

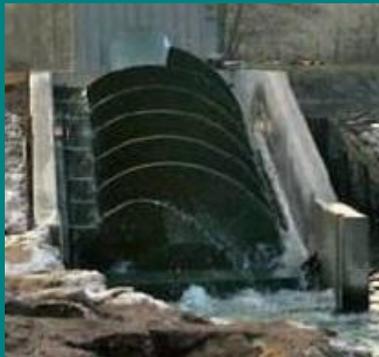
Symposium « Atlantic Salmon Summit – Obstacles & Solutions pour les poissons migrateurs en mer et dans le bassin du Rhin »

01-02/10/2015, Huningue, France



SOLUTIONS POUR LA DEVALAISON DES SMOLTS ET DES ANGUILLES ARGENTEES AU NIVEAU DES PETITES ET GRANDES CENTRALES HYDROELECTRIQUES

Courret Dominique (Pôle Ecohydraulique ONEMA – IRSTEA – IMFT),

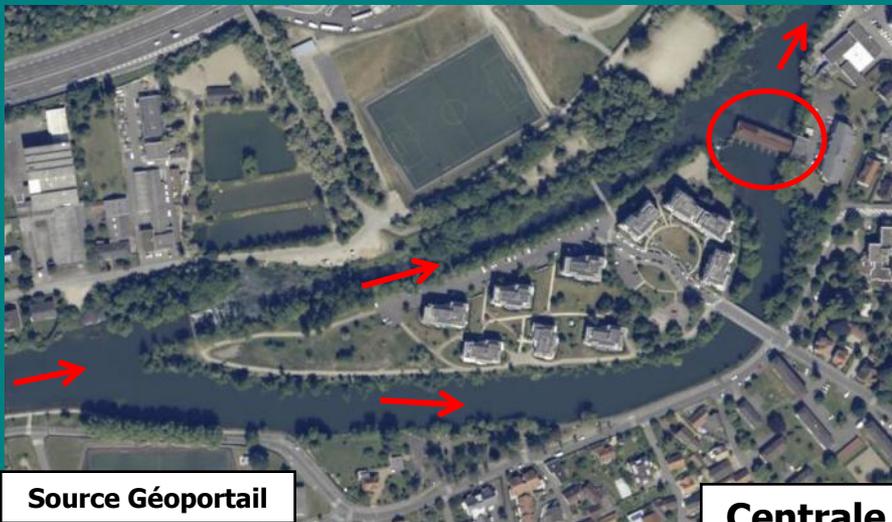


Contexte

- **Problématique des mortalités de poissons migrateurs lors de leur passage au travers des turbines hydroélectriques**
- **2 contextes très différents dans le bassin du Rhin :**

1) Petites centrales sur les affluents, cas du bassin versant de l'Ill en France :

- Centrales turbinant jusqu' à 40-50 m³/s
- Mortalités cumulées en tenant compte de l'échappement : 25-30% pour les smolts et les anguilles

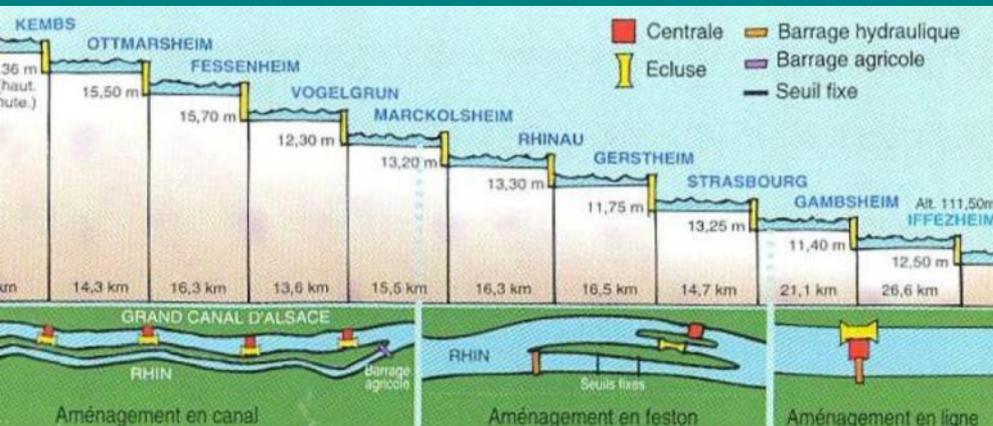


Contexte

- 2 contextes très différents dans le bassin du Rhin :

2) 10 grosses centrales sur le Rhin supérieur, de Iffezheim à Kembs :

- Débit turbinés : 1100 – 1500 m³/s
- Mortalités dans les turbines : 3-6% pour les smolts et 7-20% pour les anguilles
- Pas d'espoir de fort échappement par les ouvrages évacuateurs
- Mortalités cumulées sur les 10 centrales en considérant aucun échappement (hypothèse pessimiste) : 30-40% pour les smolts et 65-80% pour les anguilles



Vogelgrun

1) Petites centrales hydroélectriques

2 types de solutions acceptées par l'ONEMA

1) Turbines ichtyocompatibles :

→ Turbine VLH (Very Low Head) :

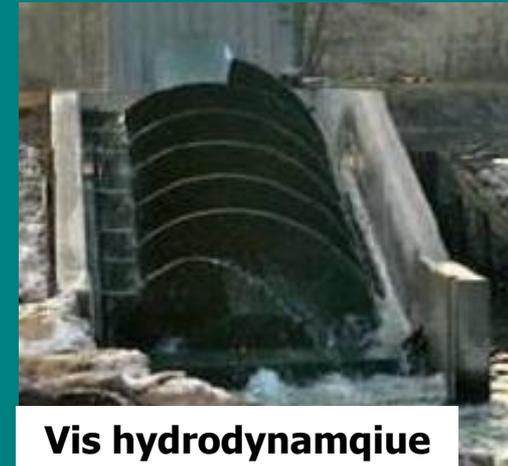
- ΔH entre 1,4 et 2,8 m et Q de 10 à 30 m³/s
- Sauf pour les adultes de saumons et truite de mer ?



VLH

→ Vis hydrodynamiques, vis d'Archimède :

- ΔH entre 1 et 10 m et Q de 0,1 à 10 m³/s
- Sous certaines conditions :
 - » Interstice entre la vis et son manteau faible,
 - » Arrêtes amont des spires non saillantes et recouvertes par une protection (« bumper »)



Vis hydrodynamique

- D'autres types de turbines pourrait être validées (Pentair, ...) ou sont encore à tester (roue Aqualienne, ...)

1) Petites centrales hydroélectriques

2) Exutoires associés aux plans de grille → prises d'eau ichtyocompatibles :

3 fonctions à assurer :

→ Arrêt des poissons et les empêcher ainsi de passer par les turbines :

→ Espacement libre entre barreaux :

» 25 mm pour les smolts (barrière comportementale)

» 15-20 mm pour l'anguille (barrière physique)

→ Vitesse normale $V_N \leq 0.5$ m/s

(≥ 2 m² de grille par m³/s de débit turbiné)

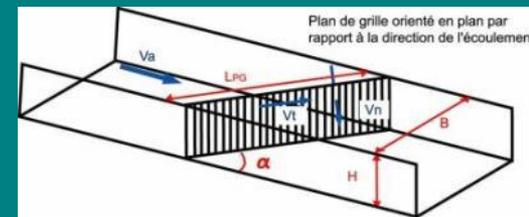
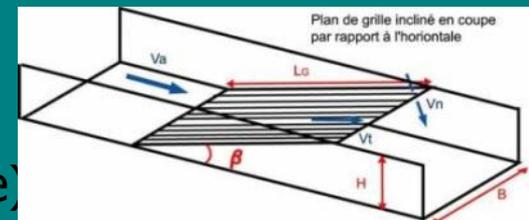
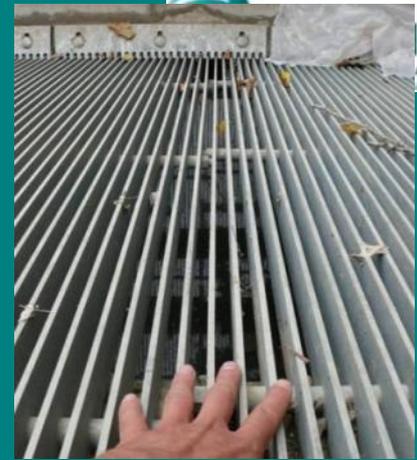
→ Guidage des poissons, 2 configurations possibles :

→ Grille inclinée $\beta \leq 26^\circ$

→ Grille orientée $\alpha \leq 45^\circ$

→ Récupération et transfert vers l'aval sans dommage

→ Critères sur le nombre, la taille, et les vitesses d'entrée des exutoires → détermination du débit nécessaire



1) Petites centrales hydroélectriques

2) Exutoires associés aux plans de grille → prises d'eau ichtyocompatibles :

Plans de grille inclinés

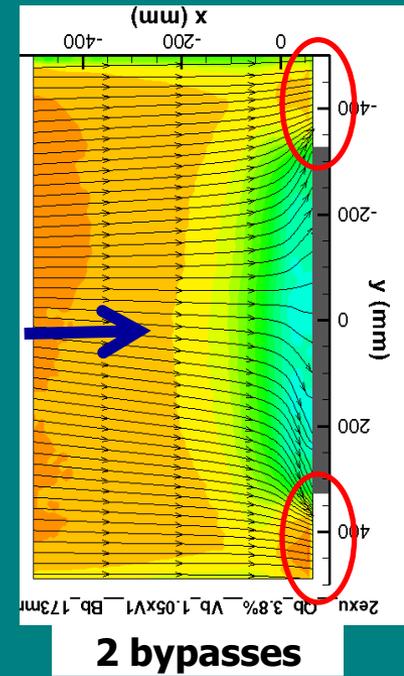
- Vitesse d'approche acceptable jusqu'à $\approx 0.80-0.85$ m/s → Accentuer l'inclinaison pour les vitesses supérieures
- Critères de conception des exutoires au sommet des grilles inclinées bien définis → De 5.5% sur les petites prises d'eau, à 2-3% pour les prises d'eau ≥ 30 m³/s

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

- Moins pénalisant en termes de pertes de charge

→ Configuration à privilégier

- Mais limitée aux prises d'eau peu profondes (< 3-4 m), avec variations de niveau d'eau faibles



1) Petites centrales hydroélectriques

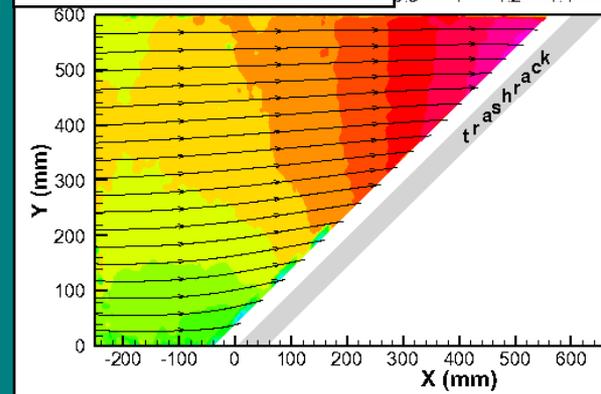
2) Exutoires associés aux plans de grille → prises d'eau ichthyocompatibles :

Plans de grille orientés

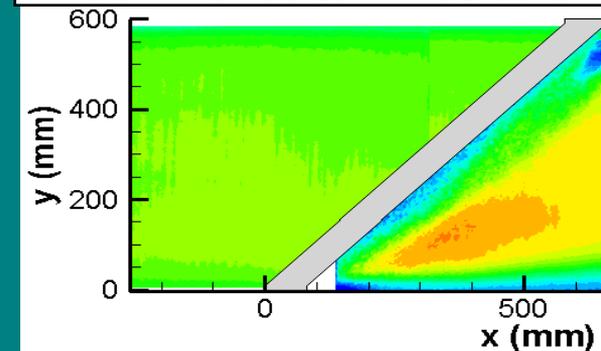
- Forte accélération de l'écoulement le long de la grille → Vitesse d'approche acceptable jusqu'à 0.5 m/s → Pas de gain à accentuer l'orientation
 - Critères de conception des exutoires encore en partie à définir
 - Plus pénalisant en termes de pertes de charge
- Plans de grille avec des barreaux dans le sens de l'écoulement, ou avec des barreaux horizontaux devant permettre de réduire les contraintes
- Configuration à réserver aux prises d'eau profondes (> 3-4 m), avec des variations de niveau d'eau, ou avec des implantations en prolongement de la berge

Measured velocities (plan view) ; $\alpha = 45^\circ$

Conventional rack



Rack with streamwise bars



1) Petites centrales hydroélectriques

2) Exutoires associés aux plans de grille → prises d'eau ichtyocompatibles :

- **Nouvelles prises d'eau conformes aux critères d'ichtyocompatibilité**
- **Prises d'eau existantes, compromis parfois à trouver :**
 - Exutoire(s) associé(s) au plan de grille existant + réduction de l'espacement libre entre barreaux si $V_N \leq 0.5$ m/s
 - Réfection du plan de grille, voire redimensionnement de la prise d'eau pour mettre en place une prise d'eau ichtyocompatible

→ **Solution de barreaux hydrodynamiques avantageuse**

→ **Nécessité d'un système de dégrillage adapté !**

→ **Mise en œuvre pour des centrales jusqu'à ≈ 100 m³/s à ce jour**



Hydrodynamic bars



2) Grosses centrales du Rhin supérieur

- **Problématique de dévalaison non traitée jusqu'à présent**
- **Etudes menées par EDF pour améliorer le diagnostic :**
 - Evaluation avec la technologie HI-Z tag des taux de mortalités des anguilles dans 2 turbines à Fessenheim et Ottmarsheim
 - Suivi par la technologie NEDAP de la répartition des anguilles entre les voies de passage usine/barrage

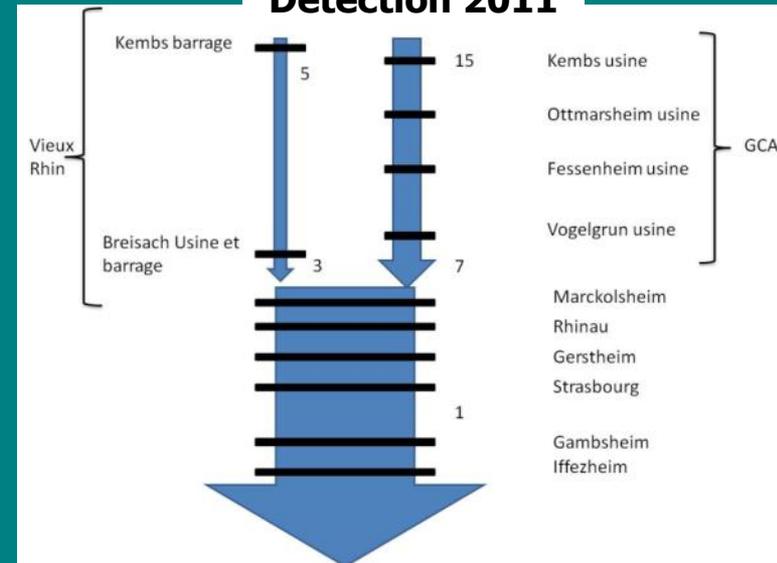
Anguille vivante après recapture et ballonnets gonflés



Transpondeur NEDAP



Détection 2011



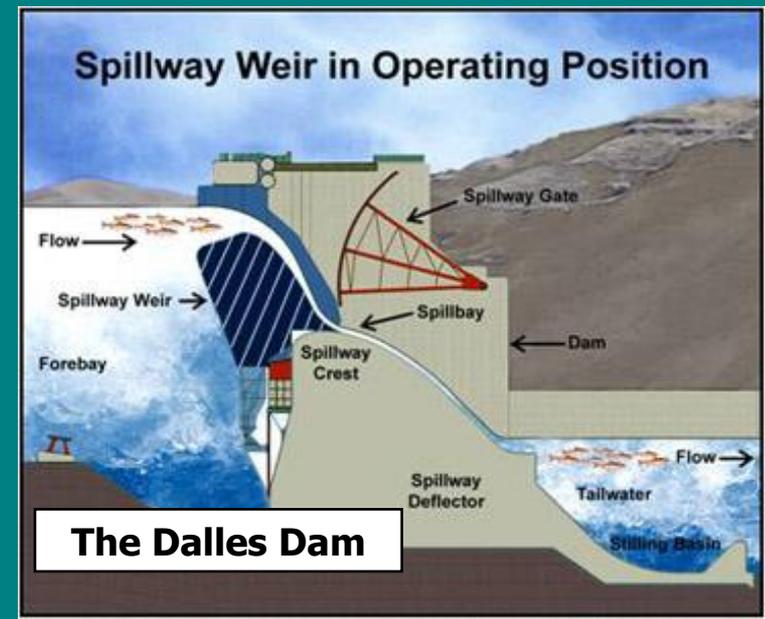
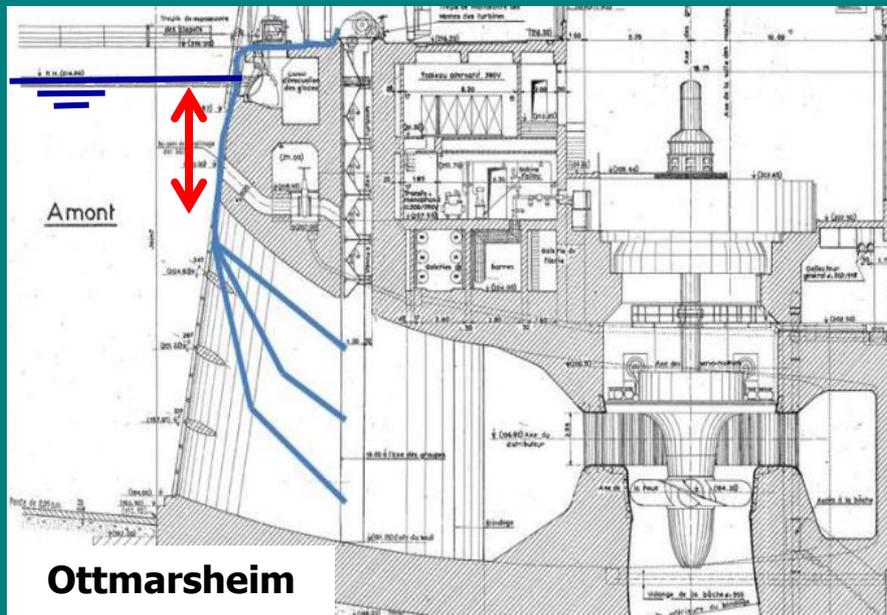
2) Grosses centrales du Rhin supérieur

- **Plusieurs dispositifs inenvisageables :**
 - Plans de grille à faible espacement pas envisageables étant donné les débits et la taille des prises d'eau (structure, dégrillage)
 - Barrières comportementales sensorielles pas suffisamment efficaces
 - Arrêts ciblés de turbinage pas réalistes étant donné les débits et les puissances considérables (1400 MW)
- **Intérêt à s'appuyer sur l'expérience acquise sur la cote Ouest des USA (Columbia et Snake Rivers), mais que sur les salmonidés**
- **2 solutions envisageables :**
 - Mise en place d'exutoires de surface pour les smolts
 - Modifications des turbines pour les rendre moins dommageables pour les smolts et les anguilles

2) Grosses centrales du Rhin supérieur

1) Mise en place d'exutoires de surface pour les smolts :

- Entonnement vers les turbines en profondeur > 3-4 m
→ Possibilité de récupérer les smolts en évacuant une partie du débit en surface
- Débit de l'ordre 5-10% du Q_{TURB} → 50-150 m³/s selon les centrales
- Conditions de réception des poissons à l'aval à prendre en compte

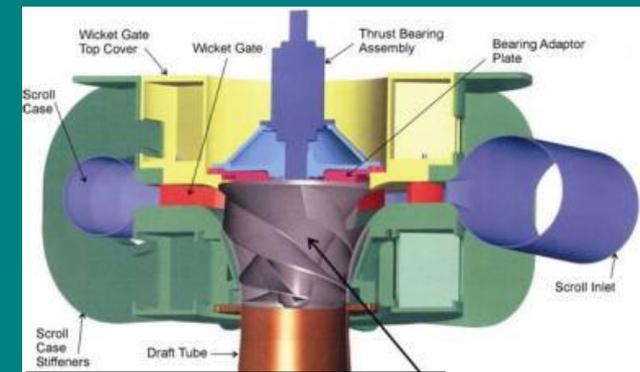


2) Grosses centrales du Rhin supérieur

1) Mise en place d'exutoires de surface pour les smolts :

- Efficacité dépendante du guidage des poissons vers les exutoires → Possibilité d'améliorer le guidage avec des masques de surface ou dromes + priorité de fonctionnement des groupes
- Alimentation de l'exutoire sur la période de dévalaison des smolts bien définie
- Alimentation toute l'année avec la possibilité de turbiner les débits par des turbines ichtyocompatibles pour limiter les pertes d'exploitation
- Solution inefficace pour l'anguille → pas d'intérêt à mettre en place des exutoires de fond tant qu'il n'y a pas de système empêchant efficacement leur entrainement vers les turbines (+ période étendue)

Fish Guidance System



Turbine ALDEN

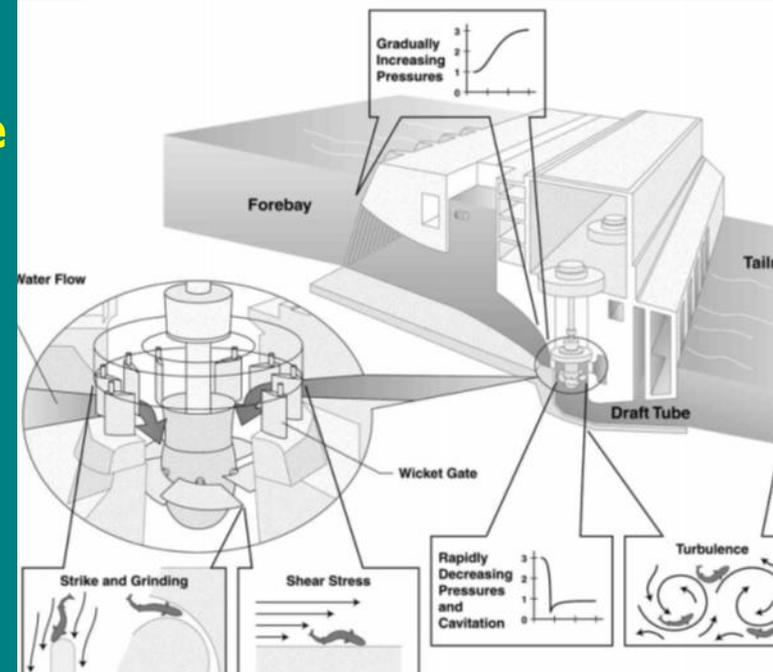
2) Grosses centrales du Rhin supérieur

2) Modifications des turbines pour les rendre moins dommageables pour les smolts et les anguilles

- **Modifications des turbines :**
 - Réduction des interstices pale-manteau et pale-moyeu
 - Réduction des gradients de pression et de vitesse (cisaillement)
 - Modifications des profils de pale

- **Intérêt à s'appuyer sur les recherches et démarches déjà menées aux USA :**
 - Installation de turbines Minimum Gap Runner (MGR) aux centrales de Bonneville et Wanapum
 - Projet de modifications des turbines à la centrale de Ice Harbor (tests prévus en 2017)

Cada 2001



Voigt MGR



2) Grosses centrales du Rhin supérieur

2) Modifications des turbines pour les rendre moins dommageables pour les smolts et les anguilles

- Solution pouvant aboutir à de faibles mortalités pour les smolts
- Solution plus incertaine pour l'anguille dont les probabilités de chocs sont plus importantes

→ Améliorations des turbines contraintes par les possibilités de modification du génie civil

- Etudes de R&D, puis mise en œuvre probablement longues (46 turbines en place sur les 10 centrales)

Profils de pale testés

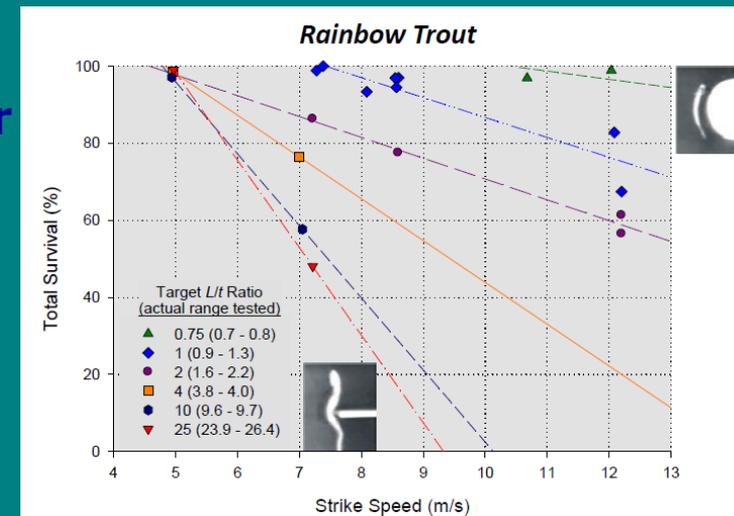
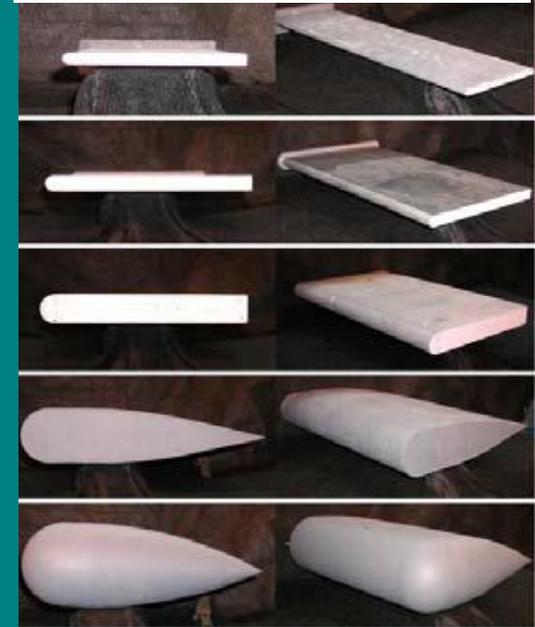


Figure tirées de Amaral 2014

Conclusions

Pour les centrales jusqu'à $\approx 100 \text{ m}^3/\text{s}$, 2 solutions acceptées à ce jour :

- **Turbines ichtyocompatibles : VLH et vis hydrodynamiques**
- **Exutoires associés aux plans de grille → prises d'eau ichtyocompatibles**
- **Des solutions éprouvées déjà largement mises en oeuvre**

Pour les grosses centrales du Rhin supérieur ($Q_{\text{TURB}} 1100\text{-}1500 \text{ m}^3/\text{s}$)

- **Problématique de dévalaison non traitée jusqu'à présent sur le Rhin**
- **2 solutions envisageables :**
 - Mise en place d'exutoires de surface pour les smolts
 - Modifications des turbines pour les rendre moins dommageables pour les smolts et les anguilles
- **Des solutions à développer et à expérimenter**

Conclusions

Pour les grosses centrales du Rhin supérieur (Q_{TURB} 1100-1500 m³/s)

- **Priorités et types de solutions à définir en tenant compte :**
 - Du cumul des mortalités variables en fonction des axes à considérer :
 - » Affluent aval : Ill → 1 centrale
 - » Affluent médian : Elz – Dreisam → 4 centrales
 - » Vieux Rhin → 6 centrales
 - » Rhin amont Bâle → 10 centrales
 - de la répartition des espèces smolt / anguille
 - des taux de mortalités aux différentes centrales
 - de la configurations des aménagement
 - Plutôt les centrales en aval + cas du Grand Canal d'Alsace avec 4 centrales en ligne
- **A traiter en principe de manière coordonnée avec le rétablissement de la montaison → Choix sur les objectifs de colonisation pour l'anguille ?**