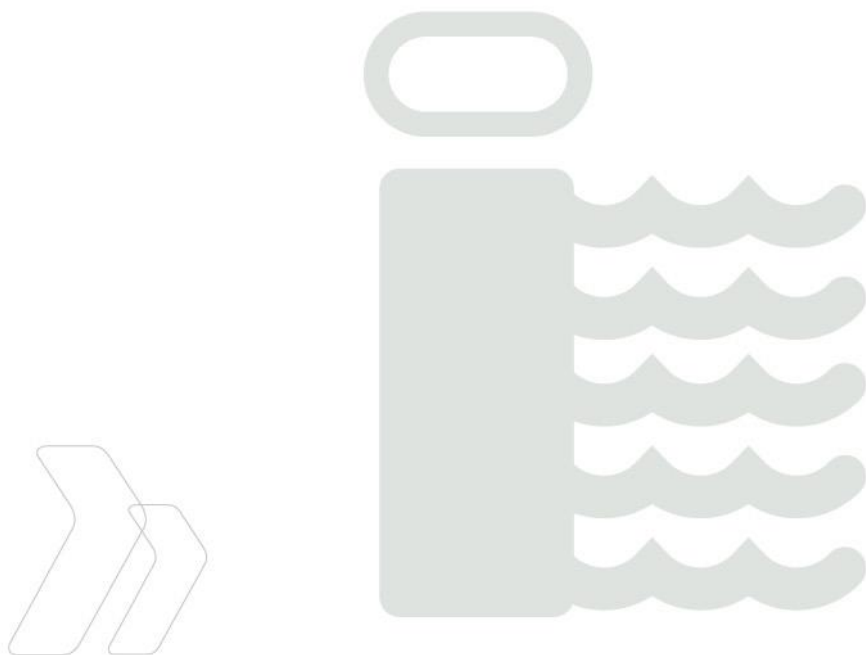


Infrastructures  
Aménagements  
hydrauliques



CLASSEMENT ET ETUDES FAISABILITE AVP SYSTEME  
D'ENDIGUEMENT GAVE DE CAUTERETS A PIERREFITTE  
NESTALAS

Avant-projet de confortement du scénario 1

+

PETR DU PAYS DE  
LOURDES ET VALLEES  
DES GAVES

Rapport n° : 18F-143-RS-11  
Révision n° : A  
Date : 06/10/2021

Votre contact :  
Jérémy SAVATIER  
savatier@isl.fr

Rapport



ISL Ingénierie SAS - SUD-OUEST  
15 rue du Maréchal Harispe  
64500 - Saint-Jean de Luz  
FRANCE  
Tel. : +33.5.59.85.14.55  
Fax : +33.5.59.85.33.16

[www.isl.fr](http://www.isl.fr)





# Visa

*Document verrouillé du 06/10/2021.*

Révision	Date	Auteur	Chef de Projet	Superviseur	Commentaire
A	06/10/2021	ADU	JSA	JSA	

ADU : DURIF Aubin

JSA : SAVATIER Jérémy

Rapport ISL  
18F-143-RS-11  
Revision A

<http://www.isl.fr/r.php?c=199106>





## SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>OBJET</b>	<b>1</b>
1.1	OBJET DU PRESENT RAPPORT	1
1.2	VISITE DES OUVRAGES	1
1.3	BIBLIOGRAPHIE	1
<b>2</b>	<b>RAPPEL DU SCENARIO 1 : CONFORTEMENT POUR LE NIVEAU DE PROTECTION DECENNAL (100M<sup>3</sup>/s)</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>CONFORTEMENT DE LA PROTECTION DE BERGES GC 29.1</b>	<b>5</b>
3.1	ETAT INITIAL	5
3.2	PROJET DE CONFORTEMENT DU TRONÇON GC 29.1	6
3.2.1	SOLLICITATIONS	6
3.2.2	PAREMENT ET FONDATION EN ENROCHEMENTS BETONNES	7
3.2.3	RENFORT DE PIED : TAPIS EN ENROCHEMENTS LIBRES	8
3.2.4	QUALITE DES ENROCHEMENTS	10
3.2.5	COUCHE DE TRANSITION	10
3.2.6	GEOTEXTILE	11
3.2.7	CARACTERISTIQUES DU BETON POUR LES ENROCHEMENTS BETONNES	11
3.2.8	BARBACANES	12
3.2.9	SYNTHESE DES CARACTERISTIQUES DE L'OUVRAGE ET COUPE-TYPE	12
3.3	PHASAGE DES TRAVAUX	13
3.4	MESURES ERC DU PROJET	14
3.5	ESTIMATION DES QUANTITES ET DU MONTANT PREVISIONNEL	15
<b>4</b>	<b>EQUIPEMENT D'UN SYSTEME ANTI-RETOUR SUR LES OUVRAGES TRAVERSANTS</b>	<b>17</b>
4.1	OUVRAGE TRAVERSANT DU TRONÇON GC 40.4	17
4.2	OUVRAGE TRAVERSANT DU TRONÇON GC 36.3	19
4.3	MONTANT PREVISIONNEL	20
<b>5</b>	<b>SYNTHESE</b>	<b>21</b>

## TABLE DES ANNEXES

### ANNEXE 1 VUE EN PLAN ET COUPE-TYPE DE L'AVANT-PROJET DE CONFORTEMENT DU TRONÇON GC 29.1

### ANNEXE 2 MONTANT PREVISIONNEL DES TRAVAUX

#### TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Vue depuis la rive droite des tronçons GC29.1 et GC29.2	3
Figure 2 : Vue en plan du tronçon GC 29.1	4
Figure 3 : Vue du tronçon GC 29.1 depuis la rive droite (assemblage de photos)	5
Figure 4 : Canal en haut de berge du tronçon GC 29.1 : vue vers l'amont à gauche et vers l'aval à droite	5
Figure 5 : Raccord aval avec le tronçon GC 29.2	6
Figure 6 : Raccord amont avec le déversoir latéral du seuil Berty	6
Figure 7 : Type d'ouvrage en fonction de la sollicitation pour les protections de berges – Table ronde enrochements CEREMA – RTM, 2014 [5]	7
Figure 8 : Exigences standard applicables aux enrochements d'après l'EN 13383 – Guide Enrochement 2 <sup>e</sup> édition [8]	8
Figure 9: Répartition transversale des vitesses pour la Q20 au droit du tronçon GC 29.1 – modèle TELEMAT ISL	8
Figure 10 : Protection des fondations contre l'affouillement (suivant assurance suisses VKF-AEAI) – Extrait du Guide construire en montagne du MEDDTL [9]	9
Figure 11 : Estimation du diamètre des enrochements du tapis d'après [9]	9
Figure 12 : Exigences standard applicables aux enrochements d'après l'EN 13383 – Guide Enrochement 2 <sup>e</sup> édition [8]	10
Figure 13 : Extrait de la coupe-type du projet de confortement du tronçon GC 29.1	13
Figure 14 : Débits mensuels calculés sur 28 ans (1960-1987) à la station du Gave de Cauterets à Cauterets (pont Fanlou – Q4564010) d'après HYDRETUDES [4]	13
Figure 15 : Accès des travaux pour le confortement du tronçon GC 29.1	14
Figure 16 : Montant prévisionnel des travaux pour le confortement du tronçon GC 29.1	16
Figure 17 : Ouvrage traversant de diamètre 1000 mm du tronçon GC 40.4 et niveaux approximatifs des crues Q10 et Q20	17
Figure 18 : Localisation de l'ouvrage traversant (D=1000 mm) du tronçon GC 40.3	18
Figure 19 : Ouvrage traversant vanné sur le tronçon GC 47.2	18
Figure 20 : Ouvrage traversant de diamètre 500 mm du tronçon GC 36.3	19
Figure 21 : Localisation de l'ouvrage traversant (D=500 mm) du tronçon GC 36.3	20

## TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Sollicitations hydrauliques pour les crues Q10 et Q20 au droit du tronçon GC 29.1 .....	7
Tableau 2 : Classification GTR des matériaux du site .....	11
Tableau 3 : Caractéristiques principales de l'ouvrage .....	12
Tableau 4 : Synthèses des coûts des mesures d'évitement, de réduction et de compensation d'après Biotope [11].....	15
Tableau 5 : Exemples de vannes à guillotines (à gauche ORBINOX et à droite PAM SAINT-GOBAIN) .....	19
Tableau 6 : Montant prévisionnel pour l'équipement d'un système anti-retour de l'ouvrage traversant Ø1000 des tronçons GC 40.4 et GC 36.3.....	20
Tableau 7 : Synthèse des coûts des différentes solutions .....	21





# 1 OBJET

## 1.1 OBJET DU PRESENT RAPPORT

Le niveau de protection du système d'endiguement du gave de Cauterets sur les communes de Pierrefitte-Nestalas et de Soulom, en l'état actuel, est au mieux de l'ordre d'une crue de 90 à 100 m<sup>3</sup>/s soit une crue de période de retour comprise entre 5 et 10 ans.

Plusieurs scénarios ont été présentés lors du comité de pilotage du 15 octobre 2020 :

- Scénario 1 : autoriser le système d'endiguement pour un niveau de protection de l'ordre de 100 m<sup>3</sup>/s (Q10) ;
- Scénario 2 : autoriser le système d'endiguement pour un niveau de protection de l'ordre de la crue de 2012, soit un débit de l'ordre de 120 à 137 m<sup>3</sup>/s (Q20) ;
- Scénario 3 : autoriser le système d'endiguement pour un niveau de protection de l'ordre de la crue de 2013, soit un débit de l'ordre de 190 à 220 m<sup>3</sup>/s (Q50).

Le présent rapport présente l'avant-projet de confortement des ouvrages pour atteindre un niveau de sûreté de l'ordre de 100 m<sup>3</sup>/s (Q10).

## 1.2 VISITE DES OUVRAGES

Dans le cadre de l'avant-projet une visite technique des ouvrages a été réalisée le mercredi 17 mars 2021 en présence de :

- M. FRYSOU – PLVG ;
- M. SANSA – PLVG ;
- M. DURIF – ISL.

Le niveau du gave était à l'étiage et la végétation a été entretenue 1 mois auparavant permettant une inspection complète des ouvrages (crête et côté rivière).

## 1.3 BIBLIOGRAPHIE

Les principaux éléments nécessaires à la bonne compréhension de l'avant-projet ont été inclus dans ce document. Pour plus de détail, on se reportera la bibliographie :

- [1] Visite technique approfondie du système d'endiguement du gave de Cauterets sur les communes de Pierrefitte-Nestalas et de Soulom, rapport n°18F-143-RS-1, ISL,2018,
- [2] Etude d'aménagement d'une zone de débordement du gave de Cauterets sur la commune de Soulom, ELEMENTS, 2009,
- [3] Notice technique hydromorphologique, rapport n°ARI-18-044, HYDRETUDES, avril 2020,
- [4] Etude hydrologique à la confluence du gave de Cauterets et le gave de Pau, HYDRETUDES, décembre 2019,
- [5] Table Ronde Enrochement, David SABATIER RTM, CEREMA, avril 2014,
- [6] Etude de faisabilité des aménagements, rapport n°18F-143-RS-10, ISL,2021,

- [7] Etude de dangers du système d'endiguement du gave de Cauterets sur les communes de Pierrefitte-Nestalas et de Soulom, rapport n°18F-143-RS-2, ISL, 2020,
- [8] Guide Enrochement : L'utilisation des enrochements dans les ouvrages hydrauliques, Version française du Rock Manual (2<sup>e</sup> édition), CIRIA, CUR, CETMEF, 2009,
- [9] Construire en montagne : la prise en compte du risque torrentiel, MEDDTL, 2010,
- [10] DOE : Confortement des berges dans la traversée des communes de Pierrefitte-Nestalas et de Soulom, RTM, 2015,
- [11] Note de synthèse de la prise en compte environnementale, Biotope, Octobre 2021.

## 2 RAPPEL DU SCENARIO 1 : CONFORTEMENT POUR LE NIVEAU DE PROTECTION DECENNAL (100M<sup>3</sup>/S)

Les conclusions du diagnostic approfondi [7] pour un niveau de protection égal à une crue de période de retour 10 ans mettent en évidence une faiblesse des protections de berges en rive gauche à l'aval du seuil Berty (tronçon GC 29.1) vis-à-vis de l'affouillement (risque de contournement). **Une défaillance des ouvrages de protection de berge risque d'entraîner une érosion et éventuellement une inondation de la zone protégée par défluviation.**



Figure 1 : Vue depuis la rive droite des tronçons GC29.1 et GC29.2

La vue en plan du tronçon GC 29.1 est donnée ci-dessous :



**Figure 2 : Vue en plan du tronçon GC 29.1**



### 3 CONFORTEMENT DE LA PROTECTION DE BERGES GC 29.1

#### 3.1 ETAT INITIAL

Le tronçon GC 29.1 est une berge naturelle sur laquelle des blocs et graves roulés ont été déposés sans organisation particulière.



Figure 3 : Vue du tronçon GC 29.1 depuis la rive droite (assemblage de photos)

Le canal en haut de berge est alimenté par le bassin au niveau du déversoir latéral du seuil Berty.



Figure 4 : Canal en haut de berge du tronçon GC 29.1 : vue vers l'amont à gauche et vers l'aval à droite

A l'aval, le remblai du tronçon GC 29.1 vient s'adosser aux enrochements bétonnés du tronçon GC 29.2 sans organisation particulière. A l'amont, le raccordement se fait de manière analogue avec le déversoir latéral du seuil Berty.





Figure 5 : Raccord aval avec le tronçon GC 29.2



Figure 6 : Raccord amont avec le déversoir latéral du seuil Berty

**En l'état actuel le tronçon GC 29.1 ne présente aucune garantie structurelle vis-à-vis de la crue 100 m<sup>3</sup>/s et le scénario d'inondation de la zone protégée par défluviation ne peut être justifié avec une probabilité < 5 %. Il est donc recommandé de procéder au confortement de cet ouvrage afin d'assurer la continuité de la protection.**

Le linéaire à conforter est de 54 m (mesure sur site).

## 3.2 PROJET DE CONFORTEMENT DU TRONÇON GC 29.1

### 3.2.1 SOLLICITATIONS

Dans l'optique d'un niveau de sûreté à terme égal à la crue 137 m<sup>3</sup>/s (Q20), le dimensionnement sera directement réalisé pour crue vicennale.

Le tableau ci-dessous donne les niveaux d'eau et les vitesses en lit mineur pour la crue Q20 :

	Hauteur d'eau (m)	Vitesse maximale en lit mineur (m/s)
Q20 (137 m <sup>3</sup> /s)	2,0	7,0

Tableau 1 : Sollicitations hydrauliques pour les crues Q10 et Q20 au droit du tronçon GC 29.1

### 3.2.2 PAREMENT ET FONDATION EN ENROCHEMENTS BETONNES

Vu :

- Les vitesses importantes (au maximum 7 m/s) ;
- Le contexte torrentiel et sédimentaire sur le Gave de Cauterets ;
- Le retour d'expérience sur les ouvrages à proximités (notamment concernant le GC 29.2)
- Le retour d'expérience concernant la conception des ouvrages de protection de berges en contexte torrentiel du RTM [5] (cf. Figure 7 ci-dessous) :

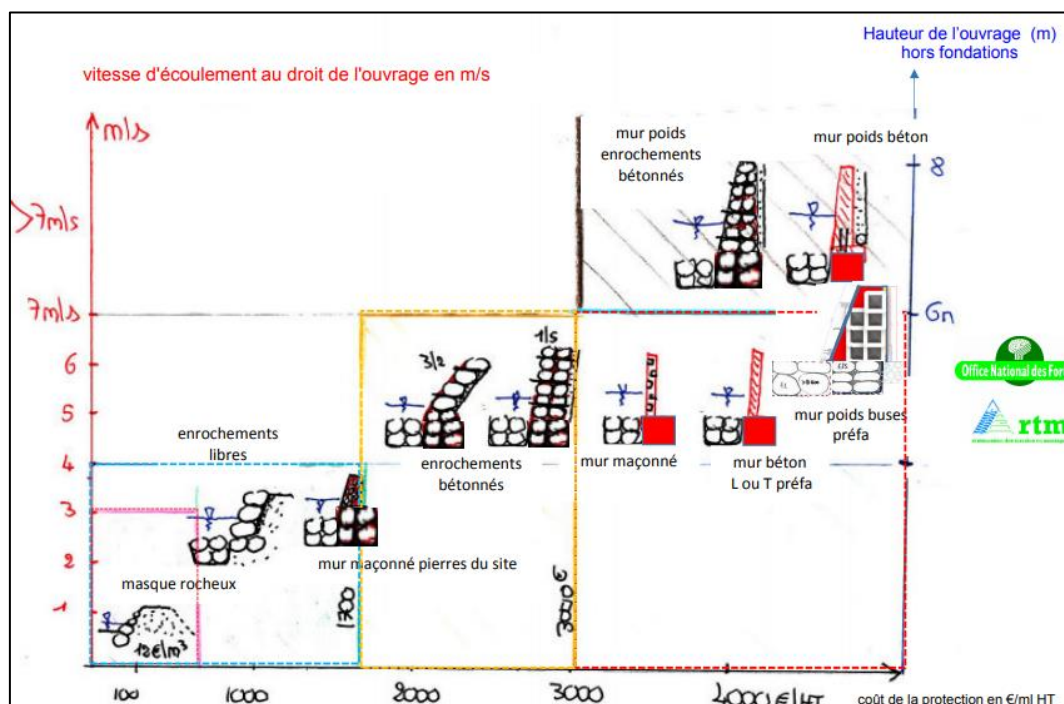


Figure 7 : Type d'ouvrage en fonction de la sollicitation pour les protections de berges – Table ronde enrochements CEREMA – RTM, 2014 [5]

Au vu des éléments évoqués ci-dessus :

**L'ouvrage sera en enrochements bétonnés avec une bèche en fondation également en enrochements bétonnés. Les enrochements seront de classe HM 300 – 1000 avec un D<sub>50</sub> égal à 750 mm**

Les exigences associées aux gros enrochements sont les suivantes :

Gros enrochement	Classe de référence	ELL	NLL	NUL	EUL	$M_{em}$	
	Passant associé kg	< 5 % kg	< 10 % kg	> 70 % kg	> 97 % kg	limite inférieure kg	limite supérieure kg
	10 000 – 15 000	6 500	10 000	15 000	22 500	12 000	13 000
	6 000 – 10 000	4 000	6 000	10 000	15 000	7 500	8 500
	3 000 – 6 000	2 000	3 000	6 000	9 000	4 200	4 800
	1 000 – 3 000	700	1 000	3 000	4 500	1 700	2 100
	300 – 1 000	200	300	1 000	1 500	540	690

Figure 8 : Exigences standard applicables aux enrochements d'après l'EN 13383 – Guide Enrochement 2<sup>e</sup> édition [8]

### 3.2.3 RENFORT DE PIED : TAPIS EN ENROCHEMENTS LIBRES

Au vu de contexte torrentiel et du retour d'expérience, un renfort de pied est nécessaire pour la protéger la fondation de l'affouillement. Les vitesses pour la crue vicennale sont précisées ci-dessous :

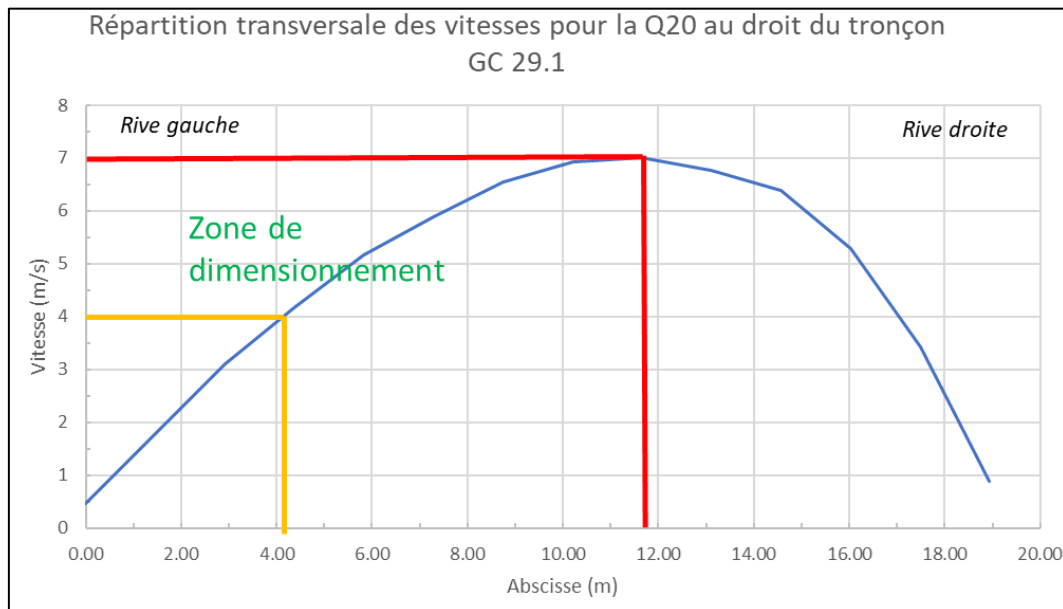


Figure 9 : Répartition transversale des vitesses pour la Q20 au droit du tronçon GC 29.1 – modèle TELEMAC ISL

Le guide Construire en montage : prise en compte du risque torrentiel du MEDDTL [9] donne une formule empirique pour estimer la taille des blocs D (m) pour un tapis d'enrochements en fonction de la vitesse du courant V (m/s) :

$$D = \frac{V^2}{10}$$



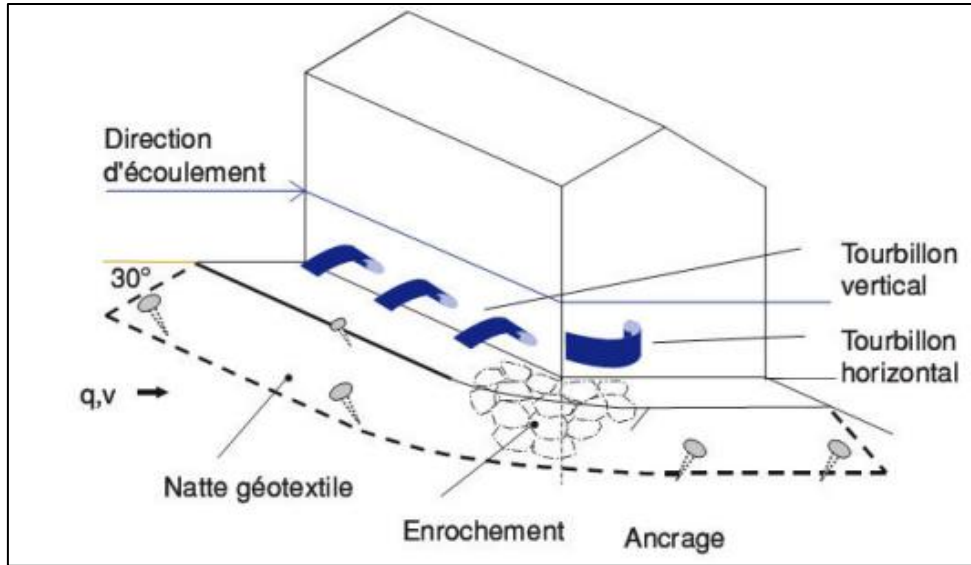


Figure 10 : Protection des fondations contre l'affouillement (suivant assurance suisses VKF-AEAI) – Extrait du Guide construire en montagne du MEDDTL [9]

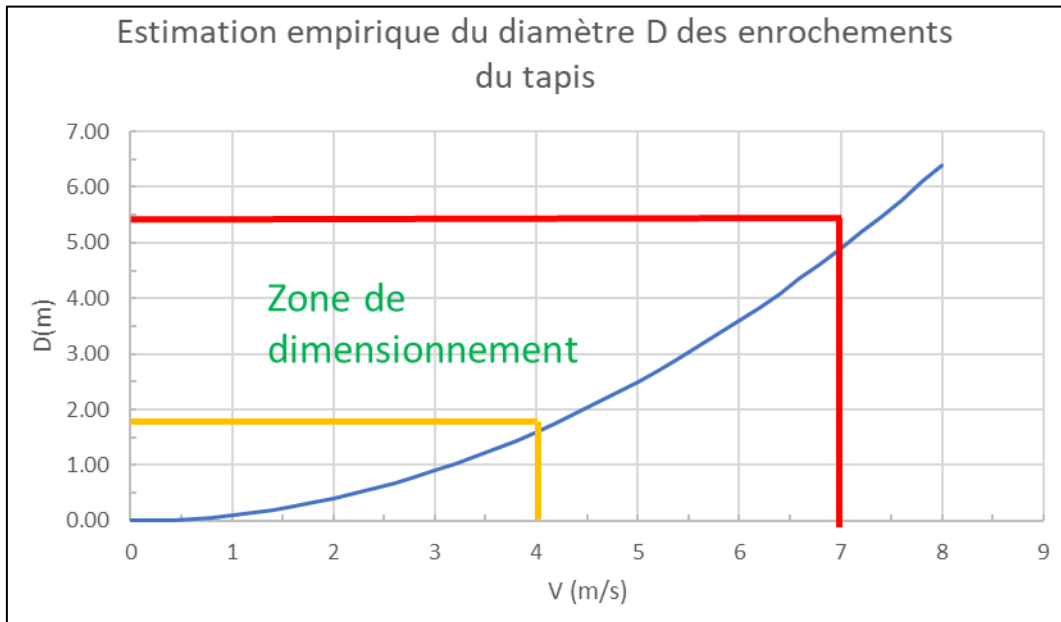


Figure 11 : Estimation du diamètre des enrochements du tapis d'après [9]

Cette estimation, pour des vitesses élevées, implique des diamètres importants pour des enrochements ( $D > 2000$  mm).

Dans le cadre d'affouillement prévisible important, le RTM recommande [5] « la réalisation d'un sabot d'une largeur correspondant à 1,5 fois la profondeur d'affouillement retenue ». Au vu du retour d'expérience de la crue de 2013, il est retenu une profondeur d'affouillement de 2 m.

**Au vu des éléments ci-dessus, l'ouvrage sera doté d'un tapis en enrochements libres (sabot) d'une largeur de 3 m pour 2m de profondeur avec des blocs de granulométrie comprise entre 1000 et 2000 m soit des enrochements de classe HM 3000 - 6000<sup>1</sup>. Les blocs seront agencés soigneusement couche par couche.**

Les exigences associées aux gros enrochements sont les suivantes :

Gros enrochement	Classe de référence	ELL	NLL	NUL	EUL	$M_{em}$	
	Passant associé kg	< 5 % kg	< 10 % kg	> 70 % kg	> 97 % kg	limite inférieure kg	limite supérieure kg
	10 000 – 15 000	6 500	10 000	15 000	22 500	12 000	13 000
	6 000 – 10 000	4 000	6 000	10 000	15 000	7 500	8 500
	3 000 – 6 000	2 000	3 000	6 000	9 000	4 200	4 800
	1 000 – 3 000	700	1 000	3 000	4 500	1 700	2 100
	300 – 1 000	200	300	1 000	1 500	540	690

**Figure 12 : Exigences standard applicables aux enrochements d'après l'EN 13383 – Guide Enrochement 2<sup>e</sup> édition [8]**

### 3.2.4 QUALITE DES ENROCHEMENTS

- Masse volumique supérieure à 2,6 t/m<sup>3</sup> ;
- Angle de frottement interne supérieur à 40° ;
- Résistance à la rupture supérieure à 80 MPA ;
- Résistance à l'usure, MDE < 20 (car le Gave de Cauterets présente un fort transport solide) ;
- Résistance au gel-dégel. Absorption en eau inférieur à 0.5-1% ;
- Elancement, seulement 5% des blocs auront un élancement supérieur à 3.

### 3.2.5 COUCHE DE TRANSITION

La couche de transition a pour double objectif de :

- Drainer les écoulements en amont des enrochements bétonnés, notamment vis-à-vis de ceux pouvant provenir du canal en crête (cf. Figure 4).
- Filtrer les particules fines provenant de la berge, en complément du géotextile (cf. 3.2.6) ;

La filtration des particules fines provenant de la berge est assurée par le géotextile (cf. 3.2.6) mais cette couche de transition pourra servir de filtre secondaire en cas de défaillance du géotextile.

Les caractéristiques de filtration sont rappelées ci-dessous :

- Le risque d'entraînement existera si :  $d_{15(berge)} < 0.2d_{15(protection)}$  ;
- Règles de filtre à respecter :
  - $0,1 \text{ mm} < d_{15(transition)} < 5d_{85(berge)}$
  - $5d_{50(protection)} < 5d_{50(transition)} < 10d_{85(protection)}$
- Coefficient d'uniformité  $C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$  de la transition = 2 – 8 ;
- A minima 50 cm d'épaisseur.

Le tableau ci-dessous indique les identifications réalisées sur les matériaux du terrain naturel :

<sup>1</sup> Hypothèse d'un poids volumique de 26 kN/m<sup>3</sup>

Sondages	Digue	Identification GTR	VBS (g/100g)	% de fines
F1	GC48.2	C1B5	0,44	23,3
F2	GC48.1	C1B5	0,20	17,9
F3	GC47.1	B3	0,11	9,9
F4	GC45	C1B5	0,14	16,9
F6	GC40.3	D3	0,09	7,4
F7	GC36.3	C1B5	0,24	19,2
F8	GC29.2	C1B4	0,25	7,2
F11	GC42bis.2	C1B5	0,11	15,1

**Tableau 2 : Classification GTR des matériaux du site**

Les matériaux rencontrés en arrière des ouvrages correspondent à un horizon alluvionnaire homogène avec des granulométries peu étendues.

La couche de transition sera un concassé calcaire 20/80 sur une épaisseur de 65 cm.

### 3.2.6 GEOTEXTILE

Le géotextile a pour objectif de bloquer les particules fines de la berge.

Le géotextile ne doit pas se déchirer lors de la mise en œuvre de la couche de transition, d'épaisseur 65 cm.

On considère :

- Un matériau d'apport (la transition 20/80 mm) coupant ;
- La présence possible de blocs isolés, souches, branches, etc dans le sol support.

Le comité Français des géosynthétiques recommande alors les caractéristiques suivantes :

- Résistance à la traction > 25 kN/ml dans les deux sens ;
- Déformation à l'effort de traction maximal > 30 % dans les deux sens ;
- Résistance au poinçonnement statique > 1,2 kN ;
- Ouverture de filtration < 1,7 mm ;
- Ouverture de filtration > 63 µm ;
- Permittivité  $K_n/e > 0,5s^{-1}$  ;

Les géotextiles non tissés de densité approximative 400 g/m<sup>2</sup> permettent en général d'atteindre ces valeurs.

### 3.2.7 CARACTERISTIQUES DU BETON POUR LES ENROCHEMENTS BETONNES

Dans le cas d'un liant hydraulique, des précautions particulières doivent être prises, liées à une utilisation en milieu agressif (eau) :

- Les ciments à faible teneur en chaux sont recommandés (CHF, CLK) ;
- La teneur en ciment doit être choisie assez élevée : 300 à 350 kg/m<sup>3</sup> et plus en milieu très agressif ;
- La composition du béton est définie pour minimiser la quantité d'eau mise en œuvre. Le rapport E/C (rapport poids Eau/Ciment) doit rester inférieur à 0,55 et la durabilité des ouvrages augmente en abaissant cette valeur jusqu'à 0,40 ;
- Une analyse de l'eau devra être réalisée pour déterminer la classe d'exposition ;

- Afin d'avoir une bonne fluidité et une résistance optimale à la ségrégation, un béton colloïdal sera utilisé. Un béton normal risque de se ségréguer et de voir les granulats les plus fins lessiver à travers l'ouvrage. L'affaissement du béton<sup>2</sup> devra être compris entre 180 et 200 mm.

### 3.2.8 BARBACANES

Des barbacanes seront disposées tous les 2 m en diamètre 100 mm pour le drainage des enrochements à au 1/3 bas du mur.

### 3.2.9 SYNTHÈSE DES CARACTÉRISTIQUES DE L'OUVRAGE ET COUPE-TYPE

Les caractéristiques de l'ouvrage sont données ci-dessous :

Caractéristiques principales de l'ouvrage	
Linéaire	54 m
Caractéristiques du parement côté Gave	Protection en enrochements bétonnés d'une hauteur de 3,0 m et d'un fruit de 0,8 H/V. HM 300/1000, D <sub>50</sub> = 750 mm
Caractéristiques de la crête	Crête d'une largeur 2,5 m en revêtement béton
Caractéristiques de la fondation	-Bèches en enrochements bétonnés de 2 m de profondeur pour 2 m de largeur. -Sabot en enrochements libres de 2 m de profondeur pour 3 m en largeur avec une granulométrie comprise entre 1000 et 2000 mm (HM 3000 – 6000)
Revanche en crue	Avec la surface libre Q20 : 1 m ; Avec la ligne d'énergie Q20 : 0,65 m NGF

**Tableau 3 : Caractéristiques principales de l'ouvrage**

Un extrait de la coupe-type est donnée ci-dessous :

<sup>2</sup> Essai d'affaissement au cône d'Abrams

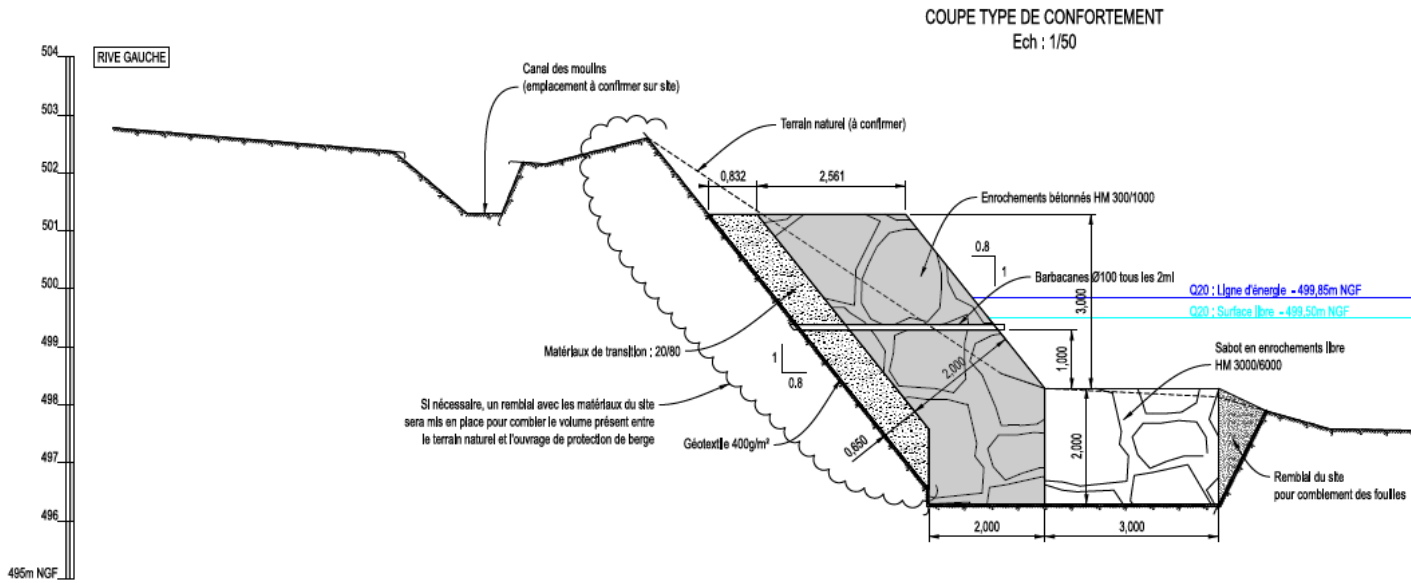


Figure 13 : Extrait de la coupe-type du projet de confortement du tronçon GC 29.1

La vue en plan et la coupe type sont données en ANNEXE 1.

### 3.3 PHASAGE DES TRAVAUX

Les travaux seront réalisés en lit mineur et en période d'étiage. Le Gave de Cauterets suit un régime nival, les périodes de hautes eaux sont de mai à juillet (période à éviter pour les travaux). Le graphique ci-dessous donne les débits mensuels calculé sur 28 ans (1960-1987) à la station du Gave de Cauterets :

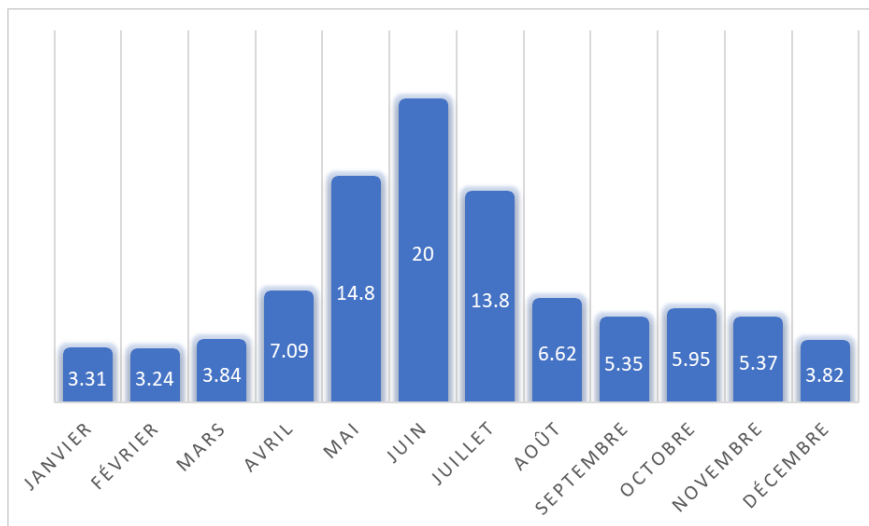


Figure 14 : Débits mensuels calculés sur 28 ans (1960-1987) à la station du Gave de Cauterets à Cauterets (pont Fanlou – Q4564010) d'après HYDRETUDES [4]



Les périodes les plus favorables pour intervenir en lit mineur sont d'août à septembre et de janvier à mars. D'après HYDRETUDES [4], des crues fortes et rapides peuvent avoir lieu à l'automne. Un protocole précis de gestion de crue lors des travaux devra être établi et validé en concertation avec les parties prenantes avant le début des travaux.

Une piste de chantier provisoire en lit mineur côté rive gauche pourra être réalisée pour permettre la circulation des hommes et machines. Les travaux s'effectueront de l'aval vers l'amont avec retrait de la piste de chantier au fur et à mesure. L'accès au chantier peut être envisagé par la rue Ledormeur puis en accédant au lit mineur par le tronçon GC 29.1 sous réserve d'autorisation pour emprunter les parcelles cadastrales n°0764, 0765 et 0766 (parcelle de Mme Jordan). En cas d'impossibilité un grutage des engins sera nécessaire.

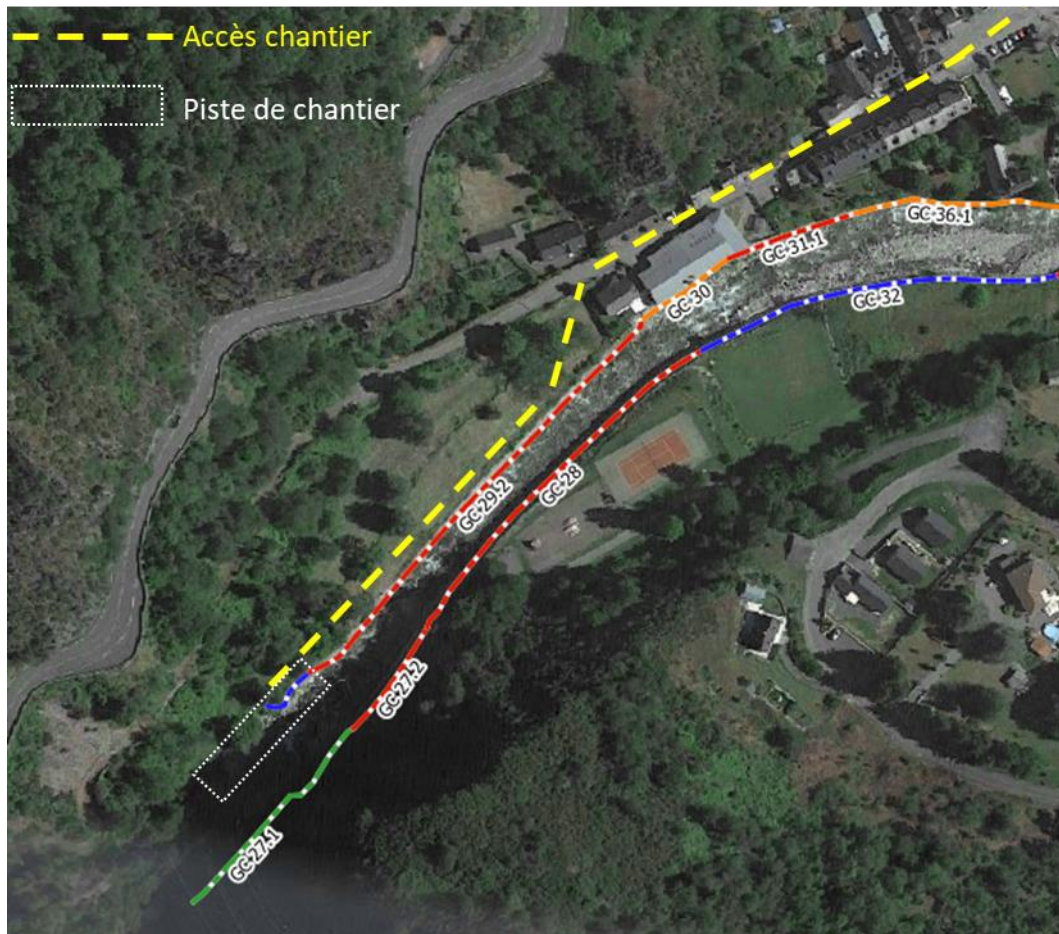


Figure 15 : Accès des travaux pour le confortement du tronçon GC 29.1

D'un point de vue environnementale la période la moins défavorable est de septembre à octobre.

La durée maximale des travaux est estimée à 1 mois.

### 3.4 MESURES ERC DU PROJET

Biotope dans sa *Note de synthèse de la prise en compte environnemental* [11] a déterminé les mesures d'évitement, de réduction et de compensation (ERC) vis-à-vis du présent projet de confortement.

Le tableau ci-dessous synthétise les mesures ERC et les coûts associés :

Code mesure	Intitulé mesure	Estimation du coût global de la mesure (HT)
<b>Mesures d'évitement</b>		
ME01	Evitement et mise en défens des secteurs à enjeux écologiques	100 €
<b>Mesures de réduction</b>		
MR01	Évitement des périodes sensibles en phase travaux et d'exploitation	Intégré au projet
MR02	Opération de griffage des berges	1 800 à 2 000 €
MR03	Limitation de la dissémination des plantes invasives et lutte contre les stations existantes	Intégré au projet et aux suivis
MR04	Préservation des milieux aquatiques en phase chantier (travail en assec et suivi de qualité)	5 500 à 6 000 €
MR05	Création d'habitats favorables à la faune aquatique	Intégré au projet et aux suivis
MR06	Gestion adaptée des arbres n'ayant pas pu faire l'objet d'un inventaire naturaliste (jardins privés)	1 000 à 1 600 €
MR07	Mise en place de dispositifs de prévention et de traitement des pollutions accidentelles et diffuses	Intégré au projet
<b>Mesures de suivi</b>		
MS01	Suivi du chantier et sensibilisation des équipes par un écologue	4 000 €
MS02	Suivi du développement des espèces exotiques envahissantes	0 à 3 000 €
<b>Coût total estimé</b>		<b>12 400 à 16 700 € HT</b>

**Tableau 4 : Synthèses des coûts des mesures d'évitement, de réduction et de compensation d'après Biotope [11]**

**D'un point de vue environnemental la période préférentielle pour la réalisation des travaux est le mois de septembre uniquement.**

### 3.5 ESTIMATION DES QUANTITES ET DU MONTANT PREVISIONNEL

Le montant des travaux a été estimé à partir :

- Des observations réalisées lors de la visite ;
- de mètres réalisés sur les coupes-type en considérant leur linéaire d'application ;
- de prix unitaires établis à partir de marchés de travaux récents pour des opérations similaires ;
- d'une installation de chantier et de travaux préparatoires estimés à 5 % de la masse des travaux ;
- Estimation des coûts des mesures ERC (Biotope [11]) ;

- Deux semi de points topographiques pour clarifier les raccordements amont et aval de l'ouvrage.

Référence	Désignation	U	Qté	PU HT	MONTANT HT
<b>LOT 1 : PRIX GENERAUX</b>					
1.1	Intallation générale et repliement de chantier	ft	1	6 265.50 €	6 265.50 €
1.2	Contrôle qualité	ft	1	1 000.00 €	1 000.00 €
1.3	Etudes d'exécution	ft	1	8 000.00 €	8 000.00 €
1.3	DOE	ft	1	2 000.00 €	2 000.00 €
1.4	Remise en état du site	ft	1	1 000.00 €	1 000.00 €
1.5	MOE (dont PRO)	ft	1	20 049.60 €	20 049.60 €
1.6	Reconnaitssances topographiques complémentaires sur les raccordements	ft	1	1 000.00 €	1 000.00 €
1.7	Mesures ERC (Biotope)	ft	1	16 700.00 €	16 700.00 €
<i>Sous total Lot 2</i>					<b>56 015 €</b>
<b>LOT 2 : TECHNIQUE GC</b>					
2.1	Déblais à la pelle mécanique	m3	1270	15.00 €	19 050.00 €
2.2	Remblais avec les matériaux du site	m3	38	10.00 €	380.00 €
2.3	Enrochements HM 300/1000 (fourniture et mise en œuvre soignée)	m3	560	100.00 €	56 000.00 €
2.4	Béton liant pour enrochements HM 300/1000 (fourniture et mise en œuvre)	m3	84	250.00 €	21 000.00 €
2.5	Enrochements HM 3000/6000 (fourniture et mise en œuvre)	m3	283	70.00 €	19 810.00 €
2.6	Géotextile (fourniture et mise en œuvre)	m2	619	5.00 €	3 095.00 €
2.7	GNT 0/150 avec concassage primaire (fourniture et mise en œuvre)	m3	170	30.00 €	5 100.00 €
2.8	Barbacannes PVC φ100 (fourniture et pose)	U	25	35.00 €	875.00 €
<i>Sous total Lot 2</i>					<b>125 310 €</b>
<b>TOTAL HT</b>					<b>181 325 €</b>
<b>Aléa travaux 10 %</b>					<b>12 531 €</b>
<b>TOTAL HT + Aléa 10%</b>					<b>193 856 €</b>

**Figure 16 : Montant prévisionnel des travaux pour le confortement du tronçon GC 29.1**

Le montant des travaux est évalué à 193.86 k€ HT (y compris Maitrise d'œuvre/études projet et aléa 10 %).



## 4 EQUIPEMENT D'UN SYSTEME ANTI-RETOUR SUR LES OUVRAGES TRAVERSANTS

Le présent paragraphe détaille l'ouvrage traversant à équiper d'un système anti-retour pour un objectif de crue vicennale.

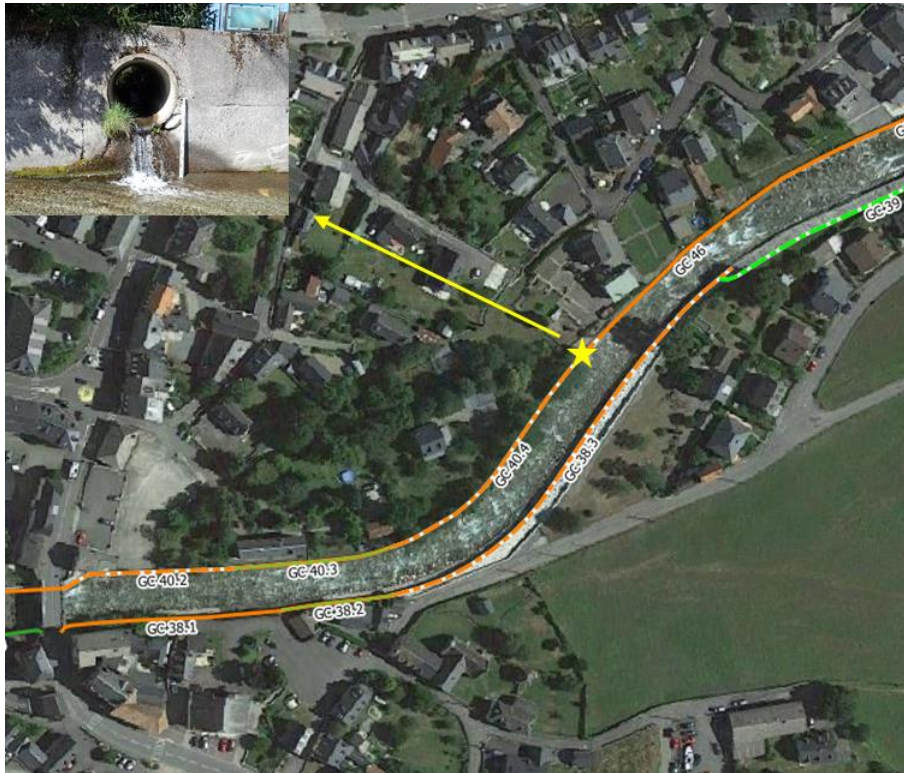
### 4.1 OUVRAGE TRAVERSANT DU TRONÇON GC 40.4

Le tronçon GC 40.4 comporte un ouvrage traversant de diamètre 1000 mm en béton non équipé d'un système anti-retour. Il est nécessaire de prévoir un système anti-retour dès la crue décennale :



**Figure 17 : Ouvrage traversant de diamètre 1000 mm du tronçon GC 40.4 et niveaux approximatifs des crues Q10 et Q20**

L'ouvrage traversant est localisé sur la vue en plan ci-dessous :



**Figure 18 : Localisation de l'ouvrage traversant (D=1000 mm) du tronçon GC 40.3**

Au vu des dimensions de l'ouvrage, il est retenu une vanne guillotine en arrière du mur. Un dispositif similaire est déjà présent sur le tronçon GC 47.2 :



**Figure 19 : Ouvrage traversant vanné sur le tronçon GC 47.2**





**Tableau 5 : Exemples de vannes à guillottes (à gauche ORBINOX et à droite PAM SAINT-GOBAIN)**

La vanne devra être fermée manuellement avant un épisode de crue important.

Il sera nécessaire de justifier de la résistance de la vanne et de ses fixations à la poussée hydraulique, car elle ne fonctionnera pas en applique mais en traction (fixation à l'arrière du mur).

Dans le cadre des servitudes, il est recommandé de réaliser une inspection de l'arrière de l'ouvrage pour préciser la géométrie de la solution à mettre en place.

## 4.2 OUVRAGE TRAVERSANT DU TRONÇON GC 36.3

Le tronçon GC 36.3 comporte un ouvrage traversant de diamètre 500 mm (extérieur) en béton non équipé d'un système anti-retour. Il est nécessaire de prévoir un système anti-retour pour la crue vicennale :



**Figure 20 : Ouvrage traversant de diamètre 500 mm du tronçon GC 36.3**

L'ouvrage traversant est localisé sur la vue en plan ci-dessous :

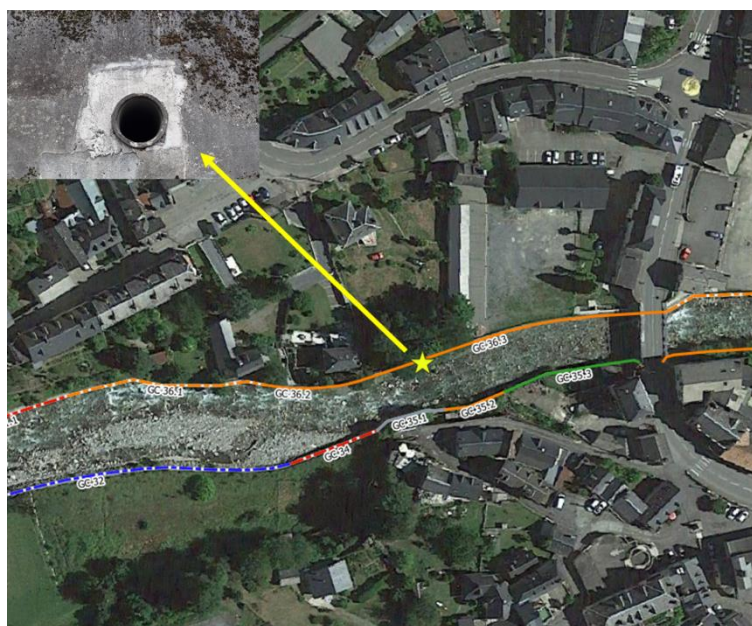


Figure 21 : Localisation de l'ouvrage traversant (D=500 mm) du tronçon GC 36.3

De manière analogue à l'ouvrage du tronçon GC 40.3, au vu des dimensions de l'ouvrage, il est retenu une vanne guillotine en arrière du mur. **Toutefois le plan du réseau est inconnu**, il est recommandé en phase projet de réaliser une visite de la parcelle en arrière du mur ( n°0005 au plan cadastrale) pour identifier la géométrie du réseau (identifier la position des regards) pour confirmer la solution retenue.

#### 4.3 MONTANT PREVISIONNEL

LOT 1 : SYSTÈME ANTI-RETOUR POUR LES TRONCONS GC 36.3 ET 40.4					
Référence	Désignation	U	Qté	PU HT	MONTANT HT
1.1	MOE (dont PRO)	ft	1	3 877.50 €	3 877.50 €
1.2	Fourniture et pose d'une vanne guillotine pour l'ouvrage $\phi$ 1000 béton	ft	1	15 350.00 €	15 350.00 €
1.3	Fourniture et pose d'une vanne guillotine pour l'ouvrage $\phi$ 500 béton	ft	1	10 500.00 €	10 500.00 €
<b>TOTAL HT</b>					<b>29 728 €</b>

Tableau 6 : Montant prévisionnel pour l'équipement d'un système anti-retour de l'ouvrage traversant  $\phi$ 1000 des tronçons GC 40.4 et GC 36.3

Le montant total des travaux est évalué à 29 728 € HT (y compris Maitrise d'œuvre et études en phase projet).

## 5 SYNTHÈSE

Le tableau ci-dessous synthétise les coûts associés aux différentes solutions proposées dans le présent rapport :

	Coût de la solution
Confortement du tronçon GC 29.1	193 856 € HT
Système anti-retour pour les ouvrages traversants des tronçons GC 40.4 et GC 36.3	29 728 € HT
<b>Total</b>	<b>223 584 € HT</b>

**Tableau 7 : Synthèse des coûts des différentes solutions**

Le montant total des travaux est évalué à 223 584 € HT.

# ANNEXE 1 VUE EN PLAN ET COUPE-TYPE DE L'AVANT-PROJET DE CONFORTEMENT DU TRONÇON GC 29.1

## ANNEXE 2 MONTANT PREVISIONNEL DES TRAVAUX

### Tronçon GC 29.1

Référence	Désignation	U	Qté	PU HT	MONTANT HT
<b>LOT 1 : PRIX GENERAUX</b>					
1.1	Intallation générale et repliement de chantier	ft	1	6 265.50 €	6 265.50 €
1.2	Contrôle qualité	ft	1	1 000.00 €	1 000.00 €
1.3	Etudes d'exécution	ft	1	8 000.00 €	8 000.00 €
1.3	DOE	ft	1	2 000.00 €	2 000.00 €
1.4	Remise en état du site	ft	1	1 000.00 €	1 000.00 €
1.5	MOE (dont PRO)	ft	1	20 049.60 €	20 049.60 €
1.6	Reconnaisances topographiques complémentaires sur les raccordements	ft	1	1 000.00 €	1 000.00 €
1.7	Mesures ERC (Biotope)	ft	1	16 700.00 €	16 700.00 €
<i>Sous total Lot 2</i>					56 015 €
<b>LOT 2 : TECHNIQUE GC</b>					
2.1	Déblais à la pelle mécanique	m3	1270	15.00 €	19 050.00 €
2.2	Remblais avec les matériaux du site	m3	38	10.00 €	380.00 €
2.3	Enrochements HM 300/1000 (fourniture et mise en œuvre soignée)	m3	560	100.00 €	56 000.00 €
2.4	Béton liant pour enrochements HM 300/1000 (fourniture et mise en œuvre)	m3	84	250.00 €	21 000.00 €
2.5	Enrochements HM 3000/6000 (fourniture et mise en œuvre)	m3	283	70.00 €	19 810.00 €
2.6	Géotextile (fourniture et mise en œuvre)	m2	619	5.00 €	3 095.00 €
2.7	GNT 0/150 avec concassage primaire (fourniture et mise en œuvre)	m3	170	30.00 €	5 100.00 €
2.8	Barbacannes PVC φ100 (fourniture et pose)	U	25	35.00 €	875.00 €
<i>Sous total Lot 2</i>					125 310 €
<b>TOTAL HT</b>					181 325 €
<b>Aléa travaux 10 %</b>					12 531 €
<b>TOTAL HT + Aléa 10%</b>					193 856 €

### Tronçon GC 40.4 et GC 36.3

<b>LOT 1 : SYSTÈME ANTI-RETOUR POUR LES TRONCONS GC 36.3 ET 40.4</b>					
Référence	Désignation	U	Qté	PU HT	MONTANT HT
1.1	MOE (dont PRO)	ft	1	3 877.50 €	3 877.50 €
1.2	Fourniture et pose d'une vanne guillotine pour l'ouvrage φ1000 béton	ft	1	15 350.00 €	15 350.00 €
1.3	Fourniture et pose d'une vanne guillotine pour l'ouvrage φ500 béton	ft	1	10 500.00 €	10 500.00 €
<b>TOTAL HT</b>					29 728 €