



**Des solutions techniques
pour restaurer ou améliorer la continuité écologique
en adéquation avec les enjeux**

Pascal ROCHE et Benjamin FAURE (DR Rhône-Alpes)

Les options pour traiter les problèmes de continuité

1. Des solutions pour une restauration complète de la continuité :

→ Démantèlement de l'obstacle

→ Reconstitution de l'espace de liberté si nécessaire

2. Des solutions palliatives quand on ne peut enlever les ouvrages :

→ Aménagement de passes à poissons (montaison et/ou dévalaison)

→ Aménagement et/ou gestion sédimentaire (vannes, curage-réinjection)

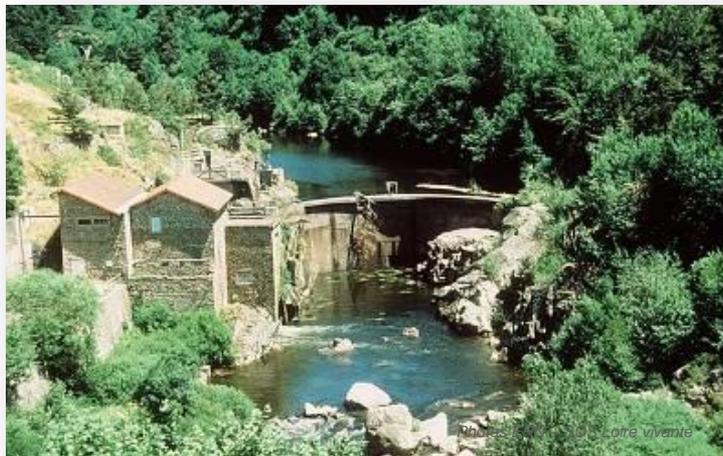
Le démantèlement d'un ouvrage

- Dérasement sans chute résiduelle (laisser un seuil de fond si utile)
 - Solution la plus efficace (biologie, sédiment, qualité et quantité d'eau)
 - Solution la plus pérenne (pas d'entretien, ajustement naturel du lit)
 - Acceptabilité variable, réticences à supprimer un patrimoine bâti
- *Etats-Unis : > 500 ouvrages effacés pour des objectifs multiples*

- *Restauration transport solide (80%)*
- *Amélioration qualité biologique amont (50%)*
- *Restauration migration des poissons (35%)*
- *Perturbations morphologiques – incisions, instabilité (15%)*
- *Dégradation qualité biologique aval (20%)*
- *Problème de qualité de l'eau (15%)*



→ Effacement du barrage de Saint Etienne du Vigan sur l'Allier (48) – 1998



Photos ERN – SOS Loire vivante



- **Construction : 1895 - 1950**
- **Hauteur : 12 m env.**
- **Usage : hydroélectricité**

→ Prise en compte des contraintes en amont

Rivière Corrèze Tulle

Arasement avec chute résiduelle de 0,3m (2008).
Confortement du mur de soutènement de la route (épis et remblais entre épis).



Rivière Romanche

Vizille
Effacement total
entre les digues
(2014-2015)



Séchillienne
démontage vannes
(2011)
Démantèlement
complet avec
confortement du mur
de soutènement et
des piles du pont en
amont (2016)



Les solutions d'aménagement (quand on ne peut démanteler)

1. Les actions dans le lit en aval de l'ouvrage

→ Pré-barrages

Drevenne (38), Herbasse (26)
prébarrages en blocs



→ Recalage du lit ou de l'ouvrage, élargissement du lit par suppression ou recul des protections latérales

Herbasse (26)

seuils de calage en rondins verticaux et élargissement



Les solutions d'aménagement

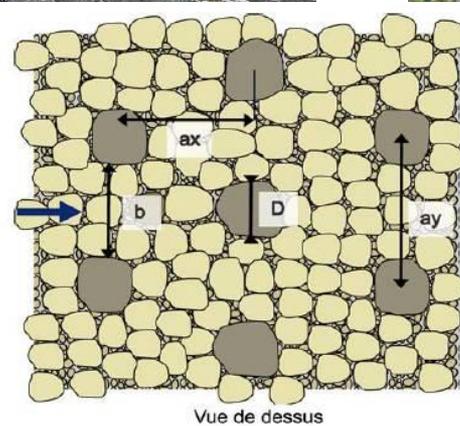
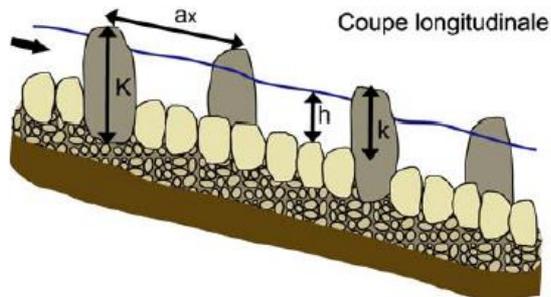
2. Les passes à poissons

→ Passes rustiques

Rivières artificielles



Rampes



Les solutions d'aménagement

2. Les passes à poissons

→ Passes « techniques »

Passes à bassins

Possibilité de conception pour toutes espèces (fentes et fond rugueux)



Bourne (26) : dH 11 m ;
truite adulte seule



Gervanne (26) : dH 5 m ; toutes espèces



Autres :

Ralentisseurs, ascenseurs
et écluses à poissons,
passes à anguilles



Guiers (38) :
dH 5 m ; truite



Ardèche (07)
dh 3m ;
anguille

3. Solutions pour la dévalaison

→ Grilles fines + goulottes

anguille 15-20mm

truite 10-15mm

→ Turbines VLH, vis d'Archimède



→ Réaménagement de pied de barrage, échancrure(s)



Rhône Rochemaure (26) : Qturbiné 75 m³/s ; grille 20mm



Bourges (07) : Qturbiné 0,85 m³/s grille à trous 10mm



Nant Bruyant (73) : Qturbiné 0,6 m³/s grille Coanda 1mm



Les solutions d'aménagement

4. Les solutions pour le sédiment

→ Gestion de vannes existantes

Ouvertures plus fréquentes, remise en état ou modification



Guiers
(73)

→ Création de vannes à sédiment

Selon le bâti existant, travaux peuvent être conséquents pour une efficacité correcte



Chéran (73-74)



Hérault (34)

→ Curage - réinjection

Nécessaire quand vannes existantes de section insuffisante (cas général hors barrages à clapets)

Fontaulière Pont de Veyrières

Bourne Auberives

Eyrieux Le Cheylard



Fontaulière (07)



Les solutions d'aménagement

5. Les fiches RefMADI

➔ Prises d'eau ichtyocompatibles

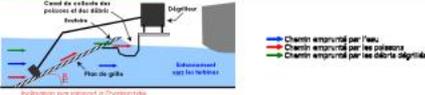
prises d'eau ichtyocompatibles inclinées

prises d'eau ichtyocompatibles orientées

➔ Type de turbines

types de turbines

turbines ichtyocompatibles

RefMADI	LES PRISES D'EAU ICHTYOCOMPATIBLES (inclinées par rapport à l'horizontale)	
Principes généraux	<ul style="list-style-type: none"> - Dispositif de grilles fines associées à un ou plusieurs exutoires devant assurer 3 fonctions : 1) l'arrêt des poissons pour éviter leur passage par les turbines, 2) leur guidage vers un système de transfert à l'aval et 3) leur transfert à l'aval de l'aménagement sans dommage - Les critères de dimensionnement recommandés actuellement visent les salmonidés migrateurs et les anguilles - Pour les prises d'eau profondes et/ou implantées sur un plan d'eau à fort marnage, l'orientation du plan de grille dans le plan vertical par rapport aux écoulements devra être étudiée : prises d'eau ichtyocompatibles orientées 	
Illustrations		
Arrêt des poissons	<p>Pour les smolts de saumon atlantique et truite de mer : possibilité d'obtenir un effet de barrière comportemental suffisant avec un espacement inter barreaux entre 1/6 et 1/8 de TL, ce qui conduit à une préconisation d'un espacement maximum de 2,5 cm (pour obtenir une barrière physique, il faut un espacement ne dépassant pas 1/10 de TL, soit de l'ordre de 1 à 1,5 cm)</p> <p>Pour l'anguille : nécessité d'installer une barrière physique, l'effet comportemental étant très largement insuffisant et les individus allant au contact de la grille. L'espacement inter barreaux doit être inférieur à leur largeur de tête qui est proportionnelle à leur longueur totale ; ce qui amène à préconiser, selon les caractéristiques de la population en amont de l'ouvrage, un espacement maximum de 1,5 cm pour arrêter les individus de TL > 50 cm et un espacement de 2 cm pour arrêter les individus de TL > 60 cm</p>	
Guidage des poissons	<p>Le guidage des poissons vers les exutoires situés au sommet du plan de grille est favorisé par son inclinaison significative, permettant de réduire les vitesses normales au plan de grille (réduction des risques de plaquage ou de passage prématuré à travers la grille et possibilités de nage des individus) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Angle β d'inclinaison par rapport à l'horizontale du plan de grille $\leq 26^\circ$ - Vitesses normales au plan de grille à définir en fonction des capacités de nage de croisière des espèces ciblées et les anguilles (soit a minima 2 m² de grille par m³/s de débit turbiné) $\leq 30-35$ cm/s pour les juvéniles de truite - Vérifier l'absence de contre-courants ou de courants ascendants susceptibles de masquer l'entrée de l'exutoire dans le canal d'amenée 	
Débit alloué à la dévalaison	<ul style="list-style-type: none"> - Débit de dévalaison proportionnel au débit maximal dérivé par la prise d'eau : 5,5 % pour les prises d'eau < 10 m³/s dérivés et 2-3 % pour les prises d'eau > 30-50 m³/s dérivés - Détermination précise du débit de dévalaison en fonction de la vitesse à l'entrée des exutoires et de leur section totale [Q=Vb*Hb*(Wb*Hb)] - Contrôles du débit de préférence en aval de la goulotte de collecte par déversement au niveau d'un seuil épais profilé ou d'un chapelet en régime dénoyé - Nombre et positionnement des exutoires de surface situés au sommet du plan de grille à définir en fonction de la largeur de la prise d'eau et de la courantologie (au moins 2 exutoires à partir de 4 m de largeur) - Dimensions des exutoires recommandées pour limiter la réticence des poissons à s'engager : largeur (Bb) de l'ordre de 1 m et hauteur d'eau (Hb) de 0,5 m. A adapter en fonction de la largeur et de la profondeur de la prise d'eau et des espèces ciblées, possibilités de réduire la largeur et la hauteur du ou des exutoires pour les prises d'eau étroites ou peu profondes (si H < 2,5 m \rightarrow Hb = 20% de H ; si B < 4 m \rightarrow Bb = 25% de B) 	
Passage des poissons vers l'aval	<ul style="list-style-type: none"> - Distance maximale entre les exutoires de l'ordre de 4-5 m : la largeur cumulée des exutoires est de l'ordre de 25% de la largeur de la prise d'eau - Conditions hydrauliques à la liaison entre le plan de grille et l'exutoire, et à l'entrée même de l'exutoire, déterminantes pour l'efficacité du dispositif : <ul style="list-style-type: none"> - Vitesse en entrée d'exutoire (Vb) de l'ordre de 1,1 fois la vitesse d'approche (Va) devant le plan de grille - Préconisation d'obtenir le sommet du plan de grille sur la hauteur des exutoires pour générer des courants transversaux - Mise en place d'une goulotte commune pour la collecte des poissons et des corps dérivants (à privilégier) ou de deux gouottes distinctes : - Vitesses d'écoulement dans la goulotte du même ordre que celles au niveau des exutoires (si possible inférieure à 1 m/s) pour limiter les disparités d'alimentation des exutoires : augmentation progressive de la section (largeur) de la goulotte après chaque exutoire (éviter la formation d'une chute entre l'exutoire et la goulotte collectrice) - Evacuation vers l'aval des poissons par un système avec un écoulement à surface libre, de préférence un canal ouvert : <ul style="list-style-type: none"> - Hauteur d'eau de l'ordre de 20-25 cm, a minima de 10-15 cm (à ajuster en fonction de la taille des individus ciblés) - Vitesses dans le canal et au point d'impact du rejet devant rester inférieures à 8-10 m/s, possibilité de disperser le jet à la sortie du canal d'évacuation - Zone de rejet d'une profondeur suffisante : matelas d'eau de l'ordre de 1% de la hauteur de chute entre l'extrémité aval du canal et le plan d'eau aval (1 m minimum) et éloignés d'obstacles potentiels (caanis, blocs, arbres...) et surfaces des parois inférieures et raccords des dispositifs d'évacuation des poissons lisses pour éviter tout risque de blessure par choc mécanique 	
Pertes de charge	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilités de calcul des pertes de charge à partir des formules de Raynal et al. (2012) - Barreaux à profils hydrodynamiques à privilégier, permettant de réduire les pertes de charge et de favoriser l'auto-nettoyage de la grille (colmatage permanent), ainsi que les éléments de supports de la grille profilés et mise en place de lignes d'entretoises tous les 50 cm pour rigidifier le plan de grille et éviter la déformation des barreaux 	
Références	<ul style="list-style-type: none"> - Courret D. et Larmer M., 2008. Guide pour la conception de prises d'eau « ichtyocompatibles » pour les petites centrales hydroélectriques. Rapport GHAAPE RA.08.04 - Raynal S., Châtellier L., David L., Courret D. et Larmer 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 des temps de vitesse à leur approche. Rapport PNE écohydraulique RA.12.02. 129 p. - Raynal S., Châtellier L., David L., Courret D. et Larmer M., 2013. Définition de prises d'eau ichtyocompatibles. Etude de l'alimentation en débit et du positionnement des exutoires de dévalaison au niveau des plans de grille inclinés ou orientés dans des configurations ichtyocompatibles. Rapport provisoire PNE écohydraulique RA.12.02. 58 p. ann. 	

LES PRISES D'EAU ICTHYOCOMPATIBLES (inclinées par rapport à l'horizontale)

- Principes généraux**
- Dispositif de grilles fines associées à un ou plusieurs exutoires devant assurer 3 fonctions : 1) l'arrêt des poissons pour éviter leur passage par les turbines, 2) leur guidage vers un système de transfert à l'aval et 3) leur transfert à l'aval de l'aménagement sans dommage
 - Les critères de dimensionnement recommandés actuellement visent les salmonidés migrateurs et les anguilles
 - Pour les prises d'eau profondes et/ou implantées sur un plan d'eau à fort marnage, l'orientation du plan de grille dans le plan vertical par rapport aux écoulements devra être étudiée : [prises d'eau ichtyocompatibles orientées](#)



- Chemin emprunté par l'eau
- Chemin emprunté par les poissons
- Chemin emprunté par les débris dégrillés



- Arrêt des poissons**
- Pour les smolts de saumon atlantique et truite de mer :** possibilité d'obtenir un effet de barrière comportemental suffisant avec un espacement inter barreaux entre 1/6 et 1/8 de TL, ce qui conduit à une préconisation d'un espacement maximum de 2,5 cm (pour obtenir une barrière physique, il faut un espacement ne dépassant pas 1/10 de TL, soit de l'ordre de 1 à 1,5 cm)
- Pour l'anguille :** nécessité d'installer une barrière physique, l'effet comportemental étant très largement insuffisant et les individus allant au contact de la grille. L'espacement inter barreaux doit être inférieur à leur largeur de tête qui est proportionnelle à leur longueur totale ; ce qui amène à préconiser, selon les caractéristiques de la population en amont de l'ouvrage, un espacement maximum de 1,5 cm pour arrêter les individus de TL > 50 cm et un espacement de 2 cm pour arrêter les individus de TL > 60 cm

- Guidage des poissons**
- Le guidage des poissons vers les exutoires situés au sommet du plan de grille est favorisé par son inclinaison significative, permettant de réduire les vitesses normales au plan de grille (réduction des risques de plaquage ou de passage prématuré à travers la grille et possibilités de nage des individus) :
- Angle β d'inclinaison par rapport à l'horizontale du plan de grille $\leq 26^\circ$
 - Vitesses normales au plan de grille à définir en fonction des capacités de nage de croisière des espèces ciblées $\leq 50 \text{ cm/s}$ pour les smolts et les anguilles (soit a minima 2 m^2 de grille par m^3/s de débit turbiné) $\leq 30\text{-}35 \text{ cm/s}$ pour les juvéniles de truite
 - Vérifier l'absence de contre-courants ou de courants ascendants susceptibles de masquer l'entrée de l'exutoire dans le canal d'aménée

- Débit alloué à la dévalaison**
- **Débit de dévalaison proportionnel au débit maximal dérivé par la prise d'eau :** 5.5 % pour les prises d'eau < 10 m^3/s dérivés et 2-3 % pour les prises d'eau > 30-50 m^3/s dérivés
 - Détermination précise du débit de dévalaison en fonction de la vitesse à l'entrée des exutoires et de leur section totale [$Q_b = v_b \cdot H_b \cdot (N_b \cdot B_b)$]
 - Contrôle du débit de préférence en aval de la goulotte de collecte par déversement au niveau d'un seuil épais profilé ou d'un dapet en régime dénoyé

- Passage des poissons vers l'aval**
- Nombre et positionnement des exutoires de surface situés au sommet du plan de grille à définir en fonction de la largeur de la prise d'eau et de la courantologie (au moins 2 exutoires à partir de 4 m de largeur)
 - Dimensions des exutoires recommandées pour limiter la réticence des poissons à s'engager : largeur (B_b) de l'ordre de 1 m et hauteur d'eau (H_b) de 0,5 m. A adapter en fonction de la largeur et de la profondeur de la prise d'eau et des espèces ciblées, possibilités de réduire la largeur et la hauteur du ou des exutoires pour les prises d'eau étroites ou peu profondes (si $H < 2,5 \text{ m} \rightarrow H_b = 20\% \text{ de } H$; si $B < 4 \text{ m} \rightarrow B_b = 25\% \text{ de } B$)
 - Distance maximale entre les exutoires de l'ordre de 4-5 m : la largeur cumulée des exutoires est de l'ordre de 25% de la largeur de la prise d'eau
 - Conditions hydrauliques à la liaison entre le plan de grille et l'exutoire, et à l'entrée même de l'exutoire, déterminantes pour l'efficacité du dispositif :
 - Vitesse en entrée d'exutoire (V_b) de l'ordre de 1,1 fois la vitesse d'approche (V_a) devant le plan de grille
 - Préconisation d'obturer le sommet du plan de grille sur la hauteur des exutoires pour générer des courants transversaux
 - Mise en place d'une goulotte commune pour la collecte des poissons et des corps dérivants (à privilégier) ou de deux goulottes distinctes ;
 - Vitesses d'écoulement dans la goulotte du même ordre que celles au niveau des exutoires (si possible inférieure à 1 m/s) pour limiter les disparités d'alimentation des exutoires : augmentation progressive de la section (largeur) de la goulotte après chaque exutoire (éviter la formation d'une chute entre l'exutoire et la goulotte collectrice)
 - Evacuation vers l'aval des poissons par un système avec un écoulement à surface libre, de préférence un canal ouvert :
 - Hauteur d'eau de l'ordre de 20-25 cm, a minima de 10-15 cm (à ajuster en fonction de la taille des individus ciblés)
 - Vitesses dans le canal et au point d'impact du rejet devant rester inférieures à 8-10 m/s , possibilité de disperser le jet à la sortie du canal d'évacuation
 - Zone de rejet d'une profondeur suffisante : matelas d'eau de l'ordre de 1/4 de la hauteur de chute entre l'extrémité aval du canal et le plan d'eau aval (1 m minimum) et éloignés d'obstacles potentiels (parois, blocs, berges, ...) et surfaces des parois intérieures et raccords des dispositifs d'évacuation des poissons lisses pour éviter tout risque de blessure par choc mécanique

- Pertes de charge**
- Possibilités de calcul des pertes de charge à partir des formules de Raynal et al. (2012)
 - Barreaux à profils hydrodynamiques à privilégier, permettant de réduire les pertes de charge et de favoriser l'auto-nettoyage de la grille (colmatage permanent), ainsi que les éléments de supports de la grille profilés et mise en place de lignes d'entretoises tous les 50 cm pour rigidifier le plan de grille et éviter la déformation des barreaux

- Références**
- Courret D. et Larinier M., 2008. Guide pour la conception de prises d'eau « ichtyocompatibles » pour les petites centrales hydroélectriques. Rapport GHAAPE RA.08.04
 - Raynal S., Chatefier 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 à des champs de vitesse à leur approche. Rapport Pôle échohydraulique RA.12.02. 100 p.
 - Raynal S., Chatefier L., David L., Courret D. et Larinier M., 2013. Définition de prises d'eau ichtyocompatibles. Etude de l'alimentation en débit et du positionnement des exutoires de dévalaison au niveau des plans de grille inclinés ou orientés dans des configurations ichtyocompatibles. Rapport provisoire Pôle échohydraulique RA.12.02. 58 p + ann.



Merci de votre attention