

Avant-Projet remise en état du canal de la Bourne et remise en service déversoir du mas – section tunnel des Falaises -> Pont du Falconnet

Rapport d'Avant-Projet

CONSULTING

SAFEGE
Universaône
18 rue Félix Mangini
69009 LYON

Agence Rhône Alpes

SAFEGE SAS - SIÈGE SOCIAL
Parc de l'Île - 15/27 rue du Port
92022 NANTERRE CEDEX
www.safege.com

Version : 1

Date : 04/04/2019

Nom Prénom : JOUVE Vincent

Visa : VJ

Vérification des documents IMP411

Numéro du projet : 18CRA226

Intitulé du projet : Avant-Projet des ouvrages de délestage du canal de la Bourne

Intitulé du document : Rapport d'Avant-Projet
--

Version	Rédacteur NOM / Prénom	Vérificateur NOM / Prénom	Date d'envoi JJ/MM/AA	COMMENTAIRES Documents de référence / Description des modifications essentielles
0	Vincent JOUVE	Murielle MEISSONNIER	21/07/2021	Version initiale

Sommaire

1..... Contexte	1
2..... Présentation du canal de la Bourne	2
2.1 Présentation générale de l'ouvrage.....	2
2.2 Présentation du bief amont et de ses ouvrages.....	3
3..... Synthèse du dimensionnement hydraulique	6
4..... Capacité de débitance du tunnel des Falaises	7
5..... Deversoir des falaises	8
5.1 Description	8
5.2 Fonctionnement hydraulique du déversoir.....	11
5.3 Protection du parement aval du déversoir et de l'auge	12
5.4 Solutions de confortement.....	13
6..... Réhausses du canal section tunnel des Falaises → Pont du Falconnet	13
6.1 Types de réhausses envisagées.....	14
6.2 Dimensionnement des réhausses	17
7..... Estimation	18

Tables des illustrations

Figure 1 : Tracé du Canal de la Bourne	3
Figure 2 : Localisation des tunnels et des aqueducs (source : SCP, 2014)	5
Figure 3 : Vue aérienne de la surverse en amont du tunnel du Servant	8
Figure 4 : Vue générale du déversoir des falaises depuis le canal	8
Figure 5: Enrochement fin avec jointoiement dégradé disposé sur la crête du déversoir	9
Figure 6 : vue du coursier en aval du déversoir et de l'auge	10
Figure 7 : Voute maçonnée sur coursier pour continuité chemin forestier.	10
Figure 8: Zones d'écoulement des eaux de surverse	11
Figure 9 : PK 1076 avant réhausse.....	14
Figure 10 : Exemple de réhausse sur le PK 1076	14
Figure 11 : PK 1150 avant réhausse.....	15
Figure 12 : PK 1150 après réhausse	15
Figure 13 : réhausse parapet PK 1076	16
Figure 14 : Réhausse parapet PK 1150.....	16
Figure 15 : Réhausse parapet PK 1571	16
Figure 16 : Réhausse parapet PK 1619.....	16

Table des tableaux

Tableau 1 : Synoptique des aménagements prévus sur le canal de la Bourne et des niveaux d'eau	6
Tableau 2 : Caractéristiques du déversoir des falaises	9

Table des annexes

Annexe 1 Carnet de plans

1 CONTEXTE

Dans le cadre du décret 2007-1735 du 11 Décembre 2007 et l'arrêté ministériel du 29 février 2008, fixant les prescriptions relatives à la sécurité et sûreté des ouvrages hydrauliques, le Syndicat d'Irrigation Drômois, a confié à la Société du Canal de Provence (pour la période 2011 – 2016) et à la société SAFEGE (pour la période 2017- 2022), la réalisation de plusieurs dossiers réglementaires (diagnostic initial de sûreté, VTA, consignes écrites, ...).

Le diagnostic de sûreté, mené en 2012, a permis de dresser un état des lieux du canal de la Bourne. Ce diagnostic révèle un ouvrage ancien qui, malgré une surveillance continue des agents d'exploitation, nécessite des travaux de confortement. Le diagnostic met également en évidence la nécessité de réaliser une étude hydraulique spécifique, visant à ouvrir des axes de réflexion quant à la politique d'aménagement à suivre, (réflexions sur le fonctionnement hydraulique du canal) et les travaux assurant la sécurisation du canal.

Une étude de modélisation du fonctionnement du canal de la Bourne (SCP, mai 2014) a permis de mieux appréhender le fonctionnement hydraulique du canal en l'état actuel (entre la prise d'eau et l'aqueduc de Saint-Nazaire). Les modélisations réalisées mettent en évidence que la capacité maximale du canal, avant débordement, est de l'ordre 6,1 m³/s, ce qui correspond aux constatations faites sur site : début de débordement du canal pour un débit de à 6,25 m³/s (Valeur est nettement inférieure à l'autorisation de prélèvement de 1874 : 7 m³/s).

Les tronçons identifiés comme limitant par la modélisation corroborent les observations faites sur le terrain par l'exploitant. Il s'agit :

- De deux zones sensibles car urbanisées :
 - Traversée d'Auberives,
 - Lieu-dit Clairivaux.
- De deux zones situées en amont de tunnels et / ou d'aqueducs :
 - En amont du tunnel de Barmier,
 - En amont de l'aqueduc de Saint Nazaire.
- De plusieurs zones localisées, en aval du tunnel des Falaises, au niveau du pont du Falconnet.

Une étude de faisabilité (SCP, mai 2014) a permis de définir les ouvrages de délestage nécessaires à la sécurisation du fonctionnement du canal de la Bourne.

Ces études ont permis au S.I.D. de définir une stratégie d'aménagement (annexe n°3 : SID octobre 2017) afin de sécuriser le fonctionnement du canal de la Bourne, en cas d'apports d'eaux pluviales excessifs ou d'incidents sur le canal (obstacles), le fonctionnement du canal sans diminuer la capacité de celui-ci :

- L'aménagement de la prise d'eau,
- La création de 2 ouvrages de décharge et de rehausses,
- La création d'ouvrages de débordement,
- La gestion des ouvrages de franchissement du canal,
- La limitation des apports pluviaux dans le canal,

Rapport d'Avant-Projet

Avant-Projet remise en état du canal de la Bourne et remise en service déversoir au niveau section tunnel des Falaises -> Pont du Falconnet



- La prévention des Risques.

La présente étude consiste en la réalisation d'un Avant-Projet pour les travaux de remise en état du déversoir des falaises.

2 PRESENTATION DU CANAL DE LA BOURNE

2.1 Présentation générale de l'ouvrage

Construit entre 1876 et 1879 d'après le projet des ingénieurs de Montrond et de Montgolfier, le canal de la Bourne est un canal revêtu de béton long de 45 km (hors réseaux de canaux secondaires et tertiaires).

Il prend naissance en amont du barrage d'Auberives en Royans, et s'achève au niveau de la commune de Chabeuil. Ses eaux circulent en gravitaire ou sous pression, à ciel ouvert ou en conduite.

Le canal est composé de deux biefs :

- Le bief amont, qui s'étend de la prise (PK 0) jusqu'à l'usine hydroélectrique d'Ecancière (PK19),
- Le bief aval, qui s'étend de l'usine d'Ecancière (PK19) jusqu'à la réserve de Freydier (PK45).

L'eau du canal provient de la rivière Bourne, dans laquelle 7 m³/s sont prélevés en amont du barrage d'Auberives en Royans.

Outre le canal principal, les réseaux d'irrigation sont constitués de canaux secondaires et tertiaires qui permettent la distribution de l'eau dans toute la plaine valentinoise. A cet effet, 12 stations de pompage prélèvent l'eau le long du canal, pour alimenter un réseau souterrain de canalisations sous pression.

Rapport d'Avant-Projet

Avant-Projet remise en état du canal de la Bourne et remise en service déversoir au mas
section tunnel des Falaises -> Pont du Falconnet

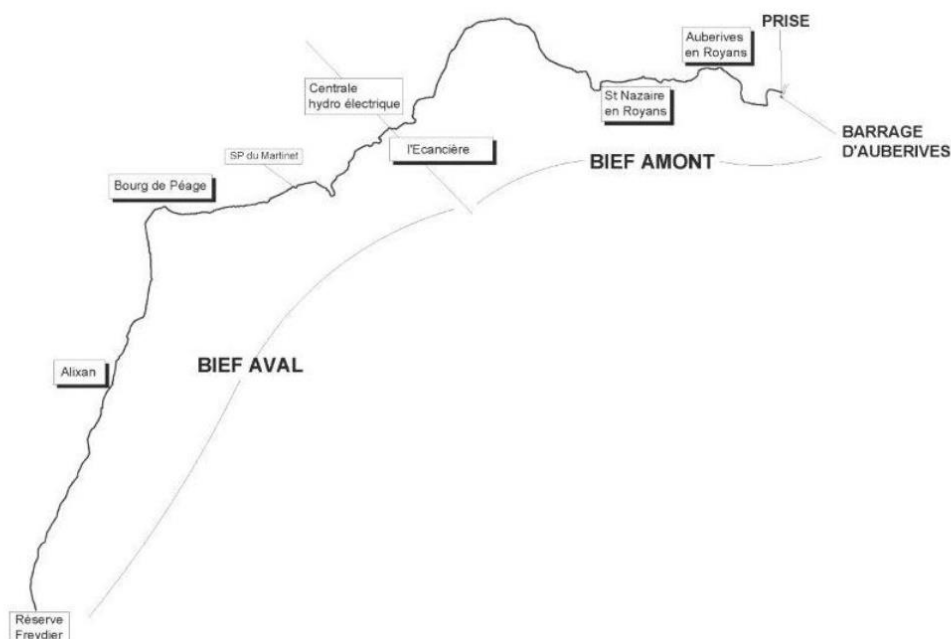


Figure 1 : Tracé du Canal de la Bourne

2.2 Présentation du bief amont et de ses ouvrages

Le bief amont présente un linéaire de 8 450 m, entre la prise dans la rivière Bourne et l'aqueduc de Saint-Nazaire. Ce tronçon est constitué d'une succession de huit tunnels, deux aqueducs et canaux à ciel ouvert.

En fonction de la topographie de la zone traversée et des ouvrages environnants, on distingue les portions suivantes sur l'ensemble du linéaire étudié :

- De la prise jusqu'au PK 2, après quelques passages en tunnel (tunnel des Falaises et tunnel du Mas), le canal traverse des zones agricoles. On note la présence d'un déversoir en rive gauche, en aval immédiat du tunnel des Falaises,
- Du PK 2 au PK 3, le canal longe la D531, avec deux passages en tunnel (tunnel de Servant et tunnel d'Auberives),
- Du PK 3 au PK 3.5, le canal se situe dans le village d'Auberives en Royans ; il est à noter que les jardins des riverains sont au même niveau que les rives du canal,
- Du PK 3.5 au PK 6, en aval de l'aqueduc du Tarze, le canal se situe à flanc de coteau avec une rive gauche en remblai. Il traverse trois tunnels (tunnel de Barmier, tunnel de Manne et tunnel des Allemands),
- Du PK 6 au PK 7.5, le canal traverse le tunnel Odier, puis le lieu-dit Clairivaux et longe la D532 sur sa rive gauche,
- Du PK 7.5 au PK 8.5, le canal se situe dans la ville de Saint-Nazaire. Il franchit l'aqueduc du même nom,
- Exemple de En aval de l'aqueduc, le canal est à flanc de coteau, il domine la D532 en rive droite, et traverse deux tunnels (tunnels de Saint-Nazaire 1 et 2).

Le tronçon étudié a pour vocation principale le transport de l'eau. Il existe cependant des prélèvements d'eau sur cette partie du canal : une quinzaine de particuliers, 3 agriculteurs et 2 carrières.

Rapport d'Avant-Projet

Avant-Projet remise en état du canal de la Bourne et remise en service déversoir au lieu
section tunnel des Falaises -> Pont du Falconnet



De manière générale, le canal en section courante subit une érosion qui fragilise les berges et peut conduire à terme à des risques d'instabilité. Ce type d'érosion, bien que présent sur tout le linéaire, reste toutefois plus prononcé sur le tronçon amont.

Le canal est un ouvrage en terre revêtu de béton. Il fait régulièrement l'objet de confortements par technique de béton projeté. Les principaux défauts apparents sont :

- Des zones de faïençage avec des fissures plus ou moins ouvertes,
- Des défauts de plaques avec des zones entières de béton qui se déchaussent.

Rapport d'Avant-Projet

Avant-Projet remise en état du canal de la Bourne et remise en service déversoir au mas
section tunnel des Falaises -> Pont du Falconnet

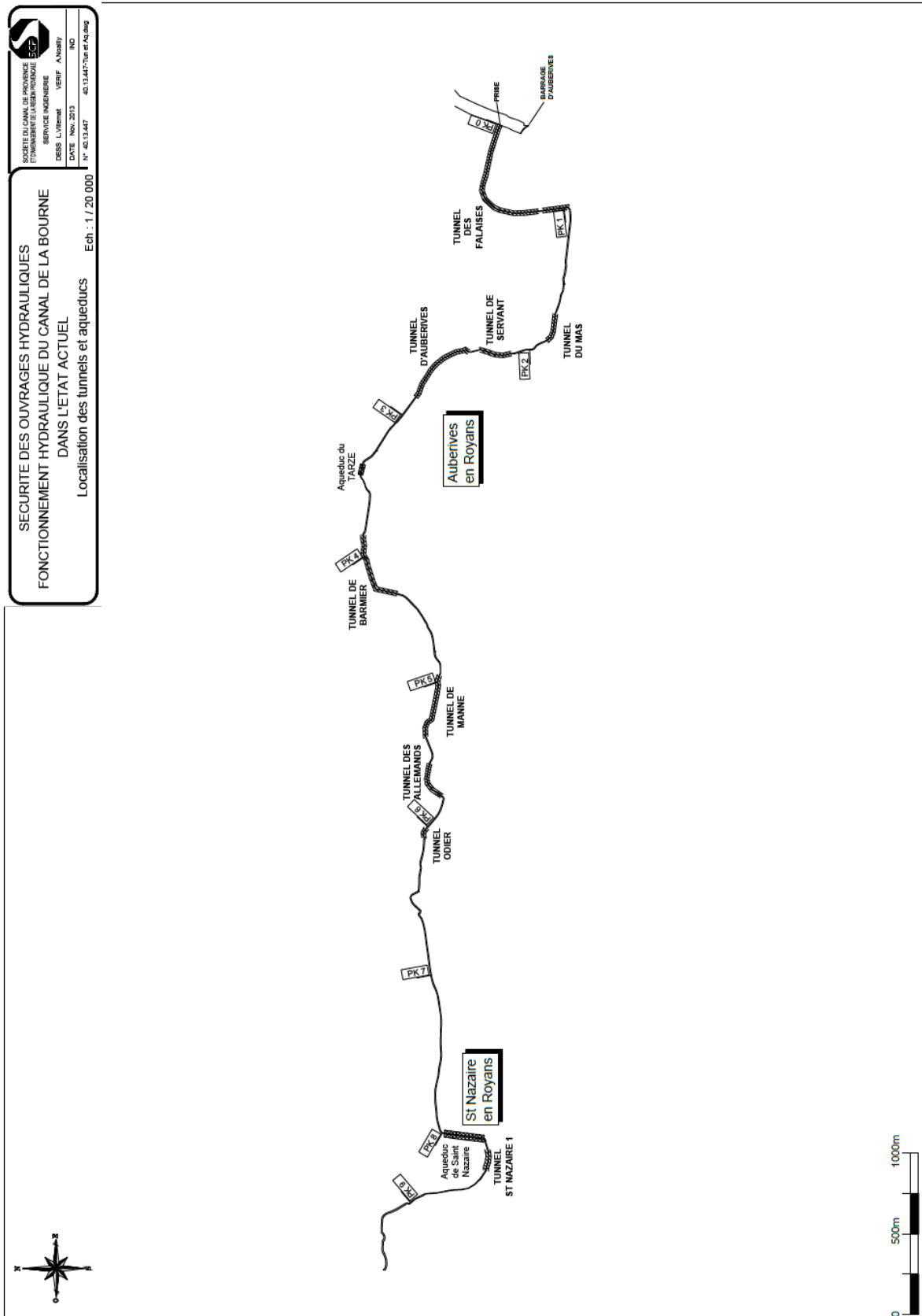


Figure 2 : Localisation des tunnels et des aqueducs (source : SCP, 2014)

Rapport d'Avant-Projet

Avant-Projet remise en état du canal de la Bourne et remise en service déversoir de la section tunnel des Falaises -> Pont du Falconnet

3 SYNTHÈSE DU DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE

L'objectif du présent plan d'aménagements est l'amélioration de la sécurité du canal de la Bourne (Tronçon de la prise d'eau à St Nazaire en Royans) afin de faire face aux :

- Conséquences des apports pluviaux dans le canal,
- Evènements accidentels (effondrement dans un tunnel, chute d'un véhicule dans le canal, chute d'arbres dans le canal, glissement de terrains dans le canal etc...) pouvant réduire partiellement ou totalement la capacité de transit du canal.

Le dimensionnement hydraulique des ouvrages de délestage et de surverse a été réalisé grâce à une modélisation des différents scénarios d'écoulement à l'aide du logiciel HEC-RAS.

Le détail des modélisations est disponible en annexe 2 dans la note hydraulique.

Le tableau ci-dessous récapitule les aménagements prévus en couleur (vert pour les surverses et bleu pour les délestages) et les enjeux protégés.

Tableau 1 : Synoptique des aménagements prévus sur le canal de la Bourne et des niveaux d'eau

	PK		ZFEdébut		ZEQ6	Z baj. RG				Tps de mise à sec			
											[min]		
Ouvrages	PK début	PK fin	ZFEdébut	ZFEfin	ZE Q6 début	ZE Q6 début	Zbajoyer RG début	Zbajoyer RG fin	Evènement redouté	Solution d'évacuation	début par l'amont	fin par l'amont	par l'aval
Tunnel des falaises	0	1053	192.74	192.74		194.25	194.81	194.81			0		
Tunnel du Mas	1723	1910	192.6	192.64	194.10	194.01	195.2	194.39					
Surverse amont Servant	2079	2103	192.044	192.23	194.18	194.18	194.07	194.03		Q6.5+10cm	29		
Tunnel de Servant	2157	2344	192.41	192.4	193.95	193.86	195.27	195.69					
Digue RG	2344	2432	192.4	192.21	193.86	193.84	195.69	194.13	Rupture digue RG sans enjeu				
Tunnel d'Auberives	2432	2904	192.21	192.05	193.84	193.64	194.13	193.81					
Digues en RG	2904	3443	192.05	191.91	193.65	193.45	193.81	193.72	inondations maisons	Mesure de niveau	43	51	45
Délestage Tarze	3443	3445	191.91	191.9	193.45	193.45	193.72	193.79			0		0
Aqueduc du Tarze	3445	3505	191.92	191.87	193.45	193.41	193.9	193.84					
Digues en RG	3505	3911	191.87	191.77	193.41	193.37	193.84	193.38	inondations maisons	Mesure de niveau	1	10	
Tunnel du Barmier	3911	4378	191.77	191.66	193.37	193.19	193.38	192.68					
Digues en RG	4378	4936	191.66	191.5	193.19	193.02	192.68	194.18	inondations route+maisons	Mesure de niveau	29	32	
Surverse amont Manne	4936	4962	191.5	191.48	193.21	193.21	194.18	194.13		Q6.5+10cm			
Tunnel de Manne	5021	5428	191.47	191.15	193.02	192.90	193.43	192.72					
Digues en RG	5428	5611	191.15	191.17	192.90	192.88	192.72	193.26	inondations route	Mesure de niveau	36	37	
Tunnel des Allemands	5611	5871	191.17	191.1	192.88	192.82	193.26	192.82					
Digues en RG	5871	6066	191.1	191.11	192.82	192.77	192.82	193.23	inondations route + maisons	Mesure de niveau	42	47	
Tunnel Odier	6104	6179	191.11	191.03	192.77	192.75	193.23	192.79					
Digues en RG	6179	6290	191.03	191.01	192.75	192.75	192.79	192.62	inondations route+maisons	Mesure de niveau	49	51	
Surverse aval Odier	6290	6420	191.01	190.98	192.91	192.91	192.62	192.58		Q6.5+10cm			
Digue en rive gauche	6420	8038	190.98	191.01	192.75	192.48	192.58	192.62	inondations maisons RG	Mesure de niveau	54		135
Délestage Bourme	8038	8076	190.62	190.62	192.48	192.48	192.62	192.58			0		0
Aqueduc de Saint Nazaire	8097	8337	190.62	190.48	192.40	192.07	192.83	192.41					
Tunnel Saint Nazaire 1	8397		190.47				192.43						

4 CAPACITE DE DEBITANCE DU TUNNEL DES FALAISES

Le tunnel des Falaise est caractérisé par :

- Une pente moyenne de 2 mm/m (source Canal Principal – Profil en Long 1ere Section Mise à jour 30/03/2017)
- Une Section $S=12,02 \text{ m}^2$ et un périmètre de 13.99 ml (source levés topographiques)

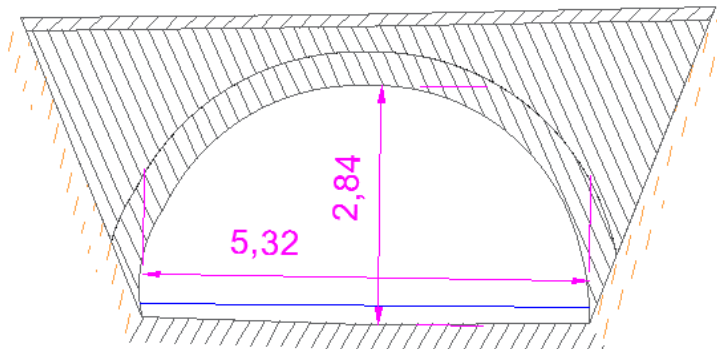


Figure 1 : Coupe transversal du canal

- Calcul de la Vitesse d'eau (surface remplie totalement) :

Formule de Chézy : $U = C \cdot R \cdot I^{1/2}$ Formule de Chézy : $U = C \cdot R \cdot I^{1/2}$

$$R = \frac{S}{P} = \frac{12,02}{13,99} = 0,86 \text{ m}$$

$$R = 12,02 / 13,99 = 0,86 \text{ m}$$

Formule de Bazin : $C = \frac{87}{1 + \sqrt{K_B + R}}$ Formule de Bazin : $C = \frac{87}{1 + \sqrt{K_B + R}}$

Avec :

$$K_B = 0,16$$

"Canal en maçonnerie régulière de pierre taille "

$$C = \frac{87}{1 + \sqrt{0,16 + 0,86}} = \frac{87}{1 + 1,02} = 74,20 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$$

$$U = 74,20 \cdot 0,86 \cdot 0,002^{1/2} = 3,077 \text{ m/s}$$

- Calcul du débit capable du canal :

Formule de Manning-Strickler : $Q = U \cdot S$ Formule de Manning-Strickler : $Q = U \cdot S$

$$Q = 3,077 \cdot 12,02 = 36,988 \text{ m}^3/\text{s}$$

La capacité de débitance maximale du tunnel des falaises est donc bien supérieure aux débits de dimensionnement du canal et sa section ne permettra pas de limiter le débit dans le canal à l'aval.

5 DEVERSOIR DES FALAISES

5.1 Description

L'ouvrage de surverse en aval du tunnel des falaises est situé entre les PK 1076 et 1150

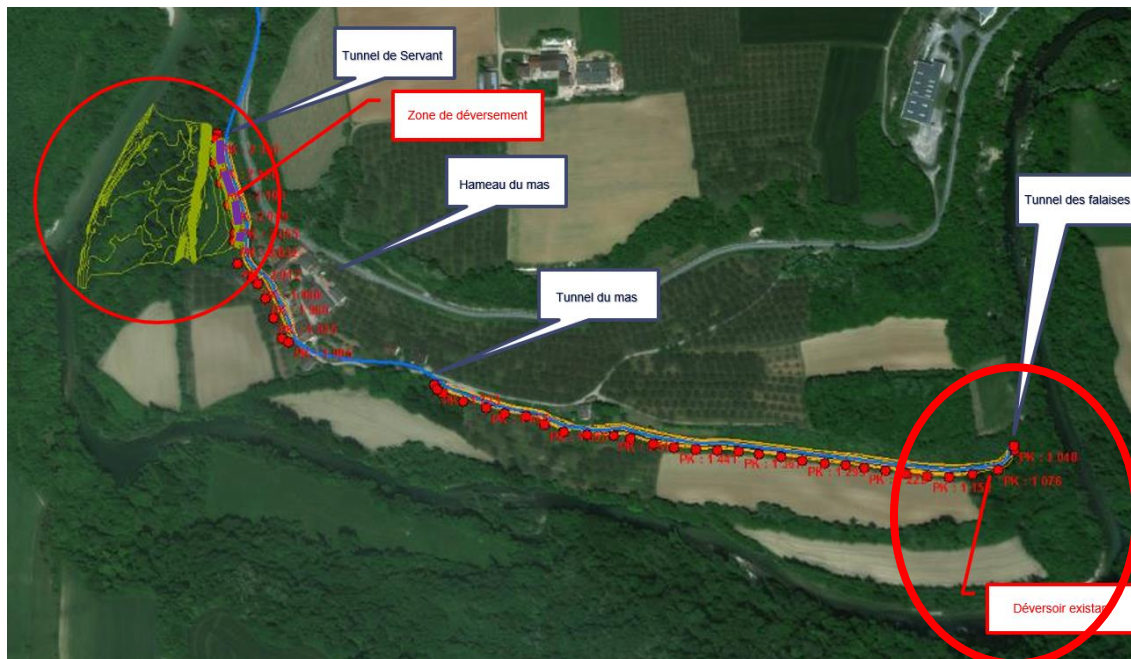


Figure 3 : Vue aérienne de la surverse en amont du tunnel du Servant

Le 5 Juillet 2021, l'ouvrage a fait l'objet dans le cadre du présent AVP d'un levé topographique de la géométrie du déversoir et de son auge, ainsi qu'une visite du coursier.

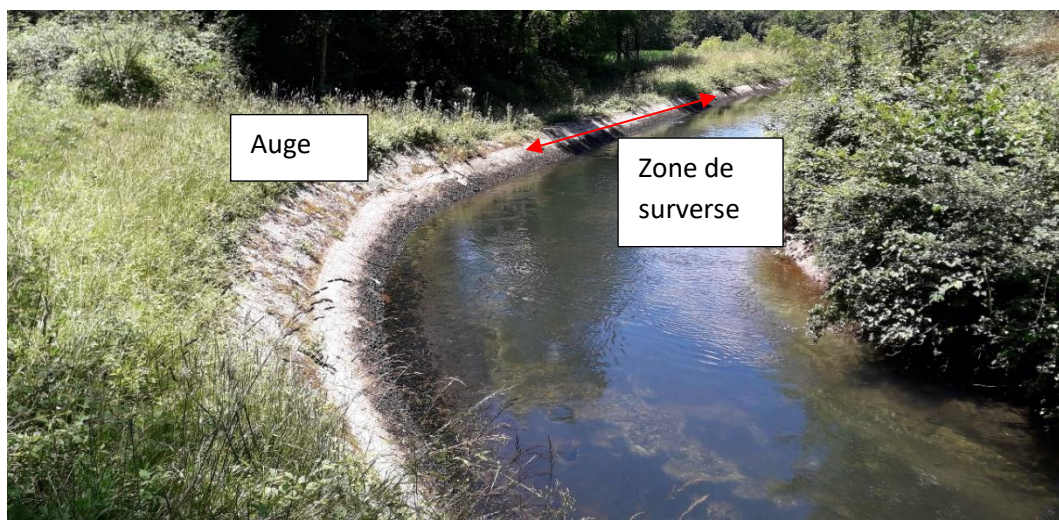


Figure 4 : Vue générale du déversoir des falaises depuis le canal

Rapport d'Avant-Projet

Avant-Projet remise en état du canal de la Bourne et remise en service déversoir au mac section tunnel des Falaises -> Pont du Falconnet



Tableau 2 : Caractéristiques du déversoir des falaises

Surverse en amont du tunnel du Servant	
Longueur de la zone déversante	30 m
Débit transitant par la surverse	De 0.29 à 1.31 m ³ /s maximum
Hauteur de la lame d'eau pour différents débits du canal (voir § comportement hydraulique)	Qcanal 6.5 m ³ /s → 1-2 cm → 0.29 m ³ /s Qcanal 7 m ³ /s → 3-4 cm → 1.31 m ³ /s
PK canal	1076 à 1150



Figure 5: Enrochement fin avec jointoiement dégradé disposé sur la crête du déversoir

Rapport d'Avant-Projet

Avant-Projet remise en état du canal de la Bourne et remise en service déversoir au mac section tunnel des Falaises -> Pont du Falconnet



La couverture végétale n'a pas permis de réaliser un levé topographique précis du coursier qui, toutefois, peut être décrit comme suit :

- Un profil en travers constitué d'un fossé de 2 m de large bordé de merlons végétalisés de 2 m de haut, (il n'a pas été constaté d'arbres pouvant nécessiter un débroussaillage sur le linéaire du coursier)
- un profil en long d'une pente moyenne à 13 % avec
 - o sur environ 40 m, une pente régulière
 - o une voûte en maçonnerie au niveau d'un chemin forestier
 - o sur 20m
 - deux marches d'environ 50 cm de haut
 - une dernière chute d'environ 1.50 m donnant sur une fosse d'érosion d'environ 50 cm
- un rejet dans le champ de maïs jouxtant la Bourne



Figure 6 : vue du coursier en aval du déversoir et de l'auge



Figure 7 : Voûte maçonnée sur coursier pour continuité chemin forestier.

Rapport d'Avant-Projet

Avant-Projet remise en état du canal de la Bourne et remise en service déversoir au mac section tunnel des Falaises -> Pont du Falconnet

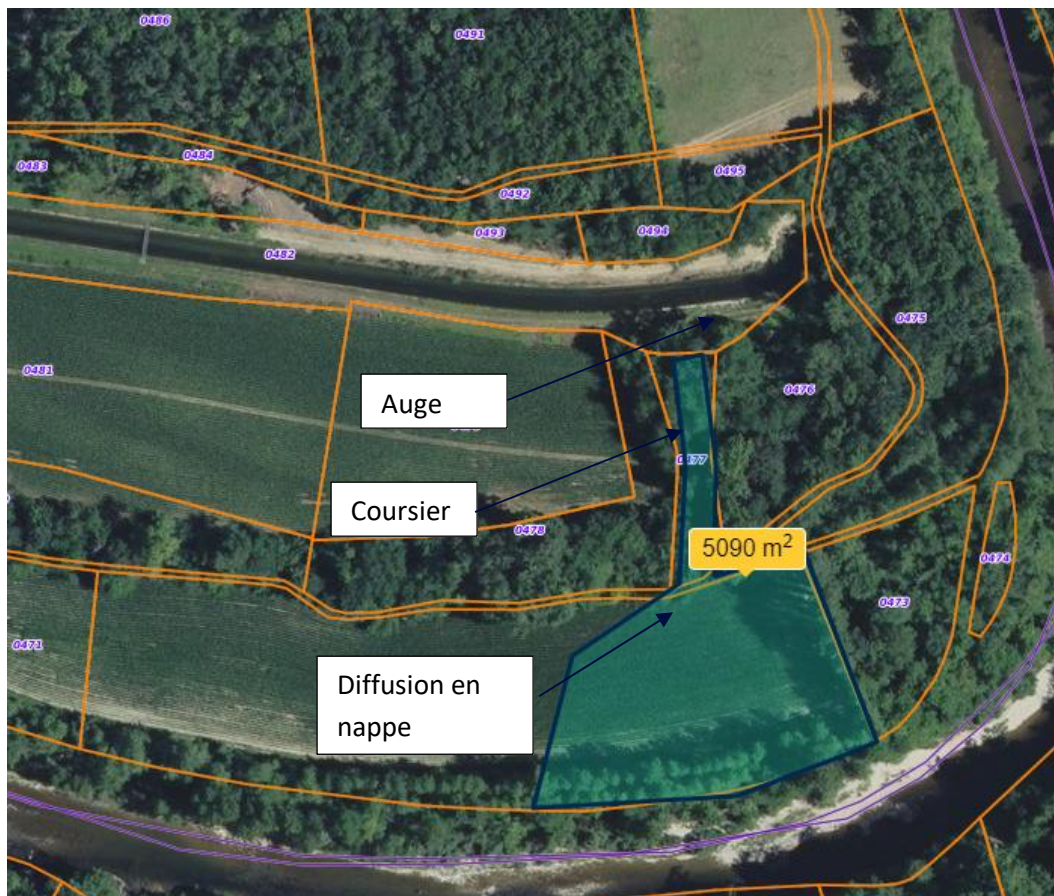


Figure 8: Zones d'écoulement des eaux de surverse

5.2 Fonctionnement hydraulique du déversoir

Le débit de dimensionnement du canal est de 6.5m³/s.

Le déversoir implanté en sortie du tunnel des Falaises est susceptible de surverser pour acheminer un sur débit vers La Bourne selon un cheminement hydraulique aménagé.

Le déversoir aménagé en rive gauche a les caractéristiques suivantes :

- Cote d'arase 194.25mNGF
- Largeur : 30m
- Seuil épais
- Parement aval à 3,4H :1V soit une pente de 30%

Le modèle hydraulique 1D exploité pour le dimensionnement des ouvrages de délestage est exploité dans la situation actuelle en ajoutant le seuil des Falaises (considéré jusqu'alors comme non déversant pour maximiser les débits en aval)

Le coefficient de débit est caractéristique d'un seuil épais : $C_d = 0.385$

Rapport d'Avant-Projet

Avant-Projet remise en état du canal de la Bourne et remise en service déversoir au mac section tunnel des Falaises -> Pont du Falconnet



La répartition des débits est alors la suivante

débit amont [m3/s]	débit déversé [m3/s]	débit aval [m3/s]	lame d'eau sur le seuil [m]	débit linéique [m ² /s]
5,5	0	5,5	-0,1	0,000
6	0	6	-0,01	0,000
6,5	0,29	6,21	0,04	0,010
7	1,31	5,69	0,09	0,044

Les débits sont collectés dans une auge qui débouche ensuite sur un coursier de pente moyenne 13% qui présente, au-delà du pont, des signes d'érosion qui indiquent que l'ouvrage a fonctionné à certains moments et, peut être, pas seulement pour des périodes de chômage du canal (ouverture de la canalisation diamètre 200 mm pour vidange de l'eau restant dans le tunnel des falaises). Ces signes sont bien au-delà de la zone concernant la sécurité publique et leur reprise par un enrochement ne concernerait que l'amélioration des conditions d'entretien du coursier.

5.3 Protection du parement aval du déversoir et de l'auge

Les écoulements en nappe sur le coursier sont de faible intensité.

Un calcul de Manning-Strickler et de ligne critique permet d'appréhender la nature des écoulements sur le coursier.

	Q amont : 7m3/s	Q amont : 6.5m3/s
Débit déversé	1.31 m3/s	0.29 m3/s
Hauteur d'eau en régime uniforme	3-4cm	1-2cm
Hauteur d'eau en régime critique	5-6cm	2-3cm
Contraintes tractrice maximale	100N/m ²	40N/m ²
Blocométrie résistante (sécurité de 33% par rapport à la mise en mouvement)	D50 : 20cm / W50 : 10kg	D50 : 7cm / W50 : 0.5kg Parement enherbé

Rapport d'Avant-Projet

Avant-Projet remise en état du canal de la Bourne et remise en service déversoir au lieu de la section tunnel des Falaises -> Pont du Falconnet



Pour des épisodes fréquents de surverse, le parement enherbé résiste aux sollicitations. Il doit être conformé par une couverture de 50cm d'une carapace de blocométrie de $d_{50} = 0.2\text{m}$ pour se prémunir du risque d'érosion.

Le risque d'affouillement en pied de l'ouvrage est estimé selon le calcul de fosse naturelle généré en aval d'un seuil plongeant. Parmi toutes les formules, la formulation de Schocklitsch (1932) est retenue. L'approche et les résultats numériques doivent être considérés comme conservatifs dans la mesure où le coursier rugueux dissipe une grande partie de l'énergie tandis que le calcul considère une chute libre depuis le seuil.

Avec une blocométrie similaire ($d_{50} = 0.2\text{m}$) et une lame d'eau dans l'auge de réception de plus de 6cm la fosse naturelle de dissipation est au plus de 10cm avec un déversement correspondant à un débit de $7\text{m}^3/\text{s}$ dans le canal.

La fosse est similaire (10cm de profondeur) avec un déversement correspondant à un débit de $6.5\text{m}^3/\text{s}$ dans le canal, sans aménagement particulier (matériel graveleux dans l'auge).

Au vu du caractère conservatif du calcul et dans la mesure où le coursier est macrorugueux devant les écoulements en jeu (de l'ordre de 5cm), la fosse de dissipation ne présente pas de déficit pour un débit de $6.5\text{m}^3/\text{s}$ et doit être confortée par un lit de bloc similaire au parement pour un dimensionnement à $7\text{m}^3/\text{s}$.

5.4 Solutions de confortement

La solution de confortement est la suivante :

- Débroussaillage du déversoir (250 m^2) et du coursier (400 m^2 environ)
- Dépose enrochements sur déversoir et décapage jusqu'à -50 cm (45 m^3),
- Décapage terre végétale du déversoir et terrassement jusqu'à -50 cm
- Pose d'un géotextile sous la zone d'enrochements
- Réalisation d'une carapace de 50 cm en enrochements de D50-20 cm sur la crête ($0.50 \times 37\text{ m}^2$) de la digue, son parement aval ($0.50 \times 50\text{ m}^2$) et l'auge ($0.50 \times 150\text{ m}^2$) soit 120 m^3 environ.
- Option : comblement des fosses d'érosion du coursier par de enrochements de D50 20 cm (environ 50 m^3).

6 REHAUSSES DU CANAL SECTION TUNNEL DES FALAISES → PONT DU FALCONNET

Des réhausses sont nécessaires pour assurer le fonctionnement du canal en toute sécurité lors du passage d'un débit de $6\text{m}^3/\text{s}$, ce qui correspond au fonctionnement nominal du canal. Des réhausses sont également nécessaires dans le cadre de l'aménagement de déversoirs et de surverses permettant d'évacuer les eaux du canal en cas d'obstruction de l'un des tunnels.

A partir des modélisations hydrauliques, il a été déterminé les zones à rehausser pour assurer une revanche de 10 cm, dans le cas d'un écoulement de $6\text{m}^3/\text{s}$ comme en cas d'obstruction d'un tunnel.

Ces réhausses seront constituées de murets en béton. Les hauteurs de réhausses nécessaires vont de quelques centimètres à un peu plus d'un mètre, très ponctuellement.

Dans la mesure du possible et en accord avec la DREAL, les réhausses seront réalisées dans le cadre de la réfection du canal.

6.1 Types de réhausses envisagées

Différents types de réhausses ont été envisagées et analysées afin de déterminer la solution la plus adaptée aux particularités du canal.

6.1.1 Terre compactée revêtue de béton projeté

- Pour les profils type talus incliné en béton adossé à un remblai horizontal il est envisagé l'ajout de terre compactée sur le remblai existant puis son revêtement en béton projeté. On veillera à la bonne cohésion entre l'ancien remblai et le nouveau en scarifiant la couche supérieure du remblai d'origine.
- Pour les profils type talus incliné en béton adossé à un remblai incliné lui aussi nous préconisons un décapage du remblai existant sur une faible épaisseur puis son revêtement en béton projeté. On veillera à la bonne cohésion entre l'ancien remblai et le nouveau béton.
- Pour les profils avec un talus vertical en béton adossé à un remblai, on pourra choisir de rehausser le remblai et de le revêtir de béton, ou bien de seulement rehausser la partie en béton.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ○ Bonne résistance aux contraintes d'arrachement 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Nécessite une emprise importante ○ Réalisable seulement sur une partie du linéaire (paroi du canal adossée à un remblai)

- Paroi en béton inclinée adossée à un remblai horizontal

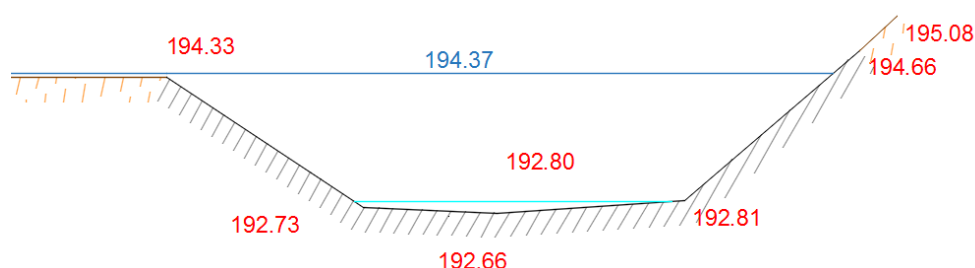


Figure 9 : PK 1076 avant réhausse

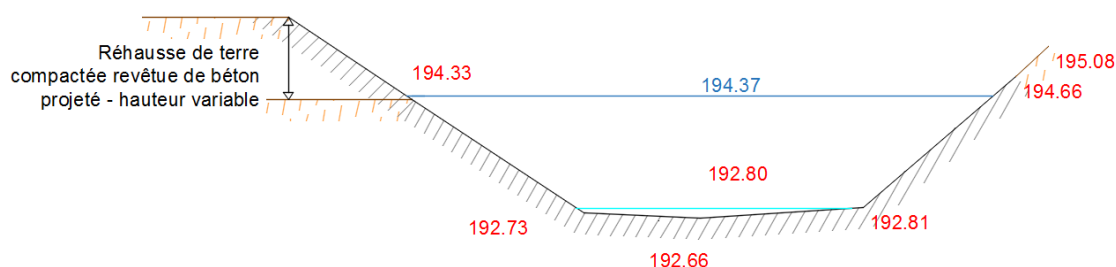


Figure 10 : Exemple de réhausse sur le PK 1076

Rapport d'Avant-Projet

Avant-Projet remise en état du canal de la Bourne et remise en service déversoir au mac section tunnel des Falaises -> Pont du Falconnet



- Paroi en béton inclinée adossée à un remblai incliné

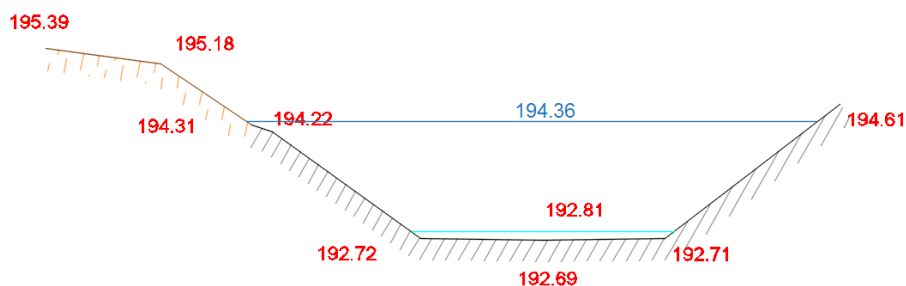


Figure 11 : PK 1150 avant réhausse

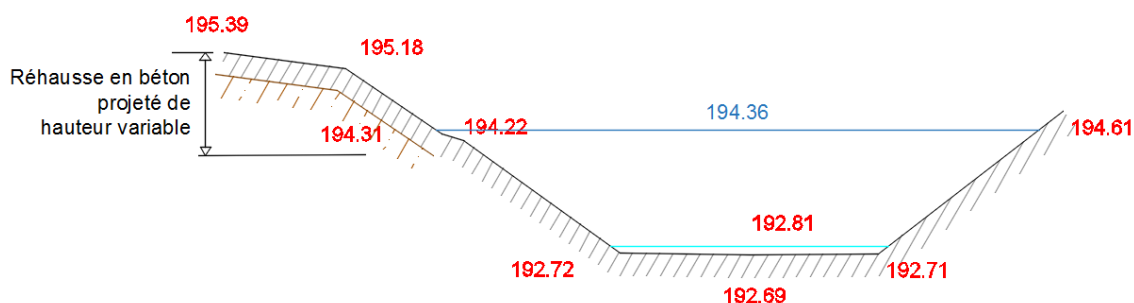


Figure 12 : PK 1150 après réhausse

6.1.2 Terre compactée revêtue d'un géotextile

Sur les zones où le canal est adossé à un remblai, il peut être envisagé de simplement réhausser le remblai en terre compactée, et de le revêtir au besoin d'un géotextile, en fonction des contraintes d'arrachement.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ○ Peu cher 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Nécessite d'avoir un espace disponible suffisant ○ Applicable sur une partie du linéaire seulement ○ Doit résister aux contraintes d'arrachement

6.1.3 Parapet en béton

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ○ Nécessite peu d'emprise ○ Nécessite peu de matériaux ○ Applicable à l'ensemble du linéaire, quelle que soit la hauteur de la réhausse à réaliser ○ Bonne résistance aux contraintes d'arrachement 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Nécessite une fondation en bon état, ou de repiquer le canal jusqu'à l'atteinte d'un support sain ○ Nécessite de réaliser une étanchéité de bonne qualité

Rapport d'Avant-Projet

Avant-Projet remise en état du canal de la Bourne et remise en service déversoir au mac section tunnel des Falaises -> Pont du Falconnet

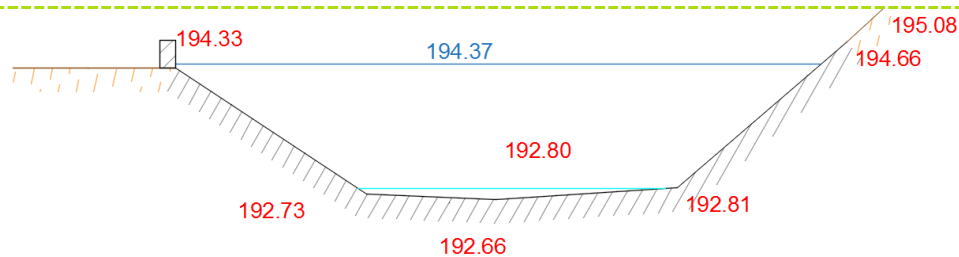


Figure 13 : réhausse parapet PK 1076

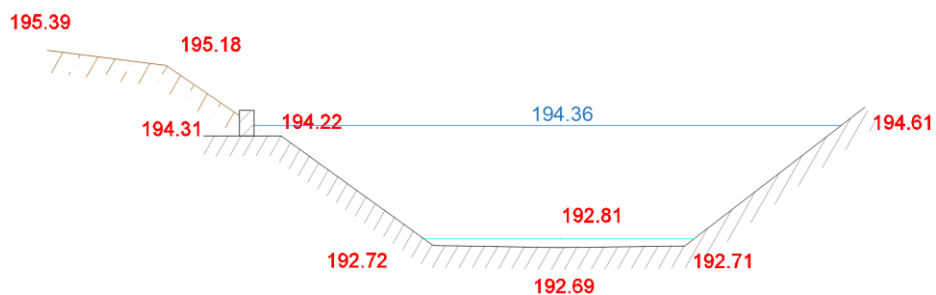


Figure 14 : Réhausse parapet PK 1150

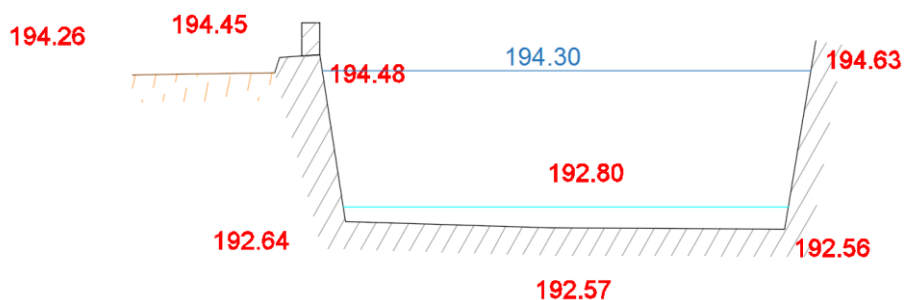


Figure 15 : Réhausse parapet PK 1571

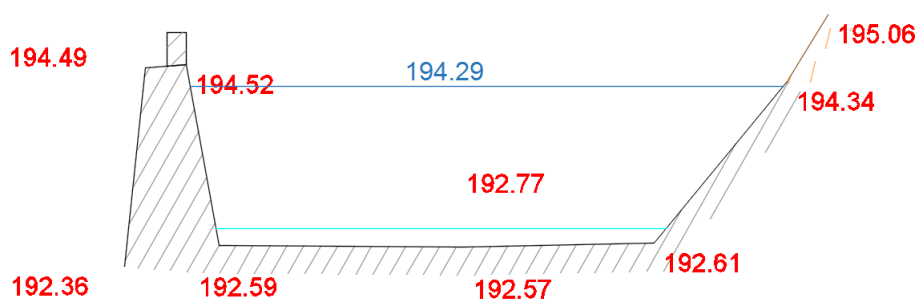


Figure 16 : Réhausse parapet PK 1619

6.1.4 Solution technique retenue

Au vu des faibles emprises disponibles en rive gauche du canal, la solution de réhausse par un muret en béton est retenue pour l'ensemble du linéaire à rehausser.

Rapport d'Avant-Projet

Avant-Projet remise en état du canal de la Bourne et remise en service déversoir au mac section tunnel des Falaises -> Pont du Falconnet



Cette solution est retenue car elle pourra être intégrée comme une plus-value à la réfection du canal prévue dans le cadre de son entretien courant.

De plus, il est d'autant plus important de limiter au maximum l'emprise des travaux que la végétation aux abords du canal est très dense et que les accès sont difficiles, deux éléments risquant d'entraîner des surcoûts importants.

6.2 Dimensionnement des réhausses

Le dimensionnement des réhausses a été réalisé en tenant compte des lignes d'eau lors du passage d'un débit de 6 m³/s avec une revanche de 10 cm, et dans le cas du fonctionnement de chacun des déversoirs et des délestages, de même avec une revanche de 10 cm.

En cas d'obstruction de l'un des tunnels ou de chute d'un embâcle dans le tunnel, il y a formation d'un « lac » depuis cet embâcle jusqu'au déversoir situé en amont. Il a été calculé la réhausse nécessaire pour contenir ce lac sans débordement et avec une réhausse de 10 cm. Cette hauteur de réhausse est comparée à la réhausse nécessaire au transit de 6m³/s avec une revanche de 10cm et le maximum des deux est retenu.

Suite à ces calculs, les hauteurs des réhausses nécessaires vont de quelques centimètres à, très ponctuellement, un mètre. Il est prévu des réhausses en béton d'une épaisseur de 30 cm.

Le linéaire à conforter est de 4200 mètres linéaires sur le tronçon amont, sur lequel porte la présente étude.

7 ESTIMATION



Réfection du canal de la Bourne

Travaux 2020

AVANT-PROJET

Solution 3 : réhausses pour canaliser vers les déversoirs de Servant et du Mas

Devis Quantitatif et Estimatif des prestations à exécuter

Tronçon 1 :
Tunnel des Falaises -> Pont du Falconnet (inclus)
PK 1053 -> PK 1571

Réfection du canal

Numéro	Désignation	Unit é	Prix HT	Quantité	Montant HT
1	Préparation				
1,01	Préparation et installation de chantier	F	2 500,00 €	1	2 500,00 €
1,02	Épuisement	J	70,00 €	26	1 820,00 €
1,03	Débroussaillage et fauchage	ml	1,50 €	515	772,50 €
1,04	Abattage	u	50,00 €	2	100,00 €
1,05	Nettoyage grossier radier et digues	m2	2,50 €	10100	25 250,00 €
1,07	Démolition de radier	m2	8,00 €	2020	16 160,00 €
1,09	Rabotage maçonnerie existante	m2	12,50 €	3030	37 875,00 €
1,1	Nettoyage fin	m2	1,80 €	3030	5 454,00 €
2	Bétons				
2,04	Fibres polypropylènes	Kg	10,00 €	454,5	4 545,00 €
2,05	Treillis soudés	Kg	1,90 €	4040	7 676,00 €
2,07	Joints de dilatation hydrogonflant	ml	12,00 €	52	624,00 €
2,12	Béton à 350 kg	m3	170,00 €	202	34 340,00 €
2,13	Béton projeté à 400 kg	m3	320,00 €	303	96 960,00 €
3	Terrassements et aménagements annexes				
3,05	Évacuation des matériaux	m3	15,00 €	505	7 575,00 €
5	Divers				
5,02	Dossier des Ouvrages Exécutés	F	500,00 €	1	500,00 €
			Réfection du canal		242 151,50 €

Rapport d'Avant-Projet

Avant-Projet remise en état du canal de la Bourne et remise en service déversoir au mac section tunnel des Falaises -> Pont du Falconnet



Repsie déversoir et coursier aval tunnel des Falaises					
Numéro	Désignation	Unité	Prix HT	Q	Montant
1	Préparation				
1,01	Préparation et installation de chantier	F	2 500,00 €	1,00	2 500,00 €
1,03	Débroussaillage et fauchage	m²	1,50 €	650,00	975,00 €
1,11	Etudes d'exécution	J	700,00 €	2,00	1 400,00 €
2	Bétons				
2,19	Enrochements bétonnés	m3	120,00 €	200,00	24 000,00 €
3	Terrassements et aménagements annexes				
3,02	Terrassement en déblai dans la masse	m3	23,00 €	150,00	3 450,00 €
3,05	Évacuation des matériaux	m3	15,00 €	150,00	2 250,00 €
3,12	Réemploi des déblais en remblais préalablement stockés sur site	m3	20,00 €	50,00	1 000,00 €
3,14	Géotextile anti-contaminant 200g/m2	m2	3,00 €	400,00	1 200,00 €
5	Divers				
5,02	Dossier des Ouvrages Exécutés	F	500,00 €	1,00	500,00 €
				Somme	37 275,00 €
Deux branchements client					
Numéro	Désignation	Unité	Prix HT	Quantité	Montant HT
2	Bétons				
2,08	Parpaing creux de béton Agglomérés de 20 cl d'épaisseur	m2	35,00 €	5	175,00 €
2,12	Béton à 350 kg	m3	170,00 €	2	340,00 €
3	Terrassements et aménagements annexes				
3,01	Exécution de tranchées pour réseaux secs	ml	40,00 €	20	800,00 €
3,03	Gravier 4/6	m3	25,00 €	7	175,00 €
3,04	Grave naturelle 0/60 - 0/80	m3	23,00 €	16	368,00 €
3,05	Évacuation des matériaux	m3	15,00 €	23	345,00 €
3,14	Pose seule de canalisations en PEHD	ml	30,00 €	20	600,00 €
3,15	Pose seule d'une pièce de robinetterie	U	100,00 €	2	200,00 €
3,16	Pose seule d'une bouche à clé	U	80,00 €	2	160,00 €
5	Divers				
5,02	Dossier des Ouvrages Exécutés	F	500,00 €	1	500,00 €
				Deux branchements client	3 663,00 €

Rapport d'Avant-Projet

Avant-Projet remise en état du canal de la Bourne et remise en service déversoir au lieu section tunnel des Falaises -> Pont du Falconnet



Réhausses					
Numéro	Désignation	Unité	Prix HT	Quantité	Montant HT
1	Préparation				
1,01	Préparation et installation de chantier	F	2 500,00 €	1	2 500,00 €
1,07	Démolition de radier	m2	8,00 €	155	1 240,00 €
1,11	Etudes d'exécution	J	700,00 €	2	1 400,00 €
1,12	Sciage de revêtement en béton	ml	6,00 €	515	3 090,00 €
2	Bétons				
2,04	Fibres polypropylènes	Kg	10,00 €	81	810,00 €
2,05	Treillis soudés	Kg	1,90 €	1620	3 078,00 €
2,06	Aciers pour armature	Kg	2,40 €	5150	12 360,00 €
2,08	Parpaing creux de béton agglomérés de 20 cm d'épaisseur	m2	35,00 €	412	14 420,00 €
2,12	Béton à 350 kg	m3	170,00 €	136	23 120,00 €
2,2	Plus-value pour mise en oeuvre d'aciers verticaux dans la maçonnerie	ml	24,00 €	515	12 360,00 €
3	Terrassements et aménagements annexes				
3,01	Exécution de tranchées pour réseaux secs	ml	40,00 €	515	20 600,00 €
3,04	Grave naturelle 0/60 - 0/80	m3	23,00 €	41	943,00 €
3,05	Évacuation des matériaux	m3	15,00 €	193	2 895,00 €
3,12	Réemploi des déblais en remblais préalablement stockés sur site	m3	20,00 €	95	1 900,00 €
5	Divers				
5,02	Dossier des Ouvrages Exécutés	F	500,00 €	1	500,00 €
				Réhausses	101 216,00 €
				Total Tronçon 1	384 305,50 €

RECAPITULATION					
Tronçon 1 : Tunnel des Falaises -> Pont du Falconnet (inclus) PK 1053 -> PK 1571					
Réfection du canal					242 151,50 €
Repsie déversoir et coursier aval tunnel des Falaises					37 275,00 €
Deux branchements client					3 663,00 €
Réhausses					101 216,00 €
Total Tronçon 1					384 305,50 €

ANNEXE 1

CARNET DE PLANS

