



VILLE DES

**Saintes Maries de la Mer**

*Capitale de la Camargue*

## CREATION D'UN DISPOSITIF DE CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE ET DE FRANCHISSEMENT POUR ALEVINS ET POISSONS

***Mission 1 : La connaissance générale, technique et administrative  
de l'ouvrage***


***Mission 2 : L'analyse des impacts de l'ouvrage et des enjeux  
hydromorphologiques et biologiques***

---



***Juin 2016***



	<b>BRL ingénierie</b> <b>1105 Av Pierre Mendès-France BP 94001</b> <b>30001 NIMES CEDEX 5</b>

<b>Date du document</b>	<b>08 février 2016</b>
<b>Contact</b>	<b>Gilles Pahin</b>

<b>Titre du document</b>	Création d'un dispositif de continuité écologique au droit du Pertuis de la Fourcade
<b>Référence du document :</b>	A00016_Phase1_Fourcade
<b>Indice :</b>	a

Date émission	Indice	Observation	Dressé par	Vérifié et Validé par
10/06/16	a	Première émission	J.Bosch A.Robert A.Pirolley	G.Pahin



# CREATION D'UN DISPOSITIF DE CONTINUITÉ ECOLOGIQUE ET DE FRANCHISSEMENT POUR ALEVINS ET POISSONS

## Rapport de phase 1 : Etat des lieux et diagnostic

TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	5
PREAMBULE .....	1
<b>1. MISSION 1 : CONNAISSANCE GENERALE, TECHNIQUE ET ADMINISTRATIVE DE L'OUVRAGE .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Aspects administratifs et obligations réglementaires</b>	<b>3</b>
1.1.1 Situation de l'ouvrage	3
1.1.2 Géométrie de l'ouvrage	5
1.1.3 Rôle et usages de l'ouvrage	9
1.1.4 Aspects réglementaires liés à la restauration de la continuité écologique	9
1.1.4.1 Concept de continuité écologique	9
1.1.4.2 Classement des cours d'eau au titre de l'article L214-17 du code de l'environnement	10
1.1.4.3 Plan de gestion Migrateurs	11
1.1.4.4 Le SDAGE et Programme de Mesures	12
1.1.5 Aspects réglementaires liés aux enjeux du secteur ARO 2 jours	13
1.1.5.1 Site inscrit de Camargue (arrêté du 15 octobre 1963)	13
1.1.5.2 Site classé Etang de Vaccarès (arrêté du 8 juin 1942)	14
1.1.5.3 ZNIEFF de type I (Système Vaccarès n°930012425)	14
1.1.5.4 ZNIEFF de type II (Camargue fluvio-lacustre et laguno-marine n°930012415)	15
1.1.5.5 Réserve de Biosphère de Camargue (delta du Rhône)	16
1.1.5.6 Réserve départementale des Impériaux	16
1.1.5.7 Zone de Protection Spéciale -FR9310019 Camargue (arrêté du 3 octobre 2003)	16
1.1.5.8 Zone Spéciale de Conservation - FR9301592 Camargue (arrêté du 26 juin 2014)	17
1.1.5.9 Parc Naturel Régional de Camargue – FR8000011 (Décret n°2011-177)	18
1.1.5.10 Réserve Naturelle Nationale de Camargue (FR3600022)	18
1.1.5.11 Contrat de Delta Camargue	19
1.1.5.12 Zone humide protégée au titre de la Convention Ramsar (FR7200006 Camargue)	19
<b>1.2 Éléments sur l'aménagement</b>	<b>21</b>
1.2.1 Plans de masse et profils en long	21
1.2.2 Environnement immédiat de l'ouvrage	22
1.2.3 Conditions hydrologiques et hydrodynamiques aux abords de l'ouvrage et gestion des vannes	25
1.2.3.1 Estimation du débit par vanne	25
1.2.3.2 Vitesse dans le grau	27
1.2.3.3 Niveau des plans d'eau	27
1.2.3.4 Gestion des vannes	29

<b>2. MISSION 2 : ANALYSE DES IMPACTS DE L'OUVRAGE ET DES ENJEUX HYDROMORPHOLOGIQUES ET BIOLOGIQUES.....</b>	<b>32</b>
<b>2.1 Etat des populations piscicoles et incidences de l'aménagement</b>	<b>32</b>
2.1.1 Les espèces présentes dans les étangs du Vaccarès	32
2.1.1.1 Espèces présentes	32
2.1.1.2 Stades biologiques présents	34
2.1.1.3 Espèces valorisables	35
2.1.2 Les capacités de déplacement des espèces présentes	35
2.1.2.1 Vitesse de nage des stades juvéniles.	35
2.1.2.2 L'anguille	35
2.1.2.3 Gobiidae	36
2.1.2.4 Mugilidae	36
2.1.2.5 Le flet	36
2.1.3 Les périodes de migration des espèces présentes	36
2.1.3.1 L'entrée dans le système lagunaire	37
2.1.3.2 La sortie du système lagunaire	37
2.1.4 Les espèces protégées ou faisant l'objet d'une réglementation particulière	38
2.1.5 Espèces cibles pour le dimensionnement	38
<b>2.2 Conclusion du diagnostic : l'effet bloquant de pertuis de la Fourcade sur les populations piscicoles.</b>	<b>39</b>
2.2.1 Vitesse limitantes dans le grau	39
2.2.2 Effet bloquant de l'ouvrage	39
<b>2.3 Incidences sur l'hydromorphologie</b>	<b>41</b>
<b>2.4 La salinité dans le système Vaccarès</b>	<b>42</b>
<b>2.5 Contacts et déplacements</b>	<b>44</b>
<b>2.6 Synthèse du diagnostic sur la continuité écologique au droit de l'ouvrage</b>	<b>45</b>
<b>3. PREMIERES PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS.....</b>	<b>46</b>
<b>3.1 Le calage des aménagements</b>	<b>46</b>
<b>3.2 Scénario A : création d'un aménagement intégré au projet du SYMADREM</b>	<b>48</b>
3.2.1 Scénario A1 : Vantelle piscicole	48
3.2.2 Scénario A2 : Vantelles piscicoles étagées	49
<b>3.3 Scénario B : Création d'un aménagement en parallèle du projet du SYMADREM</b>	<b>49</b>
3.3.1 Scénario B1 : Passe à bassin à fentes verticales	50
3.3.2 Scénario B2 : Rivière de contournement avec deux radiers à différentes côtes	54
<b>3.4 Les modifications du fonctionnement du secteur induits par les aménagements</b>	<b>61</b>
<b>3.5 Les limites identifiées à ce stade</b>	<b>62</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>63</b>
<b>Annexe 1. Conditions hydrodynamiques par courant entrant</b>	<b>65</b>
<b>Annexe 2. Gestion des martellières et cote des plans d'eau</b>	<b>68</b>
<b>Annexe 3. Sites et résultats d'échantillonnages piscicoles entre 1988 et 2013</b>	<b>71</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>79</b>

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

### LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Plan de situation du Pertuis de la Fourcade (source : Geoportail).....	3
Figure 2 : à gauche pertuis de la Fourcade vu depuis l'étang, à droite pertuis de la Fourcade vu depuis le grau (BRL i, 2015) .....	4
Figure 3 : Parcellaire au droit du Pertuis de la Fourcade (Source : Geoportail) .....	4
Figure 4 : Enrochements rive gauche (BRL i, 2016) .....	5
Figure 5 : à gauche glissière des anciennes martellières amont et à droite martellière numéro 1 (BRL i, 2016).....	6
Figure 6 : Dalots béton E1 et E2 (BRL i, 2016).....	6
Figure 7 : à gauche limnigraphe étang, à droite limnigraphe mer (BRL i, 2016) .....	7
Figure 8 : Enrochements rive droite (BRL i, 2016).....	7
Figure 9 : Schéma du pertuis de la Fourcade .....	8
Figure 10 : Dispositif d'ouverture des martellières 8 à 13 (BRL i, 2016) .....	8
Figure 11 : Topographie du pertuis de la Fourcade .....	21
Figure 12 : Topographie du transect A.....	22
Figure 13 : Environnement immédiat du pertuis de la Fourcade .....	22
Figure 14 : Enrochements berge amont rive gauche (BRL i, 2016) .....	23
Figure 15 : Mur béton berge amont rive droite (BRL i, 2016).....	23
Figure 16 : Station de l'Eolienne (BRL i, 2015).....	23
Figure 17 : Martellières du chenal de rejet de la station de l'éolienne (BRL i, 2016).....	24
Figure 18 : à gauche blocs béton de la berge aval rive gauche, à droite ancien chenal (BRL i, 2016) .....	24
Figure 19 : Pertuis de la Fourcade (source Geoportail).....	25
Figure 20 : Débits transitant dans une vanne du pertuis de la Fourcade en fonction de la cote du niveau marin, pour différents niveaux de la lagune (ROSECCHI & AI, 2003) .....	26
Figure 21 : Vitesse moyenne transitant dans le canal d'une vanne .....	26
Figure 22 : Niveau marin mensuel (2006/2015).....	27
Figure 23 : niveau mensuel de l'Impérial (2006/2015).....	28
Figure 24 : Décotes observées au pertuis de la Fourcade (2006/2015) .....	29
Figure 25 : Niveaux moyens mensuels du Vaccarès en 2015 comparés aux objectifs de niveau du plan de gestion de la Reserve.....	30
Figure 26 : moyenne journalière des ouvertures de vannes au pertuis de la Fourcade (2011-2015) .....	31
Figure 27 : Effet bloquant dû aux vitesses limitantes dans le grau (2006 /2015).....	39
Figure 28 : Effet bloquant de l'ouvrage dû à la fermeture des vannes (2006/2015) .....	40

Figure 29 : Effet bloquant de l'ouvrage dû aux vitesses limitantes (2006/2015).....	40
Figure 30 : Effet bloquant de l'ouvrage (2006/2015) .....	41
Figure 31 : Evolution mensuelle et spatiale de la salinité dans le système Vaccarès (2015) .....	42
Figure 32 : Courbes de marnages classés (2006/2015) .....	47
Figure 33 : Vantelle piscicole.....	48
Figure 34 : Schéma d'une martellière équipée de vantelles étagées. ....	49
Figure 35 : vue en coupe d'une passe à bassin à fentes verticale (source ONEMA) .....	50
Figure 36 : Dispositif de passe à fentes verticales, fonctionnement en cas de vidange des étangs .....	51
Figure 37 : Dispositif de passe à fentes verticales, fonctionnement en cas de surcote marine .....	52
Figure 38 : Dispositif de passe à fentes verticales : fonctionnement en état d'équilibre.....	53
Figure 39 : Passe à macro-rugosité au droit du seuil de Canet en Roussillon, Dimensionnement réalisé par BRL Ingénierie, Pyrénées orientales, CG66 .....	54
Figure 40 : passe à macrorugosités possédant le radier le plus bas .....	55
Figure 41 : passe à macrorugosités possédant le radier le plus haut.....	56
Figure 42 : Passes à macrorugosités : fonctionnement en période de vidange des étangs .....	57
Figure 43 : Passes à macrorugosités : fonctionnement en période d'intrusions marines, mer basse.....	58
Figure 44 : Passes à macrorugosités : fonctionnement en période d'intrusions marines, mer haute.....	59

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Propriétaires des parcelles voisines .....	5
Tableau 2 : Masses d'eau telles que présentée dans le SDAGE 2016-2021 .....	12
Tableau 3 : Mesures pour atteindre le bon état écologique du sous bassin Camargue telles que présentées dans le SDAGE 2016-2021 .....	13
Tableau 4 : Synthèse de la gestion des vannes telle que décidée par la CEDE (2011/2016).....	29
Tableau 5 : Synthèse des populations piscicoles dans le système Vaccarès .....	33
Tableau 6 Période de migration (entrée) de différentes espèces rencontrée dans le système Vaccarès .....	37
Tableau 7 : valeurs de marnages extrêmes retenues pour le dimensionnement .....	46
Tableau 8 : Synthèse des propositions d'aménagements.....	60
Tableau 9 : Synthèse des modifications du fonctionnement du secteur engendrées par les aménagements .....	61



## PREAMBULE

La restauration de la continuité écologique constitue aujourd'hui un axe fort dans la reconquête du bon état écologique des cours d'eau. En effet, les ouvrages transversaux peuvent à la fois impacter la continuité sédimentaire mais également les migrations piscicoles que ce soit à la montaison ou à la dévalaison.

Le SDAGE Rhône-Méditerranée 2016-2021 précise que les lagunes méditerranéennes doivent faire l'objet de mesures pour restaurer cette continuité au même titre que les cours d'eau. Ces mesures sont confirmées dans le programme d'action de ce même document cadre.

En outre, le principe de restauration de la continuité fait partie d'un des objectifs forts de la Loi Grenelle mais aussi du classement des cours d'eau au titre de l'article L.214-17 du Code de l'Environnement. Les objectifs qui émanent de ces réglementations réaffirment pour les étangs du Vaccarès, les objectifs en matière de reconquête de la continuité écologique sur le court et le moyen terme.

Dans le cadre des objectifs assignés par cette réglementation, la commune des Saintes Maries de la Mer a mandaté le bureau d'études BRLi afin d'étudier les opportunités et modalités techniques permettant d'améliorer la continuité écologique du pertuis de la Fourcade situé à l'exutoire des étangs du Vaccarès.

Cette étude, dont la finalité vise la définition et la proposition de scénarios pour la restauration de la continuité écologique au pertuis de la Fourcade, comprend 5 phases principales :

- ▶ Mission 1 : la connaissance générale, technique et administrative de l'ouvrage ;
- ▶ Mission 2 : l'analyse des impacts de l'ouvrage et des enjeux hydromorphologiques et biologiques ;
- ▶ Mission 3 : la réalisation d'une étude détaillée des solutions techniques et insertion paysagère ;
- ▶ Mission 4 : la réalisation d'une note de synthèse et comparaison des scénarios ;
- ▶ Mission 5 : la définition d'un protocole de suivi

**Ce rapport correspond aux missions 1 et 2.**



# 1. Mission 1 : Connaissance générale, technique et administrative de l'ouvrage

## 1.1 ASPECTS ADMINISTRATIFS ET OBLIGATIONS REGLEMENTAIRES

### 1.1.1 Situation de l'ouvrage

L'ouvrage étudié est situé dans le département des Bouches-du-Rhône à l'Est du territoire de la commune des Saintes Maries de la Mer. Le pertuis de la Fourcade constitue l'unique communication fonctionnelle entre la mer Méditerranée et l'étang de l'Impérial, situé au sud-ouest du système Vaccarès.

Figure 1 : Plan de situation du Pertuis de la Fourcade (source : Geoportail)



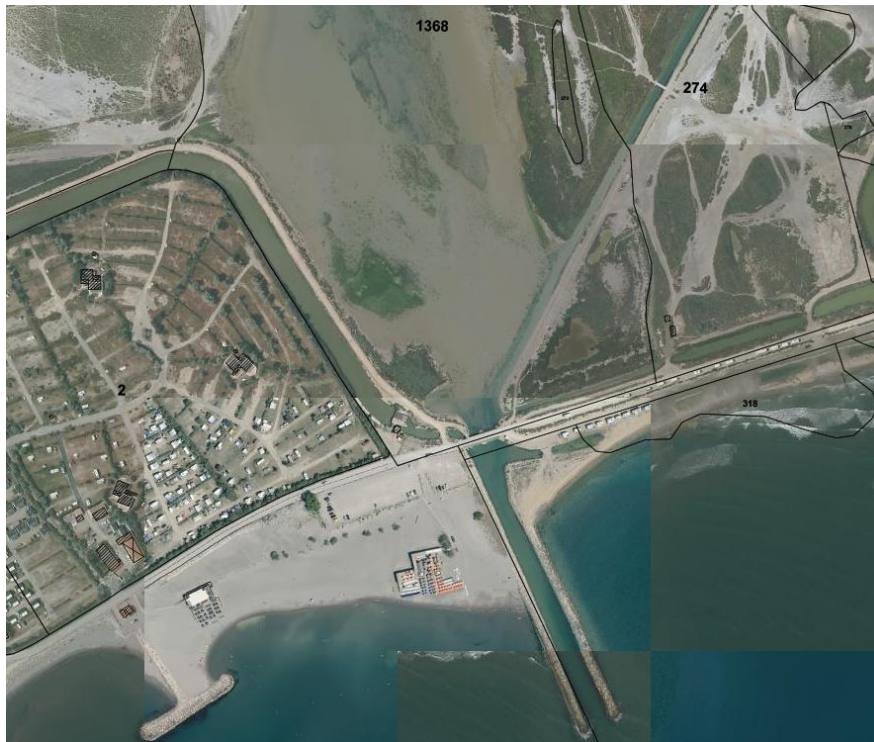
Coordonnées géographiques du Pertuis de la Fourcade	4°26'41.6"E
	43°27'23.7"N

Figure 2 : à gauche pertuis de la Fourcade vu depuis l'étang, à droite pertuis de la Fourcade vu depuis le grau (BRL i, 2015)



L'ouvrage situé sur la commune des Saintes Maries de la Mer. Il figure au référentiel des obstacles à l'écoulement établi par l'ONEMA sous l'identifiant ROE48736. La propriété des parcelles attenantes de l'ouvrage a été déterminée après consultation de la mairie des Saintes Maries de la Mer.

Figure 3 : Parcellaire au droit du Pertuis de la Fourcade (Source : Geoportail)



Le pertuis de la Fourcade est entièrement inclus dans la parcelle n° 1368, qui englobe également la station de l'éolienne. Le chenal de sortie est quant à lui implanté sur la parcelle n°1373. La parcelle située au sud-est de l'ouvrage est une plage non numérotée qui fait également partie du domaine public.



Tableau 1 : Propriétaires des parcelles voisines

Section et numéro	Propriétaire	Distinction du classement
1368	Commune des Saintes Maries de la Mer	Public
1373	Commune des Saintes Maries de la Mer	Public
BZ 2	Commune des Saintes Maries de la Mer	Public

L'ouvrage est surmonté par la « piste de la digue à la mer »

Le pertuis de la Fourcade est outil majeur de ressuyage des crues du Rhône et de lutte contre les inondations par la mer sur le territoire de la commune des Saintes Maries de la Mer.

Trois entités distinctes participent au fonctionnement de l'ouvrage :

- La gestion et l'entretien de l'ouvrage sont assurés par le Syndicat Mixte Interrégional d'Aménagement des digues du Delta du Rhône et de la Mer (SYMADREM).
- Les orientations de gestion des vannes du Pertuis sont déterminées au sein de la Commission Exécutive de l'Eau (CEDE), regroupant divers acteurs : gestionnaire de l'eau, scientifiques, pêcheurs et agriculteurs. La commission a pour objectif l'intégration et la mise en compatibilité de l'ensemble des enjeux présents sur le secteur (sécurité, besoins des pêcheurs et agriculteurs, état du milieu naturel et continuité écologique), lors de l'établissement des règles de gestion.
- La gestion opérationnelle du pertuis (ouverture et fermeture des vannes) est assurée par un technicien des services de la commune des Saintes Maries de la Mer, en accord avec les décisions de la Commission Exécutive de l'Eau.

### 1.1.2 Géométrie de l'ouvrage

Le pertuis de la Fourcade a fait l'objet de plusieurs inspections visuelles sur site, les éléments suivants découlent des observations faites lors de ces différentes prospections de terrain et des revues bibliographiques traitant de l'ouvrage.

Le pertuis présente une longueur totale de 34 m et une largeur de 9 m. La piste de la digue à la mer présente quant à elle une largeur de 7 m.

Ainsi, de la rive gauche à la rive droite, le seuil est constitué des éléments suivants :

- **Appuis en rive gauche** composés d'enrochements d'environ 0.90 m de diamètre.

Figure 4 : Enrochements rive gauche (BRL i, 2016)



- **13 martellières**, permettant les échanges hydrauliques et halieutiques entre la lagune et la mer. Chacune présente une largeur de 1.2 m ainsi qu'une ouverture maximale de 1 m. La longueur de chaque canal bétonné est de 9 m.

Lors d'une première rénovation, les martellières 1 à 7 étaient composées d'une vanne amont coulissante et d'une vanne aval munie d'un clapet. Les rapports font état de la disparition de ces vannes à clapets pour les martellières 4, 5 et 6 en 2001 (ROSECCHI, CHAUVELON, POIZAT, CRIVELLI, 2003). A ce jour aucune martellière ne présente vanne amont et de vanne à clapet. Les glissières des vannes coulissantes amont sont encore visibles.

Lors de cette même rénovation, des enrochements ont été disposés 1 m en amont de la martellière n°1 afin de freiner les écoulements et donc favoriser le recrutement piscicole. A ce jour les enrochements ne sont plus visibles, probablement déstabilisés par un affouillement à leur base.

Les martellières 1 à 7 ont été de nouveaux entièrement rénovées en 2003.

Figure 5 : à gauche glissière des anciennes martellières amont et à droite martellière numéro 1 (BRL i, 2016)



- **Deux dalots successifs (E1, E2) en béton**, présentant une largeur d'ouverture de respectivement 1.10 m et 1.20 m pour une hauteur de 1 m. Ils assurent l'évacuation les eaux de drainage de la station de l'Eolienne, située à proximité immédiate de l'ouvrage en rive de droite.

Figure 6 : Dalots béton E1 et E2 (BRL i, 2016)



- **Deux limnigraphes (radar à micro-ondes) et deux échelles limnimétriques référencées NGF** sont installés côté étang et côté mer, en rive droite.

Figure 7 : à gauche limnigraphe étang, à droite limnigraphe mer (BRL i, 2016)



- **Appuis en rive droite** constitué d'enrochements d'environ 0.90 m de diamètre.

Figure 8 : Enrochements rive droite (BRL i, 2016)



Au regard des visites techniques de terrain, l'ouvrage semble présenter une structure en bon état. Aucune faiblesse majeure n'est constatée. Les dispositifs d'ouverture des martellières 8 à 13 semblent néanmoins difficilement manipulables (présence de rouille très importante).

Figure 9 : Schéma du pertuis de la Fourcade

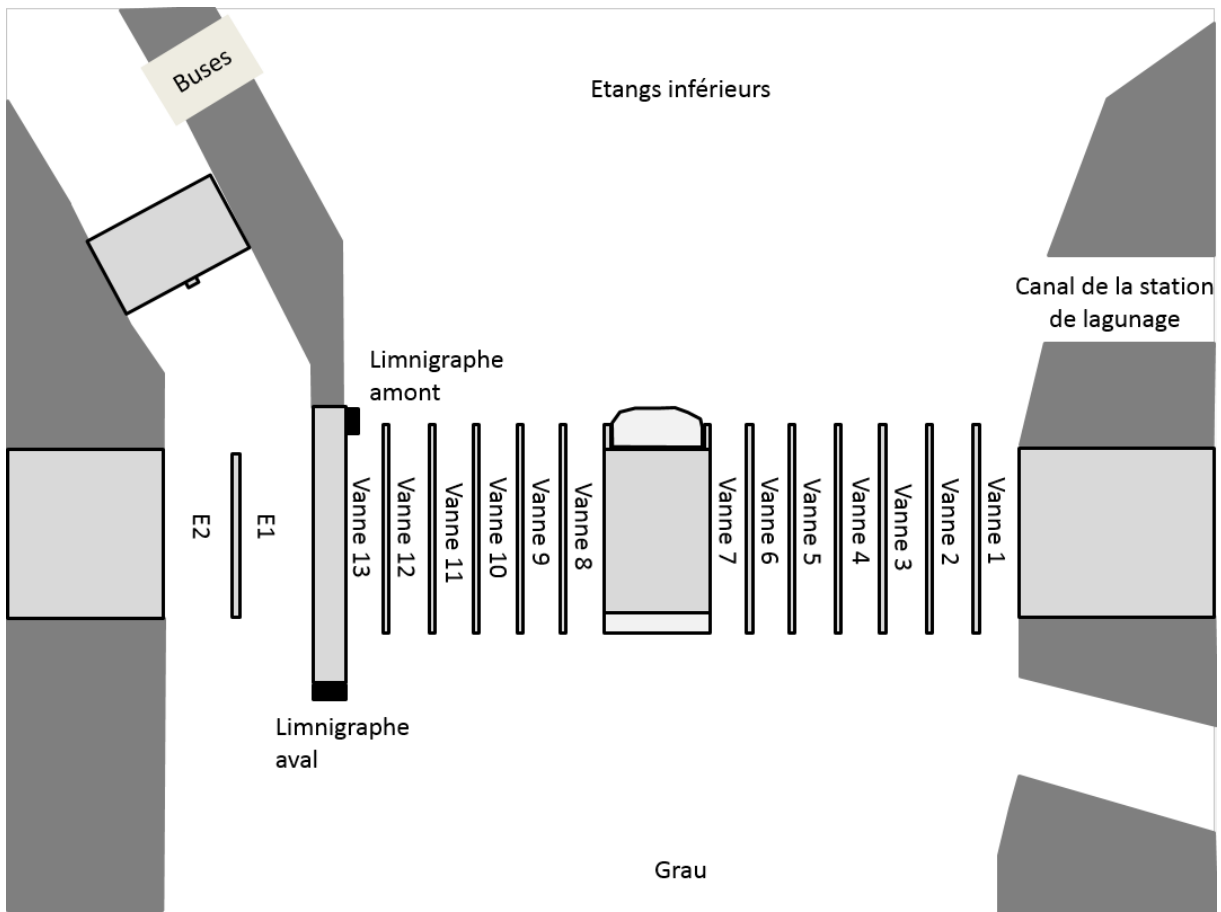
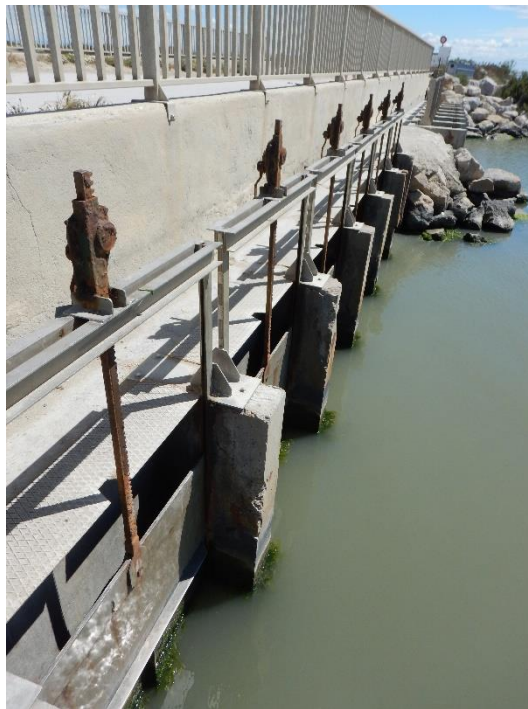


Figure 10 : Dispositif d'ouverture des martellières 8 à 13 (BRL i, 2016)





### 1.1.3 Rôle et usages de l'ouvrage

Le rôle principal du pertuis de la Fourcade est la gestion hydraulique du système Vaccarès, en assurant notamment la protection des biens et des personnes. L'ouvrage permet de maintenir le niveau des étangs des Impériaux à une cote jugée acceptable (cote limite d'alerte 40 cm NGF) par ouverture/fermeture des vannes afin de protéger les populations contre les crues du Rhône et les inondations par la mer, lors d'évènements climatiques exceptionnels (PELEGRIN, 2007).

Le système Vaccarès a été identifié comme jouant un rôle prépondérant dans le grossissement des juvéniles de nombreuses espèces, qui viennent y accomplir une partie de leur cycle biologique (ALLARD, BARDIN, BARTHELEMY, PAILHES, PICON, 2001). Bien que le recrutement piscicole soit pris en compte lors des décisions de la CEDE, la manipulation des martellières perturbe le recrutement naturel des juvéniles dans la lagune.

Le pertuis de la Fourcade permet également la traversée du chenal via la piste de la « digue à la mer ». L'ouvrage est régulièrement emprunté par les piétons, vélos et cavaliers. La piste peut aussi être utilisée par les véhicules motorisés

Le pertuis de la Fourcade est enfin connu pour constituer un lieu de braconnage privilégié dans le secteur : l'effet « cul-de-sac » provoqué par la fermeture des vannes, favorise l'accumulation et la concentration de poissons dans le grau.

### 1.1.4 Aspects réglementaires liés à la restauration de la continuité écologique

#### 1.1.4.1 Concept de continuité écologique

La notion de « continuité écologique » a été introduite en 2000 par la Directive Cadre sur l'Eau (DCE, n°2000/60/CE) puisqu'elle fait partie des critères de jugement du « bon état écologique ». Ainsi, le fait d'assurer la continuité écologique des milieux aquatiques est essentiel pour l'atteinte des objectifs de la DCE.

La continuité écologique des milieux aquatiques se définit par :

- la libre circulation des organismes vivants et leurs accès aux zones indispensables à leur reproduction, croissance, alimentation ou abri ;
- le bon déroulement du transport naturel des sédiments ;
- le bon fonctionnement des réservoirs biologiques (connexions, notamment latérales et conditions hydrologiques favorables).

Elle a une dimension amont-aval, impactée par les ouvrages transversaux comme les seuils et barrages et une dimension latérale, impactée par les ouvrages longitudinaux comme les digues et les protections de berges.

La rupture de continuité liée à la présence d'ouvrages transversaux peut suivre les cas :

- Affecter les modalités de transport solides et modifier localement les faciès d'écoulement ;
- Réduire, voire supprimer, les possibilités pour les poissons, d'accomplir entièrement leur cycle de vie (reproduction, repos, alimentation, croissance), qui selon les espèces, nécessite une libre circulation vers l'amont comme vers l'aval sur un linéaire plus ou moins important.

Ces discontinuités conduisent généralement à observer une dégradation de la qualité des milieux de vie des espèces aquatiques soit des paramètres physiques (banalisation des substrats et des faciès morphologiques) et biologiques (incidences sur la physico-chimie des eaux).

Dans le détail, la dégradation piscicole se solde par un appauvrissement de la diversité, en favorisant notamment certaines classes d'âges, ou encore des espèces adaptées aux plans d'eau et eaux stagnantes. Ces modifications hydro-écologiques profondes, conduisent généralement au déclassement de l'état écologique du cours d'eau.

La discontinuité réduit également les possibilités d'échanges entre différents groupes, nécessaires pour préserver une certaine qualité génétique. Cet impact est notablement accru sur les rivières empruntées par les migrateurs amphihalins qui effectuent une migration sur plusieurs centaines de kilomètres, et pour lesquels le cumul d'ouvrages à franchir est un facteur particulièrement aggravant.

La segmentation des cours d'eau est un obstacle direct au respect des engagements de bon état et de préservation de la biodiversité.

#### 1.1.4.2 Classement des cours d'eau au titre de l'article L214-17 du code de l'environnement

Source : PLAGEPOMI 2016-2021

La conservation ou la restauration de la libre circulation des espèces, en particulier des poissons, s'appuie sur le classement réglementaire des cours d'eau introduit par la Loi sur l'eau et les milieux aquatiques de 2006 (article L.214-17 et L.214-18 du Code de l'environnement) qui a réformé ces dispositifs de classements afin de les adapter aux exigences du droit communautaire (DCE du 23 octobre 2000 et directive « Energie » du 27 septembre 2001).

Ainsi les anciens classements (nommés L432-6 et loi de 1919) sont remplacés par un nouveau classement établissant deux listes distinctes. Les arrêtés de classement des cours d'eau en liste 1 et en liste 2 au titre de l'article L.214-17 du code de l'environnement ont été signés le 19 juillet 2013 par le Préfet coordonnateur de bassin Rhône-Méditerranée et publiés au Journal officiel de la République française le 11 septembre 2013.

**Une liste 1** est établie sur la base des réservoirs biologiques du SDAGE 2010-2015, des cours d'eau en très bon état écologique et des cours d'eau nécessitant une protection complète des poissons migrateurs amphihalins. **L'objet de cette liste est de contribuer à l'objectif de non dégradation des milieux aquatiques.**

Ainsi, sur les cours d'eau ou tronçons de cours d'eau figurant dans cette liste, aucune autorisation ou concession ne peut être accordée pour la construction de nouveaux ouvrages s'ils constituent un obstacle à la continuité écologique (cf. article R214-109 du code de l'environnement).

Le renouvellement des autorisations ou concessions des ouvrages implique le respect de prescriptions permettant de maintenir le très bon état écologique, de maintenir ou d'étendre le bon état écologique des cours d'eau d'un bassin versant et d'assurer la protection des poissons migrateurs amphihalins. (cf. article L214-17 du code de l'environnement). Ces nouvelles obligations s'appliquent dès la publication de la liste.

**Une liste 2** concerne les cours d'eau ou tronçons de cours d'eau nécessitant des actions de restauration de la continuité écologique (transport des sédiments et circulation des poissons). Tout ouvrage sur ces tronçons faisant obstacle doit y être géré (ouverture régulière de vannes,...), entretenu et équipé (construction de passe à poisson, ...) selon des règles définies par l'autorité administrative, en concertation avec le propriétaire ou, à défaut, l'exploitant.

**Les actions de restauration de la continuité écologique des cours d'eau figurant dans cette liste contribueront aux objectifs environnementaux du SDAGE et à ceux du PLAGEPOMI.** La définition de la liste a ainsi tenu compte des objectifs portés par le PLAGEPOMI 2010-2015 et le volet Rhône-Méditerranée du plan national Anguille.

**Le pertuis de la Fourcade, ouvrage ciblé dans la présente étude, n'est pas situé sur une zone classée.**

### 1.1.4.3 Plan de gestion Migrateurs

Source : SDAGE et PLAGEPOMI 2016-2021

#### LE PLAGEPOMI

Le Plan de Gestion des Poissons Migrateurs (PLAGEPOMI) du bassin Rhône-Méditerranée en vigueur est celui couvrant la période 2010-2014, approuvé par le Préfet Coordinateur de bassin par l'arrêté n°10-540 le 16 décembre 2010.

Le projet de PLAGEPOMI 2016-2021, faisant suite aux trois premiers plans, est actuellement en consultation du public sur la période 17 mai au 13 juin. Il est amené à être validé courant de l'été 2016.

Les espèces concernées par ce nouveau plan sont l'Alose, l'Anguille et les Lamproie marine.

Le PLAGEPOMI se décompose en 5 orientations visant à atteindre des objectifs pour chacune des espèces concernées :

- Reconquérir les axes de migration
- Poursuivre la gestion des pêches
- Suivre l'évolution des populations à l'échelle du bassin
- Améliorer la connaissance sur les espèces et leurs habitats
- Sensibiliser aux enjeux et valoriser les acquis

Ce plan de gestion est accompagné d'un programme d'actions qui fera l'objet d'un bilan d'avancement annuel.

Dans le cadre de sa première orientation, le PLAGEPOMI définit des zones d'action prioritaires (ZAP) et des zones d'action à long terme (ZALT) pour les espèces migratrices amphihalines citées précédemment.

**Le complexe Vaccarès et le pertuis de la Fourcade font partie des zones d'action prioritaire anguille (surfacique) et lamproie marine.** Le pertuis de la Fourcade n'est pas situé sur un cours d'eau classé en liste 2, **l'atteinte de l'objectif de traitement de la continuité écologique est donc fixée à décembre 2021.**

#### LE PLAN DE GESTION ANGUILE (PGA)

En exécution du règlement européen, la France a mis en place en 2010 un plan de gestion national, lequel doit faire l'objet durant les neuf premières années d'un rapport triennal de mise en œuvre.

Ce plan se décline à deux échelles :

- nationale afin d'assurer une approche homogène sur l'ensemble du territoire français,
- locale en fonction des caractéristiques de chaque territoire. La France est ainsi divisée en neuf unités de gestion de l'Anguille (UGA) dont l'UGA Rhône-Méditerranée.

L'objectif est d'agir à court terme sur les principaux facteurs de mortalité pour s'assurer à long terme de la préservation de cette espèce, conformément au règlement européen. En parallèle, la qualité environnementale (eau, sédiments, habitats) doit être améliorée pour pérenniser la reconstitution des stocks. Les facteurs de mortalité et de dérangement de l'anguille sont notamment : la pêche, le turbinage pour la production hydroélectrique, le braconnage, les pollutions de l'eau et des sédiments et les pertes d'habitats.

Tous les pêcheurs professionnels et amateurs, sur les domaines publics et privés, sont concernés par les mesures du PGA relatives à la réduction de mortalité par pêche, mesures différentes pour chaque stade de développement de l'espèce (civelle, anguille jaune et anguille argentée).

Le comité national anguille, chargé de la mise en œuvre du PGA, se réunit une à 2 fois par an sous le co-pilotage de la Direction de l'eau et de la biodiversité (DEB) et de la Direction des pêches maritimes et de l'aquaculture (DPMA) du ministère chargé de l'écologie.

L'objectif fixé par le règlement européen pour la période 2015-2018 est l'atteinte d'un taux d'échappement en mer de 40% de la biomasse d'anguilles argentées. Pour cela, des zones d'actions prioritaires aux actions du PGA ont été définies sur le bassin Rhône Méditerranée.

#### 1.1.4.4 Le SDAGE et Programme de Mesures

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux, et ses documents d'accompagnement, constituent le plan de gestion permettant d'atteindre les objectifs environnementaux préconisés par la directive cadre sur l'eau (DCE). Le SDAGE est révisé tous les 6 ans et fixe les orientations fondamentales pour une gestion équilibrée de la ressource en eau. L'actuel SDAGE couvre la période 2016 à 2021 et a été approuvé par arrêté du Préfet coordinateur du bassin Rhône Méditerranée du 3 décembre 2015.

Le SDAGE définit une masse d'eau comme étant tout ou partie d'un cours d'eau ou plan d'eau (ou zone côtière) homogène dans ses caractéristiques physiques, biologiques, physico-chimiques et son état. La présente étude concerne deux masses d'eau :

- La Camargue Complexe Vaccarès : FRDT14a
- Le Delta du Rhône : FRDT21

Le SDAGE présente l'état des masses d'eau ainsi que les objectifs de bon état écologique et chimique. Les données concernant les masses d'eau citées ci-dessus sont les suivantes :

Tableau 2 : Masses d'eau telles que présentée dans le SDAGE 2016-2021

Code masse d'eau	Nom de la masse d'eau	Catégorie de masse d'eau	Objectif d'état écologique					Objectif d'état chimique			
			Objectif d'état	Statut	Echéance	Motivations en cas de recours aux dérogations	Paramètres faisant l'objet d'une adaptation	Echéance sans ubiquiste	Echéance avec ubiquiste	Motivations en cas de recours aux dérogations	Paramètres faisant l'objet d'une adaptation
<b>4 - Vallée du Rhône</b>											
<b>Estuaire du Rhône - TR_00_05</b>											
FRDT21	Delta du Rhône	Eaux de transition	bon état	MEN	2015			2015	2015		
<b>9 - Côtiers Côte d'Azur</b>											
<b>Camargue - DU_13_08</b>											
FRDT14a	Camargue Complexe Vaccarès	Eaux de transition	bon état	MEN	2027	FT, CN	continuité, hydrologie, nitrates, pesticides, autre	2027	2027	FT	Endosulfan, Hexachlorocyclohexane, Mercure et ses composés

Source : SDAGE Rhône Méditerranée 2016-2021

Les actions de restauration de la continuité écologique participent aux orientations fondamentales n°2 (« Concrétiser la mise en œuvre du principe de non-dégradation des milieux aquatiques ») et n°6 (« Préserver et restaurer le fonctionnement naturel des milieux aquatiques et des zones humides »). L'orientation n°6 se décompose en 3 sous-orientations :

- 6A : Agir sur la morphologie et le déclouonnement pour préserver et restaurer les milieux aquatiques ;
- 6B : Préserver, restaurer et gérer les zones humides ;
- 6C : Intégrer la gestion des espèces de la faune et de la flore dans les politiques de gestion de l'eau.

La disposition 6A-05 est celle mise en place pour encadrer la restauration de la continuité écologique.

Le SDAGE s'accompagne d'un programme de mesures servant, pour chaque orientation et disposition, de moyen d'action pour atteindre les objectifs fixés. Ces mesures sont territorialisées ; chaque sous bassin défini dans le cadre du SDAGE présente ainsi des mesures spécifiques. Les mesures concernant le sous bassin « Estuaire du Rhône » (TR\_00\_05) concernent les pressions de pollution. L'étude en cours ne rentre donc pas dans le cadre de ces mesures, bien qu'une reconnexion mer-lagune continue soit en mesure de favoriser les échanges entre masse d'eau et de diminuer les pressions induites par les pollutions.

Les mesures concernant le sous bassin « Camargue » (DU\_13\_08) sont les suivantes :

Tableau 3 : Mesures pour atteindre le bon état écologique du sous bassin Camargue telles que présentées dans le SDAGE 2016-2021

Camargue - DU_13_08	
Mesures pour atteindre les objectifs de bon état	
<b>Pression à traiter : Altération de l'hydrologie</b>	
MIA0501	Restaurer un équilibre hydrologique entre les apports d'eau douce et les apports d'eau salée dans une masse d'eau de transition de type lagune
MIA0602	Réaliser une opération de restauration d'une zone humide
<b>Pression à traiter : autres pressions</b>	
MIA0101	Réaliser une étude globale ou un schéma directeur visant à préserver les milieux aquatiques
MIA0301	Aménager un ouvrage qui contraint la continuité écologique (espèces ou sédiments)
<b>Pression à traiter : Pollution diffuse par les nutriments</b>	
AGR0401	Mettre en place des pratiques pérennes (bio, surface en herbe, assolements, maîtrise foncière)
MIA0602	Réaliser une opération de restauration d'une zone humide
<b>Pression à traiter : Pollution diffuse par les pesticides</b>	
AGR0303	Limiter les apports en pesticides agricoles et/ou utiliser des pratiques alternatives au traitement phytosanitaire
AGR0401	Mettre en place des pratiques pérennes (bio, surface en herbe, assolements, maîtrise foncière)
AGR0802	Réduire les pollutions ponctuelles par les pesticides agricoles

Source : Programme de mesures Rhône-Méditerranée 2016-2021

La présente étude sur le pertuis de la Fourcade rentre dans la mesure MIA0301 « Aménager un ouvrage qui contraint la continuité écologique (espèces ou sédiments).

### 1.1.5 Aspects réglementaires liés aux enjeux du secteur ARO 2 jours

Le système du Vaccarès est protégé au titre de plusieurs régimes de protection, nationaux mais aussi européens, qui le visent directement ou dans lequel il est compris. Ces différents sites sont présentés ci-après.

#### 1.1.5.1 Site inscrit de Camargue (arrêté du 15 octobre 1963)

Source : Catalogue départemental des sites inscrits, Bouches-du-Rhône

Il s'agit de l'intégralité de la partie de la Camargue qui n'a pas encore fait l'objet d'une mesure d'inscription ou de classement à l'Inventaire afin de prévenir tout risque susceptible de porter atteinte au caractère naturel de ce site et d'autre part sur le plan scientifique pour préserver la faune et la flore de ce secteur qui constituent un véritable parc zoologique et botanique.

La partie du rivage Nord de l'étang de Vaccarès est incluse dans ce site ; il jouxte au Sud le site classé de l'étang de Vaccarès. Le site s'étend sur 107 222 ha dont 86 744 dans les Bouches-du-Rhône.

L'imbrication de paysages naturels et agraires offre à la Camargue, qui s'étend à l'ensemble du delta du Rhône, une originalité et une forte identité. Ces paysages sont sensibles. Ils sont particulièrement vulnérables aux effets d'une urbanisation périurbaine et diffuse ainsi qu'aux conséquences d'une forte fréquentation liée au tourisme et aux loisirs. Ils sont très dépendants du maintien des équilibres écologiques.



### 1.1.5.2 Site classé Etang de Vaccarès (arrêté du 8 juin 1942)

Source : Catalogue départemental des sites inscrits, Bouches-du-Rhône

Il s'agit d'étendues d'eau, bas-fonds et terrains émergés compris dans la localité consentie à la Société Nationale d'Acclimatation pour la constitution d'une Réserve Naturelle. Ce site s'étend sur près de 15 000 ha.

Ce classement est novateur pour l'époque où il a été prononcé (1942) car il envisage des modalités de gestion. Le classement ne doit pas faire obstacle à l'utilisation naturelle des lieux par la Compagnie propriétaire en vue de la mise en réserve des eaux ou leur rabattement vers les exploitations salinières du Salin de Giraud. Il n'apporte aucun changement dans les conditions de fonctionnement actuel des martellières et des vannes de la Digue à la mer.

### 1.1.5.3 ZNIEFF de type I (Système Vaccarès n° 930012425)

Source : INPN

## FLORE ET HABITATS NATURELS

La répartition de la végétation est sous la dépendance de quatre facteurs principaux : l'eau, le sel, la nature des sédiments et le vent. Les peuplements arborescents au nord de la réserve sont constitués de Peuplier blanc, d'Orme, de Chêne pubescent, d'Alavert et de Tamaris. Cette flore souligne les venues d'eau douce en relation avec les anciens cours du Rhône. Plus près des zones salées, seuls les Alaverts et les tamaris subsistent dans la strate arborescente. Les bois des Rièges abritent une dune fossile qui, sous l'action du mistral et de l'eau, présente dissymétrie et tend à se déplacer vers le sud. La dune est colonisée par un bois de Genévrier rouge (*Juniperus lycia*) et de *Phillyrea angustifolia*. Les formations caractéristiques des eaux plus ou moins saumâtres restent cependant omniprésentes (*Salicornetum fruticosae*, *Salicornetum herbaceae*, *Juncion maritimi*). On trouve sur ce site plusieurs plantes rares et menacées de grand intérêt botanique : *Kickxia cirrhosa*, *Doronicum plantagineum* ssp. *plantagineum*, *Ruppia maritima*, *Zostera noltii*, *Vincetoxicum nigrum*, *Rumex roseus*...

## FAUNE

Cette zone comprend vingt espèces déterminantes et vingt-cinq remarquables. Le système du Vaccarès est d'une importance majeure pour l'avifaune, en particulier pour les larolimicoles nicheurs et pour les hérons, flamants, canards et foulques hivernants et de passages. C'est en effet une zone de remise diurne d'importance internationale pour les canards hivernants et les foulques (*Fulica atra*), jusqu'à respectivement, 80 000 et 60 000 individus dénombrés. C'est aussi un lieu de gagnage apprécié des hérons et flamants. Enfin, cette zone abrite des colonies extrêmement denses de Mouette mélanocéphale (*Ichthyaetus melanocephalus*) avec 750 couples en 1997, de Goéland railleur (*Larus genei*) et de Sterne hansel (*Gelochelidon nilotica*), caugek, pierregarin et naine (*Sterna sandvicensis*, *S. hirundo* et *S. albifrons*). Parmi les autres espèces animales déterminantes et remarquables de cette zone, on note la présence de la Loutre (*Lutra*), de la Pipistrelle de Nathusus (*Pipistrellus nathusii*) au passage migratoire, de la Nette rousse (*Netta rufina*), de Canard chipeau (*Anas strepera*), de Chevalier gambette (*Tringa totanus*), de l'Echasse blanche (*Himantopus*), de l'Avocette élégante (*Recurvirostra avocetta*), de l'Alouette calandrelle (*Calandrella brachydactyla*), de la Lusciniole à moustache (*Acrocephalus melanopogon*) et de la Fauvette à lunettes (*Sylvia conspicillata*), ainsi que pour les poissons, de l'Alose feinte (*Alosa fallax*), de la Lamproie marine (*Petromyzon marinus*), et de la Blennie fluviatile (*Blennius fluviatilis*). Les reptiles sont représentés par le Psammodrome d'Edwards (*Psammodromus edwardsianus*).

L'entomofaune locale est représentée par plusieurs espèces d'intérêt patrimonial telles que le taupin *Cardiophorus exaratus*, petit coléoptère sabulicole, le Fourmilion géant (*Palpares libelluloides*) et le Sympétrum déprimé (*Sympetrum depressiusculum*), odonate en régression dont la larve se développe dans les pièces d'eau temporaires ou à niveau fluctuant.

### 1.1.5.4 ZNIEFF de type II (Camargue fluvio-lacustre et laguno-marine n° 930012415)

Source : INPN

Le trait essentiel de la Camargue résulte de l'affrontement entre les eaux douces du Rhône et les eaux salées de la mer. Cet antagonisme se traduit par la coexistence de deux grands ensembles naturels : la Camargue laguno-marine, plus salée (centre et bord sud), et la Camargue fluvio-lacustre, sous l'influence des eaux douces apportées par le Rhône (nord, nord-ouest et nord-est).

Il en résulte un gradient de salinité nord-sud et une extraordinaire palette de milieux lacustres, allant des marécages d'eau douce aux marais sur salés, entrecoupés de terres émergées de salinité variable, bordés au sud par un immense cordon littoral sableux de plus de 60 Km de long. Les écosystèmes camarguais sont variés, ouverts et changeants.

#### FLORE ET HABITATS NATURELS

La Camargue offre une grande diversité de milieux et donc une grande variété de phytocénoses. On peut citer la plage et la dune (présence de touffes d'*Arthrocnemum glaucum*), les dunes en cours de fixation couvertes par de l'*Elymetum farcti* (assez tolérant au sel) et de l'*Ammophiletum arundinaceae* (à l'arrière de la dune), les dunes consolidées colonisées par le *Crucianelletum maritimae*, les sansouires, où se développe l'*Arthrocnetum*. Les enganes, terrains un peu moins salés, sont colonisés par les végétaux du *Salicornietum fruticosae*.

Les groupements à *Ruppia* sont les seuls à supporter le taux de sel des plans d'eau salés et saumâtres. Les pelouses basses à papilionacées sont bien représentées. Les montilles, dunes intérieures d'origine fluviale, abritent l'*Imperato-Erianthion* à leur base et l'*Artemisio-Teucietum* à leur sommet. Le *Callitricho-Ranunculetum baudotii* s'installe dans les roubines où court une eau très peu salée alors qu'en bordure se développe une roselière rattachée au *Scirpetum maritimi*. Enfin, les rizières occupent de vastes territoires.

#### FAUNE

La richesse faunistique est extrêmement élevée à ce jour, on a pu dénombrer en Camargue pas moins de 337 espèces d'oiseaux. La Camargue est l'unique site de nidification régulier en France chez quatre espèces qui sont le Flamant rose (*Phoenicopterus ruber*), le Goéland railleur (*Larus genei*), la Glaréole à collier (*Glaucopis pratensis*), la Sterne hansel (*Gelochelidon nilotica*), espèces auxquelles il faut rajouter la Grand Aigrette (*Egretta alba*). D'autres oiseaux d'intérêt patrimonial se reproduisent en Camargue avec des effectifs importants à l'échelle régionale comme le Crabier chevelu (*Ardeola ralloides*), le Butor étoilé (*Botaurus stellaris*), ou le Canard chipeau (*Anas strepera*). La Camargue est même au niveau régional, le site majeur, voir unique, de reproduction pour l'Ibis falcinelle (*Plegadis falcinellus*), l'Oie cendrée (*Anser anser*), le Canard souchet (*Anas clypeata*), la Mouette mélanocéphale (*Larus melanocephalus*), la Guifette moustac (*Chlidonias hybridus*), et de la discrète Marouette poussin et de Baillon (*Porzana parva* et *P. pusilla*).

En dehors de l'avifaune, la Camargue abrite de nombreuses autres espèces remarquables comme la Loutre (*Lutra lutra*), la Cistude d'Europe (*Emys orbicularis*), le Pélobate cultripède (*Pelobates cultripedes*), le Pélodyte ponctué (*Pelodytes punctatus*), le Léopard ocellé (*Timon lepidus*) le Psammodrome d'Edwards (*Psammodromus edwardsianus*), la Lamproie marine (*Petromyzon marinus*), l'Alose feinte (*Alosa fallax*), la Blennie fluviale (*Blennius fluviatilis*).

Concernant les Mammifères, le Castor (*Castor fiber*), la Genette (*Genetta genetta*), le Rat des moissons (*Micromys minutus*) fréquentent ce site. Plusieurs espèces de Chiroptères sont aussi observées comme le Grand Rhinolophe (*Rhinolophus ferrumequinum*), espèce menacée, en régression partout en France, le Grand Murin (*Myotis myotis*), espèce plutôt commune, mais localement en régression, le Petit Murin (*Myotis blythii*), espèce d'affinité méditerranéenne et le Minoptère de Schreibers (*Miniopterus schreibersii*).

L'intérêt entomologique de la Camargue est également considérable avec un nombre très important d'espèces rares ou menacées. Les cortèges hygrophiles se distinguent par la présence d'espèces telles que l'araignée Dolomède des marais (*Dolomedes plantarius*), les coléoptères Carabe grillagé (*Carabus clatratus arelatensis*) et Carabe à chaînons (*Carabus alysidotus*), les odonates Leste à grands ptérostigmas (*Lestes macrostigma*), *Sympétrum déprimé* (*Sympetrum depressiusculum*) et Cordulie à corps fin (*Oxygastra curtisii*, les orthoptères Conocéphale des roseaux (*Conocephalus dorsalis*) et Decticelle des ruisseaux (*Metrioptera fedtschenkoi azami*).

#### 1.1.5.5 Réserve de Biosphère de Camargue (delta du Rhône)

Source : Réserves de Biosphère (UNESCO/MAB)

Entre le fleuve Rhône et la mer Méditerranée, la Réserve de biosphère de Camargue couvre l'ensemble du delta biogéographique du Rhône, depuis sa révision effectuée en 2006. Zone naturelle immense, elle se situe entre deux régions très densément peuplées.

Paysage essentiellement horizontal, la Camargue présente pourtant de nombreux bombements sources de diversité : bourrelets alluviaux des bras anciens et actuels du Rhône et cordons dunaires élaborés par les courants marins et les rivages historiques de la Méditerranée. Entre ces replis encore en partie boisés, dans les dépressions, se répartissent des terres basses occupées par les lagunes bordées de steppes salées, les marais à roselières en partie exploités pour la coupe du roseau et les étangs - dont le plus grand, le Vaccarès, occupe 6 500 hectares.

La teneur en sel du sol et des eaux, les fortes variations des conditions d'inondations et les caprices du climat méditerranéen conditionnent la richesse biologique du delta du Rhône.

Les paysages agricoles de la Camargue sont composés de prairies humides et sansouïres dédiées à l'élevage des taureaux et chevaux, d'anciens marais convertis en rizières, de lagunes aménagées pour l'exploitation du sel et de cultures maraichères et viticulture sur les cordons dunaires. Le maillage hydraulique nécessaire à cette agriculture est omniprésent. Il conditionne la gestion de ces zones agricoles et de manière indirecte celle des milieux naturels adjacents.

#### 1.1.5.6 Réserve départementale des Impériaux

Acquis entre 1962 et 1992, les étangs inférieurs du système Vaccarès font parties des territoires sur lesquels le conseil départemental des Bouches du Rhône s'efforce de favoriser un développement durable. Bien qu'étant majoritairement voué à la gestion du régime de circulation des eaux, la préservation de la biodiversité, la cohésion sociale mais également la promotion des modes de productions responsables forment les axes fondamentaux de l'action du Département sur ce secteur.

#### 1.1.5.7 Zone de Protection Spéciale -FR9310019 Camargue (arrêté du 3 octobre 2003)

Source : INPN

Le delta de Camargue constitue une zone humide d'importance internationale pour la reproduction, l'hivernage et la migration de nombreuses espèces d'oiseaux. Près de 370 espèces fréquentent le site, dont plus de 80 espèces d'intérêt communautaire. Cette richesse exceptionnelle est liée à la position géographique du delta (zone côtière méditerranéenne, au carrefour d'axes migratoires) mais également à l'originalité de certains milieux naturels (lagunes, marais, roselières, sansouïres, dunes...) et à leur grande étendue spatiale :

- présence de l'unique colonie française de Flamant rose (8000 à 22000 couples).
- importantes colonies de laro-limicoles et de hérons arboricoles / paludicoles, souvent en effectifs d'importance nationale.
- présence d'espèces nicheuses rarissimes ou très localisées à l'échelon national : Crabier chevelu, Grande Aigrette, Ibis falcinelle, Spatule blanche, Talève sultane, Glaréole à collier, Sterne hansel, Mouette mélanocéphale, Goéland railleur, etc.



- zone d'hivernage d'importance internationale, accueillant chaque année des milliers d'oiseaux d'eau, notamment des canards (100 000 à 150 000 individus) et des foulques (30 000 individus).
- zone très importante comme étape migratoire automnale et printanière. Pour de nombreuses espèces, la Camargue est la dernière halte terrestre avant le franchissement de la mer en automne, ou le premier havre de repos après la traversée maritime au printemps.

La partie marine (couvrant 141 793 ha, soit 64 % de la ZPS) constitue une zone de forte productivité biologique, utilisée comme aire d'alimentation, de stationnement et de repos par diverses espèces d'oiseaux marins ou littoraux. Elle constitue notamment :

- une zone d'alimentation en période de reproduction pour diverses espèces nichant à proximité, notamment les laro-limicoles ;
- une zone d'hivernage conséquente pour le Fou de Bassan, le Grand cormoran, le Pingouin torda (plusieurs centaines d'individus), le Grèbe huppé, les Plongeurs (3 espèces dont le Plongeur arctique, le plus régulier), les macreuses noires et brunes. Les abords du They de la Gracieuse constituent une zone d'hivernage du Harle huppé (quelques dizaines d'individus) et de l'Eider à duvet ;
- une zone d'alimentation importante pour le Puffin cendré et le Puffin yelkouan. Ces espèces pélagiques fréquentent principalement la zone au large, mais peuvent également se rapprocher des cotes par fort vent marin.

#### 1.1.5.8 Zone Spéciale de Conservation - FR9301592 Camargue (arrêté du 26 juin 2014)

Source : INPN

Le delta de Camargue constitue une zone humide d'importance internationale. Le site abrite une grande diversité d'habitats littoraux et d'espèces d'intérêt communautaire.

Les groupements végétaux sont agencés en une mosaïque complexe, déterminée essentiellement par la présence et l'abondance de l'eau et du sel. Ils se déclinent en communautés halophiles et halonitrophiles, prés salés méditerranéens, steppes salées, dunes, étangs eutrophes, matorrals à Genévrier de Phénicie. Certains habitats d'intérêt communautaire sont particulièrement bien représentés, tels que les sansouires et les lagunes.

Plantes aquatiques très rares en France : selon étude CBN Med 2012-2013, présence avérée de *Riella helicophylla*, *Riella notarisii*, *Riella cossoniana* (première mention pour la France), *Althenia filiformis*, *Tolypella salina*.

Parmi la faune d'intérêt communautaire, le site présente un intérêt particulier pour la conservation de la Cistude d'Europe (le plus important noyau de population régional), du Grand Rhinolophe (importantes colonies de reproduction) et de quelques autres espèces de chauves-souris.

La bande marine (3 milles) comprend l'embouchure du Grand Rhône et du Petit Rhône. Elle constitue une zone de forte productivité biologique, présentant un intérêt particulier pour le grossissement de l'Alose feinte et la migration des lamproies marine et fluviatile. Le secteur de l'anse de Carteau se caractérise par la présence d'une remarquable couverture de végétation aquatique, composée d'espèces originales et très localisées dans la région (phanérogames marines : zostères, cymodocées). Une faune abondante s'y développe et s'y reproduit (nurseries pour divers poissons).

Le maintien du panel de milieux repose sur la préservation de la qualité des eaux (problème des insecticides), la préservation de la frange littorale (surfréquentation, pollution), la gestion du fonctionnement hydrique et la gestion du pâturage qui s'intensifie par endroits.

### 1.1.5.9 Parc Naturel Régional de Camargue - FR800011 (Décret n° 2011-177)

Source : [www.parc-camargue.fr](http://www.parc-camargue.fr), INPN

Delta ouvert sur la Méditerranée, le territoire du Parc naturel régional de Camargue couvre trois communes : Arles, les Saintes-Maries-de-la-Mer et Port-Saint-Louis-du-Rhône. Il s'étend sur plus de 100 000 ha et 75 km de façade maritime.

Le Parc Naturel Régional de Camargue couvre toute la partie deltaïque comprise entre le Grand Rhône et la limite départementale à l'ouest. Au niveau d'Arles, le Rhône se divise en deux bouches : le Grand Rhône à l'est et le petit Rhône à l'ouest, entre lesquels s'étale la Grande Camargue. Par-delà le Petit Rhône, à l'occident s'étend la Petite Camargue. La Camargue offre une multitude de milieux déterminés par les facteurs écologiques : sel, vent, eau, relief, sol, soleil. Mais le sel et l'eau sont les facteurs dominants.

Le Parc de Camargue est l'un des plus anciens « Parc naturel régional ». Premier Parc naturel régional de la région Provence-Alpes- Côte d'Azur sur le plan chronologique, troisième sur le territoire national, cette structure voit le jour officiellement le 25 septembre 1970.

Comme tous les autres Parcs naturels régionaux, le Parc naturel régional de Camargue s'organise autour d'un projet concerté de développement durable fondé sur la protection et la valorisation du patrimoine naturel, culturel et humain de son territoire.

Ne disposant pas de pouvoir réglementaire, le Parc a comme mode d'action essentiel la concertation avec les acteurs locaux. Pour la période 2011/2022, le Parc naturel régional de Camargue s'est donné les objectifs suivants :

- Gérer le complexe deltaïque en intégrant les impacts prévisibles du changement climatique
- Orienter les évolutions des activités au bénéfice d'une biodiversité exceptionnelle
- Renforcer la solidarité territoriale, la cohésion sociale et améliorer le cadre de vie
- Partager la connaissance et ouvrir le delta aux coopérations méditerranéennes.

### 1.1.5.10 Réserve Naturelle Nationale de Camargue (FR360022)

Source : INPN, [www.reserve-camargue.org](http://www.reserve-camargue.org)

Au centre du delta du Rhône, la réserve nationale de Camargue est un lieu naturel privilégié. Elle est un refuge pour nombre d'animaux mais aussi pour la végétation qui peut évoluer à l'abri dans toute la partie nord du site. Elle est entièrement colonisée par un peuplement de Potamogeton qui tend à envahir les étangs au nord. La partie méridionale est formée d'étangs d'eau saumâtre, dont la salinité augmente dès qu'on s'approche de la mer, et de langues de terres sablonneuses constamment remodelées par les forts vents dominants (mistral et marin). La couverture végétale de ces terres émergées est composée d'une mosaïque d'associations psammophiles ou halophiles.

Le site a été officiellement classé en réserve nationale le 24 avril 1975 et est géré par la SNPN dont l'objectif premier est la conservation stricte de la réserve.

### 1.1.5.11 Contrat de Delta Camargue

Source : <http://www.gesteau.eaufrance.fr/contrat/delta-de-la-camargue>

Le périmètre du Contrat de delta s'étend sur les deux communes des Saintes-Maries-de-la-Mer (en totalité) et d'Arles (en partie). Il est intégralement compris dans le périmètre du Parc naturel régional de Camargue.

Le périmètre comprend 3 sous-unités dépendant essentiellement des caractéristiques hydrologiques du delta du Rhône :

- en zone terrestre, l'île de Camargue est comprise entre le Petit et le Grand Rhône. Au niveau hydraulique, elle est isolée du fleuve par l'endiguement intégral des deux bras du Rhône, et de la mer par la digue à la mer. Les canaux de drainage et d'irrigation organisent artificiellement les entrées et sorties d'eau dans le delta et créent des sous-bassins versants ;
- la petite Camargue saintoise, située également en zone terrestre et comprise entre le Petit Rhône et le Rhône vif (ancien bras du Rhône marquant la limite entre le département du Gard et celui des Bouches-du-Rhône), est compartimentée en partie par les salins ;
- la zone maritime des trois milles marins a été incluse dans le périmètre du fait des relations fonctionnelles liant mer et delta.

Le Contrat de delta de Camargue a été signé le 16 novembre 2012 par les partenaires et les 22 maîtres d'ouvrages du programme d'actions représentant tous les usages de l'eau en Camargue.

Conclu pour une durée de 6 ans, il porte sur un montant de près de 21 millions d'euros qui financent un programme d'actions comportant 63 opérations pour une gestion durable de l'eau et des milieux aquatiques de l'ensemble du delta du Rhône.

Les enjeux du contrat, en cours d'exécution, sont les suivants :

- Gestion de la ressource : maintien des activités et réduction des conflits d'usage, prise en compte des contraintes liées à l'urbanisation et de la nécessité d'évacuation des eaux pluviales
- Lutte contre les pollutions : adaptation et mise en conformité des systèmes d'assainissement \* avec la législation, le développement du tourisme et la fragilité des milieux récepteurs ; évolution des pratiques agricoles vers un meilleur respect des équilibres écologiques
- Milieux aquatiques : programmation de la gestion des zones humides \* par des plans de gestion \*adaptés, amélioration de la continuité écologique par décroisement des milieux, intégration de la gestion des espèces aquatiques dans la gestion de l'eau
- Littoral - mer : nécessité d'une adaptation locale pour faire face au recul de la cote et au risque de submersion marine, maîtrise de la fréquentation de la bande côtière, gestion durable des ressources halieutiques
- Sensibilisation - Gouvernance : diversification et coordination de l'offre en éducation et sensibilisation à l'eau et l'environnement, importance du rôle des acteurs locaux dans la gestion du Contrat.

### 1.1.5.12 Zone humide protégée au titre de la Convention Ramsar (FR7200006 Camargue)

Source : <http://www.zones-humides.eaufrance.fr>

Le territoire du Parc naturel régional de Camargue correspond à un site Ramsar. C'est donc une zone humide d'importance internationale pour laquelle l'Etat français a signé la convention internationale de Ramsar le 1er octobre 1986.

Situé dans le delta du Rhône, le site comprend de vastes étendues de lagunes, d'étangs saumâtres, de marais d'eau douce et de dunes.

Ces zones humides, caractérisées par leur degré de salinité variable, sont alimentées partiellement en eau douce par les pluies, mais aussi par les pompages du Rhône destinés à l'irrigation.

La Camargue est un site de réputation internationale pour les oiseaux d'eau, tant par leur nombre que par leur variété. C'est par exemple la seule zone de reproduction en France pour les flamants roses qui se nourrissent de minuscules crustacés qui pullulent dans ces eaux sur salées.

La flore doit s'adapter à la sécheresse, à la salinité et à la forte variabilité du niveau d'inondation: quatre espèces de salicornes composent un paysage de steppe appelé "sansouïres", la saladelle s'épanouit dans les pelouses. Les dunes fossiles sont couvertes de geneviers et les dunes vives d'oyats. Dans les étangs peu profonds, des herbiers de patamots, ruppias ou zoostères se répartissent en fonction de la salinité.

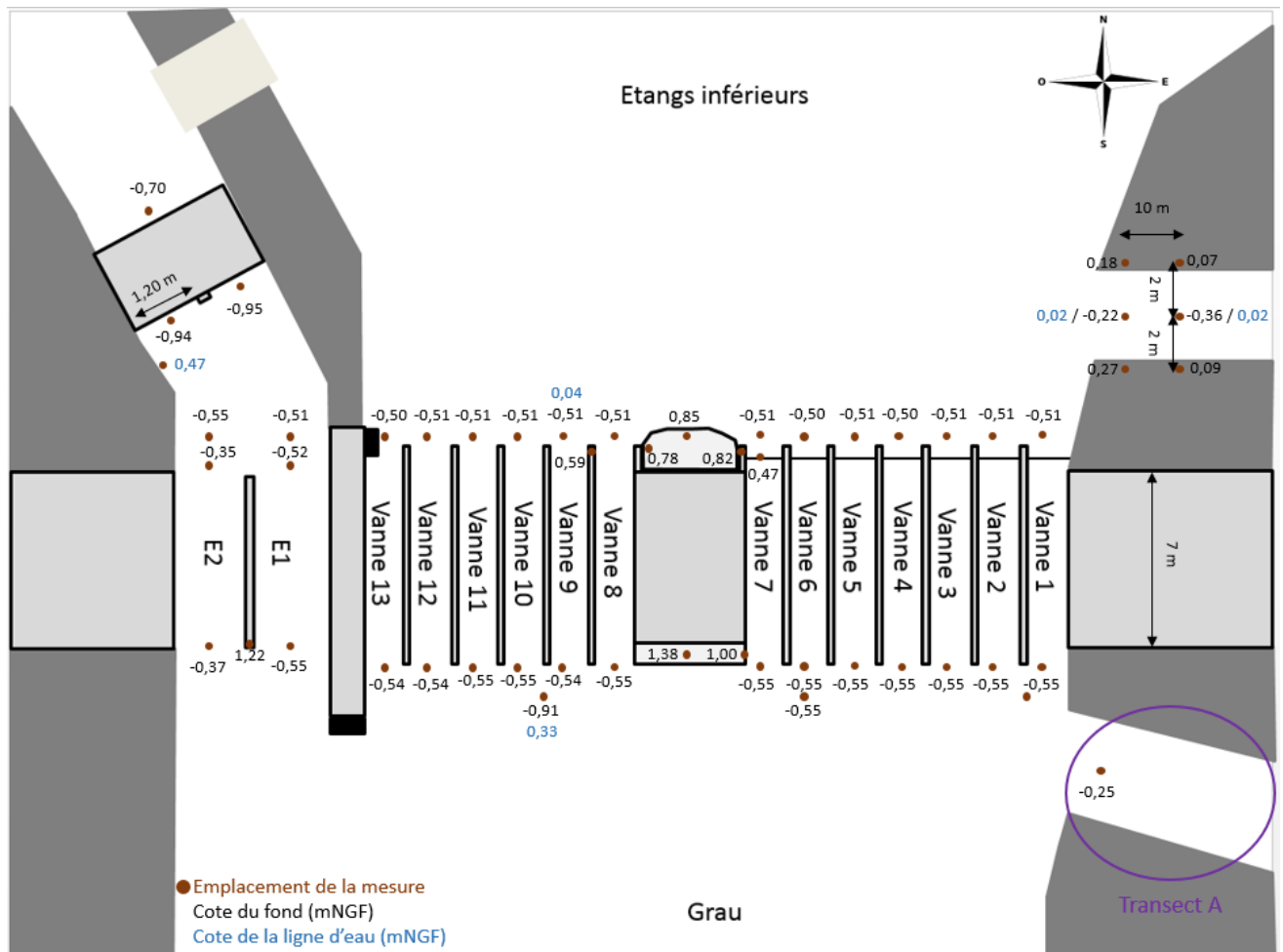
Les activités humaines traditionnelles, culture du sel, élevage extensif, pêche sont aujourd'hui confortées économiquement par le tourisme. Les traitements phytosanitaires liés à la riziculture ainsi que les besoins en eau douce de la chasse qui nécessite une irrigation sans assèchements estivaux, sont à l'origine des perturbations du régime hydrologique du site.

## 1.2 ÉLÉMENTS SUR L'AMENAGEMENT

### 1.2.1 Plans de masse et profils en long

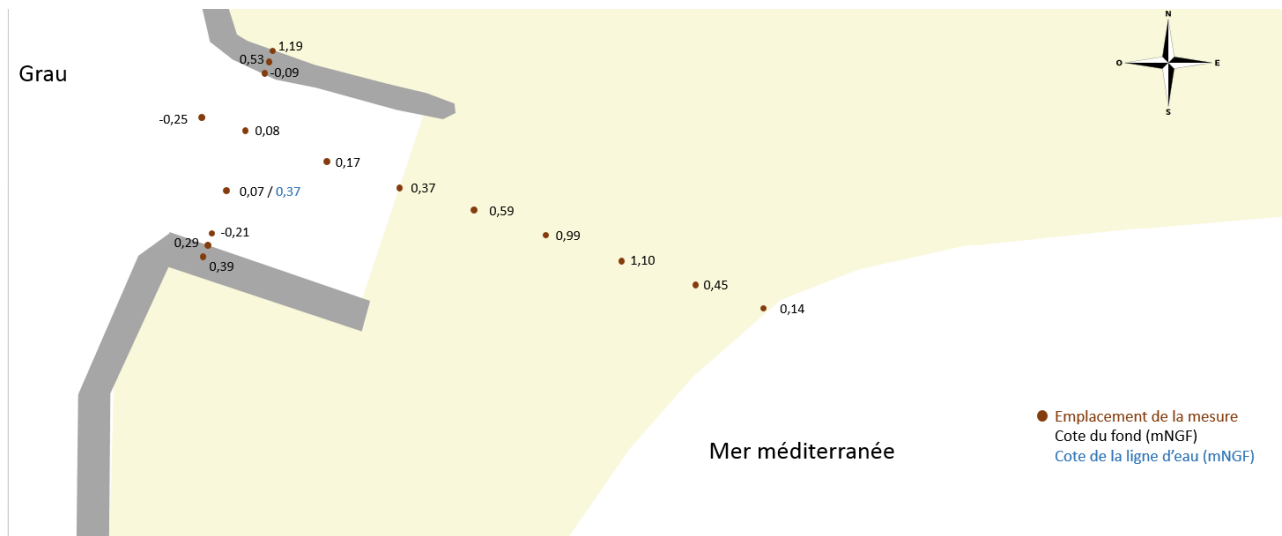
Les relevés topographiques ont été réalisés le 10/05/2016. Les niveaux d'eau importants n'ont pas permis la réalisation de mesures dans le grau.

Figure 11 : Topographie du pertuis de la Fourcade



Les mesures topographiques réalisées au sein du transect A sont présentées dans le schéma ci-dessous.

Figure 12 : Topographie du transect A



### 1.2.2 Environnement immédiat de l'ouvrage

Le pertuis de la Fourcade a fait l'objet de plusieurs inspections visuelles sur site. Les éléments suivants découlent des observations faites lors de ces différentes prospections de terrain et des rapports bibliographiques traitant de l'ouvrage (PELEGRIN, 2003 ; ROSECCHI, 2003).

Figure 13 : Environnement immédiat du pertuis de la Fourcade



- **La berge amont rive gauche** est constituée d'enrochement d'environ 0.70 cm de diamètre, jusqu'à l'exutoire du chenal d'amenée des eaux de sortie du lagunage.



Figure 14 : Enrochements berge amont rive gauche (BRL i, 2016)



- **La berge amont rive droite**, constituée par un coffrage en béton, permet la séparation entre l'étang des Impériaux et le chenal du rejet de la station de l'Eolienne, située 60 m en amont de l'ouvrage.

Figure 15 : Mur béton berge amont rive droite (BRL i, 2016)



Cette station, construite en 1984, permet le rejet en mer des eaux de drainage des étangs entourant la commune des Saintes Maries de la Mer ainsi que les eaux du canal d'assainissement. Equipée de deux pompes d'une capacité de 1500 l/s chacune. La station fonctionne en cycle quasi-continu, notamment en période estivale. La station est également équipée d'une passe piège à civelles depuis l'automne 2003.

Figure 16 : Station de l'Eolienne (BRL i, 2015)



Les eaux de drainage sont ensuite évacuées dans le grau via les deux chenaux bétonnés du pertuis (E1 et E2). Deux vannes martellières juxtaposées, de largeur 1.20m par 1m, permettent la fermeture occasionnelle du chenal en amont de ces dalots.

Figure 17 : Martellières du chenal de rejet de la station de l'éolienne (BRL i, 2016)



- **La berge aval rive gauche** est constituée de blocs de bétons d'environ 1.50m de diamètre. Le chenal longeant la piste de la digue à la mer, présent sur la vue satellite (figure 18) a complètement disparu à la suite d'une forte érosion du littoral.

Figure 18 : à gauche blocs béton de la berge aval rive gauche, à droite ancien chenal (BRL i, 2016)





- **La berge aval rive droite** est constituée de blocs identiques à ceux présents au pied de l'ouvrage. Le chenal présente une largeur moyenne de 17 m et s'étend sur une longueur d'environ 270 m.

Figure 19 : Pertuis de la Fourcade (source Geoportail)



- **Fosse d'affouillement** : L'altitude moyenne du fonds du Grau est situé à -1 m NGF. Néanmoins une fosse d'affouillement a été identifiée en aval immédiat des martellières 1,2 et 3. (ouverture fréquente de ces dernières). Cette fosse est caractérisée par une profondeur maximale de -2 m NGF.

### 1.2.3 Conditions hydrologiques et hydrodynamiques aux abords de l'ouvrage et gestion des vannes

#### 1.2.3.1 Estimation du débit par vanne

L'ouverture des vannes et les hauteurs des plans d'eau conditionnent directement les conditions hydrauliques aux abords du pertuis de la Fourcade. Le rapport Liteau 1 (ROSECCHI & AI, 2003) fait état d'une relation entre le débit transitant dans une vanne et la décote amont-aval. La relation intègre un coefficient de correction afin de tenir compte de l'ennoisement du seuil par le niveau marin :

$$Q = \left(\frac{2}{3}\right)^{\left(\frac{3}{2}\right)} K L \sqrt{g} H^{\left(\frac{3}{2}\right)}$$

$Q_c$  : le débit transitant dans une vanne du pertuis de la Fourcade ( $m^3/s$ )

$L$  : la largeur de la vanne (m)

Après correction :

$H$  : la cote de l'eau au-dessus du seuil à l'amont (m)

$$Q_c = Q \left(1 - \left(\frac{H'}{H}\right)^{\left(\frac{3}{2}\right)}\right)^{0.385}$$

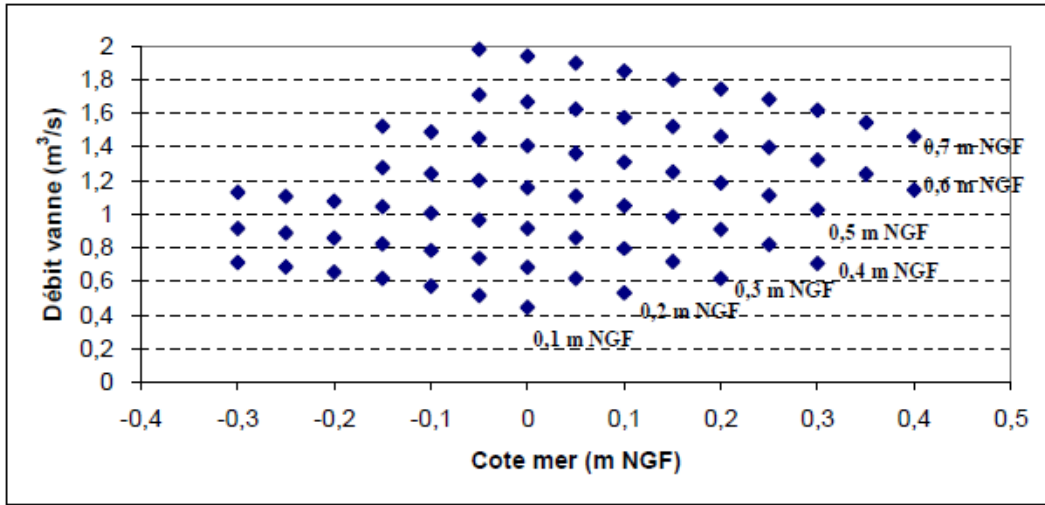
$H'$  : la cote de l'eau au-dessus du seuil à l'aval (m)

$g$  : l'accélération de la pesanteur ( $m^2.s^{-1}$ )

$K$  est le coefficient de débit

La cote des étangs est définie à l'altitude 0 m NGF tandis que le fond du chenal bétonné des martellières est à l'altitude - 0.5 m NGF. Un coefficient de débit unique est établi pour l'ensemble des vannes puisque celles-ci sont désormais toutes identiques ( $K = 0.841$ ).

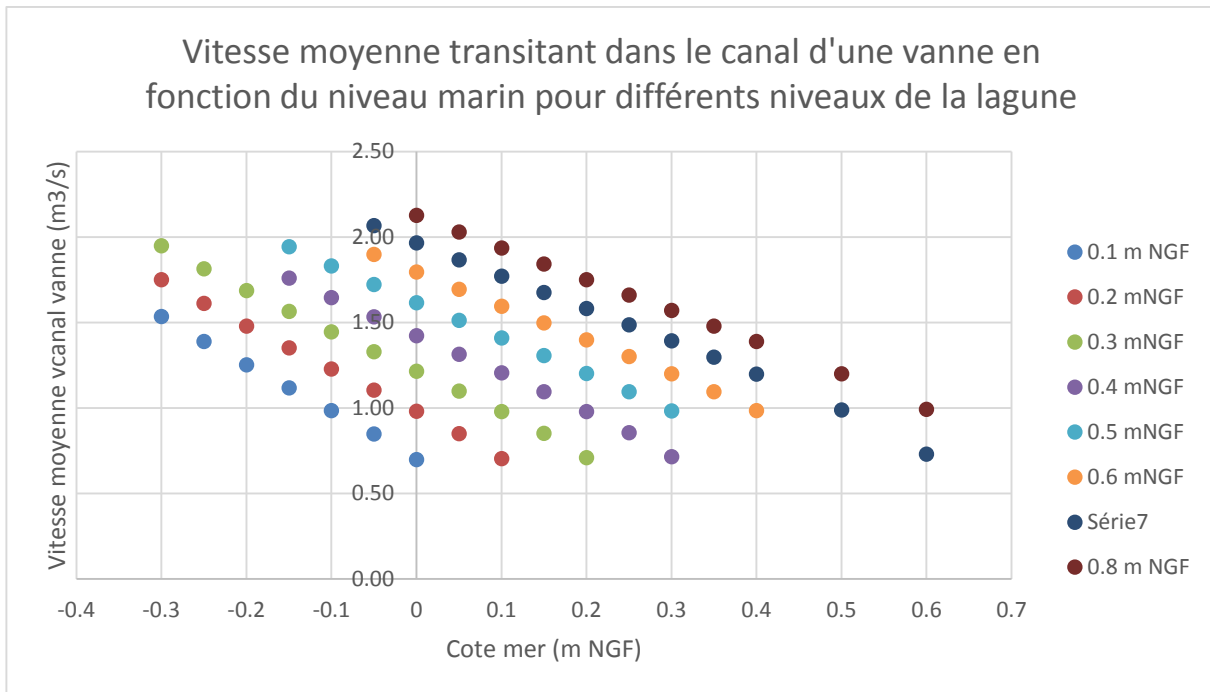
Figure 20 : Débits transitant dans une vanne du pertuis de la Fourcade en fonction de la cote du niveau marin, pour différents niveaux de la lagune (ROSECCHI & AI, 2003)



La vitesse moyenne dans le canal bétonné de chaque martellière peut également être déduite par la relation suivante (BARDIN, 2002) :

$$V_{moyenne} = \frac{Q_c}{\left(\frac{H + H'}{2}\right) * L}$$

Figure 21 : Vitesse moyenne transitant dans le canal d'une vanne



Le débit total transitant dans le pertuis est obtenu en multipliant le débit d'une vanne par le nombre de vannes ouvertes, pour un couple de hauteur d'eau mer-lagune donné (ROSECCHI & AI, 2003).

Le calcul d'un débit entrant se réalise selon le même principe, en considérant désormais le niveau de la mer comme cote amont. Les données obtenues pour un débit entrant dans la lagune sont présentées en Annexe 1.

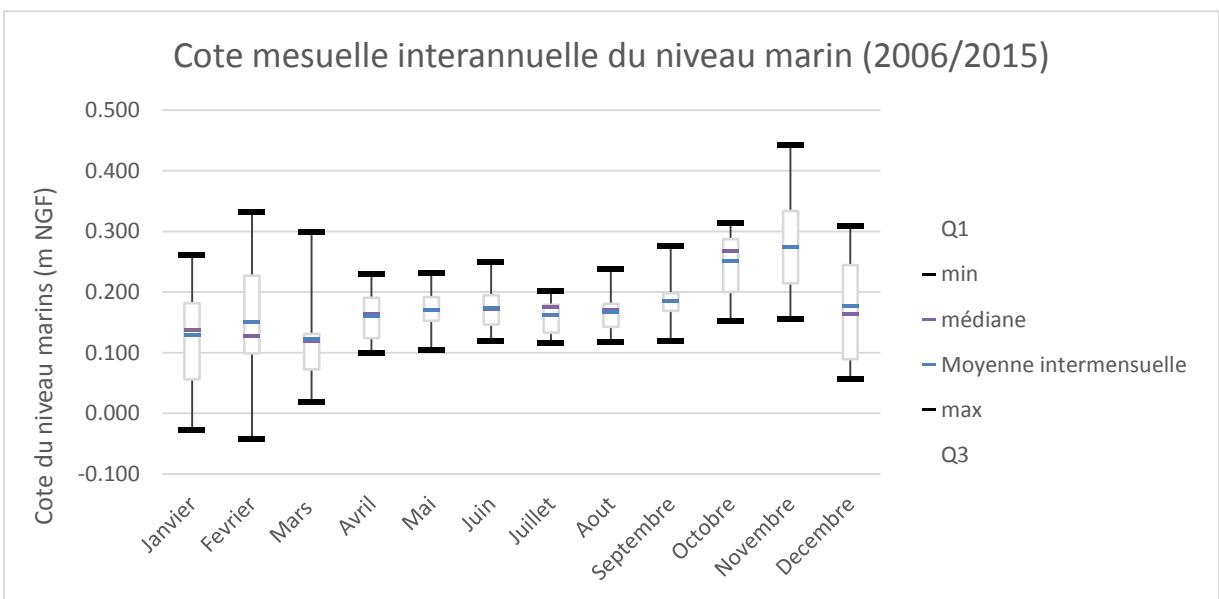
### 1.2.3.2 Vitesse dans le grau

A titre indicatif, la vitesse moyenne journalière dans le grau a été mesurée lors d'évènements hydrologiques majeurs (05/03/2014 et 16/03/2014) : Un débit de 390 000 m<sup>3</sup>.j<sup>-1</sup> correspond à une **vitesse moyenne journalière** de 0.40 m/s tandis qu'un débit de 492 000 correspond à une **vitesse moyenne journalière** de 0.85 m/s (CRIVELLI & AI, 2015). Ces valeurs correspondent néanmoins à des conditions exceptionnelles.

### 1.2.3.3 Niveau des plans d'eau

Comme illustré dans la figure ci-dessous, le niveau marin semble relativement constant au cours de l'année avec une cote moyenne de 0.18 mNGF. Les données présentent néanmoins des variations interannuelles non négligeables.

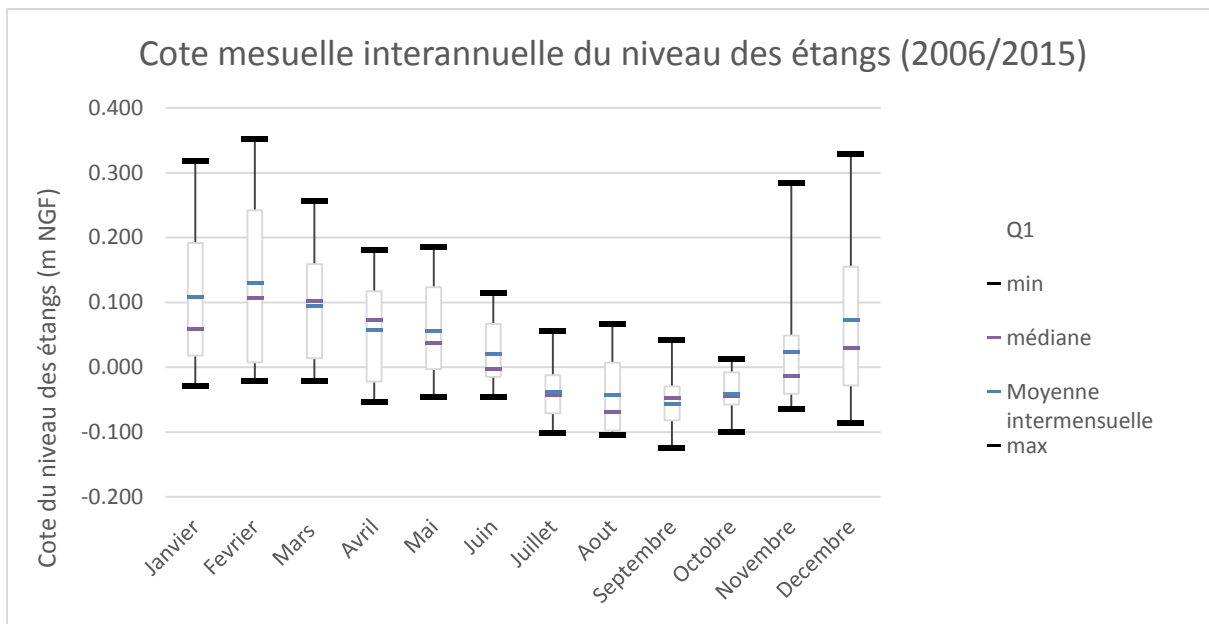
Figure 22 : Niveau marin mensuel (2006/2015)



Notons que le jeu de données utilisé rend compte d'une élévation du niveau marin sur le secteur de presque 7 cm en moins de dix ans (Annexe 2). Bien que cohérent avec le contexte généralisé d'élévation marine, il convient d'utiliser ce résultat avec précaution. En effet la faible durée de la chronique disponible pour analyser ce phénomène et les variations interannuelles évoquées précédemment ne permettent pas de garantir la robustesse de l'observation. A titre d'information, les données récoltées par le ministère du développement durable indiquent une augmentation du niveau de la mer méditerranée de 1.4 mm/an (Changement climatique et niveau de la mer : de la planète aux côtes françaises ; S.Planton & AI ; 2012).

Le niveau des étangs subit quant à lui une évolution annuelle plus marquée avec de fortes variabilités interannuelles. Les faibles hauteurs d'eau rencontrée en période estivale s'expliquent par une évaporation importante qui évacue l'eau du système. Dans le même temps, les faibles précipitations couplée à la déconnexion du niveau marin empêchent la recharge en eau des Impériaux. Les niveaux les plus importants s'observent logiquement entre décembre et mai, mois durant lesquels les précipitations sont les plus intenses.

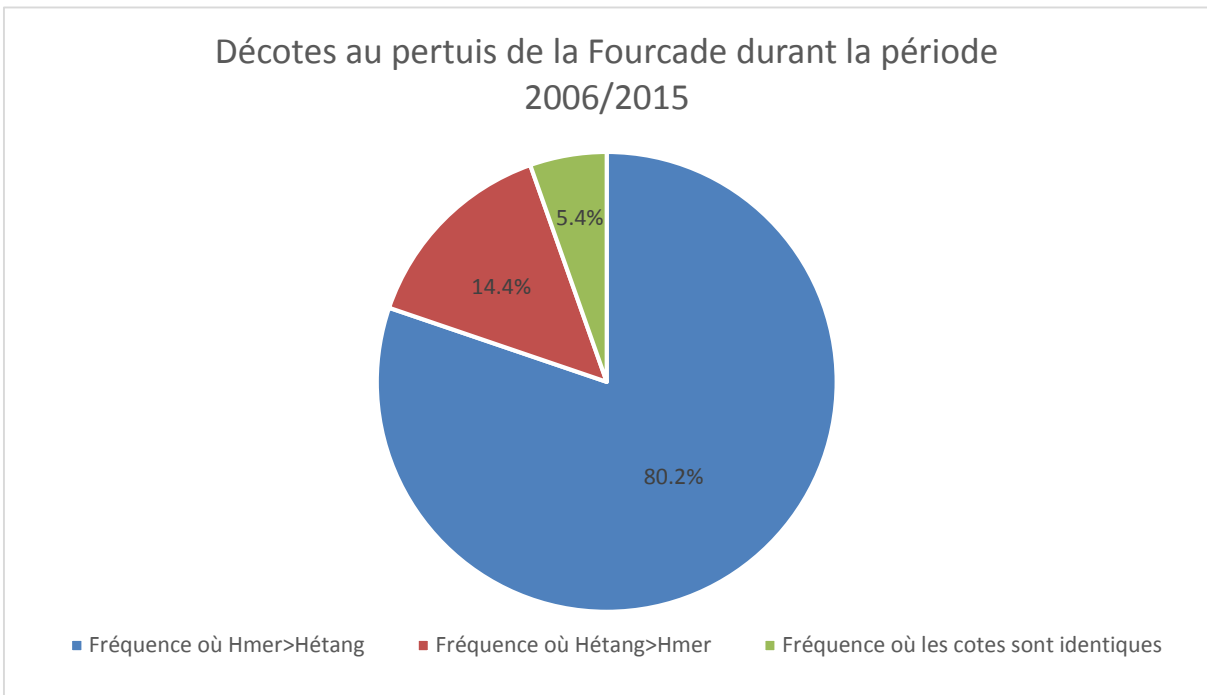
Figure 23 : niveau mensuel de l'Impérial (2006/2015)



Tel que défini dans les relevés des hauteurs d'eau au pertuis de la Fourcade, un delta H négatif intervient lorsque la cote de la mer est supérieure à celle des étangs. Cette configuration est favorable aux intrusions marines dans la lagune. Dans le cas, d'un delta H positif (niveau de l'étang supérieur à celui de la mer), les écoulements provoquent la « vidange des étangs ».

Conformément aux attentes, les décotes observées aux pertuis de la Fourcade sont très majoritairement positive (80,2% du temps) et favorisent les intrusions marines dans les étangs. Bien que l'hydrologie joue un rôle clef dans la mise en place des décotes, le basculement des plans d'eau provoqué par l'action du vent reste le principal moteur de ce phénomène (entretiens avec les acteurs).

Figure 24 : Décotes observées au pertuis de la Fourcade (2006/2015)



NB : les fréquences reportées ci-dessous sont réalisées à partir de niveaux relevés toutes les demi-heures.

#### 1.2.3.4 Gestion des vannes

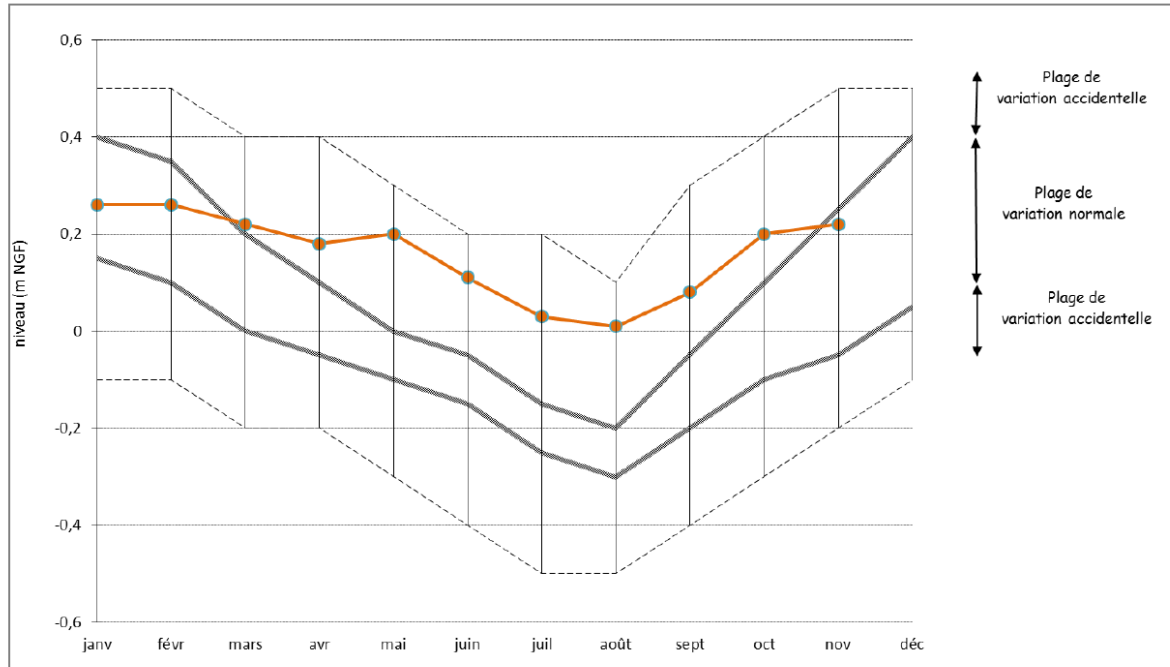
Rappelons que 4 à 5 fois par an, la Commission Exécutive de l'Eau (CEDE) se réunit pour définir la gestion du pertuis. Initialement régie par la règle des « trois vingt » (décote maximum 20 cm, niveau maximum des étangs 20 cm et salinité maximum 20 g/l), les préconisations se sont assouplies afin d'intégrer au mieux les nécessités écologiques de la lagune. Hors évènement de crise, les préconisations se répartissent comme suit (relevé de décisions de la Commission Exécutive de l'Eau) :

Tableau 4 : Synthèse de la gestion des vannes telle que décidée par la CEDE (2011/2016)

Décembre – Mars		Avril- Août		Septembre-novembre	
Hors montaison	Montaison observée			Hors dévalaison	Dévalaison observée
$\Delta H < 0$ aucune vanne ouverte	$\Delta H < -0.10$ aucune vanne ouverte	$\Delta H < -0.15$ aucune vanne ouverte		$\Delta H < 0$ aucune vanne ouverte	$\Delta H < -0.10$ aucune vanne ouverte
$\Delta H > 0$ 2 vannes ouvertes	$0 > \Delta H > -0.10$ 3 vannes ouvertes	$0 > \Delta H > -0.15$ 3 vannes ouvertes		$0 < \Delta H < 0.15$ 3 vannes ouvertes	$\Delta H > -0.10$ 3 vannes ouvertes
	$\Delta H > 0$ 5 vannes ouvertes	$\Delta H > 0$ 5 vannes ouvertes		$\Delta H > 15$ 6 vannes ouvertes	

Ces décisions s'appuient notamment sur les plans de gestions de la Réserve, afin de redonner une certaine variabilité système (figure 25).

Figure 25 : Niveaux moyens mensuels du Vaccarès en 2015 comparés aux objectifs de niveau du plan de gestion de la Réserve

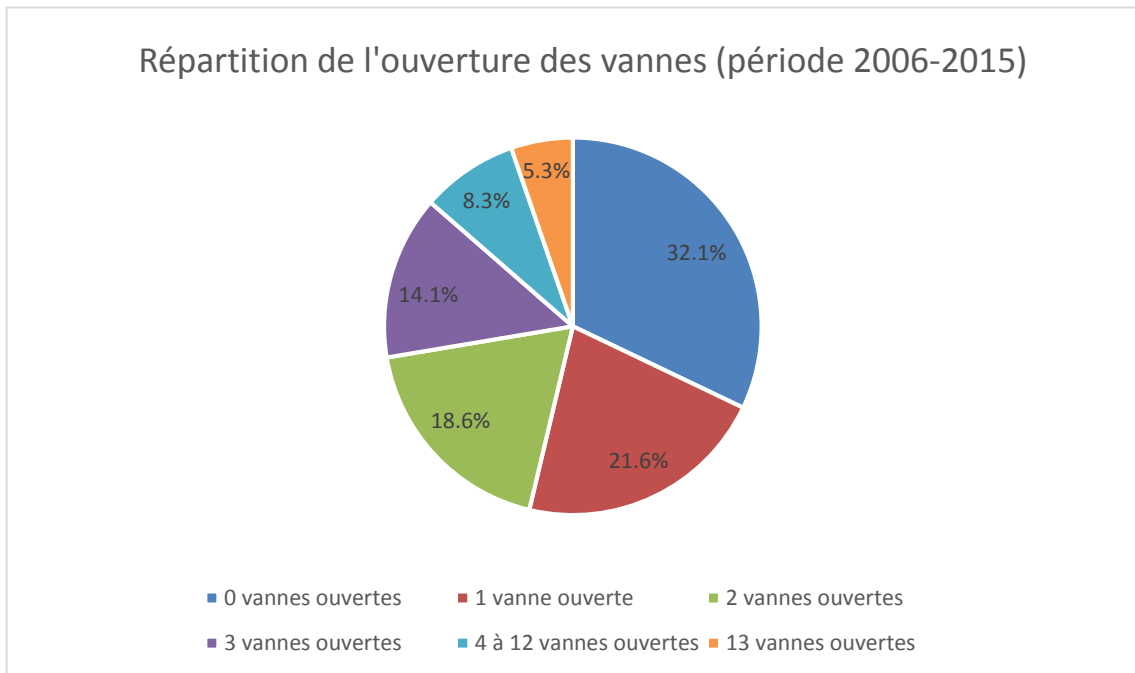


Niveaux moyens mensuels du Vaccarès en 2015 (courbe orange) comparés aux objectifs de niveau du plan de gestion de la Réserve (données RNC SNPN)

La limite d'alerte inondation dans les étangs est définie à 0.40 mNGF.

Malgré la prise en compte de la nécessité de maintenir des échanges biologiques entre la mer et la lagune, **le pertuis a empêché la libre circulation des espèces plus de 30 % du temps durant la période 2006/2015**. La manipulation des trois premières martellières représente à elle seule un peu moins de 90 % de la gestion du pertuis. L'ouverture de l'ensemble des martellières s'est également produite à plusieurs reprises.

Figure 26 : moyenne journalière des ouvertures de vannes au pertuis de la Fourcade (2011-2015)



#### OUVERTURES DE VANNES ET INCIDENCES SUR LE RECRUTEMENT EN MER

De par sa proximité avec le Rhône, il a été identifié qu'un débit minimum de **200 000 m<sup>3</sup>.j<sup>-1</sup>** (soit 2.5 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>) **pendant au moins 5 jours consécutifs**, est nécessaire pour exercer un attrait suffisant sur les cohortes de civelles en mer. Un tel débit correspond en moyenne à l'ouverture **d'au moins cinq martellières** (Crivelli et al., 2008).



## 2. Mission 2 : Analyse des impacts de l'ouvrage et des enjeux hydromorphologiques et biologiques

### 2.1 ETAT DES POPULATIONS PISCICOLES ET INCIDENCES DE L'AMENAGEMENT

#### 2.1.1 Les espèces présentes dans les étangs du Vaccarès

##### 2.1.1.1 Espèces présentes

Le tableau ci-après synthétise les résultats d'inventaires piscicoles réalisés en différents points du système Vaccarès. Les données détaillées des inventaires sont présentées en annexe 6. Au regard des données collectées, il est possible de distinguer trois groupes d'espèces :

- **Les espèces dulçaquicoles**, inféodées aux eaux douces. Provenant des canaux de drainage, ces espèces apparaissent épisodiquement dans les zones les plus dessalées de la lagune, ou à la faveur d'arrivée massive d'eau douce comme ce fut le cas lors des inondations de 1993 et 1994 baisse de la salinité jusqu'à 5 g/l). Leur abondance varie notamment en fonction de leur tolérance à la salinité, les stocks initiaux présents dans les canaux ou encore leurs caractéristiques démographiques (ROSECCHI & AI, 2003). Le pertuis de la Fourcade correspond à l'une des aires les plus salées du système Vaccarès (proximité immédiate avec la mer). En conséquence, seules deux espèces d'eau douce ont été répertoriées en 2002, il s'agit du gambusie (*Gambusia affinis*) et du pseudorasbora (*Pseudorasbora parva*), ce dernier étant classé comme nuisible.
- **Les espèces euryhalines**, poissons capables d'effectuer l'ensemble de leur cycle de vie dans la lagune, possèdent par conséquent de très bonnes facultés d'adaptation aux variations de température et de salinité caractéristiques de cet habitat. Il est donc logique que les espèces inventoriées (athérine, épinoche, famille des gobiidae, blennie paon et syngnathe) soient systématiquement capturées lors des inventaires piscicoles.

L'athérine est les gobiidae font partie des espèces dominantes en terme de densité. L'athérine représente quant à elle la deuxième biomasse la plus importante dans la lagune. Néanmoins une forte diminution du stock d'athérine s'observe depuis 2008. Deux facteurs principaux semblent expliquer cette baisse de densité. La diminution du stock coïncide avec l'apparition des premiers phénomènes de dystrophie dans la lagune et la raréfaction des herbiers dans les secteurs échantillonnés (Suivi scientifique, 2013).

- **Les espèces marines** sont-elles même subdivisées en deux sous-groupes : les espèces réalisant des migrations périodiques et les espèces réalisant des incursions occasionnelles ou rares. Les espèces marines migratrices saisonnières entrent dans la lagune pour y effectuer une partie de leur cycle biologique.

Parmi les espèces marines échantillonnées, trois migrateurs amphibiotiques sont identifiés : L'alose, la lamproie marine et l'anguille.

Malgré le classement du système Vaccarès en zone d'action prioritaire pour la lamproie marine (PLAGEPOMI), sa présence semble anecdotique puisque celle-ci n'a été capturée que durant quatre années et en faible effectif. L'anguille quant à elle est systématiquement répertoriée dans la lagune et représente l'espèce la plus abondante en termes de densité et de biomasse. L'ensemble des stades biologiques (civelle, anguille jaune et anguille argentée) sont présents dans la lagune.



La capture d'alose et plus particulièrement de juvéniles rend compte d'un phénomène de migration artificielle. En effet le système Vaccarès ne constitue pas une zone de reproduction de l'alose feinte du Rhône (*Alosa fallax rhodanensis*). Le recrutement des juvéniles dans la lagune s'effectue pendant la dévalaison via les pompes d'irrigation. Celles-ci alimentent les canaux d'irrigation, situés sur le bassin versant du système Vaccarès, avec l'eau du Rhône. Les alosons atteignent la lagune en se déplaçant dans ces canaux d'irrigation puis dans les canaux de drainage. (CRIVELLI, POIZAT, 2001).

Tableau 5 : Synthèse des populations piscicoles dans le système Vaccarès

		Année	1993 à 2002	1988-2013	1988-2013	2001-2002
		Lieu	La Capelière	La Capelière	Mornès	Pertuis de la Fourcade
		Salinité	Variations entre 5 et 15 g/l	Variations en 4 et 25 g/l	Variations en 4,5 et 27 g/l	Environ 15 g/l
		Producteur de données	Tour du Valat	Réserve naturelle nationale de Camargue	Réserve naturelle nationale de Camargue	Tour du Valat
Espèces maritimes	Flet commun	<i>Platichthys flesus</i>	X	X	X	X
	Turbot	<i>Psetta maxima</i>		X		X
	Sardine	<i>Sardina pilchardus</i>	X	X		X
	Liche glauque	<i>Trachinotus ovatus</i>				X
	Congre (leptocephales)	<i>Conger conger</i>				X
	Rouget de roche	<i>Mullus surmuletus</i>				X
	Orphie	<i>Belone belone</i>		X	X	
		<i>Mugilidae</i>	X	X	X	X
	Famille des sparidés	<i>Sparidae</i>	X	X	X	X
	Anchois commun	<i>Engraulis encrasicolus</i>	X	X	X	X
		<i>Solea spp.</i>	X	X	X	X
	Serpent de sable	<i>Ophisurus serpens</i>				X
Loup ou bar	<i>Dicentrarchus labrax</i>	X	X	X	X	
Espèces migratrices obligatoire	Lamproie marine	<i>Petromyzon marinus</i>		X	X	
	Anguille européenne	<i>Anguilla anguilla</i>	X	X	X	X
	Alose feinte du Rhône	<i>Alosa fallax rhodanensis</i>	X	X	X	
Espèces sédentaires	Athérine	<i>Antherina boyeri</i>	X	X	X	X
		<i>Gobiidae</i>	X	X	X	X
	Syngnathe (hippocampe)	<i>Syngnathidae</i>	X	X	X	X
	Blennie paon	<i>Salaria pavo</i>	X	X	X	X
	Epinoche	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	X	X	X	X

		Année	1993 à 2002	1988-2013	1988-2013	2001-2002
		Lieu	La Capelière (étang du Vaccarès)	La Capelière	Mornès	Pertuis de la Fourcade
Espèces dulçaquicoles	Pseudorasbora	<i>Pseudorasbora parva</i>	X	X	X	X
	Poisson-chat	<i>Ameiurus melas</i>	X	X	X	
	Perche soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>	X	X	X	
	Ablette	<i>Alburnus alburnus</i>	X	X	X	
	Sandre	<i>Stizostedion lucioperca</i>	X	X	X	
	Carassin doré	<i>Carassius auratus</i>	X	X	X	
	Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	X	X	X	
	Tanche	<i>Tinca tinca</i>	X	X	X	
	Barbeau fluviatil	<i>Barbus barbus</i>		X		
	Gambusie	<i>Gambusia affinis</i>	X	X	X	X
	Gardon	<i>Rutilus rutilus</i>	X	X	X	
	Silure glane	<i>Silurus glanis</i>	X	X	X	
	Grémille	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	X	X		
	Hotu	<i>Chondrostoma nasus</i>	X	X	X	
	Brochet	<i>Esox lucius</i>	X	X		
	Perche commune	<i>Perca fluviatilis</i>	X			
	Black bass	<i>Micropterus salmoides</i>		X		
	Chevesne	<i>Leuciscus cephalus</i>	X	X		
	Goujon	<i>Gobio gobio</i>	X	X		
Carpe	<i>Cyprinus carpio</i>	X	X	X		
Brème commune & Brème bordelaise	<i>Abramis brama &amp; Blicca bjoerkna</i>	X	X	X		
		Richesse spécifique	Variation entre 26 et 44 espèces	Variation entre 8 et 31 espèces	Variation entre 7 et 24 espèces	26 espèces

### 2.1.1.2 Stades biologiques présents

Pour la majorité des espèces marines répertoriées, les poissons entrent dans la lagune au stade de juvéniles et utilisent ce biotope comme aire de grossissement. Cette information est validée par les pêcheurs locaux qui précisent que les poissons quittent l'étang aux alentours de 100-150 grammes.

Le cas de l'anguille est quelque peu différent puisque que l'espèce n'effectue qu'une seule et unique montaison au cours de son cycle de développement et utilise la lagune comme aire de grossissement et de maturation durant plusieurs années : Les civelles nouvellement arrivées pénètrent dans la lagune par le pertuis de la Fourcade, se transforment en anguilles jaunes et la quitteront en tant qu'anguilles argentées, 2 à 20 ans plus tard en fonction de leur sexe (CRIVELLI & AI, 2015). Ce cycle biologique particulier explique la présence de différents stades de développement et tailles d'anguilles qui sont rencontrées dans la lagune.

### 2.1.1.3 Espèces valorisables

Les deux espèces présentant un intérêt économique majeur sur le secteur sont l'anguille et l'athérine (également appelé joël). La pêche de l'anguille peut notamment représenter jusqu'à 70% des revenus globaux des pêcheurs professionnels des lagunes littorales (BEVACQUA, MELIA, CRIVELLI, GATTO, DE LEO, 2007).

### 2.1.2 Les capacités de déplacement des espèces présentes

Les espèces présentées ci-après n'ont fait l'objet d'aucune sélection et correspondent aux données bibliographiques disponibles.

Comme mis en évidence précédemment, une fraction importante des individus entrant dans la lagune est constituée de juvéniles, ce qui implique une capacité de nage plus faible que celle constatée pour les adultes. Pour de nombreuses espèces une vitesse de 0.5 m/s semble être le seuil au-delà duquel la nage à contre-courant est impossible. Il est même constaté que la majorité des migrations d'entrée dans la lagune se font lorsque le courant circule de la mer vers la lagune (Tour du Valat ; BARBIN O.2002).

Excepté la famille des Mugilidae, aucune espèce répertoriée dans les étangs du Vaccarès ne présente de capacité de sauts.

Seule l'anguille possède des capacités de reptation.

#### 2.1.2.1 Vitesse de nage des stades juvéniles.

Hormis les civelles, les vitesses de nage des jeunes stades biologiques des populations piscicoles sont peu renseignées dans la littérature. Néanmoins certaines observations ont mis en évidence que les petits poissons pélagiques<sup>1</sup> sont capables de maintenir une vitesse maximale, fonction de leur longueur (bd.s<sup>-1</sup>)<sup>2</sup> durant moins de 15 secondes. Estimée en moyenne à 10 bd.s<sup>-1</sup>, celle-ci semble supérieure pour les très petits individus (<10 cm) avec des vitesses maximale avoisinant les 25 bd.s<sup>-1</sup> (BARBIN O.2002).

La vitesse de nage des **athérines, juvéniles de loups et juvéniles de daurades** (individu de 5 cm) est donc comprise entre **1 et 1.25 m.s<sup>-1</sup>**.

Les poissons benthiques (flet, solea spp.) présentent généralement des capacités de nage plus faible que les poissons pélagiques. Celles-ci sont généralement comprises entre 10 et 15 bd.s<sup>-1</sup>, soit environ 1 à 1.5 m.s<sup>-1</sup> pour un individu de 10 cm. La colonisation des zones estuariennes semblerait néanmoins se dérouler préférentiellement de manière passive (MRM).

#### 2.1.2.2 L'anguille

L'anguille, notamment au stade de civelles, possède une capacité de nage largement inférieure à celle des autres espèces migratrices, et diffère selon le stade de développement. Une civelle mesurant 8 cm possède une vitesse de nage maximale de 0.5 m/s, qui peut être maintenue sur environ 30 cm. Pour une vitesse de 0.3 m/s, la distance maximale parcourue est désormais d'environ 3m. Il semblerait qu'un blocage hydrodynamique apparaisse dès 0.36 m/s.

Un individu de 60 cm possède quant à lui une vitesse maximale de nage proche de 1.14 m/s (CRIVELLI, GEORGEON, LEBEL, CONTOURNET, 2015).

<sup>1</sup> Qualifie les espèces évoluant dans la colonne d'eau

<sup>2</sup> Body size per seconde

L'anguille possède également une capacité de reptation qui lui permet de franchir des barrières physiques. Les plus petits individus sont capables de gravir des supports verticaux. Les capacités de franchissement des obstacles verticaux diminuent avec l'augmentation de la taille des individus (guide ICE de l'ONEMA).

Remarque : Comme précédemment cité (1.2.3.5 : *Gestion des vannes*) il a été identifié qu'un débit minimum de **200 000 m<sup>3</sup>.j<sup>-1</sup> pendant au moins 5 jours consécutifs**, est nécessaire pour exercer un attrait suffisant sur les cohortes de civelles en mer. Les débits supérieurs à 200 000 m<sup>3</sup>.j<sup>-1</sup> **sont donc à la fois attractant mais également limitant puisque ceux-ci entraînent des vitesses moyennes journalières proches ou supérieures aux capacités de nage de l'espèce.**

### 2.1.2.3 Gobiidae

Le **transport** des jeunes stades de gobies dans la lagune s'effectue presque uniquement de manière **passive**, ce qui suggère des capacités de nage très réduites. Les adultes possèdent une vitesse maximale de nage de 0.54 m/s (ROSECCHI & Al., 2003).

### 2.1.2.4 Mugilidae

Avec une taille oscillant entre 30 et 70 cm, les adultes de la famille des Mugilidae possèdent une vitesse de nage comprise entre 4.0 et 5.5 m/s. Les adultes sont également capables de sauter pour franchir les obstacles.

Le loup (*Dicentrarchus labrax*) au stade adulte semble posséder des capacités de nage similaire mais ne possède pas de capacité de saut.

### 2.1.2.5 Le flet

Ce migrateur amphibiotique catadrome est régulièrement observé dans le système Vaccarès. Il s'agit d'un poisson plat au comportement principalement benthique<sup>3</sup>. Cette morphologie ne lui confère pas des vitesses de nage très élevées, inférieures à 1.5 m/s pour les spécimens adultes (Guide ICE ONEMA).

Possédant une morphologie similaire pour une taille inférieure, la vitesse maximale de nage des différentes espèces de soles (*solea spp.*) peut être rapprochée de celle du flet.

## 2.1.3 Les périodes de migration des espèces présentes

Les espèces présentées ci-dessous n'ont fait l'objet d'aucune sélection et correspondent aux données bibliographiques disponibles.

Deux mouvements migratoires distincts sont effectués par la majorité des espèces du système Vaccarès : la montaison qui correspond à l'entrée des alevins dans la lagune au printemps puis la dévalaison en direction de la mer à la suite de la période de grossissement, débutant en automne. Les périodes de migration varient suivant les espèces considérées et la localisation géographique du site étudié. Les migrations dans l'ensemble des lagunes méditerranéennes semblent néanmoins semblables (BARBIN O.2002).

<sup>3</sup> Qualifie les espèces évoluant près du fond

### 2.1.3.1 L'entrée dans le système lagunaire

Le phénomène migratoire d'entrée dans la lagune est bien observé dans le système Vaccarès. Les périodes de migration des quatre espèces suivantes ont été étudiées dans le système Vaccarès et les lagunes méditerranéennes voisines.

La première espèce à se présenter au pertuis de la Fourcade est l'anguille au stade de civelles. L'apparition des premières cohortes d'individus de faible stade pigmentaire, s'effectue généralement début novembre avec un pic d'abondance en janvier-février. Une deuxième cohorte d'individu de faible stade pigmentaire est régulièrement observée en avril. Les dernières cohortes de civelles sont généralement observées fin mai (LEFEBRE 2003).

Les gobiidae semblent entrer dans la lagune en deux cohortes distinctes. Les individus adultes entrent dans la lagune entre mars et mai tandis que les juvéniles n'apparaissent qu'à la fin du mois de mai (BARBIN, 2002 ; ROSECCHI & Al., 2003)

De même, les athérines (*Antherina boyeri*) apparaissent en deux cohortes distinctes. La première, constituée d'adultes, entre mars et mi-mai alors que les juvéniles apparaissent à partir de juin. Le pic d'abondance est observé entre mi-juin et juillet (BARDIN O., 2002).

Après une période de reproduction en mer entre les mois de décembre et mars, Les juvéniles de loups (*Dicentrarchus labrax*) migrent dans les lagunes et estuaires. Leur apparition dans ces écosystèmes est constatée entre avril et juillet (BARDIN O., 2002).

La migration des daurades dans les lagunes méditerranéennes s'étale sur une période assez longue d'environ 6 mois. Durant cette période les différentes classes d'âges se succèdent à l'entrée de la lagune. Les individus déjà âgés d'un an ou deux ans sont les premiers à entrer dans la lagune dès la fin du mois de février. Les juvéniles de l'année (appelés 0+) apparaissent quant à eux à la fin du mois d'avril. L'entrée des daurades adultes (individus d'au moins trois ans) semble commencer au début du mois de mai (ADOUIN, 1962).

Tableau 6 Période de migration (entrée) de différentes espèces rencontrée dans le système Vaccarès

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou	Sept	Oct	Nov	Dec
Civelles												
Gobiidae adultes												
Gobiidae juvéniles												
Athérines adultes												
Athérines juvéniles												
Loups												
Sparidae adultes												
Sparidae juvéniles												

Adultes
  Juvéniles

### 2.1.3.2 La sortie du système lagunaire

Ce phénomène migratoire est moins marqué que le précédent. Il semblerait en effet que les poissons sortent de la lagune de manière diffuse dès la fin du mois d'août, sans réelle période de prédominance (ROSECCHI & Al., 2003).

La dévalaison des anguilles argentées est généralement observée en automne et hiver (Guide ICE) alors que celle des athérines et gobiidae s'effectue principalement l'hiver.

Selon une étude de la daurade dans l'étang de Thau, la sortie de l'ensemble des classes d'âge s'effectue durant le mois d'octobre puisque la reproduction s'effectue durant la période hivernale en mer (ADOUIN, 1962).

Bien que la présence de jeunes aloses dans le système Vaccarès soit le résultat d'une migration artificielle, ces dernières y trouvent des conditions de grossissement parfaitement adaptées (CRIVELLI, 2001). La sortie en mer de ces juvéniles a lieu entre novembre et mars, pour le système Vaccarès. Cette migration intervient plus tardivement que dans les autres systèmes hydrographiques (fin de l'été/début de l'automne selon le guide ICE) et semble être principalement déterminée par les périodes d'ouverture des vannes (martelières fermées de manière permanente entre juin et octobre/janvier durant la période de l'étude) (CRIVELLI, 2001).

### 2.1.4 Les espèces protégées ou faisant l'objet d'une réglementation particulière

Parmi les espèces répertoriées dans le système Vaccarès, seule l'anguille est classée CR (Critically Endangered) sur la liste rouge de l'IUCN, au niveau mondial et en France depuis 2008.

**L'anguille est l'espèce qui présente un enjeu majeur dont sa migration dans les rivières et fleuves est fondamentale pour son développement. En raison de son déclin, elle fait l'objet d'un Plan de Gestion à l'échelle nationale et européenne.**

Notons que l'aloise feinte (*Alosa fallax*) est classée comme vulnérable sur la liste UICN, uniquement sur le territoire français.

### 2.1.5 Espèces cibles pour le dimensionnement

L'objectif de restauration de la continuité écologique au pertuis de la Fourcade concerne l'ensemble des espèces recensées dans les étangs du système Vaccarès. L'anguille, au stade juvénile, présente les capacités de nage **les plus faibles** parmi les espèces inventoriées (hors espèces n'utilisant que le transport passif) : le dimensionnement d'un dispositif de franchissement pour cette espèce permettra de restaurer la continuité écologique pour l'ensemble des espèces recensées, et ce quel que soit le stade biologiques.

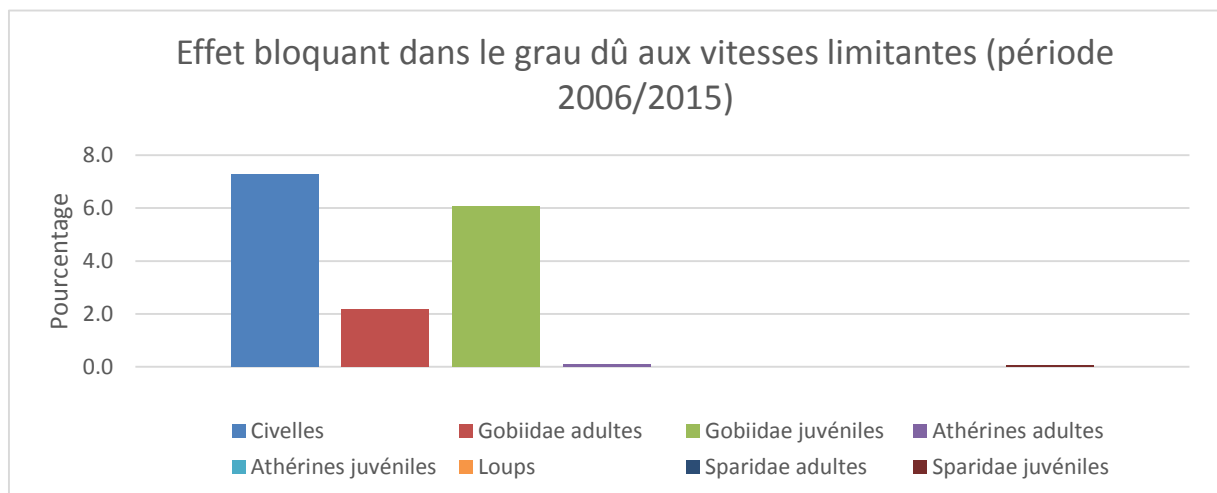


## 2.2 CONCLUSION DU DIAGNOSTIC : L'EFFET BLOQUANT DE PERTUIS DE LA FOURCADE SUR LES POPULATIONS PISCICOLES.

### 2.2.1 Vitesse limitantes dans le grau

Avant de caractériser l'effet bloquant de l'ouvrage, il convient de s'intéresser préalablement à l'apparition de vitesses critiques dans le grau de la lagune, celui-ci constituant le premier obstacle lors d'une migration d'entrée dans les étangs (figure 13).

Figure 27 : Effet bloquant dû aux vitesses limitantes dans le grau (2006 /2015)

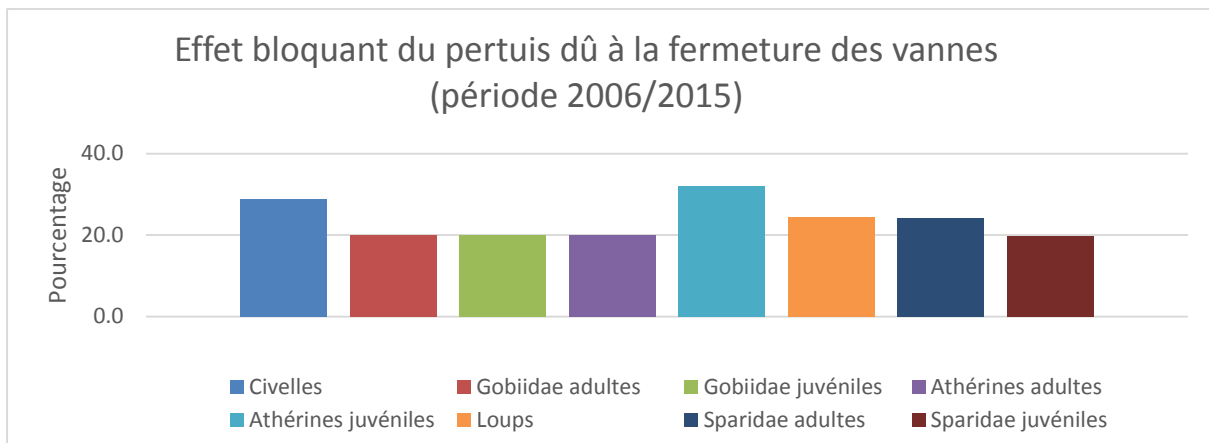


Bien que le traitement des données soit effectué à partir de vitesses moyennes journalières, le blocage dû aux vitesses excessives dans le grau peut être considéré comme surévalué : Lors de l'apparition de vitesses importantes, les poissons privilégieront une voie de migration proche des berges, là où les frottements créés par les enrochements des digues freinent les écoulements et rendent les vitesses compatibles avec leurs capacités biologiques.

### 2.2.2 Effet bloquant de l'ouvrage

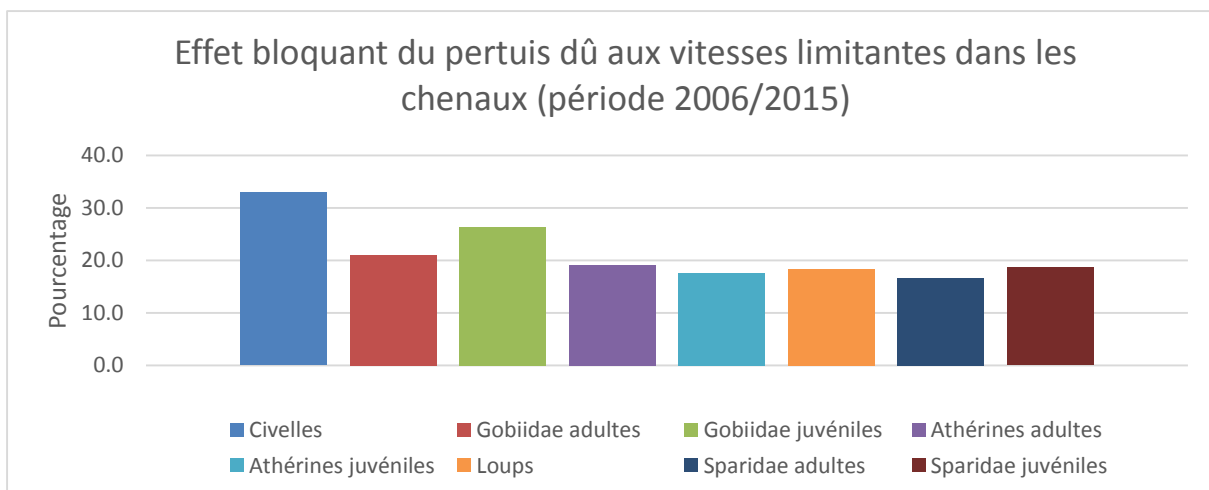
Le premier blocage identifié au niveau de l'ouvrage et l'absence de connexion hydraulique entre le grau et la lagune, suite à la fermeture de l'ensemble des vannes. **En période de migration**, cette configuration a empêché l'entrée des espèces piscicoles dans la lagune en moyenne 23.6 % du temps. L'athérine au stade juvénile est l'espèce la plus impactée (32%) puisque sa période de migration correspond aux mois présentant le plus de décotes défavorables à l'ouverture des vannes, dans le fonctionnement actuel de l'ouvrage.

Figure 28 : Effet bloquant de l'ouvrage dû à la fermeture des vannes (2006/2015)



Le deuxième blocage identifié correspond à l'apparition de vitesses limitantes dans les chenaux bétonnés en amont des martelières, lorsque les vannes sont ouvertes. Ces vitesses induisent un blocage hydrodynamique, notamment pour espèces aux capacités de nage limitées (civelles et espèces benthiques). Durant la période de migration, ces vitesses ont empêchées le franchissement de l'ouvrage (en période d'ouverture des vannes) plus de 30 % du temps chez les civelles.

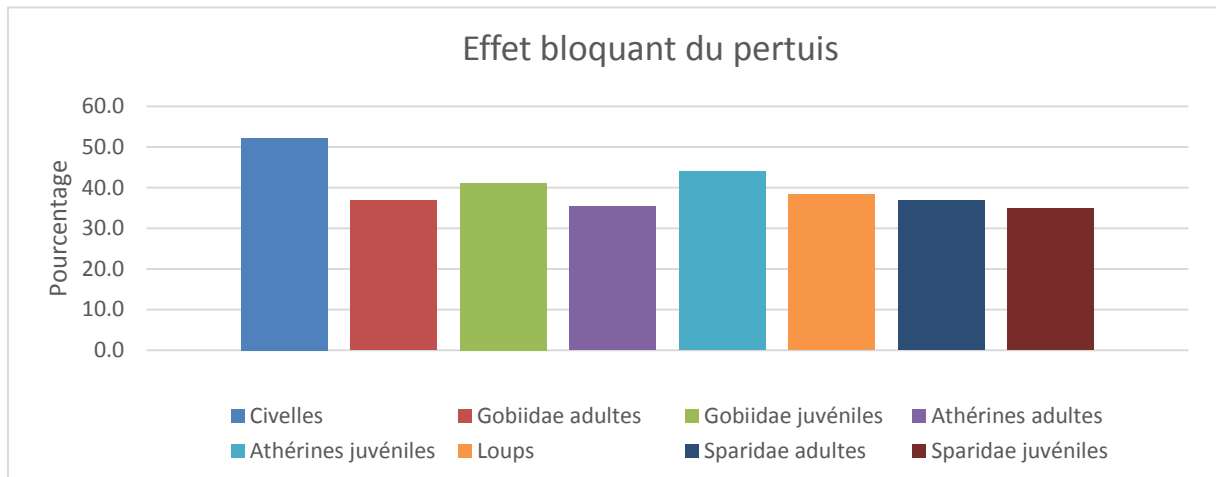
Figure 29 : Effet bloquant de l'ouvrage dû aux vitesses limitantes (2006/2015)



NB : la vitesse maximale de nage des civelles utilisée dans le traitement des données ( $0.3 \text{ m.s}^{-1}$ ) ne peut être maintenue sur plus de 3m. Etant donné les dimensions du chenal bétonné, l'effet bloquant présenté est sous-estimé. Pour les athérines, juvéniles de loups et juvéniles de daurades la vitesse maximale de sprint a été abaissée à  $0.61 \text{ m.s}^{-1}$  afin de permettre le franchissement des 9 m chenaux bétonnés (la vitesse de nage maximale peut être maintenue durant 15 secondes).

**Le croisement de ces facteurs permet de mettre en évidence un effet bloquant de l'ouvrage compris entre 52.3 % et 34.9 % du temps de migration des espèces. Ces estimations ne tiennent toutefois pas compte de l'attraction parasite du rejet de la station de l'éolienne.**

Figure 30 : Effet bloquant de l'ouvrage (2006/2015)



L'absence d'un phénomène marqué de sortie des espèces piscicoles de la lagune ne permet pas d'estimer précisément l'effet bloquant du pertuis pour ce sens de migration. Néanmoins, en considérant que ce phénomène a lieu préférentiellement entre **septembre et décembre**, la fermeture des martelières a empêché la sortie des espèces piscicoles **43.5 % du temps de migration**.

Par courant entrant, les vitesses ont été supérieures à  $1.14 \text{ m.s}^{-1}$  (vitesse maximale de sprint pour l'anguille adulte) **52,4 % du temps de migration, lorsque les vannes étaient ouvertes**.

Le blocage total de l'ouvrage sur la sortie des communautés piscicoles est estimé à **73.1% du temps de migration**. Malgré l'obtention de capacité de nages supérieures, liée au grossissement des individus dans la lagune, les vitesses observées par courant entrant sont globalement plus élevées que celles obtenues par courant sortant. Dans cette configuration, le rejet de la station de l'Eolienne n'exerce aucune influence sur la migration.

## 2.3 INCIDENCES SUR L'HYDROMORPHOLOGIE

Les principaux apports de sédiments dans la lagune proviennent du bassin de drainage, l'apport moyen de ce dernier est d'environ 2000 t/an. A la faveur de crues importantes, les intrusions d'eau du Rhône peuvent charrier des quantités importantes de sédiments, principalement sous forme de matière en suspension (15 000 tonnes lors de la crue du 11 octobre 1993).

L'étang de l'Impérial (proximité immédiate du pertuis de la Fourcade), se caractérise par une faible hauteur d'eau et une importante quantité de sédiments facilement remise en suspension sous l'action du vent (Rosecchi et al., 2008). Un processus d'envasement important a lieu à proximité immédiate du pertuis, entraînant ponctuellement l'intervention de moyens humains pour restaurer une connexion hydraulique avec le nord de l'étang. Un phénomène similaire est également observé à la des Impériaux avec l'étang du Vaccarès, réduisant considérablement les échanges hydrauliques et salins entre les deux masses d'eau (entretiens avec les acteurs).

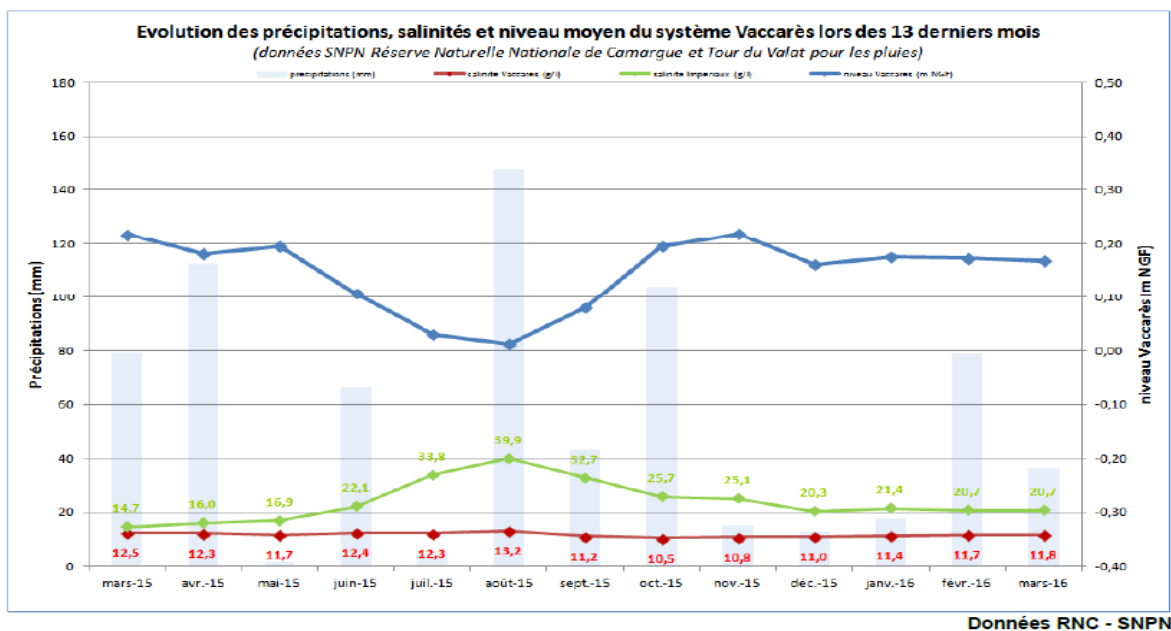
Bien que les vitesses parfois importantes dans le chenal aient une influence négative sur le recrutement des poissons au sein du système Vaccarès, celles-ci permettent de conserver une faible quantité de sédiments dans le grau et limitent donc les opérations de curage de ce dernier (service technique de la commune des Saintes Maries de la mer).

## 2.4 LA SALINITE DANS LE SYSTEME VACCARÈS

De par leur position interstitielle entre les eaux continentales et marines, les lagunes sont soumises à des variations perpétuelles de leurs facteurs abiotiques<sup>4</sup> : salinité, quantité d'eau, température, etc. Au sein du système Vaccarès la salinité connaît des variations temporelles (interannuelles et mensuelles) et spatiales :

- De manière générale, le système Vaccarès connaît un gradient de salinité situé sur un axe nord-sud. Pour un même mois la salinité est plus importante au sud (proximité avec la mer) qu'au nord. Ce phénomène s'explique principalement par la position des exutoires de canaux agricoles qui, par effet de dilution, abaissent la salinité dans ces secteurs. Notons que localement certaines zones, souvent « compartimentées » du reste de la lagune, présentent une salinité plus importante provoquée par une configuration de marais salant : faible profondeur, faible circulation hydraulique et évaporation accrue.
- L'évaporation joue un rôle majeur dans l'évolution mensuelle de la salinité. En effet celle-ci entraîne une concentration en sel dans les étangs et donc une augmentation de la salinité. Cet effet est particulièrement observable dans les étangs inférieurs (proximité du pertuis) où la salinité peut atteindre plus de 70 g/l. A titre de comparaison la salinité de la mer Méditerranée est de 37 g/l (hors évènement hydrologique notoire). La salinité de l'étang du Vaccarès reste quant à elle relativement stable tout au long de l'année à cause de l'effet de dilution précédemment exposé (suivis scientifique 2015).

Figure 31 : Evolution mensuelle et spatiale de la salinité dans le système Vaccarès (2015)



- Enfin les variations de salinité interannuelles sont étroitement liées aux conditions hydrologiques. En effet les intrusions massives d'eau douce, observées en périodes de crues, sont responsables d'une baisse globale de la salinité des étangs du Vaccarès. A titre d'exemple, les inondations survenues durant l'hiver 1993/1994 ont provoqué une diminution durable de la salinité : passage de 15 g/l à 5 g/l pendant trois ans (Rosecchi & Al., 2003).

Au cours des dernières années, la gestion du pertuis de la Fourcade a favorisé une ré augmentation de la salinité suite aux évènements 1993/1994. Selon les dernières données disponibles, la salinité de l'étang du Vaccarès est comprise entre 11 et 17 g/l tandis que les étangs inférieurs oscillent entre 22 et 56 g/l.

<sup>4</sup> Ensemble des facteurs physico-chimique d'un écosystème.

Comme présenté précédemment, la salinité influe directement sur la répartition des populations piscicoles. L'augmentation de salinité constatée ces dernières années a entraîné une relocalisation des espèces dulçaquicoles dans leurs aires initiales de répartition (zones les moins de salées du système). En effet, ces espèces avaient largement colonisées l'étang du Vaccarès suite aux intrusions massives d'eau douce de 1993/1994.

Peu d'espèces marines sont capables de supporter les salinités rencontrées sur certains secteurs entre juillet et novembre. Bien qu'il s'agisse d'un phénomène normal, les concentrations en sel durant cette période avoisine la salinité critique de 40-50 g/l supportée par les espèces marines présentes (Hunya & Al, 1994). En réponse à l'apparition de ces conditions défavorables, les espèces effectuent des migrations localisées au sein du système.

La restauration d'échanges plus importants avec la mer permettra à court et moyen terme d'accroître la variabilité du système vis-à-vis de nombreux paramètres abiotiques. Bien que pouvant induire localement et périodiquement la perte d'habitats (cas des sansouïres), les gains escomptés seront majoritairement bénéfiques : restauration d'une continuité écologique ; restauration d'une variabilité saline ; restauration d'une variabilité des échanges hydrauliques ; relocalisation des habitats (entretien avec les acteurs).

## 2.5 CONTACTS ET DEPLACEMENTS

Des entretiens individuels ont été menés avec les différents acteurs entre le 10/05/2016 et le 03/06/2016. Les organismes suivants ont été contactés dans le cadre de la réalisation du diagnostic :

- Parc Naturel Régional de Camargue
- SYMADREM
- MRM
- Représentant de la pêche
- Tour du Valat
- Réserve Naturelle Nationale de Camargue
- Mairie des Saintes maries de la mer

Ces entretiens ont permis de présenter aux acteurs l'avancement de l'état des lieux ainsi que la mise en évidence des impacts engendrés par l'ouvrage, les premières options d'aménagements et de récupérer des données complémentaires ainsi que l'avis des acteurs locaux sur les aménagements proposés.

Parmi les problématiques évoquées, le débit d'attrait concurrentiel formé par le rejet de la station de l'éolienne constitue l'interrogation majeure. De même la position du futur dispositif de franchissement, afin de gérer au mieux cet attrait, reste à déterminer. L'impact d'intrusions marines plus fréquentes sur les écosystèmes des Impériaux ont également abordés.

L'ensemble des acteurs se sont montrés favorables aux premières propositions d'aménagements avec toutefois une préférence pour le scénario dit « rivière de contournement » (les premières propositions d'aménagement sont présentées dans le chapitre 3).

De ces échanges ont émergés plusieurs réflexions :

- Disposer une « rivière de contournement » avec différentes cotes de radiers afin de s'adapter aux marnages importants tout en limitant les volumes d'eau introduits dans la lagune.
- Mettre en place un dévers latéral dans la rivière de contournement avec un support adapté (type filament PVC) afin de favoriser la remontée des civelles.
- Mettre en place une grille manœuvrable sur le dispositif afin de valoriser l'aménagement, faciliter son entretien et limiter le braconnage.

Deux documents complémentaires ont également pu être récupérés :

- Les relevés de décisions de la Commission Exécutive de l'Eau, entre 2011 et 2016, ont été transmis par le Parc Naturel Régional de Camargue.
- Les données de débits-vitesses-hauteurs d'eau journalières et le nombre de vannes ouvertes, entre 2006 et 2015, ont été transmises par la Tour du Valat.



## 2.6 SYNTHÈSE DU DIAGNOSTIC SUR LA CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE AU DROIT DE L'OUVRAGE

Le diagnostic réalisé dans le cadre de l'étude de restauration des continuités écologiques au sein du Pertuis de la Fourcade a conduit aux observations suivantes :

- Sur la période 2006-2015 :
  - L'ensemble des vannes ont été clôturées 32.1% du temps. Les ouvertures sont restées quant à elles majoritairement focalisées sur 1 vanne (21.6%), 2 vannes (18.6%) et 3 vannes (14.1%).
  - Les cotes observées de parts et d'autres du pertuis ont été très largement en faveur d'intrusions marines (80.2%).
- Parmi les espèces répertoriées, les civelles possèdent **les plus faibles capacités de nage** ( $V_{\text{maximum}} = 0.3 \text{ m.s}^{-1}$ ). Le dimensionnement d'un dispositif permettant le franchissement de l'ouvrage par cette espèce assurera donc **la restauration de la continuité écologique pour l'ensemble des espèces inventoriées.**
- La période de migration correspondant à l'entrée des poissons dans la lagune s'étend de novembre à août principalement (toutes espèces confondues).
- La période de migration correspondant à l'échappement des poissons en mer s'étend de septembre à décembre.
- Lors de la migration d'entrée dans la lagune, les espèces sont restées bloquées en moyenne 23.7 % du temps du fait de la fermeture des vannes. Durant la même période, lorsque les vannes étaient ouvertes, les espèces ont rencontrées des vitesses limitantes dans les chenaux 21.4%du temps. **L'effet bloquant global de l'ouvrage, lors des migrations d'entrée dans la lagune, est donc estimé à 40% (toutes espèces confondues).**
- Lors de la migration de sortie de la lagune, les espèces sont restées bloquées en moyenne 43.5 % du temps du fait de la fermeture des vannes. Durant la même période, lorsque les vannes étaient ouvertes, les espèces ont rencontrées des vitesses limitantes dans les chenaux 52.4%du temps. **L'effet bloquant global de l'ouvrage, lors des migrations de sortie de la lagune, est donc estimé à 73.1% (toutes espèces confondues).**

**Un blocage important des processus migratoire a donc été identifié au droit de l'ouvrage ; et ce dans les deux sens de migration.**

**Au vu des éléments de diagnostic établi, il est impératif, pour rétablir la continuité écologique au droit du pertuis de la Fourcade, d'assurer une continuité permanente entre la mer et les étangs, et de réduire les vitesses transitant au droit des chenaux via un aménagement piscicole spécifique.**

## 3. Premières propositions d'aménagements

L'objectif de ce chapitre est de présenter les premières propositions d'aménagements entrevues à la suite de l'identification des enjeux du secteur et du diagnostic. Afin d'envisager le maximum de solutions réalisables, les propositions seront séparées en deux types de scénarios :

- Scénario A : création d'un aménagement intégré au projet du SYMADREM
- Scénario B : création d'aménagement indépendant du projet porté par le SYMADREM.

Quel que soit le scénario envisagé, la passe piège à civelles au droit de la station de pompage sera conservée en l'état et maintenue fonctionnelle.

Les missions de la phase 2 permettront d'affiner la pertinence de chacune des propositions présentées ci-après.

### 3.1 LE CALAGE DES AMENAGEMENTS

D'après les préconisations de l'ONEMA, on peut considérer que la continuité écologique est assurée lorsqu'un aménagement permet le franchissement d'un obstacle 80 à 90% du temps. Conformément à ces recommandations, notre dispositif de franchissement devra permettre une connexion hydraulique 90 % du temps.

Pour cela, les marnages des niveaux marins et des niveaux des Impériaux ont été étudiés de part et d'autre du Pertuis, afin d'avoir un aperçu des côtes atteintes et de leurs fréquences d'apparition. La reconnexion hydraulique 90% du temps sera réalisée en éliminant les cotes extrêmes et peu fréquentes : [0% - 5%] et [95% - 100%].

Les valeurs limites retenues sont présentées dans le tableau ci-dessous :

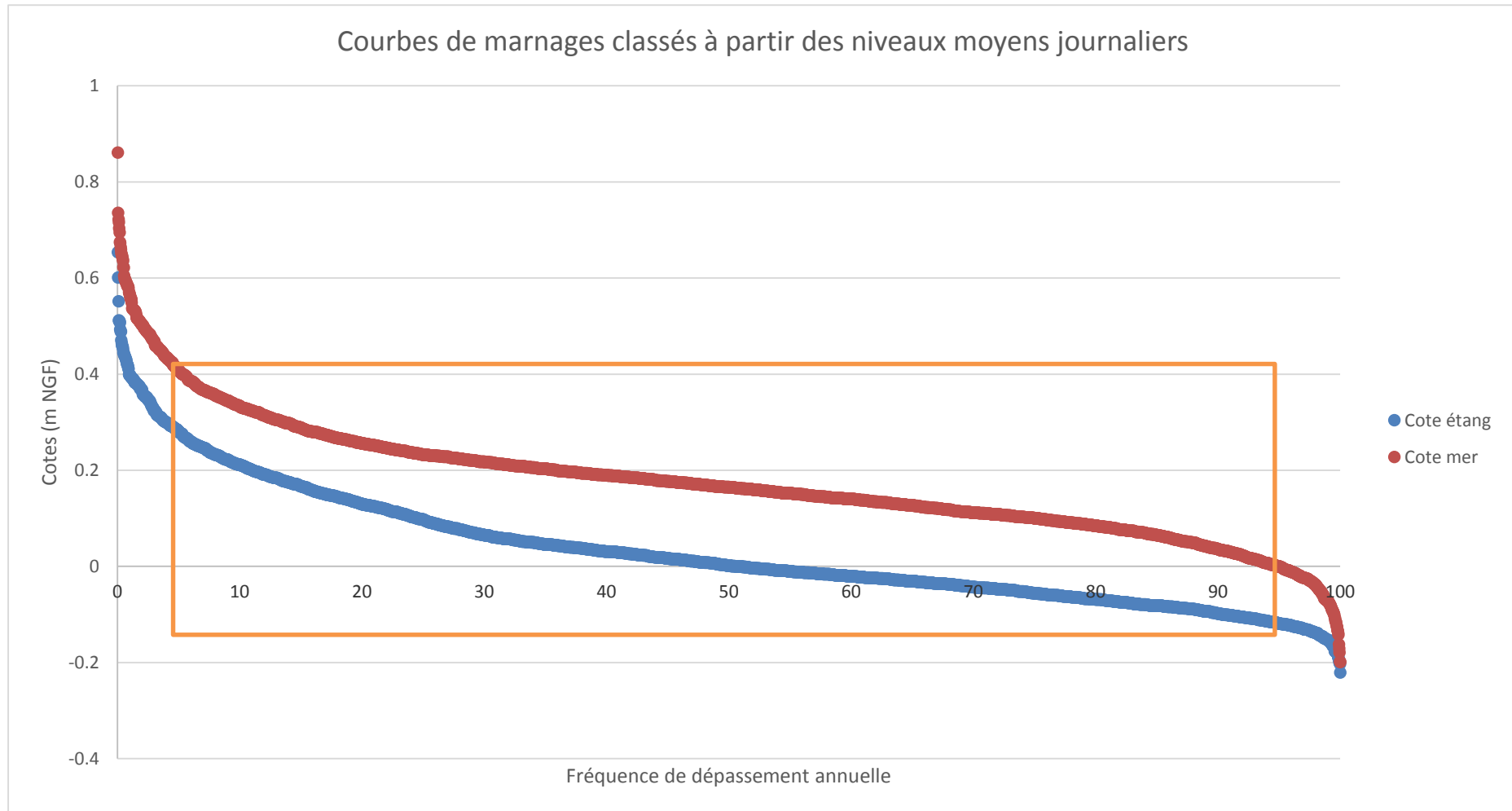
Tableau 7 : valeurs de marnages extrêmes retenues pour le dimensionnement

	Etang	Mer
Niveau maximal (mNGF)	0.28	0.41
Niveau minimal (mNGF)	-0.12	0.00

Ces valeurs ont été déterminées à partir de la courbe des marnages classés à partir des niveaux moyens journaliers. Sur cette courbe, on peut observer les fréquences d'apparition, sur une année moyenne, des niveaux atteints de part et d'autre du Pertuis de la Fourcade, et éliminer les niveaux extrêmes, peu fréquents.

L'encadré ci-dessous illustre la plage de fonctionnement choisie pour le futur aménagement.

Figure 32 : Courbes de marnages classés (2006/2015)



## 3.2 SCENARIO A : CREATION D'UN AMENAGEMENT INTEGRE AU PROJET DU SYMADREM

Ce scénario vise à proposer des modifications légères de la géométrie du Pertuis de la Fourcade afin d'être cohérent avec les aménagements futurs visant à doubler/augmenter les capacités de ressuyage du pertuis.

Nous nous sommes donc inspirés de ce qui existe sur les interfaces eau – mer dans le domaine des continuités écologiques.

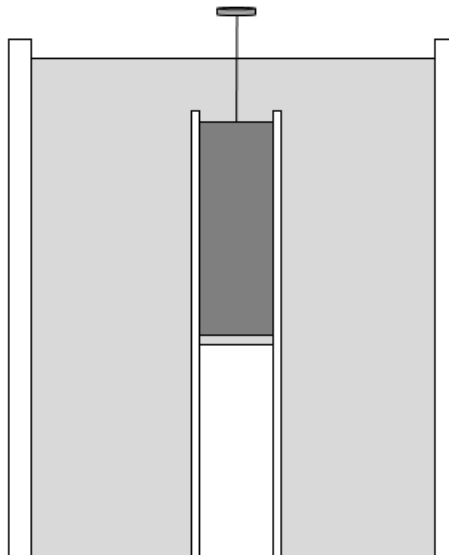
Le principal aménagement sur des vannes martellières du type de celles qui sont en place au droit du pertuis consiste à la mise en place de vantelles, qui s'ouvrent lorsque la vanne est fermée pour assurer une connexion hydraulique.

### 3.2.1 Scénario A1 : Vantelle piscicole

Une vantelle piscicole se présente sous la forme d'une ouverture dans la martellière. Son fonctionnement s'effectue indépendamment de celle des vannes et permet donc de garantir un franchissement en continu de l'ouvrage. Les vitesses dans la vantelle sont directement reliées aux charges de part et d'autre de la martellière.

Le schéma ci-dessous illustre l'aménagement envisagé.

Figure 33 : Vantelle piscicole



Les points forts de l'aménagement sont les suivants :

- Une connexion continue mer-étangs favorisant les échanges entre les deux ;
- Une migration passive favorisée au travers de la vantelle.

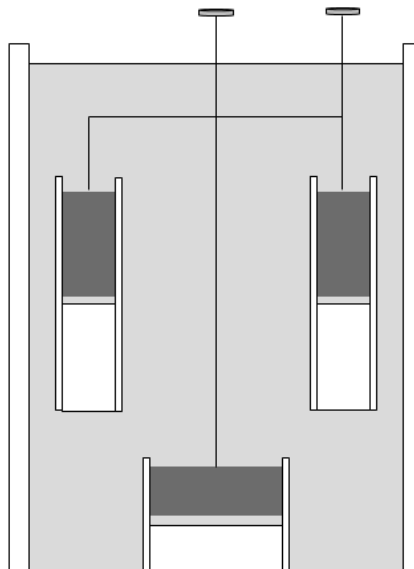
Les points faibles de l'aménagement sont les suivants :

- La création d'une section d'écoulement contractée, couplée aux fortes décotes du secteur, risque de provoquer la présence de vitesses bien supérieures aux capacités de nage des espèces les plus faibles. **Migration active impossible.**
- La régulation des volumes d'eau entrant ne sera également pas prise en compte.

### 3.2.2 Scénario A2 : Vantelles piscicoles étagées

Le fonctionnement de l'aménagement est le même que celui présenté précédemment. Dans cette configuration plusieurs vantelles sont disposées à différentes profondeurs (figure 13). Cette disposition permet de s'adapter aux variations de l'étang, mais également de couvrir l'intégralité de la colonne d'eau et donc de sélectionner les vitesses les plus faibles. Toutefois il est probable que les vitesses circulant dans les vantelles soient toujours supérieures aux capacités de nage des espèces les plus faibles.

Figure 34 : Schéma d'une martellière équipée de vantelles étagées.



A ce stade, il semble donc que les variantes d'aménagement du scénario A assurent une connexion hydraulique mais ne permettent pas de gérer les vitesses au sein des aménagements. Il est en effet impossible d'envisager de freiner les écoulements au sein des vannes/cadres visant à améliorer le ressuyage, les deux objectifs étant contraires.

**Le scénario A favorise donc la migration passive (individus se laissant porter par les flux d'eau) mais ne permet pas d'assurer une migration active des individus 80 à 90 % du temps.**

## 3.3 SCENARIO B : CREATION D'UN AMENAGEMENT EN PARALLELE DU PROJET DU SYMADREM

Ce scénario vise à proposer un aménagement de franchissement du Pertuis en parallèle de l'aménagement du SYMADREM, c'est-à-dire un aménagement pouvant freiner les vitesses et assurer le franchissement des espèces sans impacter les capacités de ressuyage du Pertuis tel que prévu par le SYMADREM.

### 3.3.1 Scénario B1 : Passe à bassin à fentes verticales

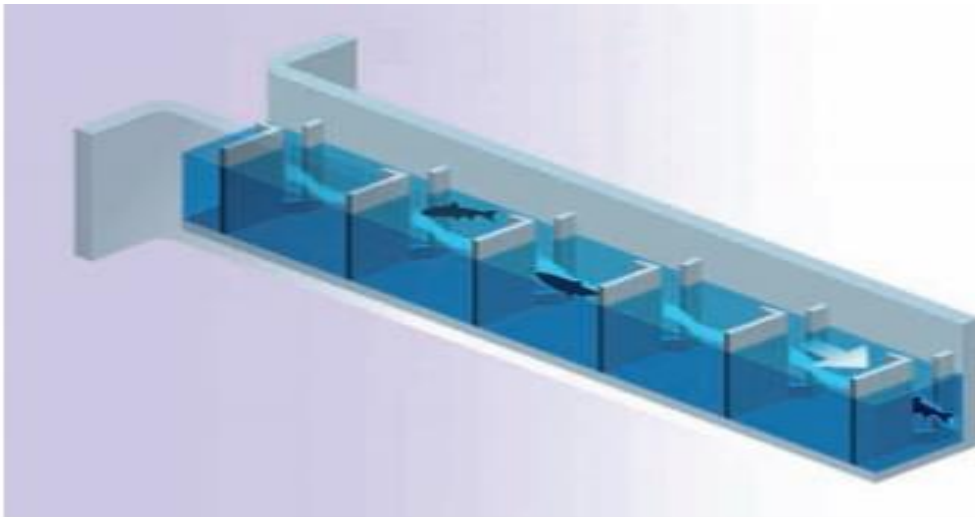
La problématique des vitesses trop importantes dans les chenaux ne peut être solutionnée via la disposition de vannes dans les vannes. Afin de freiner les écoulements, nous proposons d'inclure un système de bassin à fente verticale dans les chenaux bétonnés. Les différences de charge de part et d'autre de l'ouvrage conditionnent directement le sens d'écoulement. Au passage de chaque bassin, une partie de l'énergie est dissipée, entraînant le ralentissement des écoulements. La plupart des espèces trouveront donc des vitesses dans les fentes verticales compatibles avec leurs capacités de nage. Une martellière sera spécifiquement installée à l'une des extrémités afin de clôturer le système en cas d'évènements exceptionnels.

Etant donné le fort ralentissement des écoulements dans les chenaux où le dispositif sera installé, ceux-ci ne participeront plus au ressuyage des étangs. Il conviendra donc de créer deux chenaux spécifiques, en parallèle de l'aménagement proposé par le SYMADREM, pour accueillir ce dispositif.

Ce dispositif permettra le franchissement des espèces au sein de la colonne d'eau en dissipant les énergies provoquées par la hauteur de chute. En revanche, il ne permet pas de proposer des surfaces de reptation pour les civelles, qui devront progresser par la nage dans le système, risquant de rendre difficile leur progression.

Le schéma suivant présente une coupe en travers de l'aménagement envisagé.

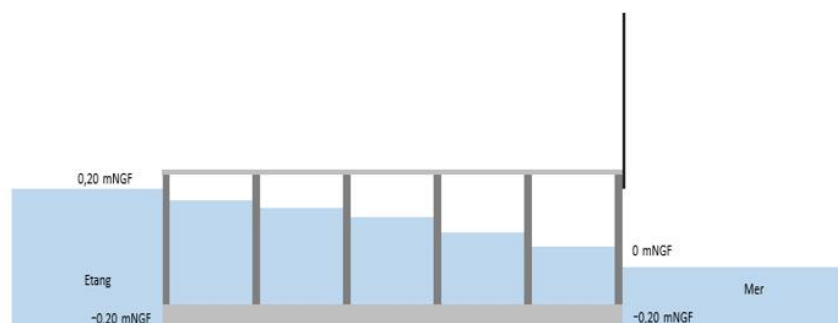
Figure 35 : vue en coupe d'une passe à bassin à fentes verticale (source ONEMA)



Ci-dessous sont présentés des schémas illustrant et le fonctionnement de la passe envisagée, en cas de vidange des étangs ou d'intrusions marines.



Figure 36 : Dispositif de passe à fentes verticales, fonctionnement en cas de vidange des étangs



**Dissipation de l'énergie de bassin en bassin**

**Possibilité de trouver des vitesses acceptables pour progresser dans le système en se déplaçant dans la colonne d'eau**

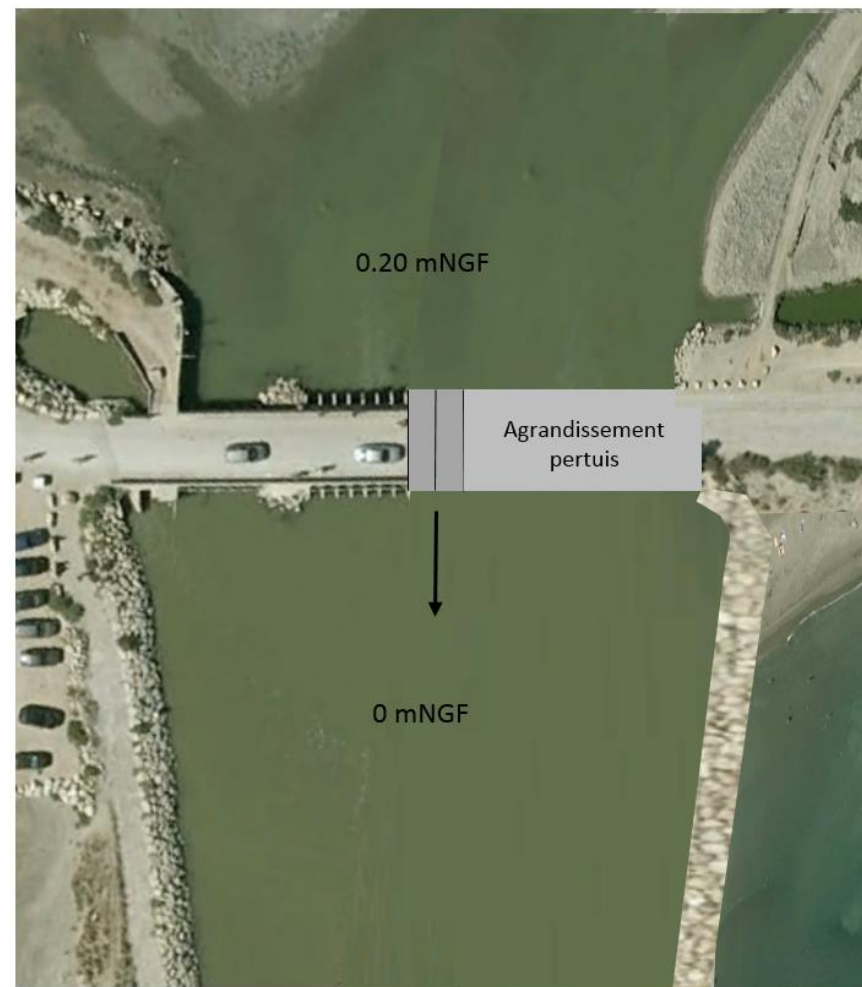
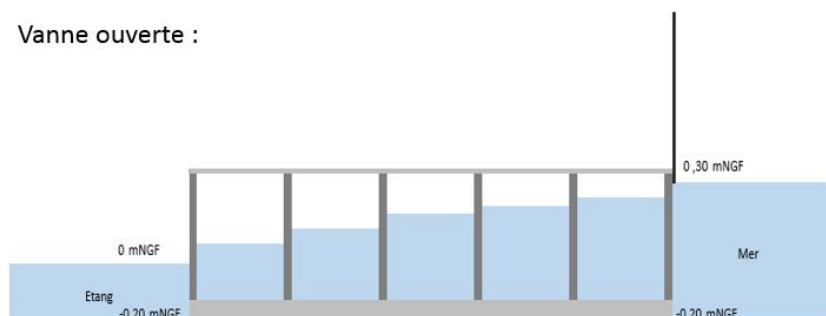
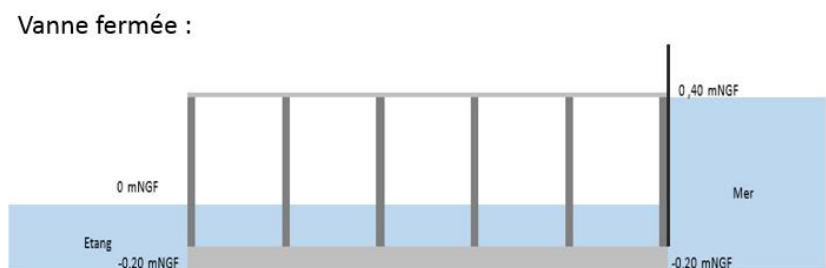


Figure 37 : Dispositif de passe à fentes verticales, fonctionnement en cas de surcote marine



**Surcote marine acceptable**

**Fonctionne de la même manière qu'en période de vidange des étangs**



**Surcote trop importante : fermeture de la vanne en entrée**

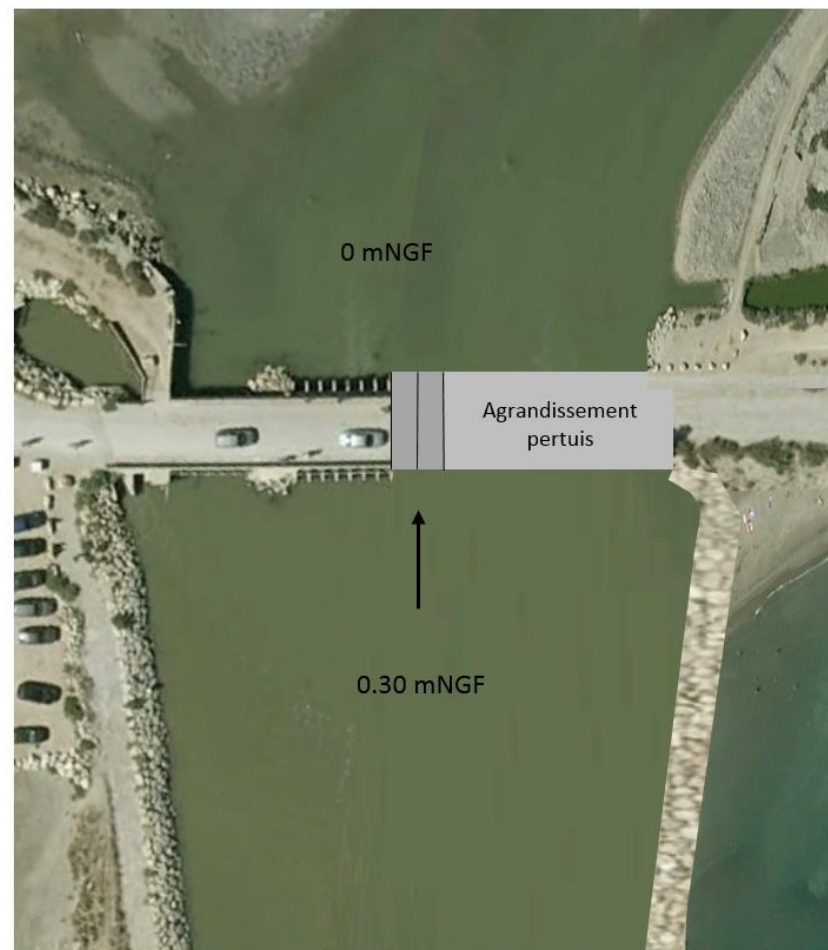
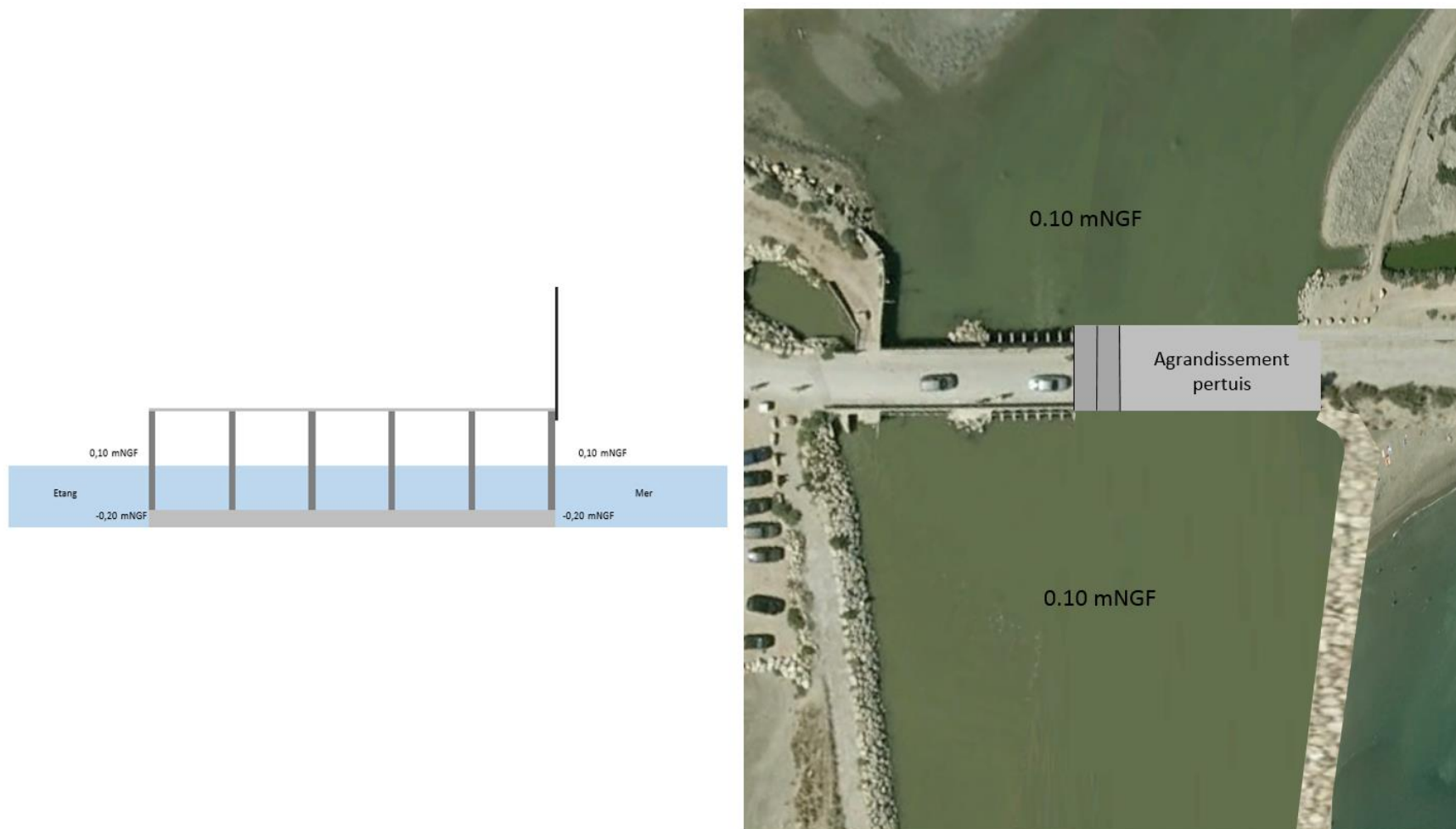


Figure 38 : Dispositif de passe à fentes verticales : fonctionnement en état d'équilibre



### 3.3.2 Scénario B2 : Rivière de contournement avec deux radiers à différentes côtes

Ce dispositif correspond à une passe à macrorugosités, il pourra être positionné au centre du futur aménagement ou à proximité de l'une des rives.

Il s'agit d'un chenal reconstituant une connexion naturelle entre la lagune et le grau. Ce type d'ouvrage permet de rétablir un franchissement de l'ouvrage en continu tout en étant spatialement indépendant de l'ouvrage actuel ou du projet porté par le SYMADREM.

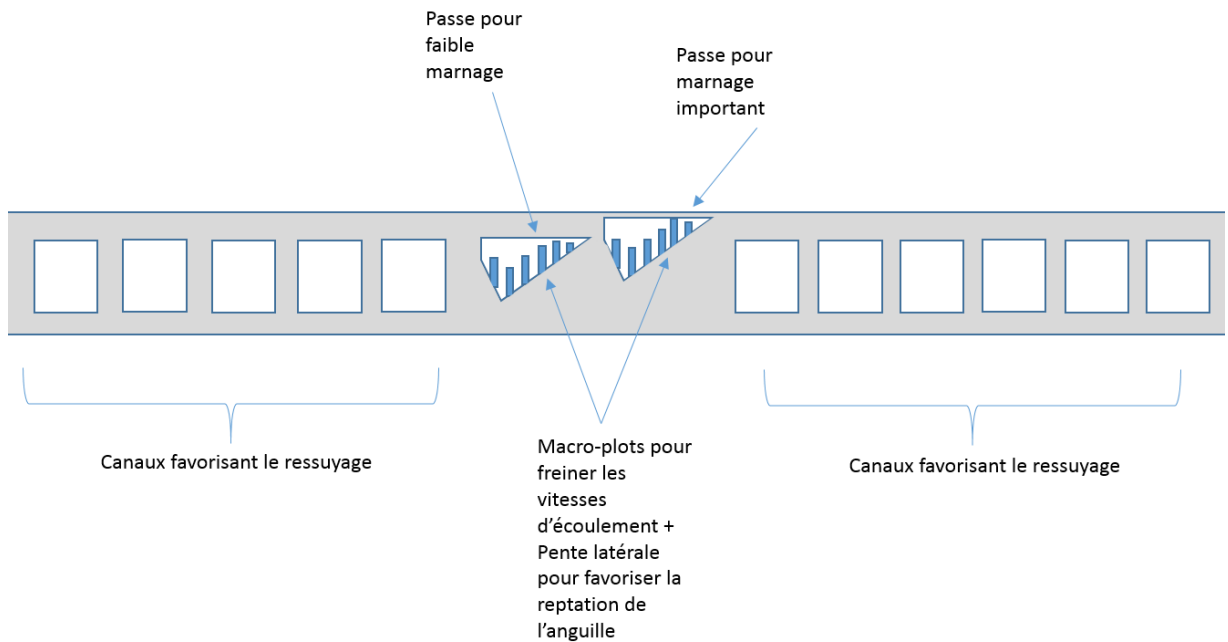
Afin de garantir des conditions hydrodynamiques compatibles avec les capacités de nage des espèces cibles, une succession de macro-rugosités régulièrement réparties et des rugosités de fond sont disposées au sein du bief. Les écoulements au sein du dispositif seront créés par les différences de cotes entre les étangs et la mer.

Figure 39 : Passe à macro-rugosité au droit du seuil de Canet en Roussillon, Dimensionnement réalisé par BRL Ingénierie, Pyrénées orientales, CG66



Deux côtes de radier seront proposées afin de limiter les volumes entrant suivant les marnages présents. Une vanne sera disposée à l'une des extrémités du dispositif, afin de clôturer un des dispositifs, lorsque les volumes entrant dans celui-ci seront jugés trop importants. Les deux dispositifs pourront également être clôturés en cas d'évènements exceptionnels. D'autre part, un devers latéral sera proposé afin de permettre la reptation de l'anguille pour différents niveaux d'eau, une rugosité de fond ou un aménagement type filament PVC pourront être proposés pour favoriser la reptation de cette dernière.

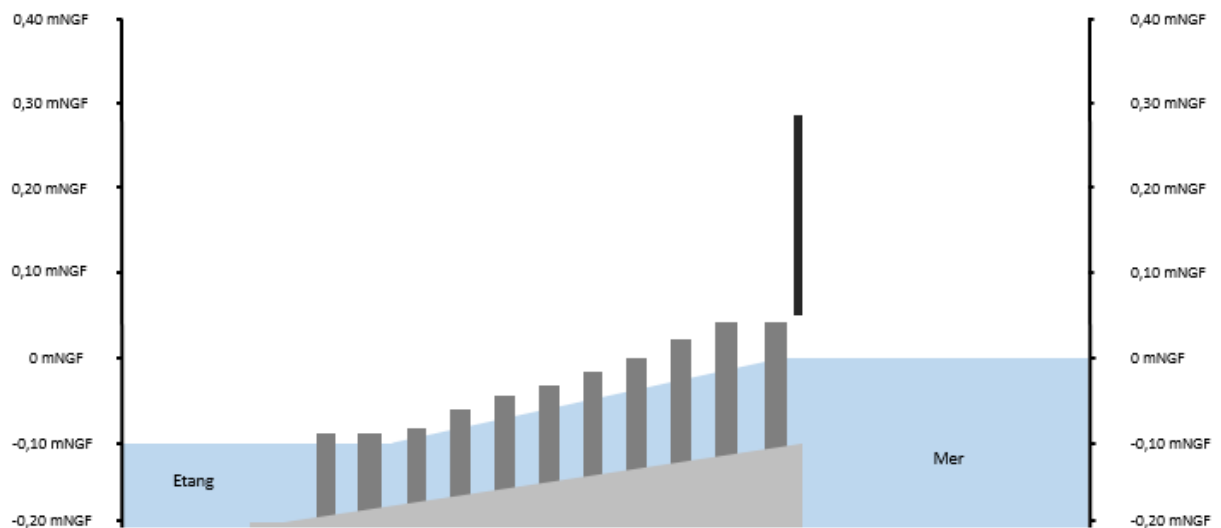
Le schéma suivant présente une coupe en travers de l'aménagement envisagé.



Initialement envisagés avec des radiers horizontaux entre l'étang et la mer, l'étude des niveaux de marnage ont conduit à proposer deux pentes faibles au droit des radiers, afin de ne pas créer de déconnexions (engendrant une chute infranchissable) entre les écoulements au sein de la passe et les niveaux présents au sein de l'étang ou en mer.

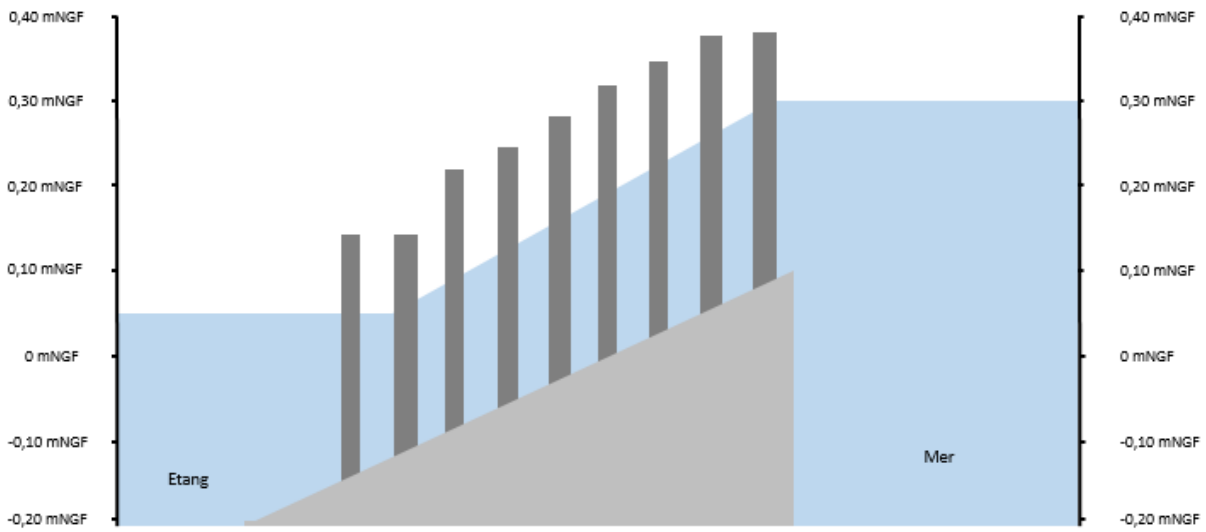
La cote du radier sera fixée environ 10 cm sous la cote extrême du plan d'eau afin de permettre le transit piscicole pour ce niveau d'eau. Le premier dispositif possèdera une pente de 1% et sera fonctionnel pour les cotes les plus faibles.

Figure 40 : passe à macrorugosités possédant le radier le plus bas



Le deuxième dispositif possèdera une pente de 3% et sera fonctionnel pour les cotes les plus élevées.

Figure 41 : passe à macrorugosités possédant le radier le plus haut

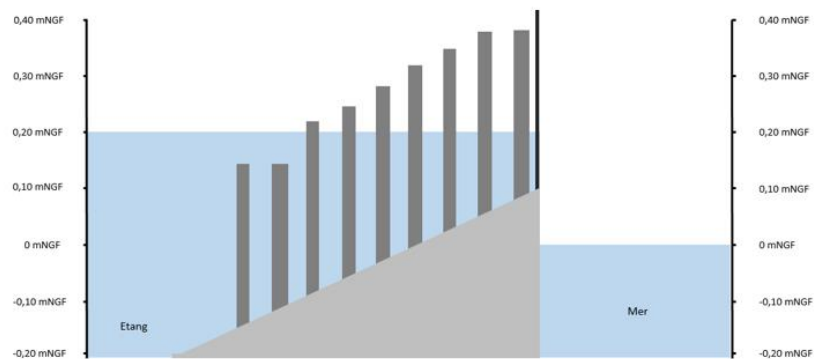


Les schémas suivants présentent le fonctionnement du système pour différentes conditions hydrologiques.



Figure 42 : Passes à macrorugosités : fonctionnement en période de vidange des étangs

Passes haute : vanne fermée pour éviter de créer une chute infranchissable



Passes basse : dispositif ouvert et franchissement possible

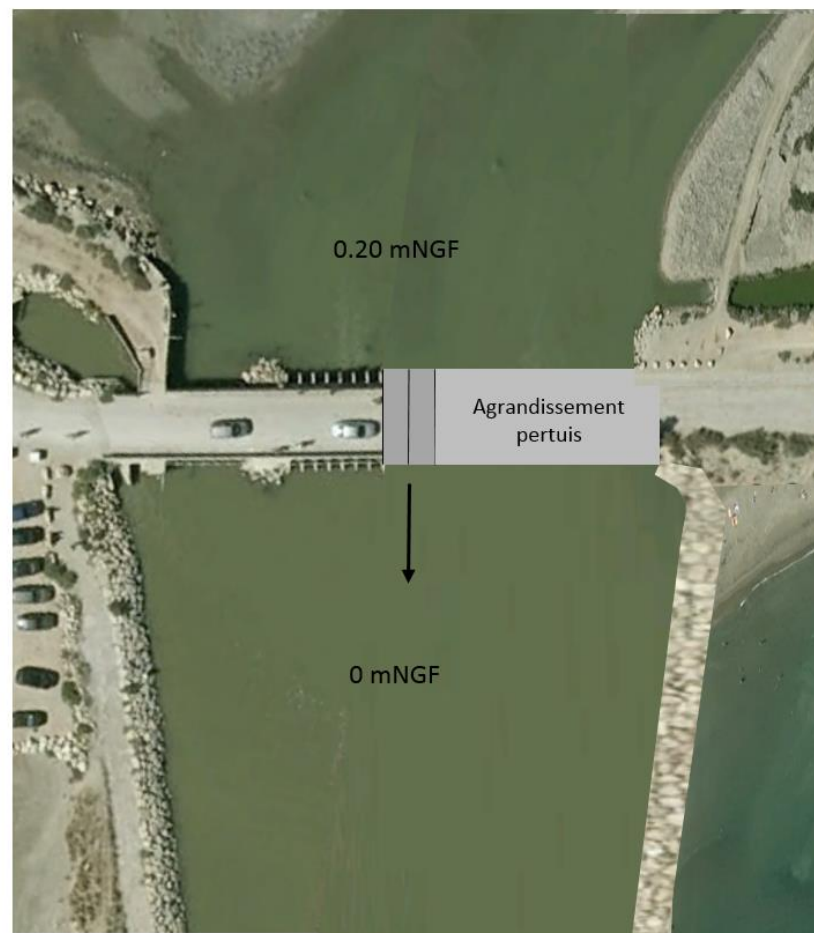
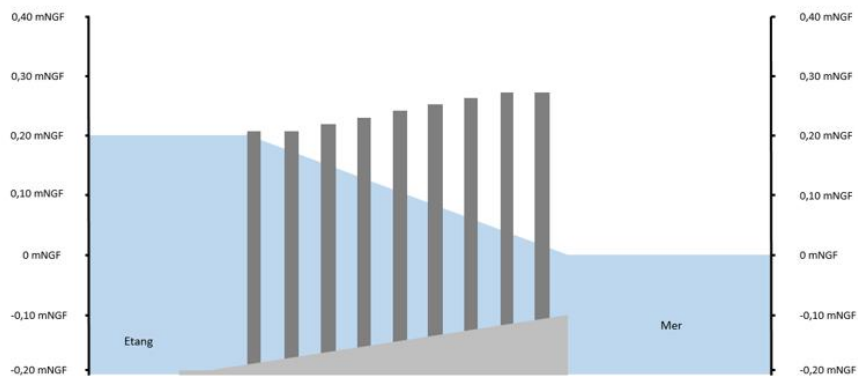
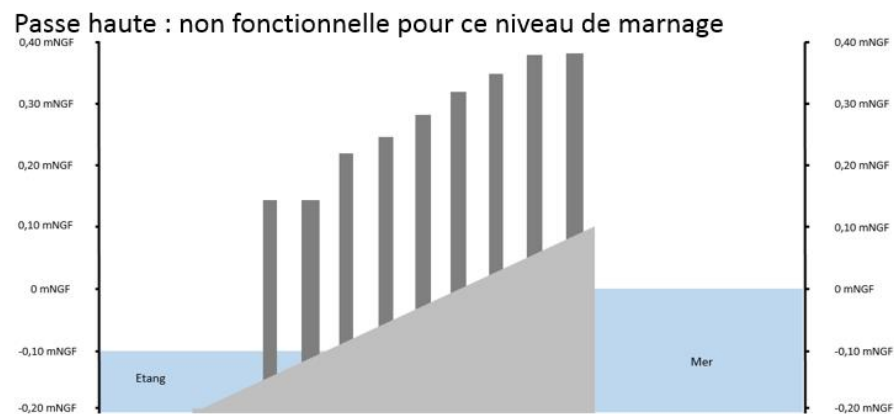


Figure 43 : Passes à macrorugosités : fonctionnement en période d'intrusions marines, mer basse



Passes basse : fonctionnelle pour ce niveau de marnage, franchissement possible

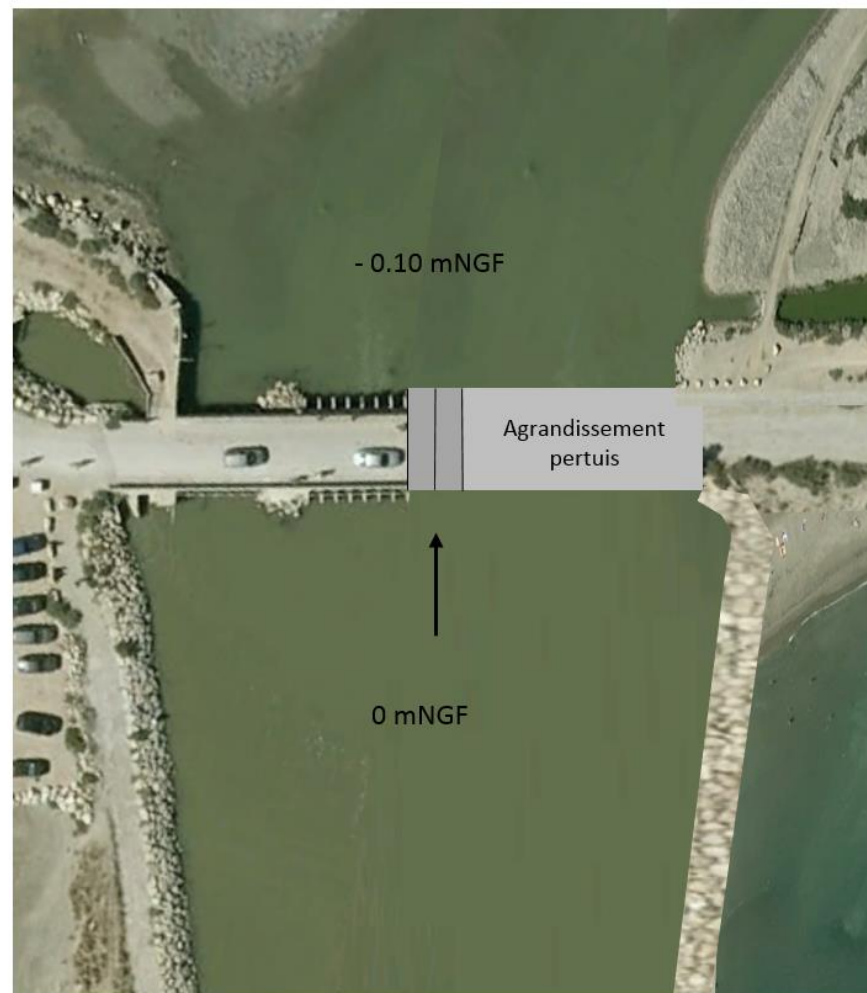
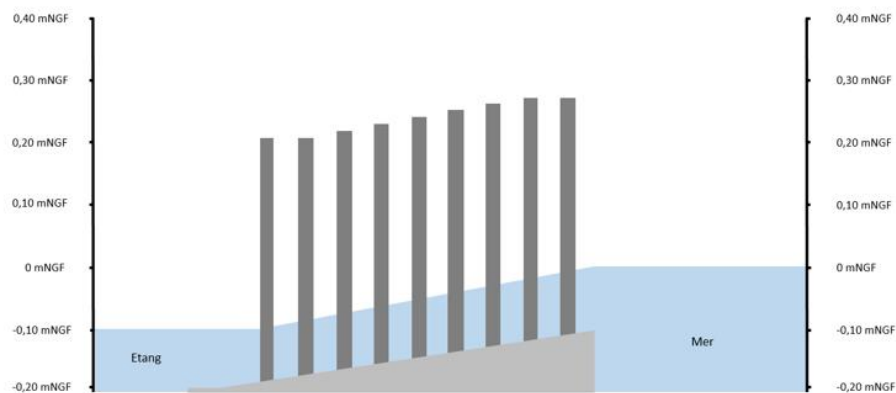
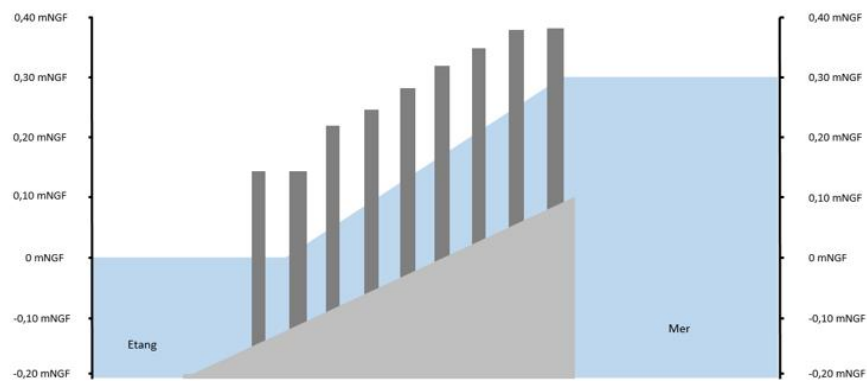


Figure 44 : Passes à macrorugosités : fonctionnement en période d'intrusions marines, mer haute

Passes haute : fonctionnelle pour ce niveau de marnage, franchissement possible



Passes basse : fermée pour limiter les volumes entrant dans les étangs

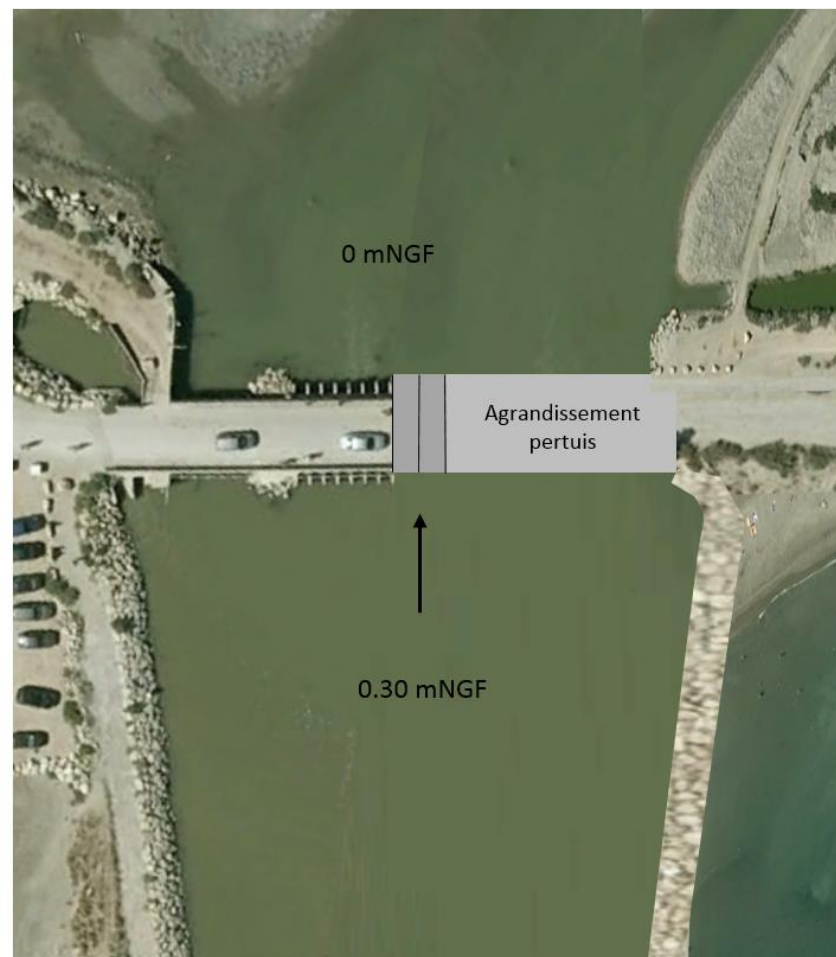
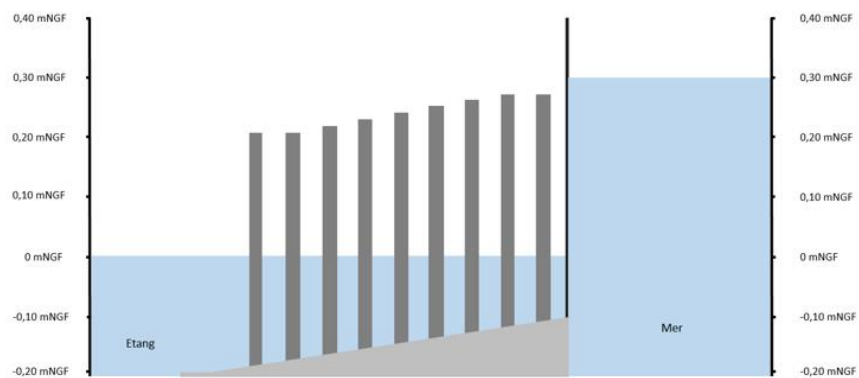


Tableau 8 : Synthèse des propositions d'aménagements

Thématiques	Scénario A1	Scénario A2	Scénario B1	Scénario B2
<b>Aménagement</b>	Vanne + vantelle	Vanne + vanelles étagées	Vannes + Vanelles + passe bassin à fentes verticales	Passes à macrorugosités
<b>Franchissement piscicole</b>	Vitesses limitantes, migration passive possible	Vitesses limitantes, migration passive possible	Franchissement possible pour la plupart des espèces mais blocage hydrodynamique potentiel pour les civelles	Franchissement possible pour toutes les espèces
<b>Hydromorphologie</b>	Sous tirage des sédiments assuré par le doublement des capacités du pertuis et non par le dispositif piscicole	Sous tirage des sédiments assuré par le doublement des capacités du pertuis et non par le dispositif piscicole	Sous tirage des sédiments assuré par le doublement des capacités du pertuis et non par le dispositif piscicole	Sous tirage des sédiments assuré par le doublement des capacités du pertuis et non par le dispositif piscicole
<b>Hydraulique</b>	Martellières ouvertes en période de ressuyage	Martellières ouvertes en période de ressuyage	Aménagement en parallèle n'ayant pas d'influence sur les capacités de ressuyage du pertuis	Aménagement en parallèle n'ayant pas d'influence sur les capacités de ressuyage du pertuis
<b>Attractivité</b>	Débit d'attrait concurrencé par le rejet de la station de l'Eolienne	Débit d'attrait concurrencé par le rejet de la station de l'Eolienne	Débit d'attrait faible fortement concurrencé par le rejet de la station de l'Eolienne	Débit d'attrait concurrencé par le rejet de la station de l'Eolienne
<b>Pertinence vis-à-vis des enjeux</b>	4	3	2	1

### 3.4 LES MODIFICATIONS DU FONCTIONNEMENT DU SECTEUR INDUITS PAR LES AMENAGEMENTS

Tableau 9 : Synthèse des modifications du fonctionnement du secteur engendrées par les aménagements

Aménagement considéré	Echanges mer/lagune et niveau des étangs	Salinité	Hydrobiologie	Hydromorphologie	Sécurité
Doublement des capacités du Pertuis, étude SYMADREM	La mise en place d'un outil favorisant l'évacuation des eaux de l'étang devrait permettre d'accepter un niveau moyen dans les étangs supérieur à la situation actuelle (en faveur d'une connexion continue mer-étangs)	Aucun impact sur la salinité.	Augmentation de la largeur du grau lié au doublement des capacités du pertuis entraînant une diminution des vitesses dans le grau par rapport à la situation actuelle (hors événements exceptionnels) : L'accès à l'ouvrage par les populations piscicoles est amélioré.	Augmentation des capacités de soutirage des sédiments en amont du pertuis.  Impact potentiel positif en limitant les phénomènes d'envasement/ensablement des étangs	Augmentation de capacités de ressuyage.  Diminution du risque inondation.
Création d'une passe à poisson.	La restauration d'un fonctionnement permanent favorise les échanges en la mer et la lagune.  Un niveau d'eau plus important dans les étangs devrait favoriser les échanges hydrauliques entre les différents compartiments lagunaires.	Un niveau d'eau plus important dans les étangs devrait favoriser les échanges entre les différents compartiments lagunaires : restauration d'une variabilité saline dans l'étang du Vaccarès escomptée.	Franchissement de l'ouvrage assuré 90% du temps.	Ne participe à au soutirage des sédiments (assuré par le doublement des capacités du pertuis).	Augmentation du niveau d'eau dans les étangs mais négligeable du fait de l'amélioration des capacités de ressuyage du pertuis et de la création de différentes cotes de radier.

### 3.5 LES LIMITES IDENTIFIEES A CE STADE

Lors de cette mission de diagnostic, trois éléments ont été identifiés comme pouvant exercer un impact négatif sur le fonctionnement du futur aménagement :

- Le débit d'attrait important formé par le rejet de la station de l'Eolienne pourra perturber l'attractivité du dispositif. Bien qu'équipé d'une passe à civelle, ce rejet forme un attrait certain pour les communautés piscicoles qui se retrouvent bloquées dans ce « cul-de sac ».

A ce stade, ce problème semble pouvoir être géré par la mise en place de vannes au droit des chenaux situés en aval de la station de l'éolienne :

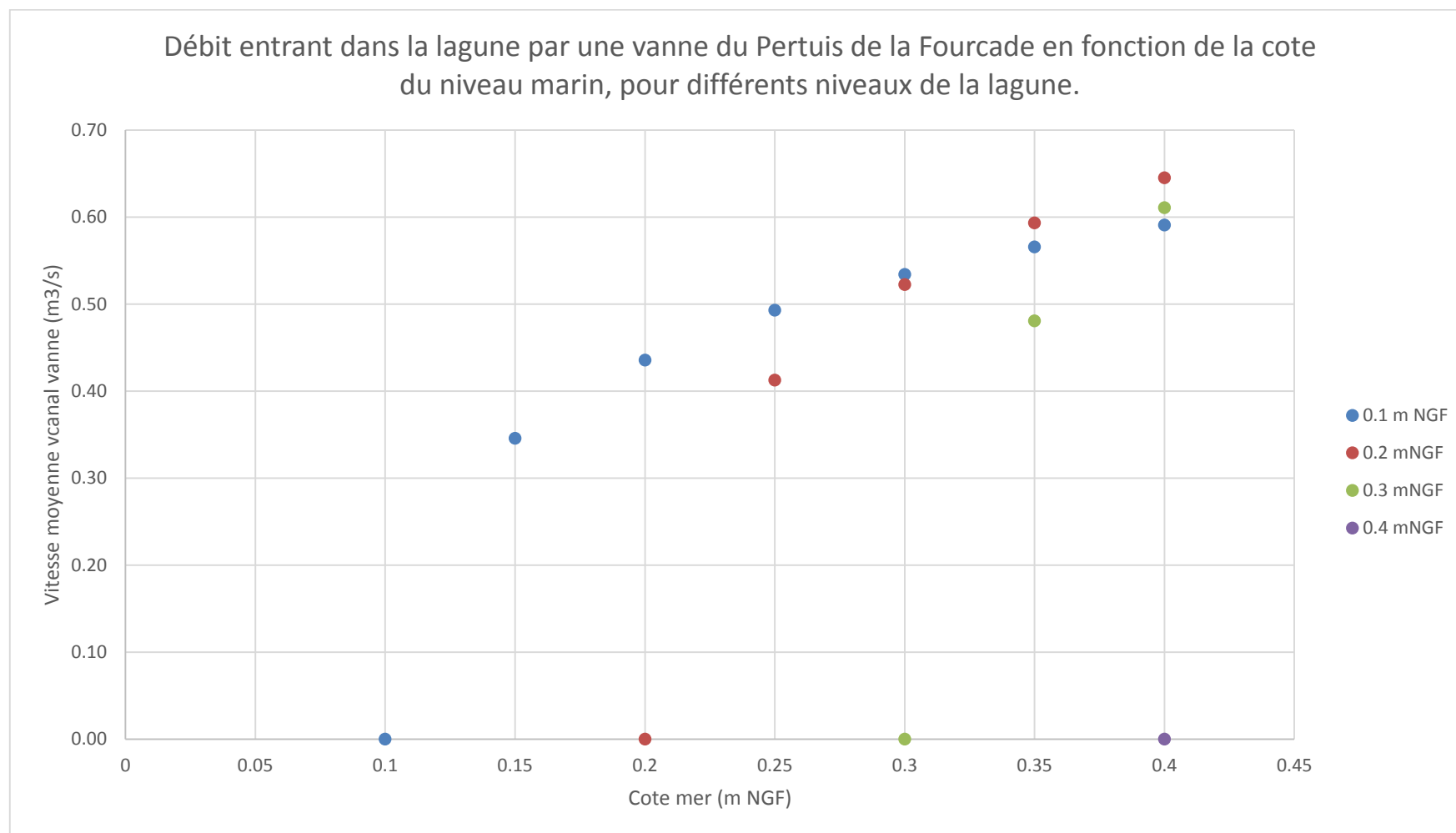
- Soit un dispositif de clapet anti-retour, il faut cependant s'assurer que le clapet s'ouvre même en période de surcote marine ;
  - Soit des vannes automatisées qui s'ouvrent lorsque la station est en fonctionnement (les vitesses sont alors trop importantes dans les chenaux pour que les espèces piscicoles progressent dans le cul de sac) et se ferment lorsque la station s'arrête pour limiter les entrées piscicoles dans cette impasse.
- Le rallongement de l'épi Est du grau semble exercer un effet néfaste sur « l'appel en mer » des communautés piscicoles. Le rejet étant désormais réalisé à distance du littoral, il semblerait que la localisation de cette voie d'entrée par les espèces se soit dégradée. Lors de leurs mouvements migratoires les populations piscicoles semblent longer le littoral à la recherche de cet « appel en mer »
    - Il pourrait être intéressant, si l'épi Est du grau doit être déplacé pour augmenter les capacités d'évacuation des eaux comme cela semble se présenter d'après les premiers échanges avec le SYMADREM, d'étudier la possibilité technique de proposer un épi moins long, comme il existait anciennement.
  - Il semble enfin délicat d'évaluation l'impact de l'élévation du niveau marin (engendrée par le réchauffement climatique) sur la pérennité de l'ouvrage proposé. Dans le cas d'un aménagement de type rivière de contournement, la création d'une troisième cote de radier (non fonctionnelle pour les niveaux actuels) pourrait permettre d'intégrer cette inconnue.

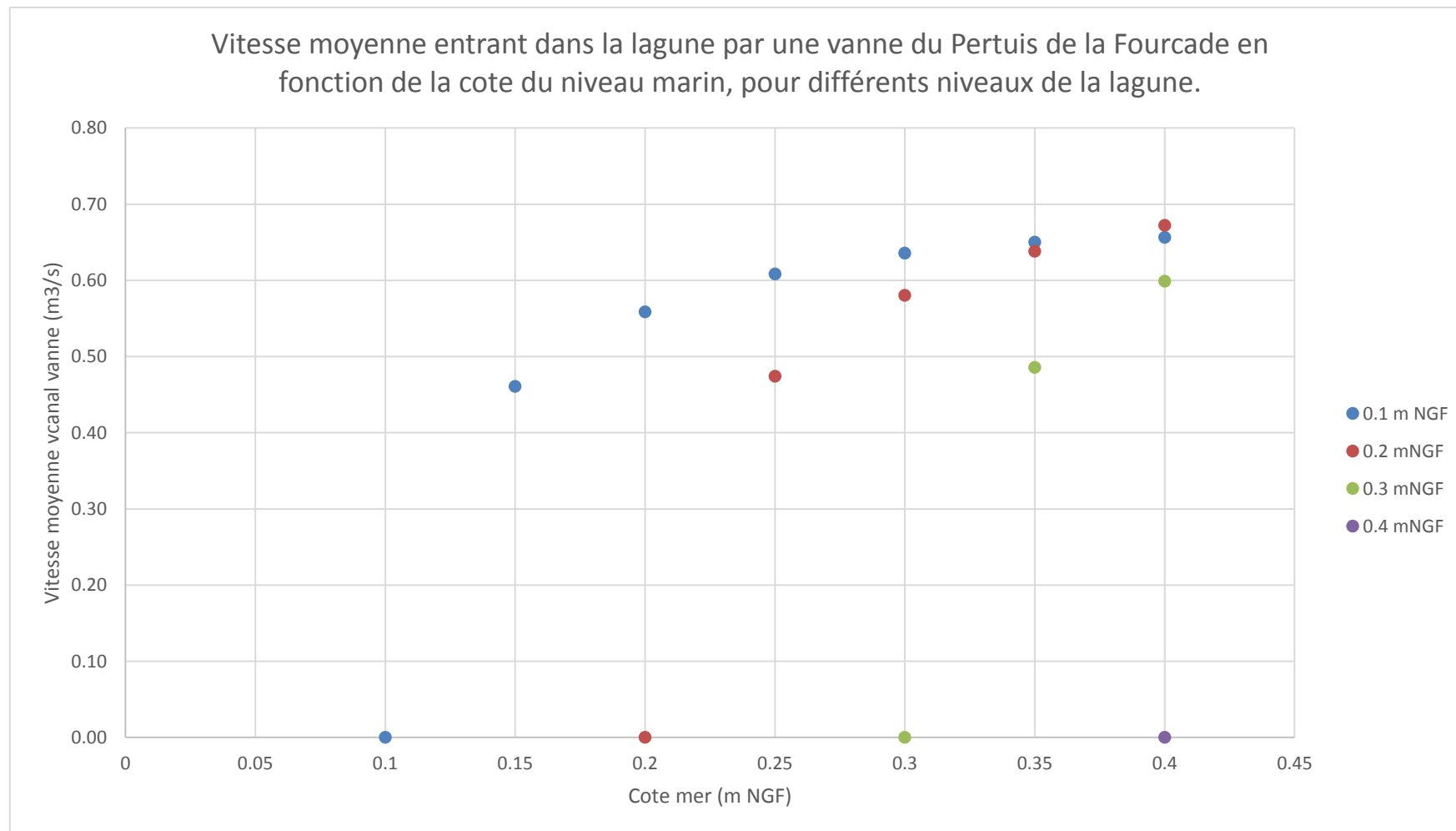


# ANNEXES



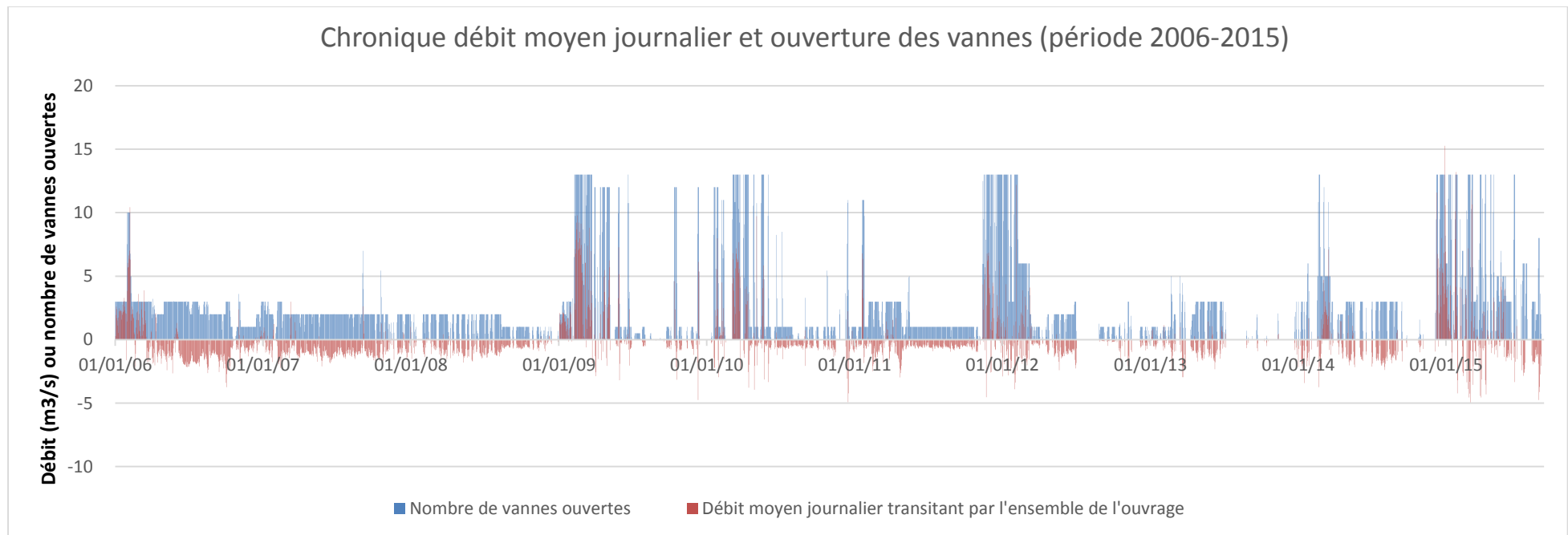
# Annexe 1. Conditions hydrodynamiques par courant entrant

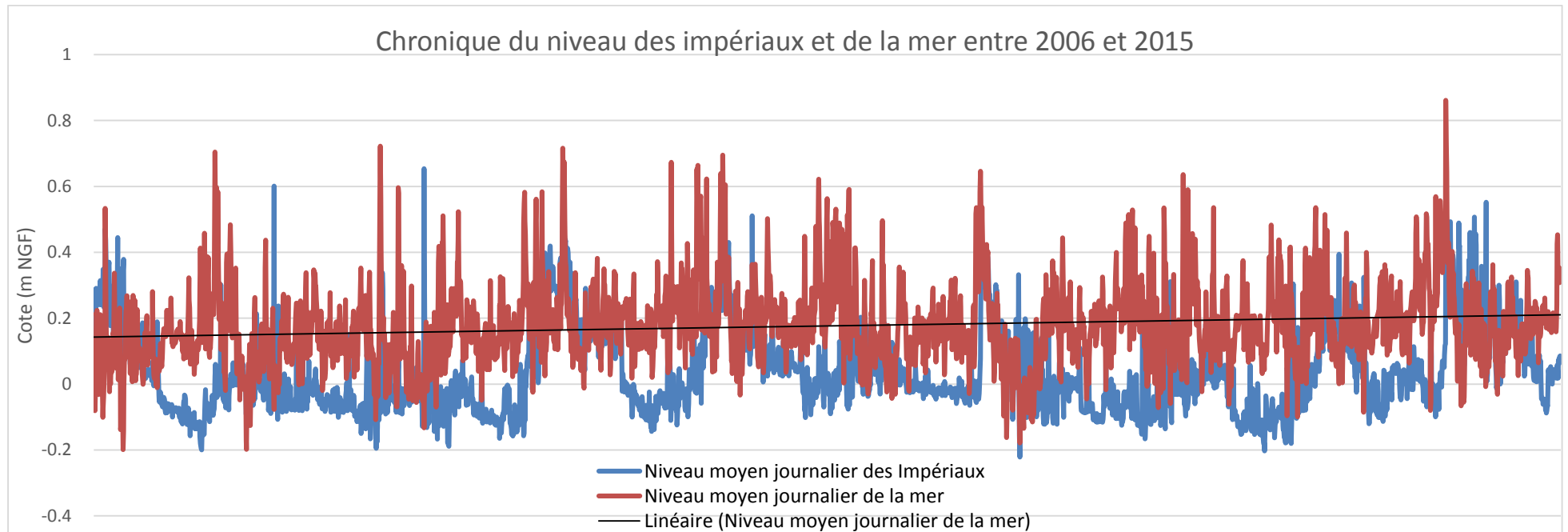




## Annexe 2. Gestion des martellières et cote des plans d'eau







## Annexe 3. Sites et résultats d'échantillonnages piscicoles entre 1988 et 2013

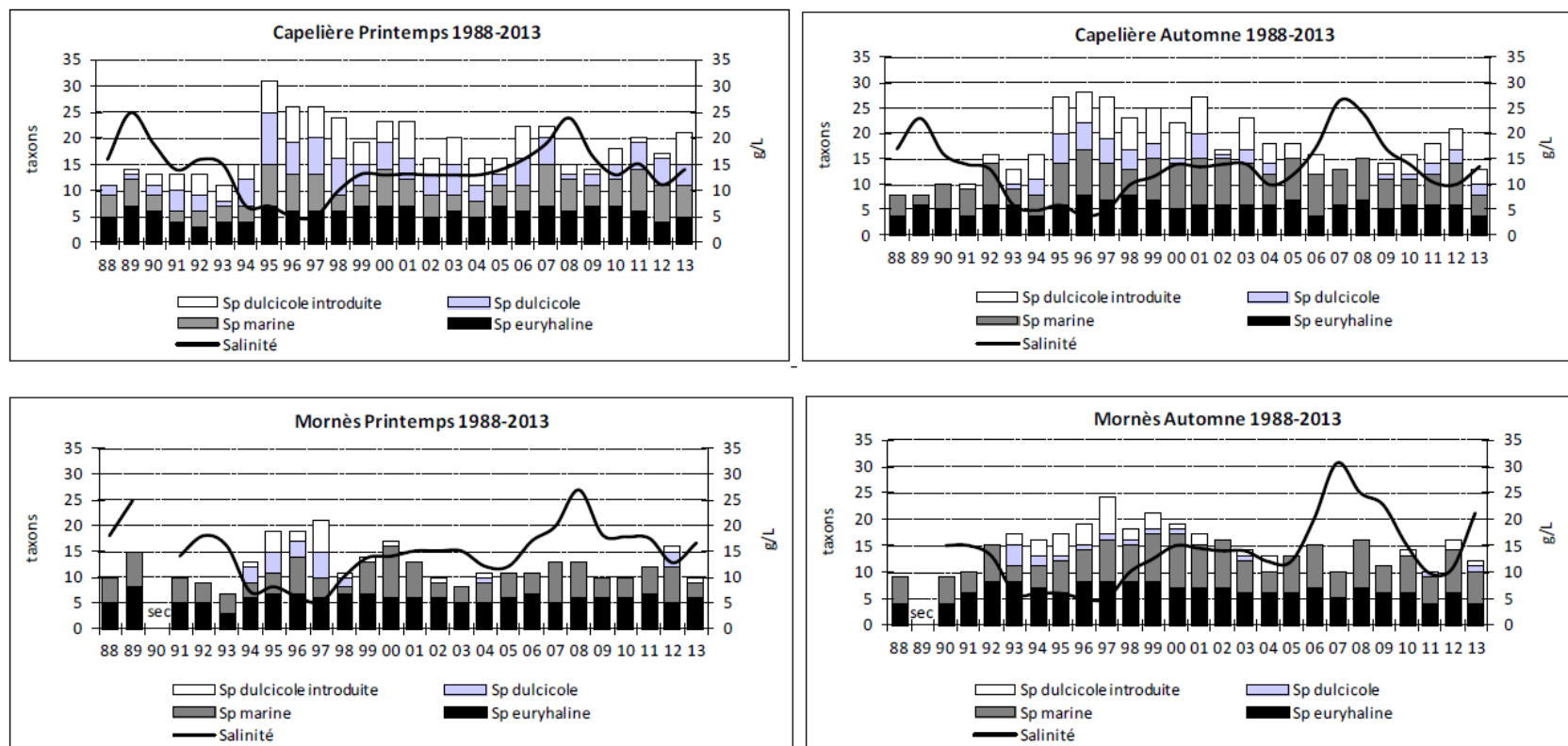








Richesse spécifique des peuplements piscicoles comparée à l'évolution de salinité (source : Reserve Naturelle Nationale de Camargue)



## Evolution quantitative du peuplement piscicole de poissons du Vaccarès en 2013 (source : Reserve Naturelle Nationale de Camargue)

	Capelière						Biomasse moyenne/j Capelière	Mornès						Biomasse moyenne/j Mornès	
	avril 2013			juin 2013				avril 2013			juin 2013				
	E1	E2	E3	E1	E2	E3		E1	E2	E3	E1	E2	E3		
	29/04/2013	30/04/2013	01/05/2013	05/06/2013	06/06/2013	07/06/2013		29/04/2013	30/04/2013	01/05/2013	05/06/2013	06/06/2013	07/06/2013		
Poids en g		Poids en g	Poids en g	Poids en g	Poids en g	Poids en g	Poids en g		Poids en g	Poids en g	Poids en g	Poids en g	Poids en g		
Espèces emyhalines	Alose du Rhône <i>Alosa falax</i>														
	Anguille <i>Anguilla anguilla</i>	916,67	333,33	1416,67	3090,34	2833,33	959,26	1591,60	3750,00	1416,67	3250,00	8000,96	2750,00		3833,53
	Epinoche <i>Gasterosteus aculeatus</i>	0,05			0,31	0,02	0,05	0,11			0,10	0,40	0,30		0,27
	Athérine <i>Atherina boyeri</i>	6,07		6,04	73,11	4,19	1,48	18,18	7,16	1,53	11,57	59,85	3,45	32,67	19,37
	Loup														
	Filet												0,11		0,11
	Gobie <i>Pomatoschistus sp</i>	9,17	8,36					8,76	0,29	2,48					1,39
	Pomatoschistus microps			0,25	4,89	4,61	6,25	4,00			0,16	26,91	22,79	33,94	20,95
	Pomatoschistus minutus			0,17	1,12	9,63	1,33	3,06			0,13		2,30	6,38	2,93
	Syngnathe mâle <i>syngnathus sp</i>	0,20	0,15		0,73	0,07		0,29	0,02			13,25	0,08	0,36	3,43
Syngnathe femelle	0,12			0,63	0,12		0,29				0,05	0,05		0,05	
Espèces marines	Anchois <i>Engraulis encrassicolus</i>				3,78			3,78							
	Blennie <i>Blennius pavo</i>				0,99	2,88	0,79	1,56		2,02		7,68	1,72	0,00	2,85
	Dorade royale <i>Sparus aurata</i>				0,21			0,21							
	Muge doré <i>Liza aurata</i>			8,05	0,00			4,03							
	Muge à grosse tête <i>Mugil cephalus</i>				0,00			0,00						1,13	1,13
	Muge pointu <i>Liza ramada</i>	9,11	3,92		6,83			6,62	5,53		6,32		0,00		3,95
	Muge juvenile	0,03	0,28	0,08	27,69	11,91	0,42	6,73				14,67	16,61	16,76	16,01
	Sar <i>Diplodus sargus</i>														
	Sardine <i>Sardina pilchardus</i>														
	Sole <i>Solea solea</i>														
Espèces dulci-eaux	Ablette <i>Alburnus alburnus</i>				12,00		0,40	6,20							
	Barbeau <i>Barbus barbus</i>														
	Breme				40,46			40,46							
	Carpe <i>Cyprinus carpio ssp.</i>	458,33	233,33			422,58	16,33	282,65							
	Carpe miroir														
	Gardon					1,10		1,10							
Espèces introduites	Rotengle														
	Carassin <i>Carassius auratus</i>			1000,00	56,50	133,33	267,33	364,29							
	Carassin argenté <i>Carassius gibelio</i>														
	Gambusie <i>Gambusia affinis</i>				0,84			0,84							
	Perche soleil														
	Pseudorasbora <i>Pseudorasbora parva</i>				1,49	0,52		1,01			0,44				0,44
	Poisson-chat <i>Ictalurus melas</i>				21,67			21,67							
	Sandre				6,47			6,47							
Silure				1375,00			1375,00								
Invertébrés	Crabe mâle <i>Carcinus aestuarii</i>				39,58	50,42	3,92	31,31			66,67	77,58	83,58	0,00	56,96
	Crabe femelle <i>Carcinus aestuarii</i>														
	Crabe américain <i>Rhithropanopeus harrisi</i>														
	Crevette rose <i>sp</i>	5,54			21,34			13,44	1,52						1,52
	<i>Palaemon adspersus</i>			0,29	0,00			0,15		1,20	0,61	0,08	1,36		0,81
	<i>Palaemon elegans</i>			1,48	2,53	6,56	1,15	2,93			0,91	0,03			0,47
	<i>Palaemonetes varians</i>		0,02	0,65	0,58	2,15	0,50	0,78			0,13				0,13
	Crangon <i>crangon</i>	0,23	0,35	1,63	2,72			1,23		0,59	0,52	0,76	1,88		0,94
	Ecrevisse de Louisiane				5,33	8,83	2,25	5,47							
	Gambas														

Liste des taxons identifiés au pertuis de la Fourcade (source : Tour du Valat)

Famille	Espèce	nom commun	Printemps 2001 Entrées	Automne 2001 Sorties	2002 Entrées	2002 Sorties
<b>POISSONS</b>						
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	anguille civelle	1 1	1 1	1 1	1 1
Atherinidae	<i>Atherina boyeri</i>	athérine, joël	1	1	1	1
Blennidae	<i>Blennius pavo</i>	blennie paon	1	0	1	1
Clupeidae	<i>Sardina pilchardus</i>	sardine	1	0	1	1
Crangidae	<i>Trachynotus ovatus</i>	liche glauque	0	0	1	0
Congridae	<i>Conger conger</i>	congre (leptocéphale)	0	0	1	0
Cyprinidae	<i>Pseudorasbora parva</i>	pseudorasbora	0	1	1	1
Cyprinodontidae	<i>Gambusia affinis</i>	gambusie	1	1	1	1
Engraulidae	<i>Engraulis encrasicolus</i>	anchois	1	1	1	1
Gasterosteidae	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	épineche	1	1	1	1
Gobiidae	<i>Pomatochistus minutus</i> <i>Pomatochistus microps</i>	gobie buhotte gobie tacheté ou gobie commun	1	1	1	1
Moronidae	<i>Dicentrarchus labrax</i>	loup ou bar	1	1	1	1
Mugilidae	<i>Liza aurata</i>	mulet doré	1	1	1	1
	<i>Liza ramada</i>	mulet porc	1	1	1	1
	<i>Liza saliens</i>	mulet sauteur	1	1	1	0
	<i>Mugil cephalus</i>	mulet à grosse tête	1	1	1	1
Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i>	rouget de roche	0	0	1	0
Ophichthidae	<i>Ophisurus serpens</i>	serpent de mer	0	0	1	0
Pleuronectidae	<i>Platichthys flesus</i>	flet ou plie	1	0	1	1
Scophthalmidae	<i>Psetta maxima</i>	turbot	0	0	1	1
Soleidae	<i>Solea vulgaris</i>	sole commune	1	0	1	1
	<i>Sparus aurata</i>	dorade royale	1	0	1	1
	<i>Diplodus annularis</i>	sparaillon	0	0	1	1
	<i>Diplodus sargus</i>	sar commun	0	0	1	1
Syngnathidae	<i>Syngnathus abaster</i>	syngnathe ou aiguille de mer	1	1	1	1

	Capellière						Biomasse moyenne/ Capellière	Mornès						Biomasse moyenne/ Mornès
	octobre 2013			novembre 2013				octobre 2013			novembre 2013			
	E1	E2	E3	E1	E2	E3		E1	E2	E3	E1	E2	E3	
	07/10/2013	08/10/2013	09/10/2013	03/11/2013	04/11/2013	06/11/2013		07/10/2013	08/10/2013	09/10/2013	03/11/2013	04/11/2013	06/11/2013	
Poids en g		Poids en g	Poids en g	Poids en g	Poids en g	Poids en g	Poids en g	Poids en g	Poids en g	Poids en g	Poids en g	Poids en g		
Aloue du Rhône <i>Alosa falax</i>														
Anguille <i>Anguilla anguilla</i>	3054,17	1503,98	875,00	1715,14	27,74	3185,15	1726,86	4505,13	3501,28	1583,33	1266,59	5,51	1725,09	2097,82
Epinoche <i>Gasterosteus aculeatus</i>	0,83	1,43		5,10	0,98	2,53	2,17	0,30	0,32	0,40	4,02	7,20	0,29	2,09
Athérine <i>Atherina boyeri</i>	599,76	84,33	708,33	87,61	129,87	1024,13	439,01	327,70	17,57	52,50	53,12	140,36	122,25	118,92
Loup														
Flet														
Gobie <i>Pomatoschistus sp</i>									15,31					15,31
<i>Pomatoschistus microps</i>	1,53	9,48		20,55	6,46	33,20	14,24	0,38		0,41	17,71	38,94	31,95	17,88
<i>Pomatoschistus minutus</i>	16,18	46,35		226,25	36,89	86,74	82,48	19,08		11,11	138,48	125,20	42,83	67,34
Syngnathe mâle <i>syngnathus sp</i>													0,22	0,22
Syngnathe femelle		0,05					0,05			0,06			0,12	0,09
Anchois <i>Engraulis encrassicolus</i>	16,35	0,52		35,30	3,25	7,40	12,56	0,54	0,44	1,71	23,82	4,29	9,83	6,77
Blennie <i>Blennius pavo</i>		2,46	1,39	4,76			2,87				2,14	9,66		5,90
Dorade royale <i>Sparus aurata</i>										10,23				10,23
Muge doré <i>Liza aurata</i>														
Muge à grosse tête <i>Mugil cephalus</i>														
Muge pointu <i>Liza ramada</i>	47,49	16,33		0,84	5,77		17,61	40,18	7,97	3,53		26,56	140,67	43,78
Muge juvénile			3,70		21,27	1,11	8,69						5,61	5,61
Sar <i>Diplodus sargus</i>														
Sardine <i>Sardina pilchardus</i>														
Sole <i>Solea solea</i>									13,50					13,50
Ablette <i>Alburnus alburnus</i>											4,07			4,07
Barbeau <i>Barbus barbus</i>														
Breme		0,22	0,16				0,19							
Carpe <i>Cyprinus carpio ssp.</i>	670,34	1,13	67,83				246,43							
Carpe miroir														
Gardon														
Rotengle														
Carassin <i>Carassius auratus</i>			125,08				125,08							
Carassin argenté <i>Carassius gibelio</i>														
Gambusie <i>Gambusia affinis</i>														
Pseudorasbora <i>Pseudorasbora parva</i>		2,18					2,18		0,32					0,32
Poisson-chat <i>Ictalurus melas</i>														
Perche-soleil <i>Lepomis gibbosus</i>			0,14				0,14							
Sandre														
Silure		65,55	5,92				35,73							
Crabe mâle <i>Carcinus aestuarii</i>		3,66	11,81				7,73		47,50					47,50
Crabe femelle <i>Carcinus aestuarii</i>					3,33		3,33							
Crabe américain <i>Rhithropanopeus harrisi</i>														
Crevette rose <i>sp</i>														
<i>Palaemon adspersus</i>								0,04						0,04
<i>Palaemon elegans</i>	0,34				0,42	0,19	0,32	0,44	0,03	0,26			0,16	0,22
<i>Palaemonetes varians</i>	4,55	9,17		3,65	2,57	12,30	6,45	1,94	3,52	0,61	2,77	15,96	14,64	6,57
Crangon <i>crangon</i>	26,06	17,45		80,78	25,23	60,04	41,91	10,60	1,36	2,88	36,59	143,59	53,79	41,47
Ecrevisse de Louisiane	0,91	4,02	0,22	0,34			1,37							
Gambas														

## BIBLIOGRAPHIE

Type de ressource	Titre du document	Auteurs
Rapport	<b>Conséquence de la variabilité hydro-saline d'un complexe lagunaire méditerranéen, induite par la gestion hydraulique et les contraintes climatiques, sur ses peuplements piscicoles : le cas du système Vaccarès</b> , Rapport final (1 juillet 2000-30 juin 2003), APPEL A PROPOSITION DE RECHERCHE SUR LE LITTORAL (LITEAU-1998), Tour du Valat, 81p.	CHAUVELON P., CRIVELLI A., POIZAT G., ROSECCHI E.
Rapport	<b>Le climat de la France du XXI<sup>e</sup> siècle : changement climatique et niveau de la mer</b> : de la planète aux côtes françaises, 68 p., 2012	PLANTON S., LE COZANNET G., CAZENAVE A., COSTA S., DOUEZ O., GAUFRES p., HISSEL F., IDIER D., LABORIE V., PETIT V., SERGENT P.
Rapport	<b>Etude du recrutement en civelles et de leur devenir dans l'étang du Vaccarès</b> , cohorte 2013-2014, Avril 2015	CRIVELLI A.J., GEORGEON M., LEBEL I., CONTOURNET P.
Rapport	<b>Suivi scientifique 2012</b> , 67 p.	Reserve Naturel Nationale de Camargue
Rapport	<b>Suivi scientifique 2013</b> , 106 p.	Reserve Naturel Nationale de Camargue
Rapport	<b>Evaluer le franchissement des obstacles par les poissons</b> , informations sur la Continuité écologique-ICE (guide ICE).	ONEMA
Thèse	<b>Dynamique des peuplements piscicoles colonisant les milieux estuariens et lagunaires du delta du Rhône. Etude de 2 cas : le domaine de la Palissade et le pertuis de la Fourcade</b> , Thèse de Doctorat : biologie des populations-écologie, Université Aix Marseille 3, 195 pages.	BARBIN Olivier
Mémoire	<b>Connaissance, gestion et mise en valeur des espaces aquatiques continentaux</b> , Parc Naturel Régional de Camargue, Université Lumière Lyon II, C.E.D.E : pour une gestion concertée et opérationnelle de l'eau dans le delta du Rhône, 2007	PELEGRIN O.
Article	<b>Multiobjective assessment of conservation measures for the European eel (<i>Anguilla Anguilla</i>): an application to the Camargue lagoon</b> . ICES Journal of Marine SCIENCE Vol.64. 1483-1490 p., 2007	BEVACQUA D., MELIA P., CRIVELLI A.J., GATTO M., DE LEO G
Article	<b>Recrutement des civelles (L'anguille) sur la côte méditerranéenne française : analyse comparée des caractéristiques biométriques et pigmentaires des</b>	LEFEBVRE & Al.

	<b>saisons 1974-75 et 2000-20001.</b> Bulletin français de Pêche et de pisciculture, 368. 85-96., 2003b	
<b>Article</b>	<b>Eaux, Poissons et pouvoirs. Un siècle de gestion des échanges mer-lagune en Camargue,</b> Natures, Sciences, Sociétés, Volume 9, n°1, pp5-18,2011	ALLARD P., BARDIN O., BARTHELEMY C., PAILHES S., PICON B.
<b>Article</b>	<b>Glass eel recruitment, Anguilla anguilla (L.), in a mediterranean lagoon assessed by a glass eel trap : factors explaining the catches,</b> fish and diadromy in Europe, Springer Science+Business Media B.V. 2008	CRIVELLI A.J., AUPHAN N., CHAUVELON P., MENELLA J-Y., POIZAT G., SANDOZ A.
<b>Article</b>	<b>La daurade de l'étang de Thau,</b> rev.trav.inst.pêches marit., 26(1),1962	ADOUIN J.
<b>Compte rendu</b>	<b>Relevé de décisions de la réunion de C.E.D.E,</b> 2011-2016	GRANIER M.
<b>Inventaire</b>	<b>Timing of migration and exceptional growth of YOY Alosa fallax rhodanensis (Roule, 1924) in a lagoon in southern France</b> BFPP, 362/363, 761-772, 2001	CRIVELLI & POIZAT