

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

Confortement et reconstruction des digues de l'Arve sur la commune de Bonneville

Etude d'Avant-Projet

Notice

I.001094.001 – DIGP 2022-186-03




Confortement et reconstruction des digues du Borne sur la commune de Bonneville

Etude d'Avant-Projet

Notice

I.001094.001 – DIGP 2022-186-03

MAÎTRE D'ŒUVRE	Groupement SUEZ Consulting / CNR / BIOTEC		
	CNR Ingénierie DIGP 22-186-00 2 rue André Bonin, 69316 Lyon cedex 04		
MAITRE D'OUVRAGE	S.M.3.A - Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Arve et de ses Affluents		
ADRESSE	300 Chemin des Prés Moulins - 74800 Saint Pierre en Faucigny		
INTERLOCUTEUR	Cyril Jousse et Matthieu Tonin		
RÉFÉRENCE DU CONTRAT	Commande n°2019-PI-14		
NIVEAU DE CONFIDENTIALITÉ	<input type="checkbox"/> CONFIDENTIEL	<input type="checkbox"/> INTERNE	<input checked="" type="checkbox"/> PUBLIC

CONTRÔLE QUALITÉ RÉALISÉ PAR	NOM	DATE	SIGNATURE
	Yoann LAFFONT, Flora GUILLOUX, Philippe ADAM, Farid BOUSSAA	13/12/22	 flora Guilloux
VÉRIFIÉ PAR	Sophie TROSSAT	13/12/22	 Trossa
APPROUVÉ PAR	Sophie TROSSAT, Florent PEZET, Cécile DAURIAT	13/12/22	 Trossa

INDICE DU DOCUMENT	DATE	DÉSIGNATION DE LA RÉVISION
01	04/07/2022	Première diffusion
02	02/11/2022	Version intégrant remarques du SM3A du 03/08/2022 et du 22/09
03	13/12/2022	Version intégrant remarques du SM3A du 22/11/2022

Sommaire

1	Introduction	6
1.1	Périmètre de l'étude	6
1.2	Objectifs et enjeux du projet	7
1.3	Hors périmètre de la mission	7
1.4	Documents d'entrée	8
2	Analyse des données existantes et diagnostic	10
2.1	Enjeux et Diagnostic Ecologiques	10
2.2	Historique des aménagements du secteur d'étude	11
2.2.1	<i>Historique des systèmes d'endiguements concernés</i>	11
2.2.2	<i>Evolution morphologique de l'Arve</i>	11
2.2.3	<i>Ouvrage de franchissement de l'Arve et seuils</i>	12
2.3	Données topographiques et bathymétriques	13
2.4	Données hydrologiques	13
2.4.1	<i>Bas débits</i>	13
2.4.2	<i>Débits de crue</i>	13
2.4.3	<i>Fonctionnement hydraulique général de la confluence Arve – Borne</i>	14
2.4.4	<i>Niveaux et vitesses en situation actuelle</i>	14
2.5	Rappel du diagnostic des digues	16
2.6	Données environnementales	17
2.7	Approche paysagère transversale	17
2.7.1	<i>Points de vue, depuis et sur l'espace alluvial</i>	18
2.7.2	<i>Mobilité, un maillage existant discontinu</i>	18
2.7.3	<i>Trames vertes, un patrimoine naturel remarquables présent sur les digues</i>	19
2.8	Synthèse du diagnostic paysager	19
2.8.1	<i>Enjeux paysagers : connecter, révéler, préserver</i>	21
2.8.2	<i>Approche historique</i>	21
2.9	Contraintes, usages et servitudes	22
2.9.1	<i>Réseaux</i>	22
2.9.2	<i>Statut foncier</i>	22
2.9.3	<i>Projets connexes</i>	26
3	Niveaux de protection actuels et projetés	29
3.1	Définition des niveaux réglementaires	29
3.2	Niveau de protection actuel	29
3.3	Objectif de protection	29
4	Description du projet d'aménagement	31
4.1	Rappels de l'AVP structurel (cf. § [DA2])	31
4.2	Avant-Projet optimisé	32
4.2.1	<i>Sectorisation des digues en tronçons homogènes</i>	32
4.2.2	<i>Principe général de conception</i>	34
4.2.3	<i>Discussion sur l'évolution des bancs de l'Arve et options de protection des berges</i>	35
4.2.4	<i>Description par secteur</i>	40
5	Simulation hydraulique de l'état projeté	60
6	Vérification et la justification de la stabilité des ouvrages	62
6.1	Surverse	62
6.2	Erosion interne	62
6.2.1	<i>Reprise intégrale de la digue</i>	62
6.2.2	<i>Confortement interne</i>	62
6.2.3	<i>Confortement par l'aval</i>	62
6.3	Erosion externe	63
6.3.1	<i>Reprise intégrale de la digue</i>	63
6.3.2	<i>Confortement interne</i>	63
6.3.3	<i>Confortement par l'aval</i>	64
6.4	Stabilité au glissement	64
6.4.1	<i>Reprise intégrale de la digue</i>	64
6.4.2	<i>Confortement interne</i>	64
6.4.3	<i>Confortement par l'aval</i>	64
6.5	Stabilité du génie biologique	64
7	Prescriptions techniques pour les aménagements	68
7.1	Travaux préparatoires	68
7.1.1	<i>Déboisement et nettoyage des emprises</i>	68
7.1.2	<i>Décapage de la terre végétale</i>	68

7.1.3 Dévoisement des réseaux	68
7.2 Réfection et renforcement des digues.....	68
7.2.1 Reprise intégrale des digues en terre et épaulements	68
7.2.2 Murs digue	69
7.2.3 Palplanches	69
7.2.4 Paroi berlinoise	69
7.2.5 Perrés maçonnés.....	69
7.3 Protection des talus	69
7.3.1 Géométrie des enrochements	69
7.3.2 Génie biologique	70
7.4 Restauration hydro-écologique	71
7.5 Gestion de la végétation post-travaux.....	71
7.5.1 Gestion/entretien à court terme.....	71
7.5.2 Gestion/entretien à plus long terme	71
7.6 Gestion des ouvrages traversants.....	72
7.7 Suivi de l'évolution des bancs alluviaux (secteur Bouchet/Bordet).....	72
8 Organisation des travaux	72
8.1 Mouvements de terre et réemploi des matériaux.....	72
8.1.1 Analyse préliminaire du mouvement des terres	72
8.1.2 Gisement de matériaux et destination des excédents.....	73
8.2 Zones d'installations de chantier et accès à la zone de travaux.....	73
8.3 Sécurité de chantier.....	74
8.4 Protection de l'environnement.....	74
8.5 Remise en état du site.....	75
9 Estimation financière	77
9.1 Méthode d'estimation et prix de référence	77
9.2 Estimation financière	77
9.2.1 Estimation du projet stade AVP	77
9.2.2 Postes hors périmètre du SM3A.....	78
9.3 Incertitudes, enjeux et aléas.....	79
9.3.1 Géotechnique mouvement des terres	79
9.3.2 Travaux de soutènements géotechniques.....	79
9.3.3 Travaux de génie civil	79
9.3.4 Aléa climatique et hydrologique.....	79
9.3.5 Interfaces avec d'autres ouvrages	80
9.3.6 Variabilité des prix.....	80
10 Phasage des travaux et programme prévisionnel/Planning.....	80
11 Points d'attention/ajustements en phase PRO	83
12 Procédures réglementaires.....	83
Annexes	84
Annexe 1 : Notice hydraulique.....	85
Annexe 2 : Localisation des parcelles – Emprises foncières – plans des réseaux	86
Annexe 3 : Dossier de plans	87
Annexe 4 : Détail de l'estimation financière	88
Annexe 5 : Mission d'ingénierie géotechnique G2 - Phase Avant-Projet	89

Liste des figures

Figure 1 : Localisation du secteur d'étude.	6
Figure 2. Profil en long lignes d'eau simulées Q100. Mesh6_Q100_Arve_Kvar8_ouvrages3fa (calage initial) , mesh9_Q100_Arve_Kvar12_ouvrages3fa (calage modifié) et mesh9_Q100_Arve_v2_Kvar12_ouvrages3fa (état actuel actualisé avec nouveau calage et nouvelle hydrologie) 1/2	14
Figure 3. Profil en long lignes d'eau simulées Q100. Mesh6_Q100_Arve_Kvar8_ouvrages3fa (calage initial) , mesh9_Q100_Arve_Kvar12_ouvrages3fa (calage modifié) et mesh9_Q100_Arve_v2_Kvar12_ouvrages3fa (état actuel actualisé avec nouveau calage et nouvelle hydrologie) 2/2	15
Figure 4 : Points de vue sur et depuis l'espace alluvial	18
Figure 5 : Cartographie synthétisant les grands corridors écologiques sur le secteur d'étude.....	19

Figure 6 : Carte des unités paysagères	20
Figure 7 : Contexte foncier généra au droit du secteur d'étude	22
Figure 8 : Carte des projets connexes sur la commune aux abords de l'Ave et du Borne	26
Figure 9 : Carte des enjeux paysagers autour de l'Arve et du Borne avec localisation de l'Euro-Véloroute entre le Borne et l'Arve.....	27
Figure 10 : Schéma de définition des niveaux réglementaires sur les endiguements – Source France digue	29
Figure 11 : Comparaison des profils en long de 2020, 2015 et 2009.	30
Figure 12 : Profil type de confortement des digues de l'AVP structurel de 2018.	31
Figure 13 : Vues en plan de la sectorisation des digues en tronçons homogènes.	33
Figure 14 : Profil type RD-T1.	40
Figure 15 : Profil type RD-T4.	42
Figure 16 : Profil type RD-T6	43
Figure 17 : Profil type RD T7.....	44
Figure 18 : Profil type RD T8.....	45
Figure 19 : Profil type RG-T2	47
Figure 20 : Profil type RG-T3	48
Figure 21 : Profil type RG-T5	49
Figure 22 : Profil type RG-T7	50
Figure 23 : Profil type RG-T8	51
Figure 24 : Profil type RG-T9.	52
Figure 25 : Profil type RGT-10 au droit de la maison.....	53
Figure 26 : Profil type RG-T11	54
Figure 27 : Profil type RG-T12	55
Figure 28 : Profil type RG-T15	56
Figure 29 : Profil type RG-T16	57
Figure 30 : Profil type RG-T18	58
Figure 31 : Profil type RG-T19	59
Figure 32 : Etanchéité au droit des pistes d'exploitation.....	60
Figure 33 : Profil en long des niveaux d'eau Q100	60
Figure 34 : Localisation des zones d'installations de chantier identifiées au stade AVP.	74
Figure 35 : Phasage des travaux retenu	81
Figure 36 : Planning prévisionnel.....	82

Liste des tableaux

Tableau 1 : Ouvrages concernés par l'étude.	7
Tableau 2 : Hydrologie de l'Arve – faibles débits.....	13
Tableau 3 : Hydrologie de l'Arve – crues.	13
Tableau 4 : Synthèse des conclusions du diagnostic de 2018 actualisé pour Merlon Prison.	16
Tableau 5 : Sectorisation des digues en tronçons homogènes et type d'intervention retenu au droit de chaque secteur.....	32
Tableau 6 : Synthèse du mouvement des terres.	72
Tableau 7 : Estimation financière stade AVP du projet de l'Arve– ventilation par rive/lit mineur.	78

1 Introduction

1.1 Périmètre de l'étude

Dans le cadre du Programme d'Action de Prévention des Inondations (PAPI) du territoire du SAGE de l'Arve, et dans la continuité des études de dangers engagées en 2017 sur les endiguements de ce même territoire, le Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Arve et de ses Affluents (SM3A) souhaite engager des travaux de confortement et reconstruction des digues du Borne et de l'Arve, pour un niveau de protection centennal. Trois systèmes d'endiguements sont concernés :

- SE – ARVE-RG-BONNE-26.24 – BONNEVILLE ENTRE ARVE ET BORNE,
- SE – ARVE-RG-STPIE-24.17 – SAINT-PIERRE ENTRE ARVE ET BORNE,
- SE – ARVE RD-BONNE-25.79 – BONNEVILLE AYZE.

La mission de maîtrise d'œuvre complète sur les digues du Borne, ainsi que la mission de maîtrise d'œuvre conception au stade avant-projet (AVP) a été confiée au groupement SUEZ Consulting / CNR / Biotec.

Le présent rapport concerne l'étude d'Avant-Projet (AVP) de confortement et reconstruction des digues de l'Arve, du merlon des Bordets en rive gauche jusqu'à la confluence avec le Borne, et en rive droite du pont de la Z.I. au pont SNCF, puis de la passerelle du Trésor-Public au quartier des Iles.

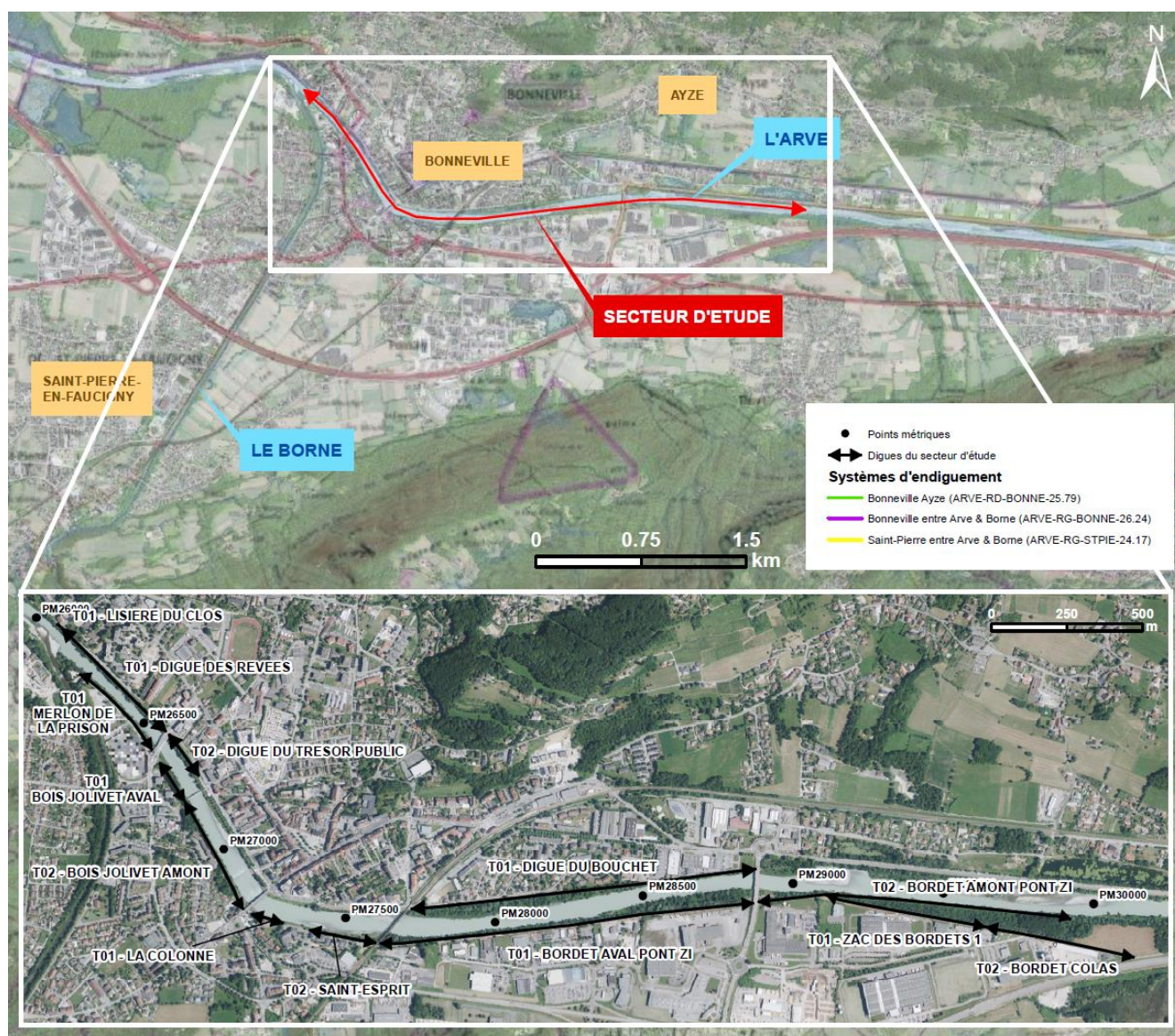


Figure 1 : Localisation du secteur d'étude.

Tableau 1 : Ouvrages concernés par l'étude.

Rive	Systèmes d'endiguement	Digue	Limite amont (PM)		Limite aval (PM)	
RD	ARVE-RD-BONNE-25.79 : Bonneville Ayze	T01 – Digue du Bouchet	28870	Pont de la Z.I.	27710	Pont SNCF
		T02 – Digue du Trésor public	26750	-	26580	Pont de la prison
		T01 – Digue des Rêvées	26580	Pont de la prison	26080	-
		T01 – Lisière du Clos	26080	-	26060	-
RG	ARVE-RG-BONNE-26.24 : Bonneville Entre Arve et Borne	T02 – Bordet Colas	30160	A40	29650	-
		T01 – ZAC des Bordets 1	29650	-	29130	-
		T02 – Bordet Amont Pont ZI	29950	-	28890	Pont de la ZI
		T01 – Bordet Aval Pont ZI	28890	Pont de la ZI	27670	Pont SNCF
		T02 – Saint-Esprit	27670	Pont SNCF-	27310	-
		T01 – La Colonne	27310	-	27220	Pont de l'Europe
		T02 – Bois Jolivet Amont	27190	Pont de l'Europe	26790	Passerelle du Trésor public
		T01 – Bois Jolivet Aval	26790	Passerelle du Trésor public	26580	-
	T01 – Merlon de la Prison	26580	Pont de la prison	26190	-	

1.2 Objectifs et enjeux du projet

Dans le cadre des études antérieures pour la restauration des digues du Borne et de l'Arve, un premier avant-projet dit « structurel », répondant à l'objectif de sûreté des systèmes d'endiguement a été produit ([DA1], cf. § 1.4). Ce projet est actualisé en intégrant les objectifs multiples suivants :

- **Hydraulique et sûreté** : garantir l'objectif de sûreté des systèmes d'endiguement et de protection hydraulique des zones protégées à la crue de projet, trouver des optimisations par rapport au premier AVP structurel,
- **Environnement** : intégration des enjeux environnementaux liés à l'état actuel du lit et des ouvrages, forte intégration environnementale des ouvrages proposés, restauration du lit mineur et diversification des habitats piscicoles,
- **Paysage et usage** : réflexion vis-à-vis des futurs usages (mode doux notamment), intégration des perceptions actuelles en lien avec la concertation.

Le projet de restauration des systèmes d'endiguement de l'Arve doit non seulement assurer la stabilité des ouvrages et la sécurité vis-à-vis du risque inondation mais également prendre en compte les objectifs écologiques suivants :

- Maintenir la continuité d'un corridor boisé,
- Augmenter la fonctionnalité des milieux alluviaux,
- Limiter le développement d'espèces végétales non indigènes à tendance invasive,
- Diversifier les conditions d'écoulements et améliorer l'attractivité du lit,
- Limiter les impacts sur les zones à fort enjeu écologique.

1.3 Hors périmètre de la mission

La mission n'intègre pas l'Arve sur la rive droite entre le viaduc SNCF (PM27710) et la passerelle du trésor public (PM26750). De même, l'aval du secteur s'arrête au PM26060, ce qui n'inclut pas le secteur de la Lisière du clos (secteurs dont le niveau de protection est déjà supérieur ou égal à Q100 ou secteurs en berge).

1.4 Documents d'entrée

L'étude d'avant-projet s'appuie sur l'ensemble des diagnostics et études effectués précédemment sur le secteur. Ces documents d'entrée sont listés ci-après.

Etudes antérieures :

- [DA1] CNR pour SM3A, Etude de dangers des digues de la confluence Arve Borne, Avant-Projet de confortement – Tronçon Arve - Seuil Marignier - aval confluence Arve/Borne (PK33.290 à PK25.600) – CNR – DIGP 2018-626-03, Décembre 2018
- [DA2] CNR pour SM3A, Etude de dangers des digues de Bonneville, Ayze et St Pierre en Faucigny, Etude de Dangers, Système d'endiguement « Bonneville Ayze » - ARVE-RG-BONNE-25.79 – ARVE RIVE DROITE – CNR – DIGP 2018-1159-03, Juillet 2019.
- [DA3] CNR pour SM3A, Etude de dangers des digues de Bonneville, Ayze et St Pierre en Faucigny, Etude de Dangers, Système d'endiguement « Bonneville entre Arve et Borne » - ARVE-RG-BONNE-26.24 – BORNE ET ARVE RIVE GAUCHE – CNR – DIGP 2018-378-04, Juillet 2019.
- [DA4] CNR pour SM3A, Etude de dangers des digues de la confluence Arve Borne, Visite technique approfondie – Notice générale et fiches de synthèse – CNR – DIGP 2017-087-01, Mai 2017.
- [DA5] CNR pour SM3A, Acquisition des connaissances nécessaires à la gestion des systèmes d'endiguement et réalisation des études de dangers – Secteur de Bonneville – Système ARVE-RD-BONNE-25.79, Diagnostic de stabilité – CNR – DI-ECS 2017-532-01, Mai 2018.
- [DA6] CNR pour SM3A, Acquisition des connaissances nécessaires à la gestion des systèmes d'endiguement et réalisation des études de dangers – Secteur de Bonneville – Système ARVE-RG-BONNE-26.24, Diagnostic de stabilité – CNR – DI-ECS 2017-531-01, Mai 2018.
- [DA7] CNR pour SM3A, Etude de dangers des digues de la confluence Arve Borne, VTA de mars 2017, Notice générale et Annexes, Réf. : DIGP 2017-087, Juillet 2017.
- [DA8] IMG pour SM3A ÉTUDE DE DANGERS SUR LES DIGUES DE BONNEVILLE, AYZE, ET SAINT-PIERRE-EN FAUCIGNY RECONNAISSANCES GEOPHYSIQUES, digues Vorziers, Bois Jolivet A et B, Queue du Borne, Merlon Prison, Place T01 et T02, les Bordets 2 et Merlon des Bordets ; les Bouchets T02, RD 19, RD12, Toisinges, STEP, Corbières, Réf. : Dossier IMG n° 17/E/018.
- [DA9] HYDROGEOTECHNIQUE pour SM3A, RAPPORT D'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE, Mission G1 (ES), Réf. : C.17.52067, Septembre 2017.
- [DA10] Acthys Diffusion pour SM3A, Etude pour la restauration des systèmes d'endiguement de l'Arve et du Borne, Etude historique, Rapport principal et Fiches d'information historiques (FIH) par système d'endiguement, Réf. : V2, Décembre 2017.
- [DA11] Arbeausolutions pour SM3A, SYNTHÈSE DU DIAGNOSTIC DE LA VÉGÉTATION IMPLANTÉE SUR 3 DES SYSTÈMES D'ENDIGUEMENTS DU SM3A, Version 1 du 13/07/2017
- [DA12] EDF pour SM3A, Estimation de l'aléa crue de l'Arve à Bonneville (1353 km²), à la station EDF/DTG du Pont Neuf à Arthaz/Reignier (1635 km²) et au pont d'Etrembières (1875 km²) par la méthode SHADEX pour SM3A, H-44200966-2020-000284 A, Octobre 2020.
- [DA13] ISL pour S.M.3.A, ETUDE DE FAISABILITÉ POUR L'OPTIMISATION DES AMÉNAGEMENTS DE PROTECTION DES CRUES DE LA MOYENNE ET BASSE VALLÉE DE L'ARVE, Analyse de l'hydrologie globale du bassin versant (A2), 15F-145-RL-2 INDB, 08/06/2016

Etude réalisées dans le cadre de la présente mission de maîtrise d'œuvre :

- [DA14] CNR /SUEZ, Confortement et reconstruction des digues du Borne et AVP sur les digues de l'Arve, Visite technique approfondie sur l'Arve – Notice générale et fiches de synthèse, CNR – DIGP 2021-290-00 Mars 2021.
- [DA15] CNR, AVP de confortement des endiguements de l'Arve– Etude Hydraulique de reprise de modèle de l'Arve, I.01094.001 – DIGP 2021-862-02, Mai 2021.
- [DA16] CNR, Confortement et reconstruction des digues de l' Arve sur la commune de Bonneville, Tronçon du PM30 000 au PM 26 060 (Confluence Arve/Borne), Mission d'ingénierie géotechnique G2 – Phase Avant-Projet, DIGP 2022-297-00, Mai 2022.
- [DA17] Atelier Polis / Flora Guilloux, Confortement et reconstruction des digues du Borne et avant-projet sur les digues de l'Arve, à Bonneville – Volet Paysage Diagnostic et Avant-Projet, Version de travail – 05/10/2020.
- [DA18] ARALEP / Mosaique Environnement, Aménagement des digues de l'Arve et du Borne aval dans l'agglomération de Bonneville, Diagnostic Environnemental, Rapport final, Octobre 2020.

2 Analyse des données existantes et diagnostic

2.1 Enjeux et Diagnostic Ecologiques

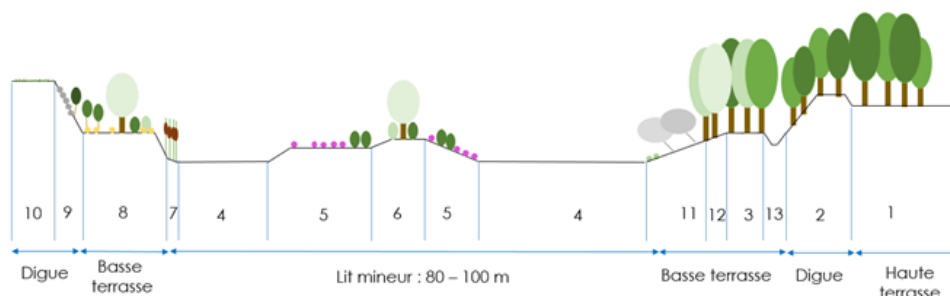
De façon générale, les études menées sur l'Arve montrent que les principales sources de perturbations de son fonctionnement écologique sont liées à :

- La **chenalisation** du cours d'eau qui réduit sa largeur ;
- L'**incision** du cours d'eau (du Fayet jusqu'à la confluence avec le Borne, abaissements de profil allant jusqu'à 9 m) ainsi que les seuils mis en place pour lutter contre ce phénomène ;
- Un **déficit en transport solide** (du Fayet jusqu'à la confluence avec le Borne, quasi-nul hormis à l'aval du Giffre) ;
- Des aménagements plus ponctuels (ponts, etc.) qui ont favorisé la fixation de dépôts alluviaux qui se sont peu à peu boisés.

Ces atteintes ont des répercussions sur l'état écologique de ce cours d'eau, notamment la déconnexion de certaines annexes (bras secondaires, bras morts, abaissement de la nappe d'accompagnement etc.), la banalisation de son lit mineur et des habitats qui le composent.

Des études diachroniques succinctes montrent une régression des bancs alluviaux (milieux pionniers) qui étaient présent au début du XX^{ème} siècle, rajeunis par la dynamique alluviale. Les bancs de sable et de gravier pionniers ont largement régressé au profit des basses terrasses alluviales. Ces secteurs, globalement affranchis de la plupart des perturbations (crues, etc.) se sont peu à peu boisés. Les aménagements au sein et à proximité de la rivière font partie des causes de l'altération du fonctionnement du cours d'eau.

Toutefois, l'Arve, dans l'agglomération de Bonneville, possède encore un intérêt écologique, dès lors qu'une largeur suffisante lui permet de s'exprimer (lit de 80 à 100 m de large). Les schémas ci-dessous illustrent la cartographie des végétations réalisée en 2018 – 2019 et mettent en évidence ce constat.



L'Arve dans les secteurs où le lit mineur est suffisamment large

- 1 : Hautes terrasses alluviales (Forêt à *Fraxinus excelsior* et *Acer pseudoplatanus* ou Boisements rattachés au *Carpinion betuli* selon la présence et la profondeur de la nappe) ;
- 2 : Boisements (selon les secteurs mésoxérophiles, mésophiles ou hygrophiles, variabilité liée au substrat où à la position dans la pente) artificialisés sur digues ;
- 3 : Basse terrasse stabilisée encore soumises aux cures : Forêt à *Salix alba* dans les zones régulièrement perturbées ou récemment rajeunies et Forêt à *Equisetum hyemale* et *Alnus incana* dans les zones stables depuis plus longtemps ;
- 4 : Zones en eau toute l'année ;
- 5 : Banquettes graveleuses inondées l'hiver : alluvions fluviales à *Epilobium dodonaei* subsp. *dodonaei* et *Scrophularia canina* subsp. *hoppii* et Fourré à *Salix eleagnos* et *Myricaria germanica* ;
- 6 : Bourrelet graveleux stabilisé : Saulaie basse pionnière du *Salicion incanae* ou Fourré à *Berberis vulgaris* et *Hippophae rhamnoides* subsp. *fluvialis* ;
- 7 : Roselière à *Typha minima* var typique ;
- 8 : Dans les secteurs remaniés, roselière à Phragmites australis, friches (souvent à Solidage géant) et Saulaie basse pionnière du *Salicion incanae*, installation de l'Aulnaie blanche. Dans les secteurs plus stables, Fourrés à *Rhamnus cathartica* et *Cornus sanguinea* ;
- 9 : Fourré à *Rhamnus cathartica* et *Cornus sanguinea* et enrochements avec friches ;
- 10 : Ourlet mésophile ;
- 11 : Talus avec au pied Roselière à *Typha minima* var sans *Typha minima* et au-dessus, fourrés à *Salix eleagnos* et *S. purpurea* (avec parfois Mégaphorbiaie à *Phalaris arundinacea* et *Petasites hybridus*) ;
- 12 : Saulaie à *Salix alba* ;
- 13 ; Fossé forestier temporairement inondé.

C'est dans ces zones plus larges que les enjeux écologiques sont les plus importants :

- Secteurs alluviaux pionniers reconnus d'intérêt communautaire, habitats menacés en Rhône-Alpes / secteurs très fonctionnels (nidification d'oiseaux patrimoniaux, Castor d'Europe) pour la faune dans le lit mineur du cours d'eau, présence d'espèces végétales menacées en Rhône-Alpes ;
- Les secteurs de basses terrasses alluviales fixées abritant des habitats d'intérêt communautaire en bon état de conservation ou en état de conservation moyen / fonctionnels pour la faune (nidification d'oiseaux patrimoniaux, Castor d'Europe). L'enjeu ici est considéré comme fort malgré le fait que la fixation de ces basses terrasses soit liée à des perturbations d'origine anthropique du lit mineur de l'Arve ;
- Les hautes terrasses à boisements matures "naturels" en bon état de conservation / fonctionnels pour la faune (Castor d'Europe).

Sur les digues, un cordon boisé est présent sur la quasi-totalité du secteur de l'agglomération de Bonneville. Si ce cordon peut représenter aujourd'hui une menace pour la stabilité des digues (basculement des grands arbres, érosion interne due au système racinaire), il constitue néanmoins un corridor écologique en berge indispensable pour la continuité écologique (lieu de déplacement, de reproduction, de refuge et source de nourriture pour la faune). Il assure également l'ombrage du cours d'eau en maintenant une température fraîche des eaux et représente une entité paysagère très importante au sein du contexte urbain.

Bien que relictuel et peu fonctionnel, ce compartiment écologique constitue donc un enjeu fort sur ce secteur.

2.2 Historique des aménagements du secteur d'étude

2.2.1 Historique des systèmes d'endiguements concernés

Le détail de l'historique des digues du secteur a été établi dans le cadre de l'étude historique ACTHYS Diffusion de 2017 (cf. [DA10]). Les principales étapes sont rappelées ci-après.

Jusqu'au début du XIX^{ème} siècle, l'Arve au droit du secteur d'étude est peu ou pas endiguée. Son lit présente une morphologie en tresse, divaguant parfois sur plusieurs centaines de mètres de large. La confluence avec le Borne a lieu environ 1 kilomètre en amont de la confluence actuelle, aux alentours du PK27 de l'Arve.

Au droit du secteur d'étude :

- Les digues dans leur tracé actuel sont érigées au cours des décennies 1820 et 1830 sur toute la rive droite et sur la rive gauche en amont du pont de l'Europe,
- Au droit du secteur de Bois Jolivet (du pont de l'Europe au pont de la prison), les premières digues datent des années 1850,
- D'importants travaux de rehausse et confortement ont lieu après le rattachement de la Savoie à la France, au cours des décennies 1860 et 1870, au cours desquelles sont notamment mis en place les perrés et murs encore visibles aujourd'hui, à l'exception du secteur des Places où ils sont parfois antérieurs (années 1840 et 1850),
- A l'aval du pont de la Prison, les ouvrages datent des années 1970, avec une reprise du merlon au cours des années 2000,
- Au droit du secteur des places, les aménagements urbains (belvédère, promenade) qui surmontent les ouvrages datent du milieu des années 1990,
- Des travaux de confortement sont réalisés au droit de la digue du Bouchet sur près de 150 mètres de part et d'autre du pont de la Z.I. dans le cadre de sa construction dans les années 2000,
- Construction du merlon des Bordets (digue de second rang) au cours des années 2000 et 2010,
- On note plusieurs réparations ponctuelles des ouvrages tout au long de la période liées à la survenue de brèches suite à des crues, ainsi qu'ajouts d'enrochement en confortement du pied des ouvrages suite à l'incision du lit de l'Arve.

2.2.2 Evolution morphologique de l'Arve

Anciennement, l'Arve divaguait dans sa plaine alluviale, n'étant contrainte, en crue, que par les pieds des versants et des cônes alluviaux de ses tributaires. L'Arve avait alors un lit en tresse caractérisé par de multiples bras et de nombreuses sinuosités. Les travaux d'endiguement sont probablement très anciens et datent très certainement des premières installations de l'homme aux abords de la rivière. Cependant, ce n'est qu'à partir du début du XVIII^{ème} siècle que des travaux de correction coordonnés vont être mis en œuvre, à l'initiative du gouvernement Sarde.

Bien qu'endiguée sur plusieurs sections de son cours, l'Arve conservait jusqu'au milieu du XX^{ème} siècle, des latitudes de divagation et de submersion d'un lit majeur important, qui conditionnait l'ensemble de son équilibre, qu'on pouvait considérer comme relativement stable (au moins à l'échelle humaine).

Les décennies d'après-guerre ont vu s'effectuer une transformation radicale de cet équilibre :

- Par les extractions de matériaux dont il a résulté, depuis Chedde jusqu'au Rhône, un enfoncement généralisé du lit,
- Par les multiples formes d'occupation des sols (urbanisation) qui ont réduit (souvent par remblai et endiguement) le domaine d'extension de la rivière,
- Par les actions nombreuses de confortement des ouvrages ou des berges, et de fixation du lit.

Une incision supérieure à 2 m en moyenne est ainsi constatée au cours du XX^{ème} siècle.

Aujourd'hui, le lit tout en divagations de l'Arve a été fixé par les différents systèmes d'endiguement mis en place dans la région de Bonneville. L'incision liée à ce phénomène, combinée avec l'extraction massive des matériaux du lit, a laissé des séquelles dans le paysage. La plupart des ouvrages de protection contre les crues étant désormais perchés, menaçant parfois leur stabilité. Le secteur étudié, Seuil aval Bonneville – Seuil Marignier, semble avoir retrouvé, année après année, sa pente d'équilibre entraînant une stabilisation du phénomène d'incision. Cette stabilisation est maintenue par la mise en place de seuils le long du lit de l'Arve.

En terme de transport solide, une comparaison des levés des talwegs réalisés sur 2009, 2015 et 2020 a permis d'identifier une évolution faible des fonds, évolution variant en moyenne de plus ou moins 10 cm avec un léger engrèvement pouvant atteindre 30 cm entre le Viaduc SNCF et le pont de l'Europe. Cette analyse sera utilisée au paragraphe 3.3 pour définir les seuils d'engrèvements retenus par tronçons.

2.2.3 Ouvrage de franchissement de l'Arve et seuils

Plusieurs ouvrages de franchissement jalonnent le périmètre d'étude, de l'amont vers l'aval :

- Le pont de la ZI, au PM28890, construit dans les années 2000. Les culées sont protégées par des enrochements. Il dispose d'une pile sur le banc alluvionnaire en RG, elle aussi protégée par des enrochements en berge ;
- Le pont de la voie ferrée, au PM26670, construit à la fin du XIX^{ème} siècle. Il dispose de deux piles dans le lit de l'Arve ;
- Le pont de l'Europe, qui existe depuis le Moyen-Age ; le pont actuel datant de 1866. Il n'a aujourd'hui que deux piles dans le lit de l'Arve ;
- La passerelle du Trésor Public, au PM26790, construite au début des années 1970. Elle n'a aucun appui dans le lit de l'Arve ;
- Le pont de la prison, au PM26590, construit en 2010. Il s'agit d'un pont à Haubans ; les piliers sont situés sur le banc alluvionnaire en RG.

Le profil en long de l'Arve au droit du secteur d'étude est marqué par 3 seuils :

- Seuils du pont de l'Europe, au PM27180, mis en œuvre dans les années 2000, et au PM27090, mis en œuvre dans les années 1980,
- Seuil de la STEP, PM25670, situé hors du linéaire d'étude mais qui influence les niveaux à l'aval du secteur, mis en œuvre au milieu des années 1980.



Pont de la Z.I.



Pont de la voie ferrée.



Pont de l'Europe



Passerelle du trésor public (au premier plan) et pont de la prison (à l'arrière-plan)

2.3 Données topographiques et bathymétriques

Les données topographiques et bathymétriques utilisées pour la présente étude sont les suivantes :

- Topographie des digues et berges : SM3A, levé Lidar, 2015,
- Bathymétrie 2017 réalisées par la société Sintegra composée de :
 - ♦ Profils complets tous les 200 m,
 - ♦ Profils des berges au droit des endiguements tous les 16.5 m.
- Un levé complémentaire des murs et au droit des secteurs des Places et de Bois Jolivet réalisé en 2021 par Sintegra,
- Un levé vu en plan transmis par le SM3A datant de juillet 2017.

2.4 Données hydrologiques

2.4.1 Bas débits

Le tableau ci-après liste l'hydrologie retenue pour les bas débits, issus des données des stations de Sallanches, pour l'Arve, et de Saint-Jean-de-Sixt, pour le Borne, transposées à Bonneville par la méthode de Myer.

Tableau 2 : Hydrologie de l'Arve – faibles débits.

	Arve (amont de la confluence du Borne)*	Borne à la confluence
Etiage (QMNA5)	15.7 m ³ /s	0.9 m ³ /s
Module	64.9 m ³ /s	6.6 m ³ /s
Débit Moy Mens Mai	90.1 m ³ /s	13.5 m ³ /s
Débit Moy Mens Juillet	135.5 m ³ /s	5.06 m ³ /s
* Comprend le débit du Bronze		

2.4.2 Débits de crue

Les études antérieures sur les endiguements de l'Arve ont été basées sur les débits issus de l'étude ISL de 2016 (cf. [ref]). Une étude EDF produite en 2020 révisé à la hausse les débits de l'Arve. Le SM3A a fait le choix de retenir les débits et hydrogrammes de crues issus de cette seconde étude (méthode SCHADDEX à la station de d'Arthaz, transposée à l'amont de la confluence avec le Borne par la méthode de Myer), plus conservatrice. Les débits de pointes de l'Arve et les débits concomitants du Borne sont donnés dans le tableau suivant.

Tableau 3 : Hydrologie de l'Arve – crues.

Période de retour Arve (ans)	Débit du l'Arve à l'amont de la confluence avec le Borne* (m ³ /s)	Débits concomitants du Borne (m ³ /s)
2	371.7	19.7
5	505.6	38.5
10	623.0	51.0
30	825.0	69.8
50	929.2	78.4
80	1041.0	86.3
100	1094.0	90.0
200	1258.0	101.5

Les débits du Borne restent identiques à l'étude ISL [DA13].

2.4.3 Fonctionnement hydraulique général de la confluence Arve – Borne

Les deux rivières, Arve et Borne présentent des régimes d'écoulements fluviaux à torrentiels. La particularité de ces rivières est la vitesse des écoulements en crue et le transport de sédiments.

Le transport solide moyen est très conséquent, surtout sur l'Arve qui reçoit juste en amont de la zone d'étude les écoulements et la charge solide du Giffre.

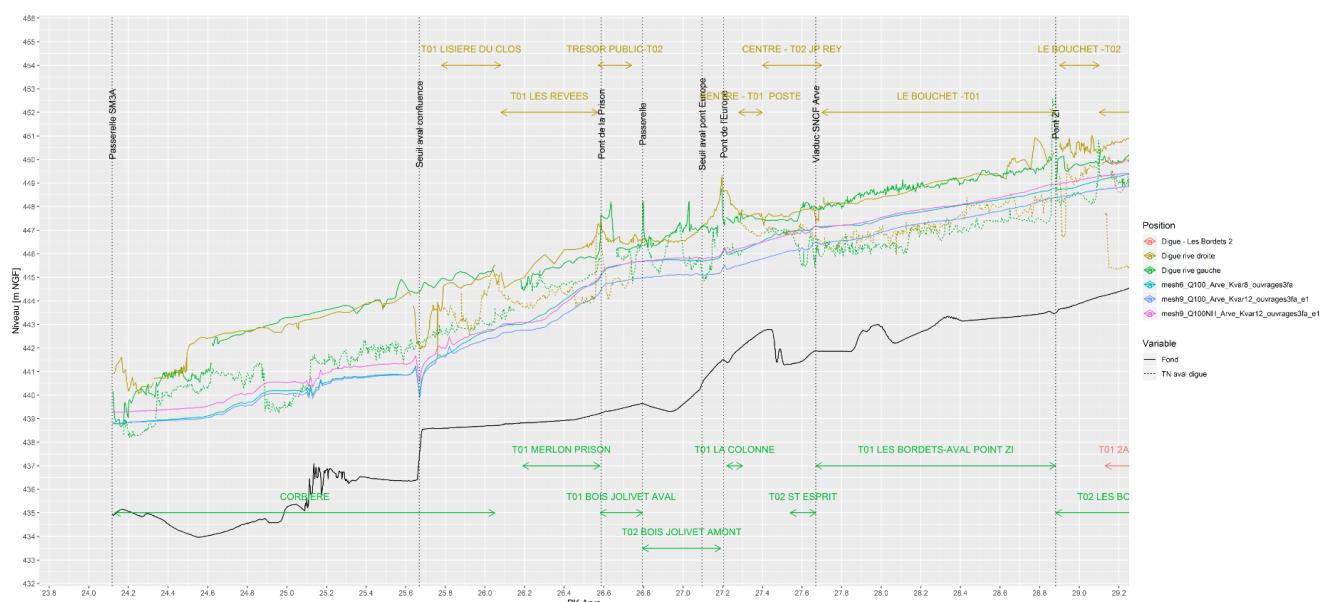
Les matériaux transportés sont du type galets ou gros graviers et sables, sur l'Arve notamment. Du fait de ce transport solide intense, des fortes variations du lit peuvent survenir en crue.

2.4.4 Niveaux et vitesses en situation actuelle

Le modèle hydraulique utilisé pour la conception en phase AVP a été construit pour les Etudes de Dangers (EDD) des digues de Bonneville, Ayze et Saint-Pierre en Faucigny ([DA2] & [DA3]). Il a été actualisé en 2021 ([DA15]) en fonction des nouvelles données hydrologiques et topographiques/ bathymétriques. Ce modèle TELEMAC-2D inclut la plaine d'inondation au droit des zones protégées par les systèmes d'endiguement concernés. Il repose sur les données topographiques et bathymétriques listées au paragraphe 2.3. Le détail des caractéristiques, de la construction et du calage du modèle est renseigné dans le rapport référencé [DA15].

L'hydrologie utilisée pour les simulations est précisée au paragraphe 2.4 (débits de pointe) ainsi que dans l'Annexe 1 : Notice hydraulique (hydrogrammes).

Le profil en long en long suivant, extrait du modèle actualisé 2021 [DA15], présente la ligne d'eau de Q₁₀₀ état actuel (résultat brut de calculs, sans revanche supplémentaire, ligne d'eau rose) avec l'altimétrie des crêtes des digues de l'Arve et le niveau du TN pour chaque rive.



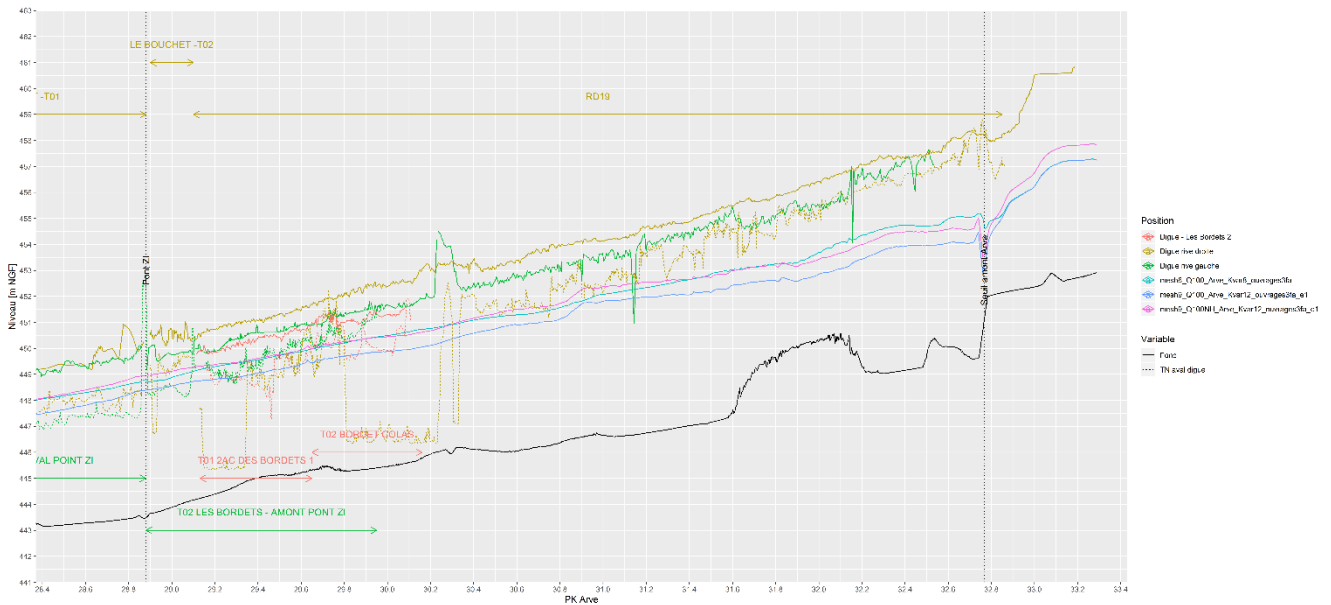


Figure 3. Profil en long lignes d'eau simulées Q100. Mesh6_Q100_Arve_Kvar8_ouvrages3fa (calage initial), mesh9_Q100_Arve_Kvar12_ouvrages3fa (calage modifié) et mesh9_Q100_Arve_v2_Kvar12_ouvrages3fa (état actuel actualisé avec nouveau calage et nouvelle hydrologie) 2/2

Ce profil en long montre :

- L'absence de surverse à Q₁₀₀ sur l'ensemble des digues du secteur,
- Les hauteurs de mise en charge à Q₁₀₀ variables selon les secteurs (cf. § suivant),
- Des vitesses d'écoulement en Q₁₀₀ de l'ordre de 2.5 à 4.2 m/s à l'axe de l'Arve.

2.5 Rappel du diagnostic des digues

Un diagnostic de stabilité complet a été réalisé en 2018 sur les digues du linéaire d'étude ([DA5] et [DA6]), à partir :

- d'investigations géophysiques et géotechniques,
- d'un recensement des désordres (Visites Techniques Approfondies et diagnostic de végétation),
- d'une évaluation des risques de surverse, d'érosion externe, d'érosion interne et de glissement.

Dans le cadre du présent contrat, la mission G2-AVP [DA16] a complété ce diagnostic sur la partie stabilité, à partir des nouvelles données suivantes :

- une actualisation du modèle hydraulique en 2021 (cf. [DA15]),
- l'ajout de reconnaissances géotechniques complémentaires,
- une actualisation du recensement des désordres via la réalisation d'une VTA (cf. [DA14]),
- la prise en compte d'une cote de protection correspondant à la ligne d'eau maximale atteinte lors d'une crue centennale (Q_{100}) avec ajout d'une revanche variant entre 0.8 et 1 m (cf. § 3.3 et 5).

Le tableau ci-après reprend les conclusions apportées par le diagnostic de 2018, à la maille des tronçons globaux. Le modèle hydraulique actualisé en 2021 présente des niveaux de charge relativement similaires à ceux de l'étude de 2018, les colonnes charge et surverse ne sont donc pas modifiées. Le rapport de G2-AVP a permis de mettre à jour les calculs de stabilité sur le secteur du Merlon Prison.

Tableau 4 : Synthèse des conclusions du diagnostic de 2018 actualisé pour Merlon Prison.

Rive	Tronçon	Charge	Surverse	Erosion interne	Erosion externe Affouillement	Glissement	Risque
Gauche	T02 – BORDETS AMONT PONT ZI	Entre Q_{10} et Q_{100}	Q_{1000} / PK29.2	Instable	Oui	Talus rivière Instable	3
	T01 – BORDETS AVAL PONT ZI	Q_{10}	Q_{1000} PK27.7 voire PK28.6	Instable	Oui	Talus rivière Instable	4
	T01 – ZAC DES BORDETS et T02 – BORDET COLAS	Q_{10}	Q_{1000} PK29.2	Instable	Non	Non testé car rapport B/H fort	1
	T02 – SAINT-ESPIRT et T01 – LA COLONNE	Q_{100}	Q_{1000} PK27.5	Instable	Non mais perré voire mur	Talus rivière Instable	3
	T02 – BOIS JOLIVET AMONT et T01 – BOIS JOLIVET AVAL	Entre Q_{10} et Q_{100}	Q_{1000} PK26.9 à PK26.7	Instable	Oui partie aval	Talus rivière Instable	3
	T01 – MERLON DE LA PRISON	Q_{1000}	$>Q_{1000}$	Instable	Non (1 profil très raide, les autres assez doux)	Talus rivière Instable	2
	T01 – DIGUE DU BOUCHET	Q_{10}	Q_{1000} PK227.8 à PK27.7	Instable potentiellement + très boisée	Oui	Talus rivière Instable et Talus terre sur 1 profil	4
	T02 – DIGUE DU TRESOR PUBLIC	Q_{10}	Q_{1000} PK26.7	Instable Potentiellement + boisée	Oui très fortes vitesses	Talus rivière instable	4
	T01 – DIGUE DES REVEES	Entre Q_{10} et Q_{100}	$>Q_{1000}$	Instable Potentiellement + boisée	Oui très fortes vitesses	Talus rivière instable	4

De façon générale, l'ensemble des endiguements du secteur présente :

- un risque de rupture par surverse nul à la crue de projet considérée,
- un risque de rupture par brèche important, lié aux phénomènes d'érosion interne, d'érosion externe, et de glissement.

En conséquence, l'ensemble des digues du secteur est à conforter sur l'ensemble du linéaire.

2.6 Données environnementales

L'historique de réalisation de l'inventaire faune/flore/habitats naturels est le suivant :

- v Avril 2018 - Mars 2019 : inventaire faune, flore, habitats naturels quatre saisons (cycle biologique complet) sur une zone d'étude élargie ;
- v Octobre 2020 : Reprise du diagnostic sans inventaire complémentaire à l'échelle de la zone des projets Arve et Borne ;

D'un point de vue réglementaire, le diagnostic faune/flore/habitats naturels quatre saisons devra être réactualisé dans le cadre de l'actualisation du dossier d'autorisation environnementale unique concernant le projet Borne et Arve. Des passages de terrain spécifiques à la flore des alluvions ont été réalisés par le bureau d'études KLASEA à l'été 2022 et un passage complémentaire concernant les espèces végétales exotiques envahissantes mais aussi les insectes tardifs et les chiroptères a été réalisé début octobre 2022 (Mosaïque Environnement) D'autres passages de terrain auront lieu dès mars 2023 (Mosaïque Environnement).

La zone d'étude est située dans un contexte urbain et deux tronçons écologiquement distincts sont à noter :

- Un tronçon à l'aval du pont de l'Europe, fortement chenalisé, avec une largeur du lit faible, ce qui limite l'intérêt des habitats naturels en présence ;
- Un tronçon à l'amont du pont de l'Europe, moins contraint, composé à la fois de basses terrasses fixés et de bancs d'alluvions dans les secteurs où le lit mineur du cours d'eau peut atteindre 80 m. Ces secteurs d'alluvions possèdent un enjeu très fort avec des végétations typiques et une forte présence de la Petite massette, *Typha minima*, espèce protégée, fortement menacée et faisant l'objet d'un plan régional d'action. Les bancs de graviers accueillent également des populations d'oiseaux nicheurs remarquables (Chevalier guignette, Petit gravelot). Les secteurs de basses terrasses, d'intérêt moindre et pouvant révéler un dysfonctionnement de la dynamique alluviale du cours d'eau, abrite également des habitats d'intérêts communautaires en bon état de conservation fonctionnels pour la faune (nidification d'oiseaux patrimoniaux, Castor d'Eurasie).

Sur les digues, un cordon boisé est constitué essentiellement par des boisements artificialisés sur digues. Il s'agit d'habitats « humides à fonctionnalité limitée » car non caractéristiques et se développant sur sol caillouteux au niveau la digue. Ils accueillent une faune protégée assez commune avec certaines espèces à enjeux modérés (oiseaux des parcs et jardins en régression à l'échelle nationale / Chiroptères en chasse / reptiles protégés etc.). Il joue également un rôle fonctionnel certain dans un secteur tout de même contraint par les fronts d'urbanisation et situé entre deux secteurs du site Natura 2000 « Vallée de l'Arve ».

Du point de vue des milieux aquatiques, la diversification des habitats (épis, blocs, ...), sont de nature à favoriser le cycle de développement (e.g. reproduction) et augmenter les densités des populations en place (truite fario et ombre commun notamment).

Le projet veille à préserver une bande boisée rivulaire quand cela est techniquement possible, limitant grandement les incidences sur les continuités écologiques et sur les habitats d'espèces protégées (zone de reports à la nidification).

En lien avec le projet du Borne, l'élargissement du lit à la confluence Borne/Arve dans sa partie aval, même s'il entraîne une destruction d'habitats en place (boisements sur digues notamment), permettra de retrouver une dynamique latérale dans ce secteur et recréera des habitats humides typiques de type bancs de graviers favorables à une faune et une flore particulière et probablement de grand intérêt écologique (Végétations d'alluvions fluviales à *Equisetum variegatum* et *Typha minima*).

Les travaux d'aménagement entraîneront une incidence et une altération de ces habitats et des espèces qu'elles abritent de façon plus ou moins importante. L'incidence principale concernera les espèces liées aux milieux boisés (coupe d'arbre, déboisement en préservant toujours une frange boisée), ponctuellement les bancs de graviers, et également les espèces semi-aquatiques dont le Castor d'Eurasie ou la Crossope aquatique/Crossope de Miller.

Au-delà des mesures mises en place dès la conception du projet qui permettent de répondre aux objectifs principaux de préservation de la faune, la flore et les habitats naturels, et qui ont été établies en fonction des contraintes techniques et financières du projet, des mesures d'évitement, de réduction, d'accompagnement voire de compensation seront à mettre en place dans le respect de la séquence ERC.

Ces dernières seront détaillées dans l'actualisation du dossier d'autorisation environnementale unique pour le projet Borne/Arve ainsi que dans un dossier de demande de dérogation au titre des espèces protégées pour le projet de l'Arve uniquement.

2.7 Approche paysagère transversale

L'approche paysagère a débuté par l'élaboration d'un diagnostic détaillé dans un document datant de novembre 2020. Il avait pour ambition de restituer l'identité des lieux et des marqueurs qui participent à la formation d'une culture paysagère commune.

Le périmètre du diagnostic étant plus large que celui des abords du Borne, nous avons souhaité apporter une vision transversale à l'échelle de la commune et des deux cours d'eau qui la traversent, le Borne et l'Arve.

Nous avons considéré que les rivières se définissent selon plusieurs dimensions : longitudinales, transversales, verticales et temporelles afin d'élargir notre perception et de comprendre leur influence sur les centres urbains qu'elles traversent. Elles nous offrent de nombreux services et sont aujourd'hui reconnues comme éléments naturels majeurs des centres urbains. En effet, de nombreux parcs linéaires se dessinent le long des berges, les habitants expriment de manière de plus en plus importante leurs attentes en matière d'espace naturel à proximité de chez eux. Les objectifs de restauration et de protection se confrontent alors à ces projets d'amélioration du cadre de vie paysager.

L'objectif étant de construire des projets cohérents pour les usagers, mais aussi pour la rivière afin qu'elle puisse s'étaler sans pour autant inonder les quartiers alentours. Nous ne souhaitons pas restaurer une naturalité absolue, mais au contraire trouver de nouveaux équilibres, durables, entre dynamiques naturelles et anthropiques.

L'unique moyen de faire évoluer nos sociétés, pour une plus grande résilience, sera d'accepter un changement de perception, pour enfin agir « avec » et non « contre » la nature. Il sera important de ne pas occulter la « face sombre » de la rivière, mais se servir de l'émotion comme d'un vecteur d'actions et d'opportunités. Les projets de restauration et de protection ne sont pas uniquement le fruit d'ingénieries fines, mais également le moyen de retisser les liens entre l'homme et les rivières.

2.7.1 Points de vue, depuis et sur l'espace alluvial

Une des premières étapes du diagnostic a été d'arpenter le site, le Borne, puis l'Arve. Cet arpentage minutieux a eu pour objectif de faire connaissance avec le territoire, repérer les motifs et unifier les grands ensembles.

Mais en premier lieu, il s'agit toujours d'observer, de contempler le cours d'eau, les sommets emblématiques depuis la crête des digues. La carte suivante identifie les points de vue larges, les fenêtres paysagères ponctuelles et les berges depuis lesquelles la visibilité est très réduite sur le cours d'eau.

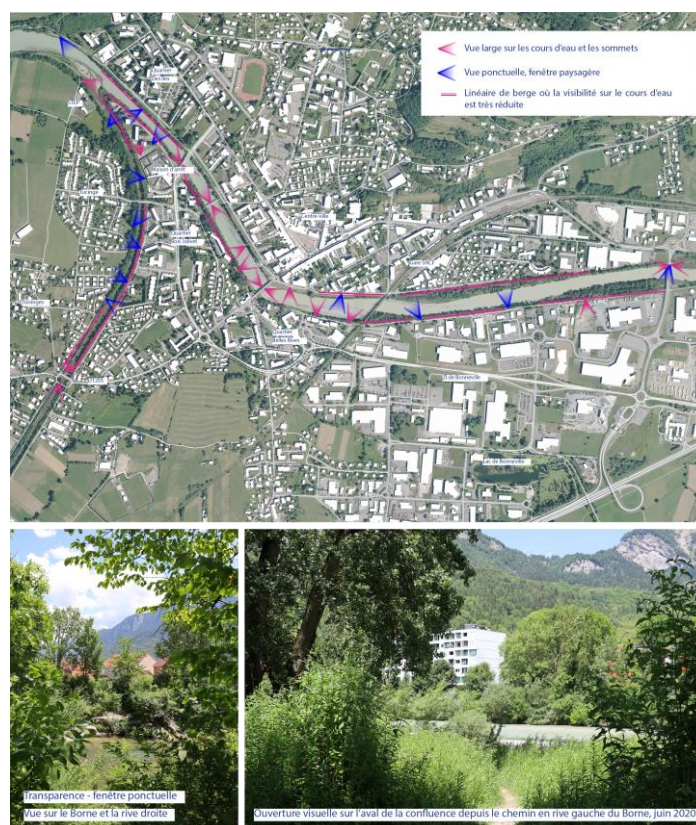


Figure 4 : Points de vue sur et depuis l'espace alluvial

2.7.2 Mobilité, un maillage existant discontinu

Le maillage de circulations douces, qu'elles soient, piétonnes ou cyclables, est discontinu, en particulier l'axe nord-sud. D'est en ouest, l'Arve constitue une colonne vertébrale, support d'une mobilité plus ou moins affirmée. Plus globalement, le lien entre la trame urbaine et les cours d'eau est souvent complexe et peu lisible. À l'exception des abords du pont de l'Europe, l'accès aux berges reste confidentiel. Les digues constituent un

obstacle à la fois physique et visuel dissuasif. Le Borne est d'ailleurs bordé par des ouvrages haut sur une grande partie de son linéaire.

Le schéma directeur cyclable, dessiné par la communauté de communes, montre une volonté politique en matière de développement du vélo. La stratégie cyclable doit intégrer le Borne, et plus globalement, les rives de chaque cours d'eau, comme des opportunités pour développer le maillage de circulations douces.

2.7.3 Trames vertes, un patrimoine naturel remarquables présent sur les digues

La végétation alluviale en place joue un rôle écologique majeur. Ce sont des milieux présentant une forte biodiversité qui forment un corridor biologique primordial à la circulation des espèces. D'un point de vue paysager, ces boisements sont empreints de calme et d'intimité. Ils permettent au promeneur d'entretenir une relation privilégiée avec le cours d'eau en formant un écran vis-à-vis des quartiers à proximité. Dans d'autres cas, ils forment un obstacle à la fois physique et visuel avec le cours. Dans cette situation, la découverte et l'accès au cours d'eau devient difficile. Le projet devrait permettre d'ouvrir des points de vue (relevage des houppiers, coupe sélective) tout en conservant les ambiances boisées du site.

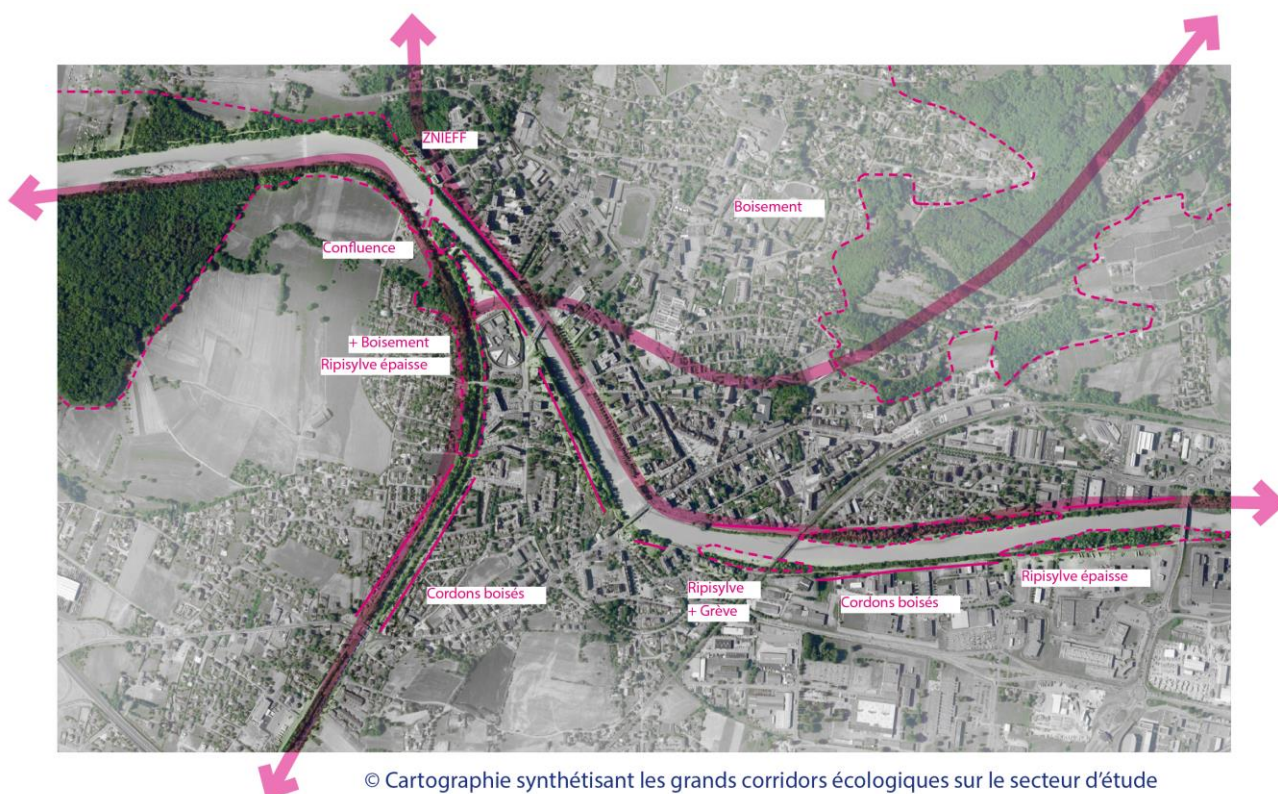
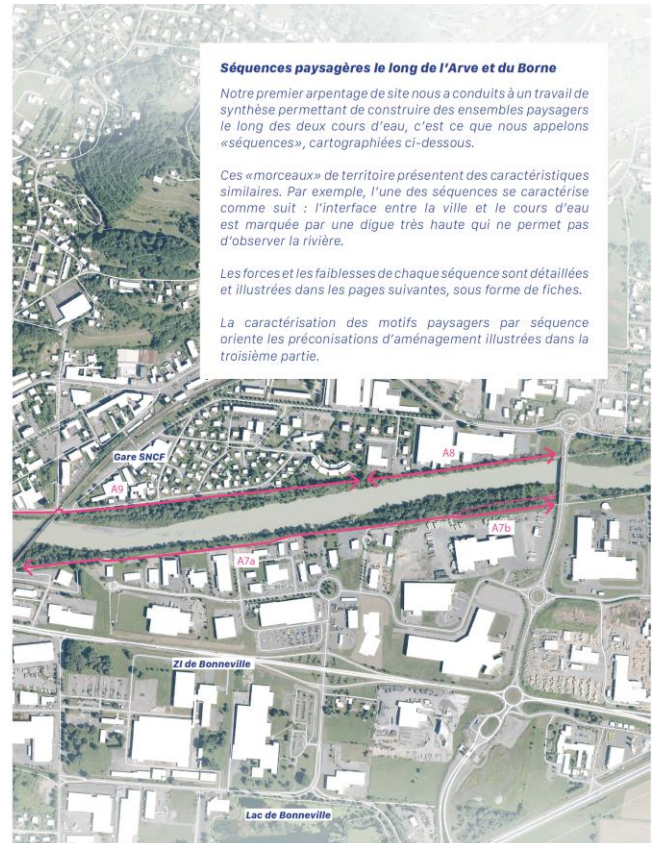
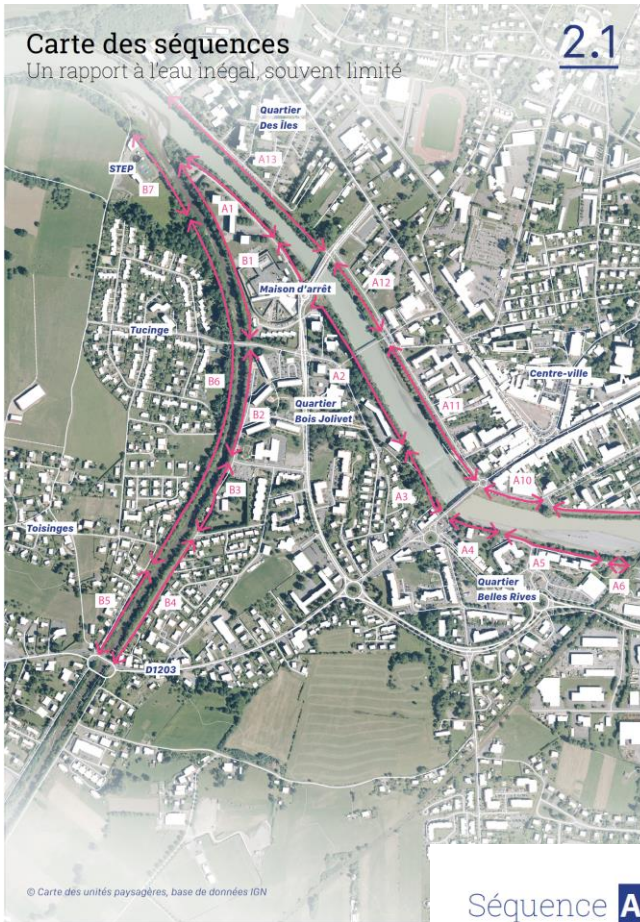


Figure 5 : Cartographie synthétisant les grands corridors écologiques sur le secteur d'étude.

Les cartes présentées précédemment sont extraites du rapport diagnostic paysager du 16 novembre 2020 ([DA17]).

2.8 Synthèse du diagnostic paysager

La définition d'ensembles paysagers le long des deux cours d'eau, aussi appelés « séquences », permet de proposer des scénarios d'aménagement par tronçon. Les forces et les faiblesses de chaque séquence ont été détaillées et illustrées sous forme de fiches (cf. rapport diagnostic paysage 16/10/2020). La caractérisation des motifs paysagers par séquence a orienté les préconisations d'aménagement présenté dans ce rapport.



Séquence A5

Figure 6 : Carte des unités paysagères

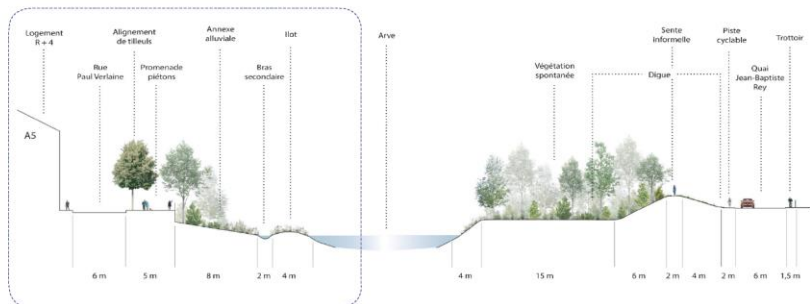
L'Arve présente 13 séquences caractérisées par leur ambiance, accès et qualité paysagère. Chacune d'elle est détaillée par des fiches, comme celle présentée ci-contre, permettant d'identifier les points forts et faibles ainsi que les pistes de projets potentiels.



© Quai aménagé dans le quartier de Belles Rives, juin 2020



© Vue sur les annexes alluviales depuis le quartier de Belles Rives, juin 2020



ANALYSE DU SECTEUR

Forces :

- Quai aménagé en belvédère sur l'Arve avec plantation de tilleuls en alignement.
- Dégagement visuel vers le pont de l'Europe et les quartiers en rive droite (quartier « Belles Rives », renouvellement urbain).

Faiblesses :

- Faible qualité des matériaux et du mobilier.

Pistes de projet :

- **Rafraîchir** les matériaux et le mobilier dans une logique d'unité du parcours en balcon sur l'Arve.
- **Permettre** une descente au plus proche de l'eau par l'intermédiaire d'un chemin secondaire (concerne seulement la partie aval).

2.8.1 Enjeux paysagers : connecter, révéler, préserver

Les grands enjeux paysagers concernent l'Arve et le Borne et visent à orienter les interventions. Dès les premières phases du projet, ces enjeux ont été partagés avec la maîtrise d'ouvrage, afin de dessiner un projet cohérent pour les acteurs du territoire.

- **Relier** la ville et les cours d'eau. Mettre en scène les rivières dans l'espace urbain.
- **Conjuguer** conservation, amélioration des corridors boisés et préservation de points de vue sur le cours d'eau.
- **Faciliter** l'accès aux berges et la continuité des itinéraires dédiés aux modes doux.
- **Proposer** des sentiers diversifiés aux abords des cours d'eau.
- **Améliorer** la lisibilité des parcours piétons et cycles.

Globalement, la diversité des formes, des lignes et des plantations sera la clé pour une meilleure intégration des ouvrages dans les contextes urbains de Bonneville et naturel des berges de l'Arve. L'idée n'est pas de copier la nature, ce qui serait impossible dans ces territoires largement transformés par l'homme, mais de donner un sentiment de nature sur les berges de l'Arve et dans la traversée urbaine de Bonneville.

2.8.2 Approche historique

Palimpseste, superposition, processus, réécriture permanente, la vallée de l'Arve est en perpétuelle transformation. C'est dans ce contexte que le projet de paysage doit s'intégrer au territoire et proposer de nouvelles transformations. Loin d'être nostalgique, il s'inscrit dans une démarche spatio-temporelle novatrice, à la recherche d'un nouvel équilibre entre l'homme et la rivière.

Dans ce paysage vivant, transformé à chaque crue et lave torrentielle, les premiers hommes n'ont pas eu d'autre choix que de s'installer en hauteur, en périphérie de la plaine sur les terrasses qu'ils pouvaient cultiver. Plus bas les terres rocailleuses et dangereuses étaient boisées et pâturées. La carte d'État-major à l'échelle de la vallée illustre bien cet habitat construit en périphérie. En amont de Bonneville et de l'ancien verrou glaciaire, la plaine est régulièrement inondée et constituée d'importantes zones de marécages très difficiles à exploiter.

L'Arve et le Borne ne présentent pas le même régime. L'Arve est une rivière glaciaire et connaît un maximum en début d'été, tandis que le Borne présente un régime nival et pluvial ; le niveau des plus hautes eaux est au printemps et parfois en hiver à l'occasion de fortes pluies. Ainsi, les premiers habitants étaient régulièrement soumis aux crues, et ce toute l'année.

Les rivières s'étendaient régulièrement dans le bassin en raison d'apports en matériaux très importants. Ces matériaux déposés en grande quantité ont favorisé un adoucissement de la pente et les inondations. Un simple orage d'été sur le Mont-Blanc pouvait causer l'inondation des terrains dans la plaine de Bonneville. Pour pouvoir s'installer et prospérer dans la vallée, les cours d'eau ont été endigués et les terrains drainés et colmatés. La première crue décrite à Bonneville est celle de 1401, où toute la ville fut détruite. En 1733, c'est 6 % de la superficie totale du bassin qui est inondée.

Les premiers ouvrages étaient probablement le fruit de travail individuel. Ils étaient discontinus et non homogènes. C'est seulement à partir du XVIII^{ème} siècle que les communautés se sont organisées pour se protéger. Les travaux ont été colossaux, onéreux et pas toujours efficaces.

Les digues étaient par endroits insubmersibles et à d'autres endroits submersibles. L'abaissement de la crête légèrement sous le niveau des eaux moyennes permettait de colmater les terrains à l'arrière. Ainsi, l'Arve chargée d'alluvions venait engraisser la future plaine agricole. Une fois le niveau d'alluvions souhaité atteint, les digues étaient rehaussées et rendues insubmersibles.

Cependant, certaines zones, comme l'espace alluvial de la confluence avec le Giffre était conservé et offert à la rivière pour étendre ses crues.

L'Arve a été endiguée de Cluses jusqu'à Bonneville. En aval, elle s'enfonce naturellement dans la terrasse morainique et ne présente plus un problème.

Avant l'endiguement, les marais présentaient une grande superficie, 13% de la surface des communes de la plaine. Parallèlement aux travaux d'endiguement, ces marais ont été asséchés, la plaine a été assainie.

Aujourd'hui, quelques vestiges de marais témoignent de ce paysage oublié. Ils sont présents en amont de Bonneville, sur la rive droite de l'Arve. Ces espaces en eaux, milieux accueillant une importante biodiversité, sont aujourd'hui déconnectés de trames écologiques viables à l'échelle de la plaine.

2.9 Contraintes, usages et servitudes

2.9.1 Réseaux

Une DT a été effectuée sur l'ensemble de l'emprise du projet.

Le SM3A a également lancé une campagne de détection et de géoréférencement des réseaux (marquage, piquetage). Cette campagne de détection a été réalisée par l'entreprise ELLIVA fin 2020. Il est à noter que cette prestation n'a pas permis de détecter tous les réseaux avec une précision de classe A (présence de végétations gênantes, absence de signal GPS, ...).

Des cartes localisant les réseaux situés dans l'emprise du projet sont disponibles en annexe du présent document.

2.9.2 Statut foncier

Les parcelles impactées par le projet sont nombreuses, la carte ci-après présente globalement le contexte foncier, des cartes plus détaillées sont également disponibles en annexe.

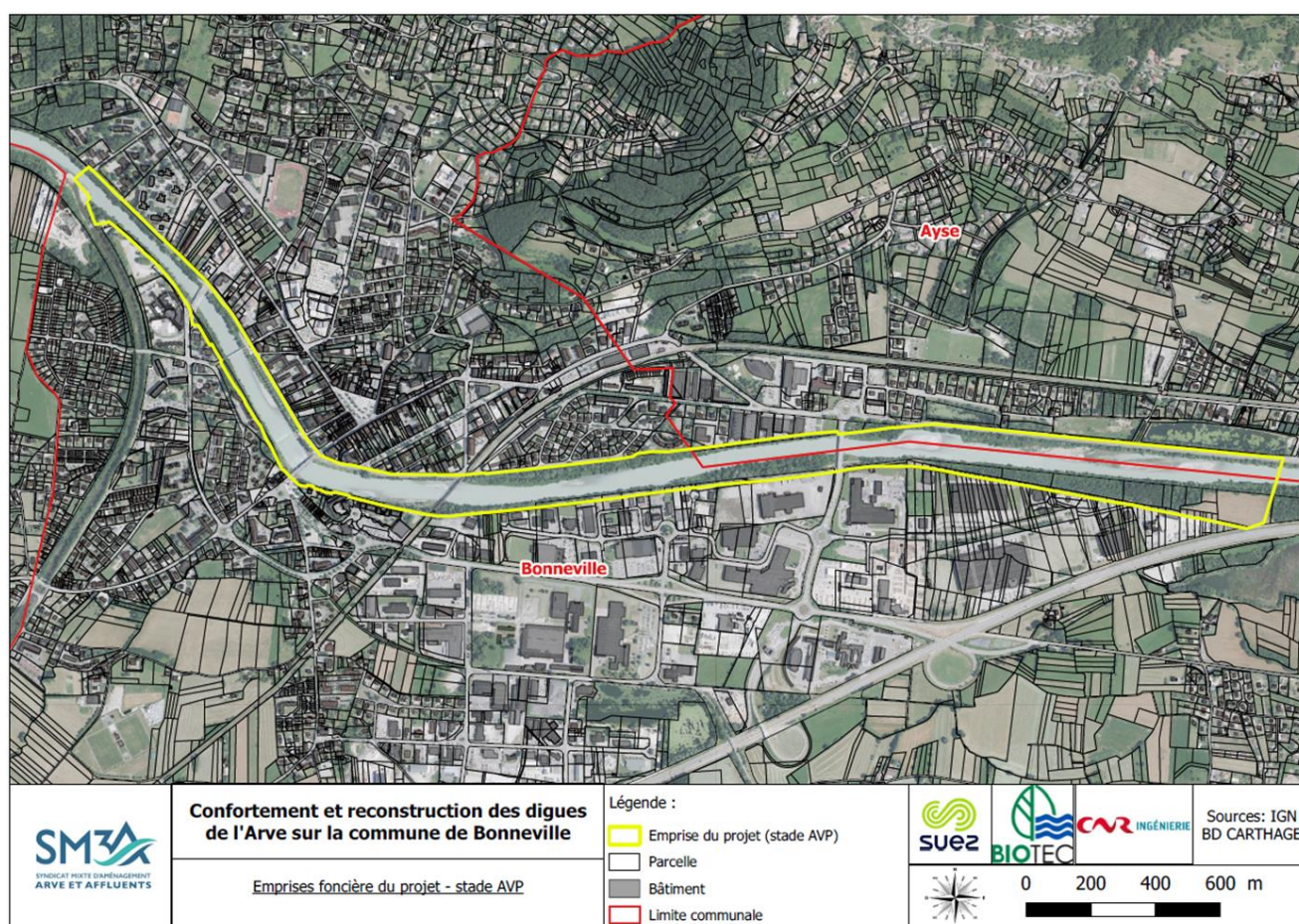


Figure 7 : Contexte foncier général au droit du secteur d'étude

A ce stade de l'étude, les parcelles potentiellement impactées sont données dans le tableau suivant. Cette liste devra être mise à jour au stade "PRO".

Identifiant	Commune	Section	Numéro	Surface totale (m ²)	Surface impactée (m ²)	Pourcentage
74042000AT0231	74042	AT	231	8230.77	8230.773	100%
74042000AT0258	74042	AT	258	1830.75	32.175	2%
74042000AT0275	74042	AT	275	1924.12	10.226	1%
74042000AT0003	74042	AT	3	3078.15	3078.147	100%
74042000AT0002	74042	AT	2	1911.33	1911.334	100%

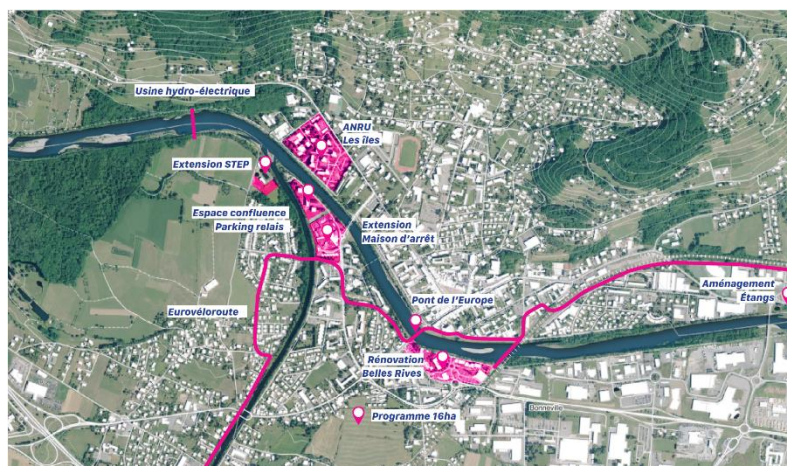
74042000AT0235	74042	AT	235	356.62	319.97	90%
74042000AT0239	74042	AT	239	447.21	431.932	97%
74042000AT0241	74042	AT	241	450.56	435.818	97%
74042000AT0246	74042	AT	246	946.38	9.302	1%
74042000AT0248	74042	AT	248	1425.20	28.672	2%
74042000AT0250	74042	AT	250	1839.49	33.81	2%
74042000AT0252	74042	AT	252	4200.69	60.429	1%
74042000AT0256	74042	AT	256	2493.47	31.053	1%
74042000AT0254	74042	AT	254	2214.93	32.063	1%
74042000AT0006	74042	AT	6	2761.96	2761.965	100%
74042000AT0271	74042	AT	271	131.22	131.22	100%
74042000AT0272	74042	AT	272	54.99	4.558	8%
74042000AT0259	74042	AT	259	189.15	189.146	100%
74042000AT0267	74042	AT	267	8.79	6.405	73%
74042000AT0263	74042	AT	263	68.38	61.86	90%
74042000AT0276	74042	AT	276	174.75	174.728	100%
74042000AT0332	74042	AT	332	479.50	10.99	2%
74042000AT0319	74042	AT	319	90.80	85.735	94%
74042000AT0306	74042	AT	306	968.25	3.678	0%
74042000AT0303	74042	AT	303	190.38	190.178	100%
74042000AT0302	74042	AT	302	1.01	0.3	30%
74042000AT0333	74042	AT	333	262.83	262.83	100%
74042000AT0308	74042	AT	308	405.74	400.451	99%
74042000AT0301	74042	AT	301	7.86	0.159	2%
74042000AT0324	74042	AT	324	86.61	86.605	100%
74042000AT0323	74042	AT	323	78.84	4.868	6%
74042000AT0310	74042	AT	310	71.21	65.159	92%
74042000AT0328	74042	AT	328	83.94	83.939	100%
74042000AT0327	74042	AT	327	106.87	5.809	5%
74042000AT0004	74042	AT	4	2511.14	2511.143	100%
74042000AT0005	74042	AT	5	1885.65	1885.652	100%
74042000AT0237	74042	AT	237	178.62	158.327	89%
74042000AT0245	74042	AT	245	188.77	181.839	96%
74042000AT0243	74042	AT	243	219.51	211.848	97%
74042000AT0249	74042	AT	249	471.27	471.267	100%
74042000AT0247	74042	AT	247	389.20	380.472	98%
74042000AT0251	74042	AT	251	408.77	408.769	100%
74042000AT0253	74042	AT	253	453.69	453.686	100%
74042000AT0255	74042	AT	255	242.70	242.701	100%

74042000AT0257	74042	AT	257	196.46	196.461	100%
74042000D1676	74024	D	1676	4246.25	38.136	1%
74042000D1220	74024	D	1220	4670.24	341.655	7%
74042000D1635	74024	D	1635	1006.92	95.292	9%
74042000D1219	74024	D	1219	4298.05	361.353	8%
74042000D1999	74024	D	1999	3860.48	422.331	11%
74042000D2002	74024	D	2002	3368.70	624.444	19%
74042000D1223	74024	D	1223	1701.77	301.463	18%
74042000D1913	74024	D	1913	466.78	1.926	0%
74042000D1912	74024	D	1912	1218.29	471.285	39%
74042000D2522	74024	D	2522	7964.87	1375.406	17%
74042000D2523	74024	D	2523	2938.71	29.584	1%
74042000AN0318	74042	AN	318	14094.93	24.351	0%
74042000AN0210	74042	AN	210	7690.93	480.977	6%
74042000AH0140	74042	AH	140	25628.70	1369.802	5%
74042000AH0198	74042	AH	198	112.32	25.119	22%
74042000AH0197	74042	AH	197	4810.84	19.542	0%
74042000AI0029	74042	AI	29	11473.35	3367.349	29%
74042000AI0135	74042	AI	135	989.11	988.901	100%
74042000AI0172	74042	AI	172	14513.12	864.802	6%
74042000AO0235	74042	AO	235	10729.41	111.883	1%
74042000AI0229	74042	AI	229	6741.98	585.192	9%
74042000AI0231	74042	AI	231	1042.09	673.843	65%
74042000AO0262	74042	AO	262	3135.32	54.219	2%
74042000AI0173	74042	AI	173	542.39	542.387	100%
74042000AO0292	74042	AO	292	2922.93	44.407	2%
74042000AO0007	74042	AO	7	286.19	141.68	50%
74042000AO0005	74042	AO	5	116.69	31.937	27%
74042000AO0006	74042	AO	6	214.03	66.595	31%
74042000AO0293	74042	AO	293	1247.68	471.951	38%
74042000AO0256	74042	AO	256	597.28	3.22	1%
74042000AO0177	74042	AO	177	387.33	165.721	43%
74042000AO0359	74042	AO	359	1793.84	374.479	21%
74042000AO0360	74042	AO	360	149.93	49.987	33%
74042000AO0204	74042	AO	204	404.16	175.516	43%
74042000AO0181	74042	AO	181	18.41	18.408	100%
74042000AO0182	74042	AO	182	166.03	110.598	67%
74042000AO0338	74042	AO	338	756.04	196.909	26%
74042000AO0346	74042	AO	346	49.77	0.019	0%

74042000AO0348	74042	AO	348	37.10	1.064	3%
74042000AO0350	74042	AO	350	31.57	2.118	7%
74042000AO0352	74042	AO	352	46.16	4.924	11%
74042000AO0354	74042	AO	354	114.96	20.584	18%
74042000AO0356	74042	AO	356	58.83	13.365	23%
74042000AP0198	74042	AP	198	3645.50	2919.676	80%
74042000AP0242	74042	AP	242	1544.90	1519.157	98%
74042000AP0102	74042	AP	102	856.31	46.622	5%
74042000AP0251	74042	AP	251	758.13	7.249	1%
74042000AP0256	74042	AP	256	1080.03	7.819	1%
74042000AP0252	74042	AP	252	128.37	1.597	1%
74042000AP0248	74042	AP	248	1483.24	22.644	2%
74042000AP0163	74042	AP	163	1387.53	1206.864	87%
74042000AP0105	74042	AP	105	739.98	739.979	100%
74042000AP0082	74042	AP	82	1425.70	34.529	2%
74042000AP0107	74042	AP	107	105.61	5.125	5%
74042000AP0104	74042	AP	104	2142.04	123.629	6%
74042000AP0169	74042	AP	169	338.97	275.524	81%
74042000AP0166	74042	AP	166	120.34	68.665	57%
74042000AP0101	74042	AP	101	5.68	5.683	100%
74042000AP0243	74042	AP	243	681.55	6.211	1%
74042000AP0227	74042	AP	227	1168.49	407.146	35%
74042000AP0260	74042	AP	260	50.39	4.58	9%
74042000AP0261	74042	AP	261	183.00	141.811	77%
74042000AP0249	74042	AP	249	268.60	268.6	100%
74042000AP0253	74042	AP	253	149.88	149.875	100%
74042000AP0257	74042	AP	257	244.36	244.364	100%
74042000AR0081	74042	AR	81	44490.54	661.381	1%
74042000AR0095	74042	AR	95	1496.48	1480.995	99%
74042000AR0119	74042	AR	119	31444.39	10.898	0%
74042000AR0131	74042	AR	131	3662.85	3529.959	96%
74042000AR0084	74042	AR	84	421.08	0.007	0%
74042000AR0132	74042	AR	132	171.13	65.606	38%
74042000AS0001	74042	AS	1	5833.17	5833.171	100%
74042000AS0002	74042	AS	2	5894.94	5894.935	100%
74042000AS0003	74042	AS	3	11679.87	11679.875	100%
74042000AS0317	74042	AS	317	448.39	352.229	79%
74042000AS0310	74042	AS	310	412.24	271.789	66%
74042000AS0314	74042	AS	314	418.45	295.587	71%

74042000AS0320	74042	AS	320	457.94	407.531	89%
74042000AS0227	74042	AS	227	327.20	206.718	63%
74042000AS0225	74042	AS	225	61.58	38.93	63%
74042000AS0207	74042	AS	207	222.72	177.634	80%
74042000AS0204	74042	AS	204	119.34	94.443	79%
74042000AS0198	74042	AS	198	205.15	162.921	79%
74042000AS0196	74042	AS	196	182.28	142.378	78%
74042000AS0191	74042	AS	191	237.18	187.213	79%
74042000AS0188	74042	AS	188	270.35	224.409	83%
74042000AS0213	74042	AS	213	178.69	136.673	76%
74042000AS0194	74042	AS	194	84.53	65.835	78%
74042000AS0216	74042	AS	216	239.48	176.257	74%
74042000AS0210	74042	AS	210	179.97	140.761	78%
74042000AS0221	74042	AS	221	368.92	251.296	68%
74042000AS0185	74042	AS	185	165.40	142.275	86%
74042000AS0182	74042	AS	182	329.61	282.125	86%
74042000AS0178	74042	AS	178	67.05	55.327	83%
74042000AS0174	74042	AS	174	138.15	113.112	82%
74042000AS0266	74042	AS	266	514.34	438.326	85%
74042000AS0263	74042	AS	263	197.86	170.558	86%
74042000AS0260	74042	AS	260	105.43	91.482	87%
74042000AS0302	74042	AS	302	121.16	106.39	88%
74042000AS0298	74042	AS	298	1112.84	931.539	84%
74042000AS0296	74042	AS	296	112.75	100.636	89%
74042000AL0446	74042	AL	446	299.41	110.54	37%
74042000AT0102	74042	AT	102	16482.42	15299.123	93%

2.9.3 Projets connexes



© Cartographie des projets en cours sur la commune de Bonneville

Figure 8 : Carte des projets connexes sur la commune aux abords de l'Ave et du Borne

2.9.3.1 Véloroute et passerelle aval pont SNCF

La véloroute telle qu'elle a été projetée (plan initial de la CCFG), s'écartait du Borne pour traverser Tucinge. Elle rejoignait ensuite la voie en pied de digue, sans pour autant permettre la découverte du cours d'eau. La création d'une piste dédiée aux cycles nécessite de réfléchir au partage de la voirie entre les différents modes, tant en rive droite qu'en rive gauche. Des dispositifs doivent permettre aux cyclistes de s'arrêter pour monter sur les digues et découvrir la richesse des paysages alluviaux alentour.

Le parcours de l'Euro-Véloroute Léman Mont-Blanc a été modifié avec le projet du Borne (cf carte des enjeux paysagers ci-dessous). Elle suivra le Borne en rive gauche, du pont Royal, jusqu'au pont de Tucinges pour ensuite retrouver les berges de l'Arve en rive gauche via le quartier de Bois Jollivet. Elle traversera ensuite le pont de l'Europe et longera l'Arve en rive droite jusqu'au pont SNCF.

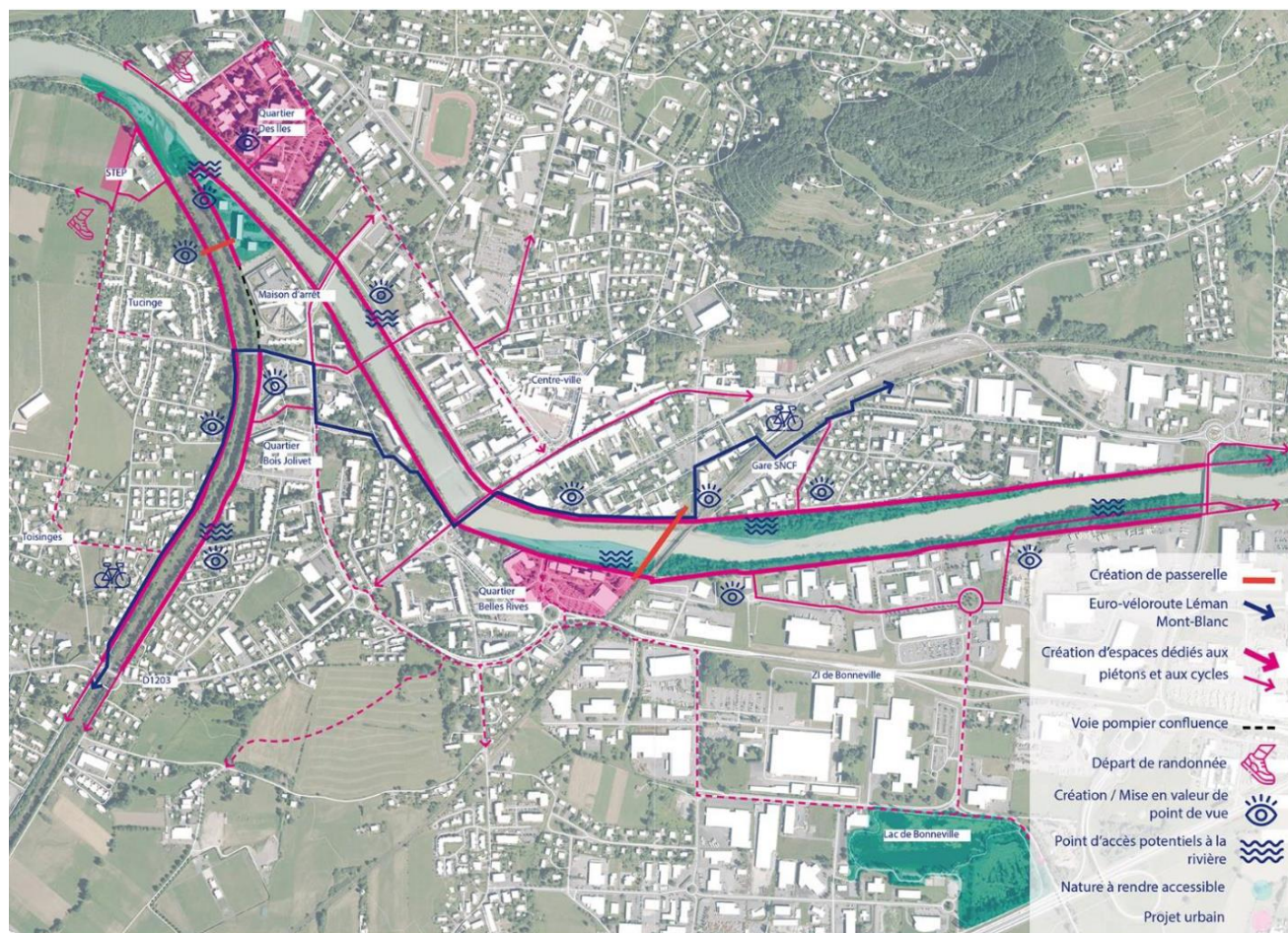


Figure 9 : Carte des enjeux paysagers autour de l'Arve et du Borne avec localisation de l'Euro-Véloroute entre le Borne et l'Arve.

2.9.3.2 Requalification du quartier des îles

Le quartier a entamé sa mutation sur la base d'un projet ambitieux en matière d'espaces publics. Le plan masse montre une alternance entre fronts bâtis et transversales plantées. Ces larges espaces destinés au jeu ou à la promenade constituent autant de liaisons piétonnes depuis l'urbain jusqu'aux bords de l'Arve. Dans une logique de continuité des espaces publics, il paraît essentiel de faire le lien avec le nouveau quartier. La piétonnisation de la voie sur berges est d'ores et déjà prévue. Elle sera réservée à la desserte de l'école par les bus. Un travail sur la signalétique (peinture au sol) pourrait renforcer ce lien en invitant les passants à déambuler le long du cours d'eau.

On constate cependant sur les vues de projet la présence d'un mur d'une hauteur d'un mètre environ, faisant office d'obstacle. Des dispositifs permettant la traversée devront être mis en place.

Globalement, l'aménagement des berges doit permettre l'accès au public depuis les quartiers adjacents. Par ailleurs, la bande de stationnement, côté Arve, a été supprimée dans le cadre du projet. Ceci constitue un point positif pour renforcer le rapport à l'eau sur ce tronçon.

2.9.3.3 Confluence Borne/Arve

Si un projet de « champs de foire » ou « d'espace événementiel » a été évoqué, l'espace confluence ne devra pas se limiter à ce seul usage. Il accueille aujourd'hui un terrain de pétanque et des jardins familiaux qui devront être conservés sous une forme nouvelle. De nouveaux usages peuvent également voir le jour, comme la promenade ou encore le jeu. Nous imaginons un parc adapté à des usages divers qu'ils soient ponctuels (haute fréquentation) ou quotidiens (moyenne et basse fréquentation).

Ce parc par son positionnement stratégique offre un belvédère sur le paysage si particulier de la confluence, qu'il conviendra de révéler. Des espaces dédiés à la contemplation pourront être mis en place (bancs, belvédère, etc.).

Le caractère enclavé du site oblige à prévoir des accès suffisamment larges pour faciliter l'accès pompier simultanément à l'évacuation du public. La digue située entre le Borne et la prison est pressentie pour assurer cette fonction.

Le parking relais implanté à proximité de la maison d'arrêt devrait être intégré au nouvel espace confluence par un travail delisère (plantations sur merlon) afin de réduire l'impact visuel du parking et l'usage de matériaux poreux (pavés enherbés, gravier, etc.) pour redonner de la qualité aux espaces.

2.9.3.4 AVP des digues du Borne

Le SM3A porte un projet de confortement et reconstruction des digues du Borne qui fait également l'objet de la présente mission de Maîtrise œuvre. Les études d'avant-projet ont été achevées en mai 2021 ; les études au stade projet sont en cours.

La principale interface entre les deux projets concerne la confluence Arve/Borne, pour lequel l'avant-projet des digues du Borne prévoit :

- Reprise de la digue Queue du Borne, avec un niveau d'arase correspondant à celui de la ligne d'eau de Q100 + 1 m, jusqu'au PM350 du Borne (extrémité aval du parking relais),
- Arasement de la digue de la queue du Borne en aval du PM350, rendant la partie terminale de confluence partiellement inondable à la crue de projet (altimétrie du TN voisine du niveau de Q100),
- L'abaissement de la confluence à l'aval du PM195 du Borne.

Au cours de la présente étude, il a été décidé, en concertation avec la commune de Bonneville, de prolonger la protection de la confluence au débit centennal au droit des projet d'aménagement urbain (cf. § précédent), soit jusqu'au PM195 du Borne et au PM26235 de l'Arve. L'abaissement de la partie terminale, à des fins de restauration écologique, est quant à lui maintenu. Le projet doit donc intégrer ces dispositions, qui seront par ailleurs intégré au projet des digues du Borne au stade PRO.

2.9.3.5 Projet de passerelles mobilités douces

Une passerelle est à l'étude par la commune de Bonneville et devrait être réalisée en 2025. Elle permettra de relier le quartier des places et le Bordet en rive gauche en aval immédiat du pont SNCF (trait rouge sur carte des enjeux paysagers ci-dessus).

L'interaction avec le projet de confortement des digues de l'Arve est important. En rive gauche, il sera important de reculer au maximum les culées du nouvel ouvrage, derrière les digues, afin de faciliter le passage sous la passerelle, sur la digue. Une rampe permettra de descendre, depuis la crête de digue au pied de l'Arve jusqu'au chemin inondable qui relie le pont de l'Europe à l'amont du quartier des Places. Les deux rampes, celle de l'Arve et celle permettant de rejoindre la passerelle devront être proches et faciliter les déplacements et la continuité piétonne et cyclable.

2.9.3.6 Réfection du Pont SNCF

Un projet de réfection du pont de la voie ferrée est actuellement à l'étude, porté par la SNCF. Les interfaces avec le projet (raccordement) seront à inclure au stade PRO selon l'avancement des études de la SNCF.

3 Niveaux de protection actuels et projetés

3.1 Définition des niveaux réglementaires

D'après l'Arrêté du 30 septembre 2019 modifiant l'arrêté du 7 avril 2017 précisant le plan de l'étude de dangers des digues organisées en systèmes d'endiguement et des autres ouvrages conçus ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions, la définition du niveau de protection est le suivant :

« le **niveau de protection** qui est associé à une zone protégée par un système d'endiguement est précisé par la **hauteur d'eau maximale** (cote du cours d'eau ou niveau marin) **ou le débit maximal du cours d'eau qui peut être atteint, sans que cette zone protégée soit inondée**. On admettra un **risque résiduel de rupture d'ouvrage d'au plus 5 %** pour ce niveau de protection »

Le site France digue précise la définition des niveaux de dangers et niveau de submersion :

« Le **niveau de danger** d'un ouvrage correspond au niveau d'eau à partir duquel la probabilité de défaillance du système d'endiguement est considérée comme très élevée ou certaine pour l'un des différents modes de rupture auxquels il est potentiellement exposé, il est égal à une probabilité de brèche de 50 % . ».

Le « niveau de protection apparent ou niveau de submersion d'un ouvrage » est la « hauteur maximale que peut atteindre l'eau sans que la zone protégée ne soit inondée en raison du débordement ou du contournement des ouvrages de protection quand l'inondation provient directement du cours d'eau ou de la mer et en faisant abstraction des risques de défaillance avant surverse. Il s'agit, la plupart du temps, d'un niveau apportant une fausse impression de protection. »

Le schéma suivant illustre les définitions précédentes dans le cas d'une digue non résistante à la surverse :

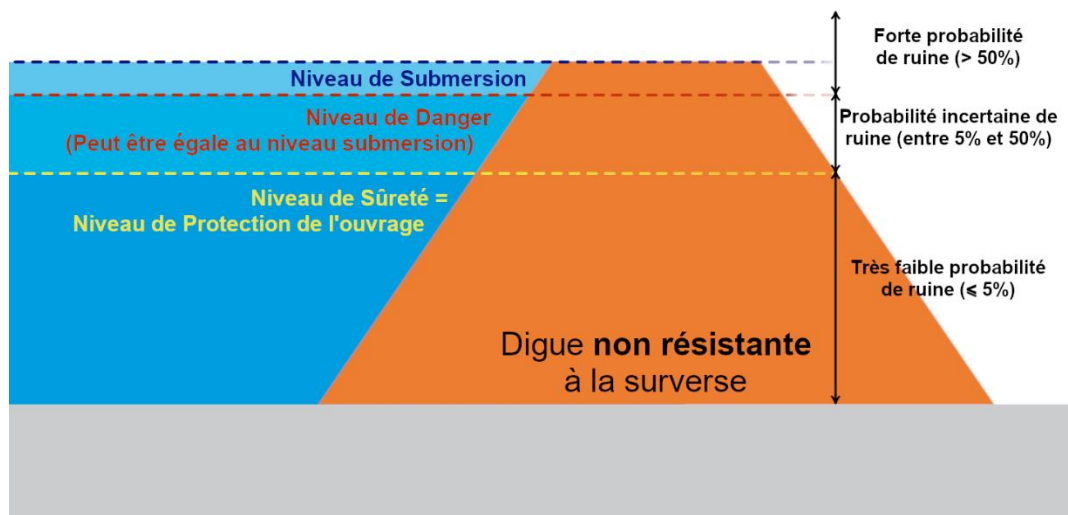


Figure 10 : Schéma de définition des niveaux réglementaires sur les endiguements – Source France digue

3.2 Niveau de protection actuel

Le niveau de protection actuel des ouvrages du secteur d'étude a été défini dans les Etudes de Dangers (EDD) des deux systèmes d'endiguements concernés ([DA2], [DA3]). Le niveau de protection actuel est Q_{10} pour l'ensemble des digues incluses dans le secteur d'étude.

3.3 Objectif de protection

La crue de projet fixée par le Maître d'ouvrage est la crue centennale (Q_{100}). De manière à intégrer les incertitudes et autres évolutions du cours d'eau, il est nécessaire d'ajouter au niveau de la ligne d'eau en crue de projet, une revanche intégrant :

- L'incertitude sur les niveaux en sortie du modèle hydraulique, dépendant de la charge hydraulique moyenne en Q_{100} (terme d'énergie cinétique $V^2/2g$ venant s'ajouter au niveau),
- L'engravement potentiel du lit de l'Arve, estimé à partir de l'engravement observé entre les levés de 2020 et 2009, tout en restant en cohérence avec la consigne d'entretien de l'Arve.

En effet, une consigne d'entretien avait été réalisée par SOGREAH et fournie par le SM3A, définissant les niveaux hauts (engravement maximum toléré), bas (niveau après entretien) et référence (niveau moyen sur l'Arve).

Les incertitudes et les niveaux d'engravings observés sur la période 2009-2020, ont conduit à distinguer trois tronçons :

- Amont du pont de l'Europe : charge hydraulique moyenne en Q_{100} de 0.5 m et engraving potentiel de 0.3 m, soit une revanche nécessaire de 0.8 m,
- Pont de l'Europe à pont de la prison : charge hydraulique moyenne en Q_{100} de 0.5 m et engraving potentiel de 0.5 m, soit une revanche nécessaire de 1 m,
- Pont de la prison au seuil de la STEP : charge hydraulique moyenne en Q_{100} de 0.7 m et engraving potentiel de 0.3 m, soit une revanche nécessaire de 1 m.

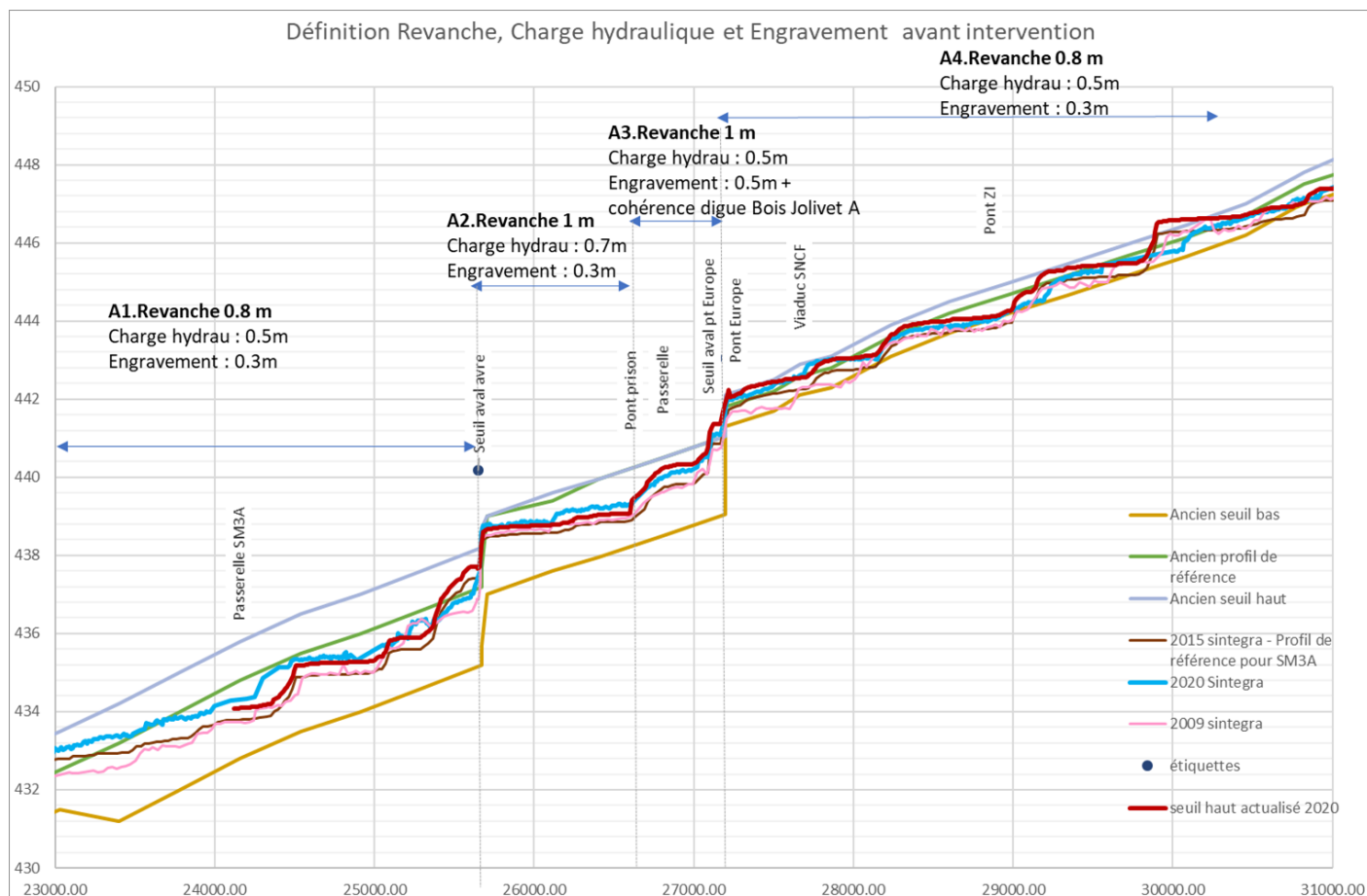


Figure 11 : Comparaison des profils en long de 2020, 2015 et 2009.

En conséquence, le niveau de protection de l'ouvrage est identique pour l'ensemble du secteur, rive droite et rive gauche :

Niveau de protection homogène sur l'ensemble du projet :

Niveau de la ligne d'eau en crue de projet Q_{100} (*)

(*) Débit de l'Arve à Bonneville (amont de la confluence avec le Borne) = 1094 m³/s

Le **niveau d'arase des ouvrages projetés**, appelé aussi niveau de submersion ou niveau de crue extrême, est le suivant :

A l'amont du pont de l'Europe : niveau de la ligne d'eau en crue de projet Q_{100} + 0.8 m*,

A l'aval du pont de l'Europe : niveau de la ligne d'eau en crue de projet Q_{100} + 1 m*.

(*) Ou supérieur à ce niveau selon sujétions particulières (cf. § 4.2.4.17).

4 Description du projet d'aménagement

4.1 Rappels de l'AVP structurel (cf. § [DA2])

L'Avant-Projet structurel de 2018 a été conçu en intégrant les niveaux suivants :

- Niveau de protection : Q_{100} et crue de Dangers à Q_{200}
- Niveau des crêtes de digues : ligne d'eau de la Q_{200} avec une revanche minimum de 50 cm,

Il comprend :

- La reconstruction intégrale des digues du secteur d'étude depuis l'amont du secteur d'étude jusqu'au pont de l'Europe en RD et jusqu'au pont de la Prison en RG,
- Le désengrèvement du lit par le déblai partiel des bancs alluvionnaires au droit des endiguements reconstruits,
- La protection des talus amont sur le reste du linéaire par la mise en œuvre de carapaces d'enrochements,
- L'arasement de la digue des Bordets T02 (digue de premier rang) au niveau du TN, la protection de la plaine étant assurée par le merlon des Bordets (digue de second rang).

Le profil-type préconisé pour la reconstruction des digues présentait les caractéristiques suivantes :

- Pentes de talus amont : 3H/2V
- Pentes de talus aval : 3H/2V
- Largeur en crête : 4 m
- Protection contre l'érosion externe (talus amont) :
 - ♦ Partie inférieure (jusqu'à Q_{10}) : enrochements 60/300 kg, épaisseur 1.30 m,
 - ♦ Partie supérieure (Q_{10} à la crête) : matelas Reno ou perrés en pierre selon les secteurs,
 - ♦ Bèche de stabilisation en pied : 6 m de largeur au niveau du lit, 5.3 m de largeur en base de la bèche.

Pour le confortement des talus des berges, les caractéristiques sont les suivantes :

- Enrochement jusqu'au niveau de Q_{10} (sauf Trésor public T02 et merlon Prison, jusqu'en sommet de talus),
- Matelas Reno ou géogrilles tridimensionnelles au-dessus du niveau de Q_{10} (le cas échéant),
- Blocométries de 60/300 à 300/1000 kg selon les secteurs

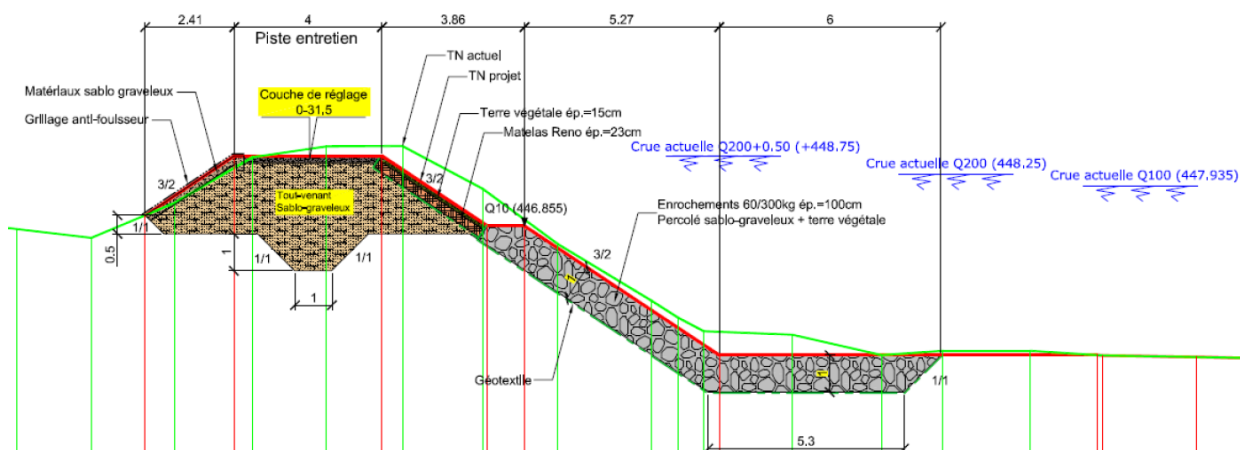


Figure 12 : Profil type de confortement des digues de l'AVP structurel de 2018.

Cet AVP constitue un optimum en termes de sûreté des ouvrages et de coût financier. Il est en revanche très impactant sur le plan environnemental et paysager, impliquant un déboisement des deux rives sur l'ensemble du linéaire, non contrebalancé par des actions de restauration de la ripisylve ou du lit mineur.

Il a servi de base de réflexion pour l'élaboration de l'Avant-projet optimisé pour les aspect environnementaux, paysagers et intégration des usages, objet de la présente mission, désigné « avant-projet optimisé » dans la suite du rapport.

4.2 Avant-Projet optimisé

4.2.1 Sectorisation des digues en tronçons homogènes

Une sectorisation des linéaires de digues du secteur d'étude en tronçons homogènes a été effectuée en croisant :

- Le diagnostic de stabilité des endiguements (risques d'érosion interne, externe stabilité au glissement, caractéristiques géométriques, niveaux de mise en charge, etc.), mis à jour avec les données d'entrées hydrauliques actualisées,
- Les contraintes externes au projet (emprise foncière, projets connexes, etc.),
- Les solutions techniques envisagées, guidées notamment par les enjeux écologiques et paysagers de préservation de la végétation, ainsi que les potentialités de restauration du lit et des berges.

La topographie du projet ainsi que les contraintes géotechniques et hydro-écologiques associées a conduit à définir 9 tronçons en rive droite et 20 tronçons en rive gauche. La localisation de ces tronçons homogènes est rappelée dans le tableau suivant et la figure suivantes.

Tableau 5 : Sectorisation des digues en tronçons homogènes et type d'intervention retenu au droit de chaque secteur.

Digue	Tronçons homogène	PK Amont	PK Aval	Linéaire (m)	Type d'intervention
Rive droite					
T01 – Digue du Bouchet	RD-T1	28.870	28.770	100	Reprise intégrale de la digue
	RD-T2	28.770	28.490	280	Reprise intégrale de la digue (mur béton)
	RD-T3	28.490	28.340	150	Reprise intégrale de la digue
	RD-T4	28.340	27.775	565	Confortement interne (palplanches)
T02 – Digue du Trésor public	RD-T5	27.775	27.710	65	Reprise intégrale de la digue
	RD-T6	26.750	26.580	170	Confortement par l'aval (mur béton)
T01 – Digue des Rêvées	RD-T7	26.580	26.440	140	Reprise intégrale de la digue
	RD-T8	26.440	26.125	315	Reprise intégrale de la digue (mur béton)
T01 – Digue des Rêvées / T01 – Lisière du Clos	RD-T9	26.125	26.060	65	Arasement de la digue existante, confortement de la berge
Rive gauche					
T02 – Bordet Colas / T01 – ZAC des Bordets 1 / T02 – Bordet Amont Pont ZI	RG-T1	30.00	29.21	790	Reprise intégrale de la digue de second rang (merlon) et dépose de la digue de premier rang
	RG-T2	29.21	28.99	220	Confortement par l'aval (épaulement élargi)
T02 – Bordet Amont Pont ZI / T01 – Bordet Aval Pont ZI	RG-T3	28.99	28.625	365	Reprise intégrale de la digue
	RG-T4	28.625	28.395	230	
T01 – Bordet Aval Pont ZI	RG-T5	28.395	27.715	680	
	RG-T6	27.7150	27.615	100	
	RG-T7	27.615	27.55	65	
T02 – Saint-Esprit	RG-T8	27.55	27.36	190	Reprise intégrale de la digue (mur béton), perré
	RG-T9	27.36	27.31	50	Maintien du mur existant, confortement du pied
T01 – La Colonne	RG-T10	27.31	27.22	85	Reprise intégrale de la digue (mur béton/paroi Berlinoise)
	RG-T11	27.17	27.070	100	Reprise intégrale de la digue
	RG-T12	27.070	26.99	80	
T02 – Bois Jolivet Amont	RG-T13	26.99	26.93	60	Reprise intégrale de la digue (mur béton)
	RG-T14	26.93	26.90	30	
	RG-T15	26.90	26.795	105	Confortement par l'aval (épaulement)
T01 – Bois Jolivet Aval	RG-T16	26.795	26.730	65	Confortement par l'aval (mur béton)
	RG-T17	26.730	26.595	135	Confortement par l'aval (épaulement)
	RG-T18	26.595	26.42	175	Reprise intégrale de la digue (mur béton)
T01 – Merlon de la Prison	RG-T19	26.42	26.235	185	Arasement de la digue existante, adoucissement de la berge
	RG-T20	26.235	26.13	105	Abaissement confluence
Confluence					

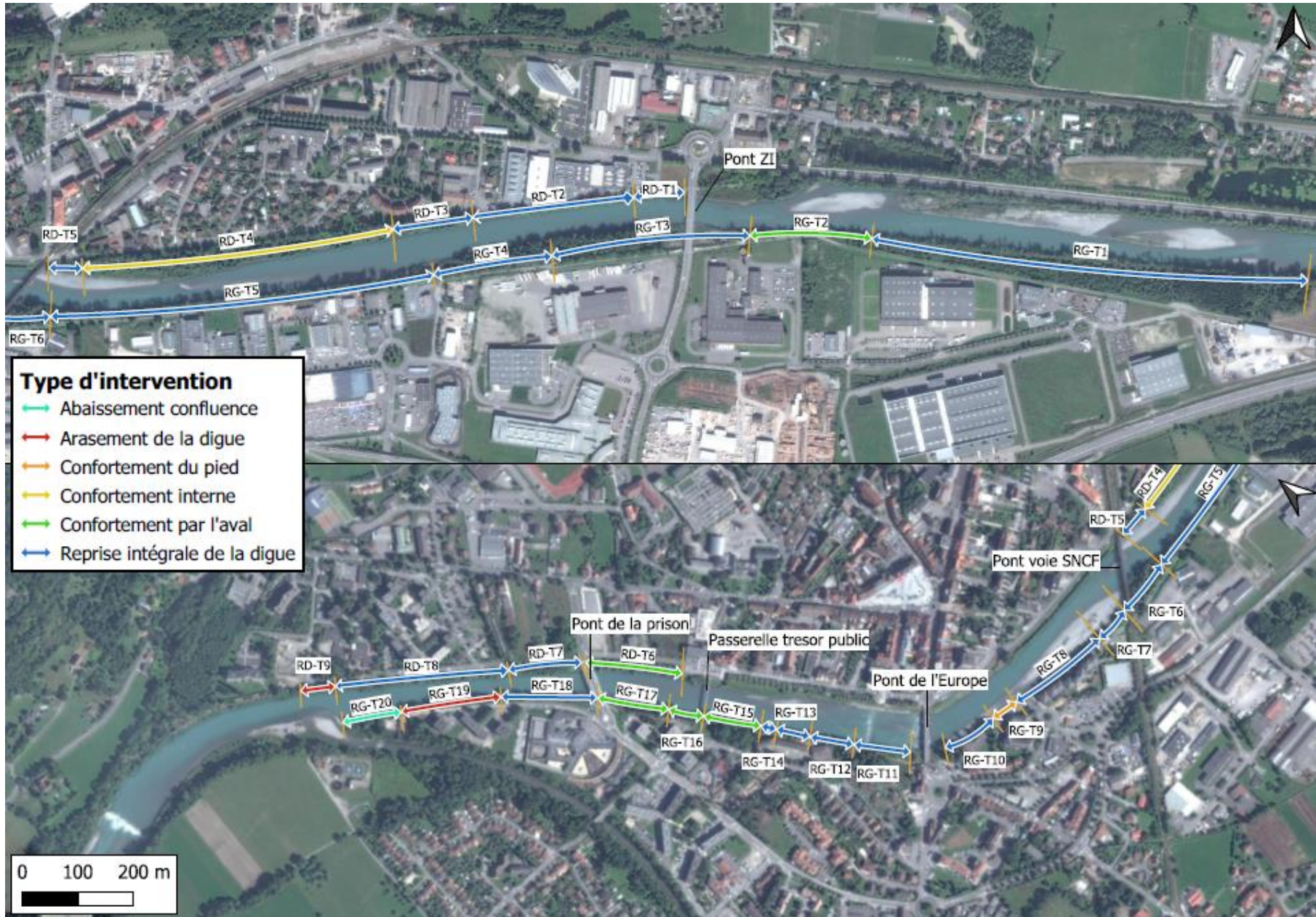


Figure 13 : Vues en plan de la sectorisation des digues en tronçons homogènes.

4.2.2 Principe général de conception

Pour mémoire, tel que susmentionné, l'endiguement de l'Arve, très ancien, puis l'urbanisation du lit majeur (notamment en fonction de l'A40 et des différentes zones artisanales) limitent très fortement toute possibilité d'élargissement de l'espace alluvial.

Une des seules emprises disponibles sur le secteur d'étude est représentée à l'amont par le tronçon noté RG-T1 qui permet d'initier un processus d'érosion du pied de berge de l'Arve avec un certain espace de liberté, l'endiguement renforcé prévu étant éloigné des contraintes principales de l'Arve.

La réflexion s'est faite pour chercher à maintenir au maximum la végétation en place. Néanmoins, compte tenu des contraintes, plusieurs secteurs seront défrichés dans le cadre de l'opération puis vu le linéaire important d'intervention, un phasage des travaux dans le temps est proposé de manière à minimiser les impacts liés à ces défrichements. Il est également proposé la gestion de la végétation en place avec la suppression des espèces végétales exotiques à tendance invasive, l'abattage et l'élagage sélectif des sujets arborés menaçant de basculer en berge puis l'enlèvement de la végétation existante au droit des ouvrages construits (refonte des protections de berge, ancrages des épis, etc.). La lutte contre les espèces exotiques envahissantes se réalise principalement par la coupe des tiges aériennes des renouées asiatiques et buddleias, leur mise en bigs-bags avec évacuation puis le terrassement en déblais des substrats contaminés par les racines de ces espèces puis le broyage-concassage de ces matériaux.

Les interventions permettant de préserver tout ou partie de la végétation des berges, sont similaires à celles retenues dans l'AVP du Borne, et sont les suivantes :

- **Confortement interne :** il s'agit de créer un voile imperméable à l'intérieur de la digue, afin d'assurer une coupure hydraulique supprimant tout risque d'érosion interne de l'ouvrage (lié à la végétation, aux caractéristiques du remblais en place, etc.). Si la digue dans laquelle le voile est disposé n'est pas stable (glissement ou érosion externe), le voile est rendu auto-stable ; il constitue alors à lui seul l'ouvrage de protection contre les inondations.
- **Confortement par l'aval :** il s'agit de créer un ouvrage au droit du talus aval de la digue actuelle maintenue en place, qui joue le rôle de digue. Le type d'ouvrage retenu (mur, parapet, remblais) dépend notamment de l'emprise disponible. Le nouvel ouvrage doit être stable en cas de glissement ou érosion de l'ancienne digue.
- **Création complète d'une nouvelle digue en retrait de la végétation existante :** lorsque les emprises le permettent, l'élargissement de l'espace alluvial peut être opéré en maintenant les franges de végétation actuelles puis en recréant une nouvelle digue complète stable et étanche en retrait. La réfection d'une digue en terre, plus économique, est privilégiée chaque fois que l'espace disponible le permet. Toutefois, le contexte plus urbain et contraint sur l'Arve que sur le Borne, a conduit à retenir également la réalisation de mur digue ou de parois en lieu et place des anciens endiguements.

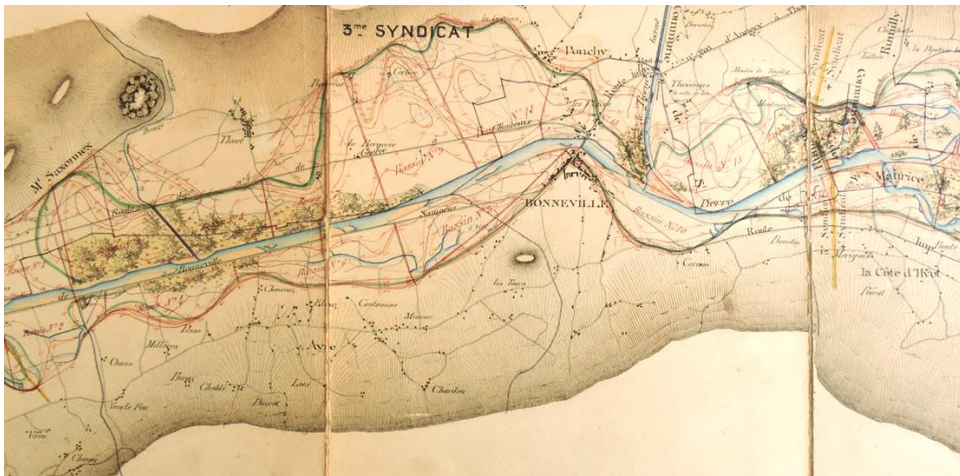
Afin de délester les pieds de berges d'une partie de leurs contraintes hydrauliques, une série d'épis est proposée, notamment dans les sections rectilignes puis légers extrados de méandre de l'Arve. Le calage de la cote supérieure des épis est établi quelques 30 cm au-dessus de la cote atteinte par les hautes eaux moyennes du mois de juillet (fonte des neiges). On verra plus loin que les épis n'ont pas pour seule fonction de participer à la stabilisation des pieds de berge mais jouent également un rôle prépondérant dans la restauration hydro-écologique du lit vif de l'Arve. Ils sont également le support ou le "squelette" au maintien et au développement de risbermes graveleuses au pied des berges ; élément essentiel à la fonction de corridor écologique du cours d'eau.

Lorsque des protections de berge sont nécessaires (par exemple sur les tronçons RD-T1 à RD-T3, RG-T5 ou RG-T7 à RG-T10 par exemples, soit en remplacement d'anciens enrochements/remblais/perrés dégradés, etc.), des techniques mixtes sont proposées, combinant une base sous-fluviale et de pied de berge en enrochement et une partie supérieure issue du génie biologique, illustrée par la technique des lits de plants et plançons (la limite d'implantation de la végétation au-dessus des enrochements est calée quelques 30 cm au-dessus de la cote atteinte par les hautes eaux moyennes du mois de juillet). Par ailleurs, lorsque des bancs alluviaux sont présents en pied de digue, d'altimétrie élevée et avec un caractère fixe suite à l'incision de l'Arve (pas de perspective d'érosion latérale à court et moyen terme), il a été retenu de ne protéger contre l'érosion externe les endiguements reconstruits en arrière que lorsque la largeur de ces bancs est inférieure à 20 m afin de limiter l'impact du projet sur les habitats alluviaux présents sur ces bancs. Ce cas de figure se présente au droit des secteur du Bouchet en rive droite, et des Bordets en rive gauche.

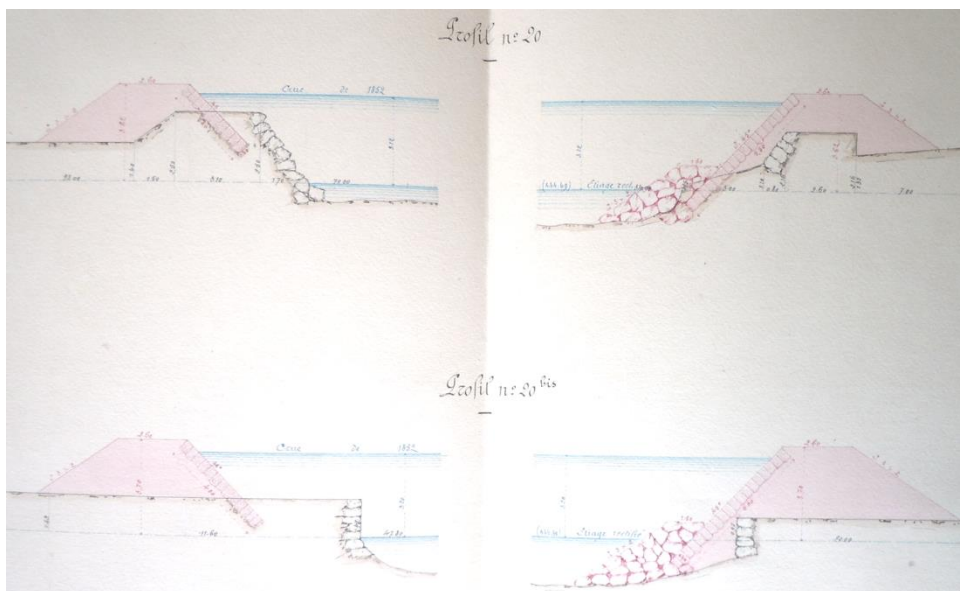
L'ensemble des plans présentés en Annexe 3 de la présente note technique illustrent l'ensemble des aménagements projetés.

4.2.3 Discussion sur l'évolution des bancs de l'Arve et options de protection des berges

Pour mémoire, l'Arve dans le secteur de Bonneville est endiguée depuis très longtemps, avec les premiers grands endiguements sardes entre les années 1760 et 1850 (source ACTHYS-Diffusion).



Projet d'endiguement général de l'Arve suite à la crue de 1859, 1863 (AD74, 3 S 90).



Profils en travers de l'Arve, amont pont de Bonneville, 1863 (AD74, 3 S 90).

Ce sont les crues de 1852 et 1859 qui servent de référence aux nouvelles digues (source ACTHYS-Diffusion).



Carte Etat Major, 1866 : Les berges sont rectilignes, les dépôts solides sont symbolisés par une alternance de bancs alternés et d'îles.



Vue aérienne de 1927 : présence d'îles mais absence totale de bancs alternés végétalisés ; les berges/perrés sont à nu avec une absence de cordons ripicoles.



Vue aérienne de 1936 : les îles commencent à s'étirer et à se coller aux berges sous formes de bancs alternés, mais sans végétation visible.



Vue aérienne de 1948 : la végétation apparaît progressivement sur les bancs alternés, ce qui participe à leur fixation (absence de banc au droit du secteur du Bouchet aval rive droite).



Vue aérienne de 1962 : il reste quelques îles, mais les quelques bancs végétalisés commencent d'être de plus en plus fixés (toujours absence de banc au droit du secteur du Bouchet aval rive droite).



Vue aérienne de 1976 : dès les années 1970, il ne reste presque plus d'îles, les quelques bancs alternés présents sont fortement végétalisés, mais toujours absence de banc au droit du secteur du Bouchet aval rive droite.



Vue aérienne de 1984 : le lit devient de plus en plus fixé, les bancs de plus en plus allongés ; un important banc rive droite se développe progressivement au droit du secteur du Bouchet aval.



Vue aérienne de 2004 : la situation est très similaire à celle d'aujourd'hui, avec des bancs végétalisés très fixés et allongés.

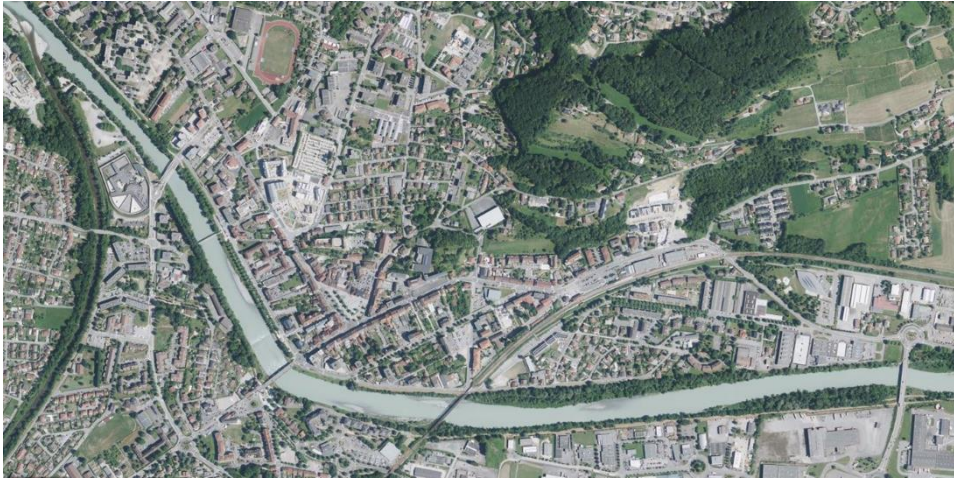


Vue aérienne de 2004 : c'est visiblement aussi en 2004 que le pont de la RD19 est construit, avec la création d'une plateforme en remblai occupant la moitié gauche du lit pour la construction de la pile centrale. Pour mémoire, la plateforme et la pile sont protégées par des enrochements. La stabilité de cette plateforme participe certainement à la fixation du banc aval rive gauche car la configuration générale de ce banc ne s'est quasiment plus modifiée depuis.

Vue aérienne de 2012 puis actuelle (2020) : il n'existe quasiment pas de différence entre la photo de 2012 et celle d'aujourd'hui (2020). La vue aérienne d'aujourd'hui, donc après la crue de 2015, montre ainsi que les bancs n'ont pas été grandement modifiés avec cette crue, en particulier celui du secteur aval du Bouchet rive droite.



2012



2020

Conclusion :

La trajectoire d'évolution de l'Arve influencée par les perturbations successives subies depuis le début fin du 19^{ème} siècle (endiguement, extractions massives, incision, réduction du transit sédimentaire, stabilisation du lit, etc.), montre, sur ce secteur particulier, un ralentissement de la mobilité des bancs alluviaux entraînant leur fixation progressive jusqu'à leur stabilisation par la végétation. Même si la bande active de l'Arve avoisine les 80m de large en cet endroit (largeur limite théorique permettant l'expression d'une certaine activité morphologique), les paramètres morpho-dynamiques observés aujourd'hui (hydrologie et transport solide) ne sont pas de nature à inverser la tendance (peu de modification même lors de crues importantes).

Ce phénomène de fixité est de surcroît favorisé par la présence de la plateforme stabilisée autour de la pile intermédiaire du pont de la ZI qui contraint et guide fortement les écoulements sur ce secteur.

La première solution développée préconise le maintien des bancs alluviaux qui participent à la protection des digues vis-à-vis de l'érosion externe. Cette solution a l'avantage de préserver les milieux alluviaux existants qui sont d'intérêt communautaire ainsi que les atouts paysagers qu'ils représentent (ombrage, vue, ambiance paysagère). Bien que les tendances d'évolution soient clairement en faveur de la stabilité, l'étude des milieux naturels n'étant pas une science exacte et soumise à des phénomènes non maîtrisables notamment climatiques, il est impossible de garantir de manière calculatoire la pérennité des bancs comme cela est fait sur les ouvrages de génie civil. C'est pourquoi, il est préconisé d'effectuer un suivi régulier des bancs notamment à la suite des crues importantes. A noter également, qu'un perré sarde existe sur l'ensemble des linéaires de digue concernés et que même si ce dernier n'est pas pris en compte dans les calculs géotechniques réalisés, il participe à la protection des berges et diminue donc leur vulnérabilité.

La deuxième solution consiste à éliminer l'enrochement de protection de la plateforme entourant la pile intermédiaire du pont de la ZI pour libérer la bande active de l'Arve et ainsi permettre une potentielle divagation de l'Arve à cet endroit précis. Bien que peu probable au vu de la trajectoire d'évolution constatée, la perspective d'une reprise de l'activité morpho-dynamique dans ce secteur avec l'hypothèse de la disparition des bancs au droit des digues, oblige à prévoir des ouvrages de protection contre l'érosion externe sur l'ensemble du tronçon. La mise en place d'enrochements de berge implique le déboisement des bancs actuels sur environ la moitié de leur surface ainsi que la suppression des ombrages portés sur les cheminements riverains, soit un impact sur les formations naturelles existantes et paysager important.

Compte tenu des impacts forts de la deuxième solution sur les milieux existants et des incertitudes qui pèsent sur les gains à long terme, le parti d'aménagement tenant compte de la fixité des bancs actuels (solution 1) a été retenu par le SM3A et la commune de Bonneville (réunion du 22/09/22), à savoir :

- Protéger les berges dans les secteurs où les bancs ne sont pas présents (succession d'épis et recours à des techniques mixtes),
- Préserver les bancs et les boisements alluviaux et corridors existants sans dispositif de protections particulier.

4.2.4 Description par secteur

4.2.4.1 Digue rive droite – RD-T1 à RD T3, RD-T5 (T01 – Digue du Bouchet)

Linéaire d'application : 595 m,

Type d'intervention : reprise intégrale de la digue.

Ce secteur est situé au droit du quartier du Bouchet. Il s'agit ici d'une reprise intégrale de l'ouvrage. Par rapport à l'AVP structurel de 2018, le profil type est optimisé sur le plan environnemental, par l'emploi sur le talus amont d'une technique mixte pour assurer la protection vis-à-vis de l'érosion externe. Ceci permet de recréer un cordon ripicole indigène et adapté.

Les caractéristiques de l'ouvrage sont les suivantes :

- Largeur en crête : 4 m,
- Pentes de talus : 2.0H/1V,
- Talus amont :
 - ♦ Enrochement 60/300 kg jusqu'au niveau du débit moyen mensuel du mois de juillet surélevé de 30 cm,
 - ♦ Lits de plants et plançons 30 cm au-dessus du niveau du débit moyen mensuel de juillet établis sur trois niveaux
 - ♦ Végétalisation simple de la partie supérieure du talus sous forme de plantations indigènes adaptées puis de prairie en partie supérieure (pas de plantations ligneuses au-dessus du TN).
- Talus aval :
 - ♦ Pentes de talus (le cas échéant) : 2.0H/1V,
- Bèche de stabilisation :
 - ♦ Epaisseur : 1.5 m,
 - ♦ Largeur en partie supérieure : 6 m.

Le corps de la digue est constitué d'un remblai homogène avec un fuseau granulométrique adapté.

Une piste d'exploitation est réalisée en crête de l'ouvrage (cf. § 4.2.4.17), à l'exception du tronçon RD-T5 où elle n'est pas nécessaire (voirie existante en pied, absence de débouché vers l'aval, la digue s'interrompant sur le pont de la voie ferrée).

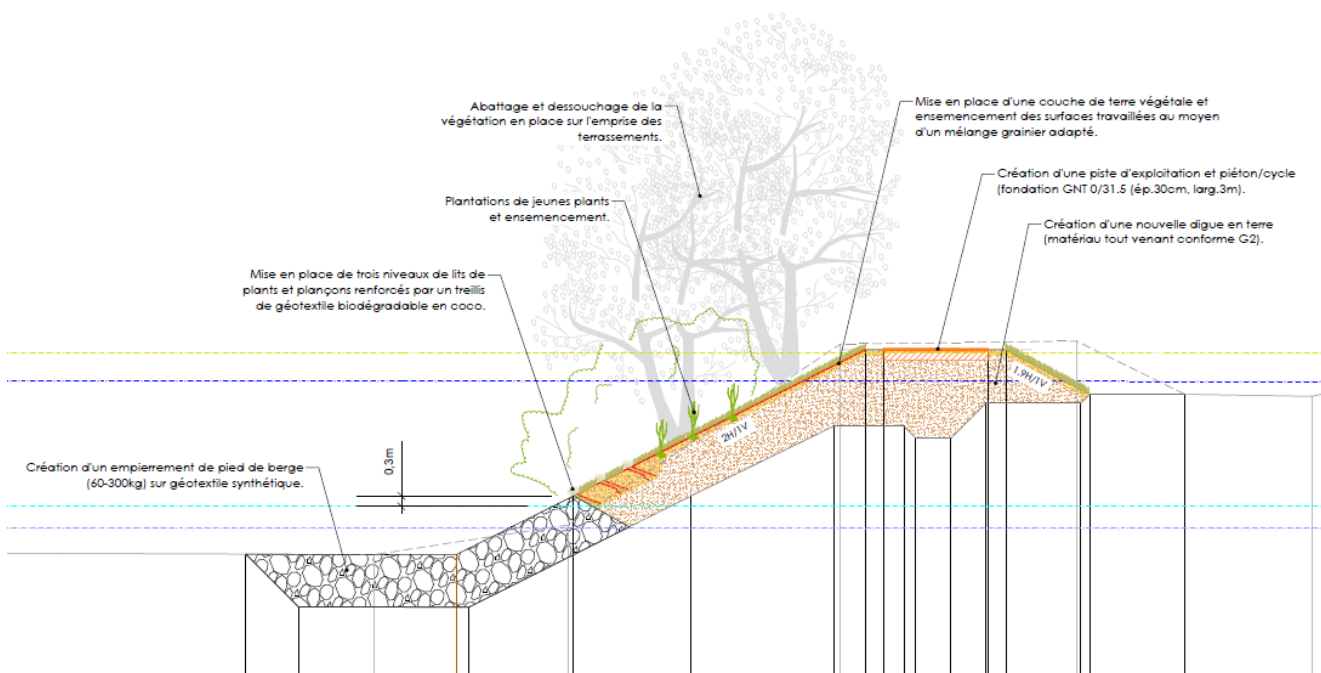


Figure 14 : Profil type RD-T1.

Au droit du tronçon RD-T2, compte-tenu de l'emprise disponible plus réduite au droit de la zone industrielle, l'endiguement est reconstruit sous la forme d'un mur digue côté val :

- Mur préfabriqué de type T renversé,
- Hauteur totale : 1.3 à 2.5 m,
- Largeur de la semelle : 1.5 m,
- Semelle positionnée hors gel, reposant sur un béton de propreté.

Concernant le tronçon RD-T3, situé dans la partie amont du banc alluvial du Bouchet (largeur du banc inférieure à 20 m et nécessitant une protection contre l'érosion externe, cf. § précédent), le banc alluvial sera reconstitué en remblais par-dessus la bèche et le talus enroché, et végétalisé avec des espèces typiques des milieux alluviaux de l'Arve sous la forme d'un ensemencement adapté des surfaces travaillées, voire avec un complément de boutures et pieux de salicacées.

Réflexion paysage :

Sur ce tronçon amont, il n'existe pas de chemin, la restauration de la digue permettra de créer de nouvelle continuité entre le secteur du Bordet et l'Arve amont vers Ayze.

Les vues sur l'Arve seront vite refermées après les travaux, par les techniques végétales qui garantissent la solidité de la protection. Le chemin n'offrira donc pas de vues sur l'Arve, mais sera ombragé sous un couvert végétal dense. Le talus côté val sera raide et surplombera des accès et stationnements appartenant aux entreprises construites à proximité de la digue.

Un remblai/modelé en pente douce s'appuiera sur le talus aval de l'ouvrage. Afin de limiter les vues sur la résidence, depuis le chemin, qui sera probablement plus fréquenté qu'en situation actuelle, un cordon végétal sera implanté sur le remblai, constitué de bosquets arbustifs ponctuels qui garantiront cette intimité. La mise en œuvre d'un géotextile anti-racinaire et le respect d'une distance de sécurité d'au moins deux mètres entre les plantations arbustives et le corps de digue devront être respectés. Plus loin, dans l'espace privé de la résidence, des arbres de hautes tiges pourront être implantés afin de recréer un sous-bois ombragé, compensant la suppression des arbres sur la digue. Cette proposition devra être concertée avec les résidents et les propriétaires.

4.2.4.2 Digue rive droite RD T4 (T01 – Digue du Bouchet)

Linéaire d'application : 565 m,

Type d'intervention : confortement interne (rideau de palplanche).

Un confortement interne de l'ouvrage est préconisé, par la mise en œuvre d'un rideau de palplanche. Cette solution permet, malgré l'étroitesse de la digue actuelle et la raideur des talus, d'atteindre les objectifs de sûreté hydraulique et de stabilité de l'ouvrage, tout en maintenant la végétation sur le banc rive droite de l'Arve et le talus amont sous forme d'ancien perré.

Compte-tenu du caractère fixe du banc alluvial, la stabilité du rideau de palplanche est à vérifier uniquement en cas de glissement du talus amont de la digue actuelle (talus perreyé instable). Au stade AVP, une longueur moyenne de fiche de 13.5 m est considérée (cf. [DA16]) en considérant le glissement du talus amont comme effectifs, ce qui réduit la butée de pied à 4 m en dessous de la crête de digue. Ce dimensionnement sera à affiner au stade PRO.

Les palplanches doivent rester stables même si le talus amont de la digue ne présente pas de facteur de stabilité au glissement acceptable de manière à assurer la protection à long terme. Elles doivent aussi permettre une étanchéité via la mise en place de serrures étanches.

Pour mémoire, le banc est végétalisé d'essences ripicoles adaptées et montre une cote relativement basse inondable par les crues de fréquence biennale, raison pour laquelle il n'a pas été proposé d'intervention sur ce banc ni de protection de digue sous la forme d'un enrochement du talus amont de la digue qui aurait entraîné la suppression d'une épaisse largeur de végétation. Le maintien de la végétation existante sur le talus amont de la digue permet de conserver un ombrage et donc une fraîcheur agréable pour la promenade piétonne en crête de digue.

L'altimétrie de la crête de digue actuelle, supérieure ou égale à la cote $Q_{100} +$ revanche, est conservée. La largeur en crête de la digue restituée est égale à 4 mètres afin de permettre un accès de service au droit des lotissements existants puis égale à 2 mètres sur la partie aval en tant que voie piétonne, la rue du Quai du Bargy en contrebas de la digue pouvant faire office de voie de service.

En partie amont, le talus côté val et les banquettes de part et d'autre du futur cheminement sont ensemencés avec un mélange grainier indigène adapté.

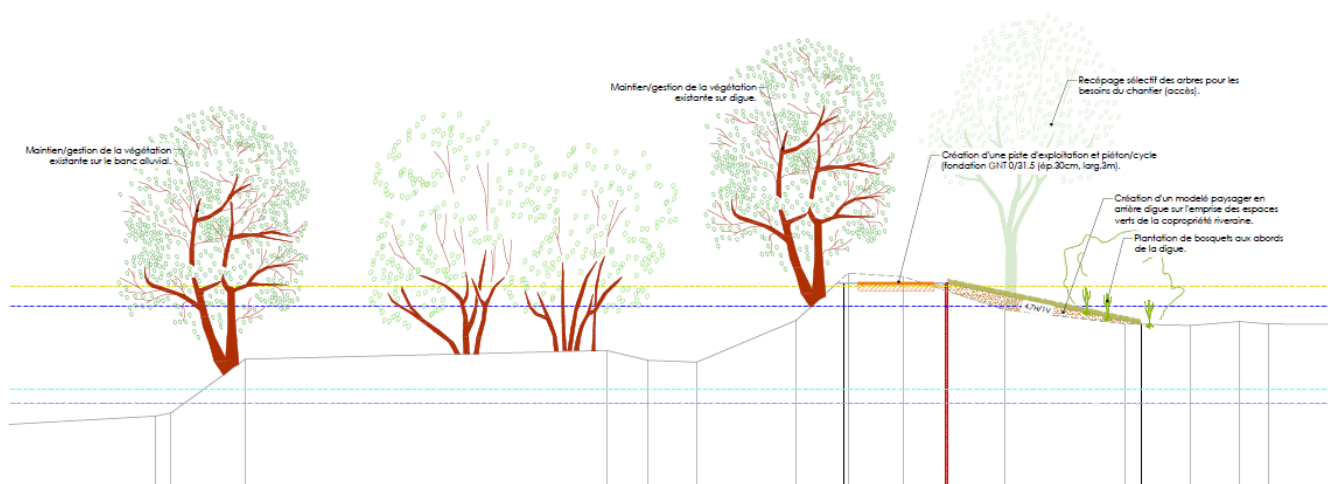


Figure 15 : Profil type RD-T4.

Réflexion paysage :

La conservation du boisement installé durablement sur le banc alluvial est une plus-value non négligeable pour le maintien d'un paysage qualitatif aux abords de l'Arve dans la traversée urbaine de Bonneville. De nombreuses sentes pénètrent ce boisement au-delà de l'ancien perré, ce qui témoigne d'une appropriation importante des riverains qui se promènent, cherchent la fraîcheur du sous-bois ou pratiquent des activités de loisirs, telle que la pêche. En effet, la préservation de milieux naturels et plus particulièrement d'îlots de fraîcheur dans les centres-villes est un objectif essentiel à la préservation d'un cadre agréable pour les citoyens.

Le rideau de palplanche sera invisible, dissimulé sous la digue actuelle et le futur chemin. Le long du quai du Bargy le chemin en crête sera réservé aux piétons, les cyclistes et voitures d'entretien resteront en contrebas. Le talus côté val, séparant le chemin de la voirie pourra être végétalisé (au dos de la palplanche) avec des espèces arbustives basses afin d'améliorer l'ambiance paysagère depuis le chemin et marquer une limite franche entre voie piétonne et voirie partagée.

À l'amont du quai du Bargy, au droit des lotissements, le chemin en crête s'élargira pour laisser passer un véhicule d'entretien. La crête de digue pourra néanmoins être végétalisée avec une strate herbacée, le chemin piéton de 2 mètres de large, en stabilisé renforcé, sinuera sur cette crête. Le talus côté val présentera des pentes variables afin de créer de la diversité. L'emprise du remblai dépendra des arbres à maintenir ou à supprimer. Le pied du talus côté val, sera également sinueux. **Cette diversité de formes, de pentes, d'espaces plantés (bosquets arborés, arbustifs ou prairie) participera à la création d'un cadre paysager diversifié et qualitatif.**

4.2.4.3 Digue rive droite – RD-T6 (T02 – Digue du Trésor public)

Linéaire d'application : 100 m,

Type d'intervention : confortement par l'aval (mur digue).

L'objectif est de réaliser un confortement via un muret/digue disposé en pied de talus aval, tout en maintenant la digue actuelle, dont l'altimétrie est au moins égale à la cote d'arase projetée ($Q_{100} + \text{revanche}$), afin de conserver la végétation présente sur le talus amont.

Le mur de soutènement, dont l'arase supérieure est positionnée à l'altimétrie de $Q_{100} + \text{revanche}$, est étanche et constitue l'ouvrage de protection. Les caractéristiques prises en compte à ce stade sont les suivantes :

- Mur préfabriqué de type T renversé
- Hauteur totale : 1.7 à 2.2 m,
- Largeur de la semelle : 1.8 m,
- Semelle positionnée hors gel, reposant sur un béton de propreté.

Le remblai, réalisé en tout venant, permettra l'élargissement de l'espace public existant sur la digue sans pénaliser les racines de l'alignement d'arbres existant.

Côté amont, six épis seront disposés en pied afin de réduire le risque d'érosion externe du pied de talus en place, associé à une diversification des habitats du lit mineur. Les caractéristiques de ces épis sont précisées au § 7.4. La végétation du talus amont sera conservée tel que susmentionné mais entretenue de manière ciblée (recépage et élagage sélectif) afin de limiter la trop forte présence d'arbres de hauts jets et le risque de déchaussement des substrats de berge par effet de bras de levier sur les racines.

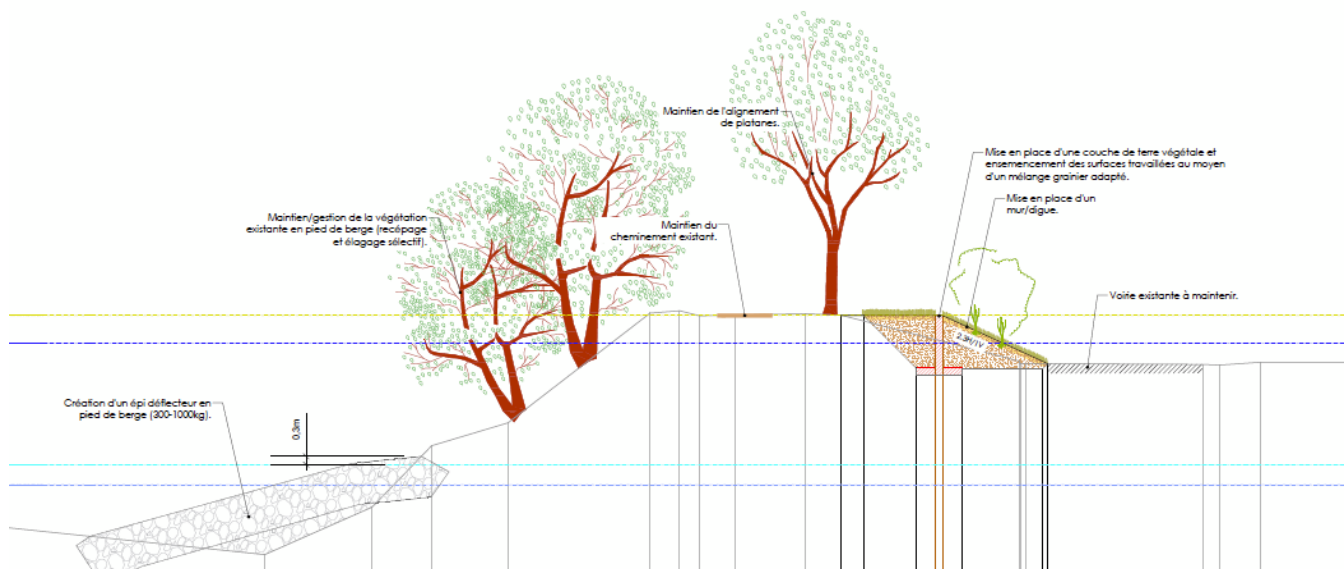


Figure 16 : Profil type RD-T6

Réflexion paysage :

L'aménagement d'un muret-digue le long de la voirie est intéressant sur le plan paysager, car il permet de conserver l'alignement d'arbres déjà en place ainsi que les arbres implantés sur la berge. Comme sur le secteur du Bouchet, il nous apparaît essentiel, lorsque cela est possible, de maintenir le maximum de végétation arborée. Cette strate arborescente apporte un ombrage de qualité et permet de réduire les températures déjà importantes dans les centres-villes. La rivière et ses berges végétalisées seront probablement dans quelques années des lieux de ressourcement indispensables lors des fortes chaleurs estivales et printanières. La sur largeur gagnée pour l'espace public permettra de décaler les bancs existants du chemin existant, qui est maintenu, sous les arbres d'alignement. Pour éviter la chute, le muret-digue pourra être rehaussé de 0,40 mètre environ par rapport au niveau du remblai. Au droit du parking existant, le muret séparera les places de stationnements et le chemin piéton.

Il apparaît important de soigner la qualité du muret qui sera largement visible depuis la route. Une bande de 1,50 m à 2 m minimum en pente, entre la route et le muret, permettrait de planter une strate arbustive basse afin de dissimuler l'aspect rigide et rectiligne du muret. Cette haie basse devra être entretenue pour ne pas réduire la visibilité depuis la voirie. Si cette haie dépasse en hauteur le muret, elle assurera une limite plus franche entre l'espace public ombragé et la route.

Sur ce secteur, au droit des bâtiments, aucun passage piéton n'est indiqué, et ce malgré la construction d'immeubles récents. Il n'apparaît donc pas nécessaire d'aménager un escalier ou une pente douce pour franchir le muret et rejoindre l'espace piéton.

4.2.4.4 Digue rive droite – RD-T7 à RD T9 (T01 – Digue des Rêvées / T01 – Lisière du Clos)

Linéaire d'application : 520 m,

Type d'intervention : reprise intégrale de la digue.

Ce secteur est situé au droit du Quai d'Arve. Il s'agit ici d'une reprise intégrale de l'ouvrage dont la cote supérieure actuelle est supérieure à la cote Q100+revanche. La reprise de l'ensemble du talus amont permet également de supprimer l'ancien mur existant de haut de berge puis d'adoucir le profil de pente à quelques 2.2H/1V, ce qui donne une légère sur largeur au lit mineur de l'Arve dans un secteur particulièrement étroit. Le talus amont est protégé par une technique mixte, ce qui permet de recréer un cordon ripicole indigène et adapté, renforcé par la mise en place d'une série de 10 épis afin de réduire le risque d'érosion externe du pied de talus en place, associé à une diversification des habitats du lit mineur. Les caractéristiques de ces épis sont précisées au § 7.4.

Les caractéristiques communes à l'ensemble des ouvrages du tronçon sont les suivantes :

- Pente du talus amont : 2.2H/1V,
- Enrochement jusqu'au niveau du débit moyen mensuel du mois de juillet surélevé de 30 cm,
- Lits de plants et plançons 30 cm au-dessus du niveau du débit moyen mensuel de juillet établis sur quatre niveaux en fonction des contraintes hydrauliques plus élevées sur ce tronçon étroit de l'Arve,

- Végétalisation simple de la partie supérieure du talus sous forme de plantations indigènes adaptées puis de prairie en partie supérieure.

Sur les 140 m les plus à l'amont (RD-T7) l'espace disponible permet de recréer une digue en terre :

- Largeur en crête : 4 m,
- Pentés du talus aval : 2H/1V,
- Talus amont :
 - ♦ Enrochements 300/1000 kg jusqu'au niveau du débit moyen mensuel du mois de juillet surélevé de 30 cm,
 - ♦ Bèche de stabilisation :
 - Epaisseur : 1.5 m,
 - Largeur en partie supérieure : 6 m.

La piste d'exploitation, en crête de l'ouvrage, sert également de piste pour les modes doux.

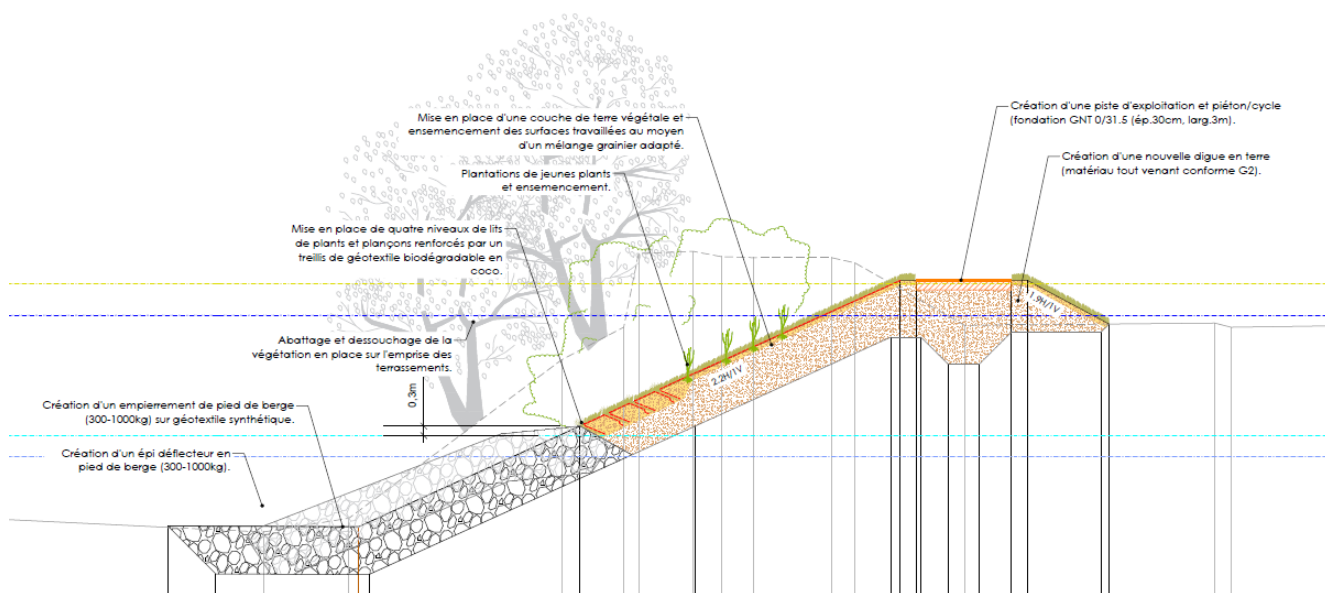


Figure 17 : Profil type RD T7

Sur les 315 m suivant (RD-T8), l'ouvrage de protection est constitué par un mur béton du fait de l'espace contraint par la voirie existante au droit du quartier des îles, et par la nécessité d'assurer la continuité vers l'aval de la piste modes doux.

Ses caractéristiques sont les suivantes :

- Mur en L,
- Hauteur totale : 1.6 à 2 m,
- Largeur de la semelle : 1.2 m,
- Semelle positionnée hors gel, reposant sur un béton de propreté.

Le talus est traité de la façon suivante :

- ♦ Enrochements 1000/3000 kg jusqu'au niveau du débit moyen mensuel du mois de juillet surélevé de 30 cm,
- ♦ Bèche de stabilisation :
 - Epaisseur : 2 m,
 - Largeur en partie supérieure : 6 m.

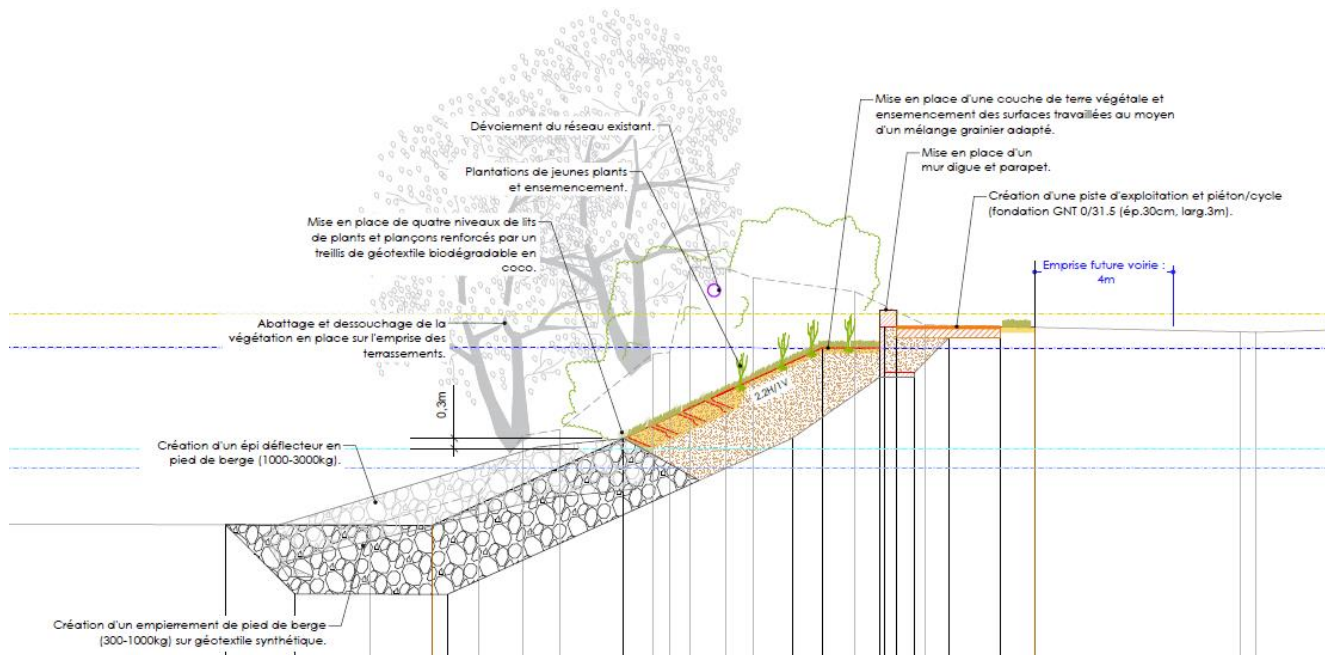


Figure 18 : Profil type RD T8.

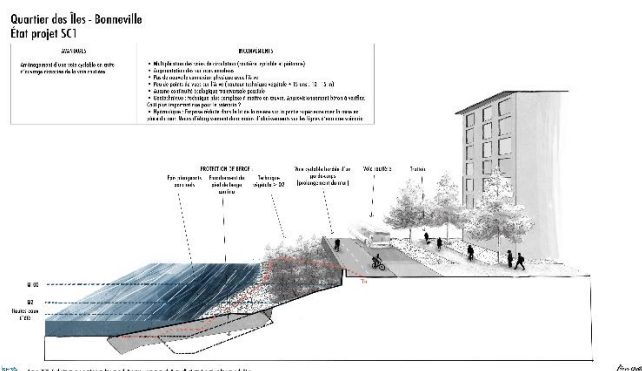
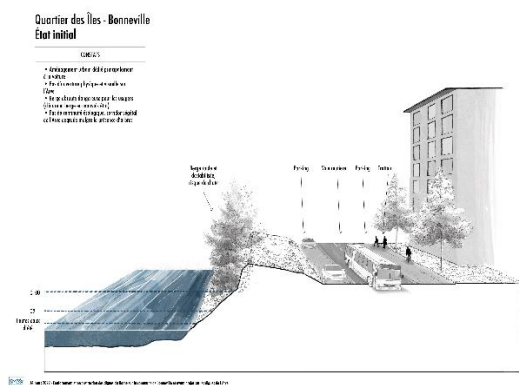
Le tronçon suivant (RD-T9) constitue le raccordement entre la digue du RD-T8 et la berge de la Lisière du clos laissée en l'état. Le TN y est supérieur au niveau de $Q_{100} +$ revanche. Le talus de la berge est traité de façon identique à celui du RD-T7. Un mur béton pourra être mis en place en crête de berge à des fins paysagère (pas de rôle de protection contre les inondations).

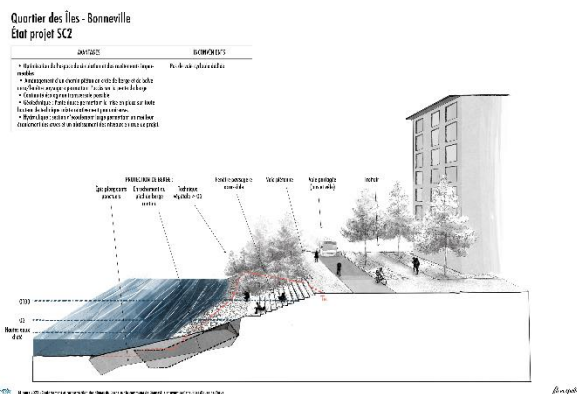
Réflexion paysage

L'objectif paysager est d'assurer sur ce tronçon une continuité piétonne entre le centre-ville et le chemin de l'Arve en aval (via les quais). Ici, l'altimétrie du chemin est variable. Il est par endroit nécessaire de créer un muret-digue. Afin de conserver une cohérence sur ce linéaire, depuis le pont de la prison jusqu'au quartier des îles, le muret sera prolongé à hauteur identique par rapport au chemin, même si celui-ci ne fait pas office de digue. Lorsque le muret n'est pas nécessaire, il sera possible de créer une ouverture de 3 mètres environ, telle une porte, afin que les usagers puissent rejoindre le chemin sans avoir à enjamber le muret.

Le muret béton devra être soigné sur le plan esthétique. Un revêtement en pierres serait souhaitable. Si la largeur le permet, un parterre arbustif bas, entre le mur et la voirie serait également approprié afin de limiter l'impact d'une nouvelle construction très anthropique aux abords de l'Arve, qui se veulent plus naturels.

Trois scénarios de projets ont été proposé en amont de la rédaction de cet AVP. Pour des raisons foncière et pratiques pour les circulations dans le quartier des îles, le scénario 1 a été retenue. Une bande enherbée devra néanmoins être étudiée entre la voie routière et la voie verte. Le revêtement de la voie verte ne sera pas obligatoirement en enrobé, mais pourra être du stabilisé renforcé.





4.2.4.5 Digue rive gauche – RG-T1 (T02 – Bordet Colas / T01 – ZAC des Bordets 1 / T02 – Bordet Amont Pont ZI)

Linéaire d'application : 790 m,

Type d'intervention : reprise intégrale de la digue de second rang et dépose de la digue de premier rang.

L'espace foncier disponible et les potentialités de restauration écologique permettent, au droit de ce secteur, de déposer la digue de premier rang pour élargir l'espace de liberté de l'Arve. La terrasse alluviale est très haute par rapport aux écoulements de crue de l'Arve (cote proche, voire supérieure à la cote atteinte par la crue centennale), de sorte que ce tronçon pourra potentiellement servir de source de matériaux pour la constitution du corps des nouvelles digues. Dans tous les cas, un front de berge subvertical sera restitué afin de favoriser l'érosion latérale et la dynamique alluviale dans cet espace retrouvé.

L'actuelle digue de second rang (merlon des Bordets) ne garantit pas la revanche de 0.8 m à la crue de projet et doit donc être reprise. Les caractéristiques du nouvel ouvrage sont les suivantes :

- Largeur en crête : 4 m,
- Pente des talus : 2.0H/1V.

Compte-tenu de l'éloignement de l'ouvrage avec le lit de l'Arve (environ 20 m sur la partie aval à plus de 80 m à l'amont), sa protection contre l'érosion externe n'est pas nécessaire.

4.2.4.6 Digue rive gauche – RG-T2 (T02 – Bordet Amont Pont ZI)

Linéaire d'application : 220 m,

Type d'intervention : confortement par l'aval/recul de digue.

L'objectif sur ce secteur est de recréer une nouvelle digue une quinzaine de mètres derrière la digue existante, en conservant cette-dernière afin de maintenir la végétation présente sur le talus amont. La conservation de la digue actuelle sert également de protection contre l'érosion externe.

Les caractéristiques de l'ouvrages sont identiques à celle de la digue du tronçon précédent :

- Largeur en crête : 4 m,
- Pente des talus : 2.0H/1V.

L'espace entre l'ancienne et la nouvelle digue est remblayé ; les talus et crêtes de digue hors emprise du chemin piétons/cycles et voie de service sont entièrement végétalisés avec un ensemencement herbacé indigène adapté.

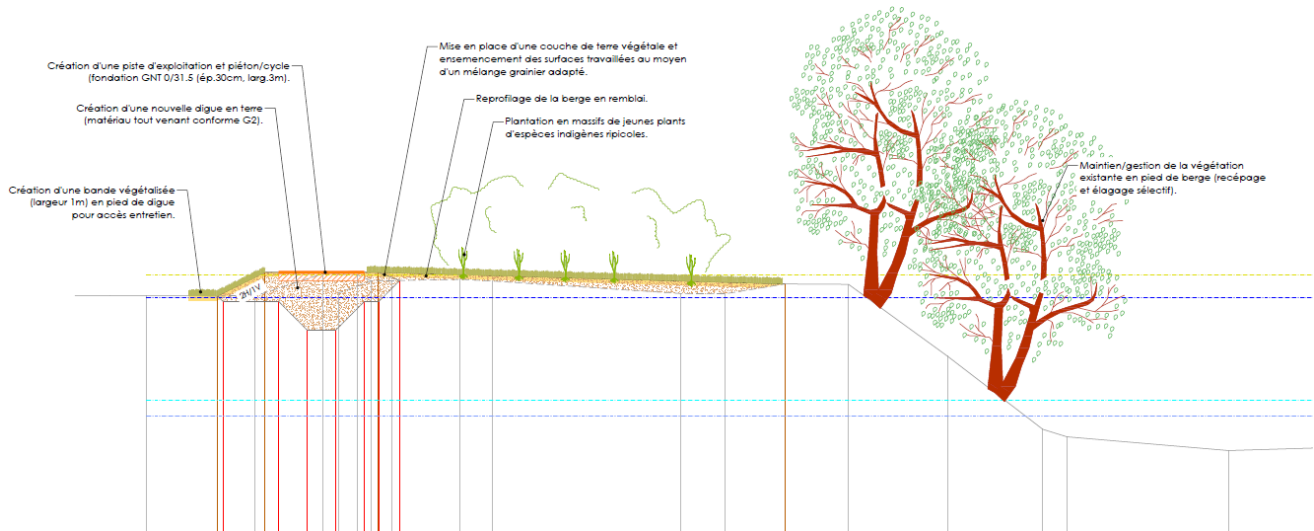


Figure 19 : Profil type RG-T2

4.2.4.7 Digue rive gauche – RG-T3, RG-T4 et RG-T6 (T02 – Bordet Amont Pont ZI / T01 – Bordet Aval Pont ZI)

Linéaire d'application : 695 m,

Type d'intervention : reprise intégrale de la digue.

Ce secteur concerne la digue des Bordets, là où un banc alluvial est présent en pied de l'ouvrage : de part et d'autre du pont de la RD1205 (pont de la ZI) et en amont immédiat du pont SNCF.

L'objectif est de reconstruire une digue en terre en partie dans l'emprise de la digue voire en léger recul de la digue actuelle en tirant parti de l'emprise foncière disponible.

Compte-tenu de la fixité du banc alluvial (cf. § 4.2.3), garantie par les enrochements présents de part et d'autre du pont de la RD1205, et des vitesses d'écoulement faibles sur le talus amont de la digue (inférieures à 1 m/s) il n'est pas prescrit de protection de l'ouvrage contre l'érosion externe, afin de limiter l'incidence sur les boisements et les habitats alluviaux présents sur le banc.

Il est également à noter que contrairement aux secteurs RG-T1 et RG-T2, la terrasse riveraine est ici beaucoup plus basse et inondable par les crues de l'Arve de fréquence environ biennale ; de ce fait aucune action de restauration particulière n'est proposée sur ce banc latéral de l'Arve.

Les caractéristiques de l'ouvrage sont les suivantes :

- Largeur en crête : 4 m,
- Pente des talus : 2.0H/1V.

Les talus et crêtes de digue hors emprise du chemin piétons/cycles et voie de service sont entièrement végétalisés avec un ensemencement indigène adapté.

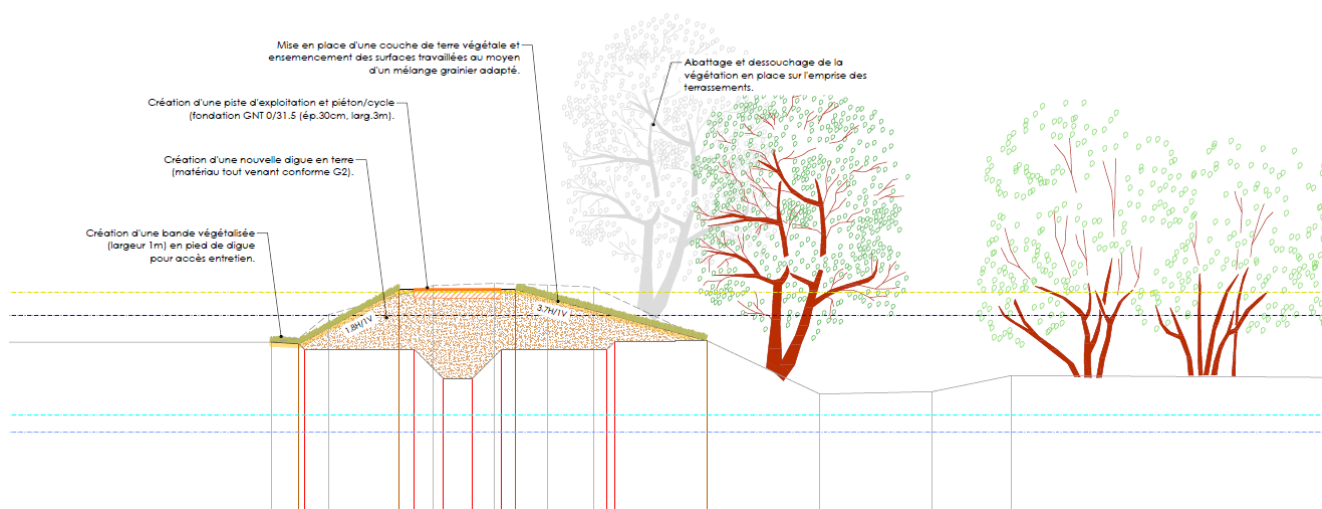


Figure 20 : Profil type RG-T3

Réflexion paysage

Des **fenêtres paysagères** pourraient être créées dans la ripisylve pour donner à voir l'Arve depuis le chemin en crête de digue. Les fenêtres paysagères ne sont pas des coupes à blanc, qui seraient néfastes à la continuité écologique. Il suffit de profiter d'un espace déjà légèrement ouvert et de supprimer en partie les arbustes hauts, qui arrivent à hauteur de la digue. Cette fenêtre peut présenter différentes largeurs, étroite ou plus large, sans nuire à la continuité végétale. Ce sont des ouvertures qui mettent en scène l'Arve, tel un tableau et qui permettent de créer de la diversité dans la promenade. Elles doivent être entretenues, mais peuvent aussi être déplacées en fonction de l'état de la végétation. C'est un travail de « jardinage » qui peut paraître fastidieux, mais qui assure satisfaction, car il permet de prendre en compte l'utilisateur dans la démarche de gestion des ouvrages. C'est une manière de « réenchanter la technique », le gestionnaire de digue est un aménageur sensibilisé qui est autant en capacité d'entretenir des ouvrages que d'aménager le territoire pour le bien commun.



Ci-contre : Nouvelle fenêtre paysagère sur l'Arve depuis la digue de la Châtelaine.

La strate herbacée et arbustive pourra se développer sans refermer entièrement les points de vues lointains.

Photo : l'Onde-Châtelaine-juin 2022

4.2.4.8 Digue rive gauche – RG-T5 (T01 – Bordet Aval Pont ZI)

Linéaire d'application : 680 m,

Type d'intervention : reprise intégrale de la digue.

Ce secteur est situé au droit d'une zone artisanale de Bonneville. Il s'agit ici d'une reprise intégrale avec un léger retrait de la digue à l'intérieur des terres, ce qui permet d'adoucir le talus de berge dans un secteur très contraint de l'Arve. Le talus amont est protégé par une technique mixte, ce qui permet de recréer un cordon ripicole indigène et adapté, renforcé par la mise en place d'une série de 10 épis afin de réduire le risque d'érosion externe du pied de talus en place, associé à une diversification des habitats du lit mineur. Les caractéristiques de ces épis sont précisées au § 7.4. Le haut de berge est aménagé d'une nouvelle digue sur laquelle est positionnée une voie piétonne/cycles. L'éloignement de certaines infrastructures de la zone artisanale permet de gagner localement une bande de terrain sur le domaine privé pour y reconstituer un corridor végétal en pied de digue côté aval de l'ouvrage.

Les caractéristiques de l'ouvrage sont les suivantes :

- Largeur en crête : 4 m,
- Pentes de talus : 2.0H/1V,
- Talus amont :
 - ♦ Enrochement 60/300 kg jusqu'au niveau du débit moyen mensuel du mois de juillet surélevé de 30 cm,
 - ♦ Lits de plants et plançons 30 cm au-dessus du niveau du débit moyen mensuel de juillet établis sur trois niveaux
 - ♦ Végétalisation simple de la partie supérieure du talus sous forme de plantations indigènes adaptées puis de prairie en partie supérieure (au-dessus de la cote du terrain naturel).
- Bèche de stabilisation :
 - ♦ Epaisseur : 1.5 m,
 - ♦ Largeur en partie supérieure : 6 m.

Le corps de la digue est constitué d'un remblai homogène avec un fuseau granulométrique adapté.

La partie digue (au-delà de la cote du TN aval) est végétalisée par un ensemencement herbacé.

Une piste de service et piétons/cycles est reconstituée en crête de l'ouvrage.

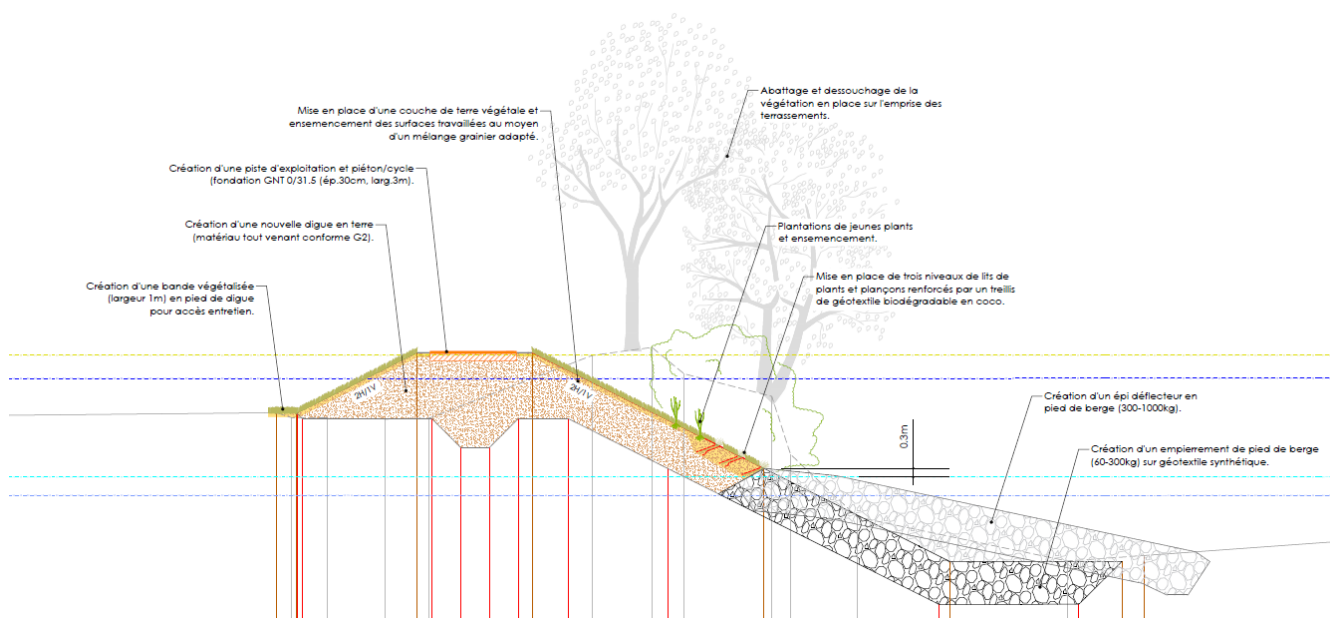


Figure 21 : Profil type RG-T5

Réflexion paysage

Idem tronçon RG-T3, RG-T4 et RG-T6.

4.2.4.9 Digue rive gauche – RG-T7 (T02 – Saint-Esprit)

Linéaire d'application : 65 m,

Type d'intervention : reprise intégrale de la digue.

Ce tronçon correspond à l'amont du secteur des Places, moins contraint par les aménagements urbains. Il s'agit ici d'une reprise intégrale de l'ouvrage en terre, avec une protection du talus amont en technique mixte, permettant de recréer un cordon ripicole indigène et adapté.

Les caractéristiques de l'ouvrage sont les suivantes :

- Largeur en crête : 4 m,
- Pentes de talus : 2.0H/1V,
- Talus amont :

- ◆ Enrochement 60/300 kg jusqu'au niveau du débit moyen mensuel du mois de juillet surélevé de 30 cm,
- ◆ Lits de plants et plançons 30 cm au-dessus du niveau du débit moyen mensuel de juillet établis sur trois niveaux
- ◆ Végétalisation simple de la partie supérieure du talus sous forme de plantations indigènes adaptées puis de prairie en partie supérieure (au-dessus de la cote du terrain naturel).
- Bèche de stabilisation :
 - ◆ Epaisseur : 1.5 m,
 - ◆ Largeur en partie supérieure : 6 m.

Le corps de la digue est constitué d'un remblai homogène avec un fuseau granulométrique adapté.

La partie digue (au-delà de la cote du TN aval) est végétalisée par un ensemencement herbacé.

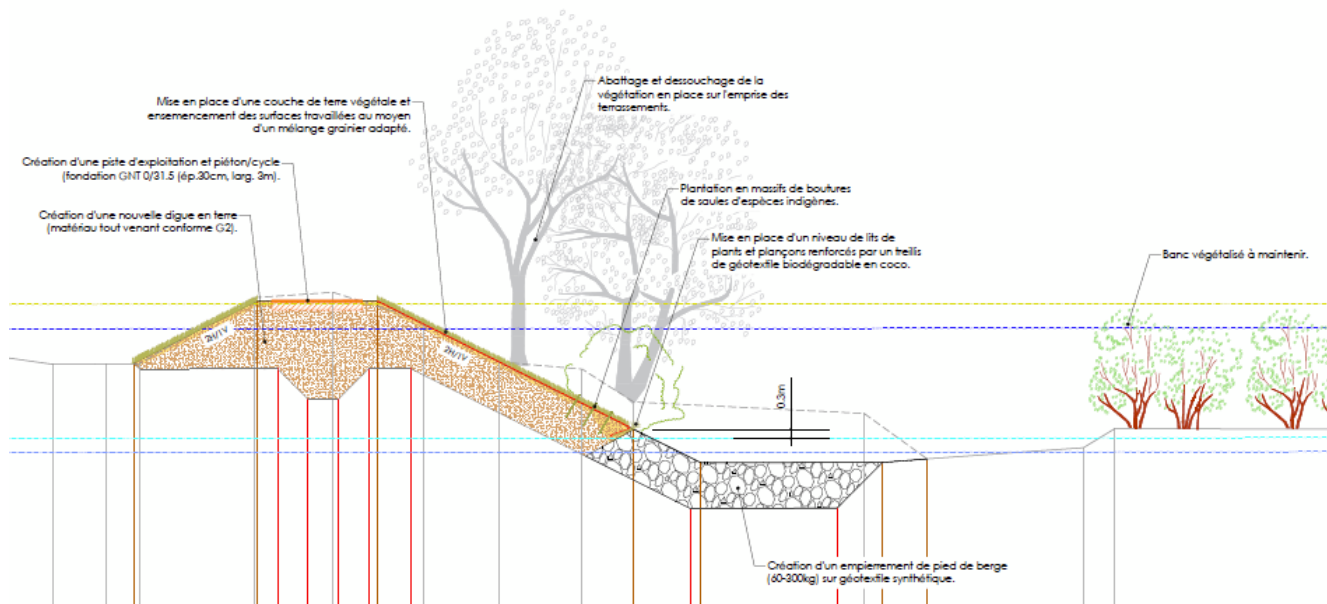


Figure 22 : Profil type RG-T7

Réflexion paysage

Ce tronçon sera enjambé par la nouvelle passerelle piétonne en projet.

4.2.4.10 Digue rive gauche RG-T8 à RG-T10 (T02 – Saint-Esprit / T01 – La Colonne)

Linéaire d'application : 330 m,

Type d'intervention : reprise intégrale de la digue mur.

Ce secteur correspond à la partie urbaine du secteur des places le long de la rue Paul Verlaine (RG-T8), puis de la place des Poètes (RG-T9), puis de la propriété située en amont immédiat du pont de l'Europe (RG-T10).

Sur la totalité du secteur est prévue la protection du pied de berge vis-à-vis de l'érosion externe par une technique mixte :

- Enrochement 60/300 kg jusqu'au niveau du débit moyen mensuel du mois de juillet surélevé de 30 cm,
- Lits de plants et plançons 30 cm au-dessus du niveau du débit moyen mensuel de juillet établis sur un niveau (secteurs RG-T8 et RG-T9) puis sur trois niveaux (secteur RG-T10),
- Végétalisation simple de la partie supérieure du talus sous forme de boutures de saules (secteurs RG-T8 et RG-T9) et de plantations indigènes adaptées (secteur RG-T10), puis de prairie en partie supérieure.
- Bèche de stabilisation :

- ◆ Epaisseur : 1.5 m,
- ◆ Largeur en partie supérieure : 6 m.

Un cheminement piéton est inséré dans le profil sur la risberme présente au droit des tronçons RG-T8 et T9, puis dans le talus terrassé au droit du tronçon RG-T10, sentier dont la continuité permettra de rejoindre les aménagements piétons déjà réalisés sous le pont de l'Europe. Au pied de ce cheminement, le talus amont est protégé par une technique mixte, ce qui permet de recréer un cordon ripicole indigène et adapté.

Au droit du tronçon RG-T8 (linéaire d'application : 190 m), l'altimétrie du TN aval est proche du niveau de la crue de projet, mais insuffisante pour garantir la revanche de 0.8 m. Le projet prévoit la réfection d'un perré en retrait du perré existant, surmonté d'un muret digue.

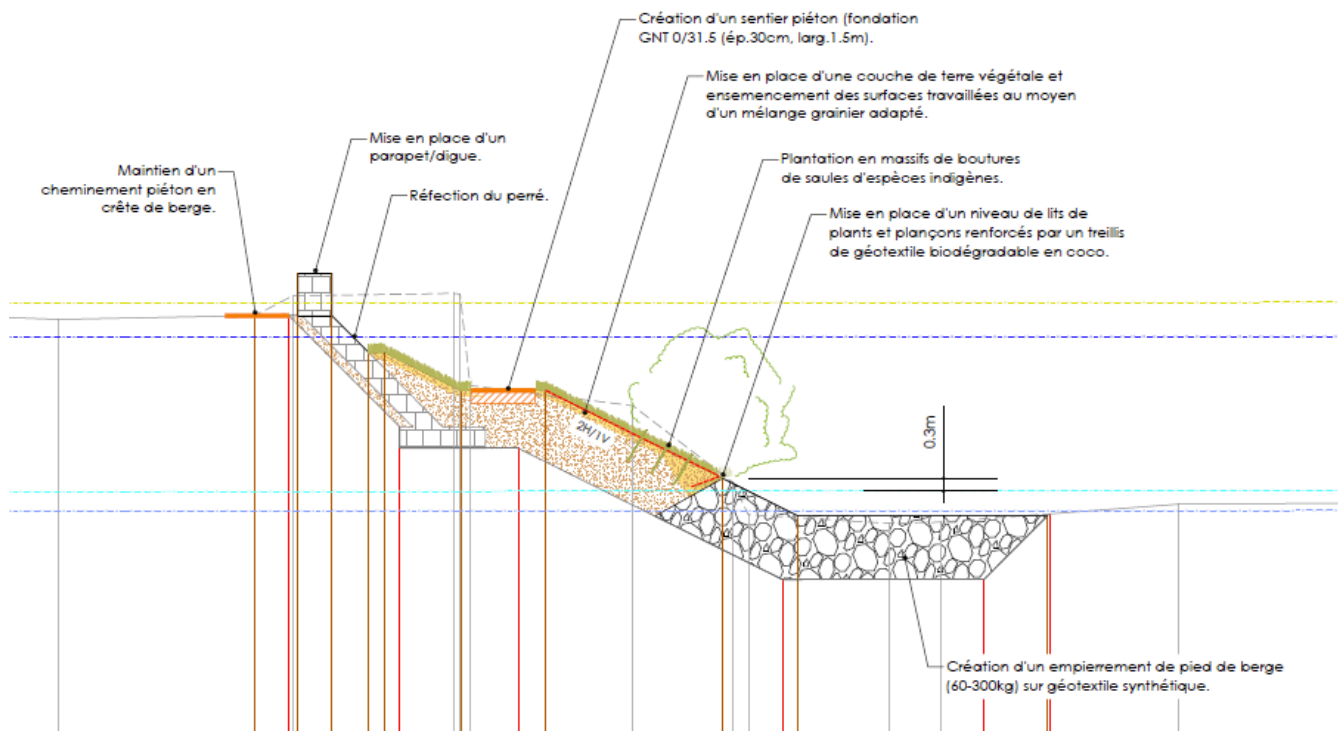


Figure 23 : Profil type RG-T8

Au droit du tronçon RG-T9 (linéaire d'application : 50 m), l'arase du mur existant est supérieure au niveau de Q_{100} + revanche. Ce mur, ainsi que le parapet qui le surmonte, sont maintenus en place.

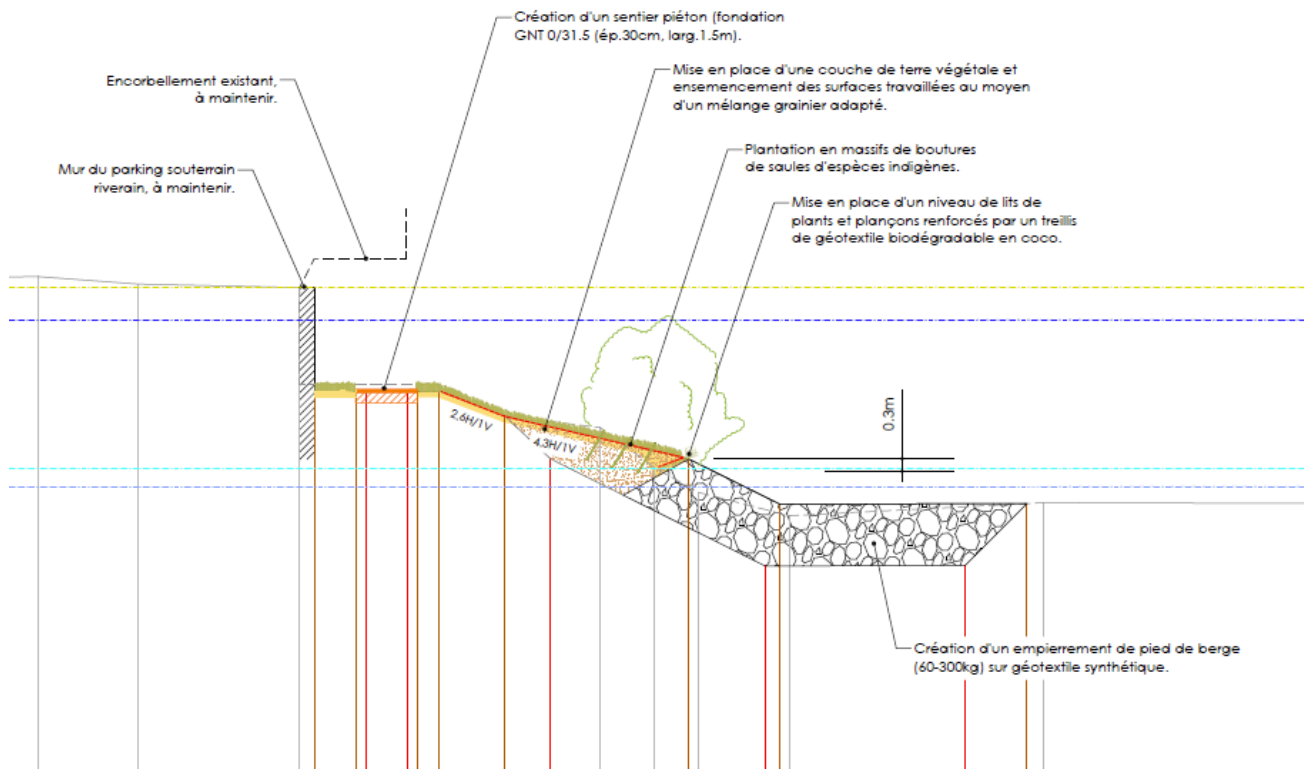


Figure 24 : Profil type RG-T9.

Au droit de la propriété située en amont immédiat du pont de l'Europe (RG-T10), à l'instar du tronçon RG-T8, l'altimétrie du TN aval est proche du niveau de la crue de projet, mais insuffisante pour garantir la revanche de 0.8 m. De part et d'autre de la maison (talus existant très raide), le profil retenu consiste à gagner de l'espace sur le terrain privé pour adoucir suffisamment le talus pour assurer sa stabilité sans impact sur la section hydraulique. L'ouvrage de protection est constitué d'un muret digue en crête de berge. Les caractéristiques du profil sont les suivantes :

- Linéaire d'application : 75 m
- Pente de talus : 2H/1V,
- Mur préfabriqué de type T renversé
 - ◆ Hauteur totale : 1.3 à 1.8 m,
 - ◆ Largeur de la semelle : 1.1 m,
 - ◆ Semelle positionnée hors gel, reposant sur un béton de propreté.

Au droit de la maison elle-même, située en partie dans la digue actuelle, la mise en œuvre d'une paroi berlinoise devant le mur côté Arve est prescrite pour constituer l'ouvrage de protection. Les caractéristiques retenues au stade AVP les suivantes :

- Linéaire d'application : 20 m,
- Espacement des profilés métalliques : 1.5 m,
- Profondeur de fiche des profilés métalliques : 7.5 m,
- Hauteur des parement béton : 2.5 m.

Le dimensionnement de cet ouvrage sera à affiner au stade Projet.

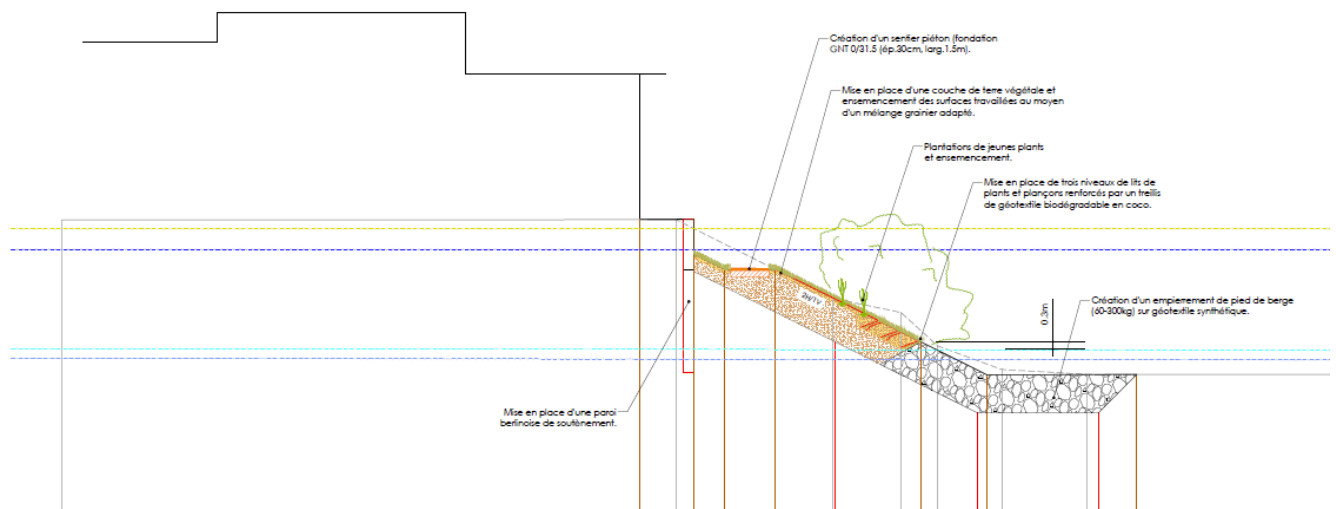


Figure 25 : Profil type RGT-10 au droit de la maison.

Réflexion paysage

Le quartier des Places est aujourd'hui ouvert sur l'Arve avec de larges points de vues sur l'espace alluvial et la rive opposée. C'est une plus-value paysagère qui devra être maintenue, malgré les aménagements de la digue.

Les arbres existants (tilleuls ornementaux) seront néanmoins supprimés, il n'est pas possible de restaurer l'ouvrage en les conservant. Des bosquets au plus proche de l'Arve seront implantés. Un chemin-trottoir sera maintenu en partie haute sous forme de quai. Le mur de la digue fera office de garde-corps. Le maintien de ce trottoir est indispensable pour la commune de Bonneville, mais plus compliqué pour la reprise de l'ouvrage qui prendra plus de place en largeur qu'actuellement. Une vision globale, urbaine, devra être apportée en phase Projet afin de réduire la largeur de la voirie par endroit et maintenir un trottoir de 1,20 mètre minimum. En contrebas du mur, un chemin piéton et cycle (VTT) inondable permettra de relier le quartier des Places au pont de l'Europe en restant le long de l'Arve. En effet, la propriété au niveau du pont de l'Europe ne permet pas d'assurer la continuité du chemin haut qui doit contourner le pâté de maisons.

Des escaliers le long du mur pourront être créés, afin de relier les cheminements hauts et bas. Une rampe à l'amont de ce secteur permettra également de rejoindre la partie haute et la rampe de la future passerelle.

Ce chemin au plus près de l'eau sera une promenade fraîche et de qualité pour les usagers, un espace de contemplation, praticable hors crues et hautes eaux d'été.

Le mur béton du parking souterrain pourra être intégré de différente manière : fresques ou plantes grimpantes. Cependant, les plantes grimpantes nécessiteront un entretien important et devront également résister aux crues de l'Arve, c'est une proposition à étudier en phase Projet. Aucun mobilier urbain ne devra être implanté, il serait mis à mal à chaque crue. Cette terrasse alluviale accessible est la seule sur toute la traversée de l'Arve dans Bonneville. Elle reste néanmoins un espace naturel qui ne devra pas être anthropisé, seul le chemin inondable sera aménagé.

En partie aval, au droit de la propriété, le passage sera étroit, mais assuré grâce à la création d'une paroi berlinoise. Cet ouvrage sera impactant sur le plan paysager, c'est pourquoi il sera préférable de végétaliser son pied avec des boutures de saules plantés densément. La croissance rapide du saule assurera l'intégration de l'ouvrage et ses branches souples côté chemin pourront être régulièrement taillées sans dénaturer les sujets.

Les perrés sardes existants au droit de la maison seront supprimés, mais maintenus en aval immédiat de la maison, au plus proche de l'espace public réalisé par la commune de Bonneville, sous le pont de l'Europe. Au droit du quartier des places et à l'aval, au pied de la maison, les pierres taillées du perré sarde pourront être conservées et réutilisées pour la conception des talus de type "quai" et d'un mur contre la paroi berlinoise. Les transitions, entre ce mur qui dissimulera la paroi berlinoise et le perré sarde existant conservé en aval, devront être soigné et étudié plus finement au stade projet.



Photomontage : Atelier Polis- Quartier des Places 5 ans et 15 ans après travaux.

4.2.4.11 Digue rive gauche – RG-T11 (T01 – Bois Jolivet Aval)

Linéaire d'application : 100 m,

Type d'intervention : reprise intégrale de la digue.

Ce secteur constitue une transition entre la berge existante enrochée liée au seuil du Pont de l'Europe et la nécessaire reprise complète de la berge à l'aval. Les enrochements du talus amont de berge sont ainsi maintenus et une reconstruction totale de la digue en haut de berge est réalisée, en remplacement d'un ancien perré.

Les caractéristiques de l'ouvrage sont les suivantes :

- Largeur en crête : 4 m,
- Pente des talus : 2.0H/1V,

Les talus et crêtes de digue hors emprise du chemin piétons et voie de service sont entièrement végétalisés avec un ensemencement indigène adapté.

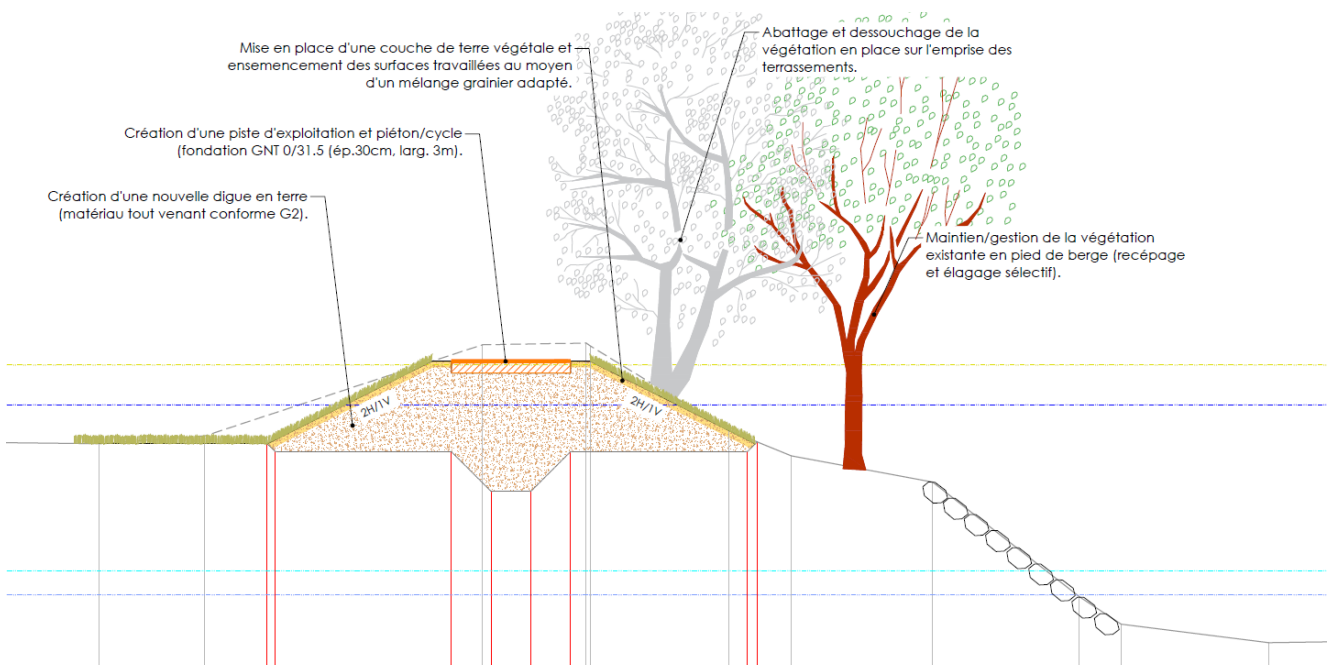


Figure 26 : Profil type RG-T11

4.2.4.12 Digue rive gauche – RG-T12 à RG T14 (T02 – Bois Jolivet Amont)

Linéaire d'application : 170 m,

Type d'intervention : reprise intégrale de la digue.

Ce secteur est situé au droit du quartier de Bois Jolivet. L'altimétrie du TN est proche du niveau de la crue de projet, mais insuffisante sur la majeure partie du linéaire pour garantir la revanche de 1 m.

La hauteur importante des talus, qui impliquent une pente de stabilité plus douce (2.2H/1V), ainsi que l'exiguïté des emprises au droit de l'école, impose une réfection de l'ouvrage sous la forme d'un mur digue et la reprise complète du talus sous-jacent avec la suppression des remblais et anciens perré existants en haut de berge puis d'adoucir le profil de pente, ce qui permet de protéger efficacement la berge d'Arve dans un secteur particulièrement contraint. Le talus amont est protégé par une technique mixte, ce qui permet de recréer un cordon ripicole indigène et adapté, renforcé par la mise en place d'une série de 3 épis afin de réduire le risque d'érosion externe du pied de talus en place, associé à une diversification des habitats du lit mineur. Les caractéristiques de ces épis sont précisées au § 7.4.

Le muret digue s'interrompt momentanément sur environ soixante mètres, au droit du tronçon RG-T13, où l'altimétrie du TN devient supérieure au niveau de Q₁₀₀ + revanche.

Sur l'ensemble du linéaire, une piste d'exploitation est mise en œuvre côté Arve, servant également de cheminement piéton. Au droit du profil P27025, contraint par l'angle de l'école, la continuité du cheminement s'effectue par un sentier rustique de 1.5 m de large.

Les caractéristiques géométriques du profil projeté sont les suivantes :

- Pente de talus : 2.2H/1V,
- Enrochement 60/300 kg jusqu'au niveau du débit moyen mensuel du mois de juillet surélevé de 30 cm,
- Lits de plants et plançons 30 cm au-dessus du niveau du débit moyen mensuel de juillet établis sur trois niveaux
- Végétalisation simple de la partie supérieure du talus sous forme de plantations indigènes adaptées puis de prairie en partie supérieure.
- Bèche de stabilisation :
 - ◆ Epaisseur : 1.5 m,
 - ◆ Largeur en partie supérieure : 6 m.
- Mur préfabriqué de type T renversé (RG-T12 et RG-T14),
 - ◆ Linéaire d'application : 110 m,
 - ◆ Hauteur totale : 0 à 2.2 m,
 - ◆ Largeur de la semelle : 1.5 m,
 - ◆ Semelle positionnée hors gel, reposant sur un béton de propreté.

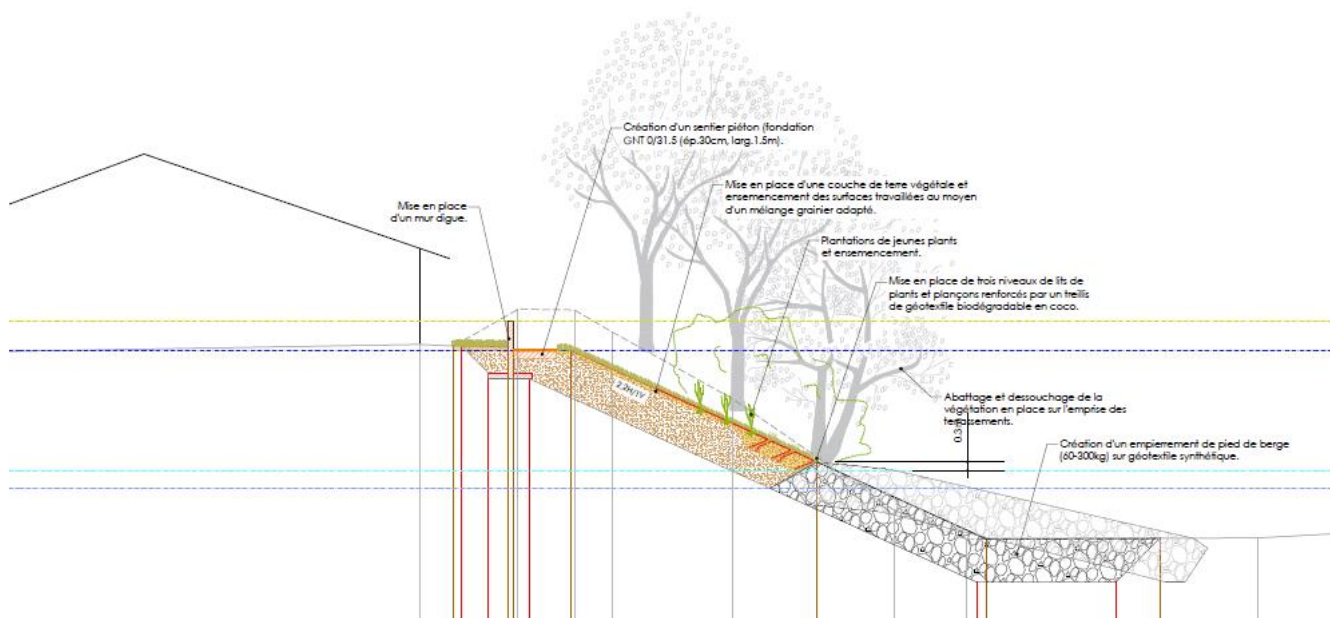


Figure 27 : Profil type RG-T12

Réflexion paysage

Sur ce tronçon, la digue et la berge seront entièrement reprise entraînant la suppression de la végétation existante. Quelques années seront nécessaires pour retrouver une végétation arbustive dense, d'abord composée de saules, puis par une grande diversité d'arbustes endémiques.

Le futur chemin piéton, aujourd'hui non identifié et limité à une sente, s'appuiera sur le muret-digue (revanche). Afin de garder une cohérence sur ce tronçon piéton, il sera préférable de maintenir le muret tout au long de l'école, sa hauteur suivra l'altimétrie du chemin (tronçon RGT12, RGT13 et RGT14).

Une nouvelle clôture sera installée sur le muret en cas de place restreinte ou dans le meilleur des cas dans une haie entre le muret et l'école.



Photomontage : Atelier Polis- Quartier Bois Jollivet 15 ans après travaux.

4.2.4.13 Digue rive gauche – RG-T15 à T17 (T02 – Bois Jolivet Amont / T01 – Bois Jolivet Aval)

Linéaire d'application : 305 m,

Type d'intervention : Confortement aval (épaulement/mur béton).

Ce secteur présente des caractéristiques proches du précédents, mais avec une emprise disponible plus importante, autorisant un confortement par l'aval.

Au droit des tronçons RG-T15 et T17, ce confortement prend la forme d'un épaulement donc les caractéristiques sont les suivantes :

- ◆ Linéaire d'application : 240 m,
- ◆ Largeur en crête : 7.5 m,
- ◆ Pente du talus aval : 2.0H/1V,

La largeur de 7.5 m permet de se prémunir du risque de glissement du talus amont, sur lequel aucune intervention est prescrite (conservation d'une largeur minimale de 4 m en cas de glissement du talus amont).

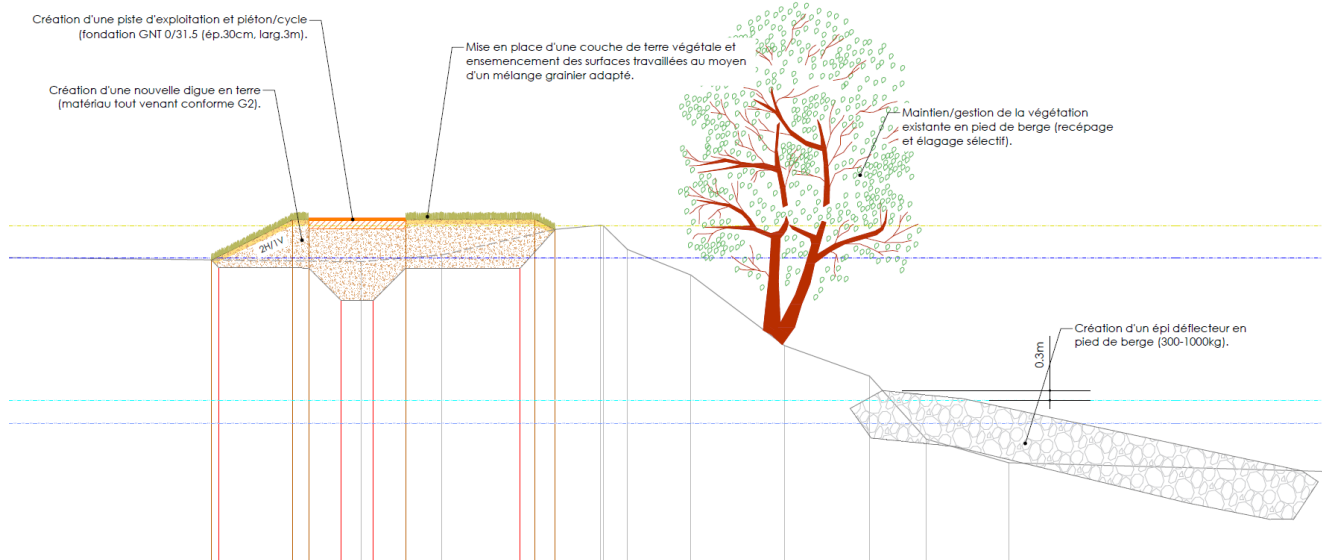


Figure 28 : Profil type RG-T15

Au droit du tronçon RG-T16 (voirie de la résidence), ce confortement prend la forme d'un mur digue au droit du talus aval de la digue en place.

- Mur préfabriqué de type T renversé (RG-T12 et RG-T14),
 - ◆ Linéaire d'application : 65 m,
 - ◆ Hauteur totale : 1.9 à 3.8 m,
 - ◆ Largeur de la semelle : 2.3 m,
 - ◆ Semelle positionnée hors gel, reposant sur un béton de propreté.

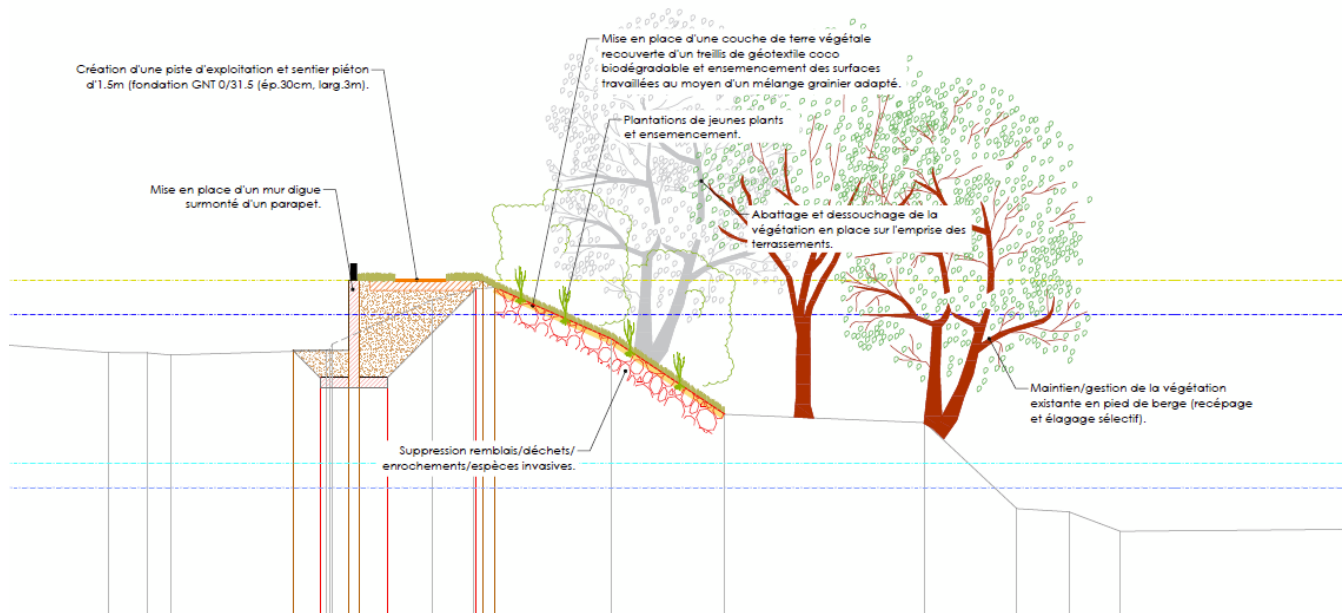


Figure 29 : Profil type RG-T16

Au droit du raccordement avec le tronçon RG-T15, un local annexe de la résidence est présent. Les modalités de raccordement au droit du local seront à étudier au stade PRO.

Au droit du tronçon RG-T15, dans la continuité des secteurs RG-T12 à RG-T14, 3 épis en protection du pied de la berge seront mis en place.

Au droit des tronçons RG-T16 et T17, une risberme est présente en pied de la digue existante. La partie supérieure de la berge, constituée de remblais divers, voire de déchets sera requalifiée avec la purge des matériaux existants et leur remplacement par des matériaux gravelo-terreux d'apport, leur ensemencement avec un mélange grainier indigène et adapté, la couverture des substrats avec un géotextile tissé biodégradable puis la plantation d'espèces ripicoles indigènes.

Enfin, à l'extrémité aval du tronçon RG-T17, un thalweg est présent avant le pont de la prison, nécessitant la mise en place d'un muret digue pour assurer la continuité hydraulique entre l'épaulement et le pont de la prison.

Réflexion paysage

Les pentes de l'épaulement à l'arrière pourront être diversifiées et sinuées dans le boisement, évitant les arbres existants lorsque cela est possible.

En crête, un sentier sera aménagé et assurera la continuité piétonne entre le pont de l'Europe et la passerelle piétonne à l'amont.

Plus en aval, la digue sera reprise et reconstituée entièrement. Une végétation dense sera replantée (illustration ci-contre). La continuité piétonne sera assurée jusqu'à la confluence. Côté val, un garde corps sera par endroit nécessaire, lorsque la chute est possible entre le chemin et la voirie de desserte des garages.



Photomontage : Atelier Polis- Quartier Bois Jollivet à l'aval de la passerelle - 15 ans après travaux.

4.2.4.14 Digue rive gauche – RG-T18 (T01 – Merlon de la Prison)

Linéaire d'application : 175 m,

Type d'intervention : reprise intégrale de la digue.

Ce secteur est situé en aval du pont du Quai d'Arve (quartier de la prison). Il s'agit ici d'une reprise intégrale de l'ouvrage dont la cote supérieure actuelle est proche de la cote $Q_{100} +$ revanche. La reprise de l'ensemble du talus amont permet également de supprimer le petit merlon qui fait office de digue aujourd'hui puis de le remplacer par un muret/digue de faible hauteur, ce qui permet d'adoucir le profil de pente à quelques 2.2H/1V afin de protéger efficacement la berge d'Arve dans un secteur particulièrement étroit et sollicité du cours d'eau. Le talus amont est protégé par une technique mixte, ce qui permet de recréer un cordon ripicole indigène et adapté.

Les caractéristiques du profil sont les suivantes :

- Pentes de talus : 2.2H/1V,
- Enrochement 1000/3000 kg jusqu'au niveau du débit moyen mensuel du mois de juillet surélevé de 30 cm,
- Lits de plants et plançons 30 cm au-dessus du niveau du débit moyen mensuel de juillet établis sur quatre niveaux en fonction des contraintes hydrauliques plus élevées sur ce tronçon étroit de l'Arve,
- Végétalisation simple de la partie supérieure du talus sous forme de plantations indigènes adaptées puis de prairie en partie supérieure.
- Bèche de stabilisation :
 - ♦ Epaisseur : 2 m,
 - ♦ Largeur en partie supérieure : 6 m,

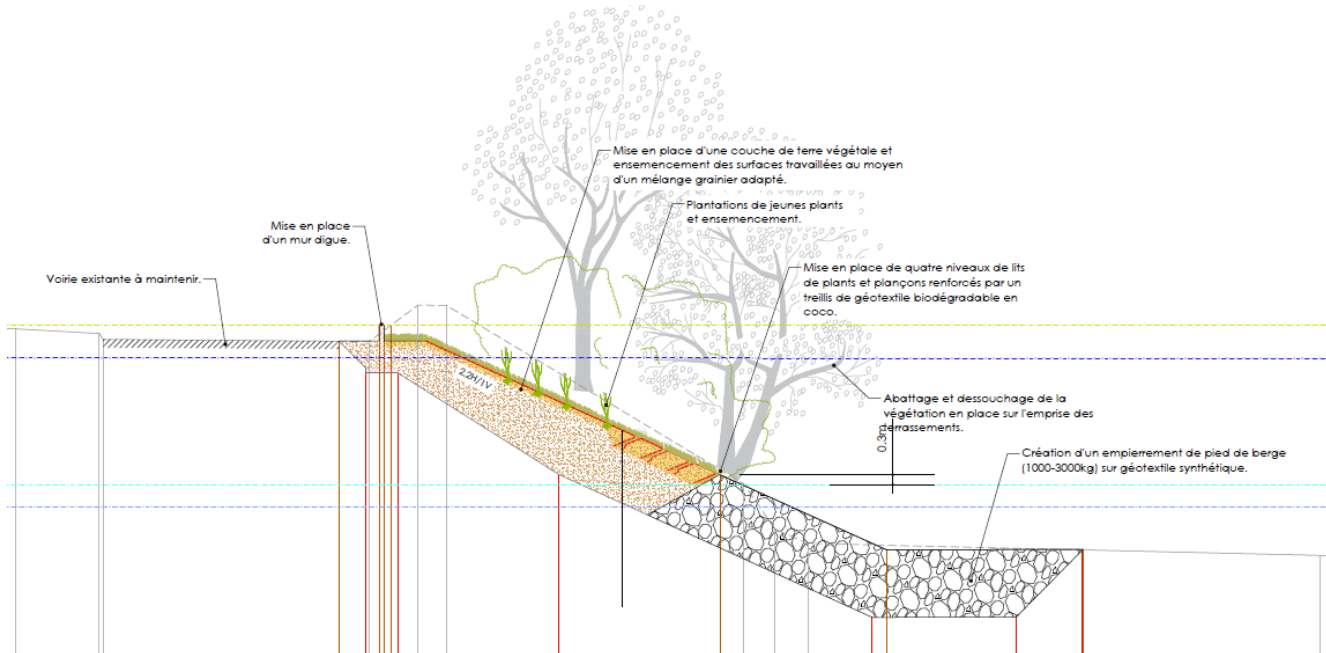


Figure 30 : Profil type RG-T18

Réflexion paysage

La suppression des arbres existants ouvrira de nouvelles vues sur l'Arve, mais aussi sur le bâtiment de la prison depuis la rive opposée. La végétation de la technique mixte améliorera rapidement le paysage après travaux, car les lits de plants et plançons, composés de saules se développent rapidement.

Les arbustes indigènes plantés au-dessus assureront une diversité du corridor après les travaux.

La commune engagera prochainement une nouvelle étude pour l'aménagement de l'espace Queue du Borne. Les propositions d'aménagements devront être intégrées et cohérentes avec le projet de confortement des digues de l'Arve et du Borne.

4.2.4.15 Digue rive gauche – RG-T19 (Merlon Prison)

Linéaire d'application : 275 m,

Type d'intervention : dépose de la digue et adoucissement de la berge

Au droit de ce secteur, l'altimétrie du TN est supérieur au niveau de Q₁₀₀ + revanche. En conséquence, il n'est pas nécessaire de refaire une digue sur ce tronçon. Cependant, en raison de la raideur du talus de berge, il est proposé la requalification complète de la partie supérieure de cette dernière avec la suppression d'un merlon existant et l'adoucissement de la pente du talus (4H/1V).

Les caractéristiques de l'ouvrage sont les suivantes :

- Pentes de talus : 4H/1V,
- Végétalisation simple de la partie supérieure du talus sous forme de plantations indigènes adaptées et de prairie.

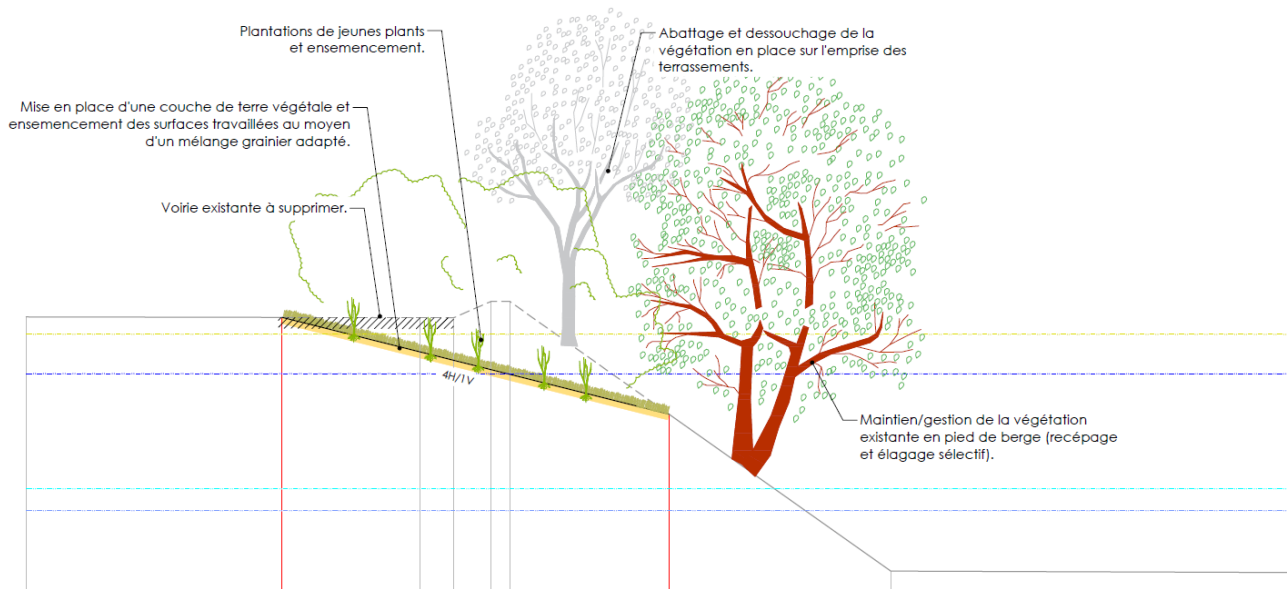


Figure 31 : Profil type RG-T19

4.2.4.16 Digue rive gauche – RG-T20 (Confluence)

Linéaire d'application : 105 m,

Type d'intervention : terrassement/adoucissement de la confluence Arve/Borne.

Ce secteur constitue la confluence de l'Arve avec le Borne. De même que dans l'opération du Borne, il est ainsi prévu de dynamiser l'activité alluviale au droit de cet élargissement avec un abaissement de la pointe à la cote des eaux de fonte des neiges (mai sur le Borne et juillet sur l'Arve). Sur ces surfaces basses, mise en place de pieux vivants et boutures de salicacées en massifs dans le but d'initier l'implantation d'un type de végétation pionnière indigène et adaptée.

Réflexion paysage

Le secteur confluence a fait l'objet d'une réflexion paysagère dans le cadre de la phase 1 : diagnostic global Borne et Arve.

4.2.4.17 Pistes d'exploitations

La réalisation d'une piste d'exploitation en crête est intégrée sur la quasi-totalité du linéaire, excepté :

- Partie aval du tronçon RG-T4 (420 m) et RG-T5 (Bordet T01) : en raison la présence de la voirie en pied (quai du Bary), une piste en crête n'est pas nécessaire ; celle-ci est donc réduite à un cheminement d'1m de large au droit de la partie aval du tronçon RG-T4,
- RD-T6 (T02 – Digue du Trésor public) : présence d'une voirie en pied de talus (quai du général Dorange) et maintien de la piste existante en crête,
- RG-T8 à RG-T10 (Places T01 et T02) : voiries existantes en crêtes, mise en œuvre d'un cheminement de 1 m de large à mi-talus),
- RG-T12 (T02 – Bois Jolivet Amont) : sur une vingtaine de mètres où l'emprise est insuffisante à l'angle de l'école, mise en œuvre d'un cheminement de 1m de large pour garantir la continuité piétonne ;
- RG-T16 (T01 – Bois Jolivet Aval) : présence de l'accès aux garages de la résidence en pied d'ouvrage, maintien de la continuité piétonne en crête par un cheminement de 1 m large.

Cette piste d'exploitation est constituée de grave non traitée (GNT) 0/31,5, sur une largeur de 3 m et une épaisseur de 0.3 m ; des accotements enherbés de 0.5 m de largeur seront réalisés de part et d'autre de la piste.

Hormis pour les tronçons au droit desquels une coupure hydraulique est mise en œuvre (palplanche ou mur béton), l'intégration d'une couche de grave sur la partie supérieure de l'ouvrage est de nature à augmenter fortement la perméabilité dans les 30 derniers centimètres (revanche). En conséquence, une étanchéité est prolongée jusqu'au niveau de Q₁₀₀ + revanche via la mise en place d'une géomembrane. Les sujétions d'ancrage et de confinement de cette géomembrane nécessitent, au droit des secteurs concernés, de relever l'arase de la piste de 10 cm par rapport à l'arase usuelle de Q₁₀₀ + revanche (cf. figure ci-après).

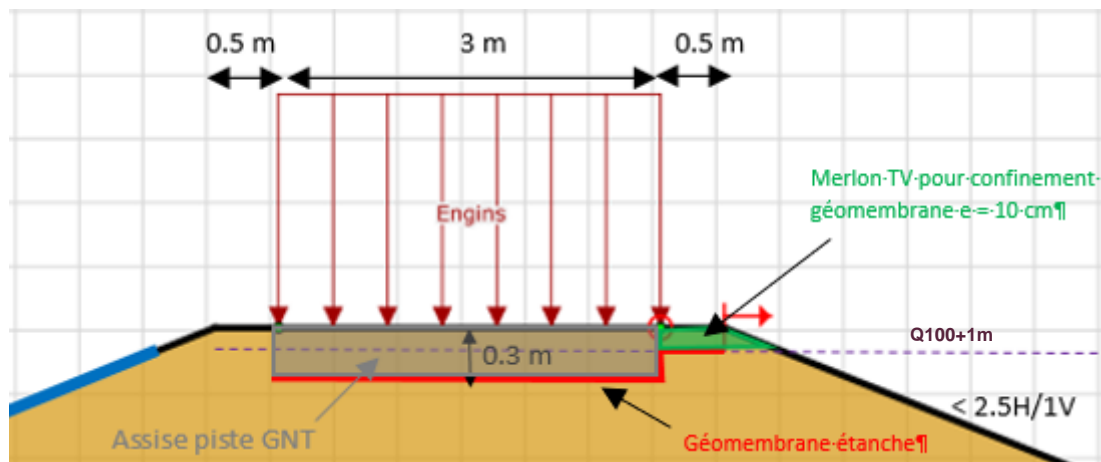


Figure 32 : Etanchéité au droit des pistes d'exploitation.

Concernant les cheminements de 1 m de large, leur structure est identique à celle des pistes d'exploitation.

5 Simulation hydraulique de l'état projeté

La crue centennale de l'Arve a été modélisée sur le modèle état actuel, (dit « mesh_v14_Kvar12_e1 »), le modèle AVP avec modification de berges (dit « mesh_v14_Kvar12_e1b ») et le modèle AVP avec modification de berges et épis intégrés (dit « mesh_v14_Kvar12_e2b »). Afin de faire des comparaisons, les 3 lignes d'eau sont superposées sur la Figure 33 et sont comparées en relatif sur la Figure 33. Sur ce profil figure aussi la ligne d'eau projet adaptée.

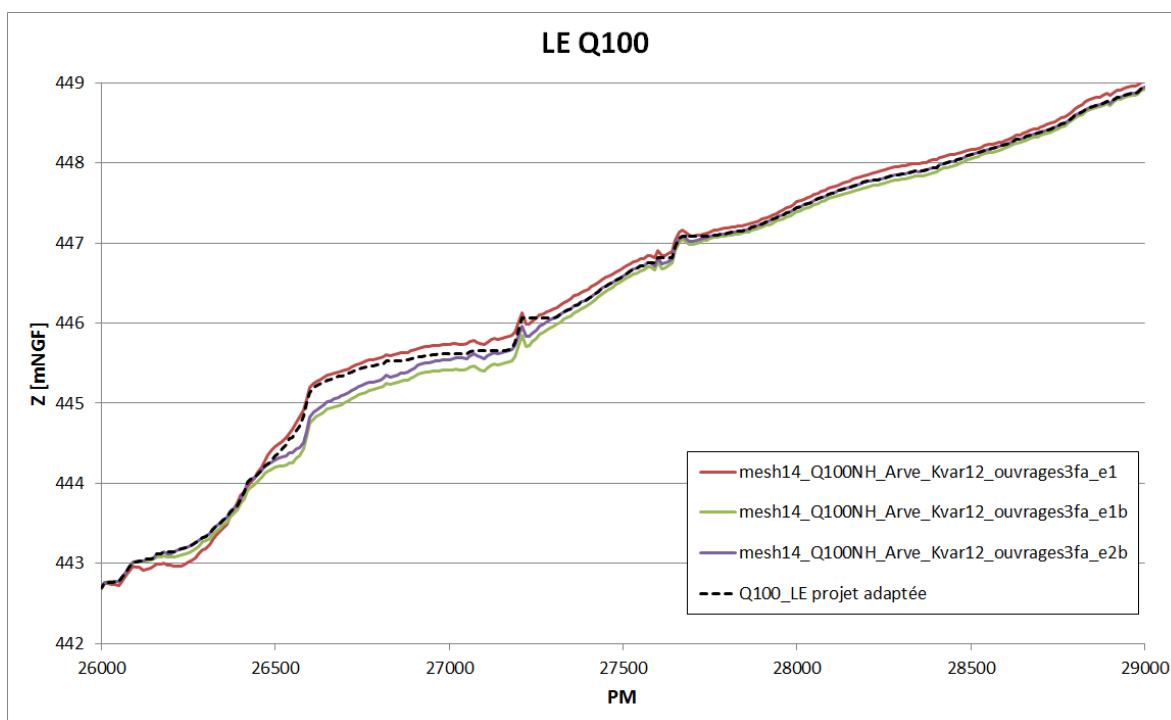


Figure 33 : Profil en long des niveaux d'eau Q100

La comparaison montre un abaissement généralisé de la ligne d'eau à l'amont du PM 26500. Mais à l'aval du PM 26400 on peut constater que l'AVP génère un rehaussement de l'ordre de 0.21 m sur de la ligne d'eau, parmi lesquelles 0.13 m correspond à la modification des berges au droit de la confluence entre l'Arve et le Borne.

L'impact maximal de l'AVP se situe au droit du pont de la prison (PM 26580) où l'écart entre l'état actuel et l'état projeté est d'environ -0.40 m ponctuellement. Cet endroit correspond aussi au point de l'impact maximal de la

modification de berges (-0.48 m), ce qui correspond à 120% de l'impact total ; l'implantation des épis fait donc remonter la ligne d'eau d'environ 0.08 m.

En ce qui concerne l'impact des épis, cela se cumule sur le linéaire équipé et n'excède pas 0.16 m localement (autour de PM 27100).

En termes de vitesses, le projet augmente les vitesses d'environ 0.2 m/s lorsque les niveaux sont abaissés, ce qui représente une augmentation de moins de 5%. A l'inverse, sur les zones où le projet réhausse de quelques centimètre les lignes d'eau, les vitesses sont légèrement abaissées, avec un impact de 0.2 m/s maximum.

Pour cette phase AVP, il a été validé avec le SM3A de retenir un profil en long Q100 état projet adapté (voir Figure 33) en privilégiant **des abaissements au maximum de 20 cm par rapport à l'état actuel**, pour les raisons suivantes :

- anticiper les potentiels engravements du fait des élargissements de section notamment vers la confluence du Borne ;
- anticiper les potentiels engraisements des épis ;
- les engravements estimés dans les revanches proposées en octobre 2020 considèrent uniquement une analyse des fonds passés ;
- les crêtes de digues résultantes sont globalement en dessous ou au même niveau que les crêtes de digue état actuelles.

6 Vérification et la justification de la stabilité des ouvrages

Le dimensionnement, la vérification et la justification de la stabilité des ouvrages, ainsi que l'analyse des risques résiduels, fait l'objet de la mission G2-AVP. Ces points sont détaillés pour chaque tronçon homogène, ou regroupement de tronçons, dans le rapport de G2-AVP ([DA16]). Les caractéristiques propres à chaque grand principe de confortement, vis-à-vis des risques d'érosion interne, érosion externe, glissement, et surverse sont rappelés succinctement dans les paragraphes qui suivent.

6.1 Surverse

L'arase de l'ensemble des ouvrages est positionnée à Q₁₀₀+revanche (cf. § 3.3 et 5).

6.2 Erosion interne

6.2.1 Reprise intégrale de la digue

6.2.1.1 Digue en terre

Tronçons concernés : RD-T1, RD-T3, RD-T5, RD-T7, RG-T1 à RG-T7, RG-T11

La nouvelle digue est réalisée avec un remblai homogène présentant un fuseau granulométrique adapté afin d'empêcher l'initiation des phénomènes d'érosion interne (notamment suffusion). Ce remblai ne sera pas végétalisé avec des espèces ligneuses (favorisant un risque d'érosion de conduit par le développement des systèmes racinaires) mais simplement intégré par un semis herbacé ; les techniques de génie végétal seront limitées à la berge (d'altimétrie inférieure au TN aval, non mise en charge). Des grillages anti-fouisseurs seront mis en œuvre sur les talus pour empêcher la formation de conduits par la faune.

Une gestion de la végétation post-travaux (fauches et tailles) sera nécessaire afin d'empêcher la colonisation par les ligneux du remblai situé au-dessus du TN et limiter le risque de chablis lors des crues.

Risques résiduels : -

6.2.1.2 Mur digue

Tronçons concernés : RD-T2, RD-T8, RG-T8 à RG-T10, RG-T12, RG-T14, RG-T16, RG-T18

Le mur constitue une coupure étanche coupant toute possibilité de débouché de conduit aval (érosion de conduit maîtrisée) et rallongeant les cheminements d'écoulements souterrains (diminution du risque de suffusion).

6.2.2 Confortement interne

Tronçons concernés : RD-T4

Le rideau de palplanches vient introduire une coupure hydraulique coupant les écoulements souterrains entre le Borne et l'aval et empêchant les phénomènes d'érosion interne de s'initier. Cette technique permet, par conséquent, le maintien d'une végétation ligneuse sur les talus sans aggravation du risque d'érosion interne.

Risques résiduels : -

6.2.3 Confortement par l'aval

6.2.3.1 Mur béton

Tronçons concernés : RD-T6

Le mur constitue une coupure étanche coupant toute possibilité de débouché de conduit aval (érosion de conduit maîtrisée) et rallongeant les cheminements d'écoulements souterrains (diminution du risque de suffusion). Cette technique permet le maintien d'une végétation ligneuse sur le talus amont sans aggravation du risque d'érosion interne.

Risques résiduels : -

6.2.3.2 Epaulement

Trançons concernés : RG-T2, RG-T15, RG-T17

L'épaulement est constitué d'un remblai non végétalisé réalisé en utilisant un matériau homogène présentant un fuseau granulométrique adapté (critères de filtre) qui permettra de gérer ce risque. L'interface digue – TN devra être soignée de manière à ne pas intégrer de problématique d'érosion de contact.

A contrario du confortement aval via un mur béton, le confortement par un épaulement ne prévient pas des risques liés au développement des systèmes racinaires dans la digue. Par conséquent, l'épaulement devra être maintenu exempt de végétation ligneuse, et une distance de 5 m non végétalisée par des ligneux sera respectée entre le talus amont de l'épaulement et le talus amont de l'ancienne digue où les boisements sont maintenus. Cette zone de 5 m de large correspond à la surface du remblai entre l'épaulement et l'ancienne digue, ainsi que tout ou partie de la crête de l'ancienne digue. Le respect de ces dispositions permet de gérer le risque d'érosion interne.

Risques résiduels : -

6.3 Erosion externe

De manière générale, les talus côté val des ouvrages ne sont pas au contact d'écoulements hydrauliques générateurs d'érosion externe. Il conviendra néanmoins d'assurer un ensemencement de ce dernier afin de limiter les actions d'affouillement générées par le ruissèlement des eaux pluviales. Il conviendra également de s'assurer que la géométrie de l'ouvrages reste intègre vis-à-vis des actions naturelles et anthropiques (terrassment par exemple).

Concernant le talus amont, les paragraphes suivants présentent la réflexion par type d'aménagement. A noter qu'une érosion externe du talus amont a pour effet de modifier négativement la géométrie de l'ouvrage d'endiguement (raidissement, affouillement de pied), amplifiant le risque de glissement qui lui pourrait aboutir, dans un cas extrême, à la ruine de l'ouvrage de protection.

A noter que les solutions proposées dans l'AVP structurel de 2018 permettaient la gestion du risque d'érosion externe sur l'ensemble du linéaire d'étude tandis que cet AVP optimisé, de par la volonté de conserver l'aspect actuel des digues, propose des solutions qui, à défaut de supprimer le risque d'érosion externe sur l'ensemble du linéaire d'étude, permettent de gérer son effet à plus long terme.

6.3.1 Reprise intégrale de la digue

Trançons concernés : RD-T1 à T3, RD-T5, RD-T7 à T8, RG-T3 à T8, RG-T10 à T14, RGT18

La protection du talus amont est dimensionnée en fonction de la pente du talus et des vitesses d'écoulement à l'état projet (issus des simulation hydrauliques). Il s'agit soit de :

- Techniques mixtes :
 - ♦ Butée de pied en enrochement 300/1000kg,
 - ♦ Lits de plants et plançons, de la limite des enrochements à la limite de la partie berge,
 - ♦ De géotextiles tissés biodégradables en coco sur la partie supérieure de talus lorsque nécessaire et ensemencement des surfaces travaillées

Risques résiduels : -

6.3.2 Confortement interne

Tronçon concerné : RD-T4,

Le risque d'érosion du talus amont végétalisé, maintenu en l'état, n'est pas contrôlé. Toutefois, cette technique sur l'Arve n'est préconisée qu'au droit d'un seul tronçon, où un banc alluvionnaire, d'une largeur supérieure à 20 m et dont l'analyse de photographies historiques montrent une certaine fixité, est présent en pied de talus.

Ce franc-bord, joue un rôle de zone tampon vis-à-vis de l'érosion externe.

Risques résiduels : Risque toujours présent mais ne remettant pas en cause la sûreté de l'ouvrage vis-à-vis de sa fonctionnalité de protection des inondations.

6.3.3 Confortement par l'aval

Tronçons concernés : RD-T6, RG-T2, RG-T15 à T17

Le risque d'érosion du talus amont végétalisé, maintenu en l'état, n'est pas contrôlé. La mise en œuvre, à des fins de diversification écologique, d'épis en pied de talus ne réduit pas significativement les vitesses d'écoulement et n'aura qu'un effet très limité sur la réduction de ce risque.

Au droit du tronçon RG-T17, la présence d'un franc bord jouant le rôle de zone tampon limite ce risque à la tranche superficielle de ce franc-bord, évitant l'amplification du risque de glissement global de la digue.

Risques résiduels : Risque toujours présent mais ne remettant pas en cause la sûreté de l'ouvrage vis-à-vis de sa fonctionnalité de protection des inondations.

6.4 Stabilité au glissement

6.4.1 Reprise intégrale de la digue

Tronçons concernés : RD-T1 à T3, RD-T5, RD-T7 à T8, RG-T3 à T8, RG-T10 à T14, RGT18

La géométrie des nouvelles digues en terre, ainsi que des talus en pied des murs-digues (remblai et protections) permettra de satisfaire les critères de stabilité au glissement amont et val.

Risques résiduels : -

6.4.2 Confortement interne

Tronçons concernés : RD-T4

Le caractère autostable du rideau de palplanche garantit la protection vis-à-vis de toute problématique de glissement.

Les talus de la digue actuelle sont considérés stables au glissement, les coefficients obtenus montrant toutefois peu de marge pour le talus amont.

Risques résiduels : -

A noter que le phénomène d'érosion externe n'étant pas stoppé, il est susceptible d'engendrer des instabilités du talus amont (non vérifiable par le calcul). Toutefois, la présence d'un banc alluvionnaire large en pied vient réduire ce risque.

6.4.3 Confortement par l'aval

Tronçons concernés : RD-T6, RG-T2, RG-T15 à T17

Les caractéristiques des ouvrages de confortement (géométrie des épaulements, fondation des murs béton) permettent de satisfaire les critères de stabilité au glissement, y compris en cas de glissement de la digue actuelle.

Risques résiduels : Le risque de glissement du talus amont de la digue actuelle, n'est pas contrôlé.

6.5 Stabilité du génie biologique

La définition d'aménagements de berge adaptés à la protection des digues de l'Arve (génie biologique) nécessite la prise en compte de plusieurs facteurs et contraintes d'aménagements :

- Méandrage et exposition face aux courants de crue

Pour mémoire, l'Arve opère plusieurs légères courbes sur le tronçon d'étude, notamment de part et d'autre du Pont de l'Europe, ce qui entraîne globalement des contraintes d'affouillement plus importantes en extrados de méandre, notamment en rive gauche puis au droit de certains rétrécissements, notamment en aval du pont du Quai D'Arve (secteur de la prison).

- Incision, remblais et végétation arborescente

L'Arve connaît localement une tendance à l'incision puis de nombreux secteurs de remblais en berge liés à l'urbanisation des rives ce qui est générateur de plusieurs sections avec des talus de berge abrupts.

Si les digues ont été initialement construites avec des perrés puis l'incision compensée localement et successivement par des enrochements et des remblais divers, les pieds des berges de l'Arve restent aujourd'hui relativement peu protégés, avec des talus à forte pente ($\geq 3H/2V$). Néanmoins la végétation spontanée en berge

est souvent bien développée et plutôt de nature ripicole indigène et adaptée, mise à part quelques foyers de renouées asiatiques, des robiniers faux acacia, des buddleias, des solidages, etc.

La végétation existante en berge, de nature ligneuse et plutôt arborescente, participe à la détérioration des anciens perrés puis présente une certaine sensibilité au vent, avec des effets de bras de levier sur les racines, particulièrement lorsque les talus de berge sont raides.

- Régime nival et réduction de l'espace alluvial

De même que pour de nombreux autres cours d'eau alpins, l'Arve se caractérise par un régime hydrologique nival, avec :

- des débits importants en période printanière et en début d'été suite à la fonte des neiges d'altitude ;
- des débits faibles en automne et en hiver ;
- une grande amplitude des variations mensuelles des débits (rapport élevé hautes eaux/étiages).

Généré le 17/05/2022 13:04 (TU)

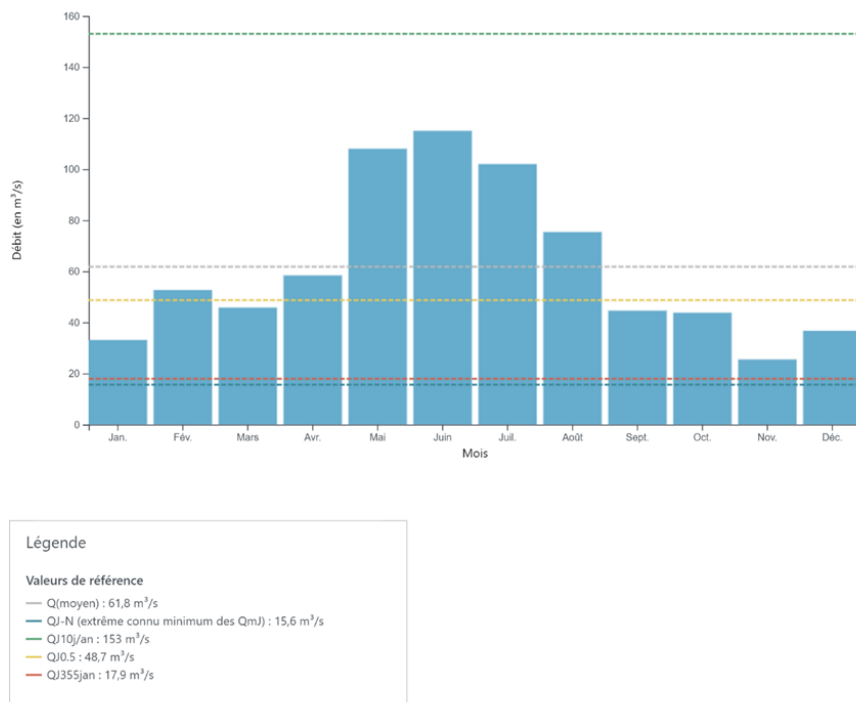


Figure 27 : Illustrations des débits moyens mensuels de l'Arve à Bonneville (2020-2022), (source : banque hydro).

Il est à noter que sur des rivières endiguées au bassin versant alpin telles que l'Arve à Bonneville, il est difficile, voire impossible de prévoir des protections de berges 100% végétales, la cote haute des eaux en période printanière et estivale liée à la fonte des neiges engendre des submersions prolongées des parties basses des berges, asphyxiant les espèces ligneuses tentant de se développer en bas de berge par une submersion prolongée des feuilles en pleine période de végétation.

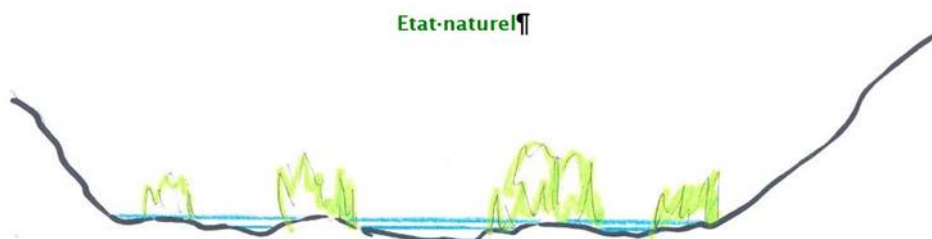




Figure 28 Illustrations schématiques de la différence d'amplitude entre un débit hivernal (basses eaux) et printanier (hautes eaux de fonte des neiges) sur un cours d'eau au bassin versant alpin, dans son état naturel en haut puis endigué en bas (figure Biotec).

Les différentes contraintes liées à l'endiguement et à la réduction de l'espace alluvial peuvent engendrer des forces d'arrachement des eaux importantes (forces tractrices, dépassant la capacité de résistance de végétaux).

Pour mémoire, la force tractrice exprime la force d'arrachement des eaux en crue et peut être évaluée, soit en fonction du rayon hydraulique [R] du cours d'eau, soit en fonction de la vitesse d'écoulement des eaux [V], soit en fonction de la hauteur d'eau sur étiage [H], en particulier sur des cours d'eau de largeur importante.

Elle s'exprime en kg/m^2 .

La formule usuelle à partir de la hauteur d'eau sur étiage est la suivante :

$$\tau = \rho \cdot H \cdot I$$

avec

τ = force tractrice (kg/m^2)

ρ = poids unitaire de l'eau = $1'000 \text{ kg/m}^3$

H = hauteur d'eau sur étiage (m)

I = pente de la ligne d'eau

Une estimation des forces tractrices est faite notamment en aval de la prison qui présente les plus fortes contraintes avec un lit plus étroit et une pente du lit plus élevée, soit au droit du profil RD-T8. Sur ce tronçon, la pente du lit de l'Arve est égale à environ 4.4‰ (selon cotes fond + lignes d'eau CNR), ce qui engendre les forces tractrices suivantes sur le site sur la base des calculs des hauteurs d'eau pour différents débits caractéristiques effectués par la CNR.

Débit caractéristique	Débit (m^3/s)	Hauteur d'eau sur étiage (m)	Force tractrice (kg/m^2)
Juillet	135	1.3	5.8
Q_{100}	1094	4.2	18.5

Cette estimation de force tractrice ne permet évidemment pas au concepteur de dimensionner le projet en techniques végétales, mais constitue un moyen de contrôle simple afin de déterminer si oui ou non des techniques végétales peuvent être appliquées en protection de berge d'un point de vue des seules forces d'arrachement. Pour mémoire, les valeurs de forces tractrices limites (ou critiques) connues et définies pour certains types d'ouvrages en techniques végétales après enracinement sont :

- herbacées (bien adaptées) : 5 kg/m^2
- jeunes saules : 10 kg/m^2
- fascines issues de branches de saules : 25 kg/m^2
- couches de branches à rejets : 30 kg/m^2

Si l'on compare les valeurs obtenues avec les valeurs de forces tractrices limites ci-dessus, il est possible de constater que d'un point de vue théorique et des seules forces tractrices, une protection de berge réalisée uniquement avec des herbacées ne serait "théoriquement" pas suffisante, même en bas de berge pour le débit

des hautes eaux estivales. Par contre, d'un point de vue théorique et des seules forces tractrices, une stabilisation 100% végétale pourrait être proposée. Une protection du pied de berge est nécessaire, ceci d'autant plus durant les premières années à suivre des travaux (épis, base en enrochements, génie végétal, maintien gestion végétation actuelle, etc.).

Sur la partie supérieure des profils, au-dessus des techniques de lits plantés de plançons, des techniques végétales arbustives ou herbacées sont proposées. Un calcul de force tractrice permet de vérifier que la stabilité des berges est assurée vis-à-vis de l'érosion externe sur ces parties de tronçons pour la crue Q100, ce qui correspond à des sollicitations de l'ordre de 2 à 2.5 m/s sur talus à 2/1.

7 Prescriptions techniques pour les aménagements

7.1 Travaux préparatoires

7.1.1 Déboisement et nettoyage des emprises

Ces opérations regroupent :

- Le nettoyage et le défrichage des emprises,
- L'abattage des arbres,
- Le dessouchage.

Compte-tenu de l'enjeu majeur de préservation des boisements qui a guidé les choix techniques du projet, une attention particulière devra être portée pour limiter les déboisements au strict nécessaire. Il conviendra de respecter une préservation des boisements des talus amont au droit des secteurs faisant l'objet d'un confortement interne ou d'un confortement par l'aval.

A ce stade les quantités de déboisement considérées dans l'estimation financière sont issue du décompte effectué dans le cadre du diagnostic de la végétation effectué en 2017 (cf. [DA11]). Ces quantités ne tiennent pas compte des abattages effectués depuis, notamment au droit des tronçons RG-T3 à RG-T5. Elles seront à actualiser au stade Projet.

7.1.2 Décapage de la terre végétale

Sur les emprises générant des gisements satisfaisants ou significatifs, la terre végétale sera préalablement décapée puis mise en dépôt pour être réutilisée dans le cadre du chantier. Au stade AVP, une épaisseur de décapage de 20 cm est considérée.

7.1.3 Dévoisement des réseaux

A ce stade d'étude, les réseaux situés à proximité du secteur travaux et concernés par un potentiel dévoisement sont listés ci-dessous :

- Réseau d'adduction d'eau potable : 3050 ml ;
- Réseau EP : 3 600 ml ;
- Réseau EU : 1 033ml ;
- Réseau gaz : 2 370 ml ;
- Réseau électrique : 3 490 ml ;
- Réseau à déterminer : 14ml ;
- Réseau télécom : 1 670ml ;
- Fibre optique à déplacer : 1 390 ml ;
- Réseau d'éclairage publique à déplacer : 1477 ml ;
- Réseau unitaire : 627 ml.

Des cartes fournies en annexe localisent ces réseaux en question.

La forme du dévoisement et les linéaires exacts des réseaux à dévoyer seront précisés en phase « Projet ». Un échange préalable avec les exploitants des réseaux concernés est à mener.

Pour rappel, le dévoisement des réseaux est hors marché.

7.2 Réfection et renforcement des digues

7.2.1 Reprise intégrale des digues en terre et épaulements

Les ouvrages existants sont généralement constitués par des remblais de sables et graviers, plus ou moins pauvres en matériaux fins.

Les types de matériaux présentés dans les remblais sont détaillés dans le rapport G2AVP. L'objectif est d'assurer une perméabilité de 10^{-4} m/s au maximum tout en respectant les angles de forttement définis dans la G2AVP.

Les matériaux seront soigneusement compactés :

- A 95 % de l'OPN pour les argiles/limons,
- A 90% de l'OPN pour les sables graveleux.

Le recours à des techniques alternatives à la reprise intégrale des ouvrages conduit à réduire les besoins en remblais par rapport à l'AVP structurel de 2018.

Le mouvement des terres devra être précisé en phase Projet sur la base de l'analyse des reconnaissances géotechniques complémentaires réalisées fin 2020. Les hypothèses prises à ce stade sur le réemploi des matériaux sont précisées au § 8.1.

7.2.2 Murs digue

La mise en œuvre de la fondation des murs béton nécessitera un déblai préalable. La semelle sera positionnée hors gel, sur un béton de propreté.

Des prescriptions d'intégration paysagère des murs digues sont en outre intégrées à l'AVP dans les secteurs présentant les enjeux de perception paysagère les plus forts, notamment :

- Maintien d'une hauteur constante entre la crête du mur et le TN, nécessitant localement d'élever l'arase du mur à une altimétrie supérieure à celle du niveau de Q100+revanche : tronçons RD-T9 et RG-T8,
- Habillage des murs : tronçons RD-T7 et T8 (coté plaine et face supérieure), tronçon RG-T8 (toutes les faces), tronçon RG-T10 (côté Arve et côté plaine), RG-T12 (côté Arve).

7.2.3 Palplanches

Les palplanches seront implantées depuis la route en pied de digue dans la mesure du possible. Afin d'éviter les risques de refus liés au réseau racinaire, sur les zones avec forte présence d'espèces ligneuses sur le talus amont, une purge, sur environ 50 cm de profondeur, est préconisée sur toute la largeur du rideau, soit entre 0.5 et 1 m.

Le profil de palplanche retenu à ce stade est PU32 (point à confirmer en phase PRO).

7.2.4 Paroi berlinoise

Cette technique de soutènement est préconisée au droit du tronçon RG-T10, elle permet de réaliser une série de forages dans lesquels viennent s'insérer un voile étanche à proximité de la maison en place.

La mise en œuvre de la paroi nécessitera des constats d'huissier pré et post travaux, ainsi qu'un suivi des vibrations et des fissures tout au long de l'opération.

Un habillage de la paroi, nécessaire à son intégration paysagère, est prévu et intégré à l'estimation financière.

7.2.5 Perrés maçonnés

Les perrés maçonnés peuvent être constitués de différentes manières. Dans le cas présent, il est prévu la réalisation d'un mur incliné en béton sur lesquels sont déposés le parement du perré. Cette solution implique un déblai préalable. La fondation sera positionnée hors gel, sur un béton de propreté.

7.3 Protection des talus

7.3.1 Géométrie des enrochements

Les éléments relatifs au dimensionnement des enrochements, en fonction de la pente des talus et des vitesses d'écoulement sont précisés dans le rapport de G2-AVP ([DA16]).

Les caractéristiques retenues sont les suivantes :

	Aval pont prison		
	Amont pont prison	RD-T7 et RD-T9	RG-T18 et RD-T8
Blocométrie	60/300 kg	300/1000 kg	1000/3000 kg
Epaisseur (talus et bèche d'ancrage)	1.5 m	1.5	2 m
Largeur de la bèche d'ancrage en partie supérieure)	6 m		

Les épaisseurs d'enrochements retenues (2 à 3 fois le D_{50}) sont plutôt conservatives vis-à-vis de l'érosion externe, et contribuent par ailleurs stabiliser les talus vis-à-vis du glissement. Des optimisations de cette épaisseur pourraient éventuellement être recherchées au stade PRO, auquel cas la stabilité des talus au glissement devra être vérifiée en intégrant la modification de l'épaisseur.

7.3.2 Génie biologique

Les techniques mixtes proposées de stabilisation des berges s'illustrent par la combinaison d'ouvrages de protections sous-fluviales et de pieds des berges en enrochements superposées de la technique des lits de plants et plançons. La limite « génie civil/génie végétal » au moyen de la technique des lits de plants et plançons est calée comme il a été vu à la cote des hautes eaux moyennes de juillet + 30 cm.

Pour mémoire, la « technique » des lits de plants et plançons sera réalisée par la mise côte à côte sur des rangées successives (lits) de plants enracinés d'espèces ripicoles indigènes adaptées et de plançons vivants de saules (reproduction par voie végétative selon le principe du bouturage). Cette technique a l'avantage de présenter dès la mise en place (à savoir avant même que les végétaux n'aient repris) une grande densité de ramilles capables de dissiper l'énergie hydraulique proche du sol donc de limiter les risques d'érosion. Entre les lits de plants et plançons, les géotextiles tissés biodégradables en coco mis en place vont permettre d'éviter le lessivage des particules fines des substrats de végétalisation. Un ensemencement de l'ensemble des surfaces travaillées permettra une couverture rapide des sols en place, le protégeant d'autant plus face aux effets érosifs des écoulements et de manière à concurrencer quelque peu le développement des espèces néophytes à tendance invasive, qui comme il a été vu, sont présentes sur le site.



Figure 23 : Illustrations successives de la protection mixte enrochements-lits de plants et plançons-plantations mise en place en rive gauche du Rhône à Avully (Suisse) en soutènement d'une route (conception, photos et suivi des travaux : Biotec en collaboration avec GEOS

Les géotextiles biodégradables ont quant à eux une fonction provisoire de maintien des substrats en place face à tout risque d'érosion superficielle dans l'attente du développement végétal souhaité. De plus, leur grande capacité de rétention en eau lors d'évènements pluvieux, leur permet de favoriser le démarrage des ensemencements établis sous la pose de ces derniers.

La totalité des espèces végétales installées sera bien en tendu de nature indigène et adaptée au contexte du bassin versant de l'Arve. Le SM3A a d'ailleurs initié une démarche de Végétal Local que nous cherchons également à favoriser au travers de cette opération.

7.4 Restauration hydro-écologique

Les épis seront implantés perpendiculairement aux berges. Ils ont pour but premier de participer à la protection de la partie basse des berges sur des sections particulièrement contraintes, mais ils permettent également en diversifiant les écoulements proches de la berge de participer à la diversification des habitats en favorisant localement le dépôt de matériaux en transport par l'Arve (création de petits bancs de sables eux-mêmes pouvant initier l'implantation de végétation héliophytique, création de sur-profondeurs, etc). Ils seront des ouvrages courts (environ 10-15 mètres). Ils seront de forme plongeante et constitués d'enrochements libres rangés. Leur cote supérieure sera établie quelques 30 cm au-dessus de la cote atteinte par les hautes eaux moyennes de fonte des neiges (juillet). Leur espacement est variable suivant les tronçons, globalement entre 30 et 80 mètres Leur base arrière (ancrage en berge) mesurera 7 mètres alors que leur largeur en pointe fera environ 3 mètres.

7.5 Gestion de la végétation post-travaux

7.5.1 Gestion/entretien à court terme

Il est à noter que si l'ensemble des surfaces travaillées sontensemencées, y compris au droit des surfaces de stockage provisoire de matériaux, d'installations de chantier et/ou de passages d'engins, les zones spécifiquement plantées (boutures et pieux vivants de salicacées, arbustes et lits de plants et plançons) seront sous la garantie de reprise et entretien à charge de l'entreprise mandataire, durant trois saisons végétatives à suivre des travaux. Durant cette période, la maîtrise d'ouvrage n'a pas à intervenir sur les surfaces travaillées.

Concernant les surfaces de berges aménagées en techniques végétales et mixtes, le futur marché de travaux prévoira une seule fauche des herbacées en début de période automnale (soit idéalement fin septembre) afin de dégager les sujets plantés ligneux puis favoriser leur croissance et permettre un léger recru des herbacées d'autre part, avant l'hiver pour mieux résister à l'effet potentiellement érosif des crues.

Cette coupe des herbacées menée en début d'automne sera réalisée de manière précautionneuse (soit à la main ou au moyen d'une débroussailluse munie d'une cloche) pour éviter toute blessure aux sujets ligneux plantés. De plus, les résidus herbeux fauchés seront exportés pour éviter une couche stérile à la surface du sol, dont le pourrissement entrainerait la dégradation prématurée des géotextiles biodégradables mis en place et un appauvrissement de la diversité biologique des espèces installées et/ou en développement spontané.

Outre ces obligations en matière de fauche annuelle des surfacesensemencées durant trois périodes végétatives, l'entreprise mandataire aura bien entendu également pour obligation de procéder au remplacement de végétaux morts ou malades, d'éliminer les espèces indésirables, voire néophytes pouvant coloniser les surfaces travaillées, puis de veiller à un arrosage éventuel en cas de manque d'eau marqué des végétaux.

7.5.2 Gestion/entretien à plus long terme

A l'issue de ces trois premières périodes végétatives, comme il a été vu à charge de l'entreprise mandataire, l'entretien et la gestion de la totalité des espaces végétalisés de l'Arve reviendra à la charge de la maîtrise d'ouvrage.

De ce fait, les considérations suivantes pourront avantageusement être respectées pour garantir à long terme les objectifs de protection et de valorisation recherchés :

- Globalement, les surfaces traitées en berges ont été conçues pour nécessiter aucun ou un minimum d'entretien. Il y a aucune raison à ce que des interventions systématiques soient réalisées en berges de l'Arve sur la végétation maintenue dans le cadre de l'opération ou plantée;
- Une des raisons principales d'intervention pourra être de veiller au maintien d'un développement végétal 100 % indigène et adapté au contexte riverain de l'Arve, avec le repérage puis l'évacuation de tout végétal inadapté et de nature xénophyte à tendance invasive, tel que le robinier, l'ailante, le buddleia, l'érable négundo, les renouées asiatiques, les asters américains, les solidages, etc.;
- Concernant les sujets ligneux mis en place (pieux vivants et boutures de salicacées, plantation d'arbustes en massifs et lits de plants et plançons), la seule intervention préconisée outre la gestion des éventuelles espèces néophytes à tendance invasive, peut être un rajeunissement des peuplements végétaux à long terme (tous les 10-15 ans environ). Dans ce sens, l'ensemble des végétaux pourra être recépé à la tronçonneuse à 10-20 cm au-dessus du sol en période de repos végétatif (novembre à mars). Pour des raisons paysagères, cet entretien spécifique pourra avantageusement être séquencé par tronçons de quelques centaines de mètres et par berge, ceci afin de limiter tout impact négatif sur le milieu alluvial par une opération d'entretien trop interventionniste ;
- Pour mémoire, une bande de 5 m depuis le pied des nouvelles digues en remblais doit être réservée dans les emprises foncières au sein de laquelle une gestion sélective de la végétation sera

nécessaire (enlèvement des sujets dont les systèmes racinaires sont susceptibles de s'étendre en interface avec les ouvrages);

- De même toutes les surfaces ensemencées en crête de digues nouvelles, soit au-dessus de la cote du TN, devront être fauchées au minimum 1 x par an pour éviter tout développement de la végétation ligneuse.

7.6 Gestion des ouvrages traversants

Au stade AVP, les techniques envisagées sont compatibles, en majeure partie avec les ouvrages en présence. En cas de découverte de réseaux traversants, en phase PRO, des dispositions complémentaires type anti-renard devraient être envisagées.

7.7 Suivi de l'évolution des bancs alluviaux (secteur Bouchet/Bordet)

Au droit des secteurs du Bouchet, en rive droite, et des Bordets, en rive gauche, la présence de larges bancs alluviaux en pieds d'ouvrage assure une protection de ceux-ci contre l'érosion externe (tronçons RD-T4 et RG-T3 et T4). Compte-tenu de leur fixité et de leur largeur importante (cf. § 4.2.3), il n'est pas prévu de mise en œuvre d'une protection en enrochements (RG-T3 et T4) ou d'auto-stabilité des palplanches en situation d'érosion totale des bancs jusqu'au niveau du fond de l'Arve (RD-T4). Toutefois, comme évoqué précédemment, malgré un contexte hydro-géomorphologique favorable à une poursuite de cette tendance à la fixation, il est impossible de garantir de manière calculatoire la pérennité des bancs comme cela est fait sur les ouvrages de génie civil. Ainsi, un suivi régulier de leur évolution est préconisé, notamment à la suite des épisodes de crues (intégration de la surveillance de la largeur du banc dans les VTA des systèmes d'endiguements).

8 Organisation des travaux

8.1 Mouvements de terre et réemploi des matériaux

8.1.1 Analyse préliminaire du mouvement des terres

Le tableau ci-dessous synthétise l'estimation au stade AVP des volumes de déblais/remblais mis en jeu par le projet.

Tableau 6 : Synthèse du mouvement des terres.

	TYPE DE MATERIAUX	Rive droite (m ³)	Rive gauche (m ³)	QUANTITE TOTALE (m ³)
DEBLAIS	Terre végétale	2 560	7 950	10 510
	Murs bétons, anciens perrés, blocs, etc.	5 260	10 290	15 550
	Déblais alluvionnaires	68 030	112 650	180 680
REMBLAIS	Terre végétale	4 500	10 250	14 750
	Remblais GNT	1 310	3 490	4 800
	Remblais généraux	19 780	57 290	78 900

A ce stade, les remblais techniques (majoritaires) n'ont pas été distingués des remblais de tout venant, minoritaires, qui concernent notamment les remblais entre épaulements et futures digues.

A ce stade, les hypothèses suivantes ont été établies :

- Volume réemployable équivalent à 50 % du volume total de déblais alluvionnaires, soit environ 90 000 m³, (dont criblage de 15 000 m³),
- Volume d'excédents alluvionnaires d'environ 102 000 m³.

Une première estimation des murs existants (nécessitant démolition), ainsi que des blocs des anciens perrés et enrochement libre en place (valorisable, comptés dans les déblais généraux) a été faite, déduite du volume de déblais alluvionnaires. A ce stade, cette estimation est vraisemblablement minorante en termes de volume, donc

majorante en termes de coûts. En effet, les blocs et enrochement libres sont valorisés, alors que les excédents alluvionnaires sont considérés mis en décharge.

Sur la base de ces hypothèses, les déblais générés permettent de couvrir la totalité des besoins en remblais.

Concernant la terre végétale, le décapage de la terre en place ne suffit pas à couvrir les besoins du chantier et un approvisionnement d'environ 4 250 m³ est considéré.

Les hypothèses énoncées ci-dessus seront à confirmer en phase Projet.

8.1.2 Gisement de matériaux et destination des excédents

Concernant les matériaux alluvionnaires, un emprunt est possible au droit du RG-T1, par un déblai plus important en arrière de la berge naturelle restituée par la dépose de la digue de premier rang. Cet emprunt n'est pas nécessaire du fait du bilan excédentaire du projet.

Pour les enrochements, les carrières suivantes, situées dans un périmètre de 15 à 30 km ont été identifiées dans l'AVP structurel de 2018 :

- BALME Benedetti (Magland),
- ROSETTO (Saint-Jeoire),
- SOCAVA (Saint-Jeoire),
- Carrière du SALEVE (Etrembière),
- SIXT TINES (Sixt Fer à cheval).

A ce stade, une mise en décharge de la totalité des excédents est intégrée. Concernant les matériaux alluvionnaires, il s'agit d'une hypothèse très défavorable au vu du volume important concerné (plus de 100 000 m³ soit plus de 2M€ de mise en décharge) et des possibilités d'optimisation de ces excédents, notamment :

- Réinjection sédimentaire,
- Mise en remblais dans une ancienne ballastière,
- Valorisation économique.

Ces pistes seront à étudier en phase Projet dans une logique d'optimisation économique et de réduction des émissions de GES.

8.2 Zones d'installations de chantier et accès à la zone de travaux

Le chantier nécessitera :

- Une ou des zones pour accueillir la ou les base(s) vie (3000 m²),
- Une ou des zones pour la gestion des matériaux (au moins 10 000 m²).

A ce stade, plusieurs zones ont été identifiées comme pouvant accueillir des installations de chantier (base-vie, stock-tampons, installations de criblage des matériaux, etc.) :

- La zone de la Queue du Borne, en rive gauche, en aval de la maison d'arrêt et du parking relais (environ 10 000 m²),
- Parcelle agricole en rive gauche le long du merlon des Bordets à l'extrémité amont du chantier (PM29950 à PM30200, 21 000 m²),
- Parcelle en rive gauche au PM29100 (10 000 m²),
- Parcelle en rive gauche au PM27800 (4 000 m²),
- Parcelle entre le pont de la ZI et le parking des usines, en rive droite (2500 m²),
- Parcelle, en rive droite, en aval immédiat du pont de la prison (4000 m²).

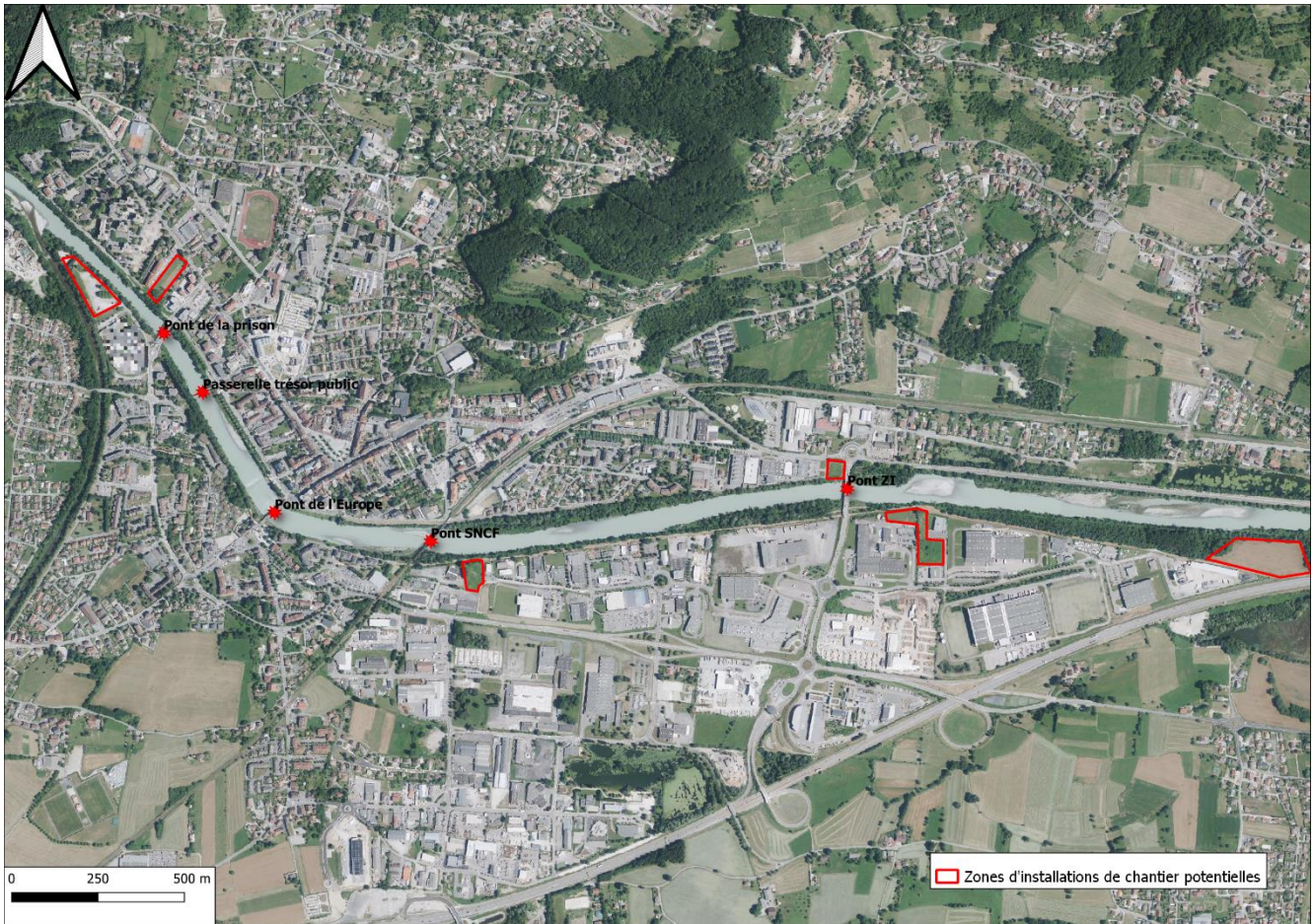


Figure 34 : Localisation des zones d'installations de chantier identifiées au stade AVP.

Ces zones sont situées dans des secteurs de faibles enjeux écologiques (zones artificialisées, friches, grandes cultures) souvent colonisées par les espèces végétales exotiques envahissantes.

Les accès se feront via les pistes d'exploitation existantes. En phase chantier, des pistes de circulation provisoire seront aménagées en fond de lit.

8.3 Sécurité de chantier

Cette opération relève du décret du 26 décembre 1994 de 2ème catégorie pour les raisons suivantes :

- Nature des travaux faisant intervenir plusieurs entreprises (risques de co-activité),
- Travaux hydrauliques avec risque de montées des eaux en crues et travaux sur des réseaux.

Il convient de mandater pour le maître d'ouvrage, un coordonnateur sécurité, en phase conception et réalisation qui couvrira l'ensemble du projet. Ce coordonnateur établira sur la base de l'AVP un Plan Général de Coordination en matière de sécurité et de protection de la santé (Article R238-8).

8.4 Protection de l'environnement

Les travaux respecteront bien évidemment les normes en vigueur en matière de protection de l'environnement et seront conformes au futur arrêté autorisant les travaux. En outre les éléments suivants seront respectés :

- Limiter les travaux durant les périodes de reproduction de la faune, voir plus loin ;
- La nature des matériaux utilisés et leurs conditions d'emploi ne doivent pas être à l'origine de contamination du milieu naturel, notamment en période pluvieuse.
- Les aires de chantier, de stockage des matériaux, ciment, huiles, solvants, adjuvants, produits de traitement et hydrocarbures sont situées en dehors des zones sensibles et éloignées du cours d'eau. Elles sont aménagées de façon à :
 - exclure tout rejet d'effluents polluants ou de substances non-naturelles dans le milieu naturel ;
 - à limiter les risques de pollution accidentelle
 - à confiner une éventuelle fuite de matériaux ou produits polluants,

- éviter la dissémination de la flore invasive.
- En cas de fuite ou déversement de produits ou matériaux polluants, des mesures visant à bloquer la pollution et à récupérer au mieux et au plus vite les produits déversés sont immédiatement mises en œuvre. Les terres souillées sont enlevées et évacuées vers des décharges agréées.
- Tout déversement ou écoulement direct ou indirect de matières polluantes dans les eaux superficielles est proscrit. Toute infiltration dans les sols de produits ou eaux polluées est strictement interdite.
- Les huiles et eaux usées sont récupérées dans des fosses étanches. Les installations sanitaires sont équipées pour récupérer les eaux-vannes et les eaux usées. Toutes les fosses étanches sont aménagées de façon à permettre la collecte, le recueil et le traitement des effluents recueillis.
- Un plan d'assainissement du chantier est mis en œuvre.
- Un kit de pollution est présent dans chacun des engins et véhicules de chantier ainsi que sur la base de vie.
- Un suivi journalier des conditions de stockage des produits polluants est effectué (absence de stockage hors rétention, repérage d'une fuite, évacuation des liquides polluants ou des eaux pluviales contenus dans les rétentions).
- Durant l'exécution des travaux, l'exploitant s'assure que l'ensemble des dispositifs garantissant la protection du milieu aquatique contre les risques de pollution chronique ou accidentelle est mis en œuvre.
- La turbidité de l'eau à l'aval de la zone de chantier par rapport à l'amont ne doit pas dégrader la qualité de l'eau de plus d'une classe du système d'évaluation.
- Durant l'exécution des travaux l'exploitant s'assure que :
 - des mesures et installations sont mises en œuvre pour limiter le départ des matières en suspension (MES), de boues et éviter toute pollution, notamment par des laitances de béton ;
 - toutes les dispositions sont prises pour éviter la turbidité des eaux superficielles, l'augmentation des teneurs en MES et le colmatage des substrats à l'aval, notamment dans le cas de l'installation d'un dispositif de dérivation provisoire des eaux ;
 - la fréquence de mesure de la turbidité est suffisante pour garantir un bon suivi de la qualité des eaux.
- Les mesures préventives et curatives d'évitement et de réduction du risque d'importation et de dissémination de plantes néophytes à tendance invasive suivantes sont mises en œuvre :
 - avant le démarrage des travaux, les espèces exotiques envahissantes sont identifiées. Les zones présentant des espèces invasives sont matérialisées, délimitées et mise en défens afin d'éviter le franchissement de ces zones par des engins de chantier et la dissémination de ces espèces ;
 - une évaluation qualitative et quantitative des matériaux contaminés qui nécessitent un traitement spécifique est réalisée ;
 - toutes les dispositions de contrôle des terres sont prévues et mises en place pendant la durée du chantier pour que celles-ci soient exemptes de toutes formes d'espèces végétales invasives (renouées asiatiques, buddleias, balsamines de l'Himalaya, ambrosie...). Dans l'éventualité où ces espèces invasives seraient importées sur le site, toutes les mesures nécessaires à leur non-prolifération, ainsi qu'à leur éradication sont prises immédiatement ;
 - des consignes particulières sont transmises au personnel de chantier afin de limiter la propagation de ces espèces (propreté des engins de chantier, ne pas broyer les espèces à propagation végétative, nettoyer systématiquement les engins de chantier en sortie de zone contaminée ou à proximité immédiate de massifs) ;
 - un suivi et un contrôle des zones de stockage est réalisé, notamment pour les surfaces mises à nu qui constituent des terrains propices à la germination et/ou développement des espèces invasives et créant de nouveaux foyers de dissémination ;
 - il est procédé à la destruction des espèces exotiques envahissantes par purge et broyage/concassage des massifs identifiés, ou par tout autre moyen technique adapté ;
 - dès la fin des travaux l'entreprise titulaire du marché effectue un suivi du site et procède à l'élimination des espèces identifiées et ceci pendant 3 années au moins à l'issue de leur éradication.

8.5 Remise en état du site

Un état des lieux avant et après travaux sera établi, notamment sur les pistes en berges, rivière et les voies de circulation. La remise en état des lieux concerne les pistes, les plates-formes de chantier ou de gestion des matériaux. Cette remise en état sera conforme à l'état des lieux réalisé avant travaux. A la fin du chantier, matériels et autres installations sont repliés. Les matériaux utilisés en remblai pour stabilisation et circulation sont

repris et exportés. Les terrains sont préparés en vue de la végétalisation c'est-à-dire décompactés, cas échéant et la terre végétale régalee puis ensemencée avec un mélange grainier indigène et adapté.

9 Estimation financière

9.1 Méthode d'estimation et prix de référence

Le niveau des prix unitaires proposés est basé d'une manière générale sur l'expérience du groupement de Maîtrise d'œuvre dans de ce type de travaux : référence à des chantiers similaires antérieurs suivis par le groupement, suivi du cours du marché des matières premières et des produits manufacturés entrant en compte dans la réalisation du projet, consultations préalables des entreprises. Les indices TP sont utilisés pour actualiser les prix anciens par rapport à la référence la plus récente disponible sur la base de l'INSEE à savoir février 2022. Ainsi l'ensemble des prix affichés sont en euro 2022 et plus précisément au mois de février 2022.

Référence récente :

- Intitulé : Marché de Maîtrise d'œuvre pour les travaux de confortement du système d'endiguement de la Châtelaine et restauration morphologique de l'Arve sur les communes d'Annemasse, Gaillard et Etrembières ;
- Maître d'ouvrage : SM3A ;
- Maitres d'œuvre : SAFEGE (mandataire) et BIOTEC ;
- Remise des offres : Février 2021.

- Intitulé : Travaux de la Petite Centrale Hydro-Electrique (PCH) et Passe à Poissons (PàP) de Vallabrègues (
- Maître d'ouvrage : CNR ;
- Maitres d'œuvre : CNR ;
- Remise des offres : septembre 2020 et mai 2022.

- Intitulé : Confortement aval du barrage de Donzère
- Maître d'ouvrage : CNR ;
- Maitres d'œuvre : CNR ;
- Remise des offres : octobre 2021.

- Intitulé : Passe à poisson de Sault Brenaz
- Maître d'ouvrage : CNR ;
- Maitres d'œuvre : CNR ;
- Remise des offres : mai 2020.

9.2 Estimation financière

9.2.1 Estimation du projet stade AVP

Le détail de l'estimation financière au stade AVP est fourni en

Annexe 4.

La synthèse de l'estimation financière au stade avant-projet est présentée ci-après.

Compte-tenu des imprécisions à ce stade, cette estimation intègre une provision pour aléas et travaux divers de 20%. En outre, cette estimation concerne uniquement la partie travaux et n'intègre pas les missions de maîtrise d'œuvre, les reconnaissances complémentaires, les éventuelles acquisitions foncières, les missions de coordination (SPS, environnement, géotechnique, communication...).

L'estimation au stade avant-projet s'élève à 22.13 M€HT. Le tableau 7 ci-dessous présente la ventilation de ce montant par groupes et par rive.

Tableau 7 : Estimation financière stade AVP du projet de l'Arve– ventilation par rive/lit mineur.

Poste	Rive droite	Rive gauche	TOTAL	%
Groupe 100 - Prix généraux	1 091 290.41 €	1 030 709.59 €	2 122 000.00 €	9.6%
Groupe 200 - Préparation des emprises	132 300.00 €	355 400.00 €	487 700.00 €	2.2%
Groupe 300 - Terrassements	1 647 822.50 €	3 197 602.50 €	4 845 425.00 €	21.9%
Groupe 400 - Protection de berges, enrochements, génie civil, soutènements	6 067 530.00 €	3 245 965.00 €	9 313 495.00 €	42.1%
Groupe 500 - Pistes et voiries et cheminements	97 510.00 €	451 740.00 €	549 250.00 €	2.5%
Groupe 600 - Intégration écologique des digues, intégration paysagère, génie biologique	401 640.00 €	589 750.00 €	991 390.00 €	4.5%
Groupe 700 - Entretien de la végétation	46 095.00 €	86 525.00 €	132 620.00 €	0.6%
Aléa et divers (20%)	1 896 204.14 €	1 791 538.42 €	3 688 376.00 €	16.7%
TOTAL HT	11 381 025.49 €	10 749 230.51 €	22 130 256.00 €	
TVA 20%	2 276 205.10 €	2 149 846.10 €	4 426 051.20 €	
TOTAL TTC	13 657 230.58 €	12 899 076.62 €	26 556 307.20 €	

Sur la globalité des travaux, les postes les plus importants correspondent :

- A la fourniture et la mise en œuvre des enrochements (19.5%, y compris épis dans le lit mineur),
- A la fourniture et la mise en œuvre des palplanches (15.8%),
- Aux évacuation (excédents et déchets) (12.0%),
- Aux déblais/remblais meubles (9.2%),
- A la fourniture et la mise en œuvre des murs béton (5.1%).

Sur la base du phasage proposé au paragraphe 10, les montants hors taxes par tranche de travaux se ventilent comme suit :

- Phase 1 : 9.3 M€,
- Phase 2 : 3.4 M€,
- Phase 3 : 5.5 M€,
- Phase 4 : 3.9 M€.

9.2.2 Postes hors périmètre du SM3A

Le chiffrage présenté au paragraphe précédent comprend l'assise des pistes d'exploitation nécessaire à la surveillance et l'entretien des ouvrages de protection. En revanche, les revêtements particuliers liés aux usages

et aux sujétions d'intégration paysagère ne sont pas inclus. L'estimation au stade AVP de ces revêtements s'élève à **216 K€ HT**. Cette estimation intègre :

- La fourniture et la mise en œuvre de revêtements stabilisés renforcés (ép. 10 cm) au droit des cheminements piétons sur la partie aval du secteur du Bouchet en rive droite (tronçons RD-T3 à T4), au droit du cheminement bas sur le secteur des Places en rive gauche (RG-T8 à T10), au droit du cheminement en crête d'ouvrage/de berge sur le secteur de Bois Jolivet en rive gauche (RD-11 à T17),
- La fourniture et la mise en œuvre d'un revêtement en béton désactivé (ép. 12 cm) au droit du cheminement mode doux au droit du quartier des Iles en rive droite (tronçons RD-T7 à T9), ainsi qu'au droit du cheminement haut sur le secteur des Places en rive droite (tronçon RG-T8).

9.3 Incertitudes, enjeux et aléas

Le but du présent paragraphe est d'aborder les incertitudes existantes au stade des études et pouvant avoir un impact sur le chiffrage du projet. Ces incertitudes sont liées aux risques résiduels que comporte une telle opération. Les risques peuvent être endogènes (généralisé par l'opération elle-même) ou exogènes (risque généralisé par un facteur extérieur ayant un impact sur l'opération).

Ces éléments sont pris en compte dans le poste « Aléa et divers », estimés à ce stade des études à 20 % du montant des travaux.

La liste suivante n'est pas exhaustive. L'impact des facteurs identifiés ci-dessous peut être autre que financier (impact sur le délai par exemple).

9.3.1 Géotechnique mouvement des terres

Cet aléa est lié en partie aux hypothèses faites sur la qualité des déblais et leur possibilité de réemploi. L'analyse en phase Projet des reconnaissances géotechniques complémentaires réalisées fin 2020 permettra d'affiner les hypothèses prise à ce stade. En outre, du fait notamment du caractère très local des reconnaissances, ces hypothèses comportent toujours une part d'incertitude, particulièrement dans un milieu alluvionnaire. C'est pourquoi un suivi régulier des matériaux déblayés devra être réalisé tout au long du chantier pour garantir que les sols réutilisés soient de bonne qualité. Le Maître d'œuvre veillera à optimiser le rapport coût – qualité.

Une incertitude concerne aussi le calcul de volume des déblais et remblais qui sont réalisés à partir de profils tous les 50 m en moyenne, ce qui laisse des incertitudes sur les quantités, notamment au droit des raccords.

9.3.2 Travaux de soutènements géotechniques

Comme tout travaux géotechniques, la mise en fiche de palplanches présente un risque si une hétérogénéité des sols est rencontrée au battage, ceci est valable dans une moindre mesure sur les parois berlinoises. Pour prévenir les risques d'augmentation de coût, il est recommandé d'ajouter un poste préforage et un poste purge, en y associant une quantité même faible, au moment de la rédaction des pièces du marché de travaux. Ces préforages, et/ou purges, peuvent en effet permettre de gérer les potentiels risques de refus de battage.

9.3.3 Travaux de génie civil

Concernant la partie béton armé, relative au mur, les risques concernent la non-conformité des bétons par rapport aux normes demandés, les fissurations au séchage, l'étanchéité des joints entre plots. Ces points devront donc être suivis avec attention et une provision sur les quantités est conseillée pour se prémunir d'une partie de ces aléas.

9.3.4 Aléa climatique et hydrologique

L'aléa climatique peut généraliser des surcoûts. La pluie, la neige, la survenue d'une crue pendant la durée des travaux, sont susceptibles de généraliser des arrêts de chantier. Afin de réduire le risque de surcoût associé, il est recommandé d'appliquer des prix d'immobilisation de chantier et de remise en état lors des phases de rédaction du marché.

En outre, le compactage des matériaux de remblais peut être affecté par une teneur en eau trop importante impliquant des mesures correctives (chaulage).

9.3.5 Interfaces avec d'autres ouvrages

A ce stade, le détail des raccordements aux abords des ouvrages de franchissement de l'Arve, à l'exception de n'a pas été étudié.

9.3.6 Variabilité des prix

L'augmentation des prix du carburant dans le contexte général d'inflation des prix de l'énergie, et plus récemment du conflit Ukrainien, est susceptible d'impacter la plupart des postes du chantier. Les niveaux de prix retenus, notamment pour les terrassements, la fourniture et la mise en œuvre des enrochements, les évacuations se basent sur des références récentes et paraissent prudents. Cependant, ils restent référencés à date de février 2022 et ne peuvent pas intégrer toutes les fluctuations des marchés à venir.

Les prix de fournitures des palplanches et ferrallages des bétons sont directement liés au prix de l'acier. Ce dernier a connu des fluctuations importantes au cours des derniers mois (forte hausse en 2021 puis baisse fin 2021 et depuis 2022 constante hausse), pour partie liées au contexte pandémique et de guerre en Ukraine. L'estimation de 1800 €/t prise à ce stade correspond aux valeurs sur des marchés très récents, à date de février 2022 mais ne prévient pas des évolutions futures du cours de l'acier, fonction de paramètres non évaluables.

10 Phasage des travaux et programme prévisionnel/Planning

Une proposition de phasage des travaux a été présentée aux SM3A et aux élus de Bonneville le 22/09/2022. Cette proposition s'appuie sur les points suivants :

- Priorisation des travaux sur les tronçons en mauvais état (sur la base du diagnostic initial des ouvrages, de la mise en charge des digues, ...)
- Impact des travaux sur la faune et la flore (prioriser les travaux par rive) ;
- Durée de travaux pour chaque phase ;
- Mouvement des terres / enrochements ;
- Logique amont/aval.

Le phasage retenu et validé par les élus est explicité ci-dessous :

- **Phase 1 des travaux (juillet 2024 – décembre 2025) :** T01 – Digue du Bouchet, T01 – Merlon de la Prison
- **Phase 2 des travaux (juillet 2026 – octobre 2027) :** T02 – Saint-Esprit, T01 – La Colonne, T02 – Bois Jolivet Amont, T01 – Bois Jolivet Aval,
- **Phase 3 des travaux (mars 2028 – mai 2029) :** T02 – Bordet Colas, T01 – ZAC des Bordets 1, T02 – Bordet Amont Pont ZI, T01 – Bordet Aval Pont ZI,
- **Phase 4 des travaux (octobre 2029 – août 2030) :** T02 – Digue du Trésor public, T01 – Digue des Rêvées, T01 – Lisière du Clos.

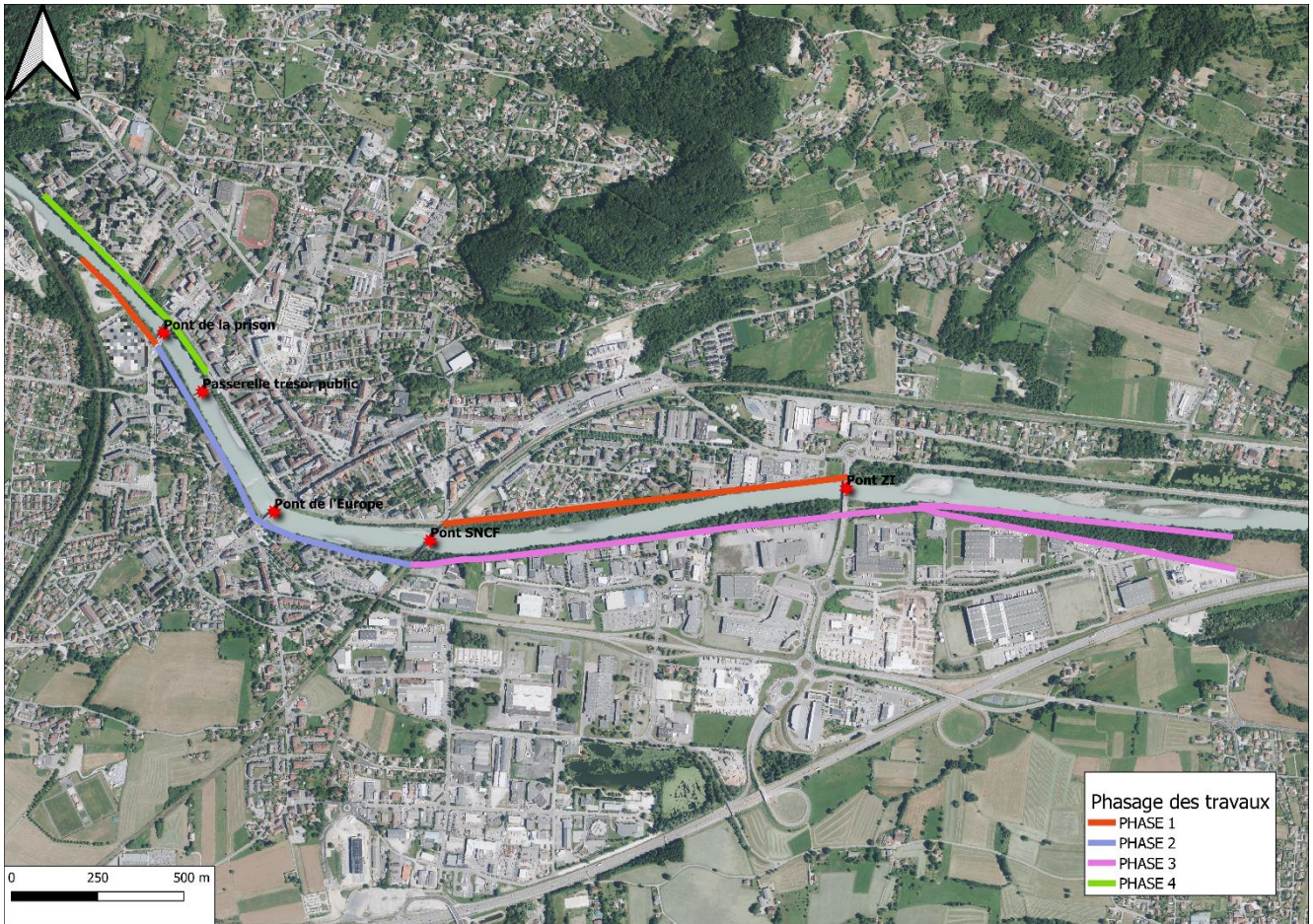


Figure 35 : Phasage des travaux retenu

Concernant le planning prévisionnel, les principales périodes favorables / non favorables aux travaux sont les suivantes :

- Période favorable pour l'abattage d'arbres à potentialités pour la faune : début septembre à fin octobre (voire novembre si conditions climatiques clémentes) ;
- Période favorable au débroussaillage et abattage dans d'autres secteurs arborés : début septembre à février ;
- Période favorable au génie végétal : octobre à mars
- Période hautes eaux non favorable pour les travaux dans le lit : mai, juin, juillet et août ;
- Eviter les périodes de travaux dans le lit mineur en travaillant à l'abri d'un batardeau (périodes de reproduction des espèces à enjeux Truite, Ombre, Chabot) entre novembre et mars ;
- Les travaux de déblai / remblai, de réfection des digues, de transports de matériaux devront éviter dans la mesure du possible les périodes favorables à la nidification de l'avifaune (mars à juillet) – aux vues de la durée des travaux, des dérogations pourront être envisagés dans la mesure où des milieux de reports sont présents (travaux par tronçon, étalement des travaux sur l'Arve et le Borne sur plusieurs années)
- Les travaux de confortement interne, par la méthode des palplanches devront être effectués entre septembre et février car ils peuvent engendrer des dérangements importants (bruits / vibrations) néfastes pour l'avifaune notamment.

Compte-tenu des enjeux paysagers et des enjeux de continuité écologique liés aux boisements rivulaires, le phasage devra être étudié en phase projet dans une logique d'étalement dans le temps des incidences.

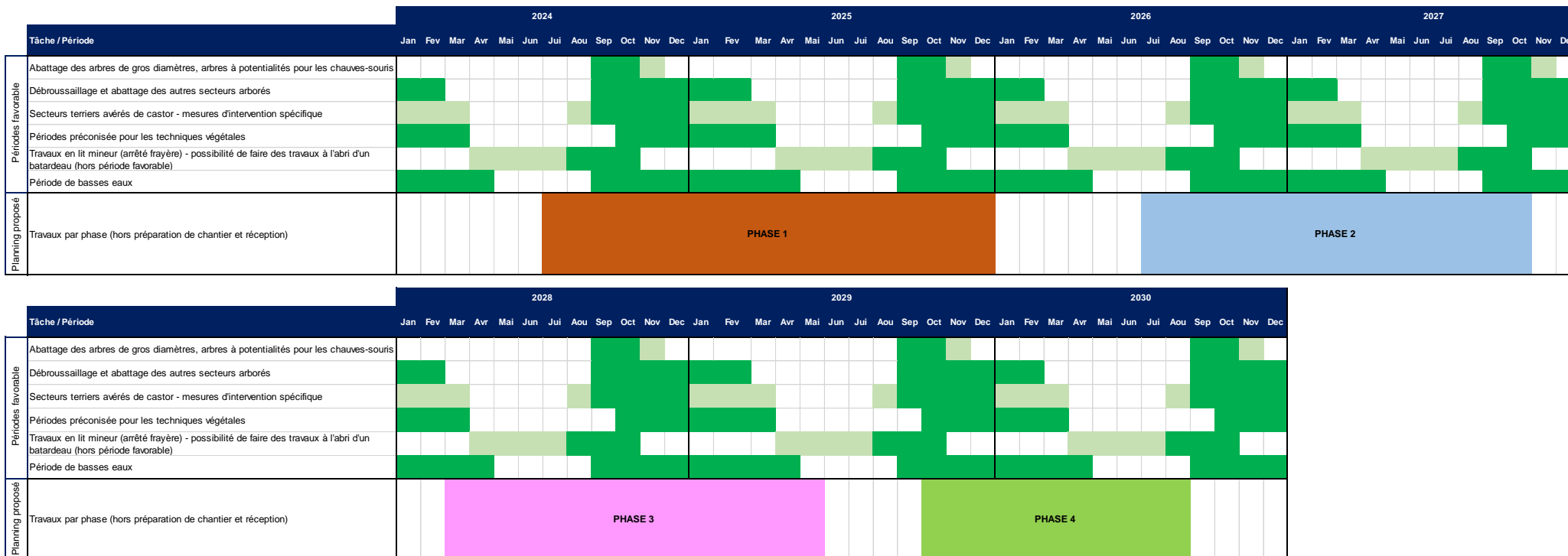


Figure 36 : Planning prévisionnel.

11 Points d'attention/ajustements en phase PRO

L'objet du présent paragraphe est de rappeler les points d'attentions particuliers et adaptations nécessaires du projet déjà identifiées à ce stade, en vue de leur intégration à la phase projet. Les objectifs usuels de la phase PRO ne sont pas rappelés ci-dessous.

- Révision du mouvement des terres, dans une logique d'optimisation financière et d'économie circulaire, et de limitation du bilan carbone (réinjection sédimentaire, valorisation, etc.),
- Précision à une échelle plus fine des linéaires des tronçons,
- Précision des raccordements entre les tronçons et aux interfaces avec les ouvrages de franchissement de l'Arve,
- Ajout des rampes d'accès pour les pistes et cheminements en crête des ouvrages,
- Intégration des prix sur les immobilisations de chantier, préforage, purge afin de prévenir les risques identifiés dans le paragraphe précédent,
- Dimensionnement des ouvrages provisoires (batardeaux de chantier) ;
- Actualisation des coûts suivants les valeurs les plus à jours ;
- Reconnaissance et investigation complémentaires au droit des parois notamment au droit du RG-T10 en demandant l'accès au riverain, et RD-T4 cf. [DA16], § 7,
- Dimensionnement des fiches de palplanches et autres ouvrages de soutènement (notamment risque sismique), y compris murs de soutènements,
- Recherche d'optimisation du volume d'enrochement avec réutilisation possible des enrochements et perrés existants pour aménagements divers (épis, concassage pour piste, etc.),
- Raccordement au droit du local sur le tronçon (RG-T17),
- Décompte des quantités de déboisement.

12 Procédures réglementaires

En septembre 2021, un dossier de demande d'examen au cas par cas a été déposé par le SM3A auprès des services compétents de la MRAE. Ce dossier concernait les travaux sur le Borne.

La MRAE, dans son avis du 19 octobre 2021, précise que le Borne et l'Arve doivent faire l'objet d'une évaluation environnementale portée par un dossier unique, en considérant le périmètre du projet global. Néanmoins, elle précise que l'étude d'impact (évaluation environnementale) peut comprendre un niveau de précision variable, adapté au calendrier des différentes phases de travaux.

Par ailleurs, un premier dossier d'évaluation environnementale sera déposé pour l'obtention d'un arrêté d'Autorisation environnementale concernant les travaux du secteur « Borne », avec un niveau de précision faible sur les impacts portant sur le secteur Arve.

Un second dossier d'Autorisation environnementale sera déposé avec un niveau de détail supérieur sur l'Arve pour l'obtention d'un arrêté préfectoral autorisant les travaux du secteur « Arve ». Ce dossier comprendra notamment un dossier de demande de dérogation au titre des espèces protégées aux vues des enjeux biodiversité et des impacts pressentis du projet.

Annexes

Annexe 1 : Notice hydraulique.....	85
Annexe 2 : Localisation des parcelles – Emprises foncières – plans des réseaux	86
Annexe 3 : Dossier de plans	87
Annexe 4 : Détail de l'estimation financière	88
Annexe 5 : Mission d'ingénierie géotechnique G2 - Phase Avant-Projet	89

Annexe 1 : Notice hydraulique

Annexe 2 : Localisation des parcelles – Emprises foncières – plans des réseaux

Annexe 3 : Dossier de plans

Annexe 4 : Détail de l'estimation financière

Annexe 5 : Mission d'ingénierie géotechnique G2 - Phase Avant-Projet

L'énergie au cœur des territoires

2 rue André Bonin
69316 LYON CEDEX 04 - FRANCE
Tél. : +33 (0) 472 00 69 69

cnr.tm.fr

L'énergie est notre avenir, économisons-la !

