



Etude de restauration de la continuité écologique au droit du seuil de Guillaumes sur le fleuve Var

PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT D'OUVRAGES AU STADE PROJET

RAPPORT PROVISOIRE



ARTELIA Eau et Environnement
Région Méditerranée

Le Condorcet – 18 rue Elie Pelas – CS 80132
13322 Marseille Cedex 16
Tel. : +33 (0) 4 91 17 55 84
Fax : +33 (0) 4 91 17 00 74

DEMARCHE QUALITE

<i>Version</i>	<i>Date</i>	<i>Auteurs</i>	<i>Vérification</i>	<i>Approbation</i>	<i>Commentaires</i>
1	13/04/2021	SLD/TBK			Version initiale
2	10/05/2021	SLD/TBK			Intégration des remarques du SMIAGE

SOMMAIRE

1.	Objectif de l'étude	5
2.	Situation des ouvrages	7
3.	Conception et fonctionnement de la passe à poissons	9
3.1.	CRITERE DE DIMENSIONNEMENT	9
4.	Mode opératoire et Prise en compte des contraintes en phase travaux	14
4.1.	PREPARATION DES TRAVAUX	14
4.1.1.	CALAGE ALTIMETRIQUE DU DISPOSITIF	14
4.1.2.	MISE HORS D'EAU DU CHANTIER POUR LA REALISATION DES TRAVAUX	14
4.1.3.	ETAPES DE REALISATION ET ENCHAINEMENT DES TRAVAUX	16
4.2.	MISE EN ŒUVRE DES REPRISES DU RADIER	24
4.2.1.	TERRASSEMENT EN GRANDE MASSE	24
4.2.2.	MATERIAUX ET MISE EN ŒUVRE POUR LA REALISATION DE LA RAMPE	25
5.	Planning de réalisation	27
6.	Chiffrage de l'ouvrage	27



SECTION 1 INTRODUCTION

1. OBJECTIF DE L'ETUDE

Les éléments de contexte sont issus de l'étude de Faisabilité et du DLE réalisés par Biotec en 2018.

Le Syndicat Mixte pour les Inondations, l'Aménagement et la Gestion de l'Eau Maralpin (SMIAGE), à l'initiative de cette étude, a pour objectif principal **d'atténuer les impacts du seuil transversal** (ROE 60595) implanté sur le Var en aval immédiat du pont Durandy, au sein de la commune de Guillaume (dépt.06) **afin de favoriser la continuité écologique du fleuve**.

L'analyse historique menée sur le tronçon considéré (Biotec 2018), souligne que chaque **étape d'aménagement** conduite au cours de ces deux derniers siècles (endiguement du lit, stabilisation des berges par empierrement des berges, création de seuil), s'est systématiquement effectuée au détriment de l'espace de divagation du Var, imposant au fleuve la recherche **d'un nouvel équilibre**. Le fonctionnement naturel de l'hydrosystème en a été drastiquement perturbé. Ainsi :

- Le rétrécissement du lit actif et sa régularisation ont conduit à une banalisation et **uniformisation des faciès et conditions d'écoulement** ;
- L'élévation de digues et la promotion d'un chenal profondément contraint ont imposé le confinement du lit du fleuve et ce **corsetage**, en empêchant toute divagation nécessaire à la déperdition d'énergie, a abouti à une **profonde incision du lit** ;
- Enfin, la concentration des écoulements en crue a **augmenté la capacité de charriage du fleuve** (sa capacité à prélever et transporter des matériaux).

Dans ce contexte, le seuil de Guillaume constitue une contrainte structurante majeure sur ce secteur, répondant à des impératifs sécuritaires mais imposant une morphodynamique d'écoulement particulière sur ce tronçon impactant la continuité écologique.

Le seuil de Guillaume se révèle « transparent » vis à vis du transit des sédiments et participe depuis plus de deux décennies au maintien, localement, de niveaux altitudinaux du lit limitant **l'exposition au risque de déchaussement du pont Durandy et ses dispositifs d'endiguement associés** (empièvements contigus riverains). Tout effacement, tout arasement ou tentative d'abaissement de la crête de l'ouvrage, entraînera une incision régressive susceptible de se révéler « fatale » à la stabilité de l'édifice de franchissement et ses ouvrages adjacents (empièvements de rive).

Dès lors, il est acquis que seuls **des dispositifs d'aménagement visant à fragmenter vers l'aval la hauteur de chute du seuil de Guillaume et/ou assurer le rehaussement des fonds à l'aval du dit ouvrage** pourront être favorisés.



Illustration du caractère **chenalisé** du fleuve Var au droit de la traversée de la commune de Guillaume.

Sur la base des données à disposition, des éléments de diagnostic, spécificités et caractéristiques du tronçon de cours d'eau considéré et des attentes et recommandations du maître d'ouvrage, plusieurs scénarios ont été étudiés au stade Faisabilité.

A l'issue de cette première étape, le choix a été fait de retenir le scénario n°1 de l'étude de faisabilité (Biotec de 2018). Ce scénario prévoit le rétablissement de la continuité écologique par le maintien du seuil de Guillaumes et la création d'une longue rampe en blocs à macrorugosités en aval de ce dernier.

« Il s'agit d'assurer l'effacement de la hauteur de chute actuelle (230 cm) via la rehausse des fonds à l'aval immédiat de l'ouvrage par la mise en œuvre d'une longue rampe constituée de blocs d'enrochement non liaisonnés et de manière à favoriser le maintien de blocs émergents pour permettre la juste déperdition d'énergie nécessaire à la mobilité piscicole. Afin d'offrir une transparence piscicole pleine et entière et éviter le sort déjà subi par le parement aval originel du seuil de Guillaumes (pente à 14%), le dispositif ambitionné devra avoir une longueur de l'ordre de 70 mètres à minima de façon à présenter une pente maximale de l'ordre de 5% » (Biotec 2018).

Le présent document vise à porter au stade Projet le scénario d'aménagement retenu. Il comporte les points suivants:

- Rappel de la stratégie d'aménagement proposée ;
- Description de l'ouvrage à réaliser et de son fonctionnement hydraulique (à l'étiage et en crue);
- Modes opératoires ;
- Prise en compte des contraintes en phase travaux ;
- Estimation du montant des travaux.

2. SITUATION DES OUVRAGES

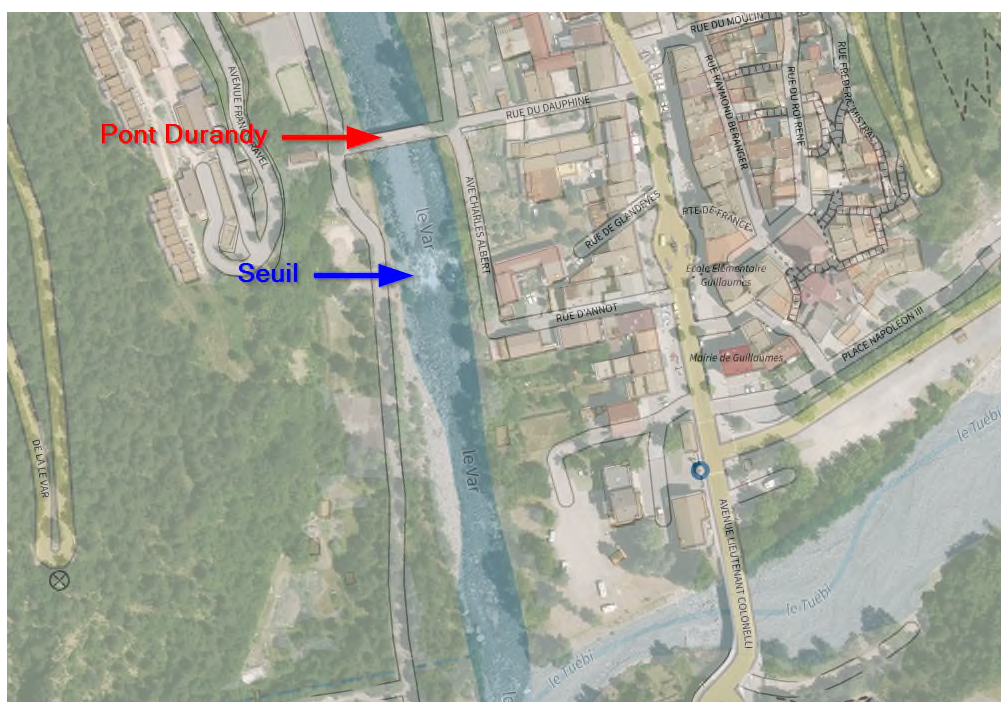
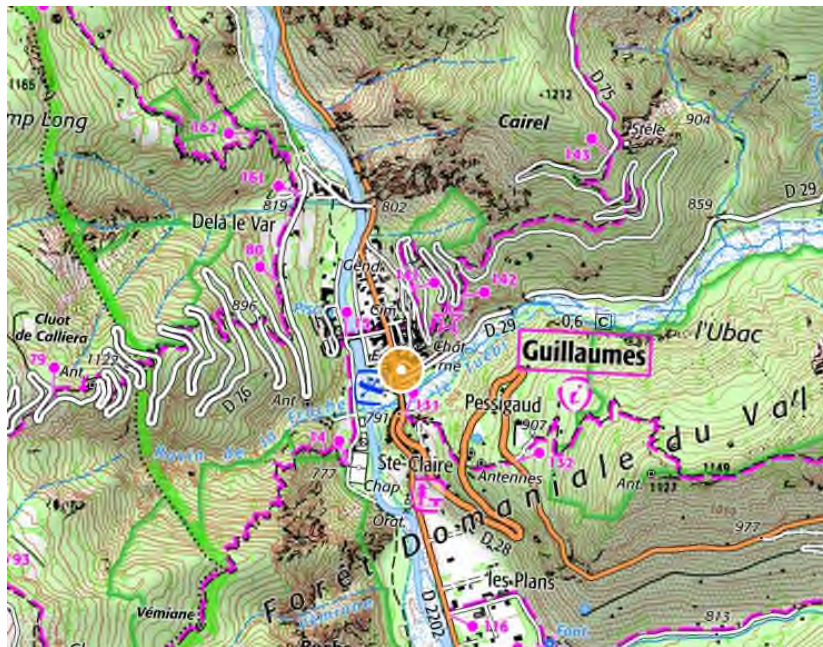


Fig. 1. Situation générale des ouvrages étudiés



SECTION 2

PROPOSITION D'AMENAGEMENT

3. CONCEPTION ET FONCTIONNEMENT DE LA PASSE A POISSONS

3.1. CRITERE DE DIMENSIONNEMENT

1.1.1. Principe de l'aménagement retenu

Le principe d'aménagement proposé consiste en la mise en œuvre d'un aménagement rustique sous la forme d'une longue rampe rugueuse constituée de menhirs émergents et d'enrochements non liaisonnés de manière à permettre une déperdition d'énergie compatible avec les capacités de nages des espèces constituant le cortège piscicole.

Afin d'assurer une transparence piscicole satisfaisante, le dispositif devra avoir une longueur de l'ordre de 80 mètres et présentera une pente maximale de l'ordre de 4,5%.

Les éléments constitutifs de l'aménagement sont dimensionnés afin de demeurer stable pour une crue centennale. Le dimensionnement repose sur la réalisation d'un modèle hydraulique bidimensionnel, du logiciel Cassiopée (OFB) et de l'emploi de la méthode de Lefort (2014).

1.1.2. Dimensionnement de l'aménagement retenu

Le dimensionnement de la reprise du lit a été réalisé en projetant vers l'aval, à partir de la topographie actuelle du seuil (cote médiane avec une revanche de 10cm), une rampe selon une pente de 4,5%. Cette dernière d'un déployé de 71 m comporte un double dévers et un profil en «v» afin de concentrer les écoulements en basses eaux. Ce profil, dimensionné à partir du lit d'étiage sur les portions périphériques, permet d'obtenir une largeur du miroir et un tirant d'eau suffisant pour permettre le franchissement de la rampe pour des débits compris entre le QMNA² et un débit correspondant à deux fois le module.

La géométrie projetée a été définie sur la base de calculs hydrauliques spécifiques, combinant une modélisation bidimensionnelle (HecRas) et d'outils spécifiques au dimensionnement des rampes à macrorugosités (Cassiopée).

Afin de dissiper l'énergie des écoulements sur la rampe, une macrorugosité est mise en place. Celle-ci se compose de près de 200 menhirs avec une concentration de 13% du lit mouillé (pour la situation hydrologique correspondant au double du module). Ces menhirs sont d'un mètre de diamètre, soit 1,4 tonnes, afin de demeurer stables pour une crue de type centennale (estimation sur la base des paramètres hydrauliques issus de la simulation de la crue centennale et de la méthode de Lefort 2014). Cette macrorugosité est associée à des blocs de 0,5m à 0,7m de diamètre constituant une rugosité de fond et armant du lit dans la zone de reprise.

L'effet des éléments mis en place se traduit par une modulation du coefficient de rugosité au droit de la rampe $K=15$ (estimé à partir de Cassiopée), contre $K=25$ initialement (sur la base d'un d50 de 11cm et un d90 de 18,5cm). La modification de la géométrie projetée combinée à la modulation de la rugosité du lit conduit à une réduction d'un tiers des vitesses maximales d'écoulement dans le lit pour une crue centennale. Ces dernières passent de 9m/s à 6m/s au droit du seuil actuel.

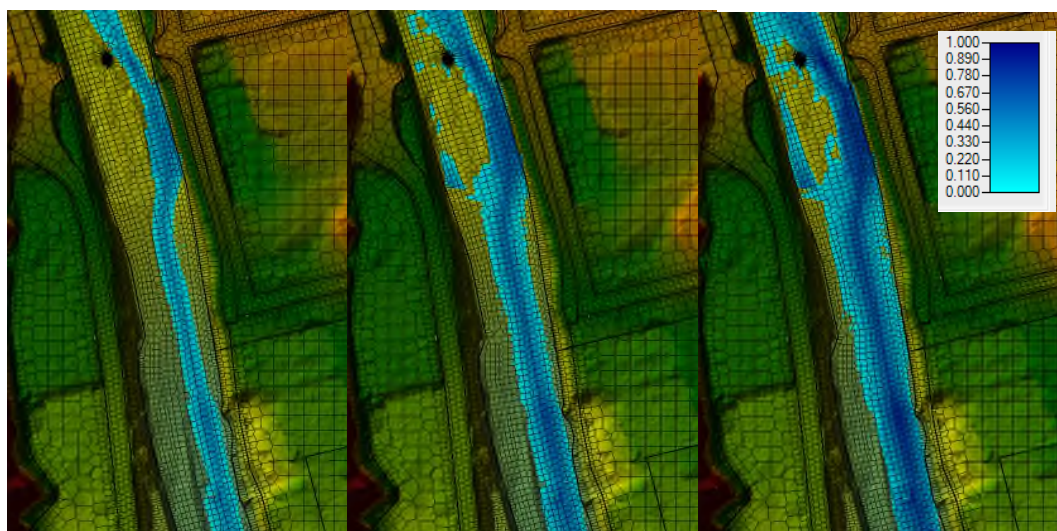


Fig. 2. Evolution des hauteurs d'eau entre le QMNA, module et 2x le module (1,5m³/s, 4,5m³/s et 9m³/s)

Le tableau ci-dessous reprend les paramètres dimensionnant estimés à partir des simulations hydrauliques réalisées.

Situation hydrologique	Débit	Largeur du miroir	Tirant d'eau au droit du talweg	Vitesse maximale de la section d'écoulement
QMNA ²	1,4 m ³ /s	6 m	33 cm	<1,2m/s
QMNA	1,5 m ³ /s	7 m	35 cm	<1,3m/s
module	4,5 m ³ /s	12 m	50 cm	<1,8m/s
2x le module	9 m ³ /s	18 m	65 cm	<2,2m/s

Tabl. 1 - Paramètres dimensionnant estimés à partir des simulations réalisées

Estimation de la blocométrie nécessaire pour les menhirs et les blocs constitutifs de la rugosité de fond à partir des règles générales de dimensionnement de seuils établis par P. Lefort (2017) et validé par les REX Sogreah/ARTELIA sur les hydrosystème à forte énergie.

L'analyse repose notamment sur les abaques déduits de ces essais de mise en mouvement de blocs en fonction de la pente du coursier

Les paramètres pris en compte dans ces abaques et repris dans le paragraphe suivant sont :

- le diamètre médian des enrochements d₅₀ en m ;
- le niveau aval par rapport à la crête du seuil en m ;
- le débit unitaire q en m³/s/m ;

- la hauteur critique h_c en m.

Ces paramètres sont estimées à partir du modèle bidimensionnel réalisé dans le cadre de l'étude.

Ainsi, pour un débit centennale (380m³/s) le débit linéique est de 13,1m²/s et la hauteur d'eau sur la carapace est de 3,2m.

Le hauteur d'eau critique exprimé à partir du débit linéique, tel que $Q = \sqrt{h^3}$ est estimée à 2,6 et le rapport (niveau aval-cote seuil)/ h_c est de 1,23.

La projection sur l'abaque de d/h_c pour un fruit 10/1 – fruit le plus faible pour laquelle la relation est établie - est de 0,28 (Figure 3).

Cette analyse conduit à retenir un D50 de $1,23 \times 0,28 = 0,34$ m, soit de 500 kg (pour une masse volumique de 2600kg/m³).

L'intégration d'une majoration de 33% pour le D99, tel que préconisée, pour tenir compte de l'hétérogénéité des conditions d'écoulement conduit à retenir pour la taille des menhirs un diamètre de 1m, soit 1,2T (pour une masse volumique de 2600kg/m³).

La pente de la carapace étant deux fois moindre (fruit inférieur à 20/1) que celle prise en compte dans l'estimation et les conditions d'écoulement étant maximisantes du fait de la prise en compte d'une loi normale comme condition aval de la modélisation réalisée, les valeurs retenues pour la réalisation de la carapace sont les suivantes :

- des enrochements d'un diamètre de 1 mètre pour les 180 menhirs formant la macrorugosité ;
- des blocs de 0,5 mètre à 0,7 mètre pour la granulométrie de fond ;
- des enrochements d'un diamètre de 1,3 à 1,5 mètre pour les blocs de dissipation et la réalisation de la culée de fond visant à assurer la stabilité de la reprise.

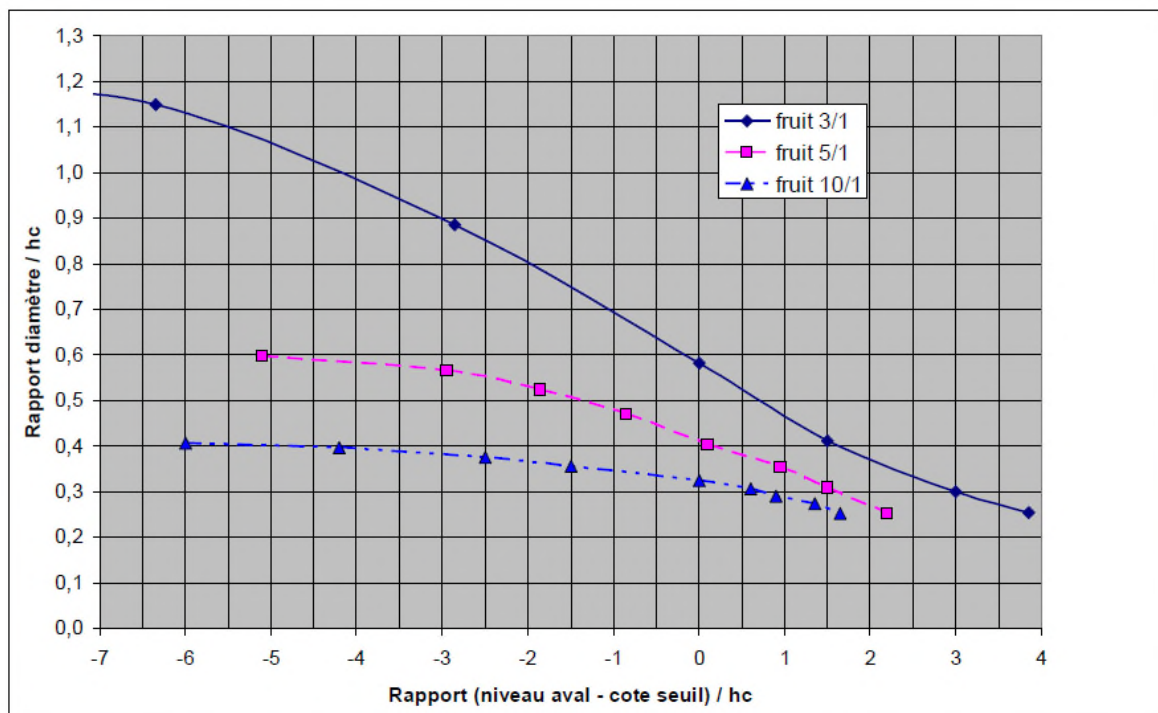
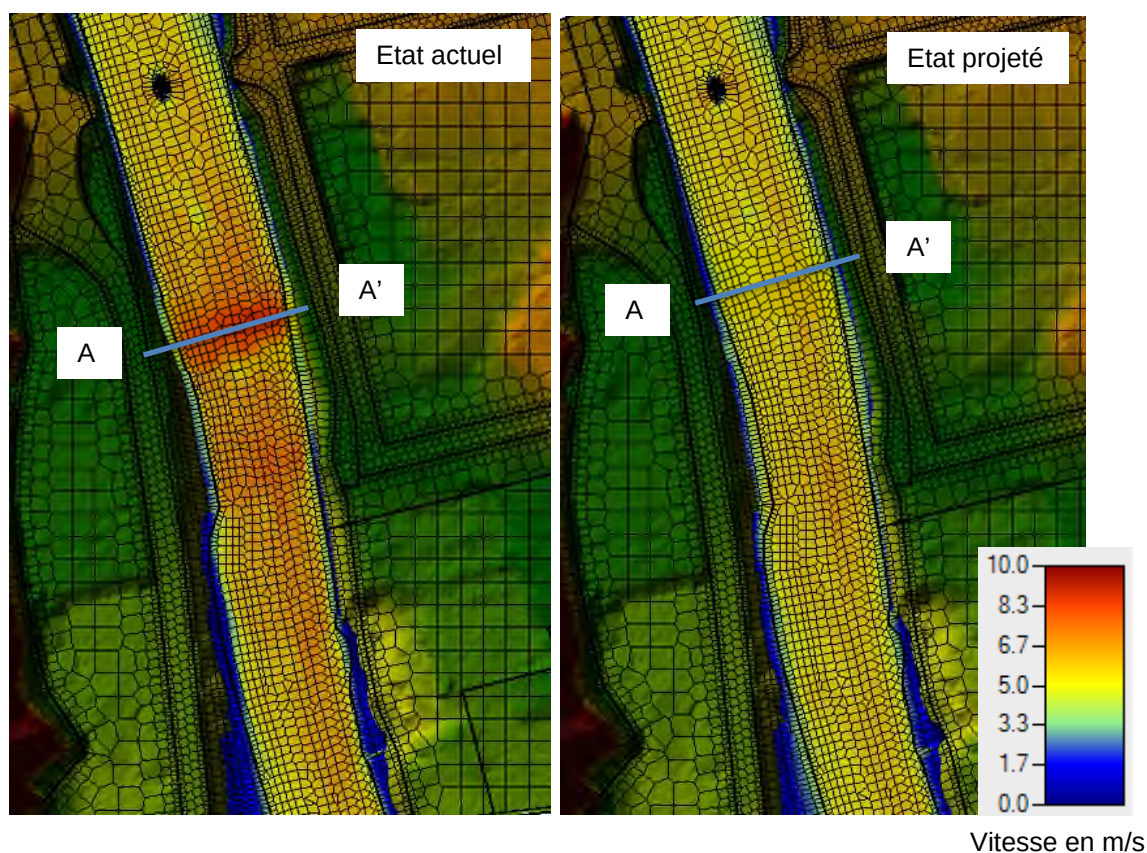


Fig. 3. DEBUT DE MOUVEMENT DES BLOCS D'UN COURSIER (ESSAIS SOGREAH DANS LEFORT 2017)

Etude de restauration de la continuité écologique au droit du seuil de Guillaumes sur le fleuve Var

Propositions d'aménagement d'ouvrages au stade Projet



Distribution des vitesses
au droit du seuil actuel
(section A-A')

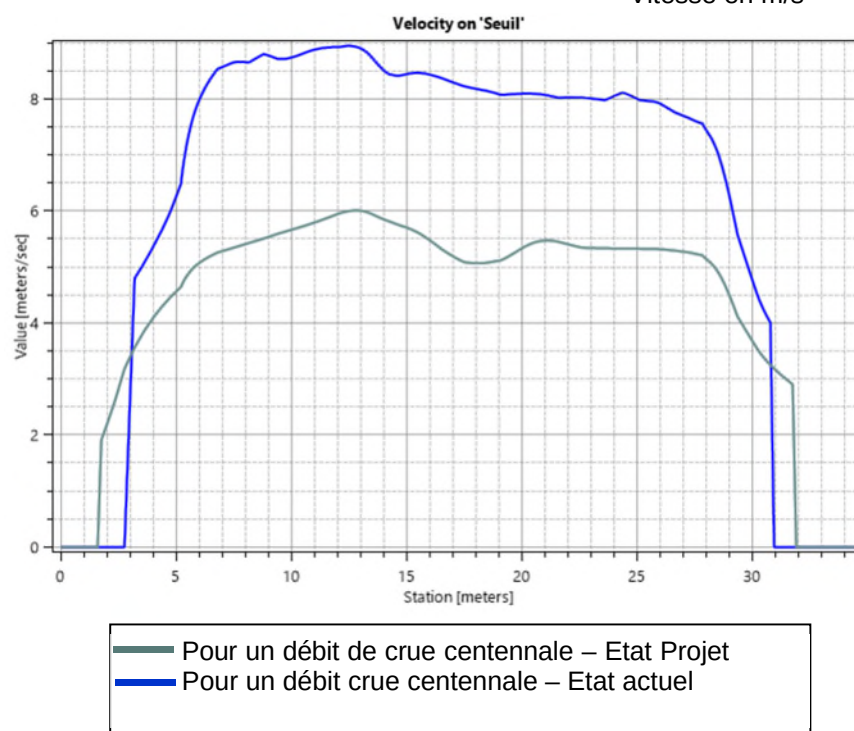


Fig. 4. Evolution des vitesses, dans le lit du Var, entre la situation actuelle et la situation projetée pour un débit de type centennale (avec prise en compte d'une loi normale en condition aval du domaine modélisé)

1.1.3. Incidence de l'aménagement sur l'inondabilité du secteur

La comparaison des hauteurs d'eau entre la situation actuelle et la situation projetée pour une crue de type centennale produit un écart négligeable sur l'inondabilité de la commune de Guillaume :

- L'impact sur les hauteurs d'eau, pour une crue type PPRI, reste cantonné au lit mineur du Var, le rehaussement de la ligne d'eau reste globalement localisé au droit de la reprise au lit mineur. Dans le champ majeur, l'impact sur les hauteurs est de l'ordre du centimètre (figure 5).
- Au niveau du pont le rehaussement de ligne d'eau est inférieur à 5 cm pour une crue décennale et demeure inférieur à 10 cm pour une crue centennale.

L'effet de l'aménagement est négligeable sur l'inondabilité de la commune. Néanmoins, l'effet de la reprise exclue l'éventualité de « rehausser » la cote du seuil à la cote de 781,2 m NGF, tel qu'envisagé dans des études antérieures (étude SAFEGE de 2013). En effet, cette cote située 75 cm au-dessus de la cote retenue (780,45) augmenterait de façon trop significative l'impact de la reprise sur les lignes d'eau en crue. La cote altimétrique projeté permet toutefois de garantir la stabilité des piles du pont.

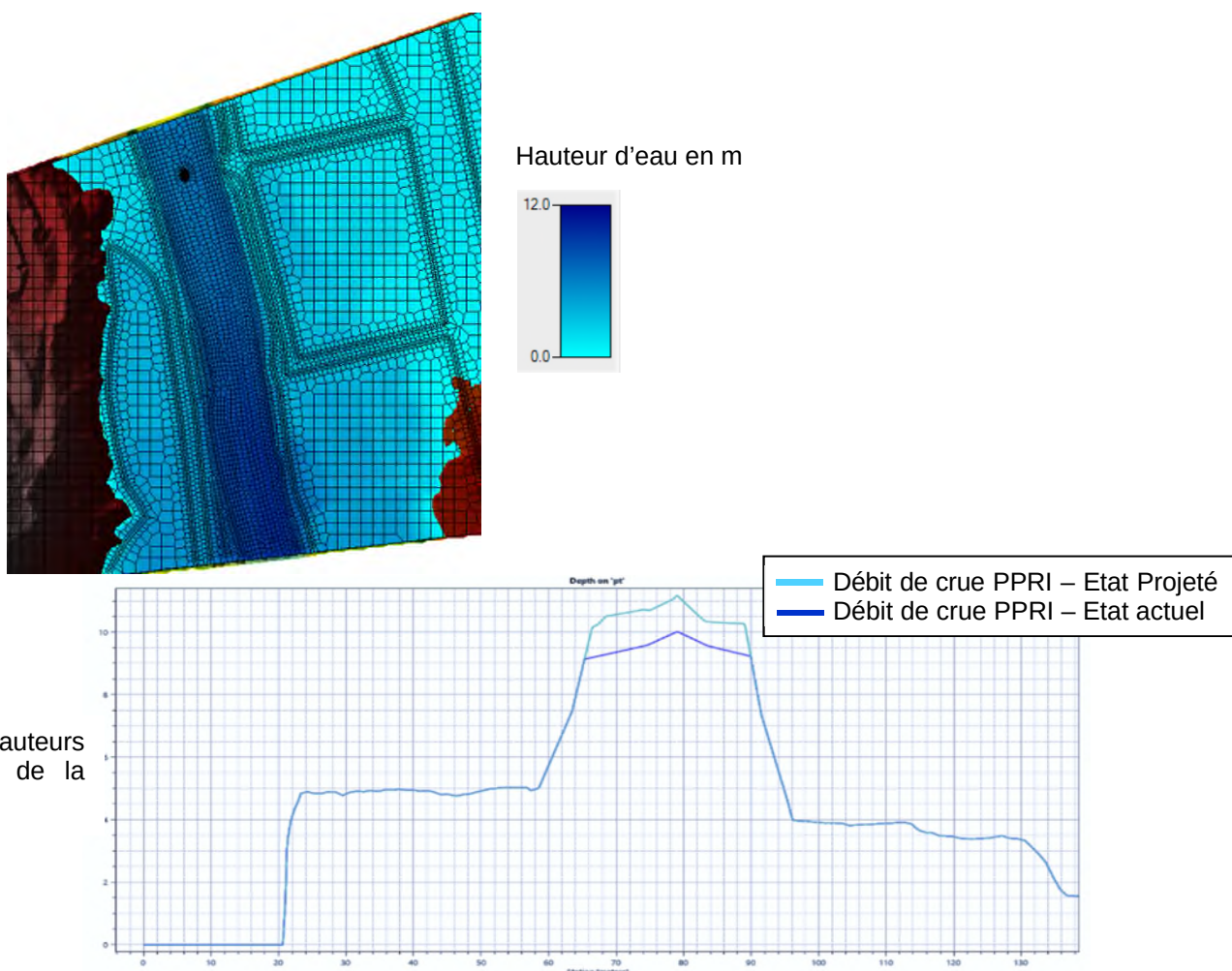


Fig. 5. Comparaison des hauteurs d'eau, entre la situation actuelle et la situation projetée pour un débit de type centennale (avec prise en compte d'une cote aval estimée à partir de l'enveloppe de la zone inondable du PPRI en aval du domaine modélisé)

4. MODE OPERATOIRE ET PRISE EN COMPTE DES CONTRAINTES EN PHASE TRAVAUX

4.1. PREPARATION DES TRAVAUX

4.1.1. Calage altimétrique du dispositif

Il sera nécessaire, en préalable aux travaux, de poser des repères de nivellement afin de suivre le calage altitudinal des différentes phases de réalisation de la rampe (fond de forme de la rampe, pose des menhirs et des blocs constituant la rugosité de fond ..) sur l'ensemble de la durée de réalisation.

4.1.2. Mise hors d'eau du chantier pour la réalisation des travaux

L'accès à la zone de chantier se fera par la rive gauche, au niveau de la confluence aval.

Afin d'intégrer la **contrainte hydrologique**, la réalisation des travaux devra être centrée sur la période de basses eaux (mi-juillet), ce afin de bénéficier des faibles débits d'étiage du fleuve et de réduire le risque de survenance de crues impactantes sur le chantier (Tableau ci-dessous).

SYNTHESE : données hydrologiques de synthèse (2000 - 2021) Calculées le 09/03/2021 - Intervalle de confiance : 95 %

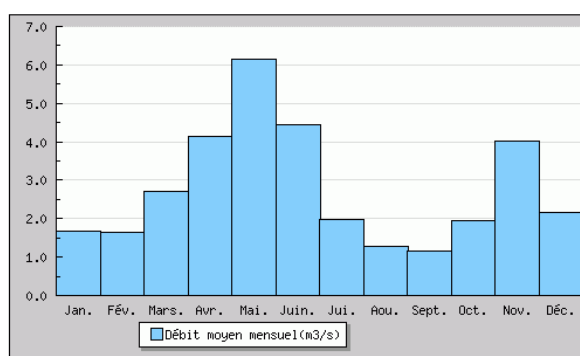
Le Var à Villeneuve-d'Entraunes [Pont d'Eaux]

Code station : Y6002030 Producteur : DREAL PACA
Bassin versant : 132 km² E-mail : HYDRO.uma.sbe.p.dreal-paca@developpement-durable.gouv.fr

Écoulements mensuels (naturels) - données calculées sur 21 ans

	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Débits (m ³ /s)	1.660 #	1.630 #	2.700 #	4.150 #	6.140 #	4.450 #	1.970 #	1.290 #	1.150 #	1.940 #	4.030 #	2.170 #	2.780
Qsp (l/s/km ²)	12.6 #	12.4 #	20.5 #	31.4 #	46.5 #	33.7 #	14.9 #	9.8 #	8.7 #	14.7 #	30.5 #	16.4 #	21.0
Lame d'eau (mm)	33 #	31 #	54 #	81 #	124 #	87 #	39 #	26 #	22 #	39 #	79 #	43 #	664

Qsp : débit spécifiques



Etude de restauration de la continuité écologique au droit du seuil de Guillaumes sur le
fleuve Var

Propositions d'aménagement d'ouvrages au stade Projet

Juin			juillet		
Fréquences théoriques			Fréquences théoriques		
Débits (m3/s) - Intervalle de confiance 95%			Débits (m3/s) - Intervalle de confiance 95%		
Vicennale	36.800	[29.600 ; 55.800]	Vicennale	22.100	[17.700 ; 33.700]
Décennale	30.600	[24.700 ; 45.500]	Décennale	18.400	[14.800 ; 27.400]
Quinquennale	24.200	[19.500 ; 34.900]	Quinquennale	14.400	[11.600 ; 21.000]
Biennale	14.400	[10.700 ; 19.900]	Biennale	8.490	[6.240 ; 11.800]
Aout			Septembre		
Fréquences théoriques			Fréquences théoriques		
Débits (m3/s) - Intervalle de confiance 95%			Débits (m3/s) - Intervalle de confiance 95%		
Vicennale	17.700	[14.000 ; 27.400]	Vicennale	16.400	[13.200 ; 25.000]
Décennale	14.600	[11.700 ; 22.300]	Décennale	13.700	[11.100 ; 20.500]
Quinquennale	11.500	[9.150 ; 17.000]	Quinquennale	10.900	[8.900 ; 15.800]
Biennale	6.700	[4.820 ; 9.490]	Biennale	6.740	[5.080 ; 9.200]

Tabl. 2 - Débits maximaux instantanés de crue (2001 - 2020) des mois de juin à septembre – Fonction Crucal de la Banque hydro – Station de Villeneuve-d'Entraunes [Pont d'Enaux]

La possibilité de survenance de crue au cours de cette période (Tableau 2), nécessite d'intégrer des procédures spécifiques. Celles-ci se traduisent, outre la mise en place d'une dérivation des écoulements pour des débits s'échelonnant entre le débit d'étiage et le module (soit un débit de l'ordre de 4,5 m³/s), la mise en place de mesures d'alerte et de repli adaptées en cas de crues.

En conséquence, il sera opportun d'évaluer, en préalable à l'engagement des travaux, la faisabilité des travaux en regard des conditions hydrologiques en amont du lancement du chantier. Les conditions hydroclimatiques dicteront le déroulement et l'organisation des travaux.

Dès lors, la période la plus propice pour la réalisation de ce type d'ouvrage semble être les mois de mai, juin et juillet.

En effet, vu la faible largeur du lit sur cette zone il est indispensable de réaliser cet ouvrage après la fonte des neiges (début mai), avant les gros orages d'août et bien entendu avant les précipitations automnales.

La préparation de chantier nécessitant un brassage de blocs important pour identifier et stocker les « menhirs », il semble opportun de préparer ces blocs durant la période hivernale afin de débiter le chantier courant mai.

Les modalités de mise hors d'eau et de réalisation du chantier devront être clairement détaillées par l'entreprise retenu en phase Exécution et validées par le maître d'œuvre et les services de la police de l'Eau.

Parallèlement, les zones mises en assec dans le cours d'eau devront faire l'objet d'une pêche électrique de sauvetage en amont des travaux.

4.1.3. Etapes de réalisation et enchainement des travaux

1 - Travaux préparatoires – mise en œuvre des installations de chantier

Il s'agit au travers de cette première séquence de mettre en œuvre les équipements de chantier et de préparer une plateforme logistique (base vie) pour la réalisation de la rampe rugueuse, ce en accord avec les potentialités de stockage et de circulation sur le secteur.

L'exiguïté des rues sur la commune aux abords immédiats de l'ouvrage à réaliser réduit les possibilités de stockage et de circulation. De plus, l'accès au pont Durandy et sa structure ne semble pas non plus compatible avec la dimension d'engins trop imposants.



Dès lors, il semble peu envisageable d'accéder depuis l'amont en passant par les ruelles du village. De plus, les **contraintes de la vie locales** (tourisme estival, foires et marchés ...) ne permettent pas d'envisager une implantation longue, s'installant sur le grand parking situé au départ de la route de Péone.



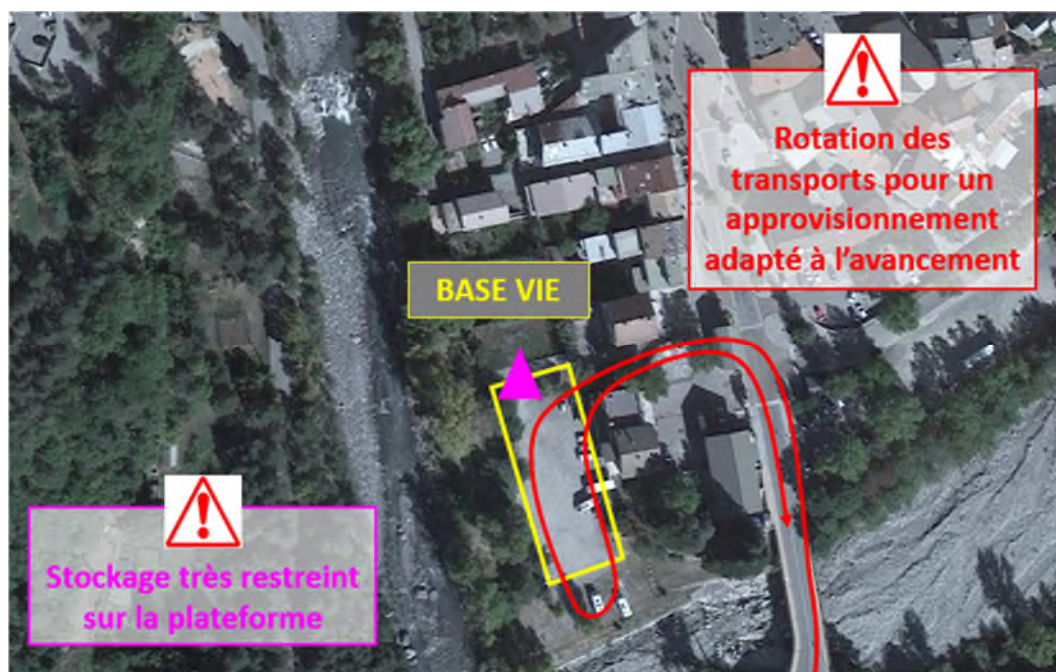
Etude de restauration de la continuité écologique au droit du seuil de Guillaumes sur le fleuve Var

Propositions d'aménagement d'ouvrages au stade Projet

Il peut néanmoins être envisagé, en utilisant des transporteurs restreints et adaptés au calibre de la rue et au capacité du pont, d'acheminer des matériaux ou du matériel, en quantité limitée sur la partie amont du seuil, sous réserve qu'aucune autre solution ne soit envisageable et en accord avec les règles et responsables locaux.

L'espace le plus adapté pour implanter **la base vie**, garantissant un accès au plus proche de la zone de travaux, tout en étant le moins pénalisant pour la commune sera depuis la plateforme située en aval de la poste juste à côté du confluent du Var et du Tuébi.

Néanmoins, un stockage massif, au plus proche, sur la plateforme n'est pas envisageable. Il sera donc privilégié un transport des éléments de construction selon une **cadence de transports adaptés et régulés** selon la mise en œuvre.



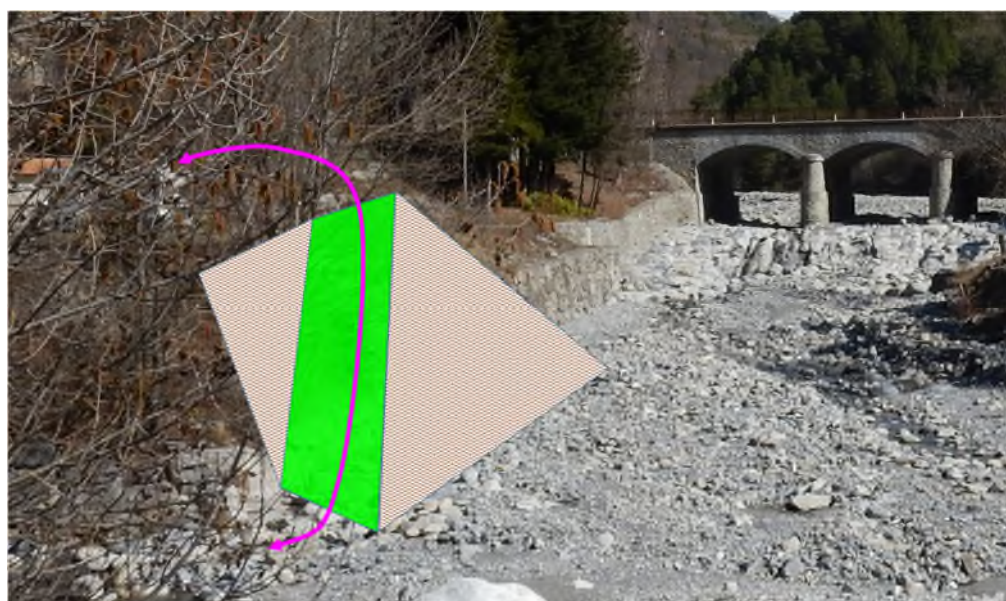
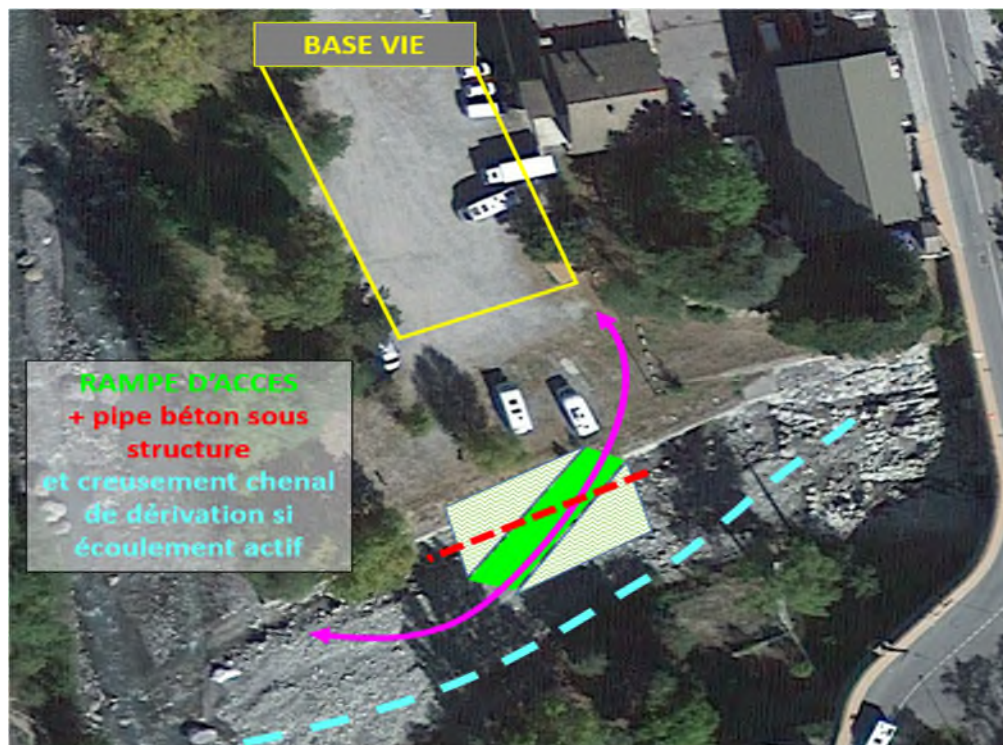
Seuls les engins pour l'amenée à pied d'œuvre, les locaux de chantier et les matériaux d'usage journalier pourront occuper la base vie.

Il conviendra de définir le meilleur schéma d'installation sur cet espace, garantissant le maximum de dégagement pour les voies de circulation assurant l'approvisionnement journalier, tout en limitant les risques d'accident en prévoyant des accès piéton bien balisés et une signalétique adéquate. Même si elles sont propres à chaque chantier, les bonnes pratiques à suivre afin d'optimiser la base vie du chantier peuvent être retrouvé ici : <https://base-vie.com/fr/bonnes-pratiques>

2 - Création de l'accès au chantier

Il convient de créer **une rampe temporaire d'accès** au droit des installations de chantier, du côté de la confluence (normalement en assec sur cette période), en vue d'accéder au cours d'eau par l'aval et éviter la destruction de la végétation en rive gauche.

Cette rampe sera réalisée en blocs d'enrochements et sera démontée en fin de chantier. Une canalisation béton sera installée dans les fondations de la rampe pour évacuer l'eau superficielle et une tranchée drainante sera créée pour rediriger les flux d'eau si le Tuébi n'était pas en assec au moment des travaux.



Etude de restauration de la continuité écologique au droit du seuil de Guillaumes sur le fleuve Var

Propositions d'aménagement d'ouvrages au stade Projet

Les matériaux et l'ampleur de la rampe à créer doivent être en cohérence avec l'engin le plus impactant susceptible d'intervenir sur le chantier dans le lit mineur.

3 - Création d'un dispositif de franchissement temporaire

Pour passer en rive droite du cours d'eau et remonter vers le seuil depuis la confluence aval avec le Tuébi, il convient de créer **une rampe de franchissement temporaire** sur le cours d'eau.

Vu la largeur du lit et l'instabilité locale des matériaux en place, cela exclu les solutions légères de type rampe métallique et franchissement en rondins.

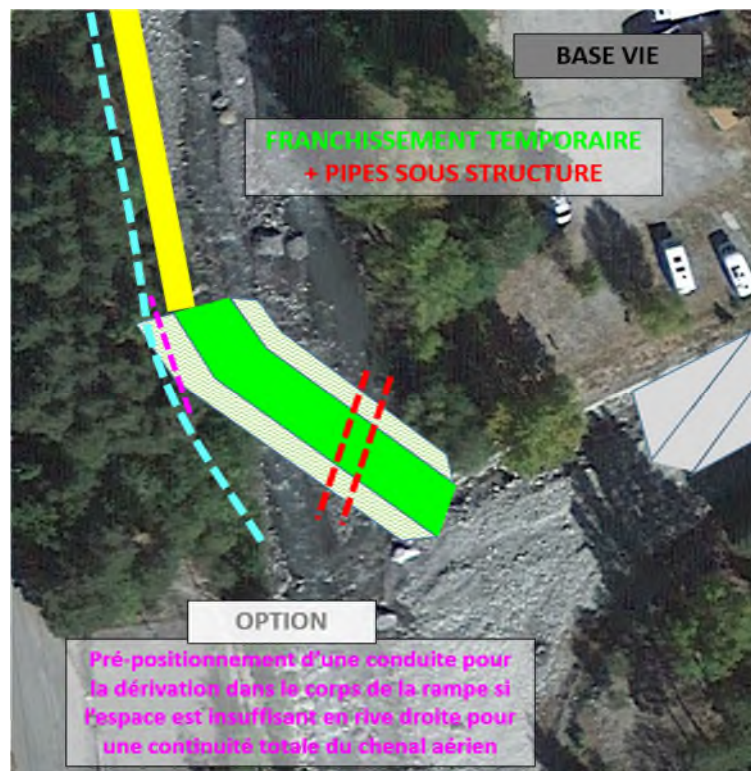


On privilégiera **une solution busée et terrassé de grave**, avec localement un terrassement du chenal actif pour le concentrer sur une faible largeur au droit du franchissement.



Les conduites installées doivent permettre d'assurer l'écoulement pérenne le temps que la dérivation soit activée.

L'espace disponible en rive droite au droit du franchissement, où doit s'insérer la dérivation des eaux, déterminera si la dérivation (à priori aérienne) nécessite de passer en conduite souterraine. Dans ce cas, il conviendra de pré-positionner et caler une conduite spécifique pour la dérivation dans le corps de la rampe de franchissement.



4 - Création du chenal de dérivation aérien

Pour permettre les travaux dans le lit mineur, la dérivation des eaux sera implantée en rive droite, où les atterrissements sont plus présents et le niveau TN de base rehaussé par rapport au reste du lit mineur.

L'implantation ne doit pas impacter les aménagements de protection des berges et éviter toute déstructuration du pied de berge.

Les éléments soutirés pour la réalisation du chenal doivent être régalés pour formaliser une piste de circulation stable et homogène afin de favoriser la circulation sur un espace réduit en largeur.

Arrivé en pied du seuil amont, il conviendra de combler la fosse de dissipation et d'établir une plateforme stable avant l'élaboration de la rampe de franchissement du seuil.

En fonction de son positionnement au moment des travaux, le chenal actif pourra être rectifié à l'avancement pour permettre la formalisation de la piste, sous réserve de ne jamais l'obstruer totalement, de conserver sa section d'écoulement, en compensant son obstruction rive droite par un immédiat dégagement de la section en rive gauche.



5 - Création de la rampe de franchissement du seuil

Le transit des engins en amont du seuil nécessitera la **création d'une rampe de franchissement sur le seuil en place**. La réalisation de cette rampe devra être faite en cohérence avec le terrassement aval qui sera fait sur le secteur, et de ce fait, employer des matériaux cohérents avec la phase suivante de création de la rampe rugueuse.



Les accès à l'amont du seuil (rue du Dauphiné et pont Maurice Durandy) semblent incompatibles avec le calibre des engins nécessaires à la réalisation du batardage amont et l'alimentation en matériaux.

L'accès amont, par le pont, s'il ne peut être fait autrement, sera privilégié pour l'acheminement des matériaux nécessaires, par petits conteneurs et leur transvasement en fond de lit à l'aide d'une petite pelle mécanique, compatible avec l'espace disponible. Aucun stockage ne pourra être réalisé sur ce secteur. Les matériaux acheminés devront immédiatement être valorisés dans le processus de création de l'ouvrage.

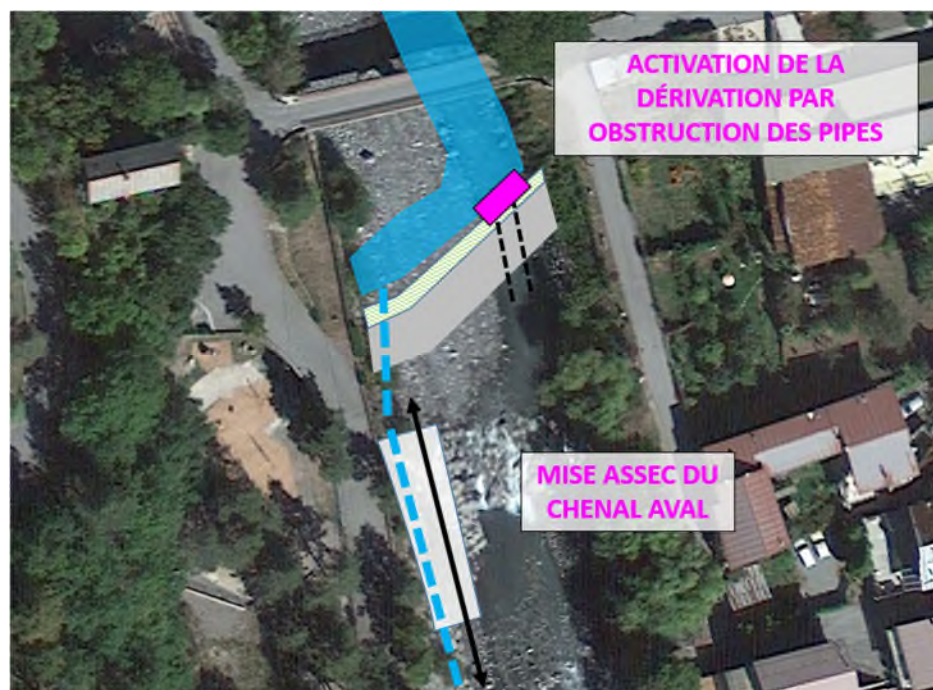
Les engins de terrassement passeront par l'accès aval et la piste qui aura été créée depuis la confluence.

Une conduite sera positionnée sur le corps de la rampe pour assurer la continuité de la dérivation des eaux.

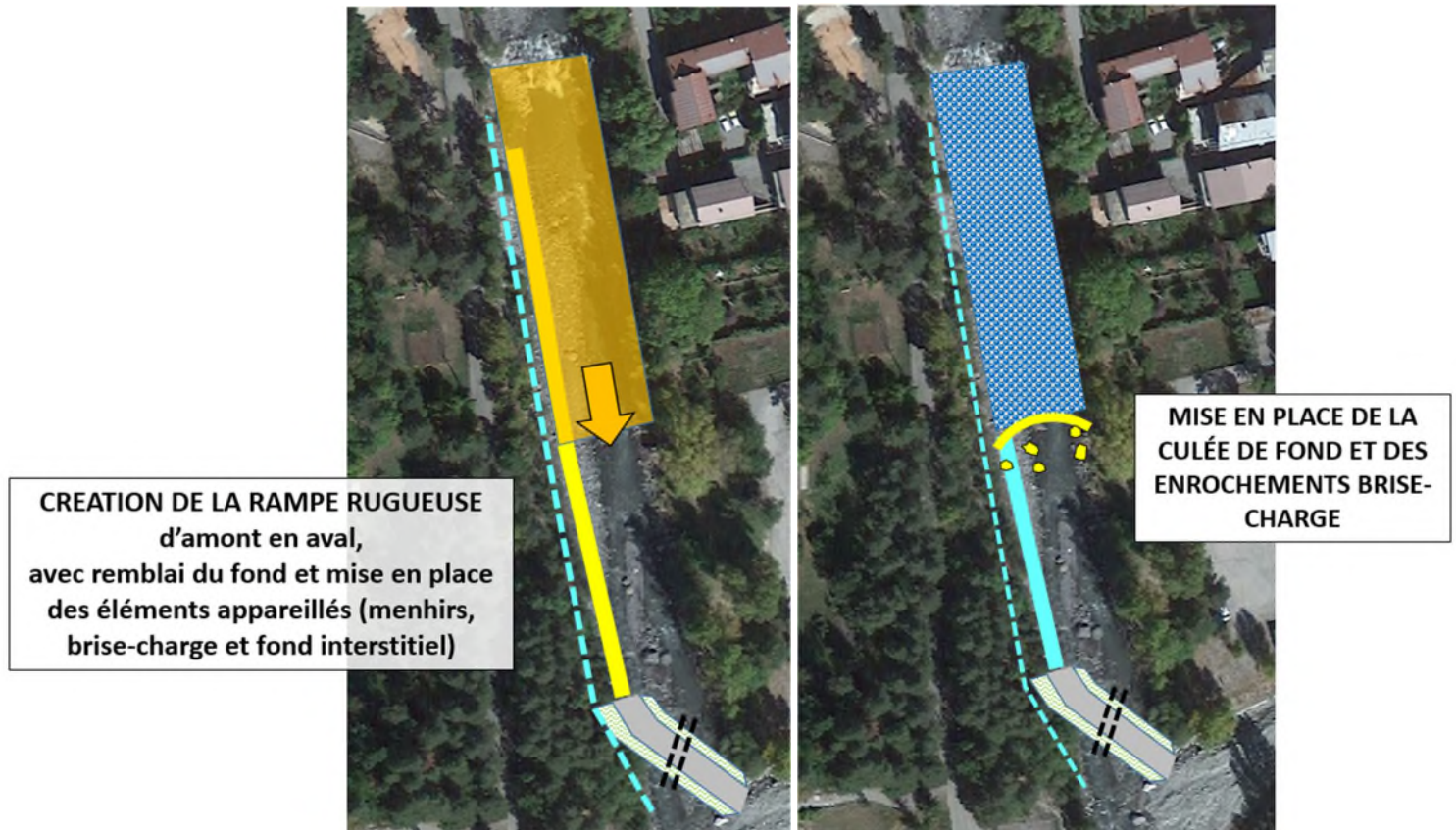
6 - Création du batardage amont et activation de la dérivation

Faisant suite à la rampe de franchissement, sera créée un batardeau fusible, afin de canaliser et orienter le flux d'eau vers l'axe de dérivation mis en place.

Des conduites traverseront le batardeau fusible pour ne pas interrompre l'écoulement et une conduite de dérivation sera également mise en place au travers du batardeau, en rive droite, pour canaliser le flux d'eau dans le canal de dérivation.



7 - Mise en œuvre de la rampe rugueuse pour rétablissement de la continuité écologique au droit du seuil aval du pont Durandy



La rampe rugueuse est créée d'amont en aval, selon les principes de conception définis dans le chapitre de conception de l'ouvrage.

Les menhirs doivent être positionnés précisément pour respecter l'interdistance nécessaire au bon fonctionnement hydraulique du système, ainsi que leur émergence et leur calage altitudinal. En fonction des matériaux sous-jacents rencontrés, il peut être nécessaire de renforcer l'assise de certains menhirs.

En plus des menhirs, des enrochements de type rochers sont implantés (cf. plan) pour renforcer le seuil amont, en base des berges le long du coursier dans des secteurs spécifiques, et en aval de l'anse finale pour faire office de brise-charge. Leur implantation reprend le même processus que pour les menhirs, seule leur émergence diffère et sera déterminée en fonction des secteurs repris.

Les enrochements de liaisonnement du fond du lit doivent être positionnés finement afin de constituer une surface autobloquante unifiant les menhirs entre eux.

De la grave interstitielle sera en dernier lieu répandue sur le système mis en place et compactée pour maximiser la cohésion de l'ensemble.

Enfin, dans son extrémité aval, sera mis en place un sabot en enrochement, en forme d'anse inversée, selon les principes de conception définis dans le chapitre de conception de l'ouvrage.

8 - Travaux de repliement et de remise en état.

Il conviendra de supprimer le batardeau fusible en premier, en rétablissant la circulation dans les buses sous-jacentes, et en régaland progressivement les matériaux sur l'atterrissement en rive droite.

Une fois le flux d'eau rétabli sur la nouvelle rampe rugueuse, le chenal de dérivation peut être déconstruit et les éléments exogènes (buses, matériaux non valorisables en place) évacués par la rampe de franchissement du lit, qui sera elle-même déconstruite de rive droite en rive gauche.

Enfin, il restera à déconstruire la rampe d'accès au lit et évacuer les matériaux depuis la berge.

4.2. MISE EN ŒUVRE DES REPRISES DU RADIER**4.2.1. Terrassement en grande masse**

Une fois, le seuil et la zone de chantier mis hors d'eau, la première étape de réalisation consistera à réaliser le fond de forme de la rampe projetée, ainsi que de la fosse nécessaire à la réalisation de la culée de fond en aval de la rampe.

La réalisation du fond de forme se décline en trois ateliers :

a) La réalisation du fond de forme de la rampe

Cette étape consistera à terrasser les alluvions du lit pour mettre en place le double dévers longitudinal et transversal (Cf. Plan de masse annexé). Le terrassement en grande masse est évalué, à partir des MNT (état actuel et état projeté) ayant servi de base à la réalisation des plans et coupes annexés au rapport. Le terrassement est estimé à 1350 m³ végétal de la manière suivante : 1250 m³ en déblais et 100 m³ en remblais (correspondant à l'actuelle fosse de dissipation – figure 5). L'excédent de 1150 m³ sera mis en réserve pour être réemployé pour le remplissage interstitielle de la rampe. Les matériaux non employés seront régaland en amont et en aval de la rampe en vue d'être réinjecté dans le cours d'eau.

b) La réalisation du fond de forme au droit des banquettes présentes sur le tiers aval de la rampe

Le tiers aval de la rampe comporte une spécificité supplémentaire en raison de la présence de banquettes latérales légèrement en surplomb. Ces dernières ne sont pas mobilisées pour les débits correspondants à la plage de fonctionnement de la rampe sur le plan piscicole). Toutefois, afin d'éviter tout report de l'érosion au droit de ces unités, en réponse du pavage du lit de la rampe, il est prévu de substituer, aux alluvions en place, un pavage similaire à celui réalisé au droit de la rampe (Cf. profil en travers C annexé). La réalisation de cette substitution nécessite un terrassement en déblais de 350 m³ (Figure 6).

c) La réalisation de la tranchée nécessaire à la réalisation du fond en forme de la culée d'anse inversée prévue en aval de la rampe

La quatrième étape consistera en la réalisation du fond en forme de la culée aval (Cf. profil en travers D annexé). La réalisation de cette dernière nécessitera la réalisation d'une tranchée de 30 m de longueur, par 4 mètres de largeur sur 1,5m de profondeur, soit près de 200 m³. Les alluvions purgées seront substituées par des enrochements 3 tonnes - 5 tonnes positionnés en deux rangées.

L'ensemble des alluvions terrassées représente un volume de 1700 m³ (1150m³+350m³+180m³). Ces matériaux seront mis en réserves. Ils seront réemployés afin de réaliser un recouvrement

superficiel de l'ensemble des zones remaniées. Ce recouvrement vise à combler les interstices entre les blocs et enrochements mis en place. Les alluvions non employées seront régaliées en amont et en aval de la rampe en vue d'être remobilisées par le fleuve en crue.

4.2.2. Matériaux et mise en œuvre pour la réalisation de la rampe

Sur la base du fond de forme réalisé, les étapes constructives suivantes seront mises en œuvre :

Une première étape consistera en la mise en place réglée et au calage altimétrique des 178 Menhirs constituant la macrorugosité de la rampe. Ces blocs, d'un diamètre métrique et d'une hauteur de 1,6 m à 1,7 m, devront être régulièrement répartis à une interdistance, longitudinale et latérale, de 2,8 m, ce afin de respecter une concentration homogène de 13% (Cf. plan de masse annexé). Le calage altitudinal devra respecter les cotes sommitales et suivre une pente de 4,3%, afin de garantir la bonne franchissabilité piscicole de la rampe pour l'ensemble de la plage de fonctionnement attendue (Cf. profil en long annexé). La pose des menhirs sera réalisée à l'avancement. La stabilisation temporaire, le temps de la pose des blocs constituant la rugosité de fond, sera assuré par la réalisation d'une assise en GNT (60/120). Au besoin, cette assise pourra être localement percolée avec du béton à prise rapide. La tenue des menhirs, une fois les travaux achevés sera assurée par l'ennoiment partiel de ces deniers dans les blocs constituant la rugosité de fond (Cf. profils en travers A, B et C annexés).

La seconde étape consistera en la mise en place des blocs de 50cm-70cm, armant le fond du lit entre les menhirs et sur les banquettes latérales. Cette carapace, d'une surface 2000m² (1680m² +350m² Figures 6 et 7) et de 1m d'épaisseur, permettra de bonne tenue de la rampe et des menhirs et apportera la rugosité de fond nécessaire au bon fonctionnement de la rampe. Un soin particulier devra être apporté à la pose de ces blocs afin de respecter le profil du terrain attendu tout en s'assurant d'un effet autobloquant des blocs entres eux (Cf. profils en travers A, B et C annexés).

La troisième étape consistera en la réalisation de la culée de fond en forme d'anse inversée (Cf. profils en travers D annexés) par la pose dans la fosse de 200m³, d'enrochements 3 tonnes - 5 tonnes positionnés en deux rangées (Cf. plan de masse et profils en travers D annexés).

La quatrième étape consistera à réaliser un recouvrement superficiel de l'ensemble des zones remaniées (2200m²) à partir des 1680 m³ d'alluvions du lit mises en réserves (1150m³+350m³+180m³). Les matériaux non employés, seront régaliés en amont et en aval de la rampe en vue d'être remaniés par le fleuve lors des futures crues.

La cinquième et dernière étape consistera à disposer des enrochements 3 tonnes - 5 tonnes sur les secteurs périphériques des rampes afin de conforter leur résistance à l'érosion (Cf. plan de masse annexé).

La nature pétrographique et la taille des matériaux utilisés pour la réalisation de la rampe seront soumis à validation du maître d'œuvre.

Etude de restauration de la continuité écologique au droit du seuil de Guillaumes sur le
fleuve Var
Propositions d'aménagement d'ouvrages au stade Projet

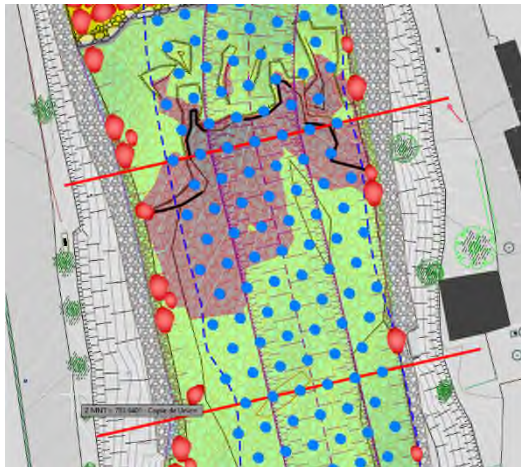


Fig. 6. Vue en plan illustrant la zone en remblai au droit de l'actuelle fosse de dissipation (Zone en rouge estimée à près de 100m³)

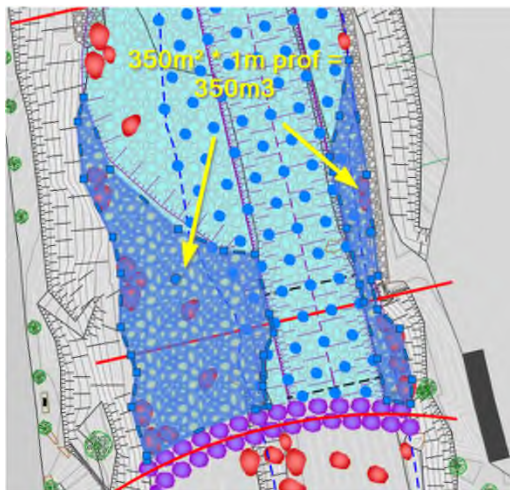


Fig. 7. Vue en plan illustrant le volume de terrassement au droit des banquettes latérales présentes sur le tiers aval de la rampe

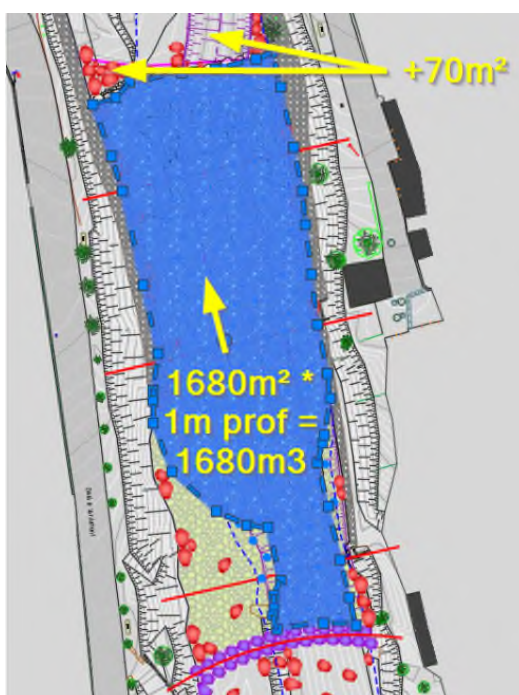


Fig. 8. Vue en plan illustrant le volume de blocs (50cm-70cm) nécessaires pour la réalisation de la « carapace » constituant la rugosité de fond de la rampe

5. PLANNING DE REALISATION

Sur la base des éléments précités, les travaux sont projetés courant 2022 selon planning repris dans le tableau 3.

2022	Avril				Mai					Juin				Juillet				
	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4	s5	s1	s2	s3	s4	s1	s2	s3	s4	s5
Préparation et installation																		
Création des rampes et chenal de dérivation																		
Pêche électrique																		
Fond de forme																		
Mise en place (menhir et blocage)																		
Culée aval et blocs périphériques																		
Remise en état et dépôtage																		
Replis des installations																		

Tabl. 3 - Planning prévisionnel de réalisation des travaux

6. CHIFFRAGE DE L'OUVRAGE

Le coût de la reprise de l'ouvrage existant est estimé à 440 K€ HT avec prise en compte d'un aléa de 10%.

Le chiffrage proposé se décompose en trois postes :

- Installation et repli de chantier, protection et gestion des eaux (correspondant à la mise hors d'eau de l'emprise de chantier et les éventuelles mesures de gestion des fines pendant la phase chantier) et Etudes et documents d'Exécution restant à réaliser à l'issue du présent Projet et de la reprise du Dossier Loi sur l'Eau intégré à la prestation d'ARTELIA ;
- Terrassements, correspondant à l'ensemble des déblais/remblais dans le lit du Var nécessaires à la réalisation du fond de forme de la rampe et de la culée de fond aval ;
- La construction de la rampe selon les préconisations précédentes.

Etude de restauration de la continuité écologique au droit du seuil de Guillaumes sur le fleuve Var

Propositions d'aménagement d'ouvrages au stade Projet

Tabl. 3 - Détail estimatif de la réalisation de l'aménagement projeté

PRO - Détail estimatif - Rampe à macrorugosités au droit du seuil de Guillaumes					
N° de Prix	Désignation de la prestation	Unité	Quantité	Pu HT	Montant HT
Série 100	Installation, repli du chantier et travaux préliminaires (passe à poissons et réfection du seuil)				151 500.00 €
	Installation, repli du chantier et contraintes environnementales				136 500.00 €
101	Installations générales du chantier	Ft	1	15 000.0	15 000.00
102	Débroussaillage, abattage, dessouchage et évacuation d'arbres	Ft	1	1 500.0	1 500.00
103	Création des pistes d'accès	Ft	1	35 000.0	35 000.00
104	Gestion des eaux de surface (dérivation, épaissement, décantation...)	Ft	1	60 000.0	60 000.00
105	Dépollution pyrotechnique	Ft	1	5 000.0	5 000.00
106	Repli du chantier et remise en état des lieux	Ft	1	10 000.0	10 000.00
107	Prise en compte des préconisations environnementales (pêche de sauvetage, études environnementales avant et post travaux...)	Ft	1	10 000.0	10 000.00
	Etudes et documents d'exécution				15 000.00 €
108	Etudes d'exécution des ouvrages	Ft	1	2 500.0	2 500.00
109	Levé topographique détaillé	Ft	1	2 500.0	2 500.00
110	Plan d'Assurance Qualité	Ft	1	1 250.0	1 250.00
111	Mission CSPS	Ft	1	5 000.0	5 000.00
112	Dossier des Ouvrages conformes à l'Exécution	Ft	1	1 250.0	1 250.00
113	Plan d'Assurance Environnemental	Ft	1	1 250.0	1 250.00
114	Etablissement du schéma d'organisation et de gestion des déchets	Ft	1	1 250.0	1 250.00
Série 200	Terrassement en grande masse				22 300.00 €
201	Débais et mise en réserve des alluvions en en place pour la réalisation du fond de forme dans l'emprise de la rampe	m³	1 250	12.0	15 000.00
202	Remblais pour la réalisation du fond de forme dans l'emprise de la rampe	m³	100	7.0	700.00
203	Débais et mise en réserve des alluvions en en place pour la réalisation du fond de forme sur les banquettes latérales	m³	350	12.0	4 200.00
204	Débais et mise en réserve des alluvions en en place pour la réalisation de la tranchée nécessaire pour la réalisation de la culée de fond	m³	200	12.0	2 400.00
Série 300	Création de la rampe				225 750.00 €
301	Fourniture et pose des menhirs (Diamètre 1m , Longueur 1,6m)	U	200	120.0	24 000.00
302	Fourniture et pose de GNT (60/120) pour la réalisation de l'assise temporaire des menhirs	m³	150	45.0	6 750.00
303	Percolations localisées de la GNT au béton à prise rapide localisée pour la réalisation de l'assise temporaire des menhirs	m³	150	210.0	31 500.00
304	Fourniture et pose des blocs 0,5m - 0,7m pour la réalisation de la carapace	m³	2 000	50.0	100 000.00
305	Fourniture et pose des enrochements 3 tonnes - 5 tonnes pour réalisation de la culée de fond	m³	200	75.0	15 000.00
306	recouvrement superficiel de l'ensembles des zones remaniées	m³	700	10.0	7 000.00
307	Régalaage du reliquat d'alluvions	m³	1 000	4.0	4 000.00
308	Fourniture et pose des blocs 3 tonnes - 5 tonnes en périphérie de la rampe	m³	500	75.0	37 500.00
	Aléa de 10% HT				39 955.00 €
	Total HT				439 505.00 €
	TVA au taux de 20%				87 901.00 €
	Total TTC				527 406.00 €

SECTION 3 PLANS ET COUPES DES PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT