Photographie : Engravement du village de Ceillac lors de la crue de juin 1957

Guillestrois-Queyras
Communauté de communes

VERSION PROJET

Commune de Ceillac

Réfection du chenal du Cristillan

Etude de Projet

Avril 2026

SUIVI DOCUMENTAIRE

Référence GED :

Service

Agence RTM des Alpes du Sud, service départemental des Hautes-Alpes

Interlocuteur

Nom – Prénom	Anne-Laure MARTIN
Entité et Fonction	Ingénieur Travaux
Coordonnées	anne-laure.martin@onf.fr 06.18.17.47.07

Historique de la publication

Version	A
Date du rapport	
Auteur du rapport	Anne-Laure MARTIN, Ingénieur Travaux
Service	ONF, service RTM des Hautes-Alpes
Commentaires	

Contrôles	**Vérification**	**Approbation**
Nom – Prénom		Marie-Pierre MICHAUD
Entité et Fonction		Cheffe de Service
Date		
Signature		

VERSION PROVISOIRE

Sommaire

1 Contexte de l'opération 6
2 Description du site d'étude 7
3 Synthèse des études hydrauliques antérieures 7
4 Synthèse des données de diagnostics 7
4.1 Données historiques sur les ouvrages 7
4.2 Résultats de l'étude géotechnique 14
4.3 Visite Technique Approfondie 19
4.3.1 Dégradation du radier 19
4.3.2 Désordres linéaires de type fissuration 21
4.3.3 Altération du béton dans la masse. 22
4.3.4 Présence de végétation sur le parement 25
4.3.5 Dépôts sauvages 26
4.4 Campagne topographique 26
4.4.1 Profil en long du torrent 27
4.4.2 Présence de canalisation en encorbellement 28
4.5 Synthèse Du diagnostic 30
5 Description des travaux 31
5.1 objectif des travaux, Aléa de référence 31
5.1.1 Objectifs des travaux, scenario de référence 31
5.2 Travaux d'amélioration des écoulements 31
5.2.1 Reprise complète du seuil aval 31
5.2.2 Optimisation du profil en long 33
5.2.3 Démontage de pont et passerelle 35
5.2.1 Démontage des canalisations en encorbellement 36
5.3 Travaux de réfection du radier du chenal 36
5.3.1 Remarque sur le secteur aval du seuil 36
5.3.2 Secteur intermédiaire et amont : Réfection complète du radier 36
5.4 Travaux de Réfection de reprise des parements de la digue 42
5.4.1 Travaux de dégagement de la végétation 44
5.4.2 Travaux de reprise du couronnement des murs 44
5.4.3 Travaux de reprise des parements des murs 45
6 Conditions de réalisation des travaux et d'entretien 49
6.1 Période et phasage des travaux 49
6.2 Accès la zone de travaux 50
6.3 Zone d'installation de chantier et aires de stockages temporaires 52
6.4 Dérivation des eaux 53
6.5 Analyse parcellaire et impact des travaux 53
7 Estimation des travaux 55
7.1 Metre 55

VERSION PROVISOIRE

7.2 Estimatif 56
8 Entretien du dispositif 57
8.1 Travaux d'entretien 57
8.2 Visite d'ouvrage 57

VERSION PROVISOIRE

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Localisation générale du bassin versant du Cristallin et le village de Ceillac situé sur le cône de déjection du torrent (Source Google Earth) ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 2 : Localisation précise du projet (source Géoportail)..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 3 : Vue d'ensemble du bassin versant depuis l'aval (source Google Earth)**Erreur ! Signet non défini.**

Figure 4 : Illustration de la zone d'enjeux ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 5 : Précipitations cumulées sur l'année à Ceillac ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 6 : Dépôts massifs au somment du village de Ceillac – Crue juin 1957**Erreur ! Signet non défini.**

Figure 7 : Traversée de Ceillac post crue juin 1957..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 8 **:** Vue d'ensemble de Ceillac après la crue de juin 1957. ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 9 : Hydrogrammes de crue du Cristillan à l'amont de Ceillac... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 10 : Entonnement avec faible pente en amont du radier. ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 11 : Calcul de ligne d'eau pour Q100 – hypothèse canal Lisse... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 12 : Localisation des points bas des murs du torrent du Cristillan d'après les modélisations hydrauliques..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 13 : Coupe type de l'ouvrage et profondeur des fondations. (Source Confluence BE) ..16

Figure 14 : localisation des carottages sur le profil en travers (source BE Confluence).....17

Figure 15 : Résultats de calculs de stabilités – Etude géotechnique- source BE Confluence.....17

Figure 16 : Exemple de dégradation du radier du chenal (Source ONF-RTM, VTA 2015).....19

Figure 17 : extrait du profil en long sur la partie amont du chenal. (Source Atelier du géomètre 2024) 20

Figure 18 : Illustration des écoulements en aval d'un seuil en barrette métallique (Source ONF-RTM, 2026) 20

Figure 19 : Exemple de fissuration sur le parement (Source ONF-RTM, VTA 2015)..... 22

Figure 20 : Exemple d'altérations dans la masse du béton - tronçon 3 – RD (Source ONF-RTM, VTA 2015)..... 23

Figure 21 : Exemple d'altération du béton dans la masse (Source ONF RTM, VTA 2024)..... 23

Figure 22 : Illustration du phénomène de décollement de la peau du béton : Tronçon 3 – RD. (Source ONF-RTM, VTA 2015) 24

Figure 23 : Déversement de la neige issue du déneigement dans le chenal (Source ONF-RTM, 2026) 24

Figure 24 : Exemple de présence de végétation arborée plantée côté val à proximité immédiate du chenal (Source ONF-RTM, VTA 2015) 26

Figure 25: comparaison des deux profils des seuils par rapport ai niveau de fondations (à gauche, seuil avec pente plus faible ; à droite, seuil avec pente plus forte)..... 33

Figure 26 : Carte localisant les accès possibles aux zones de travaux (fond carte : Géoportail) 51

Figure 27 : Carte localisant les aires de stockage temporaire et les zones d'installation de chantier (fond de carte : Géoportail) 52

Figure 28 : Schématisation du mode de dérivation des eaux..... 53

VERSION PROVISOIRE

1 CONTEXTE DE L'OPERATION

Le Programme d'Action de Prévention des Inondations (PAPI) du Guil définit un ensemble d'actions à mener pour diminuer la vulnérabilité des enjeux habités du Guillestrois-Queyras face aux risques d'inondations/crues torrentielles et se décline en 9 actions.

Ce projet intitulé « Travaux de réfection du système d'endiguement du Cristillan à Ceillac » s'inscrit dans l'axe 7 du PAPI et a pour objectifs de réduire la vulnérabilité des zones urbanisées de la commune de Ceillac vis-à-vis du risque de crues.

Les travaux ainsi listés dans la fiche action sont les suivants :

- La réfection du radier béton du chenal ;
- La reprise du début d'affouillement du mur en rive gauche en aval du seuil
- Le confortement des parties des murs en béton dégradées ;
- Le traitement des fissures ;
- Le traitement des joints des parties des murs en pierres maçonnées et l'enlèvement de la végétation ;
- Le déplacement des réseaux qui passent en encorbellement et la suppression d'un pont et d'une passerelle permettant d'optimiser le gabarit hydraulique du chenal.

La fiche PAPI mentionne un premier chiffrage des travaux ainsi que son mode de financement.

Préalablement à l'établissement du PAPI, plusieurs études hydrauliques ont été conduites dont les conclusions seront rappelées dans les chapitres ultérieurs :

Bureau d'étude - année	Intitulé - commanditaire
ETRM, 1996	Etude hydraulique du Cristillan dans la traversée de Ceillac (commune de Ceillac)
SOGREAH, 1997	Etude des risques hydrauliques – torrent du Cristillan / torrent des Aiguillettes (commune de Ceillac)
ETRM / SOGREAH, 2000	Etude des dispositions de prise en compte des risques torrentiels concernant le chef-lieu de Ceillac (Direction Départementale de l'Équipement des Hautes-Alpes)
ONF-RTM, 2006	Etude pour la protection du village de Ceillac contre les crues du Cristillan (commune de Ceillac)
SAGE, 2006	Etude de définition des travaux de protection du chef-lieu de Ceillac contre les risques torrentiels, étude géotechnique préliminaire (commune de Ceillac)
ETRM, 2014	Etude de définition d'un système d'alerte sur le torrent du Cristillan (commune de Ceillac).
ETRM, 2014	Etude de la protection de la Maison de la Petite Enfance par rapport aux crues du torrent du Cristillan (commune de Ceillac)
ONF-RTM, 2015	Digues du chenal du Cristillan dans la traversée de Ceillac – diagnostic initial de sureté (Communauté de communes du Guillestrois et du Queyras)
ETRM / ONF-RTM, 2019	Etude d'avant-projet pour la protection du chef-lieu de Ceillac contre les crues du Cristillan (Communauté de communes du Guillestrois et du Queyras)

Tableau 1 : synthèse des études existantes.

VERSION PROVISOIRE

2 DESCRIPTION DU SITE D'ETUDE

Cf. Etude de Dangers du système d'endiguement – ONF-RTM – 2026

3 SYNTHESE DES ETUDES HYDRAULIQUES ANTERIEURES

Cf. Etude de Dangers du système d'endiguement – ONF-RTM – 2026

4 SYNTHESE DES DONNEES DE DIAGNOSTICS

4.1 DONNEES HISTORIQUES SUR LES OUVRAGES

Les documents ayant permis d'établir cet historique proviennent principalement des fonds d'archives conservés aux Archives Départementales des Hautes-Alpes (ADHA).

Les archives font mention de digues sur le Cristillan dès le XVIIIe siècle mais peu de documents précisant la nature des ouvrages ont été retrouvés.

Notons que le dispositif de protection a connu plusieurs projet, reconstruction et réparation au cours de ces deux derniers siècles, en particulier suite à la crue de 1856. Le dispositif, dans sa forme actuelle, correspond exclusivement aux constructions post-crue de 1957.

Figure 1 : photo aérienne (27/06/1962).

PROVISOIRE

Nous reprenons ci-après les éléments présentés dans le rapport du diagnostic initial de 2015 qui récapitule les principales informations collectées aux archives.

Date	Description
1863	Projet d'alignement et d'élargissement du torrent à 8m dans la traversée du village (non réalisé)
1872	Réparation des protections de berges existantes avec des madriers de bois
1900	Reconstruction des protections de berges sur 345m par pieux et madriers de bois
1913	Projet de protections des berges dans la traversée de Ceillac (suspendu à cause de la guerre)
1920	Reconstruction des protections de berges en maçonnerie sur les parties les plus endommagées
1958-03	Entonnement amont, bétonnage du chenal, rehausse et construction de digues en béton
1958-12	Prolongement aval des digues en béton
1990/1995	Réfection en béton du fond du chenal d'écoulement sur la moitié de sa longueur

Tableau 2 : synthèse des principaux travaux/projets sur le site d'étude

4.1.1.1 Du XVIIIe siècle à 1957

« *Les documents d'archives représentatifs de ces ouvrages sont présentés ci-dessous* :

Figure 2 : Projet de travaux de 1863 et report de l'emprise de la crue de 1856

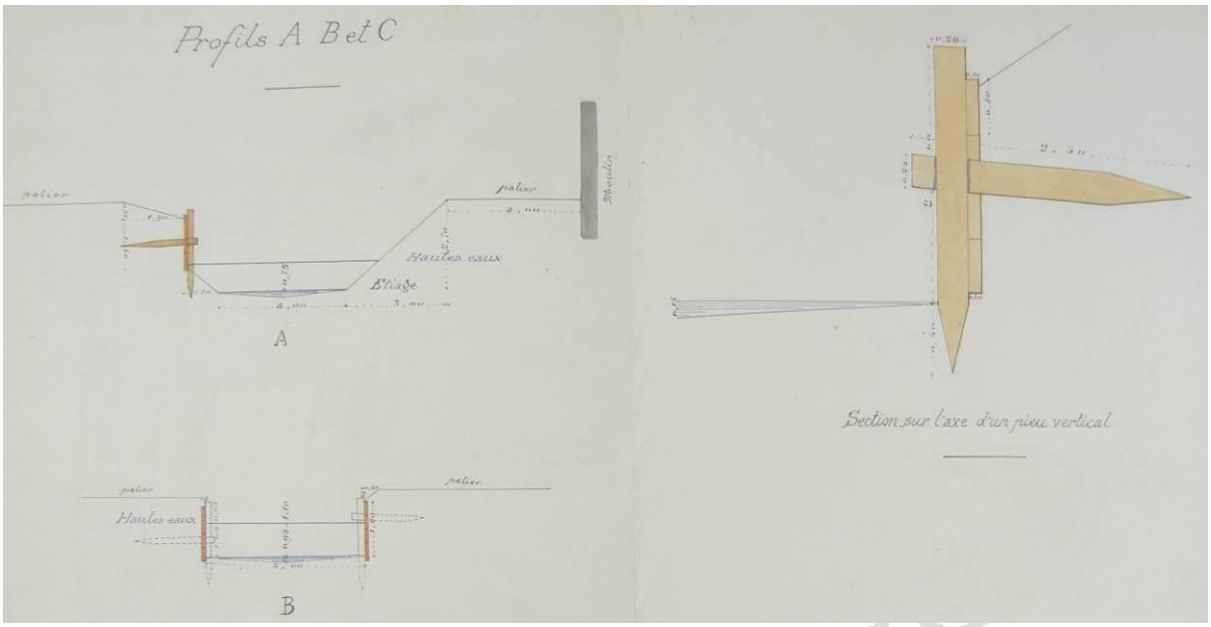
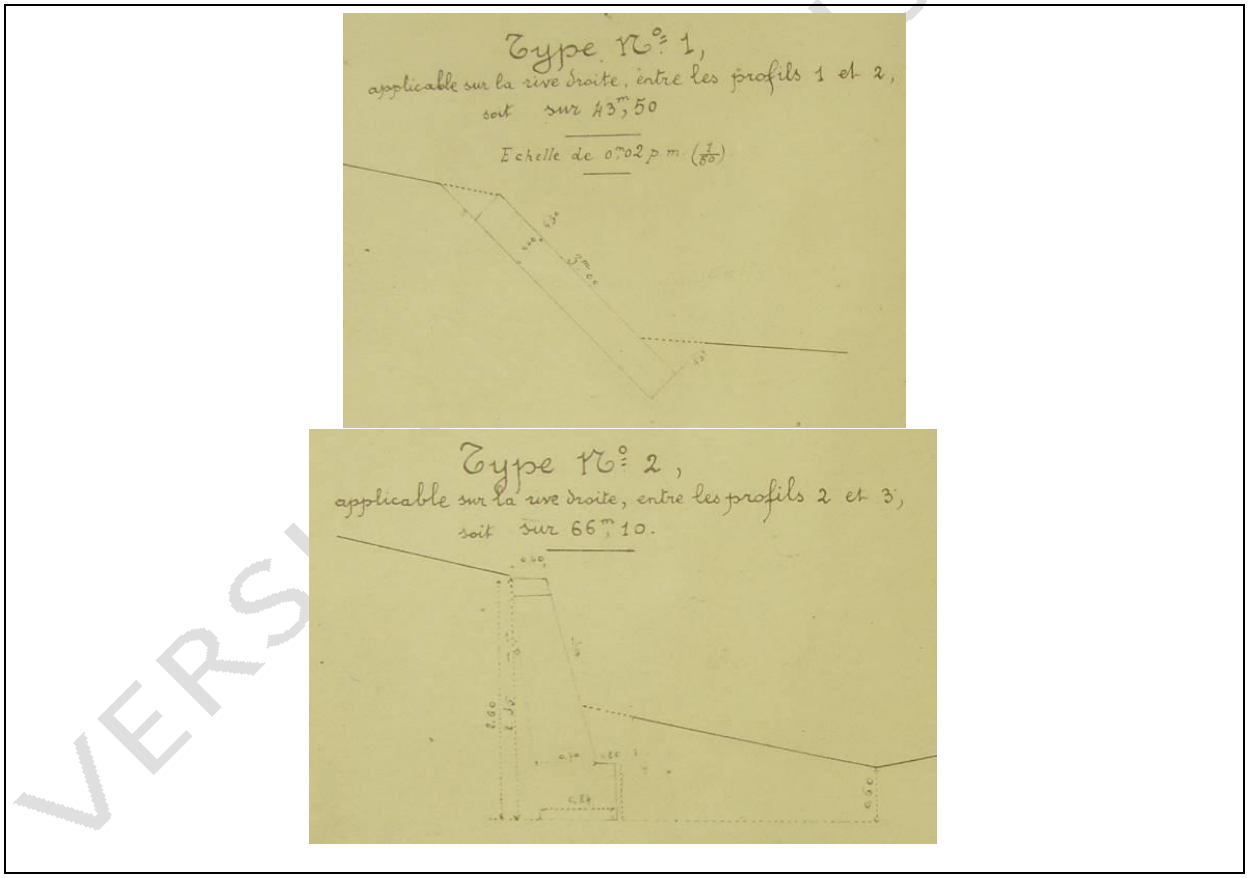


Figure 3 : Coupes de principes des travaux de 1900 – Largeur du lit de 4 à 5m



VERSION

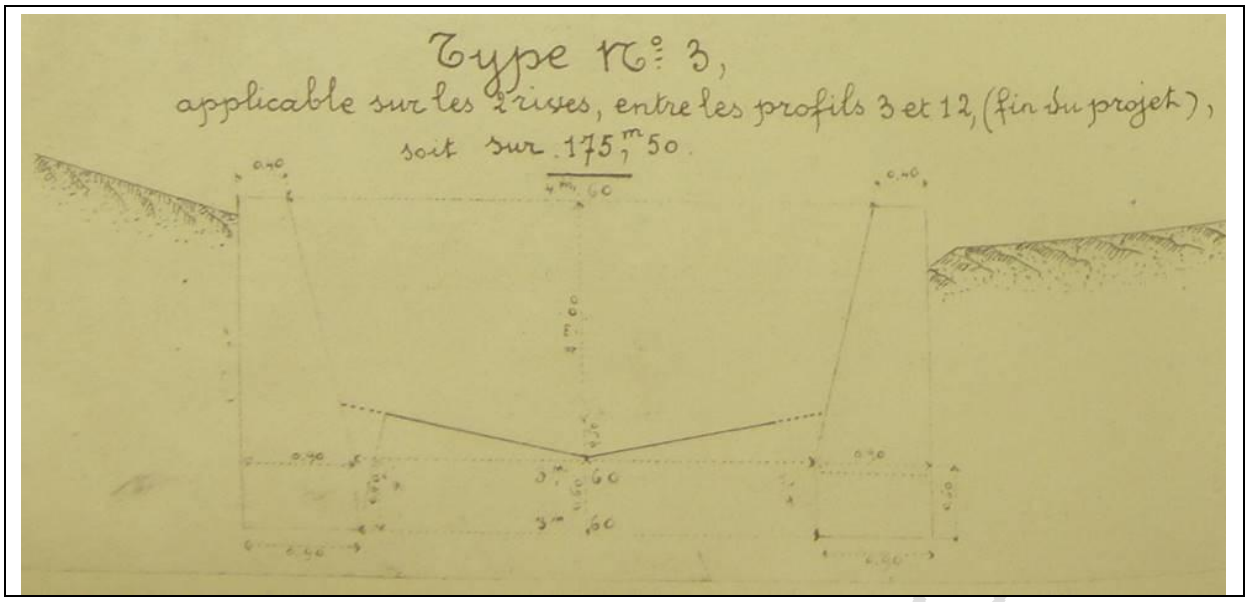


Figure 4 : Coupes types de revêtement des berges des travaux de 1920.

Figure 5 : aperçu du chenal (photo non datée, source C.Fournier ; site internet de la mairie de Ceillac)

4.1.1.2 Depuis 1957

La crue de 1957 a fortement impacté le chenal existant et des nouveaux travaux ont été menés. Les plans retrouvés sont ceux ci-dessous :

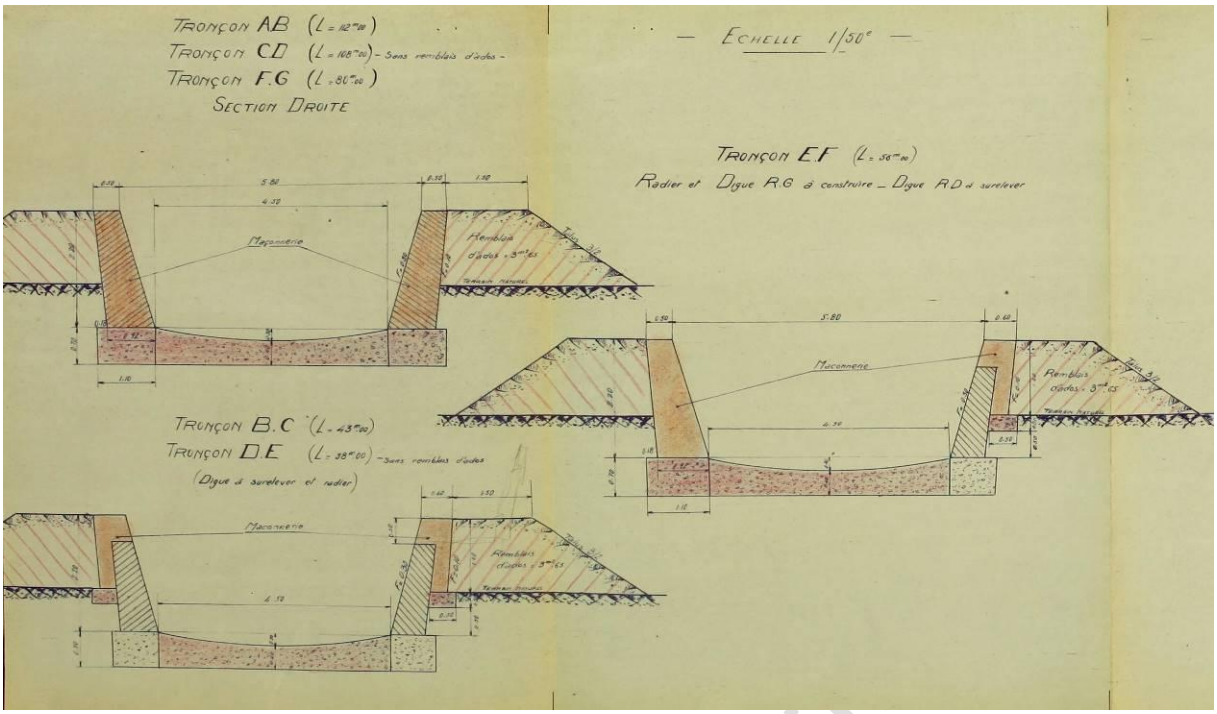
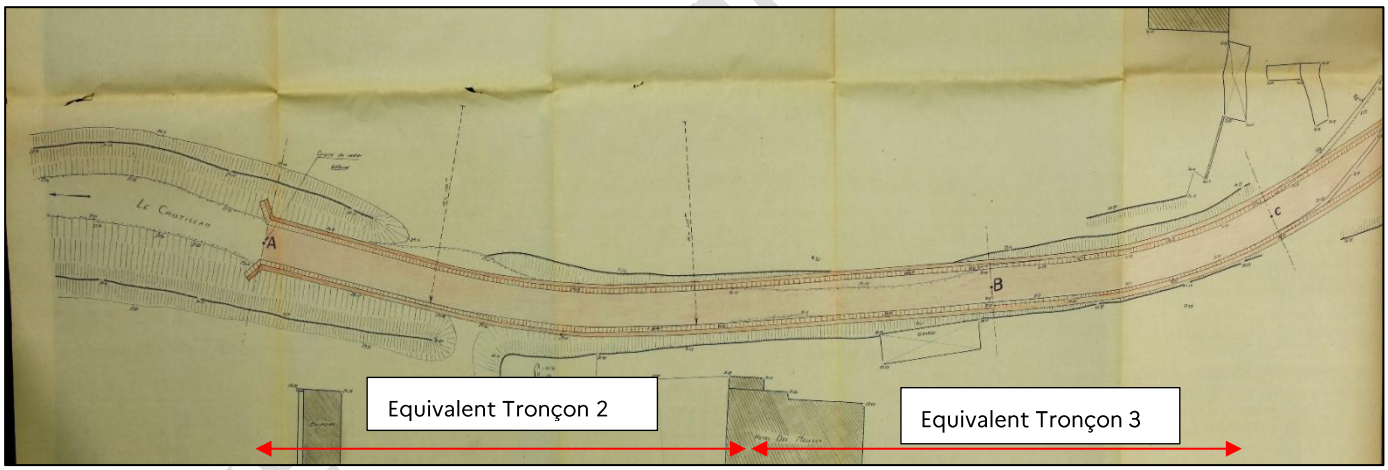
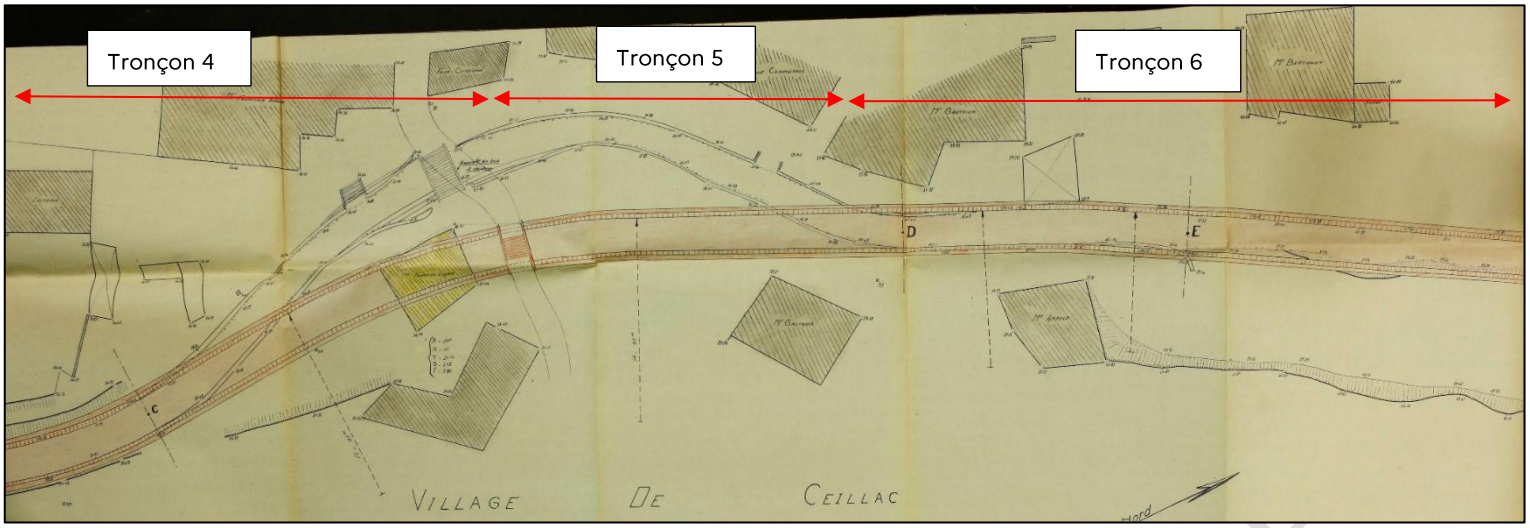


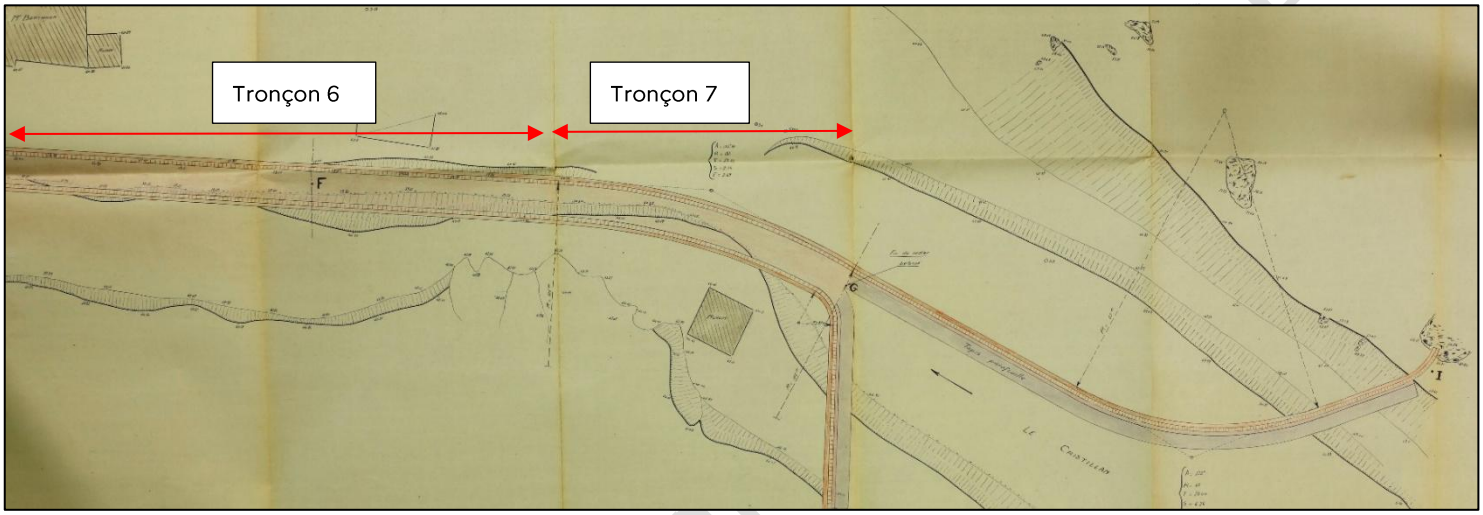
Figure 6 : Coupes types des travaux de 1958

Ces coupes types sont complétées d'un plan de localisation identifiant les tronçons AB CD et FG.

Afin de se repérer, les tronçons 1 à 8 définis dans le diagnostic de sûreté de 2015 ont été repositionnés sur les plans ci-après :







En 1990, le constat a été fait de la dégradation avancée du chenal qui a été soumis au fil des ans à une usure permanente : le fond était détruit de façon quasiment continue, les eaux s'infiltraient sous les vestiges de béton et s'écoulaient sur les galets de l'ancien lit.

Pour conserver à cet aménagement son efficacité, de sérieuses consolidations et rénovations étaient devenues indispensables : il a ainsi été décidé de réaliser en deux tranches fonctionnelles (d'abord amont puis aval) la réfection de celui-ci sur un linéaire de 437 m, c'est-à-dire depuis l'extrémité amont du chenal jusqu'au pavage en maçonnerie en amont du seuil.

Les travaux ont consisté à :

- Augmenter la résistance du fond par application d'une chape en béton fibré (fibres en polypropylène) sur toute la largeur du radier.
- Créer des petits seuils transversaux de faible hauteur (0.30 m) : des poutrelles métalliques (IPE 500) ont ainsi été disposées environ tous les 10 ml et dans la partie centrale (la plus basse) du radier, de façon à réduire les vitesses d'écoulement.
- Recentrer l'écoulement par les seuils et aussi par un reprofilage en cuvette du chenal sur une largeur de 1,50 m, de façon que le Cristillan s'écoule la plupart du temps sur la partie renforcée en béton : il en résulte un chenal emboité sur une grande partie du chenal, selon la coupe suivante :

VERSION PRÉLIMINAIRE

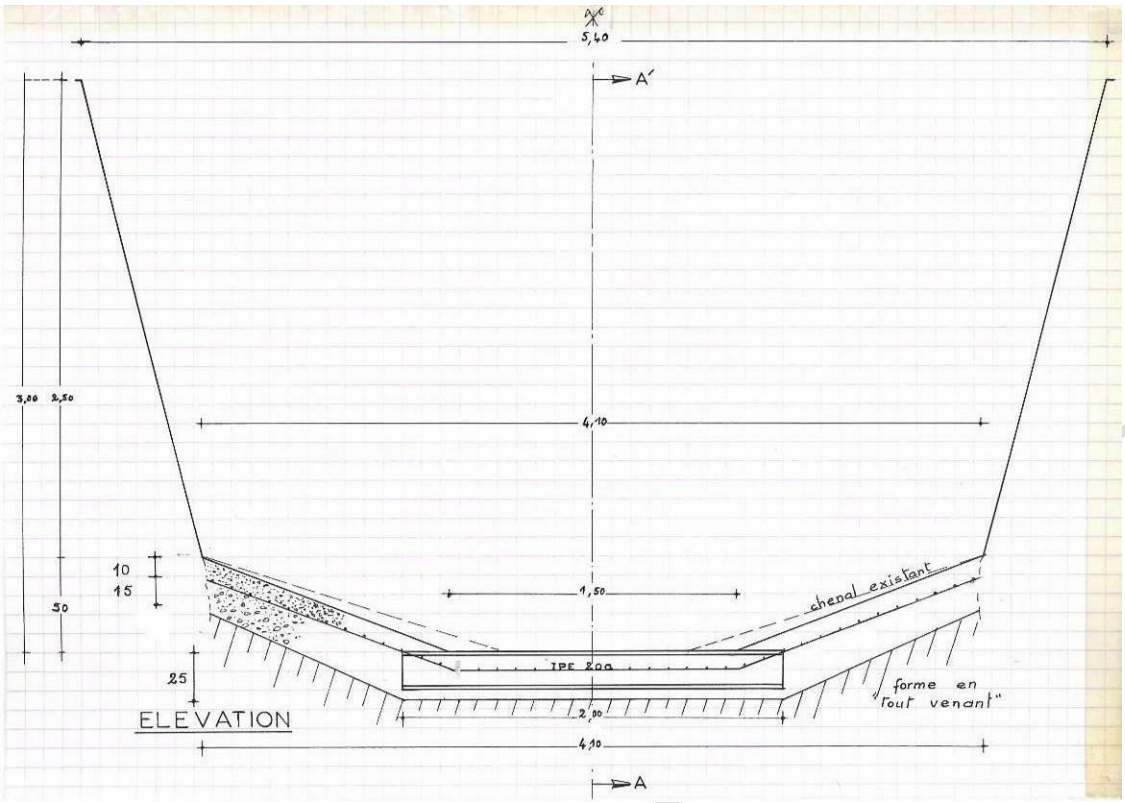


Figure 7 : Coupe de principe des travaux de réfection du fond du chenal entre 1990/1995.

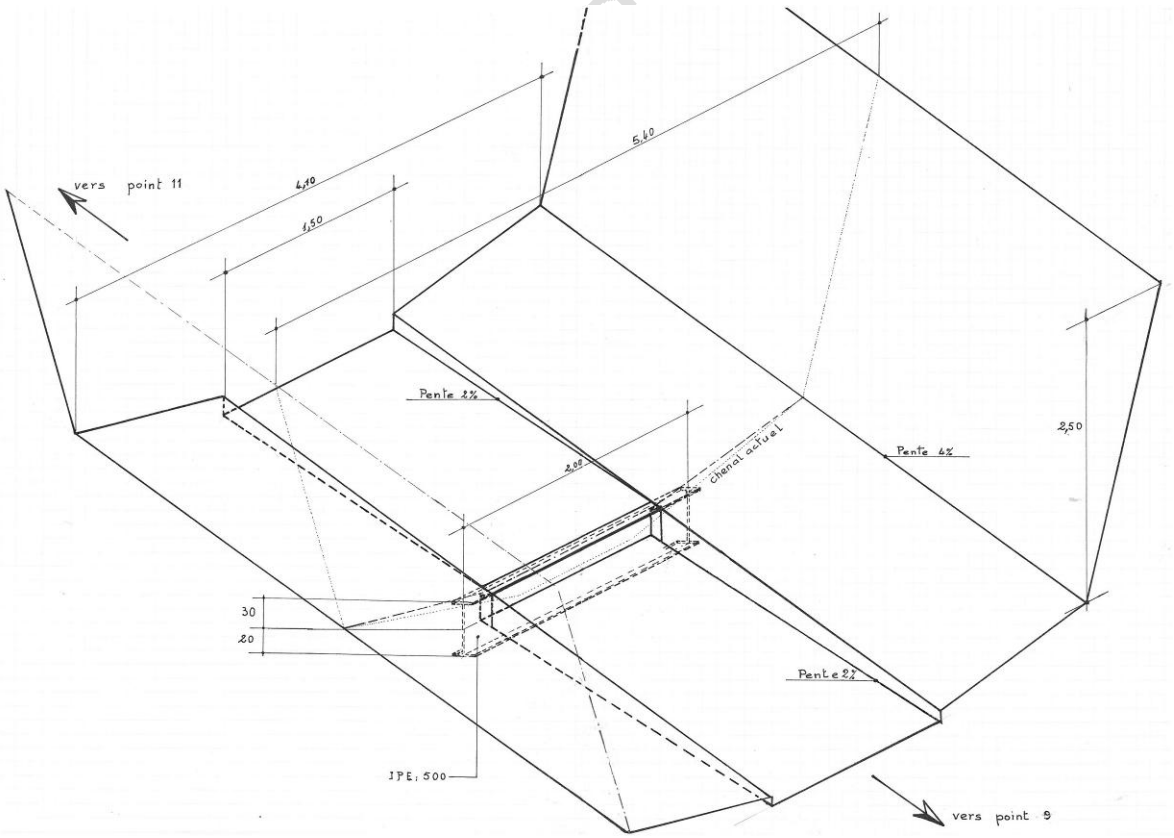


Figure 8 : croquis en perspective du chenal emboité réalisé en 1990/1995.

Depuis cette date, aucune intervention particulière n'a été menée.

Les diagnostics visuels réalisés en 2014 et 2024 ont souligné l'importante dégradation du chenal artificiel (usure du béton en particulier). Ce constat ayant conduit à la réalisation du PRO.

Eléments importants issus des données historiques :

- Les murs ont une hauteur moyenne de 2.2m
- Les fondations ont une profondeur moyenne de 0.7m

⇨ L'ouvrage dans son ensemble a une hauteur **de 2.9 m depuis la crête de digue**.

Par ailleurs, le plan mentionne un début des travaux depuis le secteur A en aval ce qui correspond à la fin du tronçon 2 définit dans le diagnostic de sûreté. Autrement dit, ces éléments de géométrie peuvent ne pas correspondre pour les secteurs 1(RD), 2(RD) , 13 (RG) et 14 (RG) définis dans le diagnostic de sûreté.

4.2 RESULTATS DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE

Le bureau d'étude Confluence a réalisé durant l'hiver 2024-2025 une étude G2 PRO visant à caractériser l'état du chenal dans la traversée de Ceillac, tant au niveau du radier que des bajoyers. Il a été demandé de définir une géométrie type de l'ouvrage et de caractériser sa stabilité en période normale et en cas de crue et décharge rapide.

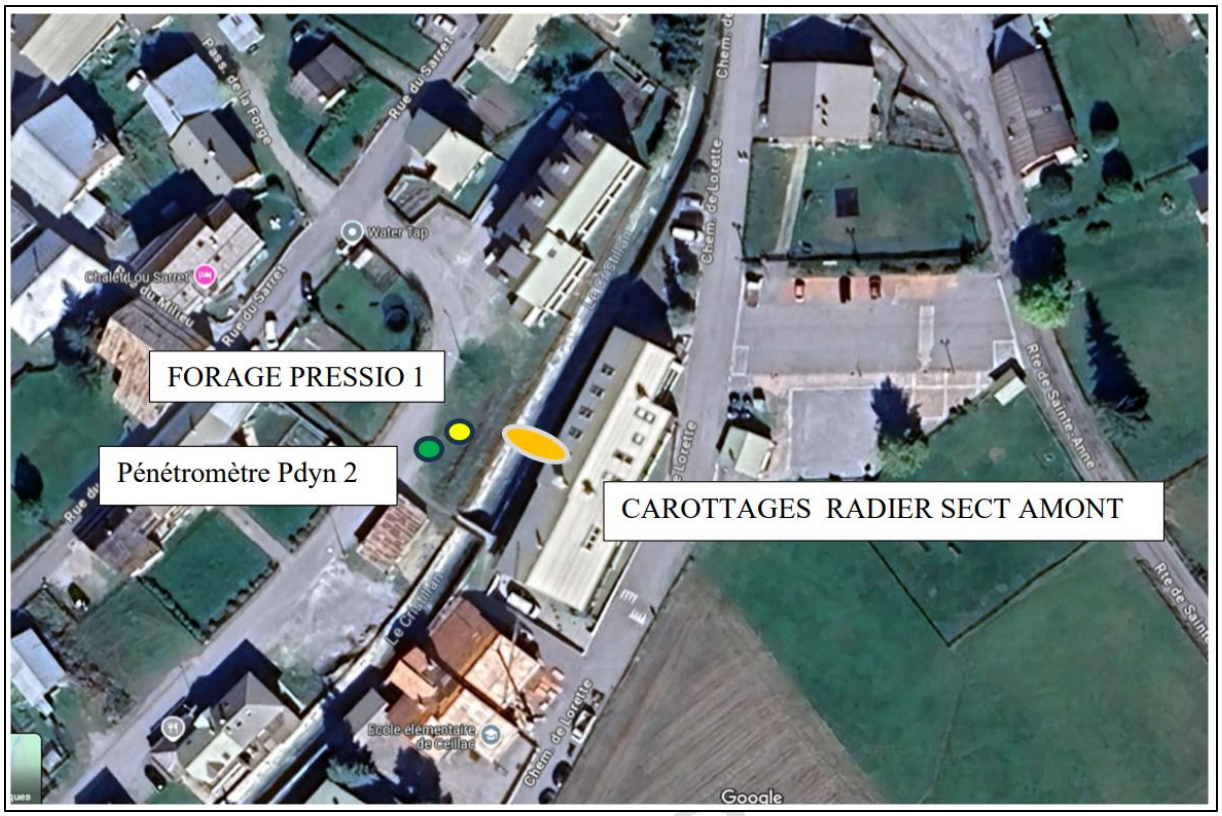
1. Programme d'inspection géotechnique

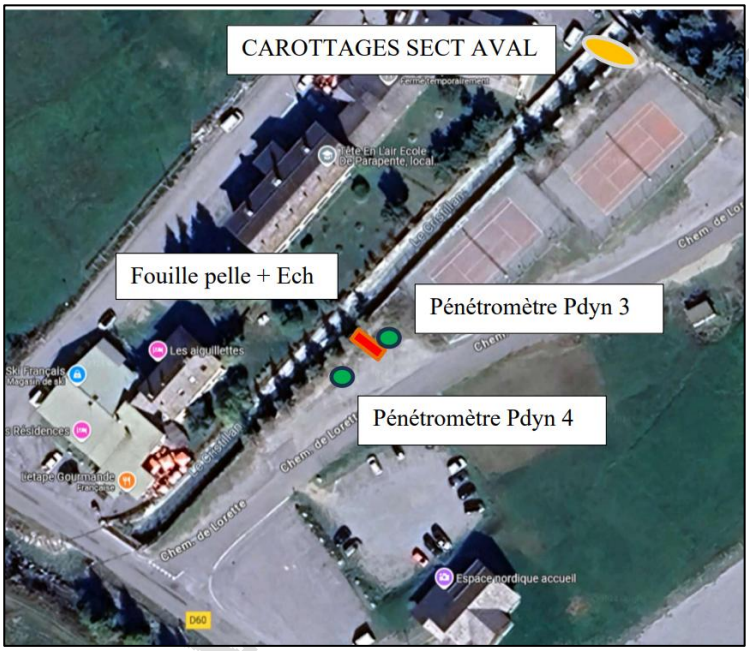
Le programme d'inspection géotechnique a été le suivant :

- Reconnaissance du radier sur deux secteurs (carottage) pour connaitre la géométrie de l'ouvrage et l'état du béton, et ainsi confirmer/infirmer les éléments issus de l'analyse historique.
- Une fouille à la pelle pour définir le niveau de fondation des bajoyers ainsi que la nature des sols rencontrés selon l'altimétrie (+ prélèvement laboratoire)
- 4 essais au pénétromètre dynamique pour évaluer la résistance dynamique du sol
- Un forage pressiométrique pour évaluer la lithographie et la profondeur de la nappe

Les extraits de carte ci-après localisent l'implantation des sondages :

VERSION PROVISOIRE





2. Synthèse des principaux résultats :

Les résultats détaillés de cette étude figurent en annexe. Les principales conclusions dimensionnantes sont les suivantes :

✓ **Concernant la géométrie de l'ouvrage**

Un sondage à la pelle a été réalisé au droit des tennis afin de rechercher la profondeur des fondations. Celle-ci a été retrouvée à **3.90 m** depuis la crête de l'ouvrage. La coupe type réalisée par le bureau d'étude Confluence est la suivante :

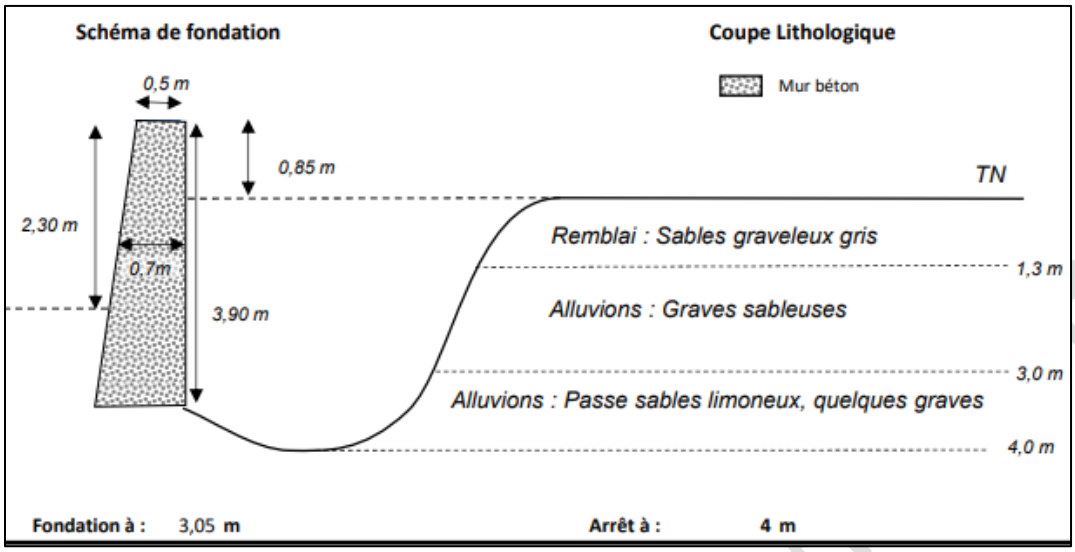


Figure 9 : Coupe type de l'ouvrage et profondeur des fondations. (Source Confluence BE)

Remarque : La hauteur de fondation déterminée par le BE structure est bien plus élevée que celle indiquée dans les plans historiques (3.9m contre 2.9m). Cette différence peut s'expliquer par le fait que le sondage à la pelle a été réalisé sur le secteur 14 donc bien en aval de la zone concernée par les travaux en 1958.

✓ **Concernant la structure du radier et des bajoyers**

Les carottages horizontaux et verticaux renseignent sur la structure de l'ouvrage. Les principaux résultats sont les suivants :

- Les parements ont une épaisseur de 0.70 m à mi-hauteur et de 0.5 m en crête. L'épaisseur du radier béton est de l'ordre de 30 cm.
- Sous le radier, <u>un vide</u> de 30 cm a été identifié à plusieurs reprises hors de la zone centrale de l'écoulement. Il est fort probable que ce vide soit présent sur la majeure partie du linéaire.

VERSION PROVISOIRE

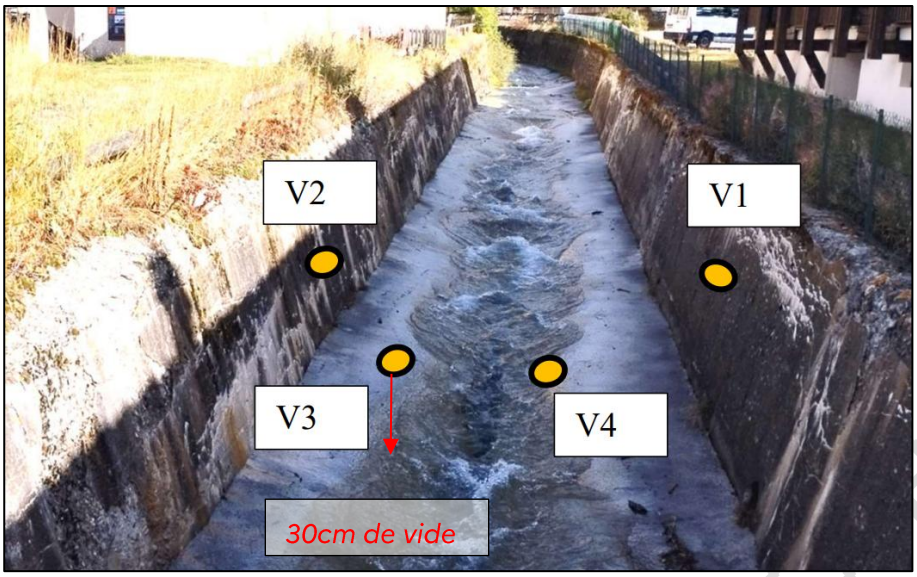


Figure 10 : localisation des carottages sur le profil en travers (source BE Confluence)

✓ **Concernant la stabilité générale**

Sur la stabilité générale, les coefficients de sécurités obtenus après calcul des stabilités de profils et des situations étudiées sont les suivants. Les valeurs indiquées sont des coefficients de sécurité. Une valeur >1 signifie que l'ouvrage est stable pour le scenario de mise en charge considéré (en service, situation accidentelle, avec ou sans séisme). Le détail des scenarios figure dans le rapport du Bureau d'Etude Confluence.

Profil	Rive	Côté torrent						Côté val
		Phase de service		Phase accidentelle	Phase de service	Phase accidentelle	Phase accidentelle	Phase accidentelle
		Rupture radier	Reprise radier	Situation de vidange rapide	Rehausse digue	Rehausse + Situation séisme allégeant	Rehausse + Situation séisme pesant	Rehausse + Situation exceptionnelle de crue centennale
AMONT	Droite	0.82	1.32	0.92	1.31	1.49	1.48	2.72
AVAL	Droite	1.02	1.86	1.01	1.77	1.66	1.69	1.89

Figure 11 : Résultats de calculs de stabilités – Etude géotechnique- source BE Confluence

- <u>Au droit du profil amont (centre de vacances - chalet du Mélezet) :</u>

La stabilité est étudiée en rive droite, car la géométrie du terrain naturel et de la digue en font le côté le plus défavorable.

Les calculs de stabilité montrent que :

- **En absence de reprise du radier actuellement fissuré, sa rupture et son arrachement est probable et mettrait en péril la stabilité de la digue** (Fs < 1.0), en lien avec un affouillement des fondations de la digue ; En effet, le coefficient de sécurité, en phase de service avec une rupture de radier est de 0.82 < 1

VERSION PROVISOIRE

- La reprise du radier ainsi que du vide rencontré en dessous permettra d'assurer à nouveau la stabilité de la digue en phase normale de service ;
- Cette reprise ainsi que la géométrie actuelle de la digue présentent une fragilité pour assurer la stabilité de l'ouvrage en phase de crue/vidange rapide – (coefficient proche de 1). Cette configuration – même si elle a été étudiée - reste toutefois improbable au regard du fonctionnement du cours d'eau et de l'ouvrage.
- **La stabilité générale en phase de service et en phase accidentelle de séisme est vérifiée avec rehausse**.

▪ Au droit du profil aval (au niveau des tennis)

Les calculs de stabilité montrent que :

- **En absence de reprise du radier actuellement fissuré, sa rupture et son arrachement est probable**. Les fondations de la digue sont alors plus susceptibles d'être affouillées, bien que l'ouvrage soit encore théoriquement et provisoirement stable.
- La reprise du radier ainsi que du vide rencontré en dessous permettra de conforter la stabilité de la digue en phase normale de service ;
- Cette reprise ainsi que la géométrie actuelle de la digue sont tout juste suffisantes pour assurer la stabilité de l'ouvrage en phase de crue/vidange rapide.
- **La stabilité générale en phase de service et en phase accidentelle de séisme est vérifiée avec rehausse**.

VERSION PROVISOIRE

4.3 VISITE TECHNIQUE APPROFONDIE

La visite technique approfondie a été réalisée par le service RTM au printemps 2024 et présentée en mairie en septembre 2024.

La VTA s'est appuyée sur le diagnostic de sûreté réalisé en 2015 où l'ensemble des désordres a été recensé et localisé par un système de « points métriques » (PM) et par tronçon. Ce découpage en 14 tronçons est conservé dans la présente étude. Ils sont représentés dans les différents plans de localisation (en annexe).

Pour mémoire, les désordres sont regroupés en 4 familles :

- Dégradation du radier du chenal.
- Désordres linéaires de type fissuration,
- Altération du béton dans la masse ou altération des joints des pierres maçonnées
- Présence de la végétation dans l'ouvrage

4.3.1 Dégradation du radier

Ce type de désordre se présente sous trois formes selon la nature du radier existant :

- **A l'aval du chenal** : le radier est constitué d'enrochements bétonnés ou libres et des déchaussements sont ponctuellement visibles.

- **Sur la zone intermédiaire** : la VTA et les inspections géotechniques ont mis en évidence un surcreusement sur la partie centrale mais également la présence de vides sous le radier et probablement sur l'ensemble du linéaire. La cavité étant retrouvée sur les deux carottages, il est probable qu'elle se soit formée sur tout le linéaire sur une trentaine de centimètres d'épaisseur.

Figure 12 : Exemple de dégradation du radier du chenal (Source ONF-RTM, VTA 2015)

- **A l'amont du chenal** : le radier avait subi des réparations et des petits seuils métalliques ont été mis en place. Aujourd'hui, ce sont de véritables fosses d'affouillement qui se sont creusées dans le béton à l'aval des seuils. Les barres métal type IPE sont, pour certaines,

VERSION PROVISOIRE

fléchies. En effet, en raison du reprofilage en cuvette du chenal lors du confortement réalisé en 1990/1995, les écoulements courants ont été concentrés sur une largeur de seulement 1,50 m et cela a engendré d'une part une déformation de certaines barrettes métalliques par les chocs et d'autre part une détérioration interne du radier liée à l'altération du béton (malgré l'ajout de fibres dans le béton de réfection). Le profil en long met clairement en évidence la présence des fosses en aval des seuils.

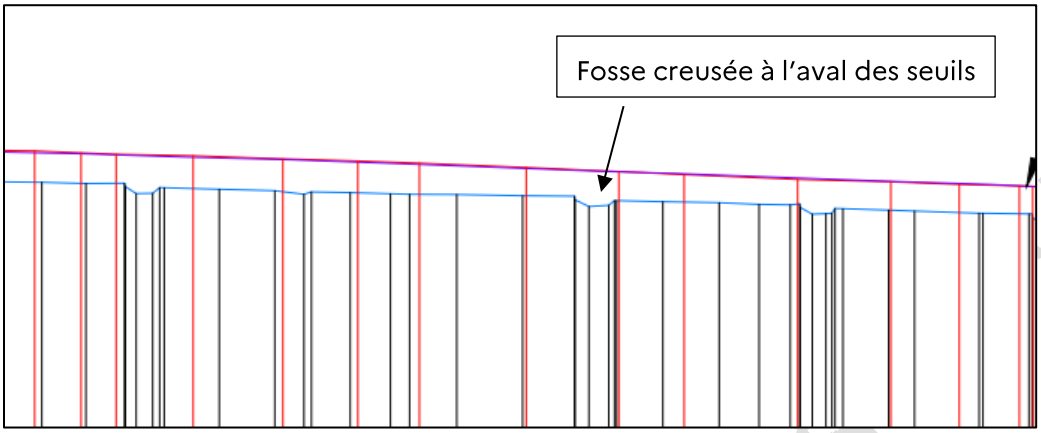


Figure 13 : extrait du profil en long sur la partie amont du chenal. (Source Atelier du géomètre 2024)

La non-réalisation de sondage carotté sur ce secteur ne permet pas d'écarter la possibilité que les eaux s'infiltrent sous le radier comme pour le secteur intermédiaire. De surcroit, l'absence de remous particulier sur la photographie suivante tend à confirmer qu'un écoulement est bien présent sous le radier béton.

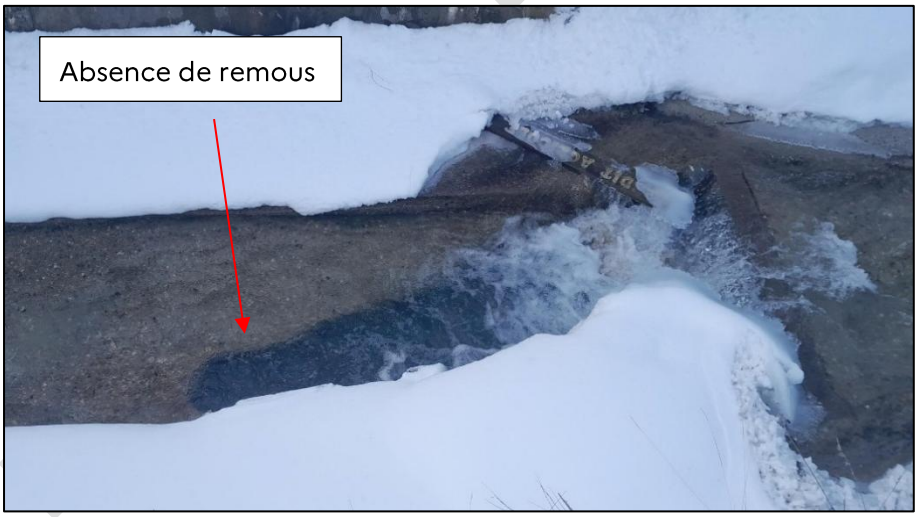


Figure 14 : Illustration des écoulements en aval d'un seuil en barrette métallique (Source ONF-RTM, 2026)

4.3.2 Dégradation du seuil aval.

Outre les petits seuils formés par les barrettes métalliques (poutrelles IPE 500), un seuil d'une hauteur de 2 m environ est disposé peu en amont du confluent avec le Mélezet. Il s'agit d'un seuil poids sans cuvette marquée, à parement aval vertical (type poutre béton) ; Des enrochements libres formant coursier ont été rajoutés en 1990 à l'aval du seuil sur environ 5 ml pour le conforter.

Le seuil aval présente un état de dégradation avancée. Les pierres le constituant sont désormais disjointes et l'écoulement n'est pas uniformément réparti sur sa largeur, accélérant alors sa vitesse de dégradation. Il est fort probable par ailleurs que le seuil est actuellement plus bas que les fondations du mur, comme le montre la coupe en travers ci-après. (en considérant, une hauteur du mur de 3.90m par rapport à la crête de digue)

VERSIOIRE

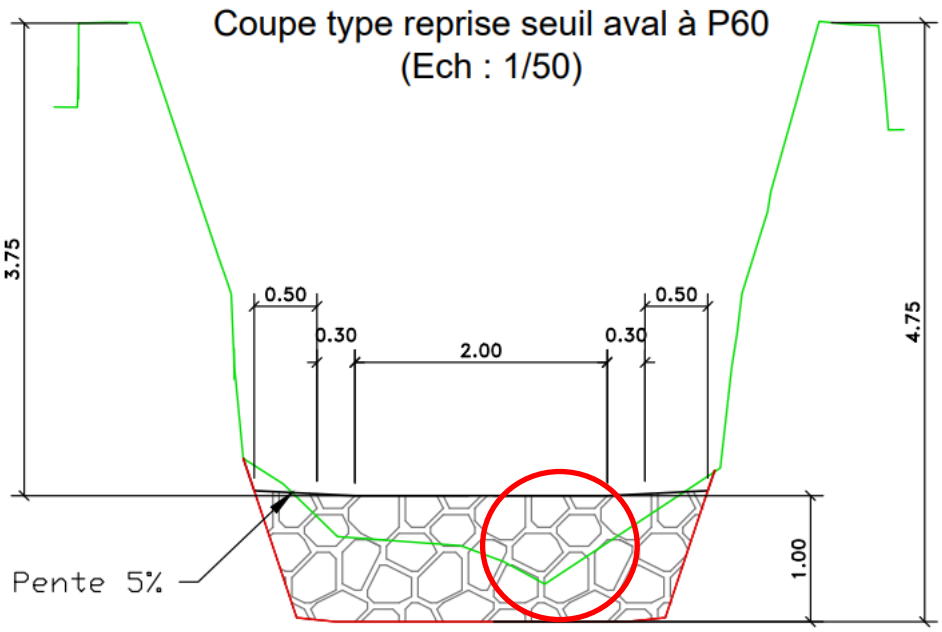


Figure 15 : Coupe type en aval du seuil avec mise en évidence d'un affouillement du radier.

4.3.3 Désordres linéaires de type fissuration

Une grande partie des fissures sont peu ouvertes (déplacement relatif vertical), sans rejet (déplacement relatif avant-arrière), ni glissement (déplacement relatif latéral). Bien que ces fissures ne présentent pas un caractère particulier de gravité, elles constituent des points de faiblesse.

Ces fissures peuvent être le résultat d'un tassement différentiel du corps de digue en lien avec son absence de ferraillage et d'une éventuelle infiltration d'eau dans le corps de l'ouvrage.

Figure 16 : Exemple de fissuration sur le parement (Source ONF-RTM, VTA 2015)

4.3.4 Altération du béton dans la masse.

L'altération du béton dans la masse est un désordre que l'on retrouve sur la quasi-totalité du linéaire que ce soit sur la crête de digue soit en parement des digues.

La photographie suivante illustre très bien le décollement de peau du béton mettant à nu les granulats du béton cyclopéen. L'intensité de la perte de masse de la digue est variable mais peut atteindre 5 à 10 cm d'épaisseur. Cette altération peut impacter toute la hauteur de l'ouvrage ou une surface plus réduite.

VERSION PROVISOIRE

Figure 17 : Exemple d'altérations dans la masse du béton - tronçon 3 – RD (Source ONF-RTM, VTA 2015)

L'altération de surface concerne la crête de digue dans sa globalité comme le montre la photographie ci-après ainsi que des grandes surfaces.

Figure 18 : Exemple d'altération du béton dans la masse (Source ONF RTM, VTA 2024)

L'origine de ces désordres est sans doute liée aux causes suivantes :

- <u>L'âge du béton</u>. Ce béton a été mis en place au lendemain de la crue de 1957 et atteint bientôt les 70 ans de vie et de sollicitation. Ce béton a globalement bien résisté mais présente aujourd'hui des pathologies en lien avec sa fin de vie et sa nature « cyclopéenne ».
- <u>Mode de mise en œuvre</u> : La partie superficielle du béton (la peau) était sans doute plus résistante en raison de l'accumulation de laitance de ciment en partie extérieure du mur, par migration de l'eau, lors de la mise en œuvre ou bien par les coups donnés sur les coffrages lors du coulage des murs.
  Au fil du temps et des abrasions dues au torrent, cette « peau » d'un ou deux centimètres d'épaisseur a fini par casser et tomber par endroits. Le béton apparent en arrière étant alors beaucoup moins résistant et même friable.

VERSION VISOIRE

Figure 19 : Illustration du phénomène de décollement de la peau du béton : Tronçon 3 – RD. (Source ONF-RTM, VTA 2015)

- Nature du béton : Depuis 70 ans, les normes du béton ont évolué et il est probable que le béton mis en place dans les années 60 ne réponde pas aux classes d'expositions liées notamment au gel/dégel et à l'agressivité de l'eau.
- Sur exposition du béton. Pendant plusieurs années, le chenal du Cristillan a accueilli la neige issue du déneigement de la route. Cette neige contient une concentration en sel importante qu'il convient de considérer dans les classes d'expositions du béton. Il est fort probable que la formulation du béton à l'époque n'ait pas pris en compte cette sur exposition. Même si à ce jour, un arrêté municipal interdit cette pratique, elle est encore visible localement.

Figure 20 : Déversement de la neige issue du déneigement dans le chenal (Source ONF-RTM, 2026)

- Une accélération du phénomène de dégradation : L'altération de la crête de digue accentue probablement le phénomène de dégradation. En effet, les eaux s'infiltrent plus facilement dans le corps de l'ouvrage et sont probablement à l'origine des traces de calcites présents sur les parements puis dans un second temps des décollements de la peau du béton.

VERSION PROVISOIRE

4.3.5 Altération des joints de maçonnerie sur les parements

Sur une petite partie de linéaire, les murs sont constitués de pierres maçonnées et non de béton cyclopéen. Ces portions de murs sont plutôt en bon état mais quelques joints sont à reprendre.

Figure 21 : Exemple de joints à reprendre sur les murs maçonnés

4.3.6 Présence de végétation sur le parement

Une végétation herbacée voire arbustive se développe parfois sur la structure en pierres maçonnées des murs ou bien sur la crête des murs en béton.

Nous avons relevé cependant peu d'arbres déstructurants poussant directement sur la structure rigide et qui pourraient porter atteinte à celle-ci.

En revanche, un nombre significatif d'arbres au système racinaire étendu a été planté à proximité immédiate du chenal (Pin, Frêne, Epicéa, Sorbiers…). Ces arbres devront être retirés pour éviter une dégradation ultérieure de l'ouvrage. Toutefois, ils pourront être remplacés par un système de palissade pour se protéger du risque de chute tout en gardant l'intimité de chacun.

VERSION PROVISOIRE

Figure 22 : Exemple de présence de végétation arborée plantée côté val à proximité immédiate du chenal (Source ONF-RTM, VTA 2015)

4.3.7 Dépôts sauvages

Une grande partie de l'entonnement du chenal sert de dépôt pour des matériaux de constructions et des remblais divers (parpaings, reste de béton…). Ces matériaux sont susceptibles d'engendrer des dégâts en cas d'entrainement par le torrent sur les portions aval (mur/pont…).

Ces remblais recouvrant la structure, l'observation de l'ouvrage est rendue délicate et certains désordres sont probablement cachés. Ces matériaux seront à retirer en phase chantier (par engins mécanisés). Toutefois, il est à noter que le relevé du géomètre s'est référé au terrain naturel donc dépôts compris.

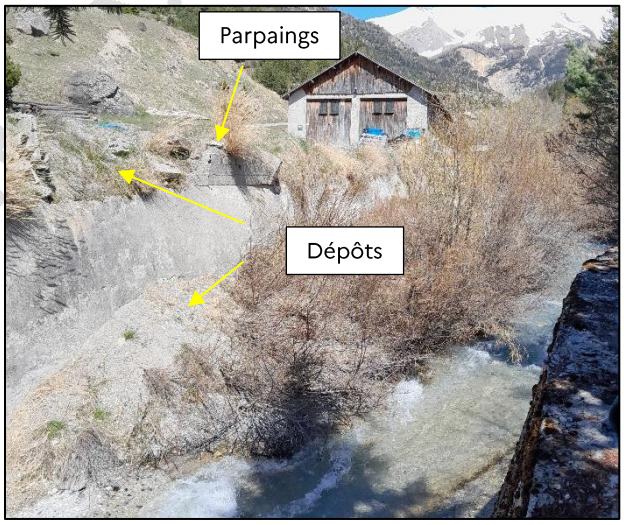


Figure 23 : Exemple de dépôts à l'amont du chenal

Par ailleurs, ces dépôts sauvages sont situés à l'entrée du chenal où des perturbations hydrauliques sont attendues (présence d'un ressaut) , détaillé dans l'étude de danger.

4.4 CAMPAGNE TOPOGRAPHIQUE

La campagne topographique a été réalisée afin de disposer d'une topographie fine des ouvrages et permettre un métré précis des travaux à réaliser. Cette campagne permet également de quantifier certains désordres. C'est le cas notamment des fosses d'affouillement en aval des seuils comme déjà évoquées mais également des anomalies sur les profils en long et en travers, détaillées ci-après.

VERSION PROVISOIRE

4.4.1 Profil en long du torrent

Le profil en long simplifié réalisé dans l'étude ONF RTM- ERTM de 2014 permet d'appréhender le fonctionnement général du torrent sur son cône de déjection.

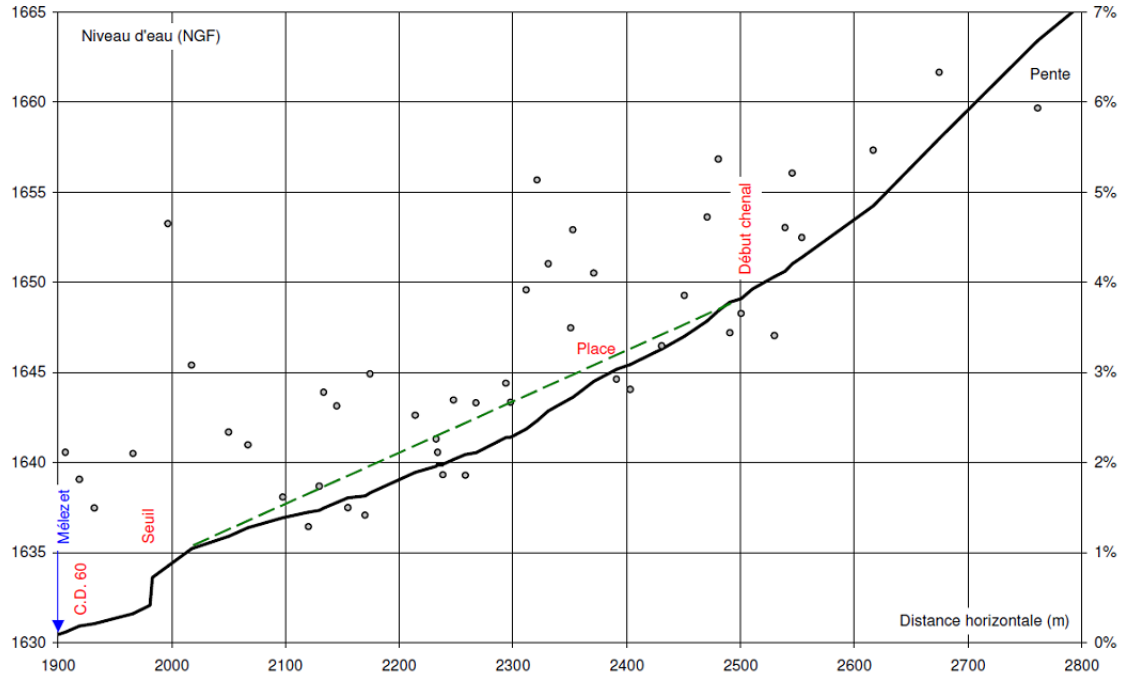


Fig. 9 : profil en long du Cristillan dans Ceillac – Source : étude de définition d'un système d'alerte sur le torrent du Cristillan-ETRM - 2014

- On observe une décroissance de pente régulière depuis l'amont du cône de déjection (5 % environ) jusqu'au tiers aval (pente proche de 1 %). Une telle décroissance est évidemment très favorable au dépôt de matériaux.
- Il existe une "dépression" très nette dans la partie centrale par rapport à la pente moyenne du torrent. Cette réduction de pente s'explique essentiellement par la mise en place du seuil en aval qui contraint à une remontée du fil d'eau à l'aval du site.
- La pente entre le seuil et le confluent avec le Mélezet est très faible et conduira, lors des crues, à un engravement rapide.
- Plus localement, les pentes ne varient pas linéairement et un lissage des pentes pourrait améliorer légèrement les écoulements.

Le relevé topographique réalisée en 2025 confirme le caractère non uniforme du profil en long avec une variation des pentes non linéaire. Autrement dit, des sections de chenal sont suivies tantôt par des pentes plus faibles ou plus fortes.

Cette variation non linéairement décroissante est un élément perturbateur dans une logique d'optimisation des écoulements. Les eaux peuvent connaitre une forte accélération puis un ralentissement soudain. Les lignes d'eau montrent alors des rehaussements localisés. La dynamique est la même vis-à-vis du transport solide avec des zones propices au dépôt, suivi de zone de recharge…

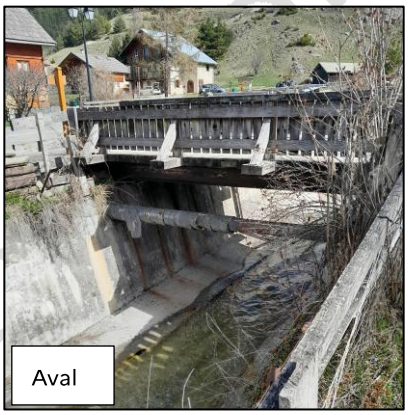
Une analyse plus détaillée est réalisée dans l'Etude de Dangers.

4.4.2 Présence de canalisation en encorbellement

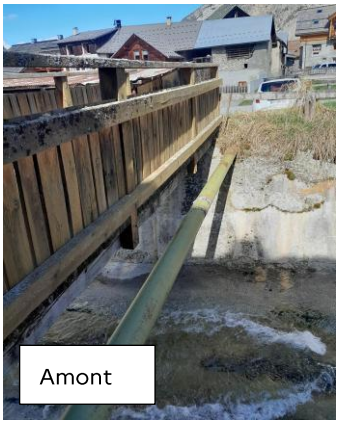
Sur un grand nombre de passerelles et de ponts, des canalisations sont présentes en encorbellement dont la plupart sont à ce jour hors service.

En effet, d'après le retour des DICT ainsi que le témoignage de l'agent technique de la commune de Ceillac, seuls le pont 1 et la passerelle 2 présentent des canalisations encore en fonctionnement. Les autres canalisations sont encore présentes mais ne sont plus utilisées et pourront être déposées.

Synthèse - de l'amont vers l'aval - des canalisations présentes :

Pont n° 3	3 canalisations sont présentes à l'amont et 1 canalisation est présente à l'aval ⇨ Aucune d'entre elle n'est en service à ce jour selon le retour de l'agent communal. Ces réseaux sont malgré tout observés sur la DICT. Une recherche fine devra précéder la dépose en phase travaux. 
Pont n° 2	Aucune canalisation présente
Pont n° 1	4 canalisations sont présentes à l'amont et 1 canalisation est présente à l'aval ⇨ Toutes les canalisations sont en service

VERSION PROVISOIRE

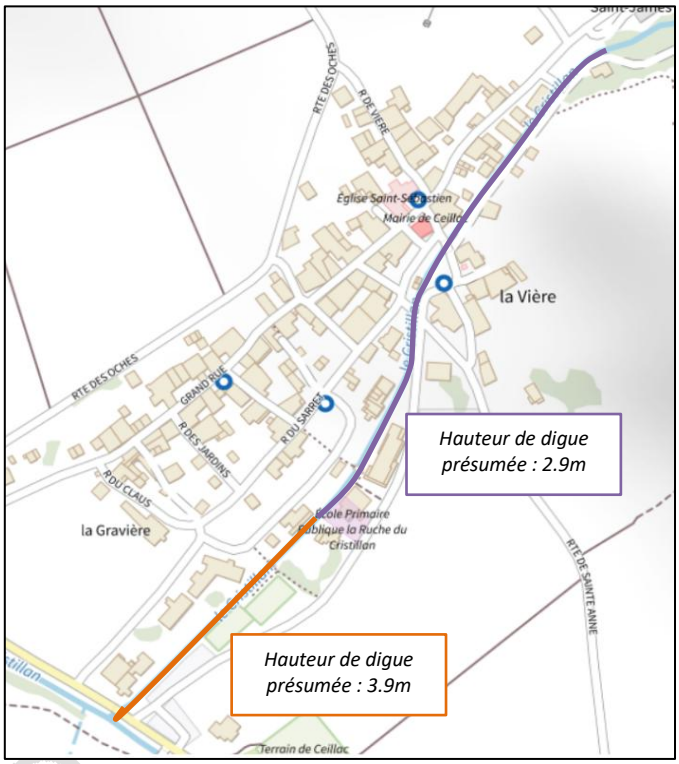
Passerelle n°2	1 canalisation est présente à l'aval et 1 canalisation est présente à l'amont ⇨ les canalisations sont utilisées pour l'éclairage publique ainsi que pour la Basse Tension 
Passerelle n°1	Aucune canalisation
Pont de la RD	3 canalisations présentes – aucune en état de fonctionnement

Le plan des réseaux issus des retours des DICT figure en annexe.

VERSION PROVISOIRE

4.5 SYNTHESE DU DIAGNOSTIC

- **Géométrie des ouvrages :** Sur l'ensemble du linéaire, deux types de murs de protections semblent coexister dont les hauteurs totales sont de :
  - 2.9 m pour les tronçons 3 à 12 + le 2 amont et le 13 amont
  - 3.9 m pour les tronçons 1, 14 et 2 aval et 13 aval.



/!\ : Les données géométriques sont à confirmer avant la phase travaux. Il est fortement recommandé de réaliser des essais à la pelle sur des tronçons amont pour vérifier la hauteur de 2.90m.

- **Dégradation** : Plusieurs pathologies impactent les murs et le radier du Cristillan.
  - Le radier : les pathologies sont d'une telle ampleur que l'ouvrage peut être qualifiée de « menace de ruine ». Il est fort probable qu'un vide de 30 cm soit présent sur l'ensemble du radier béton (observés sur chacun des carottages réalisés)
  - Les murs des parements souffrent d'une très forte dégradation du béton cyclopéen avec une perte de matière pouvant être importante ou imminente.
  - Le couronnement des murs est pour la quasi-totalité du linéaire totalement détruit et participe à l'aggravation des désordres sur les parements.
  - L'ouvrage est stable en phase de service mais ne l'est plus en cas de crue et décrue rapide.
- **Profil en long** : profil non linéairement décroissant préjudiciable au bon fonctionnement du chenal.
- **Ouvrages associés** : de nombreux seuils sont présents et montrent des fosses d'affouillement notable en aval. Ils présentent un état de dégradation très avancé voir en « menace de ruine »
- **Ponts/passerelles :** sur la totalité du linéaire, 5 ouvrages transversaux sont répartis d'amont en aval dont 4 ponts et 2 passerelles. Sous ces ouvrages, des canalisations demeurent présentes bien que la plupart soient actuellement hors service.

VERSION PRO

5 DESCRIPTION DES TRAVAUX

5.1 OBJECTIF DES TRAVAUX, ALEA DE REFERENCE

5.1.1 Objectifs des travaux, scenario de référence

L'étude de Dangers du Système d'endiguement a montré que celui-ci pouvait faire transiter une crue liquide de type décennale à vingtennale.

Dans le cadre du présent projet, aucune augmentation du niveau de protection n'est recherchée.

L'objectif des travaux est la remise en l'état du chenal du Cristillan dans la traversée de Ceillac.

5.2 TRAVAUX D'AMELIORATION DES ECOULEMENTS

Ces travaux visent à améliorer les points critiques suivants :

1- Des ponts et passerelles dont certains ont un gabarit limitant
2- La présence du seuil à l'aval qui maintient une ligne d'eau haute
3- La pente du profil en long non linéairement décroissant
4- De nombreuses canalisations présentes en encorbellement et fixées plus bas que le tablier.

5.2.1 Reprise complète du seuil aval

Bien qu'il ne soit pas prévu de le reprendre dans le cadre de la fiche PAPI, a minima, sa réfection parait nécessaire. La question de sa suppression totale a été écartée puisque les études hydrauliques précédentes ont mis en évidence un impact positif de sa suppression, assez localisé ne remontant pas sur l'ensemble du chenal.

✓ **Géométrie de l'ouvrage**

La géométrie du seuil présente une pente très faible pour tenir compte des fondations de l'ouvrage en aval et éviter de reprendre en sous œuvre les murs de protection.

Les caractéristiques géométriques du seuil sont donc les suivantes :

Longueur du seuil	4.5 m
Hauteur de chute	1.6 m
Pente de l'ouvrage	3H/2V

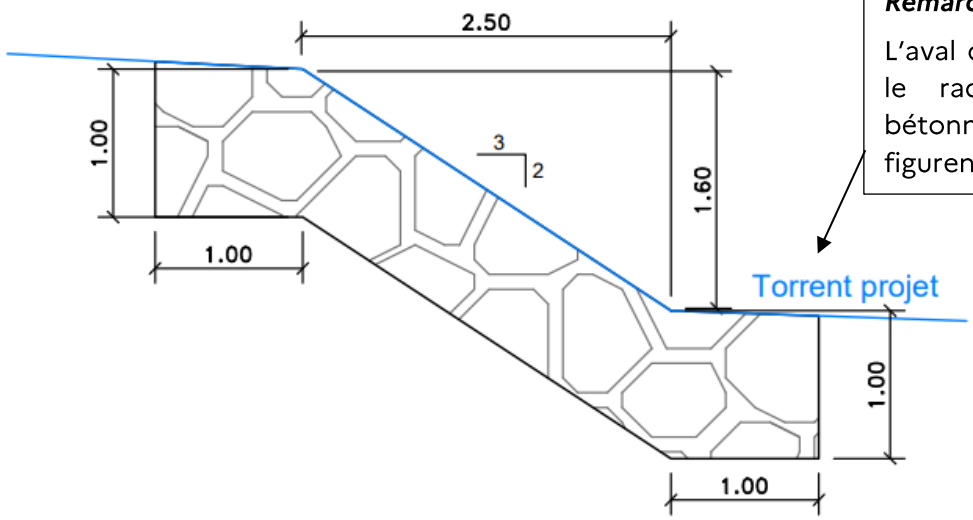
Le seuil sera réalisé en enrochements bétonnés.

✓ **Coupe type de l'ouvrage**

Les coupes types associées à la reprise de l'ouvrage sont les suivantes :

VERSION PROVISOIRE

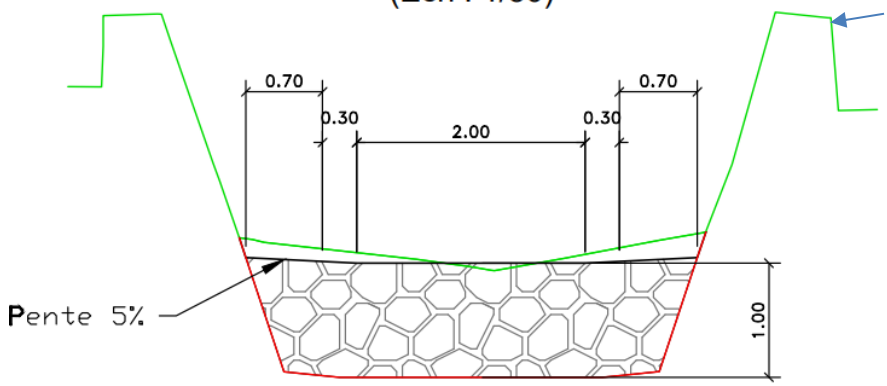
Coupe type seuil P57-P58
(Ech : 1/50)



Remarque :

L'aval du seuil est prolongé par le radier en enrochements bétonnés dont les coupes types figurent ci-après P 59 et 60

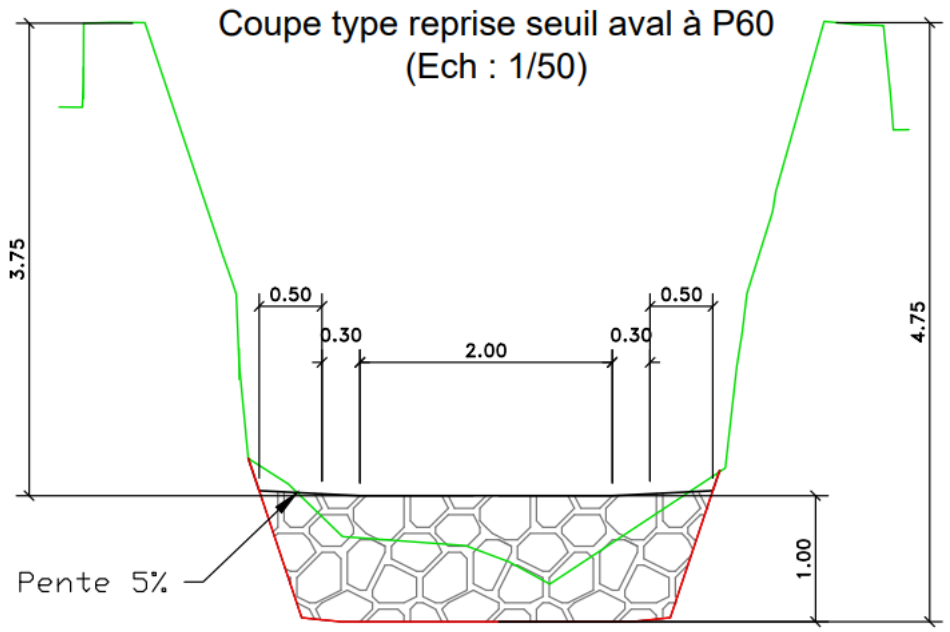
Coupe type reprise seuil amont à P59
(Ech : 1/50)



Côte du TN actuel

Les côtes sont explicitées dans le chapitre 5.3

VERSION PRELIMINAIRE



Remarque : la pente du seuil a été volontairement abaissée pour éviter de devoir reprendre en sous œuvre les fondations du mur. Ainsi conçu, la partie haute des enrochements s'aligne avec le niveau + 20cm par rapport au pied des fondations.

Les deux profils en travers ci-dessous sont deux options de seuil étudiées. La première permet de conserver la pente actuelle du seuil mais implique d'avoir un niveau d'enrochement plus bas que la fondation (-3.90m°/ crête de digue), et ainsi reprendre en sous œuvre les fondations.

La pente du seuil est amoindrie dans la seconde option ce qui limite les profondeurs de fouille localement et augmente localement le niveau des enrochements évitant alors de reprendre le sous-bassement.

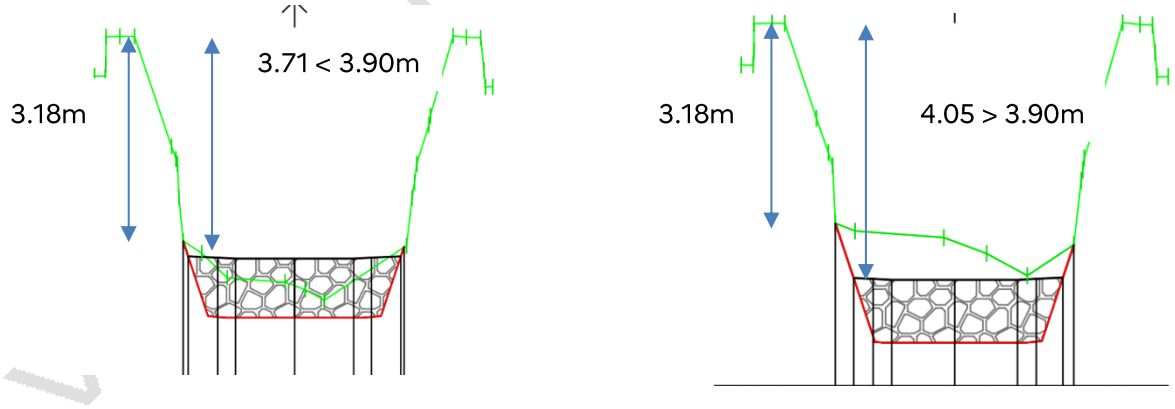


Figure 24: comparaison des deux profils des seuils par rapport au niveau de fondation (à gauche, seuil avec pente plus faible ; à droite, seuil avec pente plus forte)

5.2.2 Optimisation du profil en long

Le profil en long du chenal actuel présente des irrégularités qui sont amplifiées par les fosses crées en aval de chacun des seuils.

Il est alors proposé d'optimiser le profil en long conjointement à la reprise du lit du chenal. Des pentes ont été définies par tronçon et sont décroissantes depuis l'amont vers l'aval

considérant à la fois la pente actuelle, une décroissance homogène tout en étant vigilent de ne pas devoir reprendre les ouvrages en sous œuvre.

	Pente	Remarques
Tronçon 1	-3,9 %	Entrée du chenal
Tronçon 2	-4,4 %	
Tronçon 3	-4,3 %	
Tronçon 4	-3,5 %	
Tronçon 5	-2,5 %	
Tronçon 6	-1,6 %	
Tronçon 7	-2,7 %	Chenal actuel conservé
Tronçon 8	-3,5 %	Aval immédiat du seuil – secteur de 15ml
Tronçon 9	-1,4 %	Pont de la RD

Nous notons malgré tout que le tronçon 7 correspond au secteur sur lequel le chenal n'est pas repris puisque constitués d'enrochements bétonnés en bon état.

Bien que la pente moyenne apparaisse plus forte que le secteur amont, elle est en réalité non homogène sur ce tronçon avec des pentes plutôt faibles, qui sont succéder par des pentes fortes comme l'illustre le profil en long suivant :

VERSION PROVISOIRE

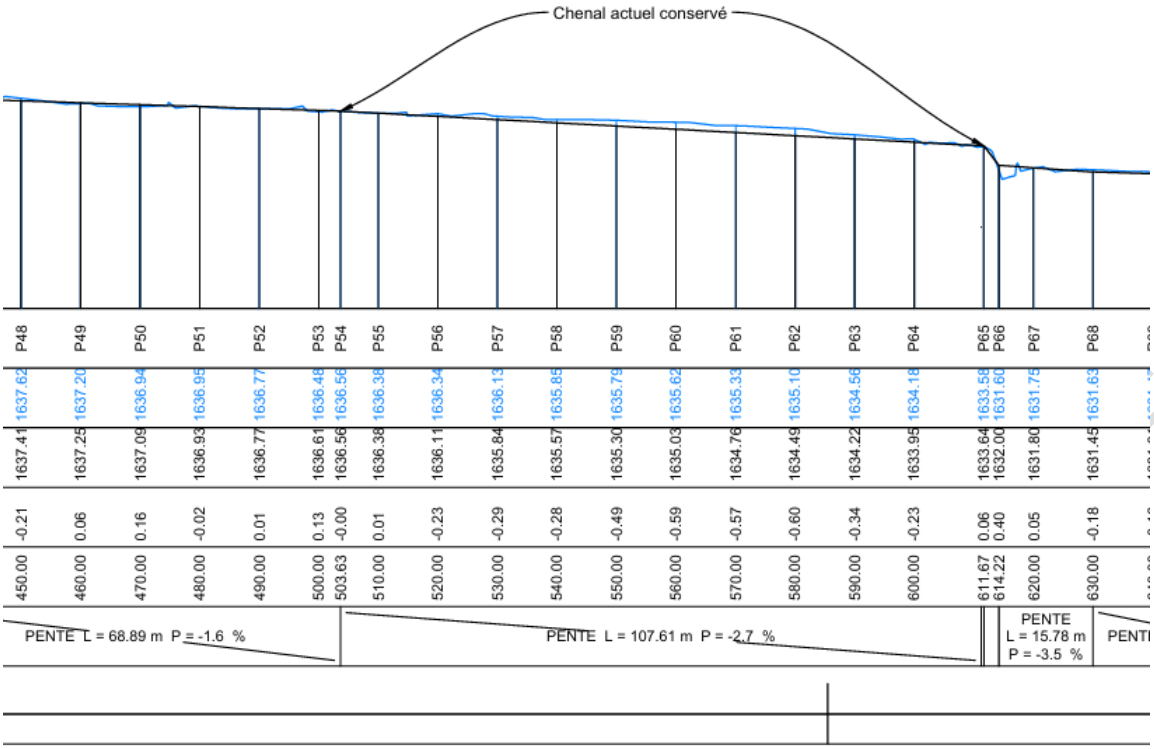


Figure 25 : Extrait du profil en long et zoom sur la partie du chenal non repris.

Une reprise de cette partie de chenal induirait un surplus de 200m³ d'enrochements bétonnés à mettre en œuvre.

Le nouveau profil en long figure en annexe.

5.2.3 Démontage de pont et passerelle.

Les modélisations réalisées dans les études antérieures mettent en évidence des accrochages des lignes d'eau aux abords des ponts et passerelles pour des simulations en canal rugueux. Ces éléments ont été confirmés par les modélisations conduites dans le cadre de l'EDD.

Ci – après, les principaux résultats obtenus :

- **Pont n°3** sur le plan (P26) : accrochage uniquement pour Q1957 quel que soit le type de canal et pour Q100 avec canal rugueux.
- **Pont n°2** sur le plan (P21) : accrochage pour Q1957 et pour Q100 quel que soit le type de canal, et accrochage pour Q50 en canal rugueux.
- **Pont n°1** sur le plan (P18) : accrochage pour Q1957 quel que soit le canal, et pour Q100 en canal rugueux,
- **Passerelle n°2** sur le plan (P13) : accrochage dès Q30 en canal rugueux et pour Q100 quel que soit le type de canal,

✓ **Passerelle tennis n°1** (P9) : accrochage au-delà de Q100 en canal rugueux.

VERSION PRO

La passerelle 2 et le pont 2 sont les ouvrages transversaux ayant la plus faible capacité hydraulique. Après échange avec la commune, la Communauté des Communes – maître d'ouvrage – a décidé le retrait de ces deux ouvrages afin de limiter le risque d'embâcles et améliorer les écoulements.

5.2.1 Démontage des canalisations en encorbellement

Les canalisations non utilisées seront déposées afin d'optimiser les écoulements au droit des ouvrages de franchissement.

Les autres canalisations en encorbellement et encore utilisées à ce jour seront reprises comme stipulé dans la fiche Action du PAPI. Les réseaux devront être enterrés sous le chenal.

Ce dévoiement des réseaux sera l'un des premiers chantiers et visera à les enfouir sous le radier béton et de prévoir les boitiers de raccordement.

5.3 TRAVAUX DE REFECTION DU RADIER DU CHENAL

5.3.1 Remarque sur le secteur aval du seuil

Sur la partie aval du seuil, le radier est composé d'un enrochement bétonné réalisé à partir de blocs de faibles dimensions. Celui-ci ne présente pas des désordres majeurs.

Notons malgré tout que les choix constructifs pris à l'époque ont conduit à avoir des joints des blocs en retrait, augmentant la rugosité et favorisant un ralentissement des écoulements.

La reprise ce section de chenal induirait un suplus de 200m^3 d'enrochements bétonnés et autant de déblais à évacuer du site. Considérant à la fois le bon état de l'ouvrage et la priorité porté davantage sur les murs, il a été fait le choix de ne pas reprendre cette partie du chenal

5.3.2 Secteur intermédiaire et amont : Réfection complète du radier

Le chenal initialement réalisé en béton cyclopéen a ensuite été repris en béton fibré, béton résistant davantage aux abrasions dues au transport solide important.

Malgré les reprises antérieures, la partie centrale du chenal est aujourd'hui totalement détruite et l'eau s'écoule sous le radier béton.

Une des solutions proposées dans les diagnostics précédents consiste à mettre en place du béton Alag, reconnu pour sa résistance à l'abrasion. Si cette solution pouvait être pertinente à l'époque, elle n'est pas retenue aujourd'hui pour les raisons suivantes :

- Compte tenu de la présence de vide sous le radier, il faudrait préalablement les remplir de béton puis rajouter une couche de béton Alag. Les volumes de béton à mettre en œuvre seraient considérables.
- La mise en œuvre du béton Alag est très délicate et conditionne sa résistance effective. Cette opération requiert aucune venue d'eau et doit être réalisée en damier. Sur de grande longueur comme celle à traiter sur le Cristillan, ce mode opératoire est très difficile à respecter.
- Le prix du matériau et sa mise en œuvre sont très onéreux et c'est la raison pour laquelle, cette application est généralement limitée aux cuvettes d'ouvrages uniquement.

VERSION PROVISOIRE

De plus, considérant les résultats des reconnaissances géotechniques, il est nécessaire de purger toutes les cavités du chenal pour assurer sa stabilité en crue et décrue.

> ⇨ Il a été fait le choix de déposer la totalité du radier béton et de le remplacer par un enrochement bétonné.

Cette solution technique nécessite le respect de deux contraintes :

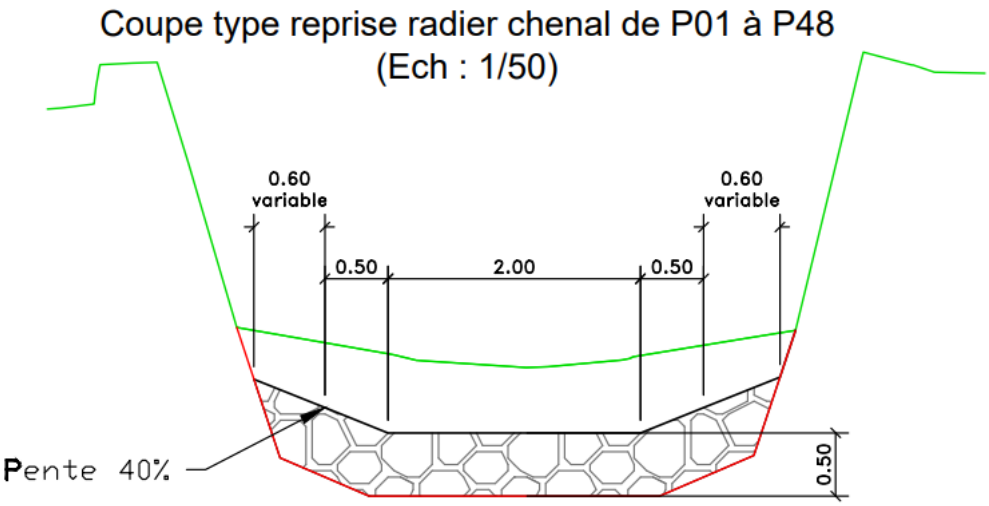
1- Dimensionnement : augmentation de la section d'écoulement pour compenser la différence de rugosité entre le béton en place et les enrochements bétonnés en exploitant le vide sous le radier associé à un léger terrassement.

2- Lors de la mise en œuvre : ouverture du radier béton par petites longueurs et à l'avancement afin d'éviter de fragiliser les murs en place lors des opérations de terrassement de dépose du radier.

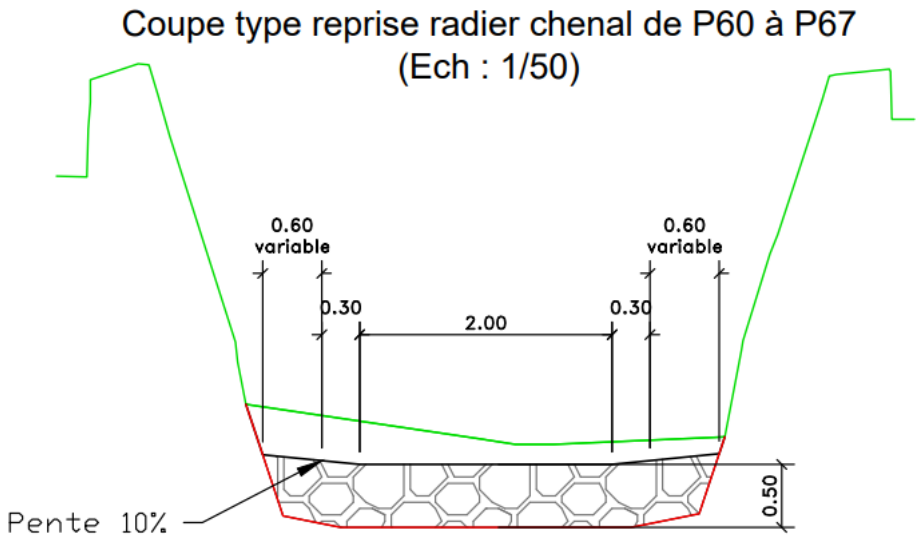
1. Coupes types

Les deux coupes types ci-après représentent schématiquement l'évolution de la géométrie proposée entre la situation initiale et la situation projet sur deux points métriques. Le trait en vert représente le TN actuel comprenant les murs et le fond du chenal. Il est proposé de centrer les écoulements et c'est la raison pour laquelle il est représenté un lit de 2m de large et des rives avec des pentes de 40% avec une largeur fixe de 0.5m et une partie variable en fonction de la largeur du chenal en un point donné.

Les coupes type de la reprise du chenal sont représentées ci- après.



PROVISOIRE

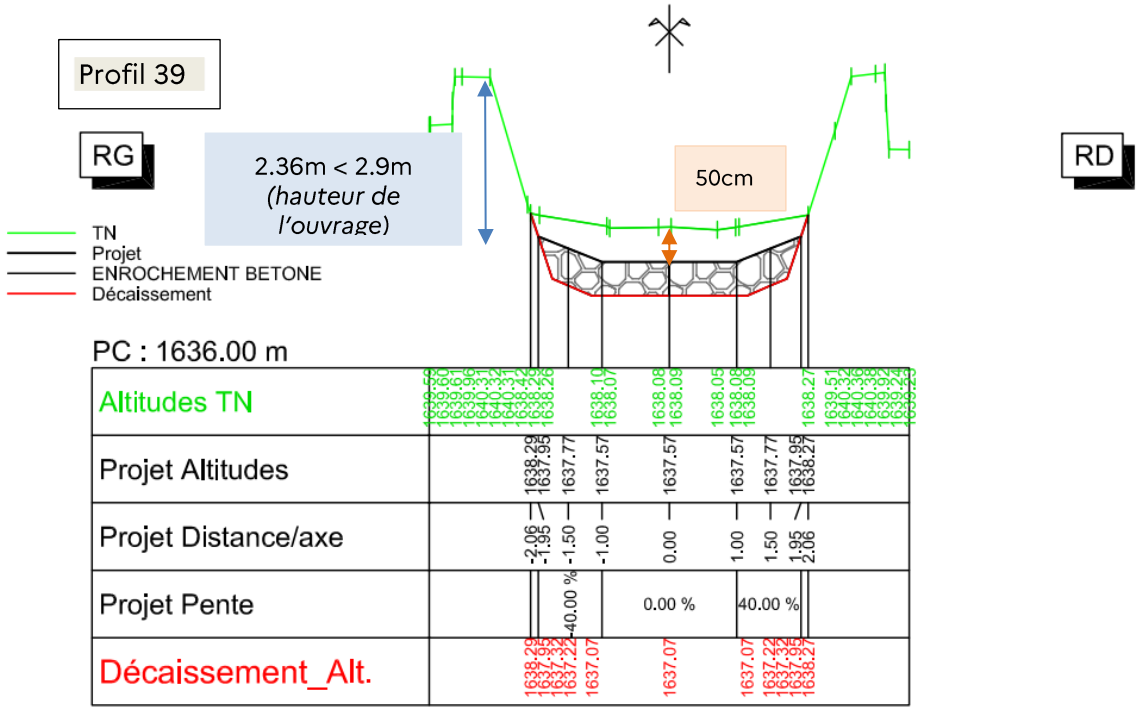


Le cahier de profils figure en annexe.

Pour chacun des profils, le niveau de fondation du mur a été comparé avec l'approfondissement du chenal afin de s'assurer que les fondations ne soient pas mises à nue lors de opérations de terrassement. Ci-après figure le profil le plus critique.

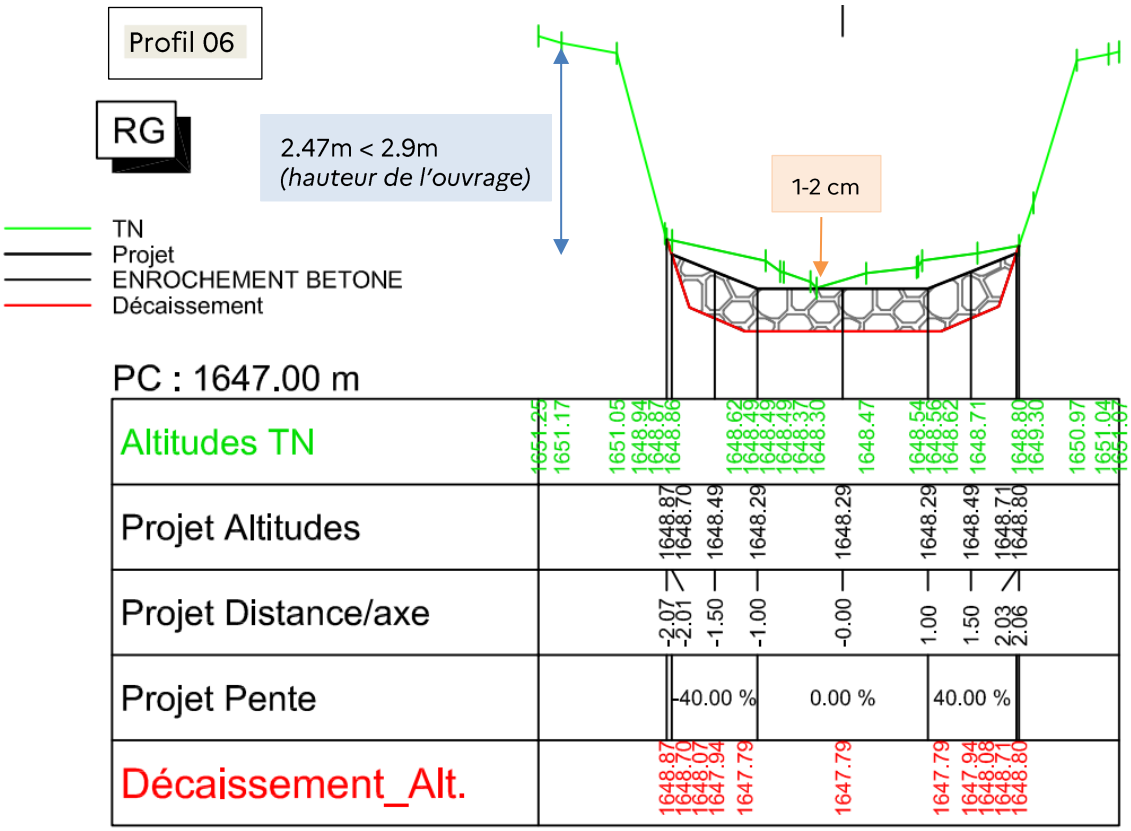
- Pour mémoire, la fondation du mur est à -2.9m par rapport à la crête du mur.
- Le TN après travaux sera abaissé à -2,36m pour le profil 39.

⇨ Aucune reprise en sous œuvre ne devrait être nécessaire.



Le profil 6 illustre, quant à lui, l'exemple où le lit n'est pas très approfondi mais demeure proche du bas des fondations par sa structure actuelle. Là encore, aucune reprise en sous œuvre ne devrait être nécessaire.

PROVISOIRE



Néanmoins, la profondeur des fondations des murs n'étant pas connue avec certitude sur l'ensemble du linéaire, des sondages complémentaires à la pelle seront nécessaires pour vérifier le niveau des fondations des ouvrages en plusieurs points.

- ***Evaluation de l'impact sur la ligne d'eau***

La comparaison des coefficients de Strickler renseigne sur la différence de rugosité du chenal selon la nature des matériaux employés. Il est usuellement attribué un Strickler de 35-40 pour un enrochement bétonné alors qu'un canal lisse est de l'ordre de 50-55. Cette différence de coefficient traduit la « facilité » avec laquelle l'eau s'écoule sur le substrat. Ainsi la ligne d'eau pour un chenal avec un lit en enrochement bétonné sera plus élevée que pour un canal lisse en béton.

Un calcul simple de ligne d'eau a été réalisé sur ce tronçon pour évaluer les éventuelles réhausses de la ligne d'eau dues au changement de rugosité du chenal.

Les résultats sont présentés ci-après :

VERSION PRO

Cours d'eau : **Cristillan** 2 PROFIL : ***P35 - Etat initial***

feuille de calcul RTM - Mai 2012
écoulement permanent et uniforme

0

Hauteur d'eau =	**1639.41 NGF**
Pente de la rivière =	**0.034 m/m**
K Majeur gauche =	**50**
K mineur =	**50**
K Majeur droit =	**50**

(Les points du profil doivent être saisis de la rive gauche à la rive droite)
(Si absence de levée mettre 0)

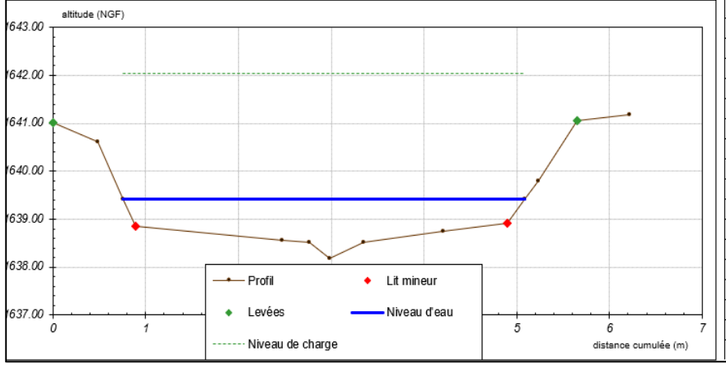
Nombre total de points sur le profil =	**12**
Point correspondant au début du lit mineur =	**3**
Point correspondant à la fin du lit mineur =	**9**
Point correspondant à une levée en rive gauche =	**1**
Point correspondant à une levée en rive droite =	**11**

RESULTATS	Débit Q (m3/s)	Section mouillée S (m²)	Périmètre mouillé P (m)	Vitesse moyenne V (m/s)
Lit majeur gauche	0.1	0.0	0.6	1.5
Lit mineur	22.0	3.1	4.4	7.2
Lit majeur droit	0.1	0.0	0.1	1.8

Charge	Débit total	Froude
1642.05 NGF	22.1 m3/s	2.64

Cliquer sur le graphe pour lancer les calculs

	Distance cumulée (m)	Altitude (NGF)
1	0.00	1641.02
2	0.48	1640.62
3	0.89	1638.85
4	2.47	1638.56
5	2.76	1638.51
6	2.98	1638.19
7	3.35	1638.52
8	4.21	1638.75
9	4.90	1638.92
10	5.23	1639.80
11	5.65	1641.05
12	6.22	1641.19
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		



Cours d'eau : **Cristillan** 2 PROFIL : ***P35 - Etat aménagé***

feuille de calcul RTM - Mai 2012
écoulement permanent et uniforme

0

Hauteur d'eau =	**1639.44 NGF**
Pente de la rivière =	**0.034 m/m**
K Majeur gauche =	**50**
K mineur =	**38**
K Majeur droit =	**50**

(Les points du profil doivent être saisis de la rive gauche à la rive droite)
(Si absence de levée mettre 0)

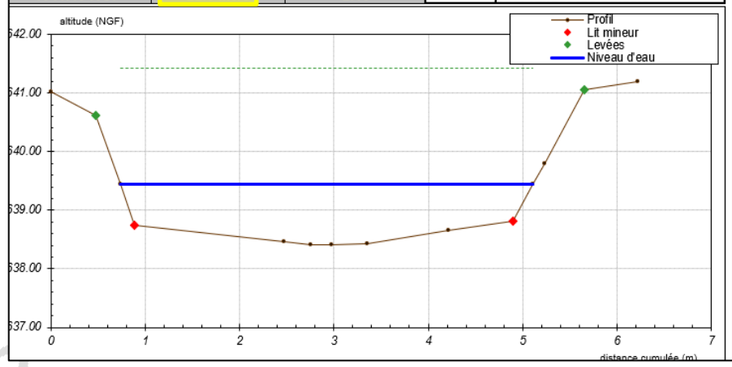
Nombre total de points sur le profil =	**12**
Point correspondant au début du lit mineur =	**3**
Point correspondant à la fin du lit mineur =	**9**
Point correspondant à une levée en rive gauche =	**2**
Point correspondant à une levée en rive droite =	**11**

RESULTATS	Débit Q (m3/s)	Section mouillée S (m²)	Périmètre mouillé P (m)	Vitesse moyenne V (m/s)
Lit majeur gauche	0.1	0.1	0.7	1.6
Lit mineur	21.7	3.5	4.1	6.2
Lit majeur droit	0.1	0.1	0.1	2.0

Charge	Débit total	Froude
1641.43 NGF	22.0 m3/s	2.15

Cliquer sur le graphe pour lancer les calculs

	Distance cumulée (m)	Altitude (NGF)
1	0.00	1641.02
2	0.48	1640.62
3	0.89	1638.75
4	2.47	1638.46
5	2.76	1638.41
6	2.98	1638.41
7	3.35	1638.42
8	4.21	1638.65
9	4.90	1638.82
10	5.23	1639.80
11	5.65	1641.05
12	6.22	1641.19
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		



Cours d'eau : **Cristillan** 2 PROFIL : ***PT 46 - Etat initial***

feuille de calcul RTM - Mai 2012
écoulement permanent et uniforme

0

Hauteur d'eau =	**1635.75 NGF**
Pente de la rivière =	**0.025 m/m**
K Majeur gauche =	**50**
K mineur =	**50**
K Majeur droit =	**50**

(Les points du profil doivent être saisis de la rive gauche à la rive droite)
(Si absence de levée mettre 0)

Nombre total de points sur le profil =	**12**
Point correspondant au début du lit mineur =	**4**
Point correspondant à la fin du lit mineur =	**8**
Point correspondant à une levée en rive gauche =	**2**
Point correspondant à une levée en rive droite =	**11**

RESULTATS	Débit Q (m3/s)	Section mouillée S (m²)	Périmètre mouillé P (m)	Vitesse moyenne V (m/s)
Lit majeur gauche	0.1	0.1	0.6	1.6
Lit mineur	21.9	3.3	4.3	6.6
Lit majeur droit	0.1	0.0	0.1	1.5

Charge	Débit total	Froude
1638.00 NGF	22.1 m3/s	2.39

Cliquer sur le graphe pour lancer les calculs

	Distance cumulée (m)	Altitude (NGF)
1	0.00	1637.22
2	0.54	1637.21
3	0.75	1636.55
4	1.19	1635.16
5	2.46	1634.82
6	3.07	1634.66
7	4.33	1635.04
8	5.32	1635.28
9	5.56	1635.92
10	6.00	1637.16
11	6.35	1637.16
12	6.55	1635.39
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		

Cours d'eau : **Cristillan** 2 PROFIL : ***PT 46 - Etat aménagé***

feuille de calcul RTM - Mai 2012
écoulement permanent et uniforme

0

Hauteur d'eau =	**1635.79 NGF**
Pente de la rivière =	**0.025 m/m**
K Majeur gauche =	**50**
K mineur =	**38**
K Majeur droit =	**50**

(Les points du profil doivent être saisis de la rive gauche à la rive droite)
(Si absence de levée mettre 0)

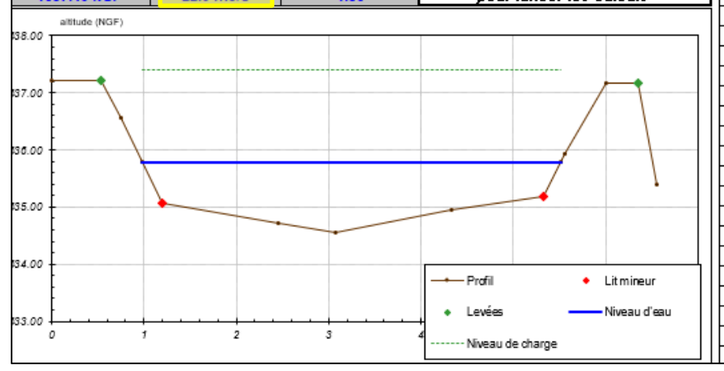
Nombre total de points sur le profil =	**12**
Point correspondant au début du lit mineur =	**4**
Point correspondant à la fin du lit mineur =	**8**
Point correspondant à une levée en rive gauche =	**2**
Point correspondant à une levée en rive droite =	**11**

RESULTATS	Débit Q (m3/s)	Section mouillée S (m²)	Périmètre mouillé P (m)	Vitesse moyenne V (m/s)
Lit majeur gauche	0.1	0.1	0.8	1.7
Lit mineur	21.8	3.9	4.3	5.6
Lit majeur droit	0.1	0.1	0.1	1.6

Charge	Débit total	Froude
1637.40 NGF	22.0 m3/s	1.86

Cliquer sur le graphe pour lancer les calculs

	Distance cumulée (m)	Altitude modifiée (NGF)
1	0.00	1637.22
2	0.54	1637.21
3	0.75	1636.55
4	1.19	1635.06
5	2.46	1634.72
6	3.07	1634.56
7	4.33	1634.94
8	5.32	1635.18
9	5.56	1635.92
10	6.00	1637.16
11	6.35	1637.16
12	6.55	1635.39
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		



L'analyse de ces calculs par profils en travers montre que l'abaissement du profil en long de 10 cm et le remplacement du radier béton par un radier en enrochement bétonné provoque ;

- Un très léger exhaussement de la ligne d'eau de l'ordre de3 à 5 cm qui entre dans la marge d'incertitude du modèle et des paramètres d'écoulement retenus,
- Un abaissement significatif de la charge de l'ordre de 60 cm du fait d'un ralentissement des écoulements.

La modification du gabarit géométrique et la reconstruction du radier en enrochements bétonnés apportent globalement un gain hydraulique.

2. Eléments de métré

Largeur du chenal	4 m
Hauteur d'enrochement	0.5m
Linéaire traité	510m
Volume d'enrochements bétonnés (comprenant la reprise du seuil)	1020 m^3

3. Caractéristiques des enrochements bétonnés

Enrochements

Pour résister à l'abrasion, le radier sera en enrochements bétonnés constitué d'une seule couche d'enrochement imbriqué et bétonné dans l'épaisseur.

La taille moyenne des enrochements sera de 50cm soit une gamme de granulométrie **0.3-0.4T** afin de pouvoir être mis en place dans l'espace disponible sans devoir réaliser des fouilles trop profondes.

Les enrochements bétonnés devront être mis en place de façon à obtenir une rugosité la plus faible possible. Les joints des enrochements devront être affleurant au maximum avec le sommet des enrochements.

Béton

Le béton dans le lit du Cristillan est soumis aux expositions suivantes :

- Alternance de gel/dégel sévère
- Présence de sel routier. En hiver, il peut arriver de dégager le surplus de neige dans le lit du Cristillan. Cette neige présente un taux de sel de déneigement important.
- Des analyses d'eau ont été réalisées sur le torrent du Cristillan par le RTM en 1999 et ne montrent pas une agressivité particulière. Néanmoins, notons deux réserves :
  - Le CO2 agressif n'avait pas été testé à l'époque.
  - La présence de gypse sur des branches du BV peut modifier l'agressivité de l'eau vis-à-vis des ions SO_4^{2-} en période de crue. Les analyses ont été faites hors période de crue, dans un contexte où ces branches secondaires n'alimentent que très peu le Cristillan. Nous retiendrons alors tout de même un ciment type CEM 1 52.5 SR3

VERSION PROVISOIRE

Compte tenu des éléments ci-dessus et du climat de Ceillac, il est proposé de suivre les recommandations du fascicule 65 plus exigeantes que la norme NF EN 206-1. Aussi, le béton devra avoir la formulation suivante :

Spécifications de base :						**Spécifications complémentaires éventuelles :**			
Classe de résistance à la compression	Classe (s) d'exposition (F)	D_{max} des granulats	Classe de teneur en Chlorures	Classe de consistance (ou valeur cible)	Type et classe de ciment	Dosage minimal en kg/m³	Teneur en air	Rapport maxi E_{eff}/liant équivalent	Type d'adjuvant
C 35/45	**XF4**	**22**	**0,40 %**	**S3**	CEM I 52,5 R SR3	**385**	≥ 4 %	**0.45**	Entraîneur d'air

5.3.1 Création d'un aménagement pour améliorer la mise en vitesse des écoulements

Un ouvrage de mise en vitesse est un ouvrage de rugosité minimale permettant de mettre en vitesse les écoulements et de limiter in fine le phénomène de ressaut hydraulique lors de la transition entre un lit de forte rugosité à un lit de moindre rugosité.

Pour le cas du Cristillan, compte tenu des pentes du chenal naturel, ce type d'ouvrage devrait être associé à un aménagement lourd en amont de type plage de dépôt.

Il a été fait le choix de ne proposer qu'une solution alternative d'amélioration des conditions d'écoulements entre le chenal naturel et le chenal artificialisé par la mise en place d'une rampe à moindre rugosité à l'interface entre les deux lits.

Les caractéristiques de cet ouvrage sont les suivantes :

- Dimension de l'ouvrage :
  - Surface : 91m²
  - Epaisseur 80cm
  - Nature : enrochements bétonnés
  - Volume d'enrochements bétonnés : 73m³

- Caractéristiques :
  - Du béton : identiques que celles indiquées précédemment
  - Des blocs d'enrochements identiques à celles indiquées précédemment.
  - De la mise en œuvre : le béton devra être mis à fleur des enrochements pour limiter au maximum la rugosité

Un remodelage en amont est requis pour la réalisation de cette rampe. **Le volume de déblais à extraire est 300m³. Le volume total de déblais comprenant le remodelage et la réalisation de la rampe en EB est de 373m³.**

VERSION PROVISOIRE

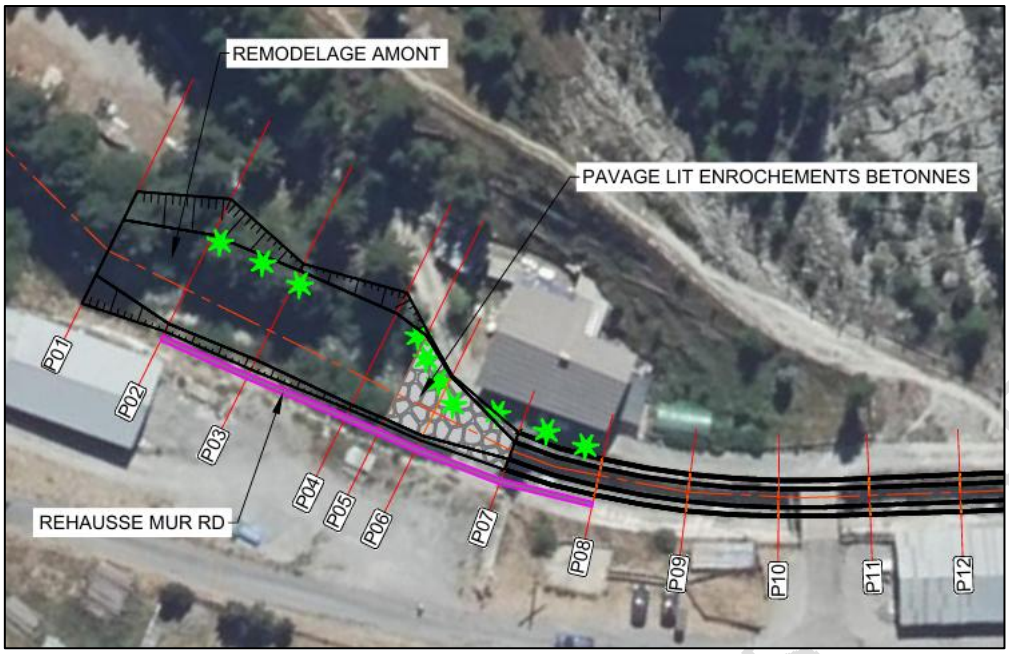
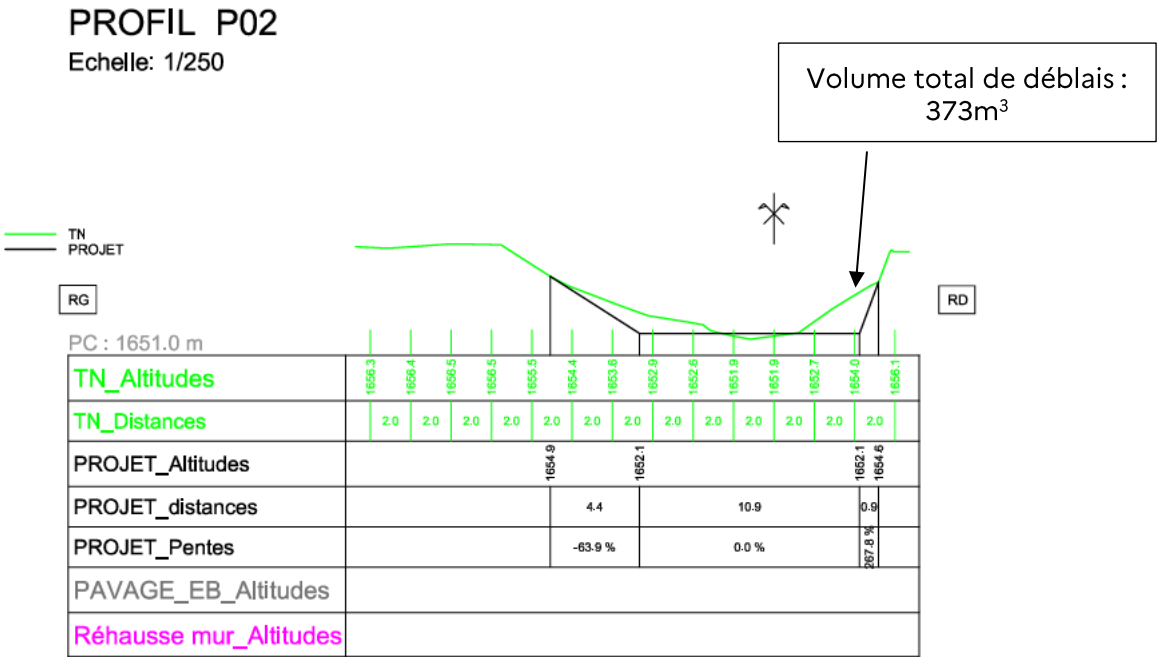
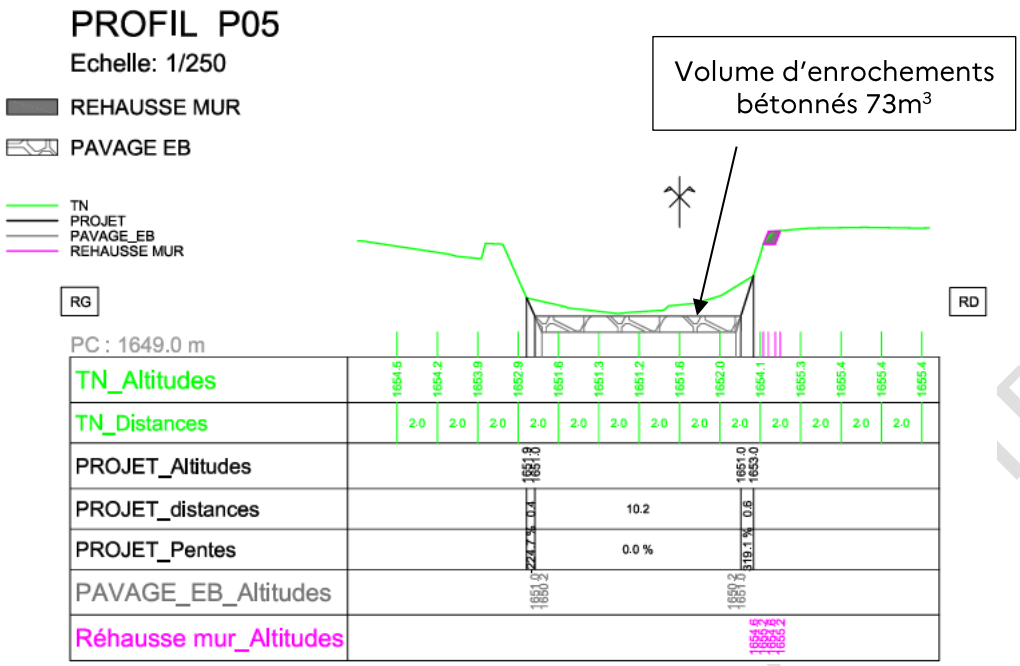


Figure 26 : Réalisation d'un pavage du lit pour améliorer les conditions d'écoulement

Le profil n°2 illustre le remodelage du lit naturel dans la partie amont qui requiert la coupe de quelques arbres supplémentaires :



Le profil n°5 et les suivants illustre la création d'un pavage en enrochements bétonnés :



5.4 TRAVAUX DE REFECTION DE REPRISE DES PAREMENTS DE LA DIGUE

5.4.1 Travaux de dégagement de la végétation

Des travaux de dégagement de la végétation sont prévus afin de :

- Pouvoir réaliser les travaux de maçonnerie conformément aux règles de l'art
- Permettre une meilleure visibilité lors des visites de contrôle.
- Assurer la pérennité de l'ouvrage sans accélération de dégradation par le développement du système racinaire.

Ces travaux de dégagement consistent uniquement en la coupe des arbres sans enlèvement des souches pour ne pas risquer de dégrader la structure des ouvrages.

Les espèces arborées à couper sont indiquées sur le plan général et sont de l'ordre de 35 – 40 sujets dont la majorité est constituée de résineux.

5.4.2 Travaux de reprise du couronnement des murs

Ces travaux concernent la reprise du couronnement des murs.

Les reconnaissances de terrain montrent que sur la majeure partie du linéaire des murs, la crête de l'ouvrage est fortement dégradée avec d'importantes pertes de matière.

Il a été fait le choix de reprendre dans l'intégralité le couronnement de l'ouvrage même sur les secteurs moins dégradés.

VERSION PROVISOIRE

✓ **Géométrie de la reprise** :

La reprise du couronnement est une reprise à l'identique dans le sens, où du béton sera injecté pour combler les pertes de matières sans chercher à rehausser l'ouvrage.

Malgré tout, une légère pente sur le couronnement, orientée vers le chenal, est proposée afin d'évacuer les eaux vers le chenal. Les infiltrations seront moindres et la vitesse de dégradation devrait réduire.

✓ **Coupe type :**

Se référer à la coupe type relative aux travaux de reprise des parements, page 38.

✓ **Mode opératoire**

Le mode opératoire de la reprise du couronnement est identique à celui de la reprise des parements des murs (expliqué ci-après). Cette reprise se fera simultanément avec celle du parement pour éviter toute reprise de bétonnage.

5.4.3 Travaux de reprise des parements des murs

Ces travaux concernent la reprise du parement vertical des murs.

Les travaux de réfection des parements consistent en :

1- Nettoyage du parement afin de retirer la peau du béton ainsi que la première dizaine de centimètre superficielle.
2- Mise en place des barres d'ancrages pour relier le corps de l'ouvrage existant à la couche de béton.
3- Mise en place d'une couche de béton de 10cm sur le parement de l'ouvrage

✓ **Piquage et nettoyage des surfaces préalables**

Le piquage du béton est une opération longue et manuelle mais est garante de la longévité du béton remplacé. En effet, il permet :

- De garantir une absence totale de vide dans le support à rénover
- De disposer d'une surface plane sur laquelle le ferraillage peut être mis en place
- De disposer d'une même épaisseur de béton sur l'ensemble de la surface à traiter
- D'éviter toute sur-épaisseur de béton localisée, plus fragile aux abrasions lors de crue

✓ **Mise en place des barres d'ancrage**

Le lien entre l'ouvrage en place et la réparation se fait via la mise en place de barres d'ancrages. Ces barres sont des barres en Fer type HA 8 ou HA10 (de diamètre 8mm ou 10mm). Elles peuvent être en forme de L pour faciliter l'ancrage de la barre et les ligatures avec le treillis.

Caractéristiques des barres d'ancrages :

- Diamètre des barres : HA 8
- Longueur de scellement : 32 cm
- Nombre au m^2 : 4 unités /m^2
- Nature des barres : Barre en L
- Scellement dans le massif : scellement chimique
- Diamètre du trou de perforation : 14 mm

VERSION PROVISOIRE

✓ **Ferraillage**

Le ferraillage renforce le béton vis-à-vis des chocs des blocs lors des crues. Il est préférable d'opter pour un ferraillage de type Treillis Soudé de structure de caractéristique 40c selon la norme NF A 35-080-2.

Caractéristiques du ferraillage :

- Treillis soudé de structure
- Type ST40c (mailles 100/100)
- Diamètre 7mm
- Existe en plaque de 6m*2.4m : principal recouvrement en latéral
- Recouvrement des plaques : 40cm
- Cales béton de 5cm

✓ **Béton**

L'épaisseur du béton sera au **minimum de 10 cm.**

Pour les mêmes raisons que le paragraphe précédent, le béton aura la composition suivante :

Spécifications de base :						**Spécifications complémentaires éventuelles :**			
Classe de résistance à la compression	Classe (s) d'exposition (F)	D_{max} des granulats	Classe de teneur en Chlorures	Classe de consistance (ou valeur cible)	Type et classe de ciment	Dosage minimal en kg/m³	Teneur en air	Rapport maxi E_{eff}/liant équivalent	Type d'adjuvant
C 35/45	**XF4**	**20**	**0,40 %**	**S4**	CEM I 52,5 R SR3	**385**	≥ 4 %	**0.45**	Entraîneur d'air

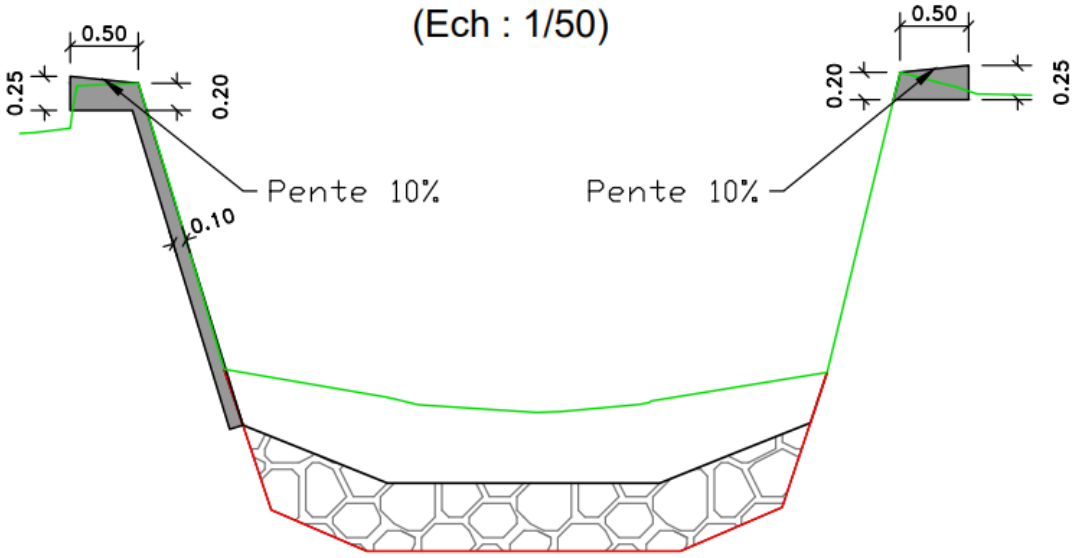
Remarque : Une classe de consistance S4 est préconisée pour permettre un bon remplissage du béton dans les 10cm de coffrage. Elle pourra être ramenée à 3 si les opérations de bétonnage se réalisent facilement.

✓ **Coupes types**

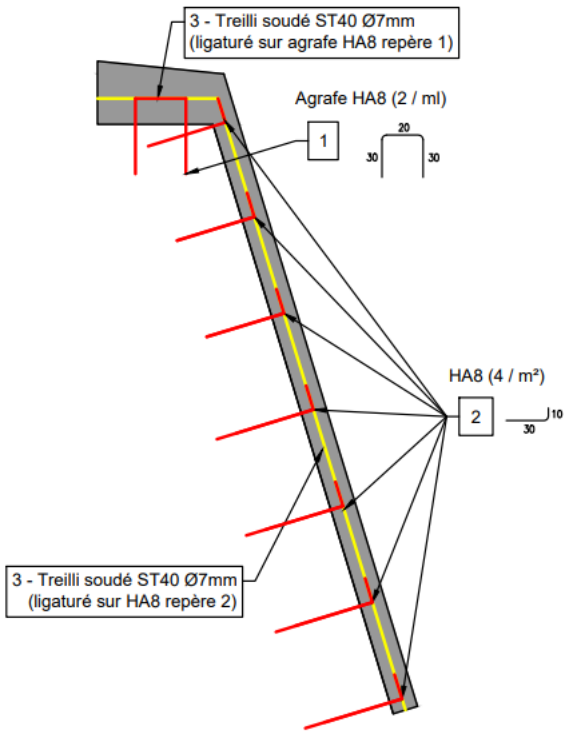
Les travaux de reprise des parements et de la crête sont représentés sur les coupes-types suivantes :

VERSION PROVISOIRE

Coupe type reprise parements murs + crêtes
(Ech : 1/50)



Coupe de principe ferraillage
parement et crête murs
(Ech : 1/25)



✓ **Surfaces concernées**

Deux options peuvent être envisagées sur la reprise des parements. La première consiste à ne reprendre que des grands linéaires moyennement dégradés à très dégradés. Les zones peu dégradées ne sont alors pas reprises mais il est tout à fait probable que des désordres

surviennent dans les 10 prochaines années. Cette solution recherche un optimum du rapport gain apporté/ montant engagé.

La seconde option vise à reprendre l'intégralité des parements béton afin de disposer d'un ouvrage totalement repris, évitant ainsi la coexistence de plusieurs parties d'ouvrages et assurant ainsi une efficacité des travaux supérieure et l'absence d'intervention dans les années à venir. Cette solution est en contrepartie plus onéreuse.

Dans l'optique d'une solution durable, seule l'option 2 est présentée dans ce rapport.

Epaisseur de béton ferraillé	10 cm
Hauteur de l'ouvrage	2.5 m
Longueur de reprise	780m
Volume total de béton	390m^3

5.4.4 Travaux de reprise des parements des murs en pierres maçonnées

Ces travaux concernent la reprise des joints des murs en pierres maçonnées.

Les travaux de réfection des parements consistent en :

1- Piquage et nettoyage des joints entre les pierres constitutives des murs
2- Reprise des joints par un mortier bâtard avec un mélange Chaux/ciment.

✓ Métré des surfaces de murs à reprendre : **80m^2** de surface de murs à reprendre

5.4.5 Travaux de réhausse du mur en entrée du chenal

Pour compenser la sur élévation de la ligne d'eau attendue à l'interface entre le chenal naturel et le chenal artificialisé ; des travaux de réhausse du mur actuel sont nécessaires.

Ces travaux consistent :

- La réalisation de scellements chimiques entre la partie du mur existants et la réhausse à prévoir
- Une sur élévation en béton armé sur la largeur du mur et sur une hauteur variant de 0 jusqu'à 90cm de façon à se raccorder au terrain naturel existant

Les caractéristiques du béton sont les même que celles retenues pour la reprise du chenal.

Les caractéristiques des barres d'ancrages reliant l'ouvrage existant et la réhausse sont les mêmes que celles retenues pour la reprise du parement.

Le métré du mur à rehausser est la suivant :

Epaisseur du mur	0.55 cm
Hauteur de l'ouvrage	De 0 à 0.90m
Longueur de reprise	50m
Volume total de béton armé	xxm^3

VERSION PROVISOIRE

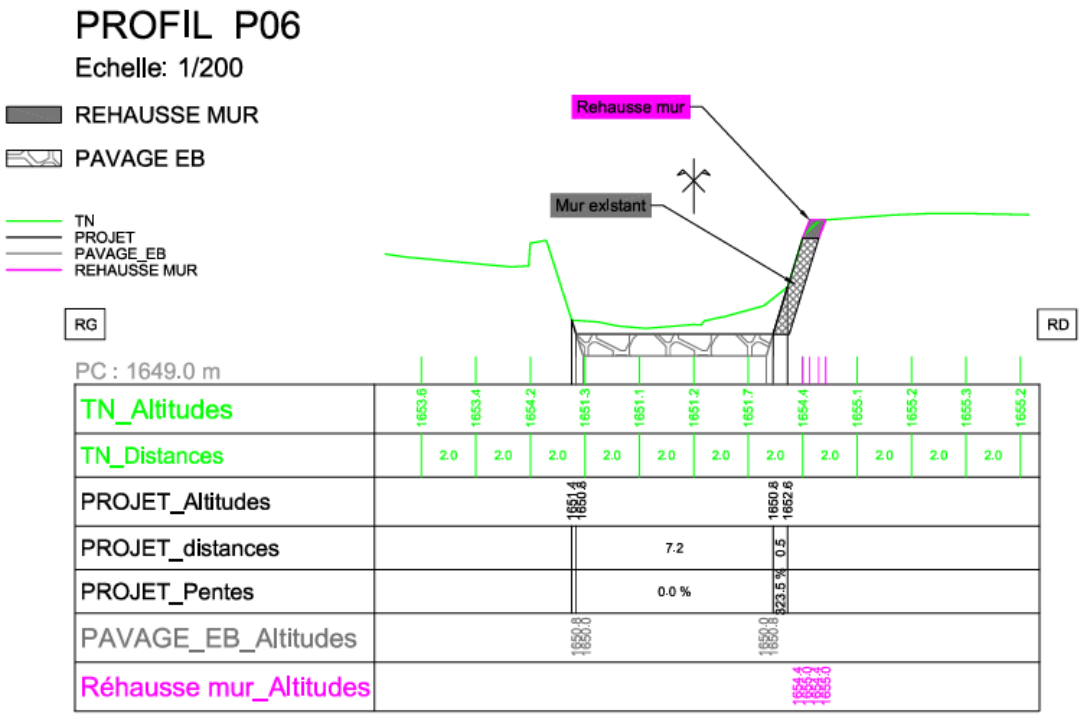


Figure 27 : Coupe type de la réhausse du mur sur le mur existant

Le profil en long de la reprise des murs est le suivant avec la cote altimétrique de la crête de la digue actuelle et celle dans l'état projet comprenant la réhausse.

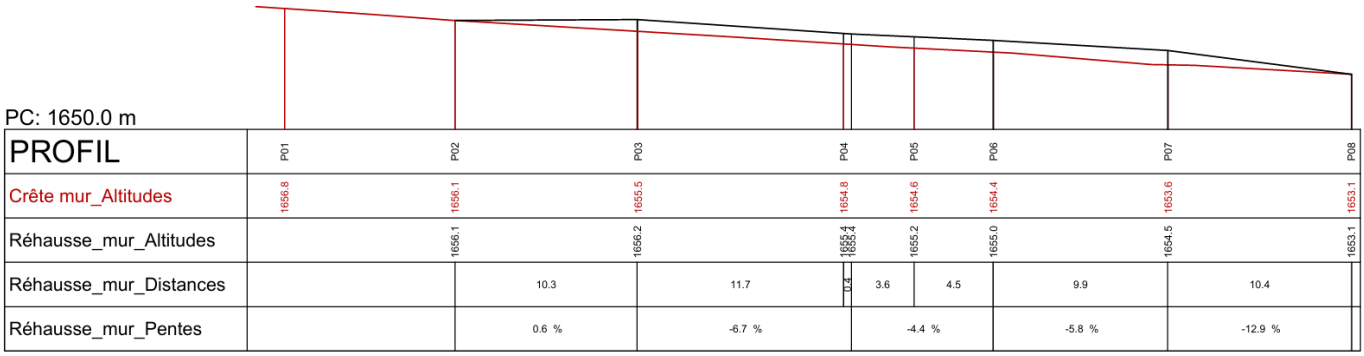


Figure 28 : Profil en long de la réhausse du mur en rive droite.

6 CONDITIONS DE REALISATION DES TRAVAUX ET D'ENTRETIEN

6.1 PERIODE ET PHASAGE DES TRAVAUX

Les travaux devront être réalisés en période de basses eaux, en respectant les contraintes liées à la réalisation du béton.

De plus, le site de Ceillac étant fortement touristique, la période de travaux devra être concertée avec la commune.

Enfin, le contexte réglementaire pourrait amener à la réduction de la période au cours de laquelle les travaux sont envisageables.

La plage envisagée se situe entre les mois d'avril à novembre.

Les travaux sont susceptibles de se dérouler sur plusieurs années, en fonction des différents éléments ci-dessus.

Le découpage peut se penser géographiquement en débutant par l'amont la première année et l'aval la seconde année.
D'une autre façon, le découpage peut suivre la nature des travaux. La 1iere année peut être consacrée à la réfection du chenal uniquement puis la seconde aux parements bétons.

En tout état de cause, il sera nécessaire de conserver l'ordre chronologique suivant :

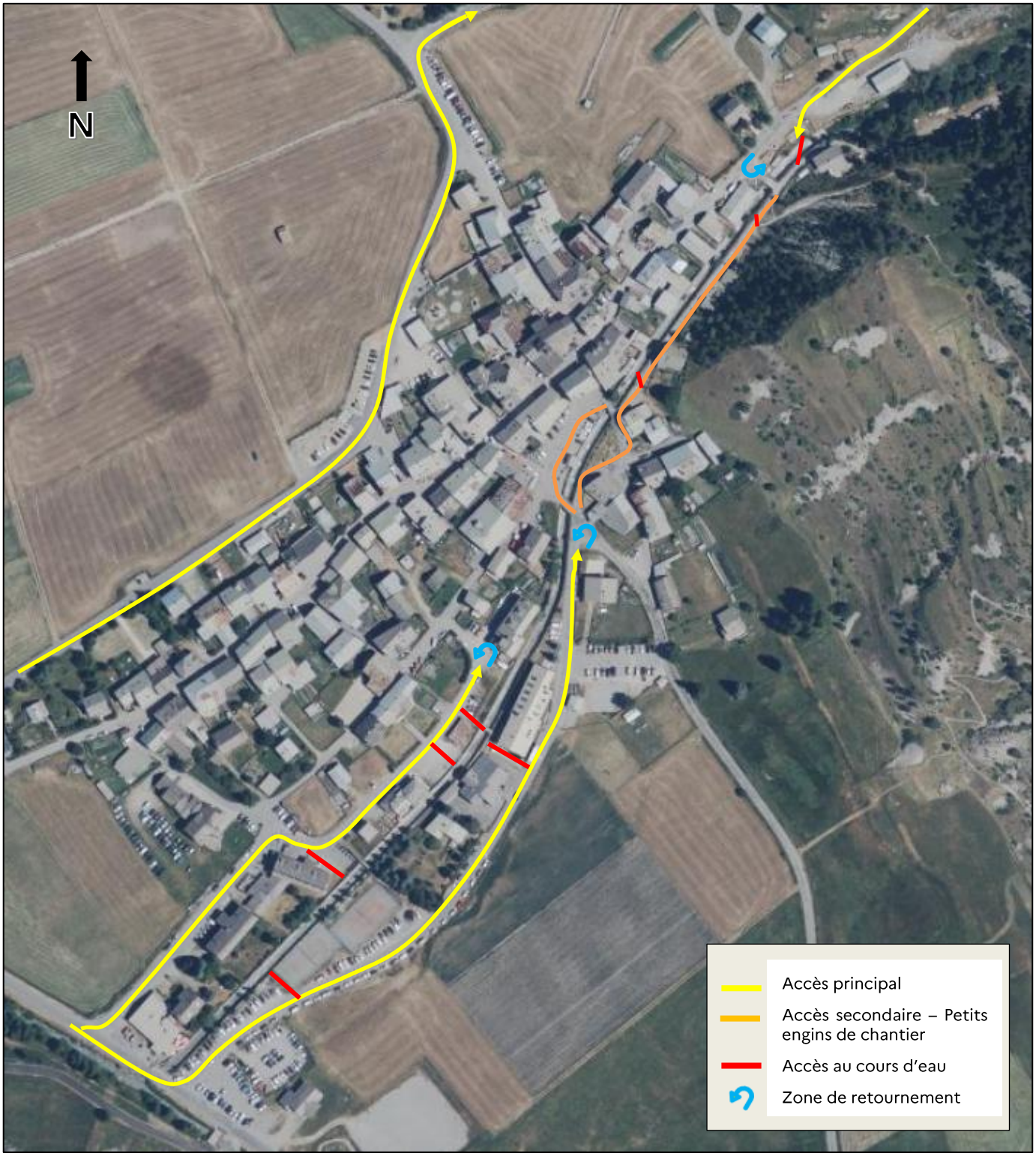
1- Reprise et enfouissement des réseaux
2- Reprise du radier en enrochements bétonnés
3- Reprise des parements béton.

6.2 ACCES LA ZONE DE TRAVAUX

Les accès à la zone de travaux sont représentés sur l'extrait de carte ci-après. Ils devront être créés depuis la berge en aménageant des rampes d'accès accessible notamment pour les engins de chantier. Ces accès

sont conformes aux acquisitions foncières dans le cadre de la SUP.

VERSION PROVISOIRE


N
Accès principal
Accès secondaire – Petits engins de chantier
Accès au cours d'eau
Zone de retournement

6.3 ZONE D'INSTALLATION DE CHANTIER ET AIRES DE STOCKAGES TEMPORAIRES

L'extrait de carte ci-dessous localise les aires possibles pour l'installation et les aires de stockages temporaires.

Ces emplacements sont positionnés sur des espaces non aménagés ou aires de stationnement avec des surlargeurs suffisantes pour que les entreprises puissent travailler sans danger pour la population environnante ainsi que pour le trafic routier. Ces zones doivent, par ailleurs, être facilement accessibles avec des engins de chantiers, réparties entre les rives droite et gauche ainsi que le long de la zone de travaux.

La répartition entre la zone d'installation et les aires de stockages temporaires est du ressort de l'entreprise, mais il est facilement imaginable que soit retenu pour des raisons de surface :

- Zones d'instatallation: Aires représentées en orange et vert sur la carte ci-dessous
- Aire de stockage temporaire : Aires représentées en jaune et bleu sur la carte ci-dessous.

Figure 30 : Carte localisant les aires de stockage temporaire et les zones d'installation de chantier (fond de carte : Géoportail)

6.4 DERIVATION DES EAUX

Les investigations de terrain ont montré la présence de plots béton qui ont servi lors des travaux précédents pour le maintien de la canalisation de dérivation. Nous proposons d'utiliser cette méthode et de rajouter le cas échéant le nombre de plots intermédiaires requis. Des ancrages complémentaires aideront au maintien de la canalisation.

Figure 31 : Schématisation du mode de dérivation des eaux.

6.5 ANALYSE PARCELLAIRE ET IMPACT DES TRAVAUX

Les travaux seront réalisés depuis le chenal puisque la largeur permet le passage des engins (pelle/toupie).

L'impact des travaux sur des parcelles privées est donc limité et se restreint aux :

- parcelles utilisées pour les accès
- parcelles où les arbres sont coupés.

Ci-après, figure la situation géographique des parcelles concernées. Le tableau listant les propriétaires figure en pièce jointe.

VERSION PROVI

Légende :
Démontage et reprise du radier
Arbres à démonter et abattre
Nettoyage végétation
Cadastre privé
Cadastre publique
Echelle: 1/500°
0
12.50m
25m
50m
AMONT
AVAL
PONT SUPPRIME
PASSERELLE SUPPRIMEE
Conservation radier actuel
COMMUNE DE CEILLAC
TORRENT DE CRISTILLAN
TRAVAUX DE PROTECTION
CONTRE LES CRUES TORRENTIELLES
PLAN PARCELLAIRE
PRO

VERSION

7 ESTIMATION DES TRAVAUX

7.1 METRE

Le métré par poste de travaux est établi et figure ci-après :

TORRENT DU CRISTILLAN					
COMMUNE DE CEILLAC					
TRAVAUX DE PROTECTION CONTRE LES CRUES TORRENTIELLES					
METRE DES TRAVAUX				**Unité**	**Quantité**
I - TRAVAUX PREPARATOIRES					
Elimination de végétation :					
		Nombre			
- Abattage d'arbres alterrant les murs digue		40		**Unité**	**40**
II - TERRASSEMENT					
Terrassement en déblai (démontage radier) :				**m3**	**1 921**
Volume calculé par projet linéaire sous Covadis			Volume (m3)		
Démontage radier béton de P01 à P48 et de P59 à P67			1548.00		
Déblais pour remodelage amont chenal et rampe en EB			373		
Déblais (décapage parement et crêtes murs) :				**m3**	**376**
Volume calculé par projet linéaire sous Covadis			Volume (m3)		
Décapage parements et crêtes de murs d'endiguement sur 10 cm (suivant plan)			376.00		
Evacuation des déblais type béton cyclopéen				**m3**	**2 297**
			Volume (m3)		
Evacuation des matériaux type béton (démontage radier + décapage parements murs)			2297.00		
III - BETON					
Béton ferrailé :				**m3**	**405**
Volume calculé par projet linéaire sous Covadis			Volume (m3)		
Reprise parements + crêtes murs			390.00		
Masse de ferraille à béton estimée	treilli ST40 Ø7 (kg)	HA8 (kg)	Total masse (Kg)		
Armature Fe500	19674	1460	21134		
Rehausse des murs en partie amont			15.00		
Rejointoiement pierres maçonnées :				**m²**	**81**
	longueur (m)	hauteur (m)	Volume (m²)		
Surface totale murs en pierres maçonnées	161	2.5	402.50		
Surface de reprise estimée suite à expertise terrain (20% surface totale)			80.50		
Enrochements bétonnés :				**m3**	**1 093**
Volume calculé par projet linéaire sous Covadis			Volume (m3)		
Reprise radier béton de P01 à P48 et de P59 à P67			1020.00		
Réalisation de la rampe en EB à l'interface entre les deux chenaux			73.00		

VERSION PROVISOIRE

7.2 ESTIMATIF

Le montant estimatif des travaux tel qu'il ressort du détail estimatif ci-dessous, s'élève à environ **825 000€ HT**, hors maitrise d'œuvre et dossiers réglementaires. Notons que cet estimatif comprend de nombreuses incertitudes sur les prix des postes de terrassement (2.1 à 2.4.) et qu'il peut fluctuer en fonction du contexte économique local.

TORRENT DU CRISTILLAN					
COMMUNE DE CEILLAC					
TRAVAUX DE PROTECTION CONTRE LES CRUES TORRENTIELLES					
	DETAIL ESTIMATIF DU SDRTM05				
Article	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix par article
I	**Travaux préparatoires**				
1.1	Installation et repli	u	2	15 000.00 €	30 000.00 €
1.2	Dérivation des eaux et pompage	u	2	20 000.00 €	40 000.00 €
1.3	Abattage d'arbres	u	40	200.00 €	8 000.00 €
1.4	Elimination de la végétation	forf.	1	1 000.00 €	1 000.00 €
1.5	Panneau d'identification	Forf.	1	500.00 €	500.00 €
II	**Terrassements**				
2.1	Terrassement en déblai (démontage radier béton)	m3	1921	20.00 €	38 420.00 €
2.2	Piquage du béton cyclopéen du parement des murs	m3	376	20.00 €	7 520.00 €
2.3	Destruction rocher compact	m3	10	30.00 €	300.00 €
2.4	Evacuation des déblais type béton	m3	2297	10.00 €	22 970.00 €
2.5	Amenée et repli d'engins supplémentaires	u	1	900.00 €	900.00 €
2.6	Heures d'engin				
	Pelle hydraulique	H	10	110.00 €	1 100.00 €
	BRH	H	10	16.00 €	160.00 €
	Camion 6 x 4	H	10	90.00 €	900.00 €
III	**Béton**				
3.1	Fourniture, transport et mise en place d'enrochements bétonnés avec blocs de carrière 500 kg-1500 kg	m3	1093	200.00 €	218 600.00 €
3.2	Rejointoiement pierres maçonnées + piquage/nettoyage	m2	80	90.00 €	7 200.00 €
3.3	Fourniture, transport et mise en place de béton feraillé	m3	405	750.00 €	303 750.00 €
IV	**Réseau**				
4.1	Démontage réseaux hors service	forf.	1	5 000.00 €	5 000.00 €
4.2	Dévoiement réseau éclairage public	forf.	1	10 000.00 €	10 000.00 €
4.3	Dévoiement réseau AEP	forf.	1	10 000.00 €	10 000.00 €
4.4	Dévoiement réseau Basse tension Enedis	forf.	2	10 000.00 €	20 000.00 €
4.5	Dévoiement réseau Orange	forf.	1	10 000.00 €	10 000.00 €
V	**Divers**				
5.1	Etude EXE féraillage	forf.	1	800.00 €	800.00 €
5.2	Etude géotechnique fondation murs digue	forf.	1	5 000.00 €	5 000.00 €
5.3	Démontage passerelle n°2	forf.	1	5 000.00 €	5 000.00 €
5.4	Démontage pont n°2	forf.	1	5 000.00 €	5 000.00 €
5.5	Fourniture et mise en place de barrières	ml	60	30.00 €	1 800.00 €
VI	Provision pour imprévus chantier	forf.	1	70 000.00	70 000.00 €
				TOTAL H.T	823 920.00 €
				T.V.A. 20%	164 784.00 €
				TOTAL T.T.C	988 704.00 €

VERSION PROVISOIRE

8 ENTRETIEN DU DISPOSITIF

8.1 TRAVAUX D'ENTRETIEN

Les travaux d'entretien courant sont les suivants :

- Coupe de la végétation arborée et arbustive sur le parement amont/aval et en crête.
- Maintien du profil en long d'équilibre au niveau de la fosse par des opérations régulières d'entretien des matériaux.

8.2 VISITE D'OUVRAGE

Les ouvrages étant classés en système d'endiguement, l'étude de dangers fixe les règles de suivi.

VERSION PROVISOIRE

SION PROVISOIRE

Office National des Forêts

Agence RTM des Alpes du Sud

Service RTM des Hautes-Alpes

5, rue des Silos – CS 36003 - 05007 G