SM3A

Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Arve et de ses Affluents

Commune du GRAND BORNAND

IMPLANTATION ET DIMENSIONNEMENT DE 2 PLAGES DE DEPOT DE MATERIAUX SOLIDES SUR LES TORRENTS DU CHINAILLON ET DE LA DUCHE

AVANT PROJET

Mai 2022

Réalisation

Office National des Forêts

Service RTM agence Alpes du Nord

Flora Guilloux

ALP'PAGES

V2– Mai 2022		
Rédigé par	Marine Cazy	RTM - Ingénieure travaux
Participation de	Flora Guilloux	Paysagiste concepteur
	Jean-Philippe Pages	Chargé environnement
	Bruno Demolis	RTM - Ingénieur hydraulicien
	Olivier Bagreaux	RTM - Dessinateur
Validé par	Caroline Brobecker	RTM - Cheffe de service

Réalisation

Office National des Forêts

Service RTM agence Alpes du Nord

Flora Guilloux

ALP'PAGES

www.onf.fr

Table des matières

1. Contexte de l'avant-projet 5

1.1. Déroulé de l'étude 5

1.2. Choix d'aménagements retenues 6

1.3. Rappel sur le principe des ouvrages constituants une plage de dépôt ou zone de régulation 6

2. Torrent de la Duche 8

2.1. Rappel des aménagements à prévoir 8

2.2. Entretien des boisements en berge 8

2.3. Zone de régulation de 5 000 m³ 9

2.3.1. Rappel du principe 9

2.3.2. Dimensionnement fonctionnel de l'ouvrage : hypothèses et profil type 10

2.3.3. Implantation de la zone de régulation et intégration paysagère 12

2.3.4. Pré dimensionnement des ouvrages constituant l'aménagement 15

2.3.5. Terrassements généraux 16

2.3.6. Intégration environnementale de l'ouvrage 18

2.3.7. Etudes techniques complémentaires 20

2.3.8. Contraintes et réglementations 21

2.3.9. Organisation des travaux 22

2.4. Chenalisation des écoulements 24

2.4.1. Rappel du principe 24

2.4.2. Dimensionnement fonctionnel de l'ouvrage 24

2.4.3. Implantation de la chenalisation 26

2.4.4. Pré dimensionnement des ouvrages 27

2.4.5. Terrassements généraux 28

2.4.6. Contraintes et réglementations 30

2.4.7. Organisation des travaux 31

3. Torrent du Chinaillon 33

3.1. Introduction – rappel des objectifs sur le torrent 33

3.2. Optimisation du fonctionnement de la plage de dépôt du Rosay 33

3.2.1. Rappel du principe 33

3.2.2. Accès et d'entretien 34

3.2.3. Intégration paysagère de l'ouvrage 35

3.2.4. Contraintes et réglementations 36

3.2.5. Organisation des travaux 36

3.3. Plage de dépôt au pont de la Matte 36

3.3.1. Rappel du principe de l'aménagement 36

3.3.2. Evaluation des débits de crues à considérer 37

3.3.3. Dimensionnement fonctionnel de l'ouvrage 38

3.3.4. Implantation des plages de dépôts options 1 et 2 et intégration paysagère 41

3.3.5. Pré dimensionnement de l'ouvrage de sortie (options 1 et 2) 46
3.3.6. Pré dimensionnement des autres ouvrages constituant la plage de dépôt (options 1 et 2) 52
3.3.7. Terrassements généraux 54
3.3.8. Intégration environnementale de l'ouvrage 56
3.3.9. Etudes techniques complémentaires 56
3.3.10. Contraintes et réglementation 57
3.3.11. Organisation des travaux 60
3.4. Piège à flottant torrent des Outalays 62
3.4.1. Rappel du principe de l'aménagement 62
3.4.2. Analyse sommaire du torrent des Outalays 62
3.4.1. Dimensionnement fonctionnel de l'ouvrage 63
3.4.2. Contraintes et réglementations 65
3.4.3. Organisation des travaux 66
Annexe 1 : Détail estimatif des travaux pour la zone de régulation sur le torrent de la Duche ... 67
Annexe 2 : Détail estimatif des travaux pour la chenalisation en amont du cône sur le torrent de la Duche 68
Annexe 3 : Détail estimatif des travaux pour la plage de dépôt sur le Chinaillon au pont de la Matte – OPTION 1 69
Annexe 4 : Détail estimatif des travaux pour la plage de dépôt sur le Chinaillon au pont de la Matte – OPTION 2 70

Table des illustrations

Figure 1 : Localisation du secteur d'étude sur fond ortho photo 5
Figure 2 : Schéma de principe d'une plage de dépôt (Zollinger, 1983) 6
Figure 3 : Extrait de la cartographie des habitats naturels et semi-naturels sur le site de la Duche – Etude de diagnostic ALP-PAGES 8
Figure 4 : Représentation des hauteurs de passage d'une lave pour différentes gammes de viscosités 9
Figure 5 : Profil type dans la plage de dépôt (P4): lit mineur, zone de dépôt et digues latérales 11
Figure 6: Implantation de l'aménagement sous fond plan topographique 12
Figure 7 : Axonométrie paysagère de la partie aval de l'ouvrage - 15 après travaux 13
Figure 8 : Axonométrie paysagère du belvédère et du raccord à la digue en amont 14
Figure 9 : profil type du muret servant de belvédère (RG3) 14
Figure 10: Profil type protection de berge dans le lit mineur 15
Figure 11 : Schématisation des mouvements de terre en déblais / remblais 17
Figure 12 : Variante possible d'implantation de la piste d'accès et de la plateforme d'entretien sous fond orthophoto 18
Figure 13 : Emprise proposée à déboiser pour réaliser une transition entre boisement et clairière (tampon de 15 m) 19

Figure 14 : Repérage du réseau en rive gauche réalisé avec RET 22
Figure 15 : Réponse DT SPLO des Aravis 22
Figure 16 : Photo prise depuis la rive gauche vers l'aval à l'apex du cône 24
Figure 17 : Profil type de la chenalisation 25
Figure 18 : Profil en travers dans l'axe du lit du radier plongeant 27
Figure 19 : schématisation des mouvements de terre en déblais 28
Figure 20 : Schématisation des mouvements de terre pour les enrochements 29
Figure 21 : Implantation sommaire de la chenalisation du torrent à réaliser et des accès à améliorer et ouvrir. Attention le fond cadastral est à recaler 29
Figure 22 : Photo de l'ouvrage de fermeture de la plage de dépôt du Rosay vue depuis l'aval et photo du taquet béton complexifiant le démontage de l'ouvrage 33
Figure 23 : Photo de l'accès à la plage de dépôt 34
Figure 24 : Exemples de fresques représentant plusieurs thèmes : nature, fleuve et aléa torrentiel 35
Figure 25 : Formule de transfert de bassin versant 37
Figure 26 : Profil type de l'ouvrage de stockage (P5) 40
Figure 27 : Implantation de l'aménagement OPTION 1 sous fond plan topographique 41
Figure 28 : Axonométrie paysagère globale de l'aménagement – option 1 42
Figure 29 : Implantation de l'aménagement OPTION 2 sous fond plan topographique 43
Figure 30 : Axonométrie paysagère globale de l'aménagement – option 1 43
Figure 31 : Axonométrie paysagère de la partie aval de l'ouvrage avant/après travaux- option 1 45
Figure 32: axonométrie paysagère de la partie médiane de l'ouvrage avant/après travaux - option 1 46
Figure 33 : Classification autrichienne des ouvrages de fermeture - Wehrmann et Al (2006) dans Piton et Recking (2016) 47
Figure 34 : Exemple d'ouvrage fente avec barre - Commune de Meyronnes (04) torrent de la Courbe 49
Figure 35 : Exemple d'un ouvrage de sortie de type Autrichien avec dispositif barres amont "multi inclinées". Torrent de Dientenbach – Province de Salzbourg. Hauteur de 10 m (Source : ONF-RTM) 50
Figure 36 : Auto curage des barrages – Sources : à droite, Sedalp (2015) ; à gauche, torrent de Wildbach - province de Salzbourg (RTM) 50
Figure 37 : OPTION 1 - Ouvrage de fermeture pour 20 000 m^3 de type Fente 51
Figure 38 : OPTION 2 - Ouvrage de fermeture pour 10 000 m^3 de type Fente 51
Figure 39 : OPTION 1 - Ouvrage de fermeture pour 20 000 m^3 de type Autrichien sans représentation barre inclinée 52
Figure 40 : profil type protections de berge chenal dans la plage de dépôt 52
Figure 41 : Schématisation d'un radier anti-affouillement à l'aval d'un seuil 53
Figure 42 : Schématisation des mouvements de terre en déblais / remblais pour l'option 1 54

Figure 43 : Schématisation des mouvements de terre en déblais / remblais pour l'option 2 55
Figure 44: Plans réponse DT SPLO des Aravis 59
Figure 45 : Plan réponse DT commune du Grand Bornand – PEHD annelé EU 59
Figure 46 : Plan réponse DT Orange – réseau enterré et aérien 59
Figure 47 : Plan réponse RET – réseau aérien 60
Figure 48 : Photo du busage du torrent des Outalays 62
Figure 49 : Emprise du bassin versant du torrent des Outalays sous fond ortho photo de 2015 63
Figure 50 : Implantation sommaire de l'ouvrage à flottant et du renforcement du lit est des berges à prévoir à l'aval 64
Figure 51: piste accès à l'ouvrage en rive gauche 64
Figure 52 : Schématisation du renforcement du lit à prévoir à l'aval du piège à flottant sur 20 ml 65

1. CONTEXTE DE L'AVANT-PROJET

1.1. Déroulé de l'étude

Le présent avant-projet de travaux concerne l'aménagement de :

- Une zone de régulation et une chenalisation sur le torrent de la Duche au hameau de Lormay,
- Une plage de dépôt sur le torrent du Chinaillon au hameau de la Mottaz,
- Une amélioration de l'ouvrage de fermeture de la plage de dépôt du Rosay,
- Un ouvrage à flottant sur la branche du torrent des Outalays au hameau de la Mottaz.

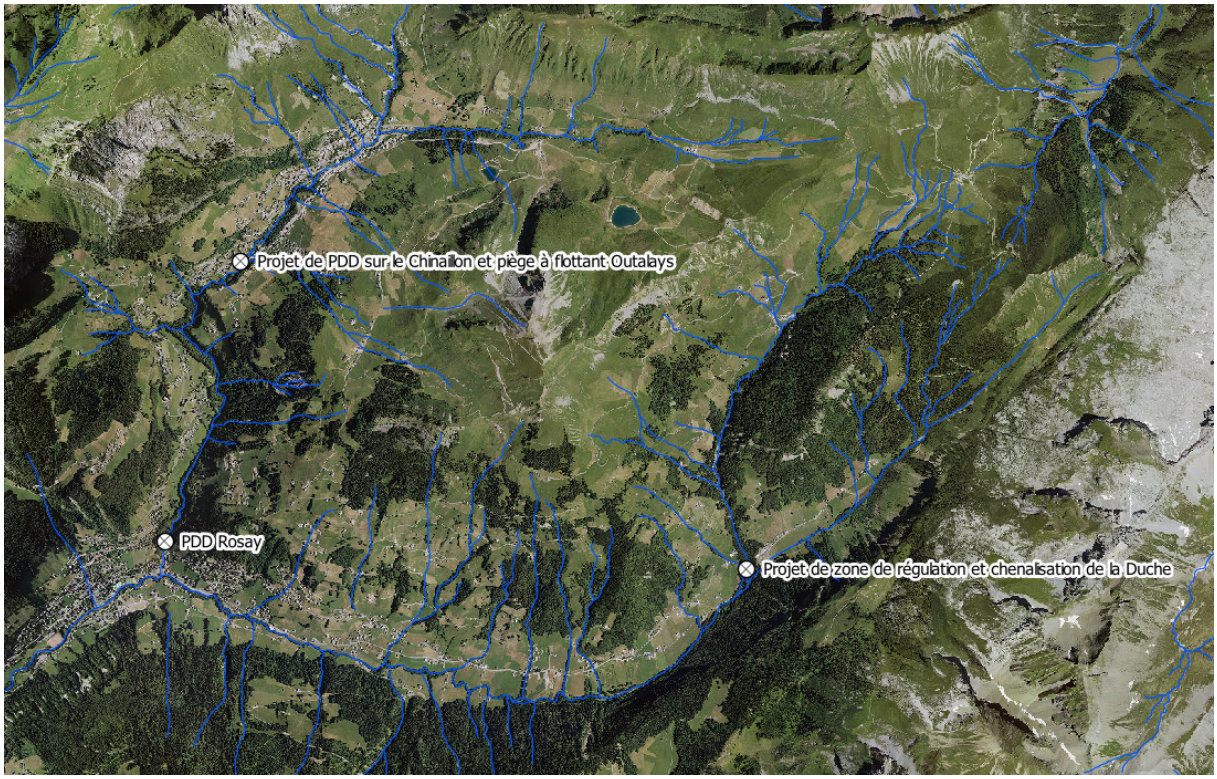


Figure 1 : Localisation du secteur d'étude sur fond ortho photo

L'avant-projet découle des études préliminaires et de diagnostic suivantes :

- Etude préliminaire et de diagnostic RTM d'aout 2021,
- Etude de diagnostic faune flore de ALP PAGES d'octobre 2021,
- Etude de diagnostic paysage de Flora Guilloux d'octobre 2021.

Plusieurs réunions de concertations ont été réalisées suite à ces rendus :

- Présentation des principes d'aménagement proposés au SM3A et à la commune d'août 2021 (CR n°3)
- Présentation des diagnostic faune/flore et paysager et validation des scénarios à retenir, en octobre 2021 (CR n°4).

Les objectifs de l'avant-projet de travaux attendus par le SM3A sont :

- Définir l'implantation des aménagements,
- Apprécier le pré-dimensionnement des ouvrages constituant les aménagements,
- Déterminer les mesures d'intégrations paysagères et écologiques (notamment flore),
- Définir les principes de construction et le phasage des travaux,
- Définir les éventuels besoins de reconnaissances géotechniques et géophysiques,
- Réaliser des plans sommaires, à savoir vue en plan et profils en travers type et profil en long,
- Définir les modalités d'entretien des ouvrages,
- Déterminer le coût estimatif des ouvrages,
- Définir les contraintes réglementaires.

1.2. Choix d'aménagements retenues

Plusieurs scénarios avaient été proposés dans les phases préliminaires d'étude. Les aménagements retenus par le SM3A et la commune sont :

- Torrent de la Duche :
  - Réalisation d'une zone de régulation en amont du pont (scénario 1.a), c'est-à-dire sans création d'ouvrage de fermeture. Par rapport à la pré-implantation proposée, la zone de dépôt est à décaler en rive gauche dans les terrains communaux
  - Chenalisation des écoulements à l'apex du cône de déjection pour limiter le risque de débordement
  - Gestion des boisements de berge
- Torrent du Chinaillon – plage de dépôt du Rosay : pas de recherche d'augmentation du volume de la plage de dépôt actuelle ; optimisation du fonctionnement de l'ouvrage de fermeture.
- Torrent du Chinaillon – pont de la Matte : création d'une plage de dépôt à l'aval du pont d'une capacité comprise entre 10 et 20 000 m³ (deux scénarios).
- Torrent des Outalays : création d'un piège à flottants sommaire à l'amont du dalot existant.

1.3. Rappel sur le principe des ouvrages constituants une plage de dépôt ou zone de régulation

Eléments repris de l'étude préliminaire RTM d'août 2021.

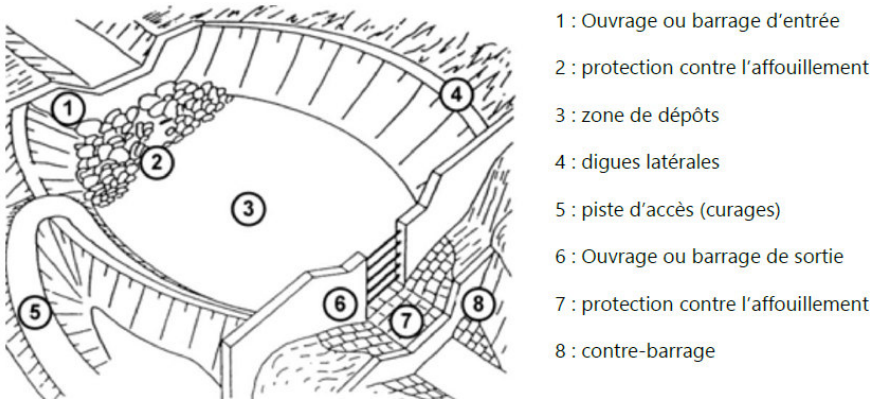


Figure 2 : Schéma de principe d'une plage de dépôt (Zollinger, 1983)

La **fonction des aménagements recherchée par le SM3A** est de laisser transiter les matériaux lors des crues courantes et de stopper, lors des crues importantes, un volume de matériaux que le lit à l'aval ne pourrait pas faire transiter sans désordres. L'ouvrage doit alors être **le plus transparent possible lors des**

crues courantes, le but étant de ne pas perturber l'équilibre hydro-sédimentaire du torrent pour les crues courantes et de limiter au maximum les opérations d'entretien sur l'ouvrage.

Pour chaque ouvrage, nous ferons figurer sur les plans deux niveaux d'atterissement :

- Un niveau d'atterrissement supposé, calé sur une pente inférieure à la pente actuelle du lit, et servant à calculer la capacité de stockage de l'ouvrage
- Un niveau d'atterrissement critique, calé sur une pente équivalente à celle du lit (hypothèse sécuritaire), pour caler le niveau des digues latérales

Les plages de dépôt suivront les principes généraux suivants :

Ouvrage	**Principes**
Pente du profil en long	Non modifiée pour favoriser le transit des matériaux pour les crues courantes. Ce choix réduit fortement la capacité de stockage de l'ouvrage pour une surface donnée.
Estimation du volume stocké	Conformément aux hypothèses prises sur la pente d'atterrissement dans l'étude préliminaire.
Ouvrage d'entrée	Non prévu en l'absence de modification du profil en long.
Digues latérales	Hauteur correspondant à la une pente d'atterrissement critique[1] (=pente du lit) + revanche de 0,5 m. La revanche a été réduite par rapport à l'étude préliminaire (1 m) afin d'améliorer l'intégration paysagère. Ce choix est à confirmer avec le SM3A.
Ouvrage de fermeture	Ouvrage complexe de type béton armé avec fente et barres. Difficulté de déterminer la section de l'ouvrage permettant d'assurer un fonctionnement optimal, d'autant plus dans les torrents soumis à des apports de flottants. **Ouvrage pouvant nécessiter des adaptations (modification de section) dans les premières années de sa vie.**
Dispositif para fouille aval	Fosse de dissipation ou coursier en enrochements

[1] Hypothèse haute de la pente d'atterissement, servant à fixer le niveau des digues latérales

2. TORRENT DE LA DUCHE

2.1. Rappel des aménagements à prévoir

Les opérations retenues à étudier au stade avant-projet sont :

- Priorité 1 : l'entretien des boisements de berges sur l'ensemble du linéaire du cône de déjection,
- Priorité 1 : la création d'une zone de régulation (par abus de langage, cet ouvrage pourra être appelé plage de dépôt dans l'avant-projet) de capacité de stockage de 5 000 m³ (aménagement 1.a),
- Priorité 2 : l'amélioration du transit des écoulements à l'apex du cône par la chenalisation du torrent.

2.2. Entretien des boisements en berge

Les berges sont largement boisées avec des boisements de type :

- Bois mésophiles mixtes à Epicéa commun et hêtre commun,
- Boisements hygrophiles à Frêne élevé et Aulne blanc,
- Localement des fourrés de Saules.

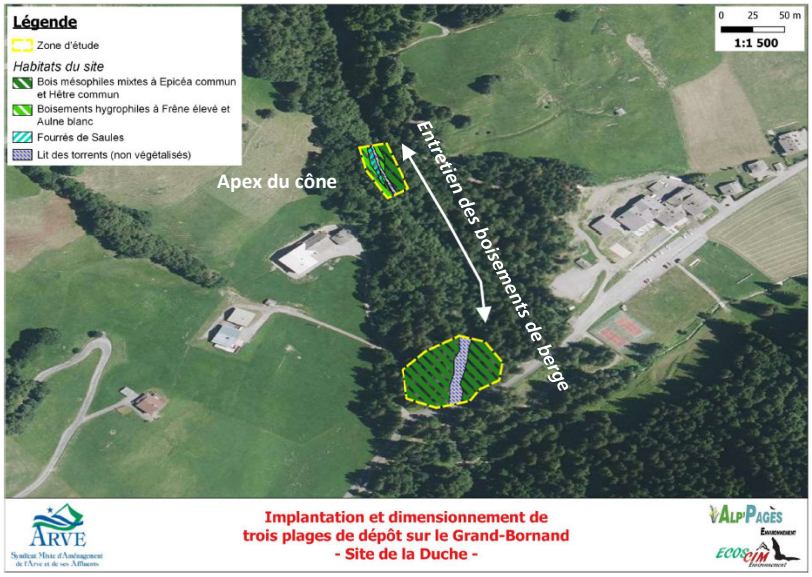


Fig. 11 - Cartographie des habitats naturels et semi-naturels – site de la Duche

Figure 3 : Extrait de la cartographie des habitats naturels et semi-naturels sur le site de la Duche – Etude de diagnostic ALP-PAGES

Ce boisement doit être entretenu de manière pérenne sur l'ensemble du cône de déjection, c'est-à-dire entre la zone de régulation aval et l'apex du cône. Le linéaire à traiter est d'environ 200 m.

Dans un premier temps, pour éviter les embâcles, il est nécessaire de réaliser une opération de nettoyage par la coupe des arbres instables en berges ou en mauvais état sanitaire ou de gros volume (diamètre supérieur à 30 cm à 1,3 m du sol). Les bois coupés pourront être sortis de l'emprise pour revalorisation par les propriétaires. Dans ce cas, les rémanents pourront être laissés sur le cône en dehors des berges du torrent. Les bois en mauvais état sanitaire seront billonnés en tronçon de 1 m et laissés au sol (en dehors des berges) pour créer des niches écologiques. Les opérations d'entretien doivent de préférence être réalisées légèrement et régulièrement avec des coupes d'entretien (élagage, recépage) plutôt que fortement et de manière occasionnelle. Ainsi, la première opération d'entretien des boisements est estimée à 15 000 € HT. Les opérations suivantes seront à programmer tous les 5 ans ; le montant d'entretien est estimé à 5 000 € HT par opération.

L'éclaircie pourra être l'opportunité de réintroduire des essences pour rétablir une diversité d'espèces, d'âge et de tailles dans la ripisylve des berges. Il est proposé de constituer un cordon arbustif à base de Saules (*Salix purpurea, Salix eleagnos, Salix daphnoides, Salix myrsinifolia*) et d'arbustes présents localement sur le site comme l'Alisier blanc (*Aria edulis* - ex *Sorbus aria*), les Groseillers (*Ribes alpinum, Ribes rubrum*), les chèvrefeuilles (*Lonicera alpigena, Lonicera xylosteum*), le Sureau noir (*Sambucus nigra*) et l'Aulne blanc (*Alnus* incana). Cette action serait une amélioration du milieu, mais ne constitue pas une priorité vis-à-vis de l'aléa torrentiel.

Le montant d'une telle action est estimé à 10 000 € HT en une unique opération ; on considère que la strate créée se renouvellera d'elle-même.

2.3. Zone de régulation de 5 000 m³

2.3.1. Rappel du principe

La pente du lit en amont du pont est propice au dépôt de matériaux pour des phénomènes de laves torrentielles. Cette tendance est confirmée par les observations de dépôts lors des laves de 1987 et 1996 (voir étude préliminaire). Le graphique suivant indique les hauteurs théoriques de laves torrentielles pour différentes gammes de rhéologie. Ainsi, avec une pente du lit moyenne de 7,5%, on note que pour des coulées plutôt fluides (courbes vertes et bleues) les hauteurs de dépôt du corps de lave sont de minimum 1,5 m, la hauteur libre sous le pont étant de 2 m (épaisseur du tablier prise en compte) et la pente moins marquée, un arrêt des laves sans mise en œuvre d'un ouvrage de fermeture parait très probable.

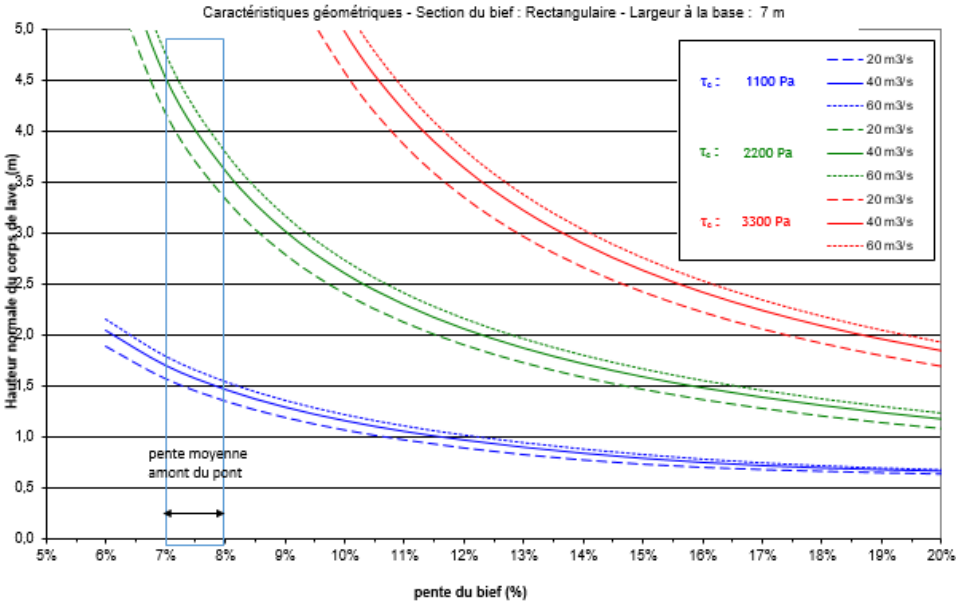


Figure 4 : Représentation des hauteurs de passage d'une lave pour différentes gammes de viscosités

L'absence d'ouvrage de fermeture permet de répondre aux objectifs de transparence de l'aménagement pour les crues courantes et d'intégration paysagère de l'aménagement.

La hauteur des atterrissements en cas de remplissage de l'ouvrage est fixée par la hauteur de la chaussée par rapport au fond du lit. Pour atteindre le volume à stocker objectif, il sera alors nécessaire de terrasser sur une emprise importante. La commune souhaite que l'emprise proposée dans l'étude préliminaire soit déportée plus en rive gauche dans les terrains communaux.

En cas d'obstruction du pont, les écoulements déborderont et il est fortement possible qu'ils empruntent la route communale sur environ 400 ml avant un retour des écoulements au Borne. Cet aménagement ne nécessite **à priori** pas de renforcement du lit à l'aval du pont. Ce scénario de débordement est accepté par la commune et le SM3A.

2.3.2. **Dimensionnement fonctionnel de l'ouvrage : hypothèses et profil type**

Pour réaliser le dimensionnement fonctionnel de l'ouvrage, il est nécessaire de définir les scénarios d'étude.

Scénario	Fonctionnement de l'aménagement	Fréquence
Fréquent	Laisser les matériaux transiter sans dépôt régressif	Crue courante avec charriage
Projet	Dépôt des matériaux dans la zone de stockage	Crue torrentielles rares (laves torrentielles)
Exceptionnel	Dépassement et débordements	Scénario exceptionnel

L'aménagement tel que proposé ne modifie pas la situation actuelle vis-à-vis des flottants. Le pont reste ainsi le point de blocage avec une section de 16 m² (5,5 m de largeur).

Les hypothèses prises pour le dimensionnement fonctionnel de la plage de dépôt sont reportées dans le tableau suivant.

Hypothèses / Ouvrages	**Caractéristiques**
Volume stocké	**5 000 m³**
Hauteur stockée au pont	Hauteur de la chaussée : 2,8 m
Pente d'atterrissement pour calcul volume	**6%** (voir étude préliminaire)
Digues latérales	• Hauteur : hypothèse d'une pente d'atterrissement critique = pente du lit de 7,5% + revanche de 0,5 m • Géométrie En dehors des zones contraintes (25m en amont du pont) : - Pente talus amont de 3H/2V - Pente talus aval de 1/3 - Largeur en tête de 3m pour permettre passage des engins en crête ou une revégétalisation La géométrie proposée permet de proposer une optimisation de l'intégration paysagère et d'améliorer l'équilibre déblais/remblais des matériaux. Elle pourra être modifiée, notamment dans le cas où le maître d'ouvrage et la commune souhaiterait réduire leurs emprises. Cela engendrera alors un excédent de matériaux et un ouvrage moins intégré au site.
Rampe accès	• Accès depuis la partie aval en rive gauche • Franchissement de la digue rive gauche • Pente de la rampe d'accès : 28%

Lit mineur	• Morphologie : éviter un tronçon rectiligne pour améliorer l'intégration paysagère • Largeur : 8 m comme actuellement • Pente : 3H/2V pour réduire les contraintes hydrauliques • Hauteur : nécessité de prévoir le transit d'une crue courante sans débordement dans la zone de dépôt = - Pour Q_{10}=14 m³/s la hauteur de charge d'écoulement en critique est de 1 m - Crue de charriage pouvant déposer 0,5 m de matériaux → **$H_{retenue}$=1,5 m** • Aménagement Crue courante érosives pouvant atteindre sommet de berge. Pour protéger les berges mise en œuvre d'un enrochement sec sur toute la hauteur pour répondre à l'objectif du SM3A d'entretien minimum de l'aménagement. La hauteur enrochée peut être réduite pour limiter la minéralisation du site et le coût de l'aménagement, dans ce cas des opérations d'entretiens pourront être nécessaires plus régulièrement. Pour éviter l'affouillement de la protection de berge nécessité de prévoir un sabot anti-affouillement d'une largeur minimale de 2m. Le sabot sera disposé à environ 20cm sous le niveau du lit fini afin de rétablir un lit alluvionnaire sur toute sa largeur.
Zone de dépôt	Contrepente de 2% vers le torrent pour permettre un auto-curage du dépôt en phase liquide.
Ouvrage d'entrée	Non nécessaire, une réduction de la pente du lit étant naturellement présente sur le cône.
Ouvrage à l'aval	En cas d'obstruction, débordement sur la route sans retour directement des écoulements au lit à priori. Néanmoins, le lit à l'aval du pont est déjà renforcé.

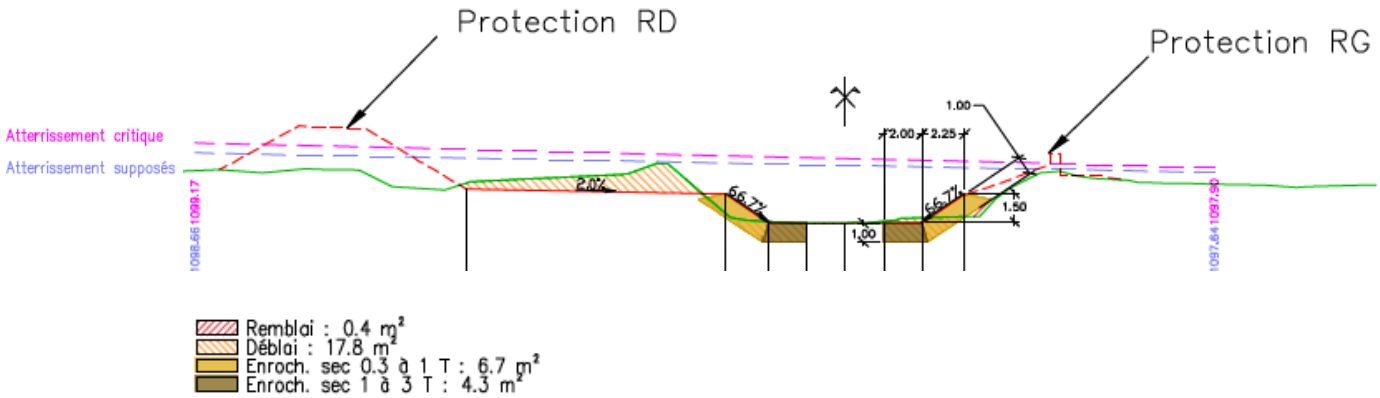


Figure 5 : Profil type dans la plage de dépôt (P4): lit mineur, zone de dépôt et digues latérales

L'implantation et les profils types sont reportés dans l'annexe carnet de plans.

2.3.3. **Implantation de la zone de régulation et intégration paysagère**

- **Implantation**

L'implantation de la zone de régulation a été réalisée de façon à obtenir le volume objectif de stockage de 5 000 m³. Le plan masse est visible dans l'annexe carnet de plans. La surface concernée par l'aménagement total (digues latérales comprises) est d'environ 5 000 m².

Les travaux vont alors impacter le lit mineur du torrent sur environ 105 ml.

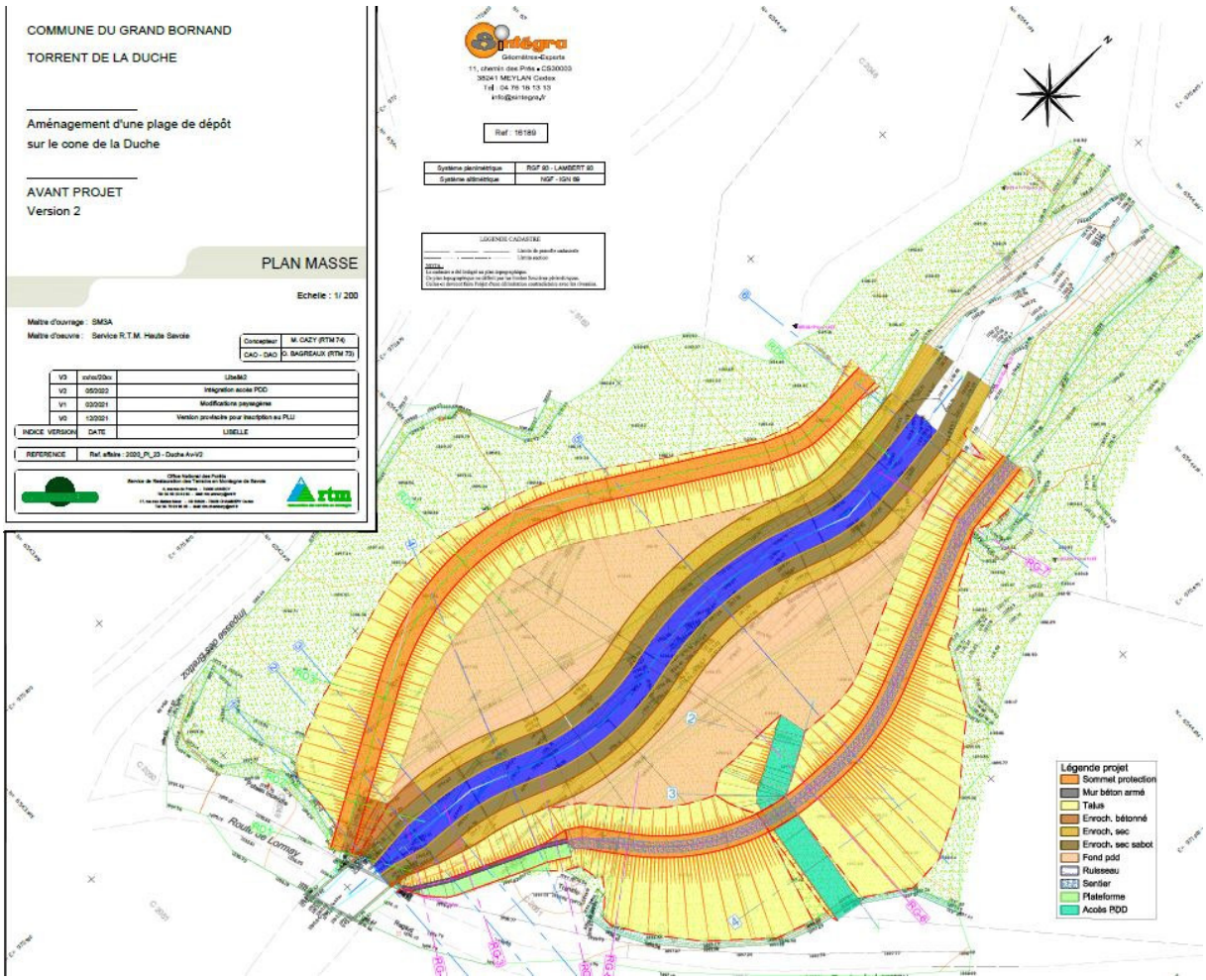


Figure 6: Implantation de l'aménagement sous fond plan topographique

Nous rappelons que le fond cadastral n'est pas correctement implanté. Avant toute régularisation du foncier un levé contradictoire du cadastre devra être réalisé.

- **Intégration paysagère**

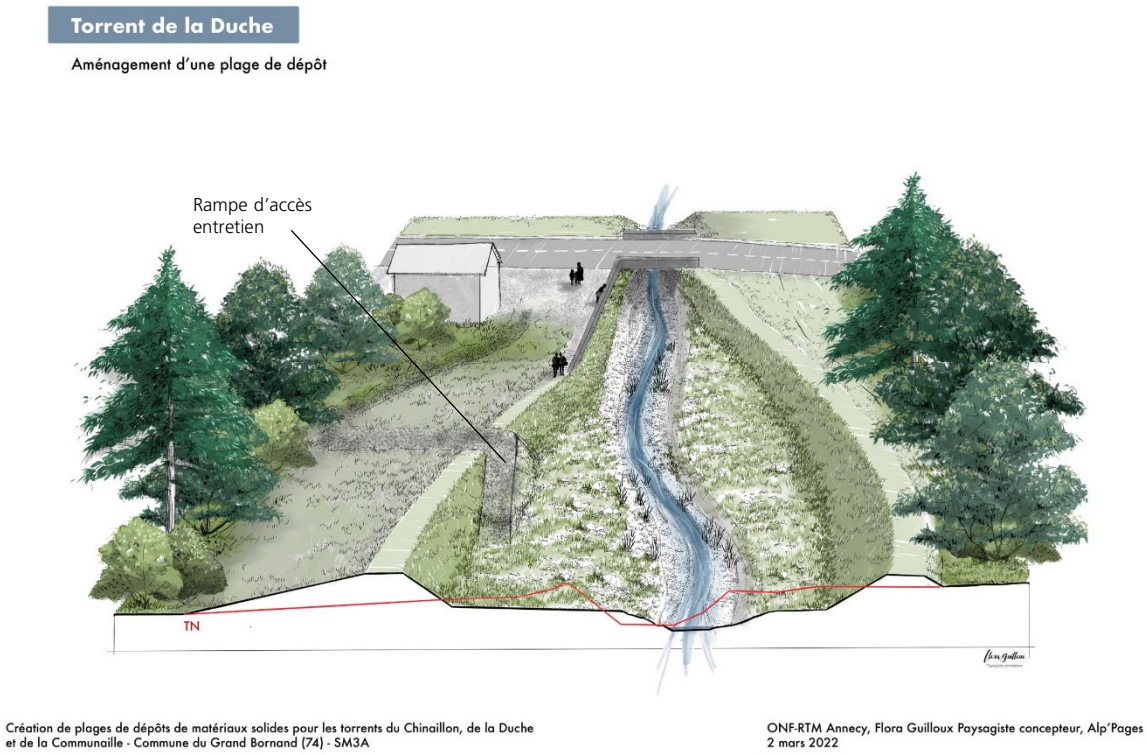


Figure 7 : Axonométrie paysagère de la partie aval de l'ouvrage - 15 après travaux

L'objectif de l'intégration paysagère est de dissimuler l'ouvrage de protection dans un contexte boisé. Aucun arbre ne pourra être maintenu entre les digues, un paysage de clairière sera donc créé. Une nouvelle lisière forestière sera aménagée afin de dissimuler, à terme, la coupe franche qui devra être réalisée dans le boisement pour la construction de l'ouvrage.

Depuis le pont routier, le paysage sera ouvert. Contrairement à aujourd'hui, le versant et le torrent de la Duche, en partie haute, seront visibles. Afin d'accompagner ces transformations, des améliorations sont préconisées :

- Diversifier et adoucir les pentes des digues, côté val et s'adapter à la topographie naturelle du site ;
- Favoriser l'implantation d'une lisière entre le pied de digue et la nouvelle limite forestière ;
- Conserver la végétation indigène, herbacée et arbustive basse, au centre de l'ouvrage ;
- Créer un belvédère et un cheminement, en rive gauche, sur l'ouvrage.

En effet, la proximité des enjeux touristiques nous encourage à communiquer sur l'ouvrage, son rôle, son entretien et ainsi de créer un belvédère. Même après plusieurs années, l'ouvrage restera visible. Il sera donc préférable de s'appuyer sur cet aménagement pour communiquer sur les aléas.

Les hypothèses de pré-dimensionnement des ouvrages constituant l'aménagement conduisent à la création de digues latérales pour éviter un débordement des écoulements en cas de remplissage de la zone de régulation. Au droit du transformateur électrique (Profil P3), la digue latérale se trouve à une altitude de + 1,4 m par rapport au terrain existant. Dans cette zone, l'emprise au sol étant fortement contrainte, il n'est pas possible de réaliser une digue en remblais sans renforcement, impactant fortement le paysage. Quitte à aménager la zone, il est proposé de remplacer la digue par un muret. L'emprise au sol gagnée ouvre l'opportunité de créer une plateforme d'observation au bord du torrent. Ainsi, à l'arrière du muret, côté val,

les terrains pourront être remodelés de façon à réaliser une plateforme à -1,2 mètre du sommet du mur pour conserver une hauteur similaire à celle d'un garde-corps et de la glissière de sécurité du pont.

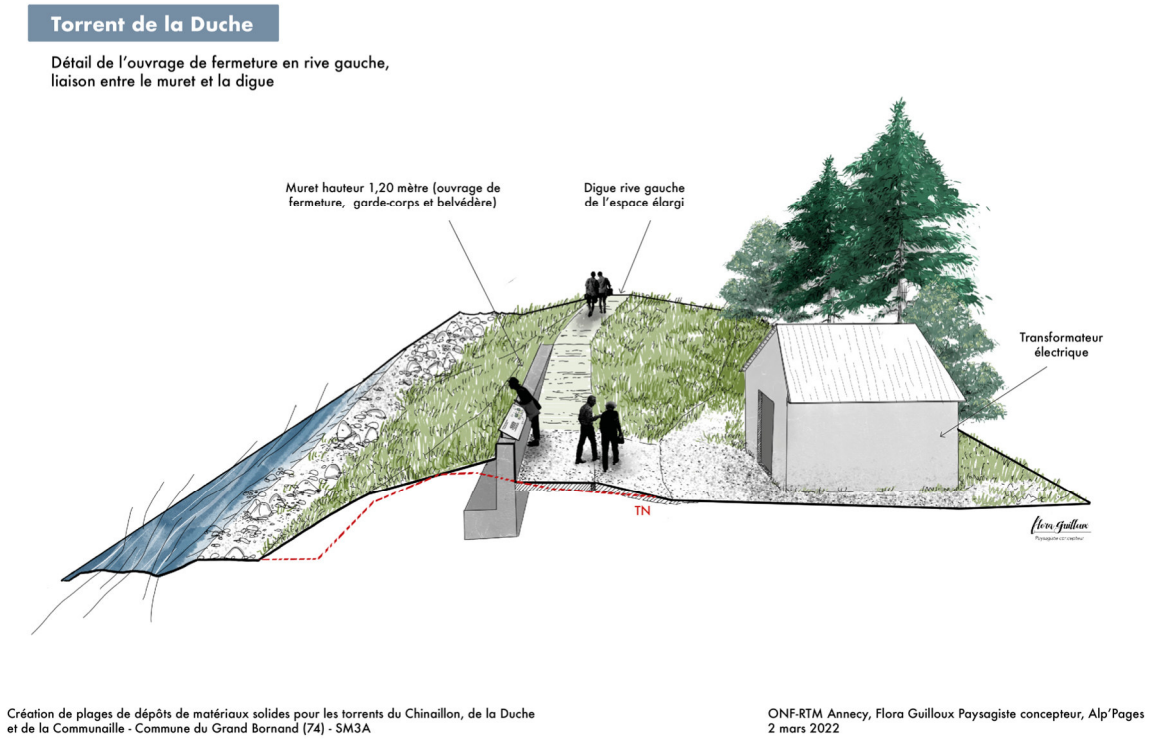


Figure 8 : Axonométrie paysagère du belvédère et du raccord à la digue en amont

Le muret sera réalisé dans la continuité du pont et de la glissière. Le type de glissière pourra être modifié par des plots en béton à fort espacement reliés par des pannes bois fusibles. Il est nécessaire de ne pas réaliser une glissière continue et fermée pour éviter d'augmenter la hauteur des dépôts en sortie par rapport à celle retenue dans l'avant-projet. Cela constituerait alors un dépassement des scénarios projets avec un risque de débordement au-delà des digues latérales.

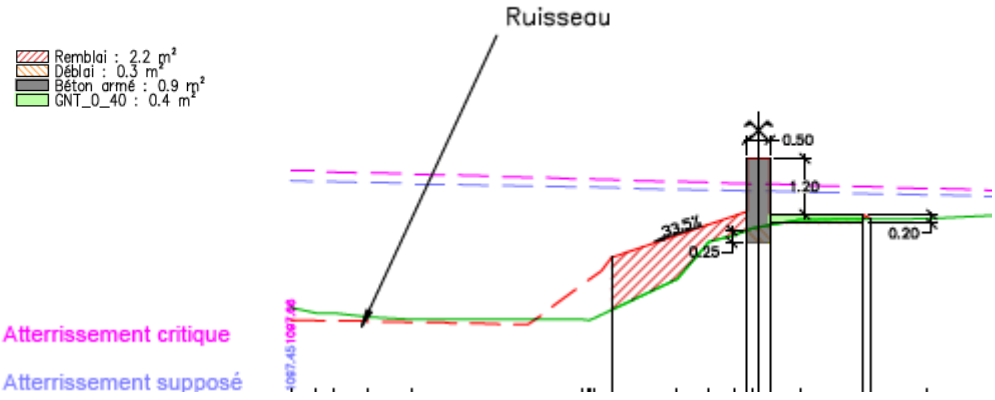


Figure 9 : profil type du muret servant de belvédère (RG3)

Remarque : sur la figure ci-dessus le muret a une hauteur supérieure à la hauteur des atterrissements critiques pour permettre l'aménagement du belvédère, d'un garde-corps et pour améliorer la continuité avec le raccordement avec la digue latérale amont.

2.3.4. **Pré dimensionnement des ouvrages constituant l'aménagement**

2.3.4.1 **Enrochements pour protection de berge dans le lit mineur**

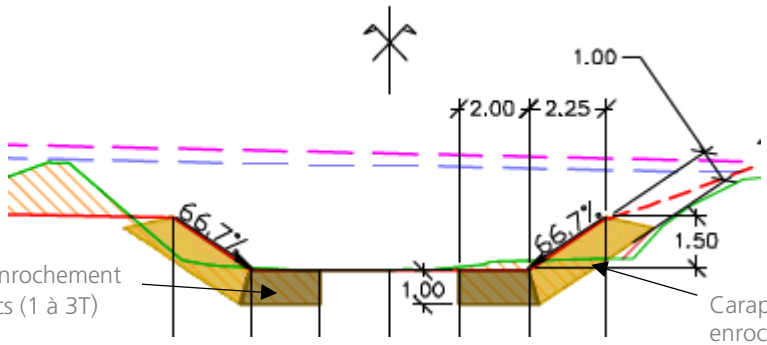


Figure 10: Profil type protection de berge dans le lit mineur

- **Carapace**

La protection de berge du lit mineur sera réalisée au moyen d'une épaisseur d'enrochements secs appareillés. Sur ce tronçon rectiligne, les vitesses d'écoulement sont faibles (2,4 m/s) ; néanmoins, on préconise de retenir des blocs de la classe granulométrique 0,3 à 1 T (D_{moy}= 0,8 m) pour assurer une épaisseur de protection d'environ 1 m (pose des blocs en boutisse).

Une couche de transition doit être mise en œuvre entre l'enrochement et le terrain naturel. Elle a pour but d'éviter l'entrainement des matériaux fins de la berge vers le torrent tout en assurant une perméabilité suffisante pour limiter les sous-pressions dans les terrains. Cette mission peut être assurée soit par la pose d'un géotextile anti-contaminant soit par la mise en œuvre d'une épaisseur de matériaux granulaires.

Dans le cas d'un géotextile anti-contaminant, une sous-couche intermédiaire de matériaux alluvionnaires du site avec une faible proportion de fines devra être mis en place à l'interface avec les blocs pour éviter le poinçonnement et donc le déchirement du textile. Cette sous-couche aura une épaisseur d'environ 30 cm.

Dans le cas d'une couche de transition réalisée en matériaux granulaires, il est nécessaire de déterminer la classe granulométrique du sol à filtrer sur, ad minima, 3 échantillons. La granulométrie et l'épaisseur de la couche de transition seront déterminées en fonction des résultats. Dans le cas où les matériaux alluvionnaires du site ne pourraient être réemployés, il est préconisé de retenir la solution utilisant le géotextile pour revaloriser les déblais dans la sous-couche de protection et éviter l'acheminement de nouveaux matériaux.

Le chiffrage a été réalisé en prenant en compte la mise en œuvre d'un géotextile.

Pour assurer l'entonnement des écoulements en amont du pont, la carapace en enrochement est raidie sur environ 15 ml. Pour assurer la stabilité des enrochements, on considère que, pour des pentes supérieures à 40°, un bétonnage est à prévoir. Le béton mis en œuvre devra être résistants au cycle de gél/dégel et aux agents de salage au vu de la proximité de la route. Il est proposé la mise en œuvre d'un béton C25/30 XF4.

- **Sabot**

Les règles de l'art recommandent de réaliser des sabots en deux couches pour assurer une résilience de l'ouvrage en cas de fortes sollicitations. Des blocs de classe granulométrique 0,06 à 0,3 T (D_{moy}=0,5 m) appareillés en deux couches seraient alors préconisés. Dans la pratique, en phase chantier, il est délicat d'agencer deux couches d'enrochements sous le niveau de la nappe d'un torrent (le pompage des fouilles étant souvent insuffisant). Il est alors proposé de réaliser un sabot en une couche d'enrochements appareillés avec des blocs de classe granulométrique 1 à 3 T (D_{moy}=1,1 m). Le sabot devra être rugueux pour faciliter le dépôt de matériaux alluvionnaires en fond du lit.

2.3.4.2 **Muret en béton armé**

Le muret sera en béton armé pour permettre d'assurer une reprise des contraintes en cas de remplissage de la zone de régulation. Un dimensionnement interne devra être réalisé pour déterminer le ferraillage à mettre en œuvre. Un habillage du parement par de la pierre pourra être prévu pour améliorer l'intégration paysagère. Cet habillage n'est pas pris en compte dans le chiffrage de la solution.

2.3.4.3 **Digues latérales**

Pour valider le dimensionnement des digues latérales en phase projet il sera nécessaire de réaliser des investigations géotechniques pour caractériser la nature des matériaux de remblais utilisés. Des prélèvements de matériaux devront être réalisés dans la zone de déblais à raison de 3 échantillons minimum. Les essais à réaliser sont une classification GTR (granulométrie, argilosité, état hydrique du sol) et essais proctor.

Pour l'avant-projet, il est proposé d'atteindre un objectif de compactage q4 (95% de l'optimum proctor). La géométrie proposée, pente à 3H/2V côté torrent et à 1/3 côte terre, ne nécessitera à priori pas de renforcement des remblais.

Dans le cas où le SM3A et la commune souhaiteraient réduire l'emprise de l'aménagement, il est possible de réduire la géométrie des digues latérales. Les pentes pourraient être raidies à 1/1 et la largeur en crête à 2 m. Des renforcements seraient alors nécessaires et une évacuation plus importante de matériaux de déblais serait à prévoir. Les digues seraient moins intégrées au paysage. Ces adaptations entraineraient un surcoût ; ce n'est pas l'option qui est étudiée au stade AVP.

2.3.5. **Terrassements généraux**

2.3.5.1 **Mouvements de terre**

Les terrassements de l'aménagement impliquent un volume de déblais de 3 390 m^3.

Une analyse des matériaux de déblais devrait permettre de valider leur remploi en remblais.

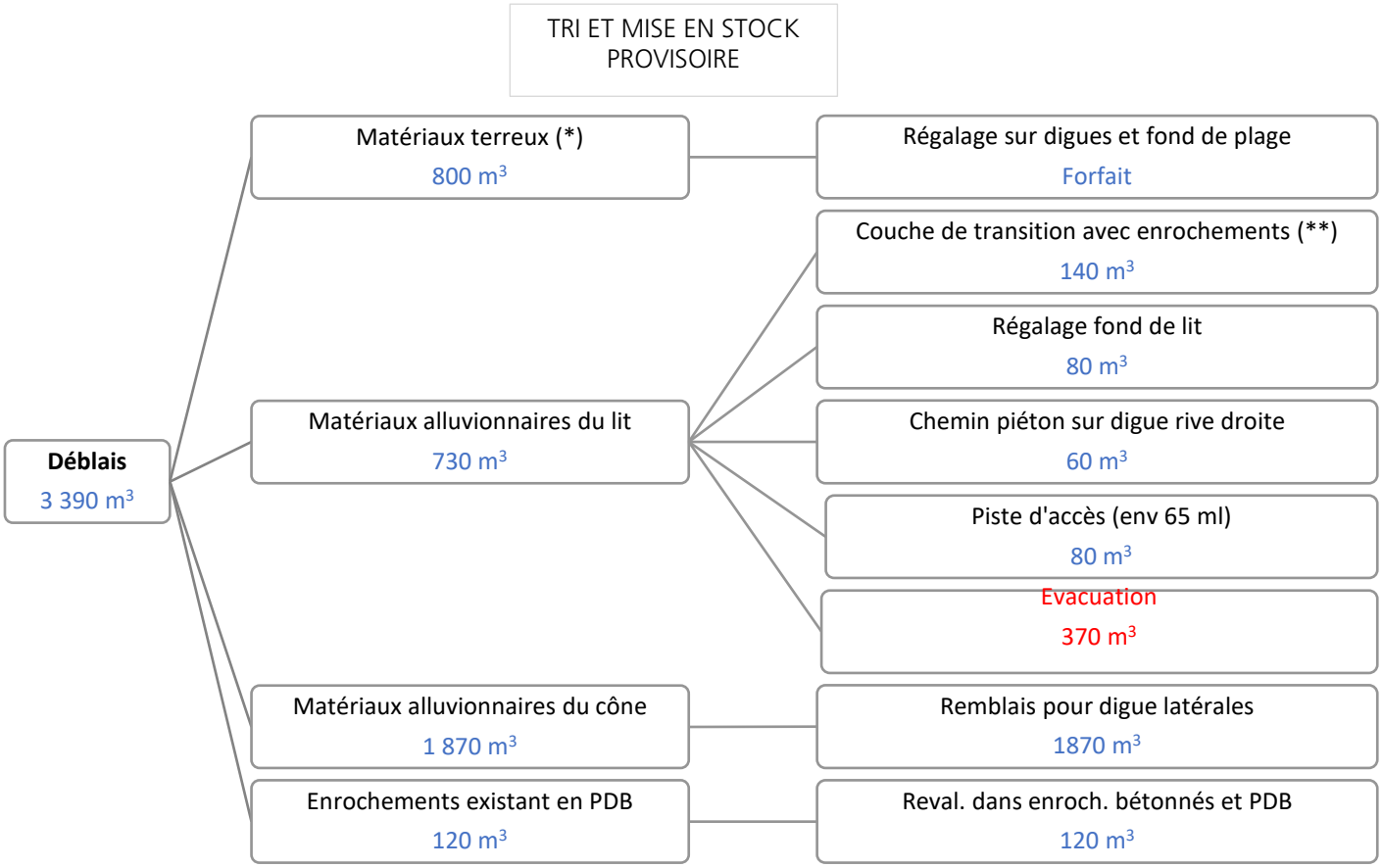


Figure 11 : Schématisation des mouvements de terre en déblais / remblais

(*) L'épaisseur du sol (terre arable) sera à valider par des sondages à la pelle dans les matériaux de déblais. Dans l'avant-projet il a été considéré une épaisseur de matériaux terreux revalorisable de 20cm pour une surface au sol de 3 000 m².

(**) Le réemploi des matériaux alluvionnaires en couche de transition ou en couche de protection du géotextile anti-contaminant sera à valider au stade projet.

Les principaux volumes de fournitures (sans considérer béton et couche de transition) sont estimés à :

Enrochements bétonnés 0,3 à 1T	90 m³ Provenant en totalité du tri des blocs présents sur place
Enrochements libres 0,3 à 1T	610 m³ 30 m³ provenant du tri des blocs présents sur place Reste à fournir
Enrochements libres 1 à 3T	420 m³
Fourniture à acheminer Fourniture à évacuer	1 000 m³ 370 m³
Cadence camions optimisée	100 allers/retours

Cela représente près de 100 allers et venues de camions jusqu'à la vallée de la Duche (sans considérer les toupies à béton et les fournitures annexes type ferraillage).

2.3.5.2 Piste d'accès et plateforme d'entretien

Pour répondre à la demande de la commune, la piste d'accès sera réalisé depuis la rive gauche dans la partie aval de la plage de dépôt. Elle débutera au niveau de la zone de parking qui borde la route et franchira la digue en rive gauche.

Une autre option (non représentés sur les plans) consiste à réaliser une piste d'accès par l'amont comme indiqué sur la figure ci-dessous. Cette option présente l'avantage de permettre de stocker provisoirement les matériaux au niveau de la plateforme existante au droit de la zone de pique-nique. L'implantation définitive de la piste d'accès sera à réaliser en concertation avec la commune au stade projet.

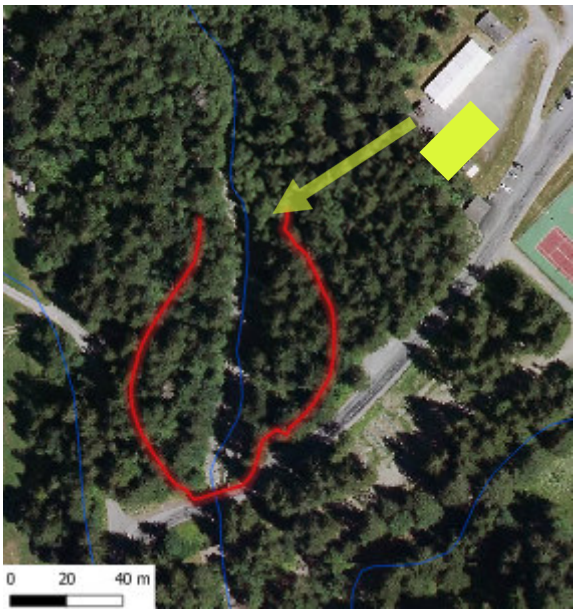


Figure 12 : Variante possible d'implantation de la piste d'accès et de la plateforme d'entretien sous fond orthophoto

Concernant les traversées de torrent, le dispositif d'entonnement des écoulements devra permettre le transit d'une crue de type biannuelle ; on retiendra, de manière arbitraire, un débit Q = 4 m³/s. Dans le cas de busage temporaire, il devra être à minima mis en place 2 buses ø 1000 m.

2.3.6. Intégration environnementale de l'ouvrage

2.3.6.1 Requalification de la lisière forestière en bord d'aménagement à la suite des déboisements

Pour réaliser l'aménagement, il est nécessaire de déboiser l'ensemble de la surface concernée avec une surlargeur de 2 m pour permettre la manutention des engins pour compacter la digue latérale. La surface concernée est d'environ 5 000 m².

Les déboisements vont conduire à ouvrir une nouvelle lisière ; les arbres avant positionnés au cœur d'un boisement se retrouvent alors plus vulnérables aux coups de vents et à la sécheresse. Pour limiter les opérations d'entretien futurs qui seraient alors nécessaires et améliorer l'intégration environnementale de cette clairière créée par l'aménagement, il est proposé d'étendre à 15 m la surlargeur à déboiser.

Le principe sera la suivant :

- Protéger et conserver les jeunes essences (limiter les déplacements des engins) ;
- Elaguer de tous les arbres présentant un diamètre supérieur à 15 cm à 1,3 m du sol ;
- Planter tous les 1,5 m en 5 lignes espacées de 2 m à 5 m du peuplement forestier. Les espèces à utiliser sur les deux lignes les plus proches du boisement sont des espèces autochotones présentes ponctuellement dans les boisements et lisières du site comme l'Aubépine monogyne (*Cratageus monogyna*), la Bourdaine (*Frangula alnus*), le Noisetier (*Corylus avellana*), le Saule à oreillette (*Salix* aurita), le Sorbier des oiseleurs (Sorbus aucuparia), le Pommier sauvage (Malus *sylvestris*). Les espèces à utiliser pour les 3 lignes les plus éloignées du boisement sont des Saules (*Salix purpurea, Salix eleagnos, Salix daphnoides, Salix myrsinifolia*) et d'arbustes présents

localement sur le site comme l'Alisier blanc (*Aria edulis* - ex *Sorbus aria*), le chèvrefeuille des haies (*Lonicera xylosteum*), le Sureau noir (*Sambucus nigra*) et l'Aulne blanc (*Alnus incana*).

La surface à déboiser serait alors d'environ 7 000 m².

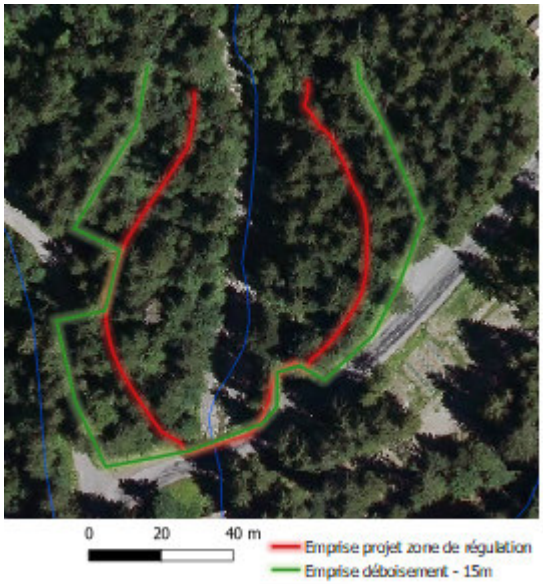


Figure 13 : Emprise proposée à déboiser pour réaliser une transition entre boisement et clairière (tampon de 15 m)

Le coût d'une telle opération est estimé à 15 000 € HT.

2.3.6.2 **Végétalisation de l'aménagement**

Pour assurer une meilleure intégration paysagère de l'ouvrage en limitant l'aspect minéralisé, il est possible de végétaliser la zone de dépôt. Cette végétalisation nécessitera des opérations d'entretien courant de la part du SM3A, estimée tous les 5 ans à 3 000 € HT.

Les essences disposées dans la zone de stockage devront être arbustives. Le maître d'ouvrage acceptera une perte de ces dernières en cas de crue remplissant l'ouvrage.

Localisation	Proposition	Milieu créée	Densité et type de plantations	Essences proposées
Berges du lit mineur	Sans objet – enrochement jusqu'en sommet			
Fond de la zone de stockage En rive droite et/ou gauche*	Création d'une pépinière de saules A défaut enherbement (idem talus)	Saulaie arbustive	Boutures	*Salix purpurea, Salix eleagnos, Salix daphnoides, Salix myrsinifolia, Alnus incana*
Talus digues latérales côté torrent	A enherber pour éviter érosion due au ruissellement ou installation d'espèces invasives	Talus herbacé	Mélange grainier manuel ou hydroseeder	*Achnatherum calamagrostis, Agrostis stolonifera, Anthyllis vulneraria, Trifolium pallescens, Trifolium album, Trifolium hybridum, Calamagrostis epigeios, Calamagrostis pseudophragmites*

Talus digues latérales côté terre	A enherber ou plantation d'arbustif pour continuité avec la lisière	Lisière arbustive	Plants à racines nues	*Sorbus aria, Ribes alpinum, Ribes rubrum, Lonicera alpigena, Lonicera xylosteum, Sambucus nigra*

* chiffrage réalisé pour saulaie en rive gauche uniquement

2.3.7. **Etudes techniques complémentaires**

Pour réaliser le projet de travaux et valider les hypothèses prises dans le présent avant-projet, il est nécessaire de réaliser des investigations géotechniques. Ces investigations ont pour but de définir la coupe de sol sur la profondeur de terrassement et de déterminer la nature des matériaux de déblais qui sont à revaloriser.

Ainsi, il est proposé de réaliser ad minima 5 sondages conduits à la profondeur de terrassement projet + 1 m. Les sondages pourront être réalisés à la pelle mécanique. Des échantillons seront prélevés dans chaque sondage. Dans le cas où les terrains seraient uniformes sur toute la profondeur du sondage, il sera nécessaire de réaliser à minima :

- 5 Identifications GTR complètes,
- 3 Essais Proctor.

La localisation des ces essais pourra être défini sur site avec le chargé d'étude géotechnique, selon les contraintes d'accès et de déboisements. Ces sondages devront être répartis de façon générale dans la zone d'étude dans les secteurs où seront prélevés les déblais à valoriser.

Dans le cas où des changements de faciès seraient reconnus dans les sondages, des essais supplémentaires devront être réalisés.

2.3.8. **Contraintes et réglementations**

2.3.8.1 **Réglementations**

- **Au titre de la loi sur l'eau**

Les travaux projetés concernent les rubriques suivantes de la nomenclature Eau du Code de l'Environnement (art. R 214-1) :

Rubrique	Objet	Projet	Régime
3.1.2.0	Modification des profils en long/travers	Profil en long légèrement retravailler Le profil en travers est modifié sur l'ensemble de l'aménagement Linéaire concerné > 100 m	Autorisation
3.1.4.0	Protections de berges	Mise en œuvre d'une protection de berge du lit mineur sur l'ensemble du l'aménagement Linéaire concerné (cumulatif avec les deux berges) > 100m	Autorisation
3.1.5.0	Travaux dans le lit mineur d'un cours d'eau	Absence de frayère	Déclaration
3.2.1.0	Entretien de cours d'eau	Volume objectif de stockage de 5 000 m³ pouvant nécessiter des curages > 2000 m³/an	Autorisation

- **Au titre de l'évaluation environnementale**

Un examen au cas par cas devra être réalisé au titre de l'articule R122-20 du code de l'environnement. Il n'est pas exclu qu'une étude d'impact soit demandée par l'autorité environnementale.

L'inventaire faunistique réalisé pour la phase diagnostique, réalisé en 2021 a été établit sur le printemps et en début d'été. Cet inventaire est suffisant pour le dossier cas par cas. Dans le cas où une étude d'impact serait demandée, il faudra le compléter par des données hiver, fin d'été et automne.

- **Au titre des boisements**

Le projet de travaux impacte le massif forestier de plus de 4 hectares pour une surface défrichée qui dépasse les 5 000 m². Le déboisement sera soumis à autorisation de défrichement avec obligation de réaliser une étude d'impact. En Haute Savoie, pour tout défrichement (opérations consistant à détruire l'état boisé d'une parcelle boisée et mettre fin à sa destination finale) dans les massifs forestiers de plus de 2 ha et ce, à partir du premier mètre carré défriché, une demande d'autorisation est nécessaire.

Les aménagements projetés sont susceptibles de nécessiter une autorisation environnementale, complétée éventuellement d'une évaluation environnementale. Ces procédures seront à confirmer par les services instructeurs compétents (DDT/SEE et DREAL).

2.3.8.2 **Régime juridique des terrains**

Les parcelles impactées le projet sont :

- En rive droite : 2046, 2047, 2665 et 5162
- En rive gauche : 2661, 2663 et 2664
- Piste d'accès (rive gauche) : 2664 et 3051

Une régularisation du foncier sera à réaliser (décalage du fond cadastrale).

2.3.8.3 **Réseaux**

Le numéro de la Déclaration de projet de Travaux (DT) est le 2021031707434D34. Les concessionnaires identifiés dans l'emprise du projet sont reportés dans le tableau suivant :

Concessionnaires	Réseaux	Concerné	Infos
Commune du Grand Bornand	EL EU	A priori non	Propose une réunion sur site pour la localisation des ouvrages – car il semblerait qu'ils ne soient pas tous cartographiés. Investigation complémentaire à la charge du concessionnaire si besoin (classe non précisée). En principe, pas d'ouvrage dans l'emprise projet (plans) hormis un réseau EP partant depuis le transformateur électrique.
Orange	TL	Non concerné	Réseaux situés dans le pont et dans l'accotement de la route.
Régie électrique de Thônes	EL (S)	Concerné	Réseau HTA, TLR, BTA, et TPC passant dans le lit du torrent en amont du pont – depuis le transfo électrique. Classe de précision A. **Rendez-vous sur place réalisé le 3 juin 2021** en présence de RET et SM3A. Repérage des réseaux réalisés : l'ensemble des réseaux passent dans le pont. Côte rive gauche les réseaux sont à -1,2 m. Côté rive droite les réseaux sont à -0,6 m (voir figure 27 pour implantation). Préconisation travaux : RAS pour ligne enfouie.
SPL O des Aravis	EA	Concerné	Réseau AEP dans le pont (non concerné). Branchement AEP remontant dans l'emprise du chemin d'accès – réseau classe C. Borne incendie en rive droite à préserver. Implantation réseau (à la charge du concessionnaire) à réaliser pour phase PROJET.

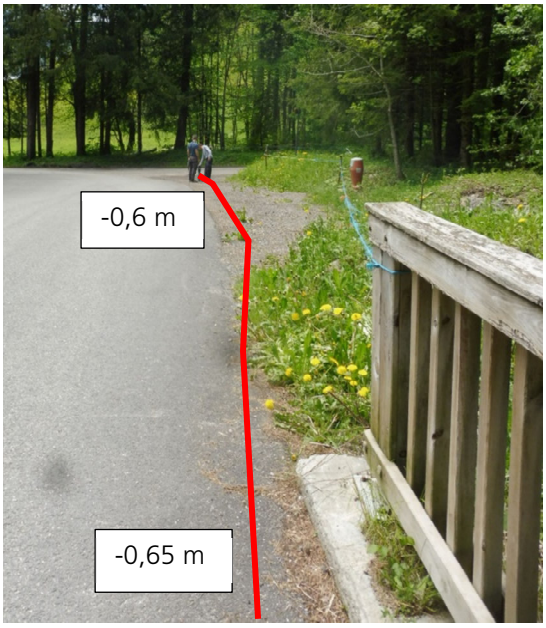


Figure 14 : Repérage du réseau en rive gauche réalisé avec RET

Figure 15 : Réponse DT SPLO des Aravis

2.3.9. **Organisation des travaux**

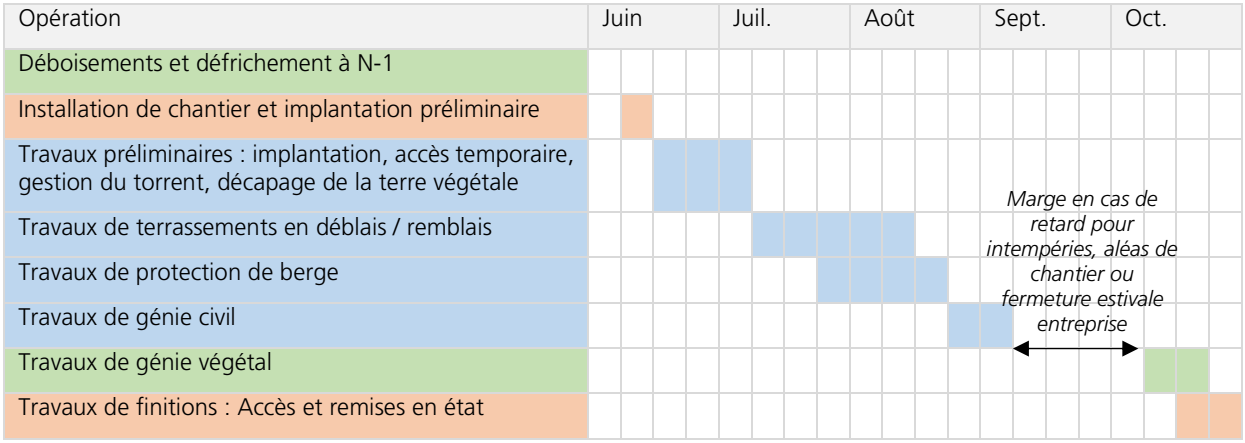
2.3.9.1 **Phasage des travaux**

Les travaux pourront être réalisés en deux phases suivants les contraintes environnementales et règlementaires suivantes :

- Déboisements : éviter la période de nidification des oiseaux ; coupe entre le 1er septembre et le 1er avril
- Terrassements : respect de la loi sur l'eau soit travaux dans le torrent à réaliser entre le 15 mars et le 31 octobre.

La durée des travaux est estimée à 4 mois hors intempéries. Pour éviter la période de fonte nivale et profiter de la période d'étiage du torrent, les travaux pourraient démarrer à la mi-juin et se terminer avant novembre, période de gel. Les travaux de génie végétal devront être réalisés durant une période de repos végétatif (automne).

Le phasage prévisionnel des travaux est reporté dans le tableau suivant. Le tableau permet de visualiser une marge d'environ 1 mois en cas d'intempéries ou de fermeture estivale de l'entreprise de travaux.



2.3.9.2 **Cout estimatif**

Le sous-détail de l'estimation du coût des travaux est reporté en Annexe 1.

Cette estimation est surévaluée par rapport à celle présentée dans l'étude préliminaire ; ce point s'explique par :

- Le décalage de l'implantation de la zone de dépôt en rive gauche, qui entraîne un surplus de terrassement ;
- La piste de chantier en rive gauche, qui nécessite plus de terrassement ;
- Le lit mineur du torrent, qui avait été défini à 1m de hauteur ; le dépôt de 0,5 m de matériaux dans le lit mineur pour une crue courante n'avait pas été pris en compte. Le choix d'enrocher sur toute la hauteur de la berge du lit mineur ;
- Les opérations de génie végétal pour améliorer l'intégration environnementale et paysagère de l'ouvrage qui n'avaient pas été chiffrées.

Par ailleurs le montant des travaux dépend fortement du coût unitaire des enrochements. Le prix des enrochements est très variable, il dépend :

- Des entreprises répondant à l'appel d'offre ; certaines entreprises ont leur propre carrière et peuvent ainsi proposer des prix plus concurrentiels ;
- Du contexte de l'offre et de la demande, notamment en cas de fourniture dans des carrières spécialisées. Par exemple, en 2021, le coût unitaire des enrochements a connu un bond de +20% en une année.

Pour réaliser l'estimation de prix, il a été considéré un coût d'enrochement sur la base de 2020, avec un prix unitaire de 90 € HT pour une classe granulométrique 0,3 à 1 T pour la fourniture et mise en œuvre.

Travaux	195 k€
Investigations complémentaires	10 k€
Etudes réglementaires	10 k€
Frais de MOE	20-25 k€
MONTANT TOTAL HT	**225 – 230 k€**

Le montant total de l'opération est indiqué hors coût éventuel dus aux opérations de négociations foncières, aux opérations concernant les réseaux et aux adaptations des aménagements routier (barrière du pont).

2.3.9.3 **Modalités d'entretien**

L'ouvrage tel que décrit dans l'AVP ne nécessitera pas d'entretien tant que les crues restent canalisées dans le lit mineur. En cas de dépôt inférieur à 0,5m dans le lit mineur, il n'est pas préconisé de réaliser de curage, ces matériaux pouvant être repris lors d'une crue plus érosive. Le fait de créer un chenal dans la plage de dépôt pourra conduire à un transit plus direct des matériaux vers l'aval, avec une tendance à l'engravement au niveau de la confluence avec le Borne. Ces dépôts pourront être repris par les crues plus érosives et ne nécessitent pas d'intervention particulière.

La mise en œuvre de génie végétal nécessite de réaliser des opérations d'entretien régulièrement, il est estimé une opération tous les 5 ans à hauteur de 3 000 € HT.

En cas de crue avec obstruction du pont et remplissage de la zone de régulation, l'opération de remise en état est estimée à 40 k€ HT, en considérant que les matériaux seront réinjectés dans le Borne.

2.4. Chenalisation des écoulements

2.4.1. **Rappel du principe**

Les berges sont actuellement déstructurées avec des enrochements déstabilisés. L'objectif de la chenalisation est d'homogénéiser les berges pour permettre d'améliorer le transit des écoulements. La section sera alors rendue constante à l'apex du cône.

Figure 16 : Photo prise depuis la rive gauche vers l'aval à l'apex du cône

2.4.2. **Dimensionnement fonctionnel de l'ouvrage**

Pour réaliser le dimensionnement fonctionnel de l'ouvrage, il est nécessaire de définir les scénarios d'étude.

Scénario	Fonctionnement de l'aménagement	Fréquence
Fréquent	Passage d'une crue courante sans désordres en berge et dans le lit à l'aval de l'aménagement	Crue courante avec charriage

Projet	Chenaliser et homogénéiser les écoulements en amont du cône pour améliorer le transit jusqu'à la zone de régulation	Crue torrentielle rare (lave torrentielle)
Exceptionnel	Non étudié	Crue au-delà de la centennale

Les hypothèses prises pour réaliser le dimensionnement fonctionnel sont :

Caractéristiques	Dimensionnement fonctionnel
Largeur du lit	5 m comme observé actuellement
Pente en long	Uniformisée sur l'ensemble du linéaire de la chenalisation, soit 11%
Pente des berges	3H/2V pour réduire les contraintes hydrauliques
Aménagement des berges	Protection des berges en enrochements en pied de talus et pour les crues courantes pouvant présenter un fort pouvoir érosif (Q_{10}=13,9 m³/s). Pour un écoulement critique, la hauteur d'écoulement en charge est de 1,2 m. La hauteur enrochée en berge est proposée à 1,5 m au-dessus du radier pour prendre en compte 30 cm de lit restauré sur le radier. Remblais techniques réalisés à 3H/2V en amont des enrochements. Remblais pouvant être renforcés vis-à-vis des contraintes hydrauliques par du génie végétal. Sabot anti-affouillement pour protéger les protections de berge. La largeur minimale à mettre en œuvre étant de 2 m, pour un lit de 5 m de largeur, le sabot sera transformé en radier enfoui sous 20-30 cm de matériaux alluvionnaires.
Transition avec l'amont	Raidissement progressif des talus pour venir se raccorder à l'existant
Transition avec l'aval	Tendance à l'affouillement inévitable à l'aval d'un radier, nécessité de renforcer le lit pour éviter une déstabilisation de la chenalisation en berge. Prolongation du radier environ 15 ml dont 5 ml plongeant dans le lit. On accepte des désordres dans la zone aval du radier qui sera résiliente.

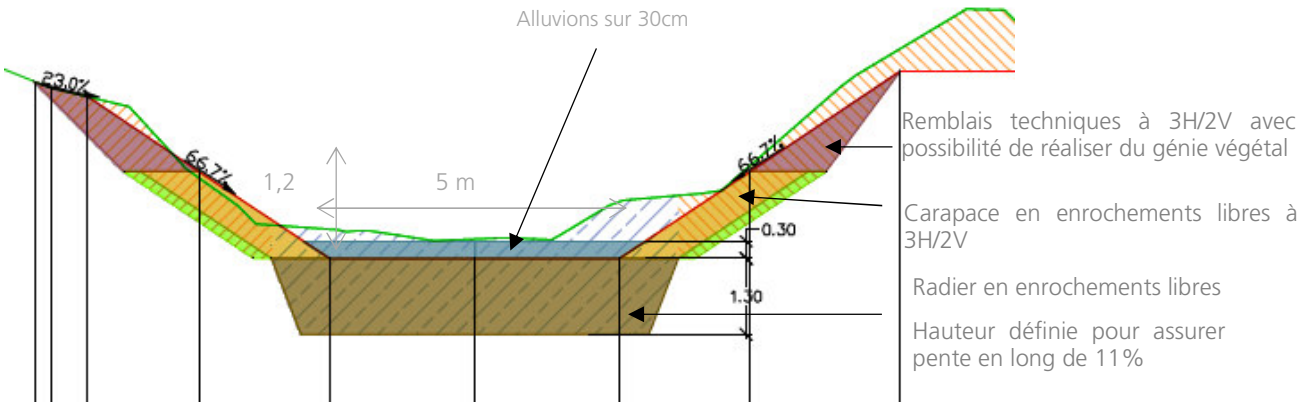
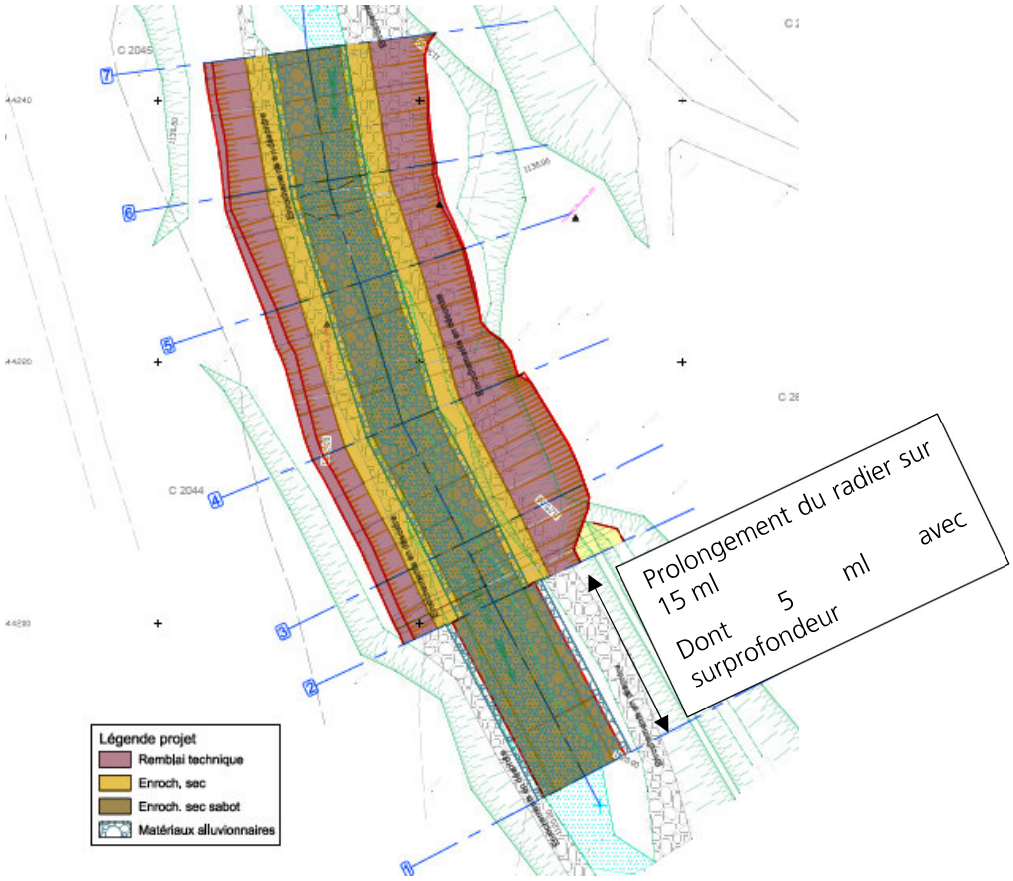


Figure 17 : Profil type de la chenalisation

2.4.3. **Implantation de la chenalisation**

La chenalisation du torrent est réalisée à l'apex du cône sur un linéaire de 45 m ; le radier est prolongé à l'aval sur 15 m. L'implantation de l'ouvrage est proposée sous fond topographique dans l'annexe carnet de plans.



2.4.4. **Pré dimensionnement des ouvrages**

2.4.4.1 **Enrochements pour protection de berge**

Les mêmes principes que la protection de berge du lit mineur de la zone de régulation en aval sont appliqués. Ainsi, les enrochements utilisés pour la protection de berge auront une blocométrie de 0,3 à 1 T (D_{moy}=0,8m), la carapace aura une épaisseur supérieure à 0,8 m. Une couche de transition sera à mettre en œuvre entre le terrain naturel et les enrochements (complexe géotextile + couche matériaux alluvionnaires de protection ou couche de transition en matériaux granulaires). La caractérisation du terrain naturel pourra être faite en se basant sur les investigations géotechniques qui sont prévues sur le tronçon aval.

La protection de berge devra être raidie pour assurer un raccordement au talus amont. Un tri préliminaire des blocs prélevés et livrés permettra de sélectionner les plus gros éléments lorsque la pente du talus dépassera les 3H/2V. Au vu du faible linéaire concerné, il n'est pas prévu de bétonner l'enrochement pour des pentes supérieures à 40°.

Les enrochements utilisés pour le radier auront une blocométrie de 1 à 3 T (D_{moy}=1,1). Le radier sera également réalisé sur une couche de blocs pour une épaisseur d'environ 1 m. le radier devra être rugueux en surface pour faciliter la restauration d'un fond de lit alluvionnaire.

2.4.4.2 **Génie végétal**

En amont de la carapace en enrochement (hauteur de 1,5 m par rapport au radier, soit hauteur visible de 1,2 m après remise en état du lit alluvionnaire), les terrains seront restaurés en remblais technique pour une pente à 3H/2V. Ces terrains pourront être atteints pour des crues au-delà d'une Q_{10} théorique. Pour des crues plus rares, accepter une érosion locale des berges est envisageable.

Dans le présent avant-projet il est proposé de mettre en œuvre une rangée de lit de plants et plançons uniquement à la transition entre le remblai et les enrochements pour :

- Protéger à minima ce point plus sensible à l'érosion,
- Intégrer la chenalisation en profitant de l'effet masquant de la végétation.

Il est proposé de mettre en œuvre 20 branches de saules et 2 ou 3 unités de plants à racines nues d'aulnes par mètre linéaire. Les essences proposées sont : *Salix purpurea, Salix eleagnos, Salix daphnoides, Salix myrsinifolia, Alnus incana et Aulnus incana*

Un enherbement de l'ensemble de berges sera à prévoir en mélange grainier de type : *Achnatherum calamagrostis, Agrostis stolonifera, Anthyllis vulneraria, Trifolium pallescens, Trifolium album, Trifolium hybridum, Calamagrostis epigeios, Calamagrostis pseudophragmites*

2.4.4.3 **Prolongement du radier dans le lit**

La prolongation du radier sera réalisée avec des blocs de même blocométrie que dans la partie chenalisée, soit de 1 à 3 T (D_{moy}=1,1). La prolongation sera menée sur toute la largeur du lit et sur une longueur de 15 m. Sur les 5 derniers mètres linéaires, le radier plongera dans le lit du torrent avec une pente de 12%, le radier sera alors en sur profondeur de 0,5 m.

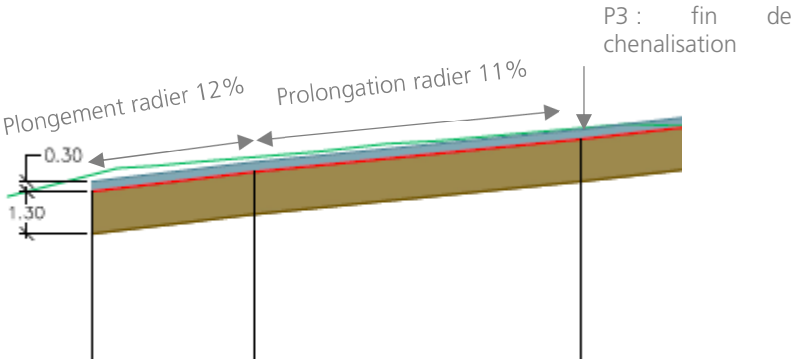


Figure 18 : Profil en travers dans l'axe du lit du radier plongeant

2.4.5. **Terrassements généraux**

2.4.5.1 **Mouvements de terre**

Les travaux vont impliquer un volume de déblais importants en berge et dans le lit du torrent. Le volume de déblais est évalué à environ 1 200 m³. Les enrochements présents en berges seront à trier des matériaux de berges. Leur réemploi dans l'aménagement sera conditionné à leur forme et blocométrie ; il semble en effet que plusieurs de ces blocs soient très émoussés et ne présentent alors pas les caractéristiques suffisantes pour assurer une stabilité en protection de berge ou une rugosité suffisante pour le radier. Les blocs de faibles volumes pourront être réutilisés dans la restauration du fond du lit pour créer une hétérogénéité.

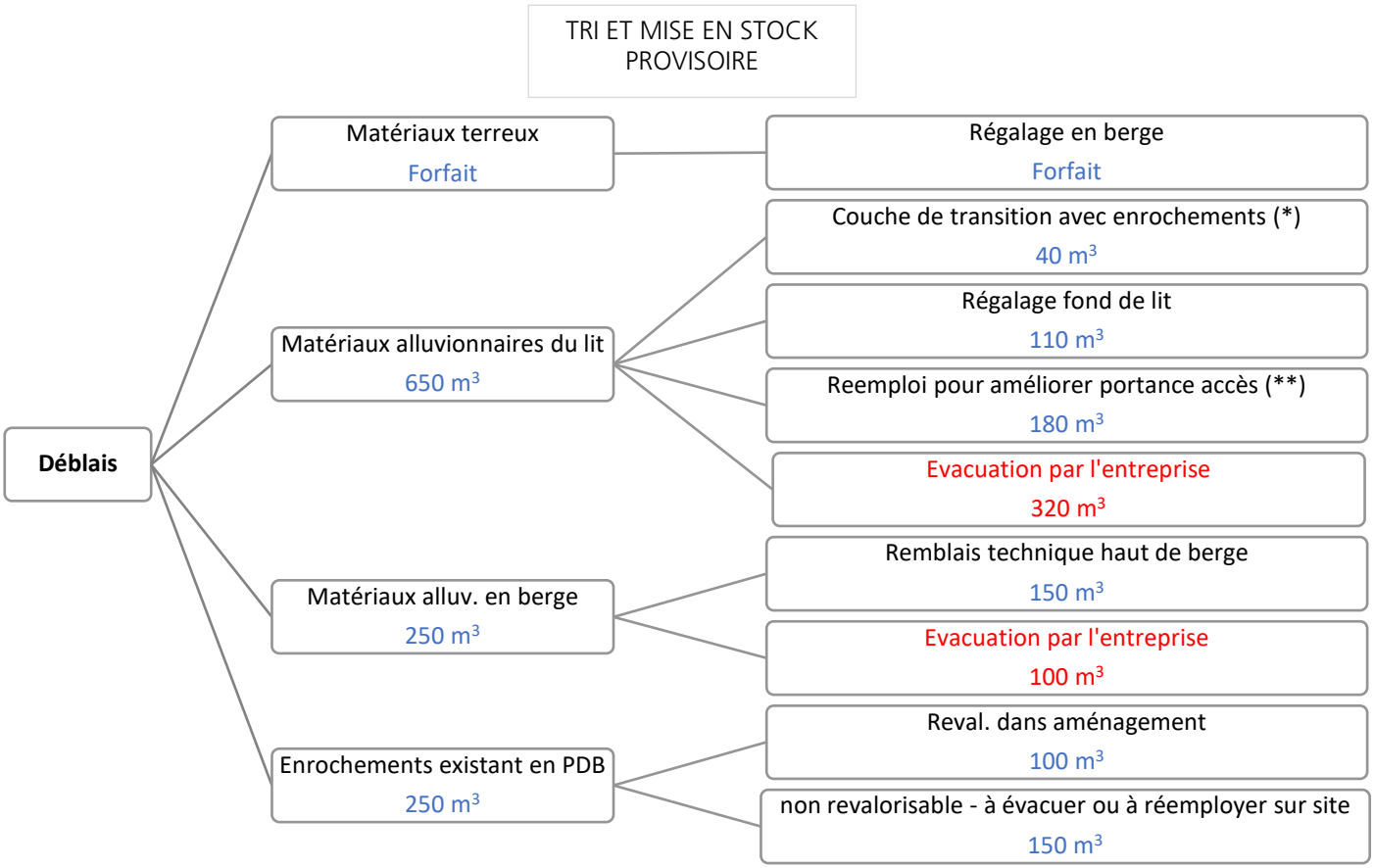


Figure 19 : schématisation des mouvements de terre en déblais

(*) Le réemploi des matériaux alluvionnaires en couche de transition ou en couche de protection du géotextile anti-contaminant sera à valider au stade projet.

(**) on considère pour la piste à créer sur 20 m et 4 m de largeur une épaisseur de 0,4 m de matériaux et sur la piste existante de 180 m et 4 m de largeur en moyenne une épaisseur de 0,2 m de matériaux.

Le volume d'enrochements nécessaires pour réaliser l'aménagement est évalué à 640 m³. En considérant une revalorisation de 100 m³ d'enrochements présents sur site, il sera nécessaire d'acheminer 540 m³ de matériaux.

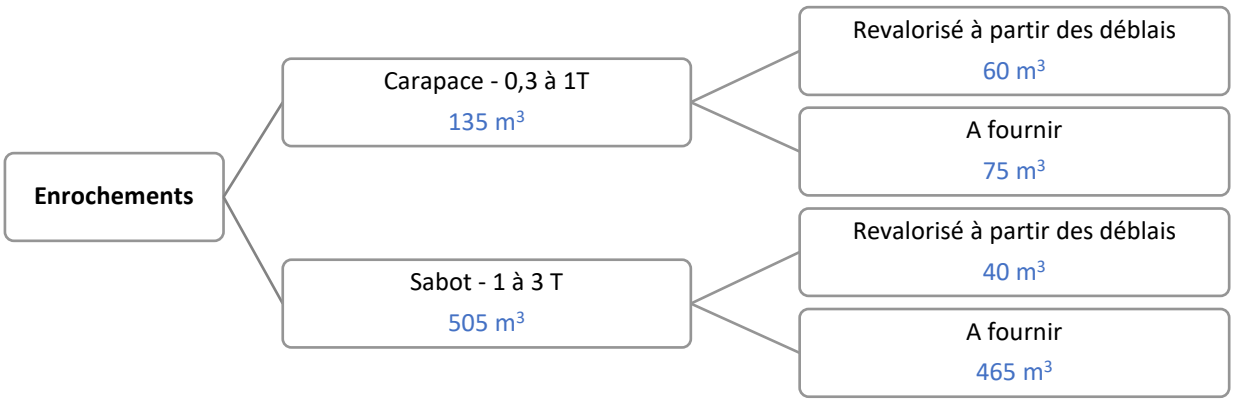


Figure 20 : Schématisation des mouvements de terre pour les enrochements

Il est recommandé d'optimiser les fournitures et évacuations d'enrochements et de déblais pour limiter les allers et venues de camion dans la vallée. Pour évacuer l'ensemble de matériaux excédentaires, il est estimé le passage d'environ 50 camions.

2.4.5.2 **Piste d'accès aux travaux**

L'accès au torrent à l'apex du cône sera réalisé depuis la piste existante, puis par une piste provisoire à ouvrir sur 20 m. Les matériaux alluvionnaires de déblais seront utilisés pour améliorer la traficabilité de la piste existante et à créer et ainsi faciliter l'acheminement des enrochements nécessaires au projet. Il n'est pas nécessaire de maintenir une piste d'accès pérenne.

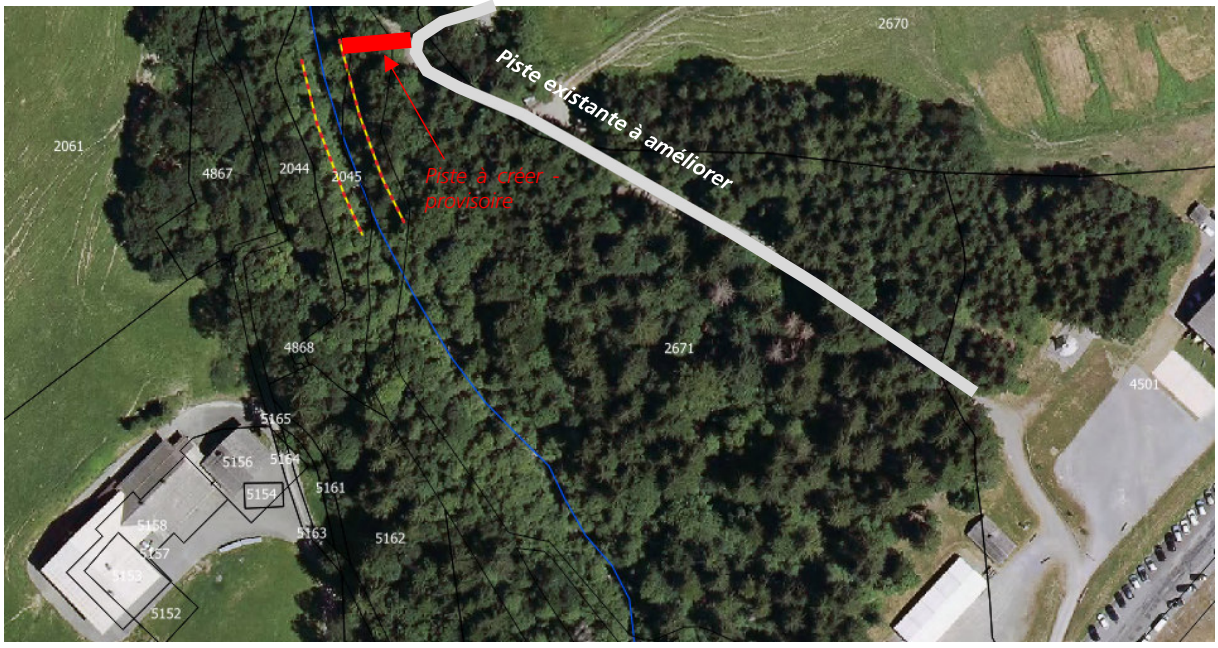


Figure 21 : Implantation sommaire de la chenalisation du torrent à réaliser et des accès à améliorer et ouvrir. Attention le fond cadastral est à recaler

Concernant les traversées de torrent, le dispositif d'entonnement des écoulements devra permettre le transit d'une crue de type biannuelle ; on retiendra, de manière arbitraire, un débit Q=4 m3/s. Dans le cas de busage temporaire, il devra être à minima mis en place 2 buses ø 1000 m.

2.4.6. **Contraintes et réglementations**

2.4.6.1 **Réglementations**

- **Au titre de la loi sur l'eau**

Les travaux projetés concernent les rubriques suivantes de la nomenclature Eau du Code de l'Environnement (art. R 214-1) :

Rubrique	Objet	Projet	Régime
3.1.2.0	Modification des profils en long/travers	Profil en long légèrement retravaillé Le profil en travers est modifié sur l'ensemble de l'aménagement Linéaire concerné < 100 m	Déclaration
3.1.4.0	Protections de berges	Mise en œuvre d'une protection de berge du lit mineur sur l'ensemble de l'aménagement Linéaire concerné (cumulatif avec les deux berges) < 100m	Déclaration
3.1.5.0	Travaux dans le lit mineur d'un cours d'eau	Absence de frayère	Déclaration

Une déclaration au titre de la loi sur l'eau devra être produite ou un dossier d'autorisation environnementale commun avec la zone de régulation si les deux opérations sont groupées.

- **Au titre des boisements**

Le projet de travaux impacte le massif forestier de plus de 4 hectares pour une surface défrichée qui dépasse les 5 000 m². Le déboisement sera soumis à autorisation de défrichement avec obligation de réaliser une étude d'impact. En Haute Savoie, pour tout défrichement (opérations consistant à détruire l'état boisé d'une parcelle boisée et mettre fin à sa destination finale) dans les massifs forestiers de plus de 2 ha et ce, à partir du premier mètre carré défriché, une demande d'autorisation est nécessaire.

2.4.6.2 **Régime juridique des terrains**

Les parcelles impactées le projet sont :

- En rive droite : 2045
- En rive gauche : 2671
- Piste d'accès (rive gauche) : 2671 et 2670 (à confirmer suivant implantation du foncier).

Une régularisation du foncier sera à réaliser (décalage du fond cadastrale).

2.4.6.3 **Réseaux**

Non concerné.

2.4.7. **Organisation des travaux**

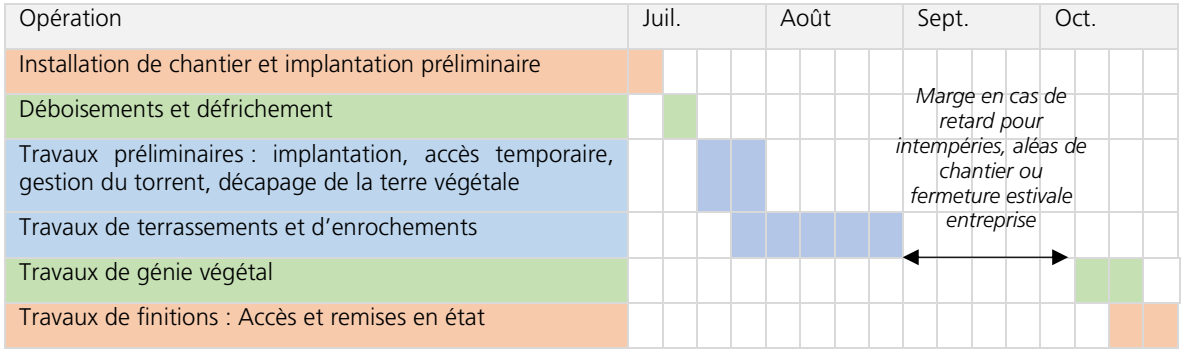
2.4.7.1 **Phasage des travaux**

Les travaux devront être réalisés en respectant la loi sur l'eau ; les terrassements dans le torrent devront être réalisés entre le 15 mars et le 31 octobre.

Dans le cas où cet aménagement serait retenu, il est recommandé de le réaliser en même temps que la zone de régulation pour mutualiser les installations de chantier. Néanmoins, les travaux devront probablement être réalisés en deux postes (amont et aval) pour permettre une réception la même année.

La durée des travaux est estimée à 2,5 mois hors intempéries. Pour éviter la période de fonte nivale et profiter de la période d'étiage du torrent, les travaux pourraient démarrer en juillet et se terminer avant novembre, période de gel. Les travaux de génie végétal devront être réalisés durant une période de repos végétatif (automne).

Le phasage prévisionnel des travaux est reporté dans le tableau suivant. Le tableau permet de visualiser une marge d'environ 1 mois en cas d'intempéries ou de fermeture estivale de l'entreprise de travaux.



2.4.7.2 **Cout estimatif**

Le sous-détail de l'estimation du coût des travaux est reporté en Annexe 2.

Le montant des travaux dépend fortement du coût unitaire des enrochements. Le prix des enrochements retenu est de 90 € HT pour une classe granulométrique 0,3 à 1 T pour la fourniture et mise en œuvre.

Opération	**Estimation HT**
Travaux	107 k€
Investigations complémentaires et études règlementaires	Sans objet
Frais de MOE	15-18 k€
MONTANT TOTAL HT	**122-125 k€**

Dans le cas d'un chantier réalisé conjointement avec la zone de régulation (même entreprise et MOE) le coût de l'opération pourrait être diminué

Opération	**Estimation**
Travaux	102 k€
Investigations complémentaires et études réglementaires	Sans objet
Frais de MOE	6-8 k€
MONTANT TOTAL HT	**108-110 k€**

2.4.7.3 **Modalités d'entretien**

L'ouvrage tel que décrit dans l'AVP ne nécessitera pas d'entretien particuliers, hormis les opérations de gestion de la végétation.

Il est préconisé de venir entretenir les essences composant le lit de branches de saules et plants d'aulnes tous les 3 ans. Le montant d'une telle opération est estimé à 3 000 € HT.

3. TORRENT DU CHINAILLON

3.1. Introduction – rappel des objectifs sur le torrent

La crue bi-centennale de 1987 a généré des débordements importants dans le centre bourg du Grand-Bornand notamment au droit du cône du torrent du Chinaillon. L'étude réalisée en 1989 a estimé que le volume de matériaux déposé était compris entre 20 et 30 000 m³ ; elle estime également un volume 20 000 m³ de matériaux pour une crue d'occurrence centennale.

Pour protéger le village, il avait été identifié la nécessité de créer une plage de dépôt juste en amont du cône au droit du Rosay. Dans l'étude préliminaire RTM, le volume stocké dans cet ouvrage est estimé à 10 000 m³.

L'étude hydro-géomorphologique de Koulinski (2020) propose la création d'une seconde plage de dépôt permettant d'atteindre un volume total à stocker sur le torrent du Chinaillon de 30 000 m³. L'étude du profil en long du torrent met en évidence deux sites pouvant accueillir un ouvrage de dépôt : les Frasses et la Matte. C'est ce dernier site qui a été retenu à l'issu de l'étude préliminaire.

Le volume de matériaux à stocker au droit du pont de la Matte est à arbitrer avec le SM3A. Pour atteindre l'objectif fixé dans l'étude hydro-géomorphologique, il serait nécessaire de créer un ouvrage de capacité de 20 000 m³. La réalisation d'un tel ouvrage impacte fortement le site d'un point de vue paysager. Face à l'incertitude des affluents sources de matériaux (20 000 m³ provenant de l'amont de la Matte ?) et en considérant l'hypothèse d'un apport de matériaux de 20 000 m³ au cône pour une crue centennale, il est proposé d'étudier une seconde option avec un objectif de stockage proche 10 000 m³ en privilégiant une meilleure insertion paysagère.

3.2. Optimisation du fonctionnement de la plage de dépôt du Rosay

3.2.1. Rappel du principe

Une amélioration de l'ouvrage de fermeture est proposée. Elle a pour objectif de favoriser le transit pour les crues courantes et de faciliter le curage (entretien) de la plage de dépôt en cas de rétention de matériaux.

Figure 22 : Photo de l'ouvrage de fermeture de la plage de dépôt du Rosay vue depuis l'aval et photo du taquet béton complexifiant le démontage de l'ouvrage

L'ouvrage est actuellement constitué par une ouverture de 5 m et de 5 IPN horizontaux de 0,20 m de section et espacés de 0,55 m. La section libre, c'est-à-dire sans blocage de matériaux, est alors de 2,75 m². La section du dalot situé à l'aval est de 18 m² (6 ml x 3H) ; on propose de faciliter le transit de matériaux (et donc limiter les entretiens pour les évènements courants) pour une section équivalente au moins d'1/3 de

la section du dalot. La hauteur libre d'écoulement pouvant être laissée est d'environ 1,2 m, ce qui équivaut à la suppression de l'IPN inférieur (section libre d'environ 6 m²).

Pour faciliter le démontage de la grille, il est proposé de supprimer le taquet béton présentant une butée à la barre IPN horizontale et amont.

Vu les difficultés d'accès à l'arrière de l'ouvrage de fermeture, il n'est pas proposé d'ouvrage de gestion de flottant (grille inclinée posée en complément de celle existante). Pour limiter la fréquence d'intervention par blocage des flottants, il est plutôt recommandé d'intervenir régulièrement dans le versant pour une gestion des boisements en berges.

3.2.2. **Accès et d'entretien**

L'entretien de la plage de dépôt se poursuivra par la rive droite. Deux scénarios sont retenus pour la gestion de la plage :

- Entretien courant - accès pérenne pour une pelle de tonnage limité (pas de démontage du merlon et sans décaissement). La hauteur seuil de passage sous la télécabine est fixée à 3,5 m (0,5 m de revanche car hauteur libre sans démonter le merlon de 4 m). Ce gabarit permet le passage d'un tombereau d'une capacité de 10 (type Volvo A20) à 14 m³ (Liebherr A230) en fonction du modèle et d'une pelle de 20T.
- Gestion de crise - merlon démontable (et décaissements) pour améliorer le gabarit d'accès aux pelles de plus fort tonnage et chargeur de plus grande capacité. La hauteur seuil de passage sous la télécabine est fixée à 4,5 m (0,5 m de revanche avec démontage du merlon hauteur totale de 5 m). Ce gabarit permet le passage d'un tombereau d'une capacité de 20 m³ (type Volvo A40F) en fonction du modèle et d'une pelle de tout gabarit usuel.

Figure 23 : Photo de l'accès à la plage de dépôt

Le tonnage admissible sur le dalot recouvrant le torrent et situé à l'aval de la télécabine n'est pas connu. Il parait probable que ce dernier soit suffisamment dimensionné vu les charges d'exploitation inhérentes à l'entretien de la télécabine. En cas de doute de la part de l'exploitant (commune du Grand Bornand), une expertise devra être réalisée par un bureau d'étude génie civil pour confirmer que le passage de chargeur 35T est admissible.

3.2.3. **Intégration paysagère de l'ouvrage**

L'intégration paysagère de l'ouvrage de fermeture ne sera pas aisée. En effet, il apparait difficile et non adapté vis-à-vis des crues d'aménager une banquette végétalisée en aval de l'ouvrage. La faible profondeur du sol ne permettrait pas à des essences forestières de s'implanter et il serait problématique de maintenir des arbres à cet emplacement, car ils pourraient constituer de futurs embâcles un peu plus en aval.

L'ouvrage n'étant pas dissimulable, nous proposons ici de le mettre en valeur. Le mur vertical pourra devenir le support d'une fresque peinte. Il est possible d'intégrer l'ouvrage par un dessin sur le thème de la « nature » (cf. Fresque Chambéry soutènement de l'autoroute), mais les couleurs ne s'accorderont pas forcément à la saison et resteront très visibles. Il est également possible de réaliser une fresque artistique, mais plus intéressant de profiter de cette œuvre pour communiquer sur les aléas torrentiels et garder en mémoire l'évènement de 1987.

Les illustrations suivantes présentent des exemples de fresques récentes réalisées à Chambéry, à Toulouse sur une porte étanche et à Marseille sur le mur du Centre d'Art de rue. Cette dernière représente un hydrogramme et met en évidence la violence et la rapidité d'une crue.

Figure 24 : Exemples de fresques représentant plusieurs thèmes : nature, fleuve et aléa torrentiel

3.2.4. **Contraintes et réglementations**

3.2.4.1 **Réglementation loi sur l'eau**

Les travaux projetés constituent une modification mineure d'un ouvrage existant. Suivant le statut de l'ouvrage actuel (d'ores et déjà dûment autorisé ou non),il sera nécessaire de soit réaliser un porter à connaissance renseignant sur les modifications mineures prévues, soit déclarer l'ouvrage en intégrant directement les modifications prévues.

3.2.4.2 **Régime juridique des terrains**

Pas de changement par rapport à la situation actuelle. Une convention peut être réalisée pour pérenniser les autorisations d'accès à l'ouvrage de fermeture. L'accès se faisant par les parcelles 4582 et 4693.

3.2.4.3 **Réseaux**

Non concerné.

3.2.5. **Organisation des travaux**

3.2.5.1 **Phasage des travaux**

Les travaux sont mineurs et de type génie civil. Ils ne nécessiteront pas d'engin de chantier lourd. Les travaux pourront être réalisés à toute période de l'année. Il est recommandé cependant d'éviter les périodes de gel, notamment pour les reprises de bétonnage à réaliser.

La durée du chantier est estimée à 1 semaine.

3.2.5.2 **Cout estimatif**

Cette opération pourra être réalisée sans passer par de marché de travaux. Le montant est estimé à 5 000 € HT.

3.2.5.3 **Modalités d'entretien**

Le cout de l'ouverture de l'accès pour l'entretien courant est estimé à 5 000 € HT.

Le cout de l'ouverture de l'accès pour une gestion de crise est estimé à 7 000 € HT.

3.3. Plage de dépôt au pont de la Matte

3.3.1. **Rappel du principe de l'aménagement**

Comme rappelé en introduction, le volume objectif à stocker dans la plage de dépôt est à arbitrer par le SM3A. Deux options sont présentées :

- L'option 1 consistera à la création d'un ouvrage stockant 20 000 m^3 de matériaux pour répondre à l'objectif énoncé dans l'étude hydro-géomorphologique de Koulinski (2020). Nous rappelons que ce volume est issu des estimations de volumes de dépôts observés sur le cône du torrent pour l'évènement de 1987. Dans le cas où les sources d'apport de matériaux seraient bien situées sur les branches amont de la Matte, en considérant la plage de dépôt aval, cet aménagement permettrait de protéger le cône pour des évènements d'occurrence supérieure à la centennale.

- L'option 2 naît d'un souhait de réduire l'impact paysager de la première option. Réduire l'objectif de stockage à 10 000 m^3 semble pertinent au vu des incertitudes liées à la définition même du volume à stocker. L'objectif de cette option est alors de proposer un ouvrage moins conséquent. En considérant la plage de dépôt aval, cet aménagement permettrait de protéger le cône pour des évènements d'occurrence centennale.

Au droit du site de la Matte, le torrent du Chinaillon est caractérisé par des crues avec charriage. D'après l'étude hydro-géomorphologique (2020), seul le torrent des Outalays, affluent juste en amont du pont, serait susceptible de générer des laves torrentielles en remobilisant les terrains en glissement dans son cours aval.

Le SM3A souhaite que l'aménagement arrête le transport solide uniquement pour les fortes crues. Il devra être transparent pour les crues courantes notamment pour limiter au maximum les interventions d'entretien.

L'étude hydro-géomorphologique de Koulinski (2020) précise que l'aménagement devra également permettre l'arrêt des flottants sans conduire à un arrêt brutal du transport solide par obstruction de l'ouvrage de fermeture pour les crues courantes : « *même si la fourniture des arbres est ici relativement limitée et que les apports dans les gorges en aval sont prépondérants. Les flottants arrêtés au niveau de cet ouvrage ne parviendront pas à la plage de dépôt au sommet du cône de déjection, très sollicitée.* ».

Les objectifs de transparence de la plage de dépôt et d'arrêt des flottants pour les crues courantes sont difficilement compatibles. Dès lors que des flottants sont arrêtés, il est illusoire de penser pouvoir laisser transiter l'ensemble du transport solide pour les crues courantes. Un choix stratégique doit être réalisé par le SM3A. Dans le présent avant-projet, il sera proposé deux ouvrages types de fermeture permettant de répondre à chaque objectif.

Les ouvrages constituant la plage de dépôt devront être définis en fonction de scénarios de projet.

3.3.2. **Evaluation des débits de crues à considérer**

Il n'est pas attendu une analyse hydrologique du torrent dans la présente étude. Les estimations de débit à prendre en compte sont alors réalisées à partir de l'étude hydro-géomorphologique (2020) en appliquant la formule de transfert de bassin versant.

$$\frac{Q_{BV\,etudie}(T)}{Q_{BV\,ref}(T)} = \left(\frac{S_{BV\,etudie}}{S_{BV\,ref}}\right)^{\alpha} \qquad (2.1)$$

avec :

- $Q(T)$: débit de période de retour T [m³/s] ;
- S : superficie du bassin versant [km²] ;
- α : coefficient compris entre 0,6 à 0,8 pour les débits de pointe de crue, selon les différences de surface ou de pluviométrie des bassins comparés, et la période de retour considérée.

Classiquement, α est fixé entre 0,75 et 0,8 en cas de faible différence de taille de bassins (rapport 1 à 3). On privilégie des valeurs plus faibles pour des grandes différences de taille de bassin. Selon (Lang et Lavabre, 2007), α se rapproche de 1 pour les crues les plus fréquentes et de 0,5 pour les plus rares.

Figure 25 : Formule de transfert de bassin versant

Les valeurs retenues sont les suivantes :

	Rosay	**Matte**
S_{BV}	24,7 km²	17 km²
Q_{10}	36,6 m³/s	*α=0,75 ;* 28 m³/s
Q_{100}	75,4 m³/s	*α=0,6 ;* 60 m³/s

Sur cette base, on retiendra de façon arbitraire un débit de crue courante de 40 m³/s (compris entre Q10 et Q100) :

Crues courantes : Débit max de 40 m³/s

3.3.3. **Dimensionnement fonctionnel de l'ouvrage**

3.3.3.1 **Option 1 : plage de dépôt avec un objectif de stockage de 20 000 m³**

Dans le cas d'un ouvrage stockant 20 000 m³ de matériaux, on considère que l'ouvrage serait atterri pour une crue d'occurrence supérieure à la centennale.

On définit comme scénarios de projet :

Scénario	Fonctionnement	Fréquence	Impact sur aménagement
Fréquent	Transparence dans l'aménagement Pas d'arrêt du transport solide	Crue courantes avec charriage	Section lit mineur permet transit sans divagation dans zone de dépôt : - Absence de débordement des écoulements pour une Q_{10} - pour crue courante (40 m³/s) on accepte débordements localisés Ouvrage de fermeture transparent ou avec arrêt des flottants
Projet	Arrêt du transport solide, notamment en pic de crue	Rares avec charriage, Q_{100}	Ouvrage de fermeture : - arrêtant le transport solide pour Q100 - résistant à l'impact d'une lave (Outalays) - remplissage partiel de l'ouvrage – absence de surverse au niveau de la cuvette.
Exceptionnel	Cuvette ouvrage de fermeture dépassée	Crue supérieure à la bi-centennale → non pris en compte car hors objectif de protection ou passage d'une crue courante type Q_{10} sur ouvrage atterri	Cuvette de l'ouvrage de fermeture et renforcement du lit aval à dimensionner pour Q_{10} Digues latérales devront empêcher débordement en cas d'atterrissement de l'ouvrage

Pour réaliser une plage de dépôt d'un volume maximal, l'ouvrage de fermeture doit être positionné à 1195 m d'altitude du fond du lit. La hauteur de l'ouvrage de fermeture est limitée par :

- La présence d'enjeux en rive droite (parcelle 5470) : on souhaite avoir une hauteur de dépôt critique (pente d'atterrissement = pente du lit) inférieure à la hauteur de la berge actuelle ;
- La présence d'un pont en amont : on souhaite limiter la hauteur des atterrissements à 2 m (tirant d'eau actuel de 4 m).

La hauteur maximale de l'ouvrage de fermeture est alors fixée à 4 m, ce qui équivaut à :

- Au droit de l'habitation rive droite : revanche entre berge actuelle et dépôt critique > 1 m,
- Au droit du pont : dépôt d'environ 1,7 m.

Le dimensionnement fonctionnel des ouvrages constituant l'aménagement est :

Ouvrage	**Caractéristiques**
Volume stocké	**20 000 m³**
Ouvrage de fermeture	**Hauteur 4 m à la cuvette** et réduction de la largeur du lit pour faciliter la tendance au dépôt Fonctions : 1. Transit des crues courantes et arrêt des crues rares 2. Option : Arrêt des flottants en limitant au maximum le blocage du transit du transport solide
Pente des atterrissement – calcul du volume	**2%** - voir étude préliminaire
Digues latérales	• Hauteur : hypothèse d'une pente d'atterrissement critique = pente du lit de 2,7% + revanche de 0,5 m minimum + hauteur à adapter pour éviter un point bas avec le raccordement à l'ouvrage de fermeture

<table>
<tr><td></td><td>

Géométrie :
- Pente talus amont de 3H/2V
- Pente talus aval raccordement au terrain naturel avec devers vers le torrent
- Largeur en tête de 3 m pour permettre passage des engins en crête ou une re végétalisation

La géométrie proposée permet de proposer une optimisation de l'intégration paysagère. Elle pourra être modifiée, notamment dans le cas où le maître d'ouvrage et la commune souhaiterait réduire leurs emprises.
</td></tr>
<tr><td>Lit mineur</td><td>

Morphologie : éviter un tronçon rectiligne pour améliorer l'intégration paysagère
Largeur : 7 m comme moyenne actuelle
Pente des berges : 3H/2V pour réduire les contraintes hydrauliques
Hauteur : nécessité de prévoir le transit d'une crue courante sans débordement dans la zone de dépôt

<table>
<tr><td>Q_{10}= 28 m³/s</td><td>h=1,1 m
H= 1,5 m</td></tr>
<tr><td>Q= 40 m³/s</td><td>h=1,4 m
H= 1,9 m</td></tr>
</table>
Sur ce tronçon absence de tendance à l'engravement
→ $H_{retenue}$=1,5 m

Aménagement

Crues courantes érosives pouvant atteindre sommet de berge. Pour protéger les berges, mise en œuvre d'un enrochement sec sur toute la hauteur pour répondre à l'objectif du SM3A d'entretien minimum de l'aménagement. La hauteur enrochée peut être réduite pour limiter la minéralisation du site et le coût de l'aménagement ; dans ce cas, des opérations d'entretiens pourront être nécessaires plus régulièrement.
Pour éviter l'affouillement de la protection de berge, nécessité de prévoir un sabot d'une largeur minimale de 2 m. Le sabot sera disposé à environ 20 cm sous le niveau du lit fini afin de rétablir un lit alluvionnaire sur toute sa largeur.
</td></tr>
<tr><td>Zone de dépôt</td><td>Contre pente de 0 à 1,5% vers le torrent pour maximiser le volume stocké.
En cas de débordement on accepte l'incision dans la zone de dépôt.</td></tr>
<tr><td>Casier de stockage</td><td>Permet d'atteindre le volume objectif à stocker.
Réalisé en rive gauche dans la terrasse de dépôt sur une surface de 1 300 m². Le fond du casier sera à une côte 0,5 m supérieure au fond du lit pour éviter de recouper le niveau de l'éventuelle nappe d'accompagnement du torrent. Note [1]
Il n'est pas proposé de renforcer les berges du casier ; ce dernier sera fusible en cas de remplissage et devra être remis en état lors des opérations de curage.</td></tr>
<tr><td>Ouvrage d'entrée</td><td>Non nécessaire une réduction de la pente du lit étant naturellement dans ce secteur.</td></tr>
<tr><td>Ouvrage de sortie</td><td>Ouvrage de fermeture implanté à l'entrée des gorges. Fond rocheux suspecté à faible profondeur. Note [2]
En cas d'absence de fond rocheux, prévoir une fosse anti-affouillement pour le passage d'une Q_{10} pour un ouvrage atterri (chute de 4 m).</td></tr>
</table>

[1] des sondages à la pelle permettront de reconnaître la présence d'une nappe d'accompagnement du torrent dans les terrasses alluviales. Dans le cas où la nappe n'est pas rencontrée ou en cas d'absence de venue d'eau par artésianisme, il pourra être possible d'approfondir le casier de stockage et ainsi réduire sa surface pour atteindre le même volume à stocker.

[2] des sondages à la pelle permettront de reconnaître le toit du substratum.

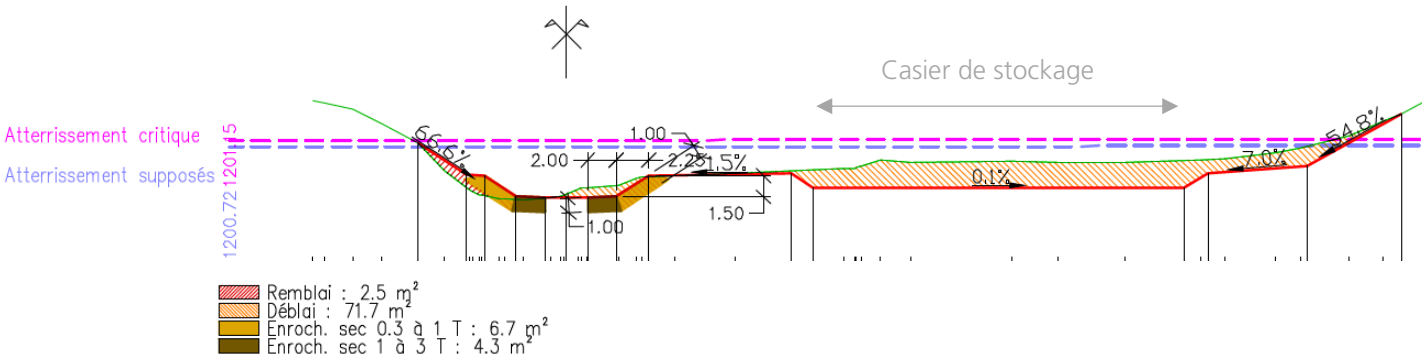


Figure 26 : Profil type de l'ouvrage de stockage (P5)

3.3.3.2 Option 2 : Plage de dépôt avec un objectif de stockage de 10 000 m³

Dans le cas d'un ouvrage stockant 10 000 m³ de matériaux, on considère que l'ouvrage serait atterri pour une crue d'occurrence centennale.

On définit comme scénarios de projet :

Scénario	Fonctionnement	Fréquence	Impact sur aménagement
Fréquent	Transparence dans l'aménagement Pas d'arrêt du transport solide	Crue courantes avec charriage	Idem option 1
Projet	Arrêt du transport solide, notamment en pic de crue	Rares avec charriage, Q_{100}	Ouvrage de fermeture : - arrêtant le transport solide pour Q_{100} - résistant à l'impact d'une lave (Outalays) Atterrissement de l'ouvrage avec surverse à étudier en cas de dépassement de la crue centennale (fin de crue) ou en cas de surverse par une crue courante de type décennale avant curage de l'ouvrage (28 m³/s) : - cuvette à dimensionner Q_{10} - prévoir renforcement du lit à l'aval
Exceptionnel	Cuvette ouvrage de fermeture dépassée	Crue supérieure à la centennale ou passage d'une crue > Q_{10} pour ouvrage atterri	Débordement sur les ailes de l'ouvrage de fermeture = renforcement des berges à l'aval des ailes sur environ 15 ml. Prévoir un surdimensionner du renforcement du lit à l'aval pour une crue de type crue courante (40 m³/s)

Dans le cas de la réduction du volume objectif, il sera privilégié de diminuer la hauteur de l'ouvrage de fermeture. Pour arriver à stocker 10 000 m³, il est nécessaire de réaliser un ouvrage de fermeture de 3 m de hauteur sous la cuvette.

Ouvrage	**Caractéristiques**
Volume stocké	**10 000 m³**
Ouvrage de fermeture	**Hauteur 3 m à la cuvette** et réduction de la largeur du lit pour faciliter la tendance au dépôt Fonctions : 1. Transit des crues courantes et arrêt des crues rares 2. Option : Arrêt des flottants en limitant au maximum le blocage du transit du transport solide
Ouvrage de sortie	Ouvrage de fermeture implanté à l'entrée des gorges. Fond rocheux suspecté à faible profondeur. En cas d'absence de fond rocheux, prévoir une fosse anti-affouillement pour le passage d'une Q_{10} pour un ouvrage atterri (chute de 3 m).

Concernant la pente des atterrissements, les digues latérales, le lit mineur, la zone de dépôt et le casier de stockage les mêmes hypothèses que l'option 1 sont retenues.

3.3.4. **Implantation des plages de dépôts options 1 et 2 et intégration paysagère**

L'implantation de la zone de stockage a été réalisée de façon à obtenir les volumes objectifs de stockage pour chaque option. Les plans masses sont visibles dans l'annexe carnet de plans.

Impact	Option 1 (20 000 m^3)	Option 2 (10 000 m^3
Surface	13 000 m^2	11 000 m^2
Linéaire cours d'eau*	275 ml	275 ml

* le linéaire ne tient pas compte de l'aménagement éventuel du lit à l'aval de l'ouvrage

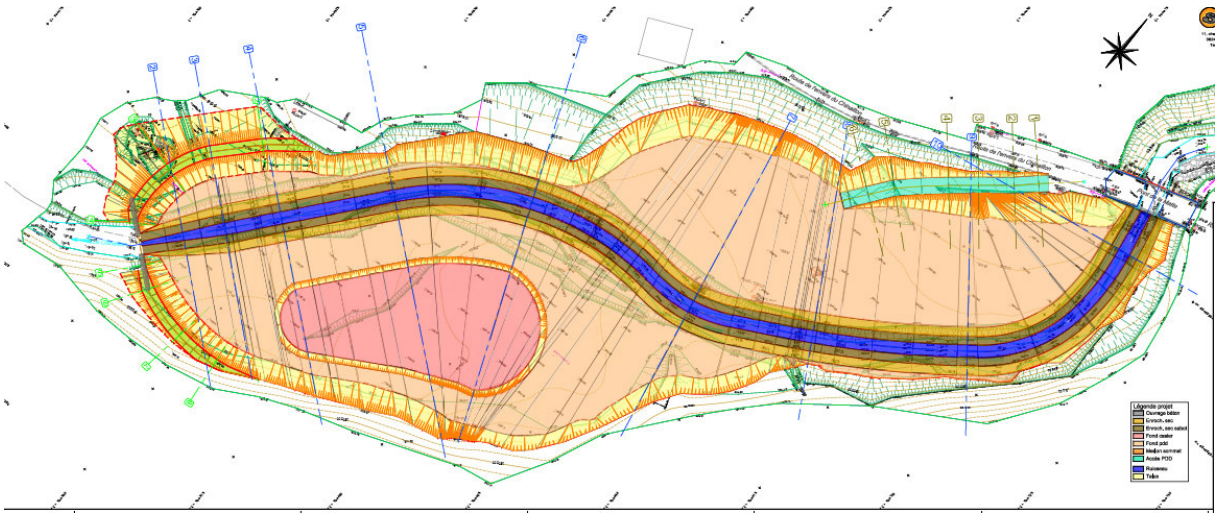


Figure 27 : Implantation de l'aménagement OPTION 1 sous fond plan topographique

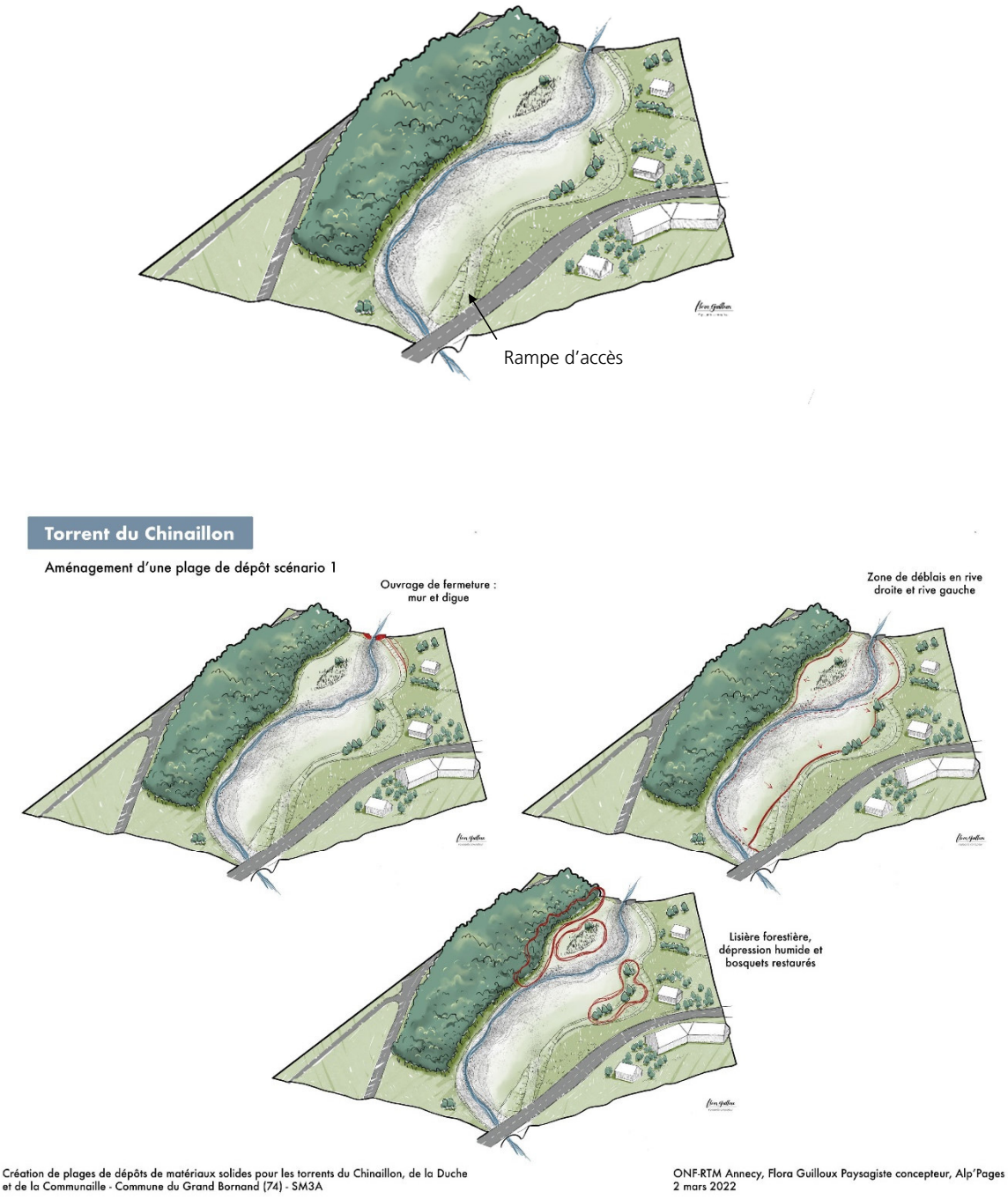


Figure 28 : Axonométrie paysagère globale de l'aménagement – option 1

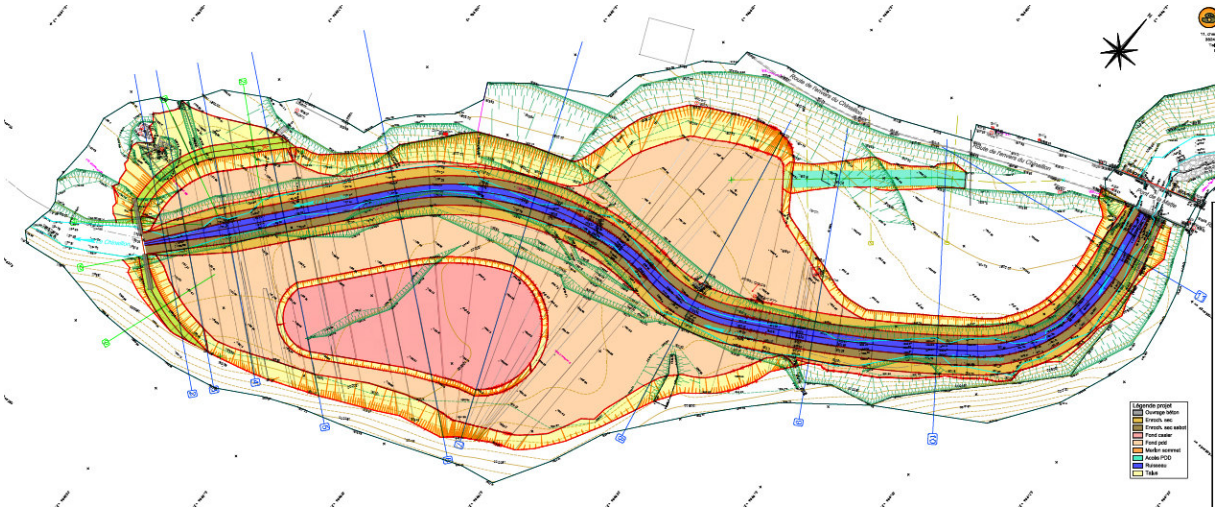


Figure 29 : Implantation de l'aménagement OPTION 2 sous fond plan topographique

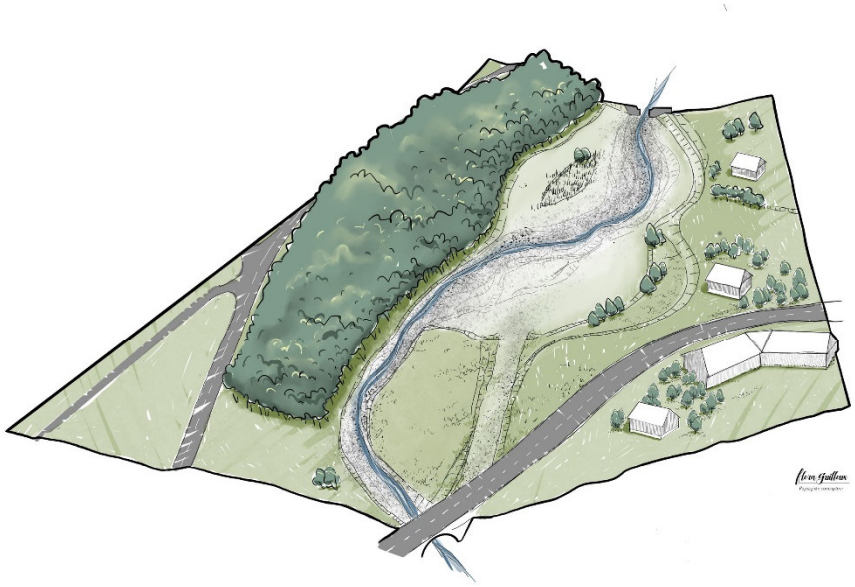


Figure 30 : Axonométrie paysagère globale de l'aménagement – option 2

Nous rappelons que le fond cadastral n'est pas correctement implanté. Avant toute régularisation du foncier, un levé contradictoire du cadastre devra être réalisé.

L'objectif paysager n'est pas de dissimuler le nouvel ouvrage, mais de l'intégrer dans le paysage existant : prairie pastorale de fond de vallée ponctuée de bosquets.

Les deux scénarios illustrés ci-dessus respectent les principes d'intégration paysagère suivant :

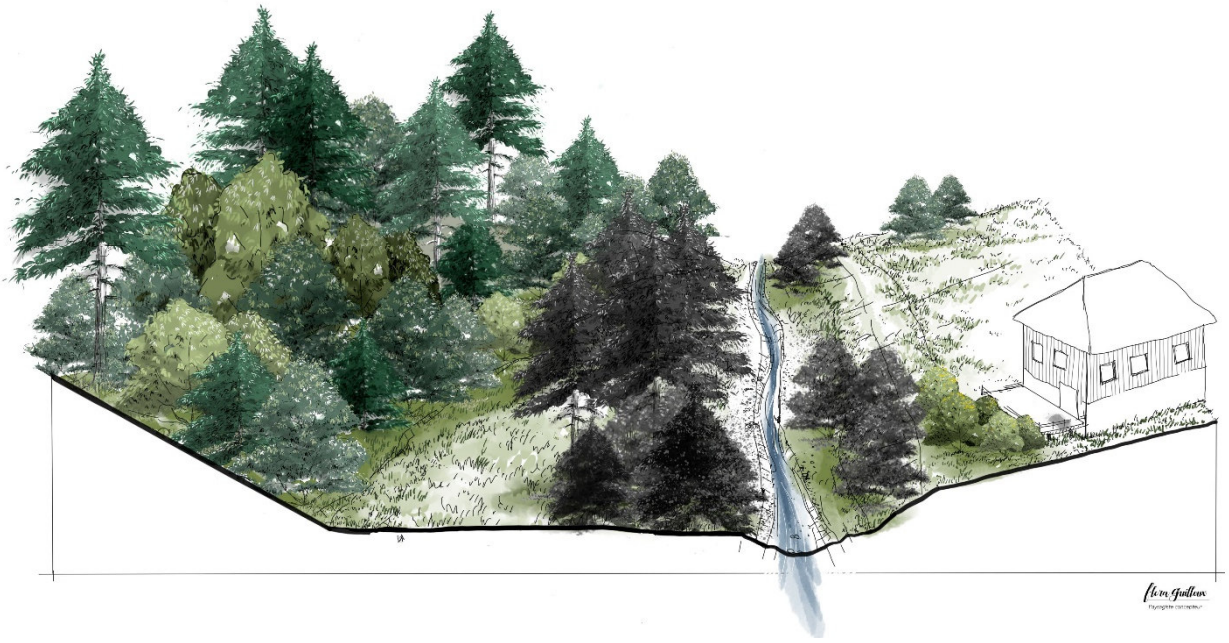
- Reconstituer une prairie au centre de l'ouvrage ;
- Planter des bosquets d'espèces arbustives indigènes aux abords de l'ouvrage ;
- Aménager des milieux diversifiés : pentes, lit torrentiel minéral, dépression humide.

Les ouvrages de fermetures, aménagés juste en amont du rétrécissement naturel des gorges, seront suffisamment éloignés de la route et du pont routier pour ne pas être trop impactants sur le plan paysager. Ils le seront plus depuis l'habitation aval.

La digue à proximité de l'habitation devra épouser la topographie naturelle du fond de vallée et présenter des pentes douces côté rivière et côté val. Cette dernière pourra être valorisée pour l'agriculture (pâturage).

L'ouvrage de fermeture en béton devra être dissimulé par des talus végétalisés (herbacée) lorsque les pentes le permettront. Il sera préférable d'adapter la conception afin minimiser l'utilisation des enrochements. Des arbustes bas pourront être conservés sur ce talus, mais un recepage régulier sera nécessaire afin de ne pas laisser de grands sujets y pousser.

Les axonométries suivantes présentes l'ouvrage dans le détail.



Torrent du Chinaillon

Partie aval ouvrages de fermeture

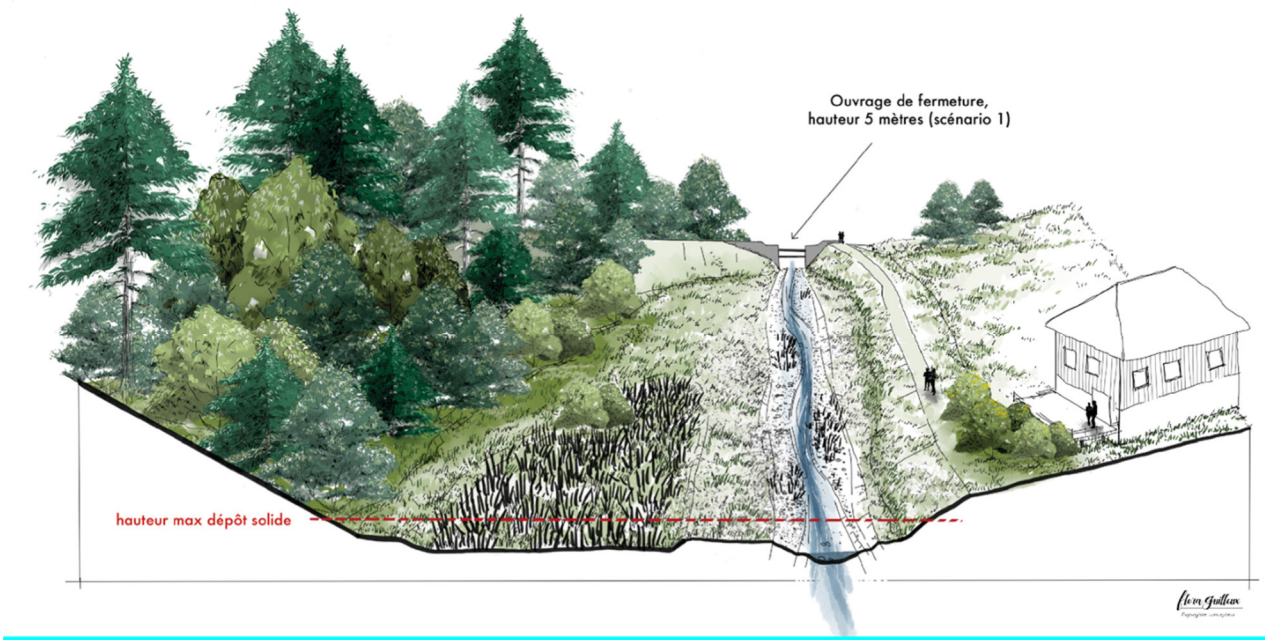


Figure 31 : Axonométrie paysagère de la partie aval de l'ouvrage avant/après travaux- option 1

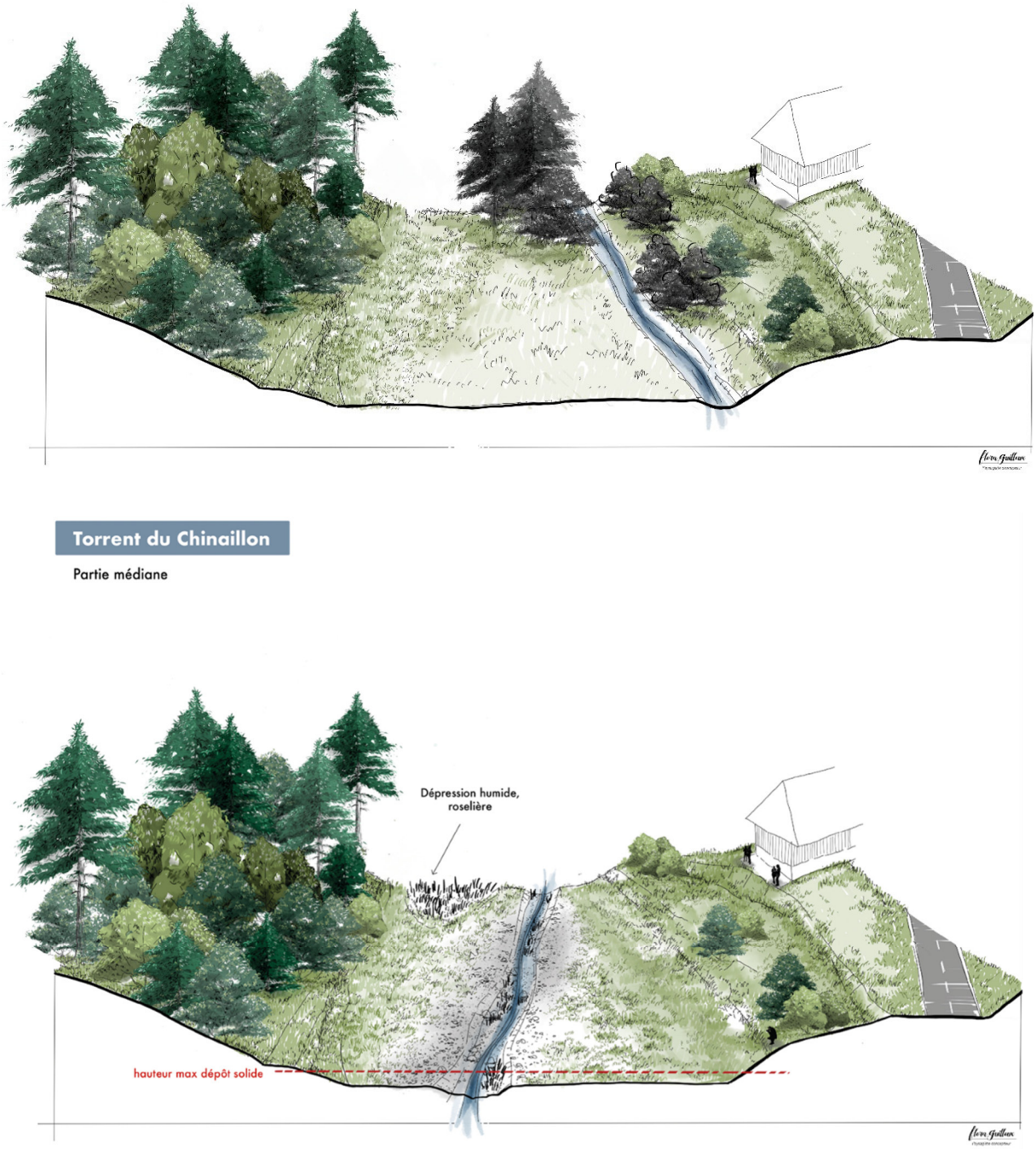


Figure 32: axonométrie paysagère de la partie médiane de l'ouvrage avant/après travaux - option 1

3.3.5. **Pré dimensionnement de l'ouvrage de sortie (options 1 et 2)**

3.3.5.1 **Généralités**

Il existe une multitude de types d'ouvrage de sortie de plage de dépôt (cf. classification ci-dessous extraite de Piton G. et Recking A. [2016][2]). Ils sont munis soit de système de grille avec des barres horizontales (cas

[2] *2016 - Piton, G., and A. Recking - Design of sediment traps with open check dams. I: hydraulic and deposition processes. Journal of Hydraulic Engineering 142:1–23.*

le plus fréquent en France), soit d'une fente (souvent sur des torrents à laves), de pertuis verticaux ou horizontaux, de dents (piège à blocs), …

Selon la taille et la forme des ouvertures, les ouvrages n'assurent pas les mêmes fonctions : piège à blocs, piège à flottants, filtration et régulation de matériaux (arrêt partiel des matériaux), rétention (arrêt plus conséquent).

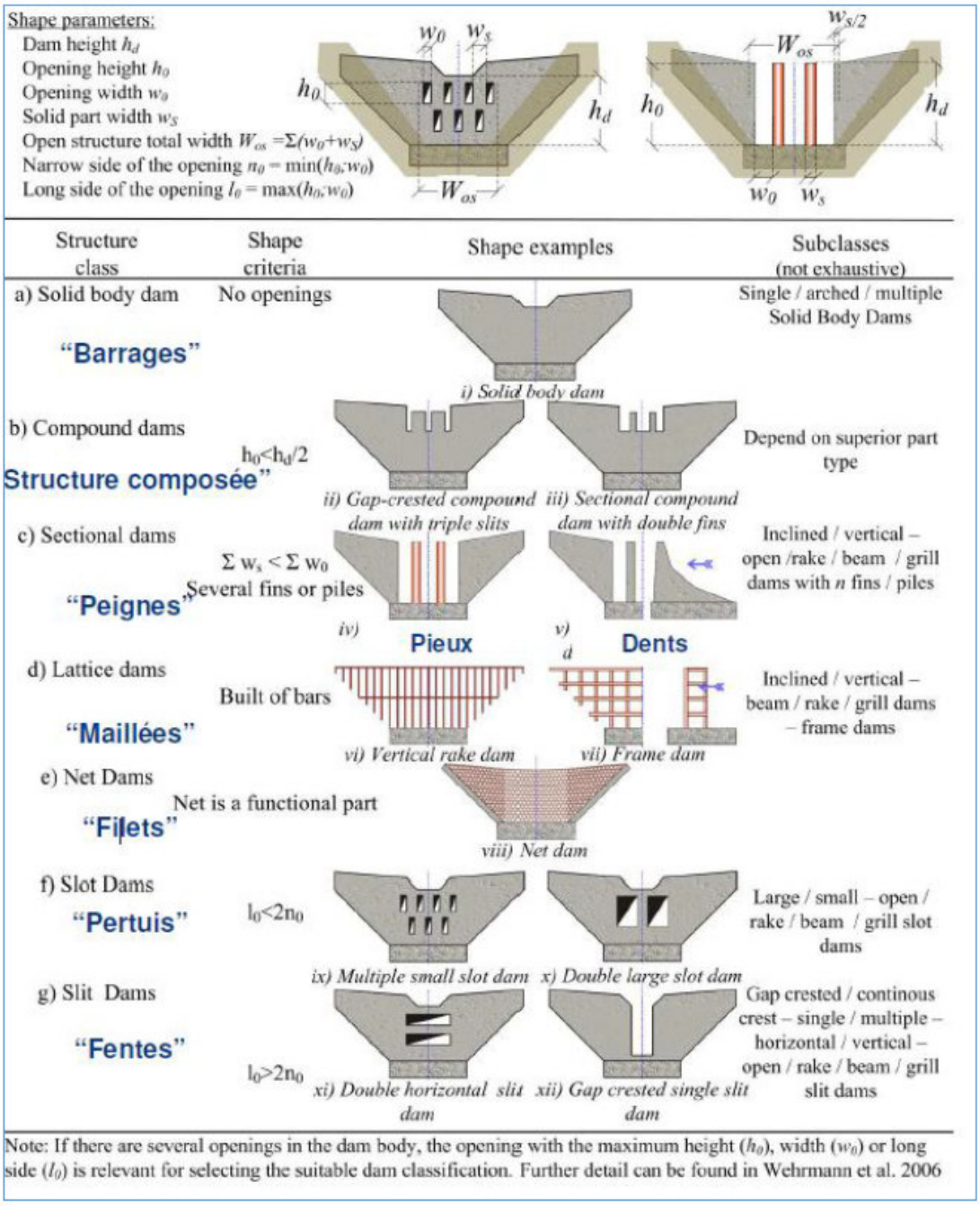


Figure 33 : Classification autrichienne des ouvrages de fermeture - Wehrmann et Al (2006) dans Piton et Recking (2016)

Un ouvrage avec de petits pertuis va ainsi arrêter quasiment tout le charriage, alors qu'un ouvrage avec une large fente de 3-4 m n'arrêtera que les bouffées de laves torrentielles.

Vu les fonctions recherchées pour la plage de dépôt (filtration, régulation et arrêt des flottants, voire en accidentel arrêt de bouffées de laves torrentielles), les ouvrages qui paraissent les plus adaptés sont :

Objectifs / fonctionnement	Type d'ouvrage	Commentaire
Privilégier la transparence pour les crues courantes Arrêt des matériaux pour les crues rares Absence de régulation des flottants	Barrage à large fente avec fermeture avec des barres horizontales (contrôle mécanique) avec un espacement défini hydrauliquement	Risque d'être trop transparent avec du charriage – peut nécessiter des adaptations ultérieures
Arrêt des flottants Filtration du transport solide	Barrage à pertuis plutôt horizontaux (contrôle hydraulique) avec un dispositif adapté anti-flottant	Transparence sur le transit du transport solide en crue courante non assuré
	Barrage de type autrichien conçu pour un contrôle mécanique	Ouvrage robuste mais coûteux Transparence sur le transit du transport solide en crue courante non assuré Difficulté à dimensionner en absence de données sur la granulométrie des crues en charriage

Le choix du type d'ouvrage de fermeture est à réaliser par le SM3A.

La transparence de l'ouvrage pour les crues courantes, et ainsi permettre le transit de matériaux vers l'aval, paraît être un objectif majeur au regard de celui d'arrêt des flottants. En effet, la quantité de flottant disponible en amont du projet de plage de dépôt est dérisoire en comparaison à celle disponible dans les gorges juste à l'aval.

Par ailleurs, un ouvrage conçu sans arrêt des flottants permettra de limiter les opérations d'entretien. Enfin, un ouvrage de type fente sera bien plus facile à intégrer au paysage qu'un ouvrage de type autrichien.

Le RTM recommande de retenir un ouvrage de fermeture de type fente couplé avec des barres horizontales pour stocker dans la plage de dépôt en crue rare.

Le cas du barrage à pertuis ne sera pas détaillé.

Les paragraphes suivants proposent un dimensionnement fonctionnel des ouvrages. Pour réaliser les dimensionnements interne et externe, il sera nécessaire en phase projet de réaliser une étude de béton armé.

3.3.5.2 **Ouvrage de fermeture de type fente avec barres horizontales**

La figure suivante illustre le principe d'un ouvrage fente avec barres horizontales. Pour éviter le blocage des flottants et le transit d'une crue rare, la hauteur de la barre horizontale doit être déterminé de façon à laisser passer une crue courante (40 m^3/s) en régime critique en prenant en compte la charge.

Figure 34 : Exemple d'ouvrage fente avec barre - Commune de Meyronnes (04) torrent de la Courbe

Il est proposé de réduire la largeur du lit au droit de l'ouvrage de fermeture (limiter la longueur des barres pour réduire la section d'acier). Ce resserrement contribuera également à faciliter le contrôle du débit. Pour laisser transiter une crue courante de 40 m³/s, pour un ouvrage à parement vertical, la hauteur des écoulements en régime critique est de :

Largeur du lit	7 m (idem lit mineur)	6 m	5 m
H écoulement sans charge	h= 1,5 m	h= 1,7 m	h= 1,9 m
H écoulement avec charge	H= 2,2 m	H= 2,5 m	H= 2,8 m

Pour une largeur de lit contrainte à 5 m, la première barre horizontale sera alors positionnée à 2,5 m de hauteur.

La difficulté avec un ouvrage à contrôle mécanique est de choisir le bon écartement des barres pour assurer un arrêt des matériaux. Nous ne disposons pas de données sur la granulométrie pour des crues rares. Il peut être intéressant de prévoir un système où l'espacement entre les barres peut être modifié durant la durée de vie de l'ouvrage. En première approche, on propose de retenir un espacement intergrille compris entre 40 et 60 cm ; en fonction de la section d'acier retenue (reprise des poussées), le nombre de barre pourra être modifié.

	Option 1 – 20 000 m³	Option 2 – 10 000 m³
H ouvrage sous cuvette	4 m	3 m
Largeur fente	5 m	5 m
H barre horizontale aval	2,5 m	2,5 m
Nombre de barre total	4 barres	2 barres

- **Avantages :** Robustesse, arrêt partiel du transport solide (en contrôle mécanique) si l'espacement des barres est bien choisi.

- **Inconvénients :** Coût, nécessite de bien connaître la granulométrie des matériaux transportés (en contrôle mécanique), arrêt intégral du transport solide à partir d'un certain débit (en cas de réduction des ouvertures aval pour assurer un contrôle complémentaire hydraulique), risque d'être trop transparent si absence de blocage.

3.3.5.3 **Ouvrage de type autrichien pour arrêt des flottants**

La figure suivante illustre le principe des ouvrages autrichiens. Ils reposent essentiellement sur un contrôle mécanique étant donné la grande taille des ouvertures dans le voile du barrage.

Figure 35 : Exemple d'un ouvrage de sortie de type Autrichien avec dispositif barres amont "multi inclinées". Torrent de Dientenbach – Province de Salzbourg. Hauteur de 10 m (Source : ONF-RTM)

L'écartement retenu entre les barres permet de décider la taille des blocs que l'on souhaite arrêter. L'espacement est généralement assez ouvert pour n'arrêter que les plus gros éléments, mais un resserrement des barres est tout à fait envisageable pour une "meilleure" rétention.

Ces ouvrages sont caractérisés par leur disposition spécifique des barres en amont qui reposent sur des contreforts et présentent deux, voire trois, pans inclinés (voir photos ci-dessus), avec des barres orientées verticalement (dans le sens de l'écoulement plutôt que perpendiculairement « horizontalement »), ce qui limite leur blocage par des flottants. Ceux-ci ont ainsi tendance à remonter le long des barres. La mise en œuvre de ces contreforts sera à prévoir, l'ouvrage présentant une hauteur importante.

La partie basse « quasi-horizontale » des barres peut ainsi être partiellement dégagée favorisant l'auto-curage de la plage de dépôt.

Les photos ci-dessous illustrent, sur deux exemples, des capacités d'auto-curage de ce type d'ouvrage, malgré l'embâclement partiel par des flottants.

Figure 36 : Auto curage des barrages – Sources : à droite, Sedalp (2015) ; à gauche, torrent de Wildbach - province de Salzbourg (RTM)

Etant donné les incertitudes sur le diamètre des matériaux transportés, on dimensionnera l'ouverture des pertuis de façon similaire à l'ouvrage fente. Pour permettre le transit d'une crue courante (40 m^3/s), on réalisera deux fentes ayant les dimensions suivantes :

	Options 1 et 2
Largeur	2,5 m
Hauteur	2,8 m

La hauteur est sensiblement augmentée pour cet ouvrage car on considère que les grilles multi-inclinées jouerons également un rôle dans l'arrêt du transport solide.

3.3.5.4 **Dimension de la cuvette**

La cuvette sera surversée en cas de remplissage de la plage de dépôt. La crue dimensionnante retenue est la crue décennale Q_{10} pour les deux options. La hauteur des ailes à retenir correspond à la hauteur des écoulements critiques sans charge. On considère que la pente du lit dorénavant atterri est réduite à 2% et des ailes à 3H/2V. La hauteur des ailes doit également être définie en fonction de la hauteur de la digue pour éviter des points bas au raccord entre la digue latérale et l'ouvrage de fermeture. Le calage de ces deux ouvrages sous autocad permet une optimisation du raccord avec :

- Hauteur de l'aile de l'ouvrage réduite au minimum pour permettre le transit d'une crue courante → 1 m ; cela implique une largeur de cuvette de 10 m
- Hauteur de la digue surélevée au minimum pour limiter l'emprise paysagère et foncière → 0,5 m

	Option 1 – 20 000 m³	Option 2 – 10 000 m³
Hauteur aile	1 m	
Largeur de la cuvette	10 m	
Hauteur ouvrage sous cuvette	4 m	3 m
Hauteur ouvrage sous aile	5 m	4 m

3.3.5.5 **Schémas de l'ouvrage de fermeture pour les différentes options**

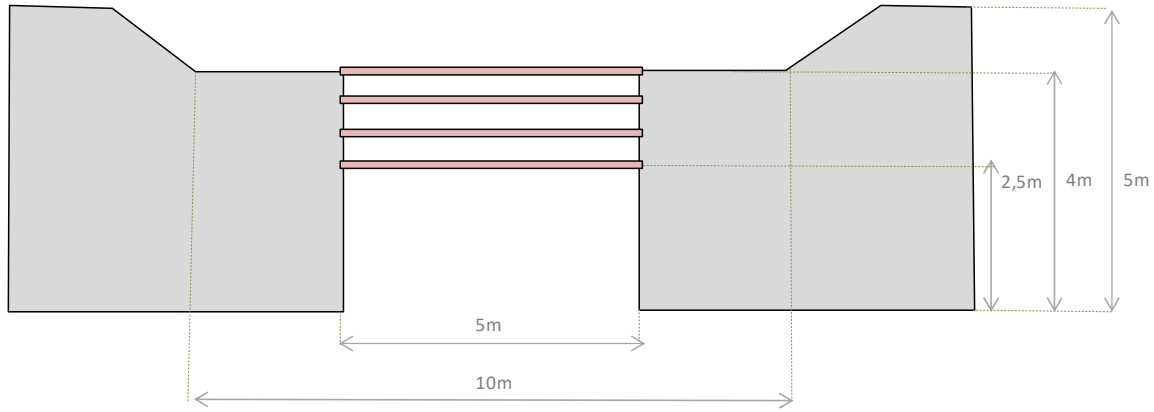


Figure 37 : OPTION 1 - Ouvrage de fermeture pour 20 000 m³ de type Fente

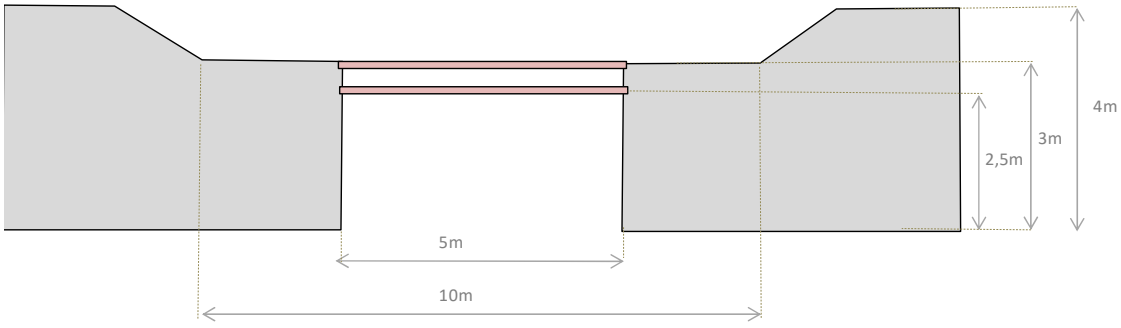


Figure 38 : OPTION 2 - Ouvrage de fermeture pour 10 000 m³ de type Fente

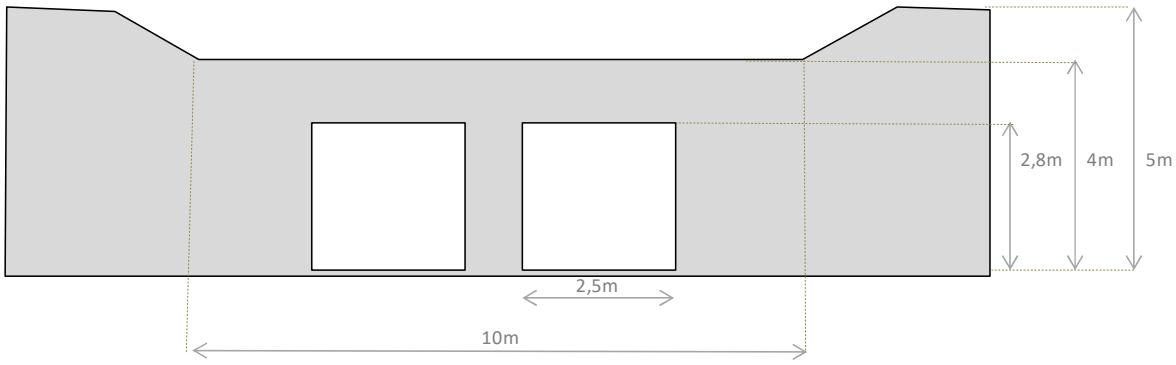


Figure 39 : OPTION 1 - Ouvrage de fermeture pour 20 000 m³ de type Autrichien sans représentation barre inclinée

Commentaires : pour l'option 2, l'ouvrage de type autrichien sera similaire (fente), seule la hauteur de la cuvette et des ailes étant diminuée.

3.3.6. Pré dimensionnement des autres ouvrages constituant la plage de dépôt (options 1 et 2)

3.3.6.1 Enrochements pour protection de berge

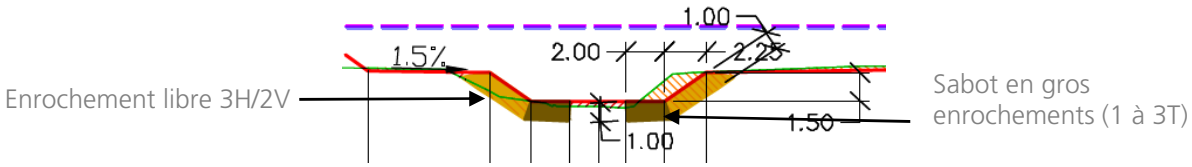


Figure 40 : profil type protections de berge chenal dans la plage de dépôt

Les principes de dimensionnement énoncés pour le projet de zone de régulation sur la Duche sont conservés, à savoir :

- Carapace : enrochements secs appareillés en 1 couche pour 1 m d'épaisseur avec des blocs de classe granulométrique 0,3 à 1 T (D_{moy}=0,8 m) + mise en œuvre d'une couche de transition entre l'enrochement et le terrain naturel par la pose d'un géotextile anti-contaminant avec couche de protection (ou couche granulaire seule en fonction de la granulométrie du terrain naturel),
- Pour assurer l'entonnement des écoulements en amont de l'ouvrage de fermeture, carapaces raidies en enrochements bétonnés pour les pentes de talus > 40° avec béton C25/30 XF3 (pas de route à proximité),
- Sabot réalisé en une couche de blocs appareillées 1 à 3 T (D^{moy}=1,1 m) avec une surface rugueuse à obtenir.

3.3.6.2 Digues latérales

Idem que sur le projet de zone de dépôt sur le torrent de la Duche, à savoir :

- Caractérisation géotechnique des matériaux de déblais à utiliser en remblais à réaliser (3 échantillons pour classification GTR et essais proctor)
- Digue avec pente à 3H/2V côté torrent et objectif de compactage q4 (95% de l'optimum proctor) sans renforcement.
  Possibilité de modifier la géométrie de la digue pour diminuer l'emprise au sol. Dans ce cas, des renforcements seront probablement nécessaires (surcoût non pris en compte au stade AVP).

Il n'est pas proposé de renforcer les digues côté torrent. Il est considéré que la largeur de la digue permet d'accepter une érosion de son pied, et que la faible hauteur des digues ne laisse pas craindre un

effondrement créant une brèche. En cas d'atterrissement de la plage de dépôt, les digues devront probablement être reprises.

3.3.6.3 **Fosse anti-affouillement à l'aval de l'ouvrage de fermeture**

Dans le cas où le substratum ne serait pas reconnu à l'aval de l'ouvrage de fermeture, un dispositif anti affouillement devra être réalisé.

Il est recommandé de réaliser une fosse dont la profondeur et la longueur sont à définir en fonction de la crue projet et de la hauteur de chute à l'aval de l'ouvrage de fermeture.

Pour assurer une transparence de l'ouvrage en crue courante, le fond de la fosse sera atterri en matériaux issus du lit ; la pente en long de l'amont sera conservée pour éviter une tendance au dépôt à l'aval de l'ouvrage. Un pavage sera recréé ; il sera fusible en cas de surverse de l'ouvrage.

Dans le cas des petites hauteurs, les caractéristiques dimensionnelles de l'ouvrage peuvent être obtenues à partir du schéma de la figure III.63 et de l'abaque de la figure III.64.

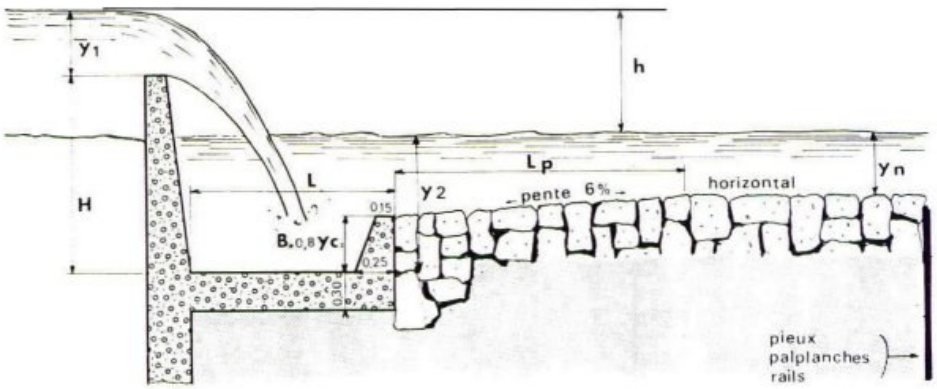


Figure III.63b. – Caractéristiques d'une petite chute

h est la hauteur nette de la chute.
L est la longueur de la cuvette.
H est la hauteur de chute par rapport au fond de la cuvette.
y_n est la profondeur normale dans le lit aval
B est la profondeur de la cuvette par rapport à la zone protégée du lit aval.
L_p est la longueur aval protégée de pente 6 %.

Au delà de L_B l'enrochement est poursuivi sur quelques mètres et buté par un rideau de palplanches si son équilibre n'est pas assuré.

On a :

$$h = H + y_1 - B - 0{,}06\, L_p - y_n$$

Figure 41 : Schématisation d'un radier anti-affouillement à l'aval d'un seuil

Ainsi, les dimensions de la fosse seront les suivantes :

	Option 1 – 20 000 m³	Option 2 – 10 000 m³
H ouvrage sous cuvette	4 m	3 m
Largeur de la cuvette	10 m	10 m
Crue projet	Q_{10}=28 m³/s	$Q_{courante\ max}$=40 m³/s
Longueur de fosse	Longueur fosse (L) = 14 m Fosse atterrie en début de surverse → réaliser prolongation radier (Lp) sur 10 ml	Longueur fosse (L)= 15 m Fosse atterrie en début de surverse → réaliser prolongation radier (Lp) sur 10 ml

Profondeur de fosse	**1,3 m**	**1,4 m**
Largeur fosse	Largeur de la cuvette = 10 m	Largeur ouvrage de fermeture = 15 m min
Autres dispositions	-	Enrochements sur berges à l'aval des ailes de l'ouvrage pouvant être surversé

Pour les deux options, on retient la réalisation d'un radier de 25 m au moyen d'enrochements libres 0,3 à 1 T en une couche avec une fosse (profondeur de 1,4 m) sur les 15 ml.

3.3.7. Terrassements généraux

3.3.7.1 Mouvements de terre

Les terrassements de l'aménagement impliquent un volume de déblais conséquent. Une faible part sera revalorisée en remblais. Une analyse des matériaux de déblais devrait permettre de valider leur remploi en remblais ou la revalorisation pour d'autres chantier de terrassements.

OPTION 1 – VOLUME DE 20 000 m³ + volume en cas de renforcement du lit aval

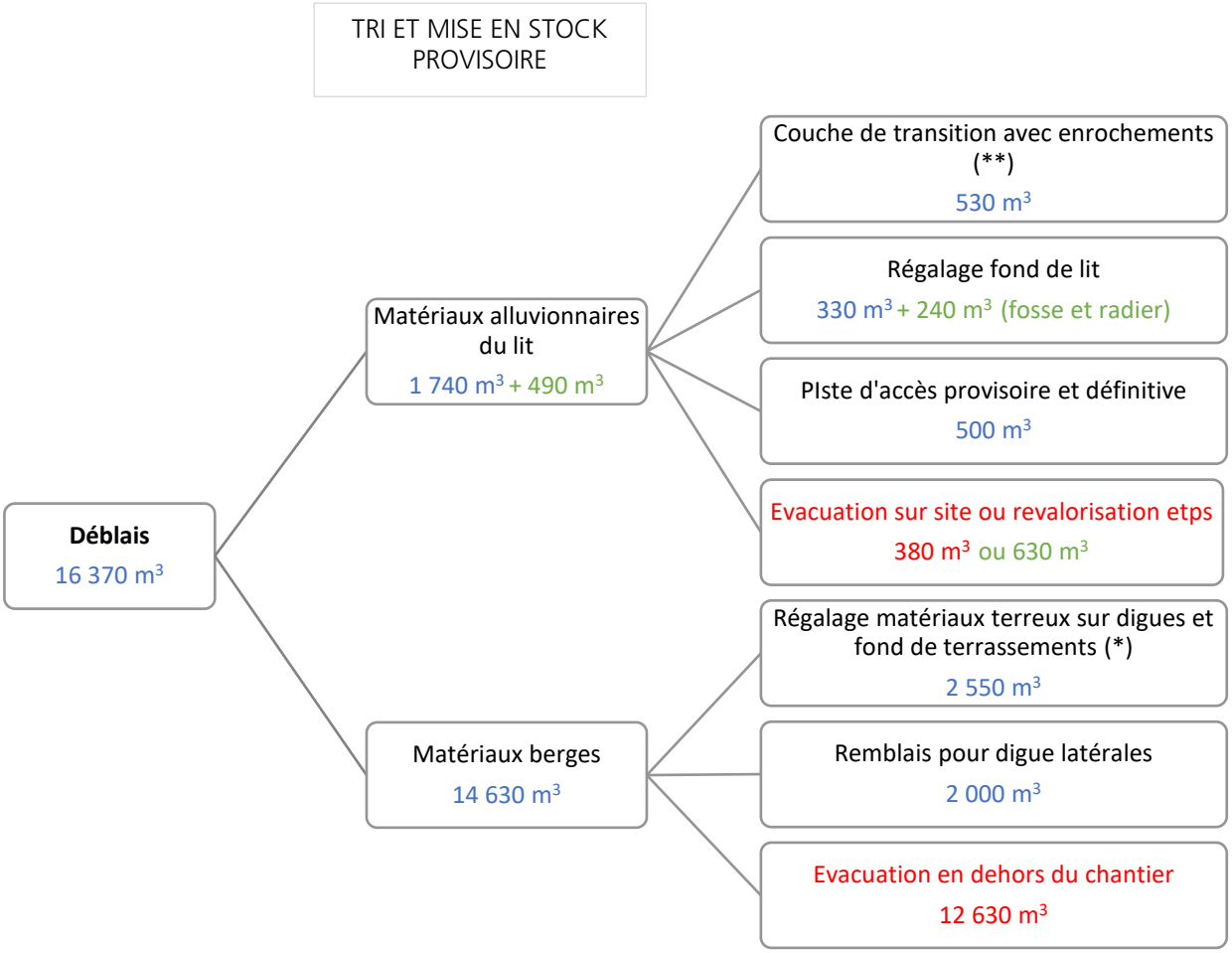


Figure 42 : Schématisation des mouvements de terre en déblais / remblais pour l'option 1

(*) on considère une surface de terrassement de 8 500 m² dans les prés et couvert forestier pour une épaisseur de matériaux moyenne de 30 cm – à confirmer avec les sondages à la pelle.

(**) Le réemploi des matériaux alluvionnaires en couche de transition ou en couche de protection du géotextile anti-contaminant sera à valider au stade projet.

OPTION 2 – VOLUME DE 10 000 m³ + volume en cas de renforcement du lit aval

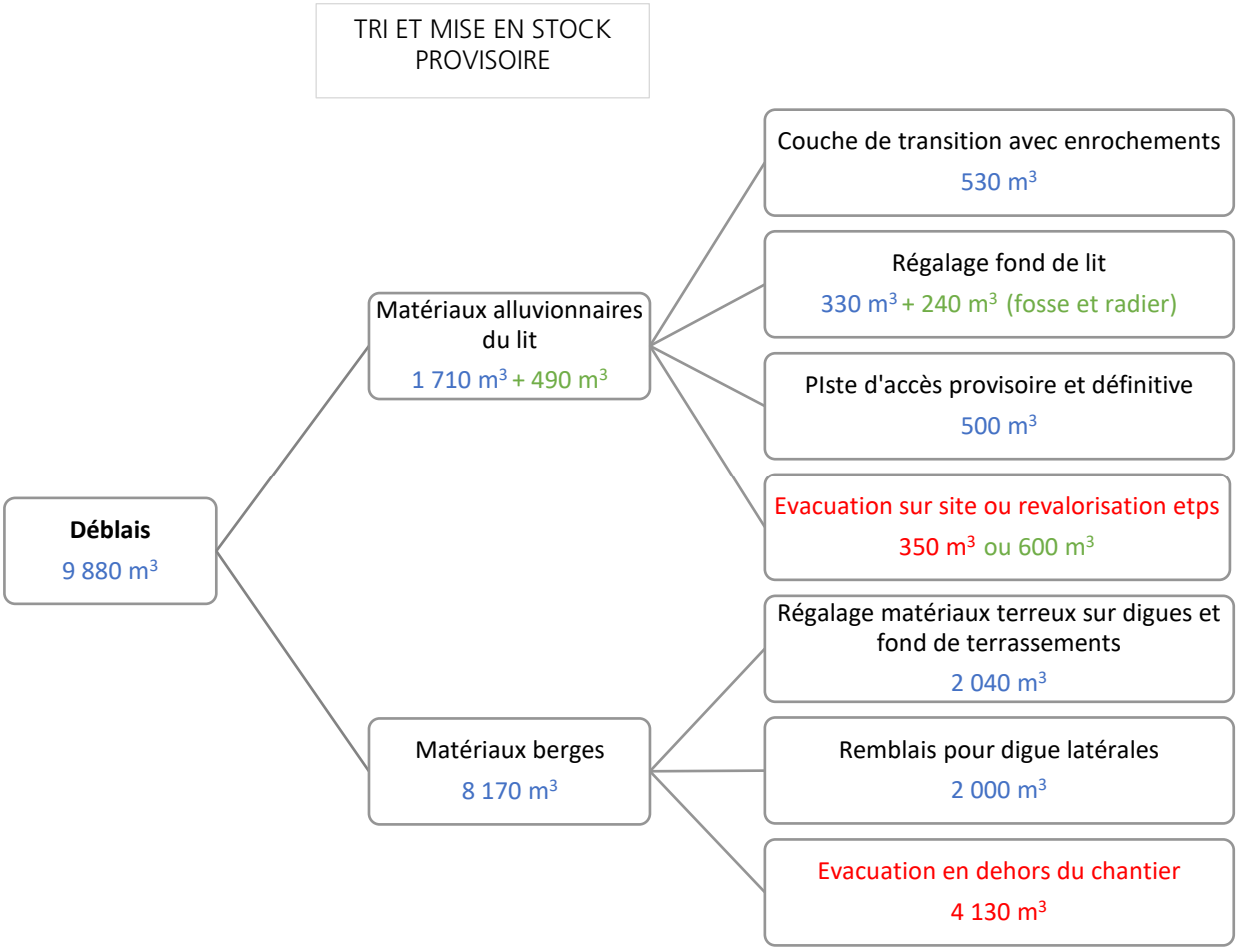


Figure 43 : Schématisation des mouvements de terre en déblais / remblais pour l'option 2

Les principaux volumes de fournitures (sans considérer béton et couche de transition) à acheminer sur site sont estimés à :

	Option 1 - 20 000 m³		Option 2 – 10 000 m³	
	Sans renforcement lit aval	Avec renforcement lit aval	Sans renforcement lit aval	Avec renforcement lit aval
Enrochements bétonnés 0,3 à 1T	80 m³		60 m³	
Enrochements libres 0,3 à 1T	1 720 m³	1 720 + 250 m³	1 750 m³	1 750 + 300 m³ **
Enrochements libres 1 à 3T	1 155 m³		1 135 m³	
Fourniture à acheminer Fourniture à évacuer	≈3 000 m³ ≈13 000 m³	≈3 200 m³ ≈13 000 m³	≈3 000 m³ ≈4 000 m³	≈3 200 m³ ≈4 000 m³
Cadence camions optimisée*	Plus de 1 300		Plus de 400	

Pour limiter le trafic en fond de vallée, il pourra être imposé à l'entreprise d'évacuer les matériaux de déblais excédentaires avec les tombereaux qui amèneraient les enrochements.

3.3.7.2 **Piste d'accès et plateforme d'entretien**

La piste d'accès sera réalisée depuis la route communale en rive droite. L'accès à la zone de régulation se fera par l'amont avec une pente de l'ordre de 10%. La plateforme d'entretien pourra être installée dans la zone de dépôt. Les implantations définitives seront à réaliser en concertation avec la commune au stade projet.

La piste d'accès définitive servira de piste d'accès provisoire pour les travaux.

Concernant les traversées de torrent, le dispositif d'entonnement des écoulements devra permettre le transit d'une crue de type biannuelle ; on retiendra, de manière arbitraire, un débit Q=10 m^3/s. Dans le cas de busage temporaire, il devra, ad minima, être mis en place 2 buses ø 2000 m.

3.3.8. **Intégration environnementale de l'ouvrage**

Pour assurer une meilleure intégration paysagère de l'ouvrage en limitant l'aspect minéralisé d'un ouvrage de stockage de matériaux, il est possible de végétaliser la zone de dépôt. Cette végétalisation nécessitera des opérations d'entretien courante de la part du SM3A, estimée tous les 5 ans à 3000 € HT.

Les essences disposées dans la zone de stockage devront être arbustives. Le maître d'ouvrage acceptera une perte de ces dernières en cas de crue remplissant l'ouvrage. Il est alors proposé les aménagements suivants :

Localisation	Proposition	Milieu créée	Densité et type de plantations	Essences proposées
Berges du lit mineur	Sans objet – enrochement jusqu'en sommet			
Fond de la zone de stockage Rive droite	Accès facile Création d'une pépinière de saules ou d'une prairie de fauche	Saulaie arbustive	Boutures	*Salix purpurea, Salix eleagnos, Salix daphnoides, Salix myrsinifolia,*
Fond de la zone de stockage Rive gauche	Accès complexe pour entretien Laisser une strate naturelle qui sera à entretenir sans évacuation			
Talus terrassements en rive droite	Réaliser un boisement de ripisylve	Ripisylve	Plants à racines nues	*Salix purpurea, Salix eleagnos, Salix daphnoides, Salix myrsinifolia, Alnus incana, Fraxinus excelsior, Acer platanoides, Acer pseudoplatanus*
Casier de stockage en rive gauche	Revaloriser en zone de caricaie	Caricaie	Plants en godet et à racines nues, graines si possible	*Plantation de Carex paniculata, Carex diandra, Carex elata, Molinia caerulea, Lythrum salicaria, Lysimachia vulgaris, Lycopus europaeus, Solanum dulcamara et Galium palustre*

3.3.9. **Etudes techniques complémentaires**

3.3.9.1 **Caractérisation des sols**

Pour réaliser le projet de travaux et valider les hypothèses prises dans le présent avant-projet, il est nécessaire de réaliser des investigations géotechniques. Ces investigations ont pour but de :

- Définir la coupe de sol sur la profondeur de terrassement ;
- Déterminer la nature des matériaux de déblais qui sont à revaloriser ;
- Valider la présence du substratum à l'aval de l'ouvrage de fermeture.

Ainsi, il est proposé de réaliser à minima 8 sondages :

- 2 sondages à l'aval de l'ouvrage de fermeture à 2,5 m de profondeur minimum (ou refus) (num 1 et 2)
- 2 sondages au droit de l'ouvrage de fermeture à 2 m de profondeur minimum (ou refus), (num 3 et 4)
- 4 sondages au droit des terrassements à la profondeur de terrassement projet + 1 m. (num 5 à 8)

Les coordonnées des sondages sont les suivantes :

numéro	xcoord	ycoord
1	966522.3757	6546400.8298
2	966525.9016	6546397.3955
3	966516.5234	6546392.1875
4	966507.0703	6546388.3594
5	966529.4141	6546422.5781
6	966560.7422	6546409.4531
7	966612.3047	6546443.2031
8	966618.5547	6546490.7031

Les sondages pourront être réalisés à la pelle mécanique. Des échantillons seront prélevés dans les sondages réalisés au droit et en amont de l'ouvrage de fermeture. Dans le cas où les terrains seraient uniformes sur toute la profondeur du sondage, il sera nécessaire de réaliser à minima :

- 6 Identifications GTR complètes,
- 2 Essais Proctor pour les échantillons de déblais à revaloriser en remblais.

Dans le cas où des changements de faciès seraient reconnus dans les sondages, des essais supplémentaires devront être réalisées.

Dans le cas où un fond rocheux ne serait pas reconnu au droit de l'implantation de l'ouvrage de fermeture, il pourra être nécessaire de réaliser des investigations complémentaires pour déterminer la portance du sol et ainsi sa capacité à supporter le poids de l'ouvrage.

3.3.9.2 **Dimensionnement ouvrage en béton armé**

L'ouvrage de fermeture est un ouvrage de génie civil en béton armé. Il sera nécessaire au stade projet, une fois le pré dimensionnement fonctionnel validé, de réaliser le dimensionnement définitif de l'ouvrage. Ce dimensionnement devra être vérifié en externe (glissement, renversement, et poinçonnement) et en interne (épaisseur des voiles, sections des armatures, section des barres…). Les cas de charges à prendre seront à définir par le MOE au bureau d'étude structure qui réalisera l'étude.

3.3.10. **Contraintes et réglementation**

3.3.10.1 **Réglementations**

- **Au titre de la loi sur l'eau**

Les travaux projetés concernent les rubriques suivantes de la nomenclature Eau du Code de l'Environnement (art. R 214-1).

Rubrique	Objet	Projet	Régime
3.1.2.0	Modification des profils en long/travers	Profil en long légèrement retravailler Le profil en travers est modifié sur l'ensemble de l'aménagement Linéaire concerné > 100 m	Autorisation
3.1.4.0	Protection de berge	Mise en œuvre d'une protection de berge du lit mineur sur l'ensemble du l'aménagement	Autorisation

		Linéaire concerné (cumulatif avec les deux berges) > 100 m	
3.1.5.0	Travaux dans le lit mineur d'un cours d'eau	Absence de frayère	Déclaration
3.2.1.0	Entretien de cours d'eau	Volume objectif de stockage de 10 000 m³, voire 20 000 m³, pouvant nécessiter des curages > 2000 m³/an	Autorisation

- **Au titre de l'évaluation environnementale**

Un examen au cas par cas devra être réalisé au titre de l'articule R122-20 du code de l'environnement. Il n'est pas exclu qu'une étude d'impact soit demandée par l'autorité environnementale.

L'inventaire faunistique réalisé pour la phase diagnostique, réalisé en 2021 a été établit sur le printemps et en début d'été. Cet inventaire est suffisant pour le dossier cas par cas. Dans le cas où une étude d'impact serait demandée, il faudra le compléter par des données hiver, fin d'été et automne.

- **Au titre des boisements**

Le projet de travaux impacte une zone forestière de moins de 4 hectares pour une surface défrichée d'environ 2 000 m². Le déboisement ne sera pas soumis à autorisation de défrichement.

3.3.10.2 **Régime juridique des terrains**

Les parcelles impactées par un projet de plage de dépôt sont les suivantes : 475, 474, 5470, 462, 4782, 2879, 2853, 1163, 867, 868, 866, 865, 864, 862.

3.3.10.3 **Réseaux**

Plusieurs réseaux sont compris dans l'emprise du projet de plage de dépôt. Ces réseaux seront à déplacer avant le démarrage des travaux. Le coût de déplacement de ces réseaux n'est pas estimé dans le montant de l'opération. D'après les échanges réalisés durant les réunions de présentation, c'est la commune qui aura à sa charge le contact et du déplacement des réseaux auprès des concessionnaires.

Pour les déplacements des lignes électriques et télécom aérienne et enterrée, une concertation devra être menée avec la commune afin de déterminer des emplacements projets des futurs pylônes. Une fois les emplacements définis, il sera nécessaire de faire des demandes de devis à RET et ORANGE, concessionnaires, afin de chiffrer le déplacement de ces ouvrages.

Le numéro de la Déclaration de projet de Travaux (DT) est le **2022013106515D53**. Les concessionnaires identifiés dans l'emprise du projet sont reportés dans le tableau suivant :

Concessionnaires	Réseaux	Statut	Infos
Commune du Grand Bornand	EL EU	Non concerné	PEHD annelé possiblement dans emprise du projet
Orange	TL	Concerné	Ligne électrique enterrée puis aérienne au niveau des terrassements de la plage de dépôt. **Nécessité de déplacer la ligne enterrée et le poteau relai pour la ligne aérienne.**
Régie électrique de Thônes	EL (S)	Concerné	Lignes électriques basse et moyenne tensions enterrées puis aériennes au niveau des terrassements de la plage de dépôt. **Nécessité de déplacer les lignes enterrées et les poteaux relais pour la ligne aérienne.**

			Pour la partie ligne aérienne, l'entreprise devra se tenir à une distance de 3 m de la ligne moyenne tension (pendant travaux et opérations d'entretien de la plage de dépôt)
SPL O des Aravis	EA	Concerné	Canalisation en fonte EU + branchement AEP Implantation à faire en phase PRO

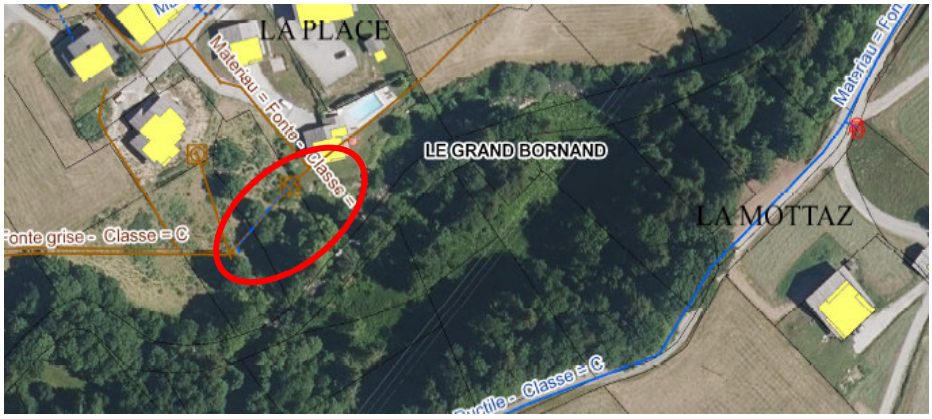


Figure 44: Plans réponse DT SPLO des Aravis

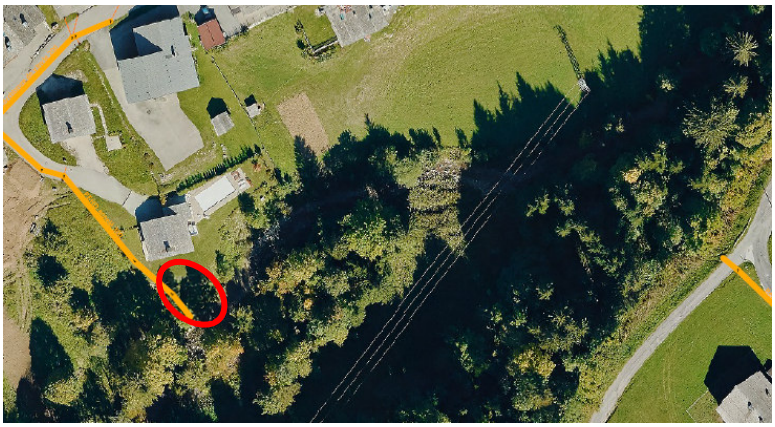


Figure 45 : Plan réponse DT commune du Grand Bornand – PEHD annelé EU

Figure 46 : Plan réponse DT Orange – réseau enterré et aérien

Figure 47 : Plan réponse RET – réseau aérien

3.3.11.**Organisation des travaux**

3.3.11.1 **Phasage des travaux**

Les travaux pourront être réalisés en deux phases suivants les contraintes environnementales et règlementaires suivantes :

- Déboisements : éviter la période de nidification des oiseaux (coupe entre le 1 septembre et 1 avril).
- Terrassements : respect de la loi sur l'eau soit travaux dans le torrent à réaliser entre le 15 mars et le 31 octobre.

La durée des travaux est estimée à 5 mois hors intempéries pour l'option 1. Il est recommandé de démarrer les travaux dans le torrent après la période de hautes eaux correspondant à la fonte nivale soit à la mi-juin.

Les travaux pourraient démarrer en mai et se terminer avant novembre, période de gel. Les travaux de génie végétal devront être réalisés durant une période de repos végétatif.

Le phasage prévisionnel des travaux est reporté dans le tableau suivant. Le tableau permet de visualiser une marge d'environ 1 mois en cas d'intempéries ou de fermeture estivale de l'entreprise de travaux.

Opération	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.
Déboisements et défrichement à N-1						
Installation de chantier et implantation préliminaire						
Travaux préliminaires : implantation, accès temporaire, gestion du torrent, décapage de la terre végétale						
Travaux de terrassements en déblais / remblais					*Marge en cas de retard pour intempéries, aléas de chantier ou fermeture estivale entreprise*	
Travaux de protection de berge						
Travaux de génie civil						
Travaux de génie végétal						
Travaux de finitions : accès et remises en état						

3.3.11.2 **Cout estimatif**

Le sous-détail de l'estimation des coûts des travaux sont reportés en Annexes 3 (option 1) et 4 (option 2).

Cette estimation est au-dessus de celle présentée dans l'étude préliminaire ; ce point s'explique par :

- Les opérations de génie végétal pour améliorer l'intégration environnementale et paysagère de l'ouvrage qui n'avaient pas été chiffrées ; le cout est estimé à 20 k€ HT,
- L'évacuation des déblais excédentaires ; le cout est estimé à 100 k€ HT pour une évacuation à proximité du chantier (10 €/m^3),
- La nécessité de réaliser des terrassements supplémentaires et un casier de stockage pour arriver au volume objectif stocké de 20 000 m^3 (environ 4 000 m^3 supplémentaires) ; le cout est estimé à 50 k€ HT.

Le montant des travaux dépend fortement du coût unitaire des enrochements. Le prix des enrochements retenu est de 90 € HT pour une classe granulométrique 0,3 à 1T pour la fourniture et mise en œuvre.

La fourchette haute de l'estimation des travaux comprend :

- La plus-value pour la réalisation d'un ouvrage type autrichien : +15 k€ HT pour l'option 1 et +12 k€ HT pour l'option 2,
- Le renforcement du lit à l'aval : +26 k€ HT pour l'option 1 et +30 k€ HT pour l'option 2.

Opération	**Option 1** – 20 000 m^3	**Option 2** – 10 000 m^3
Travaux	487 – 528 k€	411 – 453 k€
Investigations complémentaires	15 k€	
Etudes de génie civil	6 k€	
Etudes réglementaires	10 k€	
Frais de MOE	35 – 47 k€	33-45 k€
MONTANT TOTAL HT	**553 – 606 k€**	**475 – 529 k€**

Le montant total de l'opération est indiqué hors coût éventuel dus aux opérations de négociations foncières, aux opérations concernant les réseaux.

3.3.11.3 **Modalités d'entretien**

L'ouvrage tel que décrit dans l'AVP ne nécessitera pas d'entretien tant que les crues restent canalisées dans le lit mineur. En cas de dépôt inférieur à 0,5 m dans le lit mineur, il n'est pas préconisé de réaliser de curage, ces matériaux pouvant être repris lors d'une crue plus érosive.

La mise en œuvre de génie végétal nécessite de réaliser des opérations d'entretien régulièrement ; il est estimé une opération tous les 3 ans à hauteur de 3 000 € HT.

En cas de crue d'atterrissement de l'ouvrage de fermeture partiel ou complet, l'opération de remise en état est estimée à 100 k€ HT, en considérant que les matériaux seront réinjectés à l'aval ou revalorisés.

3.4. Piège à flottant torrent des Outalays

3.4.1. Rappel du principe de l'aménagement

Le torrent des Outalays était anciennement traversé par la route communale via un pont. La création des parkings a conduit à entonner le torrent sur un plus grand linéaire. L'ancien pont est toujours en place ; il a été prolongé en amont et en aval par un dalot de section plus réduite. Lors de l'évènement de 1987, le torrent a charrié des matériaux et des flottants qui ont obstrué le dalot et ont conduit à un débordement ponctuel important.

Initialement, la gestion des matériaux depuis la branche des Outalays ne faisait pas partie de la mission commandée par le SM3A, l'objectif des projets de plage de dépôt étant de rester dans une démarche globale de gestion des torrents et non dans une logique d'aménagement de chaque appareil torrentiel pouvant être source de matériaux ou flottant pour des évènements rares ou exceptionnels.

Cependant, pour limiter le risque d'embâcles et de débordements juste en amont du projet de plage de dépôt, le SM3A souhaitait que soit étudié la mise en œuvre d'un piège à flottant. L'étude de diagnostic de Koulinski ne qualifie pas l'appareil torrentiel des Outalays. Il n'est pas commandé dans la présente étude d'étude hydraulique et de caractérisation du transport solide sur ce torrent. L'approche proposée est donc strictement empirique et ne fait pas office d'avant-projet de travaux au sens de la loi MOP. Dans le cas où le SM3A souhaiterait réaliser ce type d'ouvrage, une caractérisation du torrent devra être réalisée pour valider le dimensionnement fonctionnel.

Figure 48 : Photo du busage du torrent des Outalays

3.4.2. Analyse sommaire du torrent des Outalays

Comme précisé en amont, il ne sera pas réalisé de diagnostic approfondi du torrent. L'objet de ce paragraphe et de présenter sommairement le bassin versant du torrent.

Le torrent des Outalays est alimenté par le Mont Lachat de Chatillon. Le bassin versant topographique représente une surface de 1,5 km², soit environ 10% du bassin versant du Chinaillon au droit de la confluence. Les zones éventuelles de fourniture en flottants sont localisées sur les 800 derniers mètres linéaires du torrent. Le couvert boisé est sensiblement plus dense actuellement qu'avant l'évènement exceptionnel de 1987.

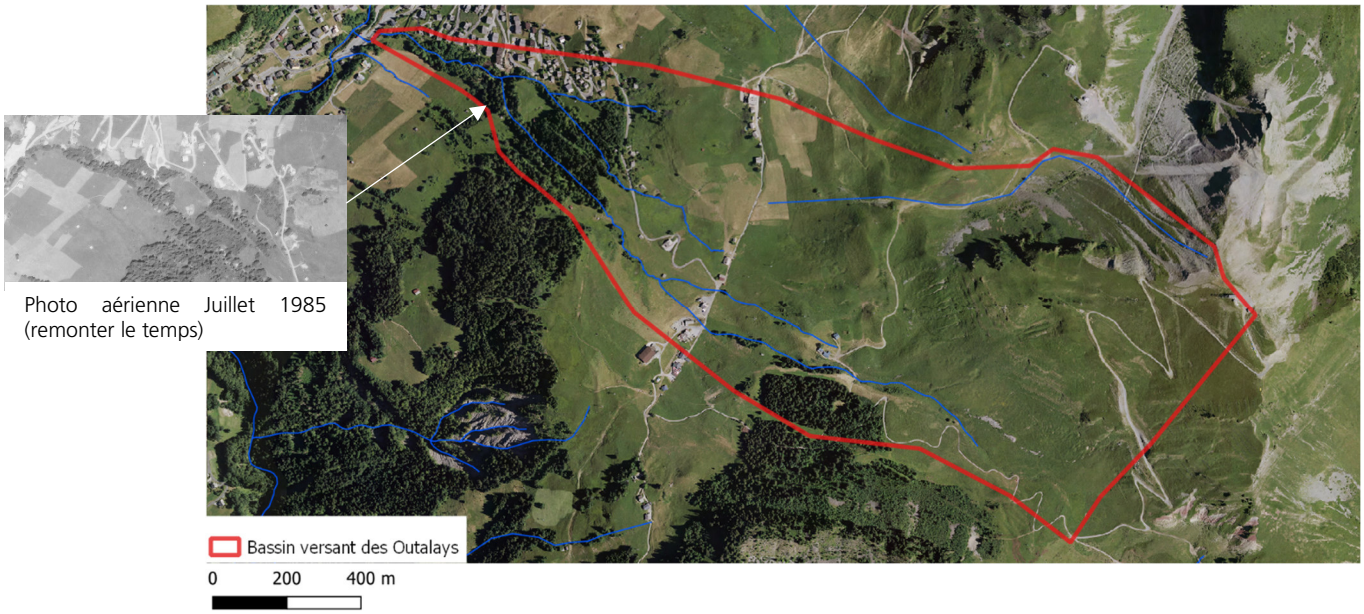


Figure 49 : Emprise du bassin versant du torrent des Outalays sous fond ortho photo de 2015

Les débits de crue du torrent des Outalays n'est pas connu, ni le volume de flottant pouvant alimenter le torrent.

En approche empirique le débit est estimé à partir de la formule de transfert des bassins versants détaillées au chapitre 3.3.2. La pente du torrent en amont du dalot zone est de 12%.

	Chinaillon au Rosay	**Outalays**
S_{BV}	24,7 km²	1,5 km²
Q_{10}	36,6 m³/s	α=*0,6 ;* 6 m³/s

3.4.1. **Dimensionnement fonctionnel de l'ouvrage**

3.4.1.1 **Généralités sur les pièges à flottant**

Pour un petit torrent, deux types d'ouvrages à flottant peuvent être réalisés : les ouvrages « peignes » ou les barrages à grilles « type autrichien ».

Le comportement des ouvrages « peignes » est complexe à quantifier. L'effet sur le blocage des flottants et des sédiments varie en fonction de l'implantation des pieux. Ce type d'ouvrage est généralement employé dans les lits de grande largeur où un espacement suffisant entre les pieux peut permettre un autocurage partiel pour les petites crues. Ce type d'ouvrage présente l'avantage d'être solide et rustique avec donc une facilité de mise en œuvre, mais également d'avoir un coût de réalisation peu élevé et une maintenance facilitée. L'inconvénient de ce type d'ouvrage et qu'il peut être nécessaire de recourir à une zone pouvant faire office de stockage à l'amont en cas de rétention trop importante de flottants et matériaux.

Les barrages « type autrichien » (voir figure 27) permettent un blocage plus complet des flottants. La partie inclinée de la grille permet de faire remonter les flottants lors de la crue et de laisser transiter une partie des sédiments.

Dans tous les cas, la mise en place d'un piège à flottants constituera une singularité du lit et engendrera des pertes de charges à l'origine de dépôts solides en amont. La dynamique de remplissage de ce type d'ouvrage est très difficilement prévisible. Comme dans le cas d'une plage de dépôt avec ouvrage de fermeture, lors du remplissage de l'ouvrage, le déficit sédimentaire provoqué à l'aval pourra donc se traduire par des phénomènes d'incision. Le lit devra donc être renforcé à l'aval.

3.4.1.2 **Implantation de l'ouvrage**

L'ouvrage à flottant serait à positionner en amont du dalot et avant la courbure du torrent. La courbure du torrent pour son entonnement dans le dalot justifie également le renforcement des berges en plus du renforcement du lit. Le linéaire concerné est d'environ 10 m.

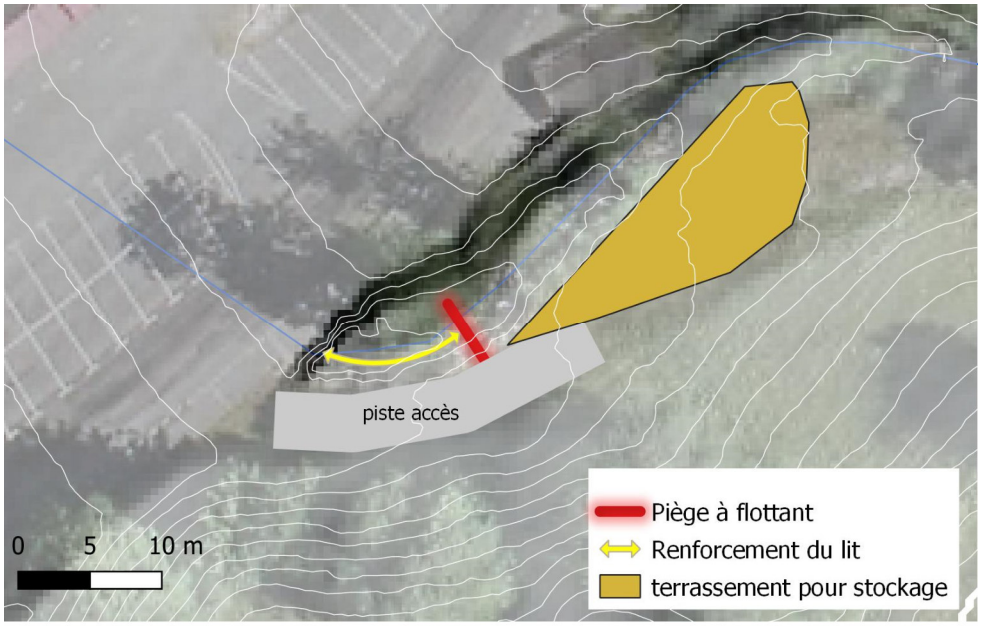


Figure 50 : Implantation sommaire de l'ouvrage à flottant et du renforcement du lit est des berges à prévoir à l'aval

Figure 51: piste accès à l'ouvrage en rive gauche

3.4.1.3 **Principe de dimensionnement**

Vue la faible largeur du lit du torrent, l'usage d'un barrage de type autrichien semble plus approprié. Néanmoins, un ouvrage de ce type sera plus impactant d'un point de vue paysager ; il présentera également un coût plus important.

Pour définir l'espacement entre les grilles du peigne ou de parement autrichien, une étude plus approfondie sera nécessaire. L'objectif étant d'éviter un embâcle au droit du dalot, on estimera l'espacement en première approche à une largeur de 3H/2V de la largeur du lit. Ainsi, il sera mis en œuvre soit 2 IPN pour former le peigne soit une grille avec deux barres. La hauteur de l'ouvrage devra permettre la surverse avec retour des écoulements au lit sans débordements en rives (2 m maximum).

3.4.1.4 **Renforcement du lit à l'aval**

Entre l'ouvrage de fermeture et le dalot, il est recommandé de réaliser une protection de berge en enrochements libres. En considérant une protection uniquement du pied de berge, pour une hauteur correspond à une crue courante (débit estimé à 6 m³/s), la protection de berge pourra avoir une hauteur de 1 m et sera réalisée au moyen de blocs de classe granulométrique 0,3 à 1 T. Le sabot anti-affouillement sera transformé en radier sur toute la largeur du lit pour assurer en complément le rôle de stabilisation du lit à l'aval du piège à flottant. Le radier sera réalisé au moyen d'une couche de blocs de classe granulométrique 0,3 à 1 T pour une épaisseur d'environ 0,8 m et il sera ancré dans le lit à 30 cm sous le niveau fini.

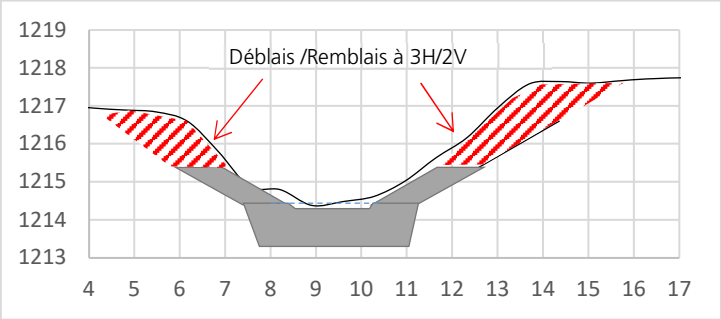


Figure 52 : Schématisation du renforcement du lit à prévoir à l'aval du piège à flottant sur 20 ml

Les principes de réalisation de la protection de berge et du radier seront les mêmes que ceux énoncés sur le projet de chenalisation de la Duche.

3.4.2. **Contraintes et réglementations**

- **Au titre de la loi sur l'eau**

Les travaux projetés concernent les rubriques suivantes de la nomenclature Eau du Code de l'Environnement (art. R 214-1).

Rubrique	Objet	Projet	Régime
3.1.2.0	Modification des profils en long/travers	Le profil en travers est modifié sur l'ensemble de l'aménagement Linéaire concerné <100 m	Déclaration
3.1.4.0	Protections de berges	Mise en œuvre d'une protection de berge du lit mineur sur l'ensemble du l'aménagement Linéaire concerné (cumulatif avec les deux berges) < 100 m	Déclaration
3.1.5.0	Travaux dans le lit mineur d'un cours d'eau	Absence de frayère	Déclaration
3.2.1.0	Entretien de cours d'eau	Volume objectif de stockage de quelques centaines de m³, pouvant nécessiter des curages < 2000 m³/an	Déclaration

Une déclaration au titre de la loi sur l'eau devra être produite, sauf à intégrer l'ouvrage dans le dossier d'autorisation environnementale de la plage de dépôt.

3.4.2.1 **Régime juridique des terrains**

Les parcelles impactées le projet sont :

- En rive droite : 481
- En rive gauche : 2044

3.4.2.2 **Réseaux**

Non concerné.

3.4.3. **Organisation des travaux**

3.4.3.1 **Phasage des travaux**

Les travaux devront être réalisés en respectant la loi sur l'eau ; les terrassements dans le torrent devront être réalisés entre le 15 mars et le 31 octobre.

Dans le cas où cet aménagement serait retenu, il est recommandé de le réaliser en même temps que le projet de plage de dépôt pour mutualiser les installations de chantier.

La durée des travaux est estimée à 2-3 semaines dans le cas d'un ouvrage peigne et à 5 semaines dans le cas d'un ouvrage de type autrichien.

3.4.3.2 **Cout estimatif**

L'estimation réalisée dans l'étude préliminaire ne prenait pas en compte la nécessité de renforcer le lit à l'aval de l'ouvrage de fermeture. On rappelle que l'estimation n'est pas réalisée sur la base d'un avant-projet de travaux au vu du manque de données d'entrée.

Opération	**Estimation ouvrage peigne**	**Estimation ouvrage autrichien**
Travaux	21 k€	36 k€
Frais de MOE + études structure	8 k€	10 + 4 k€
MONTANT TOTAL HT	**29 k€**	**50 k€**

L'estimation est réalisée sans tenir compte d'un chantier réalisé conjointement à la réalisation de la plage de dépôt. Dans le cas d'un chantier réalisé avec le même MOE et la même entreprise de travaux (mutualisation des installations de chantier), le coût de l'opération pourrait être diminué.

Opération	**Estimation ouvrage peigne**	**Estimation ouvrage autrichien**
Travaux	18 k€	33 k€
Frais de MOE + études structures	4 k€	6 + 3 k€
MONTANT TOTAL HT	**22 k€**	**42 k€**

3.4.3.3 **Modalités d'entretien**

L'entretien consistera à nettoyer le piège à flottant. On estime que cette opération devra être réalisée à chaque crue courante acheminant des flottants. On estime l'entretien à 2 000 € HT par opération.

ANNEXE 1 : DETAIL ESTIMATIF DES TRAVAUX POUR LA ZONE DE REGULATION SUR LE TORRENT DE LA DUCHE

DETAIL QUANTITATIF ESTIMATIF - ESTIMATION

Objet : **ZONE DE REGULATION SUR LE TORRENT DE LA DUCHE**

MO: **Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Arve et de ses Affluents**

N° Prix	Libellé	Unité	Quantités Prévues	Prix Unitaire/ Forfait H.T.	Montant H.T.
1 - Prix généraux					
1	Installation de chantier	for	1,000	10 000,000	10 000,00
2	Etudes et piquetage-implantation des travaux et réseaux	for	1,000	3 500,000	3 500,00
3	Signalisation de chantier et dispositif de sécurisation	for	1,000	2 000,000	2 000,00
4	Ouvrage dérivation et gestion eau durant toute la durée du chantier	for	1,000	6 000,000	6 000,00
5	Pêche électrique de sauvegarde	u	2,000	1 500,000	3 000,00
6	Plan de recollement et DOE	for	1,000	1 500,000	1 500,00
1 - Prix généraux				*TOTAL*	26 000,00
2 - Travaux préparatoires					
7	Débroussaillage des zones d'emprise, broyage, traitement et évcuation des produits de coupes et rémanents	m²	4 000,000	0,800	3 200,00
8	Abattage/Elagage des arbres, broyage des rémanents, évacuation ou valorisation du site, mise en dépôt des grumes et récepage des souches	for	1,000	12 000,000	12 000,00
9	Décapage de la terre végétale et mise en stock provisoire (0,2m)	m3	800,000	1,000	800,00
10	Création et entretien d'une piste de chantier (hors empierrement), piste d'accès et rampes et franchissement provisoire du cours d'eau par busage	for	1,000	3 000,000	3 000,00
2 - Travaux préparatoires				*TOTAL*	19 000,00
3 - Travaux de terrassement					
	Déblais/Remblais				
11	Déblai de 1ère catégorie dans le cône yc mise en stock provisoire et régalage fond de forme	m3	2 660,000	2,000	5 320,00
12	Déblai de 1ère catégorie dans le lit yc tri, mise en stock provisoire et régalage fond de forme	m3	730,000	2,500	1 825,00
13	Empierrement de la piste d'accès avec matériaux alluvionnaires (déblais issus du lit)	m3	80,000	6,000	480,00
14	Remblais 1ère catégories pour réalisation des digues latérales (déblais issus des berges)	m3	1 870,000	4,500	8 415,00
15	Remblais 1ère catégories pour réalisation de la couche de transition avec la protection de berge en enrochements libres du lit mineur (déblais issus du lit)	m3	140,000	8,000	1 120,00
16	Remblais 1ère catégorie pour régalage de matériaux alluvionnaires en fond du lit (déblais issus du lit)	m3	80,000	2,500	200,00
17	Régalage des matériaux terreux sur les digues et fond de terrassements	m3	800,000	2,000	1 600,00
18	Régalage des matériaux du lit pour création de la plateforme d'observation et cheminement piéton en rive gauche	m3	60,000	4,000	240,00
19	Evacuation des déblais excédentaires alluvionnaire du lit à proximité	m3	370,000	6,000	2 220,00
	Enrochements				
20	Fourniture et mise en œuvre d'un géotextile	m²	450,000	2,500	1 125,00
21	Mise en oeuvre d'enrochement 0,3 à 1T pour enrochements bétonnés (fourniture issue du site)	m3	90,000	85,000	7 650,00
22	Fourniture et mise en œuvre d'enrochements libres de 0,3 à 1T	m3	610,000	90,000	54 900,00
23	Moins-value pour la réutilisation des blocs présents dans les déblais du lit	m3	30,000	- 50,000	- 1 500,00
24	Fourniture et mise en œuvre d'enrochements libres 1 à 3T pour le sabot	m3	420,000	95,000	39 900,00
	Remise en état du site				
25	Piste d'accès définitive	for	1,000	1 000,000	1 000,00
3 - Travaux de terrassement				*TOTAL*	124 495,00
4 - Génie civil					
26	Réalisation d'un muret en béton armé	m3	20,000	650,000	13 000,00
4 - Génie civil				*TOTAL*	13 000,00
4 - Génie végétal					
27	Engazonnement des berges, talus et zones à renaturer	for	1,000	4 000,000	4 000,00
28	Restauration d'une strate arbustif en bordure de couvert forestier	for	1,000	10 000,000	10 000,00
29	Restauration d'une ripisylve	for	1,000	12 000,000	12 000,00
4 - Génie végétal				*TOTAL*	26 000,00

C U M U L S		
Montant H.T.		195 495,00
Montant T.V.A.	*20,00%*	39 099,00
Montant T.T.C.		**234 594,00**

ANNEXE 2 : DETAIL ESTIMATIF DES TRAVAUX POUR LA CHENALISATION EN AMONT DU CONE SUR LE TORRENT DE LA DUCHE

DETAIL QUANTITATIF ESTIMATIF - ESTIMATION

Objet : **CHENALISATION DU TORRENT DE LA DUCHE A L'APEX DU CÔNE**
MO: **Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Arve et de ses Affluents**

N° Prix	Libellé	Unité	Quantités Prévues	Prix Unitaire/ Forfait H.T.	Montant H.T.
1 - Prix généraux					
1	Installation de chantier	for	1,000	10 000,000	10 000,00
2	Etudes et piquetage-implantation des travaux	for	1,000	1 000,000	1 000,00
3	Signalisation de chantier et dispositif de sécurisation	for	1,000	500,000	500,00
4	Ouvrage dérivation et gestion eau durant toute la durée du chantier	for	1,000	4 500,000	4 500,00
5	Pêche électrique de sauvegarde	u	2,000	1 500,000	3 000,00
6	Plan de recollement et DOE	for	1,000	1 000,000	1 000,00
1 - Prix généraux				*TOTAL*	20 000,00
2 - Travaux préparatoires					
7	Débroussaillage des zones d'emprise, broyage, traitement et évcuation des	for	1,000	1 000,000	1 000,00
8	Abattage/Elagage des arbres, broyage des rémanents, évacuation ou valorisation	for	1,000	5 000,000	5 000,00
9	Décapage de la terre végétale et mise en stock provisoire	for	1,000	1 000,000	1 000,00
10	Création et entretien d'une piste de chantier, piste d'accès et rampes et franchissement provisoire du cours d'eau par busage	for	1,000	4 000,000	4 000,00
2 - Travaux préparatoires				*TOTAL*	11 000,00
3 - Travaux de terrassement					
	Déblais/Remblais				
11	Déblai de 1ère catégorie dans le lit yc régalage fond de forme	m3	650,000	3,000	1 950,00
12	Déblai de 1ère catégorie en berge yc régalage fond de forme	m3	480,000	2,500	1 200,00
13	Mise en stock provisoire des matériaux à utiliser en remblais	m3	480,000	1,000	480,00
14	Tri des enrochements issus des déblais et mise en stock provisoire (prix déblais pris en compte dans prix 11 et 12)	m3	230,000	2,000	460,00
15	Remblais techniques 1ère catégories pour reprise des berges (déblais des berges)	m3	150,000	4,500	675,00
16	Remblais 1ère catégories pour réalisation de la couche de transition avec la protection de berge en enrochements libres du lit mineur (déblais issus du lit)	m3	40,000	10,000	400,00
17	Remblais 1ère catégorie pour régalage de matériaux alluvionnaires en fond du lit (déblais issus du lit)	m3	110,000	2,500	275,00
18	Evacuation des déblais excédentaires de l'aire du chantier et à réinjecter dans zone à moins de 1km	m3	420,000	15,000	6 300,00
19	**Enrochements**				
20	Fourniture et mise en œuvre d'un géotextile	m²	250,000	2,500	625,00
21	Fourniture d'enrochements libres 1 à 3T pour le sabot	m3	465,000	55,000	25 575,00
22	Mise en œuvre d'enrochements libres 1 à 3T pour le sabot	m3	505,000	40,000	20 200,00
23	Fourniture d'enrochements libres de 0,3 à 1T pour PDB	m3	75,000	50,000	3 750,00
24	Mise en œuvre d'enrochements libres de 0,3 à 1T pour PDB	m3	60,000	40,000	2 400,00
	Remise en état du site				
25	Regalage de la terre végétale	for	1,000	1 000,000	1 000,00
3 - Travaux de terrassement				*TOTAL*	65 290,00
4 - Génie végétal					
26	Engazonnement des berges, talus et zones à renaturer	for	1,000	2 000,000	2 000,00
27	Rangée de branche de saules et de plants de saules au sommet des enrochements	ml	100,000	90,000	9 000,00
4 - Génie végétal				*TOTAL*	11 000,00

C U M U L S		
Montant H.T.		107 290,00
Montant T.V.A.	*20,00%*	21 458,00
Montant T.T.C.		**128 748,00**

ANNEXE 3 : DETAIL ESTIMATIF DES TRAVAUX POUR LA PLAGE DE DEPOT SUR LE CHINAILLON AU PONT DE LA MATTE – OPTION 1

DETAIL QUANTITATIF ESTIMATIF - ESTIMATION

Objet : **PLAGE DE DEPOT TORRENT DU CHINAILLON PONT DE LA MATTE OPTION 1 - 20 000m3**

MO: **Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Arve et de ses Affluents**

N° Prix	Libellé	Unité	Quantités Prévues	Prix Unitaire/	Montant H.T.	AVEC RENFORCEMENT DU LIT A L'AVAL Quantités Prévues	Montant H.T.
1 - Prix généraux							
1	Installation de chantier	for	1,000	10 000,000	10 000,00	1,000	10 000,00
2	Etudes et piquetage-implantation des travaux	for	1,000	3 500,000	3 500,00	1,000	3 500,00
3	Signalisation de chantier et dispositif de sécurisation	for	1,000	1 500,000	1 500,00	1,000	1 500,00
4	Ouvrage dérivation et gestion eau durant toute la durée du chantier	for	1,000	7 000,000	7 000,00	1,000	7 000,00
5	Pêche électrique de sauvegarde	u	2,000	1 500,000	3 000,00	2,000	3 000,00
6	Plan de recollement et DOE	for	1,000	2 000,000	2 000,00	1,000	2 000,00
1 - Prix généraux				*TOTAL*	27 000,00		27 000,00
2 - Travaux préparatoires							
7	Débroussaillage des zones d'emprise, broyage, traitement et évcuation des produits de coupes et rémanents	m²	4 000,000	0,800	3 200,00	4 000,000	3 200,00
8	Abattage/Elagage des arbres, broyage des rémanents, évacuation ou valorisation du site, mise en dépôt des grumes et récepage des souches	for	1,000	5 000,000	5 000,00	1,000	5 000,00
9	Décapage de la terre végétale et mise en stock provisoire (0,3m)	m3	2 550,000	1,000	2 550,00	2 550,000	2 550,00
10	Création et entretien d'une piste de chantier (hors empierrement voir prix 13), piste d'accès et rampes et franchissement provisoire du cours	for	1,000	3 000,000	3 000,00	1,000	3 000,00
2 - Travaux préparatoires				*TOTAL*	13 750,00		13 750,00
3 - Travaux de terrassement							
	Déblais/Remblais						
11	Déblai de 1ère catégorie dans les berges yc mise en stock provisoire et régalage fond de forme	m3	14 630,000	2,000	29 260,00	14 630,000	29 260,00
12	Déblai de 1ère catégorie dans le lit yc tri, mise en stock provisoire et régalage fond de forme	m3	1 740,000	2,500	4 350,00	2 230,000	5 575,00
13	Empierrement de la piste d'accès avec matériaux alluvionnaires (déblais	m3	500,000	2,000	1 000,00	500,000	1 000,00
14	Remblais 1ère catégories pour réalisation des digues latérales (déblais	m3	2 000,000	4,500	9 000,00	2 000,000	9 000,00
15	Remblais 1ère catégories pour réalisation de la couche de transition avec la protection de berge en enrochements libres du lit mineur	m3	530,000	8,000	4 240,00	530,000	4 240,00
16	Remblais 1ère catégorie pour régalage de matériaux alluvionnaires en fond du lit (déblais issus du lit)	m3	330,000	2,500	825,00	570,000	1 425,00
17	Régalage des matériaux terreux sur les digues et fond de terrassements	m3	2 550,000	2,000	5 100,00	2 550,000	5 100,00
18	Evacuation des déblais excédentaires alluvionnaire du lit à proximité	m3	380,000	6,000	2 280,00	630,000	3 780,00
19	Evacuation des déblais excédentaires des berges de l'aire du chantier et	m3	10 080,000	10,000	100 800,00	10 080,000	100 800,00
	Enrochements lit mineur						
20	Fourniture et mise en œuvre d'un géotextile	m²	1 500,000	2,500	3 750,00	1 500,000	3 750,00
21	Fourniture et mise en oeuvre d'enrochement 0,3 à 1T pour	m3	80,000	140,000	11 200,00	80,000	11 200,00
22	Fourniture et mise en œuvre d'enrochements libres de 0,3 à 1T	m3	1 720,000	90,000	154 800,00	1 970,000	177 300,00
23	Moins-value pour la réutilisation des blocs présents dans les déblais du	m3	200,000	- 50,000	- 10 000,00	200,000	- 10 000,00
24	Fourniture et mise en œuvre d'enrochements libres 1 à 3T pour le sabot	m3	1 155,000	95,000	109 725,00	1 155,000	109 725,00
	Remise en état du site						
25	Piste d'accès définitive	for	1,000	1 000,000	1 000,00	1,000	1 000,00
3 - Travaux de terrassement				*TOTAL*	427 330,00		453 155,00
4 - Génie civil							
26	Réalisation de l'ouvrage de fermeture de type fente	for	1,000	90 000,000	90 000,00	1,000	90 000,00
4 - Génie civil				*TOTAL*	90 000,00		90 000,00
4 - Génie végétal							
27	Engazonnement des berges, talus et zones à renaturer	for	1,000	4 000,000	4 000,00	1,000	4 000,00
28	Restauration d'une ripisylve	for	1,000	15 000,000	15 000,00	1,000	15 000,00
4 - Génie végétal				*TOTAL*	19 000,00		19 000,00

CUMULS			
Montant H.T.		487 080,00	512 905,00
Montant T.V.A.	*20,00%*	97 416,00	97 416,00
Montant T.T.C.		**584 496,00**	**610 321,00**

ANNEXE 4 : DETAIL ESTIMATIF DES TRAVAUX POUR LA PLAGE DE DEPOT SUR LE CHINAILLON AU PONT DE LA MATTE – OPTION 2

DETAIL QUANTITATIF ESTIMATIF - ESTIMATION

Objet : PLAGE DE DEPOT TORRENT DU CHINAILLON PONT DE LA MATTE OPTION 2 - 10 000m3

MO: Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Arve et de ses Affluents

N° Prix	Libellé	Unité	Quantités Prévues	Prix Unitaire/	Montant H.T.	AVEC RENFORCEMENT DU LIT A L'AVAL Quantités Prévues	Montant H.T.
1 - Prix généraux							
1	Installation de chantier	for	1,000	10 000,000	10 000,00	1,000	10 000,00
2	Etudes et piquetage-implantation des travaux	for	1,000	3 500,000	3 500,00	1,000	3 500,00
3	Signalisation de chantier et dispositif de sécurisation	for	1,000	1 500,000	1 500,00	1,000	1 500,00
4	Ouvrage dérivation et gestion eau durant toute la durée du chantier	for	1,000	7 000,000	7 000,00	1,000	7 000,00
5	Pêche électrique de sauvegarde	u	2,000	1 500,000	3 000,00	2,000	3 000,00
6	Plan de recollement et DOE	for	1,000	2 000,000	2 000,00	1,000	2 000,00
1 - Prix généraux				*TOTAL*	27 000,00		27 000,00
2 - Travaux préparatoires							
7	Débroussaillage des zones d'emprise, broyage, traitement et évcuation des produits de coupes et rémanents	m²	4 000,000	0,800	3 200,00	4 000,000	3 200,00
8	Abattage/Elagage des arbres, broyage des rémanents, évacuation ou valorisation du site, mise en dépôt des grumes et récepage des souches	for	1,000	5 000,000	5 000,00	1,000	5 000,00
9	Décapage de la terre végétale et mise en stock provisoire (0,3m)	m3	2 040,000	1,000	2 040,00	2 040,000	2 040,00
10	Création et entretien d'une piste de chantier (hors empierrement voir prix 13), piste d'accès et rampes et franchissement provisoire du cours d'eau	for	1,000	3 000,000	3 000,00	1,000	3 000,00
2 - Travaux préparatoires				*TOTAL*	13 240,00		13 240,00
3 - Travaux de terrassement							
	Déblais/Remblais						
11	Déblai de 1ère catégorie dans les berges yc mise en stock provisoire et régalage fond de forme	m3	8 170,000	2,000	16 340,00	8 170,000	16 340,00
12	Déblai de 1ère catégorie dans le lit yc tri, mise en stock provisoire et régalage fond de forme	m3	1 710,000	2,500	4 275,00	2 200,000	5 500,00
13	Empierrement de la piste d'accès avec matériaux alluvionnaires (déblais	m3	500,000	2,000	1 000,00	500,000	1 000,00
14	Remblais 1ère catégories pour réalisation des digues latérales (déblais issus	m3	2 000,000	4,500	9 000,00	2 000,000	9 000,00
15	Remblais 1ère catégories pour réalisation de la couche de transition avec la protection de berge en enrochements libres du lit mineur (déblais issus	m3	530,000	8,000	4 240,00	530,000	4 240,00
16	Remblais 1ère catégorie pour régalage de matériaux alluvionnaires en fond du lit (déblais issus du lit)	m3	330,000	2,500	825,00	570,000	1 425,00
17	Régalage des matériaux terreux sur les digues et fond de terrassements	m3	2 040,000	2,000	4 080,00	2 040,000	4 080,00
18	Evacuation des déblais excédentaires alluvionnaire du lit à proximité	m3	350,000	6,000	2 100,00	600,000	3 600,00
19	Evacuation des déblais excédentaires des berges de l'aire du chantier et à	m3	4 130,000	10,000	41 300,00	4 130,000	41 300,00
	Enrochements lit mineur						
20	Fourniture et mise en œuvre d'un géotextile	m²	1 500,000	2,500	3 750,00	1 554,000	3 885,00
21	Fourniture et mise en oeuvre d'enrochement 0,3 à 1T pour enrochements	m3	60,000	140,000	8 400,00	60,000	8 400,00
22	Fourniture et mise en œuvre d'enrochements libres de 0,3 à 1T	m3	1 750,000	90,000	157 500,00	2 050,000	184 500,00
23	Moins-value pour la réutilisation des blocs présents dans les déblais du lit	m3	200,000	- 50,000	- 10 000,00	200,000	- 10 000,00
24	Fourniture et mise en œuvre d'enrochements libres 1 à 3T pour le sabot	m3	1 135,000	95,000	107 825,00	1 135,000	107 825,00
	Remise en état du site						
25	Piste d'accès définitive	for	1,000	1 000,000	1 000,00	1,000	1 000,00
3 - Travaux de terrassement				*TOTAL*	351 635,00		382 095,00
4 - Génie civil							
26	Réalisation de l'ouvrage de fermeture de type fente	for	1,000	90 000,000	90 000,00	1,000	90 000,00
4 - Génie civil				*TOTAL*	90 000,00		90 000,00
4 - Génie végétal							
27	Engazonnement des berges, talus et zones à renaturer	for	1,000	4 000,000	4 000,00	1,000	4 000,00
28	Restauration d'une ripisylve	for	1,000	15 000,000	15 000,00	1,000	15 000,00
4 - Génie végétal				*TOTAL*	19 000,00		19 000,00

C U M U L S				
Montant H.T.			410 875,00	441 335,00
Imprévus ≈10%			**410 875,00**	
Total				
Montant T.V.A.		*20,00%*	82 175,00	82 175,00
Montant T.T.C.			**903 925,00**	**523 510,00**