



FEDERATION DEPARTEMENTALE DE PECHE DE L'ISERE

LE FURON A SASSENAGE **Etude de faisabilité pour la restauration piscicole du Furon aval**

Rapport de phase 2 – Etablissement des avant-projets

REETCE00625-01

22/02/2013



FEDERATION DEPARTEMENTALE DE PECHE DE L'ISERE

Etude de faisabilité pour la restauration piscicole du Furon aval
Rapport phase 2 : Etablissement des avant-projets

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction		Vérification		Validation	
			Nom	Signature	Nom	Signature	Nom	Signature
Rapport final		01	J. LALLIAS		J.LALLIAS		F.LAVAL	
		02						
		03						
		04						

Numéro de rapport :	REETCE00625-01
Numéro d'affaire :	A29132
N° de contrat :	CEETCE120446
Domaine technique :	BV07
Mots clé du thésaurus	ECOSYSTEME AQUATIQUE, AVANT PROJET, PROJET, AMENAGEMENT PISCICOLE, GRANULOMETRIE, HABITATS AQUATIQUES

BURGEAP AGENCE DE GRENOBLE

2, rue du Tour de l'Eau

38400 SAINT MARTIN D'HERES

Téléphone : 33(0)1 76 00 75 50.

Télécopie : 33(0)1.76 00 75 69

e-mail : agence.de.grenoble@burgeap.fr

REETCE00625-01 / CEETCE120446	
JL - FLA	
22/02/2013	Page : 2/52

SOMMAIRE

1. Présentation de l'étude	4
1.1 Objet de l'étude	4
1.2 Localisation du périmètre d'étude	4
1.3 Rappel des éléments structurants de la phase 1	6
1.3.1 Morphologie	6
1.3.2 Qualité des habitats piscicoles	6
1.3.3 Peuplements piscicoles	6
1.3.4 Continuité biologique	7
2. Documents de référence	9
2.1 Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE)	9
2.1.1 Généralités et état des masses d'eau	9
2.1.2 Les objectifs de gestion	10
2.1.3 Classement des ouvrages	10
2.1.4 Classement des cours d'eau	10
2.1.5 Inventaire des frayères	11
2.2 Le contrat de rivière Eau Pure II	11
2.3 Le Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion des ressources piscicoles (PDPG)	12
3. Définition des avants projets	13
3.1 Orientations et choix des scénarii	14
3.1.1 Aménagements piscicoles	14
3.1.2 Aménagement de la continuité biologique	14
3.2 Dispositifs de franchissements piscicoles	20
3.2.1 Ouvrage FU24	20
3.2.2 Ouvrage FU21	28
3.2.3 Ouvrage FU20	32
3.2.4 Ouvrage FU19	36
3.2.5 Ouvrage FU18b	41
3.2.6 Ouvrage FU18a	45
3.2.7 Analyse multicritères des scénarii	46
3.3 Aménagements piscicoles	48

1. Présentation de l'étude

1.1 Objet de l'étude

Dans le cadre de ses missions pour la protection et la valorisation des milieux aquatiques en Isère, la Fédération Départementale des Associations Agréées de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques de l'Isère (FDAAPPMA 38), souhaite intervenir sur la Furon selon deux orientations :

- La restauration de la continuité biologique entre la confluence avec l'Isère jusqu'à l'ouvrage situé en amont du pont de la RD 532. En effet, sur ce périmètre, 8 ouvrages en travers (essentiellement des seuils de maintien du profil en long ou de la ligne d'eau) empêchent la migration piscicole depuis l'Isère. Les enjeux de reproduction piscicoles peuvent être fort notamment pour les espèces suivantes : Truite fario, Ombre commun et Blageon.
- La réalisation d'aménagements piscicoles de type R1 (selon typologie de l'Agence de l'Eau) pour diversifier les écoulements du Furon. Celui-ci est en effet très homogène et présente très peu de caches piscicoles. Sur tout le périmètre d'étude, le lit du Furon est endigué. Entre la confluence avec la Grande Saône et celle de l'Isère, le lit constitue le contre canal de l'Isère.

L'objectif de la mission consiste à réaliser :

- une mission de maîtrise d'œuvre partielle de l'ensemble des aménagements portant jusqu'à la phase PROJET ;
- un Dossier Loi sur l'Eau de l'ensemble des aménagements au titre des codes L214-1 à 6 du Code de l'Environnement.

L'étude se décompose en 3 phases :

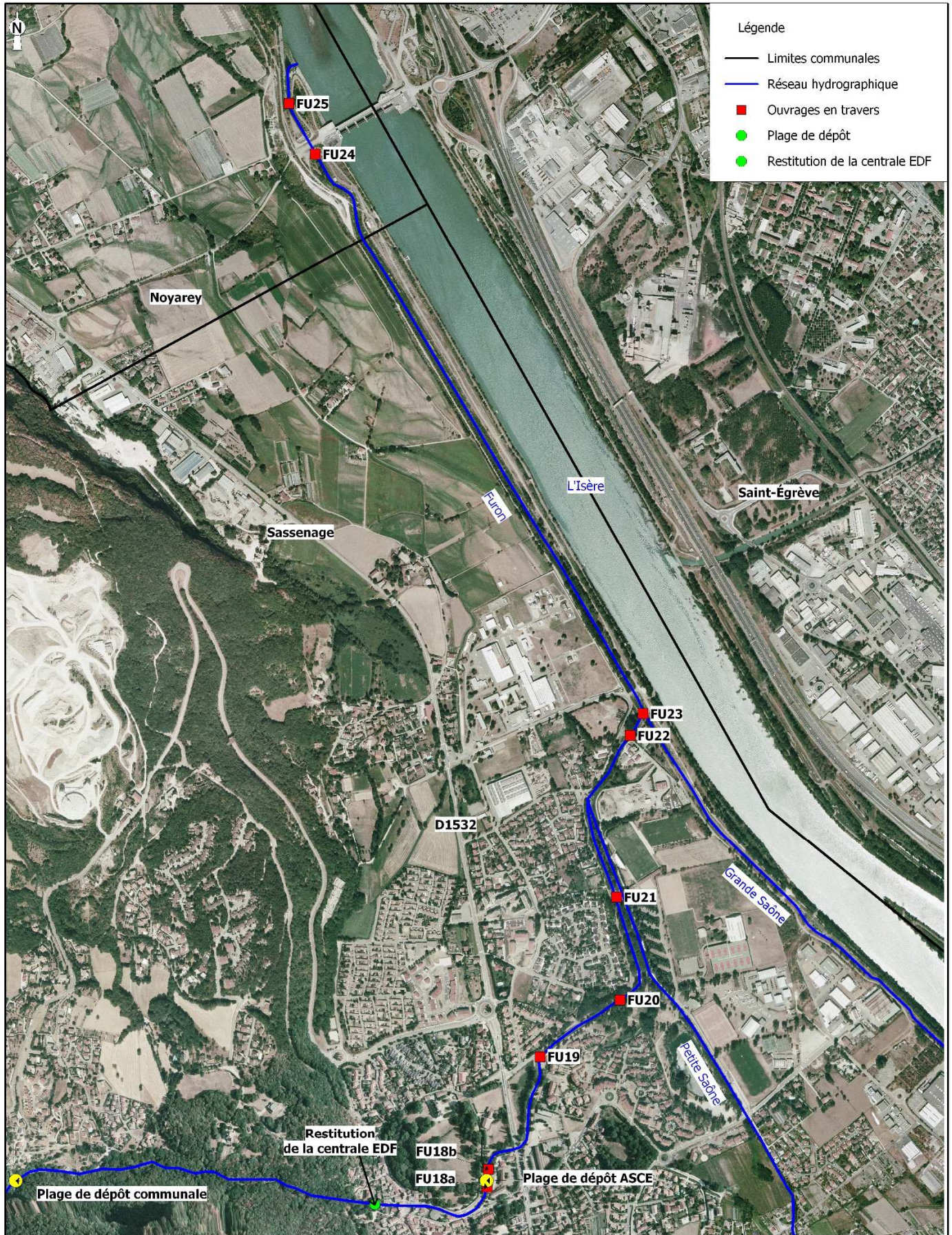
- PHASE 1 : état des lieux et diagnostic ;
- PHASE 2 : établissement des aménagements au stade PROJET ;
- PHASE 3 : dossiers administratifs.

Ce rapport présente la PHASE 2 « établissement des avant-projets et du projet ».

1.2 Localisation du périmètre d'étude

Le périmètre d'étude (Figure 1) porte sur le Furon entre la confluence avec l'Isère et l'ouvrage situé en amont du pont de la RD 532 en centre-ville de Sassenage (plage de dépôts de l'Association Syndicale de Comboire à l'Echaillon (ASCE)). La longueur du Furon sur ce périmètre est d'environ 3,8 km. Les communes concernées sont Sassenage et Noyarey. Ce périmètre se situe sur un territoire portant un Contrat de Rivière (Contrat de Rivière Eau Pure porté par le Parc Naturel Régional du Vercors).

La Figure 1 localise également les ouvrages intégrés à la présente étude.



2, rue du Tour de l'Eau
38400 Saint Martin d'Hères
Tel : 04-76-00-75-50
Fax : 04-76-00-75-69

Etude de faisabilité pour la restauration piscicole du Furon aval

REETCE00550
CEETCE120446

Echelle : 1/10 000

Localisation du périmètre d'étude



Figure n°1

1.3 Rappel des éléments structurants de la phase 1

1.3.1 Morphologie

En aval des gorges, le Furon traverse la ville de Sassenage lui conférant un environnement très artificialisé. Les berges du Furon sont endiguées jusqu'à la confluence avec l'Isère et de multiples seuils ont été aménagés pour stabiliser le profil en long. Deux autres ouvrages hydrauliques ont été aménagés comme plage de dépôts afin d'éviter le transit de matériaux dans le village de Sassenage. Le bilan sédimentaire moyen défini à partir des opérations d'entretien de ces plages de dépôts a été évalué à 200 m³/an. Près de 80 % de ces apports sont extraits, le reste transit vers l'aval.

Depuis la plage de dépôt de l'ASCE, le lit mineur à une section trapézoïdale. La largeur du lit mineur varie d'une douzaine de mètre à plus de vingt mètres.

Le Furon conflue avec deux affluents situés en rive droite ; la Petite Saône puis la Grande Saône dont les bassins versants « urbains » drainent les villes de Fontaine, Seyssins et Seyssinet Pariset. En aval de la confluence avec la Grande Saône, la morphologie du Furon s'apparente à un canal linéaire et homogène sur près de 1,8 km jusqu'à la confluence avec l'Isère.

1.3.2 Qualité des habitats piscicoles

Compte tenu du fort degré d'anthropisation du Furon, la qualité des habitats aquatiques y est particulièrement pauvre. Les faciès d'écoulements sont conditionnés par les seuils de stabilisation et la linéarité du cours d'eau. De plus, l'absence d'apports solides ne favorise pas la diversification des écoulements.

Sur le secteur amont (de la plage de dépôt de l'ASCE à la confluence avec la Grande Saône), les caches piscicoles sont limitées à quelques blocs en pied de digues et de quelques sous berges ou souches racinaires. Ce secteur présente toutefois quelques sites de frayères potentielles, notamment en aval des ouvrages FU20 et FU21 (Truite fario et Ombre commun). D'autres sites sont potentiellement situés plus en amont du périmètre d'étude (sortie des gorges). La granulométrie du lit est également attractive pour la reproduction du Chabot entre la sortie des gorges et l'aval de l'ouvrage FU19 (Figure 2).

Sur le secteur aval (de la confluence avec la Grande Saône jusqu'à l'Isère) le lit est très homogène (vitesses d'écoulements, faciès, profondeurs) et peu attractif. Les caches piscicoles se limitent à quelques massifs de végétation immergée ou émergée. Tout le « canal du Furon » présente toutefois des sites de reproduction intéressants sur galet/gravier/sable pour le Blageon.

La forte concentration des ouvrages hydrauliques limitent tout déplacement (Cf § 1.4).

La qualité des eaux en amont du périmètre d'étude semble de bonne qualité (GAY Environnement, 2011). Cette qualité tend à se dégrader progressivement en aval de la Petite Saône et surtout de la Grande Saône dont les effluves et la couleur laissent présager des rejets d'eaux usées plus en amont.

1.3.3 Peuplements piscicoles

Le peuplement piscicole est constitué de Truites fario, de Chabots, de Vairons et d'Epinoches. La pêche d'inventaire piscicole réalisée en aval immédiat de l'ouvrage FU19 met en évidence une forte densité de poissons et notamment de juvéniles de Truite fario (0+), mettant en évidence la présence de frayères en amont de FU19.

Sur la station aval (aval de la confluence avec la Grande Saône) le Chabot est remplacé par le Vairon.

Bien qu'il n'ait pas été contacté, le Chevesne est également présent sur le périmètre d'étude.

1.4 Continuité biologique

La plupart des ouvrages aménagés sur le Furon aval sont difficilement franchissables (Tableau 1 et Figure 2).

Tableau 1 : Description des ouvrages hydrauliques sur le Furon aval

N° ouvrage BURGEAP	N° ROE	Etat général	Usage actuel	Franchissabilité (ROE)*	Franchissabilité retenue	Linéaire de cours d'eau « libre » en amont
FU18a	ROE47038	Bon	Plage de dépôt	ND	1	200 m
FU18b	ROE47038	Mauvais		4	4	50 m
FU19	ROE47036	Bon	Stabilisation	3	4	400 m
FU20	ROE47035	Bon	Stabilisation	4	4	350 m
FU21	ROE47033	Bon	Stabilisation	4	4	420 m
FU22	ROE47032	Mauvais	Stabilisation	1	1	730 m et Petite Saône
FU23	ROE47030	Bon	Stabilisation	1	1	75 m
FU24	ROE28121	Bon	Seuil jaugeur	1	4	1850 m et Grande Saône
FU25	ROE47029	Bon	Stabilisation	1	1	160 m

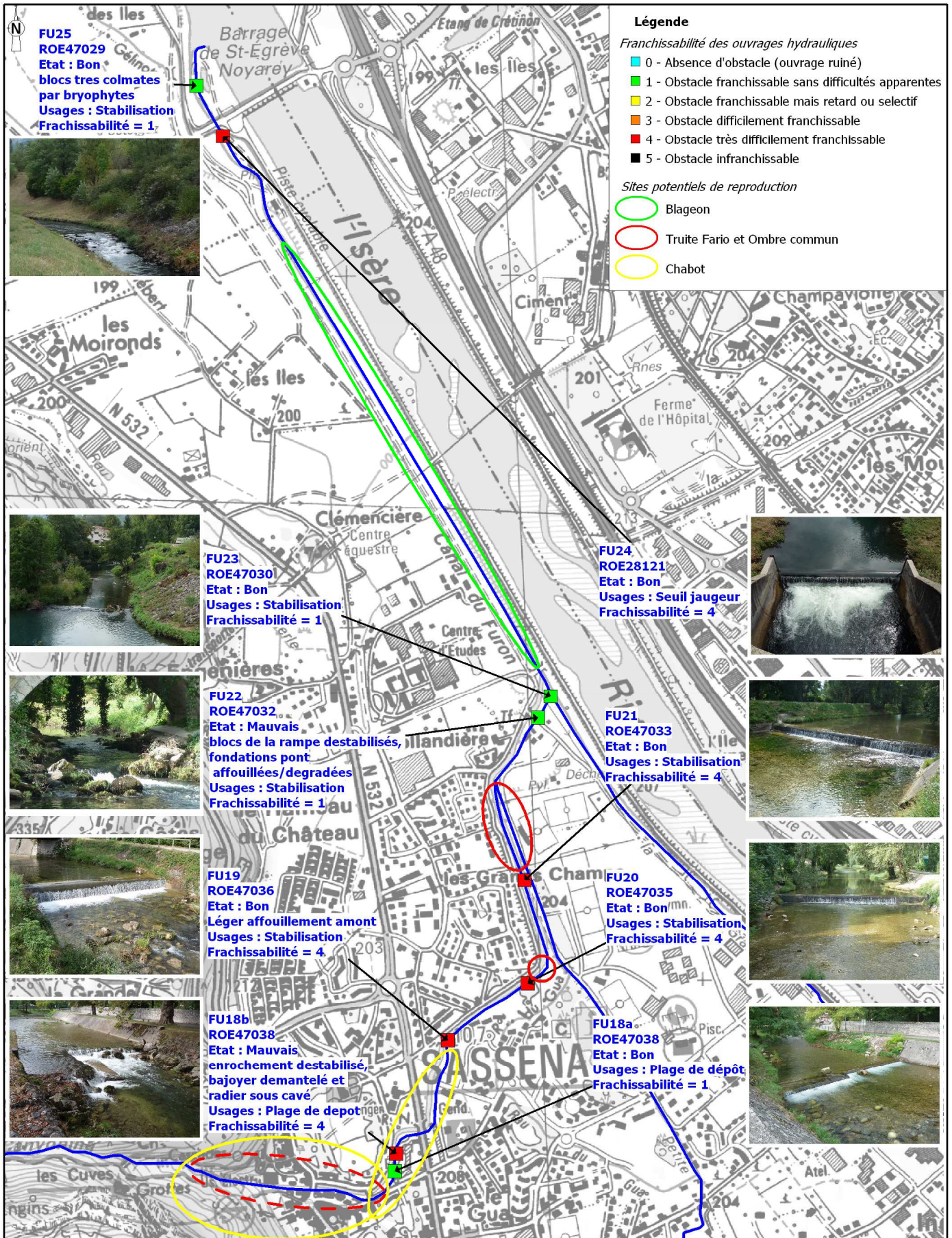
* Franchissabilité définie pour la *Truite fario*. La franchissabilité pour les *Cyprinidés d'eau vive* et les petites espèces peut être plus limitée.

Franchissabilité :

- 0 – ouvrage ruiné, sans impacts
- 1 – libre circulation assurée en toute période de migration
- 2 – ouvrage franchissable mais impact pour certains débits ou températures
- 3 – impact importants en conditions hydrologiques moyennes
- 4 – franchissement possible en situation hydrologique exceptionnelle
- 5 – totalement infranchissable en toute situation

L'ouvrage le plus limitant est l'ouvrage FU24 car il empêche toute remontée piscicole dans le Furon depuis l'Isère. Il empêche l'accès aux frayères situées sur le « canal du Furon » ainsi que la colonisation des affluents (Grande et Petite Saône). Les deux ouvrages étant situés entre FU24 et la Petite Saône étant franchissables en permanence (FU23 et FU22).

Les quatre obstacles suivants (FU21, FU20, FU19 et FU18b) sont également très limitant et cloisonnent le Furon avec en moyenne un ouvrage tous les 300 m.



2, rue du Tour de l'Eau
38400 Saint Martin d'Hères
Tel : 04-76-00-75-50
Fax : 04-76-00-75-69

Etude de faisabilité pour la restauration piscicole du Furon aval

REETCE00550
CEETCE120446

Qualité de la continuité biologique sur le Furon aval

Echelle : 1/10 000



Figure n°2

2. Documents de référence

2.1 Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE)

2.1.1 Généralités et état des masses d'eau

Le dernier SDAGE a été approuvé en octobre 2010 pour une durée de 5 ans, jusqu'en 2015. Le SDAGE, défini à l'échelle des grands bassins hydrographiques français, a pour principal objectif l'atteinte du bon état écologique des cours d'eau d'ici 2015 ou davantage pour les cours d'eau dégradés (2021 ou 2027 selon la Directive Cadre Européenne).

Le SDAGE caractérise (1) l'état des masses d'eau, (2) les paramètres limitant d'atteinte du bon état écologique, (3) les objectifs et orientations de gestion, (4) le programme de mesures pour le rétablissement du bon état et (5) le programme de suivi à l'échelle de chaque masse d'eau.

Une masse d'eau est un tronçon de cours d'eau, ou un lac, un étang, une portion d'eau côtière, tout ou partie d'un ou plusieurs aquifères, d'une taille suffisante tout en présentant des caractéristiques biologiques et physico-chimiques homogènes. Tant du point de vue qualitatif que quantitatif, une masse d'eau comporte un objectif de gestion déterminé. La masse d'eau est donc à la fois l'unité de description du district et la maille d'analyse de l'atteinte ou non des objectifs fixés par la Directive.

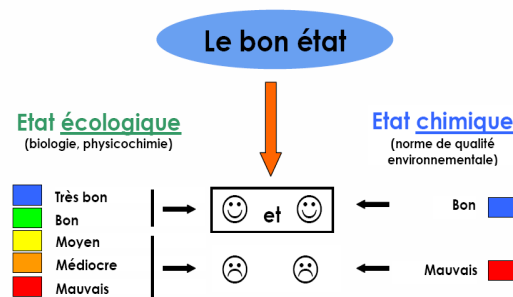
Le bon état des masses d'eau superficielles dépend de plusieurs compartiments :

- **L'atteinte du bon ou du très bon état écologique.** Dans ce compartiment il est distingué l'état biologique de l'état physico-chimique :

L'état biologique est basé sur la qualité de la faune aquatique défini par rapport au calcul des indices IBGN, IBD et IPR.

La qualité de certains paramètres physico-chimiques qui supportent la biologie, soit : le bilan oxygène, la température, les nutriments, l'acidification, la salinité, les polluants synthétiques spécifiques et les polluants non synthétiques spécifiques.

- **L'atteinte du bon état chimique ;** il est fixé par rapport à une liste de 41 substances polluantes et dangereuses pour lesquelles il a été défini des seuils maximum à ne pas dépasser.



Le Furon appartient au sous bassin du Vercors. L'état de la masse d'eau « Le Furon » est caractérisé de bon (Tableau 2).

Tableau 2 : Caractéristiques de la masse d'eau Furon (SDAGE)

MASSES D'EAU			ÉTAT ECOLOGIQUE					ÉTAT CHIMIQUE					
N°	NOM	STATUT	2009			OBJ. BE	MOTIFS DU REPORT ①		2009			MOTIFS DU REPORT ①	
			ÉTAT	NC	NR NQE		CAUSES	PARAMÈTRES	ÉTAT	NC	OBJ. BE	CAUSES	PARAMÈTRES
FRDR2020	Le Furon	MEN	BE	2		2015			BE	1	2015		

2.1.2 Les objectifs de gestion

Sur cette masse d'eau, le seul et unique problème mis en évidence par le SDAGE et un problème de déséquilibre quantitatif de la ressource en eau (Tableau 3). Les objectifs de gestion pour résoudre ce problème sont la définition de débits d'étiage (débits minimum biologiques) en concertation des acteurs concernés.

Tableau 3 : Problèmes et mesures du programme de mesures

Code problème	Libellé problème	Code mesure	Libellé mesure	Description mesure	Maîtrise d'ouvrage financement mesure
14	Déséquilibre quantitatif	3C01	Adapter les prélèvements dans la ressource aux objectifs de débit	Mesure d'accompagnement de la détermination d'objectif de débits d'étiage sur un cours d'eau. Elle est destinée à l'ensemble des usages présents sur le bassin (AEP, agriculture, industrie...).	Maîtrise d'ouvrage: Gestionnaire, Ayant droit Financements potentiels : Conseil Régional, Conseil Général

2.1.3 Classement des ouvrages

On peut distinguer deux types de classements :

- Le Référentiel des Obstacles à l'Écoulement (ROE) recense l'ensemble des ouvrages inventoriés sur le territoire national en leur associant des informations homogènes à l'ensemble du territoire : code national unique, localisation, typologie, etc. A cette base de données est établit une évaluation du risque d'impact de chacun des obstacles sur la continuité écologique (possibilités de franchissement par la faune aquatique, perturbation des migrations, qualité du transport sédimentaire...). Les caractéristiques (identifiants et franchissabilités piscicoles) sont mentionnées dans le Tableau 1.
- Le classement des ouvrages prioritaires dans le cadre du Grenelle de l'Environnement. Cette liste définit des ouvrages prioritaires qui doivent faire l'objet d'une restauration concrète de la continuité écologique (piscicole et sédimentaire) d'ici 2015. Cette restauration peut s'apparenter à une suppression, un arasement partiel, un équipement de passes à poissons ou à l'instauration de modalités de gestion.

Sur l'ensemble des ouvrages hydrauliques concernés par la présente étude, aucun n'est classé « ouvrage Grenelle ».

2.1.4 Classement des cours d'eau

L'article L 214-17 du Code de l'Environnement précise que l'autorité administrative établit pour chaque bassin une liste de cours d'eau pour lesquels :

- Une liste de cours d'eau (« **liste 1** »), ou parties de cours d'eau parmi ceux qui sont **en très bon état écologique** ou identifiés par les SDAGE comme jouant le rôle de réservoir biologique nécessaire au maintien ou à l'atteinte du bon état écologique ou dans lesquels une protection complète des poissons migrateurs est nécessaire, sur lesquels aucune autorisation ou concession ne peut être accordée pour la construction de nouveaux ouvrages s'ils constituent un obstacle à la continuité écologique. A cette liste correspond le principe de non dégradation de l'état actuel.

Le renouvellement de la concession ou de l'autorisation des ouvrages existants, régulièrement installés sur ces cours d'eau, parties de cours d'eau ou canaux, est subordonné à des prescriptions permettant de maintenir le très bon état écologique des eaux, de maintenir ou d'atteindre le bon état écologique des cours d'eau d'un bassin versant ou d'assurer la protection des poissons migrateurs vivant alternativement en eau douce et en eau salée.

- Une liste de cours d'eau (« **liste 2** »), ou parties de cours d'eau parmi lesquels il est nécessaire **d'assurer le transport suffisant des sédiments et la circulation des poissons migrateurs**. Tout ouvrage doit y être géré, entretenu et équipé selon des règles définies par l'autorité administrative, en concertation avec le propriétaire ou, à défaut, l'exploitant. Les ouvrages existants devront être mis en conformité dans un délai de 5 ans après la publication de l'arrêté de classement.

Le Furon entre la sortie des gorges d'Engins et la confluence avec l'Isère est classé en « Liste 2 ». Le Furon aval n'est par conséquent pas classé « réservoir biologique ». Tous les ouvrages devront donc faire l'objet d'un équipement à plus ou moins long terme.

2.1.5 Inventaire des frayères

Le Furon et la Petite Saône sont classés à « enjeu majeur » au titre de l'inventaire frayère (Art. L.432-3 du Code de l'Environnement. Les cours d'eau classés « frayère à enjeu majeur (note = 4) » sont caractérisés comme tel :

« Frayères des espèces autres que la Truite Fario ; cours d'eau ou partie de cours d'eau à frayères à Truite Fario inventoriés en réservoir biologique pour la Truite Fario, ainsi que ceux qui présentent une fonctionnalité de reproduction indispensable pour le contexte piscicole de la Truite Fario quelle que soit la densité de l'espèce ».

Le Furon, et par extension la Petite Saône, présentent donc un réel intérêt pour la reproduction piscicole et par conséquent, la restauration de la continuité biologique.

2.2 Le contrat de rivière Eau Pure II

Le périmètre d'étude fait partie intégrante du contrat de rivière Eau Pure.

Ce contrat territorial a vu son origine dans la mise en place d'une politique de préservation et de gestion de la ressource en eau et des milieux aquatiques. Le premier Contrat de Rivière "Vercors eau pure" (2000-2007), a donc vu le jour dans ce contexte. Il avait pour projet la réalisation de nombreux projets sur la qualité de l'eau, la restauration des cours d'eau, des études sur la ressource en eau et le fonctionnement des ouvrages hydrauliques, et des actions d'information et de sensibilisation des publics.

Afin de renforcer encore les interventions pour gérer durablement la ressource en eau et préserver les milieux aquatiques, le Parc et les collectivités locales ont décidé de mettre en œuvre un deuxième Contrat de Rivière (Vercors Eau Pure II).

Le deuxième Contrat de Rivière a été validé par le territoire du Vercors fin juin 2012, il a été examiné par le Comité de Bassin en octobre 2012, et a reçu une réponse favorable. Ce projet a été construit en concertation, en s'appuyant sur la réalisation de 3 études préalables concernant : la qualité des eaux, la géomorphologie et l'agriculture.

Le périmètre du contrat de rivière couvre l'intégralité des bassins versants de la Bourne et du Furon. Il s'étend sur 33 communes et 2 départements.

Les grandes orientations du second contrat de rivière s'articulent sur les points suivants :

- **O1 – L'animation et la gouvernance.** Les actions de ce contrat de rivière visent à définir les bases d'un cadre pour la gestion concertée de la ressource en eau.
- **O2 – La ressource en eau.** Bien que la qualité des eaux se soit améliorée à la suite des opérations de construction de stations d'épuration (Vercors eau Pure I), certaines pollutions nécessitent des interventions de sensibilisation et de communication. La gestion quantitative de la ressource en eau est également un des principaux volets.
- **O3 – Aménagement du territoire et milieu physique.** L'utilisation de l'espace doit être réfléchi de manière durable. Il s'agit ici de prendre en compte les milieux aquatiques dans les politiques d'urbanisme afin de préserver les infrastructures et préserver l'environnement aquatique.

Dans le cadre de cette dernière orientation, plusieurs actions sont prévues dont une porte sur le Furon aval : T1-23 Diversification écologique du Furon aval.

2.3 Le Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion des ressources piscicoles (PDPG)

Le PDPG de l'Isère, signé le 24 janvier 2004, met en évidence plusieurs problématiques sur ce contexte du Furon et du Bruyant :

1. Présence de seuils infranchissables qui limitent le déplacement des géniteurs ;
2. Présence d'une installation hydroélectrique (barrage d'Engins) qui fonctionne majoritairement en éclusée et qui réduit le tronçon court-circuité à un débit réservé du 1/20^e du module. Ceci conduit à une perte générale de capacité d'accueil pour la Truite fario et les autres espèces plus généralement.
3. Captages pour l'alimentation en eau potable sur la partie amont des bassins du Furon et du Bruyant qui aggravent les débits d'étiage ;
4. Pollutions domestiques et agricoles sur le plateau du Vercors qui favorisent le colmatage des substrats.

Le contexte piscicole est alors défini comme faiblement perturbé à l'échelle de tout le contexte Furon + Bruyant et ne reflète pas significativement la situation sur le Furon aval qui semble davantage perturbé.

Les actions envisagées en 2004 étaient la remise en cause du système d'exploitation de la centrale de Sassenage (éclusées) ainsi que le passage au 1/10^e du module et l'amélioration de la qualité des eaux sur le plateau du Vercors.

Bien que le rétablissement de la continuité biologique n'ait pas été mentionné en 2004, les nouveaux documents d'orientation actuels (SDAGE 2010 – 2015), les textes (LEMA) et les classements en cours (Listes 1 & 2, frayères) traduisent implicitement le rétablissement de la continuité biologique sur ce secteur.

DÉFINITION DES AVANTS PROJETS

3. Scénarii étudiés

3.1 Orientations et choix des scénarii

La définition des scénarii d'aménagement porteront sur deux thématiques :

1. Aménagements piscicoles ;
2. Aménagement de la continuité biologique.

3.1.1 Aménagements piscicoles

Le périmètre d'étude présente de fortes contraintes en terme d'aménagement :

1. Contraintes infrastructurelles :
 - endiguement du lit mineur du Furon entre la plage de dépôt de l'ASCE et la confluence avec l'Isère sur tout ou partie des deux berges ;
 - présence de multiples réseaux enterrés dans l'une et/ou l'autre des berges (digue) comme les eaux usées, le gaz, le saumoduc, la conduite de propylène...
2. Contraintes foncières : l'urbanisation est particulièrement dense sur la partie amont du périmètre d'étude. Il est alors difficile voire impossible d'y envisager une restauration ambitieuse.
3. Contrainte financière : toute opération de restauration ambitieuse serait inéluctablement associée à des coûts très élevés en raison des contraintes évoquées précédemment (reprise de réseau, rachat de foncier en milieu périurbain, reprise de digue...).

Les aménagements piscicoles qui seront mis en œuvre dans le cadre du projet seront donc de type R1 selon la typologie de l'Agence de l'Eau (diversification des habitats au sein du lit mineur). Ces aménagements ont pour objectif la restauration d'un seul compartiment de l'hydrosystème (les habitats piscicoles) par la mise en place de blocs immergés, de déflecteurs, d'épis centraux, etc. On parle alors davantage de réhabilitation des habitats piscicoles. Ces aménagements ne nécessitent pas ou très peu d'emprise latérale.

Compte tenu du type d'aménagement léger, il n'est pas prévu l'établissement de plusieurs scénarii d'aménagements. Il sera donc réalisé une proposition unique en concertation avec le maître d'ouvrage et son partenaire technique de l'association « Pêche et Nature ».

3.1.2 Aménagement de la continuité biologique

3.1.2.1 Les choix possibles

La restauration de la continuité biologique peut être réfléchi sur la base de quatre principes :

- Le dérasement de l'ouvrage – Cette opération consiste à supprimer la totalité du génie civil de l'ouvrage (fondations comprises) et les pièces mobiles (vannes, clapets...). Elle permet donc le rétablissement complet de la continuité écologique. Cette opération ne peut toutefois être réalisée que sur des cours d'eau en équilibre morphodynamique au risque de voir survenir d'autres problématiques. Dans les secteurs à enjeux (urbanisation, infrastructures, captages en lit majeur...), elle doit s'accompagner d'investigations lourdes qui permettent d'envisager les évolutions morphodynamiques du lit après dérasement.

Sur notre périmètre d'étude, le dérasement d'ouvrage ne peut être proposé en raison des très forts enjeux. Le lit du Furon est en équilibre dans la configuration actuelle (stabilisation latérale et verticale). La suppression d'un seuil pourrait provoquer d'importants phénomènes d'érosions régressives et de déchaussement des pieds de digues. En l'absence de connaissances sur le niveau des fondations des digues, le dérasement ne sera donc pas proposé.

- L'arasement de l'ouvrage – Il consiste en une suppression partielle du génie civil de l'ouvrage avec une conservation des fondations. Cette opération présente l'avantage de stabiliser le profil en long grâce à la conservation d'un point dur (fondation, radier). Il s'accompagne toutefois d'une érosion régressive plus ou moins marquée en fonction du remplissage alluvial de la retenue et de l'ampleur de l'arasement. Il permet le rétablissement quasiment complet de la continuité écologique mais nécessite parfois un aménagement complémentaire pour la continuité biologique.

Cette opération peut être difficilement envisagée sur le périmètre d'étude sans avoir d'informations sur les fondations des digues. Toutefois, un arasement partiel et local pourra être réalisé sous forme d'échancrure pour diminuer la hauteur de chute totale de l'ouvrage et limiter ainsi les coûts d'aménagement.

- La gestion particulière des ouvrages – Ce type d'opération est assujettit aux ouvrages mobiles (clapets, écluses, vannes) dont la fréquence et le temps d'ouverture peut être adapté en fonction des migrations. Le périmètre d'étude ne présente pas d'ouvrages de ce type.
- L'équipement de dispositifs spécifiques pour la migration piscicole – La dernière solution en terme de rétablissement de la continuité biologique est la passe à poissons. Il s'agit alors d'un équipement spécifique adapté à chaque groupe d'espèce selon les capacités de nages, de saut et de comportement propres à chacune.

Sur le Furon, nous prévoyons l'aménagement de plusieurs dispositifs de ce type. Il existe plusieurs types de passes à poissons. Cependant, compte tenue de l'emprise réduite entre les digues, des enjeux hydrauliques forts et des contraintes techniques ou d'exploitation, seules trois types de passes à poissons sont envisagés.

- o Les pré-barrages : ils sont aménagés sur tout ou partie de la largeur du lit mineur et fractionnent la hauteur de chute totale en plusieurs chutes de hauteur réduite ;
- o Les rampes en enrochement : il s'agit de rampes (pente comprise entre 2 et 6 %) dont le fond est constitué de macro rugosités (enrochements). Des blocs de plus grande dimension, disposés de manière régulière ou non, peuvent y être aménagés pour réduire les vitesses d'écoulement.
- o La rivière de contournement : il s'agit de contourner l'obstacle sur l'une des berges par la création d'un chenal artificiel. Ce type d'aménagement n'est toutefois réalisable que sur l'ouvrage FU24 qui dispose d'une emprise latérale (inter digues) plus confortable.

Des illustrations de ces ouvrages sont présentées ci-dessous.



Pré-barrages



Rampe en enrochements

REETCE00625-01 / CEETCE120446	
JL - FLA	
22/02/2013	Page : 15/52



Rivière de contournement

Tous les ouvrages ne seront pas traités. Ceux définis comme franchissables (1/5 soit FU25, FU23, FU22) ne seront ni traités ni améliorés. Seuls les ouvrages FU24, FU21, FU20, FU19, FU18b et FU18a feront l'objet de scénarii d'aménagements.

Sur l'ouvrage FU24, plusieurs scénarii préliminaires ont été envisagés comme (1) la pose de pré-barrages en aval du seuil existant, (2) le découpage d'échancures dans le seuil, ou (3) l'aménagement d'un ouvrage en aval du passage busé.

- (1) La pose de pré-barrages en aval du seuil dans l'ouvrage busé est techniquement complexe car elle nécessite une intervention en eau (pas de mise hors d'eau possible). De plus, les moyens de fixation des pré-barrages sont très contraignants (scellement de fers à béton dans l'ouvrage existant) et les contraintes hydrauliques en crue pourraient endommager rapidement l'ouvrage. Par conséquent, cette solution a été écartée.
- (2) La deuxième solution consistait à découper des échancures dans l'ouvrage actuel. Dans l'hypothèse où l'on réalise une double échancrure emboîtée les hauteurs de chutes sont satisfaisantes pour les petits débits (quelques centaines de litres/s mais seulement quelques jours à quelques semaines dans l'année). Les hauteurs de chutes deviennent en revanche infranchissables en période de moyennes et hautes eaux c'est-à-dire la majorité du temps. En effet, dans cette configuration, l'évolution de la ligne d'eau amont varie trop rapidement en fonction de l'évolution du débit. De plus, le type d'écoulement à basses eaux est dénoyé ce qui ne permet pas le franchissement du Blageon et de l'Ombre. Par conséquent, cette solution a été écartée.
- (3) Enfin la troisième solution consistait en la conservation de l'ouvrage (en y créant une échancrure) et à la réalisation d'un ouvrage de franchissement en aval du passage busé (pré-barrages, rampe), en rehaussant la ligne d'eau dans le passage busé. Ceci conduirait toutefois à diminuer la section hydraulique de la buse ce qui n'est pas cohérent avec les principes de gestion hydraulique sur le Furon (projet hydraulique de Sassenage). Cette solution a donc été écartée.

Par conséquent, au vu des contraintes techniques et foncières et compte tenu des caractéristiques des ouvrages (hauteur de chute maximum, configuration du site, contrainte d'exploitation, etc.), plusieurs orientations d'aménagement ont été étudiées. Elles sont présentées dans le Tableau 4 et décrites sous forme de scénarii dans les parties suivantes.

Nous précisons que toute intervention sur l'ouvrage FU24 pour rétablir la libre circulation piscicole, nécessitera un recalibrage de la courbe de tarage associée à la sonde limnimétrique existante.

Tableau 4 : Définition des scénarii d'aménagement par ouvrage

Numéro d'ouvrage	Scénario A	Scénario B	Scénario C
	Le scénario dépendra des travaux à réaliser sur la plage de dépôt (Cf rapport de PHASE 1 - Hydretudes, 2012)		
FU18a (ROE47038)	Réalisation d'une simple échancrure dans la crête du seuil si la plage de dépôt n'est pas agrandi et que le seuil est conservé.	Intégration d'un dispositif de franchissement piscicole si la plage de dépôt est agrandi et que le seuil est reporté plus en amont (scénario non étudié mais intégré au projet d'Hydretudes)	-
FU18b (ROE47038)	Echancrures dans le rideau de palplanche et pré-barrages sur toute la largeur du lit en aval. Reprise et sécurisation de l'ouvrage (radier).	Rampe en enrochements sur toute la largeur du lit.	-
FU19 (ROE47036)	Echancrure et pré-barrages sur toute la largeur du lit mineur	Rampe en enrochements et pré-barrages en pied d'ouvrage	
FU20 (ROE47035)	Echancrure et pré-barrages sur toute la largeur du lit mineur	Rampe en enrochements et pré-barrages en pied d'ouvrage	-
FU21 (ROE47033)	Echancrure et pré-barrages concentriques en rive gauche	Echancrure et pré-barrages sur toute la largeur du lit mineur	-
FU24 (ROE28121)	Déplacement du seuil en amont et aménagement de pré-barrages en aval du seuil nouvellement construit	Déplacement du seuil en amont et aménagement d'une rivière de contournement en rive gauche	Suppression du seuil et aménagement d'une nouvelle station de mesure en aval du passage busé

3.1.2.2 Espèces cibles

Le peuplement piscicole est constitué de Truite fario, de Chabot, d'Épinoche, de Vairon et très probablement de Chevesne (non contacté lors des inventaires). Les espèces potentiellement présentes sont le Blageon et l'Ombre Commun.

Les espèces à enjeux sont la Truite fario, le Blageon et l'Ombre commun. Par conséquent, et compte tenu de la localisation des sites de reproduction potentiels de chacune de ces trois espèces, les objectifs de dimensionnement retenus sont les suivants.

- L'ouvrage FU24 sera dimensionné pour le franchissement du Blageon. Les deux autres espèces ayant des capacités de nages au moins supérieures.
- Les ouvrages FU21, FU20, FU19, FU18b et FU18a seront dimensionnés pour la Truite fario et l'Ombre commun.

3.1.2.3 Paramètres de dimensionnement

Puissance volumique dissipée

- Truite fario et Ombre commun : 150 à 200 W/m³
- Blageon : 100 à 150 W/m³

Débit de dimensionnement

Les débits de dimensionnement ont été définis en fonction de l'hydrologie moyenne observée pendant les périodes de migration des trois espèces cibles.

- Truite fario : Octobre – Décembre
- Ombre commun : Mars – Avril
- Blageon : Mai – Juillet

Sur ces six mois, la courbe de débits classés en aval de la confluence avec la Grande Saône a été construite (Figure 3). On y observe l'influence de la centrale de Sassenage (cassure nette d'amplitude 2 m³/s). Une seconde courbe de débits classés « théorique » a été construite en déduisant les 2 m³/s (débits non influencés).

Sur cette même figure apparaissent les fréquences d'observations des débits pour chaque mois. Il apparaît nettement que les mois de mai et juin ont des débits généralement soutenus (fonte nivale). Les débits disponibles sur cette période seront donc suffisants pour la migration du Blageon et de l'Ombre commun.

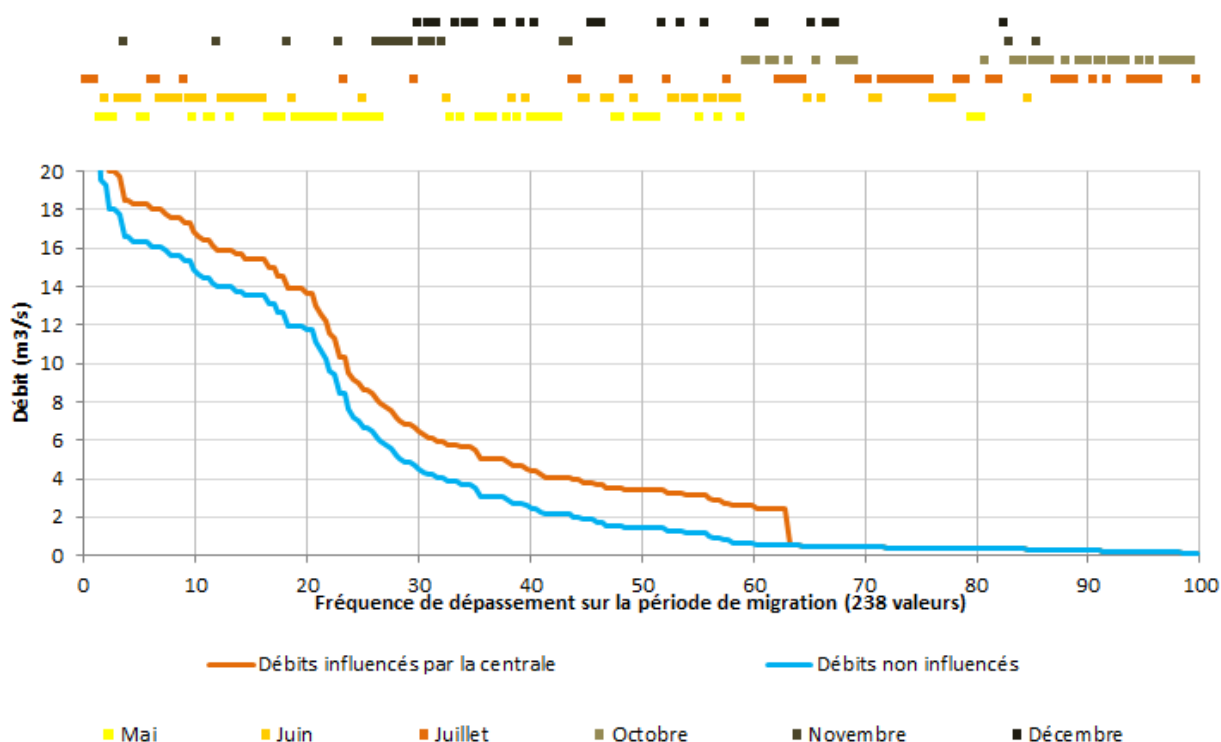


Figure 3 : Courbes de débits classés sur la période de migration sur le secteur aval de la Grande Saône

Sur la période octobre – décembre, l'hydrologie est au contraire nettement plus faible. Nous disposerons donc d'une plus faible hydrologie pour la migration de la Truite fario.

Bien que les grandeurs hydrologiques soient relativement variables sur ces six mois, les débits de dimensionnement ont été calculés sur l'ensemble de la chronique. Les débits caractéristiques (centiles) sont présentés dans le Tableau 5. Le débit de dimensionnement retenu est le débit médian non influencé (Q50) soit respectivement, 0,9 et 1,4 m³/s sur les secteurs amont et aval de la Grande Saône.

Le débit non influencé par la centrale a été retenu car il est généralement le plus fréquent sur une journée.

La modélisation des ouvrages de franchissement sera réalisée pour les débits compris entre Q_{25} et Q_{75} . Ils devront être parfaitement fonctionnels sur cette même plage de débits. Des simulations seront réalisées jusqu'à Q_{10} et Q_{90} pour évaluer le comportement de l'ouvrage dans les conditions hydrologiques extrêmes.

Tableau 5 : Fréquence de débits (m^3/s)

		Fréquence de débits				
		Q_{10}	Q_{25}	Q_{50}	Q_{75}	Q_{90}
Secteur aval Grande Saône	Hydrologie influencée par la centrale	0,2	0,4	3,4	8,6	16,7
	Hydrologie non influencée	0,2	0,4	1,4	6,7	14,7
Secteur amont Grande Saône	Hydrologie influencée par la centrale	0,1	0,2	2,8	7,0	13,7
	Hydrologie non influencée	0,1	0,2	0,9	5,1	11,8

3.2 Dispositifs de franchissements piscicoles

3.2.1 Ouvrage FU24

Espèce(s) cible(s) : Truite fario, Ombre commun, Blageon

Hauteur maximum de chute entre Q_{10} et Q_{90} sur la période de migration : 0,86 m

Débit de dimensionnement du Furon : $1,4 \text{ m}^3/\text{s}$

Remarque : l'aménagement de cet ouvrage en l'état s'avère particulièrement complexe d'un point de vue technique. Compte tenu de la difficulté d'accès en aval de l'ouvrage (passage busé couvert) et de l'impossibilité de mettre à sec le chantier, l'ensemble des scénarii décrits ci-dessous proposent l'enlèvement de l'ouvrage de sa position actuelle.



3.2.1.1 Scénario A

Ce premier scénario repose sur le principe de déplacement de l'ouvrage. L'existant sera donc arasé et un nouveau seuil sera construit 33 m plus en amont de sa position actuelle mais 7 m en aval de la sonde limnimétrique.

Le nouvel ouvrage construit sera un seuil à crête épaisse noyé. Celui-ci présentera une échancrure centrale rectangulaire de 2 m de largeur et de 0,10 m de profondeur. L'avantage d'un tel ouvrage (crête épaisse) réside dans le fait que la variation de niveau d'eau amont est moins dépendante des variations du niveau d'eau aval qui sera contrôlé au niveau du premier pré-barrage de la passe à poissons. Le changement de configuration de ce seuil conduit irrémédiablement à l'établissement d'une nouvelle courbe de tarage des débits.

Il sera construit en béton armé. Ses dimensions seront les suivantes : longueur entre berges 10 m, largeur 1 m. La cote du radier sera calée à 196,44 m NGF (comme actuellement). Il sera ancré de 2 m dans chacune des berges. Celles-ci seront localement stabilisées en enrochements bétonnés sur 5 à 10 m en amont de l'ouvrage afin d'assurer la stabilité générale de l'ouvrage en crue.

En aval du seuil, seront aménagés quatre pré-barrages constitués en enrochements bétonnés de 0,5 m d'épaisseur en moyenne. La hauteur de chute moyenne entre pré-barrages sera de 0,17 m. La percolation des enrochements au béton est nécessaire pour limiter toute infiltration des eaux entre les vides des blocs. En considérant une porosité des seuils comprise entre 20 à 30 % et une hauteur de chute comprise entre 0,12 et 0,17 m, les écoulements seraient de l'ordre de $0,400$ à $0,700 \text{ m}^3/\text{s}$ au travers du pré-barrage aval. Ces valeurs atteignent $0,700$ à $1,300 \text{ m}^3/\text{s}$ sur le pré-barrage amont (section hydraulique la plus forte). Au vue de ces résultats, il apparaît indispensable d'étanchéfier les pré-barrages par une percolation au béton.

Ces pré-barrages auront la particularité d'être noyés ce qui permettra à la plupart des espèces piscicoles de franchir l'ouvrage. Les crêtes des pré-barrages auront un profil triangulaire. Ils seront distants chacun de 4 à 5,5 m afin que les puissances volumiques dissipées dans chaque bassin soient inférieures ou égales à $150 \text{ W}/\text{m}^3$ sur la plage de débit modélisée.

La totalité du fond du lit sera enroché (cote de radier à 195,40 m NGF) entre le seuil amont et le passage busé pour assurer la stabilité des ouvrages soit sur une surface d'environ 350 m^2 .

Le seuil actuel sera arasé à la cote 195,60 m NGF. Ceci permettra de rehausser légèrement la ligne d'eau en amont en période de crue ce qui limitera la dernière hauteur de chute (E5). La conservation de cet ouvrage n'aura aucune incidence en basses eaux (charge de 0,20 m d'eau pour un débit de 0,200 m³/s).

Le déplacement du seuil jaugeur en amont de sa position actuelle va induire une nette modification des conditions d'écoulement en crue. Sur la rive gauche, la hauteur de berges avant submersion n'est que de l'ordre de 0,3 à 0,4 m. Les débordements qui seront occasionnés sur la rive gauche vont contourner le seuil et le dispositif de franchissement, et retourner dans le lit du Furon en aval. Pour éviter tout risque d'érosion, de contournement ou de déstabilisation de l'ouvrage, la berge rive gauche sera enrochée et dimensionnée pour que les eaux de crue puissent s'y déverser. La berge rive droite sera également stabilisée en enrochements pour assurer sa stabilité en crue.

En arrière des enrochements, en rive gauche, une végétalisation sur géo-grillage sera réalisée sur 2 m de largeur afin d'éviter tout risque d'érosion de terrain en cas de crue et de déversement sur la berge.

La Figure 9 suivante illustre le principe de l'aménagement.

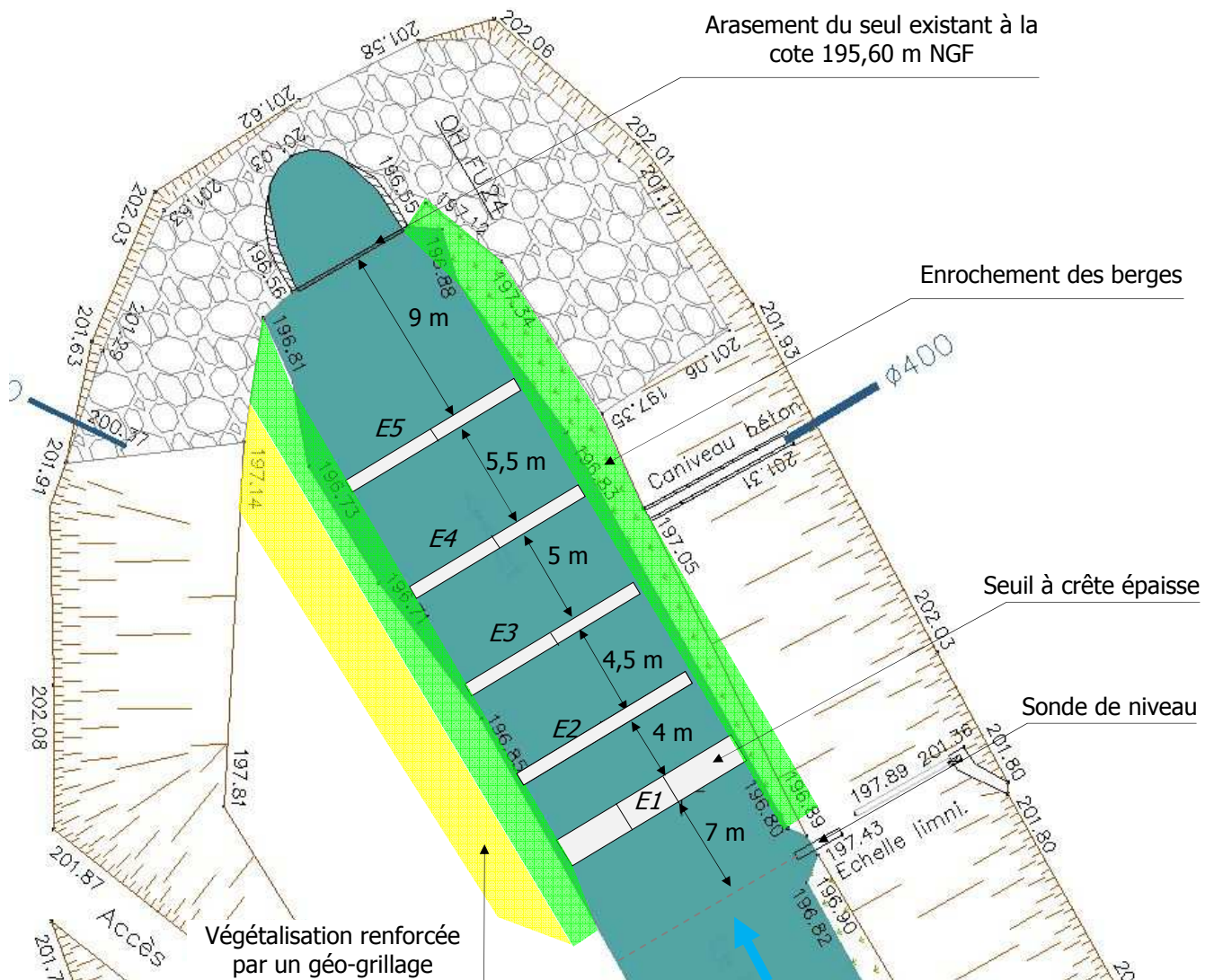


Figure 4 : Présentation du principe d'aménagement du scénario A sur FU24

N° échancrure	Largeur (m)	Profondeur (m)	Cote basse échancrure	Cote haute déversoir
E1	2	0,10	196,34	196,44
E2	8	0,20	196,15	196,35
E3	8	0,20	196,02	196,22
E4	8	0,20	195,89	196,09
E5	8	0,20	195,77	195,97

3.2.1.2 Scénario B

Comme pour le scénario A, le seuil jaugeur actuel sera arasé à la cote 195,60 m NGF et déporté 17 m en amont de sa position actuelle. Il sera reconstruit en béton armé d'une épaisseur de 0,30 m pour une largeur déversante de 11 m. Comme précédemment, il sera ancré de 2 m dans chaque berge. Celles-ci seront enrochées et bétonnées pour assurer leur stabilité et celle de l'ouvrage en période de crue. L'ouvrage ne présentera pas d'échancrure car le dispositif de franchissement sera réalisé en contournement du seuil.

Le dispositif de franchissement sera une rivière de contournement en rive gauche qui prendra naissance 75 m en amont du passage busé (58 m en amont de la position du nouveau seuil) et qui rejoindra le lit du Furon entre le passage busé et le nouveau seuil. L'emprise en rive gauche (risberme) est suffisante pour aménager ce type de dispositif. L'entonnement des débits dans la rivière de contournement se fera par un ouvrage à capacité limitante (orifice rectangulaire). Le radier de cet ouvrage sera calé à 196,25 m NGF, sa largeur sera de 0,80 m et sa hauteur de 0,50 m (196,75 m NGF). Le dimensionnement de l'entrée de la passe a été calculé pour optimiser la répartition des eaux entre le seuil et la passe. La Figure 5 illustre la répartition des débits entre le seuil et la passe à poissons. De 0 à 0,400 m³/s, seule la passe sera alimentée, le seuil sera déversant au-delà de cette valeur. Le débit de fonctionnement optimum de la passe à poissons sera d'environ 0,500 m³/s pour un débit total dans le Furon équivalent à 1,4 m³/s (Q₅₀).

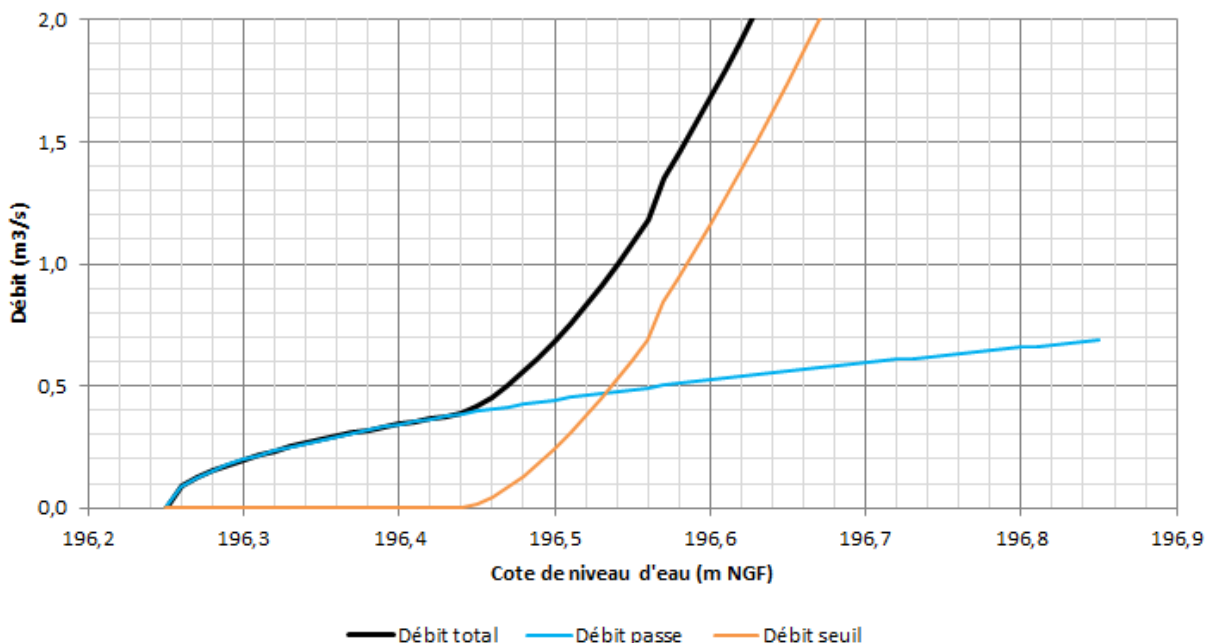


Figure 5 : Répartition des débits entre le seuil et la passe à poissons

Sur les quatre premiers mètres en aval de l'ouvrage limitant, un bassin rectangulaire en béton (préfabriqués) sera aménagé pour dissiper l'énergie en hautes eaux. La pente longitudinale de ce bassin sera de 0,01 m/ml

et aura une largeur de 1,2 m avec une pente de talus verticale. Ce bassin permettra également d'y effectuer le piégeage dans le cadre du suivi de l'efficacité de la passe.

Le chenal de la passe aura une longueur d'environ 60 m avec une pente de 1,2 %. La section du chenal sera trapézoïdale avec une largeur en base d'environ 1 m. La pente des talus sera de 3H/2V. Les talus seront végétalisés (enherbement ou plants/boutures de saules) et enrochés sur la partie aval du chenal.

La Figure 6 suivante illustre le principe de l'aménagement.

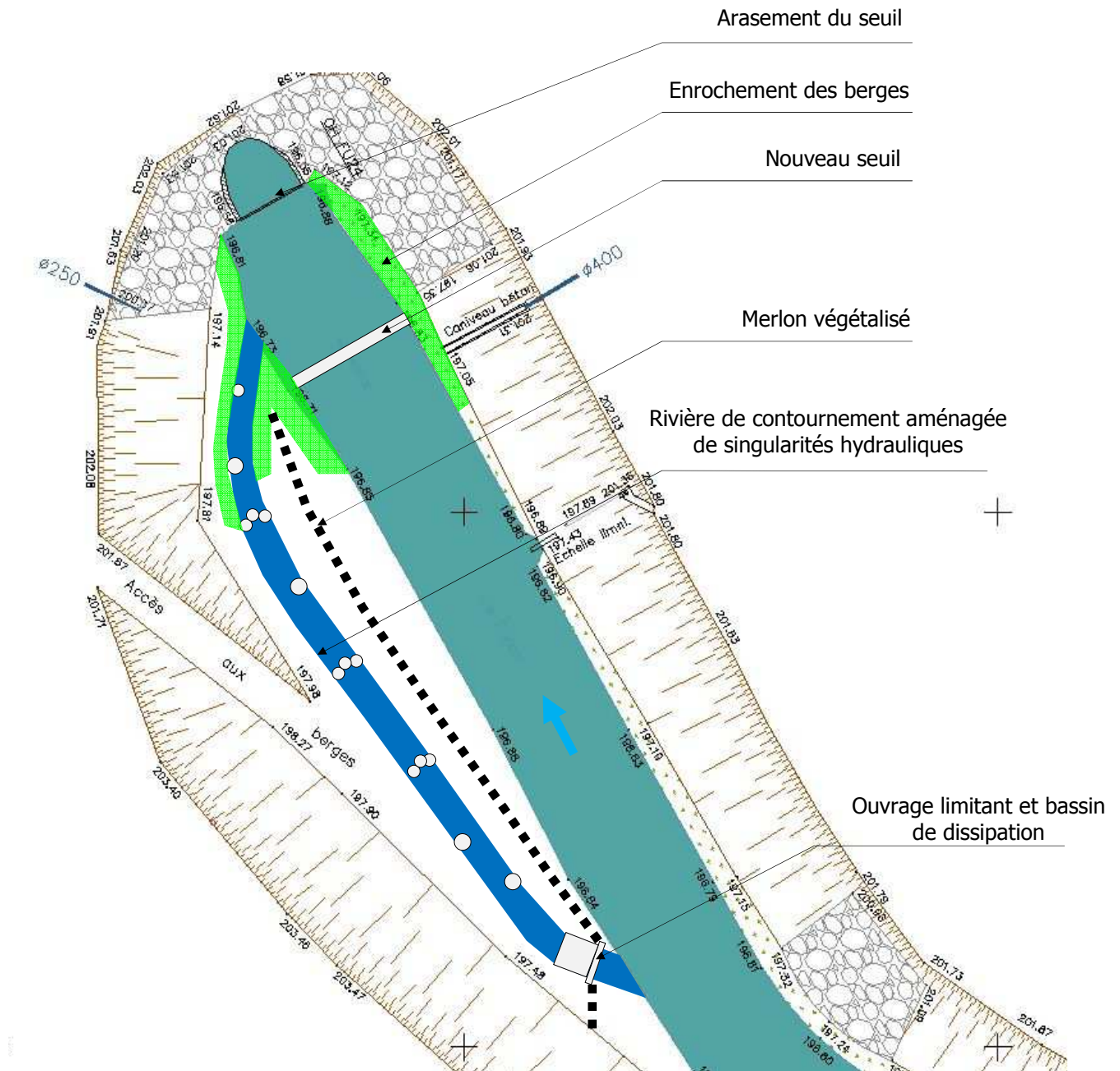


Figure 6 : Présentation du principe d'aménagement du scénario B sur FU24

Le fond du chenal sera tapissé de matériaux sédimentaires grossiers qui formeront un pavage artificiel. Plusieurs singularités, seuils de fond (noyés) en enrochements ou en bois ainsi que des déflecteurs, seront disposés pour limiter les vitesses d'écoulements et accroître l'épaisseur de la lame d'eau. Le pavage et les seuils de fond assureront la stabilité de l'ouvrage en période de crue. Toujours dans ce sens, la connexion avec le lit du Furon sera également enrochée pour assurer la stabilité des berges et de la rivière de contournement.

En cas de crue et de débordement sur la rive gauche, les apports d'eau trop conséquents vers le chenal de la passe à poissons pourraient provoquer des dégradations (érosions du lit, des berges et déstabilisation des singularités hydrauliques). Il est donc prévu de limiter la fréquence des débordements du Furon vers le chenal en aménageant un merlon de 0,4 à 0,5 m de hauteur.

3.2.1.3 Scénario C

Ce scénario repose sur le principe de suppression de l'ouvrage existant ainsi que sur l'enlèvement de la sonde existante. Le nouveau dispositif à aménager est décrit comme suit.

La nouvelle sonde radar serait disposée sous le portique métallique existant en aval immédiat du passage busé. Afin d'obtenir une lecture du niveau d'eau et pouvoir réaliser une courbe de tarage représentative, un seuil à crête épaisse sera aménagé dans le fond du lit en aval immédiat du portique. Celui-ci sera totalement noyé et transparent à la continuité biologique. Il disposera d'une échancrure centrale de 1 m x 0,15 m.

Ce scénario nécessite la réalisation de plusieurs campagnes de jaugeage afin d'établir une courbe de tarage fiable soit :

- deux campagnes en période de basses eaux ;
- trois campagnes pour les moyennes eaux ;
- trois campagnes pour les hautes eaux.

Le fond du lit sera rabaissé de - 0,20 m entre le seuil et l'aval du passage busé afin d'obtenir une ligne d'eau propre et régulière au niveau de la lecture de la sonde radar. Les matériaux (25 à 30 m³) seront déposés dans le lit de l'Isère en aval de la confluence.

La rive gauche sera rehaussée de 1,5 m sur un linéaire de 10 m pour contraindre les écoulements en crue sur le seuil plutôt que sur la berge. Ceci permettra de fiabiliser la lecture du niveau d'eau en condition de hautes eaux. Ce rehaussement sera réalisé en enrochements bétonnés ou en terre protégée par des enrochements bétonnés.

Les Figure 7 Figure 6 et Figure 8 suivantes illustrent le principe de l'aménagement.

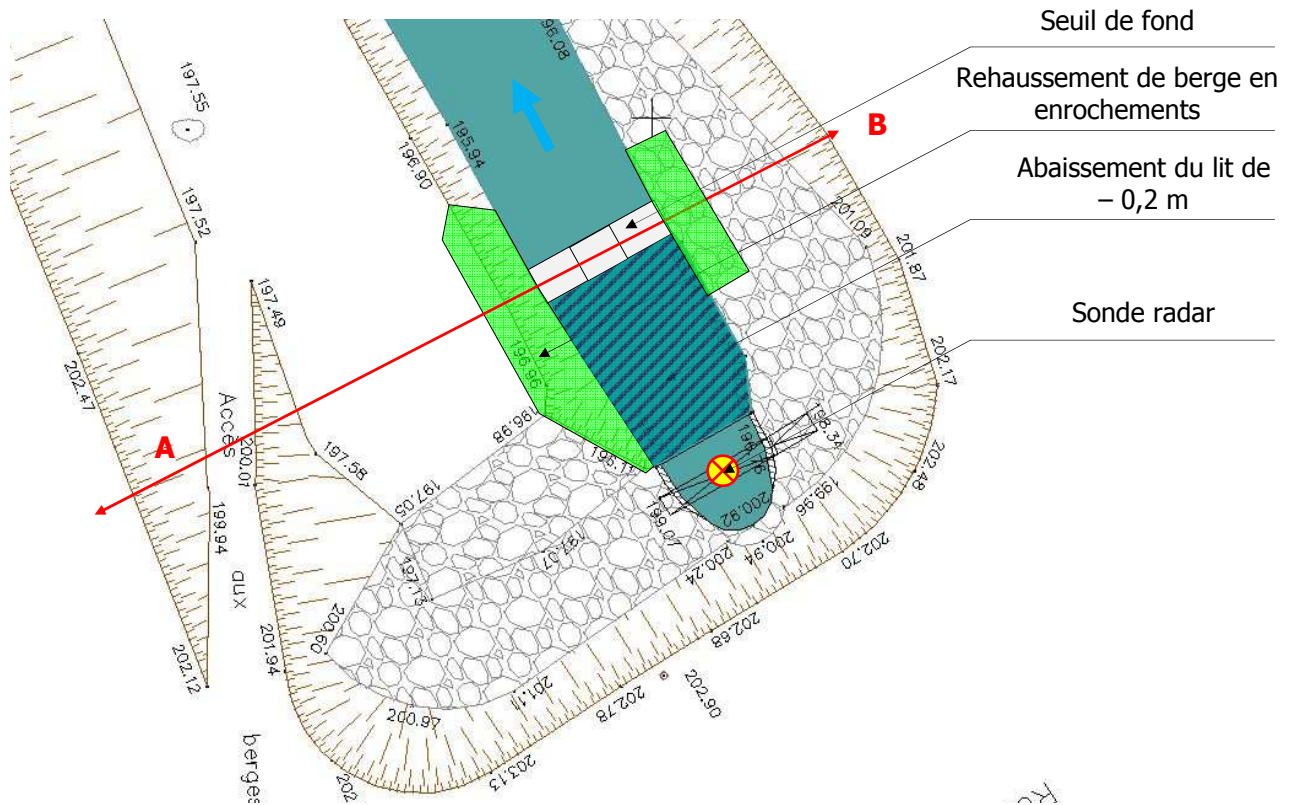


Figure 7 : Présentation du principe d'aménagement du scénario C sur FU24

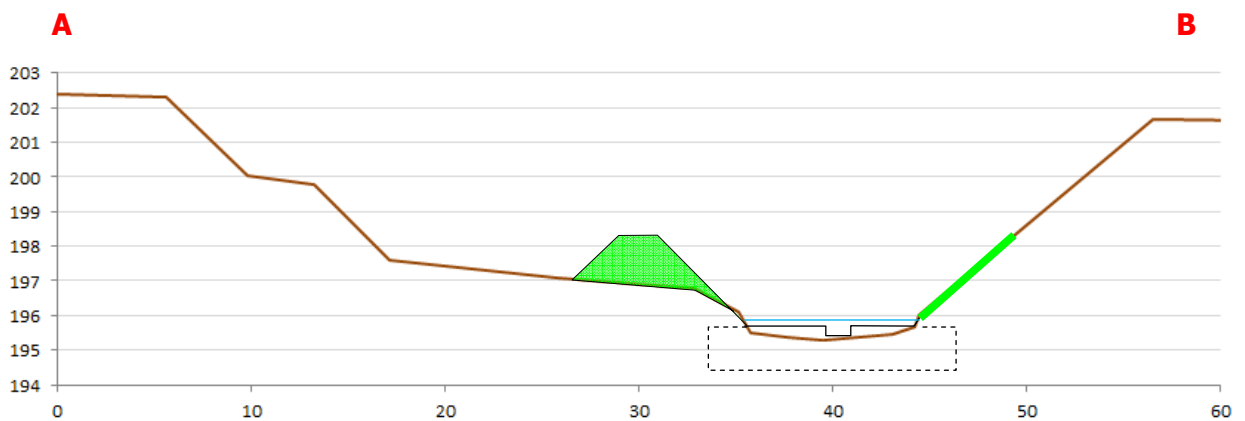


Figure 8 : Profil en travers de l'aménagement du seuil

3.2.1.4 Montant estimatif des scénarii

Les Tableau 6 à Tableau 8 présentent les coûts estimatifs des scénarii A, B et C.

Tableau 6 : Coût estimatif du scenario FU24 A (déplacement du seuil et construction de pré-barrages)

1 - Travaux généraux	Unité	Coût Unit.	Quantité	Montant
Installation / repli de chantier, mise hors d'eau, remise en état	F	10300	1	10 300,00 €
SOUS TOTAL 1				10 300,00 €
2 - Construction du seuil				
Arasement du seuil existant	F	2000	1	2 000,00 €
Terrassements	F	1160	1	1 160,00 €
Conception du nouveau seuil	F	28853	1	28 853,00 €
Etablissement courbe de tarage	F	3000	2	6 000,00 €
SOUS TOTAL 2				38 013,00 €
3 - Construction des pré-barrages				
Terrassements	F	4500	1	4 500,00 €
Conception des pré-barrages	F	46300	1	46 300,00 €
Ensemencement et revégétalisation + treillis de protection	F	1580	1	1 580,00 €
SOUS TOTAL 3				52 380,00 €
TOTAL HT				97 692,50 €
Imprévus (15 %)				14 653,88 €
TOTAL GENERAL HT				112 346,38 €

Tableau 7 : Coût estimatif du scenario FU24 B (déplacement du seuil et création d'une rivière de contournement)

1 - Travaux généraux	Unité	Coût Unit.	Quantité	Montant
Installation / repli de chantier, mise hors d'eau, remise en état	F	9500	1	9 500,00 €
SOUS TOTAL 1				9 500,00 €
2 - Construction seuil				
Arasement du seuil existant	F	2000	1	2 000,00 €
Terrassements	F	1160	1	1 160,00 €
Conception du nouveau seuil	F	27243	1	27 243,00 €
Etablissement courbe de tarage	F	3000	1	3 000,00 €
SOUS TOTAL 2				33 403,00 €
3 - Aménagement du chenal de contournement				
Terrassements	F	2050	1	2 050,00 €
Conception de la rivière de contournement	F	10275	1	10 275,00 €
Ensemencement et revégétalisation	F	2265	1	2 265,00 €
SOUS TOTAL 3				14 590,00 €
TOTAL HT				57 492,50 €
Imprévus (15 %)				8 623,88 €
TOTAL GENERAL HT				66 116,38 €

Tableau 8 : Coût estimatif du scénario FU24 C (création d'un nouveau seuil et d'une nouvelle station de mesure)

1 - Travaux généraux	Unité	Coût Unit.	Quantité	Montant
Installation / repli de chantier, mise hors d'eau, remise en état	F	8000	1	8 000,00 €
SOUS TOTAL 1				8 000,00 €
2 - Construction seuil				
Arasement du seuil existant	F	3500	1	3 500,00 €
Terrassements	F	1215	1	1 215,00 €
Conception du nouveau seuil	F	23595	1	23 595,00 €
Etablissement courbe de tarage	F	3000	1	3 000,00 €
Aménagement du dispositif de lecture (radar)	F	6500	1	6 500,00 €
SOUS TOTAL 2				37 810,00 €
TOTAL HT				45 809,50 €
Imprévus (15 %)				6 871,43 €
TOTAL GENERAL HT				52 680,93 €

3.2.2 Ouvrage FU21

Espèce(s) cible(s) : Truite fario, Ombre commun

Hauteur maximum de chute entre Q_{10} et Q_{90} sur la période de migration : 0,72 m

Débit de dimensionnement du Furon : 0,9 m³/s



3.2.2.1 Scénario A

Le scénario A consiste en la construction de pré-barrages sur une partie de la largeur de l'ouvrage ainsi qu'à la création d'une échancrure dans la crête du seuil.

La hauteur totale de chute sera fractionnée en 4 chutes. Les trois dernières chutes aval auront une hauteur moyenne de 0,20 m, la quatrième chute qui constituera l'échancrure dans le seuil sera de 0,12 m.

Cette échancrure (E1) aura une section rectangulaire de dimension 0,5 m de largeur sur 0,10 m de hauteur. La crête de l'ouvrage sera découpée puis ré-agrée si besoin.

Les trois autres pré-barrages seront aménagés en rive gauche de l'ouvrage. La présence de la route sur la digue facilitera l'accès au chantier et les modalités d'entretien ultérieurs. Ces pré-barrages seront aménagés de manière concentrique à partir du point d'insertion du seuil au niveau de la digue en rive gauche. Les deux pré-barrages amont seront espacés de 2 m, le dernier de 2,5 m, et auront une épaisseur de 0,5 m. Ils seront constitués d'enrochements maçonnés de diamètre 200 à 400 mm. Ils seront construits sur un radier en enrochements bétonnés de diamètre 400 à 600 mm calé à 200,50 m NGF soit 0,35 m sous la cote du radier du seuil, ceci afin d'optimiser le volume d'eau dans les bassins et ainsi diminuer les puissances volumiques dissipées en hautes eaux.

Les échancrures de ces pré-barrages auront une forme rectangulaire de dimensions suivantes.

N° échancrure	Largeur (m)	Profondeur (m)	Cote échancrure	Cote déversoir
E1	0,50	0,10	201,50	201,60
E2	0,80	0,30	201,32	201,60
E3	0,65	0,30	201,12	201,42
E3' et E3''	0,40	0,30	201,12	201,42
E4	1,00	0,30	200,92	201,22
E4' et E4''	0,50	0,30	200,92	201,22

Les deux derniers pré-barrages présenteront trois échancrures. Une principale (E3 et E4) et deux secondaires (E3'/E3'' et E4'/E4'') de plus petite dimension. Cette configuration a été pensée pour optimiser la dissipation de l'énergie dans tout le volume du bassin et pas seulement en un point (dans le cas d'une seule échancrure). Cette configuration améliorera également le franchissement par les poissons (moins d'énergie concentrée en un seul jet).

Des buses de diamètre 200 mm seront disposées à la base des deux pré-barrages aval. Elles serviront à la vidange des bassins pour les besoins de maintenance (dégravement, entretien de la maçonnerie...). En période de fonctionnement courant, des dispositifs de vidange seront obstrués.

La Figure 9 suivante illustre le principe de l'aménagement.

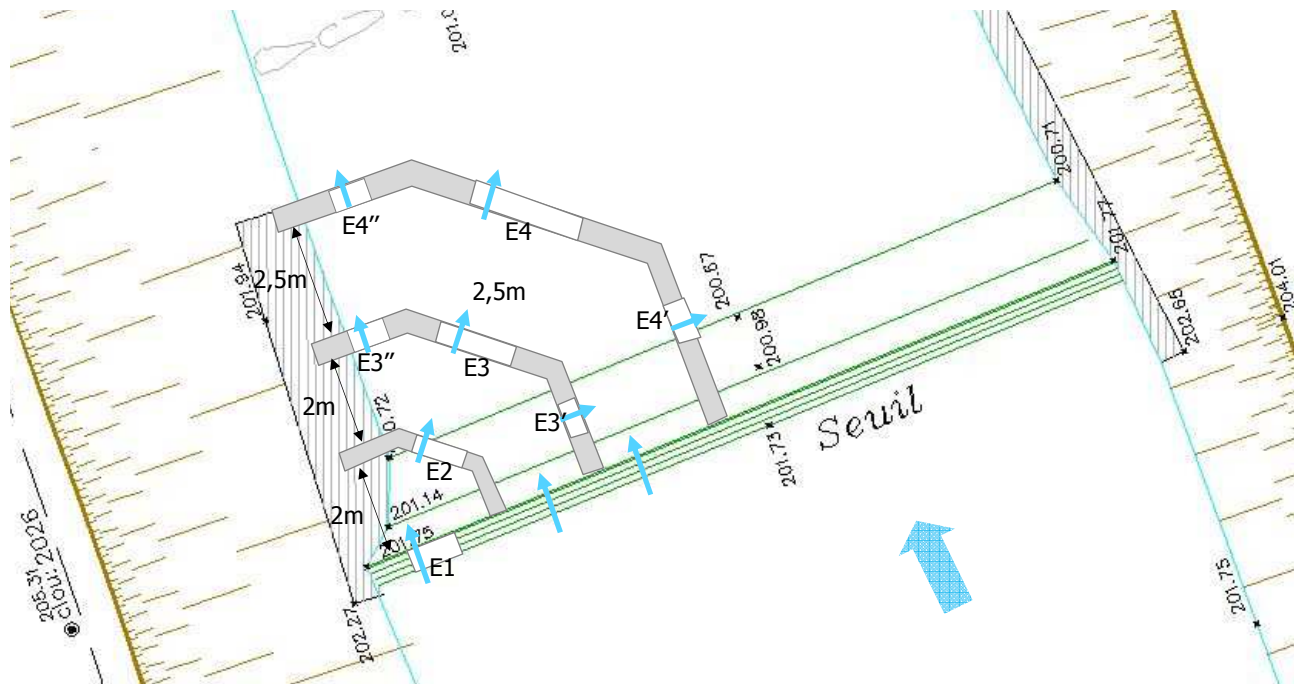


Figure 9 : Présentation du principe d'aménagement du scénario A sur FU21

3.2.2.2 Scénario B

Le scénario B consiste en la construction de pré-barrages en aval de l'obstacle sur toute la largeur du lit ainsi qu'à la création d'une échancrure dans la crête du seuil.

Comme pour le scénario A, la hauteur totale de chute sera fractionnée en 4 chutes.

Les pré-barrages seront constitués en enrochements maçonnés de diamètre 200 à 400 mm. Ils seront construits sur un radier d'enrochements maçonnés de diamètre 400 à 600 mm calé à 200,50 m NGF. Ils seront distants les uns des autres de 2,5, 3,5 et 4 m depuis l'amont vers l'aval pour optimiser les puissances volumiques dissipées. L'épaisseur des pré-barrages sera de 0,50 m.

La crête du seuil aura été localement découpée pour créer deux échancrures rectangulaires d'étiage (E1) situées à proximité des deux rives. Les échancrures des pré-barrages (E2 à E4) auront une section triangulaire. Les dimensions de ces échancrures sont présentées dans le tableau suivant. Les échancrures sont aménagées en alternance de manière à éviter les court-circuits hydrauliques et l'augmentation des vitesses dans les échancrures. Le deuxième pré-barrage disposera donc de deux échancrures de plus petite section hydraulique. Les pré-barrages amont et aval ne disposeront que d'une seule échancrure de plus grande dimension.

Les pré-barrages viendront en appui sur les deux berges dont une partie est emmurées. Il est donc prévu de reprendre la protection de berges en aval du mur bétonné sur un linéaire de 6,5 m sur chaque rive.

3.2.2.3 Montant estimatif des scénarii

Les Tableau 9 et Tableau 10 présentent les coûts estimatifs des scénarii A et B.

Tableau 9 : Coût estimatif du scenario FU21 A (création de pré-barrages concentriques)

1 - Travaux généraux	Unité	Coût Unit.	Quantité	Montant
Installation / repli de chantier, mise hors d'eau, remise en état	F	8000	1	8 000,00 €
SOUS TOTAL 1				8 000,00 €
2 - Construction des pré-barrages				
Echancrure dans la crête du seuil	F	1000	1	1 000,00 €
Terrassements	F	1600	1	1 600,00 €
Conception des pré-barrages	F	20774	1	20 774,00 €
SOUS TOTAL 2				23 374,00 €
TOTAL HT				31 373,50 €
Imprévus (15 %)				4 706,03 €
TOTAL GENERAL HT				36 079,53 €

Tableau 10 : Coût estimatif du scenario FU21 B (création de pré-barrages sur toute la largeur du lit)

1 - Travaux généraux	Unité	Coût Unit.	Quantité	Montant
Installation / repli de chantier, mise hors d'eau, remise en état	F	10000	1	10 000,00 €
SOUS TOTAL 1				10 000,00 €
2 - Construction des pré-barrages				
Echancrure dans la crête du seuil	F	2000	1	2 000,00 €
Terrassements	F	3600	1	3 600,00 €
Conception des pré-barrages	F	37630	1	37 630,00 €
SOUS TOTAL 2				43 230,00 €
TOTAL HT				53 230,00 €
Imprévus (15 %)				7 984,50 €
TOTAL GENERAL HT				61 214,50 €

3.2.3 Ouvrage FU20

Espèce(s) cible(s) : Truite fario, Ombre commun

Hauteur maximum de chute entre Q_{10} et Q_{90} sur la période de migration : 0,99 m

Débit de dimensionnement du Furon : 0,9 m^3/s



3.2.3.1 Scénario A

Le scénario A consiste en la construction de pré-barrages en aval de l'obstacle sur toute la largeur du lit ainsi qu'à la création d'une échancrure dans la crête du seuil.

Ce scénario est identique en tout point au scénario B proposé sur l'ouvrage FU21. Il s'agit d'aménager des pré-barrages de mêmes caractéristiques (enrochements bétonnés + buses de fond sur les trois pré-barrages amont). Compte tenu de la hauteur du seuil (0,99 m maximum), un quatrième pré-barrage sera aménagé. La hauteur de chute moyenne entre bassin sera d'environ 0,20 m.

Ces pré-barrages reposeront sur un radier en enrochements maçonnés calé à 201,50 m NGF et viendront s'appuyer et s'ancrer sur les berges en enrochements. Les protections de berges en enrochements seront prolongées et/ou renforcées sur un linéaire de 18 m sur les deux rives afin de protéger celles-ci des remous hydrauliques et des risques d'érosions.

Le seuil présentera une échancrure d'étiage de section rectangulaire. Les échancrures des pré-barrages auront une section triangulaire et seront disposées en alternance. Les dimensions des échancrures sont présentées dans le tableau ci-dessous.

N° échancrure	Largeur (m)	Profondeur (m)	Cote échancrure	Cote déversoir
E1	2,00	0,20	202,59	202,79
E2 (x2)	1,50	0,30	202,29	202,59
E3	3,00	0,30	201,99	202,29
E4 (x2)	1,50	0,30	201,89	202,19
E5	3,00	0,30	201,69	201,99

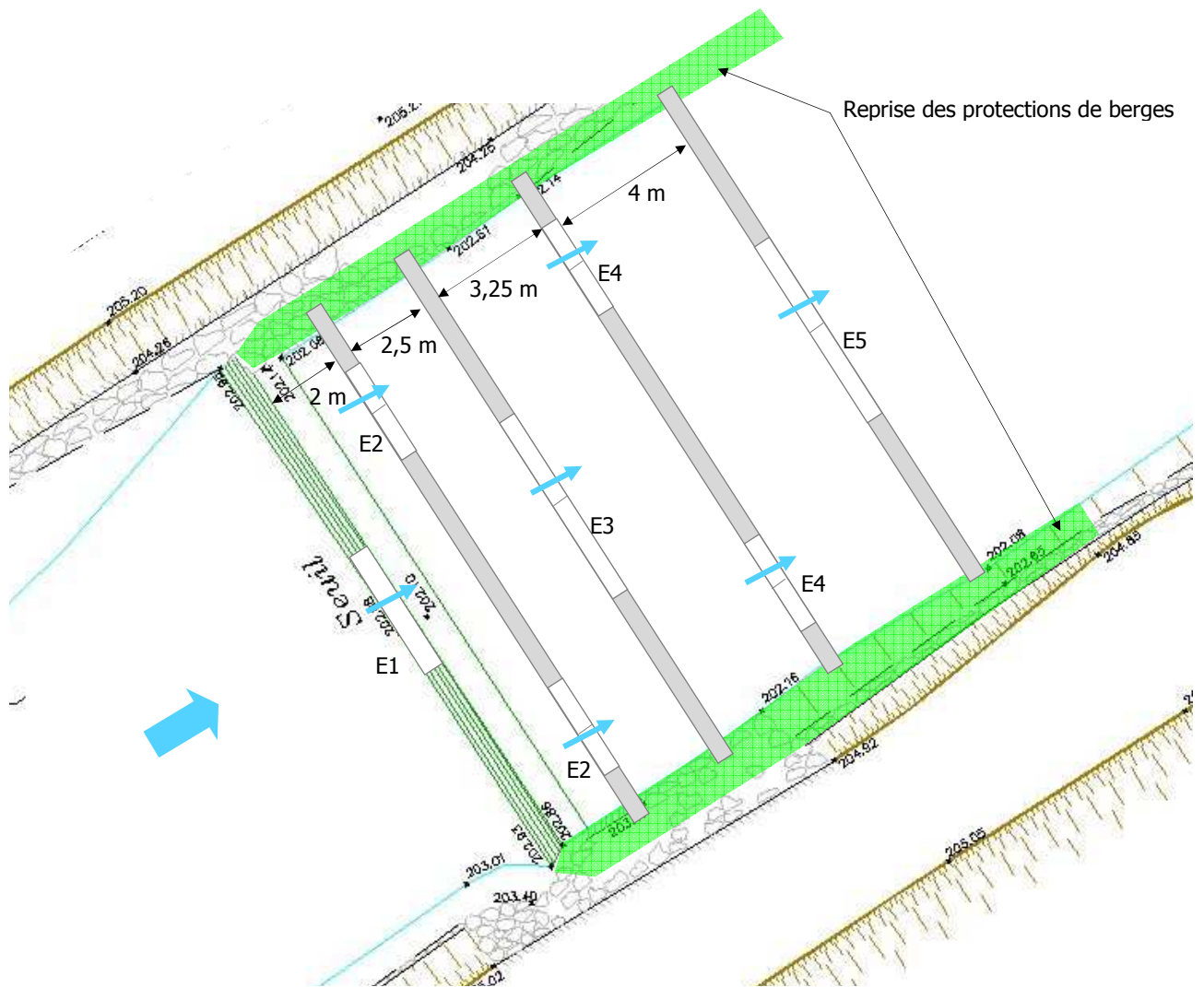


Figure 11 : Présentation du principe d'aménagement du scénario A sur FU20

3.2.3.2 Scénario B

L'emprise nécessaire à la réalisation de 4 pré-barrages s'avère assez élevée (environ 300 m²) et nécessite un ancrage dans les digues ainsi qu'une restauration de leur protection. Afin de limiter cette emprise foncière et limiter les modifications des écoulements en crue, une solution alternative a été proposée.

Il s'agit en premier lieu de construire une rampe en enrochements dans le parement du seuil en rive gauche. Pour cela, le seuil sera arasé sur une largeur de 2,6 m jusqu'à la cote 202 m NGF (niveau supérieur du radier du seuil). La base du seuil sera conservée pour assurer la stabilité générale de l'ouvrage. Dans cette ouverture sera aménagée une rampe de 2,1 m de largeur et de 11 m de longueur disposant d'une pente longitudinale de 5 % et d'un devers latérale de 4,8% orienté vers la rive gauche. Le niveau amont moyen sera calé à 202,54 m NGF et la cote aval sera calée à 202 m NGF. Cette rampe sera flanquée de deux voiles en béton armé ragrésés sur les parties du seuil découpées préalablement. Ces voiles longeront la rampe sur toute sa longueur.

Le fond de la rampe sera tapit d'enrochements (100 à 200 mm) pour accroître la rugosité et limiter les vitesses d'écoulement. Des enrochements de plus grande taille seront enchâssés dans le fond de manière

N° échancrure	Largeur (m)	Profondeur (m)	Cote radier échancrure	Cote déversoir
E1	1,20	0,30	202,00	202,30
E2	1,80	0,30	201,82	202,12

Comme sur les précédents scénarii, les pré-barrages seront construits sur un radier en enrochements bétonnés de diamètre 400 à 600 mm calé à la même cote (201,50 m NGF). La protection de berge en enrochements en rive gauche sera confortée sur un linéaire de 8 m.

3.2.3.3 Montant estimatif des scénarii

Les Tableau 9 et Tableau 12 présentent les coûts estimatifs des scénarii A et B.

Tableau 11 : Coût estimatif du scenario FU20 A (création de pré-barrages sur toute la largeur du lit)

1 - Travaux généraux	Unité	Coût Unit.	Quantité	Montant
Installation / repli de chantier, mise hors d'eau, remise en état	F	10000	1	10 000,00 €
SOUS TOTAL 1				10 000,00 €
2 - Construction des pré-barrages				
Echancrure dans la crête du seuil	F	2000	1	2 000,00 €
Terrassements	F	4800	1	4 800,00 €
Conception des pré-barrages	F	51653	1	51 653,00 €
SOUS TOTAL 2				58 453,00 €
TOTAL HT				68 452,50 €
Imprévus (15 %)				10 267,88 €
TOTAL GENERAL HT				78 720,38 €

Tableau 12 : Coût estimatif du scenario FU20 B (création de pré-barrages et d'une rampe en enrochements)

1 - Travaux généraux	Unité	Coût Unit.	Quantité	Montant
Installation / repli de chantier, mise hors d'eau, remise en état	F	8000	1	8 000,00 €
SOUS TOTAL 1				8 000,00 €
2 - Construction des pré-barrages				
Terrassements	F	1400	1	1 400,00 €
Conception des pré-barrages	F	15080	1	15 080,00 €
SOUS TOTAL 2				16 480,00 €
3 - Construction de la rampe				
Echancrure dans le seuil	F	2000	1	2 000,00 €
Terrassements	F	1200	1	1 200,00 €
Conception de la rampe	F	21040	1	21 040,00 €
SOUS TOTAL 3				24 240,00 €
TOTAL HT				48 719,50 €
Imprévus (15 %)				7 307,93 €
TOTAL GENERAL HT				56 027,43 €

3.2.4 Ouvrage FU19

Espèce(s) cible(s) : Truite fario, Ombre commun

Hauteur maximum de chute entre Q_{10} et Q_{90} sur la période de migration : 0,94 m

Débit de dimensionnement du Furon : 0,9 m³/s



3.2.4.1 Scénario A

Le scénario A consiste en la construction de cinq pré-barrages en aval de l'obstacle sur toute la largeur du lit ainsi qu'à la création d'une échancrure dans la crête du seuil (2 m de largeur). Compte tenu de la hauteur de chute très proche du précédent ouvrage (FU20), les caractéristiques du dispositif de franchissement sont considérées comme identiques.

Toutefois, la précision de la topographie ne permet pas de représenter fidèlement la pente du lit en aval de l'ouvrage. Celle-ci est en effet assez prononcée et pourrait contraindre à l'aménagement d'un pré-barrage complémentaire (augmentation de la hauteur de chute). Le dimensionnement de l'ouvrage a néanmoins été réalisé à partir des données en notre possession (topographie + modélisation) mais nécessiterait une précision.

La pente du lit en aval de l'ouvrage contraint a deux points particuliers :

1. Le rajout, si nécessaire, d'au moins un pré-barrage pour compenser l'augmentation de la hauteur de chute totale ;
2. L'approfondissement du lit de la rivière pour réaliser le radier en enrochements de la passe à poissons. Cet approfondissement est indispensable pour compenser les puissances volumiques dissipées. Le développement linéaire de la passe étant suffisamment élevé (17 ml) et ne pouvant être rallongé. Ainsi le radier de la passe à poissons aura une pente d'environ 2,5 % (202,70 m NGF à 202,30 m NGF).

Les berges feront l'objet d'une reprise des protections de berges au niveau de l'implantation des pré-barrages sur un linéaire de 21 m sur chacune des berges.

Les dimensions des échancrures sont précisées ci-dessous.

N° échancrure	Largeur (m)	Profondeur (m)	Cote échancrure	Cote déversoir
E1	2,00	0,20	203,81	204,01
E2 (x2)	1,50	0,30	203,51	203,81
E3	3,00	0,30	203,31	203,61
E4 (x2)	1,50	0,30	203,11	203,41
E5	3,00	0,30	202,91	203,21

La Figure 13 suivante illustre le principe de l'aménagement.

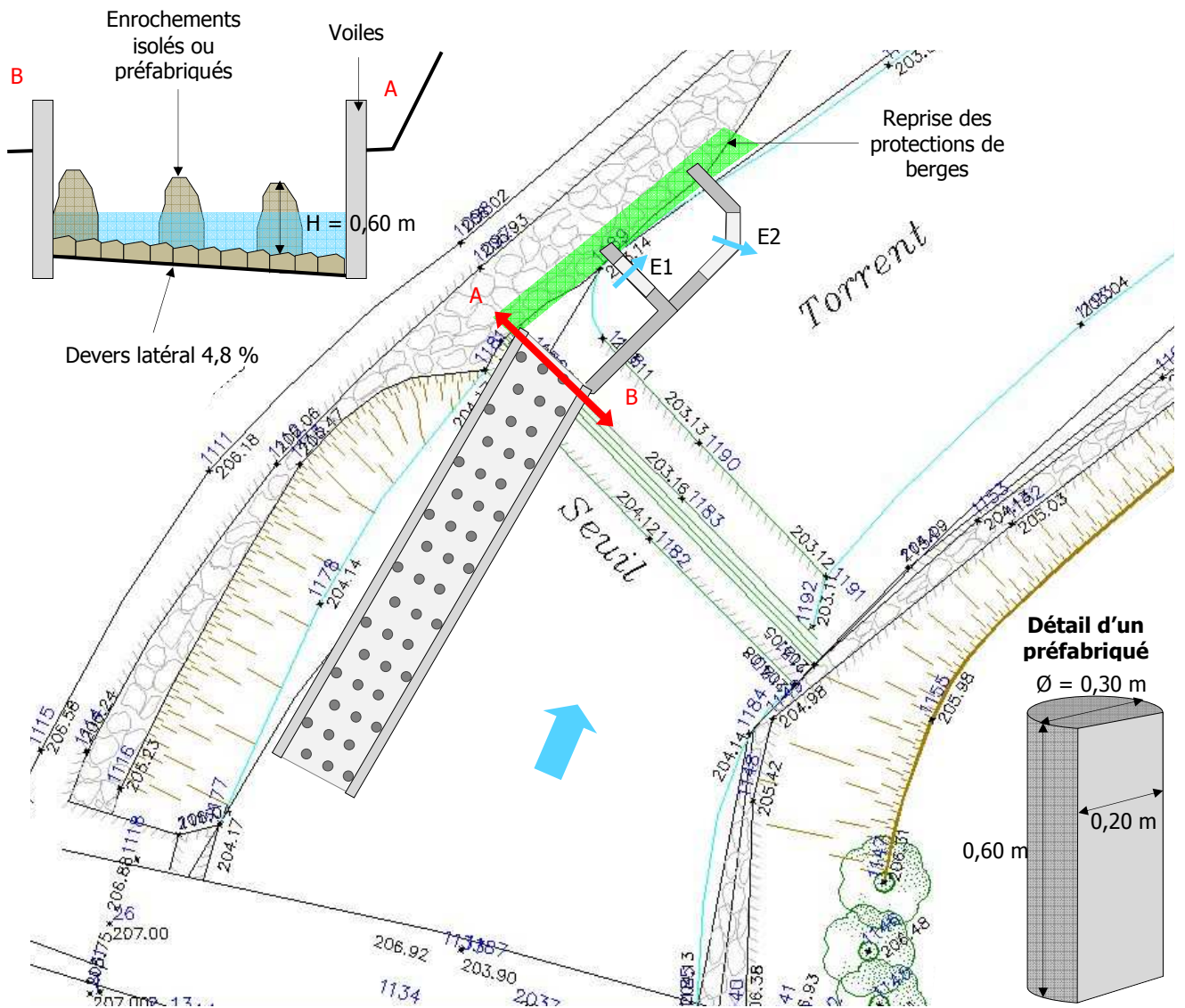


Figure 14 : Présentation du principe d'aménagement du scénario B sur FU19

La rampe aura une largeur de 2,1 m. Le fond de la rampe sera tapit d'enrochements (100 à 200 mm) pour accroître la rugosité et limiter les vitesses d'écoulement. Des enrochements (ou préfabriqués en béton) de plus grandes tailles seront enchâssés dans le fond de manière régulière pour former des singularités hydrauliques et faciliter le franchissement piscicole. Ces singularités auront un diamètre de 0,30 m et une hauteur efficace de 0,60 m au-dessus du radier en enrochements. Par souci de facilité de conception et de conservation des conditions hydrauliques dans l'ouvrage, il serait préférable d'y aménager des singularités en béton préfabriqué.

Au pied de la rampe en rive gauche seront aménagés deux pré-barrages en série. Ils présenteront chacun une hauteur de chute de 0,20 m en moyenne. Les échancrures (E1 et E2) auront une section rectangulaire et auront les dimensions suivantes.

N° échancrure	Largeur (m)	Profondeur (m)	Cote radier échancrure	Cote déversoir
E1	1,20	0,30	203,30	203,60
E2	1,20	0,30	203,10	203,40

Compte tenu de la largeur du seuil (10,6 m contre 18,40 m sur l'ouvrage FU20), la relation hauteur débit est très différente et les niveaux d'eau sur la crête du seuil varient sur une plus grande amplitude en fonction des débits. Par conséquent, les apports en eau dans le pré-barrage n°2 seraient trop conséquents (puissances volumiques $\gg 200 \text{ W/m}^3$) si la configuration des pré-barrages, comme sur l'ouvrage FU20, était conservée. Dans ce scénario, les pré-barrages sont donc construits en série.

Comme sur les précédents scénarii, les pré-barrages seront construits sur un radier en enrochements bétonné de diamètre 400 à 600 mm. La protection de berge en enrochements en rive gauche sera confortée.

3.2.4.3 Montant estimatif des scénarii

Les Tableau 13 et Tableau 14 présentent les coûts estimatifs des scénarii A et B.

Tableau 13 : Coût estimatif du scénario FU19 A (création de pré-barrages sur toute la largeur du lit)

1 - Travaux généraux	Unité	Coût Unit.	Quantité	Montant
Installation / repli de chantier, mise hors d'eau, remise en état	F	10000	1	10 000,00 €
SOUS TOTAL 1				10 000,00 €
2 - Construction des pré-barrages				
Echancrure dans la crête du seuil	F	2000	1	2 000,00 €
Terrassements	F	4400	1	4 400,00 €
Conception des pré-barrages	F	39120	1	39 120,00 €
SOUS TOTAL 2				45 520,00 €
TOTAL HT				55 520,50 €
Imprévus (15 %)				8 328,08 €
TOTAL GENERAL HT				63 848,58 €

Tableau 14 : Coût estimatif du scenario FU19 B (création de pré-barrages et d'une rampe en enrochements)

1 - Travaux généraux	Unité	Coût Unit.	Quantité	Montant
Installation / repli de chantier, mise hors d'eau, remise en état	F	8000	1	8 000,00 €
SOUS TOTAL 1				8 000,00 €
2 - Construction des pré-barrages				
Terrassements	F	900	1	900,00 €
Conception des pré-barrages	F	13530	1	13 530,00 €
SOUS TOTAL 2				14 430,00 €
3 - Construction de la rampe				
Echancrure dans le seuil	F	2000	1	2 000,00 €
Terrassements	F	1200	1	1 200,00 €
Conception de la rampe	F	24040	1	24 040,00 €
SOUS TOTAL 3				27 240,00 €
TOTAL HT				49 669,70 €
Imprévus (15 %)				7 450,46 €
TOTAL GENERAL HT				57 120,16 €

3.2.5 Ouvrage FU18b

Espèce(s) cible(s) : Truite fario, Ombre commun

Hauteur maximum de chute entre Q_{10} et Q_{90} sur la période de migration : 0,89 m

Débit de dimensionnement du Furon : 0,9 m³/s

Remarque : Cet ouvrage fait l'objet d'un projet de passe à poissons défini par Hydrétudes dans le cadre de la définition des mesures correctrices des travaux de confortement des digues du Furon. L'avant-projet réalisé en concertation avec Hydrétudes est décrit ci-après.



3.2.5.1 Scénario A

Le scénario A consiste en la construction de pré-barrages en aval de l'obstacle sur toute la largeur du lit ainsi qu'à la création de deux échancrures dans la crête du seuil (rideau de palplanche). Les enrochements situés en aval immédiat du seuil seront retirés. Le radier en béton situé en rive droite sera conservé et restauré.

Il s'agit d'aménager des pré-barrages en enrochements bétonnés. Compte tenu de la hauteur du seuil (0,89 m maximum), trois pré-barrage seront aménagés soit quatre chutes de 0,22 m de hauteur chacune en moyenne.

Ces pré-barrages reposeront sur un radier en enrochements maçonnés (calé à 205 m NGF) et viendront s'appuyer et s'ancrer sur les murs auto-stables nouvellement aménagés sur les deux rives et pour partie contre le radier en béton situé en rive droite (projet Hydrétudes). Les pré-barrages seront espacés de 3, 4 et 4 m respectivement de l'amont vers l'aval.

Les dimensions des échancrures sont présentées dans le tableau ci-dessous.

N° échancrure	Largeur (m)	Profondeur (m)	Cote radier échancrure	Cote déversoir
E1 (x2)	0,25	0,20	206,21	206,41
E2	3,00	0,30	205,97	206,27
E3 (x2)	2,00	0,30	205,77	206,07
E4	4,00	0,30	205,57	205,87

La Figure 15 Figure 13 suivante illustre le principe de l'aménagement.

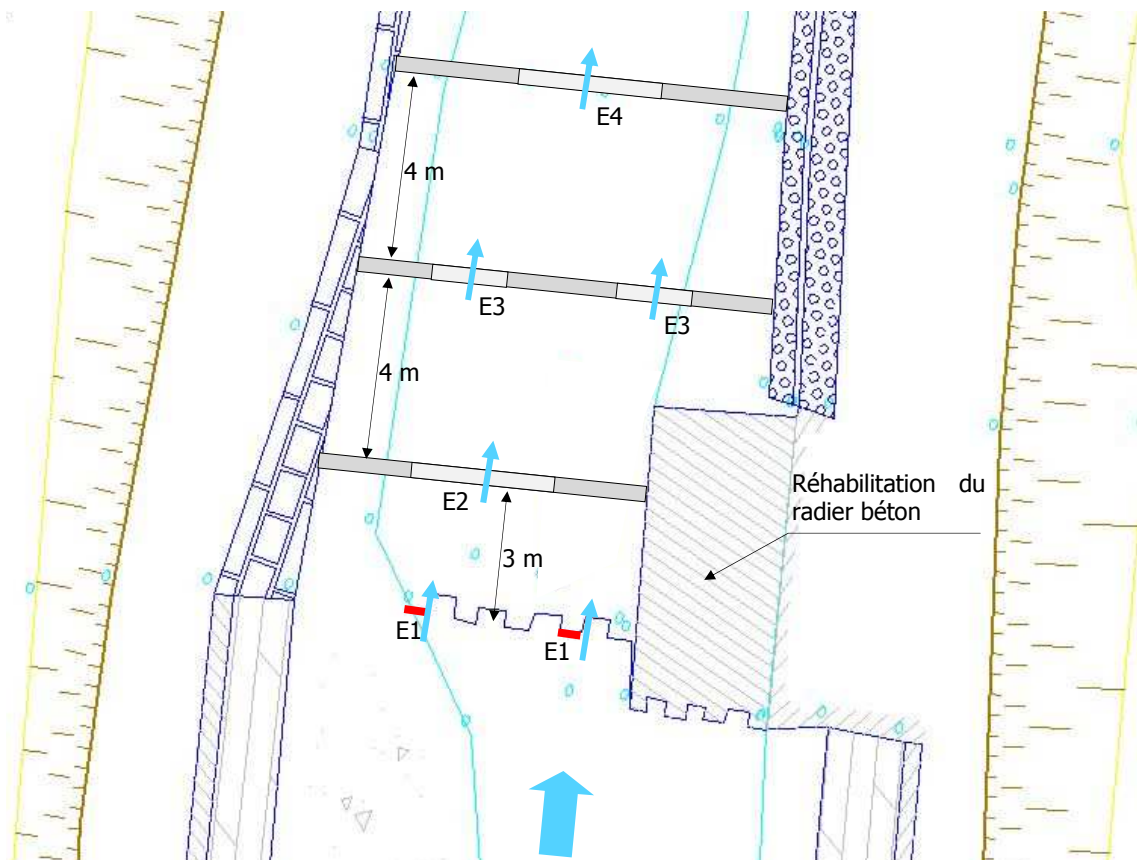


Figure 15 : Présentation du principe d'aménagement du scénario A sur FU18b

3.2.5.2 Scénario B

Le scénario B consiste en la réalisation d'une rampe en enrochements jointifs. Une échancrure centrale (0,75 m de largeur x 0,20 m de hauteur) sera découpée dans le rideau de palplanche. La longueur de l'ouvrage sera de 17 m pour une pente moyenne de 6 %. La largeur de l'ouvrage sera de 8,4 m puis s'élargira sur toute la largeur du lit (10,4 m) en aval du radier en béton. La rampe présentera une double pente latérale de 4,8 % avec un point bas au centre (406,21 m NGF sur l'amont de la rampe) qui permettra de concentrer les eaux en période d'étiage. Le D_{65} des enrochements de la rampe est de 600 mm. Ces blocs seront disposés jointifs et arrangés mécaniquement (pas de dépôts en vrac) pour limiter les turbulences.

Cette rampe ne présente pas de singularités hydrauliques (blocs isolés comme sur les ouvrages FU19 et FU20) en raison de la forte sollicitation en crue (passage de la majorité du débit sur la rampe) qui pourrait endommager l'ouvrage.

La pente de la rampe et l'absence de singularités engendrent toutefois des vitesses assez élevées et des hauteurs d'eau modérées (Figure 16). Par conséquent, compte tenu des caractéristiques de l'ouvrage (pente, longueur développée, emprise) celui-ci s'avère particulièrement sélectif. Diminuer la pente reviendrait à augmenter la longueur développée de manière significative.

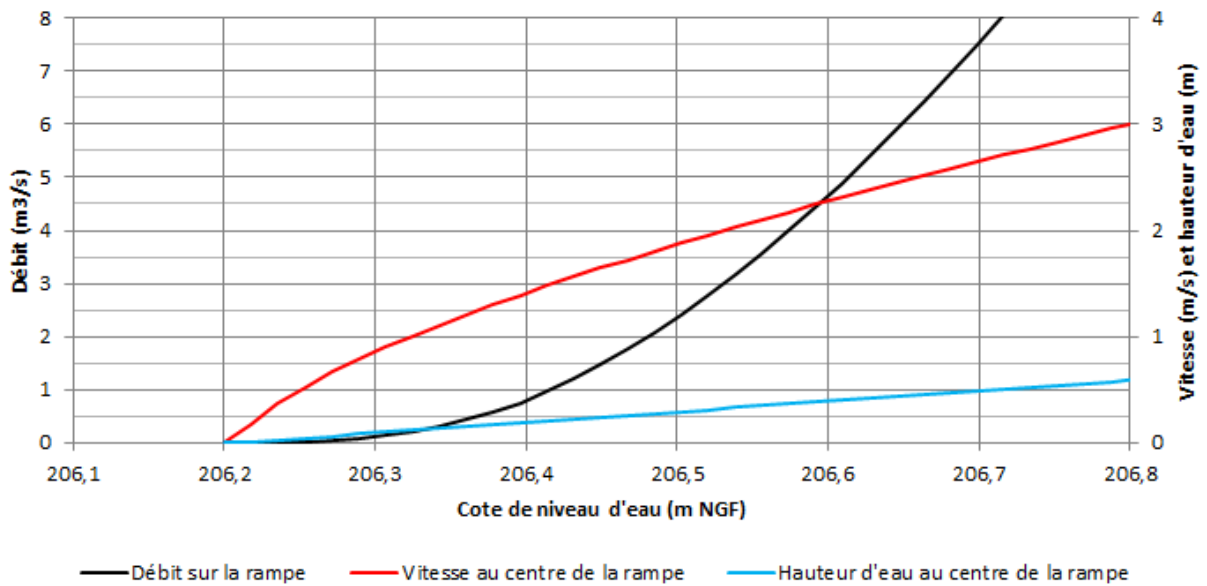


Figure 16 : Relation hauteur, vitesse et débit sur la rampe en enrochements jointifs

Il serait possible de rajouter des singularités (enrochements ou préfabriqués béton) mais les puissances volumiques dissipées augmentent très rapidement (largeur de lit réduite) et rendent également l'ouvrage rapidement sélectif.

La Figure 17 suivante illustre le principe de l'aménagement.

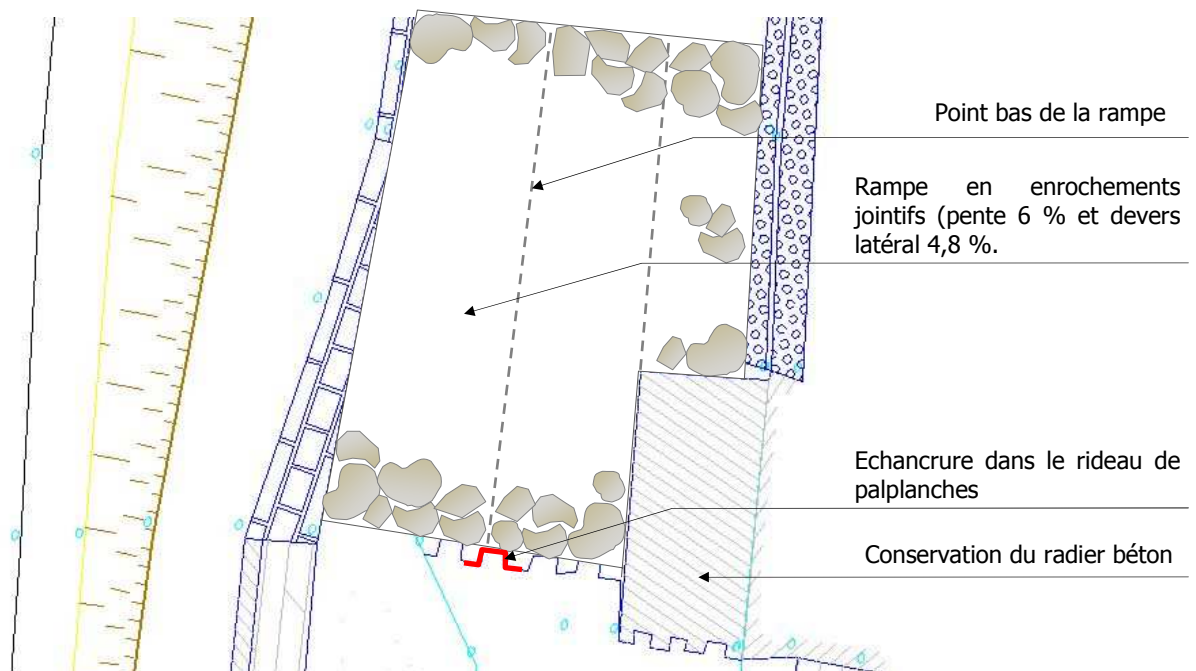


Figure 17 : Présentation du principe d'aménagement du scénario B sur FU18b

3.2.5.3 Montant estimatif des scénarii

Les Tableau 15 et Tableau 16 présentent les coûts estimatifs des scénarii A et B.

Tableau 15 : Coût estimatif du scenario FU18b A (création de pré-barrages sur toute la largeur du lit)

1 - Travaux généraux	Unité	Coût Unit.	Quantité	Montant
Installation / repli de chantier, mise hors d'eau, remise en état	F	10000	1	10 000,00 €
SOUS TOTAL 1				10 000,00 €
2 - Construction des pré-barrages				
Echancrure dans la crête du seuil	F	1000	1	1 000,00 €
Restauration du radier	F	4000	1	4 000,00 €
Terrassements	F	2800	1	2 800,00 €
Conception des pré-barrages	F	25235	1	25 235,00 €
SOUS TOTAL 2				33 035,00 €
TOTAL HT				43 035,00 €
Imprévus (15 %)				6 455,25 €
TOTAL GENERAL HT				49 490,25 €

Tableau 16 : Coût estimatif du scenario FU18b B (création d'une rampe en enrochements)

1 - Travaux généraux	Unité	Coût Unit.	Quantité	Montant
Installation / repli de chantier, mise hors d'eau, remise en état	F	10000	1	10 000,00 €
SOUS TOTAL 1				10 000,00 €
2 - Construction de la rampe				
Echancrure dans la crête du seuil	F	1000	1	1 000,00 €
Restauration du radier	F	4000	1	4 000,00 €
Terrassements	F	2638	1	2 638,00 €
Conception de la rampe	F	16970	1	16 970,00 €
SOUS TOTAL 2				24 608,00 €
TOTAL HT				34 608,00 €
Imprévus (15 %)				5 191,20 €
TOTAL GENERAL HT				39 799,20 €

3.2.6 Ouvrage FU18a

Espèce(s) cible(s) : Truite fario, Ombre commun

Hauteur maximum de chute entre Q10 et Q90 sur la période de migration : 0,29 m

Débit de dimensionnement du Furon : 0,9 m³/s



3.2.6.1 Scénario A

Le scénario A consiste en la réalisation d'une échancrure rectangulaire de dimension 2 m de largeur par 0,10 m de hauteur dans le centre du seuil, sur la partie la moins large de l'ouvrage.

La Figure 18Figure 13 suivante illustre le principe de l'aménagement.

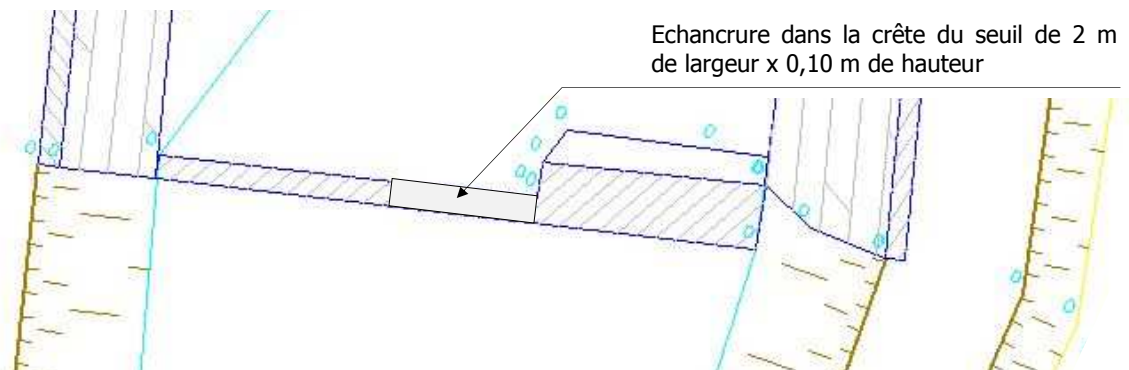


Figure 18 : Présentation du principe d'aménagement du scénario A sur FU18b

3.2.6.2 Scénario B

Il n'a pas été présenté de scénario B car il s'agit du projet d'Hydrétudes qui s'inscrit dans l'hypothèse de l'augmentation de la capacité de stockage de la plage de dépôt.

3.2.6.3 Montant estimatif des scénarii

Le coût du scénario A s'élève à environ 2 500 € HT et prend en compte la mise hors d'eau du centre du seuil, la création de l'échancrure et le ragréage si nécessaire.

Le scénario B n'a pas été chiffré.

3.2.7 Analyse multicritères des scénarii

Les scénarii ont été analysés sur plusieurs critères :

- Conception de l'ouvrage :
 - Contrainte technique comme le degré de complexité de la mise hors d'eau par exemple ;
 - Sensibilité géotechnique liée aux travaux de terrassement à proximité des digues ou au découpage d'échancrures dans les seuils ;
- Le comportement hydraulique de la passe à poissons en crue ;
- L'incidence de l'ouvrage sur l'aspect paysager du site ;
- Le respect de l'usage pour lequel le seuil a été conçu ;
- L'incidence écologique des travaux (terrassement du fond du lit) sur les habitats aquatiques ;
- L'efficacité présumée de la passe à poissons au vu des premiers dimensionnements réalisés. Cette efficacité est traduite en terme de hauteur de chute entre bassin, de puissance volumique dissipée et de vitesse d'écoulement. Nous rappelons que le fonctionnement doit être bon à optimal pour les débits compris entre Q_{25} et Q_{75} ;
- L'estimation des coûts d'investissement.

Les scénarii ont été caractérisés pour chaque critère :

- (--) très défavorable / très impactant ;
- (-) défavorable et impactant ;
- (0) sans objet ;
- (+) favorable / bénéfique
- (++) très favorable / très bénéfique.

Le Tableau 17 présente les résultats de l'analyse multicritères.

Tous les ouvrages ont été pré dimensionnés pour avoir un fonctionnement le plus optimal possible entre Q_{25} et Q_{75} . Le fonctionnement des ouvrages est en effet bon sur cette plage de débits mais il devient assez limitant à haut débit (Q_{90}) notamment en raison de la rapide augmentation des puissances volumiques dissipées. Il n'est toutefois pas conseillé d'augmenter le dimensionnement des ouvrages (notamment le volume d'eau des bassins) qui serait accompagné d'une nette augmentation des coûts de construction.

Seule la rampe en enrochements jointifs (scénario B) sur l'ouvrage FU18b n'apparaît pas fonctionnelle. Le scénario optimum serait alors probablement les pré-barrages (scénario A).

Pour la plupart des scénarii, la réalisation des travaux est rendu complexe par la mise hors d'eau du chantier. Ce constat est d'autant plus marqué que la largeur du lit est faible (< 12m) comme sur FU18b et FU19. Plus généralement, l'incertitude sur la nature et les cotes des fondations des digues rendent les investigations complexes et incertaines. Pour cette raison, un imprévu de 15 % du montant total HT a été rajouté au coût total de tous les ouvrages. Il serait alors préférable de faire valider les projets de passes à poissons par une expertise géotechnique pour s'assurer de la stabilité des ouvrages (seuil, digue, passe à poissons).

Enfin, l'équipement d'un quelconque ouvrage de franchissement sur le seuil jaugeur d'EDF (FU24) va conduire à une modification des conditions d'écoulements (loi H/Q) et nécessitera un recalibrage de la courbe de tarage.

3.3 Aménagements piscicoles

La qualité des habitats piscicoles sur le Furon est particulièrement dégradée par l'homogénéité des écoulements et des profondeurs d'eau importantes, l'absence de transport solide et de mobilité latérale. Pour améliorer la qualité des habitats piscicoles il est donc nécessaire, à minima, de diversifier les faciès d'écoulement et d'offrir des zones de refuges hydrauliques.

Compte tenu de l'impossibilité de réaliser des opérations de restauration hydromorphologiques ambitieuses (digues de part et d'autre avec nombreux réseaux enterrés, modalités foncières complexes), il est prévu de réaliser des aménagements piscicoles de type R1. Ces aménagements consistent à disposer des singularités hydrauliques dans le lit partiellement ou totalement noyés à débit moyen. Ces aménagements ont pour objet de diversifier les écoulements pour des débits courants et de n'avoir aucune incidence sur les lignes d'eau en crue. Les dimensionnements et les principes de mise en œuvre des enrochements sont établis dans ce sens. En tout état de cause, la section hydraulique du canal du Furon est très largement surdimensionnée et peut contenir une crue centennale sans risque de débordement.

Les aménagements seront réalisés à partir d'enrochements dont le poids sera compris entre 600 et 800 kg (soit un diamètre équivalent compris entre 750 et 850 mm). Il est prévu une quantité de 200 t d'enrochements sur le secteur amont et 600 t de matériaux sur le secteur aval. Ces enrochements seront disposés de différentes manières :

- Enrochements disposés de manière éparsée sur le fond du lit. Objectif : diversification des écoulements et formation de refuges hydrauliques ;
- Seuil ouvert avec échancrure. Objectif : formation d'un léger approfondissement et apparition possible d'une zone de dépôt en aval (frayère) ;
- Epi déflecteur aménagé selon un angle de 90° par rapport à la berge et sur une largeur voisine 1/3 de la largeur du lit mouillé. Objectif : diversification des écoulements, décolmatage localisé du fond du lit, abri hydraulique.

Les aménagements sont prévus d'être réalisés sur deux principaux secteurs :

1. Le canal du Furon sur un linéaire d'environ 2 000 m réparti entre 50 m en aval du passage busé (extrémité de la rue Clémencière à Sassenage) et 100 à 200 m en amont du seuil jaugeur de EDF (FU24).
2. Entre les seuils FU19 et FU20 sur un linéaire d'environ 500 m.

3.4 Restauration de frayères

Le Furon sur sa partie aval présente des zones de frayères intéressantes dont les potentialités sont limitées en raison de la rupture du transit sédimentaire au niveau des plages de dépôts situées en amont. Ainsi, les matériaux sédimentaires sont fréquemment colmatés ou grossiers et ne constituent plus des supports de pontes favorables.

Il pourrait alors être envisagé de reconstituer des zones de frayères attractives en réinjectant une granulométrie plus fine (\varnothing 5 à 30 mm). L'origine des matériaux à privilégier sont les deux plages de dépôts (propriété de la Commune de Sassenage et de l'ASCE).

TABLEAUX

Tableau 1 : Description des ouvrages hydrauliques sur le Furon aval	7
Tableau 2 : Caractéristiques de la masse d'eau Furon (SDAGE)	9
Tableau 3 : Problèmes et mesures du programme de mesures	10
Tableau 4 : Définition des scénarii d'aménagement par ouvrage	17
Tableau 5 : Fréquence de débits (m ³ /s)	19
Tableau 6 : Coût estimatif du scenario FU24 A (déplacement du seuil et construction de pré-barrages)	26
Tableau 7 : Coût estimatif du scenario FU24 B (déplacement du seuil et création d'une rivière de contournement)	26
Tableau 8 : Coût estimatif du scenario FU24 C (création d'un nouveau seuil et d'une nouvelle station de mesure)	27
Tableau 9 : Coût estimatif du scenario FU21 A (création de pré-barrages concentriques)	31
Tableau 10 : Coût estimatif du scenario FU21 B (création de pré-barrages sur toute la largeur du lit)	31
Tableau 11 : Coût estimatif du scenario FU20 A (création de pré-barrages sur toute la largeur du lit)	35
Tableau 12 : Coût estimatif du scenario FU20 B (création de pré-barrages et d'une rampe en enrochements)	35
Tableau 13 : Coût estimatif du scenario FU19 A (création de pré-barrages sur toute la largeur du lit)	39
Tableau 14 : Coût estimatif du scenario FU19 B (création de pré-barrages et d'une rampe en enrochements)	40
Tableau 15 : Coût estimatif du scenario FU18b A (création de pré-barrages sur toute la largeur du lit)	44
Tableau 16 : Coût estimatif du scenario FU18b B (création d'une rampe en enrochements)	44
Tableau 17 : Analyse multicritères des scénarii	47

FIGURES

Figure 1 : Localisation du périmètre d'étude	5
Figure 2 : Qualité de la continuité biologique sur le Furon aval	8
Figure 3 : Courbes de débits classés sur la période de migration sur le secteur aval de la Grande Saône	18
Figure 4 : Présentation du principe d'aménagement du scénario A sur FU24	21
Figure 5 : Répartition des débits entre le seuil et la passe à poissons	22
Figure 6 : Présentation du principe d'aménagement du scénario B sur FU24	23
Figure 7 : Présentation du principe d'aménagement du scénario C sur FU24	25
Figure 8 : Profil en travers de l'aménagement du seuil	25
Figure 9 : Présentation du principe d'aménagement du scénario A sur FU21	29
Figure 10 : Présentation du principe d'aménagement du scénario B sur FU21	30
Figure 11 : Présentation du principe d'aménagement du scénario A sur FU20	33
Figure 12 : Présentation du principe d'aménagement du scénario B sur FU20	34
Figure 13 : Présentation du principe d'aménagement du scénario A sur FU19	37
Figure 14 : Présentation du principe d'aménagement du scénario B sur FU19	38
Figure 15 : Présentation du principe d'aménagement du scénario A sur FU18b	42
Figure 16 : Relation hauteur, vitesse et débit sur la rampe en enrochements jointifs	43
Figure 17 : Présentation du principe d'aménagement du scénario B sur FU18b	43
Figure 18 : Présentation du principe d'aménagement du scénario A sur FU18b	45

Bibliographie

- BURGEAP (2010) Diagnostic géomorphologique des cours d'eau – Plan de gestion du transport solide et suivi des étiages », bassin versant de la Bourne et du Furon
- HYDRETTUES (2010) Etude d'inondabilité de la Petite Saône et de la Grande Saône
- GAY Environnement (2011) Etude bilan de la qualité des eaux superficielles et souterraines des bassins versants de la Bourne et du Furon
- EDF (2012) Données hydrométriques à la station EDF du pont du barrage de Saint Egrève
- FDAAPPMA de l'Isère (2004) Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion des ressources piscicoles (PDPG)
- HYDRETTUES (2012) Plage du Furon sur la commune de Sassenage. Dossier de gestion, d'entretien et de suivi de la plage.
- HYDRETTUES (2012) Confortement des digues du Furon sur la commune de Sassenage (AVP)
- LARINIER M., PORCHER J.P., TRAVADE F., GOSSET C. (1992) Passes à poissons ; expertise et conception des ouvrages de franchissement
- LARINIER M., COURRET D., GOMES P., (2006) Guide technique pour la conception des « passes naturelles »

