



# Journée technique

## Équipement des ouvrages hydrauliques existants pour la continuité piscicole

*Principes de choix et de dimensionnement des dispositifs*

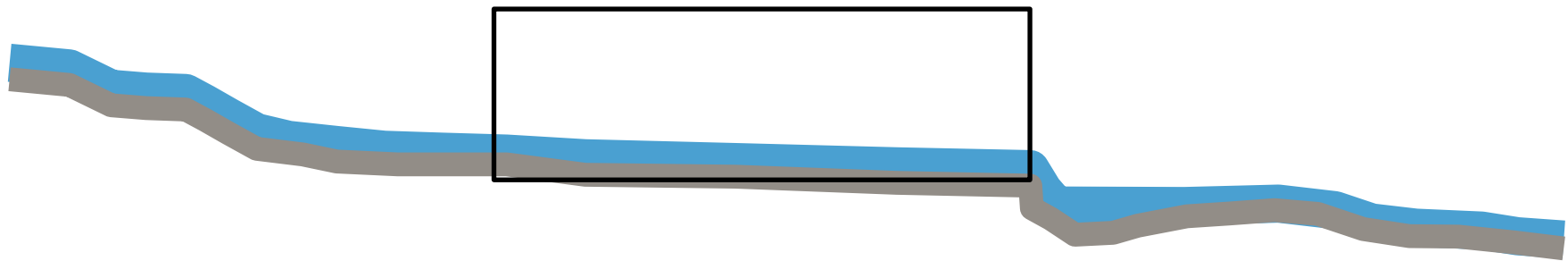
Sylvain Richard  
Pôle écohydraulique ONEMA-IMFT



# Plan de la présentation

1. Problématiques de franchissement au niveau des OH existants
2. Démarche et données nécessaires à conception d'un équipement
3. Type d'équipements possibles et principes de conception
4. Conclusions et perspectives

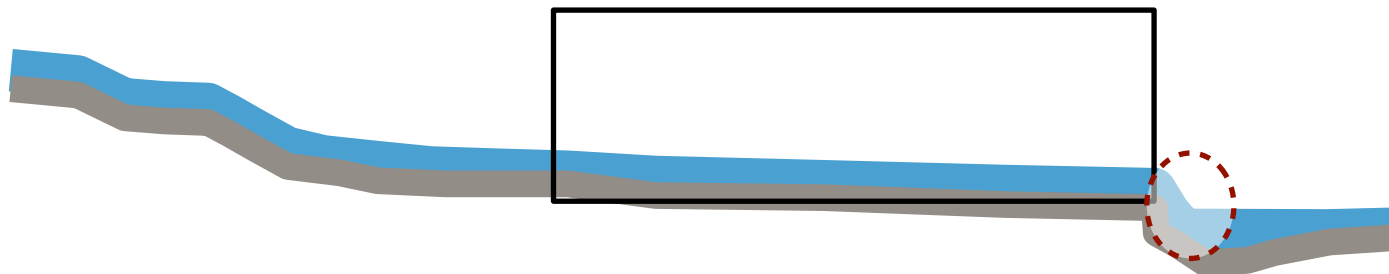
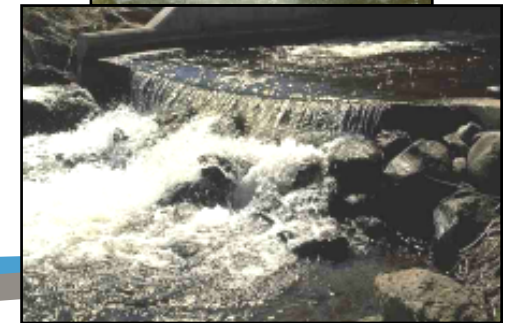
# 1. Problématiques de franchissement au niveau des OH existants



Evolution de l'assainissement routier 31 mai 2016 Angers

# 1. Problématiques de franchissement au niveau des OH existants

chute en aval **infranchissable**

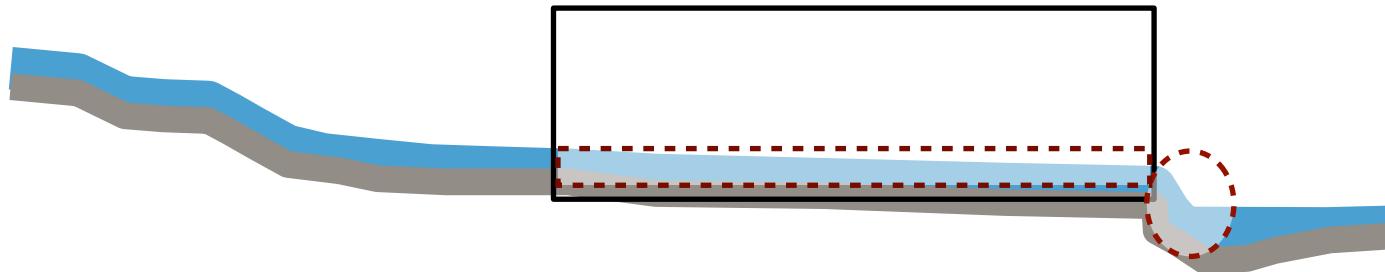
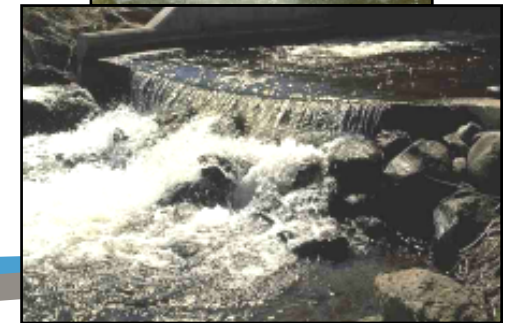


# 1. Problématiques de franchissement au niveau des OH existants

conditions d'écoulement à l'intérieur **défavorables**



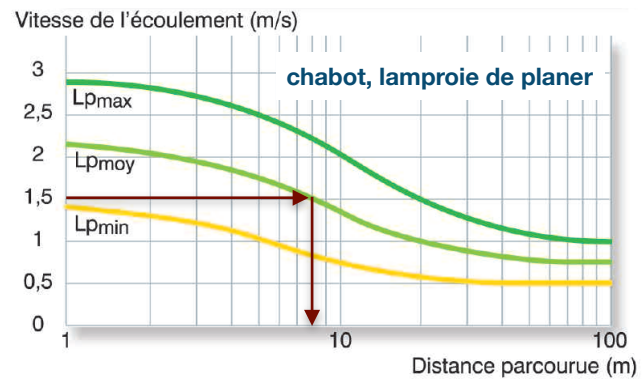
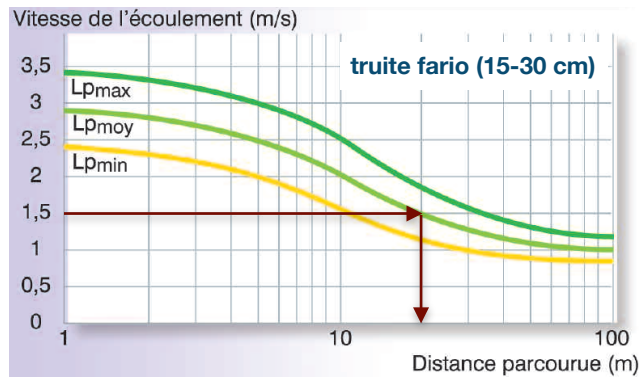
chute en aval **infranchissable**



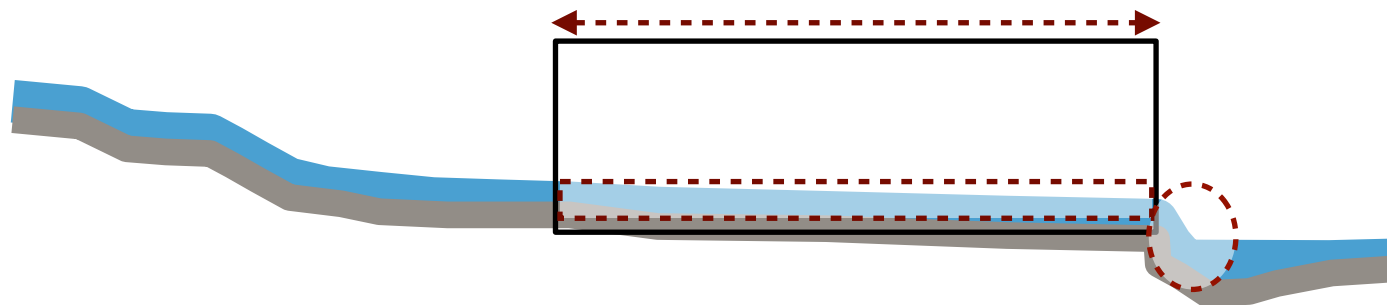
# 1. Problématiques de franchissement au niveau des OH existants

**longueur** de l'OH supérieure aux capacités de nage

conditions d'écoulement à l'intérieur **défavorables**

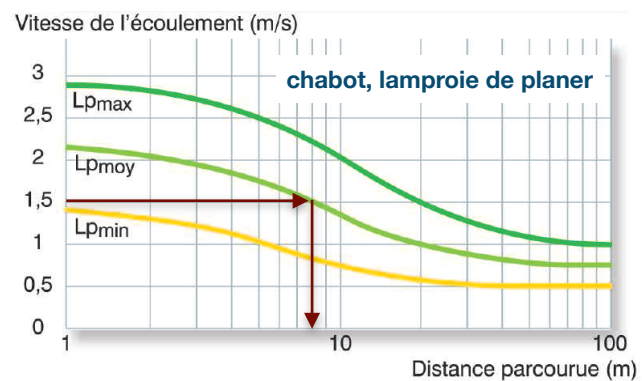
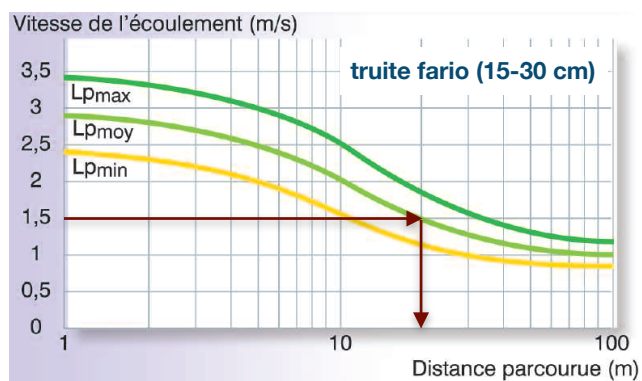


chute en aval **infranchissable**



# 1. Problématiques de franchissement au niveau des OH existants

**longueur** de l'OH supérieure aux capacités de nage



conditions d'écoulement à l'intérieur **défavorables**



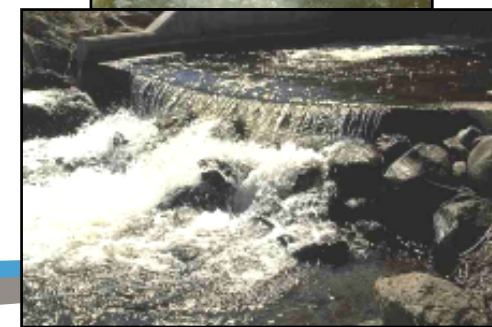
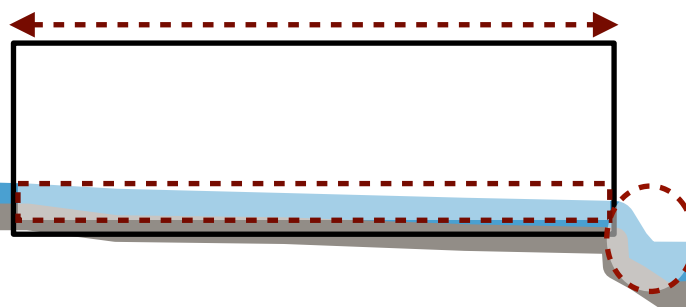
luminosité



chute en aval **infranchissable**



accumulation d'embâcles



## 2. Démarche et données nécessaires à la conception d'un équipement



## 2. Démarche et données nécessaires à la conception d'un équipement

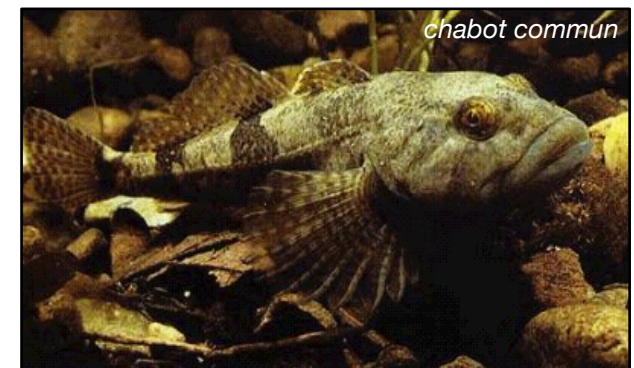
### 1. Définition des objectifs de libre circulation

## 2. Démarche et données nécessaires à la conception d'un équipement

### 1. Définition des objectifs de libre circulation

#### ➔ Pour quelles espèces ?

- ▶ Espèces de tête de bassins (*truite, chabot, lamproie de planer...*)
- ▶ *Anguille* (civelle, anguilette, anguille jaune)
- ▶ Écrevisses (*écrevisse à pattes blanches*)



## 2. Démarche et données nécessaires à la conception d'un équipement

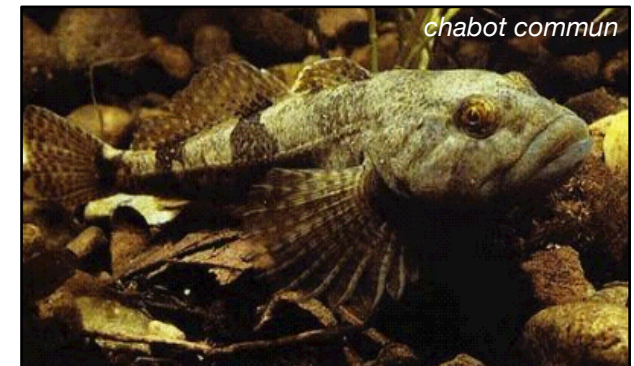
### 1. Définition des objectifs de libre circulation

#### ➔ Pour quelles espèces ?

- ▶ Espèces de tête de bassins (*truite, chabot, lamproie de planer...*)
- ▶ *Anguille* (civelle, anguilette, anguille jaune)
- ▶ Écrevisses (*écrevisse à pattes blanches*)

#### ➔ Pour quelle gamme de débit ?

- ▶ Cas général : de l'**étiage à 2-3 fois le module**
- ▶ A affiner si enjeux importants ou difficultés de dimensionnement



## 2. Démarche et données nécessaires à la conception d'un équipement

2. Description topographique et hydraulique de l'OH et du cours d'eau en amont et en aval

## 2. Démarche et données nécessaires à la conception d'un équipement

2. Description topographique et hydraulique de l'OH et du cours d'eau en amont et en aval

### ➔ Profil en long du fond du lit et de la ligne d'eau

- ▶ Caractérisation des pentes longitudinales, des chutes et des hauteurs d'eau
- ▶ Ligne d'eau à relever à bas débit
- ▶ Relevé de ligne d'eau complémentaire à débit plus élevé si besoin

### ➔ Profils en travers de chaque modification notable de la section

### ➔ Mesure des vitesses d'écoulement



# 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

### 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

- ➔ **Objectif** : rendre les conditions d'écoulement compatibles avec les capacités de franchissement des espèces cibles

### 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

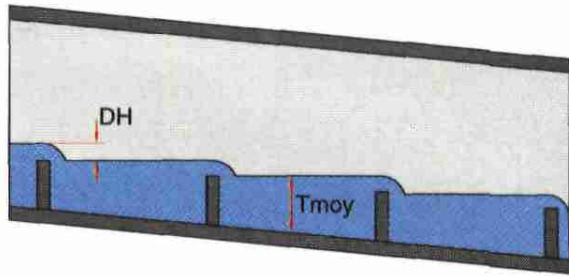
- ➔ **Objectif** : rendre les conditions d'écoulement compatibles avec les capacités de franchissement des espèces cibles
  
- ➔ 3 types d'équipement possibles :



# 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

➔ **Objectif** : rendre les conditions d'écoulement compatibles avec les capacités de franchissement des espèces cibles

➔ 3 types d'équipement possibles :



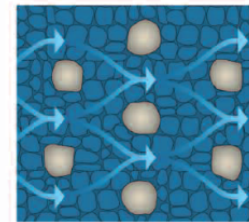
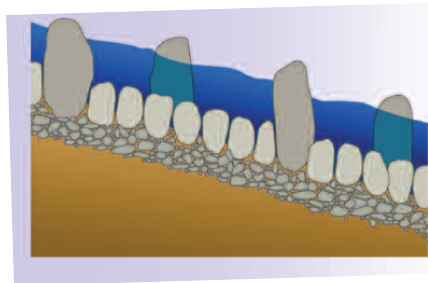
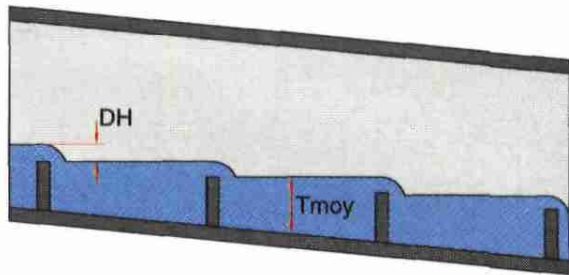
## Cloisons déversantes

- ▶ De type déflecteur ou barrette
- ▶ Former des bassins séparés par des chutes franchissables

# 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

➔ **Objectif** : rendre les conditions d'écoulement compatibles avec les capacités de franchissement des espèces cibles

➔ 3 types d'équipement possibles :



## Cloisons déversantes

- ▶ De type déflecteur ou barrette
- ▶ Former des bassins séparés par des chutes franchissables

## Macrorugosités

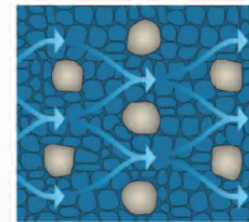
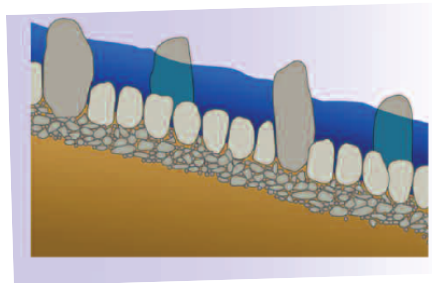
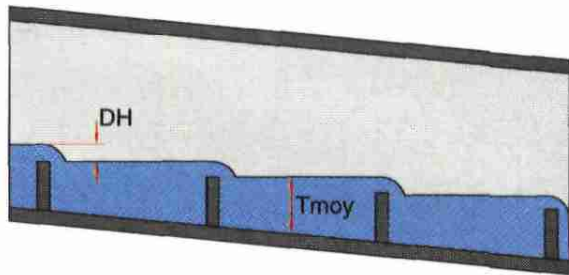
### régulièrement réparties

- ▶ Réduire les vitesses et dissiper l'énergie de proche en proche

# 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

➔ **Objectif** : rendre les conditions d'écoulement compatibles avec les capacités de franchissement des espèces cibles

➔ 3 types d'équipement possibles :



## Cloisons déversantes

- ▶ De type déflecteur ou barrette
- ▶ Former des bassins séparés par des chutes franchissables

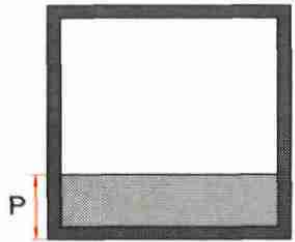
## Macrorugosités régulièrement réparties

- ▶ Réduire les vitesses et dissiper l'énergie de proche en proche

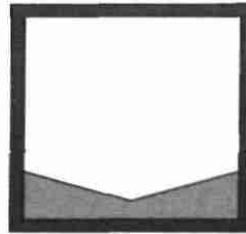
## Rugosités de fond (type dalle micro-plots)

# 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

## 1. Cloisons déversantes (déflecteur, barrettes)

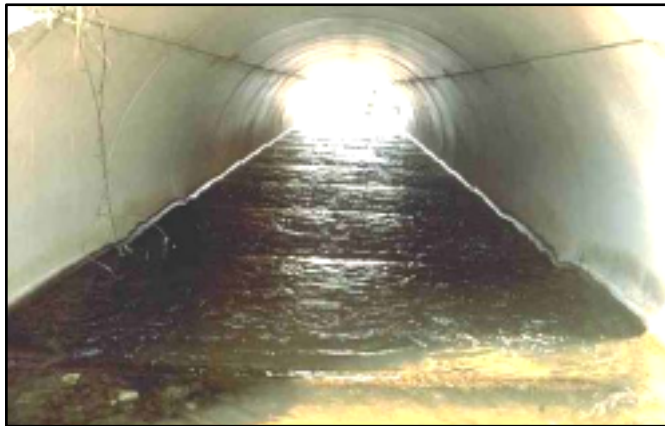
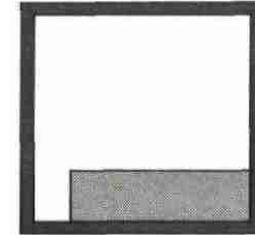


*seuils rectangulaires*



*seuils triangulaires*

*seuils à échancrure*



# 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

## 1. Cloisons déversantes (déflecteur, barrettes)

➔ Critères de dimensionnement

# 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

## 1. Cloisons déversantes (déflecteur, barrettes)

➔ Critères de dimensionnement

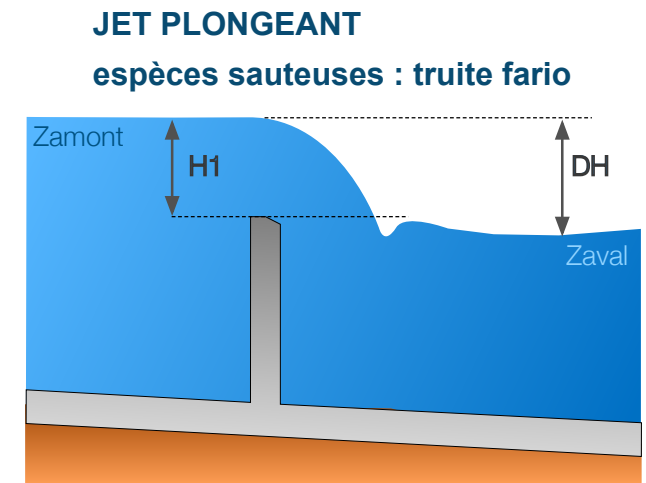
- ▶ Hauteur d'eau dans les bassins **> 15-20 cm**
- ▶ Chute au niveau des cloisons **< 15-30 cm**
- ▶ Puissance dissipée dans les bassins **< 100-250 W/m<sup>3</sup>**

### 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

#### 1. Cloisons déversantes (déflecteur, barrettes)

➔ Critères de dimensionnement

- ▶ Hauteur d'eau dans les bassins > **15-20 cm**
- ▶ Chute au niveau des cloisons < **15-30 cm**
- ▶ Puissance dissipée dans les bassins < **100-250 W/m<sup>3</sup>**
- ▶ **Type de jets** au niveau des cloisons



# 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

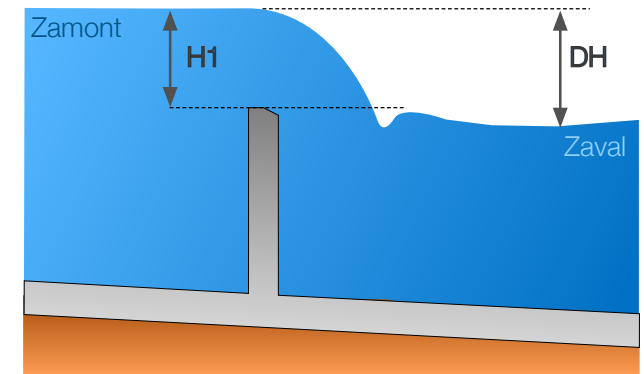
## 1. Cloisons déversantes (déflecteur, barrettes)

➔ Critères de dimensionnement

- ▶ Hauteur d'eau dans les bassins **> 15-20 cm**
- ▶ Chute au niveau des cloisons **< 15-30 cm**
- ▶ Puissance dissipée dans les bassins **< 100-250 W/m<sup>3</sup>**
- ▶ **Type de jets** au niveau des cloisons

JET PLONGEANT

espèces sauteuses : truite fario



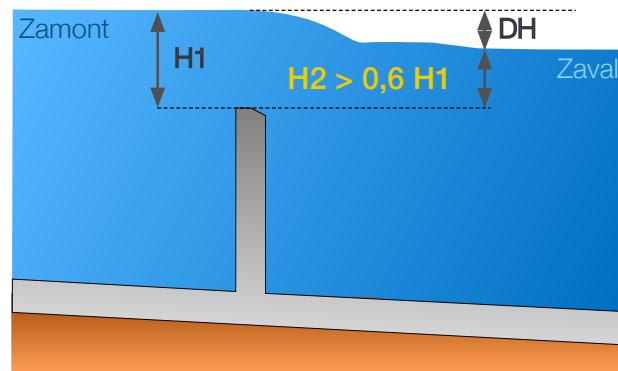


# 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

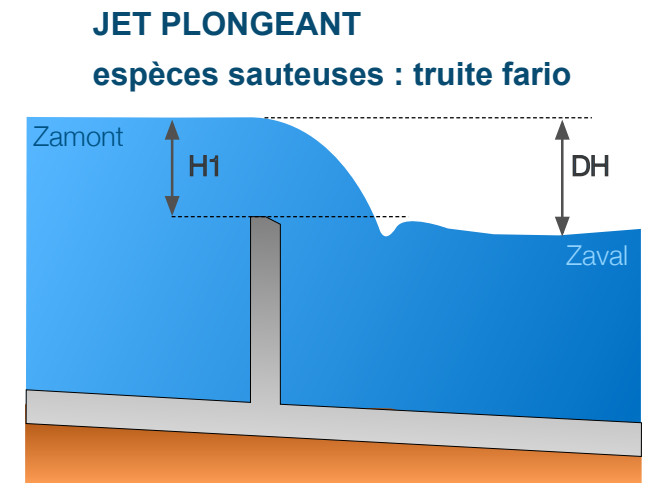
## 1. Cloisons déversantes (déflecteur, barrettes)

➔ Critères de dimensionnement

- ▶ Hauteur d'eau dans les bassins **> 15-20 cm**
- ▶ Chute au niveau des cloisons **< 15-30 cm**
- ▶ Puissance dissipée dans les bassins **< 100-250 W/m<sup>3</sup>**
- ▶ **Type de jets** au niveau des cloisons



**JET DE SURFACE**  
toutes espèces

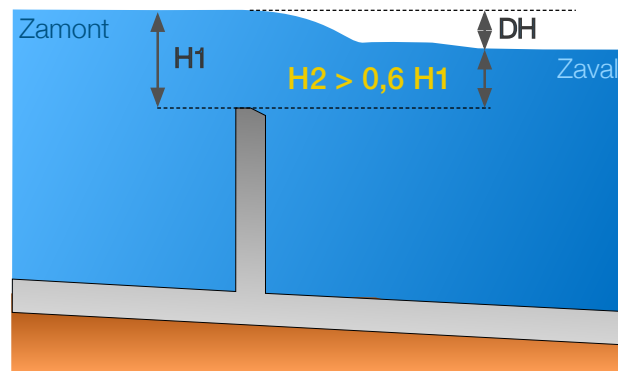


# 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

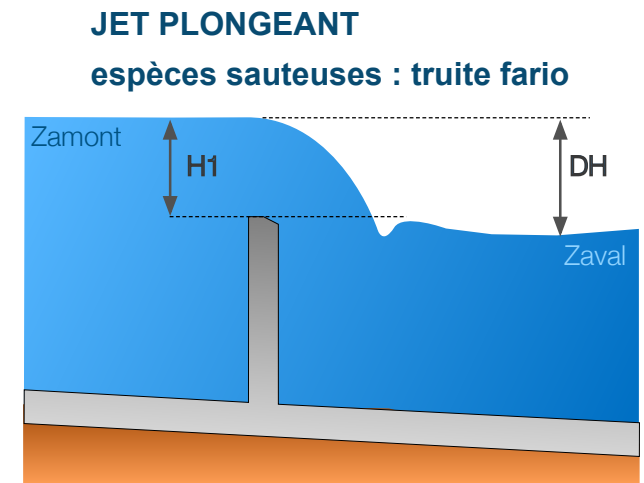
## 1. Cloisons déversantes (déflecteur, barrettes)

➔ Critères de dimensionnement

- ▶ Hauteur d'eau dans les bassins > **15-20 cm**
- ▶ Chute au niveau des cloisons < **15-30 cm**
- ▶ Puissance dissipée dans les bassins < **100-250 W/m<sup>3</sup>**
- ▶ **Type de jets** au niveau des cloisons



**JET DE SURFACE**  
toutes espèces



**JET PLONGEANT**  
espèces sauteuses : truite fario



- ▶ Formules déversoirs dénoyés ou noyés sur les cloisons (Larinier et al. 1994)

# 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

## 1. Cloisons déversantes (déflecteur, barrettes)

# 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

## 1. Cloisons déversantes (déflecteur, barrettes)

➔ Hauteur, formes et espacement des cloisons

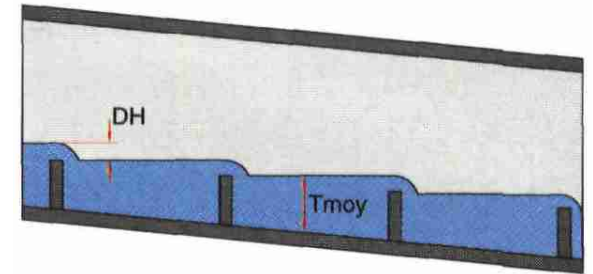
### 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

#### 1. Cloisons déversantes (déflecteur, barrettes)

➔ Hauteur, formes et espacement des cloisons

- ▶ Hauteur des cloisons souvent **entre 15 et 40 cm**
- ▶ Espacement des cloisons dépendant de la pente

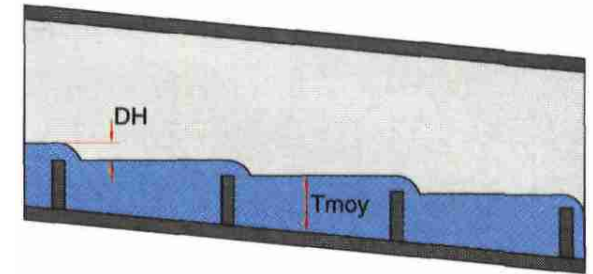
$0.20 \leq l \cdot L / p \leq 0.30$ , avec  $l$  : pente,  $L$  : espacement entre seuils,  $p$  : hauteur des seuils



# 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

## 1. Cloisons déversantes (déflecteur, barrettes)

➔ Hauteur, formes et espacement des cloisons



- ▶ Hauteur des cloisons souvent **entre 15 et 40 cm**
- ▶ Espacement des cloisons dépendant de la pente

$$0.20 \leq l \cdot L / p \leq 0.30, \text{ avec } l : \text{pente}, L : \text{espacement entre seuils}, p : \text{hauteur des seuils}$$

- ▶ Adaptées à tous les types de sections (rectangulaire, circulaire)
- ▶ Fonctionnelles pour les faibles débits (possibilité de concentrer les écoulements dans une échancrure triangulaire ou rectangulaire)
- ▶ Difficultés pour obtenir des jets de surface
- ▶ Peu fonctionnelles si submersion importante



### 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

#### 2. Macrorugosités régulièrement réparties



# 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

## 2. Macrorugosités régulièrement réparties



➔ Critères de dimensionnement

- ▶ Hauteur d'eau minimale **> 15-20 cm**
- ▶ Vitesses maximales dans les jets **< 1.50-2.00 m/s**
- ▶ Puissance dissipée **< 200-500 W/m<sup>3</sup>** (organisation différente de l'écoulement)



# 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

## 2. Macrorugosités régulièrement réparties



➔ Critères de dimensionnement

- ▶ Hauteur d'eau minimale **> 15-20 cm**
- ▶ Vitesses maximales dans les jets **< 1.50-2.00 m/s**
- ▶ Puissance dissipée **< 200-500 W/m<sup>3</sup>** (organisation différente de l'écoulement)
- ▶ Formules hydrauliques produites spécifiquement (Courret et Larinier 2006)



# 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

## 2. Macrorugosités régulièrement réparties

➔ Critères de dimensionnement

# 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

## 2. Macrorugosités régulièrement réparties

➔ Critères de dimensionnement

- ▶ Caractéristiques dimensionnelles des macrorugosités  
(*largeur : 0.20-0.40 m - hauteur : 0.20-0.40 m*)

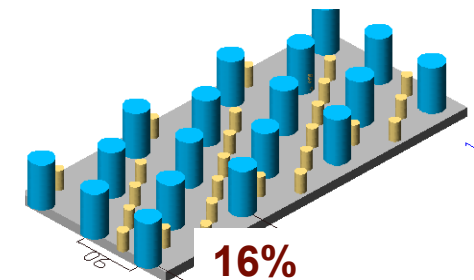
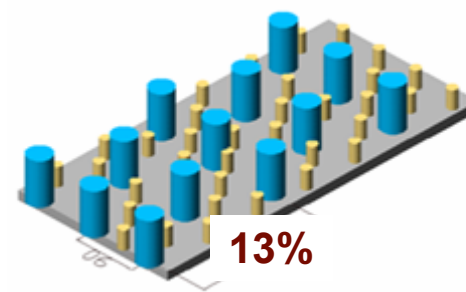
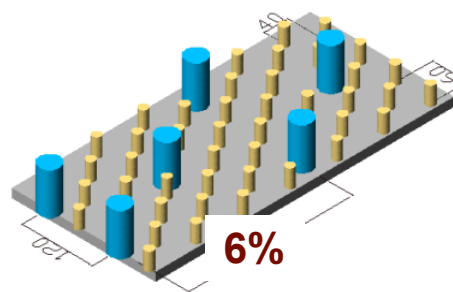
# 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

## 2. Macrorugosités régulièrement réparties

➔ Critères de dimensionnement

- ▶ Caractéristiques dimensionnelles des macrorugosités  
(*largeur : 0.20-0.40 m - hauteur : 0.20-0.40 m*)
- ▶ Concentration d'autant plus élevée que la pente est forte

$$C = \frac{D^2}{a_x \times a_y}$$



Espacement relatif $a_x/D \approx a_y/D$	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75	4
Concentration C	44.4%	32.7%	25.0%	19.8%	16.0%	13.2%	11.1%	9.5%	8.2%	7.1%	6.3%

# 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

## 2. Macrorugosités régulièrement réparties

- ➔ Plutôt adaptées aux sections rectangulaires
- ➔ Difficultés d'obtenir les hauteurs minimales pour les faibles débits
- ➔ Fonctionnel jusqu'à submersion des macrorugosités : ajuster leur hauteur en conséquence



# 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

## 3. Rugosités de fond (dalles micro-plots)

- ➔ Substrat prévu initialement pour l'anguille (reptation sur une zone faiblement ennoyée)
- ➔ Peut convenir pour les petites espèces (chabot, lamproie de planer, loche franche, vairon)

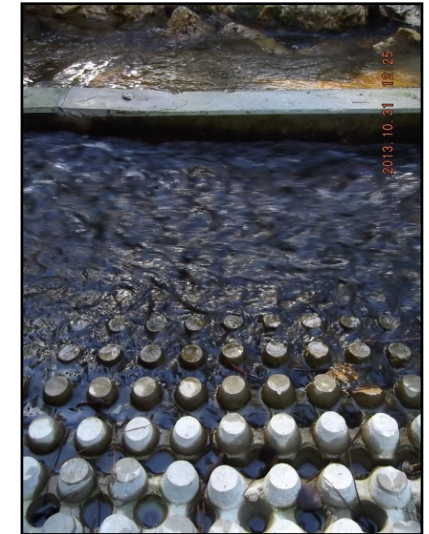


# 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

## 3. Rugosités de fond (dalles micro-plots)

➔ Critères de dimensionnement

- ▶ Faire transiter des petits débits : **20-30 L/s/m de largeur** (fonctionnalité compromise dès que les plots sont submergés)
- ▶ Pente longitudinale **< 8% pour petites espèces**
- ▶ Mettre en place un **pendage latéral**
- ▶ Décharger une partie du débit dès que possible



### 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

- ➔ **Possibilité de n'équiper qu'un pertuis** quand il y en a plusieurs, avec :



### 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

- ➔ Possibilité de n'équiper qu'un pertuis quand il y en a plusieurs, avec :
  - ▶ à l'amont du ou des pertuis non équipés : **seuil de décharge**, de hauteur correspondant à la charge minimale dans le dispositif

à l'amont



### 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

➔ Possibilité de n'équiper qu'un pertuis quand il y en a plusieurs, avec :

- ▶ à l'amont du ou des pertuis non équipés : **seuil de décharge**, de hauteur correspondant à la charge minimale dans le dispositif
- ▶ à l'aval du ou des pertuis non équipés : **chute infranchissable** empêchant les poissons de s'y engager

à l'amont



à l'aval



### 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

➔ Choix d'un type d'équipement en fonction de :

# 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

➔ Choix d'un type d'équipement en fonction de :

- ▶ Espèce(s) cible(s)
- ▶ Pente et chute à franchir
- ▶ Gamme de débits
- ▶ Section de l'ouvrage hydraulique (rectangulaire, circulaire)
- ▶ Sensibilité à l'engravement et au colmatage
- ▶ Impact sur la capacité d'évacuation de l'ouvrage hydraulique
- ▶ Coûts et modalités constructives

# 3. Types d'équipement possibles et principes de dimensionnement

➔ Choix d'un type d'équipement en fonction de :

- ▶ Espèce(s) cible(s)
- ▶ Pente et chute à franchir
- ▶ Gamme de débits
- ▶ Section de l'ouvrage hydraulique (rectangulaire, circulaire)
- ▶ Sensibilité à l'engravement et au colmatage
- ▶ Impact sur la capacité d'évacuation de l'ouvrage hydraulique
- ▶ Coûts et modalités constructives

➔ Règle générale difficile à établir - au cas par cas

# 4. Conclusions et perspectives

## 4. Conclusions et perspectives

- ▶ Modalités d'équipement et critères de dimensionnement **bien établis pour les différentes espèces de poissons**
- ▶ **Franchissement des écrevisses moins étudié** : dalles type micro-plots faiblement ennoyées semblent convenir

## 4. Conclusions et perspectives

- ▶ Modalités d'équipement et critères de dimensionnement **bien établis pour les différentes espèces de poissons**
- ▶ **Franchissement des écrevisses moins étudié** : dalles type micro-plots faiblement ennoyées semblent convenir
- ▶ Pas toujours nécessaire d'équiper l'ensemble des pertuis ou la totalité du linéaire de l'OH en fonction des configurations
- ▶ Zones de transition entre les différentes parties de l'OH et les dispositifs de franchissement à soigner



## 4. Conclusions et perspectives

- ▶ Modalités d'équipement et critères de dimensionnement **bien établis pour les différentes espèces de poissons**
- ▶ **Franchissement des écrevisses moins étudié** : dalles type micro-plots faiblement ennoyées semblent convenir
- ▶ Pas toujours nécessaire d'équiper l'ensemble des pertuis ou la totalité du linéaire de l'OH en fonction des configurations
- ▶ Zones de transition entre les différentes parties de l'OH et les dispositifs de franchissement à soigner
- ▶ Problématiques de luminosité difficile à corriger pour un OH existant

# 4. Conclusions et perspectives

## 4. Conclusions et perspectives

- ▶ Réduction de la capacité hydraulique de l'OH
  - *impact à évaluer*
  - *parfois impossible d'équiper un OH existant sous-dimensionné*

## 4. Conclusions et perspectives

- ▶ Réduction de la capacité hydraulique de l'OH
  - *impact à évaluer*
  - *parfois impossible d'équiper un OH existant sous-dimensionné*
- ▶ Nécessité incontournable d'une **surveillance** et d'un **entretien**

## 4. Conclusions et perspectives

- ▶ **Réduction de la capacité hydraulique** de l'OH
  - *impact à évaluer*
  - *parfois impossible d'équiper un OH existant sous-dimensionné*
- ▶ Nécessité incontournable d'une **surveillance** et d'un **entretien**
- ▶ **Retour d'expérience** à acquérir sur :
  - *les efficacités biologiques*
  - *les dispositions constructives*
  - *les inconvénients / facilités d'entretien*
- ▶ Note technique CEREMA - ONEMA spécifique pour l'équipement des OH existant en projet

## 4. Conclusions et perspectives

- ▶ **Réduction de la capacité hydraulique** de l'OH
  - *impact à évaluer*
  - *parfois impossible d'équiper un OH existant sous-dimensionné*
- ▶ Nécessité incontournable d'une **surveillance** et d'un **entretien**
- ▶ **Retour d'expérience** à acquérir sur :
  - *les efficacités biologiques*
  - *les dispositions constructives*
  - *les inconvénients / facilités d'entretien*
- ▶ Note technique CEREMA - ONEMA spécifique pour l'équipement des OH existant en projet
- ▶ L'équipement d'un OH reste une mesure corrective qui sera toujours **moins fonctionnelle qu'un OH franchissable « par conception »**

# Merci de votre attention



Sylvain RICHARD  
Pôle écohydraulique ONEMA-IMFT  
IMFT, Allée du professeur Camille Soula, 31400 Toulouse  
06 08 36 13 11 - 05 34 32 29 14