

CCI de l'Aveyron, Rodez 2 octobre 2013

**Petite hydroélectricité
et continuité écologique**

M. Larinier

Michel.larinier@wanadoo.fr

Petite hydroélectricité et continuité écologique

- **deux des objectifs formalisés par le Grenelle de l'environnement :**
 - **développement des énergies renouvelables, en particulier de l'hydroélectricité (à hauteur de +3 TWh/an à l'horizon 2020),**
 - **préservation et reconquête de la qualité des cours d'eau (objectif de 66% des masses d'eau en « bon état écologique » dès 2015).**

Préservation et reconquête de la qualité des cours d'eau

■ **La protection et la restauration des milieux aquatiques encadrée :**

- au niveau européen par la DCE (2000),
- transposée en droit français par la LEMA (2004 et 2006)

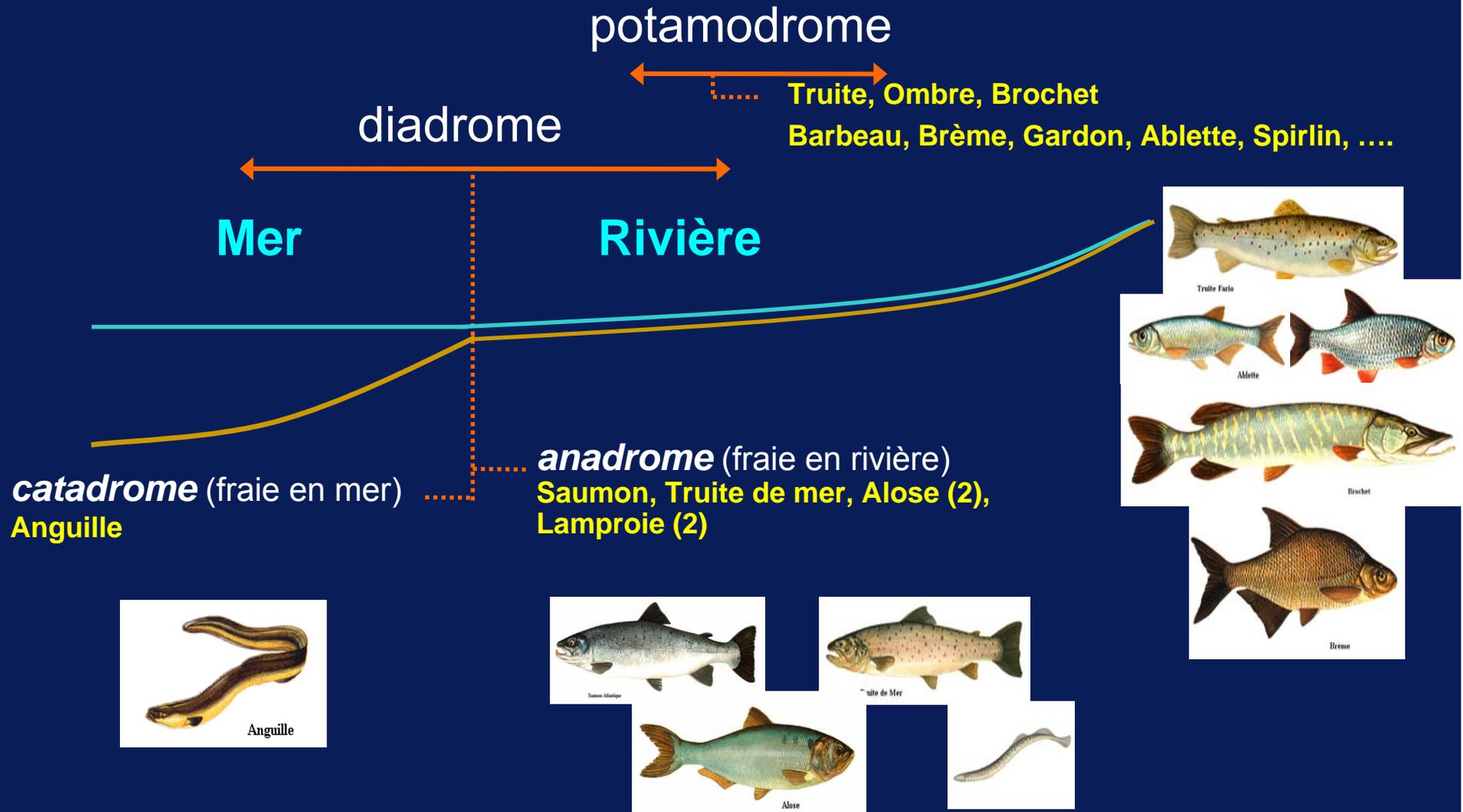
■ **Objectif de la DCE : chaque masse d'eau (rivière, partie de rivière et ses affluents) doit atteindre le « bon état », chimique et écologique.**

- Bon état chimique peu concerné par la petite hydroélectricité
- Bon état écologique évalué à travers plusieurs paramètres hydromorphologiques et biologiques, dont la *continuité écologique*.

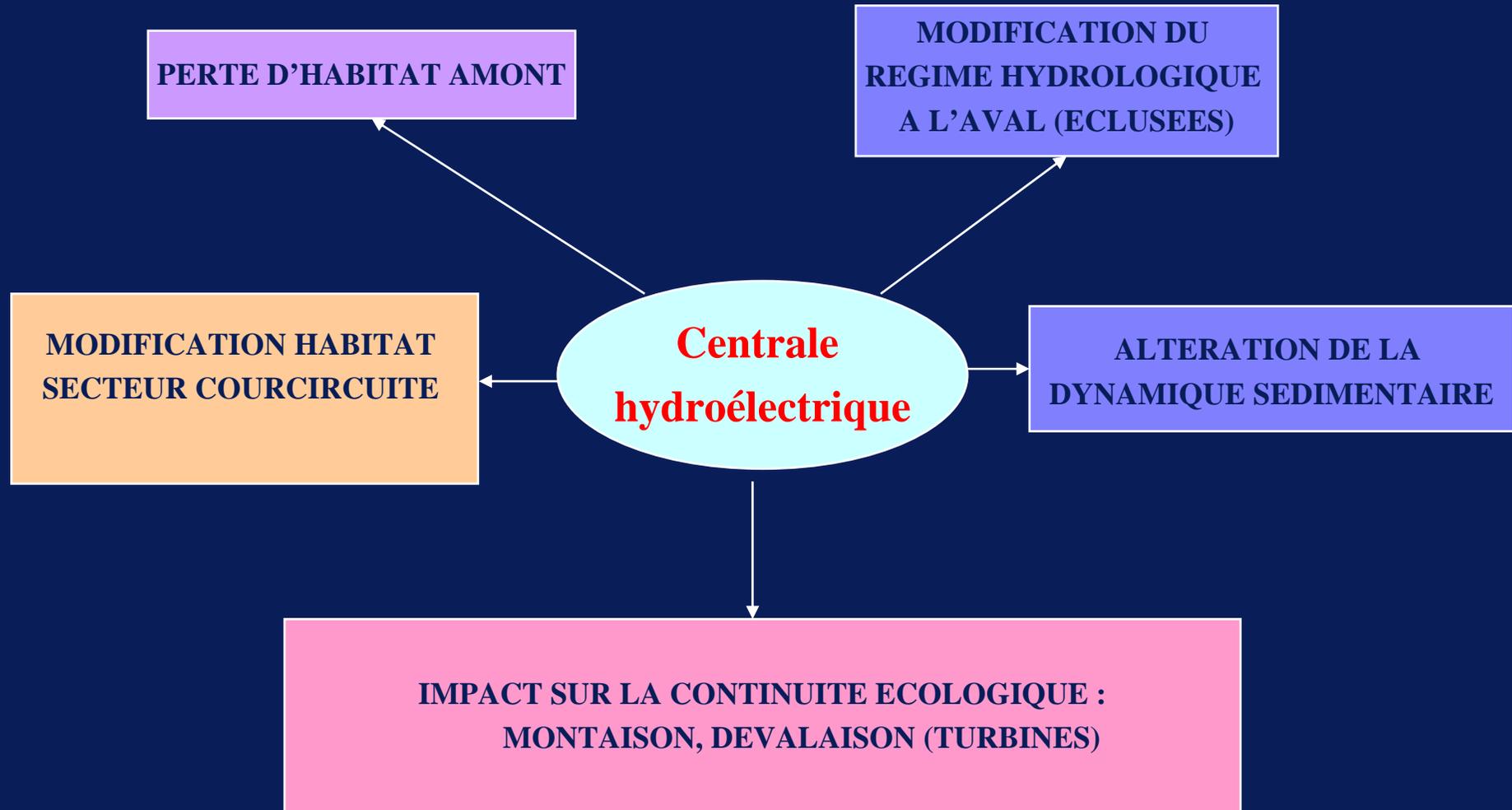
➤ *le transport sédimentaire (peu affecté par la petite hydroélectricité) :*
« assurer un bon déroulement du transport naturel des sédiments »

➤ *la connectivité longitudinale pour la faune piscicole :*
« assurer la libre circulation des espèces biologiques »

Libre circulation des espèces : migrations et déplacements



Impacts des aménagements hydroélectriques sur le milieu aquatique



Impact sur la circulation des poissons

■ A la montaison

- Inaccessibilité des zones de reproduction (anadromes : alose, saumon)
 - disparition des populations (7/8 espèces vulnérables ou menacées)
- Limitation des aires de croissance (catadromes : anguille)
 - limitation des populations
- Sectorisation, isolement génétique des populations (potamodromes)
 - fragilisation des populations

■ A la dévalaison

- Transit à travers les turbines (pb surtout sur espèces diadromes : saumon, anguille...)
 - dommages, fonction des caractéristiques des turbines et du débit d'équipement de la centrale/débit du cours d'eau

Solutions techniques pour assurer la montaison les passes à poissons



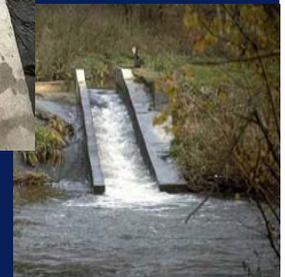
➤ASCENSEURS

➤PASSES « NATURELLES »

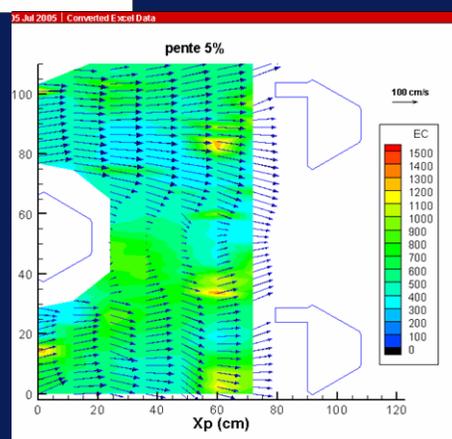
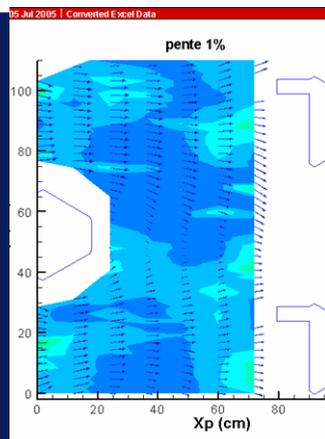
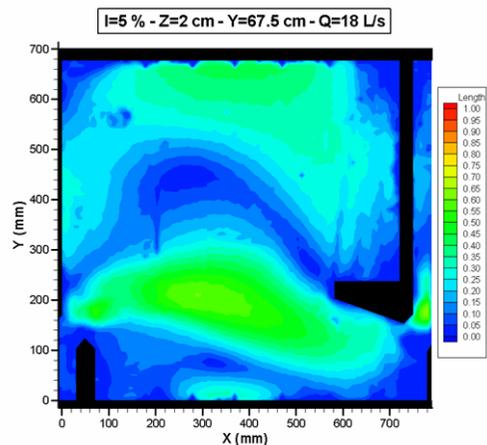
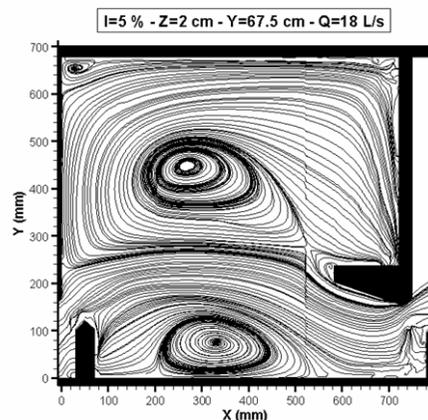
➤PASSES à BASSINS



➤PASSES à RALENTISSEURS



R&D dans le domaine des PASSES



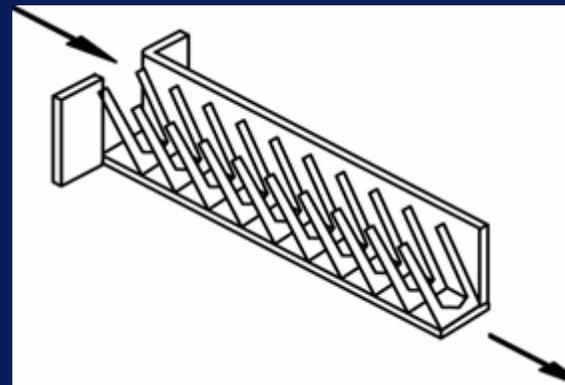
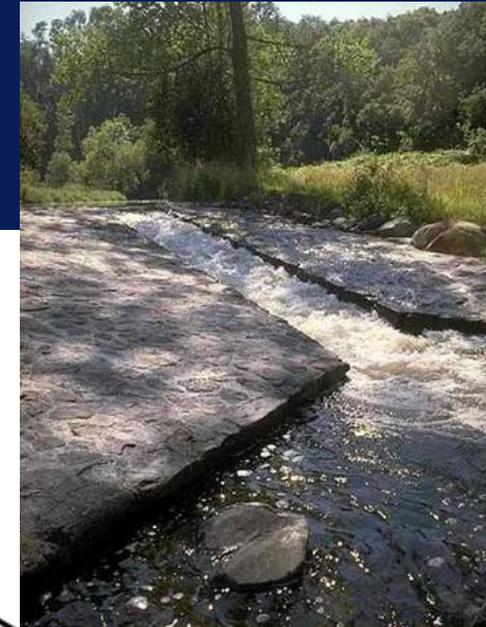
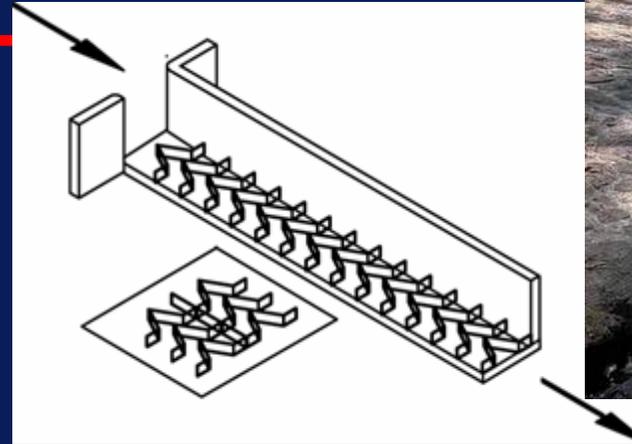
- Optimisation de l'hydrodynamique des passes : vitesses, turbulence, dimension des zones tourbillonnaires...

- Modèles physiques en laboratoire
- Expérimentations en fluvarium
- Tests d'efficacité in situ

Passes à ralentisseurs

- **Principe** : canaux à forte pente équipés de déflecteurs pour réduire les vitesses d'écoulement

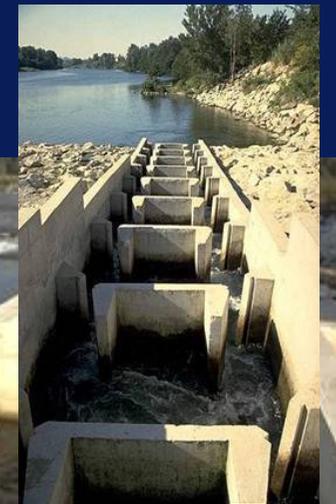
- (>200 Bretagne et Normandie)
- adaptés aux seuils de faibles hauteurs, petits cours d'eau
- Débits modérés et faibles variations de niveau
- Très efficaces pour le saumon, truite de mer, lamproie
- Sélective pour les petites espèces



Passes à bassins successifs

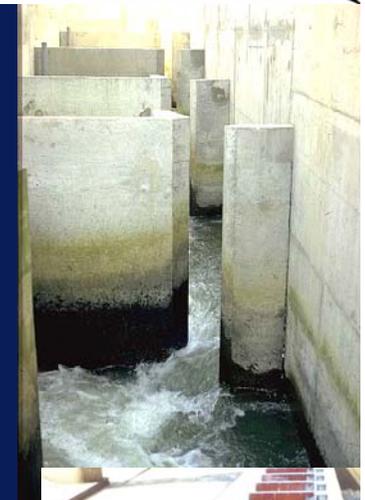
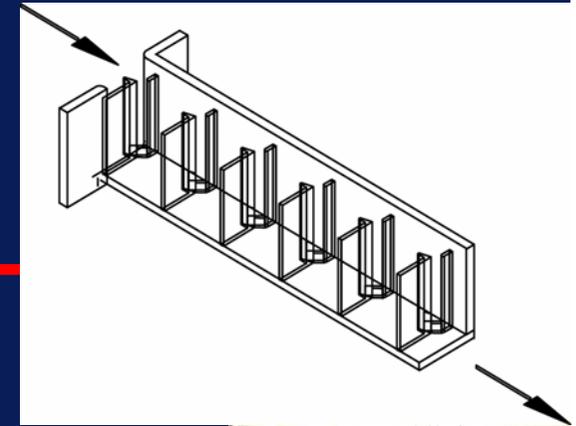


- **Principe** : diviser la chute totale en plusieurs petites chutes franchissables établies entre des bassins reliés par divers types de communications
- Les plus fréquentes
- Très grande diversité de tailles et de types
- Adaptation à tous les cours d'eau et obstacles (5%-12%)
- Peuvent convenir à l'ensemble des espèces, à condition d'adapter aux espèces-cibles :
 - vitesses, chutes entre bassins
 - niveau d'agitation (turbulence)
 - hydrodynamique des bassins

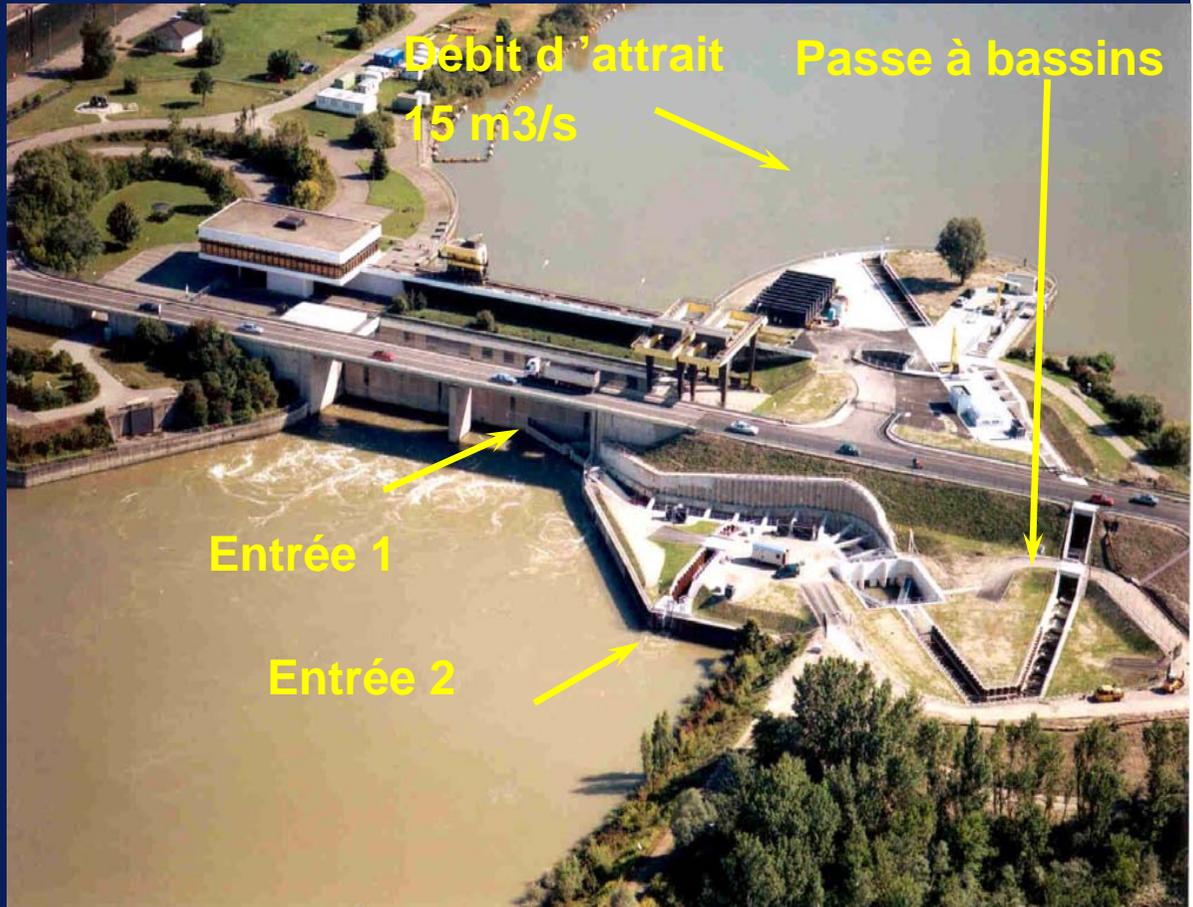
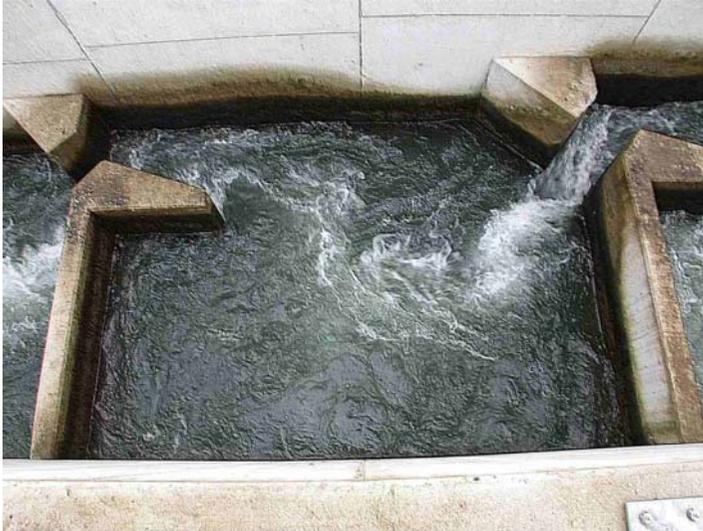


Passes à fentes verticales

- La plus polyvalente des passes à bassins,
 - communication entre bassins par 1 ou 2 fentes (de 0.15 m à plus de 0.60 m de largeur) de la surface au radier.
 - Bassins de 1.50 m à plus de 4 m de longueur, de 1 m à 6 m de largeur

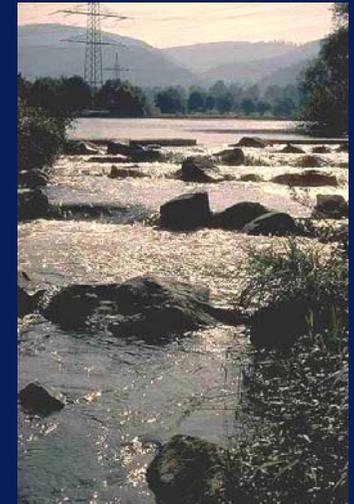


Passe d'Iffezheim (Rhin)



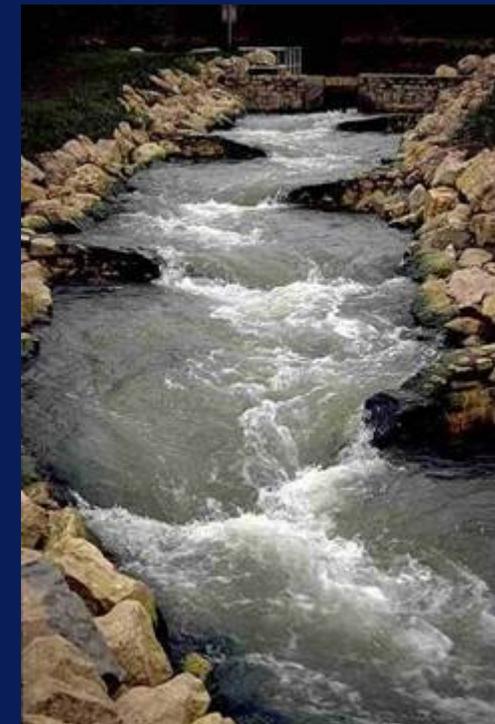
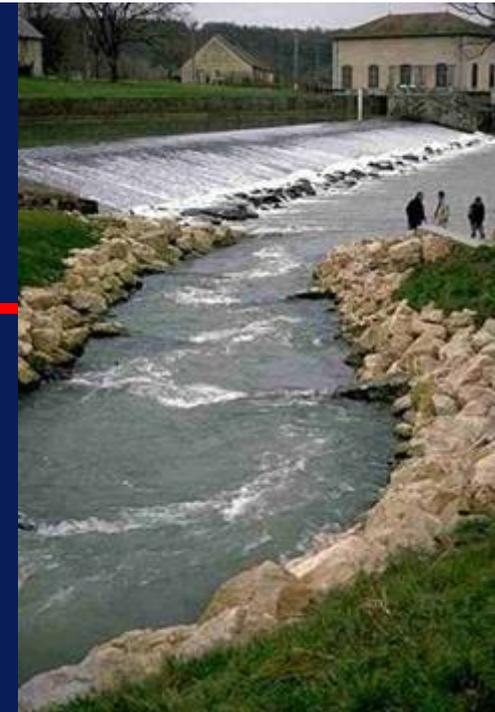
Passes « naturelles »

- Construites à partir de matériaux « naturels »
- Grande diversité : rampes, pseudo passes à bassins, rivières de contournement
- L'aspect « naturel » n'est pas une garantie d'efficacité (rampes)
- Inconvénient : pente réduite (2-5%)
- Appréciables pour leur intégration dans les sites



Rivières de contournement

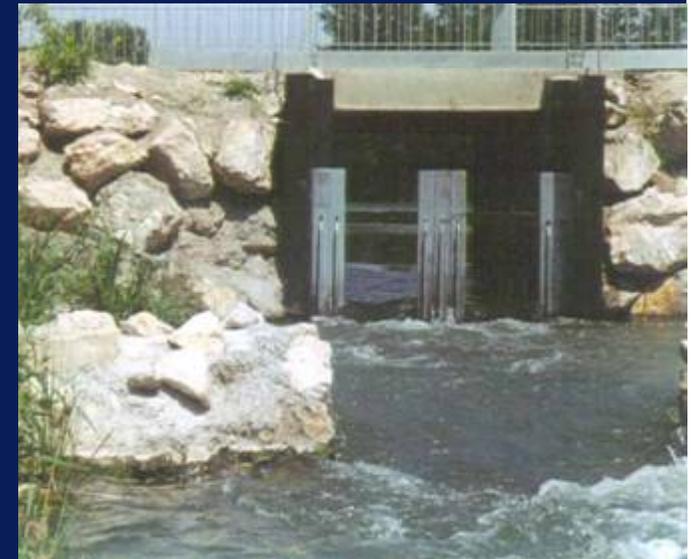
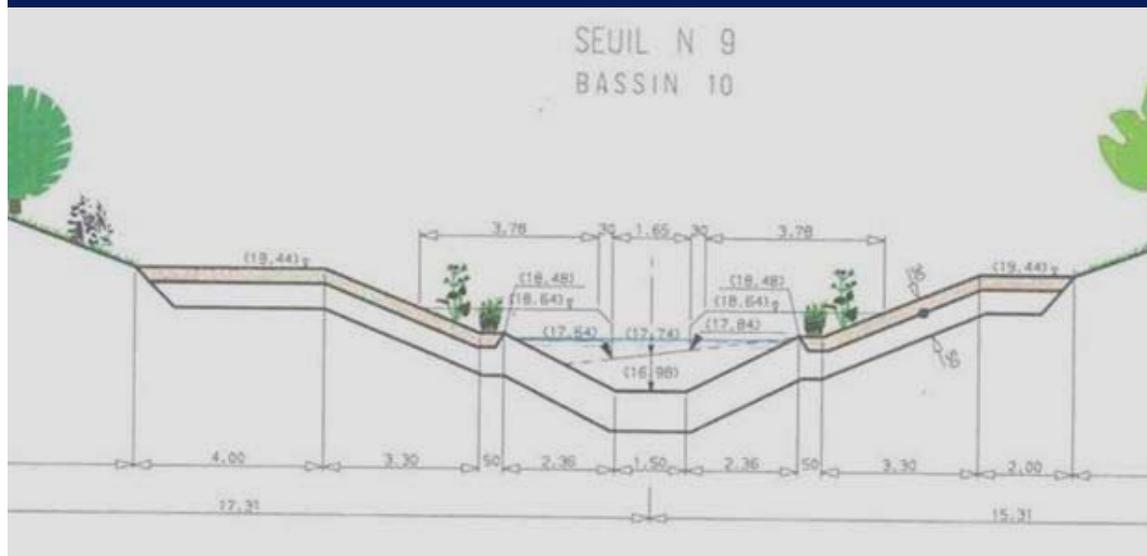
- *Châtillon-sur-Lison sur la Loue*
 - Chute 2.80 , longueur environ 80 m
 - Largeur 3-6 m (fond-surface)
 - Seuils-épis alternés
 - bassins environ 5.5 m, chute 0.2 m
 - Pente 3.5%, débit environ 1.1 m³/s,



Rivières de contournement

- **Bras des Arméniers (1999)**

- Chute longueur 100 m
- Seuils triangulaires,
- Bassins 8 m, chute 0.22 m
- Largeur 1.5-5.5 (fond-surface)
- Tirant d'eau : 1 m
- Pente 2.7%, débit 0.55-1.4 m³/s



Rivières de contournement

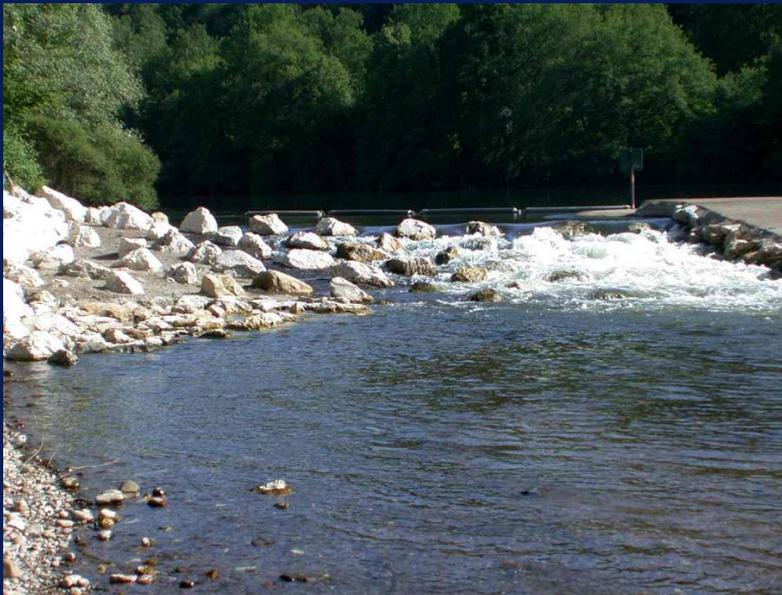
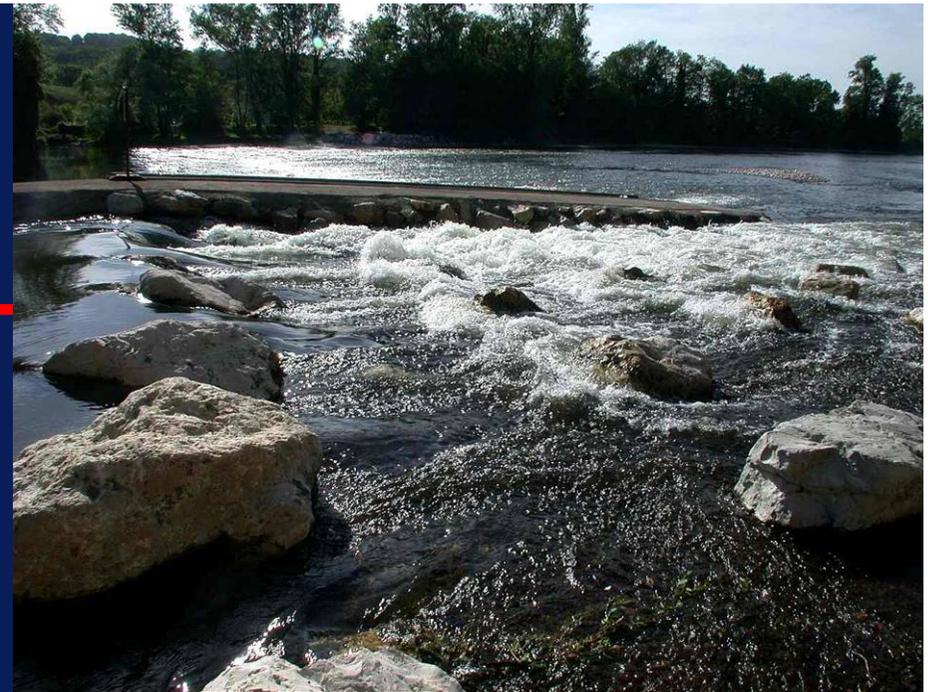
- ***Bras des Arméniers , 4 ans après la mise en eau (2003)***



Rampes

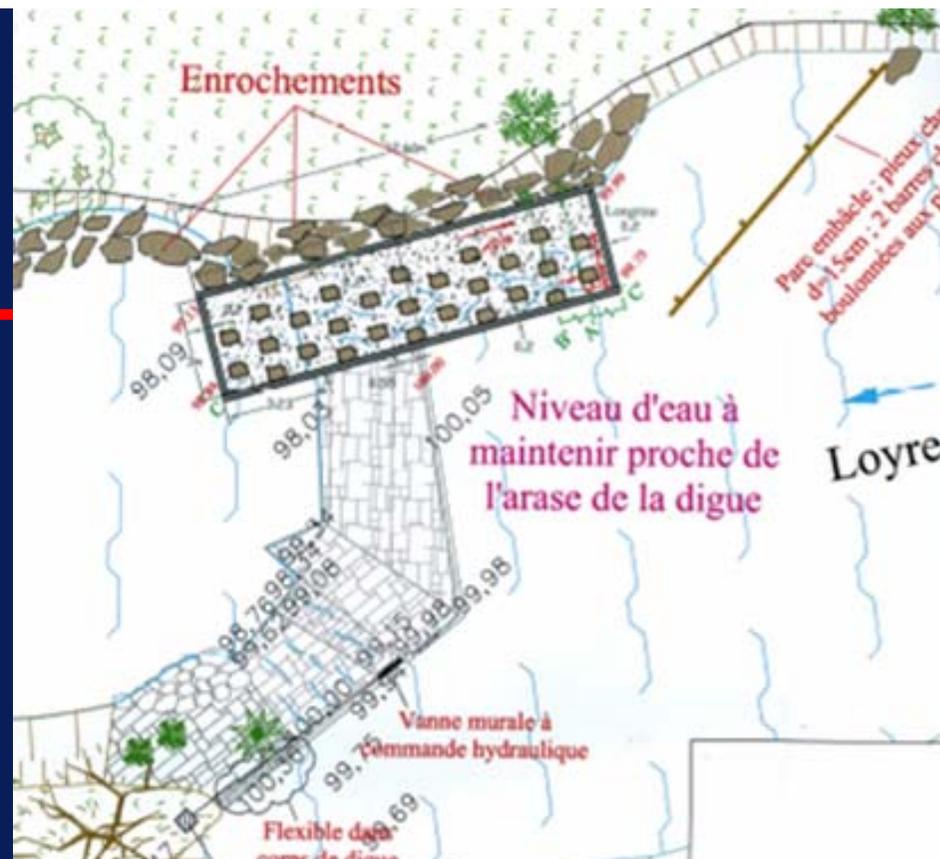
■ *Passe de Carennac sur la Dordogne*

- Chute 1.20 m
- Longueur 17 m, largeur 15 m
- Pente longitudinale 7.6%,
- Fond pente latérale 6%
- Blocs 0.7 m espacés de 2-2.50 m



Rampes

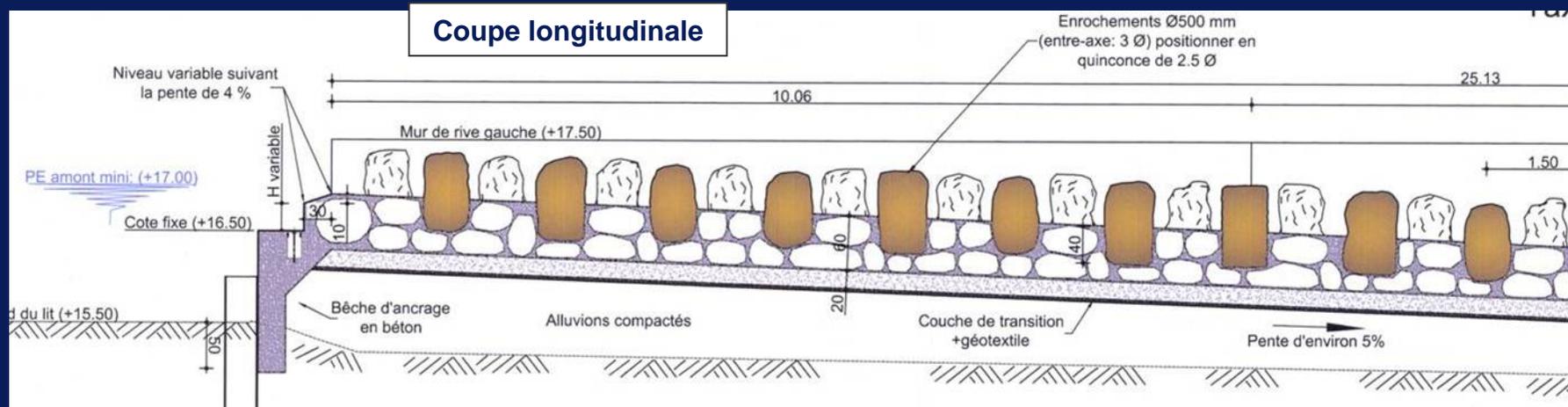
- **Passe de la digue du Moulin Murat sur la Loyre**
 - Chute 0,9-1,0 m, Longueur 12,5 m
 - Pente 7-8%
 - Largeur 3,0 m et dévers de 0,25 m
 - Débit $\approx 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$
 - Blocs de 0,4 m de large et 0,8 m de hauteur, pris dans le béton sur $\approx 1/3$.
 - Blocs espacés de 0,6 m.



Rampes

■ *Passé de Remoulins sur le Gardon*

- Pente de 4,5% (longueur \approx 25 m).
- Largeur de 15 m avec un dévers latéral à 3%, soit de 0.5 m.
- Débit d'environ $0.85 \text{ m}^3/\text{s}$ à l'étiage et $3.9 \text{ m}^3/\text{s}$ pour 2 modules.



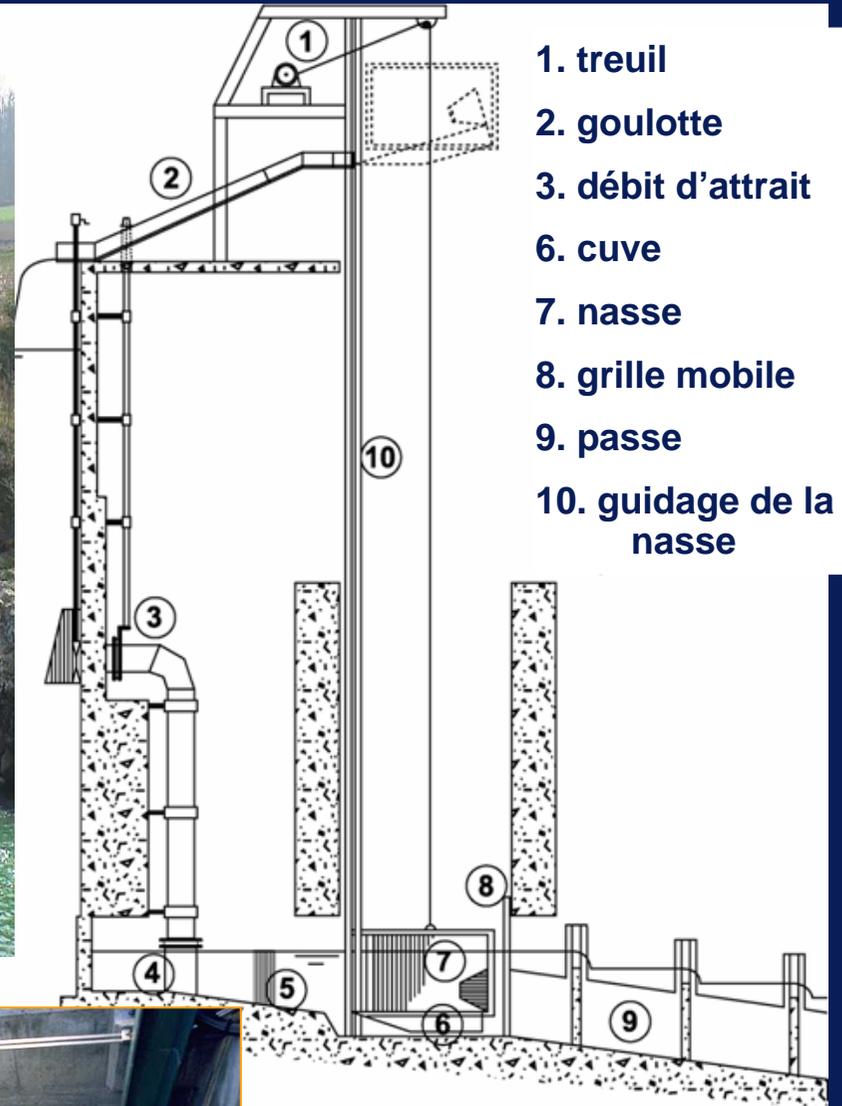
Rampes

■ Passe de Remoulins sur le Gardon

- Difficulté de trouver des blocs de tailles et de forme adaptées : blocs moulés de 0.5 m de diamètre, émergeant d'environ 0.5 m.



Ascenseurs



- Utilisé quand la place disponible réduite et la chute importante (> 8-10 m)
- Entretien lourd (grilles)
- Dysfonctionnements fréquents (nombreux mécanismes)
- Convient aux espèces de grandes tailles (pb de l'espacement des grilles)



La migration de dévalaison



- Espèces et stades concernés : saumon, truite de mer, alose, lamproies (juvéniles) et anguille (adultes)
- Espèces potamodromes : **généralement moins concernées** (ne sont concernées que par un nb limité de centrales)
- Techniques moins avancées que pour la montaison
 - Problèmes abordés plus récemment
 - Mise au point de dispositifs : plus complexe que celle des passes



Dommages subis par les poissons lors de leur passage à travers les turbines

■ Sur les juvéniles de salmonidés (15- 20 cm) :

Mortalité = fonction de la taille de l'individu, du diamètre de la turbine, de sa vitesse de rotation, du nombre de pales ou d'aubes, de la chute.



Dispositifs de dévalaison



■ Doivent assurer les 3 fonctions :

- arrêt
- guidage
- transfert aval sans dommage (exutoire, by-pass)

Barrières physiques

■ Critères :

- grilles d'espacement adapté à l'espèce :
- *10-15 mm pour les smolts, 40-50 mm pour gros salmonidés, 15-20 mm pour anguille*
- vitesses d'écoulement normales faibles ($V_n < 0.40-0.50 \text{ m/s}$) (capacités de nage, pertes de charge) guidage vers *exutoire(s)* situé à proximité (grilles inclinées)



- Impossibilité d'installer des barrières physiques sur la plupart des prises d'eau existantes (vitesses trop importantes)

Conception et dimensionnement des prises d'eau ichtyocompatibles

Programme R&D de développement d'un nouveau concept de prise d'eau prenant en compte les aspects hydrauliques, mécaniques et piscicoles (2007-2013)

Proposé et effectué par :



Pour mieux affirmer ses missions, le Cemagref devient Irstea



ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques



Pôle Ecohydraulique ONEMA – IRSTEA – IMFT (Toulouse)



Institut P' de Poitiers

Financement et pilotage assurés par :

ADEME



ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques



Compagnie Nationale du Rhône



shem
GDF SUEZ



la démocratie participative



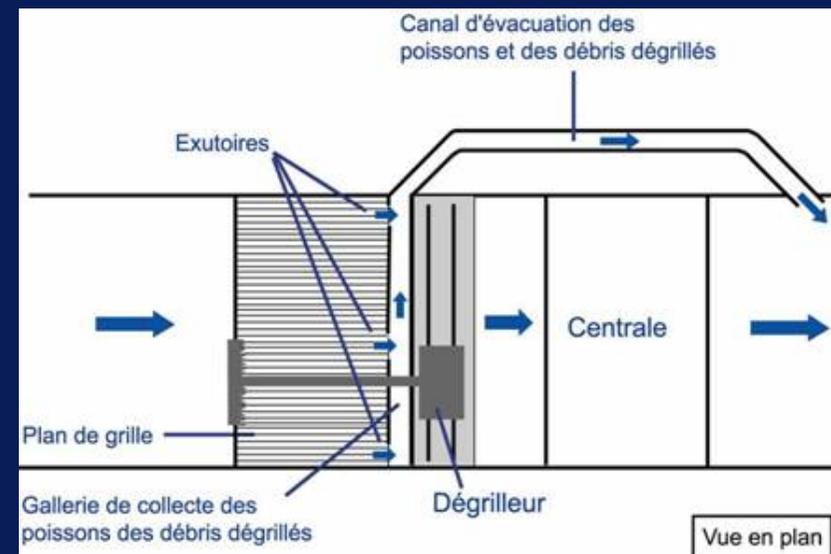
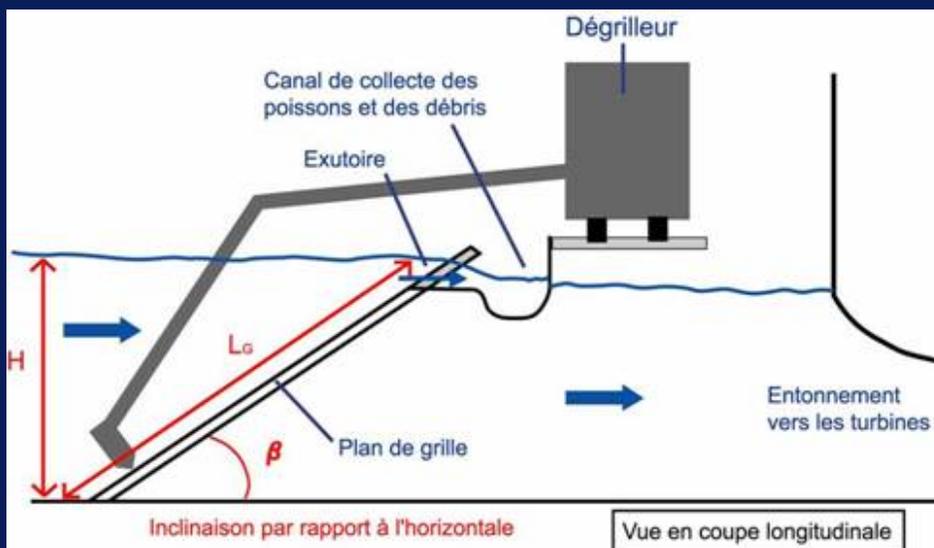
GPAE-ECOWATT

Conception des prises d'eau ichthyocompatibles

Deux configurations envisagées :

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 β : angle aigu entre le plan de grille et le fond du canal
- adapté à la petite hydroélectricité

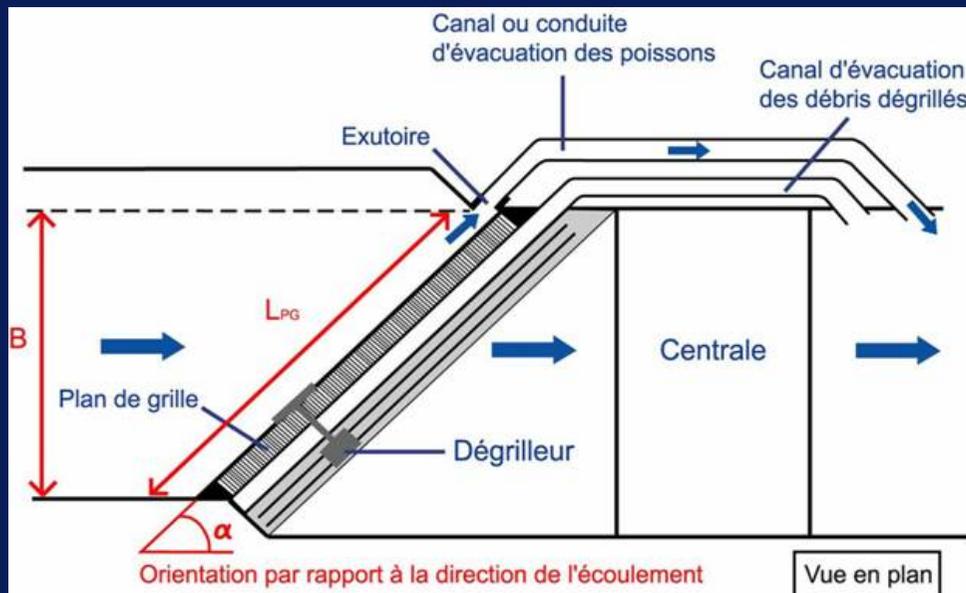


Conception des prises d'eau ichthyocompatibles

Deux configurations envisagées :

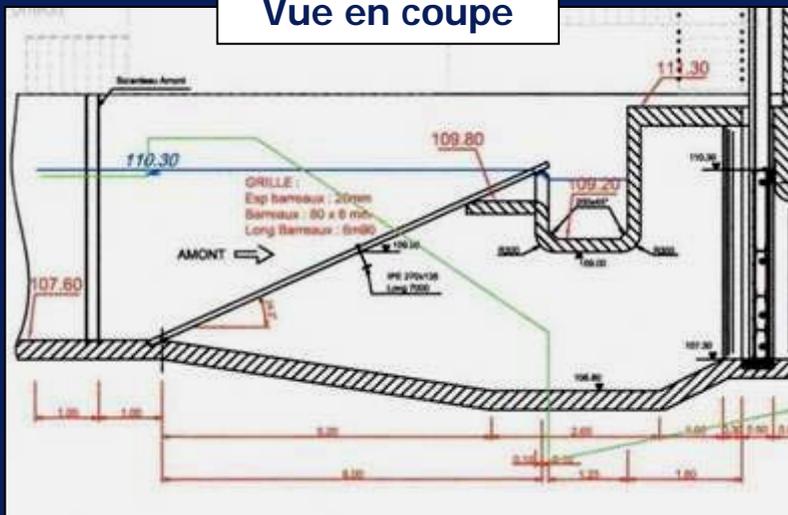
2 - Plan de grille quasi vertical et orienté en plan par rapport à la direction de l'écoulement :

- exutoire positionné à l'extrémité aval du plan de grille
- *angle d'orientation α* : angle aigu entre le plan de grille et la direction de l'écoulement, souvent considérée parallèle à la berge
- moins adapté à la petite hydroélectricité



Prises d'eau « ichtyocompatibles »

Vue en coupe



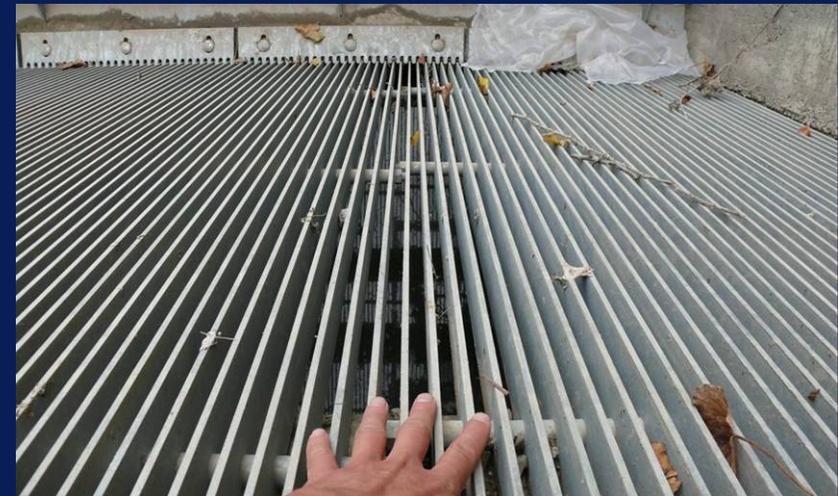
- $Q_{\text{TURB}} = 15 \text{ m}^3/\text{s}$
- Inclinaison du plan de grille : 24°
- Grille : 7m de large x 6.6 m de long (46.2 m^2)
- Espacement libre : 20 mm
- $V_a = 0.8 \text{ m/s}$, $V_T = 0.72 \text{ m/s}$, $V_N = 0.32 \text{ m/s}$
- 2 exutoires alimenté par $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ (10%)
-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

Navarrenx, Gave d'Oloron



Prises d'eau « ichtyocompatibles »

- $Q_{\text{TURB}} = 18.3 \text{ m}^3/\text{s}$
- Inclinaison du plan de grille : 36°
- Grille : 10.7 m de large x 3.6 m de long (38.5 m^2)
- Espacement libre : 20 mm
- $V_a = 0.6 \text{ m/s}$, $V_T = 0.72 \text{ m/s}$, $V_N = 0.32 \text{ m/s}$
- 3 exutoires de 1.5 m de large chacun, et 0.35 m de profondeur, alimentés par $0.8 \text{ m}^3/\text{s}$ ($\approx 4.4\%$)
- Goulotte d'évacuation de 1.3 m de large et 0.6 m de profondeur



Prises d'eau ichthyocompatibles

Carabotte, Hérault

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



Les turbines « ichtyocompatibles »

Alternative à l'installation de grilles fines

Turbine ichtyophile[®] VLH (Very Low Head) de MJ2 :

- Chute entre 1,4 et 2,8 m.
- Débit de 10 à 30 m³/s.
- Puissance de 100 à 500 kW.

■ **Tests menés à Millau, Frouard et Yenne**

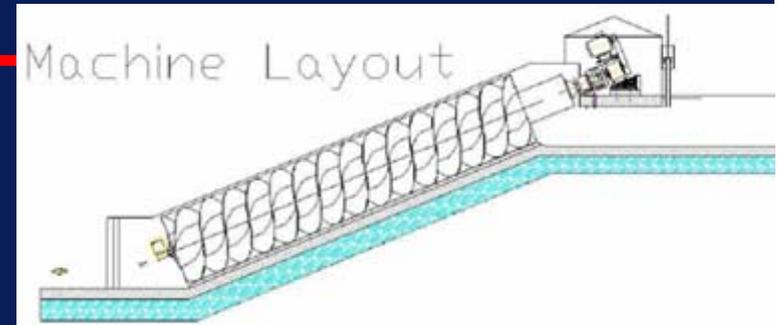
- Modifications du contour de la turbine
- Résultats concluants pour la majorité des espèces et tailles testées



Les turbines « ichtyocompatibles »

Vis hydrodynamiques, vis d'Archimède :

- Chute entre 1,0 et 10 m.
- Débit de 0,5 à 5,5 m³/s.
- Puissance jusqu'à 300 kW.



■ Tests menés en Angleterre, encadrés par l'Environment Agency :

- très peu, voire aucun dommage à la dévalaison des smolts, kelts et anguilles
- Précaution : interstice entre la vis et son manteau faible, surface du manteau lisse et arête amont recouverte d'un caoutchouc



Conclusions

■ Passes à poissons

- Conception : pénurie de BE compétents en écohydraulique (nombre d'obstacles à aménager considérable)
- Passes à ralentisseurs : très peu utilisées
- Passes à bassins : possibilité préfabrication des bassins ou des cloisons ???? (difficile de standardiser les passes sur les aménagements existants)
- Passes naturelles : préfabrication de blocs (voir aussi le pb très voisin des franchissements routiers ou autoroutiers)

■ Dévalaison

- Prises d'eau ichtyocompatibles : nombreuses prises d'eau à installer en France sur aménagements existants
- Turbines ichtyocompatibles : domaine d'utilisation des VLH limité. Possibilité de développement de nouvelles turbines ? (exemple allemand)
- Développement bloc prise d'eau + turbines + passe ?



Base de données non exhaustives de l'ONEMA sur les obstacles en rivière (plus de 60000)