

Gestion des ouvrages en marais : défis et solutions pour l'ichtyofaune

- Philippe BARAN, Ingénieur Expert Cabinet d'études ECOGEA

ECOGEA

Un travail de synthèse

- Commande OFB
- Deux documents



Synthèse bibliographique sur les populations
piscicoles en marais littoraux.
Partie 1 : les habitats et les espèces



Rapport ECOGEA E220514 – Version définitive

Rédacteurs : P. BARAN
V. CORNU

ECOGEA
352, avenue Roger Tissandier
31 600 MURET
Tél : 05 62 20 98 24
ecogea@tissandier.fr
www.ecogea.fr



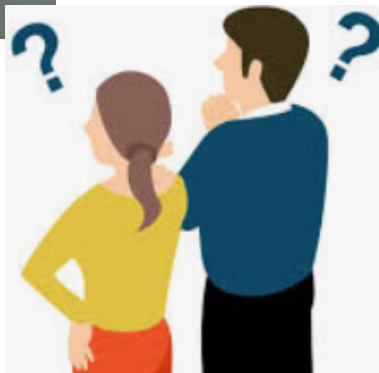
Synthèse bibliographique sur les populations
piscicoles en marais littoraux.
Partie 2 : Impacts des obstacles et solutions
techniques



Rapport ECOGEA E220514 – Version provisoire

Rédacteurs : P. BARAN
V. CORNU

ECOGEA
352, avenue Roger Tissandier
31 600 MURET
Tél : 05 62 20 98 24
ecogea@tissandier.fr
www.ecogea.fr



Quelles questions doit-on se poser?

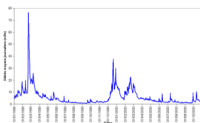
Pour quel problème?



Pour qui?



Quand?



Où?

Comment?



Identifier les espèces à enjeu

- **En marais et estuaire, espèces regroupées en groupes fonctionnels**
 - Cycle biologique
 - Tolérance à la salinité

Espèces marines

MO Espèces marines occasionnelles qui se reproduisent en mer et entrent en nombre restreint dans les systèmes lagunaires. Elles sont le plus fréquemment observées dans les parties avales euryhalines

MM Espèces marines migratrices, qui se reproduisent en mer et entrent régulièrement dans les lagunes en nombre important, plus particulièrement au stade juvénile. Ces espèces sont souvent euryhalines. Certaines dépendent pendant leur stade juvénile des lagunes, tandis que d'autres utilisent les lagunes de manière opportuniste.

Espèces lagunaires

LG Espèces lagunaires résidentes capable de réaliser la totalité de leur cycle de vie biologique en lagune. Certaines peuvent également être représentées par des populations marines discrètes.

LG-M Espèces lagunaires, qui se reproduisent en lagune et dont les femelles vont en mer pour l'éclosion de leurs œufs en larves pélagiques. Catégorie utilisée pour le crabe vert de Méditerranée (*Carcinus aestuarii*) et la crevette grise (*Crangon crangon*)

Espèces d'eau douce

ED Espèces qui se reproduisent en eau douce, dont la distribution se limite aux parties dulçaquicoles des systèmes lagunaires.

Espèces migratrices amphihalines

CA Espèces catadromes qui passent la totalité de leur vie trophique en eau douce et qui migrent ensuite en mer pour se reproduire. Cas de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) et du flet (*Platichthys flesus*).

AN Espèces anadromes croissant en mer jusqu'à atteindre leur maturité et migrant dans les rivières où elles se reproduisent. Cas de l'aloise feinte du Rhône (*Alosa fallax rhodanensis*).

Migrateurs amphihalins catadrome (CA)	Anguille*, Mulet porc**, Flet
Migrateurs amphihalins anadrome (AN)	Lamproie marine et fluviatile, Alose feinte et Grande Alose
Marines migratrices (MM)	Daurade, Sole, Maigre, Bar, mulet doré
Marines occasionnelles (MO)	Crevette blanche
Lagunaires sédentaires (LG)	Athérine, <i>Epinoche***</i> , Bouquet des canaux
Lagunaires migratrices (LG-M)	Crevette grise, Crabe vert
Holobiotiques continentales – Espèces d'eau douce (ED)	Brèmes, Brochets, Carpe, <i>Epinoche***</i>

Définitions des groupes fonctionnels relatifs au cycle de vie des espèces utilisés. (Adapté de Elliott et al., 2007 ; Franco et al., 2008 ; extrait de Nicolas, 2010). On soulignera que l'anguille peut passer une grande partie de sa phase de croissance (vie trophique) en eau saumâtre

Identifier les espèces à enjeu

• Les espèces à enjeu d'un territoire

Espèces marines

MO Espèces marines occasionnelles qui se reproduisent en mer et entrent en nombre restreint dans les systèmes lagunaires. Elles sont le plus fréquemment observées dans les parties avales euryhalines

MM Espèces marines migratrices, qui se reproduisent en mer et entrent régulièrement dans les lagunes en nombre important, plus particulièrement au stade juvénile. Ces espèces sont souvent euryhalines. Certaines dépendent pendant leur stade juvénile des lagunes, tandis que d'autres utilisent les lagunes de manière opportuniste.

Espèces lagunaires

LG Espèces lagunaires résidentes capable de réaliser la totalité de leur cycle de vie biologique en lagune. Certaines peuvent également être représentées par des populations marines discrètes.

LG-M Espèces lagunaires, qui se reproduisent en lagune et dont les femelles vont en mer pour l'éclosion de leurs œufs en larves pélagiques. Catégorie utilisée pour le crabe vert de Méditerranée (*Carcinus aestuarii*) et la crevette grise (*Crangon crangon*)

Espèces d'eau douce

ED Espèces qui se reproduisent en eau douce, dont la distribution se limite aux parties dulçaquicoles des systèmes lagunaires.

Espèces migratrices amphihalines

CA Espèces catadromes qui passent la totalité de leur vie trophique en eau douce et qui migrent ensuite en mer pour se reproduire. Cas de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) et du flet (*Platichthys flesus*).

AN Espèces anadromes croissant en mer jusqu'à atteindre leur maturité et migrant dans les rivières où elles se reproduisent. Cas de l'aloise feinte du Rhône (*Alosa fallax rhodanensis*).

Exigences écologiques espèces

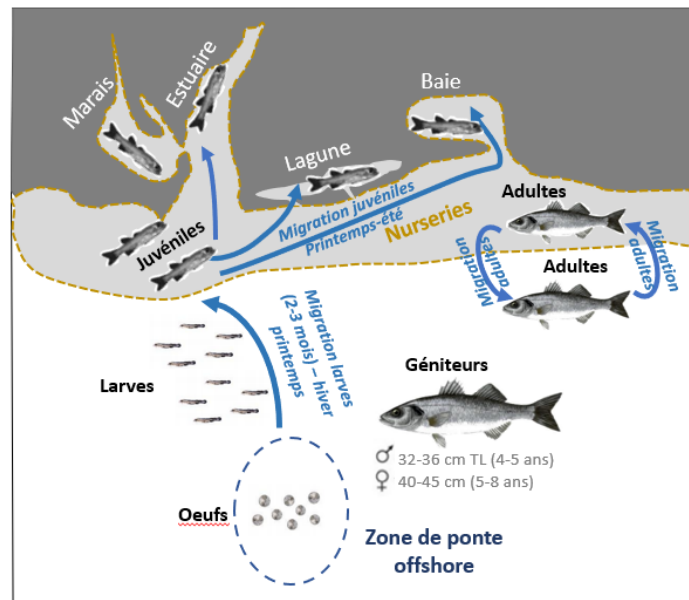
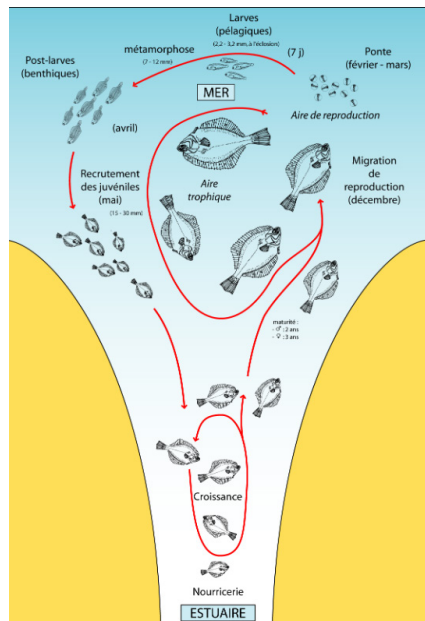
X

Caractéristiques des milieux (salinité, habitat, température)

POTENTIALITES D'ACCUEIL

Caractériser leur cycle biologique

- **Elément essentiel dans la gestion**
 - Besoins migratoires
 - Saisonnalité des migrations
 - Stades de développement concerné (taille)



Caractériser leurs besoins migratoires

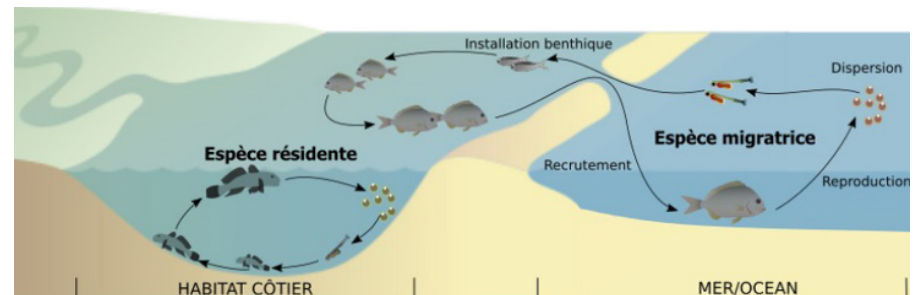
- Pourquoi migrer?

Recherche habitats de nurserie (accueil des larves, alevins et juvéniles)

Recherche habitats de croissance adultes

Recherche habitats de reproduction

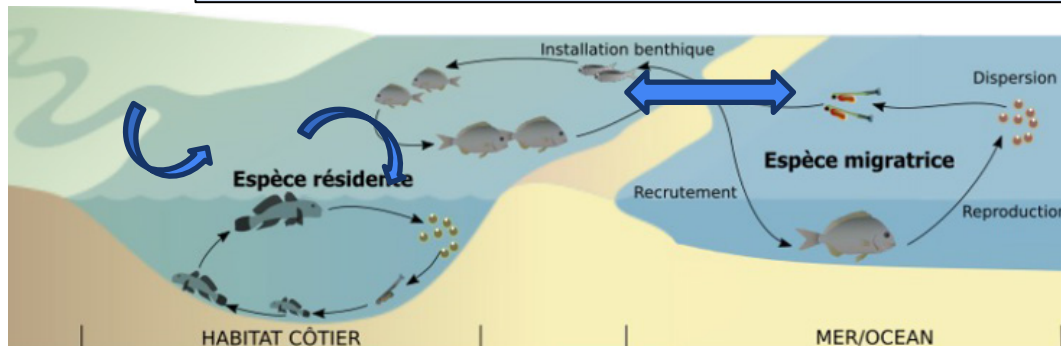
Recherche de zones refuge (T°C, Tempêtes)



Caractériser leurs besoins migratoires

- Pourquoi migrer?

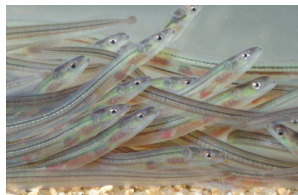
Migrations entre mer/estuaire/lagune/marais



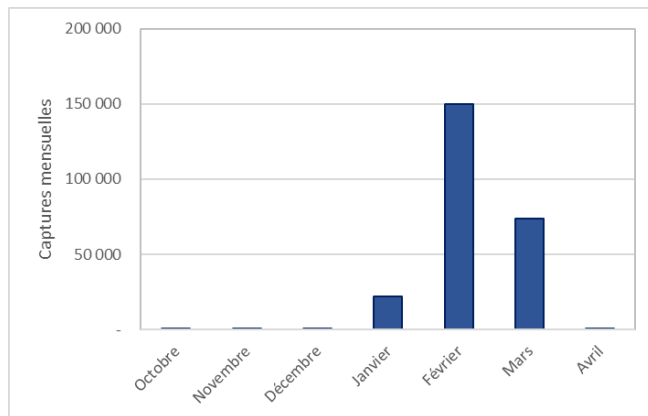
Migrations à l'intérieur des marais

Saisonnalité des migrations

- **Élément essentiel dans la gestion**
 - Adaptation de la gestion des ouvrages durant les phases de fortes migrations



Espèces	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Anguille (civelle)												



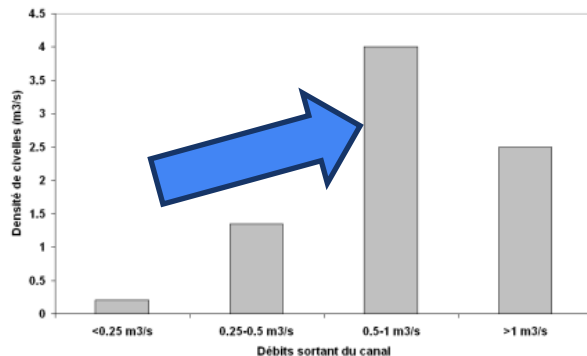
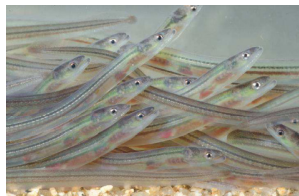
Nombre de captures mensuelle d'anguilles dans la passe piège de Vaccarès (in Lambrenon et al., 2021).



Espèces	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Anguille (argentée)												

Une activité migratoire liée aux volumes d'eau

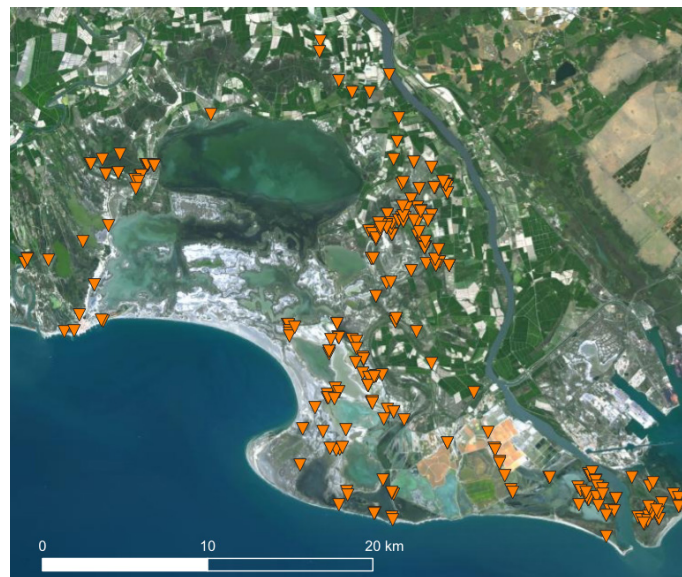
- Les volumes d'eau (débit) sont des éléments très importants pour l'activité migratoire
 - Attractivité et augmentation de l'intensité migratoire pour les civelles et les jeunes anguilles dans les périodes de débits soutenus



Données FDAAPPMA Vendée

Quels axes migratoires prioritaires?

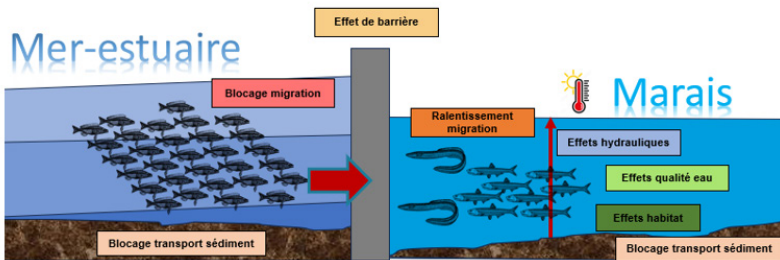
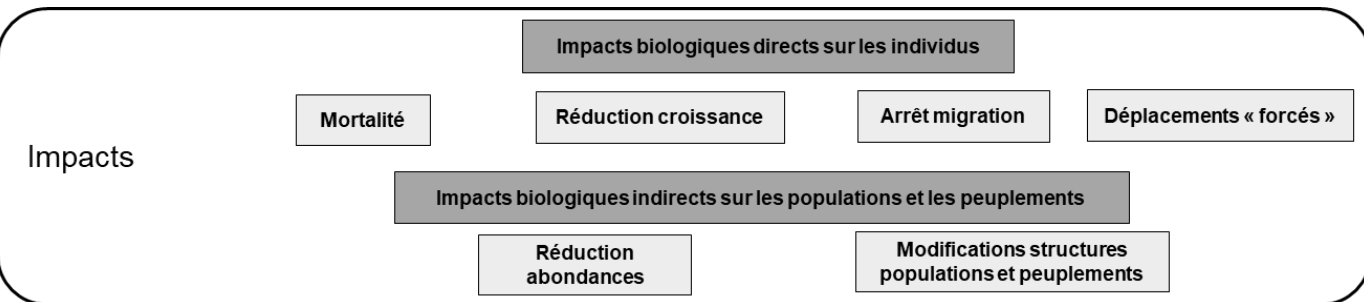
- Identifier les axes prioritaires de migration et les obstacles associés
 - Attractivité hydraulique
 - Flux biologiques (suivis)



Comment atténuer les impacts des ouvrages?

• Retour sur les impacts des ouvrages pour la faune piscicole

- Impacts directs (blocage migration, mortalité...)
- Impacts indirects (à l'échelle de la population)



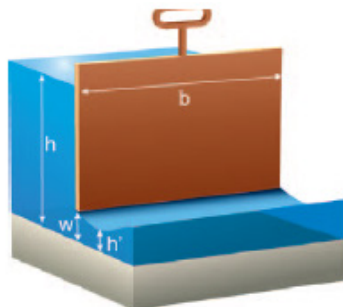
Les ouvrages en marais sont-ils franchissables?

- **Franchissabilité des ouvrages « mobiles » (vannes, clapets)**
 - Dépend des conditions hydrauliques (Heau et vitesse d'écoulement)
 - Capacités de nage et/ou de saut et/ou de reptation



Les ouvrages en marais sont-ils franchissables?

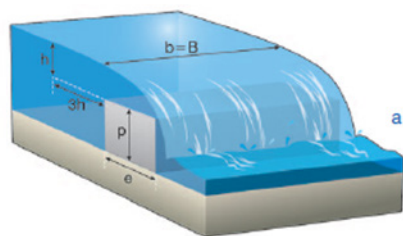
- **Franchissabilité des ouvrages « mobiles » (vannes, clapets)**
- Dépend des conditions hydrauliques (Heau et vitesse d'écoulement)



$$Q = C \sqrt{2g} b h^n$$

- Q est le débit [m^3/s];
- b la largeur du déversoir [m];
- h la hauteur d'eau [m] (lame d'eau) mesurée au-dessus de la crête du seuil à une distance vers l'amont d'environ $3h$;
- n un exposant lié à la géométrie du déversoir;
- C un coefficient de débit à déterminer.

Formules de calculs hydrauliques disponibles pour tous les types d'ouvrages



$$Q = C \sqrt{2g} b w h^{0.5}$$

- $C = 0,60$ le coefficient de débit;
- b [m] la largeur de l'ouverture d'une vanne;
- w [m] la hauteur de l'ouverture d'une vanne;
- h [m] la hauteur d'eau à l'amont de la vanne mesurée à partir du radier de la vanne;
- h' la hauteur d'eau à l'aval de la vanne sous la contraction.

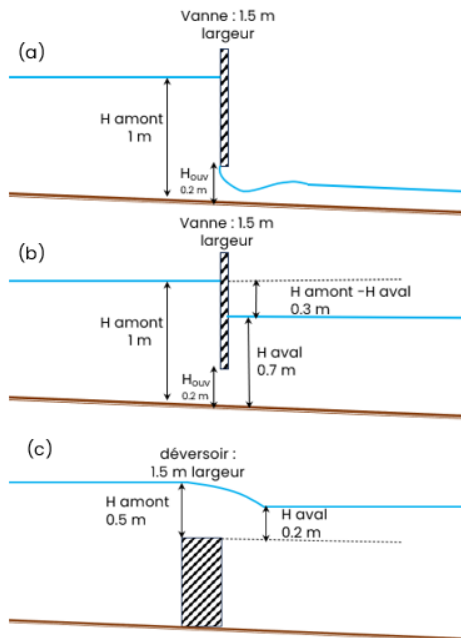


Les ouvrages en marais sont-ils franchissables

- **Franchissabilité des ouvrages « mobiles » (vannes, clapets)**
- Dépend des conditions hydrauliques (Heau et vitesse d'écoulement)

Conditions hydrauliques au droit des ouvrages

- * Différentiel de niveau d'eau amont/aval
- * Ennoisement ou non par l'aval
- * Degré d'ouverture



Débit transitant : $0.8 \text{ m}^3/\text{s}$
 Vitesse sous la vanne : 2.65 m/s

Débit transitant : $0.44 \text{ m}^3/\text{s}$
 Vitesse sous la vanne : 1.45 m/s

Débit transitant : $0.275 \text{ m}^3/\text{s}$
 Vitesse dans le jet : de 0.9 à 0.36 m/s



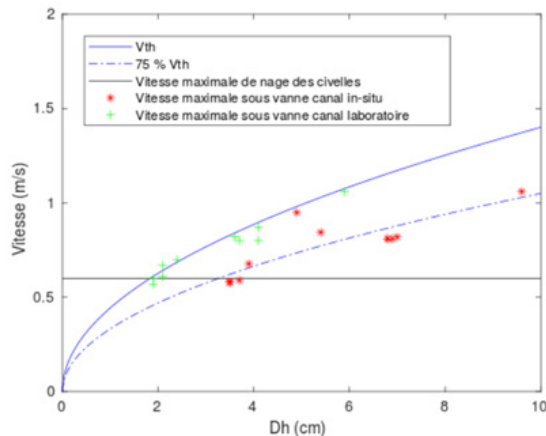
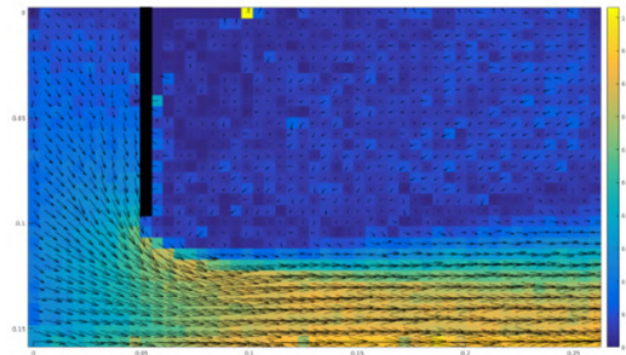
Les ouvrages en marais sont-ils franchissables

- **Franchissabilité des ouvrages « mobiles » (vannes, clapets)**
 - Dépend des conditions hydrauliques (Heau et vitesse d'écoulement)



Vitesses d'écoulement sous une vanne envoyée par l'aval

- $\Delta H = 2 \text{ cm}$ – Vitesses 0.6 m/s
- $\Delta H = 5 \text{ cm}$ – Vitesses 0.9 m/s

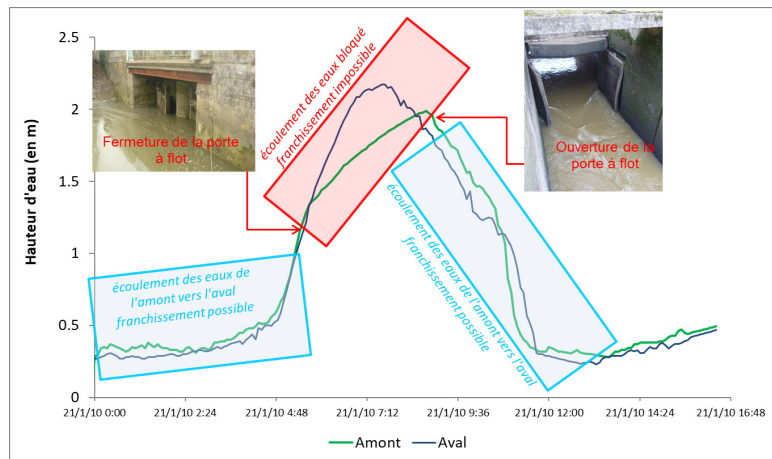


in Guiot de la Rochère, 2020

Les ouvrages en marais sont-ils franchissables

- **Franchissabilité des ouvrages « mobiles » (vannes, clapets)**
 - Le cas des ouvrages soumis à marée

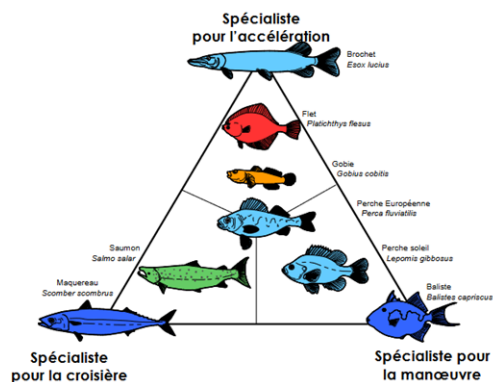
Conditions hydrauliques complexes car évolutions horaires et différentes des niveaux d'eau de part et d'autre de l'ouvrage



Les ouvrages en marais sont-ils franchissables

- **Franchissabilité des ouvrages « mobiles » (vannes, clapets)**
 - Les capacités de franchissement espèces

Capacités de nage



Statut physiologique	Nage	
Anaérobie	Pointe	Vitesse maximale
Aéro-Anaérobie	Soutenue	Vitesse critique
Aérobie	Croisière	Vitesse optimale

$$V_{max} = 0,4 + 7,4 \text{ taille poisson}$$

V_{max} : 4 m/s à 5 m/s pour la grande alose,

V_{max} : 1 m/s pour un juvénile de bar de 10 cm.

Effet température de l'eau

F(t) taille, forme du corps, T°C

Les ouvrages en marais sont-ils franchissables

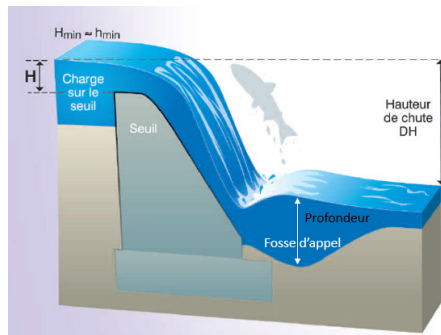
- Franchissabilité des ouvrages « mobiles » (vannes, clapets)
- Les capacités de franchissement espèces

Capacités de nage

Nom commun	Vitesse de sprint	Vitesse critique
Anguille jaune (>35 cm)	1.2-1.8 m/s	0.7-0.9 m/s
Anguillettes (20-35 cm)	0.8-1.2 m/s	0.4-0.6 m/s
Anguillettes (10-20 cm)	0.7-0.8 m/s	0.3-0.5 m/s
Anguille Civelte pigmentée	30-50 cm/s	15-20 cm/s
Anguille Civelte transparente	15-25 cm/s	8-10 cm/s
Grande Alose	3.5-5 m/s	1.2-1.8 m/s
Alose feinte atlantique Alose feinte méditerranéenne	3-4.5 m/s	1.0-1.5 m/s
Lamproie marine	3-4.5 m/s	1.0-1.5 m/s
Lamproie fluviatile	2-2.5 m/s	0.7-1 m/s
Flet (5-15 cm)	0.6-0.8 m/s	0.2-0.4 m/s
Mulet porc - juvéniles (5-15 cm)	0.8-1 m/s	0.2-0.4 m/s
Mulet doré (5-15 cm)	0.8-1 m/s	0.2-0.4 m/s
Brochet	3-5 m/s	1.0-1.8 m/s
Brème commune et brème bordelière	2-3.5 m/s	0.8-1.2 m/s
Epinoche	1-1.5 m/s	0.3-0.4 m/s
Athérine	1-2 m/s	0.4-0.6 m/s
Bar - juvéniles (6-15 cm)	1.5-2.2 m/s	0.5-1.0 m/s
Sole - juvéniles (6-15 cm)	0.5-1.5 m/s	0.3-0.4 m/s
Daurade royale - juvéniles (6-15 cm)	0.3-1 m/s	0.2-0.4 m/s
Maigre - juvéniles (6-15 cm)	1.2-1.7 m/s	0.3-0.5 m/s

- **Franchissabilité des ouvrages « mobiles » (vannes, clapets)**
 - Les capacités de franchissement espèces

Capacités de saut (mulets)



Capacité de saut dépend de la fosse d'appel (prise d'élan)

F(t) espèce, taille, T°C

Les ouvrages en marais sont-ils franchissables

- **Franchissabilité des ouvrages « mobiles » (vannes, clapets)**
 - Les capacités de franchissement espèces

Capacités de reptation (civelle, crustacés)



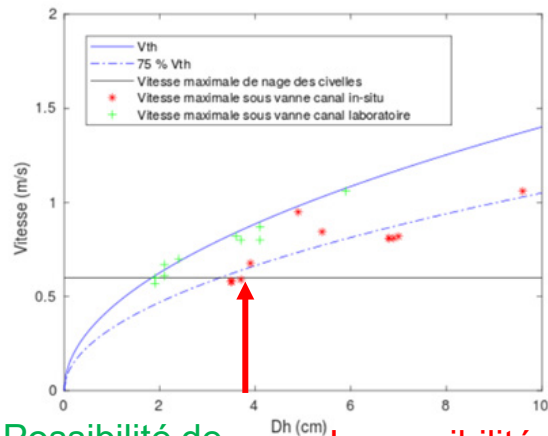
Capacités civelles fortement liées à la température de l'eau.

Début franchissement : 14.5°C

Activité vraiment marquée à partir de 17°C

Les ouvrages en marais sont-ils franchissables?

- **Evaluation franchissabilité ouvrage - ICE**
 - Connaître les conditions hydrauliques au niveau de l'ouvrage
 - Confronter aux capacités de nage



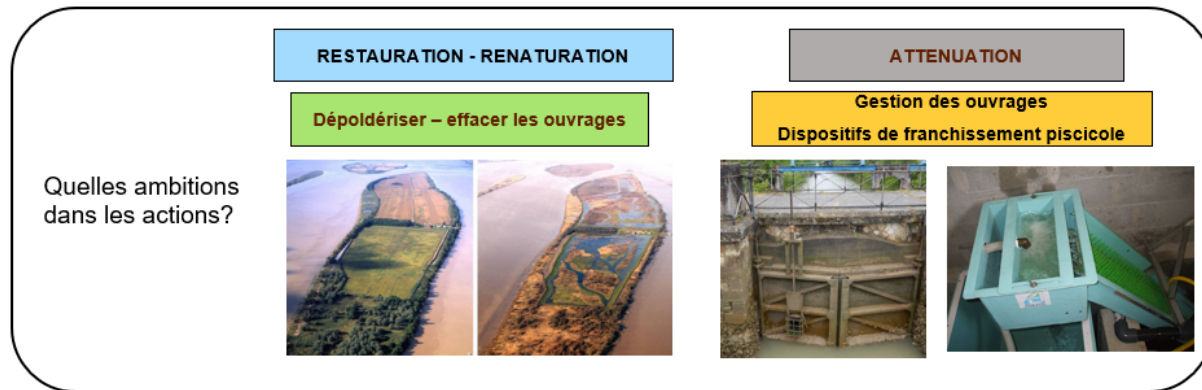
Possibilité de franchir

Impossibilité de franchir



Rétablir la continuité écologique

- Restaurer ou atténuer



- Le choix repose sur une analyse croisée basée sur plusieurs enjeux

USAGES

COÛTS D'ENTRETIEN
DES OUVRAGES

BIODIVERSITE

SERVICES
ECOSYSTEMIQUES

• Comment rendre les ouvrages franchissables ?

- Définir des objectifs
- Définir des moyens

Les Objectifs

Atténuation des impacts = accepter un compromis – pas de franchissabilité à 100% (effacement)

Franchissabilité à 100% : tout le temps et/ou pour toutes les espèces et toutes les tailles

Atténuation – Les étapes préalables au choix technique et au dimensionnement



- **Comment rendre les ouvrages franchissables ?**

- Définir des objectifs
- Définir des moyens

Les Moyens

Dispositifs et/ou modalité de gestion des ouvrages permettant de satisfaire les objectifs de franchissabilité

MOYENS

Ouvrages dédiés
(passe à poissons)

Modalités de gestion

- **Une gestion adaptée des ouvrages ?**

- Créer des conditions hydrauliques au droit des ouvrages compatibles avec les capacités de franchissement des espèces
- Comment?

Définir des ouvertures et/ou des abaissements qui créent des conditions hydrauliques satisfaisantes (vitesses, agitation)

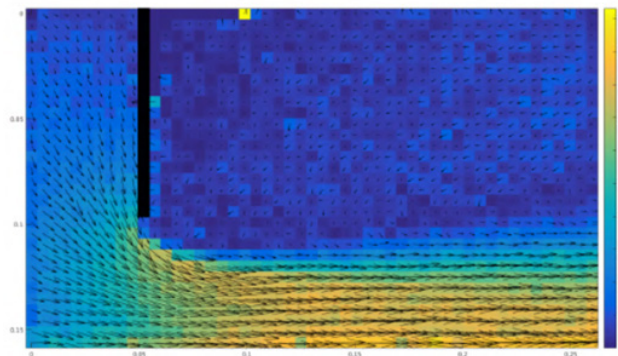


L'atténuation des impacts : rendre les ouvrages franchissables

- **Une gestion adaptée des ouvrages ?**

- Créer des conditions hydrauliques au droit des ouvrages compatibles avec les capacités de franchissement des espèces
- Comment?

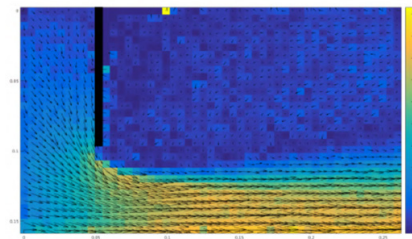
La connaissance des niveaux d'eau et de leur évolution EST INDISPENSABLE à la mise en œuvre de modalités de gestion



- Une gestion adaptée des ouvrages ?

- Créer des conditions hydrauliques au droit des ouvrages compatibles avec les capacités de franchissement des espèces
- Comment?

Tests de franchissement de civelles sous une vanne en sousverse



Capacité de franchissement des civelles pour les ouvrages dans le marais

Un important travail de recherche concernant la gestion des 1^{ers} ouvrages à la mer et surtout ceux situés à l'intérieur des marais a été conduit à la fois en laboratoire, *in situ* et avec des modélisations au niveau des canaux de Charras et Biard (Guiot de la Rochère, 2020). Des expérimentations de franchissement de civelles sous une vanne en sousverse ont été conduites. 80 à 99% des civelles ont franchi la vanne avec des vitesses d'écoulement de 13 cm/s, 14 à 25% avec des vitesses de 58-59 cm/s et 0% pour des vitesses de 80 cm/s. Des tests avec ajout de rugosités (sur le fond de la vanne ont montré la totale inefficacité de ce type d'aménagement pour les civelles. Aucune civelle n'a réussi à franchir le dispositif avec les rugosités.

- **Une gestion adaptée des ouvrages ?**

- Créer des conditions hydrauliques au droit des ouvrages compatibles avec les capacités de franchissement des espèces
- Comment?

Cas spécifique des ouvrages soumis à marée

Dispositifs « pérennes » assurant l'entrée d'un volume d'eau par marée



Gestion par ouverture totale ponctuelle des ouvrages



Solutions techniques



- **Une gestion adaptée des ouvrages ?**

- Créer des conditions hydrauliques au droit des ouvrages compatibles avec les capacités de franchissement des espèces
- Comment?

Efficacité biologique

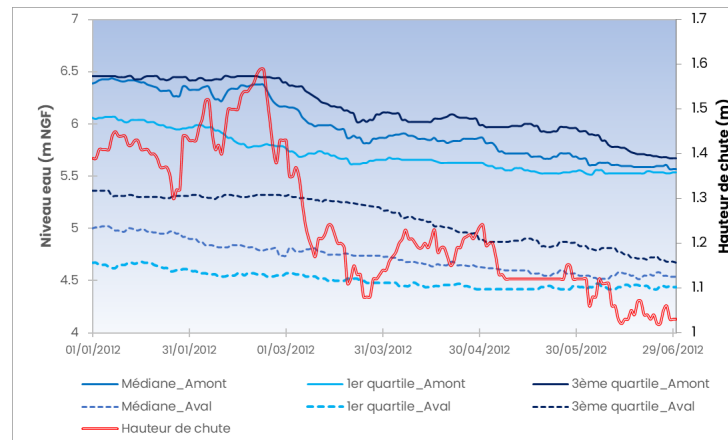


Ouverture totale vs ouverture partielle des 1^{ers} ouvrages à la mer : incidences sur les civelles

Les études conduites sur l'écluse de Biard dans l'estuaire de la Charente ont montré que les flux de civelles étaient de **10.8 kg/marée** lorsque l'ouvrage était complètement ouvert contre **0.8 kg/marée** lorsqu'une vantelle assurait l'admission d'eau en amont (Alric et al., 2013 ; Rigaud et al., 2014). Ce très fort différentiel peut insister à privilégier

- **Les dispositifs de franchissement**
 - Choix et critères de dimensionnement fortement documentés (voir OFB – Pôle écohydraulique)

Quelles espèces?
Quand?
Evolution niveaux d'eau
Caractéristiques ouvrage et mode de gestion



- **Les dispositifs de franchissement**
 - Choix et critères de dimensionnement fortement documentés (voir OFB – Pôle écohydraulique)

Dispositifs de franchissement ont besoin de débits pour fonctionner et être attractifs



L'atténuation des impacts : rendre les ouvrages franchissables

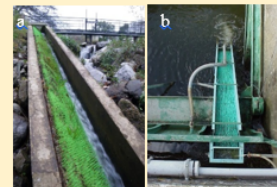
- Les dispositifs de franchissement
- Dispositifs spécifiques



Les dispositifs de franchissement spécifiques adaptés à l'anguille

Rampes à brosses :

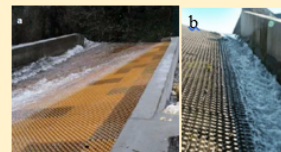
Taille cible	Anguilles <20 cm
Débits	5->100 l/s
Hauteur totale de chute	De 1 à >20 m (mais avec bassin repos)
Configurations possibles	Alimentation gravitaire avec déver latéral Alimentation par pompage – passe piège
Pente	20 à 90%
	Génie civil très compact Coût limité Faible besoin en débit (mais efficacité améliorée avec débit attrait)
	Réservé au franchissement des jeunes stades d'anguille Attractivité limitée pour les systèmes de grande largeur Besoin d'un entretien régulier



Photos 75 et 76 : Illustrations passe brosse à alimentation gravitaire (a) et (b) par pompage (© ECOGEA).

Rampes à plots :

Taille cible	Anguilles 10-35 cm
Débits	20->100 l/s
Hauteur totale de chute	De 1 à >20 m (mais avec bassin repos)
Type de supports	Elastomère ABS (attention certains supports sont très fragiles) Béton
Configurations possibles	Alimentation gravitaire avec déver latéral Possibilité de mixer les supports avec les brosses
Pente	5 à 60°
	Génie civil très compact Coût limité Assez faible besoin en débit (mais efficacité améliorée avec débit attrait)
	Réservé au franchissement des anguilles jusqu'à 30-35 cm Besoin d'un entretien régulier



Photos 77 et 78 : Illustrations rampes à plots (a) élastomères (© Marseille Modelage Mécanique), (b) béton (© Icthyologic).

- Les dispositifs de franchissement
- Dispositifs adaptés à plusieurs espèces



Les dispositifs de franchissement adaptés à plusieurs espèces

Passes à fentes verticales :

Espèces cibles	Toutes les espèces de taille >10 cm
Débits	De 0.7 à 1.5 m³/s
Hauteur totale de chute	De 1 à 6-7 m
Hauteur de chute entre bassin	15 cm : poissons [10-15 cm]
	20 cm : poissons [15-20 cm]
	25 cm : poissons [>20 cm]
	Multi-espèces Génie civil compact Supporte variations Heau amont
	Débit élevé Sensible aux défauts d'entretien



Photos 69 et 70 : Illustrations passe à poissons à fente verticale (@ECOGEA).

Rampes en enrochements régulièrement répartis :

Espèces cibles	Toutes les espèces de taille >10 cm
Débits	De 0.3 à >5 m³/s
Hauteur totale de chute	De 0.5 à 2.5-3 m
Pente et débit unitaire	1.5-2%-150-200 l/s/m : poissons [10-15 cm]
	2-3%-200-300 l/s/m : poissons [15-20 cm]
	3-5%-300-400 l/s/m : poissons [>20 cm]
	Multi-espèces (nécessité adaptation pour grande alose) Adaptée débit réduit (>150 l/s) Supporte variations Heau amont avec déverlat
	Hauteur de chute limitée Génie civil conséquent Sensible aux défauts d'entretien



Photos 71 et 72 : Illustrations rampes en enrochement (@Catchment solutions - FDAAPPMA 33).

Rivière de contournement :

Espèces cibles	Toutes les espèces
Débits	De 0.3 à >5 m³/s
Hauteur totale de chute	De 0.5 à 2.5 m
Pente et débit unitaire	1.5-2%-150-200 l/s/m : poissons [10-15 cm]
	2-3%-200-300 l/s/m : poissons [15-20 cm]
	3-5%-300-400 l/s/m : poissons [>20 cm]
	Multi-espèces avec possibilité différentes configurations adaptées à des tailles de poissons très différentes Supporte variations Heau amont si seuils adaptés Peu sensible au défaut entretien
	Hauteur de chute limitée Génie civil très conséquent Disponibilité foncière



Photos 73 et 74 : Illustrations rivières de contournement (@Smaas - FDAAPPMA 14).

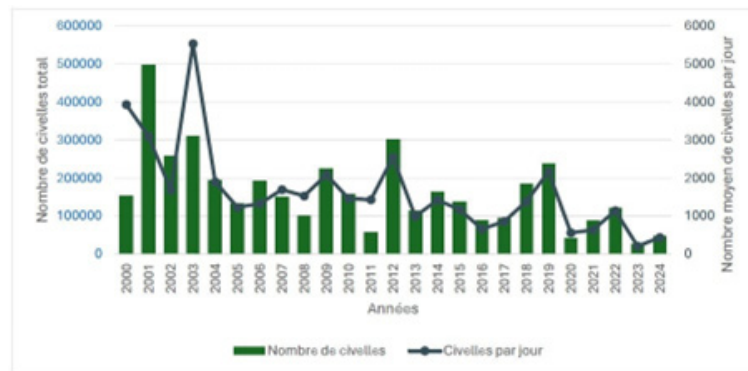
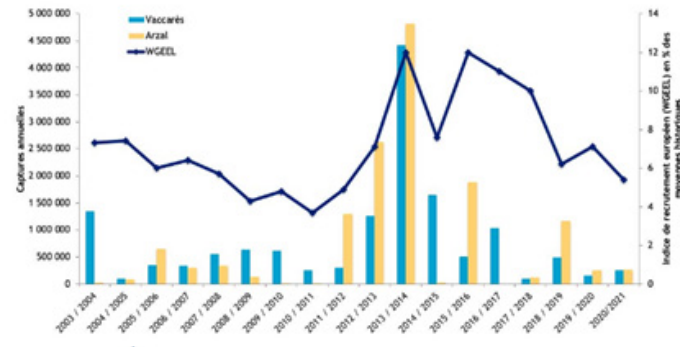
L'atténuation des impacts : rendre les ouvrages franchissables

- **Les dispositifs de franchissement**
- Efficacité biologique

Nombreux suivis sur différentes passes spécifiques pour les anguilles (passes piège) qui permettent d'évaluer des flux de poissons (1ers ouvrages à la mer comme à Arzal sur la Vilaine, les Enfreneaux sur la Sèvre Niortaise, le Pas du Bouc sur le canal des étangs ou encore au grau de la Fourcade (Vaccarès) en Camargue).

Quantités d'anguilles comptabilisées annuellement de 20 000 à 4 700 000.

Quantités très variables d'une année sur l'autre avec des patrons spécifiques à chaque site.



Données MRM, Parc Naturel Régional du Marais Poitevin

- **Les dispositifs de franchissement**
 - Efficacité biologique

Suivis spécifiques de civelles marquées sur 3 sites français (Enfreneaux, Saujon (Seudre) et Pas du Bouc)

Efficacités de passe brosse variant entre 22%-24% (Pas du Bouc, Enfreneaux) et 41% (Saujon) (Rigaud *et al.*, 2014.).

Sur une passe à anguille de la rivière Yser en Belgique, Van Wichelen *et al.* (2021) ont obtenu des taux de franchissement proches de 50%.



- **Une gestion indispensable**

- Entretien
- Adaptation des ouvertures
- Réparation

Encadrement nécessaire par des règlements d'eau







Cofinancé par l'Union européenne. Les points de vue et les opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de CINEA. Ni l'Union européenne ni l'autorité chargée de l'octroi de la subvention ne peuvent en être tenues pour responsables.