



**H** Hydrogéologie  
Hydraulique  
Hydrologie

**G** Géotechnique  
Géologie

**M** Méditerranée  
Maîtrise d'œuvre  
Mesures

*Environnement*

*MAITRE D'OUVRAGE*

**S.E.V.E.**

**MAIRIE DE FREJUS**  
BP 108  
83 608 – FREJUS CEDEX

---

*ETUDE*

**MISSION DE MAITRISE D'ŒUVRE POUR LA REFECTION  
DES BERGES DE L'ARGENS SUR LE SITE DU CHAMP  
CAPTANT DU VERTEIL SUITE A LA CRUE DU 15 JUIN 2010  
ET POUR LE REAMENAGEMENT DU SEUIL ANTI-SEL**

---

**PHASE AVP**

**MODIFICATION DU PROJET SUITE A  
L'EXPERTISE DU CONSEIL GENERAL**

---



**Version 2**

2, Bd de la Présentation - BP 60123 - 13 383 MARSEILLE CEDEX 13 Tel : 04 91 61 47 77 -  
Fax : 04 91 70 97 97 - Email : [hgmenvironnement@wanadoo.fr](mailto:hgmenvironnement@wanadoo.fr)  
Site internet : <http://perso.wanadoo.fr/hgmenvironnement>



NOVEMBRE 2011

REF : 11-04-018

## **NOTE IMPORTANTE**

Le présent avant-projet concerne les travaux de réfection des berges de l'Argens sur le site du champ captant du Verteil, ainsi que l'élargissement du seuil actuel en enrochements.

Il s'appuie sur le projet d'aménagement du seuil autorisé par arrêté préfectoral en date du 30 Janvier 2006, les documents de topographie et bathymétrie réalisés en Juin et en septembre 2011 par la SCP Amayenc-Rigaud, géomètres experts, et sur les préconisations techniques de M.LEFORT dans le cadre de l'expertise réalisée pour le Conseil Général 83 suite à la crue du 15 juin 2010.

Cet avant-projet sera éventuellement soumis à des modifications durant la phase de validation.

## **SOMMAIRE**

<b>I . AVANT-PROPOS .....</b>	<b>4</b>
<b>II . CONTRAINTES HYDRAULIQUES.....</b>	<b>6</b>
<b>III . TOPOGRAPHIE.....</b>	<b>6</b>
<b>IV . DESCRIPTION DES AMENAGEMENTS.....</b>	<b>7</b>
<b>IV. 1. Préambule .....</b>	<b>7</b>
<b>IV.2. Réfection de la berge dans la zone d'arrachement amont.....</b>	<b>8</b>
<b>IV.3. Réfection de la berge dans la zone d'arrachement aval .....</b>	<b>8</b>
<b>IV.4. Rectification de la berge rive droite à l'amont du seuil .....</b>	<b>8</b>
<b>IV.5. Rectification de la berge rive droite à l'amont du seuil .....</b>	<b>9</b>
<b>IV.6. Aménagement de la berge située en aval du seuil, rive gauche .....</b>	<b>9</b>
<b>IV. 7. Aménagement de la berge située en aval du seuil, rive droite .....</b>	<b>10</b>
IV. 7.1. Confortement de la berge par un double rideau de palplanches.....	10
IV.7.2. Confortement de la berge par enrochement et techniques végétales .....	10
IV.7.3. Remblaiement d'un fossé .....	11
IV.7.4. Protection contre les retours de crue dans l'anse d'érosion.....	11
<b>IV.8. Elargissement du seuil en rive droite .....</b>	<b>12</b>
IV. 8.1. Elargissement du seuil .....	12
IV. 8.2. Perré en enrochement au droit du seuil en rive droite.....	12
IV.8.3. Passe à poissons .....	13
<b>V . NATURE DES MATERIAUX.....</b>	<b>15</b>
<b>V.1. Enrochements .....</b>	<b>15</b>
<b>V.2. Matelas.....</b>	<b>15</b>
<b>V.3. Gabions .....</b>	<b>15</b>
<b>V.4. Géotextiles .....</b>	<b>16</b>
<b>VI . ESTIMATION FINANCIERE .....</b>	<b>17</b>

<b>VI.1. Tranche ferme .....</b>	<b>17</b>
<b>VI.2. Tranche conditionnelle .....</b>	<b>18</b>

**ANNEXE 1 : PLANS DE MASSE DES AMENAGEMENTS**

**ANNEXE 2 : COUPES TYPES DES AMENAGEMENTS**

**ANNEXE 3 : NOTES DE CALCUL**

**ANNEXE 4 : COURBES GRANULOMETRIQUES DES ECHANTILLONS DE  
SEDIMENTS**

**ANNEXE 5 : MODELISATION HYDRAULIQUE**

## I . AVANT-PROPOS

Une expertise du fleuve Argens, suite à la crue du 15 juin 2010, a été réalisée par Messieurs LEFORT et KOULINSKY :

« Crue du 15-16 juin 2010 – Expertise post-crue - TOME 3 – Conseil Général du Var – Service rivières et milieux aquatiques – Avril 2011 ».

Suite à cette expertise, il a été proposé « **d'adjoindre à l'ouvrage existant un seuil de 30 m de largeur calé à la cote 1,25m NGF** ».

Voir extrait de l'expertise ci-après.

*« L'ouvrage actuel comporte un déversoir de 26 m à la cote 2.25 NGF et une passe à poissons de 1.80 m de largeur, calée en amont à la cote 1.80 NGF.*

*La suppression pure et simple du seuil a deux inconvénients :*

- *Elle permet le retour des remontées salines que le seuil avait pour but d'empêcher.*
- *Elle favorise l'incision en profondeur du lit en amont : la capacité de l'Argens restera faible, car l'accroissement de section sera limité, faute d'un élargissement du lit. L'abaissement des niveaux d'étiage accroîtra également le boisement en pied de berge, ce qui contribuera aussi à contrarier l'élargissement du lit.*

*Dans le cas où cette suppression du seuil serait envisagée, il faudrait réaliser auparavant un élargissement du lit entre les barrages du Beal et du Gué Romain pour contrarier un approfondissement excessif. Le volume de terrassement sur l'ensemble du bief serait alors de 150 000 à 250 000 m<sup>3</sup> pour un élargissement à préciser et compris entre 5 et 10 mètres. Un entretien des berges sera aussi nécessaire pour assurer le maintien de la largeur.*

*Nous proposons de préférence d'adjoindre à l'ouvrage existant un seuil de 30 m de largeur calé à la cote 1.25 NGF. Cet élargissement réduira énormément les contraintes subies par l'ouvrage existant ; aussi le seuil additionnel peut être construit avec des spécifications bien inférieures à celles de l'ouvrage actuel. »*

**Le présent avant projet prend en compte les propositions des experts et s'appuie sur les préconisations techniques de M.LEFORT.**

On rappelle que les travaux de réaménagement du seuil anti-sel du Verteil, autorisés par arrêté préfectoral en date du 30 janvier 2006, comprenaient :

- élargissement, abaissement et mise à la cote nouvelle du seuil
- confortement des berges du fleuve, au droit, en amont et en aval du seuil, avec construction d'un épi en rive droite dans l'anse d'érosion
- démolition et reconstruction aux nouvelles dimensions de la passe à poissons

ainsi que des **travaux d'urgence** suite à des érosions récentes des berges de l'Argens :

- la restauration de deux arrachements des berges de l'Argens situés quelques centaines de mètres à l'amont du seuil, respectivement sur 14m (arrachement amont) et sur 28,50m (arrachement aval) ; les berges seront reconstituées par exécution d'un perré en enrochements liaisonnés au béton
- la poursuite de la protection de la berge rive gauche en aval du seuil sur 110ml environ; la berge sera reconstituée par exécution d'un perré en enrochements liaisonnés au béton, à l'identique de la protection amont et dans sa continuité
- la protection de la berge rive droite en aval du seuil sur 90ml environ; la berge sera confortée par :
  - le prolongement du rideau de palplanches actuel sur 40ml environ
  - l'exécution d'un perré en enrochements liaisonnés au béton sur 50ml environ
  - la mise en œuvre d'un matelas pierreux dans les zones de retour de crue de l'anse d'érosion.

Les propositions modificatives ayant un impact sur les travaux de l'anse d'érosion (tranche ferme), il a été choisi d'élaborer un AVP global du site.

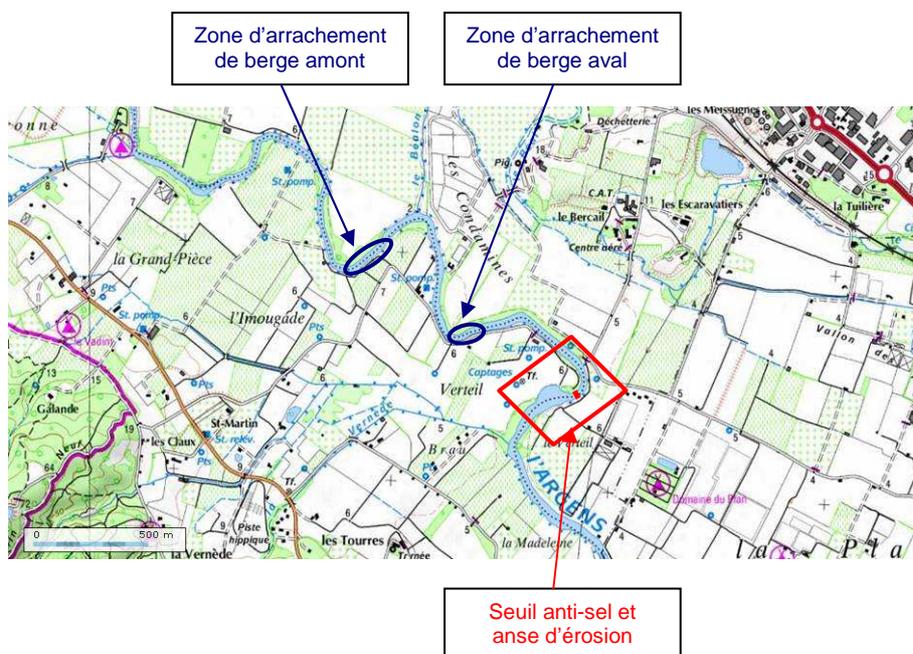


Figure 1 : Plan de situation

Les techniques de protection des berges en amont et aval du seuil ont été définies en tenant compte de l'état des lieux réalisé dans les études de diagnostic. Les calculs ayant amené au dimensionnement des ouvrages sont fournis en annexe 3.

Enfin, un estimatif du montant des travaux a été réalisé sur la base d'un avant métré sommaire par catégories d'ouvrages.

## **II . CONTRAINTES HYDRAULIQUES**

Le dimensionnement des ouvrages de protection des berges répondent à des contraintes hydrauliques et sédimentaires précises. La méthodologie de calcul est donnée en Annexe 3 de ce rapport.

Les banquettes de pied de berges sont définies pour lutter contre l'affouillement et ainsi garantir la stabilité de l'ouvrage. Leur dimensionnement nécessite de connaître la granulométrie des sédiments du lit de l'Argens.

Pour cela, des prélèvements ont été effectués en pied de berge rive droite et gauche. Ces prélèvements ont été analysés par la société ERG Géotechnique (courbes granulométriques en annexe 4).

## **III . TOPOGRAPHIE**

Le présent AVP s'appuie sur les documents de topographie et bathymétrie réalisés en Juin 2011 par la SCP Amayenc-Rigaud, géomètres experts.

Les documents topographiques et bathymétriques du cabinet RIGAUD sont scindés en trois documents séparés, chacun comprenant une des trois zones d'étude : Zone d'arrachement de berge amont ; Zone d'arrachement de berge aval ; Seuil anti-sel et Anse d'érosion.

Compte tenu des propositions modificatives des experts, et de la rectification de berge qui en résulte en amont du seuil, un complément topographique a été commandé au cabinet Rigaud en septembre 2011.

## IV . DESCRIPTION DES AMENAGEMENTS

↪ Voir plans de masse et coupes type en Annexes 1 et 2

### IV. 1. Préambule

En raison de l'adjonction d'un seuil de 30m de largeur au seuil existant, le projet d'origine est modifié comme suit :

- Rectification de la berge rive droite à l'amont du seuil pour accompagner l'écoulement vers le seuil abaissé dans l'intrados du méandre
- Suppression du petit épi ancien en rive droite à l'aval du seuil
- Suppression de l'épi dans l'anse d'érosion prévu au projet de 2006, en raison d'une dissipation d'énergie diminuée et de courants de retour plus faibles induits par le nouveau projet.

Les aménagements qui constituent le nouveau projet seront donc les suivants :

- **Confortement par enrochements des deux secteurs de berges arrachés** en amont du seuil, en rive droite (TF)
- **Confortement par enrochements et par techniques végétales de la berge en aval du seuil, en rive gauche**
- **Liaison de l'enrochement existant avec du béton au droit et en aval immédiat du seuil** (TF)
- **Prolongement du double rideau de palplanches, confortement par enrochements et par techniques végétales de la berge en aval du seuil**, en rive droite (TF)
- Aménagement d'un **matelas pierreux sur la crête et le talus des berges de l'anse d'érosion** pour lutter contre les phénomènes d'érosion liés aux retours de crue (TF)
- **Elargissement du seuil sur 30m** en rive droite (TC)
- **Rectification de la berge rive droite en amont du seuil** : protection par techniques végétales et enrochement en amont et par enrochements en amont immédiat du seuil (entonnement - TC)
- Construction d'un **perré en enrochement en rive droite du seuil élargi** (TC)
- Déplacement et aménagement d'une **nouvelle passe à poissons** de type bassins successifs adaptée aux aloses (TC).

On rappelle que les travaux de la **tranche ferme** (TF) concernent essentiellement la **réfection des berges érodées et arrachées suite à la crue du 15 juin 2010** :

- La réfection des berges érodées et arrachées de deux secteurs en amont du seuil, en rive droite
- La mise en place d'un matelas pierreux en sommet de berge rive droite
- La protection des berges en aval du seuil, rive droite et rive gauche

## IV.2. Réfection de la berge dans la zone d'arrachement amont

↪ Voir coupe type 1.

La portion de berge arrachée, d'une longueur de 16m, sera remblayée et protégée par enrochement. La berge érodée sera reconstruite à l'identique sur 38m.

Les caractéristiques des travaux de réfection sont les suivantes :

- Remblaiement de la portion arrachée jusqu'au mur en béton existant, et talutage à une pente de 1H/1V
- Réalisation d'un talus en enrochements avec une pente de 1.25H/1V. La carapace en enrochement sera posée sur un filtre géosynthétique et sera pourvue de barbacanes à intervalles réguliers.
- Aménagement d'un sabot en enrochement en pied de talus de 3.50m de large à la cote + 0.34 NGF; prolongement du talus du sabot jusqu'en fond du lit avec une pente de 1H/1V.

## IV.3. Réfection de la berge dans la zone d'arrachement aval

↪ Voir coupes types 2 et 3.

La portion de berge concernée est la portion de berge naturelle comprise entre les deux enrochements à l'amont et à l'aval du site d'arrachement de berge. Son linéaire est de 29m.

Les caractéristiques des travaux de réfection sont les suivantes :

- Remblai de la portion arrachée et déblai de l'excroissance de la berge naturelle en travers du lit de l'Argens ; la berge ainsi créée sera talutée de telle sorte que sa pente varie de 3.5H/2V à 1H/1V pour se raccorder aux enrochements existants
- Réalisation d'un talus en enrochements avec une pente de 1.25H/1V hors raccordements. La carapace en enrochement bétonnée sera posée sur un filtre géosynthétique et sera pourvue de barbacanes à intervalles réguliers
- Aménagement d'un sabot en enrochement en pied de talus de 3.50m de large à une cote variant de -1.00 à +0.42 NGF; prolongement du talus du sabot jusqu'en fond du lit avec une pente de 1H/1V.

## IV.4. Rectification de la berge rive droite à l'amont du seuil

La berge rive droite à l'amont du seuil est rectifiée et reprofilée sur 110 ml.  
Des protections de berge spécifiques sont nécessaires pour lutter contre les vitesses d'érosion.

*Berge amont avec protection par techniques végétales*

↪ Voir coupe type 12.

Les caractéristiques de l'aménagement sont les suivantes :

- Cote d'arase : +6,00 à +6,40NGF
- Longueur : 88ml
- profilage de la berge à 3H/2V
- pieux vivants sur 3 rangées
- lit de branches en partie inférieure de la berge
- 2 lits de plançons en partie médiane de la berge
- pose d'un filet coco sur talus fixé par épingles
- plants en godets forestiers en partie supérieure de la berge

- Enherbement du talus
- Pied de talus :
  - nature : enrochements 500/2000 kg sur 2 couches, épaisseur =1.50m
  - cote d'arase : +1.50NGF
  - pente du talus 3H/2V
- Pédale anti-affouillement :
  - nature : enrochements 500/2000 kg sur 2 couches, épaisseur =1.50m
  - cote d'arase : - 0.50NGF
  - longueur n: 3.50m
  - épaisseur : 1.50m
  - pente du talus 1H/1V

#### *Entonnement du seuil*

Les caractéristiques de l'entonnement sont les suivantes :

- Nature : enrochements 500/2000 kg sur 2 couches, épaisseur =1.50m
- Longueur : 22ml
- Cote d'arase : +0.50 NGF
- Pente du talus : 3H/2V
- Pédale anti-affouillement :
  - nature : enrochements 500/2000 kg sur 2 couches, épaisseur =1.50m
  - cote d'arase : - 0.50NGF
  - longueur : 3.50m
  - pente du talus 1H/1V

### **IV.5. Rectification de la berge rive droite à l'amont du seuil**

Tant que le tronçon situé entre les 2 seuils ne sera pas élargi, le débit sur le seuil restera proche du débit actuel avec des vitesses voisines des vitesses actuelles.

La berge rive gauche est arborée et a bien résisté aux crues de juin 2010 et novembre 2011. En conséquence, il n'est pas prévu de travaux sur la berge rive gauche dans l'immédiat.

Lors des travaux d'élargissement du tronçon situé entre les 2 seuils, une protection de la berge rive gauche dans l'extrados du méandre devra être réalisée.

### **IV.6. Aménagement de la berge située en aval du seuil, rive gauche**

↪ Voir coupes types 4 et 5.

La berge rive gauche sera traitée sur environ 179 m au droit et à l'aval du seuil.

*Une portion de cette berge avait été emportée lors de crues antérieures de sorte que le confortement de la berge au droit du seuil a déjà été réalisé sur 67 ml dans le cadre des mesures d'urgence.*

**L'enrochement existant sera conservé ; il sera bétonné afin de garantir la pérennité de cet aménagement.** L'enrochement sera poursuivi sur 112 ml à partir du perré en enrochement existant.

Les caractéristiques des travaux de confortement sont les suivantes :

- Cote d'arase de la crête : +5.00 à +6.75 NGF
- Remblaiement et retalutage de la berge avec une pente de 3H/2V
- Traitement végétal du talus par lits de plançons en partie basse, plants en godets forestiers en partie haute, enherbement et pose d'un filet coco

- la stabilisation du talus sera complétée par 2 armatures géotextiles disposées horizontalement
- Cote supérieure de l'enrochement : 1.50 NGF
- Réalisation d'un talus en enrochements de pente 3H/2V ; la carapace en enrochement sera posée sur un filtre géosynthétique et sera équipée de barbacanes à intervalles réguliers
- Aménagement d'une risberme en enrochement de 4m de large à la cote + 0,30 NGF de manière à favoriser la stabilité de l'aménagement ; prolongement du talus jusqu'au fond du lit avec une pente de 1H/1V.

## **IV. 7. Aménagement de la berge située en aval du seuil, rive droite**

### **IV. 7.1. Confortement de la berge par un double rideau de palplanches**

↳ Voir coupe type 6.

*Devant l'urgence de la situation et pour protéger une conduite de la Société du Canal de Provence, un double rideau de palplanche avait été réalisé, sur un linéaire d'environ 50 m.*

Le double rideau de palplanches, créé dans le cadre de mesures d'urgence sera prolongé en aval sur un linéaire de 42m.

Le premier rideau, prolongeant la limite physique entre les eaux de l'Argens et la berge créée par le rideau déjà existant, s'enfoncera jusqu'à la cote -9 NGF et devra atteindre la même cote supérieure que le rideau existant, soit +2 NGF. Sa hauteur totale sera donc de 11m.

Le deuxième rideau (contre-rideau) sera installé 4m en retrait du rideau avant, en direction de la berge. Il n'a pas besoin d'être enfoncé très profondément, son rôle étant d'assurer la stabilité du voile précédent auquel il sera relié par des tirants  $\Phi 42$  mm en place tous les 2,40m environ. Il s'enfoncera jusqu'à -3 NGF, et aura la même cote supérieure que le rideau précédent (+2 NGF). Le contre-rideau aura donc une hauteur de 5m.

Le nouveau rideau de palplanches ne sera pas parallèle à la berge. Sa longueur sera donc plus grande que le linéaire de berge protégée. Il fera en effet 54m de long (voir Plan de masse – Annexe 1). L'espace compris entre les deux rideaux, et entre le contre-rideau et la berge sera remblayé à la cote supérieure des palplanches, enherbé, protégé de l'érosion par un filet coco épinglé dans le sol, et planté de boutures de saule.

La partie avale du linéaire de palplanches existant sera remblayée de façon à remplir les parties arrachées par les crues.

### **IV.7.2. Confortement de la berge par enrochement et techniques végétales**

↳ Voir coupe type 7.

Dans la continuité des palplanches, la protection de la berge rive droite sera poursuivie sur 50m par enrochement.

Les caractéristiques de ces travaux de confortement sont les suivantes :

- Cote d'arase de la crête : +4.50NGF
- Remblaiement et reprofilage de la berge avec une pente de 3H/2V
- Traitement végétal du talus par lits de plançons en partie basse, plants en godets forestiers en partie haute, enherbement et pose d'un filet coco
- la stabilisation du talus sera complétée par 2 armatures géotextiles disposées horizontalement

- Cote supérieure de l'enrochement : 1.50 NGF
- Réalisation d'un talus en enrochements de pente 3H/2V, la carapace en enrochement sera posée sur un filtre géosynthétique et sera équipée de barbacanes à intervalles réguliers
- Aménagement d'une risberme en enrochement de 4m de large à la cote + 0,30 NGF de manière à favoriser la stabilité de l'aménagement ; prolongement du talus jusqu'au fond du lit avec une pente de 1H/1V.

La transition entre la risberme de la portion de palplanches et la butée de pied de la portion enrochée, de hauteurs différentes, sera effectuée par un apport complémentaire d'enrochements.

#### IV.7.3. Remblaiement d'un fossé

↳ Voir coupe type 7.

Au droit de la partie aval du futur linéaire protégé par palplanches et de la totalité du futur linéaire protégé par enrochement bétonné se trouve un fossé en retrait de la berge. Sa cote minimale (+2,47 NGF) étant plus basse que la cote supérieure de l'enrochement prévu (+4.50 NGF), le fossé peut se retrouver en eau de par l'aval sans débordement au dessus de la protection de berge prévue. Cela pourra, à terme, éroder la berge et déstabiliser l'enrochement en place.

Il conviendra donc de remblayer ce fossé à la cote supérieure de l'enrochement (+4,50 NGF), pour une superficie d'environ 725m<sup>2</sup>. Le fossé sera recouvert d'un filet coco et enherbé.

#### IV.7.4. Protection contre les retours de crue dans l'anse d'érosion

↳ Voir coupes type 6, 8 et 9.

Afin d'éviter les phénomènes de griffe d'érosion et recul de berge dus aux retours des eaux dans le lit mineur de l'Argens en aval du seuil après une crue débordante, une protection des crêtes et talus de berge sera réalisée sur les berges de l'anse d'érosion. Le linéaire traité représente 247 m.

##### *Crête de berge*

Elle sera constituée d'un **matelas pierreux** de 0.30m d'épaisseur et d'un **gabion**. Les caractéristiques de cet aménagement sont les suivantes :

- Largeur et hauteur du gabion : 1,0m
- Largeur du matelas en crête de berge : 2,0 m
- Cote d'arase : la cote de la crête de berge diminuant vers l'aval de l'anse d'érosion, l'altitude de la protection contre les retours de crue variera le long de l'anse d'érosion de +6,00 NGF à l'amont à 4,50 NGF à l'aval

Les matelas pierreux et les gabions sont recouverts de terre végétale et enherbés. Ils sont emballés dans un filtre géosynthétique.

##### *Talus de berge végétalisé (110m)*

A l'aval du seuil, dans la zone de l'anse qui s'est végétalisée naturellement en partie haute, les talus de berge seront traités par techniques végétales :

- profilage de la berge à 3H/2V
- pieux vivants sur deux rangées en partie inférieure de la berge
- lits de plançons en partie supérieure de la berge
- pose d'un filet coco sur talus fixé par épingles
- plants en godets forestiers

##### *Talus de berge minéral (137m)*

Dans la zone aval de l'anse, les talus de berge seront traités par une solution minérale :

- profilage de la berge à 3H/2V
- matelas pierreux recouvrant le talus : le matelas pierreux protégeant le linéaire de berge compris entre la berge végétalisée et le double rideau de palplanches existant (40m) reposera sur un pied de berge

en enrochement libre à la cote +1,00 NGF ; largeur du matelas sur la risberme des secteurs à palplanches : 1,0 m  
La stabilisation du talus sera complétée par 2 armatures géotextiles disposées horizontalement.

## IV.8. Elargissement du seuil en rive droite

### IV. 8.1. Elargissement du seuil

↳ Voir coupes type 10 et 11.

Les caractéristiques du nouveau seuil sont les suivantes :

- Nature : enrochements bétonnés 500/2000 kg sur 2 couches, épaisseur =1.50m, liaisonnement des blocs avec du béton entre +0.00 et +1.25NGF
- Filtre en grave 0/100mm reposant sur un géotextile
- Cote d'arase : +1,25 NGF
- Largeur en crête : 14.10 m
- Longueur : 30ml
- Inclinaison par rapport au seuil existant : 5.87°
- Pente du talus amont : 3H/1V
- Pente du talus aval : pente du seuil actuel entre +1.25 et +0.00HGF, 3H/1V entre +0.00 et -1.50 NGF
- Pédale anti-affouillement amont :
  - nature : enrochements 500/2000 kg sur 2 couches, épaisseur =1.50m
  - cote d'arase : -0.50NGF
  - longueur dans l'axe du courant : 5m
- Pédale anti-affouillement aval :
  - nature : enrochements 500/2000 kg sur 2 couches, épaisseur =1.50m
  - cote d'arase : - 1.50NGF
  - longueur dans l'axe du courant : 8.50m
- Berge rive droite :
  - nature : enrochements 500/2000 kg sur 2 couches, épaisseur =1.50m
  - cote d'arase : +6.00NGF
  - longueur moyenne : 54m
  - Pente du talus : 3H/2V

NB : la passe à poissons existante est démolie et comblée, le seuil existant est conservé en l'état.

### IV. 8.2. Perré en enrochement au droit du seuil en rive droite

Les caractéristiques de ce perré sont les suivantes :

- Nature : enrochements 500/2000 kg
- Longueur : 18ml
- Cote d'arase : +0,50 NGF
- Pente du talus : 3H/2V
- Pédale anti-affouillement :
  - nature : enrochements 500/2000 kg sur 2 couches, épaisseur =1.50m
  - cote d'arase : - 1.50NGF
  - longueur : 4.00m

### IV.8.3. Passe à poissons

La chute générée par le seuil (même réaménagé) est relativement importante. Elle représente un obstacle à la migration des poissons.

C'est pour cette raison qu'une passe à poissons avait été aménagée. Néanmoins, cette passe de type passe à ralentisseur en fond reste difficilement franchissable pour les poissons les plus sensibles tels que les Aloses.

L'ancienne passe à poissons sera démontée et une nouvelle passe sera créée en rive droite du seuil.

La nouvelle passe sera du type **bassins successifs**.

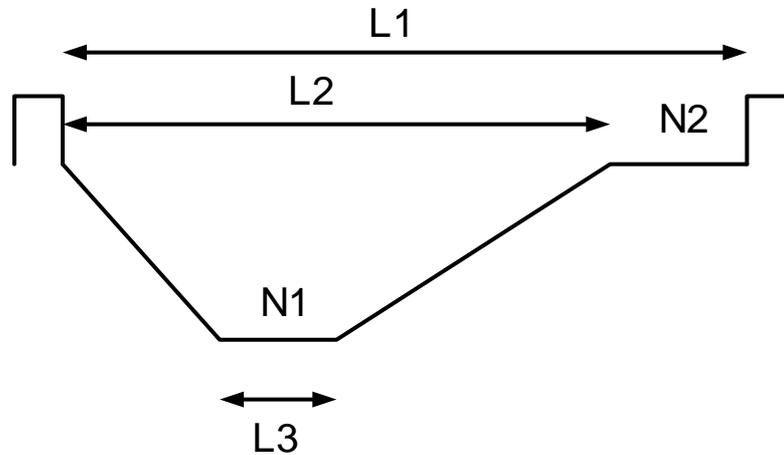
**Elle a été dimensionnée et calée de manière à ce que l'écoulement sur chaque seuil soit noyé. En d'autres termes, l'écoulement sera de type "jet de surface", et non de type "jet plongeant".** En effet, un écoulement de type "jet plongeant" représenterait un obstacle à la migration des Aloses.

La passe sera constituée de sept bassins régulés par des seuils de forme et de dimension précises.

Les caractéristiques des formes des échancrures de chaque seuil de la passe sont données dans le tableau suivant :

Seuil (numéroté d'aval en amont)	1	2	3	4	5	6	7
N1	-0.09	0.11	0.31	0.52	0.72	0.92	1.12
N2	0.61	0.83	1.05	1.26	1.48	1.70	1.92
L1	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
L2	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.5
L3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
N <sub>amont</sub> du seuil	-1.03	-0.83	-0.63	-0.43	-0.23	-0.03	0.97

Avec :



La passe à poissons permettra le franchissement d'une dénivellation totale inférieure à 1,5 m pour le débit correspondant à 35 m<sup>3</sup>/s (débit qui a une probabilité de non dépassement de 90 % sur la période de migration considérée).

**Statistiquement, en terme de débit, la passe à poissons sera franchissable en moyenne 90 % du temps, sur la période de migration des aloses.**

Pour un débit d'étiage sévère (VCN30<sup>1</sup>) le débit transitant dans la passe à poissons sera de l'ordre de 0,4 m<sup>3</sup>/s afin de garantir les conditions de hauteur sur le déversoir et d'attractivité de la passe.

Les caractéristiques de la passe sont les suivantes :

- Largeur des seuils : 3 m, seuils en forme de "V" d'une profondeur de 0.75 m en moyenne, la pointe du "V" est décentrée et alternée droite-gauche d'un seuil à l'autre
- Nombre de seuils : 7
- Distance entre chaque seuil : 4.5 m
- Hauteur des seuils depuis le bas de l'échancrure : 0.95 m
- Altitudes des bajoyers : 2.00 NGF en amont, 0.91 NGF en aval
- Longueur totale de l'ouvrage (du premier au dernier seuil) : 32.85 m
- Pente moyenne de l'ouvrage : 4.5 %

Une nouvelle passe à poissons sera reconstruite en rive droite du seuil. Ses caractéristiques ont été validées par l'ONEMA en 2005.

La passe sera définitivement positionnée en accord avec l'ONEMA.

---

<sup>1</sup> Débit minimal sur 30 jours consécutifs de temps de retour 5 ans

## V . NATURE DES MATERIAUX

### V.1. Enrochements

Tous les matériaux utilisés pour la construction des ouvrages en enrochements proviendront de roches pures, saines et non gélives, ne comportant aucune partie friable et sans cohésion. Les matériaux gréseux sont exclus.

Ils seront dégagés de toute terre ou matériaux putrescibles susceptibles de s'altérer à l'air et à l'eau.

Ils répondront aux caractéristiques suivantes :

- Densité  $\geq 2,6$
- Poids : 500/2000 kg
- La plus petite dimension de chaque bloc ne sera pas inférieure au 1/3 de la plus grande

### V.2. Matelas

Les matelas utilisés seront à maille hexagonale double torsion type 60x80. Le fil employé pour la fabrication sera en acier doux sur recuit de 2,20mm de diamètre. Les fils de ligatures auront un diamètre de 2,20mm.

Les fils de ligature nécessaires au montage des structures devront répondre aux mêmes spécifications que les fils de la structure. Ils auront un diamètre minimal de 2,4mm. L'utilisation d'attaches type « GABAGRAF » en fils de 3mm à galvanisation très riche ou en acier inoxydable sera par exemple possible. Ces agrafes seront mises à l'aide d'outils pneumatiques et refermées en recouvrement sur au moins la moitié de leur périmètre pour résister à une force d'ouverture  $\geq 300$ kg.

Les caractéristiques des matelas utilisés seront :

- Largeur : 2,00m
- Longueur : 3,00 ou 4,00m
- Hauteur : 0,30m

### V.3. Gabions

Le grillage constitutif du gabion sera à maille hexagonale double torsion de type 80 (maille 80 x 100 conformément à la norme EN 10223-3) en fil métallique revêtu de GALFAN® et plastifié de 2,70 / 3,70 mm (âme acier 2,70 mm) de diamètre avec fils de renforts longitudinaux et de lisière sur le pourtour et sur toutes les arêtes de la structure. Ceux-ci devront être fixés mécaniquement en usine et auront un diamètre minimal de 3,40/4,40 mm. Le grillage double torsion sera certifié NF Acier, et le cas échéant le grillage proposé devra faire preuve d'équivalence (normes utilisées, rapport d'essais sur le produit et procédures de contrôle, existence d'accréditation de l'organisme certificateur et des laboratoires d'essais). L'appréciation de l'équivalence du produit sera soumise à la maîtrise d'ouvrage.

Le fil de ligature et les tirants (diamètre 2,20/3,20 mm) nécessaires au montage des structures devront répondre aux mêmes spécifications et caractéristiques que les fils de la structure. Pour le montage et la ligature, on utilisera des attaches type "GABAGRAF" réalisées par des agrafes constituées d'un fil de 3,00 mm de diamètre (charge de rupture  $\geq 170$  kg/mm<sup>2</sup>), en acier inoxydable. Ces agrafes mises en place à l'aide de pinces spéciales ou d'outils pneumatiques devront être refermées en recouvrement sur au moins la moitié de leur périmètre.

Les caractéristiques des gabions utilisés seront :

- Largeur : 1,00m
- Longueur : 2,00m
- Hauteur : 1,00m

## **V.4. Géotextiles**

### Filtre géosynthétique

Le filtre géosynthétique qui sera mis en place derrière les enrochements et sous les matelas pierreux devra satisfaire aux exigences suivantes :

- Type non tissé, masse surfacique  $\geq 250\text{g/m}^2$
- Résistance à la traction  $\geq 16\text{kN/m}$
- Allongement à l'effort maximal  $\leq 80\%$
- Ouverture de filtration :  $\geq 80\mu\text{m}$
- Résistance au poinçonnement dynamique  $\leq 20\text{ mm}$

### Géotextile anti-contaminant

Le géotextile anti-contaminant qui sera mis en place sur le terrain naturel pour réaliser les pistes d'accès et les plateformes de travaux devra satisfaire aux exigences suivantes :

- Type non tissé, masse surfacique  $\geq 170\text{g/m}^2$
- Résistance à la traction  $\geq 12\text{kN/m}$
- Allongement à l'effort maximal  $\leq 80\%$
- Ouverture de filtration :  $\leq 90\mu\text{m}$

### Géotextile tissé sous le seuil

Le géotextile tissé qui sera mis en place sur le terrain naturel pour sous le seuil devra satisfaire aux exigences suivantes :

- Type tissé, masse surfacique  $\geq 600\text{g/m}^2$
- Résistance à la traction  $\geq 45\text{kN/m}$  dans les sens production et travers
- Allongement à l'effort maximal  $\leq 70\%$
- Ouverture de filtration :  $\leq 80\mu\text{m}$
- Résistance au poinçonnement  $\leq 6\text{ mm}$

## VI . ESTIMATION FINANCIERE

Les montants des travaux indiqués ci-après ne tiennent pas compte des frais et indemnités liées aux servitudes de passage sur les terrains privés et à l'achat de terrain.

### VI.1. Tranche ferme

n°	Ouvrage	Montant H.T.			Total H.T.
		Terrassements	Ouvrages	Divers	
1	Arrachement amont (16m)	12 000,00 €	51 000,00 €	7 000,00 €	70 000,00 €
2	Arrachement aval (29m)	29 000,00 €	80 000,00 €	15 000,00 €	124 000,00 €
3	Protection de la berge rive droite en aval de l'épi par techniques végétales (110m)	14 000,00 €	40 000,00 €	50 000,00 €	104 000,00 €
4	Protection de la berge rive droite en amont du rideau de palplanches ( 44m)	31 000,00 €	120 000,00 €	6 000,00 €	157 000,00 €
5	Rideau de palplanches en aval de l'existant (42m)	26 000,00 €	176 000,00 €	31 000,00 €	233 000,00 €
6	Protection de la berge rive droite au droit des rideau de palplanches (95m)	82 000,00 €	82 000,00 €	15 000,00 €	179 000,00 €
7	Blocs en aval du rideau de palplanches		4 000,00 €		4 000,00 €
8	Protection de la berge rive droite par enrochement aval des palplanches (50m)	49 000,00 €	78 000,00 €	22 000,00 €	149 000,00 €
9	Protection de la berge rive gauche par enrochement (112m)	149 000,00 €	244 000,00 €	57 000,00 €	450 000,00 €
10	Liaisonnement de l'enrochement rive gauche existant avec du béton (67m)		56 000,00 €	2 000,00 €	58 000,00 €
11	Remblaiement d'un fossé à +4,50NGF en rive droite (61m)	10 000,00 €		10 000,00 €	20 000,00 €
Montant total H.T.					1 548 000,00 €
Divers et imprévus 15%					232 200,00 €
T.V.A.					348 919,20 €
Montant total T.T.C.					2 129 119,20 €

## VI.2. Tranche conditionnelle

n°	Ouvrage	Montant H.T.			Total H.T.
		Terrassements	Ouvrages	Divers	
1	Rectification de la berge rive droite à l'amont du seuil (100m)	670 000,00 €	190 000,00 €	58 000,00 €	918 000,00 €
2	Dérivation provisoire de l'Argens	150 000,00 €			150 000,00 €
3	Seuil (30m)	306 000,00 €	783 000,00 €	17 000,00 €	1 106 000,00 €
4	Perré (20m)	19 000,00 €	53 000,00 €	4 000,00 €	76 000,00 €
Montant total H.T.					2 250 000,00 €
Divers et imprévus 15%					337 500,00 €
T.V.A.					507 150,00 €
Montant total T.T.C.					3 094 650,00 €

## **Annexe 1 : Plans de masse des aménagements**



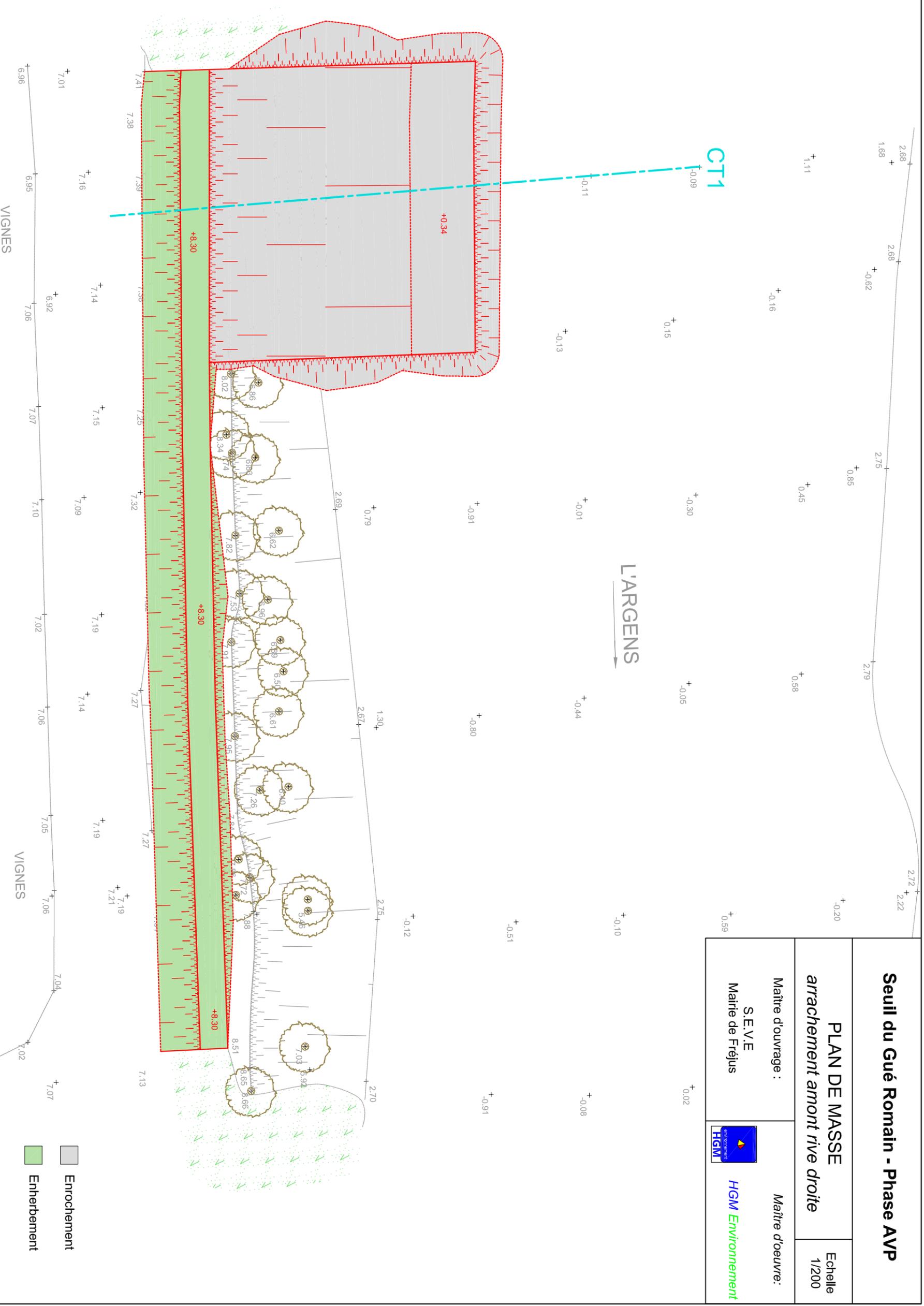
# Seuil du Gué Romain - Phase AVP

**PLAN DE MASSE**  
arrachement amont rive droite

Echelle  
1/200

Maitre d'ouvrage :  
S.E.V.E  
Mairie de Fréjus

Maitre d'oeuvre:  
HGM Environnement



- Enrochement
- Enherbement



# Seuil du Gué Romain - Phase AVP

PLAN DE MASSE - Planche 1/2

Echelle : 1/600

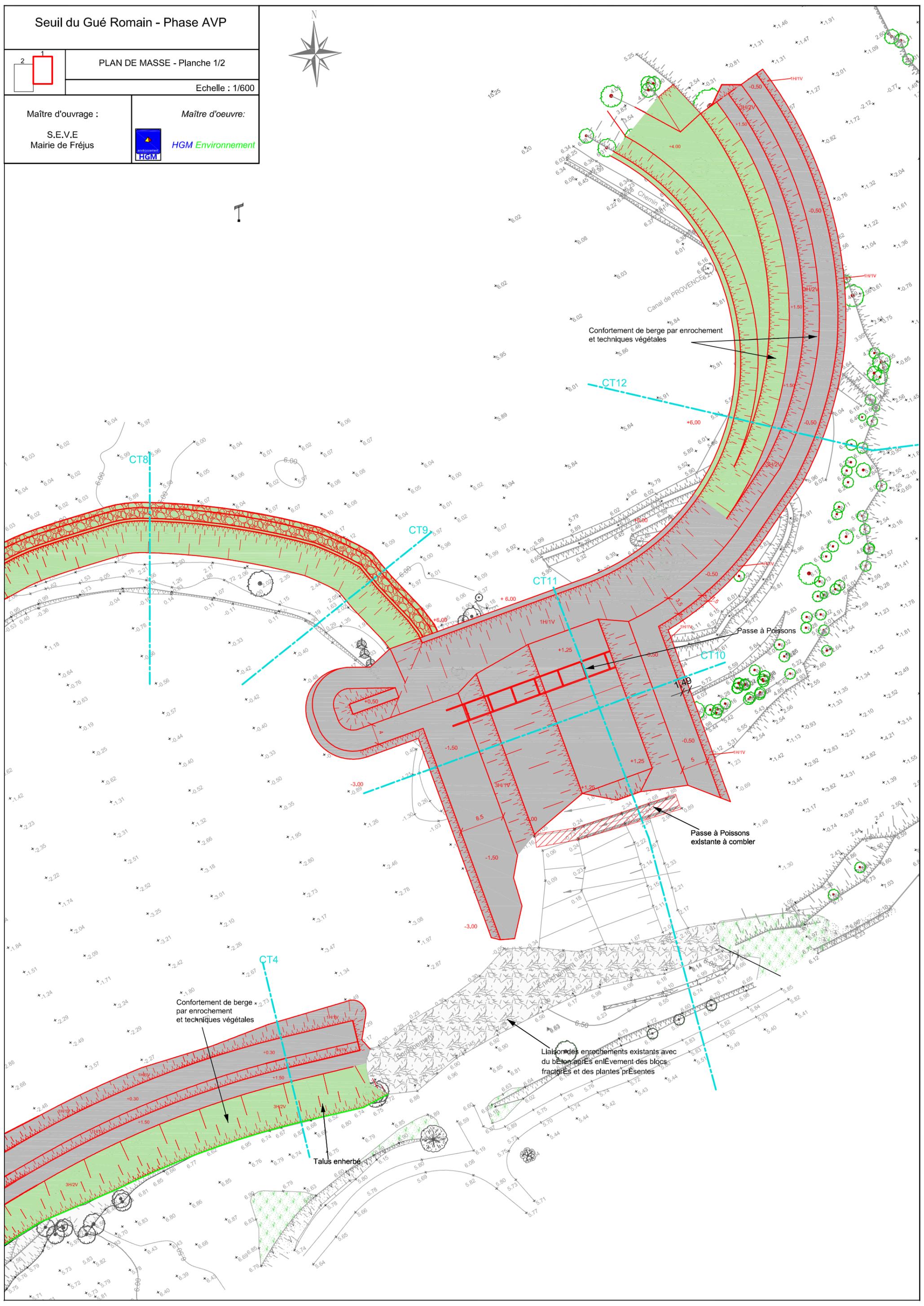
Maître d'ouvrage :

S.E.V.E  
Mairie de Fréjus

Maître d'oeuvre :



HGM Environnement



Seuil du Gué Romain - Phase AVP

PLAN DE MASSE - Planche 2/2

Echelle : 1/600

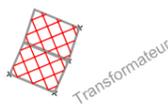
Maître d'ouvrage :

S.E.V.E  
Mairie de Fréjus

Maître d'oeuvre:



HGM Environnement



Transformateur

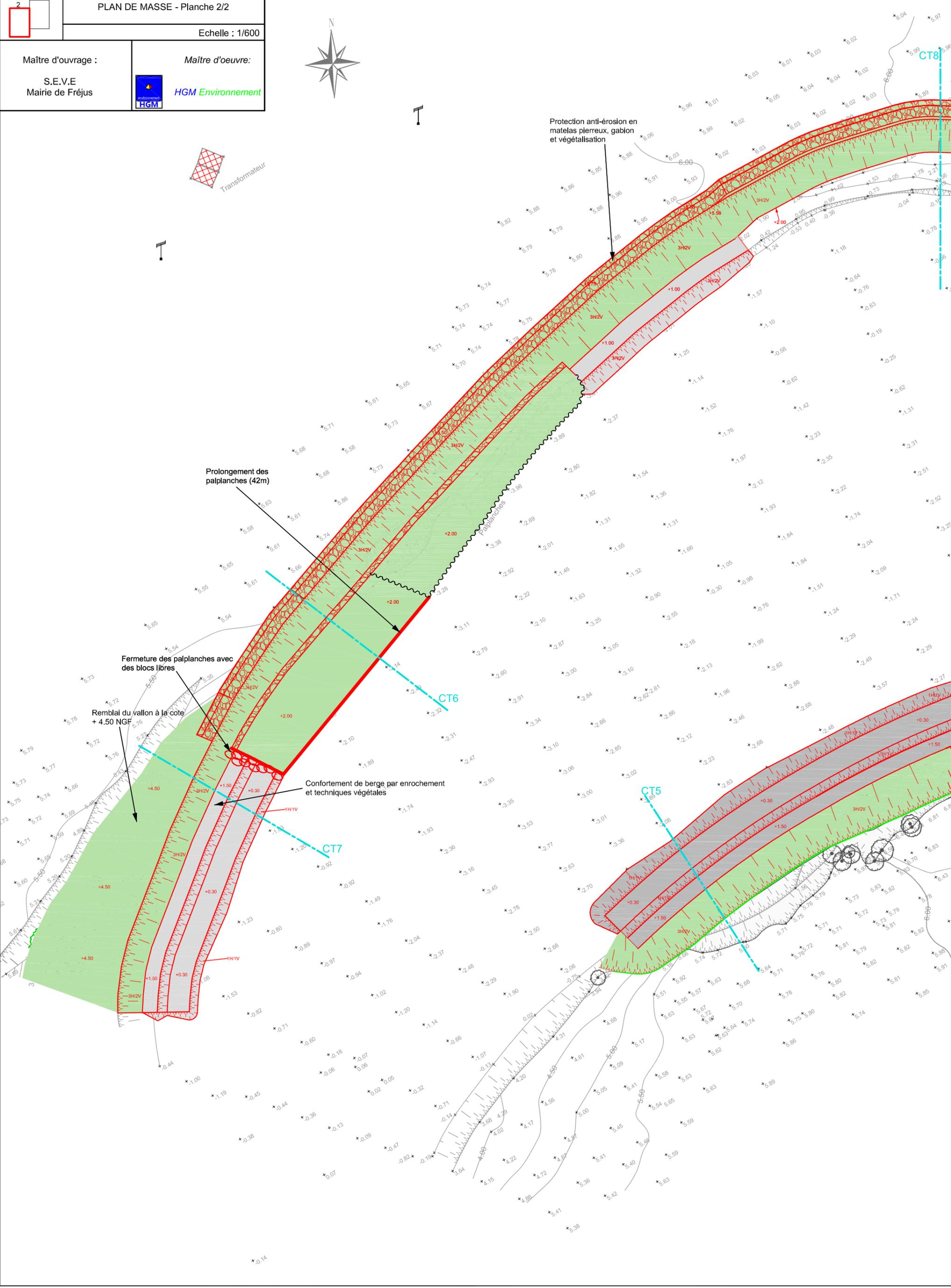
Protection anti-érosion en  
matelas pierreux, gabion  
et végétalisation

Prolongement des  
palanches (42m)

Fermeture des palanches avec  
des blocs libres

Remblai du vallon à la cote  
+4.50 NGF

Confortement de berge par enrochement  
et techniques végétales



## **Annexe 2 : Coupes types des aménagements**



Légende :

-  Enrochement 500/2000 Kg , 1 couche de bloc
-  Enrochement 500/2000 Kg , 2 couches de blocs
-  Remblai du site
-  GNT 0/20 + BBSG

### Seuil du Gué Romain - Phase AVP

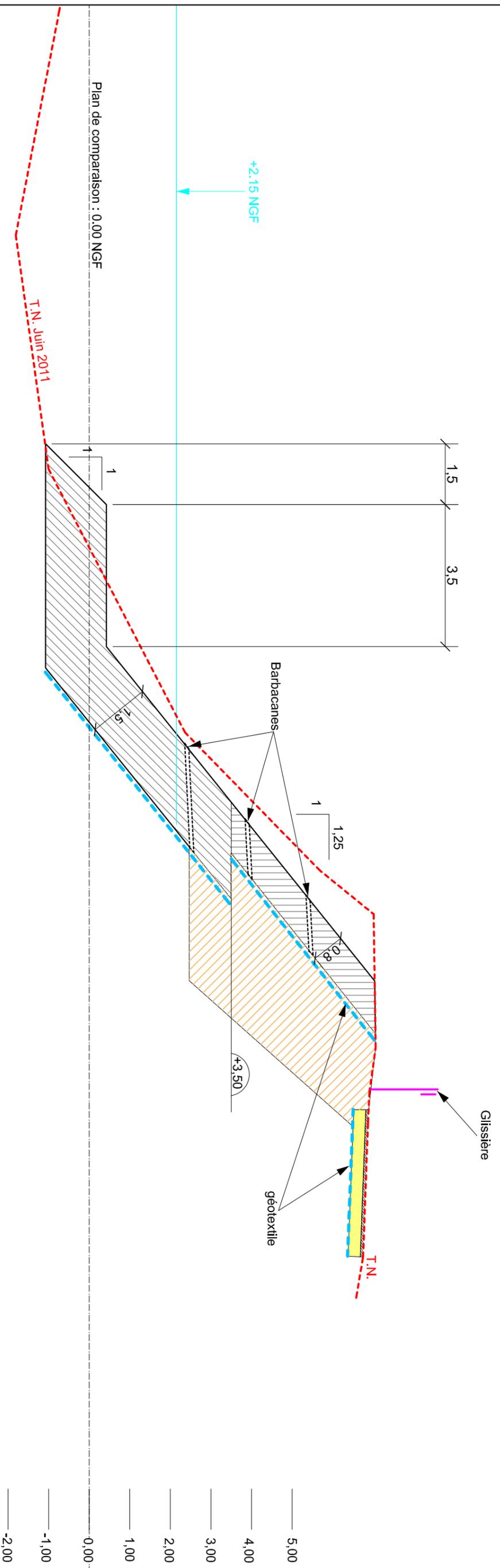
Coupe type 2

Echelle  
1/100

Maître d'ouvrage :  
S.E.V.E  
Mairie de Fréjus



Maître d'oeuvre:  
**HGM Environnement**



Légende :

-  Enrochement 500/2000 Kg , 1 couche de bloc
-  Enrochement 500/2000 Kg , 2 couches de blocs
-  Remblai du site
-  GNT 0/20 + BBSG

### Seuil du Gué Romain - Phase AVP

Coupe type 3

Echelle  
1/100

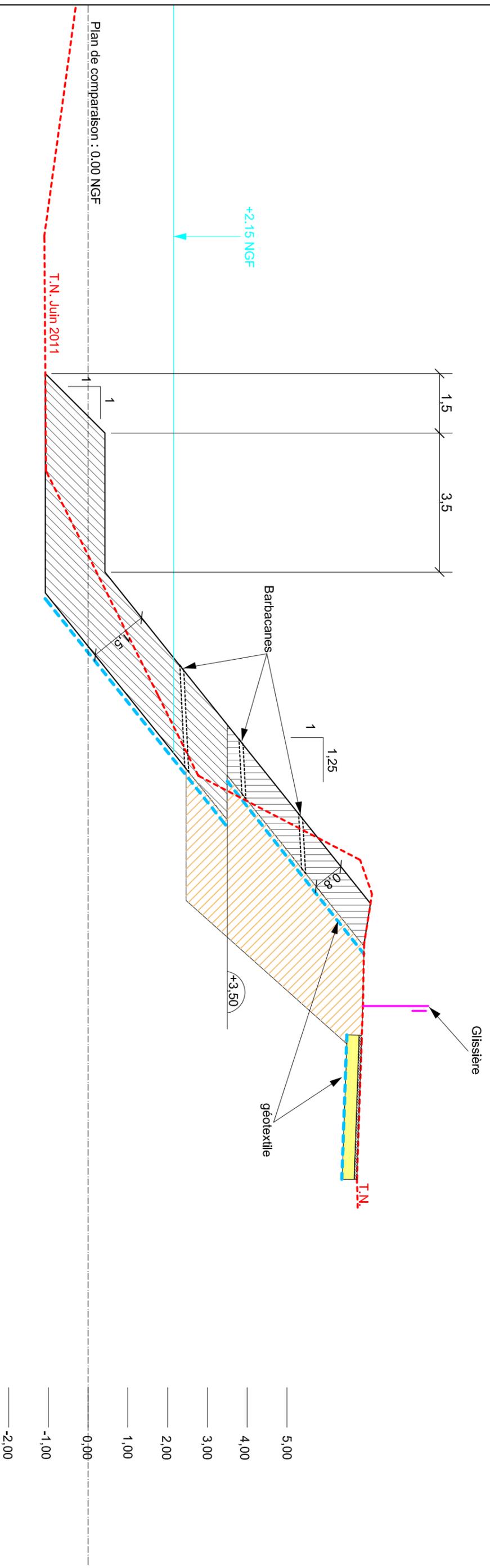
Maître d'ouvrage :

S.E.V.E  
Mairie de Fréjus

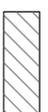
Maître d'oeuvre:



HGM Environnement



Légende :

 Enrochement 500/2000 Kg, 2 couches de blocs

 Remblai du site

### Seuil du Gué Romain - Phase AVP

Coupe type 4

Echelle  
1/100

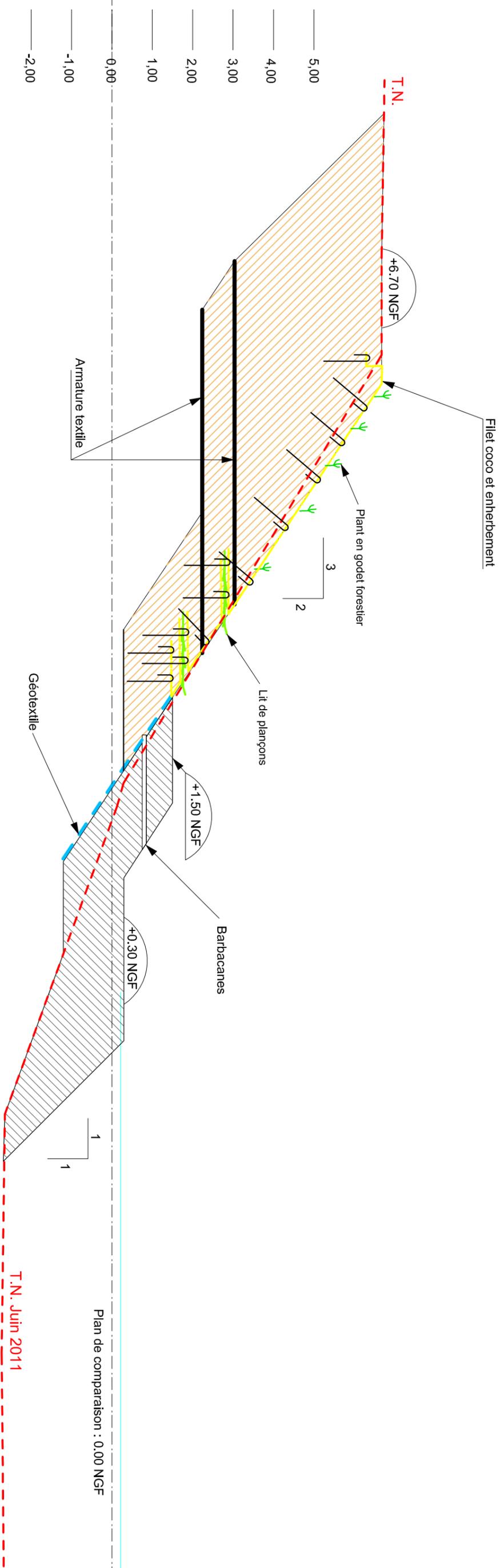
Maître d'ouvrage :

S.E.V.E  
Mairie de Fréjus

Maître d'œuvre:



HGM Environnement



Légende :



Enrochement 500/2000 Kg, 2 couches de blocs



Remblai du site

### Seuil du Gué Romain - Phase AVP

Coupe type 5

Echelle  
1/100

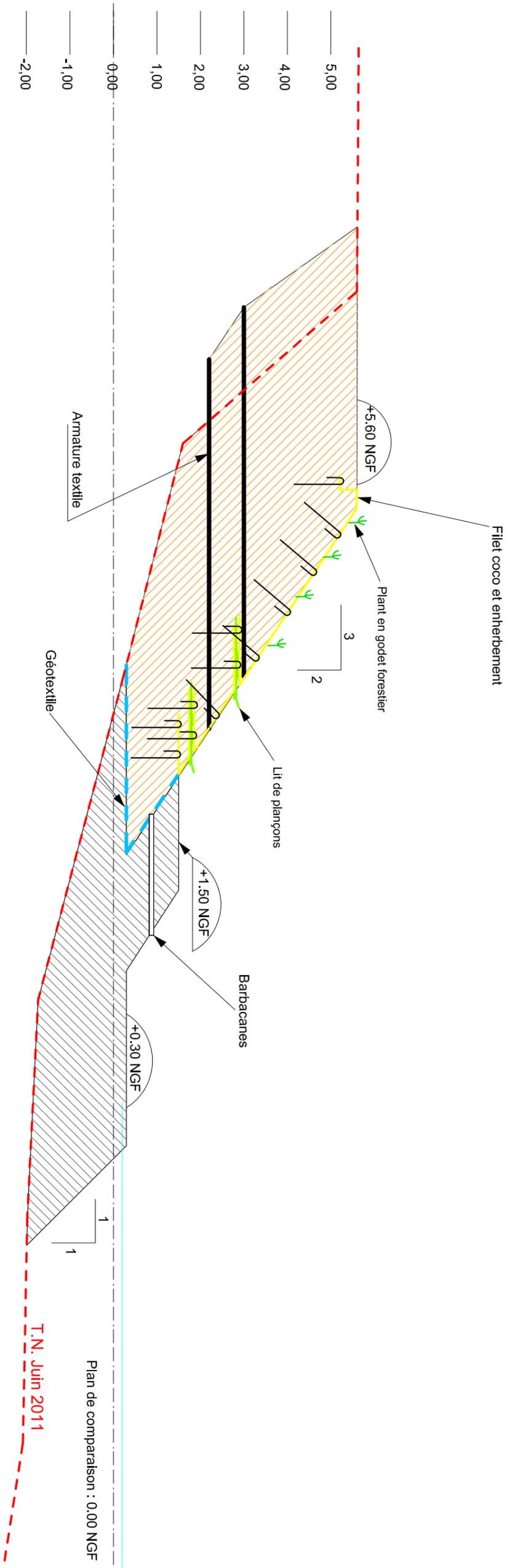
Maître d'ouvrage :

S.E.V.E  
Mairie de Fréjus

Maître d'oeuvre :



HGM Environnement



Légende :

- enherbement
- Remblai du site
- Matelas pierreux ; gabion

### Seuil du Gué Romain - Phase AVP

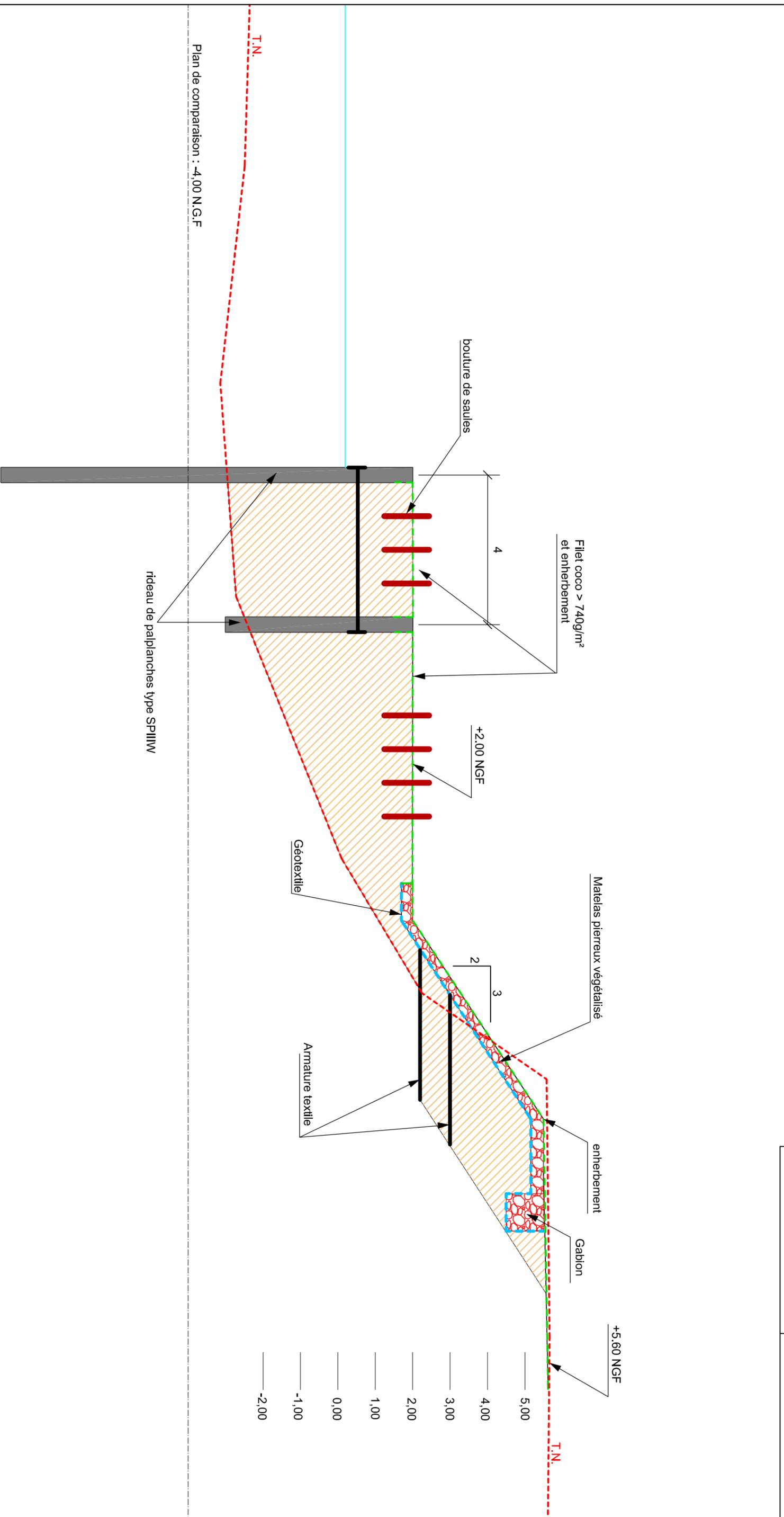
Coupe type 6

Echelle  
1/100

Maître d'ouvrage :  
S.E.V.E  
Mairie de Fréjus



Maître d'oeuvre :  
HGM Environnement





Légende :



Remblai du site



Matelas pierreux ; gabion

### Seuil du Gué Romain - Phase AVP

Coupe type 8

Echelle  
1/100

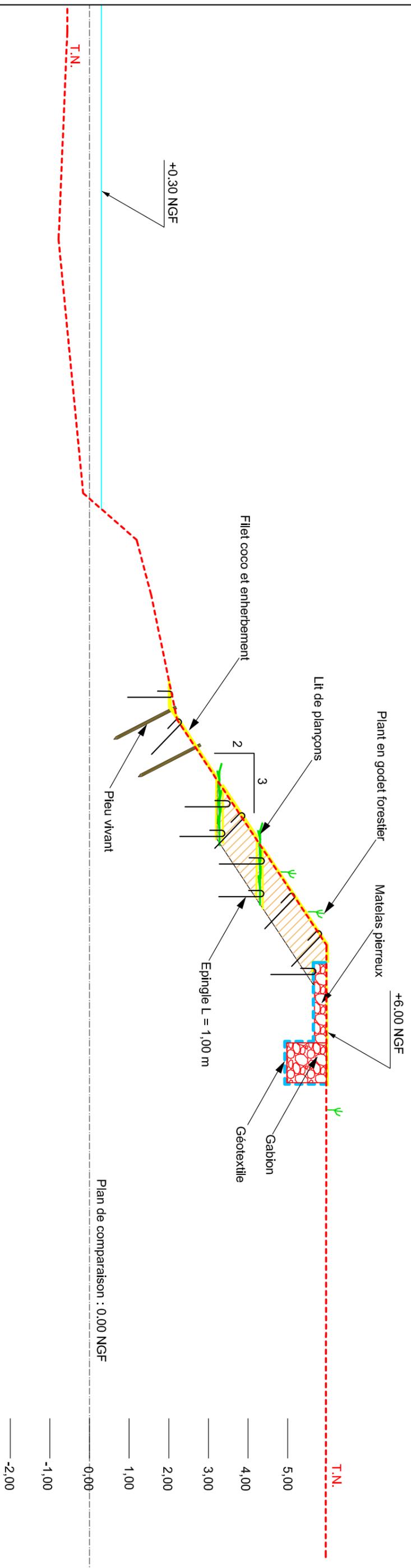
Maître d'ouvrage :

S.E.V.E  
Mairie de Fréjus

Maître d'oeuvre :



HGM Environnement



Légende :



Remblais du site



Matelas pierreux, gabion

### Seuil du Gué Romain - Phase AVP

Coupe type 9

Echelle  
1/100

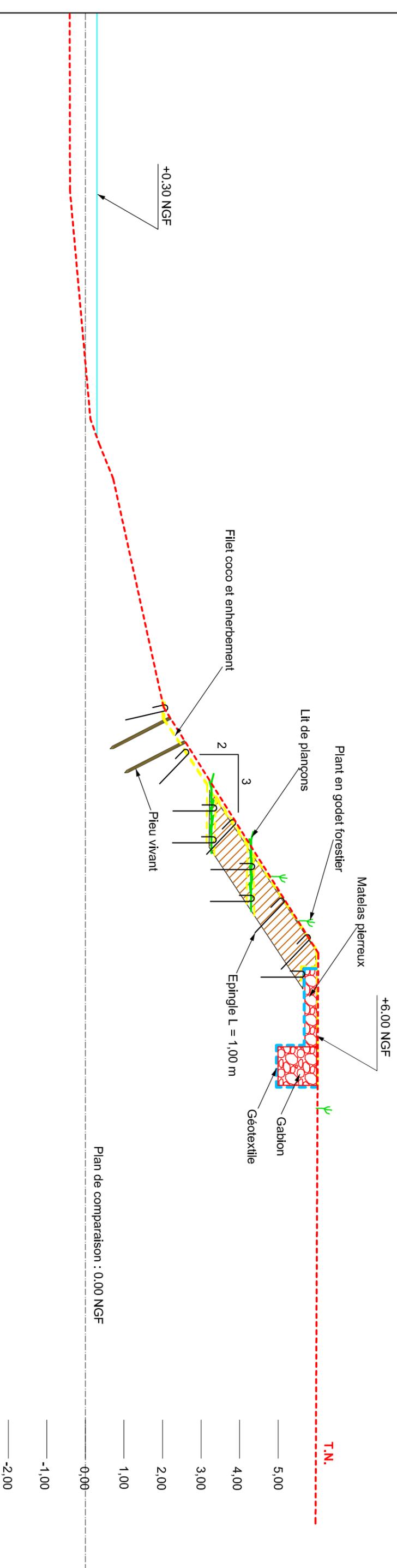
Maître d'ouvrage :

S.E.V.E  
Mairie de Fréjus

Maître d'oeuvre :



HGM *Environnement*



Légende :

-  Enrochement 500/2000 Kg .2 couches de blocs
-  Enrochements bétonnés 500/2000 Kg .2 couche de bloc
-  Tout-venant 0/100

### Seuil du Gué Romain - Phase AVP

Coupe type 10

Echelle  
1/250

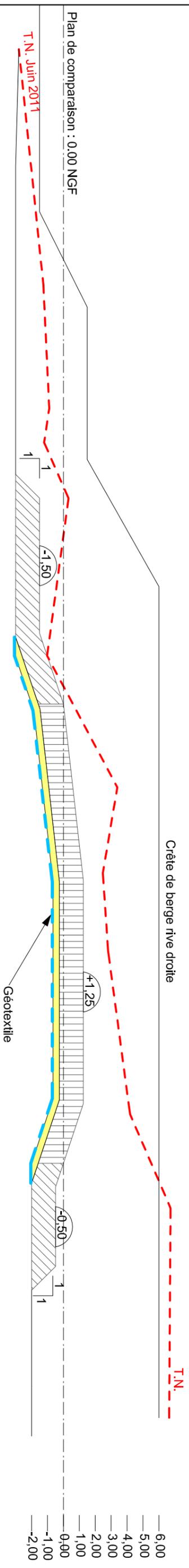
Maître d'ouvrage :  
S.E.V.E  
Mairie de Fréjus



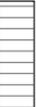
Maître d'oeuvre:  
**HGM Environnement**

Aval

Amont



Légende :

-  Enrochements bétonnés 500/2000 Kg .2 couche de bloc
-  Tout-venant 0/100
-  Remblai du site

### Seuil du Gué Romain - Phase AVP

Coupe type 11

Echelle  
1/200

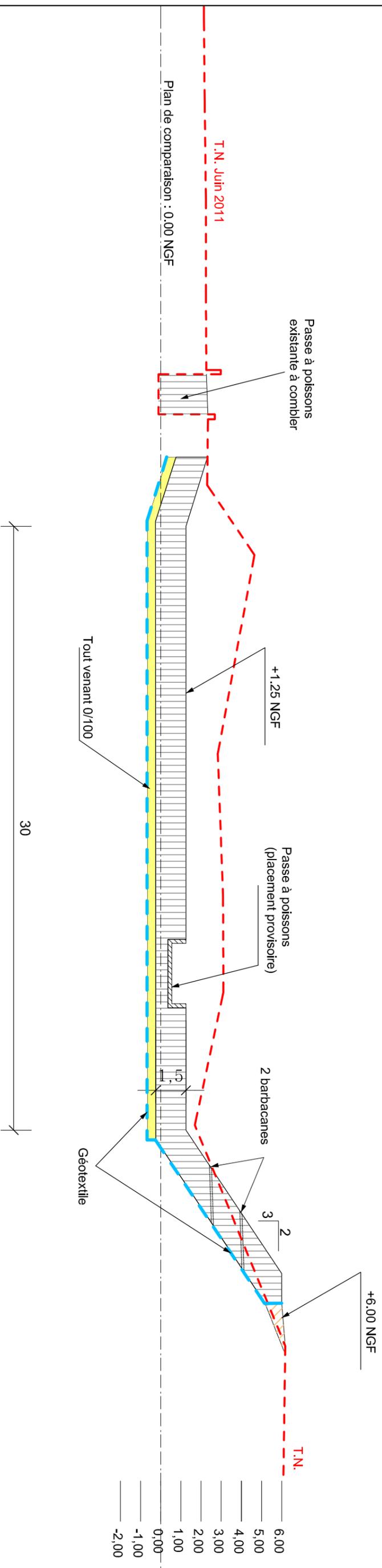
Maître d'ouvrage :

S.E.V.E  
Mairie de Fréjus

Maître d'œuvre :



HGM Environnement



Légende :

 Enrochement 500/2000 Kg ,2 couches de blocs

 Remblai du site

### Seuil du Gué Romain - Phase AVP

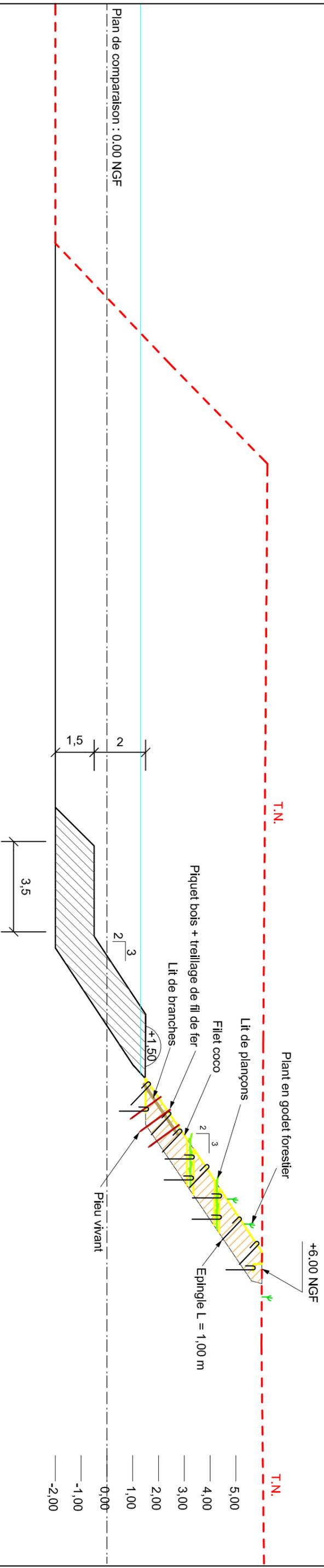
Coupe type 12

Echelle  
1/150

Maître d'ouvrage :  
S.E.V.E  
Mairie de Fréjus



Maître d'oeuvre:  
**HGM Environnement**



## Annexe 3 : Notes de calcul

### Modélisation du lit mineur de l'Argens

Dans le but d'effectuer les calculs nécessaires au dimensionnement des protections de berge, une modélisation du lit mineur de l'Argens a été effectuée à l'aide des documents topographiques actualisés et du logiciel de simulation de lignes d'eau HEC-RAS.

Ce modèle permet, notamment, de pouvoir déterminer le débit de plein bord (débit du fleuve de telle sorte que le niveau de l'eau soit au niveau du sommet des berges du fleuve). Ce débit est celui utilisé dans les calculs de dimensionnement des protections de berge.

Le modèle permet de déterminer le champ de vitesses de l'eau dans le lit du cours d'eau, et donc de connaître les vitesses auxquels les aménagements de protection seront soumis au débit de plein bord. Ces vitesses sont notamment nécessaires pour dimensionner le diamètre des blocs d'enrochements.

Le débit de plein bord de l'anse d'érosion est évalué à  $Q = 500 \text{ m}^3/\text{s}$ , sauf à l'extrémité aval de l'anse d'érosion. En effet, dans cette partie de l'anse, l'abaissement de la crête de berge rive droite du fait de la présence du fossé diminue la section du fleuve, et donc le débit de plein bord, qui est d'environ  $360 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### Protections en enrochements

#### Dimensionnement des blocs

Ce type de protection fait appel à un pavage de la berge à protéger avec des blocs rocheux de grande taille. Leur dimension leur donne un poids associé important, et la force de pesanteur qui en résulte est bien plus forte que la force d'entraînement due au frottement de l'eau sur les surfaces des blocs.

La formule suivante<sup>1</sup> permet de déterminer le diamètre minimum des blocs pour qu'ils résistent aux contraintes hydrauliques (en considérant que le poids volumique spécifique des blocs est de  $2,65 \text{ T/m}^3$ ) :

$$D = \frac{V^3}{160 \cdot \sqrt{h}}$$

Avec : V : vitesse moyenne de l'eau (m/s)  
h : hauteur de la lame d'eau (m)

Un facteur majorant permet de prendre en compte la pente du talus. La formule<sup>2</sup> devient :

$$D = \frac{V^3}{160 \cdot \sqrt{h} \cdot \cos(\alpha) \cdot \sqrt{1 - \frac{\tan^2(\alpha)}{\tan^2(\varphi)}}$$

Avec - $\alpha$  : pente de l'enrochement avec l'horizontale (°) ;  
- $\varphi$  : angle de repos du matériau (environ 45°).

---

<sup>1</sup> et <sup>3</sup> M. LEFORT, Transport solides dans le lit des cours d'eau, Dynamique fluviale, 1995

La vitesse de l'eau joue donc un rôle important et contraignant dans le dimensionnement de l'enrochement, au contraire de la hauteur d'eau. Le modèle HEC-RAS montre que, dans l'anse d'érosion, les vitesses les plus fortes sont de l'ordre de 1,6m/s, pour des hauteurs d'eau de plus de 5m. En prenant un cas défavorable, vitesse de l'eau importante (3 m/s) et hauteur d'eau faible (1m), le diamètre minimal pour assurer la stabilité de l'ouvrage est de 0,27m.

Les enrochements présents au droit du seuil ont des blocs de taille caractéristique 1m. Comme aperçu dans l'état des lieux, ces enrochements n'ont pas été impactés par la crue du 15 juin 2010. Cette crue ayant été jugée comme plus importante que la crue centennale, la technique de protection par enrochement s'avère donc efficace pour un fleuve comme l'Argens. Le même type de bloc sera utilisé pour les aménagements envisagés.

### Dimensionnement de la pédale anti-affouillement

La méthode de dimensionnement des pieds de berge est la suivante :

#### *Profondeur d'affouillement :*

Il est d'abord nécessaire de calculer la profondeur de sédiments qui va être mobilisée par l'érosion. La formule suivante, donnée par M. Vigouroux et Laraichi<sup>3</sup>, permet de calculer la profondeur des fonds non mobilisés, à partir de la surface libre. Il suffit de retrancher la hauteur d'eau pour connaître la hauteur de la tranche de sédiments concernés :

$$y = \frac{q^{\frac{2}{3}}}{d_{50}^{\frac{1}{6}}}$$

Avec : -y : profondeur des fonds non mobilisés comptée à partir de la surface libre (m) ;  
-q : débit réduit par unité de largeur ; q=Q/L avec Q : débit (m<sup>3</sup>/s) et L : largeur au miroir (m)  
-d<sub>50</sub> : diamètre moyen du sédiment (m) ;

Les échantillons de sédiments relevés sur le terrain et analysés par la société ERG Géotechnique ont donné comme valeur de d<sub>50</sub> :

- Rive droite : d<sub>50</sub> = 0,277mm,
- Rive gauche : d<sub>50</sub> = 0,6mm.

Les résultats sont compilés dans le tableau suivant :

Coupe type	Rive droite CT 6 (palplanches)	Rive droite extrémité	Rive gauche CT 4	Rive gauche CT 5
Q (m3/s)	500	359	500	500
d50 (m)	0.000277	0.000277	0.0006	0.0006
B (m)	102.1	82	119.55	113.15
<b>y (m)</b>	<b>8.25</b>	<b>7.65</b>	<b>6.52</b>	<b>6.77</b>

#### *Volume de la banquette de pied :*

La formule suivante<sup>4</sup> permet de déterminer le volume nécessaire pour l'ouvrage de pied de berge afin qu'il s'adapte à l'affouillement du fond du lit et ne déstabilise pas la carapace sur le talus des berges :

$$W \geq 3 \cdot d_m \cdot \Delta h$$

Avec : -W : volume nécessaire pour assurer la stabilité de l'enrochement (m<sup>3</sup>/m) ;  
-d<sub>m</sub> : diamètre moyen des blocs (m), ici 1m ;  
-Δh : profondeur de l'affouillement par rapport à l'étiage (m) (ici 0,30 NGF), que l'on calcule en fonction de la profondeur d'affouillement trouvée précédemment ;

<sup>3</sup> Cité par M. J.P. LEVILLAIN, Transport sédimentaire, Théorie et méthode de détermination des affouillements

<sup>4</sup> M. LEFORT, Transport solides dans le lit des cours d'eau, Dynamique fluviale, 1995

Ce qui donne les volumes des banquettes de pied suivants :

Coupe type	Rive droite	Rive droite	Rive gauche	Rive gauche
	CT 6 (palplanches)	extrémité	CT 4	CT 5
y (m)	8.25	7.65	6.52	6.77
H eau (NGF)	5.73	4.5	5.74	5.73
H étiage (NGF)	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>Volume (m3/m)</b>	<b>8.45</b>	<b>10.36</b>	<b>3.25</b>	<b>4.02</b>

Ces valeurs étant les plus faibles nécessaires pour garantir la stabilité de la protection de berge, les volumes retenus pour la construction seront supérieurs.

Le volume choisi devra aussi prendre en compte le fond du lit et sera généralement bien supérieur au volume minimum défini par le calcul :

Pour l'enrochement rive droite, le volume de pied de berge sera de  $11\text{m}^3$  par mètre linéaire.

Pour l'enrochement rive gauche, le volume de pied de berge sera de  $9\text{m}^3$  par mètre linéaire.

*Arrachements de berge à l'amont du seuil :*

Les relevés topographiques des deux zones à l'amont du seuil ne permettent pas d'effectuer correctement les calculs de dimensionnements des protections de berge.

Ces deux zones se trouvent à l'amont du seuil et les écoulements y sont moins turbulents que dans l'anse d'érosion où le seuil leur donne un caractère érosif important.

Du fait de leur présence à l'amont du seuil, les sédiments qui se sont déposés sur le fond du lit sont des éléments fins. Le diamètre moyen des sédiments utilisé pour le calcul de la profondeur d'affouillement est du même ordre de grandeur que celui de la rive droite :  $d_{50} = 0,277\text{mm}$ .

Le volume minimal pour assurer la stabilité de la protection de berge sera donc du même ordre de grandeur que le volume minimal en rive droite. La différence majeure vient du fait qu'à l'amont du seuil, la cote à l'étiage n'est plus la même qu'à l'aval du seuil. La cote utilisée dans ces deux zones est de +2,00 NGF, du fait de la cote actuelle du seuil.

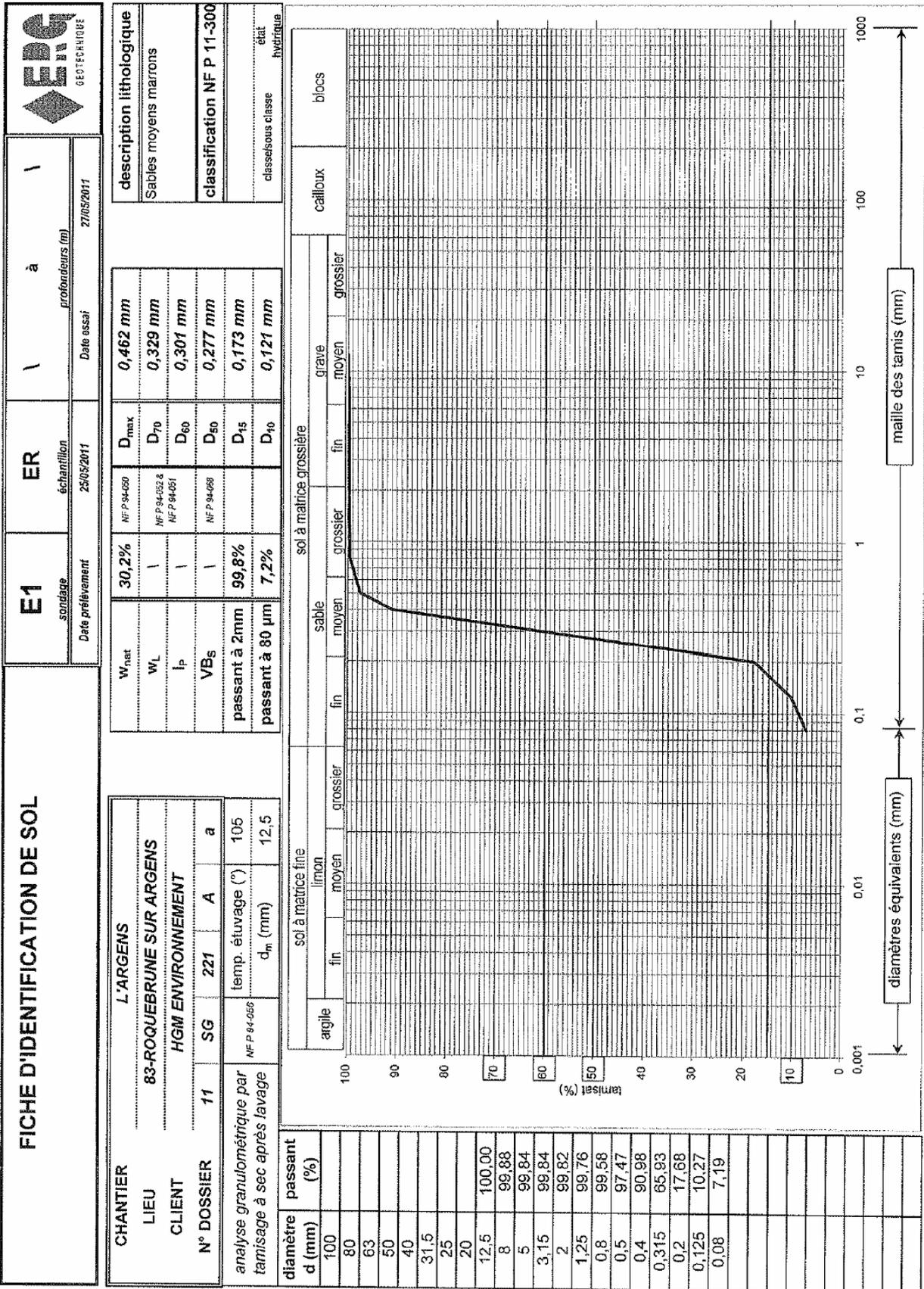
Pour la zone d'arrachement amont, le volume de pied de berge sera de  $9,5\text{ m}^3$  par mètre linéaire.

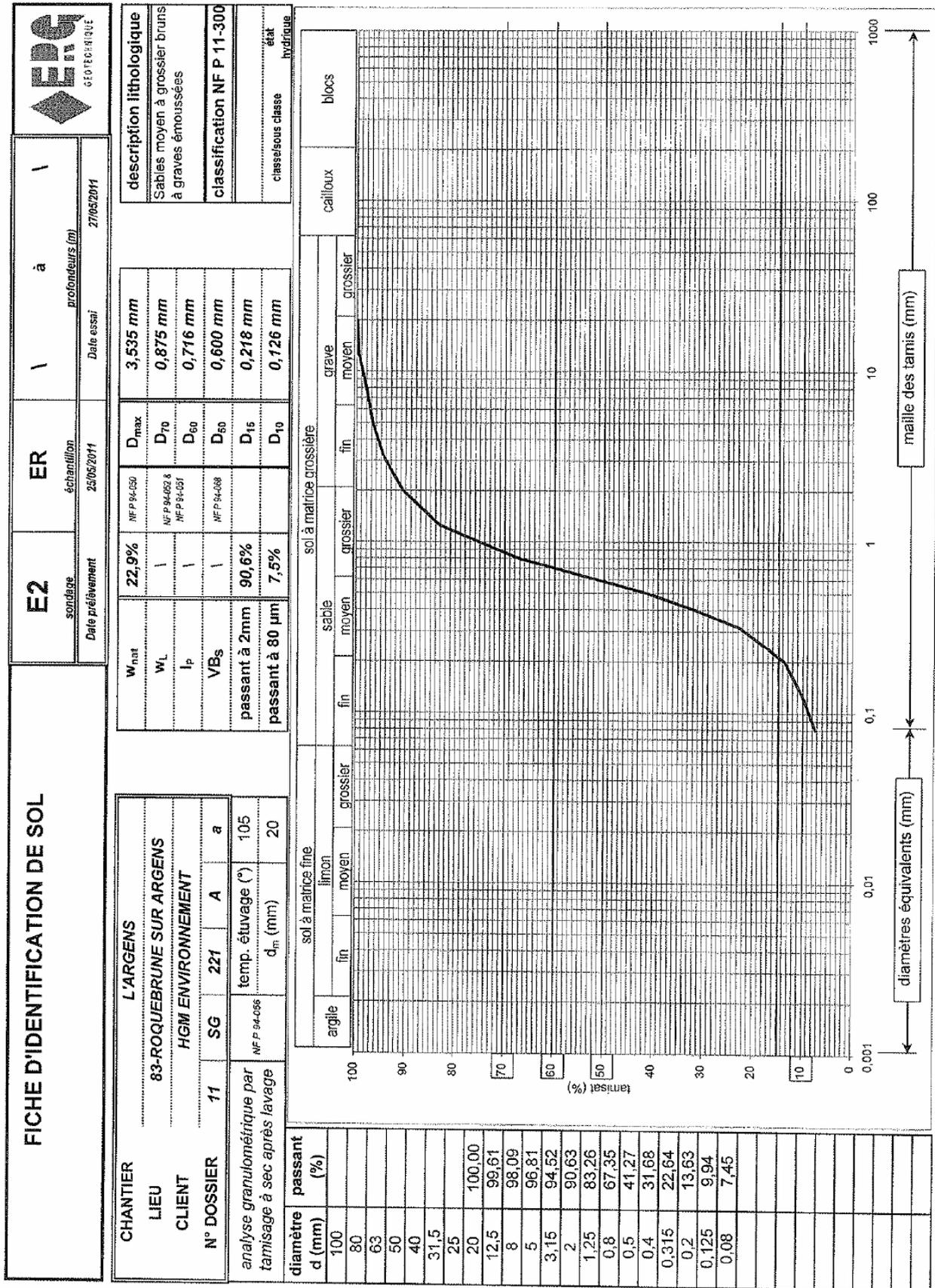
Pour la zone d'arrachement aval, le volume de pied de berge sera de  $10\text{ m}^3$  par mètre linéaire.

## **Annexe 4 : Courbes granulométriques des échantillons de sédiments**

L'échantillon nommé **E1** correspond au prélèvement effectué en aval du seuil en rive droite, en amont des palplanches existantes.

L'échantillon nommé **E2** correspond au prélèvement effectué en aval du seuil en rive gauche, au droit du linéaire de berge arraché.





## **Annexe 5 : Modélisation hydraulique**

La présente note a pour objet d'apprécier les vitesses de l'Argens en crue au niveau du méandre situé à l'amont du seuil.

### **SOMMAIRE**

	Page
<b>A. Caractéristiques de la modélisation.....</b>	<b>2</b>
<b>B. Impact sur la capacité du lit.....</b>	<b>2</b>
<b>C. Impact sur les vitesses à l'amont .....</b>	<b>4</b>
1. A 60 m en amont .....	4
2. A 100 m en amont.....	5
<b>D. Tableau synthétique des résultats .....</b>	<b>6</b>
<b>E. Sensibilité aux conditions limites aval.....</b>	<b>7</b>
<b>F. Vitesses à prendre en compte dans le méandre à l'amont du seuil.....</b>	<b>7</b>

## A. Caractéristiques de la modélisation

Le lit mineur de l'Argens est modélisé sous le logiciel HEC RAS.

Le modèle hydraulique est une représentation des états actuel et projet du seuil du Verteil et de son anse d'érosion. Ce modèle permet notamment de rendre compte des impacts de l'élargissement du seuil et de la rectification des berges sur les conditions d'écoulement en crue.

Le régime d'écoulement est globalement fluvial, avec un passage torrentiel sur la crête aval du seuil. A l'aval du modèle, la hauteur d'écoulement est normale.

## B. Impact sur la capacité du lit

Le seuil du Verteil à l'état actuel est large d'environ 25 mètres, et sa cote d'arase est +2.20 NGF environ. Le projet prévoit son élargissement sur 30 mètres en rive droite, la cote d'arase de cette partie nouvellement créée étant +1.25 NGF. De plus, le lit amont sera élargi, afin de permettre le bon fonctionnement hydraulique du seuil.

L'élargissement (+30m) et l'abaissement du seuil, ainsi que l'élargissement du lit amont entraîneront un accroissement sensible de la capacité du lit de l'Argens : les débits de plein bord, déterminés par le modèle hydraulique, valent respectivement 430 m<sup>3</sup>/s à l'état actuel et 950 m<sup>3</sup>/s à l'état projet.

Il est à noter que ces débits capables sont estimés par un modèle à échelle réduite, et ne sont valables que sous l'hypothèse qu'il n'y a pas de débordement à l'amont.

Le débit capable du lit mineur à l'état projet est ainsi supérieur au débit de crue décennal de l'Argens à Roquebrune (830 m<sup>3</sup>/s).

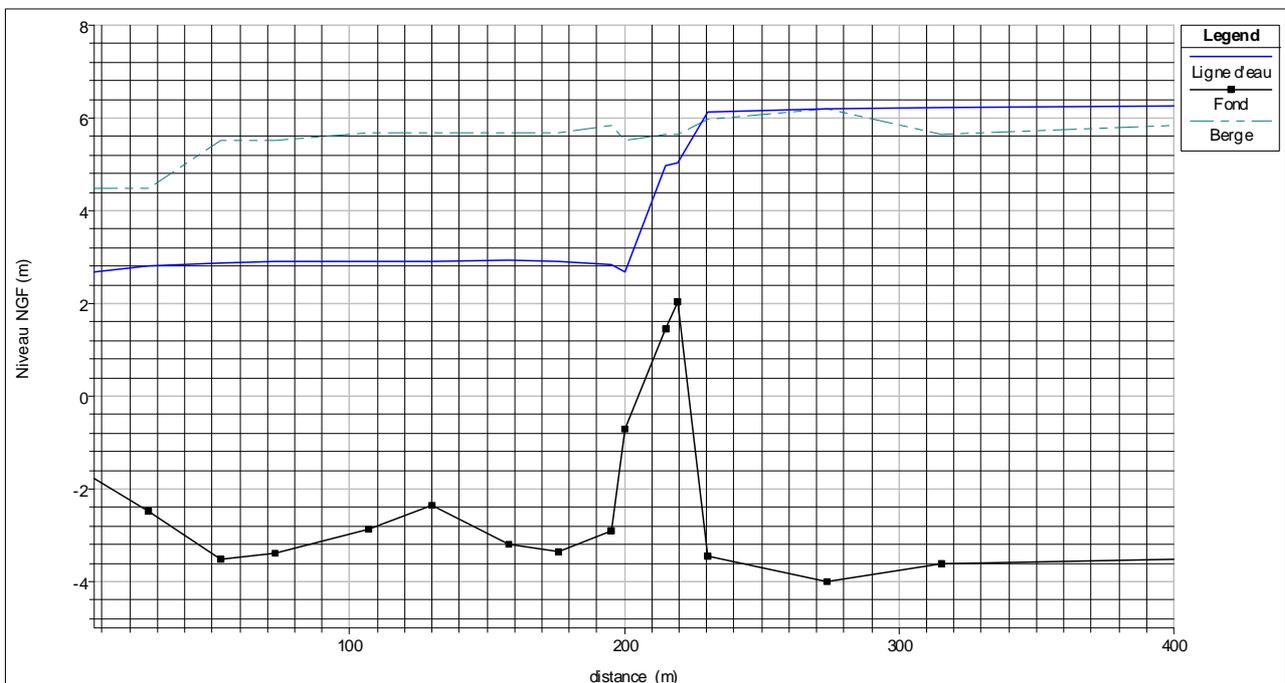


Figure 1 : Profil en long du seuil à l'état actuel pour le débit de plein bord (430 m<sup>3</sup>/s)

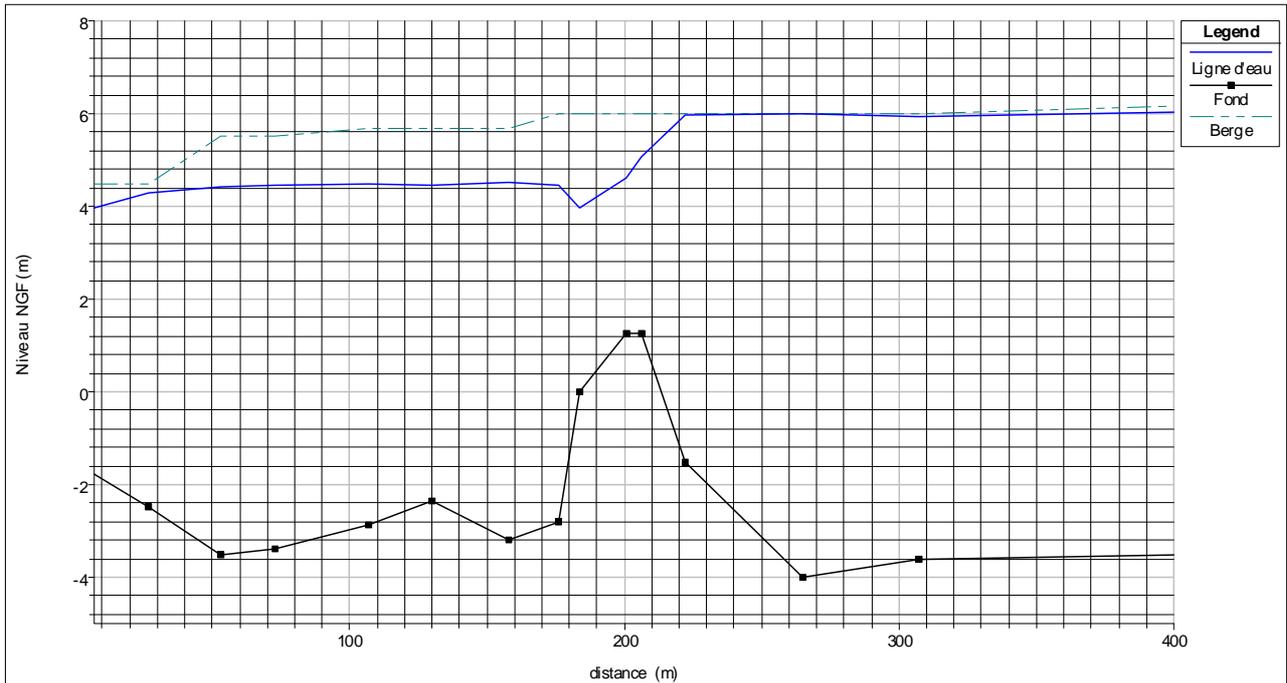


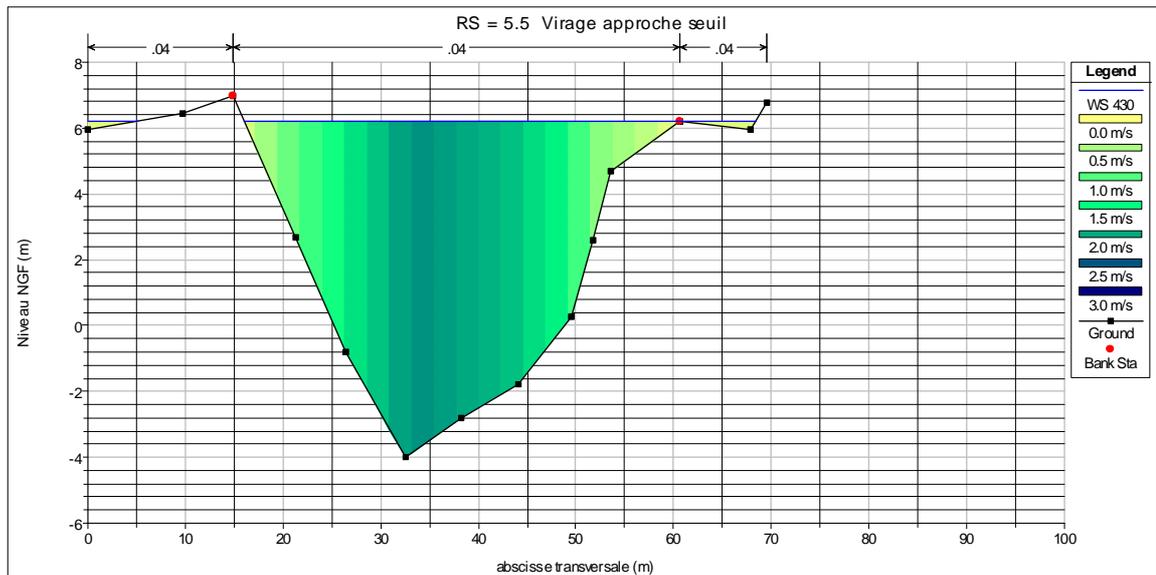
Figure 2 : Profil en long du seuil à l'état projet pour le débit de plein bord (950 m<sup>3</sup>/s)

## C. Impact sur les vitesses à l'amont

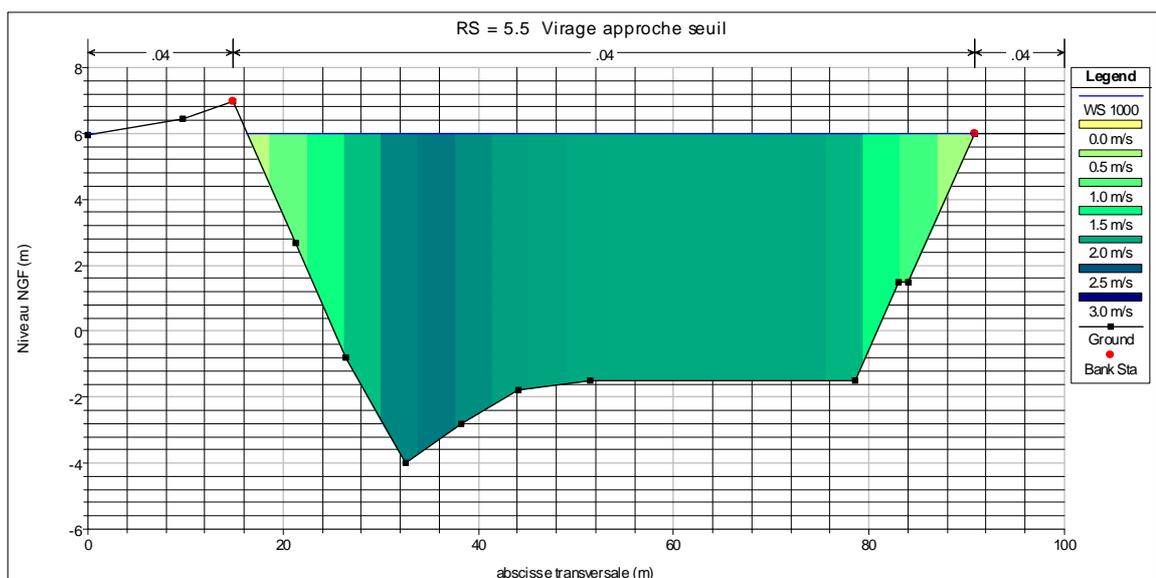
### 1. A 60 m en amont

Dans ce paragraphe, le profil de comparaison des champs de vitesse à l'approche du seuil se situe en partie centrale du méandre de l'Argens, à 60 mètres en amont du seuil (Profil 5.5)

La vitesse maximale augmente peu avec la réalisation des travaux sur le seuil. En effet, la vitesse maximale vaut 2.14 m/s à l'état actuel et 2.28 m/s à l'état projet (+6%), malgré l'augmentation du débit de plein bord par un facteur proche de 2 (de 430 à 950 m<sup>3</sup>/s). La vitesse moyenne dans la section augmente également : 1.7 m/s à l'état actuel, contre 1.93 m/s à l'état projet (+13%).



**Figure 3 : Profil de vitesses à l'état actuel pour le débit de plein bord (430 m<sup>3</sup>/s)**



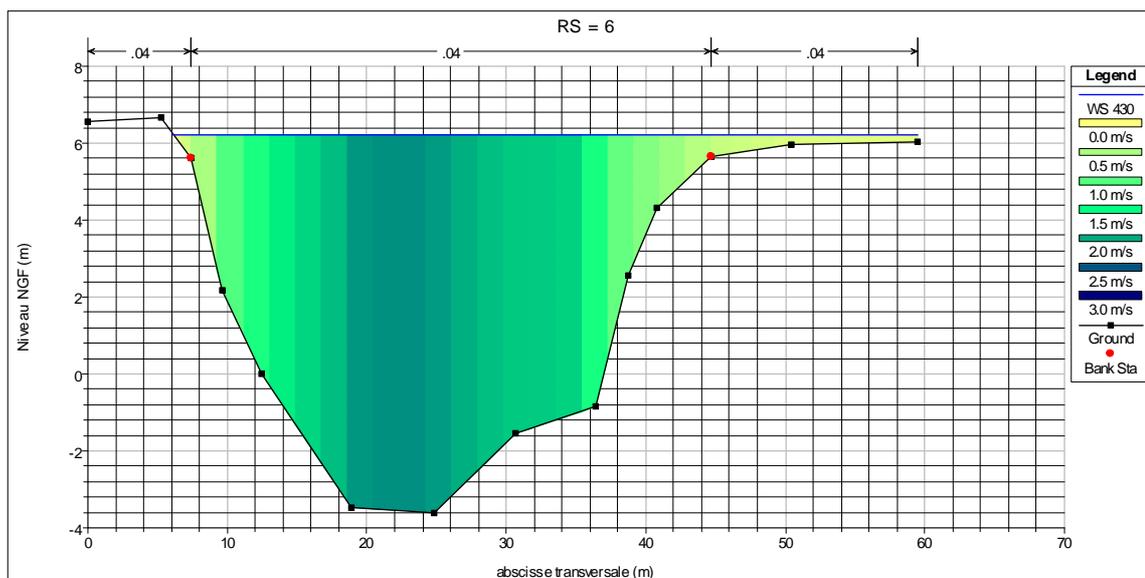
**Figure 4 : Profil de vitesses à l'état projet pour le débit de plein bord (950 m<sup>3</sup>/s)**

## 2. A 100 m en amont

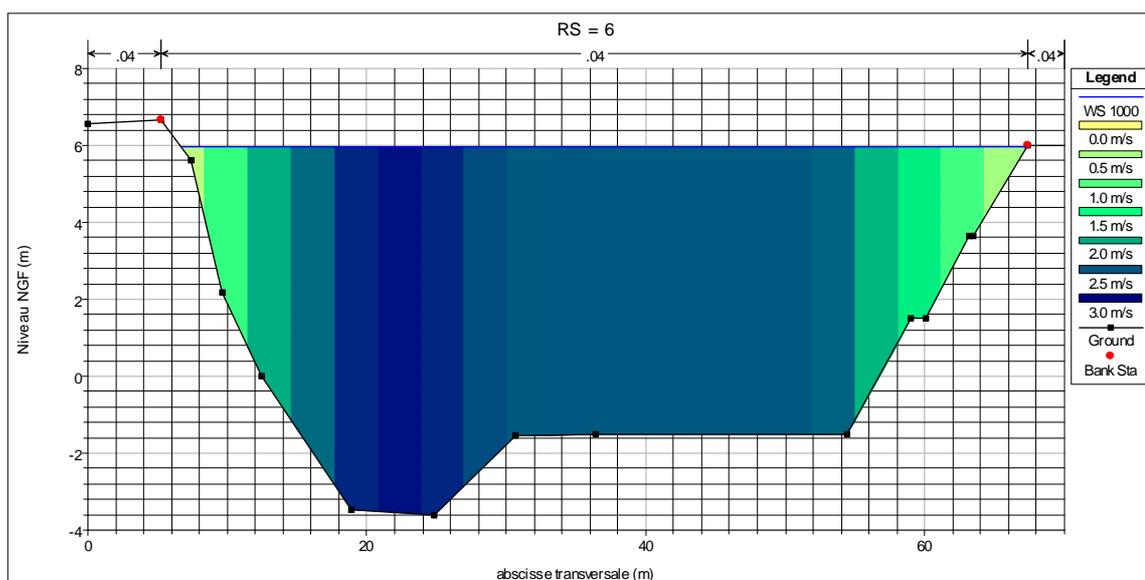
Dans ce paragraphe, le profil de comparaison des champs de vitesse à l'approche du seuil se situe à l'entrée du méandre de l'Argens, à 100 mètres en amont du seuil (Profil 6)

La vitesse maximale augmente sensiblement avec la réalisation des travaux sur le seuil. En effet, la vitesse maximale vaut 2.16 m/s à l'état actuel contre 2.91 m/s à l'état projet (+34%).

La vitesse moyenne dans la section augmente sensiblement : 1.74 m/s à l'état actuel, contre 2.38 m/s à l'état projet (+37%).



**Figure 5 : Profil de vitesses à l'état actuel pour le débit de plein bord (430 m<sup>3</sup>/s)**



**Figure 6 : Profil de vitesses à l'état projet pour le débit de plein bord (950 m<sup>3</sup>/s)**

## D. Tableau synthétique des résultats

Etat Projet - 950 m³/s							
N° du profil	Description du profil	Cote du fond (m)	Cote d'eau (m)	Vitesse moyenne (m/s)	Section mouillée (m²)	Largeur au miroir (m)	Froude
7	800 m amont seuil	-2.79	6.55	3.81	249.17	39.97	0.49
<b>6</b>	<b>100 m amont seuil</b>	-3.61	5.95	<b>2.38</b>	398.75	60.59	0.30
<b>5.5</b>	<b>Méandre approche seuil</b>	-4.01	5.99	<b>1.93</b>	493.34	75.41	0.24
5	pied de seuil amont	-1.5	5.97	1.89	502.10	75.74	0.23
3.5	Crête amont seuil	1.25	5.06	4.43	214.25	68.88	0.80
3	Crête aval du seuil	1.25	4.61	5.20	182.76	66.68	1.00
2	pied aval du seuil	0	3.95	4.35	218.20	61.4	0.74
1.95	Semelle aval seuil	-2.8	4.47	2.07	459.33	89.25	0.29
1.9	57m aval du seuil	-3.18	4.52	1.56	607.2	112.06	0.21
1.85		-2.35	4.46	1.82	521.9	103.9	0.26
1.8		-2.88	4.47	1.63	581.08	102.92	0.22
1.75		-3.38	4.44	1.70	558.06	95.19	0.22
1.7		-3.53	4.42	1.78	534.14	89.62	0.23
1.65		-2.48	4.28	2.30	412.54	80.64	0.32
1.6		-1.53	3.87	3.46	274.32	71.8	0.56

Etat Actuel - 430 m³/s							
N° du profil	Description du profil	Cote du fond (m)	Cote d'eau (m)	Vitesse moyenne (m/s)	Section mouillée (m²)	Largeur au miroir (m)	Froude
7	800 m amont seuil	-2.79	6.57	1.72	249.80	40.01	0.22
<b>6</b>	<b>100 m amont seuil</b>	-3.61	6.23	<b>1.74</b>	250.87	53.38	0.22
<b>5.5</b>	<b>Méandre approche seuil</b>	-4.01	6.21	<b>1.70</b>	253.95	57.52	0.23
5	pied de seuil amont	-3.44	6.12	2.00	227.44	91.68	0.28
4	Crête amont seuil	2.03	5.03	4.80	89.54	38.12	1.00
3	Crête aval du seuil	1.45	4.96	4.83	88.95	37.59	1.00
2.5	base du coursier	-0.7	2.67	3.01	142.85	56.77	0.61
2	pied aval du seuil	-2.9	2.84	1.99	216.60	73.12	0.37
1.95	Semelle aval seuil	-3.37	2.92	1.15	374.03	96.39	0.19
1.9	57m aval du seuil	-3.18	2.93	0.99	432.65	106.68	0.16
1.85		-2.35	2.90	1.17	368.82	92.04	0.19
1.8		-2.88	2.90	1.02	423.31	98.19	0.16
1.75		-3.38	2.89	1.04	413.95	90.46	0.16
1.7		-3.53	2.88	1.08	399.90	85.30	0.16
1.65		-2.48	2.82	1.44	297.64	76.67	0.23
1.6		-1.53	2.62	2.28	188.94	66.95	0.43

## **E. Sensibilité aux conditions limites aval**

Pour la condition limite à l'aval du modèle, la hauteur normale correspond à une pente du lit de l'Argens de 2‰. Une étude de sensibilité montre que la cote d'eau à l'amont du seuil est indépendante de ce paramètre.

## **F. Vitesses à prendre en compte dans le méandre à l'amont du seuil**

Les vitesses moyennes sont couramment multipliées par un facteur de 1,4 pour obtenir les vitesses dans l'extrados du méandre ce qui donne :

- Etat actuel :  $V = 2,4$  m/s
- Etat futur (après aménagement du seuil et élargissement du lit amont) :  $V = 2,7$  à  $3,3$  m/s

Tant que le tronçon situé entre les 2 seuils ne sera pas élargi, le débit sur le seuil restera proche du débit actuel avec des vitesses voisines des vitesses actuelles.

Lors des travaux d'élargissement du tronçon situé entre les 2 seuils, une protection de la berge rive gauche dans l'extrados du méandre devra être réalisée.