



Arasement du seuil du canal de l'ASA des canaux d'Estoublon sur l'Estoublaise



Avant-projet détaillé

RÉF. GA 18-042/AVANT-PROJET DÉTAILLÉ/VERSION 3

SUIVI ET VISA DU DOCUMENT

Réf. GA 18-042

Etude : Arasement du seuil de l'ASA des canaux d'Estoublon sur l'Estoublaisse

Phase : Avant-projet détaillé

Date de remise : février 2019

Version : 3

Statut du document : provisoire

Propriétaire du document : ASA des canaux d'Estoublon, SMDBA

Diffusion : ASA des canaux d'Estoublon, SMDBA

Chef de projet : Vincent Arnaud

Rédacteur : Eric Lalot

Vérificateur : Vincent Arnaud



SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES.....	4
ANNEXES	6
DEMANDEUR	7
CONTEXTE	8
1. MISSION.....	8
2. SITUATION.....	8
PARTIE 1 : DONNÉES ET DESCRIPTIF	10
3. SOURCES DES DONNÉES	10
3.1. Études existantes.....	10
3.2. Levés topographiques.....	10
4. OUVRAGES EXISTANTS.....	10
4.1. Seuil	10
4.2. Ouvrages de protection de berge	11
4.3. Les réseaux en proximité du cours d'eau.....	12
5. HYDROLOGIE.....	15
PARTIE 2 : PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENTS.....	17
6. DESCRIPTION GÉNÉRALE :	17
7. DESCRIPTION DÉTAILLÉE.....	17
7.1. Contraintes et dimensionnement	17
7.1.1. Élargissement du cours d'eau	17
7.1.2. Reprofilage longitudinal du cours d'eau	21
7.1.3. Nature de la protection de berge :	22
7.1.4. Gestion de la prise d'eau	23
7.1.5. Étanchéification du canal existant	25
7.1.6. Gestion de la dévalaison.....	25
7.2. Arasement du seuil	27
7.3. Confortement de la berge rive droite et prolongement du canal	27
7.4. Confortement de la berge rive gauche	30
7.5. Élargissement et rectification du lit	31
7.6. Busage du canal	32
7.7. Dévalaison.....	32
7.8. Impacts.....	34
7.8.1. Hydrologie	34
7.8.2. Hydraulique	34

7.8.3. Morphologie.....	36
7.8.4. Hydrogéologie.....	36
7.8.5. Faune piscicole.....	36
PARTIE 4 : DÉROULEMENT DES TRAVAUX.....	38
1. PÉRIODE DE RÉALISATION.....	38
2. ACCÈS AU SITE.....	38
3. DÉRIVATION DES EAUX ET PÊCHE DE SAUVETAGE.....	39
4. MATÉRIAUX EXCÉDENTAIRES.....	39
5. MATÉRIAUX DEVANT ÊTRE ÉVACUÉS EN DÉCHARGE :.....	40
6. ASPECTS RÉGLEMENTAIRES.....	40
PARTIE 5 : NATURES DES MATÉRIAUX ET PRODUITS.....	41
1. ENROCHEMENTS.....	41
2. BÉTON.....	41
3. GEOTEXTILE DE FILTRATION.....	41
4. TERRE VÉGÉTALE.....	42
5. SEMENCES POUR LA VÉGÉTATION.....	42
6. PLANTATIONS (ARBUSTES).....	42
PARTIE 5 : COÛT ESTIMATIF DES TRAVAUX.....	44
7. MÉTRÉS DU PROJET.....	44
8. DEVIS ESTIMATIFS.....	44
BILAN.....	46
ANNEXES.....	47

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la zone étudiée (Source : www.géoportail.fr).....	9
Figure 2 : Localisation du seuil sur la commune d'Estoublon, vue aérienne (Source : géoportail).....	9
Figure 3 : Vue du seuil et de la prise d'eau, depuis la rive droite (a), depuis la rive gauche (b) et depuis l'aval (c), Source (Rapport d'étude de faisabilité et d'avant-projet GRAINEau, SIGosphère, CA Eau, 2017).....	10
Figure 4 : Mur de protection de la route départementale, vue depuis la berge opposé (gauche et depuis l'amont (droite)).....	11
Figure 5 : Vue des enrochements protégeant la prise d'eau.....	11
Figure 6 : Mur en pierre maçonné protégeant les habitations en rive gauche.....	12

Figure 7 : Enrochements libres protégeant la rive gauche au droit du seuil.....	12
Figure 8 : Réseaux à proximité de la zone des travaux.	13
Figure 9 : Poteau électrique présent en rive gauche, à proximité du cours d'eau.....	14
Figure 10 : Rapports L/H en fonction du débit pour différentes sections de l'Estoublaise, en amont et en aval du seuil.	18
Figure 11 : Localisation des profils en travers.	18
Figure 12 : Rapport L/H en fonction de la largeur du cours d'eau et pour différents débits.	19
Figure 13 : Vue aérienne du secteur en 1939 (Source : remonter le temps de l'IGN).....	20
Figure 14 : Vue aérienne de 1994 (Source : remonter le temps de l'IGN).	20
Figure 15 : Vue aérienne de 2014 du secteur (Source : géoportail).....	21
Figure 16 : Vue de la surverse existante (en haut à gauche) et du point de déversement dans le cours d'eau (droite).	26
Figure 17 : Vue en coupe de la protection de berge prévue en rive droite à l'aval de la prise d'eau actuelle et jusqu'au point d'inflexion.....	28
Figure 18 : Vue en coupe du confortement du mur à l'aval (au-dessus, coupe a), sur la partie médiane (au-milieu, coupe b) et à l'amont (au-dessous, coupe c).	29
Figure 19 : Vue en coupe de la protection de berge en génie végétal prévue en rive droite à l'amont du mur de soutènement de la route départementale.....	30
Figure 20 : Vue en coupe du reprofilage de berge prévu en rive gauche, au voisinage du point d'inflexion.	31
Figure 21 : Confortement de berge à l'aide d'enrochements bétonnés prévus en rive gauche au voisinage des habitations.	31
Figure 22 : Localisation de la grille.....	33
Figure 23 : Schéma de principe de la goulotte de dévalaison (profil en long au-dessus et coupe transversale en dessous).....	34
Figure 24 : Fond du lit et ligne d'eau en crue centennale (débits journaliers), à l'état actuel, après projet et à long terme.	36
Figure 25 : Accès potentiels à la zone de travaux.....	38
Figure 26 : Vue de la piste d'accès en rive gauche.	39

ANNEXES

Annexe : Plan de l'aménagement de l'Estoublaisse

DEMANDEUR

Le demandeur de la réalisation de l'étude est :

ASA des canaux d'Estoublon

Mairie d'Estoublon

Rue Louis Laurens

04270 Estoublon

L'ASA est représentée au travers du Syndicat Mixte Des Berges de l'Asse (SMDBA).



Région
Provence
Alpes
Côte d'Azur

CONTEXTE

1. MISSION

Le rétablissement des continuités écologiques est un enjeu important, sinon primordial, dans la gestion et la préservation des cours d'eaux. Le code de l'environnement et plus particulièrement l'article L 214-17 ont précisé les parties de cours d'eau et/ou cours d'eau concernés en instaurant les listes 1 et liste 2.

L'ASA des canaux d'Estoublon est propriétaire d'une prise d'eau à usage agricole sur l'Estoublaise qui a été classé en liste 2 entre ce seuil et la confluence avec l'Asse, le 19 juillet 2013 en application de l'article L. 214-17 alinéa 2 du code de l'environnement.

L'arrêté du préfet coordonnateur de bassin Rhône-Méditerranée, entré en vigueur le 11 septembre 2013, prévoit que tous les ouvrages présents sur ce cours d'eau soient, à l'issue d'un délai de 5 ans, gérés, entretenus et/ou équipés pour assurer un transport suffisant des sédiments et la circulation des poissons migrateurs.

Dans ce cadre, un premier diagnostic vis-à-vis des enjeux et impacts piscicoles et sédimentaires, a été rendu par le groupement des bureaux d'études CA Eau, GRAINEau et SIGosphère. Ce diagnostic a notamment mis en avant l'intérêt du rétablissement de la montaison (présence de frayères potentielles en amont du seuil).

Suite à ce diagnostic, plusieurs scénarios ont été étudiés au stade étude de faisabilité et avant-projet par ces mêmes bureaux d'étude :

- Création d'une rivière de contournement ;
- Création d'une rampe à la place du seuil existant ;
- Arasement du seuil avec modification de la prise d'eau (pompage en nappe phréatique envisagé).

Les deux premières solutions ayant été jugées irréalistes, l'arasement du seuil a été retenu. Ce présent rapport concerne l'avant-projet détaillé d'arasement du seuil. Il intègre également la problématique de l'étanchéification du canal entre la prise d'eau existante et les premières parcelles desservies.

2. SITUATION

Le seuil de l'ASA est situé sur l'Estoublaise, environ 2.2 km en amont du pont de la RD9074, à une côte de 543.5 m.

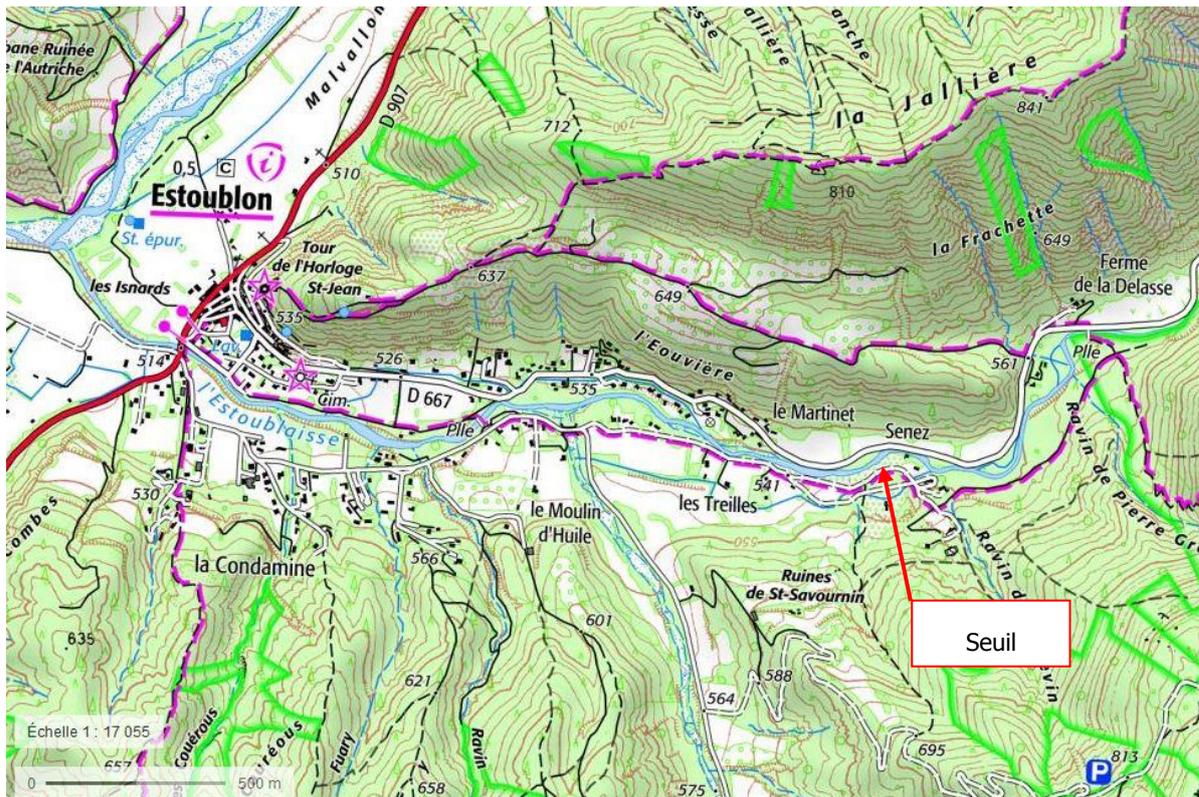


Figure 1 : Localisation de la zone étudiée (Source : www.geoportail.fr)



Figure 2 : Localisation du seuil sur la commune d'Estoublon, vue aérienne (Source : [géoportail](http://geoportail.fr)).

PARTIE 1 : DONNÉES ET DESCRIPTIF

3. SOURCES DES DONNÉES

3.1. ÉTUDES EXISTANTES

Notre analyse s'appuie sur les études suivantes :

- Étude de faisabilité et avant-projet de restauration de la continuité écologique sur l'Estoublaise (GRAINEau, SIGosphère, CA Eau, 2017)
- Protection contre les risques d'inondation par l'Estoublaise, AVP, HYDRETTUDES Alpes du SUD, 2005.
- Expertise hydraulique sur l'Estoublaise (ETRM, 2003 + compléments de 2004).

3.2. LEVÉS TOPOGRAPHIQUES

Nous nous appuyons sur les levés topographiques du site suivant :

- Relevé de octobre 2015 par le groupement GRAINEau, SIGosphère et CA Eau, incluant un profil en long;
- Relevé de juin 2018 par le bureau d'étude HYDRETTUDES Alpes du Sud, détaillant les abords du cours d'eau et en particulier les berges.

4. OUVRAGES EXISTANTS

4.1. SEUIL

Le seuil, construit en 1992, est constitué par des enrochements libres. Il mesure environ 6.4 m de largeur, 29.5 m de longueur et 3.8 m de hauteur (entre la fosse et la crête). En crête du seuil un bassin en béton armé, transversal au cours d'eau et recouvert d'une grille, constitue la prise d'eau à la côte 543.5 m et permet de rediriger une partie des écoulements vers un canal situé en rive droite.

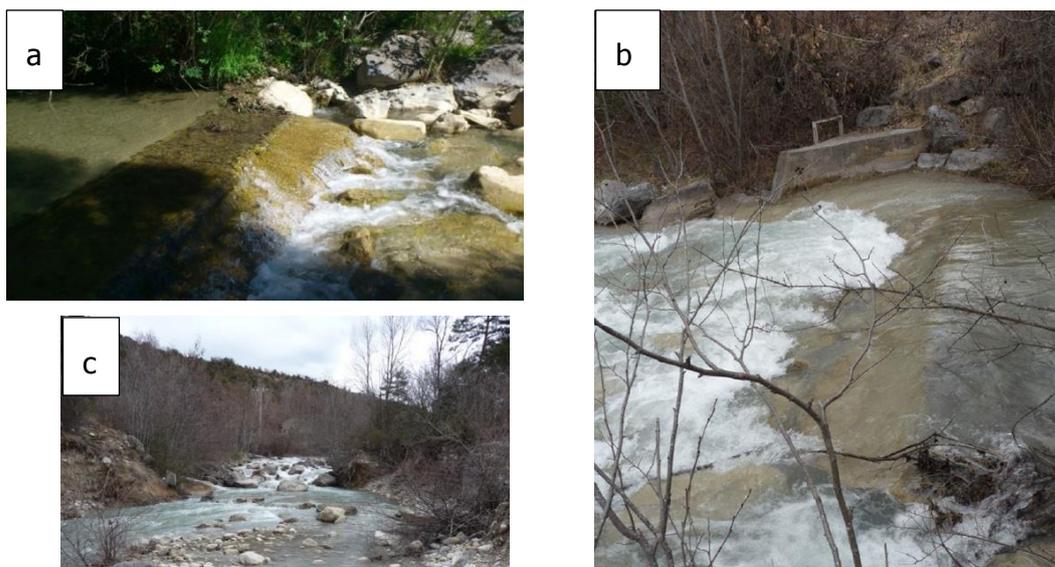


Figure 3 : Vue du seuil et de la prise d'eau, depuis la rive droite (a), depuis la rive gauche (b) et depuis l'aval (c), Source (Rapport d'étude de faisabilité et d'avant-projet GRAINEau, SIGosphère, CA Eau, 2017).

Le volume total d'enrochements présents au droit du seuil n'est pas connu avec certitude, mais il peut être estimé à environ 280 m³. Des enrochements sont également présents en rive droite et en rive gauche.

4.2. OUVRAGES DE PROTECTION DE BERGE

❖ Rive droite

À l'amont du seuil, un mur en pierre maçonné protège la berge et soutient la route départementale. Il a fait l'objet de travaux de confortement suite à la crue de 1994.

Aucune donnée précise n'est disponible sur ce mur. Il est toutefois mentionné dans l'étude de faisabilité que celui-ci serait fondé 1 m sous l'ancien niveau du lit (antérieur à la construction du seuil).



Figure 4 : Mur de protection de la route départementale, vue depuis la berge opposé (gauche et depuis l'amont (droite)).

Au droit du seuil, et pour protéger la prise d'eau, des enrochements libres ont été placés en protection de berge.



Figure 5 : Vue des enrochements protégeant la prise d'eau.

❖ *Rive gauche*

Des enrochements libres et un mur maçonné protègent les maisons et permettent, en amont du seuil, de dévier le cours d'eau vers la rive droite et le seuil.



Figure 6 : Mur en pierre maçonné protégeant les habitations en rive gauche.

Des enrochements libres sont également présents au droit du seuil, pour stabiliser la berge.



Figure 7 : Enrochements libres protégeant la rive gauche au droit du seuil.

Aucune donnée n'est disponible sur la fondation de ces ouvrages.

4.3. LES RÉSEAUX EN PROXIMITÉ DU COURS D'EAU

Un réseau électrique aérien haute-tension passe en rive droite du cours d'eau, au nord de la route départementale. De ce réseau part un réseau basse tension torsadé aérien qui franchit le cours d'eau au droit du seuil et alimente la rive gauche. Un poteau électrique est présent sur la terrasse en rive gauche (voir plan en annexe pour plus de détail).

Un réseau télécom a également été matérialisé par le géomètre sous la voie départementale.

Enfin, une canalisation d'eau potable passe au nord de la route départementale située en rive droite de l'Estoublaisse, tandis qu'une autre canalisation passe sous la piste située en rive gauche qui permet l'accès aux habitations.

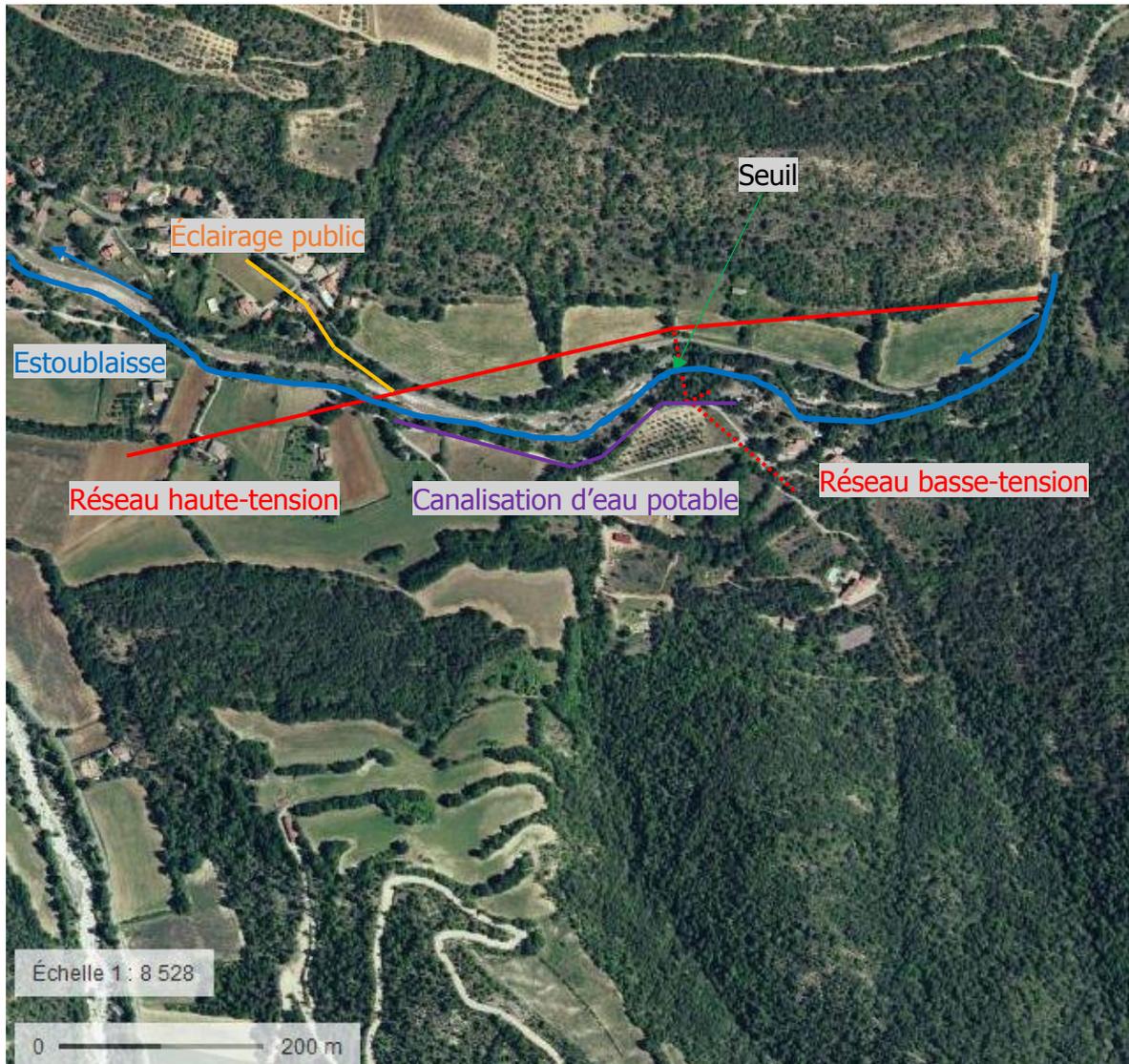


Figure 8 : Réseaux à proximité de la zone des travaux.

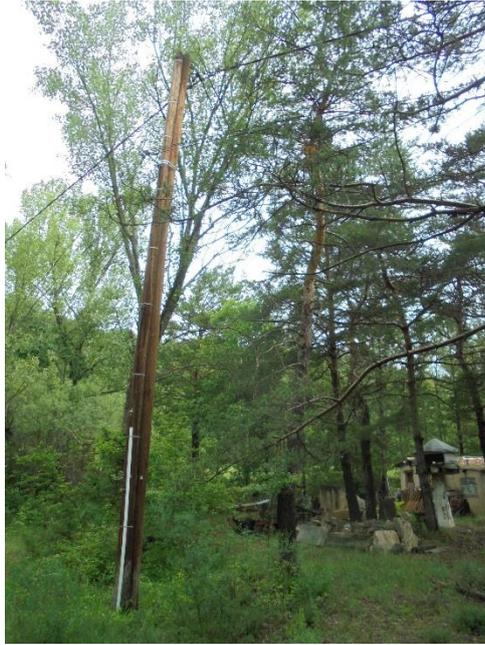


Figure 9 : Poteau électrique présent en rive gauche, à proximité du cours d'eau.

5. HYDROLOGIE

Les débits caractéristiques ont été définis dans le cadre de l'étude de faisabilité de 2017 et lors de l'étude ETRM de 2003 qui a été corrigée en 2004. Ils sont présentés dans le tableau ci-après.

On note les débits de crue plus importants calculés lors de l'étude ETRM de 2004. Le choix a effectivement été fait dans cette étude de majorer les débits calculés à partir de l'estimation des pluies décennales et centennales.

	Surface du bassin (km ²)	Débits instantanés - Q10 (m ³ /s)	Débits journaliers - Q10 (m ³ /s)	Débits instantanés - Q100 (m ³ /s)	Débits journaliers - Q100 (m ³ /s)	QMNA5 (m ³ /s)	Module (m ³ /s)
L'Estoublaisse au niveau de la prise d'eau – Étude de faisabilité de 2017	71	61	25	118	69	0.07	1.2
L'Estoublaisse au niveau de la prise d'eau – Étude ETRM de 2003	48	35		102			
L'Estoublaisse au niveau de la prise d'eau – Compléments ETRM de 2004	73.8	48		140			

Nous retiendrons les valeurs définies dans le cadre de l'étude de faisabilité, la majoration des débits proposée dans l'étude ETRM étant difficile à justifier. Ainsi, selon l'étude ETRM, la période de retour de la crue de 1994 serait de seulement 30 ans, ce qui paraît faible. D'autre part, l'étude de 2017 se base sur les débits observés sur l'Asse à Chabrières où les précipitations sont déjà légèrement supérieures à celles observées sur le bassin de l'Estoublaisse.

La base de données RTM recense les évènements de types inondations intervenus sur l'Estoublaisse ayant causés des dégâts. On note que le chemin vicinal n°2 a été endommagé au moins deux fois au voisinage de Senez, en 1951 et 1960, et la nouvelle route de Trévans a de nouveau été endommagée en 1994 à hauteur de la prise d'eau.

Année de la crue	Dégâts
22 août 1684	1 maison emportée, plusieurs décès, 2.5 m d'eau dans l'Eglise
Octobre 1841	Protections en gabion détruites
18 juin 1886	Brèche dans la digue des Isnards
3 ^{ème} trimestre 1886	Digues très endommagées
31 décembre 1888	Gabions emportés au lieu-dit les Isnards
Février 1924	CV n°2 emporté sur 40 m au PK n°2.5 et détruite sur 10 m au PK 1.5
Novembre 1951	Digue du CV n°2 endommagé au lieu-dit « Senez »
2 ^{ème} semestre de 1959	Digue mur emporté sur 50 mètres linéaires entre la RN 207 (actuelle D907) et le village

22 novembre 1960	CV n°2 endommagé au lieu-dit « Campagne Senès »
7 janvier 1994	Route d'accès aux gorges de Trévans emportée
8 septembre 1994	Affouillement à hauteur du captage d'eau, route de Trévans coupée à plusieurs endroits
6 novembre 1994	5 ha de terres agricoles endommagées, circulation interrompue sur la route des Treilles

PARTIE 2 : PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENTS

6. DESCRIPTION GÉNÉRALE :

Dans le cadre du projet d'arasement partiel du seuil de l'ASA des canaux d'Estoublon, les aménagements suivants sont prévus :

- Arasement partiel du seuil ;
- Confortement de la berge en rive droite par un mur en enrochements bétonnés, avec prolongement du canal ;
- Élargissement de la berge en rive gauche au droit du seuil et sur une longueur d'environ 140 m, confortement à l'aide de techniques végétales à l'aval et d'enrochements libres à l'amont ;
- Etanchéification du canal à l'aval de la prise d'eau par pose d'une canalisation.

Le plan de masse joint en annexe localise et décrit tous les aménagements.

7. DESCRIPTION DÉTAILLÉE

7.1. CONTRAINTES ET DIMENSIONNEMENT

7.1.1. Élargissement du cours d'eau

Nous pouvons estimer la stabilité d'un lit grâce au rapport L/H et le principe de RAMETTE:

$$L/H = \frac{\text{largeur du lit en eau}}{\text{Hauteur d'eau}}$$

Selon le principe de Ramette, si le rapport L/H est inférieur à 12 à 15, le lit est trop resserré (étroit) et a tendance à se creuser au regard des vitesses fortes induites.

Ce rapport a été déterminé au niveau des profils en travers levé lors de l'étude de faisabilité de 2017 (3 profils dans la zone de divagation en amont du seuil et 2 profils à l'aval), la hauteur d'eau ayant été déterminée par modélisation.

En l'état actuel, ce rapport est inférieur à ce seuil à l'aval du seuil, pour un débit supérieur à 3 à 10 m³/s, ce qui représente des crues courantes de période de retour inférieure à 2 ans en termes de débits moyens journaliers (voir figure ci-dessous). En revanche, environ 80 m à l'amont du seuil, la largeur du cours d'eau semble suffisante.

Le faible rapport L/H observé à l'aval du seuil explique certainement en partie l'incision du lit observée sur ce secteur.

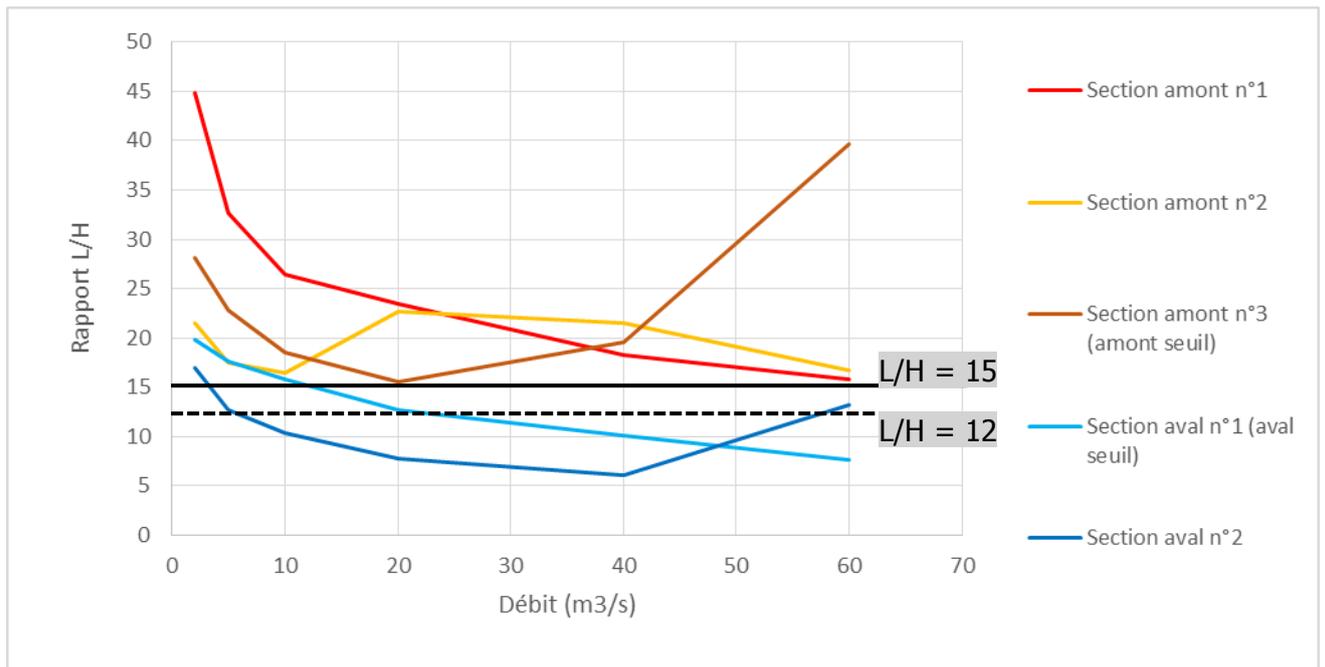


Figure 10 : Rapports L/H en fonction du débit pour différentes sections de l'Estoublaise, en amont et en aval du seuil.

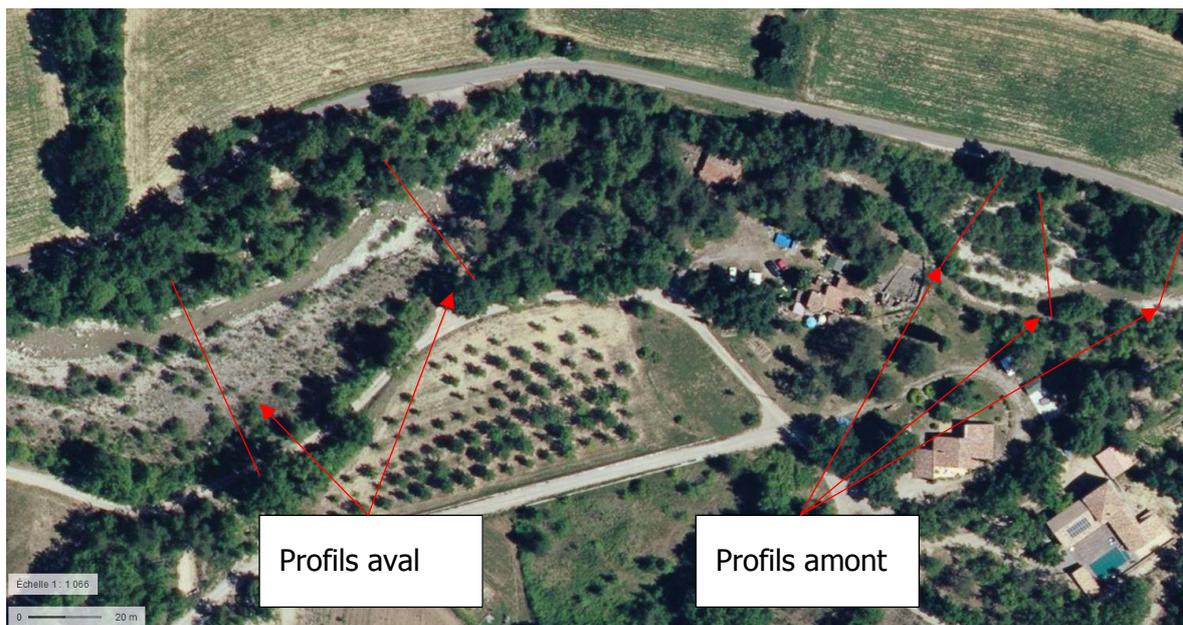


Figure 11 : Localisation des profils en travers.

Afin de déterminer la largeur du cours d'eau nécessaire pour limiter le risque d'incision, nous représentons ci-dessous la largeur minimale nécessaire du lit pour un rapport L/H=15. Une section du lit rectangulaire a été considérée.

Les largeurs de cours d'eau nécessaires pour limiter le risque d'incision sont de l'ordre de :

- 12 m pour des crues de période de retour inférieure à 10 ans (débits journaliers) ;
- 17 m pour des crues de période de retour inférieure à 100 ans (débits journaliers) .

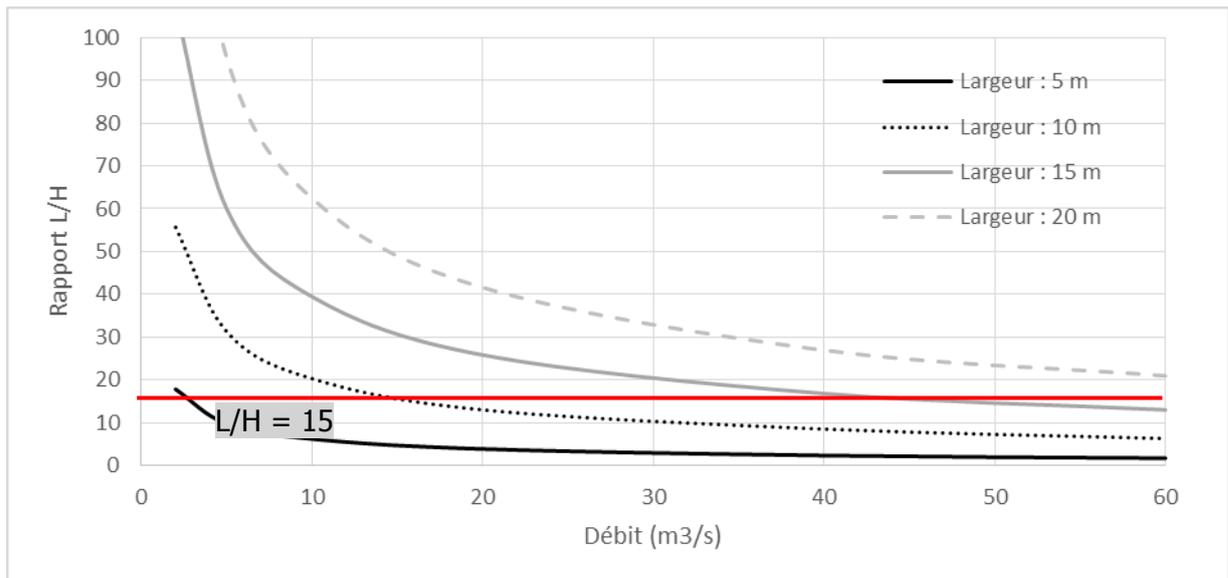


Figure 12 : Rapport L/H en fonction de la largeur du cours d'eau et pour différents débits.

Ces largeurs minimales théoriques peuvent être comparées aux largeurs de la bande active observées actuellement le long de l'Estoublaise, en amont et en aval du secteur considéré, ainsi qu'aux largeurs historiques. La plus vieille photographie aérienne disponible, qui date de 1939, permet de remonter près de 80 ans en arrière.

La présence de la route le long du cours d'eau et d'un couvert végétal important limite la portée de l'analyse aérienne. Toutefois, il peut être constaté que :

- La largeur de la bande active a diminué entre 1939 et 1994, mais également entre 1994 et aujourd'hui. Des largeurs comprises entre 25 et 50 m étaient observées en 1939, contre 15 à 30 m en 1994 et 8 à 30 m actuellement.
- En 1939, il existait déjà un facteur deux entre les largeurs de bande active mesurées selon les secteurs (25 m à 50 m), ce qui pouvait déjà être attribué en partie à des facteurs anthropiques. Ainsi, des digues le long de l'Estoublaise sont mentionnées lors de la crue de 1886. Certains rétrécissements paraissent toutefois être naturels, comme en amont du seuil, les habitations en rive gauche n'étant pas encore construites.
- La largeur de la bande active a encore diminué et la végétalisation du lit s'est accrue depuis le cliché de 1994 qui est représentatif de la situation lors de l'aménagement du seuil qui date de 1992.

La largeur de la bande active a certainement diminué dans le temps en raison de l'activité humaine directe (création de digues), mais également en raison de facteurs climatiques et de la déprise rurale (augmentation de la couverture forestière et diminution du pâturage). Il demeure difficile de distinguer la contribution relative de ces différents facteurs, même si localement, l'influence humaine est évidente. Ainsi l'habitation présente en rive gauche au droit du seuil a été construite dans le lit mineur du cours d'eau, réduisant d'autant celui-ci. Le seuil construit en 1992 semble également avoir entraîné une forte diminution de la largeur de la bande active à l'aval immédiat, ce qui est visible en comparant l'image aérienne de juin 1994 et l'image actuelle. La bande active est passée sur ce secteur d'environ 40 m en 1939 à 20 à 30 m en 1994 et à moins de 10 m actuellement.

Toutefois, le fait que la crue morphogène du 7 janvier 1994 n'ait pas permis de rétablir la bande active de 1939, montre bien que la diminution de la bande active est une vraie tendance historique. Cette tendance à la diminution des bandes actives, à la disparition des tresses et à l'incision des lits est bien connue à l'échelle des Alpes.

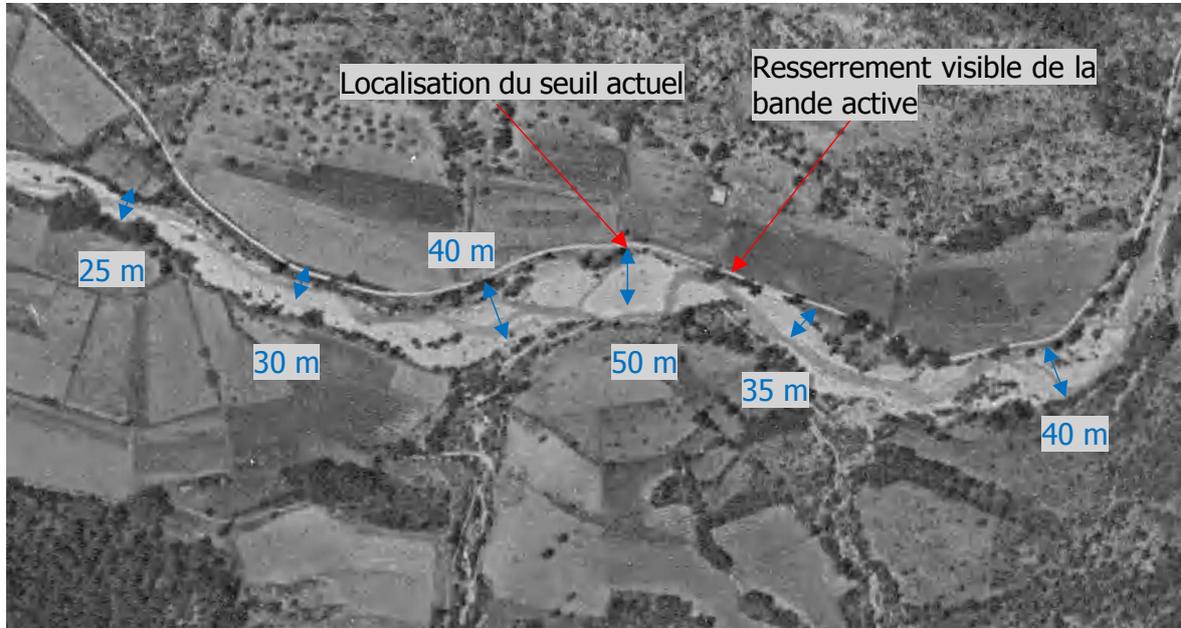


Figure 13 : Vue aérienne du secteur en 1939 (Source : remonter le temps de l'IGN).

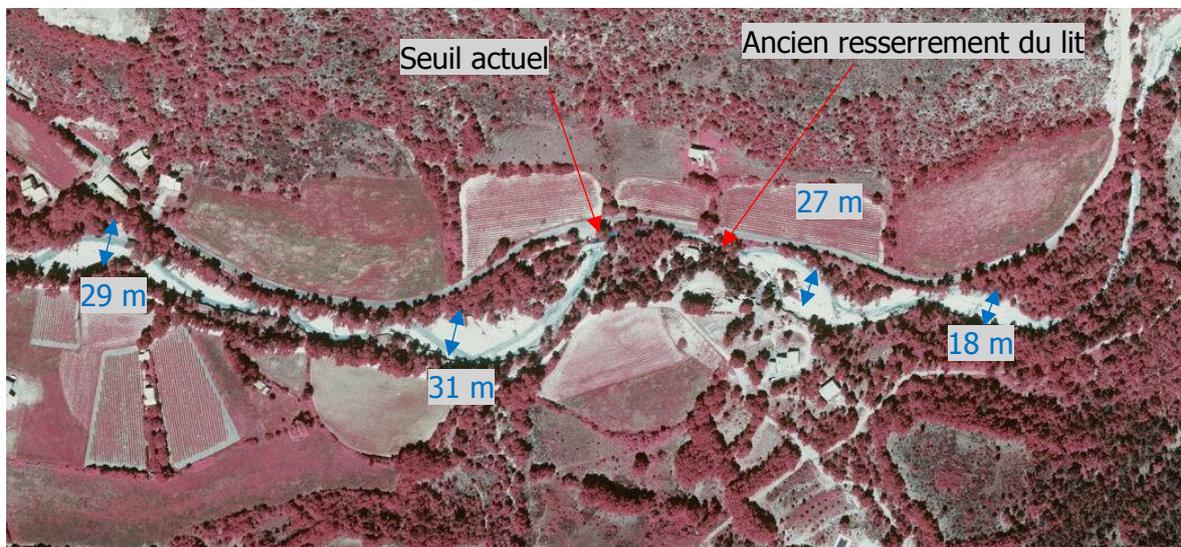


Figure 14 : Vue aérienne de 1994 (Source : remonter le temps de l'IGN).

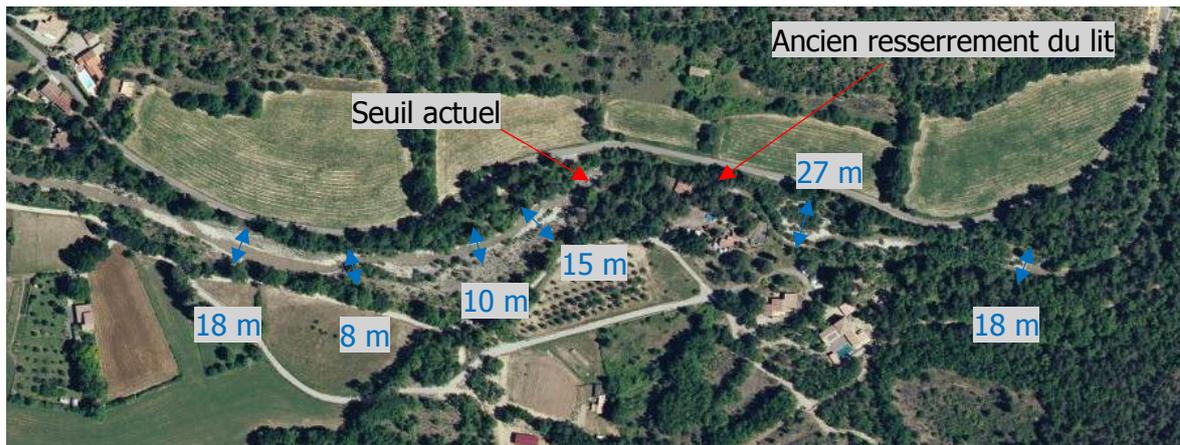


Figure 15 : Vue aérienne de 2014 du secteur (Source : géoportail).

On notera que l'étude ETRM propose de porter la largeur du cours d'eau à une vingtaine de mètres, ce qui correspond à peu près à la largeur maximale de la bande active actuellement visible à l'aval du seuil, tandis qu'une largeur de seulement 12 m avait été retenue dans l'étude de faisabilité.

Une largeur de 12 m nous semble trop faible au regard des largeurs historiques et de la largeur nécessaire pour laisser passer une crue centennale sans incision trop importante du lit. En revanche, nous ne proposons pas de revenir aux largeurs historiques de 40 à 50 m. En effet, ces largeurs ne sont plus observées à l'aval ou à l'amont, ce qui s'explique probablement en grande partie par les changements historiques de climat et de couvert végétal, entraînant la diminution de la fréquence des crues et des apports solides. L'élargissement est également contraint par la présence de maisons en rive gauche à l'amont du seuil et par le point de resserrement « naturel » du lit déjà observable en 1939.

Nous proposons donc de retenir une largeur minimale du fond du cours d'eau de 17 m, théoriquement suffisante pour laisser passer la crue centennale. Une pente douce sera également donnée à la berge en rive gauche, afin de disposer d'une largeur d'écoulement de l'ordre de 20 m en crue. Une largeur de fond du lit légèrement moindre (de l'ordre de 15 m) devra toutefois être donnée au secteur situé au droit de l'ancienne zone de resserrement du lit, en raison du peu d'espace disponible à cet endroit.

Afin d'élargir le cours d'eau, il sera nécessaire de détruire la maison (cabanon) présente en rive gauche au droit du seuil. Celle-ci a été construite dans le lit mineur du cours d'eau et n'est pas habitée.

7.1.2. Reprofilage longitudinal du cours d'eau

Le principal objectif de l'arasement du seuil est de rendre la dévalaison et la montaison de nouveau possible. Il est donc important d'araser le seuil jusqu'à une côte qui permette l'établissement d'un nouveau profil régulier du cours d'eau, sans qu'un nouveau seuil ne se forme. Afin de dimensionner les ouvrages de protection de berge (profondeur du sabot notamment), il est également important de déterminer quel sera le profil d'équilibre futur du cours d'eau.

Le profil en long de 1.5 km levé dans le cadre de l'étude de faisabilité de 2017 montre que la pente actuelle à l'amont du seuil (sur 405 m) est de 1.2 % tandis que la pente à l'aval (sur 1075 m) est de 1.35 %. Cela explique la valeur de 1.3 % retenue dans le cadre de

l'étude de faisabilité. Toutefois, l'étude ETRM de 2003 a estimé une pente moyenne du cours d'eau dans le secteur de 1.5 %, ce qui correspond parfaitement à la pente globale calculée à partir du profil en long de 1.5 km si l'on prend en considération le seuil. On notera également qu'entre la sortie des gorges de Trévans et le ravin de Graie, la pente moyenne est de l'ordre de 3%.

Considérant que le seuil a entraîné un déséquilibre vis-à-vis du transport solide (incision en pied), il nous semble plus pertinent de retenir une pente d'équilibre du cours d'eau dans le secteur du seuil de 1.5% dans la présente étude.

En considérant une telle pente et en la superposant au profil en l'état aménagé actuel, on observe que le point d'inflexion sur le seuil se situerait aux alentours de la côte 541.7 m. Cette côte est voisine de la côte proposée antérieurement d'arasement du seuil à 541.6 m. **La côte d'arasement de 541.6 m semble donc pertinente et devrait permettre à terme la suppression de la rupture de pente.** Ce rééquilibrage ne se fera toutefois à l'échelle du cours d'eau qu'à moyen terme, à l'issue d'une succession de crues.

Afin de caler les ouvrages de protections de berges et pour rendre le seuil franchissable pour les espèces piscicoles dès la fin des travaux, l'aval du seuil devra également être partiellement remblayé, et l'amont déblayé, à minima sur la zone qu'il est prévu de conforter en berge. Ces travaux de remblaiement et déblaiement pourront s'effectuer en même temps que les travaux d'élargissement et de protection de berge. Pour que le cours d'eau demeure franchissable à la montaison pour la truite, la pente du cours d'eau ne devra pas excéder 5% à l'issue des travaux.

7.1.3. Nature de la protection de berge :

Afin de fixer les berges au droit du seuil, il est nécessaire de conforter celles-ci. Plusieurs techniques peuvent être employées, des techniques végétales et des techniques plus lourdes faisant par exemple appel à des enrochements.

Le calcul de la contrainte tractrice permet de quantifier l'érodabilité des berges et, éventuellement, les techniques végétales appropriées pour stabiliser ces berges. La contrainte tractrice s'exprime comme :

$$T = R \cdot i \cdot \rho \cdot s$$

Où R est le rayon hydraulique (m), i est la pente, la masse volumique de l'eau et s un facteur qui prend en compte la sinuosité du cours d'eau (considéré égal à 1.1).

Pour une largeur de cours d'eau comprise entre 12 m et 17 m, on obtient une force tractrice moyenne maximale comprise entre 90 et 110 N/m². Cette force tractrice est compatible avec une protection de berge en génie végétal et des ouvrages de type fascines de saules, dont la contrainte limite est de l'ordre de 250 N/m² (Source : Génie végétal en rivières de montagne, Geni Alp).

Nous proposons donc d'employer en protection de berge des boutures de saules dans les secteurs à enjeux moindre (rive gauche en aval des maisons) et des enrochements dans les secteurs à enjeux plus fort (rive gauche en amont des maisons et soutènement de la route en rive droite).

Blocométrie des enrochements :

La formule du CEMAGREF nous permet de calculer le diamètre et le poids moyen de la blocométrie minimale à mettre en place dans le cours d'eau de l'Estoublaise, dans le cas d'enrochements libres et sans prise en compte des courbes.

Formule du CEMAGREF :

$$D \geq \frac{A}{s-1} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Avec :

- A : coefficient de turbulence =1.4
- S : Densité du bloc (2.6 t/m³)
- V : Vitesse d'écoulement

L'application de cette formule conduit à la blocométrie moyenne suivante :

Diamètre moyen (m)	0.9 à 1.1
Poids moyen (T)	1 à 1.8

Ces calculs montrent que des enrochements libres suffisent à protéger les berges.

Profondeur de la fouille :

Le calcul de la profondeur théorique d'affouillement en crue (formule de ramette) donne une profondeur de l'ordre de 1.5 m.

Hauteur de la protection de berge :

En crue centennale, pour une section passante de l'ordre de 17 m, le niveau d'eau attendu est de l'ordre de 1.5 m pour le débit maximum journalier (69 m³/s) et de 2 m pour le débit de pointe (118 m³/s). Il paraît donc nécessaire de conforter les berges sur une hauteur d'au moins 1.5 m.

Cas du mur maçonné en rive droite :

L'étude géotechnique menée sur le mur (SAS Geotechnique, 2019) a mis en évidence un défaut de fondation au niveau du mur existant : la côte du fond du lit est voisine du niveau du pied du mur. Le mur devra donc faire l'objet d'un confortement en pied.

7.1.4. Gestion de la prise d'eau

Plusieurs solutions ont été envisagées lors de l'étude de faisabilité :

- Pompage dans la nappe de l'Asse ;
- Création d'une nouvelle prise d'eau à l'aval du seuil actuel avec installation d'une pompe pour remonter les eaux ;
- Maintien de la prise d'eau à l'emplacement actuel, mais à la côte 541 m, avec reprise intégrale du canal sur au moins 200 m de longueur.

Aucune de ces solutions n'est idéale. Les principales difficultés sont les suivantes :

	Difficultés
Pompage dans la nappe de l'Asse	Coût lié au fonctionnement de la pompe
Création d'une nouvelle prise d'eau	Coût lié au fonctionnement de la pompe et difficultés d'entretien du puisard, problématique de la dévalaison non résolue

Maintien de la prise d'eau	Prise d'eau à dégraver fréquemment, problématique de la dévalaison non résolue, manque de place pour le surcreusement du canal
----------------------------	--

Afin de réduire les coûts d'exploitations, il nous semble plus pertinent de déplacer la prise d'eau vers l'amont et d'alimenter celle-ci par le biais d'un merlon fusible qui pourra être régulièrement repris. Ainsi, il ne sera pas nécessaire de toucher au canal actuel ni au dispositif de surverse.

Considérant un arasement du seuil à la côte 541.6 m le tableau ci-dessous montre l'allongement minimum à prévoir pour le canal en fonction de sa pente :

Pente du canal	Allongement minimal à prévoir
0.1% (pente minimale)	70 m
0.8% (pente du canal actuel)	140 m

Afin de minimiser l'ampleur des travaux, nous proposons de prolonger le canal en dur jusqu'à l'amont du mur en pierre maçonné qui protège la route, soit sur une longueur d'environ 65 m, avec une pente d'environ 1/1000. La tête du canal sera positionnée à la côte 543 m. L'altitude du fond du lit au voisinage de la tête du canal devant être voisine de 542.8 m, un merlon devra être réalisé (et entretenu) dans le cours d'eau sur une longueur de 10 à 30 m.

Le prolongement en dur du canal devra être positionné contre la berge rive droite et, en particulier, contre le mur de soutènement de la route. Celui-ci sera donc intégré au sein des enrochements de protection de berge.

Le débit de prise du canal reste encore à fixer. Ce débit de prise sera égal au débit de dévalaison augmenté du nouveau débit de prise autorisé de l'ASA (qui est encore en discussion). Nous considérerons par la suite un débit maximal de prise en tête du canal de 40 l/s (15 l/s pour la dévalaison et 25 l/s pour l'ASA).

Le canal sera légèrement surdimensionné afin de conserver une revanche en cas de colmatage. Pour une largeur de canal de 0.5 m, la hauteur d'eau maximale théorique serait inférieure à 20 cm pour un débit de prise de 40 l/s. Nous proposons de surélever le mur du canal de 40 cm par rapport au fond, ce qui devrait donc être largement suffisant. Un tel gabarit sera relativement facile à curer. Sur les 20 mètres amont, la surélévation passera toutefois progressivement de 40 cm à l'aval à 70 cm à l'amont, afin de limiter le risque de débordement des eaux dans le canal aux seules crues importantes.

Une vanne de fermeture sera également intégrée en tête de l'ouvrage de prise afin de limiter le risque de colmatage du canal en cas de crue, pour réguler le débit de prise amont et afin de pouvoir fermer la prise en dehors de la période de fonctionnement légale de celle-ci. Cette vanne prendra la forme d'un simple batardeau en bois (qui devra rester réglable) et sera donc facilement remplaçable en cas de dégradation.

La vanne de prise existante ainsi que le batardeau feront l'objet d'une campagne de jaugeage pour être calibrés. Une échelle limnimétrique sera installée à l'amont de chacune de ces deux vannes pour pouvoir assurer un contrôle ultérieur du débit.

7.1.5. Étanchéification du canal existant

Plusieurs solutions sont possibles pour étanchéifier le canal à l'aval de la prise d'eau actuelle, sur le tronçon d'environ 300 m jusqu'aux premières parcelles desservies où le canal est en terre :

- Étanchéification du fond par ajout d'une membrane imperméable ou bétonnage ;
- Busage du canal.

Dans le premier cas, le risque est que cette membrane ne se perce lors des travaux d'entretien du canal (cas d'un géotextile), tandis que le bétonnage du fond du canal reviendrait trop cher par rapport au budget alloué pour les travaux.

Dans le deuxième cas, le problème principal est lié au risque de colmatage de la canalisation. Ce risque peut toutefois être limité si un entretien régulier est réalisé et si une fosse en tête de la canalisation permet un premier dépôt des matériaux. Il s'agit donc de la solution préconisée.

Le diamètre minimal théorique à donner à la canalisation est fonction du type d'écoulement, de la pente et du débit. Dans le cas d'une canalisation non mise en charge, le diamètre de la canalisation nécessaire pour laisser passer un débit de 25 l/s serait le suivant :

Pente	Diamètre de la canalisation
0.1 %	315 mm
0.8 %	250 mm

La pente du canal à étanchéifier étant de 0.8%, une canalisation de 250 mm de diamètre sera suffisante. Des regards devront être ajoutés afin de faciliter l'entretien de la canalisation, qui sera construite en PVC afin de minimiser les coûts.

En tête de la canalisation, le regard de prise devra permettre le dessablage et, pour cela être suffisamment profond. Pour permettre le dépôt des particules de plus de 1 mm de diamètre, la vitesse dans cette fosse ne doit pas excéder 0.1 m/s. La surface d'écoulement doit donc être supérieure à 0.15 m².

Au vu de l'importante végétation présente au droit du canal actuel et afin de faciliter la pose de la canalisation, nous proposons de déporter le tracé du canal au nord de la route départementale. Une tranchée devra donc être creusée puis remblayée. Elle franchira la route deux fois.

7.1.6. Gestion de la dévalaison

La solution proposée de prolongement du canal ne résoudra pas la problématique de la captation des poissons par la prise d'eau. Afin de résoudre ce problème, il est prévu d'installer une grille orientée dans le canal au droit de la surverse existante.

Cette grille devra être orientée par rapport à la direction de l'écoulement afin de rediriger les poissons vers la surverse. Au vu du faible débit prélevé, l'impact de la grille sera limité en termes d'élévation du niveau d'eau, même en cas de colmatage important de cette dernière.

La perte de charge au travers d'une grille orientée à barreaux peut se calculer à l'aide de la formule suivante (Raynal, 2013) :

$$\Delta H = \frac{V^2}{2g} * [A * \left(\frac{O}{1-O}\right)^{1.6} * (1 + C * \left(\frac{90-\alpha}{90}\right)^{2.35} * \left(\frac{1-O}{O}\right)^3)]$$

Où O est le degré d'obstruction global (entretoise, barreaux et colmatage), et A et C liés à la forme des barreaux.

Si l'on suppose une grille orientée à $\alpha=45^\circ$ par rapport à la direction de l'écoulement, l'absence de surverse latérale (et donc un niveau d'eau dans le canal très bas, ce qui est peu probable à cause du seuil présent en tête de surverse) et pour un taux global d'obstruction de la grille de 30 %, la perte de charge en fonction du colmatage peut être visualisée dans le tableau ci-dessous, pour un débit de 30l/s (le futur débit de prise sera inférieur) :

Débit = 0.03 m³/s	Grille propre	Grille colmatée									
		5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
Colmatage	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
ΔH (cm)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5

La perte de charge demeure donc négligeable, même pour un colmatage de la grille important. Il est donc possible de prévoir un écartement inter-barreaux très fin, pour tenir compte des enjeux élevés (apron, chabot). Un entretien régulier de celle-ci en période de fonctionnement de la prise d'eau sera toutefois à prévoir.

Pour que le dispositif soit efficace, il est également nécessaire d'assurer des conditions de dévalaison satisfaisante (débit suffisant, absence de chute).



Figure 16 : Vue de la surverse existante (en haut à gauche) et du point de déversement dans le cours d'eau (droite).

Actuellement, le seuil de surverse mesure 1.10 m de largeur et a une hauteur de 18 cm par rapport au fond du canal. Cette hauteur est potentiellement réglable (batardeau). La surverse coule ensuite sur une dalle en enrochements bétonnés pentée vers le cours d'eau. Il s'agit donc d'assurer une hauteur d'eau suffisante sur ces enrochements.

Enfin, se pose la problématique du débit : augmenter le débit de dévalaison revient à augmenter le débit de prise en amont du canal, au détriment du cours d'eau dans le tronçon court-circuité de 70 m. Il s'agit de trouver un compromis. On notera qu'il n'est pas proposé de gérer la dévalaison à l'amont du canal, en raison de la vulnérabilité du site aux crues.

7.2. ARASEMENT DU SEUIL

Le démantèlement commencera par la démolition de la chambre de captage. Le seuil sera ensuite progressivement démantelé depuis l'amont. Les enrochements seront entièrement démontés et provisoirement stockés avant d'être réutilisés pour le confortement de la berge en rive droite et en rive gauche. Le fond du lit sera ensuite remblayé jusqu'au fond du lit projet.

Le principe de maintien d'une barrette en fond, envisagé initialement, a été abandonné à la demande de la DDT.

On peut estimer le volume d'enrochements récupérés au fond du lit, en rive droite et en rive gauche à au moins 250 m³.

7.3. CONFORTEMENT DE LA BERGE RIVE DROITE ET PROLONGEMENT DU CANAL

À l'aval de la prise d'eau actuelle et jusqu'au point d'inflexion du cours d'eau, les enrochements libres présents en rive droite seront démontés afin d'être repositionnés selon la coupe type ci-dessous. Un sabot en enrochements libre sera fondé 1.5 m sous le fond du lit et s'avancera de 3 m dans le cours d'eau. On notera que le sabot pourra être constitué par les enrochements déjà en place. Il est proposé de conforter les berges sur une hauteur de 2 m par rapport au fond projet, ce qui permettra d'offrir une protection pour le pic de la crue centennale à long termes et pour le débit journalier centennal dans la situation après projet (où le fond du lit sera 0.5 m au-dessus du lit théorique à long terme).

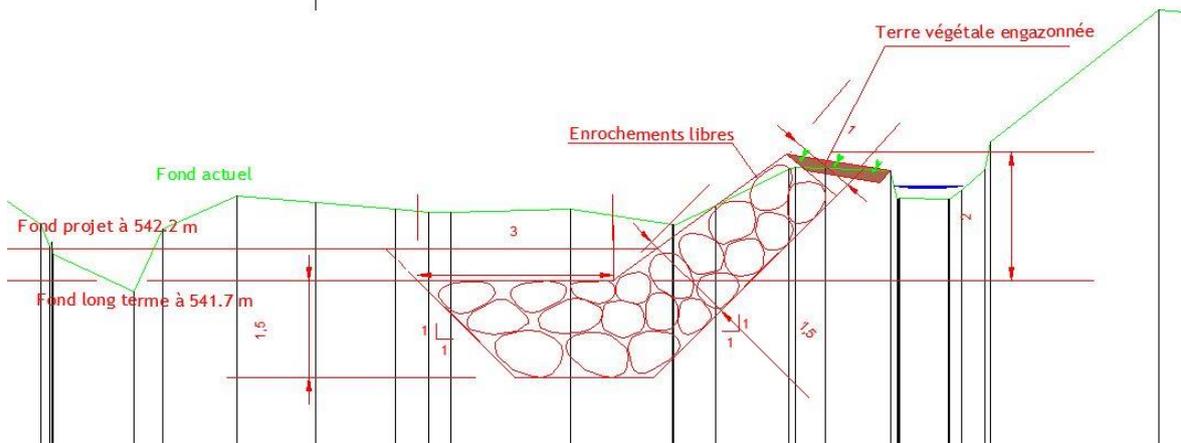


Figure 17 : Vue en coupe de la protection de berge prévue en rive droite à l'aval de la prise d'eau actuelle et jusqu'au point d'inflexion.

Sur la partie comprise entre la prise d'eau actuelle et le mur de soutènement de la route départementale (environ 35 m), la berge sera confortée avec un mur en enrochements bétonnés protégé en pied par un sabot en enrochements libres également fondé 1.5 m sous le fond futur du cours d'eau. À l'amont, ce mur sera directement adossé au mur de soutènement de la route existant (sur environ 30 m). Il servira à limiter le risque d'affouillement de celui-ci. La longueur totale de berge protégée sera donc de l'ordre de 65 m. Sur les 20 m amont, un coffrage béton existe déjà en pied de mur. Le canal sera appuyé dessus. Les coupes types sont présentées ci-après.

L'étude géotechnique réalisée (SAS Géotechnique, 2019) a mis en évidence la non-stabilité du mur en phase de terrassement. L'étude géotechnique préconise donc de réaliser les travaux de terrassement par passes de 2 m et de prévoir sur site, par sécurité, un petit stock d'enrochements afin d'être en mesure de bloquer rapidement toute instabilité.

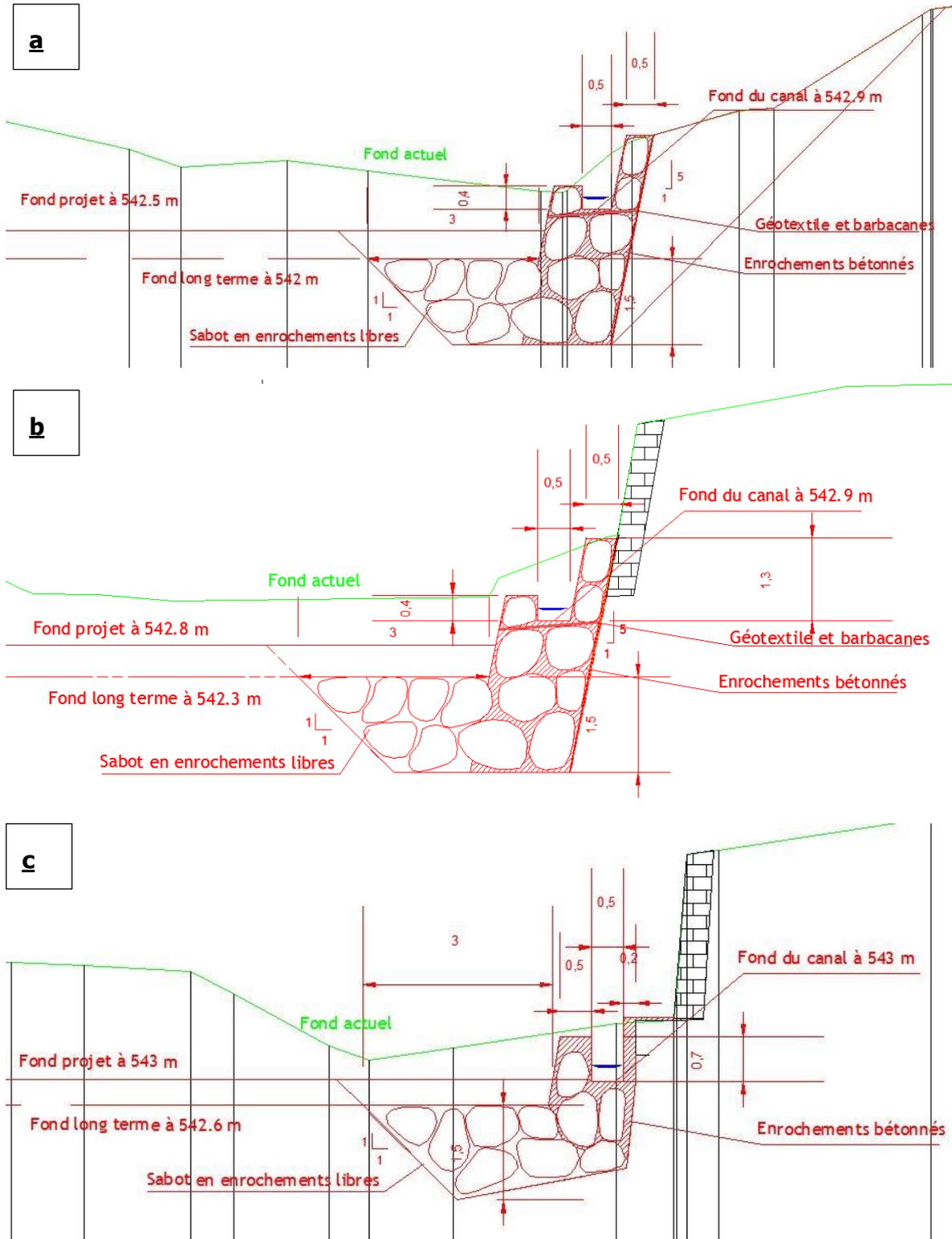


Figure 18 : Vue en coupe du confortement du mur à l'aval (au-dessus, coupe a), sur la partie médiane (au-milieu, coupe b) et à l'amont (au-dessous, coupe c).

Le prolongement du canal sera penté à 1/1000 et la prise d'eau sera positionnée à la côte 543 m et protégée en tête par un batardeau réglable. Ce batardeau ainsi que la vanne de prise existante devront être calibrés pour laisser passer le débit de prise autorisé.

À l'amont de la nouvelle prise d'eau, afin de stabiliser la berge qui sera reprise lors du reprofilage du lit, une technique de génie végétal devra être appliquée sur une longueur d'environ 30 m en amont de la prise d'eau. La pente de la berge sera de 3H/2V afin d'élargir au maximum le cours d'eau dans ce secteur. La coupe type du reprofilage est présentée ci-dessous.

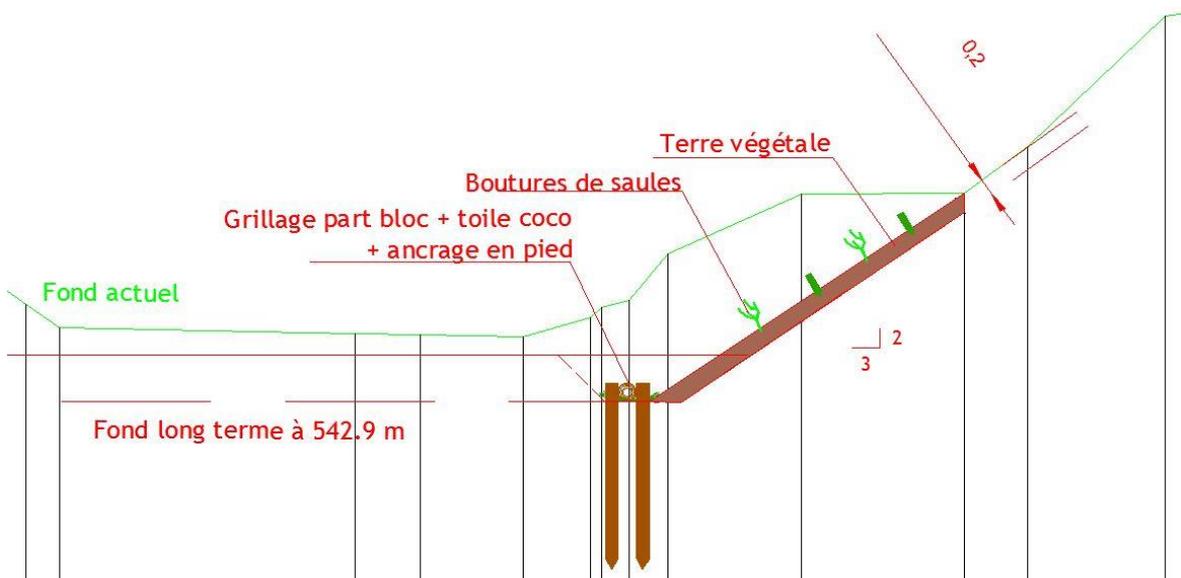


Figure 19 : Vue en coupe de la protection de berge en génie végétal prévue en rive droite à l'amont du mur de soutènement de la route départementale.

7.4. CONFORTEMENT DE LA BERGE RIVE GAUCHE

Sur la partie aval, la berge en rive gauche sera pentée à 2H/1V. Elle sera confortée à l'aide d'une technique en génie végétal (boutures de saules), selon la coupe type ci-dessous :

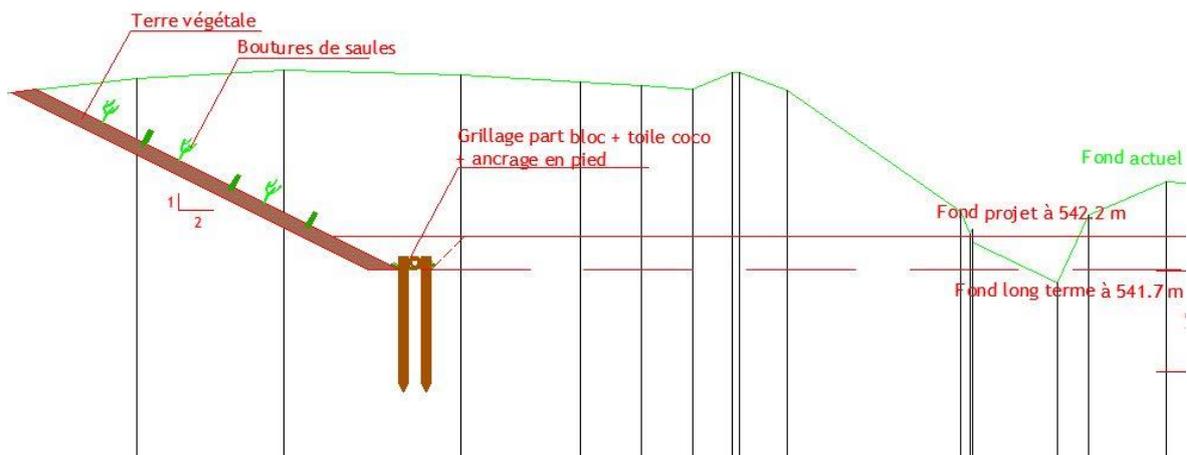


Figure 20 : Vue en coupe du reprofilage de berge prévu en rive gauche, au voisinage du point d'inflexion.

Sur la partie amont, dans l'extrados du cours d'eau, là où l'enjeu est plus important, le mur maçonné de protection de berge et les enrochements devront être repris sur une longueur d'environ 80 m pour prendre en compte l'abaissement du fond du lit. Des enrochements libres, avec un sabot positionné 1.5 m sous le fond futur du lit seront aménagés selon la coupe type ci-dessous. Dans un souci paysager, de la terre végétale et des boutures de saules seront fixées au sein des enrochements libres.

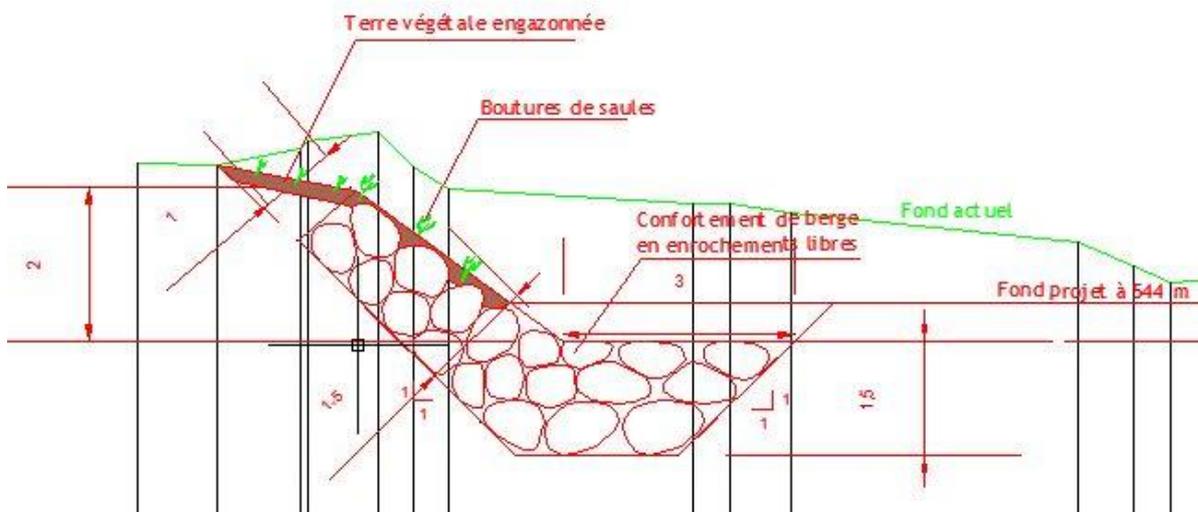


Figure 21 : Confortement de berge à l'aide d'enrochements bétonnés prévus en rive gauche au voisinage des habitations.

À l'amont, les enrochements seront raidis et bétonnés afin de se raccorder aux enrochements existants.

7.5. ÉLARGISSEMENT ET RECTIFICATION DU LIT

Afin de renaturer le cours d'eau, une coupe préalable de la végétation devra être menée. Les végétaux seront évacués.

Le lit sera ensuite élargi pour qu'il atteigne une largeur en fond de 17 m. L'aménagement d'une pente douce en rive gauche contribuera à offrir une section d'écoulement en crue de l'ordre de 20 m. On notera néanmoins que, sur un faible linéaire (environ 10 m) en amont

du mur de soutènement de la route départementale, en raison du peu d'espace disponible, la largeur du fond du lit ne pourra être augmentée au-delà de 15 m.

L'élargissement du lit nécessitera de détruire le cabanon existant en rive gauche. Cette destruction nécessitera la réalisation d'un diagnostic amiante et d'un désamiantage. Il sera également nécessaire de déplacer le coffret électrique vers la maison de Me Schmidt.

Sur l'emprise du projet, à l'amont du point d'inflexion sur environ 130 m et à l'aval sur environ 60 m, les matériaux alluvionnaires seront également décaissés en vue d'atteindre une pente du cours d'eau de 1.5%. Tous les matériaux décaissés à l'amont du point d'inflexion (de l'ordre de 2900 m³) seront repositionnés en partie dans le cours d'eau à l'aval du point d'inflexion et en partie le long du sommet de berge en rive gauche.

Cette partie du cours d'eau pentée à 1.5 % sera connecté à l'aval et à l'amont par des rampes en matériaux alluvionnaires ne dépassant pas 5%, afin de ne pas entraver la circulation piscicole à l'issu des travaux.

Le fond après projet sera positionné environ 0.5 m au-dessus du fond théorique d'équilibre, afin de permettre au cours d'eau de s'adapter progressivement et de limiter les déblais. Le sommet de la barrette sera donc situé 0.5 m sous le fond projet.

Le projet incluant une vue en plan et un profil en long est présenté en annexe.

7.6. BUSAGE DU CANAL

Un regard sera implanté dans le canal existant à l'aval de la partie maçonnée. Une canalisation PVC en diamètre 250 mm en partira, de la côte 542.7 m. Elle nécessitera le creusement d'une tranchée qui franchira la route et passera au nord de celle-ci avant de la franchir à nouveau à l'aval pour se raccorder au réseau existant. 3 autres regards seront implantés dans la canalisation, afin de faciliter l'entretien de cette dernière. La longueur totale à buser sera de l'ordre de 290 m.

Le tracé prévisionnel de la canalisation est représenté sur la vue en plan jointe en annexe.

7.7. DÉVALAISON

La grille orientée sera placée dans le canal, entre la surverse existante et la vanne située à l'aval. Nous proposons de retenir un espacement inter-barreaux de 8 mm. La grille présentera les caractéristiques suivantes :

Hauteur	0.5 m
Largeur	1.3 à 1.4 m
Orientation par rapport aux écoulements	45°
Espace inter-barreaux	8 mm
Largeur des barreaux	4 mm
Degré d'obstruction	33 %

Des barreaux avec une tête en forme de goutte d'eau pourront être utilisés, afin de limiter le colmatage et pour faciliter l'entretien.

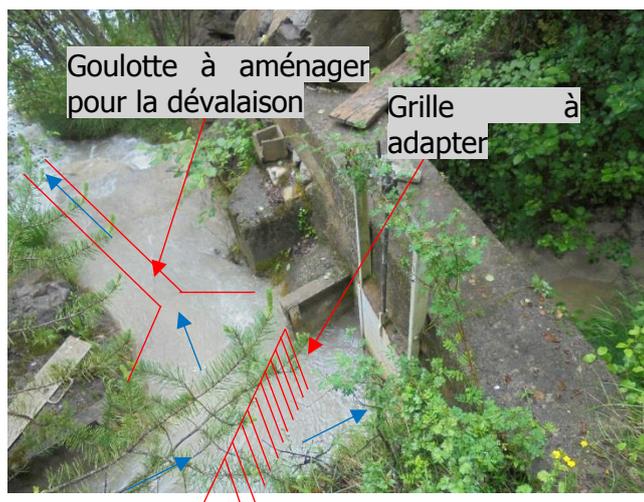


Figure 22 : Localisation de la grille.

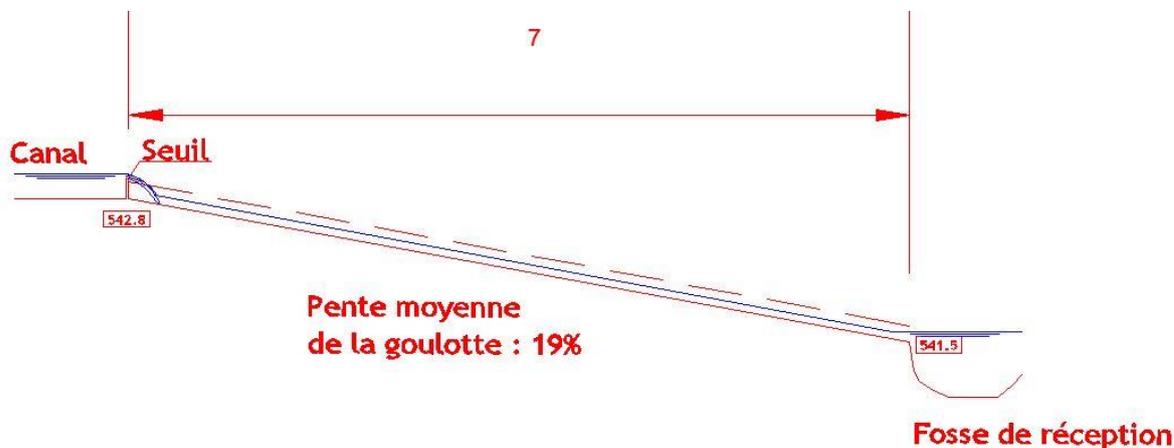
Nous proposons d'accorder un débit de 15 l/s à la dévalaison, afin de renforcer son attractivité sans que le débit du canal à l'amont ne dépasse 40 l/s (25 l/s pour le canal busé aval et 15 l/s pour la dévalaison, soit 37% du débit total). On notera que le QMNA5 est de 70 l/s, il ne devrait donc pas y avoir d'assec du cours d'eau dû au canal. En tout état de cause, en situation de faible débit à l'échelle du bassin de l'Asse, la DDT peut demander l'arrêt du prélèvement.

Le niveau d'eau au-dessus du seuil devra donc être de 4 cm pour respecter le débit de dévalaison de 15 l/s. L'ouverture à laisser sous la vanne sera à préciser ultérieurement lors de la campagne de calibration prévue, ce qui permettra l'ajustement de l'altitude du seuil.

La rampe actuelle, qui servira à la dévalaison, mesure 1 m à 1.5 m de large environ. Dans la situation projetée, l'altitude variera entre 542.8 m en haut de la rampe et 541.5 m en bas, soit une pente moyenne de 20 % pour une longueur d'environ 7 m.

Une goulotte bétonnée sera aménagée sur cette rampe, pour faire converger les écoulements en basses eaux. Le fond de cette goulotte sera constitué de galets pris dans le béton, afin de ralentir les écoulements.

Dans cette optique, nous proposons de réaliser sur la rampe en enrochement existante une goulotte de 15 cm de largeur, pour 15 cm de profondeur. Les galets en fond auront un diamètre de l'ordre de 70 mm. Environ 1 m³ de béton sera prévu pour l'aménagement. La hauteur d'eau attendue pour un débit de 15 l/s est de l'ordre de 7 cm. Un entonnement sera réalisé en aval du seuil pour concentrer les écoulements dans la goulotte.



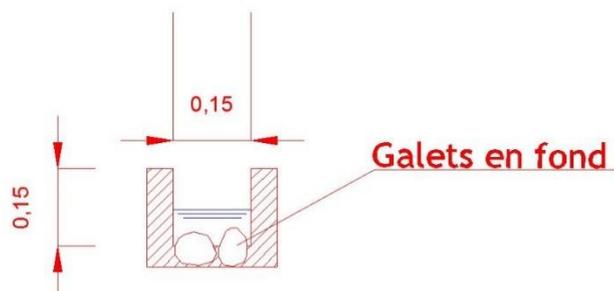


Figure 23 : Schéma de principe de la goulotte de dévalaison (profil en long au-dessus et coupe transversale en dessous).

Une fosse de réception d'au moins 0.5 m de profondeur sera aménagée à l'aval de la protection de berge, au sein des enrochements. **La goulotte et la fosse devront faire l'objet d'une validation par l'AFB, en cours de travaux.**

7.8. IMPACTS

7.8.1. Hydrologie

Le débit dans le canal se répartira comme suit :

- 40 l/s maximum dans la partie bétonnée du canal (65 m), en amont de la grille,
- 25 l/s maximum à l'aval,

L'impact du projet sur l'hydrologie de l'Estoublaise est indirect. En effet, le projet ne vise pas directement à modifier le débit de prise de l'ASA des canaux d'Estoublon. Toutefois, l'ASA prévoit de diminuer le droit d'eau, conformément au PGRE (un débit de prélèvement de 25 l/s est retenu dans le cadre de ce projet), tandis que 15 l/s transiteront également dans le canal, pour assurer la dévalaison.

La diminution du débit de prise est plutôt positive vis-à-vis de la vie aquatique dans l'Estoublaise.

En revanche, il est possible que l'étanchéification du canal compense en partie la diminution du débit de prise, une partie non négligeable des écoulements du canal retournant actuellement certainement vers le cours d'eau.

7.8.2. Hydraulique

Un modèle réalisé sous HECRAS permet de visualiser quel sera l'impact de l'arasement de la prise d'eau. La ligne d'eau au droit du seuil est modélisée pour une crue centennale (débits journaliers et de pointes) en situation actuelle, en situation de fin de projet et en situation projetée à long terme.

Les rugosités suivantes ont été prises en compte :

	Rugosité (Strickler)
Berges	12
Rampe en enrochement (seuil actuel)	14
Lit mineur	18

En situation actuelle, la maison/cabanon située en rive gauche dans l'ancien lit mineur est largement inondée en crue centennale. Il existe également un risque pour la maison située

sur la terrasse alluviale, avec des niveaux d'eau au pic de crue dépassant 547 m. Dès la fin de l'aménagement, la revanche vis-à-vis de la maison sera supérieure à 1 m en considérant la ligne d'eau. La revanche sera de 1.5 m en situation long termes. **À l'amont du seuil, l'aménagement engendrera donc un gain significatif vis-à-vis de la ligne d'eau et de la ligne de charge.**

Les niveaux d'eau suivants sont modélisés à l'amont immédiat du seuil actuel :

	Niveau d'eau en crue centennale (débits journaliers / de pointe)	Ligne de charge en crue centennale (débits journaliers / de pointe)
Situation actuelle	545 m / 545.2 m	545.2 m / 545.6 m
Fin de l'aménagement	544 m / 544.7 m	544.3 m / 545 m
Long terme	543.5 m / 544.1 m	543.8 m / 544.5 m

Les niveaux d'eau suivants sont modélisés au droit de la maison située en rive gauche, sur la terrasse alluviale (le plancher de la maison est à peu près à la côte 547 m) :

	Niveau d'eau en crue centennale (débits journaliers / de pointe)	Ligne de charge en crue centennale (débits journaliers / de pointe)
Situation actuelle	546.7 m / >547 m	546.8 m / >547 m
Fin de l'aménagement	545.5 m / 546.2 m	545.8 m / 546.5 m
Long terme	545m / 545.7 m	545.3 m / 546 m

À l'aval immédiat du seuil et du point d'inflexion, la ligne d'eau aura tendance à remonter avec la côte du fond. Les enjeux sont toutefois limités dans ce secteur et aucun débordement n'est à prévoir dans la situation après projet, tant en rive droite qu'en rive gauche. La hausse théorique importante du niveau d'eau doit être pondérée par le fait que la ligne de charge variera peu et que le chenal en rive gauche est actuellement alimenté en eau par l'amont pour un débit plus faible que dans la situation futur.

Les niveaux d'eau suivants sont modélisés à l'aval immédiat du seuil actuel :

	Niveau d'eau	Ligne de charge
Situation actuelle	542.2 m / 542.8 m	542.9 / 543.7 m
Fin de l'aménagement	543.4 m / 543.9 m	543.7 / 544.3 m
Long terme	543.1 m / 543.6 m	543.3 m / 544 m

On notera toutefois qu'il est difficile de modéliser précisément l'impact à long termes du projet loin en amont ou en aval du seuil. Cet impact sera toutefois limité, la modification la plus importante du profil en long se déroulant au voisinage du seuil. On peut également considérer que le cours d'eau reviendra à la situation initiale, pré-aménagement du seuil.

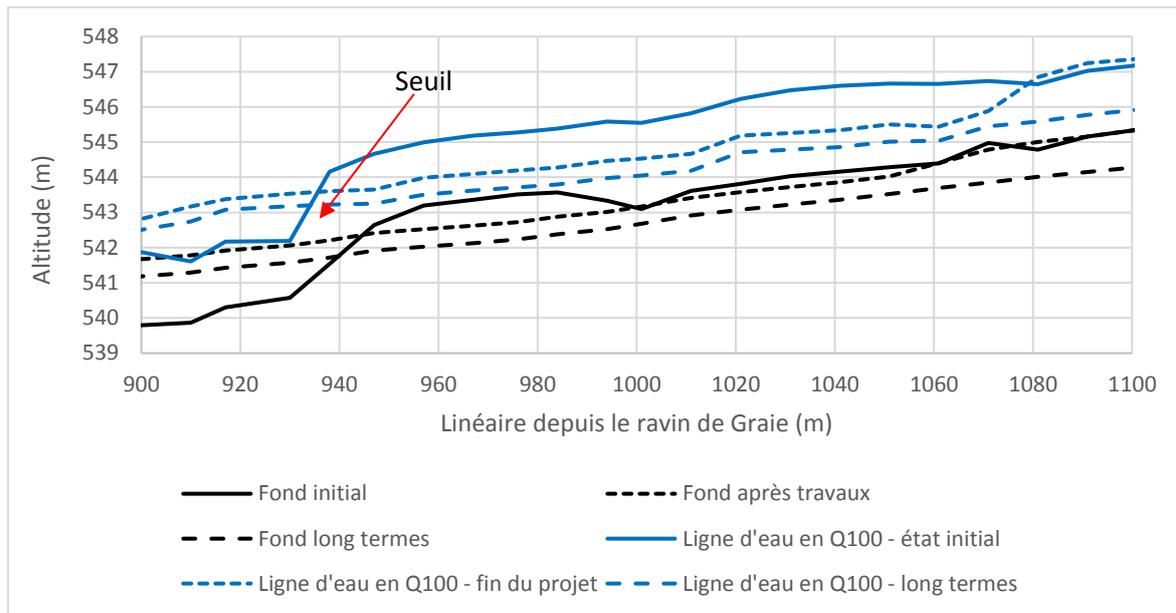


Figure 24 : Fond du lit et ligne d'eau en crue centennale (débits journaliers), à l'état actuel, après projet et à long terme.

7.8.3. Morphologie

L'impact sera plutôt positif. L'élargissement devrait en effet contribuer à limiter l'incision du cours d'eau qui est actuellement observée à l'aval du seuil.

Il est toutefois difficile de prévoir si le cours d'eau formera de nouveau des tresses. Au vu des images aériennes historiques, il semble en effet que le style en tresse disparaisse progressivement à l'échelle du cours d'eau. Des tresses temporaires pourraient toutefois se former au sein du secteur élargi.

7.8.4. Hydrogéologie

Une légère baisse du niveau de la nappe est à prévoir au droit du seuil, en raison de l'abaissement du cours d'eau. La baisse sera toutefois très localisée et aucun prélèvement en nappe n'est effectué au voisinage immédiat de ce seuil.

L'élargissement lié à la remontée du niveau d'eau à l'aval du seuil devrait en revanche contribuer à remonter la nappe phréatique alluviale sur ce secteur. La ripisylve sera de nouveau connectée à la nappe.

7.8.5. Faune piscicole

Le projet contribuera à améliorer la franchissabilité piscicole de par les facteurs suivants.

Ajout d'un déflecteur dans le canal de prise sous la forme d'une grille orientée :

- Diminution du risque de capture par la prise d'eau.

Arasement du seuil de prise :

- Diminution du risque d'impact à la dévalaison ;

- Rétablissement de la montaison.

PARTIE 4 : DÉROULEMENT DES TRAVAUX

1. PÉRIODE DE RÉALISATION

Les travaux en rivière doivent être réalisés en tenant compte des débits du cours d'eau et des périodes de travaux autorisées (interdiction des travaux en rivière entre le 1er novembre et le 15 mars dans le département des Alpes-de-Haute-Provence).

La période favorable par rapport aux débits se situe entre août et octobre, profitant de l'étiage estival et automnal. Cette période est également favorable vis-à-vis de la végétation est des espèces à enjeux potentiellement présentes à proximité du cours d'eau (chiroptères).

2. ACCÈS AU SITE

Le site est accessible par la rive droite et par la rive gauche. Les accès sont possibles sont précisés sur la figure ci-dessous :

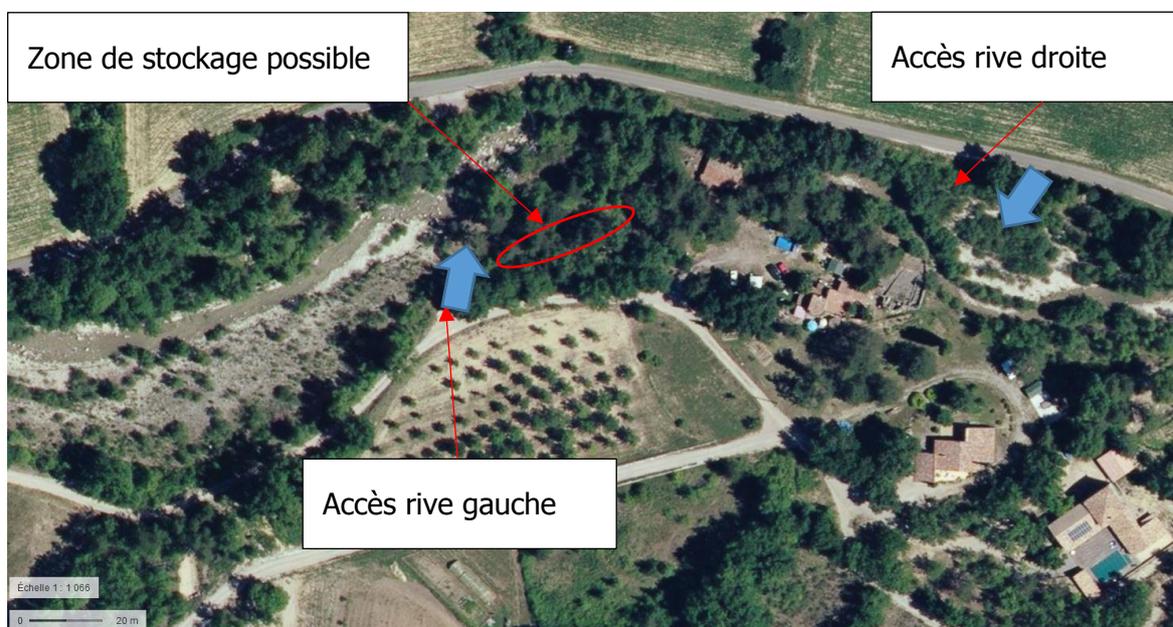


Figure 25 : Accès potentiels à la zone de travaux.

Au niveau de la rive gauche, une piste existe déjà, permettant l'accès à l'aval du seuil et au terrain à excaver en rive gauche. La zone de stockage des véhicules et du matériel pourrait se faire sur cette banquette située en rive gauche au droit du seuil.



Figure 26 : Vue de la piste d'accès en rive gauche.

Un deuxième accès serait possible à l'amont du seuil, depuis la rive droite, dans la zone où le cours d'eau se divise actuellement en 2 bras. Il serait nécessaire de construire une rampe d'accès.

3. DÉRIVATION DES EAUX ET PÊCHE DE SAUVETAGE

Les modalités de dérivations des eaux et des pêches de sauvetages devront être définies avec les services de l'État avant le début des travaux.

Il sera possible de travailler par demi-largeur. Le déroulement prévu des travaux est le suivant :

1. Déforestation de la rive gauche, destruction du cabanon et déblai de la berge, création d'un chenal permettant l'écoulement des eaux ;
2. Confortement de la rive droite en amont du seuil et prolongement du canal ;
3. Arasement du seuil, récupération des matériaux pour le confortement de la berge rive droite et de la barrette ;
4. Déviation du lit vers la rive droite ;
5. Confortement de la rive gauche ;

Chaque phase de dérivation des eaux sera précédée d'une pêche de sauvetage.

4. MATÉRIAUX EXCÉDENTAIRES

Le chantier sera excédentaire en matériaux. Ces matériaux sont a priori de bonne qualité et seront donc redispesés sur site :

- une partie pour combler l'enfoncement du lit actuel à l'aval du seuil ;
- une partie disposée en cordon le long de la berge en rive gauche dans l'anse d'érosion à l'aval du seuil. **Il devra être fait attention à ne pas déposer les matériaux sur les boutures de saules existantes**, ce secteur ayant été aménagé dans le passé avec des épis et du génie végétal.

5. MATÉRIAUX DEVANT ÊTRE ÉVACUÉS EN DÉCHARGE :

Il s'agira principalement de morceaux de béton et de ferrailles issus du démantèlement de la prise d'eau et du cabanon. Ils seront redirigés vers un site de décharge agréé.

6. ASPECTS RÉGLEMENTAIRES

Pour les travaux en rivière nous rappelons les procédures réglementaires applicables :

- Dossier d'autorisation environnementale.
- DIG (Déclaration d'Intérêt Général) : permet de justifier la dépense de fonds publics pour un terrain privé et la participation financière des riverains.
- Dossier d'incidence Natura 2000.

La DDT a acté qu'au vu des espèces potentiellement présentes et de la nature limitée de l'intervention, un inventaire naturaliste spécifique ne sera pas nécessaire.

Une discussion devra être menée avec les services de l'Etat afin de déterminer si une étude d'impact est nécessaire.

Enfin, une discussion avec les propriétaires sera également nécessaire afin de déterminer si une partie des terrains doivent être rachetés, ce qui nécessiterait alors une DUP (déclaration d'utilité publique).

PARTIE 5 : NATURES DES MATÉRIAUX ET PRODUITS

1. ENROCHEMENTS

Les enrochements seront constitués par des blocs compacts, non fissurés, anguleux et de forme parallélépipédique (forme sphérique exclue).

Les matériaux utilisés devront être constitués de roche saine et répondant aux exigences de la norme NF EN 13 383 d'août 2003.

Les essais doivent être réalisés conformément aux dispositions définies dans les documents suivants :

- norme NF EN 13 383-1 enrochements spécifications
- norme NF EN 13 383-1 enrochements méthode d'essais
- norme FD p18 662 guide d'utilisation des normes NF EN 13 383-1 et NF EN 13 383-2

L'entreprise devra notamment apporter les éléments suivants :

- Masse volumique >2.30 T/m³
- Résistance à la fragmentation > 80 Mpa (catégorie CS80)
- Résistance à l'Usure : Micro deval <30 (catégorie MD30)
- Résistance au gel dégel : (absorption d'eau <0.5% (catégorie WA0.5))

Les enrochements auront la blocométrie suivante :

- Enrochements libres : 1 T < P < 1.8 T - poids moyens 1.3 T

2. BÉTON

Les bétons devront répondre à la classification suivante (selon la norme NF EN 206-1) :

- Classe d'exposition : XF 3
- Classe de résistance minimale : C30/37
- Teneur minimal en ciment : 315 KG/ m³

Le dosage de ciment indiqué est un dosage minimal, le dosage à mettre en œuvre pourra être supérieur pour répondre aux caractéristiques désignées ci-dessus.

La composition du béton devra être adaptée aux conditions de mise en œuvre.

En cas de mise en œuvre sous l'eau, les caractéristiques finales devront être équivalentes à une mise en œuvre classique.

3. GEOTEXTILE DE FILTRATION

Il devra jouer le rôle de filtration des éléments du sol en place et de drainage. Sa résistance à la traction et au poinçonnement devra être suffisante pour supporter le chargement de matériau et la mise en œuvre. Il sera de type non tissé, qualifié dans le cadre de la certification ASQUAL des géotextiles et répondant aux caractéristiques suivantes :

- Résistance à la traction (suivant NF G 38 014) :
- Sens production : > 30 kN/m
- Sens travers : > 30 kN/m
- Résistance au poinçonnement (suivant NF G 38 019) : > 2 kN

- Permittivité (suivant NF G 38 016) : $>0.5 \text{ s}^{-1}$

4. TERRE VÉGÉTALE

Les matériaux terreux d'apports devront être exempts de tout ou partie d'espèces exotiques envahissantes comme par exemple *Polygonum cuspidatum* et *Polygonum sachalinense* (renouées du Japon et de Sakhaline), verges d'or, ailante, balsamine de l'Himalaya ou encore Buddleja, et devront, de ce fait, être fournis à partir d'un lieu non contaminé.

La terre végétale importée sera composée :

- De sable (65% maximum)
- D'humus (10% minimum)
- De limons ou assimilés (10%)

5. SEMENCES POUR LA VÉGÉTATION

Un mélange approprié adapté aux conditions du site sera semé. Avant tout approvisionnement à pied d'œuvre des mélanges de graines nécessaires aux semis des surfaces travaillées, l'entreprise préparera les mélanges qui seront choisis d'entente avec le Maître d'œuvre.

L'entreprise justifiera de la provenance des mélanges et des espèces distinctes par la remise des étiquettes figurant sur et dans les sacs de graines utilisés et qui portent le numéro de conditionnement, le poids et la date de fermeture du sac, ainsi que le détail des espèces et variétés des composants.

6. PLANTATIONS (ARBUSTES)

En plus des frênes et des saules, les arbustes suivants pourront être plantés :

Amélanhier ovalis	Amélanhier
Buxus sempervirens	Buis
Cornus mas	Cornouiller mâle
Cornus sanguinea	Cornouiller sanguin
Corylus avellana	Noisetier
Continus coggygria	Fustet
Crataegus monogyna	Aubépine monogyne
Euonymus europaeus	Fusain d'Europe
Hippocrepis emerus	Coronille arbrisseau
Hippophae rhamnoides	Argousier
Juniperus oxycedrus	Genévrier cade (oxycèdre)
Juniperus oxycedrus	Genévrier commun
Ligustrum vulgare	Troène

Malus Sylvestris	Pommier sauvage
Prunus mahaleb	Cerisier Sainte Lucie
Prunus spinosa	Prunellier
Pyrus cordata	Poirier à feuille en cœur
Rhamnus alaternus	Nerprun Alaterne
Rosa canina	Eglantier
Salix elaeagnos	Saule drapé
Sambucus nigra	Sureau noir
Sambucus racemosa	Sureau à grappe
Spartium junceum	Genêt d'Espagne

PARTIE 5 : COÛT ESTIMATIF DES TRAVAUX

7. MÉTRÉS DU PROJET

Les métrés ont été réalisés sur la base des coupes types jointes en annexes. Ils sont présentés dans la colonne « Quantité » du devis ci-dessous.

8. DEVIS ESTIMATIFS

Le devis est présenté ci-dessous.

DEVIS ESTIMATIF				
Arasement du seuil de l'ASA des canaux d'Estoublon - Commune d'Estoublon				
DESCRIPTIF DES PRIX ET PRIX H.T. EN TOUTES LETTRES	Unité	Quantité	Prix unitaire HT en euros	Prix total HT en euros
TRAVAUX PREPARATOIRES				
INSTALLATION DE CHANTIER	forfait	1	3,000.00 €	3,000.00 €
CREATION DES ACCES	forfait	1	1,500.00 €	1,500.00 €
DERIVATION PROVISOIRE DES EAUX	forfait	1	5,000.00 €	5,000.00 €
DISPOSITIF D'ALERTE	forfait	1	800.00 €	800.00 €
PLUS-VALUE POUR DEGATS SUR LE DISPOSITIF DE DERIVATION	forfait	1	500.00 €	500.00 €
PLAN DE RECOLEMENT	forfait	1	2,000.00 €	2,000.00 €
PECHE ELECTRIQUE	forfait	2	1,600.00 €	3,200.00 €
TRAVAUX DE TERRASSEMENTS : tous les déblais et remblais				
DIAGNOSTIC AMIANTE DU BATIMENT	forfait	1	1,000.00 €	1,000.00 €
DESAMANTAGE du CABANON	forfait	1	8,000.00 €	8,000.00 €
DEPLACEMENT DU COMPTEUR ELECTRIQUE du CABANON	forfait	1	10,000.00 €	10,000.00 €
DESTRUCTION DE LA PRISE D'EAU ET DU CABANON EN RIVE GAUCHE+ SCULPTURES	forfait	1	3,000.00 €	3,000.00 €
COUPE DE LA VEGETATION + mise en décharge	forfait	1	3,500.00 €	3,500.00 €
FOUILLES DEBLAIS	m3	3000	3.00 €	9,000.00 €
DEPOSE ENROCHEMENTS	m3	250	10.00 €	2,500.00 €
REMBLAIS	m3	2850	3.00 €	8,550.00 €
EVACUATION DES MATERIAUX ET MISE EN DECHARGE dont souches	m3	150	15.00 €	2,250.00 €
TRAVAUX D'ENROCHEMENTS - rive droite amont				
ENROCHEMENTS - FOURNITURE ET MISE EN ŒUVRE	m3	415	50.00 €	20,750.00 €
ENROCHEMENTS - REPOSE	m3	30	10.00 €	300.00 €
BETON DE LIAISONNEMENT XF3	m3	85.0	250.00 €	21,250.00 €
BARBACANE	unité	30	15.00 €	450.00 €
GEOTEXTILE	m2	186	4.00 €	744.00 €
SURCOUT LIE A L'AMENAGEMENT DU CANAL + aménagement de la vanne en tête	forfait	1	3,000.00 €	3,000.00 €
GRILLE DEVALAISON (fourniture et installation)	forfait	1	3,000.00 €	3,000.00 €
Aménagement de la goulotte de devalaison avec rugosité	forfait	1	2,000.00 €	2,000.00 €

Pose d'une échelle limnimétrique en tête des vannes	forfait	2	150.00 €	300.00 €
Calibration des 2 vannes (jaugeages)	forfait	1	1,000.00 €	1,000.00 €
TRAVAUX D'ENROCHEMENTS - rive droite aval				
Terre végétale	m3	7.5	35.00 €	262.50 €
Engazonnement	m2	37.5	1.50 €	56.25 €
ENROCHEMENTS - REPOSE	m3	220	10.00 €	2,200.00 €
GEOTEXTILE	m2	75	4.00 €	300.00 €
TECHNIQUE VEGETALE (rive droite amont)				
TECHNIQUE VEGETALE EN PIED DE BERGES (pieux/fascines,fagots)	ml	35	70.00 €	2,450.00 €
Terre végétale	m3	21	35.00 €	735.00 €
BOUTURAGE (3 unité/m2)	m2	105	6.00 €	630.00 €
GEOTEXTILE TOILE COCO ET GRILLAGE PAREBLOC	m2	140	15.00 €	2,100.00 €
Engazonnement	m2	105	1.50 €	157.50 €
TRAVAUX D'ENROCHEMENTS - rive gauche amont				
ENROCHEMENTS - FOURNITURE ET MISE EN ŒUVRE	m3	680	50.00 €	34,000.00 €
BETON DE LIAISONNEMENT XF3 pour raccord à l'existant à l'amont	m3	5.0	250.00 €	1,250.00 €
geotextile	m2	320	4.00 €	1,280.00 €
Terre végétale	m3	50.75	35.00 €	1,776.25 €
BOUTURAGE (3 unité/m2)	m2	187.5	6.00 €	1,125.00 €
Engazonnement	m2	320	1.50 €	480.00 €
TECHNIQUE VEGETALE (rive gauche aval)				
TECHNIQUE VEGETALE EN PIED DE BERGES (pieux/fascines,fagots)	ml	85	70.00 €	5,950.00 €
Terre végétale	m3	85	35.00 €	2,975.00 €
BOUTURAGE (3 unité/m2)	m2	255	6.00 €	1,530.00 €
GEOTEXTILE TOILE COCO	m2	510	7.00 €	3,570.00 €
Engazonnement	m2	425	1.50 €	637.50 €
ETANCHEIFICATION DU CANAL - Buses PVC				
TRANCHEE INCLUS SURPROFONDEUR	ml	290	30.00 €	8,700.00 €
REGARD DE DESABLAGE 800x800 INCLUS TAMPON DE COUVERTURE	Unité	4	950.00 €	3,800.00 €
SABLE ENROBAGE	m3	73	40.00 €	2,900.00 €
MATERIAUX 0/80	m3	20	40.00 €	800.00 €
MATERIAUX 0/31.5	m3	10	40.00 €	400.00 €
GRAVE BITUME	m3	3	150.00 €	480.00 €
REVETEMENT DE CHAUSSE ENROBE	m2	16	25.00 €	400.00 €
Canalisation PVC DN 250	ml	290	30.00 €	8,700.00 €
GRILLAGE AVERTISSEUR	ml	290	1.00 €	290.00 €

TOTAL HT (€)	206,529.00 €
TVA (20%)	41,305.80 €
TOTAL TTC (€)	247,834.80 €

BILAN

Le projet prévoit :

- L'arasement du seuil de l'ASA des canaux d'Estoublon ;
- Le confortement de la rive droite à l'aide d'enrochements libres à l'aval et d'enrochements bétonnés à l'amont, le canal étant prolongé d'environ 65 m au sein de ce mur de protection ;
- Le confortement de la rive gauche à l'aide d'enrochements libres à l'amont et du génie végétal à l'aval ;
- La renaturation du cours d'eau par élargissement du fond à 17 m et la suppression de la rupture de pente due au seuil par reprofilage sur un linéaire d'environ 240 m ;
- Le busage du canal existant sur environ 290 m ;
- L'installation d'un déflecteur dans le canal (grille orientée), à l'aval immédiat de la surverse existante, afin de limiter le risque de captation des poissons dans la prise d'eau.

Le coût estimé pour ce projet (206 529 € HT) est supérieur au coût prévisionnel de 172 800 € HT.

Certains éléments demeurent encore en suspens.

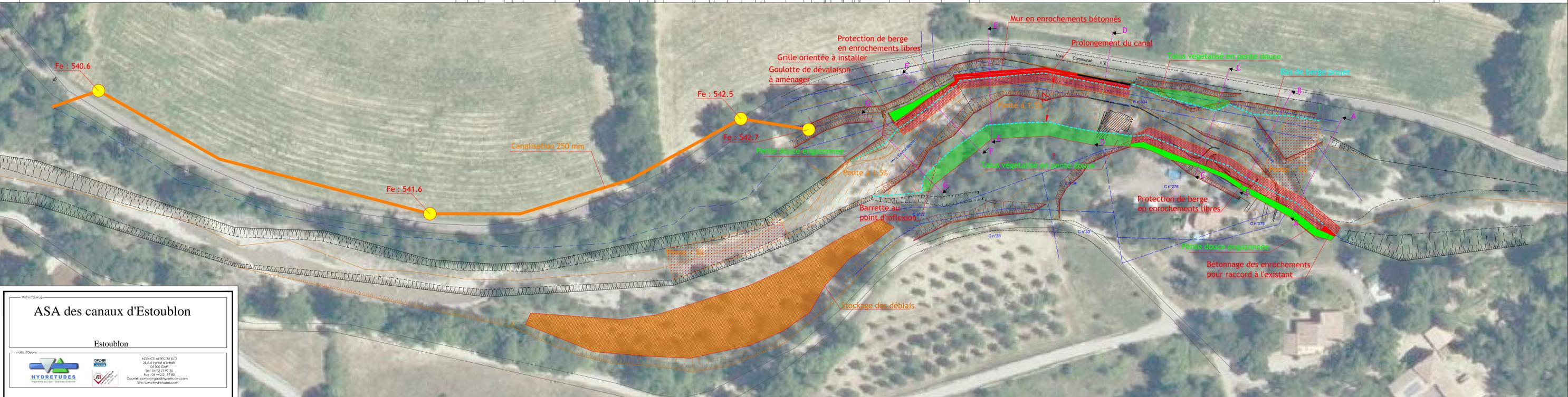
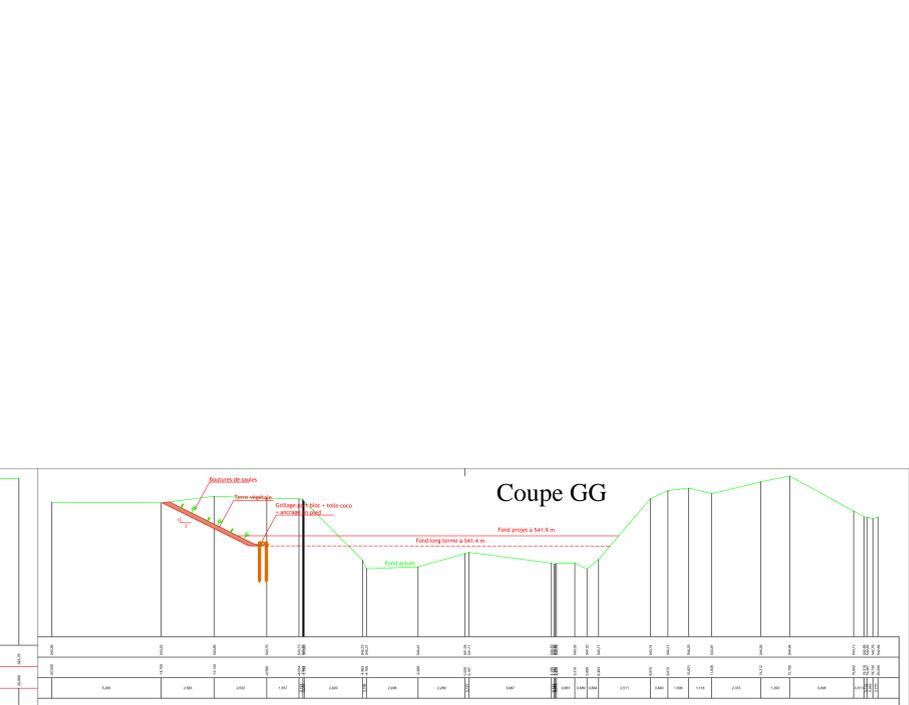
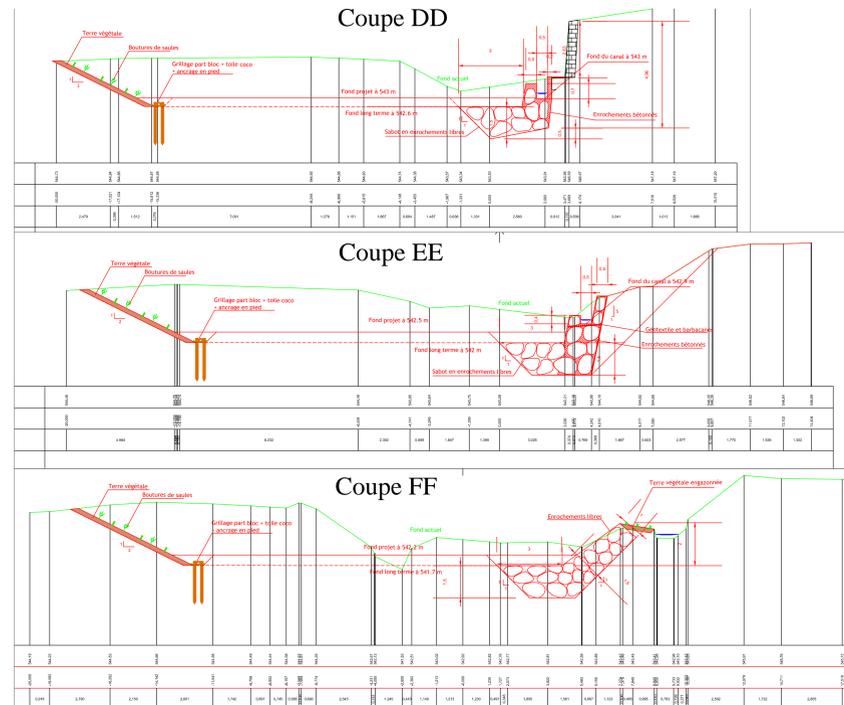
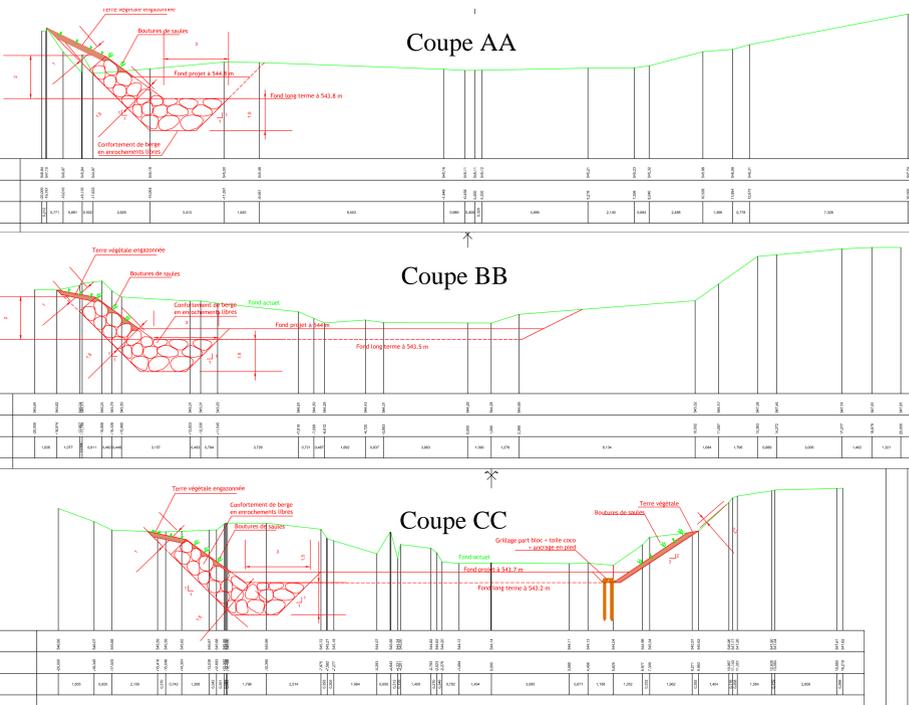
La gestion de la dévalaison devra encore faire l'objet de discussions avec l'AFB.

Enfin, certaines parties du projet sont soumises à l'accord des propriétaires riverains.

On notera que la définition du débit de prise devra encore faire l'objet de discussion avec la DDT. Dans le cadre de ce projet, un débit de prise de l'ASA de 25 l/s a été considéré, associé à un débit de dévalaison de 15 l/s, qui est restitué au cours d'eau après 60 m. En tout état de cause, le débit de prise pourra être contrôlé avec la vanne existante et celle qu'il est prévu d'installer en tête du canal. L'installation d'échelles limnimétrique, ainsi qu'une campagne de calibration est en effet prévue dans le cadre du projet.

ANNEXES

Plan des travaux



Hydretudes

ASA des canaux d'Estoublon

Estoublon

AGENCE ALPES DU SUD
 28 rue Foch 07000
 04 75 00 00 00
 Tél. 04 75 21 17 26
 Fax 04 75 21 17 83
 Courriel: contact@hydretudes.com
 Site: www.hydretudes.com

HYDRETTES

AGENCE ALPES DU SUD

Restoration de la continuité écologique de l'Estoublaise

Arasement du seuil de l'ASA des canaux d'Estoublon

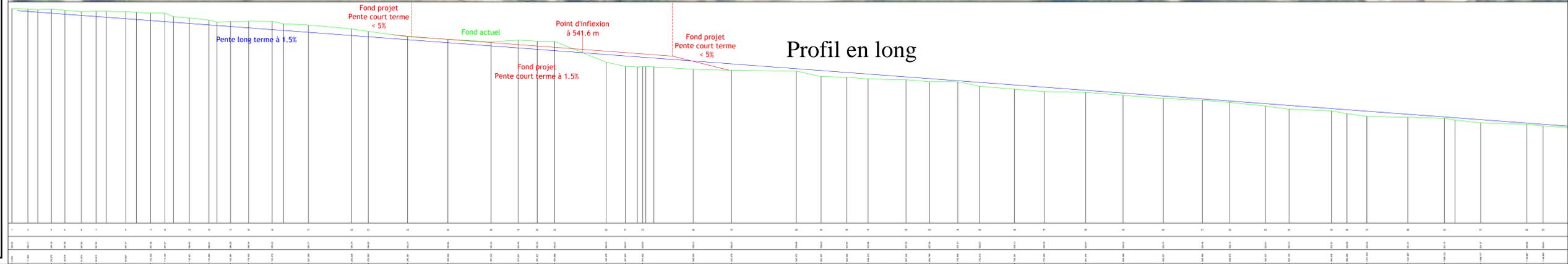
Vue en plan (Echelle : 1/400)
 Profils en travers (Echelle : 1/100)
 Profil en long (Echelle en X : 1/1000, Echelle en Y : 1/200)

Etat: AVP
 Nomenclature: GA18-042

Cherchez ici

Index

Date: 22/02/2019 V2
 Mise à jour
 EHC LALOT
 10/09/19 21/03/20





HYDRETUDES

Ingénierie de l'eau - Maîtrise d'oeuvre

Siège social – Centre technique principal

815, route de Champ Farçon
74 370 ARGONAY
Tél : 04.50.27.17.26
Fax : 04.50.27.25.64
E.mail : contact@hydretudes.com

Agence Alpes du Nord

Alpespaces
50, Voie Albert Einstein
73 118 FRANCIN

Tél : 04.79.96.14.57
Fax : 04.79.33.01.63
E.mail : contact-savoie@hydretudes.com

Agence Alpes du Sud

Bât 2 – Résidence du Forest
d'entraîs
25, rue du Forest d'entraîs
05 000 GAP

Tél : 04.92.21.97.26
Fax : 04.92.21.87.83
E.mail : contact-gap@hydretudes.com

Agence Dauphiné-Provence

9, rue Praneuf
26 100 ROMANS SUR ISERE

Tél : 04.75.45.30.57.
Fax : 04.75.45.30.57.
E.mail : contact-romans@hydretudes.com

Agence Grand Sud-Pyrénées

Immeuble Sud América
20, bd. de Thibaud
31 100 TOULOUSE

Tél : 05.62.14.07.43
Fax : 05.62.14.08.95
E.mail : contact-toulouse@hydretudes.com

Agence Océan Indien

« Les Kréolis »
8-10, rue Axel Dorseuil
97 410 SAINT PIERRE

Tél : 02.62.96.82.45
Fax : 02.62.32.69.05
E.mail : contact-reunion@hydretudes.com