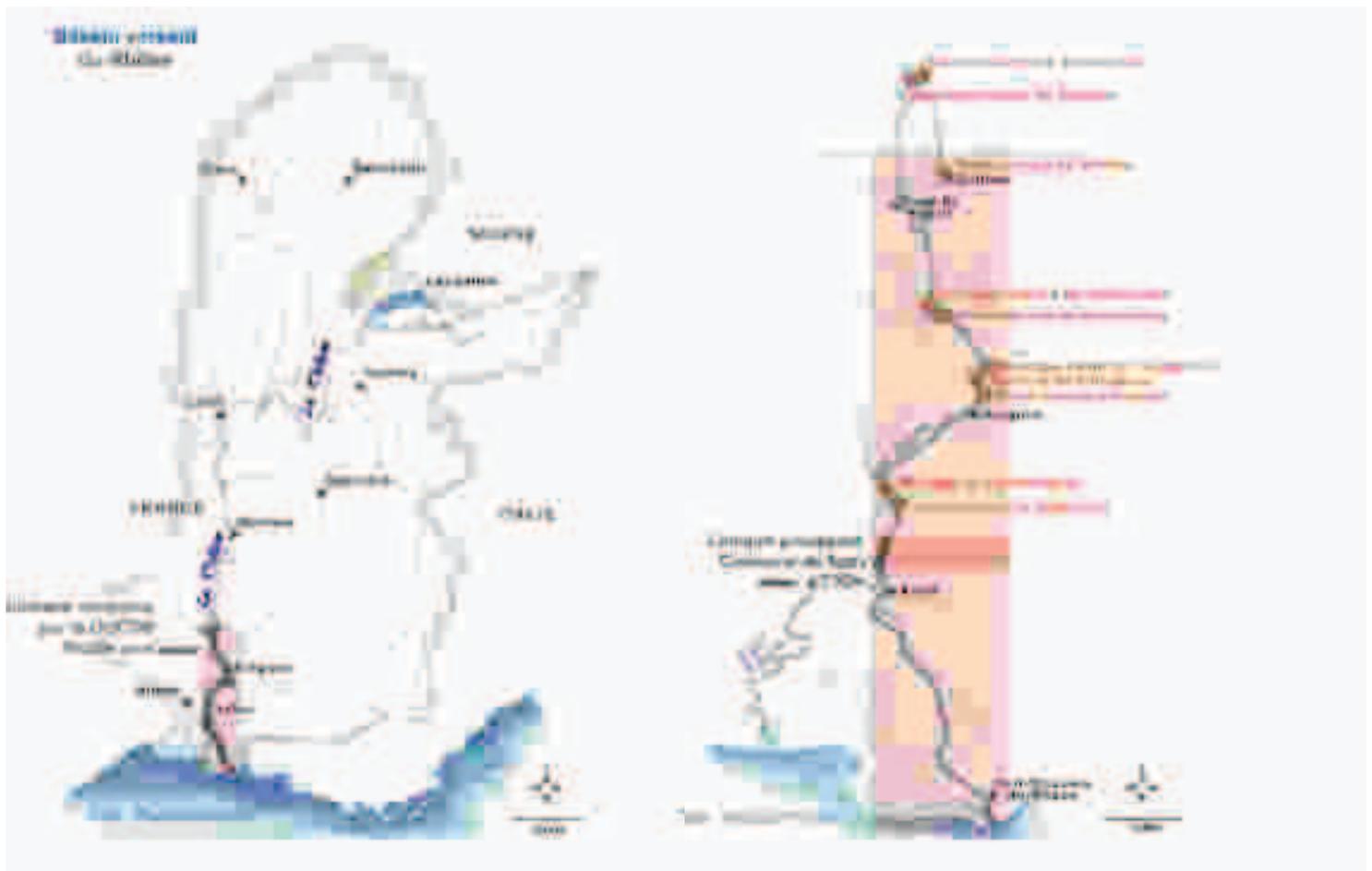
#### 2.2.1.2 Les caissons de Saxy

##### **Etat des lieux réalisés en 2012**

Secteur localisé au nord d'Arles (Figures 45 et 46), les caissons de Saxy datent de la seconde moitié du 19<sup>ème</sup> siècle (Fruget et Dessaix, 2003). Anciennes digues submersibles visant l'amélioration des conditions de navigation, les casiers, aujourd'hui laissés à une évolution plus naturelle offrent une grande diversité d'un point de vue écologique.



**Figure 45 : Habitat typique observé dans les caissons de Saxy. MRM**



**Figure 46 : Localisation des caissons de Saxy au sein du SIC « Rhône aval ». MRM**

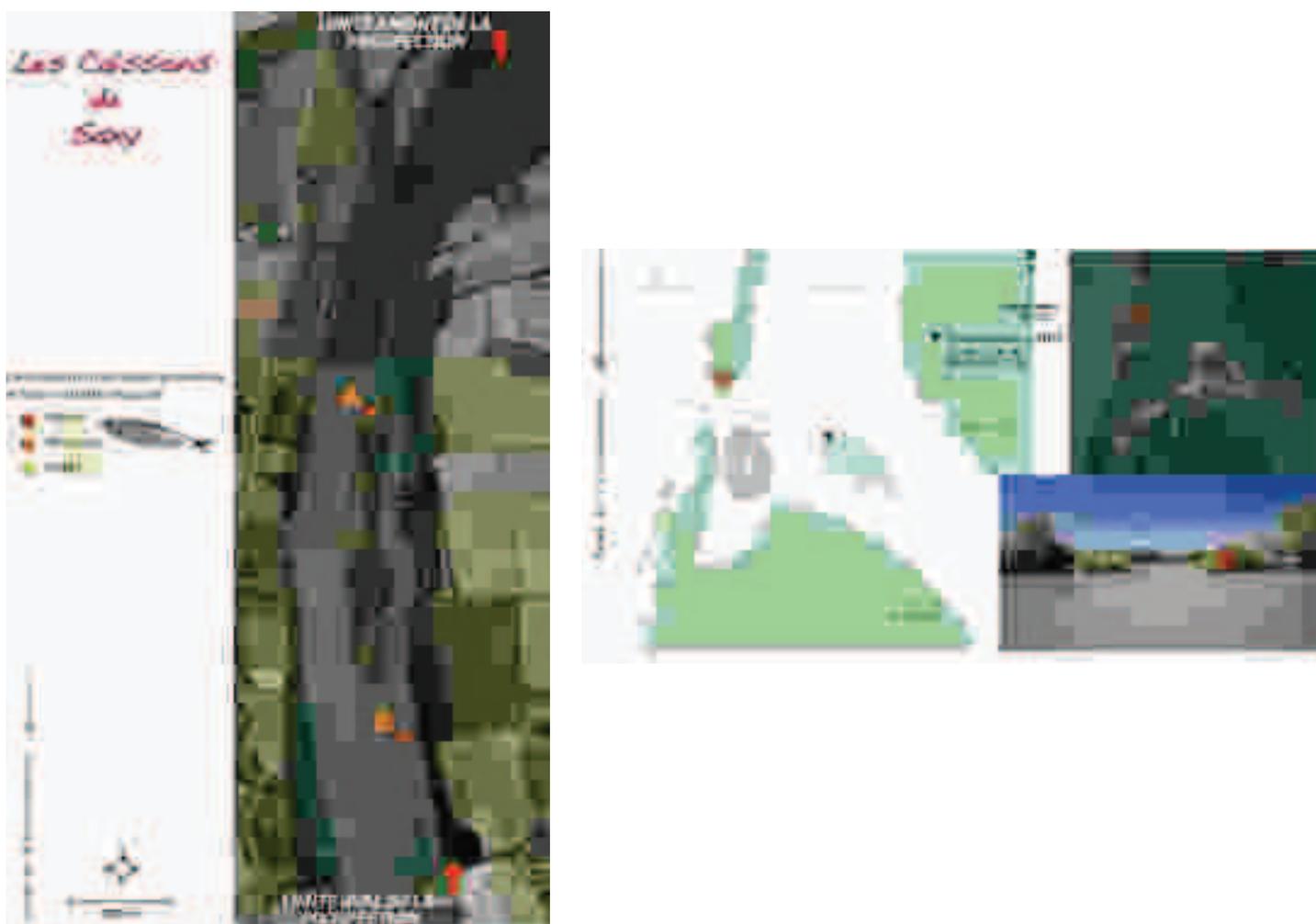
La prospection réalisée sur un linéaire de plus de 4 km a permis d'identifier 2 frayères potentielles, à l'aval d'épis créant un resserrement des écoulements.

Les caractéristiques des frayères potentielles semblent peu favorables à la reproduction de l'Alose, et ces dernières sont classées en classe de qualité « moyenne » (Tableau 14). En particulier, la granulométrie rencontrée sur les zones potentielles de dépôt des œufs (mouilles en aval des épis) est majoritairement composée de graviers et cailloux fins largement colmatés par des fines.

Les Caissons de Saxy																		
Numéro N = 2	Code schéma	Coordonnées géographiques		Surface estimée (m <sup>2</sup> )			Hauteur d'eau moyenne (cm)			Vitesse de courant moyenne (m/s)			Granulométrie dominante				Qualité supposée de la frayère potentielle	
		X	Y	< 1000	1000 - 2000	> 2000	<80	80-120	> 120	< 80	80-120	> 120	Dalles / Argile / Limons / Sables	Graviers / Cailloux "fins"	Cailloux "grossiers" / Pierres	Affleurement(s) rocheux		
1	A	43°42'55,8"	004°36'59,7"	+				+			+			+				Bonne Moyenne Faible
2	B	43°43'45,7"	004°36'56,3"	+			+				+			+				

**Tableau 14 : Caractéristiques des frayères potentielles sur les caissons de Saxy. MRM**

Les surfaces potentiellement favorables sont également réduites, *a fortiori* en comparaison à celles disponibles sur les frayères potentielles du Vieux Rhône de Donzère. Au regard de leur localisation et de leurs caractéristiques, ces frayères correspondent d'avantage aujourd'hui à une typologie de frayère de substitution (Figure 47). Il ne peut ainsi être considéré qu'elles représentent un enjeu vis-à-vis de la reproduction de l'Alose ou de la Lamproie.



**Figure 47 : Localisation des frayères potentielles et classes de qualité attribuées sur les caissons de Saxy. Schéma de la frayère A. MRM / Google Earth**

## Comparaison aux données historiques

Il a été recensé 2 frayères potentielles en 2012 (contre 5 dans les années 1990 (dont l'une est hors secteur prospecté en 2012 – Figure 48). Comme pour le diagnostic réalisé sur le Vieux Rhône de Dornern, la subjectivité des opérateurs et l'évolution des critères de notation entrent en jeu.

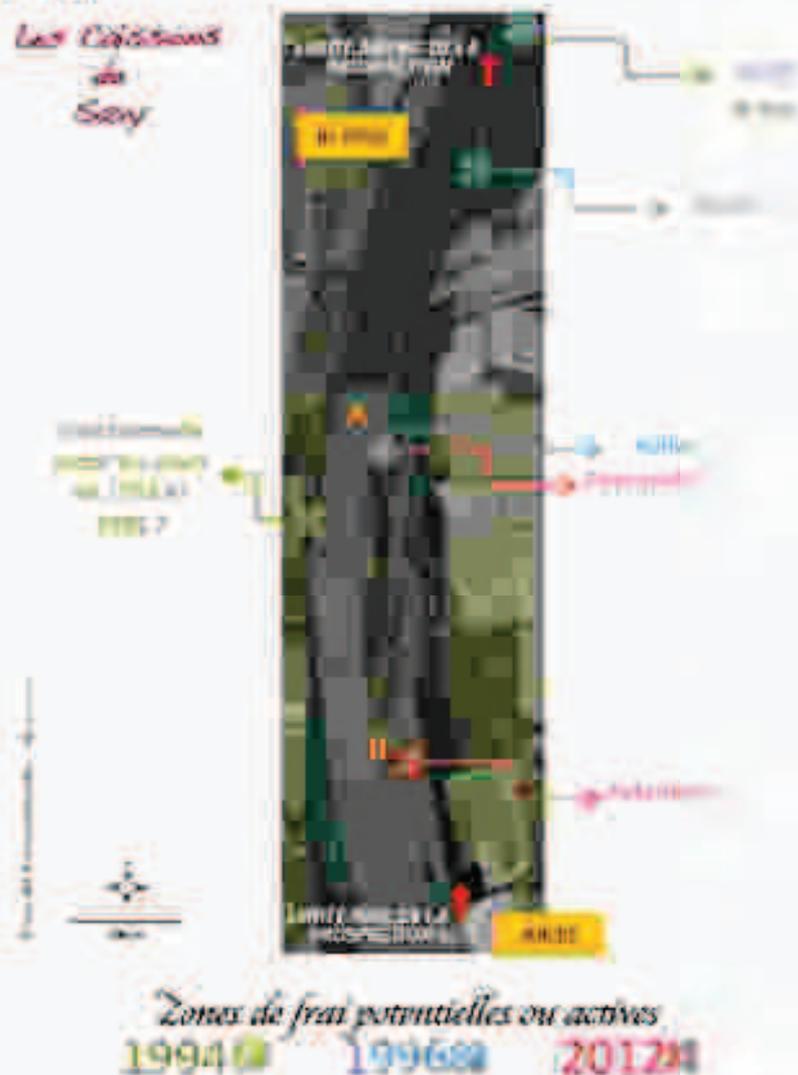


Figure 48 : Répartition des frayères potentielles identifiées sur les calissons de Saxy en 1994/1996 et 2012 (Blanchet *et al.*, 1997 ; Mazum, 1997). MRM

Il a également pu être constaté que les milieux étaient aujourd'hui soumis à de fortes variations liés aux opérations de curage réalisées par la CHM et aux variations des niveaux du Rhône liées à la gestion des ouvrages hydroélectriques situés en amont. Ce dernier point nous est apparu particulièrement problématique lors des observations terrain puisque des variations significatives des hauteurs d'eau ont pu être observées sur des périodes limitées. Ces variations modifient considérablement les conditions d'écoulement au sein des calissons et peuvent entraîner l'exondation de certains bancs alluvionnaires. Il est très probable que ces variations puissent avoir des impacts négatifs sur le démantèlement potentiel de la reproduction d'espèces comme l'Alose ou la Lamproie.

La qualité écologique de ces calissons apparaît incontestable, bien que limitée pour les poissons amphihalins potamotociles. Les types d'habitats que les calissons offrent sont en revanche très intéressants pour l'Anguille européenne (habitats de croissance). Au vu des observations terrain, il convient toutefois d'identifier plus clairement l'impact des variations régulières de niveaux d'eau sur les habitats et les espèces.

En termes d'enjeux à l'échelle du SIC « Rhône aval », les caissons de Saxy ne représentent donc plus, dans le contexte migratoire actuel, d'enjeu fort vis-à-vis de l'Alose ou de la Lamproie.

### 2.2.2. Prospections nocturnes

Au cours de 3 nuits de prospection réalisées en 2012 sur le Vieux Rhône de Donzère et malgré des conditions hydroclimatiques satisfaisantes (débit moyen journalier = 60 m<sup>3</sup>/s ; température moyenne de l'eau = 19°C), aucune activité de reproduction n'a pu être observée.

L'absence d'observation d'activité de reproduction ne signifie néanmoins pas que les aloses ne se reproduisent pas dans le Vieux Rhône. En effet, il est important de replacer cette migration 2012 dans son contexte, *a fortiori* puisque celui-ci s'est révélé atypique en lien avec les conditions hydroclimatiques rencontrées sur le bassin rhodanien.

Les différents suivis menés en parallèle par l'Association MRM (captures d'aloses par les pêcheurs à la ligne, autres frayères du bassin) ont révélé que la saison 2012 se place dans un schéma de migration dit « aval », qui n'avait pas été observé sur le bassin depuis 2001 (Rivoallan *et al.*, 2013).

À ce schéma correspond une concentration de la migration en aval de l'aménagement hydroélectrique de Beaucaire-Vallabrègues et notamment sur le Vieux Rhône de Beaucaire et le Gardon (1<sup>er</sup> affluent de rive droite depuis la mer). Cela se traduit par des indicateurs d'abondance élevés à l'aval de cet aménagement, qui contrastent avec les indicateurs obtenus en amont, comme l'illustrent les résultats du suivi des pêcheurs à la ligne exprimés en Captures Par Unité d'Effort (nombre d'aloses capturées en une heure de pêche).

	CPUE
ETAGE 1	1,29
ETAGE 2	0,58
ETAGE 3	0,42
ETAGE 4	0,28
ETAGE 5	0,07
GLOBAL BASSIN	0,69

Tableau 15 : CPUE moyenne par étage obtenue en 2012 sur le bassin rhodanien (étage 1 : Beaucaire-Vallabrègues ; étage 2 : Avignon ; étage 3 : Caderousse ; étage 4 ; Bollène-Donzère ; étage 5 : Châteauneuf-du-Rhône)

Le suivi des frayères à aloses du bassin rhodanien confirme ces résultats puisque la fréquentation de l'ensemble des frayères suivies en 2012 est en nette baisse par rapport aux années antérieures (Monnier *et al.*, 2013 ; Lecomte *et al.*, 2013 ; Grangier *et al.*, 2013).

Année	Rhône			
	Port de l'Ardoise	Donzère	Cèze	Ardèche
1998	394	123	558	Pas de suivi
1999	Pas de suivi	209	Pas de suivi	Pas de suivi
2000	Pas de suivi	626	Pas de suivi	71
2001	Pas de suivi	0	Pas de suivi	233
2002	280	377	149	112
2003	104	1 219	10	62
2004	1 847	222	98	71
2005	1 696	513	76	150
2006	1 976	445	42	20
2007	4 177	192	232	1 122
2008	1 857	0	114	104
2009	2 058	69	651	415
2010	3 646	20	198	434
2011	670	0	0	84
2012	259	0	0	13
MOYENNE	1 580	268	177	222

Tableau 16 : Nombre de bulls comptabilisés annuellement sur plusieurs frayères d'aloses du bassin rhodanien

Dans ces conditions, il n'est donc pas possible d'identifier si encore aujourd'hui les aloses se reproduisent régulièrement sur le Vieux Rhône. Néanmoins, au vu de la caractérisation des habitats et de la présence régulière de géniteurs à cet étage du bassin rhodanien, il est très probable que les aloses s'y reproduisent. Pour le valider, il serait nécessaire de déployer des moyens d'observations plus importants sur le terrain, probablement à raison de plusieurs équipes de suivi (2 personnes par équipe) à raison de 8 à 10 nuits programmées dans la fenêtre optimale de reproduction.

Notons enfin que la présence régulière du Silure glane a pu être remarquée lors des nuits d'observations, y compris dans les zones les plus lotiques. Or, il a pu être observé sur d'autres frayères du bassin Rhône-Méditerranée que cette présence était très régulièrement associée à une prédation importante des silures sur les aloses, durant les actes de reproduction (17% des bulls perturbés par la présence d'au moins un silure sur le Vidourle en 2012 ; Adam *et al.*, 2012). Il est probable que cette problématique se pose sur les secteurs de Saxy et du Vieux Rhône de Donzère, des individus de grande taille ayant pu être observés ou capturés par des pêcheurs à la ligne.

Les problématiques posées par la présence de cette espèce, notamment pendant l'acte de reproduction de l'aloise, sont justifiées par les inquiétudes qu'elle suscite. En effet, son régime alimentaire peut être qualifié de carnivore opportuniste (Vallod, 1987 *In* Schlumberger, 2001), et la prise de nourriture (à partir de 15°C) entraîne une croissance notable (Proteau *et al.*, 1994 *In* Schlumberger, 2001). Les juvéniles de Silure glane ont d'ailleurs une ration alimentaire journalière élevée puisqu'ils peuvent ingérer jusqu'à 10% de leur masse totale (Stolyarov, 1985 *in* Valadou, 2007). Au fur et à mesure de la croissance de l'individu, la proportion en poisson dans la ration alimentaire augmente. Les adultes ingèrent 2 à 3% de leur masse totale par jour (Stolyarov, 1985 *in* Valadou, 2007) et ont une ration alimentaire annuelle qui varie entre 177 et 297% du poids total (Orlova et Popova, 1986 *In* Valadou, 2007). Fort de ces observations, il paraît opportun de programmer une étude spécifique du régime alimentaire des adultes et des juvéniles de Silure présents sur des zones à enjeux pour l'Alose (frayères, zones de concentration à l'aval d'ouvrages...).

#### Synthèse des enjeux « reproduction »

- Faible capacité d'accueil globale sur le SIC « Rhône aval » du fait du peu d'aménagement et de ses conséquences sur les habitats (réajustage du lit, modification de la pente longitudinale)
- 23 frayères potentielles identifiées sur le Vieux Rhône de Donzère dont 9 localisées en sein du SIC « Rhône aval ». Principal facteur limitatif : les supports de ponte insuffisamment diversifiés du fait même du paysage des éléments grossiers.
- 2 frayères potentielles identifiées dans les canaux de Saxy. Principaux facteurs limitatifs : surfaces disponibles et caractère des supports de ponte. Enjeu très limité « à mi-voie » de la reproduction des espèces cibles.
- Aucune activité de reproduction observée lors des prospections 2012 (mais migration atypique (Avasé) en lien avec les conditions hydrologiques « schéma de migration » aval).
- Enjeux prioritaires concentrés sur le Vieux Rhône de Donzère. Augmentation à l'horizon 2014 du débit réservé (interactivité couple Vieux Rhône-Ardèche, augmentation potentielle de la capacité d'accueil). Nécessité d'agir sur la dynamique sédimentaire.

### 3. Jeunes stades

#### 3.1. Développement embryo-larvaire

Chez l'Alose, lors de l'accouplement, les œufs expulsés par la femelle sont fécondés par la laitance du mâle dans le vortex créé lors du bull. Les œufs dérivent dans la colonne d'eau et rejoignent le substrat où ils vont venir se déposer. La zone de dépôt des œufs est de surface variable entre les frayères. Sur les frayères naturelles, cette zone peut représenter 2 000 à 3 000 m<sup>2</sup> alors que sur certaines frayères de substitution, cette zone de dépôt est limitée à quelques centaines de m<sup>2</sup> (Cassou-Leins et Cassou-Leins, 1986 ; Casanova *et al.*, 2010).

Lorsque les œufs rentrent en contact avec le substrat, aidés par le courant, ils rentrent dans les anfractuosités superficielles et sous-jacentes disponibles entre les éléments grossiers composant le substrat ; condition importante au bon développement des œufs et à leur protection contre la prédation et les événements hydrologiques. La vitesse du courant, la taille des éléments du substrat et l'absence de colmatage sont autant de garanties du succès de ce développement embryo-larvaire.

Au sein du SIC « Rhône aval », le potentiel d'habitats de reproduction étant très limité dans l'espace, on s'intéressera uniquement à cette problématique pour le cas du Vieux Rhône de Donzère. Celle-ci rejoint directement les éléments traités dans la partie précédente et dans laquelle nous avons pointé du doigt les problèmes morphologiques et leurs conséquences sur les habitats. Plus encore que pour le déroulement de la reproduction des géniteurs, l'altération progressive des habitats sur le Vieux Rhône est néfaste au développement embryo-larvaire (affleurements de la roche-mère, pavage du substrat).

Les fortes variations du débit en lien avec la gestion hydraulique des ouvrages constituent également une limite importante au succès de la reproduction. L'augmentation rapide du débit engendre des vitesses d'écoulement supérieures dans le Vieux Rhône et par conséquent des risques accrus de mortalités des œufs par entrainement ou choc. Cela est d'autant plus vrai sur les secteurs d'affleurements ou de pavage, là où l'espace interstitiel est réduit (voire inexistant) et donc les œufs peu protégés. Dans l'optique d'une meilleure gestion, une augmentation du débit réservé limitera les amplitudes lors des déversements au barrage.

Chez la Lamproie marine le développement embryonnaire se déroule très différemment et sur une période beaucoup plus longue. Les œufs sont déposés par les lamproies dans des cuvettes confectionnées à cet effet. Le substrat doit être de granulométrie grossière de type galets à graviers. Tout comme pour les aloses, il est préférable que les interstices ne soient pas colmatés par des éléments fins. Les larves ammocètes éclosent après 10-15 jours d'incubation. Dépourvues d'yeux et de disque buccal, ces dernières migrent latéralement puis s'enfouissent (5 à 8 ans) dans les sédiments et filtrent les micro-organismes pour se nourrir (Taverny et Elie, 2010).

Pour cette espèce, l'enjeu est en premier lieu de trouver des habitats de vie larvaire pérennes, ce qui est loin d'être une évidence dans le cas du Vieux Rhône de Donzère soumis à des variations importantes et régulières du débit. Le temps déployé sur le terrain dans le cadre de cette étude n'a pas été suffisant pour effectuer un repérage des habitats potentiels pour les larves. Nous ne sommes donc pas en capacité de dire si de tels habitats sont aujourd'hui disponibles pour la Lamproie au sein du SIC « Rhône aval ».

Autre enjeu vis-à-vis du stade larvaire, la qualité des sédiments. En effet, du fait de leur contact direct avec les sédiments, du temps de séjour (plusieurs années et de leur comportement alimentaire (filtration), les ammocètes sont particulièrement exposés aux contaminants susceptibles d'être présents dans les sédiments.

Nous pensons évidemment à certains contaminants comme les PCB ou les HAP mais d'autres métaux lourds sont également présents dans les sédiments du Rhône (Plomb, Mercure, Cuivre,...). En l'état des connaissances, nous ne sommes pas en capacité de dire si la qualité des sédiments observée sur le Rhône aval est dangereuse pour le bon développement des œufs et des larves des espèces de poissons migrateurs. Il serait nécessaire de mener un travail spécifique sur cette problématique pour aller plus loin dans l'analyse, en sachant toutefois que le manque de connaissance sur les relations entre micropolluants et développement des jeunes stades constitue une limite d'entrée. Il peut néanmoins être considéré que tout effort mené à l'échelle du bassin versant pour lutter contre les apports ou rejets de micropolluants dans le fleuve est positif pour le bon état de santé de l'hydrosystème et des espèces de poissons qu'il accueille.

### 3.2. Juvéniles

Pour les espèces Alose et Lamproie marine, il s'agit là de la dernière écophase du cycle biologique se déroulant au sein du SIC « Rhône aval ». Contrairement à la migration et à la reproduction, les travaux relatifs aux juvéniles sont peu nombreux et plutôt anciens. La détermination des enjeux est de fait plus complexe et probablement moins pertinente. Le travail bibliographique réalisé dans le cadre de cette étude révèle d'ores et déjà la nécessité de compléter les connaissances sur cette écophase.

Pour l'Alose feinte du Rhône, les données biométriques disponibles sur l'espèce proviennent essentiellement d'études réalisées par MRM de 1995 à 1997. Ils nous indiquent ainsi que la gamme de taille s'étend de 57 à 95 mm pour les individus observés au niveau des usines CNR de Caderousse et de Sauveterre et de 100 à 172 mm à l'embouchure du Rhône, tous les individus capturés étant des 0+ (Tableau 17).

	Période de suivi	Méthode	Effectif	Longueur à la fourche (mm)	Poids total (g)
<b>Caderousse (1993)</b> (Merella et Tabardel, 1994)	14/09 au 09/11	Carrelet	121	57 à 140 (moy = 85)	Aucune mesure
<b>Sauveterre (1994)</b> (Tabardel et al., 1995)	10/09 au 30/09	Carrelet	52	68 à 95 (moy = 78)	3,3 à 9,6 (moy = 5,1)
<b>Petit Rhône - pk 314/324 (1995)</b> <b>Grand Rhône - pk 319/321 (1995)</b> (Gendre et al., 1997)	21/08 au 31/10	Filet dérivant (maille 10 et 15 mm)	13	100 à 172 (moy = 138,7)	12,8 à 53,1 (moy = 32,2)

**Tableau 17 : Caractéristiques biométriques des alosons capturés sur le Rhône entre 1993 et 1995. (Le Gurun et Lebel, 2010)**

Une autre étude, menée par la station biologique de la Tour du Valat de 1993 à 1999 nous donne des informations complémentaires sur la taille des juvéniles présents au niveau du delta de Camargue entre juin et novembre (Crivelli et Poizat, 2001). Cette étude se penche sur le devenir des alosons introduits artificiellement à l'intérieur du delta de Camargue *via* les stations de pompage pour l'irrigation des terres rizicoles. De fait, les observations ne donnent pas une image exacte de la population présente sur le Rhône mais elles montrent en revanche un fort taux de croissance des individus issus du delta (complexe Vaccarès-Impériaux) où les températures élevées et l'abondance de nourriture leur seraient très favorables. Ces particularités, propres aux milieux transitoires méditerranéennes pourraient expliquer les tailles de ces alosons (180 à 200 mm à l'automne).

Autre apport intéressant de cette étude, l'observation de juvéniles au niveau du Delta dès la fin du mois de juin. Cela pourrait traduire une dévalaison particulièrement précoce de certains individus provenant de frayères relativement proches, sur le Rhône à Saxy ou sur le Gardon par exemple. Cette information, corrélée aux observations effectuées en 1993 et 1994 à Caderousse et Sauveterre nous montre que la fenêtre de dévalaison des alosons est probablement très étalée sur le bassin rhodanien. Si une analyse des risques de mortalité des alosons au passage dans les ouvrages hydroélectriques rhodanien doit être engagée, il sera important de tenir compte de cette information.

Après dévalaison depuis les frayères jusqu'à la zone d'embouchure, il semblerait que les juvéniles d'aloses utilisent durant une certaine période (probablement les premiers mois après leur arrivée) certains habitats disponibles à proximité de l'embouchure. Sur le Grand Rhône, il s'agit notamment des différentes masses d'eau formant le Domaine de la Palissade (étang e la Grande Palun notamment) ou encore le They de Roustan, espaces naturels protégés appartenant au CELRL (Conservatoire du Littoral et des Rivages Lacustres). Peu d'études abordant les stratégies d'utilisation de ces habitats par les alosons sont disponibles. Nous disposons toutefois de données qualitatives de présence nous permettant de valider l'utilisation desdits habitats par les juvéniles.

En 2010, le bureau d'études Gaïadomo, a réalisé sur commande de l'ONCFS, un état des lieux du peuplement piscicole sur le site du They de Roustan (Menella *et al.*, 2011). Ce dernier, situé en rive droite de l'embouchure du Rhône, regroupe 3 étangs (la Baisse des Siffleurs, la baisse de Oiseaux et la Baisse de la Cane Perdue), ainsi qu'une partie de lagune (la Lagune Napoléon). Les données acquises l'ont été par pêches scientifiques (à l'aide de capétheades, verveux et pièges à poissons). Une pêche de sauvetage a également été réalisée en vue de l'assèchement d'un étang pour des travaux d'aménagement. Le site se situe hors des digues de la Camargue. La gestion des martelières permet une certaine maîtrise des flux hydrauliques, excepté en période de crues du Rhône et d'invasions marines. Enfin, élément important, la pêche professionnelle maritime n'est pas exercée sur la partie de la lagune Napoléon appartenant au CELRL.

La pose des engins a eu lieu le 16 juillet 2010, et la relève des captures s'est étalée sur les 2 jours suivants. Tous sites confondus, 14 espèces de poissons ont été pêchées, dont 2 « grands migrateurs » (l'Alose feinte du Rhône et l'Anguille européenne), et 3 « migrants » (le Mulet, le Loup et le Flet) (Menella *et al.*, 2011). Les pêches scientifiques ont permis la capture de 12 alosons, pour un poids moyen par individu de 4,9 grammes.

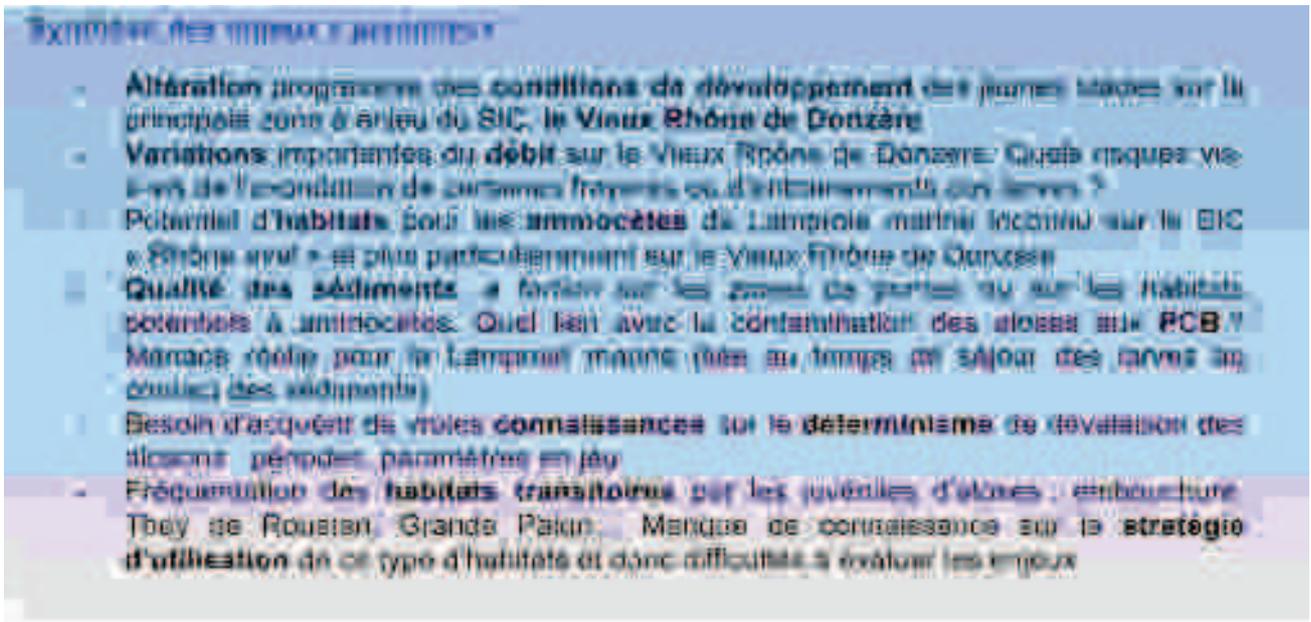
D'autres études réalisées sur le Domaine de la Palissade permettent de valider la présence des alosons, notamment dans la Grande Palun. Les données issues d'inventaires ponctuels révèlent des abondances faibles (Ximenes et Frisoni, 1986 ; Leroy, 1994 ; Bardin, 2002). Malheureusement, ces données ne nous permettent pas d'aller plus loin dans l'analyse.

Enfin, plus récemment, une importante campagne d'échantillonnage ciblant les alosons a été menée de août à novembre 2009 sur le Grand Rhône, en rive droite, quelques kilomètres en amont immédiat de l'embouchure. Cette campagne, initiée par une étudiante à l'EPHE de Perpignan, a permis la capture de près de 400 alosons dont la taille moyenne était de 120 mm. La restitution de ce travail n'est malheureusement pas effectuée à ce jour (rapport d'études attendu pour juin 2013).

L'ensemble de ces informations, bien que fournissant peu de détails, nous confirme la présence régulière de juvéniles d'aloses dans toute la zone de transition entre le milieu marin et le milieu continental. Ces différents habitats constituent semblent-ils un enjeu vis-à-vis de cette espèce mais leur(s) rôle(s) restent inconnu(s). Dans un objectif de gestion de ces habitats mais également d'amélioration des connaissances sur le fonctionnement des populations d'aloses, il apparaît particulièrement intéressant de mettre en place une étude qui permettrait de mieux cibler les périodes de présence des alosons et comprendre leur utilisation de ces habitats.

Chez la Lamproie marine, ces habitats transitoires ont probablement un rôle beaucoup moins déterminant dans la mesure où les subadultes ont déjà acquis un niveau de croissance et les adaptations physiologiques nécessaires à leur passage à la vie marine. Il semblerait ainsi qu'après la métamorphose (ammocète-subadulte), la Lamproie marine dévale rapidement et rejoint directement la mer. La période de dévalaison des subadultes est différente de celle des alosons.

Celle-ci débiterait à la fin de l'été pour se terminer au début du printemps de l'année suivante. Cette fenêtre est confirmée par les observations réalisées ces dernières années sur le bassin. Un subadulte a notamment été capturé en février 2012 dans un canal d'irrigation du delta de Camargue. Cet individu provenait du Rhône et comme les alosons, avait été aspiré au niveau d'une station de pompage.



#### 4. Cas de l'Esturgeon européen

Bien que la population d'esturgeons du Rhône fût riche au milieu du 19<sup>ème</sup> siècle, et procurait aux riverains d'importants revenus (Roule, 1904), la chute brutale des effectifs, amorcée au début du 20<sup>ème</sup> siècle, se traduit aujourd'hui par l'absence de l'espèce sur le bassin versant (Tabardel, 1994) et donc sur le SIC « Rhône aval ». La disparition de l'Esturgeon sur le Rhône s'est produite sans que soit connue avec certitude l'identité de la ou des espèces présentes historiquement (esturgeon européen ou esturgeon de l'Adriatique).

Les causes de ce déclin, multiples, sont celles qui ont également affecté les populations de nombreux poissons « grands migrateurs » : destruction des habitats, édification d'obstacles à la continuité écologique, pollutions diverses, surpêche. L'Esturgeon, caractérisé par une très grande fécondité, a toujours été un poisson synonyme de « richesse » et a longtemps été surpêché pour ses œufs, donnant le fameux caviar. La diminution progressive des stocks rhodaniens peut ainsi être associée à une pêche abusive des immatures sur les fonds marins littoraux, ainsi qu'à la disparition des fosses de ponte, en raison des travaux d'endiguement et de rectification du fleuve (Roule, 1904).

Après deux décennies de silence sur l'espèce, un premier projet, porté par l'association Migrateurs Rhône-Méditerranée a vu le jour au milieu des années 1990 et avait pour objectif de faire un état des lieux détaillé de situation, en s'appuyant sur des données historiques précises (Tabardel, 1994).

En 2005 a débuté ensuite un pré-projet de réintroduction de l'esturgeon dans le bassin du Rhône avec pour objectif de répondre à deux problématiques (Lebel *et al.*, 2007):

- Quelle(s) espèce(s) d'esturgeon(s) vivai(en)t dans le Rhône ? Il s'agit alors, par une étude génétique d'individus (conservés dans les musées, les laboratoires ou chez les particuliers), de déterminer les espèces historiquement présentes sur le Rhône ; cette problématique constituant un préalable incontournable à toute réintroduction d'espèces ;
- Les capacités d'accueil du milieu sont elles suffisantes pour accueillir une population viable ?

Cette étude a permis de collecter auprès des musées, 12 spécimens, naturalisés depuis plus d'un siècle. Les analyses génétiques des échantillons n'ont pu être réalisées (cf. conservation dans du formol). Ces individus ont donc été expertisés au regard de divers critères morphométriques (cf. Guide d'identification CITES – Esturgeons et spatules, 2001) (longueur totale ou longueur à la fourche, nombre d'écussons présents sur chaque rangée, distance entre le bout du rostre et les barbillons, distance entre la bouche et les barbillons etc.), et parfois de prélèvements osseux. Les résultats font état d'une majorité d'esturgeons européens (*Acipenser sturio*; 9 individus sur 12) et de 2 spécimens d'esturgeon de l'Adriatique (*Acipenser naccarii*; 2 individus sur 12). L'analyse morphométrique de ces spécimens semble indiquer, dans le Rhône, la présence historique des deux espèces mais les résultats sont à considérer avec une extrême prudence, les méthodes de naturalisation exercées n'étant pas connues, et les spécimens très anciens.

En revanche, les résultats de la comparaison de squelettes d'*Acipenser naccarii* et d'*Acipenser sturio* avec des restes osseux se sont avérés prometteurs. Ces derniers, découverts en Arles lors de fouilles sont issus de la collection d'archéozoologie et datent du 4<sup>ème</sup> au 2<sup>ème</sup> siècle avant notre ère. Ces premiers travaux de génétique, réalisés au Canada, ont permis d'extraire et d'amplifier de l'ADN. L'analyse de cet ADN montre par ailleurs que ces restes appartiennent au seul *Acipenser sturio* (Lebel *et al*, 2007). Les résultats des travaux de génétique et d'archéozoologie convergent vers la présence historique certaine et indiscutable de l'Esturgeon européen (*Acipenser sturio*) sur le Rhône. En l'absence d'éléments contradictoires, la présence de l'esturgeon de l'Adriatique (*Acipenser naccarii*) reste toutefois possible, et la cohabitation envisagée.

Depuis cet important travail, le projet de réintroduction a été mis en suspens. D'une part, PLAGEPOMI 2010-2014 Rhône-Méditerranée concentre ses efforts humains et financiers aux espèces aujourd'hui présentes sur le bassin et d'autre part, il a été considéré judicieux, avant d'entreprendre de nouvelles études, de bénéficier plus amplement des retours d'expérience en matière de soutien des populations d'*Acipenser sturio* sur le bassin girondin. En effet, un programme scientifique a été lancé dès 1995 entre l'IRSTEA, l'université Bordeaux I et l'Institut des eaux douces de Berlin, pour permettre la réintroduction ou le soutien de population de l'espèce dans la Dordogne en France et dans l'Elbe en Allemagne, grâce à la production d'alevins à Saint-Seurin-sur-l'Isle (en Gironde) et à Berlin. La gestion quotidienne du stock captif de la station IRSTEA de Saint-Seurin-sur-l'Isle est aujourd'hui gérée par l'association MIGADO. La reproduction artificielle à partir de spécimens élevés en captivité dans la station girondoise a rendu possible le lâcher en milieu naturel de 700 000 jeunes esturgeons, entre juin et septembre 2012 (IRSTEA.fr).

Sur le bassin du Rhône, les expertises du milieu naturel ciblant l'Esturgeon ont concerné principalement le Rhône en aval d'Arles. Il a été mis en évidence plusieurs frayères potentielles, aux profils bathymétriques intéressants, à la granulométrie des sédiments et aux vitesses de courant adaptées, ainsi que des possibilités d'accueil sur le delta encourageantes, notamment au regard de la ressource trophique, riche en *taxa* potentiellement consommables par *Acipenser sturio* (Lebel *et al*, 2007).

La caractérisation des capacités d'accueil du milieu, *via* l'actualisation des données existantes et une acquisition de données complémentaires, sur un linéaire plus étendu vers l'amont s'avère aujourd'hui nécessaire. Les efforts devront également porter sur l'impact de la réintroduction de l'Esturgeon dans un bassin versant duquel il a disparu depuis plus de 40 ans, en prenant en compte les questions liées à la qualité des sédiments (notamment liée aux PCB), le développement des juvéniles (au regard des risques de prédation par exemple).

### Trajectoire des experts à Esturgeon

- Validation de l'identification de ou des espèces(s) concernées, originellement sur le Rhône
- Nécessité de compléter l'évaluation des capacités d'accueil actuelles du Rhône au vu des données acquises de l'espèce
- Atteindre les retours d'expérience en cours sur le bassin de la Gironde en matière d'opérations de soutien de population.

# Synthèse et hiérarchisation des enjeux

---

Le niveau d'enjeu dépend étroitement de l'échelle géographique à laquelle on aborde l'espèce. Dans un cadre Natura 2000, l'échelle géographique retenue est l'enjeu local soit à l'échelle du site même. Mais il est généralement plus pertinent d'adopter une vision globale de l'enjeu de conservation de l'espèce, notamment pour des espèces migratrices comme l'Alose feinte du Rhône et la Lamproie marine dont la problématique dépasse largement les frontières du SIC « Rhône aval ». Ainsi, dans notre diagnostic, l'enjeu local de conservation est défini et influencé par un état de conservation d'ordre régional, national voire européen.

Afin de hiérarchiser les enjeux de conservation par espèce, dans un souci de cohérence du futur DOCOB, ont été croisés la valeur patrimoniale de l'espèce à plusieurs échelles (notion d'état de conservation) et le risque pesant sur celle-ci, également à plusieurs degrés (Tableau 18). Ce risque traduit les menaces (effectives ou potentielles) pouvant compromettre à plus ou moins long terme la pérennité de l'espèce. La qualification du niveau d'enjeu a été établie à partir de la matrice de croisement proposée par le Cahier des Charges pour les Inventaires Biologiques (CCIB – DIREN PACA, 2007).

## **1. Valeur patrimoniale**

L'Alose feinte du Rhône est une espèce amphihaline endémique a obtenu une note au bassin Rhône-Méditerranée. Son aire de répartition était historiquement très importante sur le bassin mais a été considérablement réduit à partir du milieu du 20<sup>ème</sup> siècle du fait de l'édification d'ouvrages transversaux. Aujourd'hui, elle bénéficie des efforts importants déployés pour restaurer la continuité écologique et elle regagne chaque année des linéaires d'habitats.

A l'échelle du SIC, la valeur patrimoniale de cette espèce est considérée forte dans la mesure où le Rhône constitue l'axe majeur de migration de l'espèce et conditionne l'accès aux frayères localisées sur les affluents.

La Lamproie marine possède à l'opposé une répartition mondiale puisqu'on la retrouve dans toute la partie septentrionale du paléarctique et elle est également abondante dans la partie occidentale du néarctique. Bien que son aire de sur le bassin Rhône-Méditerranée ait considérablement réduit ces dernières décennies, l'espèce conserve une large répartition sur le globe et est bien présente en France sur certains fleuves de la façade Atlantique.

Sur « Rhône aval », l'espèce autrefois commune est aujourd'hui très peu observée. La dernière frayère active identifiée remonte à 2001. Les niveaux de population sont donc très faibles à l'échelle locale et la pérennité de la Lamproie marine sur le Rhône est grandement menacée malgré les efforts fournis en matière de réouverture de ses axes de migration.

## **2. Risque**

Pour l'Alose feinte du Rhône comme pour la Lamproie marine, la principale menace est la présence des ouvrages transversaux et ce quelque soit le fleuve ou le cours d'eau considéré. Sur le SIC « Rhône aval », il s'agit de la présence des aménagements hydroélectriques. Bien qu'il existe une forte dynamique d'atténuation des impacts de ces aménagements sur les conditions de migration, nous avons pu voir que des points noirs persistaient encore aujourd'hui et que la situation restait localement compliquée pour les migrateurs.

De même, le bon déroulement des remontées est directement dépendant de la Compagnie Nationale du Rhône et de ses agents chargés de la téléconduite des écluses. Il existe en outre une sollicitation grandissante de ces écluses par le trafic fluvial ce qui réduit les possibilités de réalisation d'éclusages spécifiques à poissons. Les efforts doivent donc être maintenus à long terme pour garantir la pérennité des espèces.

La dégradation physique des habitats de vie constitue également un risque, en particulier vis-à-vis de la reproduction et du développement embryo-larvaire. Ce risque est essentiellement la résultante d'activités humaines passées : recalibration des cours d'eau, extraction des substrats, construction d'ouvrages transversaux... Nous avons pu voir que les aménagements sur le Rhône menacent à moyen et long terme la qualité des habitats de reproduction disponibles sur le Vieux Rhône de Donzère. Malheureusement, contrairement aux ouvrages transversaux, les leviers d'interventions sont très complexes à actionner eu égard aux enjeux (production hydroélectrique, développement des zones urbanisées ou industrielles, protection contre les inondations...).

Les activités halieutiques de loisirs ne constituent pas à l'heure actuelle de menaces pour les espèces considérées. Une veille doit néanmoins être maintenue pour s'assurer que localement ces activités n'évoluent pas négativement. Il convient en revanche de se pencher de plus près sur les impacts des activités professionnelles qui exercent en très grande majorité dans la zone la plus aval du SIC. Notre niveau de connaissance n'est pas suffisant pour fournir une bonne évaluation des risques mais il existe une menace potentielle qu'il convient de suivre et d'étudier.

A l'échelle locale, le risque est ainsi considéré moyen pour l'Alose du fait d'un contexte propice à la gestion de cette espèce et donc à la limitation des impacts des activités ou des facteurs à risque. Du fait de la dynamique de population de l'Alose et de sa plasticité écologique, elle semble répondre favorablement aux efforts engagés. La situation est plus complexe pour la Lamproie marine du fait notamment de son cycle biologique. En particulier, nous considérons que cette espèce est plus exposée que l'Alose aux risques sanitaires lors de la phase juvénile (phase de sédimentation des ammocètes).

### **3. Enjeu local de conservation**

L'Alose feinte du Rhône et la Lamproie marine sont les deux seules espèces de poissons amphihalins potamotoques présentes sur le bassin Rhône-Méditerranée. Elle constitue ainsi un patrimoine écologique certain et un symbole de la fonctionnalité de nos hydrosystèmes.

Du fait de leurs longs déplacements entre les milieux marins et continentaux, ces espèces sont considérées comme des indicateurs de la continuité écologique et font aujourd'hui l'objet, en grande partie à ce titre, d'importants efforts de gestion et de préservation.

Toutes deux ne semblent toutefois pas tirer partie de la même façon de ces efforts. Les différents suivis menés sur le bassin révèlent chez l'Alose une extension régulière de son aire de répartition et une évolution positive de son abondance, indépendamment des variations interannuelles des indicateurs liées à la variabilité des conditions hydroclimatiques rencontrées sur le bassin. A l'opposé, les effectifs de Lamproie marine semblent se situer à des niveaux extrêmement faibles et l'avenir de cette espèce en Rhône-Méditerranée est incertain.

En tout état de cause, le SIC « Rhône aval » constitue pour ces deux espèces l'axe majeur de migration et une voie d'accès obligatoire vers les affluents où se situent principalement les frayères. Les enjeux sont donc considérés prioritaires, bien que la capacité d'accueil des habitats localisés au sein du SIC soit faible du fait d'un fort niveau d'aménagement du fleuve. Les zones lotiques sont en effet très localisées (essentiellement sur le Vieux Rhône de Donzère) et la qualité des supports de ponte est menacée en lien avec des problèmes d'ordre hydromorphologique.

Si nous voyons aujourd'hui l'efficacité des actions entreprises en faveur de la restauration des voies de migration sur l'axe Rhône et pour l'accès aux affluents, on constate en revanche que les problèmes fonctionnels physiques sont bien plus complexes à aborder et à traiter.

Espèce IC	Valeur patrimoniale globale / locale	Risque global / local	Enjeu local de conservation
<i>Alosa fallax rhodanensis</i>	Forte / Forte	Moyen / Moyen	<b>Fort</b>
<i>Petromyzon marinus</i>	Moyenne / Forte	Moyen / Fort	<b>Fort</b>

**Tableau 18 : Synthèse et hiérarchisation des enjeux de conservation des espèces IC sur « Rhône aval »**

## CONCLUSIONS

---

Dans un premier temps, ce travail a permis d'actualiser la liste des espèces d'intérêt communautaire présentes sur le site « Rhône aval ». Ainsi, les données disponibles sur la Lamproie fluviatile ne justifient pas sa prise en compte dans l'élaboration du futur DOCOB. A l'opposé, il est apparu indispensable d'intégrer l'espèce *Anguilla anguilla* du fait de son enjeu prioritaire mondial en termes de conservation et de son enjeu local en termes de potentialité d'accueil et de productivité sur le bassin versant. L'Esturgeon européenne, quant à lui, disparu il y a environ 40 ans, fait également l'objet d'importants efforts de conservation au travers d'un plan national d'actions. Mais le projet d'une réintroduction sur le Rhône est aujourd'hui en suspens ou plutôt en attente des premiers retours d'expérience menés actuellement sur le bassin de la Gironde.

L'Alose feinte du Rhône représente probablement l'enjeu prioritaire en termes de gestion et de conservation à l'échelle du SIC. En effet, le Rhône constitue l'axe majeur de migration de cette espèce et il permet l'accès à de nombreux affluents sur lesquels l'espèce peut trouver une capacité d'accueil importante. Grâce au dynamisme en place sur le bassin depuis 20 ans, de nombreuses actions ont été entreprises pour gommer l'impact des aménagements hydroélectriques sur la dynamique migratoire de l'Alose. Les différents suivis réalisés par l'Association MRM (pêcheries, reproduction), s'ils ne permettent pas d'obtenir des données quantitatives sur les remontées, témoignent néanmoins d'une extension régulière de son aire de répartition et d'une tendance positive d'évolution des abondances de géniteurs sur les frayères.

La Lamproie marine constitue également un enjeu fort sur le site dans la mesure où le bassin rhodanien offre le plus fort potentiel d'habitats du bassin Rhône-Méditerranée. Contrairement à l'Alose, cette espèce ne semble pas encore bénéficier des efforts réalisés en matière de restauration des voies de migration. Malgré d'importants efforts d'investigations, la dernière frayère active de lamproies observée remonte à 2001. Depuis, quelques individus ont été capturés par des pêcheurs professionnels dans la partie la plus aval du SIC et un subadulte a été observé en février 2012 au niveau du delta de Camargue. La dynamique de population de cette espèce et les spécificités de son cycle biologique expliquent sans doute ce phénomène. Mais tous les espoirs ne sont pas perdus puisque de nouvelles actions devraient permettre d'améliorer sensiblement les conditions de migration de cette espèce (réalisation d'éclusages nocturnes). Dans ce contexte, il convient donc de maintenir une veille sur la présence de cette espèce.

Bien que le contexte institutionnel et réglementaire insuffise une forte dynamique en faveur de cette espèce, il convient de prendre garde à ce que le développement de certaines activités ne se fasse pas aux dépens de cette dynamique. En particulier, l'augmentation continue du trafic fluvial représente à terme une menace pour le bon fonctionnement du système d'éclusages spécifiques à poissons. De même, l'installation de Petites Centrales Hydroélectriques au droit de plusieurs barrages de dérivation ne doit pas nuire aux conditions actuelles de migration des espèces. Il faut donc qu'il y ait une intégration totale des enjeux liées à ces espèces dans la gestion globale du fleuve.

Plus globalement, nous avons souligné l'existence de problèmes fonctionnels du fleuve, d'ordre morphologique et liés à son aménagement vieux de plusieurs siècles. La présence des ouvrages transversaux modifie la pente naturelle et les faciès d'écoulement, elle modifie également le transit des sédiments de l'amont vers l'aval. Les ouvrages longitudinaux compriment le fleuve à l'intérieur des digues et ont engendré un enfouissement du lit et l'affleurement de la roche mère.

De ce fait, les capacités d'accueil propres au SIC « Rhône aval » sont très limitées et essentiellement concentrées dans le Vieux Rhône de Donzère. Mais sur le long terme, ces dysfonctionnements hydromorphologiques menacent fortement les habitats aujourd'hui disponibles pour la reproduction de l'Alose et de la Lamproie marine sur le Vieux Rhône.

Les leviers d'actions sont complexes à mettre en œuvre mais ils doivent être intégrés à la gestion et à l'aménagement à long terme du fleuve pour limiter voire stopper les phénomènes observés. La seule restauration des voies de migration ne suffit pas à assurer la conservation des espèces amphihalines présentes sur le Rhône aval. Il faut également se concentrer sur la restauration progressive des habitats et de leurs fonctionnalités, bien que les marges de manœuvre soient aujourd'hui limitées, *a fortiori* dans le cadre de Natura 2000.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- ABDALLAH Y., THIONEL-DELRIEU E., LEBEL I., 2012.** *Contribution à l'analyse du gain écologique de la réouverture de la basse Durance pour les migrateurs amphihalins.* Association Migrateurs Rhône-Méditerranée. 107 p + annexes.
- ACOU A., 2006.** *Bases biologiques d'un modèle pour estimer la biomasse féconde de l'anguille européenne en fonction des recrues fluviales et du contexte de croissance : approche comparative à l'échelle de petits bassins versants.* Thèse Université Rennes 1. 333p.
- ADAM, FEUNTEUN, PROUZET, RIGAUD, 2008.** *L'anguille européenne, indicateurs d'abondance et de colonisation*
- ADAM B., ABDALLAH Y., LEBEL I., 2012.** *Suivi de la reproduction de l'Alose feinte du Rhône sur le Bas-Vidourle. Campagne d'études 2012.* 41 p. + annexes
- ALLARDI J., KEITH P., 1990.** *Atlas préliminaire des poissons d'eau douce de France.* Collection Patrimoines Naturels, vol. 4, Secrétariat Faune Flore. MNHN, Paris, 234 p.
- ALS T., HANSEN M., MAES G., CASTONGUAY M., RIEMANN L., AAERSTRUP K., MUNK P., SPARHOLT H., REINHOLD H., BERNATCHEZ L., 2011.** *All roads lead to home : panmixia of European eel in the Sargasso Sea.* *Molecular Ecology* (2011) 20, 1333-1346. 14 p.
- AMILHAT E., FARRUGIO H., LECOMTE-FINIGER R., SIMO G., SASAL P., 2009.** *Silver eel population size and escapement in a Mediterranean lagoon : Bages-Sigean, France.* *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* (2008) 390-391, 05. 11p.
- ANONYME, 1991.** *Schéma de Vocation Piscicole du Rhône.* DIREN Rhône-Alpes, Délégation de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse. Service de la Navigation Rhône- Saône. 5 volumes + plaquette + cartographie.
- ANTUNES C., TESCH F.W., 1997.** *A critical consideration of the metamorphosis zone when identifying daily rings in otoliths of European eels, *Anguilla anguilla* (L.).* *Ecology of Freshwater Fish*, 6 : pp 102-107.
- APPLEGATE V.C., 1950.** *Natural history of the sea lamprey, *Petromyzon marinus*, in Michigan.* U.S. Fish and Wildlife Service Special Science Report n°55. 237 p.
- APRAHAMIAN M.W., BAGLINIERE J.L., SABATIE M.R., ALEXANDRINO P., APRAHAMIAN C.D., 2002.** *SYNOPSIS of biological data on *Alosa alosa* and *Alosa fallax* spp.* Environment Agency, UMR INRA ENSA, ENSAR, University of Porto: 346 p.
- AUTEM, 1979.** *Les estuaires languedociens et leurs poissons.* Thèse de doctorat. Université Montpellier II. 355 p.
- BAGLINIERE J.L., SABATIE M.R., LE CORRE M., MENELLA J.Y., PONT D. 1996.** *Premiers éléments de caractérisation biologique et taxonomique de l'Alose feinte du Rhône (1994 et 1995).* Laboratoire d'écologie aquatique INRA Rennes, Laboratoire Halieutique ENSA Rennes, Ministère de l'environnement DIREN Rhône Alpes : 13 p.

- BAGLINIERE et ELIE, 2000.** *Les aloses (Alosa alosa et Alosa fallax spp.) : écobiologie et variabilité des populations.* Hydrobiologie et Aquaculture. INRA et CEMAGREF Editions 276 p.
- BARDIN O., 2002.** *Dynamique des peuplements piscicoles colonisant les milieux estuariens et lagunaires du Delta du Rhône. Étude de deux cas : le domaine de la Palissade et le Pertuis de la Fourcade.* Université d'Aix-Marseille, Thèse de Doctorat.
- BAROUX, B., 1984.** *Observations sur la faune ichthyologique des étangs du domaine de la Palissade (Camargue). Méthodologie, inventaire, évolution de la communauté piscicole.* Université des Sciences et Techniques du Languedoc. CEMAGREF. 124p.
- BARRAL M., 2001.** *Etat des lieux de la circulation piscicole sur les affluents de rive gauche du Rhône et les fleuves côtiers méditerranéens. Fiches espèces.* Association Migrateurs Rhône-Méditerranée, 33 p.
- BLANCHET A., GENDRE L., MENELLA J.Y., 1997.** *Suivi de la reproduction de l'Alose feinte du Rhône. Campagne d'études 1994.* Association Migrateurs Rhône-Méditerranée. 21 p.
- BIRSTEIN, V. J., DE SALLE R., 1998.** *Molecular phylogeny of Acipenseridae.* Molecular Phylogenetics and Evolution 9(1): 141-155.
- BIRSTEIN, V. J., BEMIS W. E., WALDMAN J. R., 1997.** *The threatened status of acipenseriform species: a summary.* Environmental Biology of Fishes 48: 427-435.
- BOISNEAU P., BAGLINIERE J.L., 1985.** *Observation sur l'activité de migration de la grande alose, Alosa alosa L., en Loire (France).* Hydrobiologia (128) : pp 277-284.
- BOISNEAU P., MENNESSON-BOISNEAU C., BAGLINIERE J.L., 1990.** *Description d'une frayère et comportement de reproduction de la grande alose (Alosa alosa L.) dans le cours supérieur de la Loire.* Bull. Fr. Pêche Piscic. (316) : pp 15-23.
- BOUCHON-BRANDELY, 1876.** *Rapport sur la situation du littoral français de la Méditerranée, au point de vue de la pêche, de la pisciculture et de la conchyliculture.* Rapport de la commission sénatoriale d'enquête du repeuplement des eaux. Imprimerie du Sénat. 213 p.
- BROSSE L., LEPAGE M., DUMONT P., 2000a.** *First results on the diet of the young european sturgeon, Acipenser sturio Linnaeus, 1758, in the Gironde estuary.* Boletín Instituto Español de Oceanografía, 16: 75-80 .
- BROSSE L., ROCHARD E., DUMONT P., LEPAGE M., 2000b.** *Premiers résultats sur l'alimentation de l'esturgeon européen, Acipenser sturio Linnaeus, 1758 dans l'estuaire de la Gironde et comparaison avec la macrofaune estuarienne présente.* Cybium, 24: 49-61.
- BROSSE L., 2003.** *Caractérisation des habitats des juvéniles d'esturgeon européen, Acipenser sturio, dans l'estuaire de la Gironde : relations trophiques, hiérarchisation et vulnérabilité des habitats.* PhD thesis, Université Paul Sabatier, Toulouse.
- BRUJIS M.C.M, DURIF.M.F., 2009.** *Silver eel migration and behaviour.* Van den thillart et al.(eds.), *Spawning migration of the European Eel*, Springer Science + Business Media B.V.
- BRUSLE J., QUIGNARD J.P., 2006.** *Biologie des poissons d'eau douce européens.* éditions Tec & Doc, p 387-422.
- CAMPTON P., LEBEL I., 2013.** *Suivi des passes pièges à anguilles sur le Rhône aval, Campagne d'études 2012.* Association Migrateurs Rhône-Méditerranée, rapport final, 53p.+ annexes

**CAMPTON., CRIVELLI A., LABEL I., 2012.** *L'Anguille européenne, Anguilla anguilla, dans le canal d'Arles à Bouc. Etat des lieux et premiers résultats de la passe-piège installée sur le barrage à sel. Campagne 2011/2012. Grand Port Maritime de Marseille - Association Migrateurs Rhône-Méditerranée – Station Biologique de la Tour du Valat.* 58 p. + annexes.

**CASANOVA F., LE GURUN L., ABDALLAH Y., LABEL I., 2010.** *Évaluation du succès reproducteur sur les frayères d'Alose feinte du Rhône (Alosa fallax rhodanensis, Roule, 1924) sur le bassin Rhône-Méditerranée - Campagne d'études 2009.* Association Migrateurs Rhône Méditerranée : 42 p + annexes

**CASSOU-LEINS F., CASSOU-LEINS J.J., 1986.** *Réserve naturelle de la frayère d'Alose - Etude des œufs de la grande Alose (Alosa alosa L.) : répartition et dérive, taux de mortalité, influence des pollutions.* Rapport ENSA Toulouse, Laboratoire d'Ichtyologie appliquée : 12 p et annexes.

**CASSOU-LEINS F., CASSOU-LEINS J.J., DAUBA F., LEJOLIVET C., 1988.** *Réserve naturelle de la frayère d'Alose d'Agen. Campagne 1988. Etude de l'alevin d'Alosa alosa L. Répartition, croissance, régime alimentaire.* Rap. Lycée Agricole de Montauban / ENSAT. 24 p.

**CASSOU-LEINS F., CASSOU-LEINS J.J., BOISNEAU P. & BAGLINIERE J. L. 2000.** « *La reproduction* ». In Baglinière J. L. & Elie P. *Les aloses (Alosa alosa et Alosa fallax spp.)*. Cemagref, INRA Editions, pp. 73-92.

**CHAMPALBERT E. 1998.** *Les frayères potentielles d'aloses sur les bas et moyens Gardons. Campagne d'étude 1996.* Association Migrateurs Rhône-Méditerranée. 72 p.

**CHIAPPI, 1933.** *Note su alcuni stadi di aviluppo dell'agone introdotto nei laghi laziali, e della cheppia del Tevere.* Boll. Pesca, Piscic. Idrobiol. N°9. 1052-1061 p.

**COLLECTIF, 1956.** *Annales scientifiques de l'Université de Besançon.* Zoologie et physiologie, Numéros 1 à 10. Université de Besançon.

**COLLECTIF, 2011.** *Evaluation des taux de survie et de blessures des anguilles passant à travers une turbine de grande taille à la centrale hydroélectrique de Beaucaire sur le Rhône. Rapport final – mai 2011.* Compagnie Nationale du Rhône – Normandeau Associates, Inc. 21 p. + annexes

**CRIVELLI A.J., 1998.** *L'Anguille dans le bassin Rhône-Méditerranée-Corse : une synthèse bibliographique.* DIREN-DB RMC, publication COGEPOMI RMC, 83 pp.

**CRIVELLI A.J., CHIBRACQ J.P., CAMPTON P., LABEL I., CONTOURNET P., 2012.** *Étude du recrutement des civelles et de leur devenir dans l'étang du Vaccarès. Campagne 2011.* Association Migrateurs Rhône-Méditerranée & Station Biologique de la Tour du Valat. 55p + annexes.

**CRIVELLI A.J., RIVOALLAN D., CAMPTON P., LABEL I., CONTOURNET P., 2013.** *Étude du recrutement des civelles et de leur devenir dans l'étang du Vaccarès. Campagne 201.* Association Migrateurs Rhône-Méditerranée & Station Biologique de la Tour du Valat. *A paraître*

**CRIVELLI A.J., POIZAT G., 2001.** *Timing of migration and exceptional growth of YOY Alosa fallax rhodanensis (Roule, 1924) in a lagoon in southern France.* Bulletin français de Pêche et de Pisciculture. Vol. 362-363. 761-772 p.

**CROZE O., LARINIER M. 2001.** *Libre circulation des poissons migrateurs et seuils en rivière – Guide technique n°4.* Agence de l'eau Rhône Méditerranée & Corse, DIREN : 51 p.

- CSP, 1998a.** Note du service concernant les carnets de captures aux engins sur le domaine public fluvial du Rhône deltaïque. Service technique du Conseil Supérieur de la Pêche, Direction Générale (Paris). 7p. + annexes.
- CSP, 1998b.** Note du service concernant les carnets de captures aux engins sur le domaine public fluvial du Rhône aval. Service technique du Conseil Supérieur de la Pêche, Direction Générale (Paris). 9p. + annexes.
- DAEMEN E., CROS T., OLLEVIER F., VOLCKAERT. M., 2001.** *Analysis of the genetic structure of European eel (Anguilla anguilla) using microsatellite DNA and MtDNA markers.*, Marine Biology, 139, 755–764.
- DAVERAT F., TOMAS J., LAHAYE M., PALMER M., ELIE P., 2005.** *Tracking continental habitat shifts of eels using otolith Sr/Ca ratios : validation and application to the coastal, estuarine and riverine eels of the Gironde-Garonne-Dordogne watershed*, Marine and freshwater Research, 56(5) : 619-627 pp.
- DE GROOT, S. J., 2002.** *A review of the past and present status of anadromous fish species in the Netherlands: is restocking the Rhine feasible?*. Hydrobiologia 478: 205-218.
- DENOEUX A., DEHLOM J., 2008.** *Etude des populations de lamproies migratrices sur le Rhône aval (13) et le bas Gardon (30)*. Rapport de stage de Master GESMARE 2<sup>ème</sup> année. Université Paul Verlaine-Metz et Association Migrateurs Rhône Méditerranée. 64 p. + annexes.
- DIREN PACA, 2007.** *Inventaire et cartographie des habitats naturels et des espèces végétales et animales dans les sites Natura2000 de la région Provence-Alpes Côte d'Azur. Cahier des Charges pour les Inventaires Biologiques (CCIB). Document Final, Version 2.* DIREN PACA. 50 p.
- DOUCHEMENT C., 1981.** *Les aloses des fleuves français, Alosa fallax Lacépède, 1803 et Alosa alosa Linné, 1758. Biométrie, Ecologie, Autonomie des populations.* Thèse de Doctorat, Université Montpellier II. 275 p.
- DREAL Rhône Alpes, 2011.** Plan de Gestion des poissons migrateurs 2010-2014. 44 p
- DUCASSE J., LEPRINCE Y., 1980.** *Etude préliminaire de la biologie des lamproies dans les bassins de la Garonne et de la Dordogne.* CTGREF Bordeaux, Division ALA/ENIOTEF. Mémoire ENIOTEF-CEMAGREF Bordeaux. 151 p.
- DUFOUR, S. 1996.** *Un exemple du cycle reproducteur sous la dépendance de l'environnement: le cas de l'anguille.* C.R. Acad. Agric. Fr., 82, 17-26.
- EGE V., 1939.** *A revision of the genus Anguilla Shaw : a systematic, phylonetic and geographical study.*, Dana report, vol.16.
- EIFAC (European Inland Fisheries Advisory Commission), ICES (International Council for the Exploration of the Sea), 2009.** *Report of the 2009 session of the joint EIFAC/ICES Working Group on Eels*, rapport 117p.
- FINIGER B., 1976.** *Contribution à l'étude biologique et écologique des civelles (Anguilla anguilla Linné 1758) lors de leur pénétration dans un étang méditerranéen.* Vie Milieu, 26, 123-144 pp.
- FOURNET J., 1853.** *Recherches sur la distribution et sur les modifications des caractères de quelques animaux du bassin du Rhône.* Extrait d'un Traité sur la géographie physique du bassin du Rhône. Faculté des sciences de Lyon. 124 p.

**FORTIS F.M., 1821.** *Voyage pittoresque et historique à Lyon, aux environs et sur les rives de la Saône et du Rhône. Tome premier.* Paris. 511 p.

**FRUGET J.F., DESSAIX J., 2003.** *Changements environnementaux, dérives biologiques et perspectives de restauration du Rhône français après 200 ans d'influences anthropiques. Dossier : Les grands fleuves, entre conflits et concertation.* Vertigo, revue électronique. Vol. 4 n°3.

**GALLOIS, 1947.** L'Alose du Rhône. Bull. Fr. Piscic. N°144. 130-136 pp.

**GENDRE L., MENELLA J. Y., DUMAS C., 1997a.** *Suivi de la reproduction de l'Alose feinte du Rhône. Campagne d'études 1995.* Association Migrateurs Rhône-Méditerranée. 46 p.

**GENDRE L., MENELLA J.Y., CORRAO B., 1997b.** *Suivi de la dévalaison des alosons. Campagne d'étude 1995.* Association Migrateurs Rhône Méditerranée. 40 p.

**GENOUD D., 1996.** *Suivi des frayères potentielles d'aloses sur la rivière Ardèche en aval de Saint-Martin et le Rhône court-circuité. Campagne d'études 1996.* Association Migrateurs Rhône-Méditerranée, FRAPNA Ardèche. 19 p. + annexes.

**GENOUD D., 1997.** *Recherche et caractérisation des frayères actives d'aloses sur le Rhône court-circuité entre Viviers et Pont-Saint-Esprit. Campagne d'études 1997.* Association Migrateurs Rhône-Méditerranée, FRAPNA-Ardèche, Fédération de Pêche de l'Ardèche, C.O.R.A. Ardèche. 40 p + annexes.

**GRANGIER P., BRENGUES C., GACHE C.F., DELHOM J., LEBEL I., 2013.** *Suivi quantitatif de la frayère d'aloses du barrage de Donzère. Campagne 2012.* Association ECATE et Association MRM. *A paraître*

**GRESSER P., 2009.** *Pêche et pisciculture dans les eaux princières en Franche-Comté aux 14<sup>ème</sup> et 15<sup>ème</sup> siècles.* Brepols. 374 p.

**GUILBARD F., 2002.** *Comparaison du régime alimentaire et de la morphologie du système digestif de l'esturgeon jaune *Acipenser fulvescens*, et de l'esturgeon noir, *Acipenser oxyrinchus*.* Montréal, Université du Québec à Montréal. Mémoire de Maîtrise: 114.

**HALL J. W., SMITH T. I. J., LAMPRECHT S. D., 1991.** *Movements and habitats of shortnose sturgeon, in the Savannah River.* Copeia 3: 695-702

**HOESTLAND H., 1948.** *Fécondation artificielle et incubation chez un téléostéen *Paralosa rhodanensis* Roule.* Ann. Stat. Cent. Hydrobiol. Appl. N°2. 223-228 p.

**HOESTLAND H., 1958.** *Reproduction de l'alosa atlantique (*Alosa alosa* L.) et transfert au Bassin méditerranéen.* Verh. Internat. Ver. Limnol. N° 13. 736-742 p.

**HOLCIK J.R., KINZELBACH R., SOKOLOV L.I. & VASIL'EV V., 1989.** *Acipenser sturio Linnaeus, 1758.* The Freshwater Fishes of Europe. Vol. 1/II: General Introduction of Fishes. Acipenseriformes. Holcik J. (ed), Wiesbaden, Aula-Verlag: 367-394

**ICES., 2008.** *Report of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels (WGEEL),* 354-386.

**ICES Advice 2008.** *Book 9, 9.4.9, European eel.*123-129.

**IMBERT H., 2008.** *Stratégie conditionnelle contrôlant la dispersion continentale de l'Anguille européenne.,* Université de Bordeaux 1, 199p.+annexes.

**IUCN, 2008.** *Red List of Threatened Species,* [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org).

- JATTEAU P., BARDONNET A., 2005.** « Préférences écologiques des jeunes stades de grande alose ». In : *Les poissons migrateurs en Adour-Garonne : écologie, migration et gestion des populations. ECOBAG Programme de recherche, Cahier technique n°2/4. pp.8-9.*
- JATTEAU P., BARDONNET A., 2008.** *Photoresponse in allis shad larvae. Journal of Fish Biology 72 : pp 742–746.*
- JEGO S., GAZEAU C., JATTEAU P., ELIE P., 2002.** *Les frayères potentielles de l'Esturgeon européen dans le bassin Garonne-Dordogne. Méthodes d'investigations, état actuel et perspectives. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture: 365-366: 487-505.*
- KEITH P., ALLARDI J., MOUTOU B., 1992.** *Livre rouge des espèces menacées de poissons d'eau douce de France et bilan des introductions. Muséum National d'Histoires Naturelles, CEMAGREF, CSP, Ministère de l'Environnement, Paris, 110 p + annexes.*
- KETTLE A.J., HAINES K., 2006.** *How does the European freshwater eel (Anguilla anguilla) retain its population structure during its larval migration across the North Atlantic Ocean ? Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 63 :90-106.*
- KLECKER R.C., Mc CLEAVE J.D., WIPPELHAUSSER G.S., 1983.** *Spawning of American eel, Anguilla rostrata, relative to thermal fronts in the Sargasso Sea., Environmental Biology of Fishes : 289-293.*
- KREITMANN L. 1932.** *Les grandes lignes de l'économie piscicole du bassin français du Rhône. Travaux du Laboratoire d'Hydrobiologie et de Pisciculture de l'Université de Grenoble. 127-131 p.*
- LADET A., 1996.** *Inventaire des frayères potentielles d'aloses sur le bassin de l'Ardèche et le Rhône court-circuité. Campagne d'études 1995. FRAPNA. 167 p.*
- LAFAILLE P., ACOU A., GUILLOUET J., LEGAULT A., 2005.** *Temporal changes in European eel (Anguilla anguilla) stocks in a small catchment after installation of fish-passes. Fisheries management and ecology, 12 : pp 123-129.*
- LAGARRIGUE T., LASCAUX J.M., BRINKERT S., CHANSEAU M., 2004.** *Suivi de la reproduction de la grande alose (Alosa alosa) et de la lamproie marine (Petromyzon marinus) sur la Dordogne en aval du barrage de Tuilières (Départements de la Dordogne et de la Gironde). Mai-juin 2003. Rapport ECOGEA-MIGADO. 2D-04-RT. 32 p.*
- LAHAYE, M., A. BRANCHAUD, M. GENDRON, 1992.** *Reproduction, early life history and characteristics of the spawning grounds of the lake sturgeon in Des Prairies and L'Assomption Rivers, near Montréal, Quebec. Canadian Journal of Zoology: 1681-1689.*
- LARINIER M., TRAVADE F., 1994.** « La conception des dispositifs de franchissement pour les aloses ». In : *Larinier M., Porcher J.P., Travade F., Gosset C. Passes à poissons : Expertise, conception des ouvrages de franchissement. Conseil Supérieur de la Pêche. Collection Mise au Point : pp 190-203.*
- LARINIER M., CHANSEAU M., 2009.** *La stratégie poissons migrateurs sur le Rhône. Rapport d'expertise. Rapport GHAPPE EX.09.01. 28 p.*
- LEBEL I., MENELLA J.Y., LE CORRE M., 2001.** *Bilan des actions du Plan Migrateurs concernant l'Alose feinte (Alosa fallax rhodanensis) sur le bassin Rhône Méditerranée-Corse. Bull. Fr. Pêche Piscic. N°362/363. 1077-1100 p.*

**LEBEL I., DESSE-BERSET N., BERREBI P., MIRALLES G., 2007.** *Contributions à l'étude de faisabilité de la réintroduction de l'Esturgeon dans le Rhône.* Association Migrateurs Rhône-Méditerranée, CNRS Université Montpellier II, CEPAM-CNRS Université Nice-Sophia Antipolis. 42p.

**LECHEVALIER M., DER MIKAELIAN S., 2012.** *Suivi 2012 de la migration anadrome des civelles dans le Marais Poitevin. Bilan 2010-2012. Coefficients de marée et débits fluviaux.* Université de La Rochelle – Parc Interrégional du Marais Poitevin. 48 p. + annexes.

**LECOMTE-FINIGER R., 1994.** *The early life of the European eel.* Nature, 370 : 424 p.

**LECOMTE B., DOUBLET D., DELHOM J., LEBEL I., 2013.** *Suivi 2012 de la reproduction de l'Alose feinte du Rhône dans la rivière Ardèche.* Association MRM, SGGA, FDAAPPMA 07. A paraître

**LE CORRE M., BAGLINIERE J.L., SABATIE R., MENELLA J.Y, PONT D., 1996.** *Caractérisation morphologique et biologie de l'Alose feinte du Rhône (Rapport final).* Laboratoire d'écologie aquatique INRA Rennes, Laboratoire Halieutique ENSA Rennes, Ministère de l'environnement DIREN Rhône Alpes : 11p.

**LE CORRE M., MOULIN L., SABATIE R., BAGLINIERE J.L., 1997.** *La reproduction de l'Alose feinte du Rhône (Alosa fallax rhodanensis, ROULE 1924) en aval du barrage de Vallabrègues. Campagne d'études 1997.* Association Migrateurs Rhône-Méditerranée, Laboratoire Ecologie Aquatique INRA Rennes, Laboratoire Halieutique ENSA Rennes. 10 p.

**LE CORRE M., ALEXANDRINO P., SABATIE R., APRAHAMIAN M.W., BAGLINIERE J.L., 2005.** *Genetic characterisation of the rhodanian twaite shad.* Fisheries Management and Ecology n°12. 275-282 p.

**LE GURUN L., 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 oeuvre du Plan de Gestion des Poissons Migrateurs 2004-2009.* Association Migrateurs Rhône-Méditerranée : 82 p + annexes.

**LE GURUN L., DELHOM J., LEBEL I., 2012.** *Réseau de surveillance des captures de Lamproies et de grands Salmonidés sur les bassins Rhône Méditerranée et Corse - 2011.* Association Migrateurs Rhône-Méditerranée : 22 p + annexes.

**LEROY I., 1994.** *Le peuplement de poissons du Vaccarès. Analyse d'un suivi.* 44 p.

**LE TEUFF L., 1996.** *Premiers éléments de l'écologie de la lamproie marine (Petromyzon marinus) dans une rivière bretonne, le Scorff.* Mémoire de fin d'études de l'Ecole Supérieure d'Ingénieurs et de Techniciens Pour l'Agriculture, 38 p.

**LUNEL G., 1874.** *Histoire naturelle des poissons du bassin du Léman.* Association zoologique du Léman.

**MARION A.F., 1897.** *Travaux de zoologie appliquée à l'industrie des pêches maritimes effectuées à la station d'Endoume.* Marseille. 383 p.

**MAURIN H., KEITH P. E., 1994.** *Inventaire de la faune menacée en France.* MNHN - WWF - Nathan, Paris. 176 pp.

**MAZENS Y., 1997.** *Suivi de la reproduction de l'Alose feinte du Rhône en aval du barrage de Beaucaire-Vallabrègues. Campagne d'études 1996.* Association Migrateurs Rhône-Méditerranée. 28 p. + annexes.