



Mise en conformité « continuité » des ouvrages Attendus et contenu de *l'étude de conception*



Hervé DEMANGE (DiR Méditerranée)

Bilan de la phase d'étude préalable

- diagnostic
- enjeux (espèces cibles ; M / D / S...)
- scénarii d'intervention (effac., équip. , gestion..)



Déroulement de la phase étude de conception

- **esquisse** : aboutit à un/des scénarii pré-dimensionné(s) et chiffré(s) sommairement
→ détermination en COPIL d'un scénario unique à développer en phase AP
- **avant-projet**: détaille le scénario d'esquisse et apporte un dimensionnement précis des dispositifs à mettre en place
→ réalisation de plans / coupes d'exécution pour la réalisation des travaux



La phase d'*esquisse* : un préalable nécessaire pour une prise de décision éclairée

✓ La phase d'*esquisse* doit :

➤ Proposer des solutions techniques performantes et adaptées aux enjeux et au site

(// hauteur de chute , Δh amont, Δh aval, saisonnalité des débits et des périodes de migration..)

➤ Définir l'emplacement des dispositifs à mettre en place en fonction des contraintes, notamment l'emprise et l'accessibilité

(choix de la rive, implantation sur le GC existant, modalités de mise en œuvre du chantier...)

➤ Réaliser un dimensionnement technique de base / simplifié permettant un chiffrage sommaire des aménagements

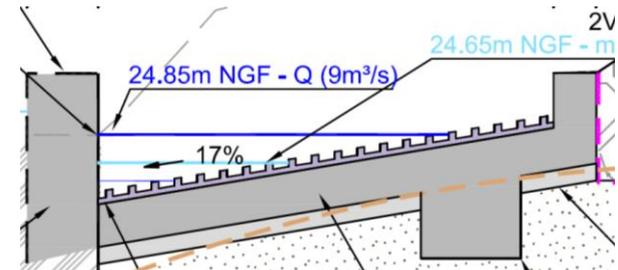
➤ Synthétiser les avantages / inconvénients de chaque solution en terme de fonctionnalité et gain écologique, coût de réalisation et entretien

Sélection de la solution à développer en phase AP

La phase d'esquisse : des données élémentaires pour approcher le dimensionnement

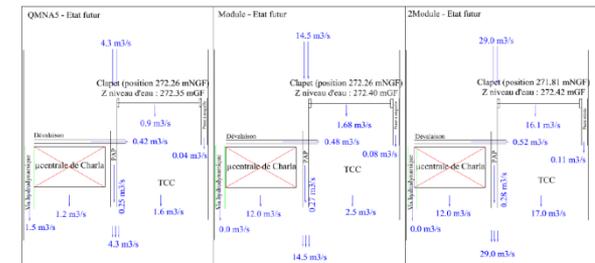
➤ Variation des lignes d'eau amont et aval : adéquation solution / contraintes hydrologiques

plan d'eau régulé? côtes min et max ? gestion des organes de régulation?



➤ Alimentation nominale des différents organes et répartition des débits

annexe hydraulique de répartition des débits (situation future) dans les différents organes pour les débits caractéristiques



➤ Positionnement des débits restitués à l'aval et analyse de l'attractivité des débits concurrents

➤ Caractéristiques géométriques de base des dispositifs à réaliser

Caractéristiques Générales			
Nbre de Chutes	6	Chute entre bassins	0.250 m <input type="checkbox"/> Radier Horiz.
• Orifice première paroi :			
Surface	0 m ²	Mu	0.700
• Fente première paroi :			
Largeur	0.30 m	Mu	0.650 Cote dev. 75.800 m
• Echancrure 1 première paroi :			
Largeur	0 m	Alpha	0.400 Bêta 0.000 Cote seuil 0.000 m
• Echancrure 2 première paroi :			
Largeur	0.000 m	Alpha	0.400 Bêta 0.000 Cote seuil 0 m
• Premier Bassin :			
Longueur	3.000 m	Largeur	1.500 m Cote radier mi-bassin 75.65 m

La phase d'esquisse : le choix de la solution technique la plus appropriée

➤ Détermination de la faisabilité technique de mise en œuvre

contraintes d'accessibilité du site / GC existant

➤ Détermination de l'emprise

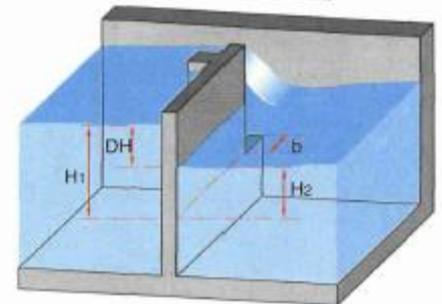
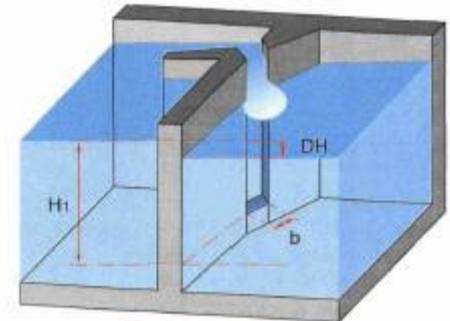
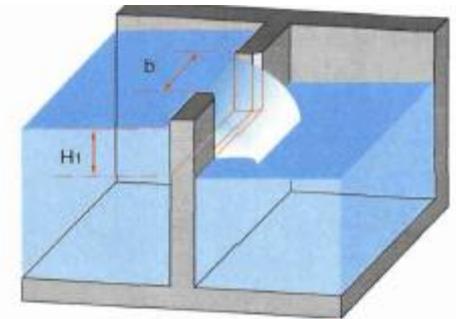
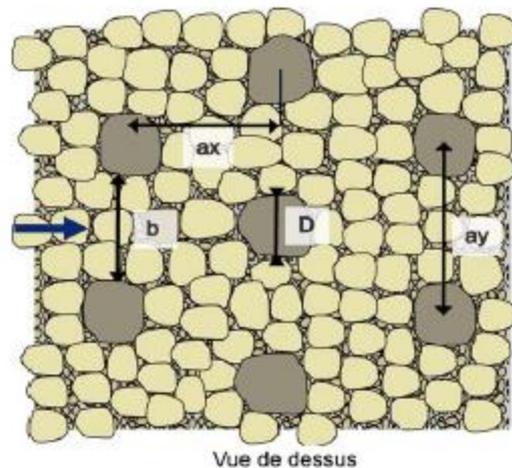
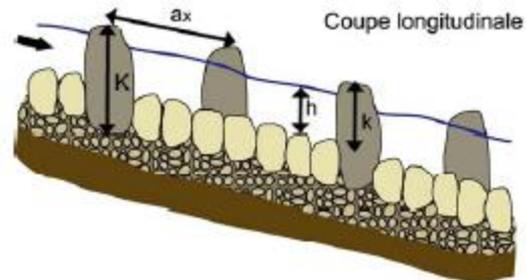
ex: $\Delta h = 1\text{m}$ rampe à 5% de 20ml ; PAB 3 bassins 12ml

➤ Le rapport coût / efficacité

doit prendre en compte le coût d'entretien

➤ Modalités et contraintes d'entretien

risque d'embâcles / accessibilité pour entretien



L'esquisse doit être suffisamment précise pour valider le scénario à retenir pour la phase AP

La phase d'*avant projet* : précision des détails techniques et ajustements

✓ La phase d'*avant projet* doit :

- Apporter les éléments de dimensionnement détaillés sur le scénario retenu:
 - implantation
 - répartition des débits
 - hydraulique dans les différents organes
 - GC :dimension et cotes

- Préciser
 - outils de visualisation et contrôle des débits restitués
 - GC :modalités de mise en œuvre en phase travaux
 - points de vigilance / points d'arrêt et validation travaux

La phase d'avant projet : précision des détails techniques

✓ Détermination des conditions hydrauliques :

	Surf Orif	Mu Orif	Larg Fent	Mu Fent	Cote dév Fente	Cote Rad amt pa.	Cote Rad mi-bas.	Long Bas.	Larg Bas.	Larg Ech 1	Alpha Ech 1	Béta Ech 1	Cote seuil Ech 1	Larg Ech 2	Alpha Ech 2	Béta Ech 2	Cote seuil Ech 2	
1	0.040	0.700	0.000	0.650	9999.000	94.605				0.340	0.400	0.000	95.400	0.000	0.400	0.000	9999.000	
2	0.040	0.700	0.000	0.650	9999.000	94.355	94.480	2.540	1.500	0.340	0.400	0.000	95.150	0.000	0.400	0.000	9999.000	
3	0.040												94.900	0.000	0.400	0.000	9999.000	
4	0.040												94.650	0.000	0.400	0.000	9999.000	
5	0.040													0.000	0.400	0.000	9999.000	
6	0.040															0.400	0.000	9999.000
7	0.040															0.400	0.000	9999.000
8	0.040															0.400	0.000	9999.000
9	0.040															0.400	0.000	9999.000

Paramètres de fonctionnement : étage											
Niveau d'eau	P/v (W/m3)	Tmoy (m)	Vit. Débitante	Cote radier mi-bassin	Débit d'Attrait	Cloison N°	Chute (m)	Cote radier amont paroi	Débit (m3/s)		
95.90											

Paramètres de fonctionnement : module											
Niveau d'eau	P/v (W/m3)	Tmoy (m)	Vit. Débitante	Cote radier mi-bassin	Débit d'Attrait	Cloison N°	Chute (m)	Cote radier amont paroi	Débit (m3/s)		
95.65											

Paramètres de fonctionnement : 2 x module											
Niveau d'eau	P/v (W/m3)	Tmoy (m)	Vit. Débitante	Cote radier mi-bassin	Débit d'Attrait	Cloison N°	Chute (m)	Cote radier amont paroi	Débit (m3/s)		
96.170											
95.921	159	1.441	0.166	94.480	0.000			1	0.249	94.605	0.358
95.674	118	1.934	0.123	93.740	0.000			2	0.248	94.355	0.358
95.428	139	1.628	0.147	93.800	0.000			3	0.246	94.105	0.358
95.185	142	1.565	0.152	93.620	0.000			4	0.243	93.855	0.358
94.948	88	1.448	0.076	93.500	0.000			5	0.237	93.605	0.358
94.721	131	1.471	0.162	93.280	0.000			6	0.227	93.355	0.358
94.510	118	1.510	0.158	93.000	0.000			7	0.211	93.105	0.358
94.323	99	1.473	0.162	92.850	0.000			8	0.188	92.855	0.358
94.240								9	0.083	92.605	0.358

La phase d'avant projet : précision des détails techniques

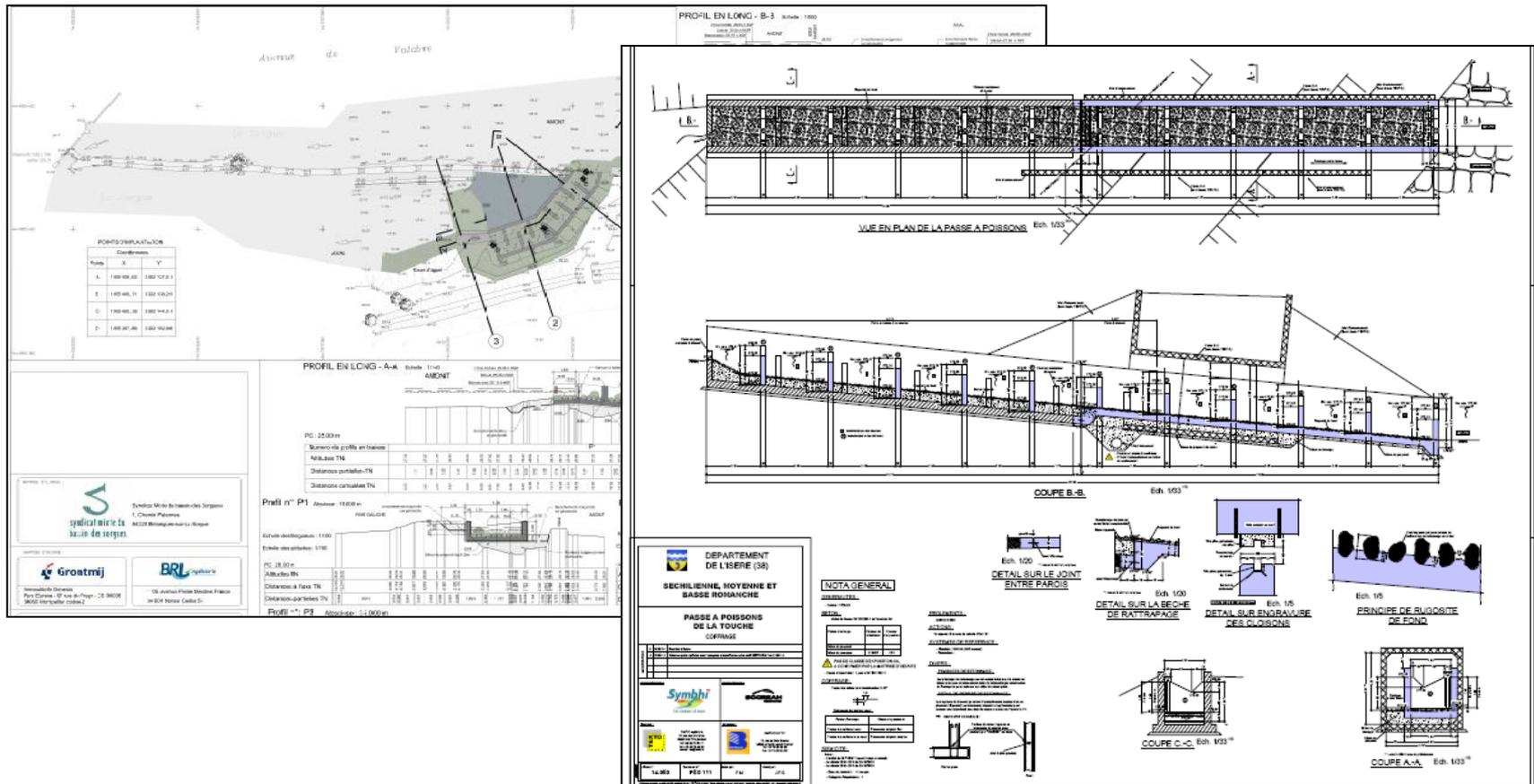
✓ Détermination des conditions d'arrêt/guidage/transit :

Analyse du plan de grille : section, vitesse, pertes de charge		Vitesse caractéristiques pertes de charge et ouvrage de dévalaison									
<table border="1"> <tr><td>Nom du Site</td><td>Villedubert</td></tr> <tr><td>Cours d'eau</td><td>Aude</td></tr> <tr><td>Département</td><td>Aude</td></tr> <tr><td>Commune</td><td>Villedubert</td></tr> </table>		Nom du Site	Villedubert	Cours d'eau	Aude	Département	Aude	Commune	Villedubert	per JVJ le 04/09/2015	
Nom du Site	Villedubert										
Cours d'eau	Aude										
Département	Aude										
Commune	Villedubert										
1/ Caractéristiques du canal <ul style="list-style-type: none"> - Largeur du canal : 9,5 m - Hauteur d'eau moyenne amont : 5 m - Hauteur mur pare-gravier : 0,0 m - Section du canal : 48 m² - Cote sommet grille : 88,33 NGF - Cote fond canal : 83 NGF 		3/ Vitesses caractéristiques aux grilles <ul style="list-style-type: none"> - débit dans le canal : 40 m³/s - Vitesse d'approche moy. en amont des grilles (V_A) : 0,83 m/s - Vitesse d'approche normale (V_N) : 0,84 m/s - Vitesse d'approche tangentielle ascendante (V_T) : 0,54 m/s - Vitesse inter-barreau / surface active (Q/S_a) : 0,84 m/s - Rapport V_T/V_N : 0,84 									
2/ Plan de grille <ul style="list-style-type: none"> - Cote fil d'eau exploitation : 88 m NGF - Longueur grille/tote totale : 9,5 m - Longueur grille fil d'eau : 6,53 m - Longueur grille sous fenêtre : 6,53 m - Angle d'inclinaison / horizontale (β) : 50,0 ° 		4 / Pertes de charge aux grilles <p>1. Formule de Meusburger : $\beta H = Kf \times Ko \times Kc \times Ka \times Kb \times (V^2/2g)$</p> <p>V₀ : vitesse d'écoulement à l'approche de grille (par rapport à section active) K_f : influence de la forme des barreaux K_o : influence du degré d'obstruction de la grille K_c : influence du centrage de la grille K_a : influence de l'orientation en plan des grilles par rapport à l'écoulement (α) K_b : influence de l'inclinaison en coupe des grilles par rapport à l'horizontale (β)</p> <p>$Ko = (O / (1-O))^{0,75}$ avec $O = Sb / Sm$ $Kc = 1 + 5,2 \times O^{1,5} \times (C/(1-C))^2$ $Ka = Ka/Ko$ avec $Kb = (B/(1-B))^{0,5}$ et $B = O/(1-O) \times C$</p> <p>K_a = tan α avec α = 90 ° K_b = sin β avec β = 50 °</p>									
Barreaux <ul style="list-style-type: none"> - Entrefer (e) : 70 mm - Epaisseur : 8 mm - coef. K_f : 1 Traversees (Tra) <ul style="list-style-type: none"> - Nombre : 4 - Longueur : 9,5 m - Epaisseur : 200 mm Entretôles (Ent) <ul style="list-style-type: none"> - Nombre : 13 - Epaisseur : 15 mm Fenêtres de dévalaison <ul style="list-style-type: none"> - Nombre : 0 - Largeur : 0 m - Tirant d'eau : 0 m - Surface en eau : 0,00 m² 		<p>2. Formule de Raynal : $\beta H = a \times (Cb/(1-Cb))^{1,45} \times (sin\beta)^2 \times c \times (DentH/(1-CentH)^{1,45} \times (V^2/2g))$</p> <p>V₀ : vitesse d'écoulement à l'approche de grille (par rapport à section active) a et c : influence de la forme des barreaux et des éléments traversees Cb : obstruction due aux barreaux et autres éléments longitudinaux DentH : obstruction due aux éléments traversees (entretôles, traversees)</p>									
<ul style="list-style-type: none"> - Surface brute grille immergée sous fenêtre : 62,7 m² - Rapport surface brute débit (sb/Q) : 1,5 - Surface éléments grille immergée sous fenêtre : 15,1 m² - Surface active de grille immergée sous fenêtre : 47,5 m² 		5/ Ouvrage de dévalaison - fenêtre <ul style="list-style-type: none"> - Débit de dévalaison : 0 m³/s - % du Q_{max} : 0,0% - Vitesse dans chaque fenêtre : #D₀/Q₀ m/s - Rapport Venitole/V_N : #D₀/Q₀ - Rapport Venitole/V_{approche} : #D₀/Q₀ - Cote fil d'eau : 88 NGF - Cote seuil fenêtre : 88 NGF - Largeur canal sortie grille : 0,23 m 									

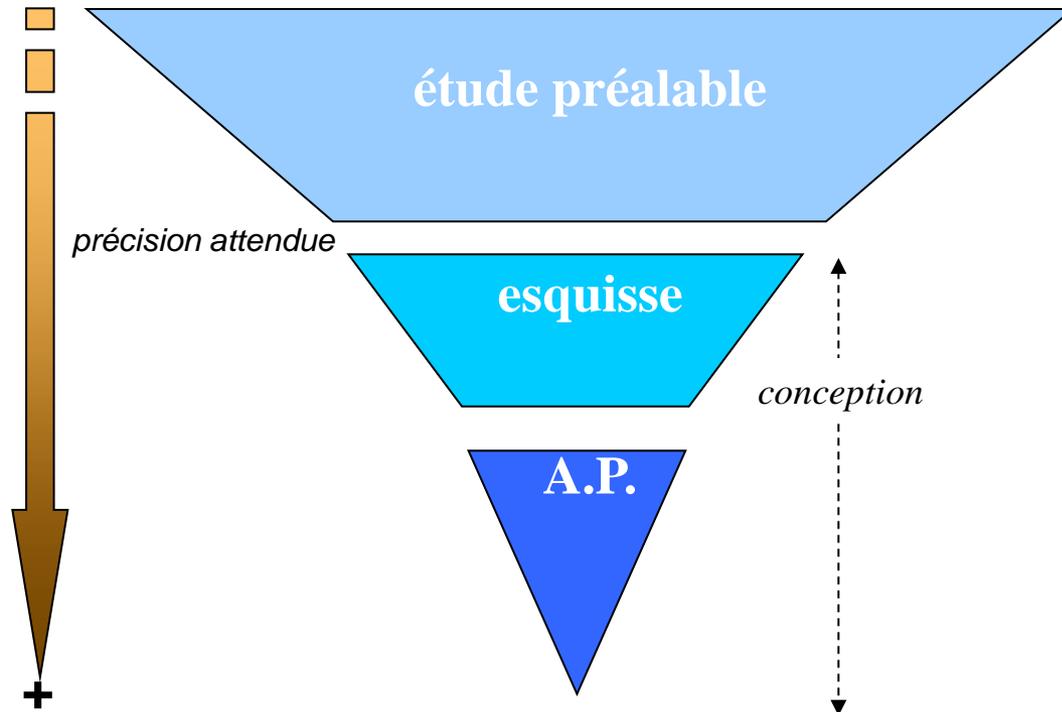
Figure 19 - Valeur du coefficient K_f selon la forme des barreaux (présentés en mm), d'après Kirschner (2006).

La phase d'avant projet : précision des détails techniques

✓ Des plans précis et cotés :



La phase de conception



L214-17 L1 & L2 & res. bio : TRF MD PAB ou ERR
grille fine + exutoire(s) de dévalaison au niveau μ centrale

PAP rive G. $\Delta h = 0.25\text{m}$ $E < 200\text{w/m}^3$ (35k€) ou
ERR rive G. pente 6% $Q = 300\text{l/s}$ (40k€)
grille 15mm 26° 3 exutoires $Q = 450\text{l/s}$ rejet canal de fuite

PAP rive G. $\Delta h = 0.25\text{m}$ $L_{\text{fentes}} = 0.3\text{m}$
 $V_{\text{bassins}} = 4\text{m}^3$ $E = 145\text{w/m}^3$ QMNA5 $E = 165\text{w/m}^3$ M.
; $E = 184\text{w/m}^3$ 2M.
grille 15mm 26° 3 exutoires 1x 0,6m L canal 0,6m
puis 0,9m puis 1.2m pente exut 15 % chute aval 1,5m

-Le dimensionnement des aménagements

5. Les fiches RefMADI

→ Cahier des charges projet

cahier des charges projet montaison

cahier des charges projet dévalaison

→ Type de dispositif

choix dispositif montaison

→ Dévalaison spécifique

mesures techniques dévalaison anguille

RefMADI		Principaux facteurs intervenant dans le choix du type de dispositif de franchissement à la montaison			
	Passes à ralentisseurs	Passes à bassins	Pré-barrages	Passes rustiques	
Gamme de hauteurs de chute	Ouvrages de hauteurs limitées (< 2,5 m)	Chutes moyennes à importantes (Jusqu'à 8 - 10 m)	Ouvrages de faibles hauteurs (< 1,5 à 2 m)	Ouvrages de faibles hauteurs (< 2 m)	
Plage de débit d'alimentation	0,2 à 1 m ³ /s	0,1 à 1,5-2 m ³ /s	0,15 à plusieurs m ³ /s	0,2 à plus de 10 m ³ /s	
Gamme de pente du dispositif	10 à 20%	8 à 15%	pente du cours d'eau	2-3 à 8-10%	
Espèces cibles	Grands salmonidés & lamproie marine	Toutes espèces selon le dimensionnement (hauteurs de chute et type de jets au niveau des cloisons)	Salmonidés (amphihalins & holobiotiques)	Toutes espèces selon le dimensionnement (pente, positions & dimensions des singularités hydrauliques)	
Adaptabilité aux fluctuations de niveaux d'eau	Tolérances modérées aux variations de niveau amont	Tolérances fortes aux variations de niveau amont	Tolérances fortes aux variations de niveau amont	Faibles tolérances aux variations de niveau amont	
Contraintes d'emprise	Faibles	Faibles	Essentiellement implantés dans le coin amont de seuils obliques	Fortes (longueurs importantes)	
Contraintes d'entretien	Modérées	Fortes sensibilités au colmatage par les embâcles et engrèvement	Limitées	Limitées	

Passes à ralentisseurs	Ralentisseurs plans	Ralentisseurs de fonds suractifs
Gamme de pente du dispositif	12 à 20 %	10 à 16%
Gamme de débit d'alimentation	0,2 à 0,6 m ³ /s	0,2 à 1 m ³ /s
Largeur de dispositif	0,5 à 1 m	0,5 à 1,2 m
Adaptabilité aux fluctuations de niveaux d'eau	Tolérance limitée aux variations de niveaux amont (30 à 60 cm)	
Longueur maximale des volées	6 à 8 m (TRF) - 10 à 12 m (SAT, TRM)	8 à 15 m (TRF) - 30 à 50 m (SAT, TRM)
Contraintes d'entretien	forte sensibilité au colmatage	peu sensible au colmatage

Passes rustiques	Enrochements jointifs	Macrorugosités régulièrement réparties	Macrorugosités en rangées périodiques
Gamme de hauteurs de chute	max 1 - 1,5 m	max 2 - 2,5 m	max 2 - 2,5 m
Gamme de pente du dispositif	5 à 10%	4 à 8%	6 à 9%
Gamme de débit d'alimentation	0,2 à 1m ³ /s/m	0,1 à 0,6 m ³ /s/m	0,06 à 0,55 m ³ /s/m
Longueur maximale	10 - 20 mètres	/	/
Adaptabilité aux fluctuations de niveaux d'eau	tolérance faible aux variations de niveau amont - dévers latéral souvent nécessaire	tolérance faible aux variations de niveau amont (20 à 40 cm selon la hauteur des blocs) - dévers latéral souvent nécessaire / Moindre sensibilité à l'enneigement par l'aval.	tolérance faible aux variations de niveau amont (20 à 40 cm selon la hauteur des blocs) - dévers latéral souvent nécessaire / Moindre sensibilité à l'enneigement par l'aval.
Espèces cibles	Salmonidés, Aloses, Lamproie marine, grands cyprinidés rhéophiles (+ anguille éventuellement en bordures)	Toutes espèces selon le dimensionnement (pente, dimensions & concentration des blocs)	Toutes espèces selon le dimensionnement (pente, espacement des rangées et dimensions des blocs)
Contraintes d'entretien	faible	modérée	sensible au colmatage par les embâcles et engrèvement
Contraintes d'emprise	faible	forte	forte

Passes à bassins successifs	Fentes verticales	Echancrures profondes noyées	Echancrures de surface dénoyées
Gamme de hauteurs de chute	Chutes moyennes à importantes (Jusqu'à 8 - 10 m)	Chutes moyennes à importantes (Jusqu'à 8 - 10 m)	Chutes moyennes à importantes (Jusqu'à 8 - 10 m)
Gamme de pente	5 à 12 %	10 à 15 %	15 à 20 %
Gamme de débit d'alimentation	0,5 à 1,5 - 2 m ³ /s Injection possible d'un débit d'atrait dans le dernier bassin (contraintes d'entretien accrues)	0,3 à 0,7 m ³ /s Injection possible d'un débit d'atrait dans le dernier bassin (contraintes d'entretien accrues)	0,1 à 0,6 m ³ /s
Type d'écoulement au niveau des cloisons	jets de surface	jets de surface (ou quasi)	jets plongeant
Espèces cibles	toutes espèces	salmonidés, cyprinidés d'eaux vives	salmonidés
Adaptabilité aux fluctuations de niveaux d'eau	fortes adaptabilités aux variations de niveaux amont et aval	fortes adaptabilités aux variations de niveaux amont et aval	adaptabilités limitées aux variations de niveaux amont et aval
Contrainte d'entretien	forte sensibilité au colmatage par les embâcles et engrèvement		
Contrainte d'emprise	faible (possibilité de relier les bassins)		

Principaux facteurs intervenant dans le choix du type de dispositif de franchissement à la montaison

	Passes à ralentisseurs	Passes à bassins	Pré-barrages	Passes rustiques
Gamme de hauteurs de chute	Ouvrages de hauteurs limitées (< 2,5 m)	Chutes moyennes à importantes (jusqu'à 8 - 10 m)	Ouvrages de faibles hauteurs (< 1,5 à 2 m)	Ouvrages de faibles hauteurs (< 2 m)
Plage de débit d'alimentation	0,2 à 1 m ³ /s	0,1 à 1,5-2 m ³ /s	0,15 à plusieurs m ³ /s	0,2 à plus de 10 m ³ /s
Gamme de pente du dispositif	10 à 20%	8 à 15%	pente du cours d'eau	2-3 à 8-10%
Espèces cibles	Grands salmonidés & lamproie marine	Toutes espèces selon le dimensionnement (hauteurs de chute et type de jets au niveau des cloisons)	Salmonidés (amphihalins & holobiotiques)	Toutes espèces selon le dimensionnement (pente, positions & dimensions des singularités hydrauliques)
Adaptabilité aux fluctuations de niveaux d'eau	Tolérances modérées aux variations de niveau amont	Tolérances fortes aux variations de niveau amont	Tolérances fortes aux variations de niveau amont	Faibles tolérances aux variations de niveau amont
Contraintes d'emprise	Faibles	Faibles	Essentiellement implantés dans le coin amont de seuils obliques	Fortes (longueurs importantes)
Contraintes d'entretien	Modérées	Fortes sensibilités au colmatage par les embâcles et engrèvement	Limitées	Limitées

Passes à ralentisseurs	Ralentisseurs plans	Ralentisseurs de fonds suractifs
Gamme de pente du dispositif	12 à 20 %	10 à 16%
Gamme de débit d'alimentation	0,2 à 0,6 m ³ /s	0,2 à 1 m ³ /s
Largeur de dispositif	0,5 à 1 m	0,5 à 1,2 m
Adaptabilité aux fluctuations des niveaux d'eau	Tolérance limitée aux variations de niveaux amont (30 à 60 cm)	
Longueur maximale des volées	6 à 8 m (TRF) - 10 à 12 m (SAT, TRM)	8 à 15 m (TRF) - 30 à 50 m (SAT, TRM)
Contraintes d'entretien	forte sensibilité au colmatage	peu sensible au colmatage

Passes rustiques	Enrochements jointifs	Macrorugosités régulièrement réparties	Macrorugosités en rangées périodiques
Gamme de hauteurs de chute	max 1 - 1,5 m	max 2 - 2,5 m	max 2 - 2,5 m
Gamme de pente du dispositif	5 à 10%	4 à 8%	6 à 9%
Gamme de débit d'alimentation	0,2 à 1m3/s/m	0,1 à 0,6 m3/s/m	0,06 à 0,55 m3/s/m
Longueur maximale	10 - 20 mètres	/	/
Adaptabilité au fluctuations de niveaux d'eau	tolérance faible aux variations de niveau amont - dévers latéral souvent nécessaire	tolérance faible aux variations de niveau amont (20 à 40 cm selon la hauteur des blocs) - dévers latéral souvent nécessaire / Moindre sensibilité à l'enneolement par l'aval.	tolérance faible aux variations de niveau amont (20 à 40 cm selon la hauteur des blocs) - dévers latéral souvent nécessaire / Moindre sensibilité à l'enneolement par l'aval.
Espèces cibles	Salmonidés, Aloses, Lamproie marine, grands cyprinidés rhéophiles (+ anguille éventuellement en bordures)	Toutes espèces selon le dimensionnement (pente, dimensions & concentration des blocs)	Toutes espèces selon le dimensionnement (pente, espacement des rangées et dimensions des blocs)
Contraintes d'entretien	faible	modérée	sensible au colmatage par les embâcles et engrèvement
Contraintes d'emprise	faible	forte	forte

Passes à bassins successifs	Fentes verticales	Echancres profondes noyées	Echancres de surface dénoyées
Gamme de hauteurs de chute	Chutes moyennes à importantes (jusqu'à 8 - 10 m)	Chutes moyennes à importantes (jusqu'à 8 - 10 m)	Chutes moyennes à importantes (jusqu'à 8 - 10 m)
Gamme de pente	5 à 12 %	10 à 15 %	15 à 20 %
Gamme de débit d'alimentation	0,5 à 1,5 - 2 m3/s Injection possible d'un débit d'attrait dans le dernier bassin (contraintes d'entretien accrues)	0,3 à 0,7 m3/s Injection possible d'un débit d'attrait dans le dernier bassin (contraintes d'entretien accrues)	0,1 à 0,6 m3/s
Type d'écoulement au niveau des cloisons	jets de surface	jets de surface (ou quasi)	jets plongeant
Espèces cibles	toutes espèces	salmonidés, cyprinidés d'eaux vives	salmonidés
Adaptabilité au fluctuations de niveaux d'eau	fortes adaptabilités aux variations de niveaux amont et aval	fortes adaptabilités aux variations de niveaux amont et aval	adaptabilités limitées aux variations de niveaux amont et aval
Contrainte d'entretien	forte sensibilité au colmatage par les embâcles et engrèvement		
Contrainte d'emprise	faible (possibilité de replier les bassins)		

Merci de votre attention