Fédération de la Haute-Saône pour la Pêche
et la Protection du Milieu Aquatique
4, Avenue du Breuil
70 000 VAIVRE-ET-MONTOILLE

Département de Haute Saône (70)
Fédération de Haute Saône pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique

Phase 2 - Avant-Projet

Etude du dérasement de l'ouvrage ROE 58 283 sur le Rahin et reconnexion du Ruisseau des Près d'Ambiez à Champagney et Plancher-Bas

IRH Ingénieur Conseil
13 A Rue Pierre Vernier
39100 DOLE
Tél. : +33 (0)3 84 69 01 78
Fax : +33 (0)3 84 82 75 68
www.groupeirhenvironnement.com

Groupe IRH Environnement

IRH Ingénieur Conseil

FICHE SIGNALETIQUE

CLIENT	
Raison sociale	Fédération de Haute Saône pour la pêche et la protection du milieu aquatique
Coordonnées	4 avenue du Breuil 70 000 VAIVRE ET MONTOILLE
Contact	Monsieur le Président

SITE D'INTERVENTION	
Raison sociale	Seuil du Général Brosset
Coordonnées	70 290 PLANCHER BAS
Famille d'activité	Etude
Domaine	Restauration milieux aquatiques - Continuité écologique

DOCUMENT	
Destinataires	Monsieur le Président
Date de remise	02/09/16
Nombre d'exemplaire remis	
Pièces jointes	-
Responsable Commercial	Cédric DELERIS Responsable Milieux Aquatiques

N° Rapport/Devis	FRCP160059_Brosset_Phase 2 AVP
Révision	0

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	VILLEGAS	Chargée d'études	29/07/16	
	MARCAGGI	Chargé d'affaires	05/08/16	

SOMMAIRE

1 Rappel du contexte et méthodologie générale 7
1.1 Localisation du site et objectifs de restauration 7
1.2 Variables de contrôles générales 8
1.2.1 Espèces cibles 8
1.2.2 Débits de références 8
1.3 Stratégies d'aménagement retenues 8
2 Localisation et implantation du projet 10
3 Caractéristiques hydromorphologiques 11
3.1 Rahin 11
3.1.1 Tracé en plan 11
3.1.2 Profil en long 11
3.1.3 Section transversale 11
3.2 Prés d'Ambiez 13
3.2.1 Tracé en plan 13
3.2.2 Profil en long 13
3.2.3 Section transversale 13
4 Aménagement du lit et des berges 15
4.1 Contraintes érosives 15
4.1.1 Forces tractrices 15
4.1.2 Profondeur d'affouillement 16
4.2 Stabilisation du lit et des berges 17
4.2.1 Seuil de calage 17
4.2.2 Enrochement pied de berge 17
4.2.3 Techniques végétales 17
4.3 Diversification des habitats 18
4.3.1 Matelas alluvial 18
4.3.2 Bancs de galets 18
5 Dispositif de franchissement piscicole 19
5.1 Principes généraux 19
5.1.1 Rappel des critères hydrauliques à respecter 20
5.1.2 Caractéristiques principales du dispositif 20
5.2 Dimensionnement et calage altimétrique 22
5.3 Caractéristiques des enrochements 23

Sommaire

5.3.1 Enrochements uniformément répartis 23
5.3.2 Rugosité du coursier 23
5.4 Fonctionnement hydraulique 24
5.5 Efficacité 24
6 Modélisation hydraulique 25
6.1 Construction du modèle 25
6.2 Conditions limites 25
6.2.1 Les conditions limites amont 25
6.2.2 Les conditions limites aval 25
6.3 Calage du modèle 25
6.4 Simulations hydrauliques pour les débits de crue 26
6.4.1 Résultats sur le Rahin 26
6.4.2 Résultats sur le ruisseau des Prés d'Ambiez 26
7 Estimation du montant des travaux 28
7.1.1 Rahin 28
7.1.2 Prés d'Ambiez 29
8 Annexes 30
8.1 Plans des aménagements 30

Sommaire

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Localisation du site d'étude et photographies des ouvrages en basses eaux (Google earth, Géoportail) 7
Figure 2 : Débits de référence 8
Figure 3 : Implantation du projet 10
Figure 4 : Base de dimensionnement du nouveau profil en long du Rahin 11
Figure 5 : Profil en travers de principe du futur lit du Rahin 12
Figure 6 : Base de dimensionnement du nouveau profil en long du Ruisseau des Prés d'Ambiez 13
Figure 7 : Profil en travers de principe du futur lit du Ruisseau des Prés d'Ambiez, à l'aval de la passe à poissons 14
Figure 8 : Calculs des forces tractrices 15
Figure 9 : Calculs des profondeurs d'affouillement 16
Figure 10 : Schéma de principe du projet de rampe en enrochements 19
Figure 11 : Exemples de rampe à enrochements régulièrement répartis 20
Figure 12 : Critères hydrauliques à respecter selon les groupes d'espèces pour les enrochements régulièrement répartis (« Conception des passes naturelles », GHAAPPE, 2006). 20
Figure 13 : Extrait de profil en long de l'aménagement 21
Figure 14 : Extrait de plan de masse de l'aménagement 21
Figure 15 : Extrait de profil en travers de l'aménagement en aval direct du pont RD74 22
Figure 16 : Dimensions caractéristiques de la rampe 22
Figure 17 : Schéma d'une disposition régulière des enrochements et notation (d'après GHAAPPE, 2006) 23
Figure 18 : Paramètres retenus pour le dimensionnement hydraulique du projet 23
Figure 19 : Fonctionnement hydraulique du dispositif 24
Figure 20 : Synthèse de la fonctionnalité de la rampe en enrochements 24
Figure 21 : Synthèse des résultats des modélisation sur le Rahin 27
Figure 22 : Synthèse des résultats des modélisation sur le ruisseau des Prés d'Ambiez 27

Préambule

La Fédération de Pêche de Haute Saône porte la maîtrise d'ouvrage pour la réalisation des études de restauration de la continuité écologique du Rahin et du Ruisseau des Près d'Ambiez au droit du barrage du Général Brosset à Champagney et Plancher-Bas.

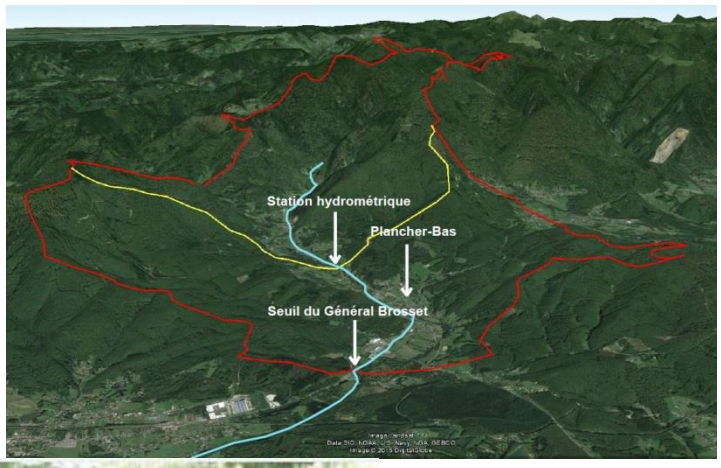
Le présent rapport a pour objet la Phase n°2 : Avant-Projet

1 Rappel du contexte et méthodologie générale

1.1 Localisation du site et objectifs de restauration

Le secteur d'étude concerne le cours d'eau le Rahin au niveau des limites communales de Plancher-bas et Champagney, ainsi qu'un de ses affluents de rive droite, le Ruisseau des Près d'Ambiez.

L'étude a pour ambition la restauration de la continuité écologique au droit de deux ouvrages hydrauliques : le pont permettant le franchissement du ruisseau d'Ambiez par la route départementale D4 au niveau de sa confluence avec le Rahin, ainsi que le barrage dit du Général Brosset, implanté en travers du cours du Rahin en aval de ce pont.



Busage Près d'Ambiez

Pont de la D4 à la confluence du ruisseau Près d'Ambiez avec le Rahin

Barrage du Général Brosset

Figure 1 : Localisation du site d'étude et photographies des ouvrages en basses eaux (Google earth, Géoportail)

1.2 Variables de contrôles générales

1.2.1 Espèces cibles

Les espèces cibles retenues sont la Truite Fario (espèce cible principale) ainsi que le Chabot et la Lamproie de Planer.

1.2.2 Débits de références

Les débits retenus pour le dimensionnement des aménagements sont les suivants :

	Rahin amont - Rahin aval	Près d'Ambiez
Qmna5	0.158 m3/s - 0.186 m3/s	0.028 m3/s
Module	2.3 m3/s - 2.5 m3/s	0.187 m3/s
2x Module	4.6 m3/s – 5 m3/s	0.374 m3/s
Q5	45.57 m3/s - 50.93 m3/s	5.36 m3/s
Q10	53.39 m3/s - 62.26 m3/s	8.87 m3/s
Q50	71.61 m3/s - 85.86 m3/s	14.25 m3/s

Figure 2 : Débits de référence

Sur le Rahin, les débits de référence ont été estimés à partir des données disponibles sur la station hydrométrique de Plancher-Bas.

Sur le ruisseau des Prés d'Ambiez, des mesures de débit ont été effectuées par le maitre d'ouvrage en décembre 2015 et ont permis de rectifier les estimations effectuées lors de la phase diagnostic.

1.3 Stratégies d'aménagement retenues

Les propositions d'aménagement formulées lors de la phase d'étude précédente étaient les suivantes :

- **Effacement du seuil du général Brosset**

L'ouvrage en question ne présente aujourd'hui plus aucun usage. La faisabilité de son effacement et les incidences associées ont donc été étudiées dès le lancement de l'étude.

Ce scénario permet le rétablissement de la continuité piscicole sur un linéaire de 8 km ainsi que la restauration du transit sédimentaire, élément qui permettra la redistribution des matériaux graveleux accumulés en amont de l'obstacle et conduira ainsi à l'amélioration de la qualité physique du milieu en aval.

En dehors des objectifs de continuité écologique, les incidences principales de l'effacement du seuil mises en évidence sont les suivantes :

- un abaissement des lignes d'eau en période de crue, réduisant ainsi le risque inondation au niveau de la propriété de M LAMBOLEY (rive droite),
- une augmentation des vitesses et sollicitations hydrauliques au niveau de l'accotement de la RD4,
- un ajustement du profil en long du Rahin en amont de l'ouvrage effacé, avec un abaissement du lit d'environ 50 cm dans la zone de remous actuelle,
- une augmentation de la hauteur de chute à la confluence entre le ruisseau des Prés d'Ambiez et du Rahin.

La solution d'effacement du seuil du Général Brosset a été retenue par le comité de pilotage en fin de phase n°1. Celle-ci sera associée à des mesures d'accompagnement afin d'en limiter les incidences négatives : protections adaptées au risque d'incision du fond de lit et au risque d'érosion latérale ainsi qu'aménagement pour le rétablissement de la continuité écologique sur le ruisseau des Prés d'Ambiez.

- **Aménagement du pont de la RD4**

La solution la plus efficace pour le rétablissement de la continuité écologique au droit du pont de la RD4 sur le ruisseau des Prés d'Ambiez serait de supprimer le radier de l'ouvrage. Néanmoins, cette intervention engendrerait des travaux conséquents de confortement de l'ouvrage et des ajustements morphologiques importants sur le ruisseau des Prés d'Ambiez.

L'alternative à l'effacement du radier du pont consiste à la création d'un ouvrage de franchissement piscicole.

Dans un souci d'ambition forte du projet global, la réalisation d'une passe à bassin successifs a été écartée (dispositif trop sélectif vis-à-vis des espèces cibles) au profit d'un scénario d'aménagement d'une passe naturelle de type rampe en enrochements régulièrement répartis.

La création de cet ouvrage nécessite une emprise importante, la longueur du pont (8 mètres) ne serait donc pas suffisante pour accueillir le dispositif et cela nécessite d'empiéter sur l'emprise du lit actuel du Rahin sur une vingtaine de mètres à l'aval.

Le décalage du lit mineur du Rahin davantage en rive gauche est donc nécessaire ainsi que la création d'un lit mineur sur un l'linéaire d'environ 100m.

Ce décalage du Rahin permet de s'affranchir des contraintes hydrauliques sur l'accotement de la RD4, et de ne pas avoir à démolir le seuil du général Brosset, cela sans remettre en question l'atteinte des objectifs du projet.

- **Remplacement des buses béton**

Sur le ruisseau des Prés d'Ambiez, à l'amont du pont de la RD4, des buses représentant des obstacles à la continuité piscicole sont implantées. Leurs remplacements par des ouvrages de franchissement de type ponts cadres a été évoqué lors de la phase n°1. Ces aménagements rustiques n'ont pas été intégrés aux études d'avant-projet, le maître d'ouvrage étant en mesure de porter l'opération en autonomie ultérieurement.

- **Scénario d'aménagement global retenu**

Le scénario d'aménagement retenu consiste à décaler le Rahin en rive gauche en recréant un lit mineur sur un linéaire d'environ 100 mètres. La connexion avec le ruisseau des Prés d'Ambiez se fera par la création d'un nouveau lit sur un linéaire d'environ 70 mètres.

Le seuil du Général Brosset sera maintenu en place.

La validation de la faisabilité de ce scénario, avant lancement des études d'avant-projet, nécessitait toutefois de s'assurer que le projet n'impacterait pas le forage des Prés de la Grange, captage aujourd'hui exploité par le SIAEP de Champagney pour l'alimentation en eau potable.

L'hydrogéologue M. Caille, étant mandaté par le SIAEP de Champagney pour la réalisation d'une étude hydrogéologique, a été sollicité pour l'émission d'un avis sur le projet. L'étude est actuellement en cours, les conclusions permettront notamment de se prononcer sur la nature des échanges entre la nappe et le Rahin et d'évaluer l'incidence du projet sur le captage d'eau potable. Le Périmètre de Protection Immédiate ayant été réduit, le projet sera localisé dans la zone correspondant au Périmètre de Protection Rapprochée et sera donc réalisable d'un point de vue foncier.

2 Localisation et implantation du projet

Le projet implique une restructuration importante de la confluence entre le ruisseau des Prés d'Ambiez et le Rahin, au droit du seuil du Général Brosset et du pont de la RD4 :

- **Intervention sur le Rahin : décalage du lit en rive gauche**
  - Recréation d'un nouveau lit mineur : 100 ml
  - Intervention sur le profil en long pour lisser la valeur de pente : 80 ml
  - Stabilisation du profil en long du nouveau lit via la création de 4 seuils de calage
  - Protection de pied de berges en enrochements
  - Stabilisation des berges par techniques végétales : ensemencement, plantations d'arbres et arbustes et mise en œuvre de couches de branches
  - Comblement de l'ancien lit en bordure de RD4

- **Interventions sur le Ruisseau des Prés d'Ambiez :**
  - Création d'une rampe en enrochements régulièrement répartis : 15 ml
  - Recréation d'un nouveau lit mineur : 53 ml
  - Stabilisation du profil en long du nouveau lit via la création de 3 seuils de calage
  - Stabilisation des berges par techniques végétales : ensemencement, plantations d'arbre et arbustes et mise en œuvre de couches de branches et fascines.

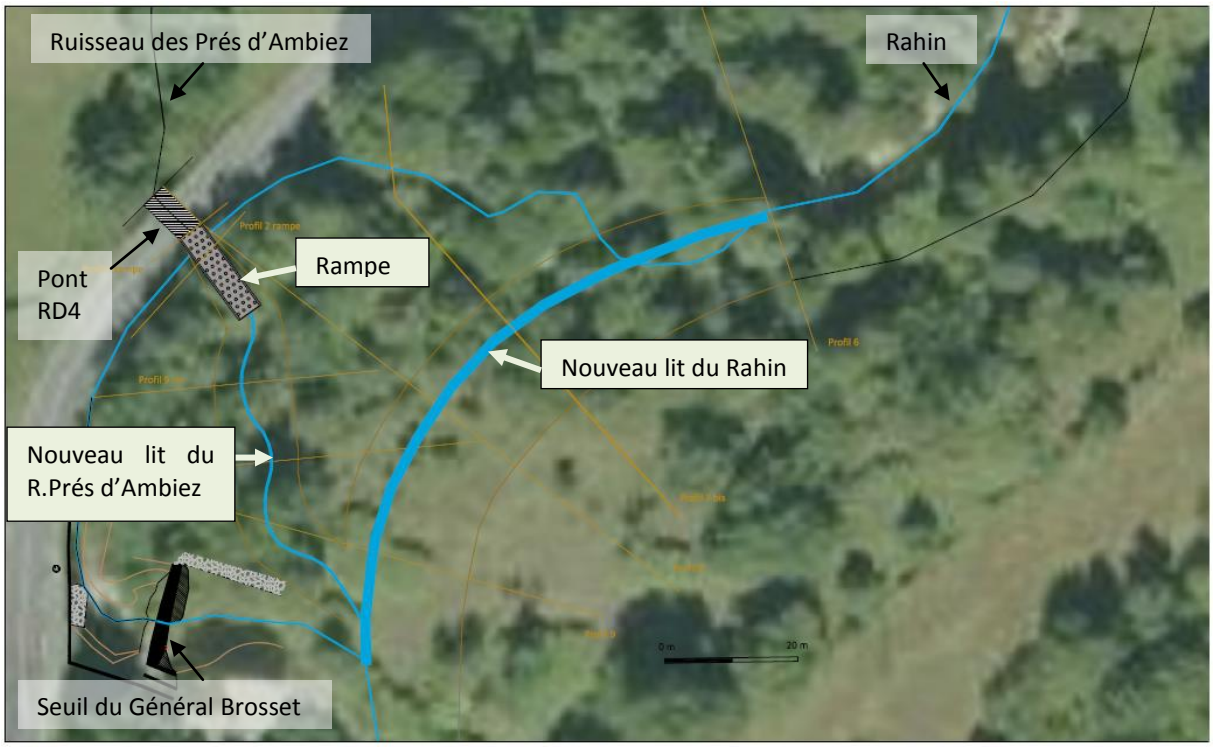


Figure 3 : Implantation du projet

3 Caractéristiques hydromorphologiques

3.1 Rahin

3.1.1 Tracé en plan

Le tracé du nouveau linéaire est conditionné à la fois par :

- l'accord des propriétaires d'intervenir sur leur parcelle,
- la reconnexion avec le linéaire originel,
- la reconnexion avec le ruisseau des Prés d'Ambiez.

En tenant compte de ces éléments, nous obtenons un tracé qui s'étend sur un linéaire de 100 mètres. Il correspond à une courbe de longueur d'onde 90 mètres et d'amplitude 18 mètres.

3.1.2 Profil en long

La pente du profil est déterminée par les points de reconnexion amont et aval avec le tracé actuel du Rahin. Initialement, la pente du profil en long en état projet était de 2.09 % en tenant compte de l'entrée et de la sortie de la parcelle en rive gauche. Afin de réduire cette valeur et d'homogénéiser avec les valeurs de pente relevées sur les tronçons amont et aval, il est proposé d'intervenir sur le fond du lit en amont et en aval du linéaire projet.

En amont, l'intervention consiste à abaisser le fond du lit d'une hauteur maximum de 0.40 m sur un linéaire d'environ 30 mètres. En aval, des opérations de recharge sédimentaire permettront de rehausser la cote fond de lit sur un linéaire d'environ 50 mètres.

Ainsi le dénivelé sera de l'ordre de 2.40 m pour une distance de 182 mètres, soit une valeur de pente moyenne de 1.31 %.

	Cote amont	Cote aval	Linéaire	Pente
Linéaire amont	400.70	399.01	182	0.93 %
Linéaire aval	396.92	395.15	226	0.78 %
Linéaire projet	399.01	396.61	182	1.31 %

Figure 4 : Base de dimensionnement du nouveau profil en long du Rahin

3.1.3 Section transversale

Les dimensions et la morphologie de la section transversale ont été définies à partir de la sinuosité du tracé en plan et des résultats des simulations hydrauliques.

Le gabarit du nouveau lit mineur du Rahin doit permettre la concentration des écoulements en période de faibles débits ainsi qu'une bonne connectivité latérale. Il présentera donc une section de type emboitée, avec un lit d'étiage dimensionné sur le module :

- largeur du fond de lit = 2.50 m
- ouverture = 4.50 m
- hauteur = 0.40 m

La section du lit mineur permet d'obtenir une hauteur d'eau d'environ 0.40 m pour le module et 0.10 m pour le QMNA5.

La largeur du lit plein bord sera quant à elle d'environ 20 mètres ce qui permettra de contenir les écoulements jusqu'à une crue de retour 50 ans. La hauteur de berge sera comprise entre 2 et 2.50 m excepté en amont de la parcelle où celle-ci sera d'1.40 m au niveau du profil 6.

Afin de respecter la morphologie des cours d'eau naturels et notamment la dissymétrie des berges, la pente de la rive concave aura une valeur de 2H/1V et la rive opposée une valeur de 20H/1V. Cela permettra notamment de favoriser la concentration des écoulements à l'extérieur des sinuosités et les atterrissements à l'intérieur.

Le creusement du nouveau lit prévoit le déblai d'environ 3 000 m3. Ces matériaux seront réutilisés pour combler l'ancien lit du Rahin, en bord de la RD4. Un apport de remblais supplémentaire de 850 m3 sera toutefois nécessaire.

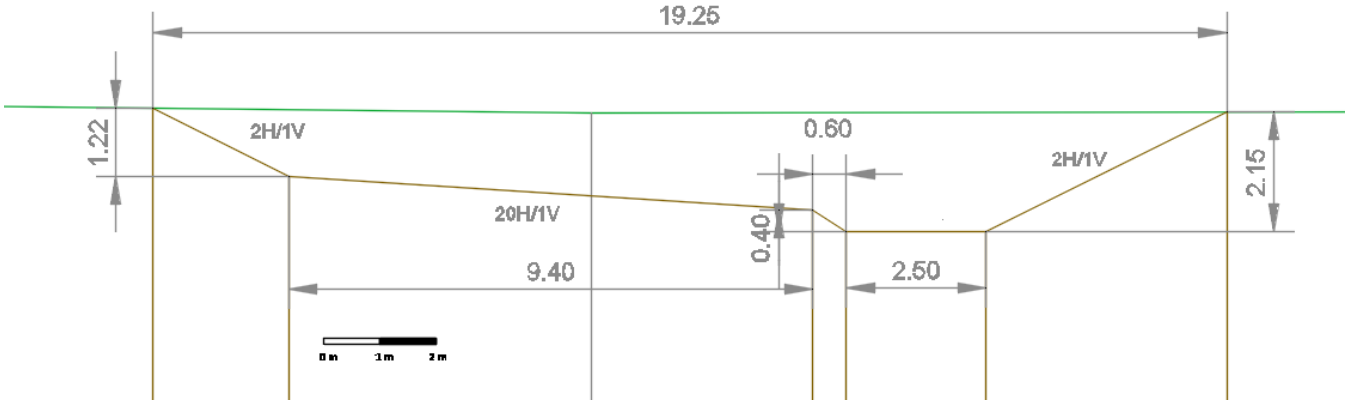


Figure 5 : Profil en travers de principe du futur lit du Rahin

3.2 Prés d'Ambiez

3.2.1 Tracé en plan

Le tracé du nouveau linéaire est conditionné à la fois par :

- l'accord des propriétaires d'intervenir sur leur parcelle,
- les caractéristiques de la rampe en enrochements régulièrement répartis,
- la reconnexion avec le Rahin.

En tenant compte de ces éléments, nous obtenons, à l'aval du dispositif de franchissement piscicole de 15 ml, un nouveau tracé du ruisseau des Prés d'Ambiez sinueux (Is = 1.1) qui s'étend sur un linéaire de 53 m.

3.2.2 Profil en long

La pente du profil est déterminée par l'aval de la rampe en enrochement et le point de connexion avec le nouveau tracé du Rahin. Le dénivelé est de l'ordre de 1.05 m pour une distance de 53 mètres, soit une valeur de pente moyenne de 1.98 %.

	Cote amont	Cote aval	Linéaire	Pente	Is
Linéaire amont	400.56	399.27	88.8	1.45%	1.04
Rampe	399.19	398.44	15	5.00%	
Linéaire projet	398.44	397.39	53	1.98%	1.10

Figure 6 : Base de dimensionnement du nouveau profil en long du Ruisseau des Prés d'Ambiez

3.2.3 Section transversale

La section transversale est définie à partir de la morphologie du cours d'eau sur des portions de linéaire non aménagées et des simulations hydrauliques réalisées.

Le gabarit du nouveau lit mineur du Ruisseau des Prés d'Ambiez présentera une section de type emboitée, avec un lit d'étiage dimensionné pour les faibles et moyens débits :

- largeur du fond de lit = 0.30 m
- ouverture = 0.55 m
- hauteur = 0.30 m

La section du lit mineur permet d'obtenir une hauteur d'eau d'environ 0.30 m pour le module et 0.10 m pour le QMNA5.

Le lit plein bord est quant à lui conditionné par les contraintes topographiques du site. Sa largeur sera de 8 à 10 m. La pente de la rive concave aura une valeur de 2H/1V et la rive opposée une valeur de 3H/1V. La hauteur de berge sera d'environ 1.50 m.

Les hauteurs d'eau sont reportées sur les profils en travers présentés en annexe.

Le creusement du nouveau lit prévoit le déblai de 560 m3. Ces matériaux seront réutilisés pour combler l'ancien lit du Rahin, en bord de RD4. L'apport en remblais supplémentaire permettra de compenser le volume à combler dans le lit actuel du Rahin.

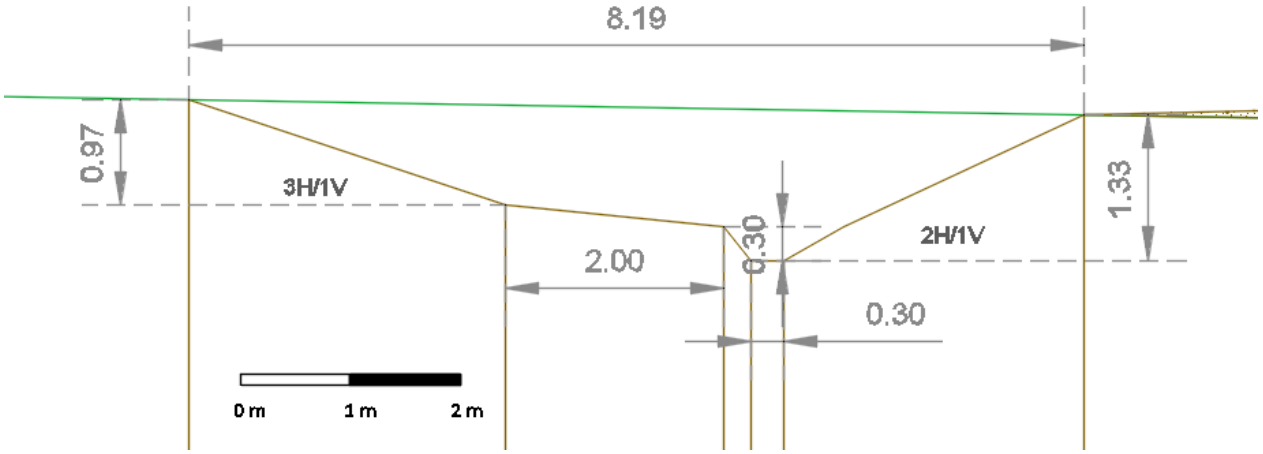


Figure 7 : Profil en travers de principe du futur lit du Ruisseau des Prés d'Ambiez, à l'aval de la passe à poissons

4 Aménagement du lit et des berges

4.1 Contraintes érosives

Afin de déterminer les aménagements les plus adaptés et le niveau de protection nécessaire nous avons estimé les contraintes érosives qui s'exerceront sur les berges et le fond du lit en état projet.

4.1.1 Forces tractrices

Le calcul des forces tractrices va permettre d'estimer les pressions exercées par la lame sur le fond du lit et le pied de berge en période de crue. Deux formules ont été utilisées :

- L'une s'appuyant sur le rayon hydraulique et la pente : $\tau = \rho.R.I \text{ en } N/m^2$
- L'autre s'appuyant sur la pente, la rugosité et la vitesse : $\tau = \rho.I^{1/4}.Ks^{-3/2}.V^{3/2}$

Pour chacune de ces formules un coefficient de sinuosité a été appliqué.

Rahin		Poids volumique eau	Pente (m/m)	Rugosité (lit mineur)	Vitesse (m/s)	Heau (m)	Rayon hydraulique	Calculs à partir du Rh	Calculs à partir de la vitesse
Q10	P8	9810	0.0131	20	2.73	1.78	1.05	**150.25**	**185.78**
Q50	P8	9810	0.0131	20	3.01	2.02	1.22	**173.80**	**215.09**

Prés d'Ambiez		Poids volumique eau	Pente (m/m)	Rugosité (lit mineur)	Vitesse (m/s)	Heau (m)	Rayon hydraulique	Calculs à partir du Rh	Calculs à partir de la vitesse
Q10	P9bis	9810	0.0198	20	2.36	1.12	0.52	**111.76**	**164.08**
Q50	P9bis	9810	0.0198	20	2.62	1.35	0.64	**143.50**	**191.93**

Figure 8 : Calculs des forces tractrices

Compte tenu des résultats, il est préconisé de protéger les berges.

Sur le Rahin, les sollicitations maximales étant supérieures à 200 N/m² des enrochements seront positionnés en pied de berge. De plus, la situation en extrados et le risque de retour du cours d'eau dans son ancien lit nous orientent vers ce type de technique. L'enrochement sera couplé avec des techniques végétales sur la partie supérieure du talus. Sur le ruisseau des Prés d'Ambiez, la mise en œuvre de techniques végétales sera suffisante.

4.1.2 Profondeur d'affouillement

La formule d'Izzard Bradley a été utilisée afin de déterminer la profondeur d'affouillement théorique et de caler en altimétrie les aménagements en conséquence. Il convient de préciser qu'il ne s'agit que d'une valeur indicative.

Cette formule repose sur le calcul de la hauteur d'eau moyenne à début d'entraînement des matériaux moyens du fond de lit.

$$Fp = 0.73 \times q^{2/3} \times d50^{-1/6}$$

q = le débit par unité de largeur de lit.
D50 = est le diamètre correspondant à 50 % des matériaux de diamètre inférieur sur la courbe de granulométrie.

La hauteur d'affouillement par rapport au fond moyen du cours d'eau est donnée par l'intervalle suivant :

Profondeur d'affouillement = H q - Fp

Les hauteurs d'eau et les débits utilisés dans le tableau ci-dessous correspondent à crues de retour 10 et 50 ans.

Rahin	Q10 (m3/s)	Largeur du lit (m)	Débit par unité de largeur (m3/s)	d50 (m)	Heau pb (m)
P8	53.39	17.64	3.03	0.080	1.74
Capacité d'affouillement	2.33				
Profondeur d'affouillement (m)	**0.59**				

Rahin	Q50 (m3/s)	Largeur du lit (m)	Débit par unité de largeur (m3/s)	d50 (m)	Heau pb (m)
P8	71.61	18.60	3.85	0.080	2.02
Capacité d'affouillement	2.73				
Profondeur d'affouillement (m)	**0.71**				

Prés d'Ambiez	Q10 (m3/s)	Largeur du lit (m)	Débit par unité de largeur (m3/s)	d50 (m)	Heau pb (m)
P9bis	8.9	6.94	1.28	0.015	1.12
Capacité d'affouillement	1.74				
Profondeur d'affouillement (m)	**0.62**				

Prés d'Ambiez	Q50 (m3/s)	Largeur du lit (m)	Débit par unité de largeur (m3/s)	d50 (m)	Heau pb (m)
P9bis	14.25	7.73	1.84	0.015	1.35
Capacité d'affouillement	2.21				
Profondeur d'affouillement (m)	**0.86**				

Figure 9 : Calculs des profondeurs d'affouillement

D'après les résultats obtenus, la profondeur d'affouillement est de l'ordre de 70 cm pour le Rahin en crue cinquantennale et d'environ 0.86 m pour le ruisseau des Prés d'Ambiez. Le dimensionnement des protections tiendra compte de ces valeurs.

4.2 Stabilisation du lit et des berges

4.2.1 Seuil de calage

Qu'il s'agisse du nouveau lit du Rahin ou de celui du ruisseau des Prés d'Ambiez, le calcul des sollicitations en état aménagé a mis en évidence la nécessité de stabiliser les nouveaux profils en long via la mise en œuvre de seuils de calage. De plus, le profil en long des nouveaux tracés va créer au droit des points de transition avec le lit actuel une rupture de pente susceptible de favoriser des phénomènes d'érosion régressive et progressive qu'il est nécessaire d'anticiper.

Sur le Rahin, quatre seuils de calage seront créés. Pour ce qui concerne le ruisseau des Prés d'Ambiez, trois seuils seront mis en place : le premier en pied du dispositif de franchissement piscicole, le second en aval du profil 9bis au droit d'un point d'inflexion entre deux sinuosités et le dernier en aval du nouveau lit.

Le projet prévoit la réalisation de **rampe de fond de type « selle de cheval »**. Cette architecture permet notamment de :

- Assurer une grande stabilité sans nécessiter un ancrage très profond,
- Concentrer les forces hydrauliques sur la partie centrale,
- Maintenir la continuité écologique.

Ces ouvrages seront réalisés en enrochements libres.

La pente des seuils de calage sera calée sur celle du profil en long du cours d'eau concerné, afin de ne pas créer d'obstacles infranchissables pour la faune piscicole et de ne pas favoriser la formation de zones de surcreusement en aval.

La **longueur totale** maximale des rampes sera de 6 mètres sur le Rahin et 3 mètres sur le ruisseau des Prés d'Ambiez. La **profondeur d'ancrage des seuils sera au minimum de 80 cm** ce qui correspond à deux rangées de blocs dont le diamètre moyen sera d'environ 0.5 m. Des blocs de plus petit diamètre seront intercalés afin d'augmenter la rugosité de l'ouvrage et ainsi faciliter la progression des poissons en créant des zones avec des vitesses d'écoulement plus réduites.

4.2.2 Enrochement pied de berge

En rive droite du nouveau tracé du Rahin, les sollicitations hydrauliques et la volonté d'empêcher l'érosion latérale imposent la mise en œuvre de génie civil. C'est pourquoi des enrochements seront positionnés en pied de berge.

Les enrochements auront une hauteur totale de 1 mètre depuis le fond de lit et seront composés de blocs dont le diamètre moyen sera compris entre 0.50 et 0.60 m. Le calcul du diamètre des blocs s'effectue à partir de la vitesse des écoulements, d'un coefficient de turbulence des écoulements et de la pente des berges.

Sous le fond du lit une semelle d'ancrage des blocs sera réalisée. Ses dimensions seront fonction de la profondeur d'affouillement et du diamètre moyen des blocs à mettre en œuvre.

4.2.3 Techniques végétales

a.Pied de berge

Pour ce qui concerne le nouveau lit du ruisseau des Prés d'Ambiez, le pied de berge de la rive concave sera protégé par la mise en place de fascines de saules. Cette technique permet de protéger efficacement le pied de berge à partir de fagots de branches de saules vivantes maintenus entre deux rangées de pieux. Les pieux

auront une hauteur de 2.50 m. Le diamètre des fascines sera compris entre 30 et 40 cm. Des branches anti sapement seront posées perpendiculairement à la fascine.

b.Talus

Après la réalisation des travaux de terrassement et la mise en place des protections du pied de berge, les talus seront protégés par la mise en place de **couches de branches.**

Cette technique protège les talus par fixation contre le sol de végétaux ligneux vivants aux capacités de reprise immédiate. Cette technique permet d'assurer une protection des talus efficace dès sa mise en œuvre. Après le profilage de la berge et la mise en place de terre végétale, les branches sont posées parallèlement à la pente du talus, à raison de 30 à 40 u/ml, de sorte de recouvrir complétement la zone à protéger. Elles sont ensuite recouvertes de matériaux terreux et d'un géotextile puis plaquées au sol à l'aide d'un treillage de fil de fer tendu entre les pieux.

Sur la partie supérieure des berges et la partie aval du linéaire projet **des plantations seront effectuées.** L'objectif de ces plantations est d'une part de stabiliser les sols par le système racinaire des végétaux mais également de favoriser le développement de formations végétales riveraines diversifiées. Cela permettra de bénéficier des fonctions biologiques occupées par les ripisylves : ombrage, habitat, refuge, corridor biologique… L'objectif étant de recréer un milieu fonctionnel et une continuité végétale avec les linéaires amont et aval. Enfin l'intérêt de ces plantations est de pouvoir diversifier les essences présentes sur les berges. Le recours aux techniques végétales favorisent le développement des saules or il est indispensable d'éviter la monospécificité. Les plantations se feront avec des plants à racines nues dont la densité sera d'environ 1,5 unité au m².

En complément, **l'ensemble des surfaces travaillées sera ensemencée**. L'intérêt est de pouvoir favoriser très rapidement après les travaux le développement d'une couverture végétale protectrice. Le réseau racinaire développé par les herbacées permet de fixer les couches superficielles du sol et lutter contre l'érosion éolienne et le ruissellement en attendant le développement des arbres et arbustes.

4.3 Diversification des habitats

4.3.1 Matelas alluvial

Dans le cadre des travaux de terrassement, la mise en place d'un matelas alluvial sera effectuée afin de créer un lit fonctionnel et diversifié. En effet, la présence de sédiments permet de diversifier les écoulements et d'offrir des conditions indispensables pour la vie aquatique : habitats, support de ponte…

L'épaisseur du matelas alluvial sera d'environ 30 cm. Le diamètre des matériaux sera compris entre les cailloux grossiers (3.2/6.4 cm) et les pierres grossières (12.8/25.6 cm).

Des blocs d'un diamètre plus important, environ 30 à 40 cm, pourront être positionnés dans le lit afin de varier les faciès d'écoulement et créer des abris pour la faune benthique et les populations piscicoles.

4.3.2 Bancs de galets

En rive gauche du cours d'eau, il est proposé de reconstituer des bancs de galets mobiles sur la rive convexe. L'objectif est double, il s'agit à la fois de permettre au cours d'eau d'ajuster son lit d'étiage en fonction des évènements hydrologiques et de fournir une recharge granulométrique mobilisable qui sera remaniée et favorisera la création de milieux diversifiés. Les classes granulométriques allant des cailloux fins aux pierres fines seront privilégiées.

5 Dispositif de franchissement piscicole

Le franchissement du ruisseau des Près d'Ambiez, par la route départementale n°4, en amont direct de sa confluence avec le Rahin s'effectue par un pont maçonné en arc d'une largeur d'écoulement de 4 m.

Actuellement, l'ouvrage représente un obstacle à la continuité écologique en raison de son radier perché de 0.64 à 1.28 m (selon l'hydrologie) par rapport au lit du Rahin. A noter également le phénomène d'étalement de la lame d'eau sous l'ouvrage, qui présente une contrainte supplémentaire au franchissement piscicole.

Le projet intègre le rétablissement de la connectivité entre le ruisseau des Près d'Ambiez et le Rahin. Au vue des difficultés techniques et financières d'un dérasement du radier du pont de la route départementale n°4, le scénario privilégié consiste à la création d'une rampe en enrochement régulièrement répartis à l'aval de l'ouvrage.

Les objectifs principaux de l'aménagement sont les suivants :

- créer les conditions d'écoulements dans l'aménagement adéquates au franchissement de l'espèce cible « Truite Fario»
- rehausser les lignes d'eau sous le pont de la RD n°4

5.1 Principes généraux

Le projet consiste en la création d'une passe de **type « naturelle »,** constituée par une **rampe inclinée** en génie civil, **tapissée de macro-rugosités uniformément répartis** (menhirs en enrochements).

L'objectif de ce dispositif est de recréer de manière plus ou moins proche les caractéristiques des cours d'eau naturels à forte pente, en mettant en œuvre une pente relativement prononcée et en intégrant des macro-rugosités pour la dissipation d'énergie et la réduction des vitesses.

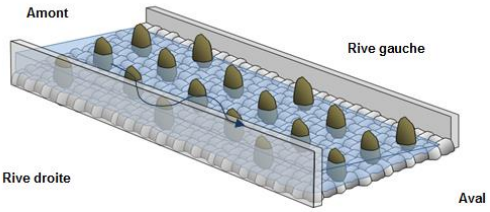


Figure 10 : Schéma de principe du projet de rampe en enrochements

Figure 11 : Exemples de rampe à enrochements régulièrement répartis

5.1.1 Rappel des critères hydrauliques à respecter

L'espèce cible retenue est la Truite Fario. Il s'agit de l'espèce pour laquelle le temps de fonctionnalité des aménagements imposé est maximal.

Dans l'objectif d'obtenir une fonctionnalité d'aménagement élargie au plus grande nombre d'espèces, les critères hydrauliques à satisfaire pour le groupe des petites espèces seront également considérés.

A noter qu'au vue des faibles débits du Ruisseau des Près d'Ambiez, une hauteur d'eau minimale de 5 cm dans l'aménagement sera retenue pour les très basses eaux.

Groupe d'espèces	Vitesses maximales dans les jets (m/s)	Hauteur d'eau minimale (m)	Puissances dissipées (W/m3)	
Saumons, truites de mer, lamproies	2.5	0.4	500	600
Aloses	2	0.4	300	450
Truites fario	2	0.3	500	600
Ombres, cyprinidés rhéophiles	2	0.3	300	450
Petites espèces	1.5	0.2	200	300
Critères retenus pour l'aménagement	1.5	0.05	200	300

Figure 12 : Critères hydrauliques à respecter selon les groupes d'espèces pour les enrochements régulièrement répartis (« Conception des passes naturelles », GHAAPPE, 2006).

5.1.2 Caractéristiques principales du dispositif

L'ouvrage sera implanté en aval du pont de la RD n° 4, sur l'intégralité de sa largeur. Il réceptionnera donc l'intégralité des débits du ruisseau des Près-d'Ambiez.

L'aménagement, de 15 m de long, présentera une **pente longitudinale de 5%.**

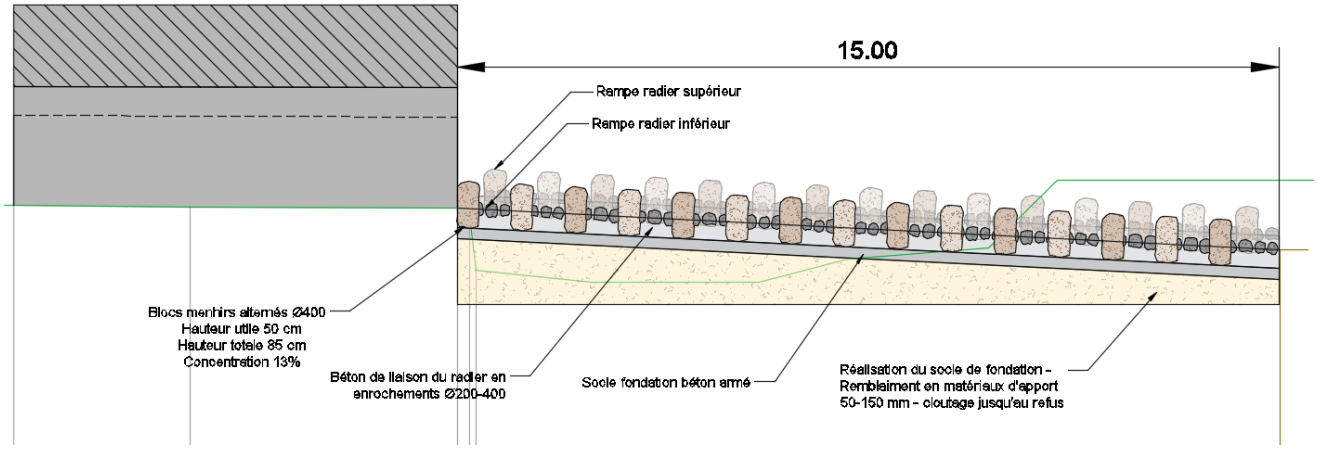


Figure 13 : Extrait de profil en long de l'aménagement

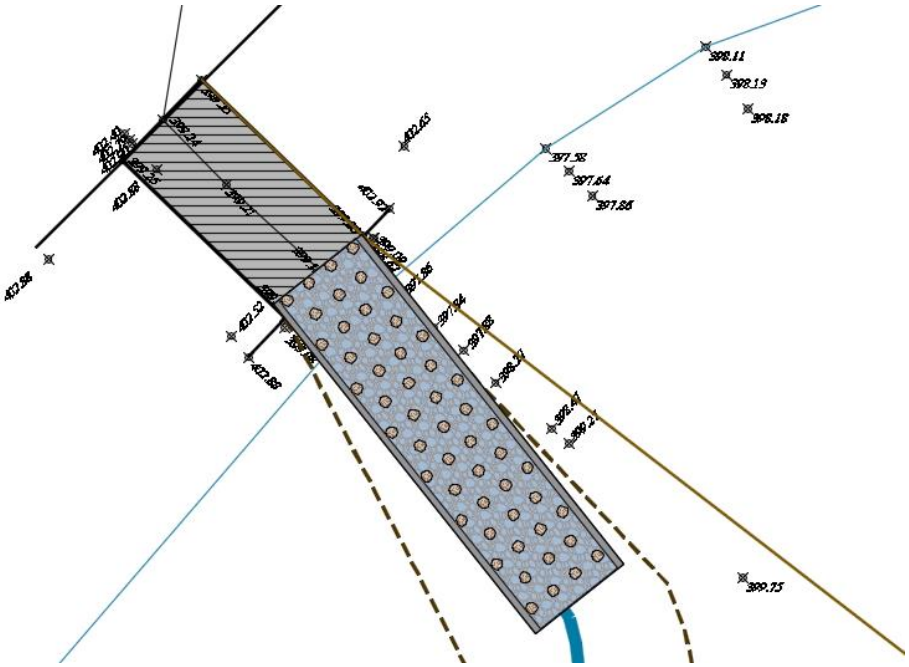


Figure 14 : Extrait de plan de masse de l'aménagement

Dans le double objectif de concentrer les écoulements en basses eaux dans le dispositif ainsi que rehausser les lignes d'eau sous le pont, la rampe présentera dans sa section transversale :

-un radier inférieur d'1 m de large dont la cote altimétrique amont correspondra à la cote du radier du pont

-un radier supérieur de 2.5 m de large dont la cote altimétrique amont sera 25 cm plus haute que le radier inférieur.

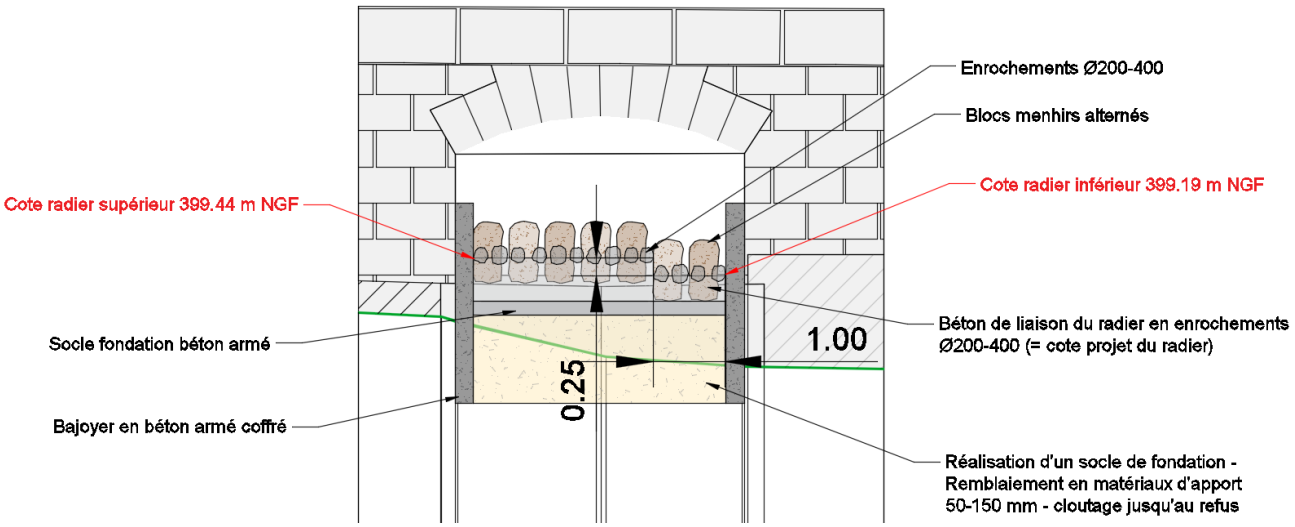


Figure 15 : Extrait de profil en travers de l'aménagement en aval direct du pont RD74

5.2 Dimensionnement et calage altimétrique

La rampe sera d'un dénivelé général de 75 cm. Elle sera constituée par 2 voiles latéraux en béton, de longueur 15 m et d'épaisseur de 25 cm, reposant sur des semelles béton.

La mise en place d'un remblai en 80-200 entre ces éléments béton et d'un géotextile entre l'ouvrage et le terrain naturel permettra de limiter les infiltrations d'eau et l'entrainement de matières fines constitutives du terrain naturel, de nature à déstabiliser l'aménagement.

Les principales caractéristiques du projet sont présentées dans le tableau suivant :

Dénivelé du radier (m)	0.75	
Largeur du coursier (m)	Largeur globale de l'aménagement hors bajoyers : 3.5 m	
	Largeur de la rampe basse : 1 m	
Longueur totale de la rampe (m)	15	
Pente longitudinale	5%	
Cote amont de la rampe	Mini : 399.19 NGF	Maxi : 399.44 NGF
Cote aval de la rampe	Mini : 398.44 NGF	Maxi : 398.69 NGF

Figure 16 : Dimensions caractéristiques de la rampe

5.3 Caractéristiques des enrochements

Les caractéristiques d'implantation des enrochements dans la passe sont les suivantes.

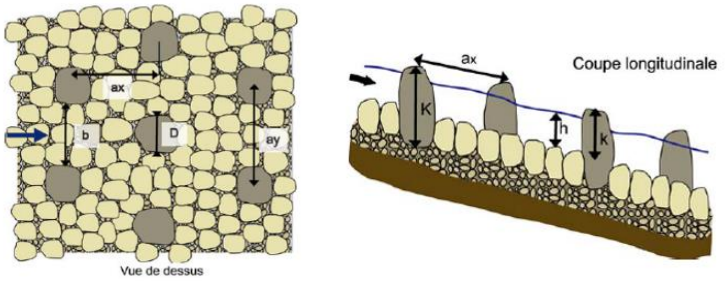


Figure 17 : Schéma d'une disposition régulière des enrochements et notation (d'après GHAAPPE, 2006)

ax :	1.00 m	*Espacement longitudinal entre blocs, d'axe à axe*
ay :	1.00 m	*Espacement latéral entre blocs, d'axe à axe*
b :	0.60 m	*Largeur de passage libre entre les blocs*
D :	0.40 m	*Largeur face à l'écoulement des blocs*
K :	0.85 m	*Hauteur totale du bloc*
k :	0.50 m	*Hauteur utile des blocs*
C :	16%	*Concentration des blocs*
I :	5%	*Pente du coursier*

Figure 18 : Paramètres retenus pour le dimensionnement hydraulique du projet

5.3.1 Enrochements uniformément répartis

Des blocs d'enrochements de type « menhir » seront installés sur la base du radier de la rampe. Ces blocs seront installés avec un espacement longitudinal de 1 m et transversal de 0,60 m.

Ces blocs d'enrochements seront à **face plane**, de 0,4 m de largeur face à l'écoulement, et de 0.85 m de hauteur depuis le fond de l'ouvrage (hauteur utile de 0,5 m), avec une orientation aérodynamique (angles cassés, pas d'arêtes vives).

Ces blocs seront constitués (par une pierre propre, dure, non gélive, résistante à l'eau et aux agressions extérieures et sans défauts apparents (zones friables ou altérées). La nature de ces enrochements sera de type Boulonnais.

Face à l'éventuelle difficulté de trouver des blocs rocheux de dimensions adaptées et proches du site de projet, des **blocs préfabriqués** apportant les mêmes propriétés pourront éventuellement être utilisés.

5.3.2 Rugosité du coursier

Le coursier de la passe sera rendu rugueux par la mise en place de blocs rocheux jointifs maçonnés (diamètre 20 à 40 cm) et calés en hauteur. Ces blocs seront installés debout un par un et permettront de préciser l'ancrage et la stabilité des blocs de type menhir. La partie supérieure de ces enrochements sera laissée libre sur environ 15 cm.

5.4 Fonctionnement hydraulique

La conception et les calculs hydrauliques sont basés sur les principes de dimensionnements définis par le guide technique « *Conception des passes naturelles* » établi par le GHAAPPE en décembre 2006.

Les tableaux suivants présentent les conditions d'écoulement dans le dispositif en fonction des débits caractéristiques du projet.

Hauteur d'eau moyenne sur les tranches (m) et submersion des macrorugosités			Qmna5		Module		2xModule	
Tranche d'écoulement	Largeur (m)	Cote moyenne du radier (m)	399.27		399.47		399.56	
			h	Sub	h	Sub	h	Sub
Rampe Partie Haute	2.5	399.44	HE		0.03	non	0.12	non
Rampe Partie Basse	1	399.19	0.08	non	0.28	non	0.37	non

Vitesse maximale dans les jets (m/s)			Qmna5		Module		2xModule	
Tranche d'écoulement	Largeur (m)	Cote moyenne du radier (m)	399.27		399.47		399.56	
			h	Sub	h	Sub	h	Sub
Rampe Partie Haute	2.5	399.44			0.62	0.67	0.90	1.04
Rampe Partie Basse	1	399.19	0.80	0.92	1.13	1.37	1.21	1.50

Puissance dissipée (Watt/m3)			Qmna5		Module		2xModule	
Tranche d'écoulement	Largeur (m)	Cote moyenne du radier (m)	399.27		399.47		399.56	
			FP	FA	FP	FA	FP	FA
Rampe Partie Haute	2.5	399.44			218	107	245	200
Rampe Partie Basse	1	399.19	237	167	263	293	270	332

Figure 19 : Fonctionnement hydraulique du dispositif

5.5 Efficacité

Les conditions d'écoulement dans l'aménagement sont compatibles avec les capacités de nage de l'espèce cible du module à deux fois le module.

Bien que la pente de l'aménagement, fixée à 5% en raison des contraintes topographiques globales du projet, soit élevée pour le franchissement de petites espèces, il est à noter que les conditions d'écoulements dans le futur aménagement respectent les critères hydrauliques de ce groupe.

Le tableau suivant synthétise la fonctionnalité du dispositif de franchissement en fonction des conditions hydrologiques.

Fonctionnalité de l'aménagement			Qmna5		Module		2xModule	
Tranche d'écoulement	Largeur (m)	Cote moyenne du radier (m)	399.27		399.47		399.56	
			FP	FA	FP	FA	FP	FA
Rampe Partie Haute	2.5	399.44	Non	Non	Non	Non	**Oui**	**Oui**
Rampe Partie Basse	1	399.19	**Oui**	**Oui**	**Oui**	**Oui**	**Oui**	**Oui**

Figure 20 : Synthèse de la fonctionnalité de la rampe en enrochements

6 Modélisation hydraulique

Le projet d'aménagements a fait l'objet d'une nouvelle modélisation hydraulique suite aux études d'avant-projet afin de caractériser ses incidences hydrauliques.

6.1 Construction du modèle

La construction du modèle numérique consiste à représenter le lit de la rivière, lit mineur et lit majeur ainsi que des ouvrages contrôlant les écoulements, à partir des données topographiques, bathymétriques et géométriques, complétées par la connaissance du terrain.

Les écoulements des débits de crues et d'étiages ont été modélisés à l'aide du logiciel HEC-RAS 4.1.0 (Hydrologic Engineering center's River Analysis System). Développé par hydrologic Engineering Center du US Army Corps of Engineers.

6.2 Conditions limites

6.2.1 Les conditions limites amont

L'ensemble des débits de référence a été introduit aux modèles en condition limite amont, c'est-à-dire à l'entrée du modèle sur le premier profil du linéaire étudié.

6.2.2 Les conditions limites aval

Les conditions limites aval ont été définies à l'aide d'un outil développé par le logiciel de modélisation qui permet de calculer la pente moyenne du flux pour estimer ainsi la pente d'énergie. Le logiciel va ainsi définir une courbe de tarage qui sera introduite en condition limite aval afin de représenter au mieux la hauteur d'eau réelle.

6.3 Calage du modèle

Le calage consiste à reproduire des évènements connus en ajustant certains paramètres de calcul jusqu'à l'obtention d'une concordance entre les grandeurs observées et calculées.

Les principaux paramètres à ajuster sont les suivants :

- Les coefficients de rugosités des berges et de fonds, qui traduisent la résistance à l'écoulement par frottement.
- Les coefficients de perte de charge des ouvrages, qui traduisent l'obstruction localisée créée par leurs formes et leurs positions dans la rivière.

Aucune laisse de crue, ni informations consécutives à une crue sont disponibles sur le linéaire étudié. Le calage a alors été déterminé à l'aide des observations terrains réalisées en avril 2015, en situation hydrologique représentative du module.

6.4 Simulations hydrauliques pour les débits de crue

La modélisation hydraulique des écoulements en état projet a permis de caractériser l'évolution altimétrique des lignes d'eau.

6.4.1 Résultats sur le Rahin

En amont et en aval du linéaire de projet l'évolution des lignes d'eau est nulle, sur le linéaire projet les impacts sont les suivants :

- Au droit de la maison de M. LAMBOLEY (Profil 11) les lignes d'eau restent identiques à l'état actuel,
- 40 mètres en aval de la jonction entre l'ancien et le nouveau tracé du Rahin, la recharge sédimentaire projetée pour homogénéiser la pente du profil en long favorise une rehausse de la ligne d'eau d'environ 0.15 m par rapport à l'état actuel,
- Sur le linéaire correspondant au nouveau tracé, les écoulements pour une crue de retour 50 ans ne sont pas débordants (Profils 7bis, 8 et 9)
- Au niveau du profil 6 (amont du projet) les débordements se produisent en rive droite pour des crues pluriannuelles comme en état actuel,

6.4.2 Résultats sur le ruisseau des Prés d'Ambiez

Sur le ruisseau des Prés d'Ambiez le linéaire du cours d'eau étant augmenté dans sa partie aval par rapport à l'état actuel, il n'est pas possible d'établir de comparaison néanmoins, on note cependant les éléments suivants :

- Au droit du dispositif de franchissement piscicole, les débordements se produiront très rapidement pour des crues pluri annuelles, les écoulements s'étaleront sur l'ancien lit comblé du Rahin,
- En aval, la capacité plein bord du lit est légèrement inférieure à une crue de retour 50 ans.

	Profils	Cote fond de lit			Cote niveau d'eau						Hauteur d'eau								
					Q5		Q10		Q50		Q5			Q10			Q50		
		Etat actuel	Etat projet	Evolution	Etat actuel	Etat projet	Etat actuel	Etat projet	Etat actuel	Etat projet	Etat actuel	Etat projet	Evolution	Etat actuel	Etat projet	Evolution	Etat actuel	Etat projet	Evolution
Rahin	**P1**	400.97	400.97	0	403.04	403.04	403.15	403.15	403.38	403.38	2.07	2.07	0	2.18	2.18	0	2.41	2.41	0
	P2	401.43	401.43	0	402.58	402.58	402.7	402.7	402.87	402.87	1.15	1.15	0	1.27	1.27	0	1.44	1.44	0
	P3	400.75	400.75	0	402.17	402.17	402.28	402.28	402.52	402.52	1.42	1.42	0	1.53	1.53	0	1.77	1.77	0
	P4	400.37	400.37	0	401.87	401.75	401.96	401.87	402.11	402.11	1.5	1.38	-0.12	1.59	1.5	-0.09	1.74	1.74	0
	P5	400.15	400.15	0	401.13	401.31	401.21	401.38	401.38	401.54	0.98	1.16	0.18	1.06	1.23	0.17	1.23	1.39	0.16
	P6	**399.01**	**398.63**	**-0.38**	**400.57**	**400.49**	**400.69**	**400.61**	**400.96**	**400.86**	**1.56**	**1.86**	**0.3**	**1.68**	**1.98**	**0.3**	**1.95**	**2.23**	**0.28**
	P7 bis	**398.41**	**398.08**	**-0.33**	**400.34**	**399.71**	**400.5**	**399.872**	**400.82**	**400.06**	**1.93**	**1.63**	**-0.3**	**2.09**	**1.79**	**-0.30**	**2.41**	**1.98**	**-0.43**
	P8	**397.84**	**397.87**	**0.03**	**400.27**	**399.54**	**400.44**	**399.65**	**400.78**	**399.89**	**2.43**	**1.67**	**-0.76**	**2.6**	**1.78**	**-0.82**	**2.94**	**2.02**	**-0.92**
	P9	**397.46**	**397.55**	**0.09**	**400.18**	**399.09**	**400.37**	**399.2**	**400.72**	**399.42**	**2.72**	**1.54**	**-1.18**	**2.91**	**1.65**	**-1.26**	**3.26**	**1.87**	**-1.39**
	P10	396.6	396.6	0	398.31	398.29	398.37	398.35	398.61	398.61	1.71	1.69	-0.02	1.77	1.75	-0.02	2.01	2.01	0
	P11	395.43	395.43	0	396.98	396.98	397.29	397.29	397.58	397.58	1.55	1.55	0	1.86	1.86	0	2.15	2.15	0

Figure 21 : Synthèse des résultats des modélisation sur le Rahin

	Profils	Cote fond de lit			Cote niveau d'eau						Hauteur d'eau								
					Q5		Q10		Q50		Q5			Q10			Q50		
		Etat actuel	Etat projet	Evolution	Etat actuel	Etat projet	Etat actuel	Etat projet	Etat actuel	Etat projet	Etat actuel	Etat projet	Evolution	Etat actuel	Etat projet	Evolution	Etat actuel	Etat projet	Evolution
Prés d'Ambiez aval	**Profil 2 Rampe**		**399.07**			**400.37**		**400.72**		**401.17**		**1.3**			**1.65**			**2.1**	
	Profil aval Rampe		**399.19**			**399.99**		**400.26**		**400.56**		**0.8**			**1.07**			**1.37**	
	P9TER		**398.24**			**399.31**		**399.52**		**399.75**		**1.07**			**1.28**			**1.51**	
	P9BIS		**397.98**			**398.9**		**399.1**		**399.33**		**0.92**			**1.12**			**1.35**	

Figure 22 : Synthèse des résultats des modélisation sur le ruisseau des Prés d'Ambiez

7 Estimation du montant des travaux

7.1.1 Rahin

Le montant des travaux estimé pour la déviation du lit du Rahin est de 206 692.43 € en intégrant une marge de 10 %.

Le post le plus conséquent concerne les travaux de terrassement puisque le projet prévoit un volume de déblais estimé à 3 000 m3 pour le creusement du nouveau lit mineur. Les matériaux extraits seront utilisés pour combler l'ancien lit du cours d'eau le long de la route départementale 4. Pour cela, 3 500 m3 de matériaux seront nécessaires, un apport extérieur sera donc nécessaire.

La stabilisation du lit et des berges représente également un coût important avec la réalisation d'un enrochement en pied de berge sur l'ensemble du linéaire surmonté de techniques végétales type couche de branches et la mise en œuvre de 4 rampes de fond.

ESTIMATION RAHIN		
1	Installation de chantier	8 000.00 €
2	Travaux préparatoires	5 500.00 €
3	Travaux forestiers	4 500.00 €
4	Terrassements	80 520.00 €
5	Enrochement	47 935.92 €
6	Ouvrages hydrauliques : seuils de calage	21 729.28 €
7	Fournitures pour protection et végétalisation des berges	7 030.91 €
8	Travaux de végétalisation des berges	12 686.10 €
9	Marge pour imprévus 10 %	18 790.22 €
	Total HT	**206 692.43 €**
	TVA 20 %	41 338.49 €
	Total TTC	**248 030.92 €**

7.1.2 Prés d'Ambiez

Le montant des travaux estimé pour l'aménagement du ruisseau des Prés d'Ambiez est principalement conditionné par le coût du dispositif de franchissement piscicole. En effet, la rampe représente plus de la moitié du montant total. Ce post prévoit notamment la réalisation :

- De bajoyers en béton pour la constitution des berges,
- D'un socle de fondation en matériaux d'apport (50-150 mm) cloués jusqu'au refus,
- D'une dalle béton,
- D'une dalle de liaisonnement des menhirs et matériaux composant la rugosité de fond.

Pour la création du lit mineur, les travaux de terrassement prévoient le déblais des matériaux et leur utilisation pour comblement du lit du Rahin. Le post le plus conséquent est la réalisation des techniques de stabilisation des berges en génie végétal.

ESTIMATIF PRES D'AMBIEZ		
1	Installation de chantier	3 750.00 €
2	Travaux préparatoires	2 200.00 €
3	Terrassements	11 585.70 €
4	Ouvrages hydrauliques	2 657.55 €
5	Dispositif de franchissement piscicole	53 491.00 €
6	Fournitures pour protection et végétalisation des berges	6 164.91 €
7	Travaux de végétalisation des berges	9 807.75 €
8	Marge pour imprévus 10 %	8 965.69 €
	Total HT	**98 622.60 €**
	TVA 20 %	19 724.52 €
	Total TTC	**118 347.12 €**

8 Annexes

8.1 Plans des aménagements

Département de la Haute-Saône (70)

Fédération de la Haute-Saône pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique

Etude du dérasement de l'ouvrage ROE 58283 sur le Rahin et reconnexion du ruisseau des Prés d'Ambiez à Champagney et Plancher-Bas

- Avant-Projet -

Ind.	Date	Ref. plan	Etabli par	Vérifié par
C				
B				
A	08/2016		GMR	GMR

Vues du projet :
- Plan de situation

IRH Ingénieur Conseil

Agence Chaponnay
190 rue Louise Labé
69770 CHAPONNAY
Tel : 04 78 02 17 42
Fax : 04 78 02 16 76

Echelle
1/250

Département de la Haute-Saône (70)

Fédération de la Haute-Saône pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique

Etude du dérasement de l'ouvrage ROE 58283 sur le Rahin et reconnexion du ruisseau des Prés d'Ambiez à Champagney et Plancher-Bas
Le Rahin

- Avant-Projet -

Ind.	Date	Ref. plan	Etabli par	Vérifié par
B				
A	08/2016		GMR	GMR

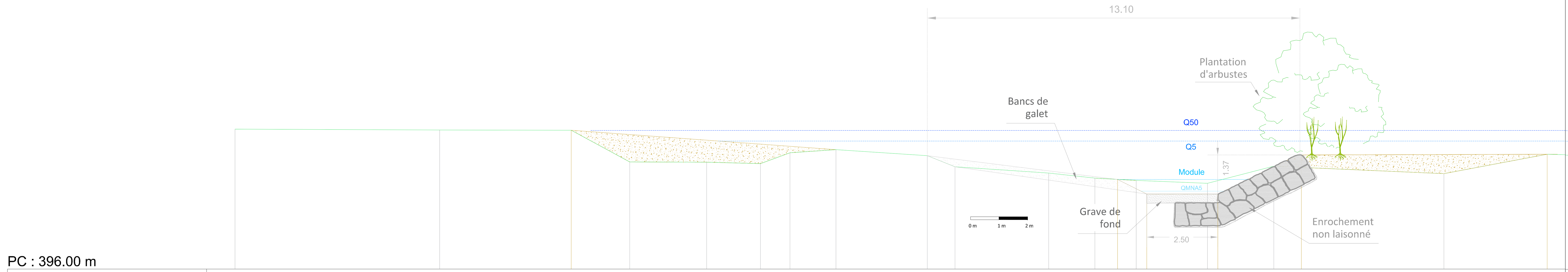
Vues du projet :
- Profil en long
- Profils en travers

IRH Ingénieur Conseil

Agence Chaponnay
190 rue Louise Labé
69770 CHAPONNAY
Tel : 04 78 02 17 42
Fax : 04 78 02 16 76

Echelle
1/100

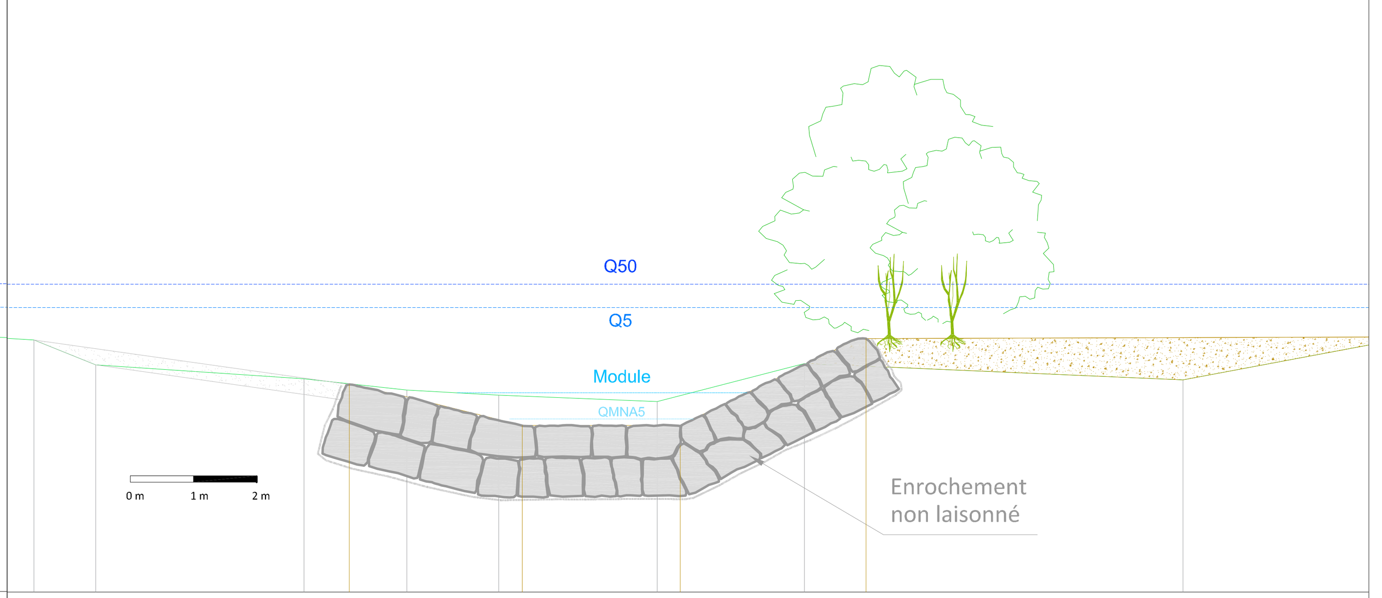
Profil 6



PC : 396.00 m

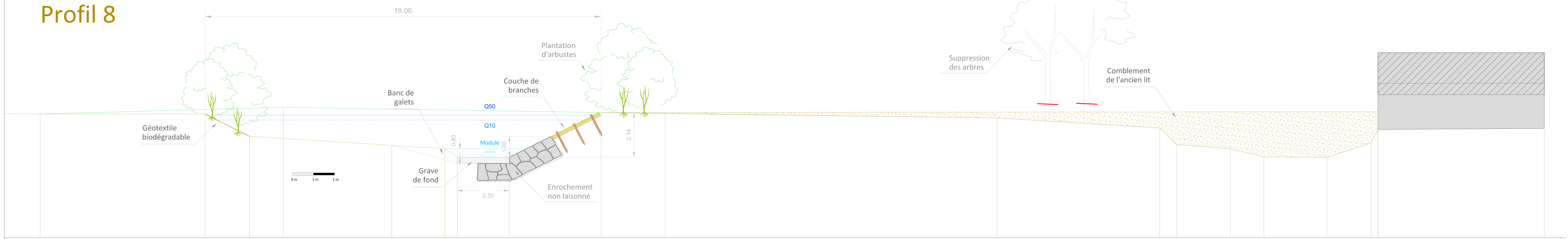
Numéros des points TN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12		13		14		15		16	17
Altitudes TN	400.91	400.88	400.87	399.76	399.75	399.70	400.08	400.19	399.98	399.37	399.19	399.15	399.11	398.63	399.01	398.63	399.61	400.00	399.35	400.03
Distances cumulées TN	0.00	7.20	11.82	13.88	16.59	18.48	19.52	21.13	24.34	28.61	30.24	31.03	31.69	32.06	34.19	34.56	36.52	37.50	42.51	46.14
Distances partielles TN	7.20	4.63	2.06	2.70	1.89	1.04	1.62	3.21	4.27	1.62	1.45		2.51		2.33		5.99		3.63	

Profil d'une rampe de fond



Numéros des points TN	9	11		12	13		14		15		16
Altitudes TN	399.98	399.37	399.28	399.19	399.11	398.63	399.01	398.63	399.61	400.00	399.35
Distances cumulées TN	24.34	28.61	29.32	30.24	31.69	32.06	34.19	34.56	36.52	37.50	42.51
Distances partielles TN	4.27	1.62		1.45	2.51		2.33		5.99		3.63

Profil 8



2			3						4	5	6	8	9	10	11			13
399.94	399.94	398.87	400.26	398.43	398.27	397.87	397.87	400.01	399.96	399.75	399.27	398.27	397.88	397.86	398.55	399.20	400.05	399.25
25.27	33.08	35.34	36.97	42.19	44.74	45.34	47.84	52.26	55.34	71.31	79.14	82.53	84.15	87.19	89.31	89.64	89.64	97.65
11.70			18.38						15.97	7.83	3.39	1.62	3.04	2.13	8.33			

Pente 1.31 %

PC : 393.00 m

Altitudes TN	Distances cumulées TN
398.81	205.07
398.79	211.43
399.15	215.54
399.54	226.36
399.29	234.76
399.01 399.01	248.68 248.68
398.98 398.81	263.74 263.74
399.01 398.63	277.58 277.58
398.08	319.58
397.87	335.58
397.70	348.32
397.55	359.58
397.39	372.28
396.92 397.31	378.18 378.18
396.57 397.13	392.27 392.27
396.42 397.00	402.03 402.03
396.14 396.85	413.08 413.08
395.99 396.78	418.18 418.18
396.61	431.47
396.69	444.34
396.40	457.06
396.30	469.23
396.07	473.31

Département de la Haute-Saône (70)

Fédération de la Haute-Saône pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique

Etude du dérasement de l'ouvrage ROE 58283 sur le Rahin et reconnexion du ruisseau des Prés d'Ambiez à Champagney et Plancher-Bas
Le ruisseau des Prés d'Ambiez : rampe de franchissement piscicole

- Avant-Projet -

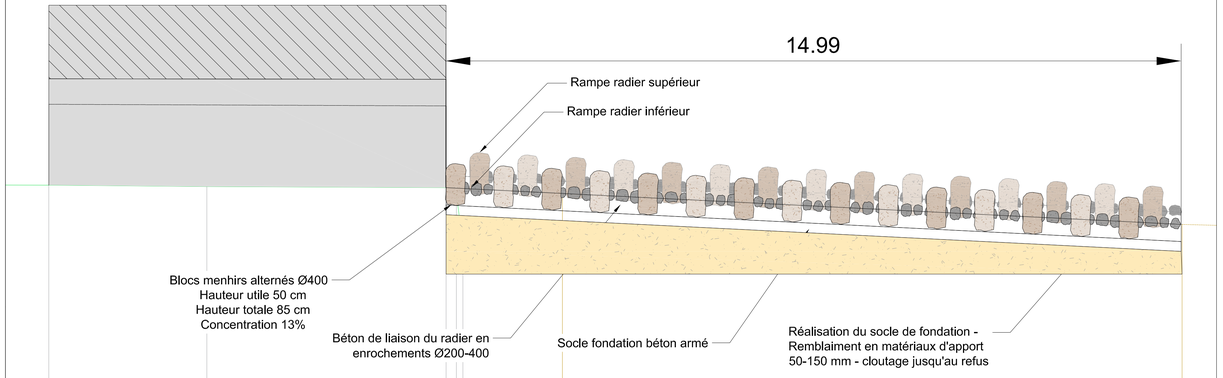
Ind.	Date	Ref. plan	Etabli par	Vérifié par
B				
A	08/2016		GMR	GMR

Vues du projet :
- Profil en long
- Profils en travers

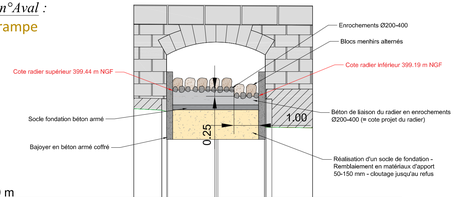
IRH Ingénieur Conseil

Agence Chaponnay
190 rue Louise Labé
69770 CHAPONNAY
Tel : 04 78 02 17 42
Fax : 04 78 02 16 76

Echelle
1/100



Ouvrage n°Aval :
Profil 1 rampe



PC : 395.00 m

Numéros des points TN	1	2 3 4 5	6 7 8	9 10 11 12	13
Altitudes TN	402.92 396.68	399.89 399.20 398.55 398	399.19 398.67 398.07	397.93 399.21 399.26 399.06	397.90 402.89
Distances cumulées TN	0.00	1.13 3.14 5.34	3.30 5.43	5.32 5.95 6.43 6.63	7.29
Distances partielles TN		1.13	0.25 1.52	1.89	0.82 1.66

Profil 2 rampe

PC : 394.00 m

Numéros des points TN	42	43	44	45	46
Altitudes TN	399.11 400.05	397.58	400.05 397.84 399.30	399.30 399.07 400.05	397.71	400.05 397.41
Distances cumulées TN	360.62 0.00	367.33 6.73	374.85 14.25 14.40	16.90 17.00 18.17	383.45 33.05	426.06 64.66
Distances partielles TN		6.73	7.52	18.57		

Département de la Haute-Saône (70)

Fédération de la Haute-Saône pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique

Etude du dérasement de l'ouvrage ROE 58283 sur le Rahin et reconnexion du ruisseau des Prés d'Ambiez à Champagney et Plancher-Bas
Le ruisseau des Prés d'Ambiez : recréation d'un lit mineur

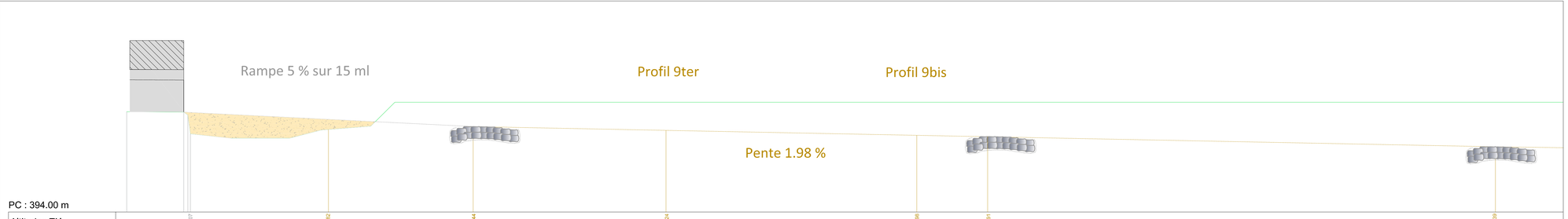
- Avant-Projet -

Ind.	Date	Ref. plan	Etabli par	Vérifié par
B				
A	08/2016		GMR	GMR

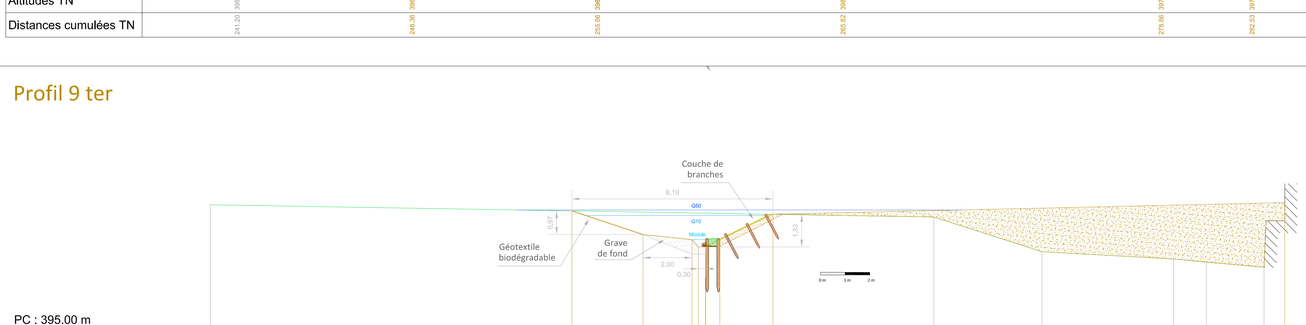
Vues du projet :
- Profil en long
- Profil en travers

IRH Ingénieur Conseil
Agence Chaponnay
190 rue Louise Labé
69770 CHAPONNAY
Tel : 04 78 02 17 42
Fax : 04 78 02 16 76

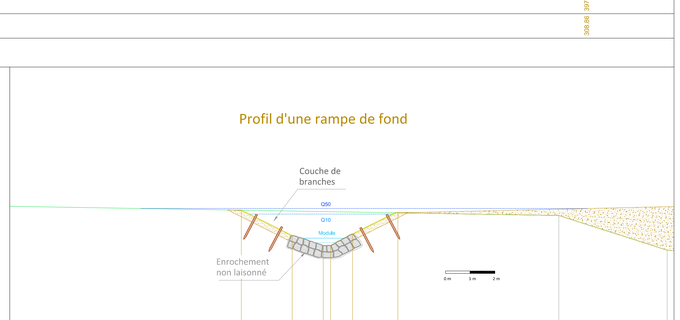
Echelle
1/100



Profil 9 ter



Profil d'une rampe de fond

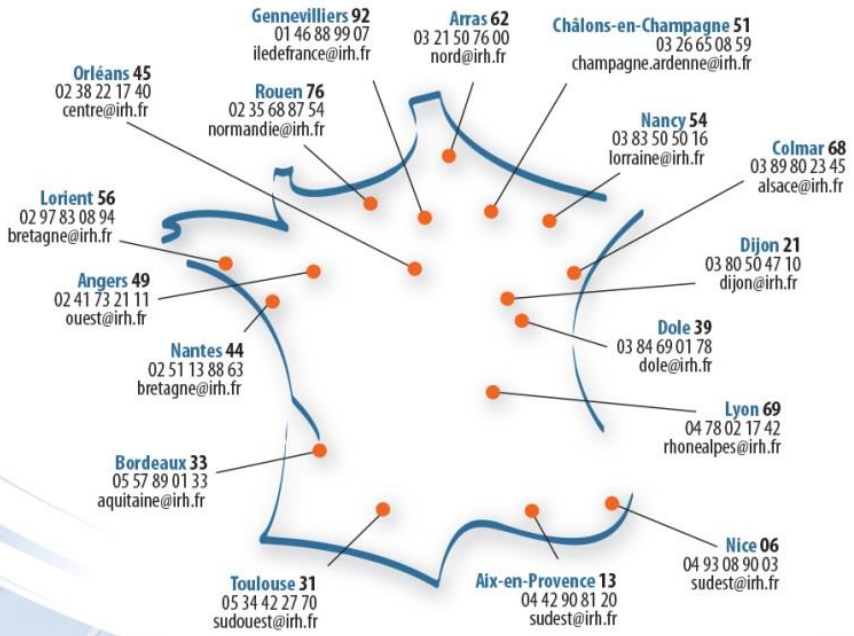


Acteur majeur dans les domaines de l'eau, l'air, les déchets et plus récemment l'énergie, IRH Ingénieur Conseil, société du Groupe IRH Environnement, développe depuis plus de 60 ans son savoir-faire en étude, ingénierie et maîtrise d'œuvre environnementale.

Plus de 300 spécialistes, chimistes, hydrogéologues, hydrauliciens, automaticiens, agronomes, biologistes, génie-civilistes, répartis sur 18 sites en France, sont à la disposition de nos clients industriels et acteurs publics.

L'indépendance et l'engagement qualité d'IRH Ingénieur Conseil vous garantissent une impartialité et une fiabilité totale :

IRH Ingénieur Conseil est également agréé par le Ministère de l'Ecologie pour effectuer des prélèvements et analyses à l'émission des substances dans l'atmosphère, et par le Ministère du Travail pour procéder au contrôle de l'aération et de l'assainissement des locaux de travail.



IRH Ingénieur Conseil
14-30 rue Alexandre Bât. C
92635 Gennevilliers Cedex
Tél. : +33 (0)1 46 88 99 00
Fax : +33 (0)1 46 88 99 11
www.groupeirhenvironnement.com