



**HAL**  
open science

## Conception et dimensionnement des prises d'eau ichtyocompatibles

Dominique Courret, Michel Larinier, Laurent David, Ludovic Chatellier,  
Sylvain Raynal

► **To cite this version:**

Dominique Courret, Michel Larinier, Laurent David, Ludovic Chatellier, Sylvain Raynal. Conception et dimensionnement des prises d'eau ichtyocompatibles. Colloque "La continuité biologique dans le bassin de la Moselle et de la Sarre" - CIPMS-IKSMS, Oct 2013, Trèves, Allemagne. pp.0. hal-03670028

**HAL Id: hal-03670028**

**<https://hal.science/hal-03670028v1>**

Submitted on 17 May 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



## Open Archive Toulouse Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in: <http://oatao.univ-toulouse.fr/>  
Eprints ID: 11474

**To cite this version:**

Courret, Dominique and Larinier, Michel and David, Laurent and Chatellier, Ludovic and Raynal, Sylvain *Conception et dimensionnement des prises d'eau ichtyocompatibles*. (2013) In: Colloque Colloque "La continuité biologique dans le bassin de la Moselle et de la Sarre" - CIPMS-IKSMS, 10 October 2013 - 10 October 2013 (Trèves, Germany).

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator:  
[staff-oatao@inp-toulouse.fr](mailto:staff-oatao@inp-toulouse.fr)

CIPMS,

Colloque La continuité biologique dans le bassin de la Moselle et de la Sarre,

01/10/2013, Trèves

1

Pour mieux  
affirmer  
ses missions,  
le Cemagref  
devient Irstea



Pôle Ecohydraulique ONEMA – IRSTEA – IMFT (Toulouse)

2



Institut P' de Poitiers

# Conception et dimensionnement des prises d'eau ichtyocompatibles

COURRET D<sup>1</sup>, LARINIER M, DAVID L<sup>2</sup>, CHATELLIER L<sup>2</sup>, et RAYNAL S<sup>2</sup>

Différentes études financées par :



# Conception des prises d'eau ichtyocompatibles

- Expérimentations in-situ (EDF R&D – CSP - Cemagref) 1992 – 2005 sur des exutoires associés à des plans de grille existants

→ Difficultés à concevoir des dispositifs aux efficacités satisfaisantes au niveau des prises d'eau existantes



Halsou



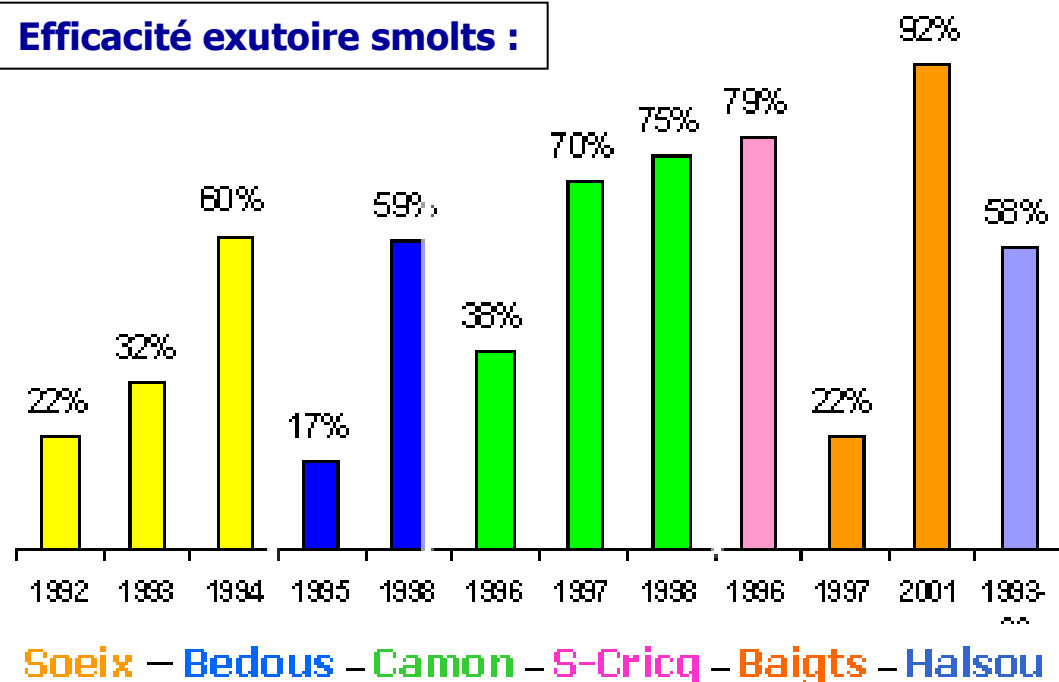
Baigts

Exutoire : 2,2 m<sup>3</sup>/s

## Efficacité exutoire Anguille argentées :

- Baigts : ≈ 20% (surface), très faible (fond)
- Halsou : 56 – 64 %

## Efficacité exutoire smolts :



# Conception des prises d'eau ichtyocompatibles

- **Etude pour définir les bases de conception et de dimensionnement de prises d'eau « ichtyocompatibles » prenant en compte :**
  - Les contraintes liées à la dévalaison des poissons
  - Les contraintes liées à l'exploitation hydroélectrique (perte de charge, dégrillage)

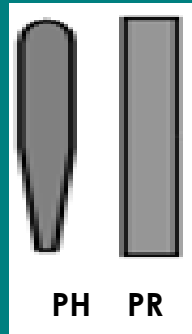
→ Système de grille « fine » associée à un ou plusieurs exutoires
- **3 fonctions fondamentales à assurer par le dispositif de dévalaison :**
  - arrêter les poissons et les empêcher ainsi de passer par les turbines
  - les guider vers un système de transfert vers l'aval
  - et les récupérer, puis les transférer vers l'aval sans dommage

→ Adaptation des plans de grille conventionnels pour qu'ils assurent l'arrêt et le guidage + exutoire

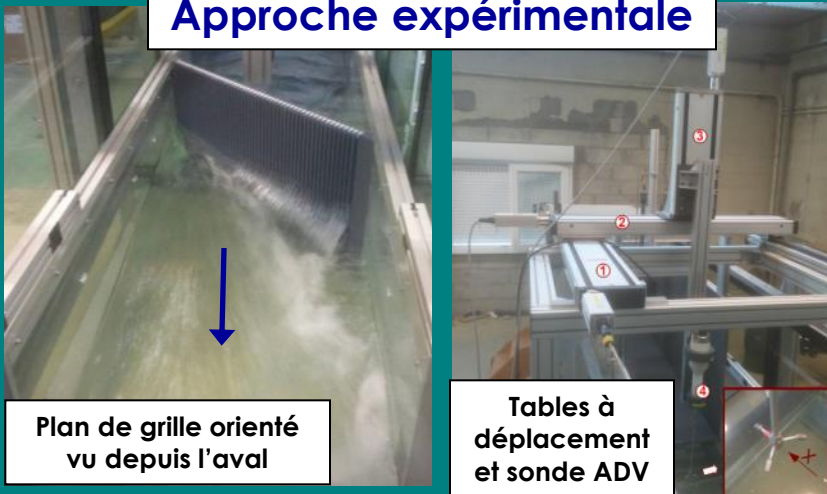


# Conception des prises d'eau ichtyocompatibles

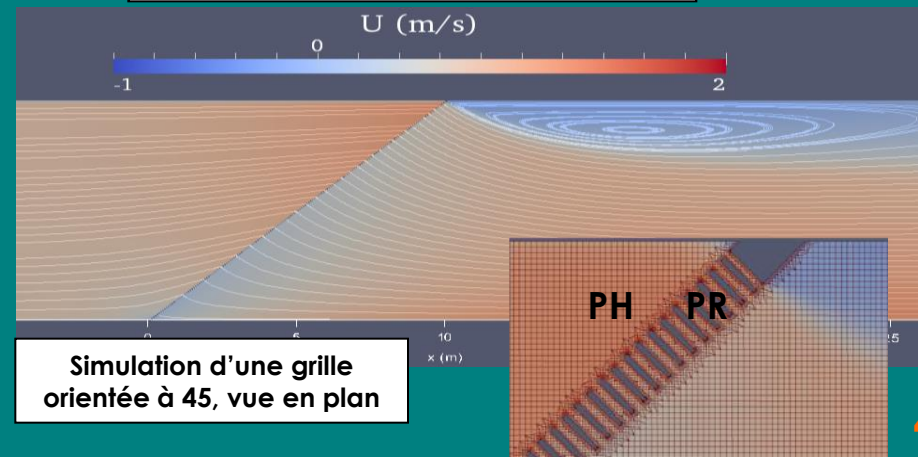
- **Action 11 du programme R&D Anguille + études complémentaires pour répondre aux besoins identifiés :**
    - Caractériser les pertes de charge au passage des plans de grille ichtyocompatibles → Proposition de nouvelles formules adaptées.
    - Caractériser les vitesses d'écoulement à l'approche des plans de grille → Vérification des conditions de guidage et adaptations des critères
    - Débit garantissant l'efficacité du dispositif et limitant les pertes d'exploitation → Préciser les critères de positionnement et d'alimentation en débit des exutoires
- + tests de solutions technologiques (profil hydrodynamique, grilles orientés avec les barreaux dans le sens de l'écoulement)



## Approche expérimentale



## Approche numérique



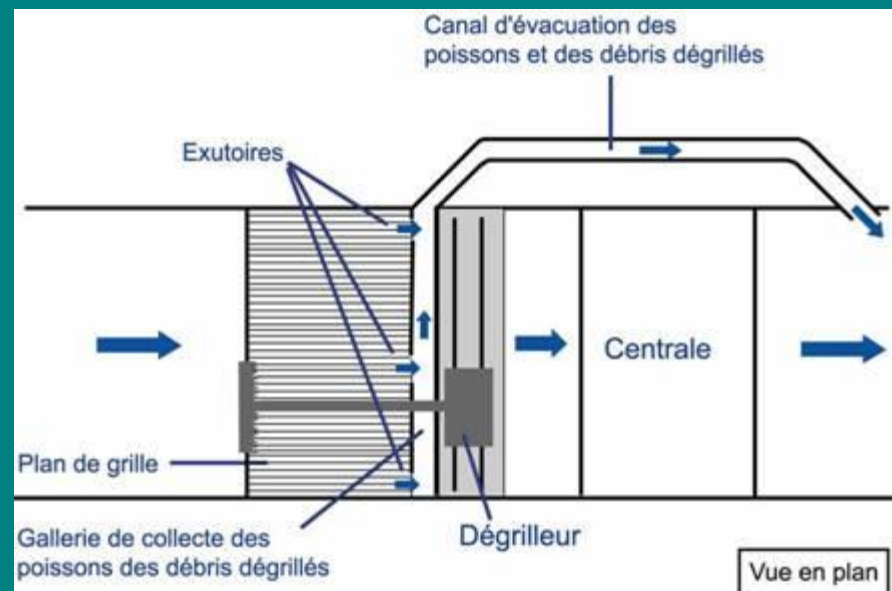
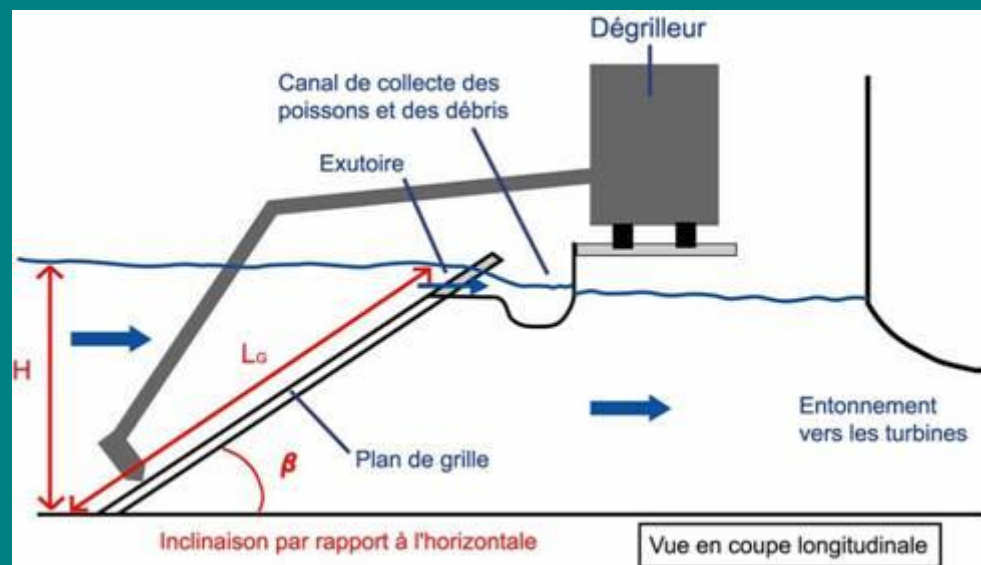
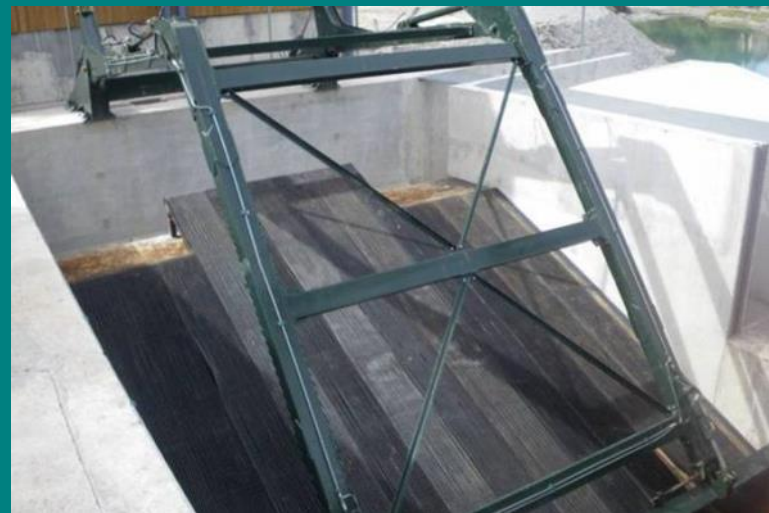


# Conception des prises d'eau ichtyocompatibles

Deux configurations envisageables :

## 1) Plan de grille très incliné en coupe par rapport à l'horizontale et disposé perpendiculairement à l'écoulement :

- un ou plusieurs exutoires selon la largeur positionnés au sommet du plan de grille
- angle d'inclinaison  $\beta$  : angle aigu entre le plan de grille et le fond du canal

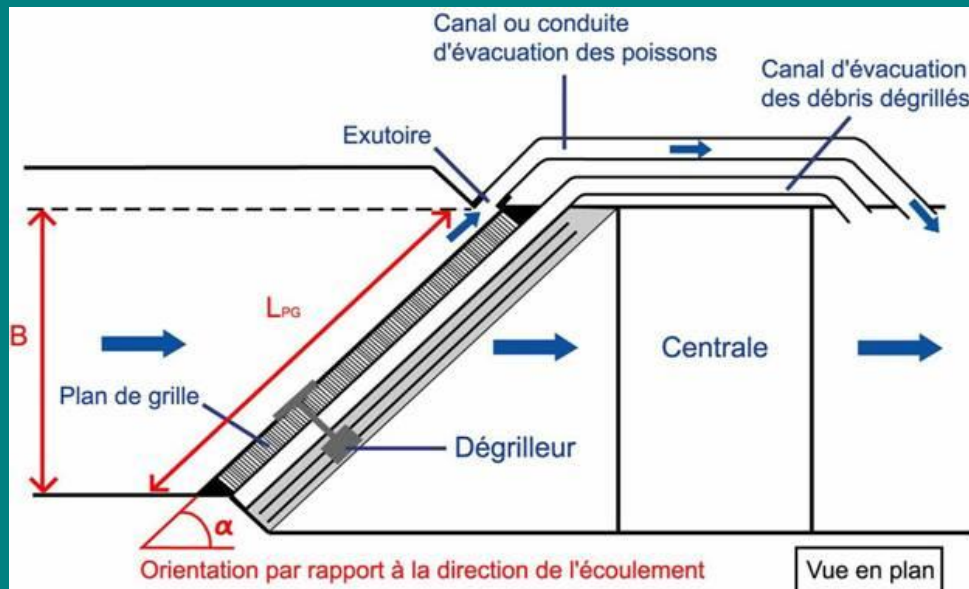


# Conception des prises d'eau ichtyocompatibles

## Deux configurations envisageables :

### 2) Plan de grille quasi vertical et orienté en plan par rapport à la direction de l'écoulement :

- exutoire positionné à l'extrémité aval du plan de grille
- angle d'orientation  $\alpha$  : angle aigu entre le plan de grille et la direction de l'écoulement, souvent considérée parallèle à la berge



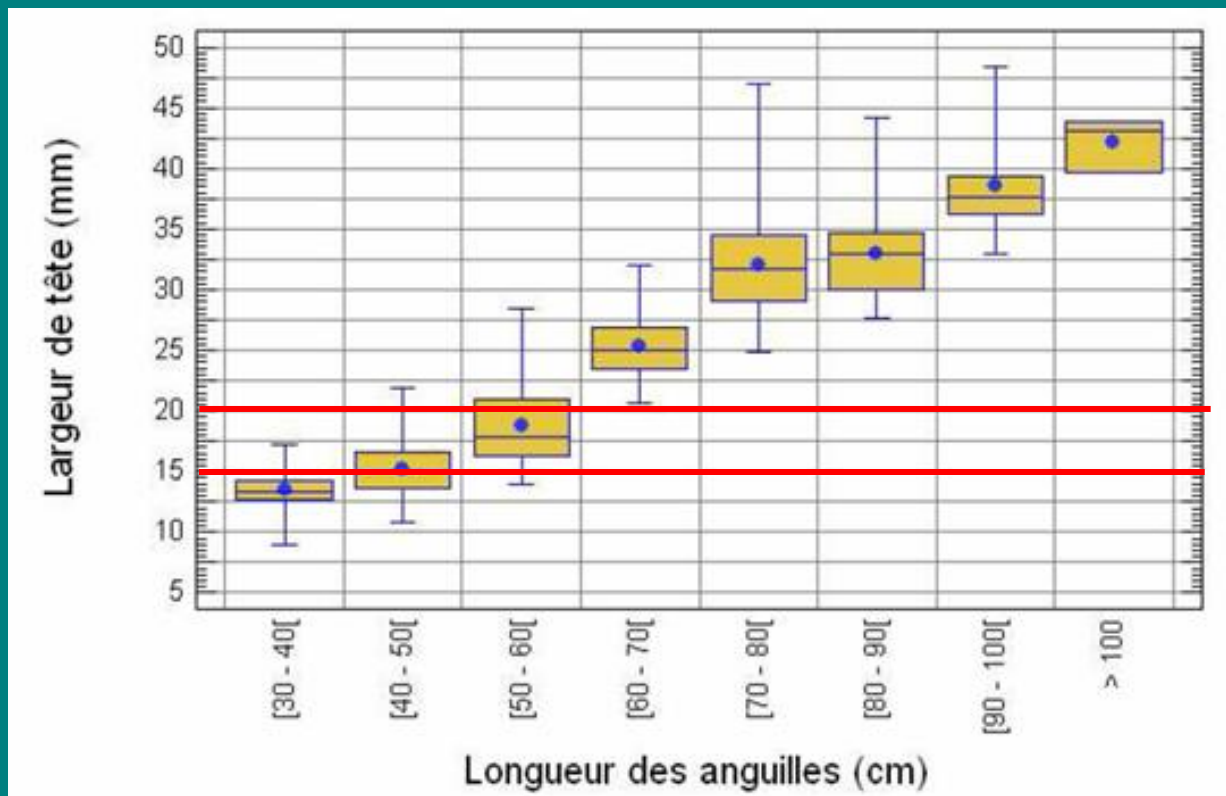


# Conception des prises d'eau ichthyocompatibles

## Arrêt des poissons (pour toutes configurations) :

- **Anguilles argentées :**

- Tendence à aller au contact de la grille et à forcer le passage au travers.
- Nécessité d'une barrière physique :
  - Espacement libre préconisé de 1,5-2,0 cm pour stopper des anguilles de plus de 50-60 cm



# Conception des prises d'eau ichtyocompatibles

## Arrêt des poissons (pour toutes configurations) :

- **Vitesses d'écoulement suffisamment faibles pour :**
  - Permettre aux poissons de nager le temps nécessaire à la découverte du ou des exutoires
  - Ne pas induire de mortalité par placage contre la grille (barrière physique)
  - Ne pas provoquer le passage prématuré des poissons au travers la grille (barrière comportementale)
- Vitesse normale au plan de grille  $V_n$  maximale de 50 cm/s pour les anguilles argentées et les smolts
- Fixe la surface minimale de grille pour un débit  $Q$  donné
  - »  $S = Q / V_n$
  - » Au moins 2 m<sup>2</sup> de grille par m<sup>3</sup>/s de débit turbiné

DWA 2005

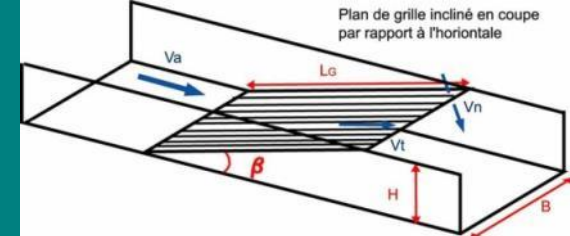


# Conception des prises d'eau ichtyocompatibles

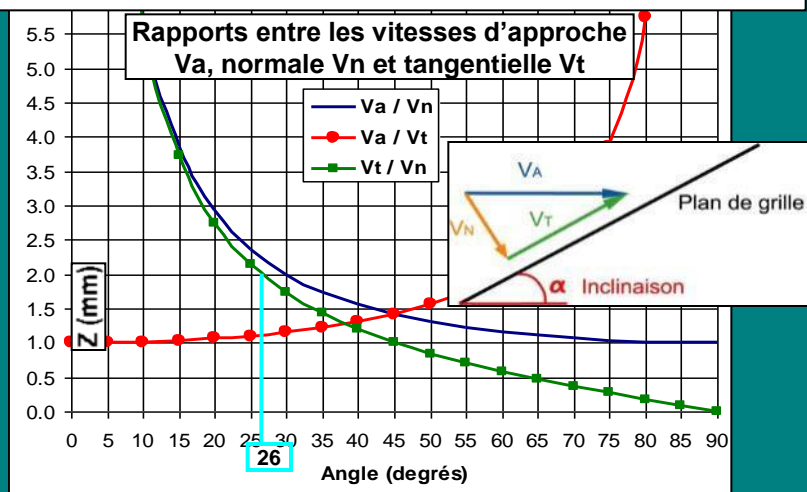
## Guidage des poissons

### Cas des grilles inclinées

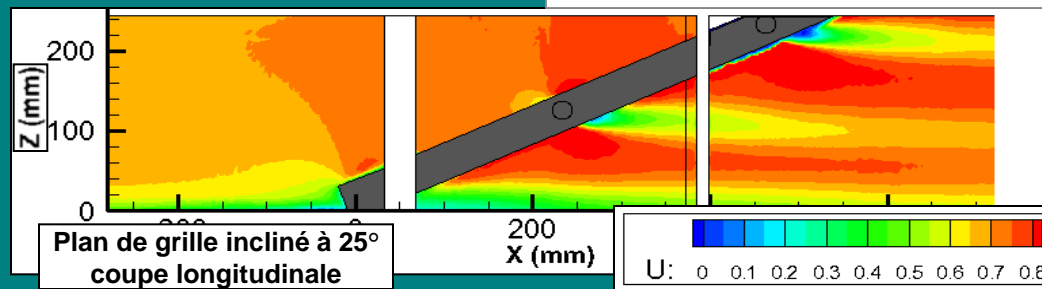
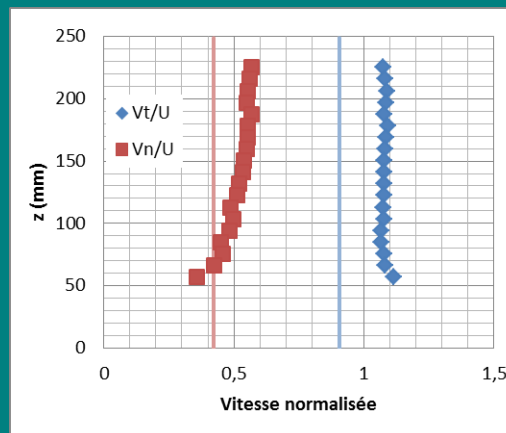
- Accélération modérée de la vitesse le long de la grille ( $\approx +20\%$  au sommet de grille)
- Inclinaison minimale à  $26^\circ$  du plan de grille ( $\beta \leq 26^\circ$ ) pour obtenir  $V_t \geq 2 V_n$
- Nécessité de « pousser » les poissons à passer en surface
- Vitesse d'approche acceptable jusqu'à  $0.83 \text{ m/s}$  à  $\beta = 26^\circ$  → Inclinaison à accentuer pour les vitesses supérieures.



### Décomposition théorique de la vitesse d'approche



### Champs de vitesse mesuré



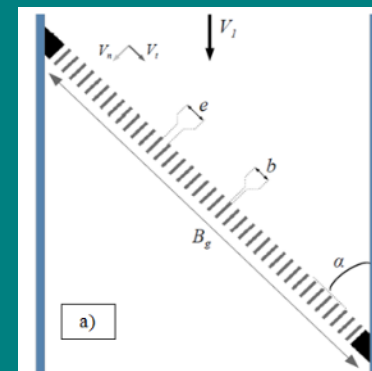
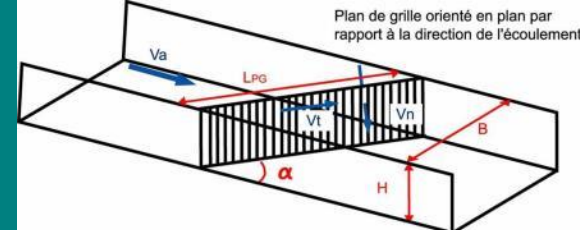
# Conception des prises d'eau ichtyocompatibles

## Guidage des poissons

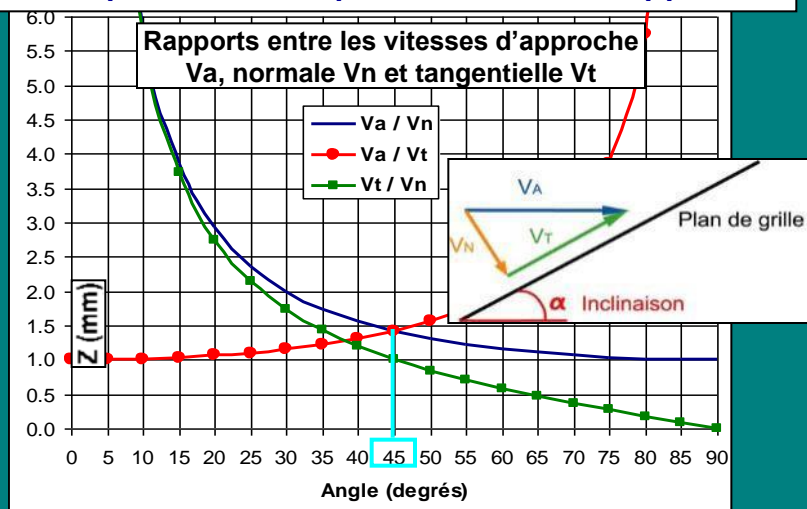
### Cas des grilles orientées « classiques »

(barreaux perpendiculaires à l'axe de la grille)

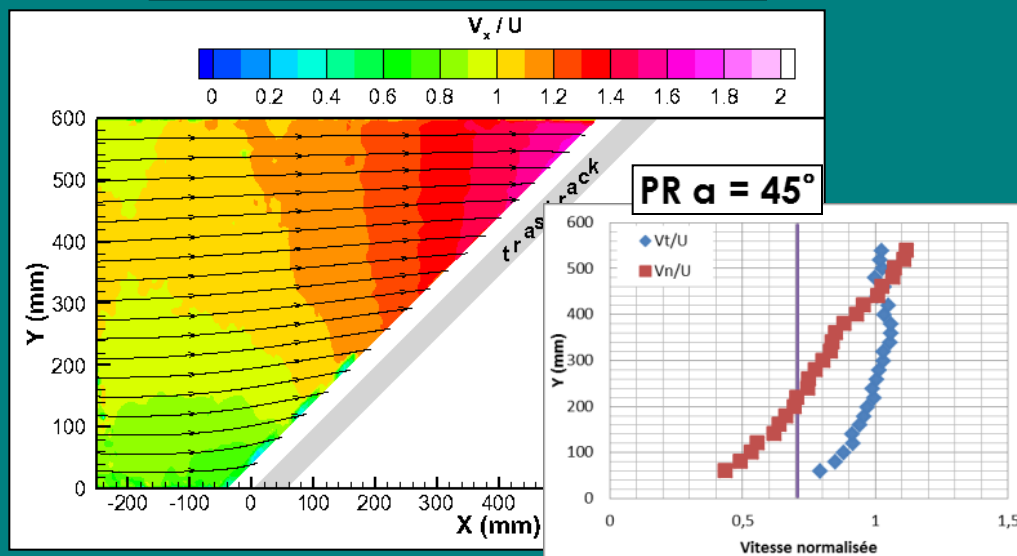
- Accélération prononcée de la vitesse le long de la grille, atteignant 1.4, 1.7 et 2 fois  $V_A$  pour  $\alpha = 60^\circ$ ,  $45^\circ$  et  $30^\circ$ .
- Orientation minimale à  $45^\circ$  ( $\alpha \leq 45^\circ$ ) pour obtenir  $V_t \geq V_n$
- Vitesse d'approche acceptable jusqu'à 0.5 m/s à  $\alpha = 45^\circ$ 
  - Gain faible en accentuant l'orientation + fortes pertes de charge + perturbation de l'écoulement à l'aval
  - Configuration contraignante



### Décomposition théorique de la vitesse d'approche

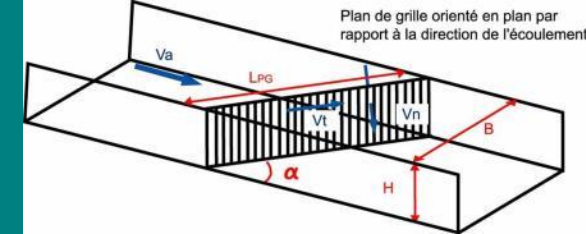


### Champs de vitesse mesuré



# Conception des prises d'eau ichtyocompatibles

## Guidage des poissons



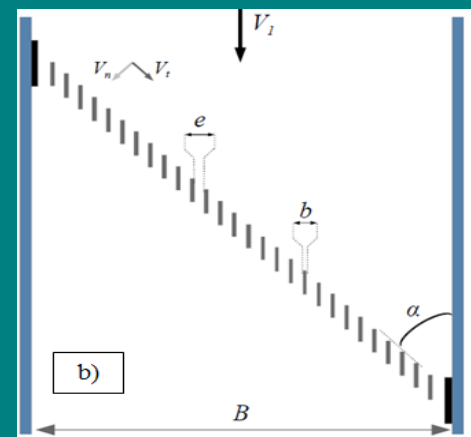
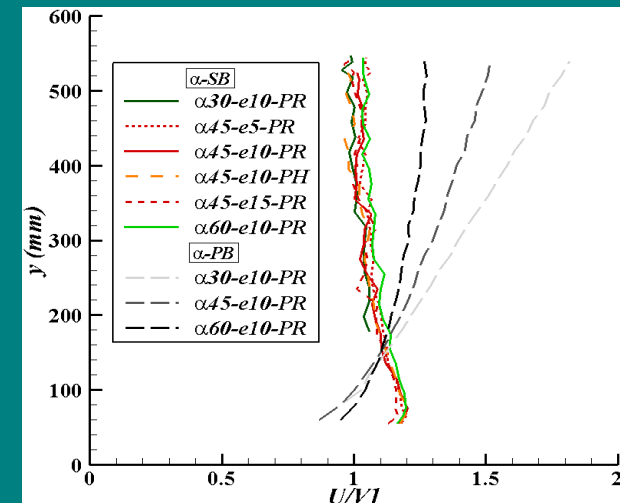
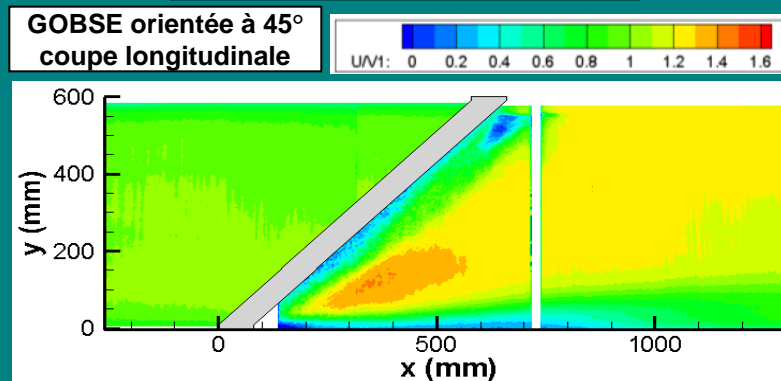
### Cas des Grilles Orientées avec les Barreaux dans le Sens de l'Écoulement (GOBSE)

- Vitesses d'écoulement homogènes à l'amont + réduction des pertes de charge + vitesses à l'aval bien plus uniformes
- Orientation minimale à 45° ( $\alpha \leq 45^\circ$ ) pour obtenir  $V_t \geq V_n$
- Orientation à accentuer pour les vitesses d'approche supérieures à 0.6 m/s :

Vitesse d'approche $V_1$ de la prise d'eau (m/s)	$\leq 0.6$	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90
Angle d'orientation $\alpha$ recommandé (°) :	45	40	37	34	31	29	28

- Solution de dégrillage à adapter

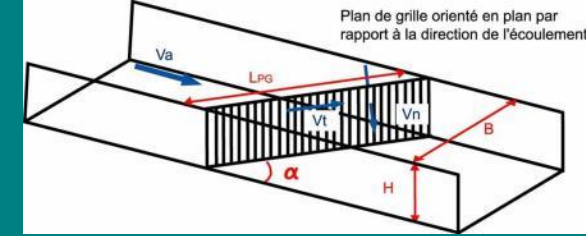
### Champs de vitesse mesuré





# Conception des prises d'eau ichtyocompatibles

## Guidage des poissons



### Cas des grilles orientées avec des barreaux horizontaux

- Plusieurs installations en Allemagne (aucune en France)
- Intérêt pour les études et le retour d'expérience acquis

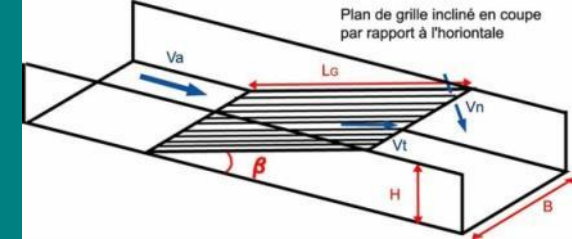


Clugh 2011

# Conception des prises d'eau ichtyocompatibles

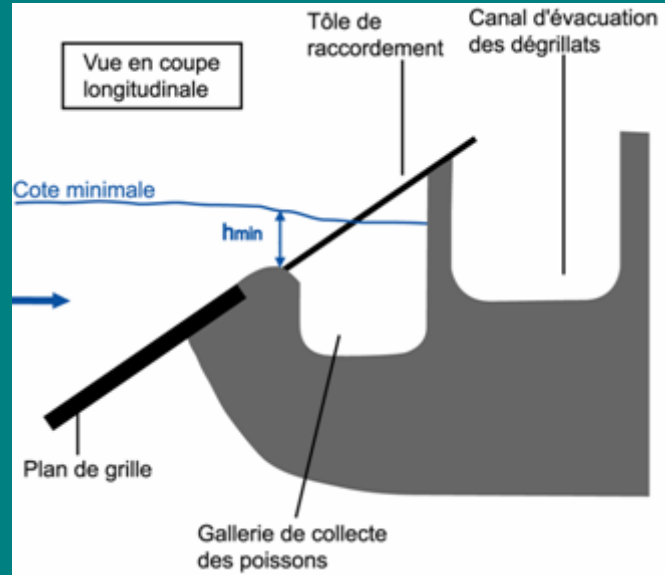
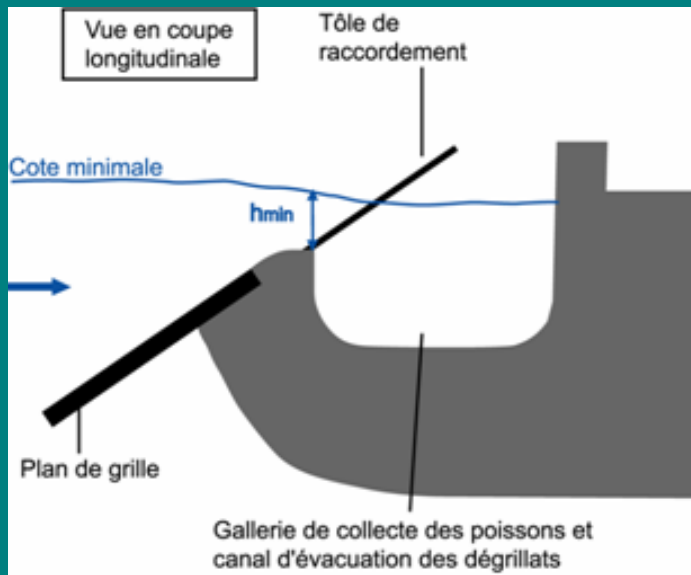
## Transfert vers l'aval des poissons

### Cas des grilles inclinées



- **Exutoire de surface au niveau d'un plan de grille incliné :**

- Positionné au sommet du plan de grille
- 2 arrangements possibles :
  - » Soit 1 goulotte commune d'évacuation des poissons et des dégrillats (tri alors impossible)
  - » Soit 2 goulottes distinctes
- Nombre et position des exutoires à ajuster en fonction de la largeur du plan de grille et de l'existence d'un courant transversal

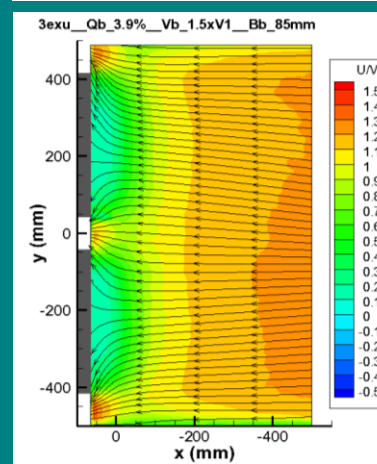
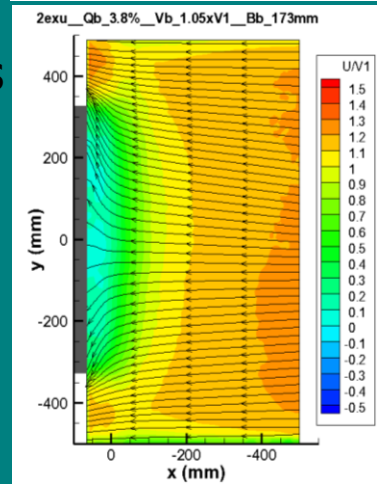
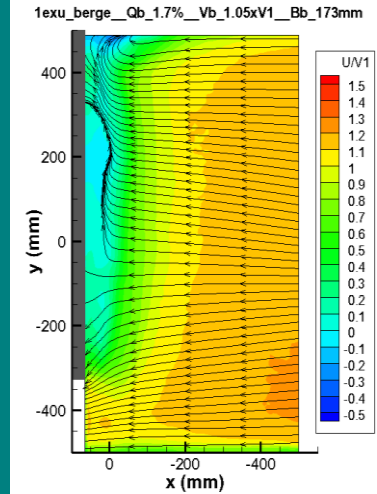


# Conception des prises d'eau ichtyocompatibles

## Transfert vers l'aval des poissons

### Cas des grilles inclinées

- Vitesses en entrée des exutoires  $V_b = 1.1 V_A$
- Dimensions préconisées :
  - 1 m de large ( $B_b$ )
  - 0.5 m de profondeur ( $H_b$ )
  - + adaptations pour les prises d'eau peu profondes et/ou étroites
- Obturation du sommet de grille entre les exutoires sur la même profondeur → pour générer des courant transversaux
- Règles d'espacement entre les exutoires issus de l'étude de leur attractivité latérale :
  - $\approx 6$  m entre 2 exu en berge
  - $\approx 5$  m entre 1 exu en berge et 1 exu non attenant à la berge
  - $\approx 4$  m entre 2 exu non attenants aux berges
  - $\approx 2$  m entre 1 exutoire non attenant à la berge et une berge→ Détermination du nombre d'exutoire  $N_b$  en fonction de la largeur de la prise d'eau (mise en place dès que possible d'au moins 2 exutoires)



# Conception des prises d'eau ichtyocomp

## Transfert vers l'aval des poissons

### Cas des grilles inclinées

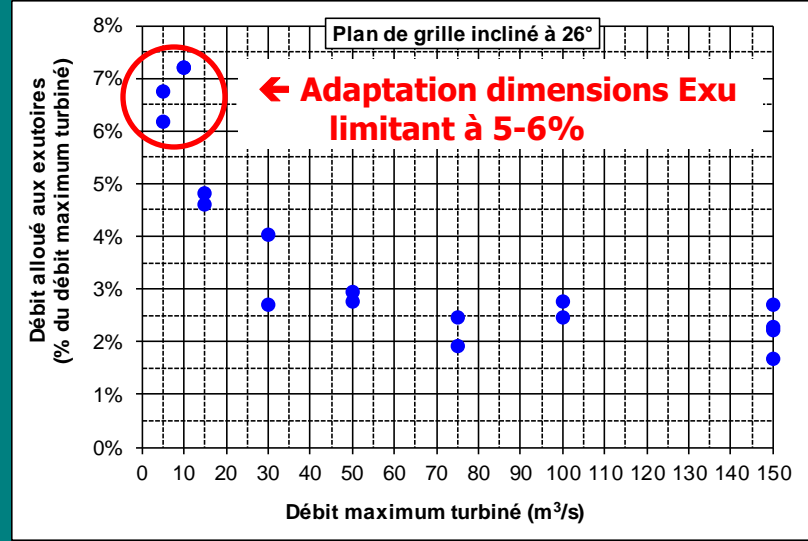
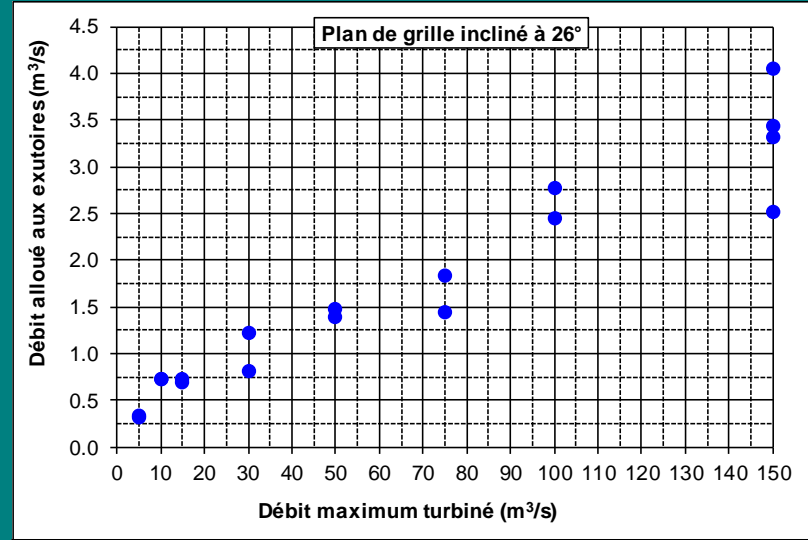
- Détermination du débit nécessaire  $Q_b$  à partir des caractéristiques de chaque prise d'eau :

→ 5-6% sur les petites prises d'eau, à 2-3% pour les prises d'eau de 50 m<sup>3</sup>/s et plus

$$Q_b = V_b * H_b * (N_b * B_b)$$

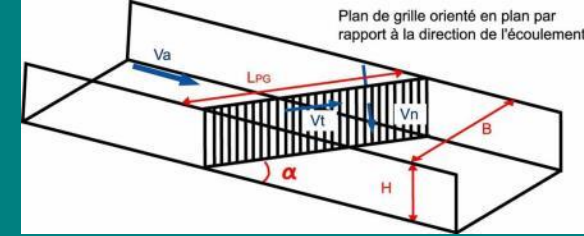


Cas	Q <sub>MAX</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Sous-cas	Caractéristiques de la section au niveau des grilles					Caractéristiques des exutoires						
			H (m)	B (m)	A (m <sup>2</sup> )	V <sub>A</sub> (m/s)	q (m <sup>3</sup> /s/ml)	N <sub>b</sub>	B <sub>b</sub> (m)	Largeur totale N <sub>b</sub> *B <sub>b</sub> (m)	Hexu (m)	V <sub>b</sub> 1.1*V <sub>A</sub> (m/s)	Débit Q <sub>b</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Débit Q <sub>b</sub> (% de Q <sub>i</sub> )
1	5	a	2.0	4.0	8.0	0.63	1.25	1	1.0	1.0	0.50	0.67	0.34	6.7%
	5	b	2.5	3.5	8.8	0.57	1.43	1	1.0	1.0	0.50	0.62	0.31	6.2%
2	10	a	2.5	6.0	15.0	0.67	1.67	2	1.0	2.0	0.50	0.72	0.72	7.2%
	10	b	3.0	5.0	15.0	0.67	2.00	2	1.0	2.0	0.50	0.72	0.72	7.2%
3	15	a	3.2	7.0	22.4	0.67	2.14	2	1.0	2.0	0.50	0.72	0.72	4.8%
	15	b	3.9	6.0	23.4	0.64	2.50	2	1.0	2.0	0.50	0.69	0.69	4.6%
4	30	a	4.0	10.0	40.0	0.75	3.00	3	1.0	3.0	0.50	0.81	1.21	4.0%
	30	b	5.0	8.0	40.0	0.75	3.75	2	1.0	2.0	0.50	0.81	0.81	2.7%
5	50	a	4.5	13.0	58.5	0.85	3.85	3	1.0	3.0	0.50	0.92	1.38	2.8%
	50	b	5.5	10.0	55.0	0.91	5.00	3	1.0	3.0	0.50	0.98	1.47	2.9%
6	75	a	5.5	20.0	110.0	0.68	3.75	5	1.0	5.0	0.50	0.74	1.84	2.5%
	75	b	7.5	15.0	112.5	0.67	5.00	4	1.0	4.0	0.50	0.72	1.44	1.9%
7	100	a	4.5	26.0	117.0	0.85	3.85	6	1.0	6.0	0.50	0.92	2.77	2.8%
	100	b	5.5	20.0	110.0	0.91	5.00	5	1.0	5.0	0.50	0.98	2.45	2.5%
8	150	a	5.5	40.0	220.0	0.68	3.75	9	1.0	9.0	0.50	0.74	3.31	2.2%
	150	b	7.5	30.0	225.0	0.67	5.00	7	1.0	7.0	0.50	0.72	2.52	1.7%



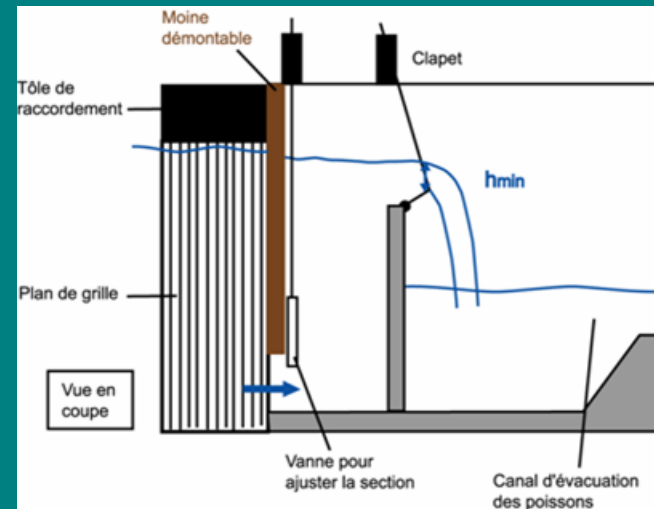
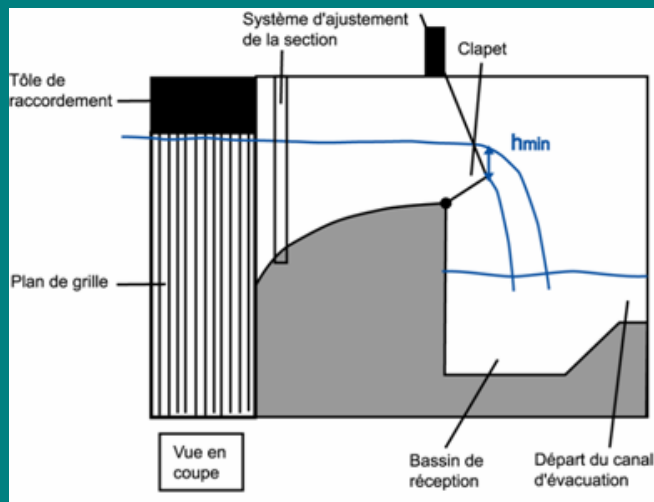
# Conception des prises d'eau ichtyocompatibles

## Transfert vers l'aval des poissons



### Cas des grilles orientées

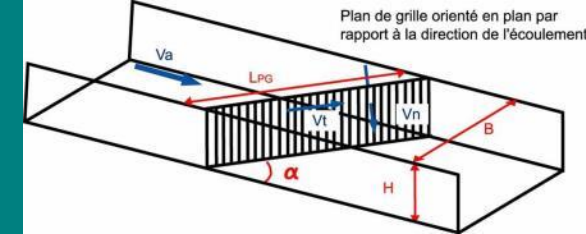
- **Exutoire à positionner dans le coin aval du plan de grille**
- **Exutoire de surface, aussi profond autant que possible + remontée progressive**
- **Exutoire de fond : ouverture au fond et déversement en surface**
  - Envisageable notamment pour l'anguille
  - Sensibilité au colmatage et entretien difficile
  - Utilité ? → l'anguille semble prospecter la colonne d'eau lorsqu'elle est efficacement arrêtée.





# Conception des prises d'eau ichthyocompatibles

## Transfert vers l'aval des poissons



### Cas des grilles orientées

- **Vitesse en entrée d'exutoire  $V_b$  de l'ordre des vitesses rencontrées dans le coin aval de la grille :**
  - $V_b = 1.7 V_A$  pour une grille orientée « classique » à  $45^\circ$
  - $V_b = 1.0 V_A$  pour une GOBSE
- **Réflexion en cours sur les critères de dimensions des exutoires :**
  - Intérêt à adopter la largeur minimale pour pouvoir approfondir l'exutoire autant que possible ( $B_b = 0.5 \text{ m}$  ?)
  - Dans l'idéal : même profondeur que la prise d'eau ( $H_b = H$ )
    - » Limites : forts débits  $Q_b$  correspondant, cas des prises d'eau profondes, difficultés techniques sur les sites existants (génie civil).
    - » Sinon, quels critères selon les espèces concernées et la profondeur de la prise d'eau ?
  - Cas des exutoires de fond ?

# Conception des prises d'eau ichtyocompatibles

## Transfert vers l'aval des poissons

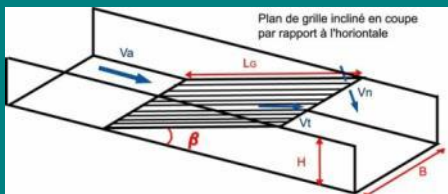
- **Système d'évacuation vers l'aval :**
  - De préférence par un canal ouvert, sinon par une conduite (sensibilité au colmatage, entretien plus difficile)
  - Hauteurs d'eau souhaitable de 20-25 cm et a minima de 10-15 cm
  - Vitesses dans l'ouvrage devant rester  $<$  à 8-10 m/s
  - Rejet dans une zone de profondeur suffisante pour éviter tout risque de blessure par choc mécanique



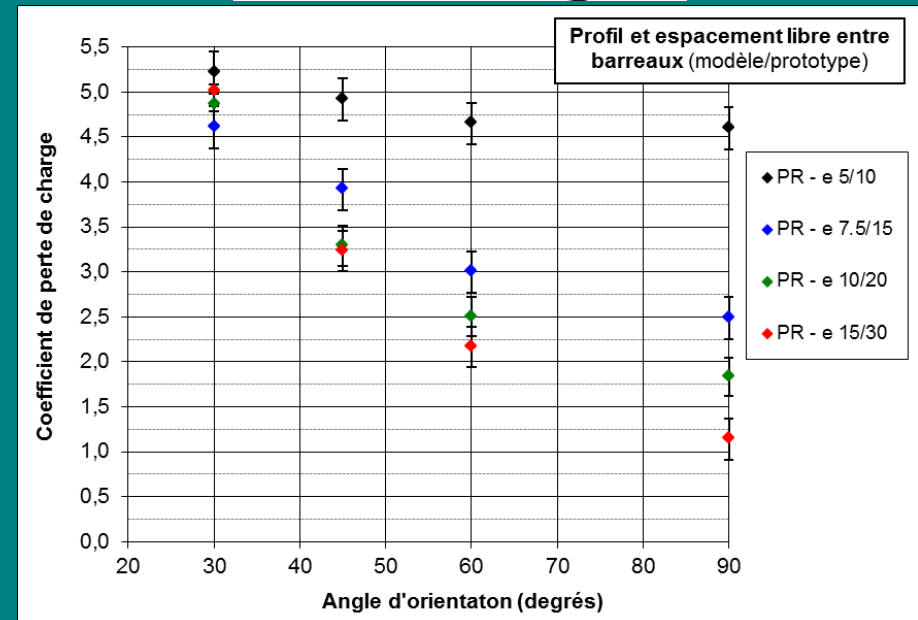
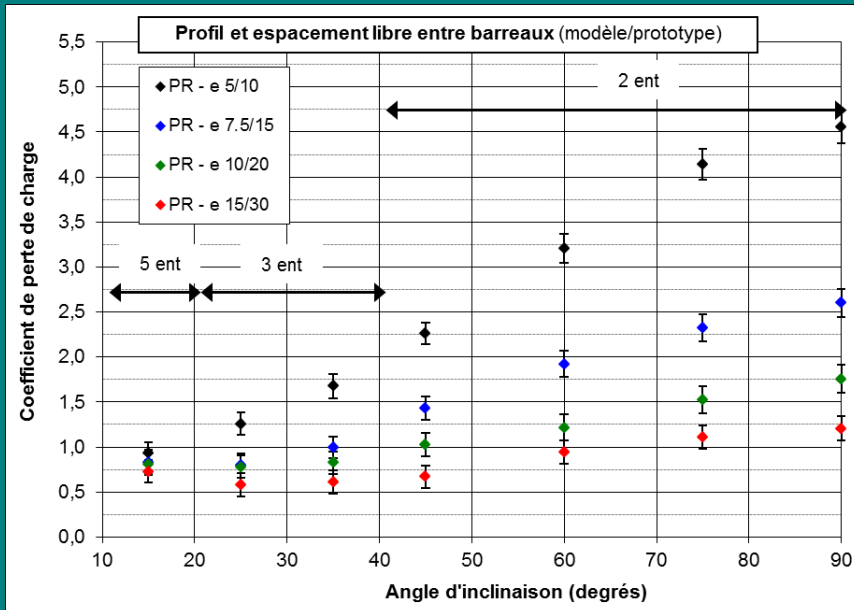
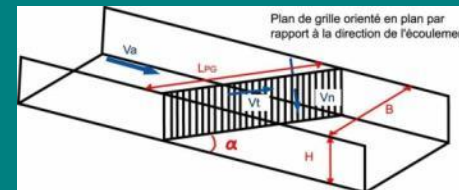
# Conception des prises d'eau ichtyocompatibles

## Problématique des pertes de charge et du colmatage

- Réduction de l'espacement libre entre les barreaux  
→ Augmentation de l'obstruction et de la quantité de corps filtrés par la grille
- Caractérisation expérimentale des pertes de charge



$$\Delta H = \xi * \frac{V_1^2}{2g}$$



# Conception des prises d'eau ichtyocompatibles

## Problématique des pertes de charge et du colmatage

- Formules existantes pas adaptées aux configurations ichtyocompatibles
- Proposition de nouvelles formules :
  - Grilles inclinées :

$$\Delta H = \frac{V^2}{2g} * \left[ A * \left( \frac{Ob}{1 - Ob} \right)^{1.65} * \sin^2(\beta) + C * \left( \frac{Oent}{1 - Oent} \right)^{0.77} \right]$$

Terme lié à l'obstruction des éléments longitudinaux (barreaux)

$$A_{PR} = 2,89 \text{ et } A_{PH} = 1,70$$

Terme lié à l'obstruction des éléments transversaux (entretoises, support)

Coefficient C lié à la forme des éléments transversaux (C = 1,79 pour des cylindres)

- Grilles orientées « classiques » :

$$\Delta H = \frac{V^2}{2g} * \left[ A * \left( \frac{O}{1 - O} \right)^{1.6} * \left( 1 + C * \left( \frac{90 - \alpha}{90} \right)^{2.35} * \left( \frac{1 - O}{O} \right)^3 \right) \right]$$

Terme pour une grille perpendiculaire à l'écoulement

$$A_{PR} = 2,89 \text{ et } A_{PH} = 1,70$$

Facteur d'augmentation lié à l'orientation

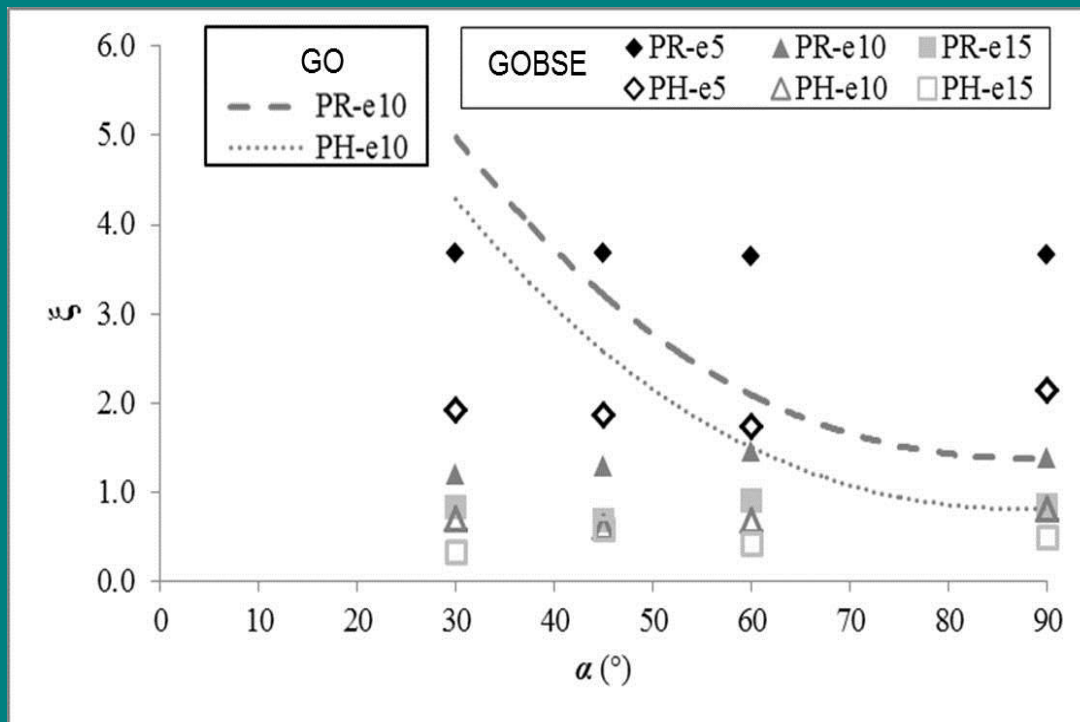
Coefficient C lié à la forme des barreaux :  
 $C_{PR} = 1,69 \text{ et } C_{PH} = 2,78$

# Conception des prises d'eau ichtyocompatibles

## Problématique des pertes de charge et du colmatage

- Proposition de nouvelles formules :**

- Grilles orientées avec les barreaux dans le sens de l'écoulement (GOBSE) :
  - Pas d'augmentation des pertes de charge liée à l'orientation
  - Calcul comme pour une grille perpendiculaire à l'écoulement



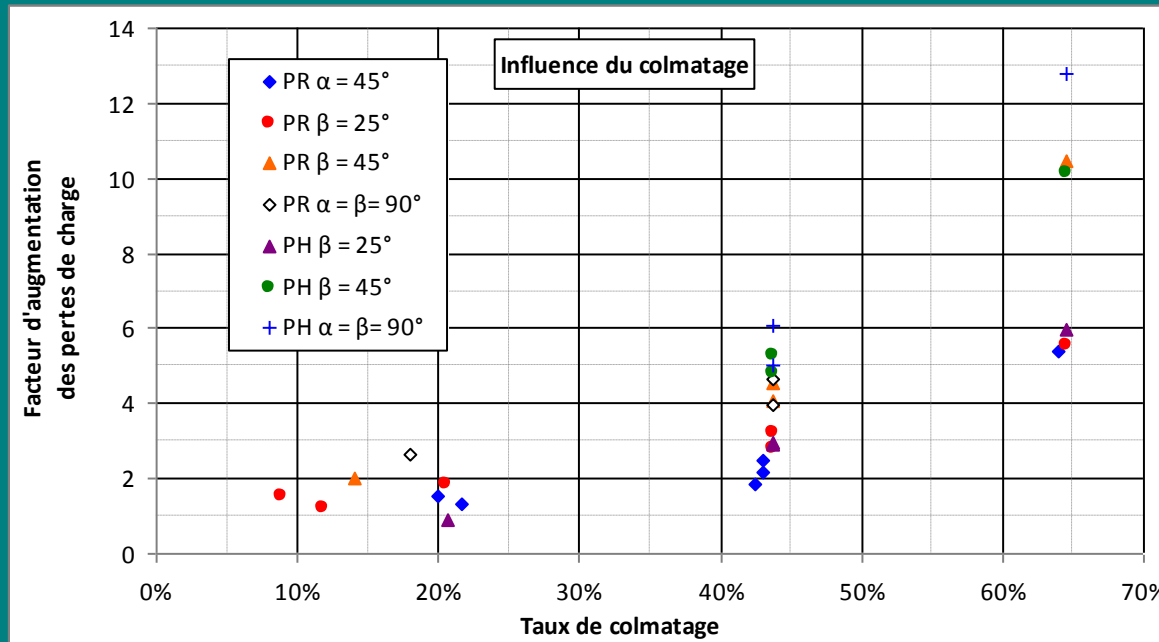
$$\Delta H = \frac{V^2}{2g} * \left[ A \left( \frac{Og}{1 - Og} \right)^{1.6} \right]$$



# Conception des prises d'eau ichtyocompatibles

## Problématique des pertes de charge et du colmatage

- **Caractérisation expérimentale de l'effet du colmatage :**
  - Variabilité des résultats selon :
    - » La configuration initiale du plan de grille
    - » La « forme » du colmatage et la position du colmatage (réparti, sommet ou pied de grille)
  - ➔ Influence difficile à prendre en compte dans les formules
  - ➔ Pour les grilles inclinées, possibilité en première approche d'intégrer le colmatage dans l'obstruction.

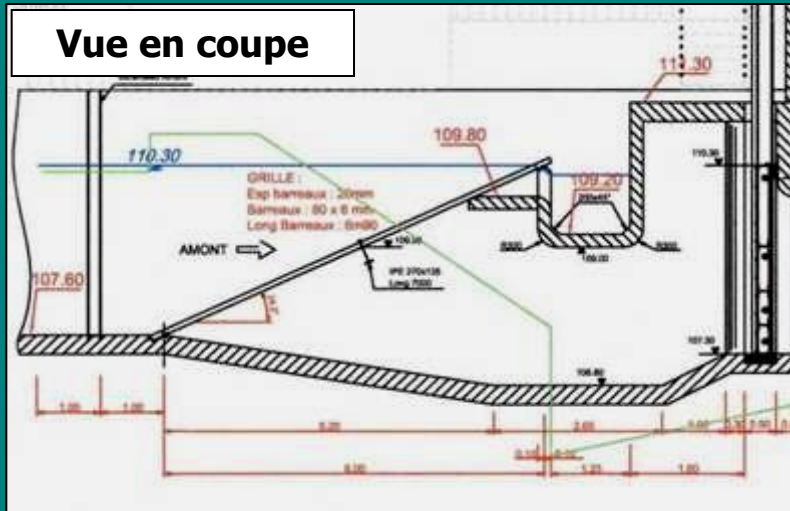


## Conclusions

- **Plans de grilles inclinés à privilégier :**
  - Moins pénalisant en terme de perte de charge
  - Compatible avec de fortes vitesses d'approche
  - Solutions de dégrillage disponibles (sauf prise d'eau profondes)
  - Critères de dimensionnement des exutoires établis (pas adapté aux variations de niveau d'eau amont)
- **Plans de grille orientés à réserver aux prises d'eau profondes, ou à fortes variations de niveau d'eau, ou implantation en prolongement de la berge**
  - Grille « classique » contraignante (perte de charge,  $V_A$  admissible)
  - GOBSE intéressante → solution de dégrillage à adapter
  - + Grille avec les barreaux horizontaux (retour d'expérience ?)
  - Critères de dimensionnement des exutoires à finaliser
- **Nécessité d'adapter le dégrilleur** (type de dégrilleur / fixe ou mobile / temps du cycle de dégrillage, ...)
- **Retour d'expérience à acquérir :** suivi de l'exploitation des prises d'eau ( $\Delta H$ , sollicitation dégrilleur) et efficacité des dispositifs à valider in situ

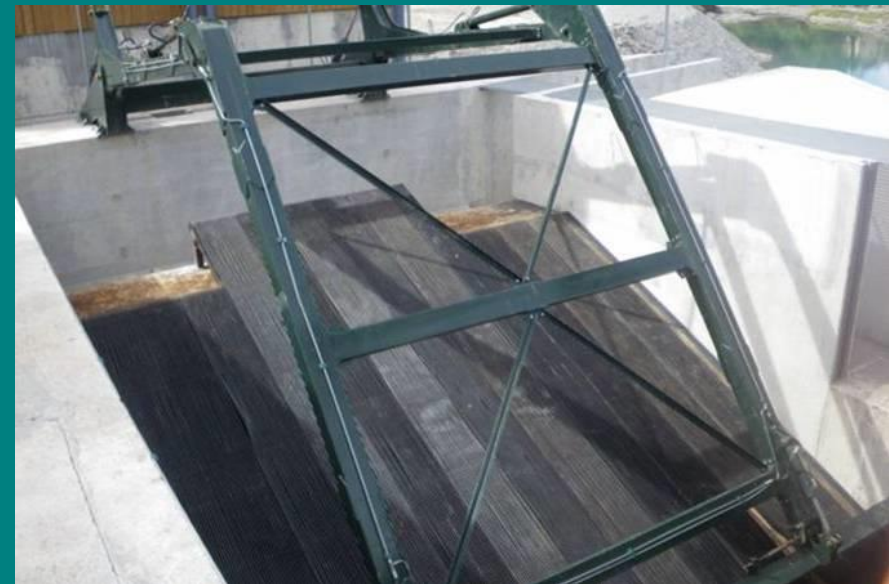
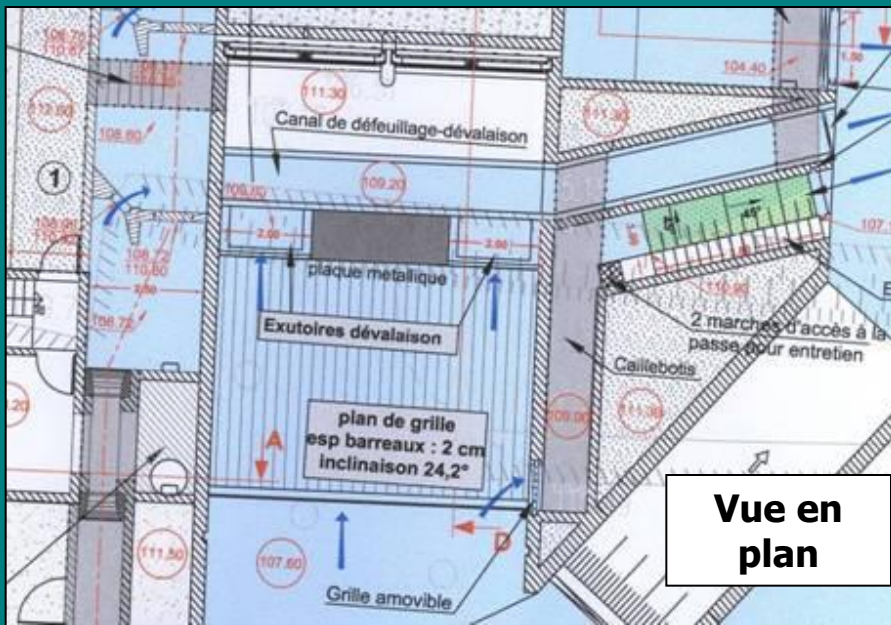
# Conception des prises d'eau ichtyocompatibles

- Exemple de plans de grille inclinés



**Navarrenx, Gave d'Oloron (SIEE, 2006)**

- $Q_{TURB} = 15 \text{ m}^3/\text{s}$
- Inclinaison du plan de grille :  $24^\circ$
- Grille : 7m de large x 6.6 m de long ( $46.2 \text{ m}^2$ )
- Espacement libre : 20 mm
- $V_a = 0.8 \text{ m/s}$ ,  $V_T = 0.72 \text{ m/s}$ ,  $V_N = 0.32 \text{ m/s}$
- 2 exutoires alimenté par  $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$  (10%)
- $V_{EXU} = 0.75 \text{ m/s}$



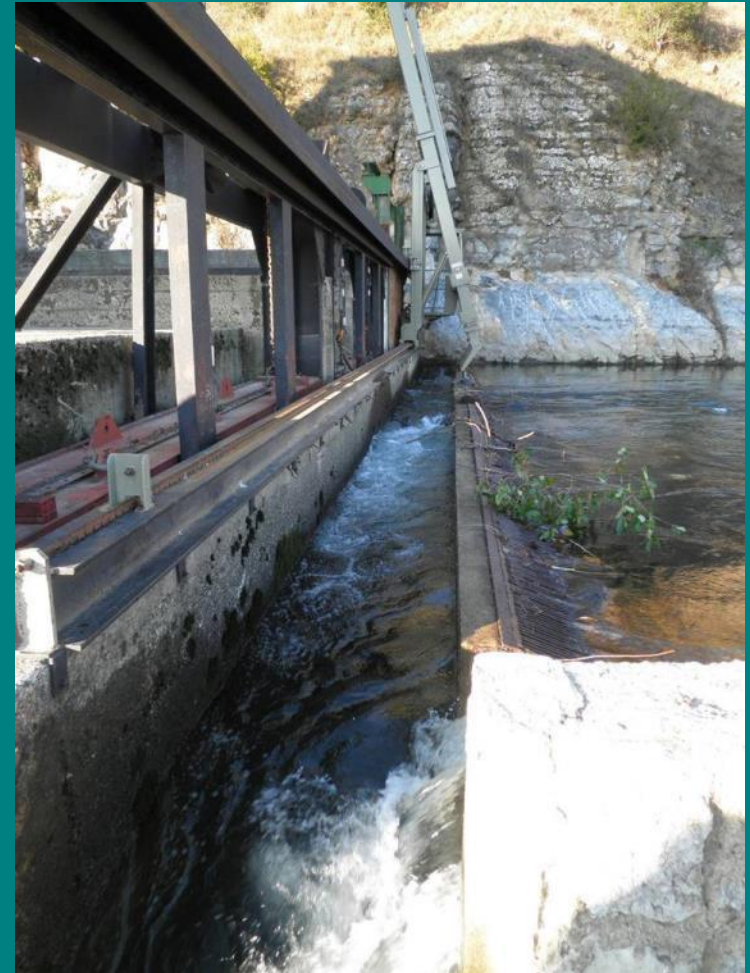


# Conception des prises d'eau ichtyocompatibles

- Exemple de plans de grille inclinés

## Moulin Sampzon, Ardèche (Ginger 2010)

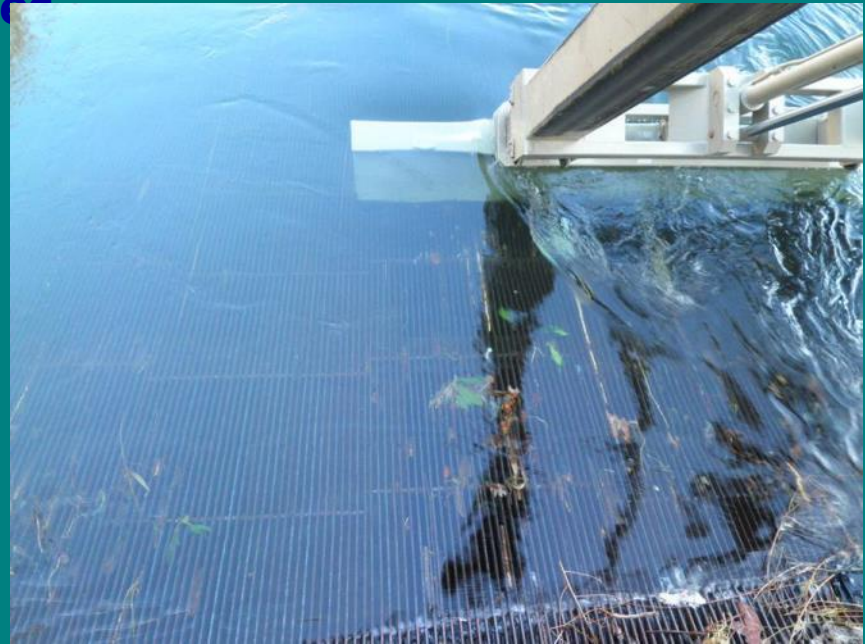
- $Q_{\text{TURB}} = 50 \text{ m}^3/\text{s}$
- Inclinaison du plan de grille :  $26^\circ$
- Espacement libre : 20 mm
- 3 exutoires alimentés par  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $\approx 2\%$ ), débit limité par la taille de la goulotte existante



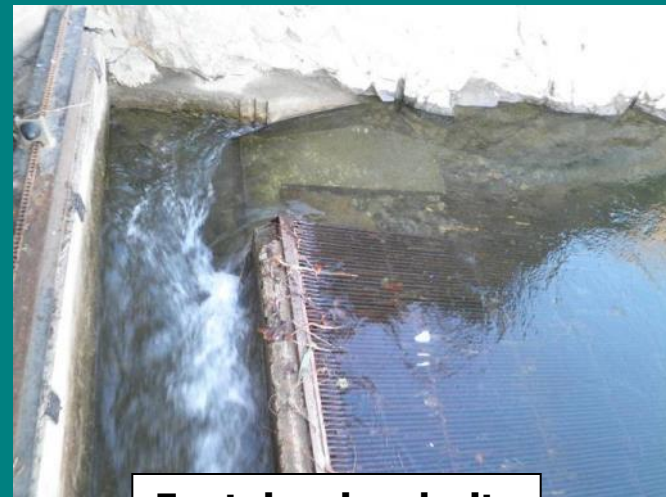
# Conception des prises d'eau ichtyocompatibles

- Exemple de plans de grille inclinés

Moulin Sampzon, Ardèche  
(Ginger 2010)



Exutoire rive  
gauche



Exutoire rive droite



# Conception des prises d'eau ichtyocompatibles

- Exemple de plans de grille inclinés

**Carabotte, Herault  
(Ginger 2011)**

- $Q_{\text{TURB}} = 50 \text{ m}^3/\text{s}$
- Inclinaison du plan de grille :  $26^\circ$
- Espacement libre : 20 mm
- 3 exutoires alimentés par  $1.2 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $\approx 2.4\%$ )



**F Aigoui**

# Quelques références des travaux en France :

## • Sur l'efficacité des exutoires de dévalaison :

**Chanseau M., Larinier M., Travade F., 1999.** Efficacité d'un exutoire de dévalaison pour smolts de saumon atlantique et comportement des poissons au niveau de l'aménagement hydroélectrique de Bedous sur le Gave d'Aspe étudiés par la technique de marquage-recapture et radiotéléométrie. Bull. Fr. Pêche Piscic. 353/354: 99-120.

**Croze O., Chanseau M., Larinier M., 1999.** Efficacité d'un exutoire de dévalaison pour smolts de saumon atlantique et comportement des poissons au niveau de l'aménagement hydroélectrique de Camon sur la Garonne. Bull. Fr. Pêche Piscic. 353/354: 121-140.

**Gosset C, Travade F, Durif C, Rives J, Elie. 2005.** Tests of two types of bypass for downstream migration of eels at a small hydroelectric power plant. River Res. Applic. 21 : 1095-1105 (2005).

**Larinier M, Travade F. 1996.** Smolt behavior and downstream fish bypass efficiency at small hydroelectric plants in France. 2ème Symposium international sur l'hydraulique et les habitats, Ecohydraulique 2000, Association Internationale de Recherches Hydrauliques. Québec, vol B, 891-902.

**Larinier M, Travade F. 1999.** The development and evaluation of downstream bypasses for juveniles salmonids at small hydroelectric plants in France. In : Innovations in Fish Passage Technology, Dixon DA (ed.). American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, 25-42.

**Larinier M et Travade F, 2002.** Downstream migration : problems and facilities. BFPP 364, 181-207.

**Travade F., Gouyou C., De Faveri N., 1999.** Efficacité d'un exutoire de dévalaison et d'une barrière acoustique pour les smolts de saumon atlantique (*Salmo salar* L.) à l'aménagement hydroélectrique de St Cricq sur le Gave d'Ossau Bull. Fr. Pêche Piscic. 353/354: 157-180.

**Travade F et Larinier M, 2006.** French experience with migration devices. International DWA symposium on water resources management, Berlin 3-7 April 2006.

**Travade F., Larinier M., Subra S., Gomes P. and De-Oliveira E. (2010).** Behaviour and passage of European silver eels (*Anguilla anguilla*) at a small hydropower plant during their downstream migration. Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst. (2010) 398, 01

## Quelques références des travaux en France :

### • Des travaux récents menés sur la conception des prises d'eau :

**Chatellier L., Wang R.W., David L., Courret D. and Larinier M. (2011).** Experimental characterization of the flow across fish-friendly angled trashrack models. 34th IAHR World Congress, Brisbane, 26 June to 1 July 2011.

**Courret D. et Larinier M. (2008).** Guide pour la conception de prises d'eau « ichtyocompatibles » pour les petites centrales hydroélectriques. Rapport GHAAPPE RA.08.04. 60p + annexes. ([http://www.onema.fr/IMG/pdf/2008\\_027.pdf](http://www.onema.fr/IMG/pdf/2008_027.pdf))

**Raynal S., Chatellier L., David L., Courret D. et Larinier M. (2012).** Définition de prises d'eau ichtyocompatibles - Pertes de charge au passage des plans de grille inclinés ou orientés dans des configurations ichtyocompatibles et champs de vitesse à leur approche. Rapport Pole RA11.02. 100p. ([www.onema.fr/IMG/pdf/2012\\_014.pdf](http://www.onema.fr/IMG/pdf/2012_014.pdf))

**Raynal S., Chatellier L., David L., Courret D. et Larinier M. (2012).** Fish-Friendly trashrack: Headloss formula and clogging effects for inclined racks. 2<sup>nd</sup> IAHR European Congress, Munich, 27-29 June 2012.

**Raynal S., Chatellier L., Courret D., Larinier M., David L. (2013).** An experimental study in fish-friendly trashracks – Part 1. Inclined trashracks. J. Hydraulic Res. 51(1), 56–66.

**Raynal S., Chatellier L., Courret D., Larinier M., David L. (2013b).** An experimental study in fish-friendly trashracks – Part 2. Angled trashracks. J. Hydraulic Res. 51(1), 67–75.

**Raynal S., Chatellier L., David L., Courret D. et Larinier M. (2013).** Numerical simulations of fish-friendly angled trashracks at model and real scale. 35th IAHR World Congress, Chengdu, 8-13 September.

**Raynal S., Chatellier L., David L., Courret D. et Larinier M. (à paraître fin 2013).** Définition de prises d'eau ichtyocompatibles - Etude de l'alimentation en débit et du positionnement des exutoires de dévalaison au niveau de plans de grille inclinés ou orientés dans des configurations ichtyocompatibles. Rapport Pole RA12.02.

**Raynal S., Chatellier L., David L., Courret D. et Larinier M. (à paraître fin 2013).** Etude des pertes de charge et de la courantologie à l'approche de plans de grilles orientées avec les barreaux dans le sens de l'écoulement (GOBSE) .